750/TA-SS/TL-2/FT/VII/2026

LAPORAN TUGAS AKHIR
(ENV21W003)

PERENCANAAN SISTEM PLAMBING *GREEN HOSPITAL* RUMAH SAKIT KHUSUS JANTUNG CIGADUNG DENGAN EVALUASI KONSERVASI AIR BERBASIS *EDGE BUILDING*

Disusun oleh:

Rofiq Aripin

233050023

PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS PASUNDAN

BANDUNG

2026

PERENCANAAN SISTEM PLAMBING *GREEN HOSPITAL* RUMAH SAKIT KHUSUS JANTUNG CIGADUNG DENGAN EVALUASI KONSERVASI AIR BERBASIS *EDGE BUILDING*

LAPORAN TUGAS AKHIR

(ENV21W003)

Diajukan untuk memenuhi persyaratan penyelesaian
Program Sarjana Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Universitas Pasundan

Disusun oleh:

Rofiq Aripin

233050023

PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS PASUNDAN

BANDUNG

2026

LAPORAN TUGAS AKHIR

(ENV21W003)

PERENCANAAN SISTEM PLAMBING *GREEN HOSPITAL* RUMAH SAKIT KHUSUS JANTUNG CIGADUNG DENGAN EVALUASI KONSERVASI AIR BERBASIS *EDGE BUILDING*

Disusun oleh:

Rofiq Aripin 233050023



Telah disetujui dan disahkan

pada,

Dosen Pembimbing I	Dosen Pembimbing II
Dr. Ir. H. Hary Pradiko, MT	**Deni Rusmaya, ST., MT.**
Dosen Penguji I	**Dosen Penguji II**
Prof. Dr. Ir. H. Lili Mulyatna, MT.	**Nurdian Hari Anfasha, ST., MT.**

PERENCANAAN SISTEM PLAMBING *GREEN HOSPITAL* RUMAH SAKIT KHUSUS JANTUNG CIGADUNG DENGAN EVALUASI KONSERVASI AIR BERBASIS *EDGE BUILDING*

Rofiq Aripin

Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik,

Universitas Pasundan, Kota Bandung

Email: 2309rofiq@gmail.com

ABSTRAK

Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung yang direncanakan di Kota Bandung merupakan fasilitas kesehatan dengan luas ±5.447 m², enam lantai, dan kapasitas 78 tempat tidur, yang keandalan operasionalnya bergantung pada sistem plambing yang aman dan berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan merancang enam sistem plambing — air PDAM, air panas, air daur ulang, *Reverse Osmosis* (RO), pemanenan air hujan (*Rainwater Harvesting*), dan proteksi kebakaran — sesuai SNI 8153:2025, serta mengevaluasi kinerja konservasi air dan kelayakan ekonomi penerapan *green fixture* melalui simulasi *EDGE Building*. Perancangan menggunakan metode Unit Beban Alat Plambing (UBAP) untuk penentuan debit dan diameter pipa, persamaan Hazen–Williams untuk *headloss* mayor, modul *Water Efficiency Measures* (WEM) pada *EDGE Building* untuk membandingkan skenario konvensional (*Base Case*) dan *green fixture* (*Improved Case*), serta analisis investasi dan *payback period* untuk kelayakan ekonomi. Hasil perancangan mencakup 310 unit alat plambing pada enam sistem yang saling terpisah untuk mencegah kontaminasi silang. Simulasi *EDGE Building* menunjukkan penghematan air sebesar 34,90%, dari 33,97 m³/hari menjadi 22,00 m³/hari, melampaui ambang minimum *EDGE Certified* sebesar 20%. Skenario *green fixture* memerlukan tambahan investasi awal sebesar Rp514.000.000 atau sekitar 9,11% dibanding skenario konvensional, dengan penghematan biaya air bersih sekitar 104,6 juta per tahun berdasarkan tarif PDAM aktual sehingga diperoleh *payback period* sekitar 4,9 tahun. Hasil ini menunjukkan bahwa penerapan *green fixture* pada sistem plambing rumah sakit mendukung pencapaian sertifikasi *EDGE* aspek *water standard.*

Kata Kunci*: green fixture; low-flow fixture*; *rainwater harvesting*; SNI 8153:2025; *Water Efficiency Measures* (WEM)

GREEN HOSPITAL PLUMBING SYSTEM DESIGN FOR CIGADUNG SPECIALIZED HEART HOSPITAL WITH WATER CONSERVATION EVALUATION BASED ON EDGE BUILDING

Rofiq Aripin

Environmental Engineering, Faculty of Engineering,

Universitas Pasundan, Bandung City

Email: 2309rofiq@gmail.com

ABSTRACT

The planned Cigadung Specialized Heart Hospital in Bandung City is a healthcare facility with an area of approximately 5,447 m², six floors, and a capacity of 78 beds, whose operational reliability depends on a safe and sustainable plumbing system. This study aims to design six plumbing systems—PDAM, hot water, recycled water, Reverse Osmosis (RO) water, rainwater harvesting, and fire protection—in accordance with SNI 8153:2025, and to evaluate water conservation performance and the economic feasibility of green fixture implementation through EDGE Building simulation. The design employed the Plumbing fixture Unit (PFU) method to determine flow rates and pipe diameters, the Hazen–Williams equation to calculate major head loss, the Water Efficiency Measures (WEM) module in EDGE Building to compare the conventional scenario (Base Case) and the green fixture scenario (Improved Case), as well as investment and payback period analysis for economic feasibility assessment. The design results included 310 plumbing fixtures across six separate systems to prevent cross-contamination. EDGE Building simulation indicated a water saving of 34.90%, from 33.97 m³/day to 22.00 m³/day, exceeding the minimum threshold for EDGE Certified of 20%. The green fixture scenario requires an additional initial investment of IDR 514,000,000, representing approximately 9.11% higher CAPEX than the conventional scenario. Based on the prevailing PDAM water tariff, the implementation is projected to generate annual potable water cost savings of Rp.104.6 million, resulting in an estimated payback period of 4.9 years. These findings demonstrate that the adoption of green fixtures in hospital plumbing systems is both technically and economically feasible while supporting EDGE Water Standard compliance.

***Keywords**: green fixture; low-flow fixture; rainwater harvesting; SNI 8153:2025; Water Efficiency Measures (WEM)*

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah Swt. yang telah memberikan rahmat dan kasih sayangnya kepada hamba-hamba-Nya. Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad SAW, keluarga, sahabat, dan para pengikutnya hingga akhir zaman.

Dengan penuh rasa syukur, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul "Perencanaan Sistem Plambing *Green Hospital* Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung Dengan Evaluasi Konservasi Air Berbasis *EDGE Building*". Tugas Akhir ini dibuat sebagai salah satu persyaratan untuk menyelesaikan studi di Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Pasundan.

Selama proses penyusunannya, penulis menyadari bahwa tugas akhir ini tidak akan terselesaikan tanpa doa, dukungan, bimbingan, serta bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua tercinta, Bapak Hon Wahyono dan Ibu Siti Patonah, atas segala doa, kasih sayang, pengorbanan, dukungan moral maupun material, serta kepercayaan yang tidak pernah putus kepada penulis dalam menempuh pendidikan hingga saat ini.
2. Kakak-kakak tercinta, Ferli Hasanah, Nana Yuliani, Desy Zakia dan Fajar Sidiq atas segala perhatian, dukungan, dan semangat yang senantiasa diberikan. Kehadiran dan dukungan mereka menjadi penguat bagi penulis untuk terus berproses dan menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Bapak Dr. Ir. H. Hary Pradiko, MT., selaku Dosen Pembimbing I, yang telah memberikan bimbingan, arahan, masukan, serta kesabaran yang luar biasa sejak tahap perencanaan hingga penyusunan laporan. Setiap saran dan koreksi yang diberikan menjadi pelajaran berharga bagi penulis dalam menyusun karya ilmiah dan mengembangkan sisi profesionalisme penulis.

4. Bapak Deni Rusmaya, ST., MT., selaku Dosen Pembimbing II, yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan masukan dengan penuh kesabaran selama proses penyusunan tugas akhir ini sehingga menjadi bekal yang sangat berharga bagi penulis di masa mendatang.
5. Bapak Prof. Dr. Ir. H. Lili Mulyatna, MT. selaku Dosen Penguji I dan Bapak Nurdian Hari Anfasha, ST., MT. selaku Dosen Penguji II, yang telah memberikan saran, masukan, dan kritik yang membangun selama sidang tugas akhir sehingga laporan ini dapat lebih baik.
6. Seluruh Civitas Akademika Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Pasundan, khususnya para dosen dan tenaga kependidikan yang telah memberikan ilmu, pengalaman, dan inspirasi selama masa perkuliahan sehingga memberikan kontribusi besar selama pengerjaan Tugas Besar ini
7. Nasywa Salsabila Masyhuroh dan Fakhry Hanif Arjakusumah selaku rekan pengerjaan Tugas Akhir I serta Gerry Salman Natabraja yang telah meminjamkan Laporan Studi Akhir Arsitektur 51 "Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung" sebagai obyek utama penelitian dalam tugas akhir ini
8. Perpustakaan Bank Indonesia Jawa Barat, Bandung Creative Hub serta berbagai tempat lainnya yang telah menjadi ruang bagi penulis untuk belajar, berpikir, dan berjuang menyelesaikan tugas akhir ini serta menjadi saksi perjalanan panjang selama proses penyusunannya.
9. Sahabat-sahabat penulis, yaitu Ardian, Arsyad, Hary Pusaka, Raihan, Garin, Diah, Narisa, Tasya, Rula, Yunita, Heni, Rafi, Rizky, dan daniel atas segala dukungan, pengertian, dan semangat yang diberikan kepada penulis. Terima kasih karena tetap hadir dan membersamai penulis di tengah berbagai kesibukan dan menjadi penyemangat untuk selalu berproses bahkan saat rasa lelah dan jenuh melanda
10. Teman-teman Teknik Lingkungan Universitas Pasundan Angkatan 21 dan Angkatan 22, khususnya rekan-rekan yang sedang menyelesaikan tugas akhir, atas dukungan, kebersamaan, dan semangat yang saling diberikan selama proses perkuliahan.

11. Seluruh pihak lain yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu, yang telah memberikan bantuan, doa, motivasi serta dukungan baik secara langsung maupun tidak langsung dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

Disadari bahwa Tugas Akhir ini memiliki keterbatasan dan jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis selalu membuka ruang untuk pengembangan, kritik dan saran yang membangun sebagai bahan evaluasi serta perbaikan di masa yang akan datang.

Akhir kata, penulis berharap semoga Tugas Akhir ini, sedikit banyak, dapat memberikan manfaat bagi pihak yang membutuhkan dan menjadi sumbangsih kecil untuk perkembangan ilmu pengetahuan di masa yang akan datang.

Bandung, Juli 2026

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR ..... **i**
DAFTAR ISI ..... **iv**
DAFTAR TABEL ..... **x**
DAFTAR GAMBAR ..... **xvi**
BAB I PENDAHULUAN **I-1**
1.1 Latar Belakang I-1
1.2 Maksud dan Tujuan I-3
1.3 Ruang Lingkup I-3
1.4 Sistematika Penulisan Laporan I-4
BAB II GAMBARAN OBYEK PERENCANAAN **II-1**
2.1 Umum II-1
2.2 Gambaran Umum Lokasi Tapak Gedung II-1
2.2.1 Geografis dan Wilayah Administratif II-3
2.2.2 Kondisi Topografi II-3
2.2.3 Kondisi Klimatologi II-4
2.2.4 Kondisi Hidrologi II-4
2.2.5 Jumlah Penduduk II-5
2.2.6 Kebijakan dan Regulasi Pengelolaan Sumber Air II-5
2.2.7 Sumber Air Eksisting II-7
2.2.8 Titik Penyaluran Air Buangan Eksisting II-9
2.3 Deskripsi Gedung dan Fungsi Ruang II-10
BAB III TINJAUAN PUSTAKA **III-1**
3.1 Rumah Sakit III-1
3.1.1 Klasifikasi Rumah Sakit III-1
3.1.2 Penyehatan Ruang dan Bangunan Rumah Sakit III-2
3.2 *Green Hospital* III-3
3.2.1 Prinsip *Green Hospital* III-3
3.2.2 Kriteria *Green Hospital* III-4
3.2.3 Konservasi Air Bangunan Gedung III-6
3.2.4 Studi Terdahulu Mengenai Konservasi Air III-11

3.2.5 Simulasi Perencanaan Konservasi Air Berbasis *EDGE Building*..... III-15
3.3 Air III-18
3.3.1 Sumber Air III-19
3.3.2 Kebutuhan Air Minum di Rumah Sakit III-20
3.3.3 Kebutuhan Air Khusus III-22
3.3.4 Distribusi Air Minum dalam Bangunan Rumah Sakit III-25
3.4 Standar Sistem Plambing Pada Bangunan Gedung III-26
3.4.1 Ketentuan Umum III-30
3.4.2 Pembaruan Terminologi dan Definisi III-30
3.4.3 Sistem Plambing Air Minum III-31
3.4.4 Sistem Plambing Proteksi Kebakaran Berbasis Air III-48
BAB IV DASAR PERENCANAAN IV-1
4.1 Umum IV-1
4.2 Pengumpulan Data IV-1
4.3 Tahapan Perencanaan IV-2
4.3.1 Studi Literatur IV-2
4.3.2 Inventarisasi Data Awal IV-2
4.3.3 Perancangan Sistem Plambing Berbasis SNI 8153:2025 ..... IV-5
4.3.4 Evaluasi Kinerja Operasional Konservasi Air Berbasis Simulasi *EDGE Building* - WEM IV-7
4.3.5 Evaluasi Kesesuaian Desain Terhadap Kinerja Operasional IV-9
4.3.6 Evaluasi Dampak Simulasi Terhadap Investasi dan Ekonomi ... IV-10
4.3.7 Finalisasi Skenario *Fixture Unit* dan Konservasi Air IV-10
4.3.8 Spesifikasi Teknis dan Rencana Anggaran Biaya IV-11
4.3.9 Rekomendasi dan Kesimpulan IV-11
4.4 Perencanaan Teknis Sistem Plambing Berbasis SNI 8153:2025 ..... IV-12
4.4.1 Landasan Teknis IV-12
4.4.2 Dasar Perencanaan Sistem Plambing Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung IV-12
4.4.3 Penentuan Nilai UBAP IV-13
4.4.4 Penentuan Nilai Laju Aliran Total UBAP (QT) IV-13

4.4.5 Perhitungan Debit Pipa dan Ukuran Pipa IV-14
4.5 Tahapan Simulasi Konservasi Air Berbasis *EDGE Building* IV-17
4.5.1 Input Data IV-25
4.5.2 Proses Data IV-28
4.5.3 Output Proses IV-29
4.6 Analisis Kesesuaian Desain Terhadap Hasil Simulasi *EDGE Building* IV-31
4.7 Analisis Dampak Ekonomi IV-32
4.7.1 Perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB) IV-32
4.7.2 Perhitungan CAPEX (*Capital Expenditure*) IV-32
BAB V PERENCANAAN TEKNIS V-1
5.1 Umum V-1
5.2 Inventarisasi Alat Plambing V-2
5.3 Perencanaan Sistem Penyediaan Air Minum V-14
5.3.1 Penyediaan Air PDAM V-14
5.3.2 Penyediaan Air *Recycle* V-18
5.3.3 Penyediaan Air Hujan V-18
5.3.4 Pemisahan Fungsi Jaringan V-19
5.4 Perancangan Sistem Plambing Air PDAM V-20
5.4.1 Inventarisasi Kebutuhan Sistem Plambing Air PDAM V-20
5.4.2 Desain Penjaluran Sistem Plambing Air PDAM V-21
5.4.3 Perhitungan Total Unit Beban Alat Plambing (UBAP) Pipa PDAM V-21
5.4.4 Perhitungan Debit Aliran (QT) Pipa PDAM V-22
5.4.5 Penentuan Diameter Pipa PDAM V-23
5.4.6 Penetapan DN Pipa PDAM Terpilih dan Penyeragaman Jaringan Pipa Horizontal V-56
5.4.7 Penentuan Diameter Pipa Tegak Pipa PDAM V-58
5.4.8 Penentuan *Head* Pompa Transfer Sistem Plambing PDAM V-61
5.4.9 Evaluasi Sistem Distribusi Gravitasi V-66
5.4.10 Perencanaan Pompa *Booster* Sistem Distribusi Air PDAM V-78
5.5 Perancangan Sistem Plambing Air Panas V-81

5.5.1 Inventarisasi Kebutuhan Sistem Plambing Air Panas V-81
5.5.2 Skema Pemanasan Air V-82
5.5.3 Desain Penjaluran Pipa Air Panas V-83
5.5.4 Penentuan Diameter Pipa Sistem Plambing Air Panas V-88
5.5.5 Penentuan Diameter Pipa Tegak Sistem Plambing Air Panas V-89
5.5.6 Penentuan *Head Booster* Distribusi dan Pompa Resirkulasi Sistem Plambing Air Panas V-90
5.6 Perancangan Sistem Plambing Air *Recycle* V-93
5.6.1 Inventarisasi Kebutuhan Sistem Plambing Air *Recycle* V-93
5.6.2 Denah Penjaluran Pipa Air *Recycle* V-95
5.6.3 Penentuan Diameter Pipa Sistem Plambing Air *Recycle* V-96
5.6.4 Penentuan Diameter Pipa Tegak Sistem Plambing Air *Recycle* V-120
5.6.5 Penentuan *Head* Pompa Transfer dan *Booster* Sistem Plambing Air *Recycle* V-122
5.7 Perencanaan Sistem Plambing Air *Reverse Osmosis* dan Air Hujan V-125
5.7.1 Sistem Plambing Air *Reverse Osmosis* (RO) V-125
5.7.2 Sistem Plambing Air Hujan V-140
5.8 Perancangan Sistem Proteksi Kebakaran V-144
5.8.1 Klasifikasi Area Proteksi dan Jenis Proteksi V-145
5.8.2 Debit Rencana Sistem V-146
5.8.3 Penentuan Jumlah dan Penempatan *Sprinkler* V-147
5.8.4 Distribusi Jaringan Pipa V-148
5.8.5 Kebutuhan Tekanan dan Pompa Kebakaran V-170
5.9 Rekapitulasi Hasil Desain Plambing dan Analisis Hidraulik V-176
5.9.1 Rekapitulasi Hidraulik Sistem Air PDAM V-176
5.9.2 Rekapitulasi Hidraulik Sistem Air Panas V-178
5.9.3 Rekapitulasi Hidraulik Sistem Air *Recycle* V-179
5.9.4 Rekapitulasi Hidraulik Sistem Plambing Air RO V-180
5.9.5 Rekapitulasi Hidraulik Sistem Plambing RWH V-181
5.9.6 Rekapitulasi Hidraulik Sistem Proteksi Kebakaran V-182
5.10 Simulasi Konservasi Air Berbasis *EDGE Building* V-184
5.10.1 Dasar dan Tujuan Simulasi V-184

5.10.2 Input Data V-185
5.10.3 Normalisasi Alat Plambing ke Modul *EDGE Building* V-186
5.10.4 Status Awal Sebelum Aktivasi Modul WEM V-187
5.10.5 Skenario *Base Case* dan *Improved Case* V-188
5.10.6 Hasil Simulasi *EDGE Building* V-189
5.10.7 Komparasi Konsumsi Air *Base Case* dan *Improved Case* V-191
5.10.8 Dampak Simulasi *EDGE* Terhadap Debit Operasional dan Hidraulika V-197
5.10.9 Kesimpulan Simulasi V-205
BAB VI SPESIFIKASI TEKNIS DAN RENCANA ANGGARAN BIAYA VI-1
6.1 Umum VI-1
6.2 Rekapitulasi Perencanaan VI-1
6.3 Rekapitulasi Kebutuhan Pipa VI-2
6.4 Spesifikasi Pompa VI-4
6.5 Spesifikasi Tangki VI-5
6.6 Spesifikasi *Valve*, *Fitting* dan Aksesoris VI-6
6.7 Spesifikasi *Plumbing fixture* VI-6
6.7.1 WC / Kloset Duduk VI-8
6.7.2 Lavatory *Faucet* VI-9
6.7.3 Keran Dinding VI-10
6.7.4 Urinal VI-12
6.7.5 *Shower* VI-13
6.7.6 *Kitchen Faucet* VI-15
6.7.7 *Medical Sink/Service Sink* VI-16
6.7.8 *Floor Drain* VI-17
6.8 Ketentuan Pemasangan, Pengujian dan Pemeliharaan VI-21
6.8.1 Pemasangan VI-21
6.8.2 Pengujian VI-22
6.8.3 Pemeliharaan VI-23
6.9 Rencana Anggaran Biaya VI-24
6.9.1 Anggaran Sistem Plambing PDAM VI-25
6.9.2 Anggaran Sistem Plambing Air Panas VI-28

6.9.3 Anggaran Sistem Plambing Air *Recycle* VI-30
6.9.4 Anggaran Sistem Plambing *Reverse Osmosis* VI-33
6.9.5 Anggaran Sistem Plambing RWH VI-35
6.9.6 Anggaran Sistem Proteksi Kebakaran VI-36
6.9.7 Anggaran *Plumbing fixture* VI-39
6.9.8 Rekapitulasi RAB VI-41
6.9.9 Analisis Dampak Penghematan Air VI-42
BAB VII KESIMPULAN VII-1
7.1 Kesimpulan VII-1
7.2 Saran VII-2
DAFTAR PUSTAKA .....

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tata Letak dan Peruntukan Gedung Lantai Dasar..... II-11
Tabel 2.2 Tata Letak dan Peruntukan Gedung Lantai 1 ..... II-13
Tabel 2.3 Tata Letak dan Peruntukan Gedung Lantai 2 ..... II-15
Tabel 2.4 Tata Letak dan Peruntukan Gedung Lantai 3 ..... II-17
Tabel 2.5 Tata Letak dan Peruntukan Gedung Lantai *Basement* 1 ..... II-19
Tabel 2.6 Tata Letak dan Peruntukan Gedung Lantai *Basement* 2 ..... II-19
Tabel 3.1 Ketentuan Konservasi Air III-7
Tabel 3.2 Perbandingan Standar *Green Hospital* Berdasarkan Aspek Teknis dan Penilaian III-9
Tabel 3.3 Matriks Penelitian Terdahulu Implementasi Konservasi Air dan Sistem Plambing Hemat Air III-12
Tabel 3.4 Rekapitulasi Penelitian Terdahulu Perencanaan Konservasi Air Berbasis *EDGE Building* III-14
Tabel 3.5 Standar Kebutuhan Air Minum menurut Kelas Rumah Sakit dan Jenis Rawat..... III-21
Tabel 3.6 Kebutuhan Air untuk Berbagai Fasilitas Layanan Kesehatan..... III-22
Tabel 3.7 Kebutuhan Air *Reverse Osmosis* Ruang Sterilisasi..... III-23
Tabel 3.8 Perhitungan Kebutuhan *Washer* dan *Autoclave* III-24
Tabel 3.9 Sistem Penyediaan Air Minum..... III-32
Tabel 3.10 Debit Pengambilan, Debit Minimum dan UBAP Pada Titik Pengambilan III-37
Tabel 3.11 Pemakaian Air Tiap Alat Plambing, Laju Aliran Airnya, dan Ukuran Pipa Cabang Pipa Air III-40
Tabel 3.12 Tabel Ekivalen Berdasarkan Diameter Minimum Tiap Alat..... III-42
Tabel 3.13 Faktor Pemakaian (%) dan Jumlah Alat Plambing III-42
Tabel 3.14 Standar Temperatur Air Panas Menurut Jenis Pemakaiannya III-47
Tabel 3.15 Acuan Standar Sistem Plambing Proteksi Kebakaran Berbasis Air..... ..... III-48

Tabel 3.16 Klasifikasi Bahaya Kebakaran Pada Area Rumah Sakit III-50
Tabel 3.17 Densitas Pancaran dan Luas Kebutuhan Proteksi Sistem *Sprinkler*.....
..... III-51
Tabel 3.18 Parameter Dasar Sistem Pipa Tegak Hidran Gedung..... III-55
Tabel 3.19 Kapasitas Nominal Pompa Kebakaran Sentrifugal III-58
Tabel 3.20 Implikasi Perencanaan Sistem Proteksi Kebakaran III-60
Tabel 4.1 Klasifikasi Metode Perencanaan Seluruh Sistem.....IV-7
Tabel 4.2 Modul *Water Efficiency Measures* Pada *EDGE Building*.....IV-8
Tabel 4.3 Debit Pengambilan, Debit Minimum dan UBAP Pada Titik
Pengambilan.....IV-13
Tabel 4.4 DN dan d_i pipa AW menurut SNI 9324.....IV-14
Tabel 4.5 Hasil Perhitungan Debit Untuk Setiap DN Pipa AW Pada SNI 9324.....
.....IV-16
Tabel 5.1 Rencana Penyediaan Alat Plambing Gedung Lantai Dasar V-4
Tabel 5.2 Rencana Penyediaan Alat Plambing Gedung Lantai 1..... V-6
Tabel 5.3 Rencana Penyediaan Alat Plambing Gedung Lantai 2..... V-8
Tabel 5.4 Rencana Penyediaan Alat Plambing Gedung Lantai 3..... V-10
Tabel 5.5 Rekapitulasi Penyediaan Alat Plambing V-13
Tabel 5.6 Unit Beban Alat Plambing Tersedia di Perencanaan V-13
Tabel 5.7 Hasil Inventarisasi Kebutuhan Sistem Plambing Air Minum V-20
Tabel 5.8 Standarisasi Debit Aktual Pipa (Q) Setiap DN Pipa AW..... V-25
Tabel 5.9 Penjaluran Pipa Air PDAM Lantai Dasar V-30
Tabel 5.10 Penjaluran Pipa Air PDAM Lantai 1..... V-36
Tabel 5.11 Penjaluran Pipa Air PDAM Lantai 2..... V-44
Tabel 5.12 Penjaluran Pipa Air PDAM Lantai 3..... V-51
Tabel 5.13 Evaluasi Penyeragaman DN Pipa PDAM V-57
Tabel 5.14 Rekapitulasi Penyeragaman DN Pipa PDAM Horizontal..... V-58
Tabel 5.15 Penentuan Diameter Pipa Tegak Air PDAM V-60
Tabel 5.16 *Headloss* Mayor Jalur Kritis Lantai 3 [hf_{turun}] V-67
Tabel 5.17 *Headloss* Minor Jalur Kritis Lantai 3 [hm_{turun}] V-69
Tabel 5.18 *Headloss* Mayor Jalur Kritis Distribusi PDAM Lantai 2 ..... V-70
Tabel 5.19 *Headloss* Minor Jalur Kritis Distribusi PDAM Lantai 2..... V-70

Tabel 5.20 *Headloss* Mayor Jalur Kritis Distribusi PDAM Lantai 1 ..... V-72
Tabel 5.21 *Headloss* Minor Jalur Kritis Distribusi PDAM Lantai 1 ..... V-72
Tabel 5.22 *Headloss* Mayor Jalur Kritis Distribusi PDAM Lantai Dasar..... V-74
Tabel 5.23 *Headloss* Minor Jalur Kritis Distribusi PDAM Lantai Dasar V-74
Tabel 5.24 Rekapitulasi *Headloss* Distribusi Sistem PDAM V-75
Tabel 5.25 Rekapitulasi Evaluasi Tekanan Gravitasi..... V-77
Tabel 5.26 Hasil Inventarisasi Kebutuhan Sistem Plambing Air Panas..... V-82
Tabel 5.27 Penjaluran Pipa Air Panas Lantai 1 – 3 ..... V-86
Tabel 5.28 Penentuan Diameter Pipa Tegak Sistem Plambing Air Panas V-90
Tabel 5.29 Rekapitulasi *Headloss* Distribusi Sistem Plambing Air Panas V-91
Tabel 5.30 Hasil Inventarisasi Kebutuhan Sistem Plambing Air *Recycle*..... V-94
Tabel 5.31 Penjaluran Pipa Air *Recycle* Lantai Dasar V-100
Tabel 5.32 Penjaluran Pipa Air *Recycle* Lantai 1 ..... V-105
Tabel 5.33 Penjaluran Pipa Air *Recycle* Lantai 2 ..... V-111
Tabel 5.34 Penjaluran Pipa Air *Recycle* Lantai 3 ..... V-117
Tabel 5.35 Penentuan Diameter Pipa Tegak Sistem Plambing Air *Recycle* .. V-121
Tabel 5.36 Rekapitulasi Evaluasi Distribusi Air *Recycle*..... V-123
Tabel 5.37 Hasil Inventarisasi Kebutuhan Sistem Plambing Air RO V-126
Tabel 5.38 Penjaluran Pipa Air *Reverse Osmosis* (RO) Lantai Dasar V-130
Tabel 5.39 Penjaluran Pipa Air *Reverse Osmosis* (RO) Lantai 1 ..... V-133
Tabel 5.40 Penjaluran Pipa Air *Reverse Osmosis* (RO) Lantai 2 ..... V-137
Tabel 5.41 Penjaluran Pipa Air *Reverse Osmosis* (RO) Lantai 3 ..... V-137
Tabel 5.42 Rekapitulasi Diameter Utama Sistem Plambing Air RO V-138
Tabel 5.43 Hasil Inventarisasi Kebutuhan Sistem Plambing Air Hujan V-141
Tabel 5.44 Rekapitulasi Diameter Sistem Plambing Air Hujan..... V-142
Tabel 5.45 Rekapitulasi Jumlah Sprinkler *Head* Terpasang V-146
Tabel 5.46 Rekapitulasi Debit Rencana Pada Area Proyeksi..... V-147
Tabel 5.47 Rekapitulasi Konfigurasi, Diameter, dan Panjang Pipa Sistem Sprinkler Lantai Dasar V-152
Tabel 5.48 Rekapitulasi Konfigurasi, Diameter, dan Panjang Pipa Sistem Sprinkler Lantai 1 – 3 Tipikal V-159

Tabel 5.49 Rekapitulasi Konfigurasi, Diameter, dan Panjang Pipa Sistem Sprinkler Lantai *Basement* 1 – 2 Tipikal V-165
Tabel 5.50 Rekapitulasi Evaluasi Hidraulik Sistem Hidran V-171
Tabel 5.51 *Head* Sprinkler Jalur Kritis Lantai 3 ..... V-173
Tabel 5.52 Rekapitulasi Evaluasi Hidraulik Sistem Sprinkler V-173
Tabel 5.53 Rekapitulasi Hasil Perencanaan Sistem Proteksi Kebakaran V-175
Tabel 5.54 Rekapitulasi Desain Sistem Plambing V-177
Tabel 5.55 Rekapitulasi Hidraulik Sistem Plambing PDAM V-178
Tabel 5.56 Rekapitulasi Hidraulik Sistem Plambing Panas V-179
Tabel 5.57 Rekapitulasi Hidraulik Sistem Plambing Panas V-180
Tabel 5.58 Rekapitulasi Hidraulik Sistem Plambing RO V-181
Tabel 5.59 Rekapitulasi Hidraulik Sistem Plambing RWH V-182
Tabel 5.60 Rekapitulasi Hidraulik Sistem Proteksi Kebakaran V-183
Tabel 5.61 Ringkasan Data Input Utama *EDGE Building* V-185
Tabel 5.62 Normalisasi Alat Plambing Terhadap Modul *EDGE Building* V-187
Tabel 5.63 Modul *Water Efficiency Measures* yang Diaktifkan V-188
Tabel 5.64 Ringkasan Output Pada *Results Bar* Simulasi *EDGE Building* ... V-190
Tabel 5.65 Ringkasan Perbandingan Hasil Simulasi *EDGE Building* V-192
Tabel 5.66 Perbandingan Konsumsi Air *Base Case* dan *Improved Case*..... V-196
Tabel 5.67 Rasio Reduksi *Plumbing fixture* Pada Jalur Kritis V-199
Tabel 5.68 Konfigurasi *Fixture* dan Total UBAP Pada Jalur Kritis..... V-200
Tabel 5.69 Implikasi Hidraulik *Improved Case* Terhadap Jalur Kritis V-203
Tabel 6.1 Rekapitulasi Perencanaan Seluruh Sistem Plambing VI-1
Tabel 6.2 Rekapitulasi Kebutuhan Pipa Sistem Plambing PDAM..... VI-2
Tabel 6.3 Rekapitulasi Kebutuhan Pipa Sistem Plambing Air Panas VI-3
Tabel 6.4 Rekapitulasi Kebutuhan Pipa Sistem Plambing Air *Recycle* VI-3
Tabel 6.5 Rekapitulasi Kebutuhan Pipa Sistem Plambing Air RO VI-3
Tabel 6.6 Rekapitulasi Kebutuhan Pipa Sistem Plambing RWH..... VI-4
Tabel 6.7 Rekapitulasi Kebutuhan Pipa Sistem Proteksi Kebakaran VI-4
Tabel 6.8 Rekapitulasi Kebutuhan Pompa Seluruh Sistem VI-4
Tabel 6.9 Rekapitulasi Kebutuhan Tangki Seluruh Sistem..... VI-5
Tabel 6.10 Rekapitulasi Aksesoris Seluruh Sistem..... VI-6

Tabel 6.11 Rekapitulasi *Plumbing fixture* dan Modul *EDGE* VI-7
Tabel 6.12 Spesifikasi Teknis *Fixture* Konvensional dan *Green Fixture* VI-18
Tabel 6.13 Ketentuan Pemasangan Sistem Penyediaan Air pada Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung VI-21
Tabel 6.14 Ketentuan Pengujian Sistem Penyediaan Air VI-22
Tabel 6.15 Ketentuan Pemeliharaan VI-23
Tabel 6.16 Anggaran Perpipaan Sistem Plambing PDAM VI-25
Tabel 6.17 Anggaran Fitting dan Aksesoris Sistem Plambing PDAM VI-25
Tabel 6.18 Anggaran Pompa dan Tangki Sistem Plambing PDAM VI-27
Tabel 6.19 Rekapitulasi Subtotal Anggaran Sistem Plambing PDAM VI-27
Tabel 6.20 Anggaran Perpipaan Sistem Plambing Air Panas VI-28
Tabel 6.21 Anggaran Fitting dan Aksesoris Sistem Plambing Air Panas VI-28
Tabel 6.22 Anggaran Pompa dan Tangki Sistem Plambing Air Panas VI-29
Tabel 6.23 Rekapitulasi Subtotal Anggaran Sistem Plambing Air Panas VI-30
Tabel 6.24 Anggaran Perpipaan Sistem Plambing Air *Recycle* VI-30
Tabel 6.25 Anggaran Perpipaan Sistem Plambing Air *Recycle* VI-31
Tabel 6.26 Anggaran Pompa dan Tangki Sistem Plambing Air *Recycle* VI-32
Tabel 6.27 Rekapitulasi Subtotal Anggaran Sistem Plambing Air *Recycle* VI-33
Tabel 6.28 Anggaran Pompa dan Tangki Sistem Plambing RO VI-33
Tabel 6.29 Anggaran Fitting dan Aksesoris Sistem Plambing RO VI-34
Tabel 6.30 Anggaran Unit RO dan Pompa Sistem Plambing RO VI-34
Tabel 6.31 Anggaran Unit RO dan Pompa Sistem Plambing RO VI-35
Tabel 6.32 Anggaran Perpipaan Sistem Plambing RWH VI-35
Tabel 6.33 Anggaran Fitting dan Aksesoris Sistem Plambing RWH VI-35
Tabel 6.34 Anggaran Pompa dan Tangki Sistem Plambing RWH VI-36
Tabel 6.35 Rekapitulasi Subtotal Anggaran Sistem Plambing RWH VI-36
Tabel 6.36 Anggaran Perpipaan Sistem Hidran VI-36
Tabel 6.37 Anggaran Perpipaan Sistem Sprinkler VI-37
Tabel 6.38 Anggaran Fitting dan Aksesoris Sistem Proteksi Kebakran VI-37
Tabel 6.39 Anggaran *Fire pump* Package dan Reservoir Kebakaran VI-37
Tabel 6.40 Anggaran Peralatan Sistem Hidran VI-38
Tabel 6.41 Anggaran Peralatan Sistem Sprinkler VI-38

Tabel 6.42 Rekapitulasi Subtotal Anggaran Sistem Proteksi Kebakaran..... VI-39
Tabel 6.43 Anggaran *Plumbing fixture* Skenario Konvensional..... VI-39
Tabel 6.44 Anggaran *Plumbing fixture* Skenario *Green Fixture* VI-40
Tabel 6.45 Rekapitulasi RAB *Plumbing fixture*..... VI-41
Tabel 6.46 Rekapitulasi RAB..... VI-41
Tabel 6.48 Kuantifikasi Nilai Ekonomi *Water Savings* VI-43

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Lokasi Tapak Gedung II-2
Gambar 2.2 Peta Administrasi Kecamatan Cicendo II-3
Gambar 2.3 Sumber Air Tanah di Sans Hotel Alexander Kota Bandung II-7
Gambar 2.4 Meteran PDAM di Rumah Ketua Rukun Warga (RW) 02 ..... II-8
Gambar 2.5 Saluran Air Buangan Eksisting Lokasi Tapak Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung II-9
Gambar 2.6 Denah Lantai Dasar Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung..... II-12
Gambar 2.7 Denah Lantai 1 Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung II-14
Gambar 2.8 Denah Lantai 2 Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung II-16
Gambar 2.9 Denah Lantai 3 Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung II-18
Gambar 2.10 Denah Lantai *Basement* 1 Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung II-20
Gambar 2.11 Denah Lantai *Basement 2* Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung II-21
Gambar 3.1 *EDGE Building* III-4
Gambar 3.2 *International Finance Corporation* (IFC) *World Bank Group*..... III-4
Gambar 3.3 *Green Building Council Indonesia* III-6
Gambar 3.4 Tampilan *EDGE Building* III-16
Gambar 3.5 Skema Proses Produksi Air *Reverse Osmosis* pada Ruang Hemodialisis III-24
Gambar 3.6 Diagram Alir Perencanaan Sistem Plambing (*Plan-Do-Check-Action*) III-29
Gambar 3.7 Sistem Sambungan Langsung III-32
Gambar 3.8 Sistem Tangki Atap III-33
Gambar 3.9 Sistem Tangki Tekan III-34
Gambar 3.10 Laju Aliran Total UBAP (QT) dalam L/s Untuk Instalasi Standar Terkait Dengan Nilai Total UBAP III-38

Gambar 3.11 Hubungan Antara UBAP Dengan Laju Aliran Untuk Unit Beban Sampai 3000 ..... III-43
Gambar 3.12 Hubungan Antara UBAP Dengan Laju Aliran Untuk Unit Beban Sampai 250 (Skala Gambar Diperbesar) III-43
Gambar 3.13 Jaringan Pemipaan Sistem *Sprinkler* III-49
Gambar 3.14 Luas Kerja Pada *Sprinkler* III-51
Gambar 3.15 Bagan Alir Penentuan Tipe Konstruksi Plafon Untuk *Sprinkler Pendent* dan *Upright* Pada Bangunan Gedung Non-hunian Non-penyimpanan..... III-52
Gambar 3.16 Jarak Horizontal Dari Dinding dan Sudut Dinding Ke *Sprinkler*..... ..... III-53
Gambar 3.17 Jarak Vertikal Antara Elemen Termal *Sprinkler* dan Sisi Bawah Plafon..... III-54
Gambar 3.18 Sistem Pipa Tegak Zona Tunggal..... III-56
Gambar 3.19 Sistem Pipa Tegak Dua Zona III-56
Gambar 3.20 Sistem Pipa Tegak Banyak Zona..... III-57
Gambar 3.21 Instalasi *Jockey Pump* dengan Pompa Kebakaran..... III-58
Gambar 3.22 Kurva Karakteristik Pompa Kebakaran III-59
Gambar 4.1 Diagram Alir Perencanaan..... IV-4
Gambar 4.2 Laju Aliran Total UBAP (QT) dalam L/s Untuk Instalasi Standar Terkait Dengan Nilai Total UBAP IV-14
Gambar 4.3 Tahapan Penggunaan Aplikasi *EDGE Building* IV-18
Gambar 4.4 Halaman Awal *EDGE Building*..... IV-19
Gambar 4.5 Pemilihan Tipe Bangunan..... IV-19
Gambar 4.6 *Design Tab*..... IV-20
Gambar 4.7 Halaman Awal *Water Tab* IV-21
Gambar 4.8 *Checklist* Modul *Water Efficiency Measures* (WEM)..... IV-21
Gambar 4.9 Kalkulator Desain Aktivasi Modul WEM IV-22
Gambar 4.10 Contoh Hasil Simulasi Aktivasi WEM..... IV-23
Gambar 4.11 Contoh *Results Bar*..... IV-24
Gambar 4.12 Pemilihan Tipe Bangunan Rumah Sakit..... IV-26
Gambar 4.13 Pengisian Data Umum Gedung IV-26

Gambar 5.1 Rencana Penyediaan Alat Plambing Lantai Dasar Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung Kota Bandung V-3
Gambar 5.2 Rencana Penyediaan Alat Plambing Lantai 1 Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung Kota Bandung V-5
Gambar 5.3 Rencana Penyediaan Alat Plambing Lantai 2 Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung Kota Bandung V-7
Gambar 5.4 Rencana Penyediaan Alat Plambing Lantai 3 Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung Kota Bandung V-9
Gambar 5.5 Inventarisasi *Ground Water Tank* (GWT) *Basement* 1 Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung Kota Bandung V-11
Gambar 5.6 Inventarisasi *Ground Water Tank* (GWT) *Basement* 2 Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung Kota Bandung V-12
Gambar 5.7 Skema Sistem Penyediaan Air Minum Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung V-15
Gambar 5.8 Laju Aliran Total UBAP (QT) dalam L/s Untuk Instalasi Standar Terkait Dengan Nilai Total UBAP V-22
Gambar 5.9 Denah Penjaluran Pipa Air PDAM Lantai Dasar Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung Kota Bandung V-27
Gambar 5.10 Denah Penjaluran Pipa Air PDAM Lantai Dasar Sayap Kiri Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung Kota Bandung V-28
Gambar 5.11 Denah Penjaluran Pipa Air PDAM Lantai Dasar Sayap Kanan Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung Kota Bandung V-29
Gambar 5.12 Denah Penjaluran Pipa Air PDAM Lantai 1 Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung Kota Bandung V-33
Gambar 5.13 Denah Penjaluran Pipa Air PDAM Lantai 1 Sayap Kiri Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung Kota Bandung V-34
Gambar 5.14 Denah Penjaluran Pipa Air PDAM Lantai 1 Sayap Kanan Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung Kota Bandung V-35
Gambar 5.15 Denah Penjaluran Pipa Air PDAM Lantai 2 Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung Kota Bandung V-41
Gambar 5.16 Denah Penjaluran Pipa Air PDAM Lantai 2 Sayap Kiri Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung Kota Bandung V-42

Gambar 5.17 Denah Penjaluran Pipa Air PDAM Lantai 2 Sayap Kanan Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung Kota Bandung..... V-43
Gambar 5.18 Denah Penjaluran Pipa Air PDAM Lantai 3 Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung Kota Bandung..... V-48
Gambar 5.19 Denah Penjaluran Pipa Air PDAM Lantai 3 Sayap Kiri Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung Kota Bandung..... V-49
Gambar 5.20 Denah Penjaluran Pipa Air PDAM Lantai 3 Sayap Kanan Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung Kota Bandung..... V-50
Gambar 5.21 Skema Pipa Tegak Gedung Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung V-59
Gambar 5.22 Skema Desain Pompa Transfer dan Distribusi Gravitasi Air PDAM Gedung Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung..... V-62
Gambar 5.23 Zona Pelayanan Distribusi Sistem Plambing PDAM V-78
Gambar 5.24 Denah Penjaluran Pipa Air Panas Lantai 1 – 3 Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung Kota Bandung..... V-84
Gambar 5.25 Denah Penjaluran Pipa Air Panas Lantai 1 – 3 Sayap Kanan Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung Kota Bandung..... V-85
Gambar 5.26 Skema Pipa Tegak Sistem Plambing Air Panas V-89
Gambar 5.27 Denah Penjaluran Pipa Air *Recycle* Lantai Dasar Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung Kota Bandung..... V-97
Gambar 5.28 Denah Penjaluran Pipa Air *Recycle* Lantai Dasar Sayap Kiri Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung Kota Bandung..... V-98
Gambar 5.29 Denah Penjaluran Pipa Air *Recycle* Lantai Dasar Sayap Kanan Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung Kota Bandung V-99
Gambar 5.30 Denah Penjaluran Pipa Air *Recycle* Lantai 1 Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung Kota Bandung..... V-102
Gambar 5.31 Denah Penjaluran Pipa Air *Recycle* Lantai 1 Sayap Kiri Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung Kota Bandung..... V-103
Gambar 5.32 Denah Penjaluran Pipa Air *Recycle* Lantai 1 Sayap Kanan Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung Kota Bandung..... V-104
Gambar 5.33 Denah Penjaluran Pipa Air *Recycle* Lantai 2 Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung Kota Bandung..... V-108

Gambar 5.34 Denah Penjaluran Pipa Air *Recycle* Lantai 2 Sayap Kiri Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung Kota Bandung..... V-109
Gambar 5.35 Denah Penjaluran Pipa Air *Recycle* Lantai 2 Sayap Kanan Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung Kota Bandung..... V-110
Gambar 5.36 Denah Penjaluran Pipa Air *Recycle* Lantai 3 Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung Kota Bandung..... V-114
Gambar 5.37 Denah Penjaluran Pipa Air *Recycle* Lantai 3 Sayap Kiri Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung Kota Bandung..... V-115
Gambar 5.38 Denah Penjaluran Pipa Air *Recycle* Lantai 3 Sayap Kanan Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung Kota Bandung..... V-116
Gambar 5.39 Skema Pipa Tegak Sistem Plambing Air *Recycle* V-121
Gambar 5.40 Denah Penjaluran Pipa Air *Reverse Osmosis* (RO) Lantai Dasar Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung Kota Bandung V-127
Gambar 5.41 Denah Penjaluran Pipa Air *Reverse Osmosis* (RO) Lantai Dasar Sayap Kiri Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung Kota Bandung V-128
Gambar 5.42 Denah Penjaluran Pipa Air *Reverse Osmosis* (RO) Lantai Dasar Sayap Kanan Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung Kota Bandung..... V-129
Gambar 5.43 Denah Penjaluran Pipa Air *Reverse Osmosis* (RO) Lantai 1 Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung Kota Bandung..... V-131
Gambar 5.44 Denah Penjaluran Pipa Air *Reverse Osmosis* (RO) Lantai 1 Sayap Kiri Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung Kota Bandung.. V-132
Gambar 5.45 Denah Penjaluran Pipa Air *Reverse Osmosis* (RO) Lantai 2 Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung Kota Bandung..... V-134
Gambar 5.46 Denah Penjaluran Pipa Air *Reverse Osmosis* (RO) Lantai 2 Sayap Kiri Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung Kota Bandung.. V-135
Gambar 5.47 Denah Penjaluran Pipa Air *Reverse Osmosis* (RO) Lantai 3 Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung Kota Bandung..... V-136
Gambar 5.48 Denah Penjaluran Pipa Sistem Proteksi Kebakaran Lantai Dasar Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung Kota Bandung V-151

Gambar 5.49 Denah Penjaluran Pipa Sistem Proteksi Kebakaran Lantai 1 Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung Kota Bandung..... V-156
Gambar 5.50 Denah Penjaluran Pipa Sistem Proteksi Kebakaran Lantai 2 Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung Kota Bandung..... V-157
Gambar 5.51 Denah Penjaluran Pipa Sistem Proteksi Kebakaran Lantai 3 Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung Kota Bandung..... V-158
Gambar 5.52 Denah Penjaluran Pipa Sistem Proteksi Kebakaran Lantai *Basement* 1 Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung Kota Bandung V-163
Gambar 5.53 Denah Penjaluran Pipa Sistem Proteksi Kebakaran Lantai *Basement* 2 Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung Kota Bandung V-164
Gambar 5.54 Status Awal *Base Case* Sebelum Aktivasi Modul WEM V-188
Gambar 5.55 Hasil Skenario *Improved Case* di *Results bar EDGE Building*..... ..... V-189
Gambar 5.56 Grafik Hasil Penghematan Air Pada Simulasi *Water Efficiency Measures EDGE Building* V-191
Gambar 6.1 TOTO CW431J/SW431JP (*Single flush*) VI-8
Gambar 6.2 TOTO CW956RPJ/SW956JP(*Dual flush*) VI-9
Gambar 6.3 TOTO TX109LD VI-9
Gambar 6.4 ONDA F380SS VI-10
Gambar 6.5 ONDA CLS 01 ..... VI-11
Gambar 6.6 TOTO TX133L VI-11
Gambar 6.7 TOTO U57 ..... VI-12
Gambar 6.8 TOTO UW58JM (kiri) dan TEA99V100 *Urinal Sensor Flush Valve* (kanan) VI-13
Gambar 6.9 ONDA SO250 ..... VI-14
Gambar 6.10 ONDA SW *Eco spray* VI-14
Gambar 6.11 TOTO TX606MME VI-15
Gambar 6.12 TOTO TX606KES VI-16
Gambar 6.13 TOTO SK33 ..... VI-16
Gambar 6.14 ONDA FLS 03 3” VI-17
Gambar 6.17 Kontribusi Penghematan Biaya Air Terhadap *Utility Cost Saving EDGE Building* VI-43

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Rumah sakit adalah institusi pelayanan kesehatan perorangan yang menyediakan layanan rawat inap, rawat jalan, dan gawat darurat kepada masyarakat (Sahila, 2023). Keberhasilan operasional rumah sakit sangat bergantung pada keandalan infrastruktur penunjang, khususnya sistem penyediaan air bersih dan pengelolaan air limbah. Apabila sistem plambing tidak dirancang dengan tepat mulai dari pemilihan *fixture* hingga dimensi pipa maka risiko gangguan pasokan air maupun kebocoran dapat mengancam kontinuitas layanan medis dan keselamatan pasien (Novarizal, 2022). Salah satu rumah sakit yang akan direncanakan adalah Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung.

Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung, yang akan didirikan di Jl. Pasir Kaliki No. 146, Kota Bandung, memiliki luas bangunan sekitar ±5.447 m^2 dan enam lantai termasuk dua *basement* (Natabraja, 2022). Berdasarkan hasil identifikasi pada Tugas Akhir 1, gedung ini membutuhkan air bersih sebesar 88,55 m^3/hari dan menghasilkan limbah domestik 66,98 m^3/hari. Angka ini menggambarkan beban sanitasi yang besar, sehingga besarnya kebutuhan air dan timbulan limbah tersebut menjadi dasar penting untuk mempertimbangkan strategi konservasi air, pemanfaatan air daur ulang, dan pemanenan air hujan sebagai bagian dari sistem plambing rumah sakit.

Kesalahan dalam perancangan, pemasangan, maupun perawatan sistem plambing dapat menimbulkan risiko besar terhadap kelangsungan operasional dan keselamatan pasien. Oleh karena itu, Kementerian Kesehatan telah menetapkan sejumlah pedoman teknis, seperti Pedoman Rumah Sakit Ramah Lingkungan (2018), yang merujuk pada Peraturan Menteri PUPR No. 30/PRT/M/2006, Permenkes No. 40 Tahun 2022, dan SNI 8153:2025 tentang Sistem Plambing pada Bangunan Gedung.

Dalam mendukung prinsip keberlanjutan, rumah sakit saat ini didorong untuk menerapkan konsep *Green Hospital*. *Green Hospital* adalah rumah sakit yang dirancang, dibangun, dioperasikan, dan dipelihara dengan mempertimbangkan kesehatan manusia serta keberlanjutan lingkungan. Salah satu indikator penting dalam penilaian *Green Hospital* adalah *Water Conservation* (WAC)**,** yang mencakup penggunaan meteran air, pengurangan konsumsi air, pemakaian alat plambing hemat air (*water-efficient fixtures*), sistem daur ulang air limbah, pemanfaatan air hujan, dan efisiensi penyiraman taman. Strategi ini juga melibatkan prosedur operasional standar dalam pemeriksaan serta pemeliharaan sistem plambing secara berkala untuk mencegah kebocoran dan pemborosan air. Di sisi lain, rumah sakit juga merupakan salah satu sektor dengan kontribusi signifikan terhadap konsumsi sumber daya dan emisi lingkungan. Dalam konteks perubahan iklim global, rumah sakit harus mengambil peran aktif dalam mengurangi jejak ekologis melalui penerapan teknologi ramah lingkungan (Kemenkes, 2018).

Dengan mempertimbangkan tingginya kebutuhan air bersih dan timbulan limbah di fasilitas kesehatan, maka perencanaan sistem plambing Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung harus dirancang secara komprehensif agar sejalan dengan standar keselamatan pasien, persyaratan kesehatan lingkungan, serta prinsip keberlanjutan. Pendekatan ini tidak hanya menjamin kontinuitas operasional, tetapi juga membantu memenuhi kriteria *Green Hospital* dengan target pengurangan konsumsi air minimal 20% sesuai dengan standar *EDGE Building*. Perencanaan ini ditetapkan untuk menghasilkan desain sistem plambing yang memenuhi kriteria keandalan hidraulik dan keselamatan sesuai SNI 8153:2025 serta mengevaluasi kinerja operasionalnya terhadap kriteria konservasi air *Green Hospital* menggunakan *EDGE Building*. Simulasi *EDGE* digunakan sebagai alat evaluasi kinerja konsumsi air dan pemenuhan target keberlanjutan.

Oleh karena itu, perencanaan ini tidak hanya mencakup sistem plambing air minum, tetapi juga sistem air panas, air *recycle*, air *Reverse Osmosis* (RO), *rainwater harvesting* (RWH), serta sistem proteksi kebakaran. Seluruh sistem tersebut dirancang secara teknis melalui penentuan kebutuhan, penjaluran pipa, pemilihan diameter, serta evaluasi hidraulik, sedangkan simulasi *EDGE Building*

digunakan untuk mengevaluasi kinerja konservasi air dan dampak ekonomi dari penggunaan *fixture* konvensional dan *green fixture*.

1.2 Maksud dan Tujuan

Maksud dari penyusunan Tugas Akhir ini adalah untuk merancang sistem plambing pada Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung Kota Bandung yang sesuai dengan standar SNI 8153:2025 serta mengevaluasi kinerja konservasi air dan dampak ekonomis dari penerapan *fixture* konvensional dan *green fixture* berbasis simulasi *EDGE Building*.

Adapun tujuan dari Tugas Akhir adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis kebutuhan alat plambing (*plumbing fixture*) berdasarkan fungsi ruang, proyeksi jumlah pengguna dan Unit Beban Alat Plambing (UBAP) dari layout arsitektur Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung Kota Bandung
2. Merancang sistem plambing air PDAM, air panas, air *recycle*, air *Reverse Osmosis* (RO), *Rainwater Harvesting* (RWH), dan sistem proteksi kebakaran di Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung Kota Bandung
3. Menentukan jalur perpipaan, diameter pipa tegak dan pipa horizontal, debit rencana, *headloss*, tekanan residual serta kebutuhan pompa pada masing-masing sistem plambing.
4. Mengevaluasi kinerja konservasi air menggunakan modul *Water Efficiency Measures* (WEM) pada *EDGE Building* melalui perbandingan skenario *fixture* konvensional dan *green fixture (low-flow)*
5. Menyusun spesifikasi teknis dan Rencana Anggaran Biaya (RAB) sistem plambing dan melakukan analisis biaya investasi dari penggunaan skenario *fixture* konvensional dan *green fixture.*

1.3 Ruang Lingkup

Ruang lingkup dalam Tugas Akhir ini meliputi:

1. Pengumpulan data bangunan meliputi lokasi, luas, jumlah lantai, fungsi ruang, jumlah pengguna, jam operasional, serta unit alat plambing yang tersedia.

2. Penentuan kebutuhan air dan beban hidraulik berdasarkan jumlah pengguna, fungsi ruang dan Unit Beban Alat Plambing (UBAP).
3. Perancangan sistem plambing air PDAM, air panas, air *recycle*, air *Reverse Osmosis* (RO), *rainwater harvesting* (RWH), dan sistem proteksi kebakaran.
4. Penentuan jalur perpipaan, diameter pipa tegak dan horizontal, debit rencana, *headloss*, tekanan residual, serta kebutuhan pompa pada masing-masing sistem.
5. Penyusunan denah penjaluran pipa berdasarkan layout arsitektur bangunan
6. Simulasi konservasi air menggunakan modul *Water Efficiency Measures* (WEM) pada *EDGE Building*
7. Perbandingan skenario *fixture* konvensional dan *green fixture* terhadap konsumsi air tahunan, potensi penghematan air, biaya operasional dan kelayakan ekonomi
8. Penyusunan spesifikasi teknis komponen sistem plambing, meliputi pipa, fitting, valve, pompa, tangki dan *fixture* unit
9. Penyusunan *Bill of Quantity* (BoQ) dan Rencana Anggaran biaya (RAB) untuk sistem plambing yang direncanakan.
10. Pembahasan tidak mencakup desain struktur bangunan, detail konstruksi sipil, maupun proses pengolahan air limbah secara rinci di luar kebutuhan distribusi air *recycle*.

1.4 Sistematika Penulisan Laporan

Adapun sistematika penulisan laporan Tugas Akhir adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini membahas tentang latar belakang, maksud dan tujuan, ruang lingkup, serta sistematika penulisan penyusunan Tugas Akhir yang berjudul Perencanaan Sistem Plambing *Green Hospital* Gedung Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung dengan Evaluasi Konservasi Air Berbasis *EDGE Building.*

BAB II GAMBARAN OBJEK PERENCANAAN

Bab ini berisi gambaran umum mengenai lokasi tapak Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung Kota Bandung sebagai objek perencanaan. Pembahasan dalam bab ini meliputi kondisi lingkungan di sekitar lokasi proyek, deskripsi gedung dan peruntukan gedung serta kebutuhan air dan fasilitas sanitasi bangunan

BAB III TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas teori dan standar yang mendasari perencanaan sistem plambing rumah sakit meliputi sistem plambing air minum, air panas, air *recycle*, air *Reverse Osmosis* (RO), *rainwater harvesting* (RWH), sistem proteksi kebakaran, *Green Hospital* serta simulasi konservasi berbasis *EDGE Building*.

BAB IV DASAR PERENCANAAN

Bab ini menguraikan dasar perencanaan dan metode yang digunakan dalam perancangan sistem plambing Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung. Pembahasan mencakup metode perhitungan kebutuhan air, UBAP, debit rencana, pemilihan diameter pipa, perhitungan *headloss*, perhitungan *head* pompa desain, simulasi konservasi *EDGE Building*, serta metode analisis ekonomi

BAB V PERENCANAAN TEKNIS

Bab ini menjelaskan hasil perencanaan teknis sistem plambing, meliputi sistem air PDAM, air panas, air *recycle*, air *Reverse Osmosis* (RO), *Rainwater Harvesting* (RWH), dan sistem proteksi kebakaran sesuai dengan SNI 8153:2025 dan standar sistem proteksi kebakaran. Pembahasan mencakup inventarisasi alat plambing, penjaluran pipa, penentuan diameter, evaluasi hidraulik, kebutuhan pompa, serta simulasi konservasi air berbasis *EDGE Building*. Hasil perhitungan rinci disajikan pada lampiran. Seluruh jaringan perpipaan digambarkan dalam denah instalasi menggunakan *AutoCAD.*

BAB VI SPESIFIKASI TEKNIS DAN RENCANA ANGGARAN BIAYA

Bab ini menyajikan spesifikasi teknis dan Rencana Anggaran Biaya (RAB) dari sistem plambing yang telah direncanakan. Pembahasan meliputi spesifikasi pipa, *fitting*, *valve*, pompa, tangki, dan *fixture unit*, serta penyusunan BOQ dan RAB untuk skenario *fixture* konvensional dan *green fixture*.

BAB VII KESIMPULAN

Bab ini menyajikan kesimpulan hasil perencanaan sistem plambing, hasil evaluasi konservasi air, serta dampak ekonomi dari perbandingan *fixture* konvensional dan *green fixture*. Bab ini juga memuat saran untuk pengembangan perencanaan dan penelitian selanjutnya.

.

BAB II
GAMBARAN OBYEK PERENCANAAN

2.1 Umum

Data kondisi wilayah perencanaan, karakteristik bangunan, jumlah penghuni, dan parameter lingkungan yang disajikan pada bab ini merupakan hasil inventarisasi dan analisis pada Tugas Akhir tahap I. Dalam penelitian ini, data tersebut digunakan sebagai data rujukan untuk perencanaan sistem plambing dan evaluasi kinerja konservasi air.

2.2 Gambaran Umum Lokasi Tapak Gedung

Lokasi tapak gedung untuk identifikasi kebutuhan air minum dan timbulan air limbah gedung rumah sakit berlokasi di Kota Bandung. Penelitian ini menggunakan data dari Laporan Studi Akhir Arsitektur 51 Universitas Parahyangan berjudul "Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung" yang disusun oleh Natabraja (2022) sebagai dasar penelitian. Lokasi proyek ini terletak di Jl. Pasir Kaliki No. 146, Kelurahan Pasirkaliki, Kecamatan Cicendo, Kota Bandung, Jawa Barat, dengan luas lahan ±5447 m^2 dan titik koordinat 6°54'16.0" Lintang Selatan dan 107°35'52.1" Bujur Timur.

Adapun posisi lokasi tapak Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung memiliki batas-batas sebagai berikut:

- Bagian Utara : Jl. Dr. Rajiman
- Bagian Timur : Berbatasan dengan rumah tinggal
- Bagian Selatan : Jl. Dr. Roem.
- Bagian Barat : Jl. Pasir Kaliki

Berdasarkan Laporan Natabraja (2022), tapak Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung terletak di kawasan strategis Kota Bandung. Lokasinya dikelilingi oleh Jl. Pasir Kaliki, Jl. Dr. Rajiman, dan Jl. Dr. Roem. Lokasi tapak ini memiliki dua persimpangan yang perlu diperhatikan dalam perencanaan. Bentuk tapak

memanjang searah Jl. Pasir Kaliki dengan tambahan di sisi Jl. Dr. Roem ke arah timur.

Berikut ini adalah lokasi tapak gedung yang dapat dilihat pada **Gambar 2.1**:



Gambar 2.1 Lokasi Tapak Gedung

Sumber: Google Earth, 2025

Secara umum, kontur tapak relatif datar dengan iklim makro yang tropis perkotaan. Suhu rata-rata berkisar 23–35°C, kelembapan tinggi, dan intesitas tertinggi curah hujan mencapai 365 mm per tahun.

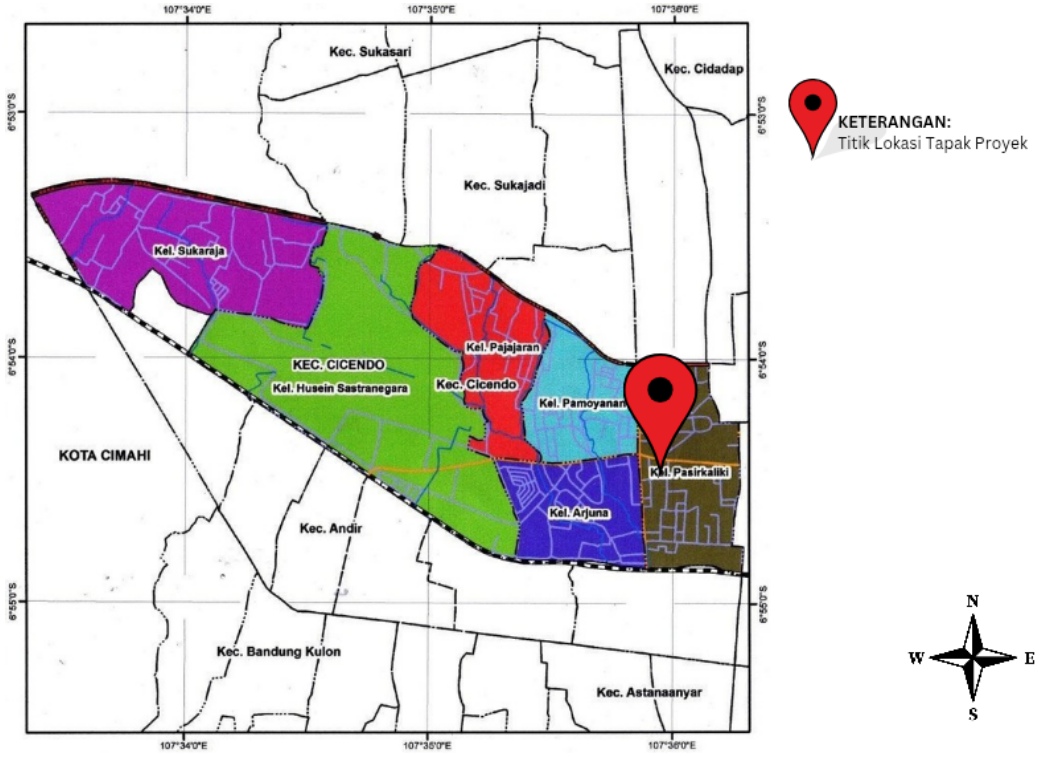
Tapak ini terletak di kawasan perdagangan strategis karena dikelilingi mal, ruko, pertokoan, rumah makan, dan kafe. Dalam radius 500 meter, aktivitas perdagangan masih dominan, namun mulai dilengkapi fasilitas lain, seperti kantor pemerintahan (Dinas Pendidikan Kota Bandung), area permukiman di barat, timur, dan selatan, serta fasilitas umum seperti RS Melinda dan GOR Padjadjaran. Radius 1 kilometer dari tapak mencakup permukiman di barat daya dan tenggara, fasilitas transportasi (Stasiun Kereta Api Bandung), serta Rumah Sakit Hasan Sadikin sebagai fasilitas kesehatan rujukan (Natabraja, 2022).

2.2.1 Geografis dan Wilayah Administratif

Berdasarkan Badan Pusat Statistik (BPS) Kecamatan Cicendo tahun 2024, Kecamatan Cicendo terletak di antara 107,5953° Bujur Timur dan 6,9071° Lintang Selatan dengan luas wilayah 6,88 km^2. Kecamatan Cicendo terdiri dari 6 kelurahan, salah satunya adalah Kelurahan Pasirkaliki yang memiliki luas 1,16 km^2. Secara geografis, Kecamatan Cicendo memiliki batas-batas wilayah sebagai berikut:

- Bagian Utara : Kota Cimahi dan Kecamatan Sukajadi
- Bagian Selatan : Kota Cimahi dan Kecamatan Andir
- Bagian Barat : Kota Cimahi
- Bagian Timur : Kecamatan Bandung Wetan dan Kecamatan Sumur Bandung

Peta administrasi Kecamatan Cicendo dapat dilihat pada **Gambar 2.2.**



Gambar 2.2 Peta Administrasi Kecamatan Cicendo

Sumber: Renja Kecamatan Cicendo Tahun 2019

2.2.2 Kondisi Topografi

Berdasarkan Badan Pusat Statistisk (BPS) Kecamatan Cicendo tahun 2024, Kecamatan Cicendo berada pada ketinggian sekitar 700 meter di atas permukaan laut (mdpl). Wilayah tertinggi di kecamatan ini adalah Kelurahan Sukaraja dengan

ketinggian 740 mdpl, sedangkan wilayah terendah adalah Kelurahan Arjuna dengan ketinggian 723 mdpl. Adapun Kelurahan Pasirkaliki, tempat lokasi tapak berada, memiliki ketinggian sekitar 727 mdpl.

2.2.3 Kondisi Klimatologi

Kota Bandung memiliki iklim tropis dengan karakteristik suhu udara yang relatif sejuk dibandingkan kota-kota besar lain di Indonesia. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Bandung tahun 2025, suhu rata-rata tahunan berkisar antara 23–26°C, dengan tingkat kelembapan yang cukup tinggi, yaitu sekitar 69–88%. Curah hujan di Kota Bandung bervariasi sepanjang tahun dengan intensitas tertinggi terjadi pada bulan Januari, mencapai 335 mm per tahun. Sementara curah hujan terendah terdapat di bulan Juni di mana curah hujan hanya mencapai 30 mm per tahun.

Kualitas air hujan di Kota Bandung menunjukkan variasi yang signifikan, dipengaruhi oleh faktor musiman dan aktivitas antropogenik. Cekungan Bandung Raya mencatat parameter pH, konduktivitas, dan kandungan ion dalam air hujan cenderung berfluktuasi sesuai intensitas curah hujan. Curah hujan tinggi umumnya menurunkan nilai konduktivitas dan kadar ion karena hujan lebat mampu mencuci partikel dan polutan di atmosfer, sedangkan pada musim kemarau nilai tersebut meningkat akibat rendahnya volume pelarut (Rievaldo, 2019).

Nilai pH air hujan di Kota Bandung berkisar di bawah 5,6 yang mengindikasikan potensi hujan asam, terutama di wilayah dengan aktivitas industri dan lalu lintas padat. Kandungan ion utama seperti nitrat (NO_3^-), sulfat (SO_4^{2-}), dan amonium (NH_4^+) ditemukan dalam konsentrasi yang bervariasi, mengindikasikan kontaminasi udara dari emisi kendaraan dan aktivitas pembakaran lainnya (Indrawati & Tanti, 2017).

2.2.4 Kondisi Hidrologi

Kecamatan Cicendo memiliki karakteristik hidrologi yang dipengaruhi oleh kondisi geografi setempat. Kecamatan ini terletak di bagian barat Kota Bandung dan terdiri dari enam kelurahan. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2024, salah satu sungai yang melintasi wilayah Kecamatan Cicendo adalah

Sungai Citepus, dengan status mutu air ringan. Sementara itu, menurut Open Data Kota Bandung tahun 2020, panjang Sungai Citepus yang melintasi kecamatan ini adalah sekitar dua kilometer.

Di Kecamatan Cicendo, pembangunan sumur resapan merupakan salah satu upaya dalam pengelolaan sumber daya air. Berdasarkan data *Open Data* Kota Bandung tahun 2023, Kelurahan Pasirkaliki, yang menjadi lokasi pembangunan Rumah Sakit Khusus Jantung memiliki sebanyak tiga unit sumur resapan.

2.2.5 Jumlah Penduduk

Berdasarkan Badan Pusat Statistik Kota Bandung Tahun 2025, jumlah penduduk Kecamatan Cicendo tahun 2024 mencapai 93.968 jiwa. Total jumlah penduduk ini terdiri dari 6 kelurahan, yaitu Kelurahan Arjuna, Kelurahan Pasirkaliki, Kelurahan Pamoyanan, Kelurahan Pajajaran, Kelurahan Husein Sastranegara, dan Kelurahan Sukaraja.

Tapak rumah sakit yang berlokasi di kawasan strategis dengan akses mudah dari pusat kota, stasiun, dan bandara dirancang untuk mendukung masyarakat dalam mendapatkan layanan kesehatan jantung yang cepat. Letaknya yang dekat dengan pusat kepadatan penduduk memastikan bahwa fasilitas ini dapat memberikan manfaat maksimal, terutama bagi yang membutuhkan penanganan penyakit jantung secara cepat dan tepat.

2.2.6 Kebijakan dan Regulasi Pengelolaan Sumber Air

Pengelolaan sumber air di Jawa Barat didasarkan pada kombinasi regulasi nasional, lokal, dan pedoman keberlanjutan. Dalam lingkup nasional, Undang-Undang No. 17 Tahun 2019 tentang Sumber Daya Air mengatur penggunaan air tanah dengan kebutuhan izin untuk keperluan komersial, sementara Peraturan Menteri Kesehatan No. 66 Tahun 2016 menekankan pentingnya pasokan air yang andal untuk rumah sakit.

Peraturan Daerah Provinsi Jawa Barat No. 1 Tahun 2017 tentang Pengelolaan Sumber Daya Air mensyaratkan izin untuk penggunaan air tanah. Penggalian air tanah wajib mempertimbangkan jenis dan sifat fisik batuan, kondisi

hidrogeologi, letak dan potensi sumber pencemaran serta kondisi lingkungan sekitar.

Menurut Perda Provinsi Jawa Barat No 1 Tahun 2017 pasal 13, terdapat penetapan zona pemanfaatan air tanah dibagi menjadi 4 kriteria:

1. Zona Aman
   - Terjadi penurunan muka air tanah kurang dari 40%
   - Terjadi penurunan kualitas air tanah yang ditandai dengan kenaikan TSS < 1000 mg/L atau DHL < 1000 µS/cm
   - Pengambilan air tanah belum menyebabkan terjadinya amblesan tanah
2. Zona Rawan
   - Terjadi penurunan muka air tanah 40 – 60%
   - Terjadi penurunan kualitas air tanah yang ditandai dengan kenaikan TSS < 1000 – 10.000mg/L atau DHL 1000 – 1500 µS/cm
3. Zona Kritis
   - Terjadi penurunan muka air tanah 60 – 80%
   - Terjadi penurunan kualitas air tanah yang ditandai dengan kenaikan TSS < 10.000 – 100.000mg/L atau DHL 1500 – 5000 µS/cm
4. Zona Rusak
   - Terjadi penurunan muka air tanah lebih dari dari 80%
   - Terjadi penurunan kualitas air tanah yang ditandai dengan kenaikan TSS > 100.000 mg/L atau DHL > 5000 µS/cm
   - Pengambilan air tanah telah menyebabkan terjadinya amblesan tanah

Kebijakan dalam peraturan ini dapat mendorong penggunaan air permukaan seperti air PDAM dan memberikan ruang untuk mengurangi ketergantungan pada air tanah demi keberlanjutan lingkungan.

Selain itu, pedoman dari *Green Building Council Indonesia* (GBCI) menjadi acuan penting untuk mendukung efisiensi air. GBCI mendorong penggunaan sumber air alternatif, seperti air hujan dan air daur ulang dari limbah yang telah diolah. Air hujan juga dapat dipanen melalui sistem tangki dan filtrasi untuk kebutuhan non-minum seperti irigasi, sedangkan air limbah yang diolah melalui

IPAL dapat digunakan untuk *flushing* toilet dengan memastikan standar baku mutu terpenuhi. Pendekatan ini sejalan dengan tujuan pengurangan penggunaan air tanah.

Secara teknis, implementasi sumber air alternatif memerlukan perencanaan yang matang. Pasokan air PDAM harus dikoordinasikan dengan penyedia lokal untuk memastikan ketersediaan, terutama di musim kemarau, sementara sistem panen air hujan dan pengolahan limbah membutuhkan investasi awal untuk infrastruktur seperti tangki penyimpanan dan unit IPAL. Penggunaan air tanah dapat diminimalkan dengan memanfaatkan kombinasi ketiga sumber seperti air hujan, air permukaan (PDAM), dan air daur ulang sehingga mendukung konsep keberlanjutan.

2.2.7 Sumber Air Eksisting

Pemanfaatan sumber air yang dilakukan oleh aktivitas komersil dan perkantoran yang ada di lokasi tapak berasal dari sumur bor dan PDAM. Pada umumnya, air tanah digunakan sebagai sumber air utama sedangkan PDAM menjadi sumber air cadangan. Salah satu contoh pemanfaatan sumber air dalam aktivitas komersial adalah Sans Hotel Alexander Bandung. Menurut pengelola Sans Hotel Alexander Bandung, sumber air dari PDAM belum mampu mencukupi seluruh kegiatan operasionalnya sehingga air tanah menjadi sumber utama. Sumber air tanah yang dimanfaatkan oleh Sans Hotel Alexander dapat dilihat pada **Gambar 2.3**.



Gambar 2.3 Sumber Air Tanah di Sans Hotel Alexander Kota Bandung

Hasil *benchmarking* dan observasi lapang di Sans Hotel Alexander menunjukkan bahwa kontinuitas pasokan air tidak hanya bergantung pada sumber

air utama, tetapi juga memerlukan strategi mitigasi apabila terjadi gangguan pasokan. Praktik penyediaan air melalui vendor eksternal menggunakan mobil tangki menjadi contoh penerapan rencana kontinjensi yang dapat diadaptasi pada bangunan komersial maupun fasilitas pelayanan publik.

Di sekitar lokasi tapak Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung, pemanfaatan sumber air oleh warga setempat masih didominasi oleh air tanah. Berdasarkan wawancara dengan Ketua Rukun Warga (RW) 02, mayoritas warga di wilayah tersebut mengandalkan air tanah sebagai sumber utama, sementara PDAM hanya digunakan sebagai cadangan atau sumber alternatif, terutama saat musim kemarau. Ketua RW 02 juga memanfaatkan air tanah sebagai sumber utama di rumahnya. Penggunaan layanan PDAM yang terukur melalui meteran di rumah Ketua RW 02 dapat dilihat pada **Gambar 2.4**.



Gambar 2.4 Meteran PDAM di Rumah Ketua Rukun Warga (RW) 02

Pada perencanaan Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung yang menggunakan PDAM sebagai sumber air utama, pendekatan serupa dapat dipertimbangkan sebagai sumber pasokan darurat apabila terjadi gangguan distribusi PDAM dengan tetap mempertahankan kapasitas *Ground Water Tank* (GWT) sebagai penyangga sebelum pasokan dari mobil tangki dialirkan ke sistem distribusi rumah sakit.

2.2.8 Titik Penyaluran Air Buangan Eksisting

Pada lokasi tapak terdapat empat titik *manhole* yang terhubung dengan saluran limbah perkotaan di Kota Bandung yang dikelola oleh PDAM Tirtawening untuk zona pelayanan Bandung Utara. Saluran pembuangan ini memotong tepat di tengah tapak, melintasi *brandgang*, dan mengarah ke jalan utama Pasir Kaliki sebelum akhirnya menuju ke IPAL Bojongsoang. Saluran Air Buangan Eksisting Lokasi Tapak Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung dapat dilihat pada **Gambar 2.5**.



Gambar 2.5 Saluran Air Buangan Eksisting Lokasi Tapak Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung

Sumber: Google Earth, 2025

Jenis air limbah yang diizinkan untuk terhubung ke saluran ini adalah air limbah domestik (*greywater*), dan tidak boleh bercampur dengan saluran d*rain*ase. Sementara itu, air limbah yang memiliki pH tinggi serta mengandung minyak dan lemak harus melalui pengolahan khusus sebelum disalurkan ke saluran riol kota.

2.3 Deskripsi Gedung dan Fungsi Ruang

Gedung Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung Kota Bandung berdiri di atas lahan seluas 5.447 m². Dari total luas tersebut, sebagian digunakan untuk bangunan utama, sementara sisanya dimanfaatkan sebagai ruang terbuka hijau dan area pendukung lainnya. Luas lantai dasar bangunan atau *footprint* yang menutupi lahan sebesar 2.723,5 m², ruang terbuka hijau di area rumah sakit ini seluas 1.089,4 m², dan 3.812,9 m² diperuntukkan untuk lain-lainnya guna mendukung fasilitas penunjang operasional rumah sakit.

Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung dirancang untuk melayani pasien dengan penyakit jantung dan kelainan kardiovaskular lainnya. Gedung rumah sakit ini memiliki kapasitas 78 tempat tidur dengan pembagian kelas 1, 2, 3, dan VIP.

Area pelayanan yang dirancang sesuai standar teknis rumah sakit. Gedung ini dilengkapi dengan fasilitas pendukung untuk menunjang kenyamanan pasien dan operasional, seperti *Cath Lab,* Ruang Triase, Ekokardiografi, *Treadmill,* Ruang Operasi, Terapi Wicara (Audiometer dan Vokasional), Terapi Okupasional, dan fasilitas lainnya.

Adapun tata letak, fasilitas dan fungsi ruang di setiap lantai gedung adalah sebagai berikut:

1. Lantai Dasar

   Area pelayanan utama dan fasilitas pendukung yang ada di lantai dasar berperan langsung terhadap operasional rumah sakit. Terdapat ruang sterilisasi, pengemasan, dan farmasi. Area Instalasi Gawat Darurat (IGD), lengkap dengan ruang tindakan, ruang dokter ruang tunggu dan ruang triase. Adapun fasilitas pelayanan pasien meliputi ruang rawat, ruang istirahat serta ruang pemeriksaan. Selain itu, terdapat fasilitas operasional yang meliputi laboratorium, *laundry*, dapur, kantin serta area *drop-off* pasien dan jenazah, dan area administrasi. Pada **Tabel 2.1** berikut merupakan sarana dan fasilitas yang terdapat di lantai dasar Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung. Adapun Denah lantai dasar dapat dilihat pada **Gambar 2.6**.

Tabel 2.1 Tata Letak dan Peruntukan Gedung Lantai Dasar

No	Nama Ruang	Fungsi
1	Ruang tindakan gawat darurat	Tindakan medis darurat
2	Cathlab	Tempat kateterisasi
3	Ruang Sterilisasi	Tempat pembersihan dan desinfeksi peralatan medis
4	Ruang istirahat	Tempat rehat tenaga medis
5	Toilet umum dan WC difabel	Fasilitas pengunjung
6	Janitor	Pembersihan Gedung
7	Area memasak dan Kantin	Penyajian makanan
8	Laundry	Tempat mencuci pakaian
9	Pemulasaran Jenazah	Tindakan perawatan jenazah
10	Area penyiraman taman	Tempat resapan air
11	Main Distribution Panel (MDP)	Pusat kendali suplai listrik untuk bangunan
12	Ruang triase	Pre-assessment untuk pasien IGD
13	Ruang apoteker	Ruang kerja, gudang obat dan area farmasi
14	Ruang nutrisionis	Pengelola area dapur dan kantin
15	Ruang Periksa	Tempat konsultasi pasien dan dokter
16	*Lobby* dan ruang tunggu	Fasilitas pengunjung

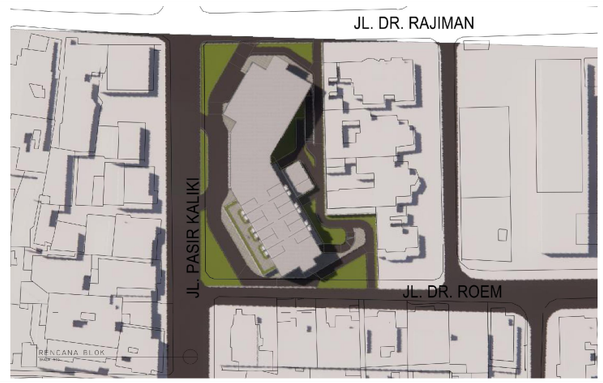


PROGRAM STUDI
TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN
2026

JUDUL GAMBAR

DENAH LANTAI DASAR
RUMAH SAKIT KHUSUS JANTUNG CIGADUNG
KOTA BANDUNG

GAMBAR KUNCI



KETERANGAN

SKALA

1 : 250

NO. GAMBAR	NO. HALAMAN
2.6	II-12

2. Lantai 1

   Lantai 1 diperuntukkan pelayanan klinis dan fasilitas medis lanjutan serta unit perawatan. Terdapat kamar kelas 3 sebagai ruang rawat inap pasien, fasilitas ruang operasi, area farmasi, ruang doktor dan *lobby* area pengunjung. Pada **Tabel 2.2** berikut merupakan sarana dan fasilitas yang terdapat di lantai 1 Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung. Adapun Denah lantai 1 dapat dilihat pada **Gambar 2.7**.

Tabel 2.2 Tata Letak dan Peruntukan Gedung Lantai 1

No	Nama Ruang	Fungsi
1	Ruang Operasi	Tindakan medis dan *bed*ah
2	Ruang persiapan dan Induksi	Pra-tindakan medis
3	Farmasi dan depo Farmasi	Penyiapan obat
4	Ruang istirahat dokter	Tempat rehat dan diskusi tenaga medis
5	Storage kotor dan steril, linen	Penanganan linen
6	Ruang ganti	Pergantian pakaian tenaga medis
7	Janitor	Pembersihan gedung
8	Toilet umum dan WC difabel	Fasilitas pasien dan pengunjung
9	Kamar kelas 3 (6 unit; 6 *bed*/unit)	Rawat inap pasien kelas 3
10	Laboratorium	Laboratorium medis
11	Ruang sterilisasi	Tempat pembersihan dan desinfeksi peralatan medis

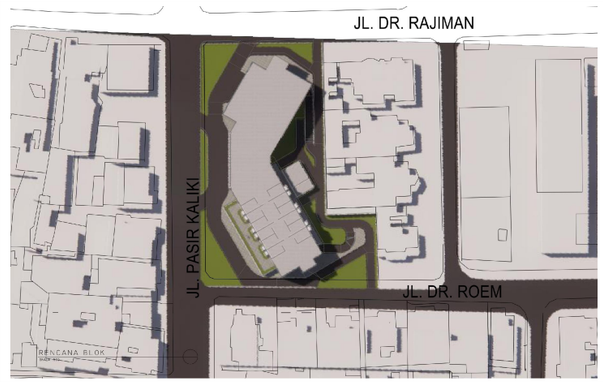


PROGRAM STUDI
TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN
2026

JUDUL GAMBAR

DENAH LANTAI 1
RUMAH SAKIT KHUSUS JANTUNG CIGADUNG
KOTA BANDUNG

GAMBAR KUNCI



KETERANGAN

SKALA

1 : 250

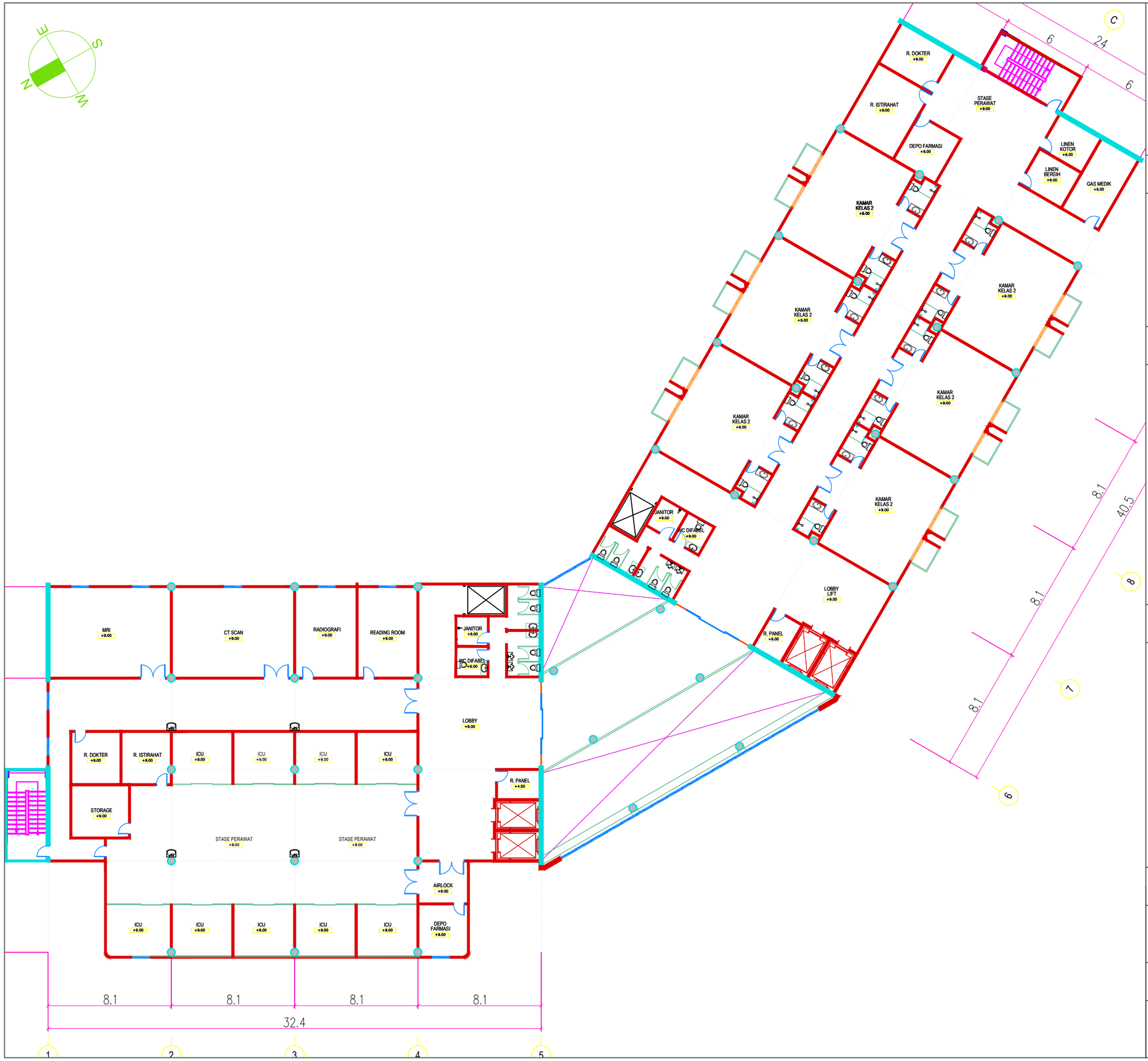
NO. GAMBAR	NO. HALAMAN
2.7	II-14

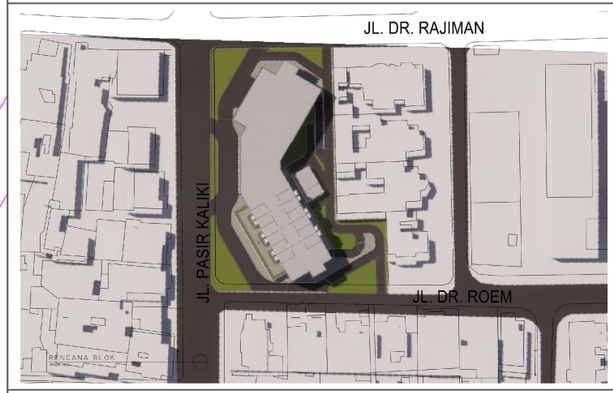
3. Lantai 2

   Lantai ini diperuntukkan pada ruang rawat inap kelas 2 serta fasilitas diagnostik dan perawatan intensif yang lengkap dengan stase perawat dan ruang istirahat dokter. Selain itu, terdapat laboratorium, ruang radiologi dan depo farmasi. Pada **Tabel 2.3** berikut merupakan sarana dan fasilitas yang terdapat di lantai 2 Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung. Adapun Denah lantai 2 dapat dilihat pada **Gambar 2.8**

Tabel 2.3 Tata Letak dan Peruntukan Gedung Lantai 2

No	Nama Ruang	Fungsi
1	ICU (9 unit)	Rawat inap intensif
2	Kamar kelas 2 (6 unit; 4 bed/unit)	Rawat inap pasien kelas 2
3	CT Scan	Pemeriksaan penunjang
4	MRI	Pemeriksaan penunjang
5	Radiografi	Pemeriksaan penunjang
6	Ruang dokter ICU dan ruang istirahat	Area staf medis
7	Stase perawat	Monitoring pasien
8	Janitor	Pembersihan area gedung
9	Linen bersih dan linen kotor	Penanganan linen
10	Toilet umum dan WC difabel	Fasilitas pengunjung dan pasien
11	Lobby dan ruang tunggu	Fasilitas pengunjung dan pasien





PROGRAM STUDI
TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN
2026

JUDUL GAMBAR

DENAH LANTAI 2
RUMAH SAKIT KHUSUS JANTUNG CIGADUNG
KOTA BANDUNG

GAMBAR KUNCI

KETERANGAN

SKALA

1 : 250

NO. GAMBAR	NO. HALAMAN
2.8	II-16

4. Lantai 3

   Pada lantai 3 difungsikan sebagai area perawatan pasien kamar kelas 1 dan VIP serta berbagai fasilitas rehabilitasi dan administrasi. Selain itu, pada lantai ini terdapat ruang direktorat rumah sakit, ruang rapat, fasilitas terapi, dan laboratorium. Pada **Tabel 2.4** berikut merupakan sarana dan fasilitas yang terdapat di lantai 3 Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung. Adapun Denah lantai 3 dapat dilihat pada **Gambar 2.9**.

Tabel 2.4 Tata Letak dan Peruntukan Gedung Lantai 3

No	Nama Ruang	Fungsi
1	Kamar Kelas 1 (6 unit)	Rawat inap pasien kelas 1
2	Kamar kelas VIP (6 unit)	Rawat inap pasien kelas VIP
3	Toilet umum dan WC difabel	Fasilitas pengunjung dan pasien
4	Janitor	Pembersihan area gedung
5	Ruang cuci	*Laundry* dan cuci
6	Ruang linen bersih dan kotor	Penyimpanan linen bersih dan linen kotor
7	Rehabilitasi medis	Ruang terapi rehabilitasi
8	Ruang dokter dan ruang istirahat	Ruang kerja dan beristirahat staf medis
9	Ruang direktorat	Ruang kerja direktorat
10	Ruang tunggu	Fasilitas umum
11	Ruang konsultasi	Fasilitas pasien
12	Laboratorium anatomi	Fasilitas medis
13	Laboratorium Hematologi	Fasilitas medis
14	Laboratorium imunologi	Fasilitas medis
15	Laboratorium kimia klinik	Fasilitas medis

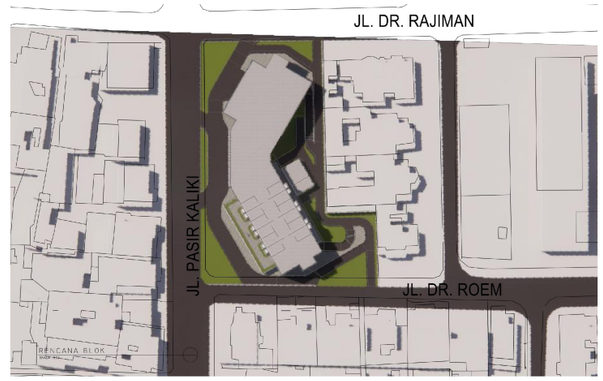


PROGRAM STUDI
TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN
2026

JUDUL GAMBAR

DENAH LANTAI 3
RUMAH SAKIT KHUSUS JANTUNG CIGADUNG
KOTA BANDUNG

GAMBAR KUNCI



KETERANGAN

SKALA

1 : 250

NO. GAMBAR	NO. HALAMAN
2.9	II-18

5. *Basement* 1

   Basement 1 difungsikan sebagai area parkir kendaraan serta area teknis dan operasional utilitas pendukung bangunan rumah sakit. Terdapat ruang panel listrik, ruang pompa, *boiler*, *genset* dan *sump pit*. Selain itu, pada *basement* terdapat GWT yang menampung suplai air minum untuk bangunan gedung. Pada **Tabel 2.5** berikut merupakan sarana dan fasilitas yang terdapat di *basement* 1 Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung. Adapun Denah lantai *basement* 1 dapat dilihat pada **Gambar 2.10.**

Tabel 2.5 Tata Letak dan Peruntukan Gedung Lantai *Basement* 1

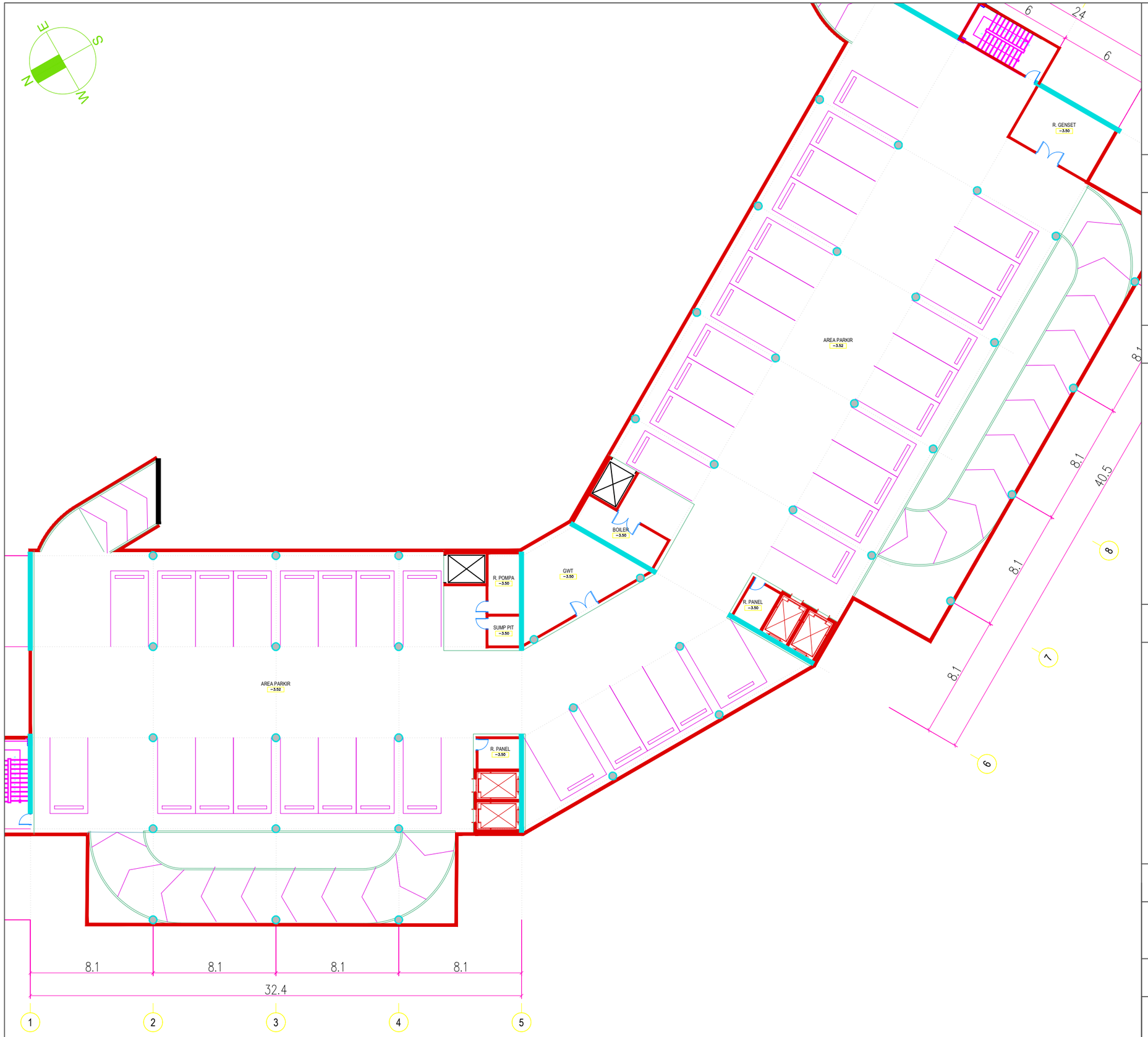
No	Nama Ruang	Fungsi
1	Area parkir	Area parkir kendaraan
2	Ruang pompa	Ruang pompa air untuk sistem plambing
3	Ruang boiler	Ruang ketel pemanas air
4	*Sump Pit*	Penampungan air limbah atau d*rain*ase di lantai
5	*Ground Water Tank* (GWT)	Tangki penampungan air minum
6	Ruang Genset	Ruang generator listrik
7	Ruang panel	Panel kontrol instalasi listrik

6. *Basement* 2

   Basement 2 difungsikan sebagai area teknis dan area parkir tambahan. Pada **Tabel 2.6** berikut merupakan sarana dan fasilitas yang terdapat di *basement* 2 Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung. Adapun Denah lantai *basement* 2 dapat dilihat pada **Gambar 2.11**

Tabel 2.6 Tata Letak dan Peruntukan Gedung Lantai *Basement* 2

No	Nama Ruang	Fungsi
1	Area parkir	Area parkir kendaraan
2	Ruang boiler	Ruang ketel pemanas air
3	*Sump Pit*	Penampungan air limbah atau d*rain*ase di lantai
4	Ruang panel	Panel kontrol instalasi listrik

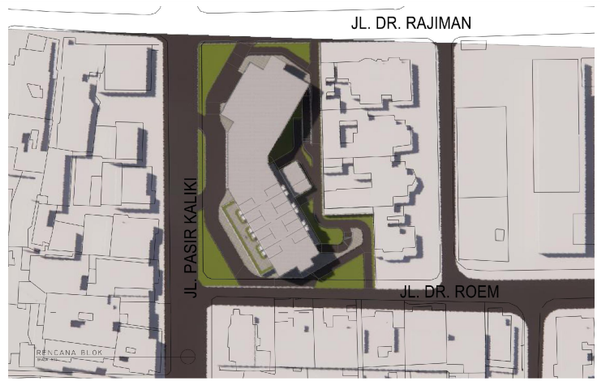


PROGRAM STUDI
TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN
2026

JUDUL GAMBAR

DENAH LANTAI *BASEMENT 1*
RUMAH SAKIT KHUSUS JANTUNG CIGADUNG
KOTA BANDUNG

GAMBAR KUNCI

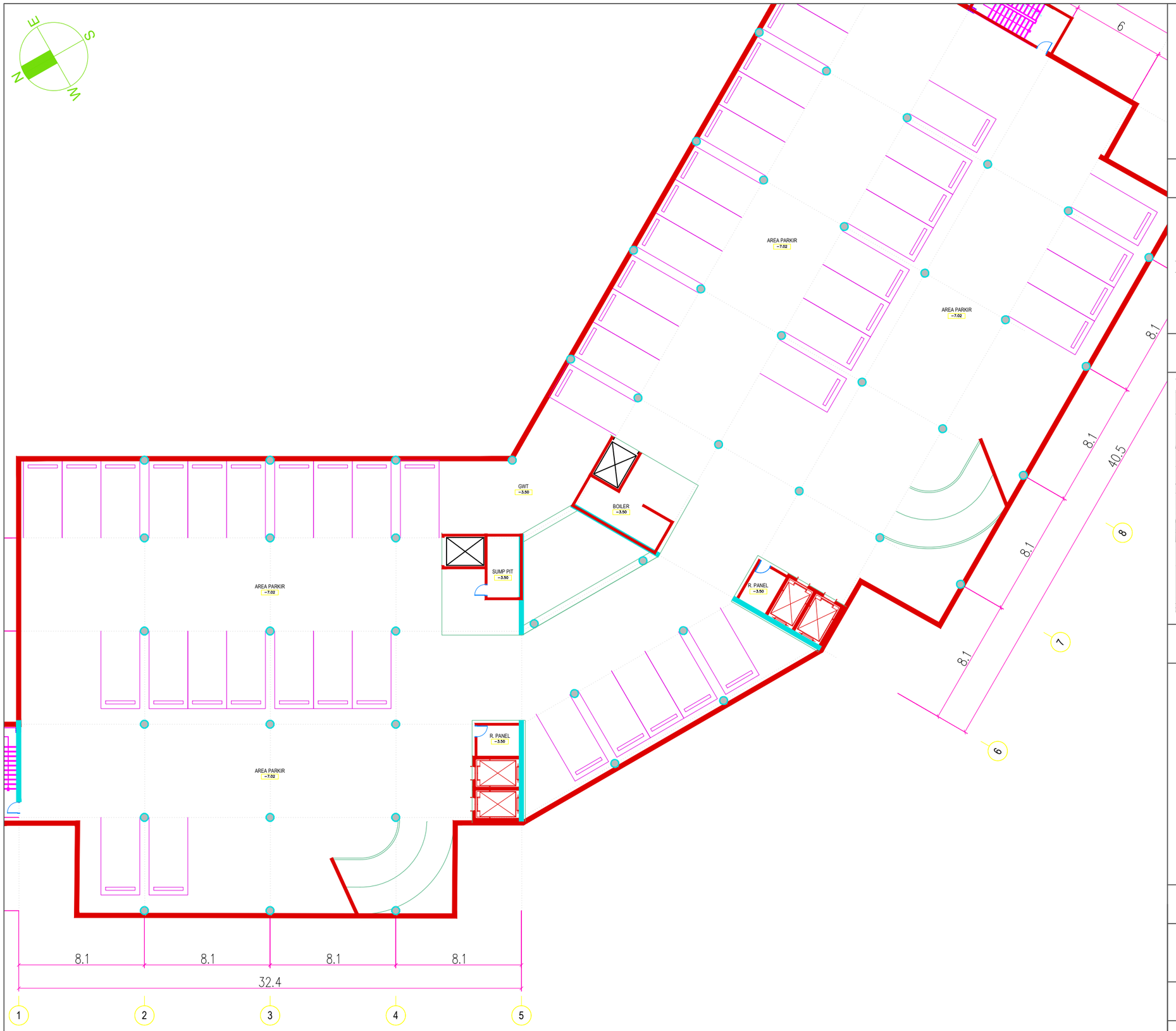


KETERANGAN

SKALA

1 : 250

NO. GAMBAR	NO. HALAMAN
2.10	II-20

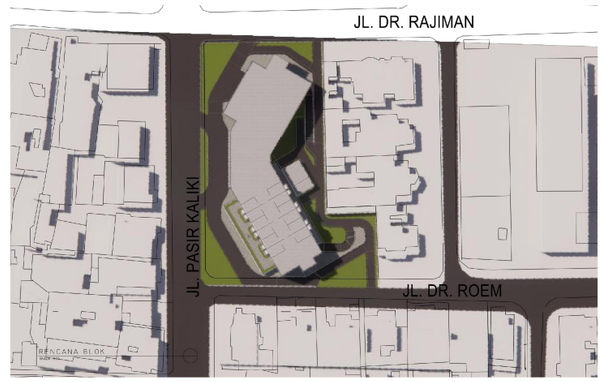


PROGRAM STUDI
TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN
2026

JUDUL GAMBAR

DENAH LANTAI *BASEMENT 2*
RUMAH SAKIT KHUSUS JANTUNG CIGADUNG
KOTA BANDUNG

GAMBAR KUNCI



KETERANGAN

SKALA

1 : 250

NO. GAMBAR	NO. HALAMAN
2.11	II-21

BAB III
TINJAUAN PUSTAKA

3.1 Rumah Sakit

Menurut Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 17 Tahun 2023 tentang Kesehatan, rumah sakit adalah institusi pelayanan kesehatan yang menyelenggarakan pelayanan kesehatan perorangan secara paripurna yang menyediakan pelayanan rawat inap, rawat jalan, dan gawat darurat.

Menurut *World Health Organization* (WHO), rumah sakit merupakan bagian integral dari suatu organisasi sosial dan kesehatan dengan fungsi menyediakan pelayanan paripurna (komprehensif), penyembuhan penyakit (kuratif), dan pencegahan penyakit (preventif) kepada masyarakat.

3.1.1 Klasifikasi Rumah Sakit

Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan (2020), Rumah sakit terbagi menjadi dua tipe, yaitu rumah sakit umum dan rumah sakit khusus. Rumah sakit umum adalah rumah sakit yang memberikan pelayanan kesehatan pada semua bidang dan jenis penyakit. Sementara itu, rumah sakit khusus memberikan pelayanan pada satu bidang atau jenis penyakit tertentu sesuai disiplin ilmu, golongan umur, organ, jenis penyakit, atau kekhususan lainnya. Adapun Rumah Sakit Khusus terdiri dari:

a. ibu dan anak
b. mata
c. gigi dan mulut
d. ginjal
e. jiwa
f. infeksi
g. telinga-hidung-tenggorokan kepala leher
h. paru
i. ketergantungan obat
j. bedah
k. otak
l. ortopedi
m. kanker
n. jantung dan pembuluh darah

Berdasarkan fasilitas dan kemampuannya, Rumah Sakit Khusus diklasifikasikan menjadi:

a. Rumah Sakit Khusus Kelas A;

   Rumah sakit khusus kelas A merupakan rumah sakit khusus yang memiliki jumlah tempat tidur paling sedikit 100 (seratus) buah.

b. Rumah Sakit Khusus Kelas B;

   Rumah sakit khusus kelas B merupakan rumah sakit khusus yang memiliki jumlah tempat tidur paling sedikit 75 (tujuh puluh lima) buah.

c. Rumah Sakit Khusus Kelas C

   Rumah Sakit khusus kelas C merupakan rumah sakit khusus yang memiliki jumlah tempat tidur paling sedikit 25 (dua puluh lima) buah.

Rumah sakit selain sebagai pelayanan medis juga diperlukan untuk pelayanan penunjang. Salah satunya adalah pelayanan kesehatan lingkungan rumah sakit atau sanitasi rumah sakit.

3.1.2 Penyehatan Ruang dan Bangunan Rumah Sakit

Bangunan rumah sakit merupakan perwujudan fisik hasil pekerjaan konstruksi yang menyatu dengan tempat dan kedudukannya, sebagian atau seluruhnya yang berada di atas tanah/perairan, ataupun di bawah tanah/perairan yang digunakan untuk penyelenggaraan rumah sakit (Kementerian Kesehatan RI, 2021). Pemilihan lokasi rumah sakit yang akan didirikan berada pada lahan yang sesuai dengan rencana tata ruang/wilayah dan/atau rencana tata bangunan lingkungan setempat serta peruntukan lahan untuk fungsi rumah sakit. Lahan tersebut harus memiliki batas yang jelas dan dilengkapi akses/pintu yang terpisah dengan bangunan fungsi lain sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan (Menteri Kesehatan RI, 2020). Bangunan dan prasarana rumah sakit harus memenuhi prinsip keselamatan, kesehatan, kenyamanan dan keamanan serta kemudahan.

3.2 *Green Hospital*

Rumah sakit ramah lingkungan (*Green Hospital*) adalah rumah sakit yang didesain, dibangun, direnovasi, dioperasikan dan dipelihara dengan mempertimbangkan prinsip kesehatan dan lingkungan keberlanjutan. Konsep *Green Hospital* diadopsi dari implementasi Bangunan Gedung Hijau (BGH) yang mana aspek lingkungan sangat diperhatikan pada perancangan, pembangunan pengoperasian dan pemeliharaannya (Kemenkes 2018).

Bangunan Gedung Hijau (BGH) adalah bangunan gedung yang memenuhi standar teknis bangunan gedung dan memiliki kinerja terukur secara signifikan dalam penghematan energi, air dan sumber daya lainnya melalui penerapan prinsip Bangunan Gedung Hijau (BGH) sesuai fungsi dan klasifikasi dalam setiap tahapan penyelenggaraannya (Permen PUPR 2021).

Menurut Risnawati *et. al.* (2015) dalam Alfiani *et.al.* (2018), *Green Hospital* adalah suatu konsep rumah sakit dengan desain memberdayakan potensi alam sebagai sumber daya utama sehingga ramah terhadap lingkungan dan memenuhi kebutuhan saat ini tanpa mengurangi cadangan kebutuhan di masa yang akan datang.

3.2.1 Prinsip *Green Hospital*

Penerapan *Green Hospital* berfokus pada keberlanjutan dalam perancangan dan operasional rumah sakit untuk mendukung kesehatan pasien, staf, serta masyarakat sekitar, sambil meminimalkan dampak lingkungan. Rumah sakit dirancang untuk meningkatkan efisiensi energi dan air, termasuk pemanfaatan sumber energi alternatif dan teknologi daur ulang air. Selain itu, digunakan material ramah lingkungan, seperti bahan non-toksik, dan daur ulang, yang mendukung kesehatan penghuni gedung. Penerapan kualitas udara dalam ruangan yang baik juga sangat penting untuk menciptakan lingkungan yang nyaman dan sehat, didukung dengan *vent*ilasi yang optimal.

Green Hospital harus secara aktif mengurangi limbah dan emisi karbon, berkontribusi pada pengendalian perubahan iklim, serta mengembangkan inovasi yang memperkuat prinsip keberlanjutan ini. Prinsip-prinsip ini menciptakan sinergi antara keberlanjutan lingkungan dan peningkatan kualitas layanan kesehatan, yang

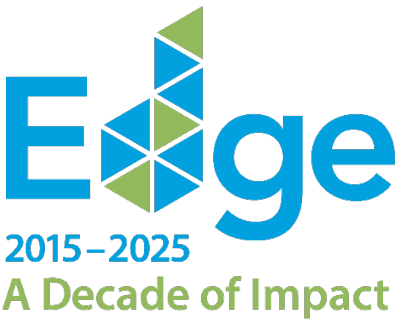
secara keseluruhan berfokus pada efisiensi penggunaan sumber daya dan perlindungan kesehatan penghuni rumah sakit (Kemenkes 2018).

3.2.2 Kriteria *Green Hospital*

Terdapat beberapa kriteria penerapan *Green Hospital* yang diatur oleh beberapa organisasi yang mengeluarkan lisensi resmi terkait capaian bangunan Hijau, di antaranya:

1. *Excellence in Design for Greater Efficiency* (*EDGE*)

   EDGE (**Gambar 3.1)** adalah inovasi *International Finance Corporation* (IFC) anggota *World Bank Group* (**Gambar 3.2**) yang dibuat untuk menanggapi kebutuhan akan solusi yang terukur dan kredibel untuk membuktikan kasus bisnis untuk *Green Building* dan membuka investasi keuangan.



Gambar 3.1 *EDGE Building*

Sumber: https://EDGEbuildings.com/



Gambar 3.2 *International Finance Corporation* (IFC) *World Bank Group*

Sumber: https://EDGEbuildings.com/

Berikut merupakan aspek penilaian *Green Hospital* menurut *EDGE*:

1) Penghematan energi

   Penghematan energi melalui berbagai upaya seperti *Window to Wall Ratio* (WWR), Material Fasad, *Shading*, Ventilasi alam, spesifikasi

kaca, sistem HVAC hemat, sumber energi terbarukan, dan refrigeran aman untuk ozon.

2) Penghematan Air

Penghematan air dengan cara fitur hemat air, memiliki penampungan air hujan, air alternatif seperti daur ulang *Grey Water*, air kondensat AC untuk dilakukan *recycle*.

3) Pengurangan *cost* energi dari material

Pemilihan berbagai material yang minim energi (*embodied energy*) baik untuk lantai, dinding, atap dan insulasinya.

2. Kriteria Bangunan Gedung Hijau (BGH)

Kriteria ini diatur pada Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat No. 2 Tahun 2015. Bangunan gedung hijau (BGH) adalah bangunan yang menerapkan prinsip keberlanjutan dalam perencanaannya, pelaksanaannya serta pengelolaannya. Adapun penilaian parameter kinerja yang dinilai dapat ditinjau dari:

1) Pengelolaan tapak
2) Efisiensi energi
3) Efisiensi air
4) Kualitas udara dan kenyamanan dalam ruang
5) Pengelolaan air limbah
6) Pengelolaan sampah

3. Pedoman *Green Hospital* di Indonesia

Pedoman ini disusun oleh Kementerian kesehatan pada tahun 2018 yang mengadaptasi dari beberapa kriteria yang diatur pada *Greenship*. *Greenship* merupakan suatu perangkat penilaian yang disusun oleh *Green Building Council Indonesia* (GBCI). GBCI (**Gambar 3.3**) adalah sebuah organisasi nirlaba independen yang didirikan pada tahun 2009 oleh para professional dan perusahaan terkemuka di Industri Bangunan di Indonesia.



Gambar 3.3 *Green Building Council Indonesia*

Sumber: https://www.gbcindonesia.org/

Dalam Pedoman *Green Hospital* di Indonesia oleh Kemenkes tahun 2018, kriteria desain dan konstruksi pada bangunan rumah sakit adalah sebagai berikut:

1. Pengembangan Lahan yang Tepat (ASD - *Appropriate Site Development*)
2. Efisiensi dan Konservasi Energi (EEC - *Energy Efficiency and Conservation*)
3. Konservasi Air (WAC - *Water Conservation*)
4. Material, Sumber daya dan Daur Hidup (MRC - *Material Resource and Cycle*)
5. Kesehatan dan Kenyamanan dalam Ruang (IHC - *Indoor Health and Comfort*)
6. Manajemen Lingkungan Bangunan (BEM - *Building Environment Management*)
7. Taman Penyembuhan

3.2.3 Konservasi Air Bangunan Gedung

Konservasi air merupakan kegiatan penggunaan air seefisien mungkin sehingga tidak terjadi banjir pada musim hujan dan tersedia dengan cukup di musim kemarau. Dengan demikian, suatu tanda konservasi yang baik dapat dilihat dari ketersediaan air dari segi kualitas dan kuantitasnya di setiap waktu baik musim kemarau maupun musim hujan (Arsyad, 1989).

Konservasi air perlu diterapkan sebagai upaya menjaga keberlangsungan keberdayaan daya dukung, daya tampung dan fungsi sumber daya air. Konservasi

dilakukan dengan tujuan untuk mengurangi konsumsi air atau memaksimalkan penggunaannya (Kumari dan Singh, 2017).

Menurut *Green Building* Council Indonesia (2018), konservasi air melibatkan pengurangan penggunaan air bersih yang tidak diperlukan, serta pengembangan sistem daur ulang dan pemanfaatan kembali air hujan atau air limbah.

Tujuan dari konservasi air adalah meningkatkan volume dan efisiensi penggunaan air, serta memperbaiki kualitas air agar sesuai dengan kebutuhan, sehingga ketersediaannya tetap terjaga dan pasokan air dapat meningkat. Penerapan konservasi air yang efektif mencakup kombinasi antara pengelolaan pasokan air untuk kebutuhan masa depan dan efisiensi dalam penggunaannya (Kodoatie dan Syarief, 2010).

Konservasi air pada bangunan gedung perlu meninjau beberapa ketentuan sebagaimana yang diatur dalam standar agar memenuhi kriteria *Green Building.* Ketentuan aspek konservasi air gedung dapat dilihat pada **Tabel 3.1.**

Tabel 3.1 Ketentuan Konservasi Air

Referensi	Ketentuan
EDGE Building (1)	Ketentuan pengukuran efisiensi air (WEM - *Water Efficiency Measures*): 1) *Shower* hemat air 2) Keran hemat air untuk semua kamar mandi 3) Toilet hemat air untuk semua kamar mandi 4) Bidet hemat air 5) Urinoir hemat air 6) Keran hemat air untuk wastafel dapur 7) Mesin pencuci piring hemat air 8) Katup semprot pra-bilas hemat air untuk dapur 9) Mesin cuci hemat air 10) Penutup kolam renang 11) Irigasi lansekap hemat air 12) Sistem pemanenan air hujan 13) Sistem pengolahan dan daur ulang air limbah 14) Pemanfaatan ulang air kondensasi 15) *Smart meters* untuk air

Referensi	Ketentuan
Green Building Council Indonesia (GBCI) [2]	Kriteria desain dan konstruksi: 1) Dilengkapi alat meteran air 2) Melakukan pengurangan penggunaan air 3) Menggunakan *water fixture* hemat air 4) Memasang instalasi daur ulang air limbah 5) Menggunakan sumber air alternatif 6) Melakukan upaya peresapan air hujan 7) Efisiensi air untuk penyiraman taman Kriteria Operasi: 1) Melakukan tindakan efisiensi penggunaan air dengan menyediakan alat monitoring (meteran air) 2) Menyediakan sarana penyuluhan penghematan air 3) Menggunakan sumber air alternatif seperti air daur ulang air limbah 4) Melakukan konservasi air dengan membangun sumur resapan air hujan, biopori dan kolam ekologi 5) Menggunakan peralatan plambing yang hemat air 6) Melakukan daur ulang air limbah 7) Melakukan pemisahan air dengan cemaran air ringan untuk *reuse*
Bangunan Gedung Hijau (BGH) [3]	Parameter kinerja efisiensi air: 1) Sumber air; menghindari pemakaian air tanah, penyediaan air mandiri dan penampungan air hujan 2) Pemakaian air; Komposisi 90% dari sumber primer dan 10% mandiri 3) *Water Fixture*s; menggunakan peralatan saniter hemat air Parameter kinerja pengelolaan limbah: 1) Penyediaan fasilitas pengelolaan limbah padat dan limbah cair sebelum dibuang ke saluran pembuangan kota 2) Sistem daur ulang air yang berasal dari air limbah

Sumber:[1] *International Finance Corporation* (IFC), *EDGE Building User Guide part 4 – Water Measures Version 3, November 2024*

[2] *Pedoman Rumah Sakit Ramah Lingkungan, Kemenkes 2018*

[3] *Permen PUPR No 21 tahun 2021*

Standar *Green Building* menurut *EDGE Building*, Bangunan Gedung Hijau (BGH), dan Pedoman *Green Hospital* Indonesia memiliki tujuan, ruang lingkup,

serta metode penilaian yang berbeda. Perbedaan tersebut dipengaruhi oleh lembaga penyusun, sasaran pengguna, dan tujuan implementasi masing-masing standar.

EDGE Building dikembangkan oleh *International Finance Corporation* (IFC) sebagai instrumen internasional untuk mengukur efisiensi sumber daya bangunan secara kuantitatif sehingga hasilnya dapat dijadikan dasar pengambilan keputusan investasi dan kuantifikasi ekonomi. Bangunan Gedung Hijau (BGH) merupakan regulasi nasional yang diterbitkan oleh Kementerian PUPR di tahun 2021 sebagai pedoman penyelenggaraan bangunan gedung berkelanjutan di Indonesia. Sementara itu, Pedoman *Green Hospital* Indonesia disusun oleh Kementerian Kesehatan di tahun 2018 dengan mengadaptasi konsep *Greenship Green Building Council* Indonesia (GBCI) agar sesuai dengan karakteristik fasilitas pelayanan kesehatan.

Perbedaan tujuan tersebut menyebabkan parameter penilaian yang digunakan juga berbeda. *EDGE* lebih menekankan pada besarnya efisiensi sumber daya yang dapat diukur secara kuantitatif, sedangkan BGH mengevaluasi pemenuhan seluruh aspek keberlanjutan bangunan melalui sistem pembobotan. Adapun Pedoman *Green Hospital* lebih menitikberatkan pada pemenuhan prinsip-prinsip penyelenggaraan rumah sakit ramah lingkungan melalui indikator implementasi tanpa menetapkan target numerik tertentu. Perbandingan ketiga standar tersebut disajikan pada **Tabel 3.2.**

Tabel 3.2 Perbandingan Standar *Green Hospital* Berdasarkan Aspek Teknis dan Penilaian

	EDGE Building	**Bangunan Gedung Hijau (BGH)**	**Pedoman *Green Hospital* Indonesia**
Lembaga Penyusun	**IFC**	**KEMENPUPR (2021)**	**KEMENKES (2018)**
Tujuan	Mengukur efisiensi sumber daya bangunan	Menilai kinerja bangunan hijau nasional	Pedoman implementasi rumah sakit ramah lingkungan
Ruang lingkup	Seluruh jenis bangunan	Seluruh bangunan gedung	Rumah sakit
Metode penilaian	Persentase penghematan dibanding *baseline*	Pembobotan poin	Pemenuhan indikator
Fokus teknis	Energi, air, embodied energy material	Tapak, energi, air, material, kualitas ruang, limbah	Tapak, energi, air, material, kesehatan ruang, manajemen lingkungan

	EDGE Building	**Bangunan Gedung Hijau (BGH)**	**Pedoman *Green Hospital* Indonesia**
Fokus ekonomis	Analisis penghematan biaya operasional (*utility cost*) dan *payback period*	Tidak dihitung secara langsung	Tidak dihitung secara langsung
Target konservasi air	≥20% penghematan air dibanding baseline	Tidak menetapkan target persentase	Tidak menetapkan target persentase
Parameter konservasi air	• *Water fixture* hemat air • *rainwater harvesting*, • *greywater recycling*, • *condensate reuse*, • *smart water meter*	• Sumber air • *water fixture* hemat air • air alternatif • pengelolaan air limbah	• *Water fixture* hemat air • air alternatif • daur ulang air limbah • konservasi air hujan • monitoring
Cara penilaian aspek air	Besarnya persentase penghematan air hasil simulasi	Pemenuhan indikator yang dikonversi menjadi poin	Pemenuhan indikator implementasi
Target keseluruhan	• ≥20% energi, • ≥20% air, • ≥20% *embodied energy material*	• Pratama ≥45 - <65%; • Madya ≥65%; • Utama ≥80% dari total poin	Tidak memiliki sistem sertifikasi numerik

Perbedaan metode penilaian tersebut menunjukkan bahwa ketiga standar memiliki orientasi yang berbeda. *EDGE* berorientasi pada kinerja (*performance-based assessment*) karena seluruh indikator dinilai berdasarkan besarnya penghematan yang dicapai. BGH menerapkan penilaian berbasis pembobotan (*score-based assessment*) sehingga capaian bangunan ditentukan oleh akumulasi nilai dari seluruh aspek bangunan. Sementara itu, Pedoman *Green Hospital* menggunakan penilaian berbasis pemenuhan indikator (*compliance-based assessment*) yang bertujuan memastikan seluruh prinsip rumah sakit ramah lingkungan telah diterapkan.

Ketiga standar menunjukkan kesamaan prinsip pada aspek konservasi air meskipun menggunakan pendekatan penilaian yang berbeda. Seluruh standar menekankan penggunaan perlengkapan plambing hemat air, pemanfaatan sumber air alternatif, pemanenan air hujan, pemanfaatan kembali air hasil pengolahan, serta pengendalian konsumsi air melalui sistem monitoring. Kesamaan tersebut menunjukkan bahwa konservasi air merupakan salah satu indikator utama dalam penerapan *Green Hospital*, baik menurut standar internasional maupun nasional.

Perencanaan Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung menggunakan *EDGE Building* sebagai instrumen evaluasi kuantitatif karena mampu mengukur besarnya efisiensi penggunaan air secara numerik dan membandingkannya dengan bangunan acuan. Sementara itu, Bangunan Gedung Hijau (BGH) digunakan sebagai acuan regulatif nasional, sedangkan Pedoman *Green Hospital* Indonesia digunakan sebagai acuan implementasi konservasi air pada fasilitas pelayanan kesehatan. Dengan demikian, hasil perencanaan sistem plambing yang memenuhi target efisiensi air menurut *EDGE* sekaligus mengakomodasi indikator konservasi air pada BGH dan Pedoman *Green Hospital* dapat dinyatakan telah memenuhi prinsip konservasi air bangunan rumah sakit berkelanjutan.

3.2.4 Studi Terdahulu Mengenai Konservasi Air

Berbagai studi terdahulu terkait konservasi air telah dilakukan. Beberapa diantaranya adalah:

3.2.4.1 Implementasi Konservasi air dan Sistem Plambing Hemat Air

Afrhiani *et. al.* (2020) melakukan penelitian terkait rencana implementasi konservasi air yang dapat menghemat pemakaian air berupa pemanfaatan air limbah *Grey Water* untuk kebutuhan *flushing* dan pemakaian saniter hemat air. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa pada penggunaan saniter hemat air dan pemanfaatan kembali limbah *Grey Water* didapatkan penghematan air sebesar 10.489 l/hari.

Penelitian oleh Rinka *et al.* (2014) membahas penerapan sistem plambing untuk konservasi air dalam rancangan *Green Building* melalui tiga alternatif solusi:

1) Alternatif 1: Menggunakan peralatan plambing hemat air dan memanfaatkan air hujan. Hasilnya, terjadi penghematan air sebesar 21.333 L/hari, sehingga kebutuhan air gedung yang semula 141.690 L/hari berkurang menjadi 120.357 L/hari.
2) Alternatif 2: Memanfaatkan air hujan dan *Grey Water* (limbah domestik) untuk kegiatan *flushing*. Pemanfaatan *Grey Water* mencapai 45.216 L/hari dan air hujan untuk penyiraman taman sebesar 2.240

L/hari, sehingga pengambilan air dari sumber utama (air tanah dan PDAM) berkurang dari 141.690 L/hari menjadi 94.234 L/hari.

3) Alternatif 3: Mengombinasikan penggunaan peralatan plambing hemat air, pemanfaatan *Grey Water*, dan air hujan. Pengambilan air dari sumber utama awalnya sebesar 120.357 L/hari berkurang menjadi 98.448 L/hari dengan tambahan penggunaan *Grey Water* sebesar 26.908,8 L/hari. Total penghematan dari sumber utama mencapai 48.242 L/hari.

Adapun matriks penelitian terdahulu dapat dilihat pada **Tabel 3.3.**

Tabel 3.3 Matriks Penelitian Terdahulu Implementasi Konservasi Air dan Sistem Plambing Hemat Air

No	Peneliti	*Fixture* Hemat Air	*Rainwater Harvesting*	*Grey Water Recycling*	Penghematan Air	Keterangan
1	Afrhiani *et al.*(2020)	**Ya**	**–**	**Ya**	**10.489 L/hari**	Penghematan diperoleh dari penggunaan saniter hemat air dan pemanfaatan *grey water* untuk *flushing*.
2	Rinka *et al.*(2014)					
	Alternatif 1	**Ya**	**Ya**	–	**21.333 L/hari**	Penghematan melalui kombinasi *water fixture*hemat air dan pemanenan air hujan.
	Alternatif 2	–	**Ya**	**Ya**	**47.456 L/hari** *(141.690 – 94.234 L/hari)*	Pengurangan penggunaan air sumber utama melalui pemanfaatan air hujan dan *grey water*.
	Alternatif 3	**Ya**	**Ya**	**Ya**	**48.242 L/hari**	Alternatif paling optimal dengan kombinasi seluruh strategi konservasi air.

Berdasarkan penelitian terdahulu, strategi konservasi air pada bangunan umumnya dilakukan melalui tiga pendekatan utama, yaitu penggunaan perlengkapan plambing hemat air (*water-efficient fixtures*), pemanfaatan air hujan (*rainwater harvesting*), dan pemanfaatan kembali air limbah domestik (*grey water recycling*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan satu metode konservasi mampu menurunkan konsumsi air bersih, sedangkan kombinasi beberapa metode

memberikan penghematan yang lebih besar. Hal ini menunjukkan bahwa efektivitas konservasi air sangat dipengaruhi oleh integrasi berbagai teknologi dalam sistem plambing bangunan.

3.2.4.2 Perencanaan Konservasi Air Berbasis *EDGE Building*

Berbagai studi telah menunjukkan bahwa *EDGE Building App* efektif dalam mengevaluasi dan mengoptimalkan konservasi air melalui tiga langkah utama:

1) Pengumpulan data eksisting
2) Simulasi digital
3) Implementasi strategi efisiensi.

Pamungkas dan Sucipto (2018) memulai dengan observasi langsung debit *shower,* keran, *flush* WC, urinoir, dan bak cuci di RS UNS Surakarta gedung tipe C delapan lantai. Kemudian memasukkan data tersebut ke dalam modul *Water Efficiency Measures* (WEM) di *EDGE*. Hasil simulasi ini menunjukkan 46,04 % penghematan air, menegaskan bahwa analisis lapangan terperinci mampu menghasilkan estimasi efisiensi yang valid dan melebihi ambang minimum 20% untuk kategori *Certified Green*.

Penggunaan *EDGE Building* sebagai alat evaluasi konservasi air juga telah diterapkan oleh Setyowati et al. (2020) pada bangunan klaster sosial Universitas Negeri Semarang. Penelitian tersebut menggunakan *EDGE* untuk menyimulasikan efisiensi air melalui beberapa parameter, yaitu pengelolaan *water closet*, pemanfaatan atap untuk *rainwater harvesting*, *water-efficient landscaping*, dan *grey water treatment*. Penerapan skenario *rain collecting*, optimasi *grey water*, dan *flush* toilet menghasilkan efisiensi air sebesar 37,86% dengan penghematan air 19.095,02 m^3/tahun berdasarkan perhitungan *EDGE*. Hasil tersebut menunjukkan bahwa skenario konservasi air berbasis *EDGE* dapat melampaui ambang minimum *water saving* 20% yang digunakan dalam sistem *EDGE*.

Pendekatan serupa dilakukan oleh Perdana *et al*. (2024), yang menggabungkan *Building Information Modelling* (BIM) berbasis *Autodesk Revit* dan *EDGE* untuk mengoptimalkan Graha Amarilis, gedung rawat inap RS Akademik Karsa Husada Batu. Penelitian ini memodelkan kondisi eksisting,

melakukan simulasi awal lalu menerapkan strategi penghematan. Hasil simulasi awal menunjukkan efisiensi air 0%. Lalu dilakukan upaya penerapan strategi penghematan seperti *shower* dan *faucet* hemat air, *rainwater harvesting*, serta *Grey Water reuse*, hingga mencapai 34,69 % efisiensi air. Sementara itu, Putro dan Yuwono (2019) meneliti Gedung *ASEAN Secretariat* di Jakarta, memadukan survei debit plambing dan simulasi *EDGE*, serta menemukan 75,89 % efisiensi air berkat integrasi sistem daur ulang limbah dan *fixture* hemat air.

Adapun rekapitulasi penelitian terdahulu mengenai perencanaan konservasi air berbasis *EDGE Building* ditunjukkan pada **Tabel 3.4.**

Tabel 3.4 Rekapitulasi Penelitian Terdahulu Perencanaan Konservasi Air Berbasis *EDGE Building*

No.	Peneliti	Objek Penelitian	Metode	Strategi Konservasi Air	Hasil Utama
1	Pamungkas & Sucipto (2018)	RS UNS Surakarta (Rumah Sakit Tipe C)	Survei debit perlengkapan plambing dan simulasi *EDGE Building* (WEM)	*Water fixture* hemat air	Efisiensi air **46,04%**, melampaui ambang sertifikasi *EDGE* sebesar **20%.**
2	Setyowati *et al.*(2020)	Klaster Sosial Universitas Negeri Semarang	Simulasi *EDGE Building*	• Rainwater harvesting • *grey water treatment* • water-efficient landscaping • optimasi WC	Efisiensi air **37,86%** dengan penghematan **19.095,02 m³/tahun**.
3	Perdana *et al.* (2024)	Graha Amarilis RS Akademik Karsa Husada Batu	*Building Information Modelling* (BIM) *Autodesk Revit* dan *EDGE Building*	• Water fixture hemat air • rainwater harvesting • *grey water reuse*	Efisiensi air meningkat **0%** menjadi **34,69%** setelah penerapan strategi konservasi.
4	Putro & Yuwono (2019)	Gedung ASEAN Secretariat Jakarta	Survei sistem plambing dan simulasi *EDGE Building*	• Water fixture hemat air • sistem daur ulang air limbah	Efisiensi air mencapai **75,89%** berdasarkan hasil simulasi *EDGE*.

Berdasarkan **Tabel 3.4**, terdapat beberapa temuan utama:

1. Seluruh penelitian menggunakan *EDGE Building* sebagai instrumen evaluasi kuantitatif konservasi air sehingga hasil yang diperoleh dapat dibandingkan secara objektif melalui persentase efisiensi air.
2. Strategi konservasi air yang paling banyak diterapkan meliputi penggunaan *water fixture hemat air*, *rainwater harvesting*, dan pemanfaatan kembali *grey water*.
3. Seluruh penelitian menunjukkan bahwa kombinasi strategi konservasi tersebut mampu menghasilkan efisiensi air di atas 20%, sehingga memenuhi ambang minimum sertifikasi *EDGE* pada aspek *Water Efficiency.*

Sebagian besar penelitian terdahulu berfokus pada evaluasi bangunan eksisting melalui simulasi *EDGE Building* setelah data lapangan diperoleh. Penelitian pada bangunan rumah sakit juga umumnya masih terbatas pada optimasi bangunan yang telah dirancang atau beroperasi.

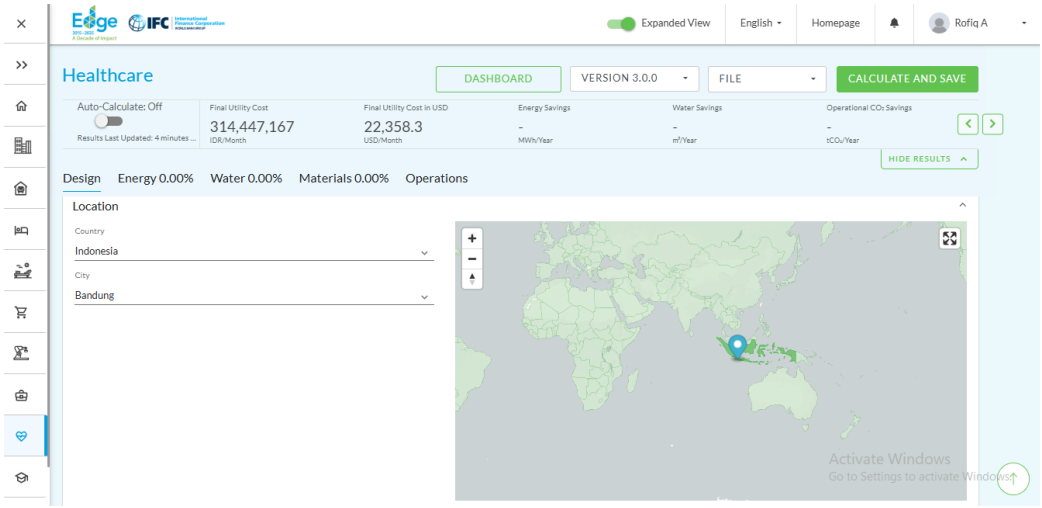
Berbeda dengan penelitian tersebut, perencanaan Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung berfokus pada rencana sistem plambing untuk sejak tahap desain. Selain mengevaluasi konservasi air menggunakan *EDGE Building*, perencanaan gedung ini mengintegrasikan perhitungan kebutuhan air berdasarkan SNI 8153:2025, perancangan jaringan plambing, pemodelan sistem penyediaan air, serta analisis penerapan strategi konservasi air pada bangunan rumah sakit yang belum dibangun.

Dengan demikian, perencanaan gedung ini tidak hanya mengevaluasi tingkat efisiensi air, tetapi juga menghasilkan rancangan teknis sistem plambing yang memenuhi ketentuan sekaligus mendukung pencapaian prinsip *Green Hospital.*

3.2.5 Simulasi Perencanaan Konservasi Air Berbasis *EDGE Building*

EDGE merupakan suatu platform digital yang dikembangkan oleh *International Finance Corporation* (IFC), yang berfungsi untuk membantu arsitek, insinyur, dan perancang bangunan dalam mengevaluasi potensi efisiensi energi, air, dan material dari suatu desain bangunan. Aplikasi ini dapat diakses dan

dimanfaatkan secara bebas untuk mensimulasikan penghematan sumber daya dalam tahap perencanaan awal (**Gambar 3.4)**.



Gambar 3.4 Tampilan *EDGE Building*

Sumber: https://EDGEbuildings.com/

Aplikasi *EDGE Building* dioperasikan secara daring dan digunakan untuk melakukan analisis melalui pengisian data proyek yang berfungsi sebagai dasar dalam mengevaluasi studi kasus penerapan efisiensi energi pada bangunan. Berdasarkan hasil perhitungan, *EDGE* memberikan sertifikasi dalam tiga tingkatan, yakni:

1) Level 1: *certified green* dengan efisiensi minimum 20%
2) Level 2: *advanced* dengan efisiensi lebih dari 40%
3) Level 3: *net zero energy* bagi bangunan yang mencapai efisiensi 100%

Efisiensi yang dicapai meliputi tiga aspek utama, yaitu konsumsi energi, air, dan penggunaan material. Selain itu, aplikasi ini juga dapat dimanfaatkan untuk membandingkan perbedaan biaya operasional dan perawatan antara gedung konvensional dan bangunan hijau, dengan mempertimbangkan data jenis material bangunan yang digunakan serta estimasi biaya bulanan untuk listrik dan air (Pamungkas et al., 2019).

EDGE Building merupakan perangkat evaluasi dan sertifikasi pelengkap *Greenship* yang dikeluarkan oleh *Green Building Council Indonesia* (*GBCI*), dirancang untuk membantu bangunan perumahan dan gedung komersial mencapai

penghematan sumber daya secara optimal. Standar *EDGE* menetapkan kriteria bangunan hijau dengan target pengurangan minimal 20% pada tiga aspek utama:

1) Konsumsi energi
2) Konsumsi air
3) Energi terbenam dalam material bangunan

Prinsip penggunaan dari aplikasi *EDGE* adalah seperti sebuah mesin perhitungan kinerja yang menggunakan rangkaian persamaan matematika berdasarkan prinsip klimatologi, perpindahan panas, dan fisika bangunan untuk memetakan potensi efisiensi energi, air, dan material setelah menerima data desain. Untuk menjaga relevansi dan akurasi, basis data *EDGE* terus diperbarui seiring kemajuan teknologi dan perubahan kondisi pasar, dengan metodologi perhitungan merujuk pada standar CEN Eropa dan ISO 13790 (Putro dan Yuwono, 2019).

Aplikasi *EDGE* (*Excellence in Design for Greater Efficiencies*) memiliki beberapa keunggulan untuk proses simulasi dan sertifikasi, di antaranya:

1) Kalkulator Finansial

   Salah satu perangkat lunak sertifikasi yang memiliki fitur menghitung biaya investasi dan pengembalian.

2) Pendekatan Kuantitatif Gratis

   Memberikan proyeksi kinerja terukur tanpa biaya lisensi.

3) One-Stop Shop

   Seluruh simulasi efisiensi dan proses sertifikasi dikelola dalam satu platform.

4) Integrasi Bukti Proyek

   Memungkinkan unggahan faktur, foto, dan gambar arsitektur sebagai bukti kepatuhan.

5) Data Spesifik Lokasi

   Memanfaatkan data iklim dan gaya hidup lokal untuk hasil simulasi yang akurat.

6) Kemudahan Penggunaan

   Dirancang agar siapa saja dapat merancang bangunan hemat energi dengan cepat.

EDGE mendukung sertifikasi berbagai tipe *Green Building*, di antaranya rumah tinggal (*single*-dan *multi-family*), hotel dan resort, pusat ritel, industri ringan dan gudang, rumah sakit dan klinik, perkantoran, serta fasilitas pendidikan.

Sistem memungkinkan pengguna untuk memasukkan spesifikasi desain, seperti jenis peralatan plambing, serta sistem pemanenan air hujan atau daur ulang limbah cair. *EDGE* akan secara otomatis menghitung konsumsi air *baseline* (*Base Case*) dan membandingkannya dengan desain efisien (*Improved Case*) yang diinput, lalu menampilkan persentase penghematan air, estimasi biaya tambahan, dan *Return on Investment* (ROI). Dengan demikian, aplikasi *EDGE* sangat relevan untuk digunakan sebagai alat bantu evaluasi konservasi air berbasis data dalam perencanaan *Green Building*, sebelum melalui proses sertifikasi formal.

EDGE mendefinisikan *Base Case* sebagai praktik konstruksi standar yang umum diterapkan pada wilayah dan tipe bangunan tertentu, sedangkan *Improved Case* menunjukkan kinerja bangunan setelah penerapan strategi efisiensi. Pada dokumen panduan *EDGE*, pemilihan *efficiency measures* akan memengaruhi proyeksi kebutuhan sumber daya, dan beberapa strategi seperti *rainwater harvesting* atau penggunaan air alternatif dinilai karena mampu menurunkan pemakaian air olahan dari sumber utama

3.3 Air

Air bersih adalah air yang memenuhi persyaratan bagi sistem penyediaan air. Persyaratan yang dimaksud adalah persyaratan segi kualitas air yang meliputi kualitas fisik, kimia, biologis dan radiologis, sehingga apabila dikonsumsi tidak menimbulkan efek samping. Sedangkan persyaratan kuantitatif dalam penyediaan air bersih adalah ditinjau dari segi banyaknya air baku yang tersedia, untuk memenuhi kebutuhan sesuai jumlah penghuni (Natabraja, 2022).

Berdasarkan SNI 8153:2025, penggunaan istilah air bersih tidak lagi digunakan. Salah satu pembaruan penting dalam standar ini adalah konsistensi penggunaan istilah air minum. Pada SNI 8153:2015, lazim digunakan istilah air bersih untuk menyebut sistem penyediaan air pada gedung. Namun, istilah air bersih dapat diartikan sebagai air untuk keperluan sehari-hari yang belum tentu layak konsumsi. Pada SNI 8153:2025 secara tegas mengganti istilah air bersih

dengan istilah air minum, sejalan dengan regulasi bahwa air yang disalurkan dalam bangunan harus memenuhi kualitas layak minum sesuai Permenkes No. 2 Tahun 2023. Pergantian istilah ini bukan sekadar semantik, namun memastikan aspek kesehatan mendapatkan prioritas – standar baru mendorong agar tidak ada lagi suplai air yang tidak higienis di jaringan plambing gedung. Istilah air bersih secara resmi dihapus dalam SNI 8153:2025. Adapun ketika ada kebutuhan air non-konsumsi seperti untuk kebersihan, sanitasi umum, standar mengarahkannya ke kategori "air higiene sanitasi" yang tetap bukan untuk diminum.

Air yang digunakan untuk kebutuhan manusia wajib berasal dari sumber yang bersih dan layak. Kriteria sumber air yang bersih dan layak tersebut meliputi (Indrayandi, 2018):

1. Bebas dari kontaminasi kuman atau bibit penyakit
2. Bebas dari substansi kimia yang berbahaya dan beracun
3. Tidak berasa dan tidak berbau, dan
4. Memenuhi syarat yang ditentukan oleh *World Health Organization* (WHO) atau Peraturan Menteri Kesehatan.

3.3.1 Sumber Air

Sarana air minum yang digunakan di berbagai fasilitas terdiri dari tiga sumber, yaitu (Indrayandi, 2018):

1. Sumur Gali

   Sumur gali adalah salah satu jenis sumber air yang umum digunakan untuk keperluan rumah tangga, dengan kedalaman 7 – 10 meter dari permukaan tanah.

2. Sumur Bor

   Sumur bor memanfaatkan pengeboran untuk mencapai lapisan air tanah yang lebih dalam. Air dari sumur bor umumnya lebih bebas dari kontaminasi mikrobiologi dan secara langsung dapat dipergunakan sebagai sumber air minum. Air tanah ini dapat diambil dengan pompa tangan maupun pompa mesin.

3. Air Pipa (PDAM)

   Sistem distribusi air pipa yang disalurkan melalui Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) adalah sumber air minum yang paling banyak digunakan oleh masyarakat, termasuk di rumah tangga.

Berbagai sumber air minum dapat digunakan untuk kepentingan kegiatan rumah sakit dengan ketentuan setiap sumber harus memenuhi persyaratan, baik dari segi konstruksi sarana, pengolahan, pemeliharaan, pengawasan kualitas dan kuantitas (Indrayandi, 2018). Sesuai Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 40 Tahun 2022, berikut ini adalah sumber air yang sesuai dengan standar prasarana rumah sakit:

a. Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM).
b. Sumur dalam (artesis, dengan proses *treatment).*
c. Air Hujan (dengan proses *treatment).*
d. Air sungai dan sumber-sumber lainnya (dengan proses *treatment).*
e. Air daur ulang (dengan proses *treatment*).

3.3.2 Kebutuhan Air Minum di Rumah Sakit

Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 7 Tahun 2019, berikut ini adalah ketentuan standar kesehatan air minum:

1. Volume air minum

   Secara kuantitas, rumah sakit harus menyediakan air minum minimal 5 liter per tempat tidur per hari. Dengan mempertimbangkan kebutuhan lainnya penyediaan volume air minum bisa sampai dengan 7,5 liter per tempat tidur per hari.

2. Volume air untuk keperluan higiene dan sanitasi

   Minimum volume air yang disediakan oleh rumah sakit per tempat tidur per hari dibedakan antara rumah sakit kelas A dan B dengan rumah sakit kelas C dan D, karena perbedaan jenis layanan kesehatan antara kedua kelas rumah sakit tersebut**.**

   a. Rumah sakit kelas A dan B harus menyediakan air minimum 400 liter/tempat tidur/hari dan maksimum 450 liter/per tempat tidur/hari. Volume maksimum ini dimaksudkan agar rumah sakit mempunyai

upaya untuk menghemat pemakaian air agar ketersediaannya tetap terjamin tanpa mengorbankan kepentingan pengendalian infeksi.

b. Rumah sakit kelas C dan D harus menyediakan untuk keperluan higiene sanitasi minimum 200 liter/tempat tidur/hari dan maksimum 300 liter/tempat tidur/hari.
c. Volume air untuk kebutuhan rawat jalan adalah 5 liter/orang/hari. Penyediaan air untuk rawat jalan sudah diperhitungkan dengan keperluan air untuk higiene sanitasi seperti tercantum pada poin 1) dan 2).
d. Keperluan air sesuai kelas rumah sakit dan peruntukannya tersebut harus dapat dipenuhi setiap hari dan besaran volume air untuk higiene sanitasi tersebut sudah memperhitungkan kebutuhan air untuk pencucian linen, dapur gizi, kebersihan/penyiraman dan lainnya.
e. Rumah sakit harus mempunyai cadangan sumber air untuk mengatasi kebutuhan air dalam keadaan darurat.

Adapun standar kebutuhan air menurut kelas rumah sakit dan jenis rawat yang dapat dilihat pada **Tabel 3.5.**

Tabel 3.5 Standar Kebutuhan Air Minum menurut Kelas Rumah Sakit dan Jenis Rawat

No	Kelas Rumah Sakit/Jenis Rawat	[1]SBM	Satuan	Keterangan
1	Semua Kelas[1)]	5 – 7,5	L/TT/Hari	Kuantitas air minum
2	A – B[2)]	400 – 450	L/TT/Hari	Kuantitas air untuk keperluan higiene dan sanitasi
3	C – D[2)]	200 – 300	L/TT/Hari	Kuantitas air untuk keperluan higiene dan sanitasi
4	Rawat Jalan[2)]	5	L/org/Hari	Termasuk dalam [1]SBM volume air sesuai kelas RS
Catatan: [1]SBM: Standar Baku Mutu				

Sumber: 1) PERMENKES RI No. 7 Tahun 2019

2) SNI 8153:2025

Nilai kebutuhan air per tempat tidur dan rawat jalan ini digunakan sebagai pembanding terhadap debit rencana berbasis UBAP pada perencanaan sistem air minum untuk memastikan kecukupan kapasitas sistem pada kondisi operasional harian.

Menurut Khan *et. al.* (2021), berbagai layanan di fasilitas kesehatan memerlukan jumlah air yang berbeda-beda, tergantung pada fungsinya, seperti kebutuhan air untuk ruang rawat inap, ruang operasi, dan fasilitas khusus seperti pusat pengobatan atau isolasi penyakit menular. Setiap kategori fasilitas memiliki pola konsumsi air yang spesifik, yang harus dipertimbangkan dalam desain sistem pengelolaan air untuk memastikan kecukupan dan efisiensi penggunaan air. Berikut merupakan kebutuhan air pada berbagai fasilitas layanan kesehatan yang dapat dilihat pada **Tabel 3.6.**

Tabel 3.6 Kebutuhan Air untuk Berbagai Fasilitas Layanan Kesehatan

No	Nama Fasilitas Layanan Kesehatan	Kebutuhan Air (L/orang/tindakan)
1	Departemen rawat inap/rumah sakit	40 – 60
2	Ruang operasi/ruang bersalin	100
3	Poli klinik rawat jalan	5
4	Pusat terapi gizi rawat jalan	5
5	Pusat terapi gizi rawat inap	30 – 50
6	Pusat pemberian gizi tambahan	5
7	Pusat pengobatan kolera	60
8	Isolasi SARS	100
9	Isolasi demam berdarah	300 – 400
10	Klinik *mobile*: kunjungan tidak rutin	2
11	Klinik *mobile*: kunjungan rutin (tenda/bangunan eksisting)	5

Sumber: Khan et.al., 2021

3.3.3 Kebutuhan Air Khusus

Menurut Permenkes No 40 Tahun 2022 tentang Persyaratan Teknis Bangunan, Prasarana, dan Peralatan Kesehatan Rumah Sakit, kebutuhan air khusus (*Reverse Osmosis*) di rumah sakit adalah untuk memenuhi pelayanan dialisis, mesin sterilisasi, *scrub up* ruang operasi, pelayanan laboratorium dan lain-lain. Adapun

perhitungan kebutuhan air khusus dengan menggunakan teknologi *Reverse Osmosis* (RO) adalah sebagai berikut:

a. Ruang Operasi

   Satu kali proses cuci tangan di *scrub up* membutuhkan air RO sebanyak 25 liter. Apabila petugas dalam ruang operasi ada 6 orang, maka satu kali tindakan operasi membutuhkan air RO sebanyak 25 liter x 6 orang = 150 liter. Jika dalam satu hari ada 6 kali operasi per ruangan, maka air RO yang dipersiapkan (termasuk cadangan 10%) adalah (150 liter x 6 ruangan) x 110% = 990 liter – 1000 liter.

b. Ruang Sterilisasi (CSSD)

   Contoh perhitungan kebutuhan air RO di Ruang Sterilisasi (*Central Sterile Supply Department*/CSSD) dapat dilihat pada **Tabel 3.7**

Tabel 3.7 Kebutuhan Air *Reverse Osmosis* Ruang Sterilisasi

No	Nama Alat	Kebutuhan *Soft Water* per Siklus Proses (L) (*)	Kebutuhan Air RO per Siklus Proses (L)
1	*Water Disinfector*	50 – 80	80 – 100
2	Alat Sterilisasi (*Autoclave*)	300 – 500	17 – 25

Sumber: Permenkes No 40 Tahun 2022

Catatan:

- (*) Kebutuhan air khusus ini menyesuaikan jenis alat
- Dalam 1 hari optimum penggunaan alat-alat tersebut di atas adalah 6 siklus proses, sehingga estimasi kebutuhan air RO untuk alat sterilisasi dalam 1 hari adalah 25 liter x 6 siklus. = 150 liter per hari.
- Kapasitas kebutuhan untuk pencucian instrumen secara manual adalah sebagai berikut:
- Rumah sakit kelas C dan D ± 500 liter/hari.
- Rumah sakit kelas A dan B ± 1.000 liter /hari.
- Sebagai bahan pertimbangan dapat dilakukan perhitungan sebagaimana ditunjukkan pada **Tabel 3.8**

Tabel 3.8 Perhitungan Kebutuhan *Washer* dan *Autoclave*

No	Jumlah Ruangan Operasi di RS	Perkiraan Kebutuhan *Washer*	Perkiraan Kebutuhan Alat Sterilisasi (*Autoclave*)
1	1 – 3	1	1
2	4 – 6	2	2
3	7 – 10	3	3

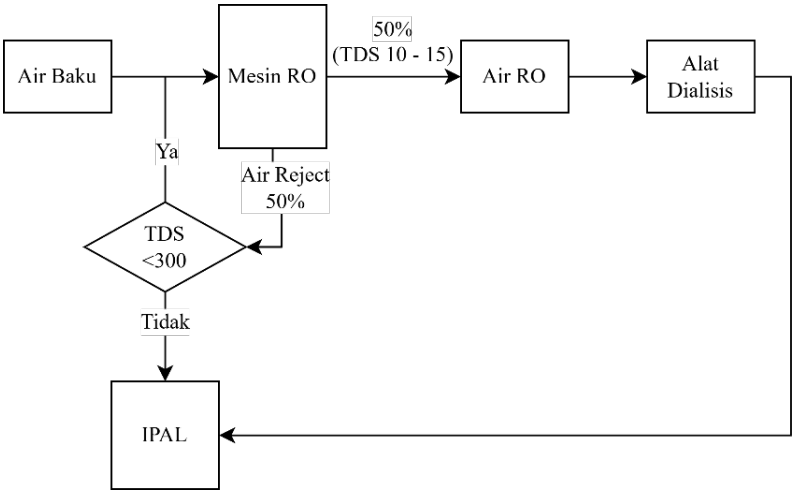
Sumber: Permenkes No 40 Tahun 2022

- Perhitungan kapasitas kebutuhan air RO di Ruang Sterilisasi (CSSD) menyesuaikan dengan kebutuhan pelayanan, jumlah dan kapasitas alat sterilisasi (*Autoclave*).

c. Ruang Dialisis

Kebutuhan air RO di ruang dialisis sebanyak ± 200 liter/pasien untuk kebutuhan tindakan hemodialisis, proses persiapan (*flushing* mesin) dan proses *reuse*. Siklus air RO dapat dilihat pada **Gambar 3.5**. Perhitungan kapasitas air RO per hari di ruang hemodialisis adalah:

jumlah alat dialisis x 150 liter x 2 *shift.*



Gambar 3.5 Skema Proses Produksi Air *Reverse Osmosis* pada Ruang Hemodialisis

Sumber: Permenkes No 40 Tahun 2022

d. Laboratorium

Untuk kebutuhan air RO di laboratorium disesuaikan dengan jumlah dan jenis alat.

3.3.4 Distribusi Air Minum dalam Bangunan Rumah Sakit

Sistem distribusi air minum memiliki fungsi utama, yaitu untuk menyalurkan air kepada pengguna sekaligus memastikan faktor-faktor seperti jumlah, volume, dan debit air sesuai dengan perencanaan, sehingga kebutuhan pengguna akan ketersediaan air minum dapat terpenuhi setiap saat (Apriatna, 2022).

Adapun jenis sistem distribusi air minum adalah sebagai berikut (Indrayandi, 2018):

1. Sambungan Langsung dari Sumber

   Sambungan paling sederhana adalah langsung dari sumber, memanfaatkan tekanan pipa induk untuk mendistribusikan air hingga lantai 2 atau 3. Jika tekanannya kurang atau bangunan bertingkat banyak, diperlukan *booster* untuk menambah tekanan.

2. Sambungan Langsung dan *Booster*

   Sistem ini dapat menggabungkan pompa dan *booster*. Kapasitas pompa harus memadai untuk memenuhi kebutuhan agar tidak terjadi tekanan negatif. Untuk mencegah terjadinya tekanan negatif, diperlukan tangki penampung *booster*. Tangki ini juga berguna untuk situasi darurat. Jika pompa *booster* dipasang tanpa tangki penampung, maka harus dipasang saklar yang akan mengaktifkan pompa jika tekanan turun hingga batas yang telah diatur.

3. Sistem Reservoir

   Air dipompa ke reservoir dan didistribusikan menggunakan sistem gravitasi. Sistem distribusi gravitasi ini dapat melayani seluruh gedung atau hanya lantai atas yang tidak terjangkau oleh tekanan air dari saluran utama. Jika tangki juga digunakan untuk pemadam kebakaran, *outlet* untuk air minum dipasang lebih tinggi dari dasar reservoir, sehingga air tetap tersedia untuk keperluan pemadam kebakaran. Tinggi tangki ditentukan berdasarkan tekanan minimum yang dibutuhkan pada outlet tertinggi atau terjauh. Ukuran tangki reservoir disesuaikan dengan jumlah air yang perlu ditampung untuk kebutuhan sehari-hari dan pemadam kebakaran, siklus pemompaan, durasi kebutuhan puncak

dalam gedung, dan kecepatan *supply* air ke dalam gedung selama penggunaan puncak.

4. Sistem Tangki Bertekanan

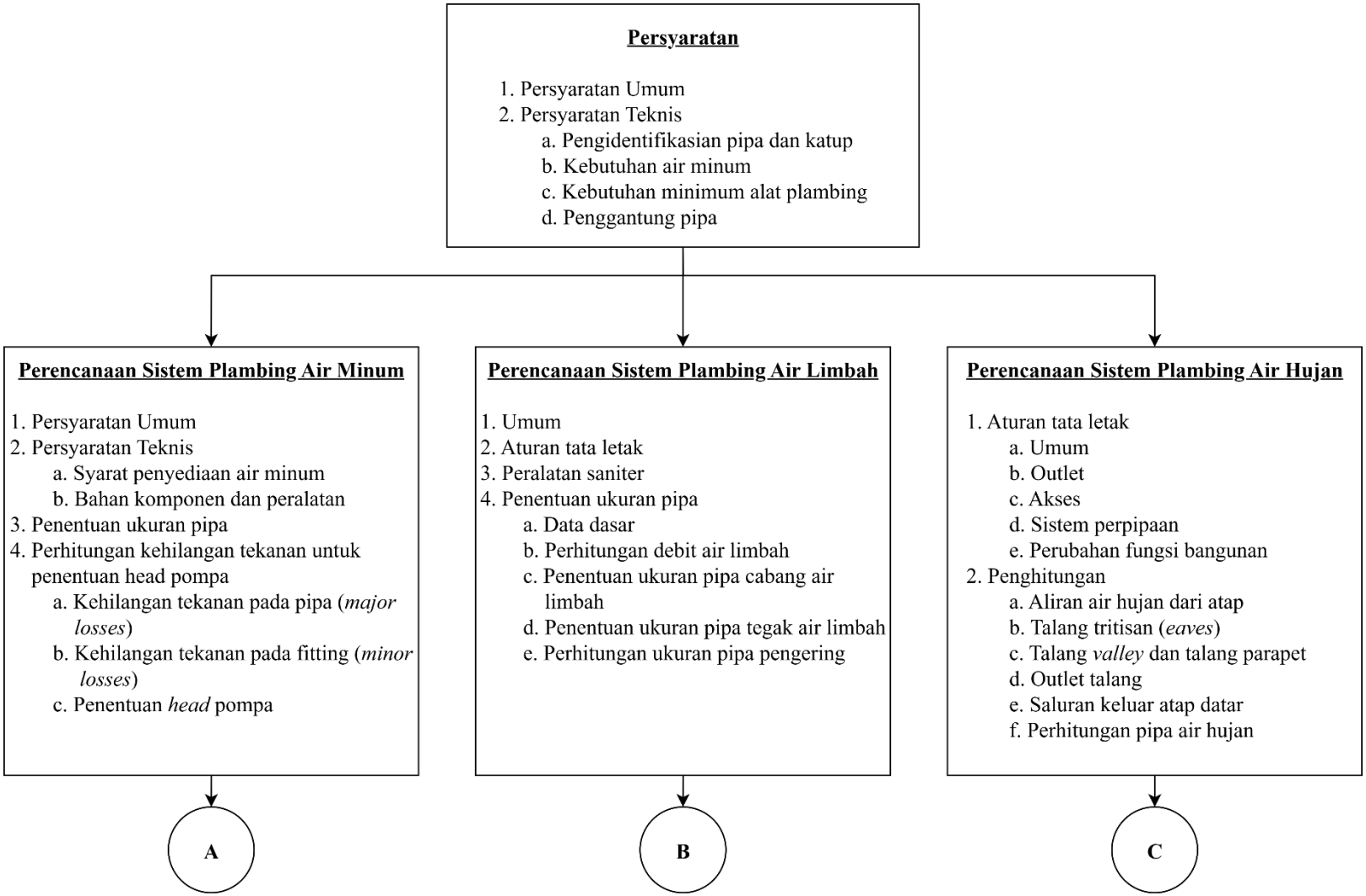
   Sistem ini melibatkan pompa air, kompresor udara, dan tangki tertutup yang diisi air sekitar 2/3 dan diberi tekanan udara. Air dari tangki langsung didistribusikan. Sistem ini biasanya digunakan bila tidak memungkinkan menggunakan sistem reservoir.

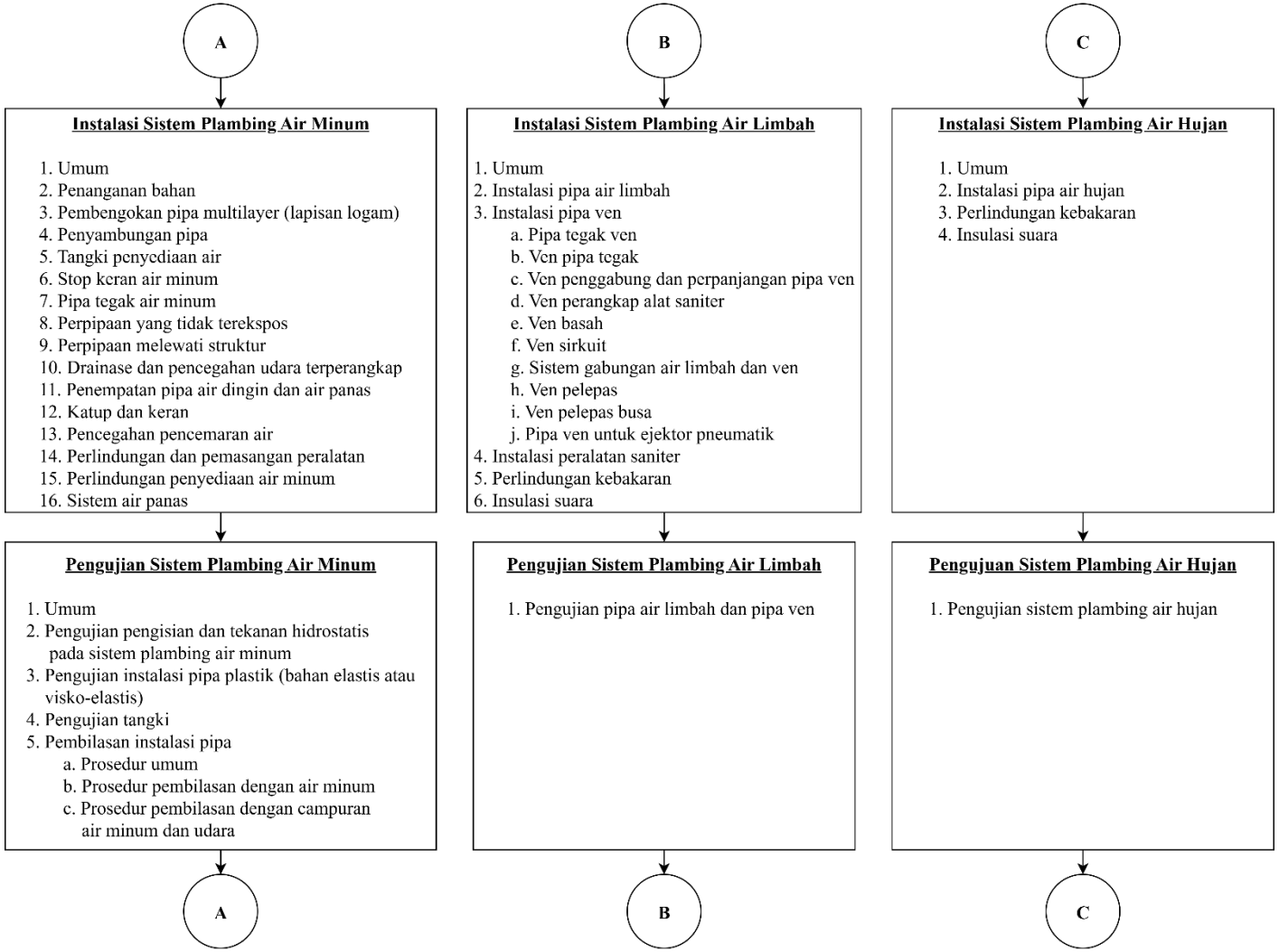
Untuk sistem air panas, perlu diperkirakan jumlah air minum dan jumlah air panas yang dibutuhkan. Menurut *American Society of Heating, Refrigerator and Air Condition Engineers 1967* menyarankan sekitar 300 – 400 liter per tempat tidur.

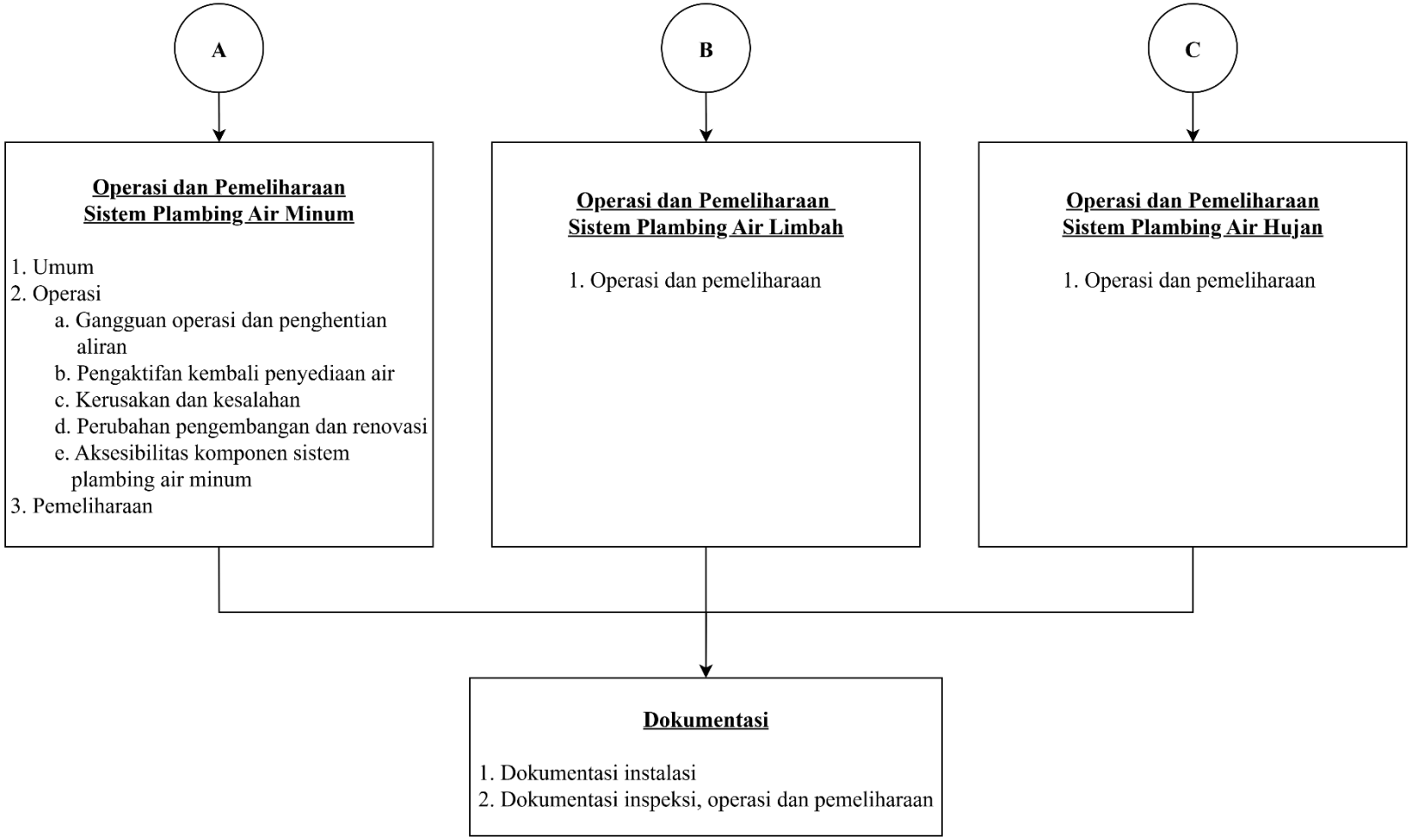
Untuk kebutuhan normal, 40°C merupakan suhu maksimal untuk *bathtub* dan *shower*. Bila suhu air yang disediakan melebihi 40°C harus dipasang kran pengendali dan kran pencampur air panas dan dingin. Sementara itu, kebutuhan air panas untuk dapur dan laundry dapat didasarkan pada tipe dan jenis alat cuci yang digunakan, jumlah air panas diperlukan untuk kegunaan umum, lamanya penggunaan puncak air panas, suhu air pada kran, jenis dan kapasitas mesin/sistem pemanas air dan tipe sistem pemanas air yang diinginkan. Pada setiap sistem air panas harus dipasang sistem pengaman untuk mencegah terjadinya pecah atau ledakan saluran (Indrayandi, 2018).

3.4 Standar Sistem Plambing Pada Bangunan Gedung

Perencanaan sistem plambing pada bangunan gedung dapat menggunakan acuan yang dimuat dalam SNI 8153:2025. Pada SNI 8153:2025 mengalami perubahan mendasar dalam struktur dan pendekatan dibanding versi 2015. Standar SNI 8153:2025 adalah pembaruan mengenai Sistem Plambing Pada Bangunan Gedung yang sebelumnya diatur dalam SNI 8153:2015. Standar baru disusun mengikuti kerangka *Plan-Do-Check-Action* (PDCA) secara utuh, mencakup tahap Perencanaan, Instalasi (Pelaksanaan), Pengujian (Pemeriksaan), Operasi, Pemeliharaan, hingga Dokumentasi untuk sistem plambing bangunan (**Gambar 3.6)**


Persyaratan
1. Persyaratan Umum
2. Persyaratan Teknis
a. Pengidentifikasian pipa dan katup
b. Kebutuhan air minum
c. Kebutuhan minimum alat plambing
d. Penggantung pipa
Perencanaan Sistem Plambing Air Minum
1. Persyaratan Umum
2. Persyaratan Teknis
a. Syarat penyediaan air minum
b. Bahan komponen dan peralatan
3. Penentuan ukuran pipa
4. Perhitungan kehilangan tekanan untuk penentuan head pompa
a. Kehilangan tekanan pada pipa (major losses)
b. Kehilangan tekanan pada fitting (minor losses)
c. Penentuan head pompa
Perencanaan Sistem Plambing Air Limbah
1. Umum
2. Aturan tata letak
3. Peralatan saniter
4. Penentuan ukuran pipa
a. Data dasar
b. Perhitungan debit air limbah
c. Penentuan ukuran pipa cabang air limbah
d. Penentuan ukuran pipa tegak air limbah
e. Perhitungan ukuran pipa pengering
Perencanaan Sistem Plambing Air Hujan
1. Aturan tata letak
a. Umum
b. Outlet
c. Akses
d. Sistem perpipaan
e. Perubahan fungsi bangunan
2. Penghitungan
a. Aliran air hujan dari atap
b. Talang tritisan (eaves)
c. Talang valley dan talang parapet
d. Outlet talang
e. Saluran keluar atap datar
f. Perhitungan pipa air hujan
A
B
C


A
B
C
Instalasi Sistem Plambing Air Minum
1. Umum
2. Penanganan bahan
3. Pembengokan pipa multilayer (lapisan logam)
4. Penyambungan pipa
5. Tangki penyediaan air
6. Stop keran air minum
7. Pipa tegak air minum
8. Perpipaan yang tidak terekspos
9. Perpipaan melewati struktur
10. Drainase dan pencegahan udara terperangkap
11. Penempatan pipa air dingin dan air panas
12. Katup dan keran
13. Pencegahan pencemaran air
14. Perlindungan dan pemasangan peralatan
15. Perlindungan penyediaan air minum
16. Sistem air panas
Instalasi Sistem Plambing Air Limbah
1. Umum
2. Instalasi pipa air limbah
3. Instalasi pipa ven
a. Pipa tegak ven
b. Ven pipa tegak
c. Ven penggabung dan perpanjangan pipa ven
d. Ven perangkap alat saniter
e. Ven basah
f. Ven sirkuit
g. Sistem gabungan air limbah dan ven
h. Ven pelepas
i. Ven pelepas busa
j. Pipa ven untuk ejektor pneumatik
4. Instalasi peralatan saniter
5. Perlindungan kebakaran
6. Insulasi suara
Instalasi Sistem Plambing Air Hujan
1. Umum
2. Instalasi pipa air hujan
3. Perlindungan kebakaran
4. Insulasi suara
Pengujian Sistem Plambing Air Minum
1. Umum
2. Pengujian pengisian dan tekanan hidrostatis pada sistem plambing air minum
3. Pengujian instalasi pipa plastik (bahan elastis atau visko-elastis)
4. Pengujian tangki
5. Pembilasan instalasi pipa
a. Prosedur umum
b. Prosedur pembilasan dengan air minum
c. Prosedur pembilasan dengan campuran air minum dan udara
Pengujian Sistem Plambing Air Limbah
1. Pengujian pipa air limbah dan pipa ven
Pengujuan Sistem Plambing Air Hujan
1. Pengujian sistem plambing air hujan
A
B
C



Gambar 3.6 Diagram Alir Perencanaan Sistem Plambing (*Plan-Do-Check-Action*)

Sumber: SNI 8153:2025

3.4.1 Ketentuan Umum

Cakupan fokus di SNI 8153:2015 diutamakan pada perencanaan dan pemasangan saja. Akibatnya, standar lama dirasakan kurang menyeluruh dalam menerapkan dan merawat sistem di lapangan. Revisi SNI 8153:2025 menjawab hal ini dengan memisahkan pembahasan tiap subsistem (air minum, air limbah, air hujan) ke dalam bab tersendiri yang mengikuti alur PDCA. Sistem Air Minum, Air Limbah dan Air hujan masing-masing diurai mulai dari persyaratan perencanaan, kemudian tata cara instalasi, prosedur pengujian, hingga petunjuk operasi dan pemeliharaan.

Selain itu, SNI 8153:2025 memperbarui acuan dan prinsip sesuai perkembangan terbaru. Standar 2015 disusun dengan banyak mengacu pada *Uniform Plambing Code* (UPC) 2012 yang dipublikasikan IAPMO. Sementara itu, standar 2025 mengadopsi beberapa prinsip dari standar Eropa (BS/EN) untuk sistem d*rain*ase limbah dan pendekatan manajemen sistem secara keseluruhan.

3.4.2 Pembaruan Terminologi dan Definisi

Dokumen SNI 8153:2025 juga memasukkan definisi yang membedakan *Black Water* dan *Grey Water*. *Black Water* didefinisikan sebagai air buangan yang berasal dari kakus/WC dan urinoir (mengandung *fecal*), sedangkan *Grey Water* adalah air buangan domestik lain seperti dari wastafel, bak mandi, cucian, yang relatif lebih ringan karena tidak mengandung tinja. SNI 8153:2015 belum memberi penekanan khusus pada konsep ini, namun pada versi 2025 hal ini menjadi relevan terutama pada Sistem Limbah Tipe IV (sistem terpisah) di mana *Black Water* dan *Grey Water* diolah terpisah. Pengenalan istilah ini sejalan dengan tren pengolahan air limbah terpisah (*septic tank* untuk *Black Water*, *reuse Grey Water*, dsb.), sehingga standar baru lebih adaptif terhadap teknologi pengolahan limbah modern.

Beberapa istilah teknis baru muncul atau diatur lebih jelas dalam SNI 8153:2025. Contohnya, katup penerimaan udara atau *Air Admittance Valve* (AAV). Unit ini adalah sebuah perangkat *vent* satu arah yang dapat menggantikan fungsi pipa *vent* terbuka. SNI 8153:2015 secara praktis tidak membahas AAV, sedangkan standar SNI 8153:2025 mengakomodir penggunaannya sebagai alternatif dalam konfigurasi *vent* tertentu.

Demikian pula istilah seperti unit beban alat plambing (UBAP) tetap digunakan untuk perhitungan beban plambing, namun dengan penyesuaian. Standar baru juga menyertakan lebih banyak definisi misalnya terkait tekanan, tinggi air perangkap, dan sebagainya untuk mencegah kontaminasi. Secara keseluruhan, pembaruan terminologi ini memastikan SNI 8153:2025 konsisten dengan peraturan terkait (kesehatan, bahan bangunan) dan perkembangan teknologi plambing.

3.4.3 Sistem Plambing Air Minum

Sistem plambing air minum berperan vital dalam menyediakan air layak konsumsi ke seluruh titik penggunaan dalam bangunan secara aman, higienis, efisien, dan berkelanjutan. Tujuan utamanya adalah memastikan bahwa air minum dapat disalurkan dengan kualitas yang tetap terjaga, tekanan yang sesuai, serta bebas dari risiko kontaminasi silang, sambungan silang, atau aliran balik (*backflow*). Sistem ini juga dirancang untuk memudahkan operasi dan pemeliharaan, serta mencegah kerusakan pada peralatan bangunan akibat tekanan tinggi, korosi, atau penurunan fungsi pipa.

3.4.3.1 Dasar Hukum Kualitas Air Minum

Menurut SNI 8153:2025, air yang dialirkan melalui sistem plambing air minum wajib memenuhi persyaratan kualitas air minum sesuai Peraturan Menteri Kesehatan No. 2 Tahun 2023 tentang Pelaksanaan Kesehatan Lingkungan. Air yang tidak memenuhi baku mutu hanya dapat digunakan untuk fungsi terbatas seperti flushing kloset atau urinoir. Oleh karena itu, setiap sumber air yang digunakan harus diuji dan dibuktikan memenuhi parameter mikrobiologi, kimiawi, dan fisik yang ditetapkan oleh pemerintah.

3.4.3.2 Klasifikasi Sistem Penyediaan Air Minum

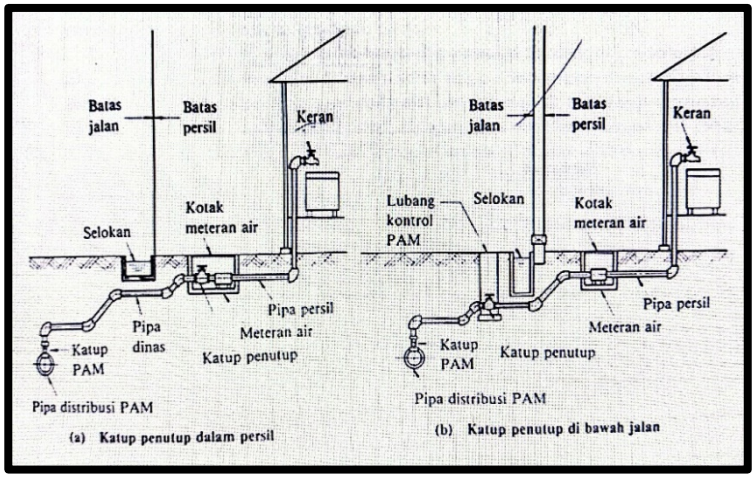
Sistem penyediaan air minum yang banyak digunakan dikelompokkan menjadi tiga sistem, di antaranya sistem sambungan langsung, sistem tangki atap, dan sistem tangki tekan. Ketiga sistem tersebut memiliki fungsi yang berbeda yang dapat dilihat pada **Tabel 3.9** berikut ini.

Tabel 3.9 Sistem Penyediaan Air Minum

Jenis Sistem	Tekanan Air	Kebutuhan Listrik	Reservoir Cadangan Air	Keterangan
Sistem Sambungan Langsung	Bergantung sumber	Ya	Tidak	**Gambar 3.7**
Sistem Tangki Atap	Bergantung gravitasi	Tidak, jika pompa selesai bekerja	Ya	**Gambar 3.8**
Sistem Tangki Tekan	Stabil	Ya	Ya	**Gambar 3.9**

Sumber: Noerbambang dan Morimura, 2005

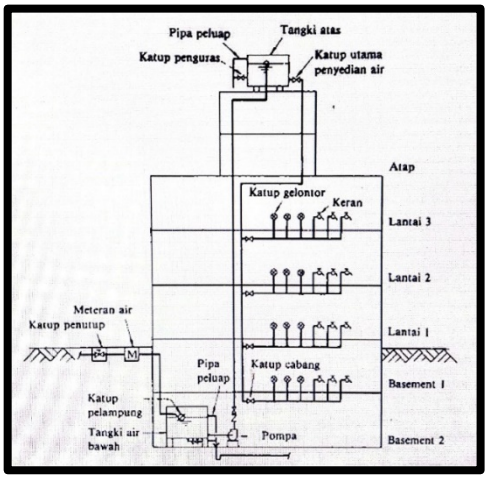
Sistem Sambungan Langsung adalah sistem yang mengalirkan air langsung dari sumber seperti PDAM ke titik pemakaian. Tekanan air tergantung sepenuhnya pada tekanan dari sumber, sehingga bila tekanan melemah, suplai air juga akan terganggu. Sistem ini memerlukan listrik, terutama jika menggunakan pompa tambahan. Karena tidak memiliki cadangan air, sistem ini kurang andal saat terjadi gangguan pasokan. Sistem ini cocok digunakan jika tekanan dan suplai air dari sumber selalu stabil. Sistem sambungan langsung diilustrasikan pada **Gambar 3.7**.



Gambar 3.7 Sistem Sambungan Langsung

Sumber: Noerbambang dan Morimura, 2005

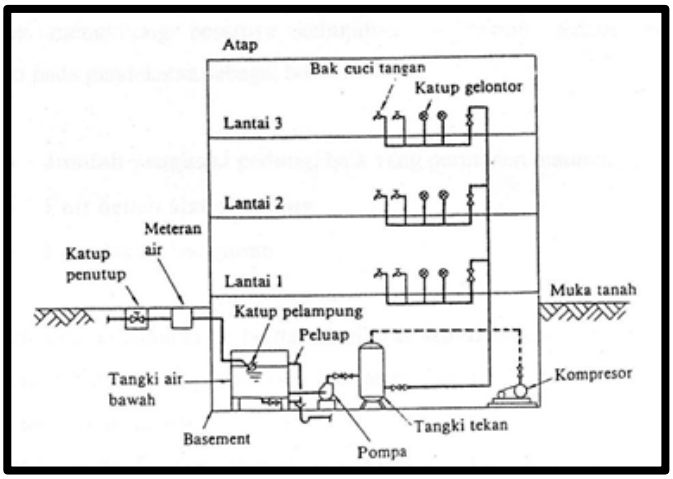
Sistem Tangki Atap bekerja dengan menyalurkan air dari tangki yang ditempatkan di bagian atas bangunan. Air mengalir ke titik pemakaian dengan bantuan gravitasi, sehingga tidak memerlukan listrik terus-menerus. Tersedianya tangki juga berfungsi sebagai cadangan air saat terjadi gangguan. Sistem ini lebih hemat energi dan cukup andal, namun tekanan air tergantung pada tinggi tangki. Sistem ini cocok untuk bangunan bertingkat rendah hingga sedang. Sistem tangki atap diilustrasikan pada **Gambar 3.8**.



Gambar 3.8 Sistem Tangki Atap

Sumber: Noerbambang dan Morimura, 2005

Sistem Tangki Tekan menggunakan pompa dan tangki tekan untuk menjaga tekanan air tetap stabil di seluruh jaringan. Sistem ini memerlukan listrik secara terus-menerus dan menyediakan cadangan air dalam tangki. Tekanan air yang dihasilkan relatif konstan, sehingga cocok untuk bangunan bertingkat tinggi atau fasilitas yang membutuhkan tekanan stabil. Namun, biaya operasional dan perawatannya lebih tinggi dibanding sistem lainnya. Sistem tangki tekan dapat dilihat pada **Gambar 3.9**.



Gambar 3.9 Sistem Tangki Tekan

Sumber: Noerbambang dan Morimura, 2005

3.4.3.3 Pembaruan Ketentuan Teknis Sistem Plambing Air Minum

Pada sistem penyediaan air minum, SNI 8153:2025 membawa sejumlah perubahan teknis yang meningkatkan keamanan, kualitas dan efisiensi dibanding SNI 8153:2015.

1. Kualitas Air

   Standar SNI 8153:2025 menegaskan sistem harus menyediakan air minum, artinya kualitas air memenuhi syarat kesehatan. Jika di SNI 8153:2015 aspek kualitas tidak digarisbawahi (karena istilah "air bersih" bias makna), maka kini perencana diwajibkan merujuk baku mutu air minum (Permenkes No 2 Tahun 2023) dalam memastikan sumber dan pengolahannya. Hal ini berdampak pada pemilihan sumber air, kebutuhan disinfeksi, dan tata cara distribusi agar tidak terjadi kontaminasi silang. Standar SNI 8153:2025 memuat bagian pencegahan pencemaran air minum, termasuk kewajiban pemasangan alat *backflow prevention* (pencegah aliran balik) pada titik-titik yang berisiko seperti keran dengan selang, tangki toilet, dsb. Hal ini sudah dimuat dalam SNI 8153:2015, namun pada pembaruan di 2025 diuraikan dengan lebih rinci sesuai perkembangan alat seperti *vacuum breaker*, *double check valve* yang harus memenuhi POS (petunjuk pabrikan) dan SNI produk.

2. Batas Tekanan di Outlet

   Perubahan signifikan ada pada pengaturan tekanan air di jaringan. Standar SNI 8153:2015 belum menetapkan angka pasti untuk tekanan di titik penggunaan; umumnya hanya dianjurkan tidak terlalu rendah agar alat berfungsi dan tidak terlalu tinggi agar nyaman. Namun pada SNI 8153:2025 klausul 5.1.3 menetapkan tekanan statis maksimum 5 bar (≈72,5 psi) pada titik outlet terjauh. Batas ini penting untuk kenyamanan. Misalnya *shower* dengan tekanan berlebihan dapat berbahaya, terutama bila air panas. Jika perhitungan menunjukkan tekanan di keran >5 bar (misal gedung tinggi tanpa PRV), maka wajib dipasang katup pengurang tekanan sebelum outlet tersebut. Ada pengecualian untuk keran taman atau garasi yang tidak langsung mengenai pengguna, diizinkan hingga 10 bar, namun umumnya jaringan internal gedung harus <5 bar.

   Sebaliknya, standar baru juga menetapkan tekanan aliran minimal 0,5 bar pada titik outlet terjauh. Angka ini untuk menjamin alat plambing (seperti *shower*, keran *mixer*, *flush valve*) dapat beroperasi dengan baik – 0,5 bar sering dianggap minimum agar aliran cukup. Jika ada perlengkapan khusus membutuhkan >0,5 bar (misal *shower thermostatic*), maka tekanan desain harus disesuaikan dengan kebutuhan alat tersebut. Ketentuan rentang tekanan 0,5–5 bar ini memberikan kerangka desain yang jelas bagi perencana: di 2015 hal ini belum di*standard*isasi, sehingga perbedaan 2025 sangat meningkatkan aspek kenyamanan dan keselamatan pengguna akhir.

3. Pengendalian Kecepatan dan Suhu Air

   SNI 8153:2025 menekankan agar desain memperhatikan kecepatan aliran tidak terlalu tinggi supaya tidak menimbulkan suara/benturan, tapi cukup untuk mencegah endapan. Selain itu, diatur juga mengenai suhu air terutama pada sistem air panas. Terdapat pembahasan khusus mengenai sistem penyediaan air panas yang tidak banyak berubah dari standar sebelumnya namun dilengkapi petunjuk instalasi agar kehilangan panas minimal dan risiko *scalding* (terbakar air panas)

terkelola. Misalnya, dianjurkan memakai pengatur suhu (*mixing valve*) dan isolasi pipa air panas.

4. Perlindungan dan Standar Bahan

   Standar baru mewajibkan semua komponen yang dipasang harus memenuhi standar mutu (SNI atau standar internasional). Pada bagian Persyaratan Umum, tercantum daftar SNI produk terkait (pipa PVC, pipa HDPE/PE, keran, kloset, dan sebagainya) di acuan normatif. Hal ini mendorong penggunaan material bersertifikat. Jika standar produk sedang direvisi, digunakan standar terakhir yang berlaku. Hal ini untuk menjamin keandalan jangka panjang sistem air minum (tidak bocor, tidak mencemari air). Pada standar SNI 8153:2015 sudah menyebut penggunaan bahan sesuai standar, tapi edisi 2025 lebih eksplisit dan memasukkan perkembangan terbaru (contoh: SNI pipa PE yang baru).

5. Komponen dan Instalasi Lain

   Beberapa detail teknis lain mengalami penambahan adalah penempatan pipa air minum tidak boleh berdekatan langsung di bawah pipa air limbah (untuk mencegah kontaminasi bila bocor). Ditambahkan juga aturan soal identifikasi pipa (pipa dan katup suplai harus diberi tanda/arahan aliran), akses ke katup penting untuk servis, dan lain-lain. Standar SNI 8153:2025 juga mengatur d*rain*ase dan pencegahan udara terperangkap di pipa (misal perlunya *vent* atau pemutus *siphon* pada pipa panjang agar tidak ada kantong udara) – hal-hal yang tidak dijabarkan di SNI 8153:2015 secara detail.

3.4.3.4 Penentuan Dimensi Pipa Air

Untuk menghitung kebutuhan air minum, SNI 2015 dan 2025 sama-sama menggunakan konsep unit beban alat plambing (UBAP) per alat plambing, dan laju aliran probabilistik. Namun, SNI 8153:2025 memperbarui tabel laju aliran dan UBAP di tiap alat. Hal ini berarti nilai *fixture unit* tiap alat bisa saja disesuaikan berdasarkan data terbaru.

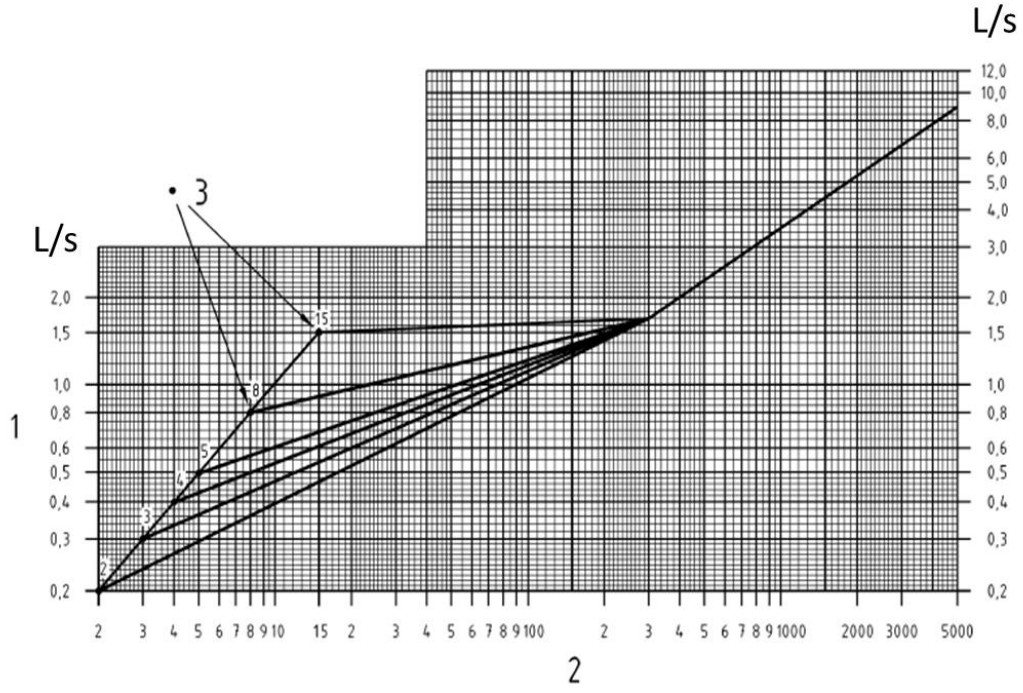
Untuk penentuan ukuran pipa juga mempertimbangkan UBAP sesuai dengan **Tabel 3.10**

Tabel 3.10 Debit Pengambilan, Debit Minimum dan UBAP Pada Titik Pengambilan

Titik Pengambilan	Qa	Qmin	Unit Beban Alat Plambing (UBAP)
	L/s	L/s	
Bak cuci, bak cuci tangan, bidet, kloset duduk dengan tangki	0,1	0,1	1
Bak cuci piring, mesin cuci[a], mesin cuci piring, bak, pancuran kepala	0,2	0,15	2
Urinal dengan katup pembilas	0,3	0,15	3
Bak rendam rumah tangga	0,4	0,3	4
Keran (termasuk keran taman/keran garasi)	0,5	0,4	5
Bak cuci dapur non domestik DN 20, bak rendam non domestik	0,8	0,8	8
Katup Pembilas DN 20	1,5	1,0	15
QA : laju aliran pengambilan Qmin : adalah laju aliran minimum pada titik pengambilan DN : diameter nominal : penamaan numerik untuk ukuran komponen, yang merupakan bilangan bulat dalam milimeter (mm) **Catatan 1** Satu UBAP setara dengan laju aliran pengambilan QA sebesar 0,1 L/s. **Catatan 2** Untuk proses perencanaan digunakan QA a) untuk penggunaan non domestik periksa dengan pabrikan			

Sumber: SNI 8153:2025

Penentuan ukuran nominal pipa dapat diperoleh dari grafik sesuai dengan **Gambar 3.10.**



Keterangan:

1. laju aliran total UBAP (QT); 2. nilai total UBAP; 3. nilai tunggal tertinggi UBAP

Gambar 3.10 Laju Aliran Total UBAP (QT) dalam L/s Untuk Instalasi Standar Terkait Dengan Nilai Total UBAP

Sumber: SNI 8153:2025

Selain itu, SNI 8153:2025 memperbolehkan pendekatan perhitungan kehilangan tekanan dengan dua metode: persamaan empiris Hazen-Williams atau persamaan analitis Darcy-Weisbach (dengan faktor gesekan *Colebrook-White*). Pada standar SNI 8153:2015 (acuan UPC), perhitungan biasanya hanya memakai formula Hazen-Williams. Dengan membuka opsi Darcy-Weisbach, SNI 8153:2025 mengakomodasi para perencana yang ingin perhitungan lebih presisi untuk pipa diameter besar, aliran turbulen, dan sebagainya. Hal ini tercantum pada Pasal perhitungan *head loss*, di mana Persamaan Darcy-Weisbach dan Persamaan Hazen-Williams keduanya diberikan sebagai pilihan. Pada prinsipnya, meski metode boleh berbeda, hasil akhirnya (ukuran pipa) harus memenuhi kriteria tekanan 0,5–5 bar.

Menurut Noerbambang dan Morimura (2005), dalam menentukan diameter pipa dapat menggunakan kerugian gesek dan juga berdasarkan tabel ekivalen. Perhitungan dengan menggunakan tabel ekivalen dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Menentukan jumlah dan posisi tangki atap.
   - Menentukan jumlah alat plambing yang digunakan. Sebelum menentukan jumlah unit beban setiap alat plambing maka perlu ditentukan banyak alat dalam ruangan tersebut.
   - Menentukan jalur air minum tiap alat plambing, kemudian menemukan diameter perpipaan dengan menggunakan **Tabel 3.11**
   - Menentukan nilai ekivalen berdasarkan diameter minimum tiap alat yang didapatkan dari **Tabel 3.12**
   - Menjumlahkan nilai ekivalen berdasarkan jalur pipa
   - Menentukan faktor pemakaian dari jumlah unit alat yang ditentukan melalui tabel berikut **Tabel 3.13**
2. Menghitung nilai ekivalen pada tiap jalur pipa dengan mengalikan jumlah ekivalen dan faktor pemakaian
   - Menentukan ukuran pipa minimum
   - Menentukan *headloss* tiap jalur pipa air minum. Setelah didapatkan diameter pada masing-masing jalur pipa dilakukan perhitungan *headloss* pada masing-masing jalur serta evaluasi besar *headloss* dengan static *head* dari reservoir ke pipa. Untuk menghitung *headloss* (hf) dapat digunakan rumus dasar kehilangan tekanan.

Tabel 3.11 Pemakaian Air Tiap Alat Plambing, Laju Aliran Airnya, dan Ukuran Pipa Cabang Pipa Air

No	Nama Alat Plambing	Pemakaian Air Untuk Penggunaan Satu Kali (Liter)	Penggunaan Per Jam	Laju Aliran (Liter/min)	Waktu Untuk Pengisian (Detik)	Pipa Sambungan Alat Plambing (mm)	Pipa Cabang Air Minum Ke Alat Plambing (mm)	
							Pipa Baja	Tembaga[4)]
1	Kloset (dengan katup gelontor)	13,5 – 16,5[1)]	6-12	110-180	8,2-10	24	32[2)]	25
2	Kloset (dengan tangki gelontor)	13-15	6-12	15	60	13	20	13
3	Peturasan (dengan katup gelontor)	5	12-20	30	10	13	20[3)]	13
4	Peturasan, 2-4 orang (dengan tangki gelontor)	9-18 (a 4,5)	12	1,8-3,6	300	13	20	13
5	Peturasan, 5-7 orang (dengan tangki gelontor)	22,5-31,5 (a 4,5)	12	4,5-6,3	300	13	20	13
6	Bak cuci tangan kecil	3	12-20	10	18	13	20	13
7	Bak cuci tangan biasa (*lavatory*)	10	6-12	15	40	13	20	13
8	Bak cuci dapur (*sink*) dengan keran 13 mm	15	6-12	25	60	13	20	13
9	Bak cuci dapur (*sink*) dengan keran 20 mm	25	6-12	25	60	20	20	20
10	Bak mandi rendam (*bath tub*)	125	3	30	250	20	20	20

No	Nama Alat Plambing	Pemakaian Air Untuk Penggunaan Satu Kali (Liter)	Penggunaan Per Jam	Laju Aliran (Liter/min)	Waktu Untuk Pengisian (Detik)	Pipa Sambungan Alat Plambing (mm)	Pipa Cabang Air Minum Ke Alat Plambing (mm)	
							Pipa Baja	Tembaga[4)]
11	Pancuran mandi (*shower*)	24-60	3	12	120-300	13-20	20	13-20
12	Bak mandi gaya jepang	Tergantung Ukurannya	-	30	-	20	20	20

Catatan*:*

Standar pemakaian air untuk kloset dengan katup gelontor untuk satu kali penggunaan adalah 15 liter selama 10 detik.

Pipa sambungan ke katup gelontor untuk kloset biasanya adalah 25 mm, tetapi untuk mengurangi kerugian akibat gesekan dianjurkan memasang pipa ukuran 32 mm.

Pipa sambungan ke katup gelontor untuk peturasan biasanya adalah 13 mm, tetapi untuk mengurangi kerugian akibat gesekan dianjurkan memasang pipa ukuran 20 mm.

Karena pipa tembaga kurang cenderung berkerak dibandingkan dengan pipa baja, maka ukurannya bisa lebih kecil. Pipa PVC bisa juga dipasang dengan ukuran yang sama dengan pipa tembaga.

Sumber: Noerbambang dan Morimura, 2005

Tabel 3.12 Tabel Ekivalen Berdasarkan Diameter Minimum Tiap Alat

D	15	20	25	32	40	50	65	80
15	1							
20	2,2	1						
25	4,1	1,9	1					
32	8,1	3,7	2	1				
40	12,1	5,6	2,9	1,5	1			
50	22,8	10,6	5,5	2,8	1,9	1		
65	44	20,3	10,7	5,4	3,6	1,9	1	
80	69,4	32	16,8	8,5	5,7	3	1,6	1
100	140	64,5	33,8	17,2	11,5	6,1	3,2	2

Sumber: Noerbambang dan Morimura, 2005

Tabel 3.13 Faktor Pemakaian (%) dan Jumlah Alat Plambing

		Jumlah Alat Plambing											
		1	**2**	**4**	**8**	**12**	**16**	**24**	**32**	**40**	**50**	**70**	**100**
Jenis alat plambing	Kloset, dengan katup gelontor	1	50 Satu	50 2	40 3	30 4	27 5	23 6	19 7	17 7	15 8	12 9	10 10
	Alat plambing Biasa	1	100 Satu	75 3	55 5	48 6	45 7	42 10	40 13	39 16	38 19	35 25	33 33

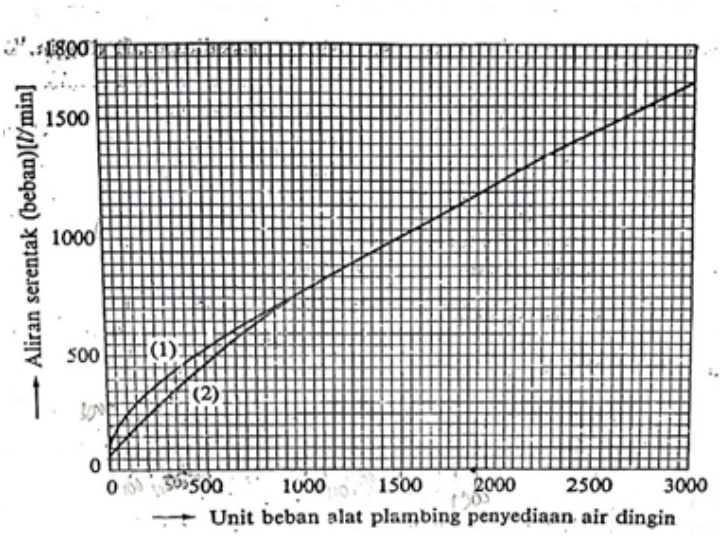
Sumber: Noerbambang dan Morimura, 2005

3. Evaluasi nilai *headloss* dengan nilai *static head* dari reservoir. Untuk menghindari air yang tidak dapat mengalir terutama pada lantai teratas sehingga nilai static *head* harus lebih besar dari nilai *headloss* pada lantai teratas. Apabila nilai *headloss* pada jalur pipa terlalu besar dapat diganti dengan diameter pipa yang lebih besar untuk menurunkan nilai *headloss* tersebut.

3.4.3.5 Penaksiran berdasarkan Unit Beban Alat Plambing

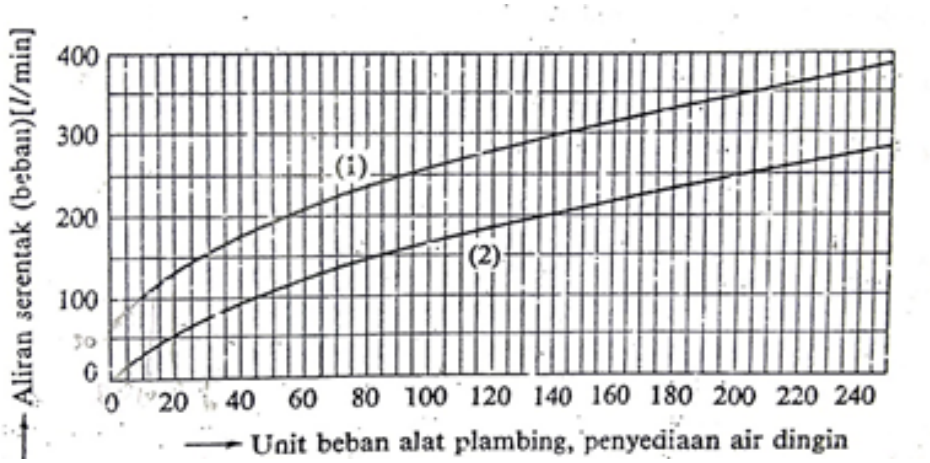
Dalam metode ini untuk setiap alat plambing ditetapkan suatu unit beban (*fixture unit*). Untuk setiap bagian pipa dijumlahkan besarnya unit beban dari semua alat plambing yang dilayaninya, dan kemudian dicari besarnya laju aliran air dengan kurva pada **Gambar 3.11** dan **Gambar 3.12**.

Kurva ini memberikan hubungan antara jumlah unit beban alat plambing dengan laju aliran air, dengan memasukkan faktor kemungkinan penggunaan serempak dari alat-alat plambing. Kurva ini memberikan besarnya unit beban untuk setiap alat plambing.



Gambar 3.11 Hubungan Antara UBAP Dengan Laju Aliran Untuk Unit Beban Sampai 3000

Sumber: Noerbambang dan Morimura, 2005



Kurva (1) Untuk sistem yang sebagian besar dengan katup gelontor

Kurva (2) Untuk sistem yang sebagian besar dengan tangki gelontor

Gambar 3.12 Hubungan Antara UBAP Dengan Laju Aliran Untuk Unit Beban Sampai 250 (Skala Gambar Diperbesar)

Sumber: Noerbambang dan Morimura, 2005

3.4.3.6 Sistem Plambing Air Panas

Sistem plambing air panas merupakan bagian dari sistem distribusi air minum dalam bangunan yang dirancang untuk menyalurkan air bersuhu tinggi secara aman dan efisien ke titik penggunaan seperti *shower*, wastafel, atau alat medis. Berdasarkan SNI 8153:2025, sistem air panas harus dirancang secara terintegrasi dengan sistem air minum, namun dengan memperhatikan aspek tambahan seperti suhu, tekanan, sirkulasi, dan perlindungan terhadap bahaya termal.

Sistem penyediaan air panas merupakan instalasi yang menyediakan air panas dengan menggunakan sumber air minum, dipanaskan dengan berbagai cara, baik langsung dari alat pemanas ataupun melalui sistem perpipaan, seperti halnya untuk air minum, peralatan air panas juga harus memenuhi syarat sanitasi.

1. Perencanaan, pengaturan, dan pemeliharaan

   Jaringan distribusi air panas harus direncanakan dan diatur sedemikian rupa, sehingga penyaluran debit minimal ke alat plambing dapat bekerja baik. Pipa air panas dan perlengkapannya harus dibalut sedemikian rupa dengan bahan isolasi panas yang dibenarkan, sehingga penurunan suhu pada alat plambing terjauh tidak lebih dari 10 °C.

2. Tekanan minimum di lubang pengaliran keluar

   Tekanan minimum pada setiap saat di titik aliran keluar tidak boleh kurang dari 0,5 bar. Pada perlengkapan lain dengan syarat tekanan lebih besar, tekanan minimum harus sebesar tekanan yang diperlukan agar perlengkapan tersebut dapat bekerja dengan baik.

3. Penempatan alat dan tangki air panas

   Alat pemanas harus ditempatkan sedemikian rupa sesuai dengan penggunaannya, tidak menimbulkan bahaya, dan mudah dipelihara. Penempatan tangki air panas harus mudah dicapai, terlindung, serta mempunyai sarana pembuangan yang baik. Pemasangan alat pemanas air di kamar mandi harus sesuai POS pabrik.

4. Jaringan penyediaan air panas sirkulasi

   Bangunan gedung bertingkat lebih dari lima lantai dan bangunan gedung dengan panjang ukur pipa pembawa air panas dari sumber air

panas sampai ke alat plambing terjauh yang melebihi 30 m harus dilengkapi dengan sistem penyediaan air panas sirkulasi.

5. Katup pelepas tekanan

   Pada perlengkapan plambing yang digunakan untuk memanaskan air atau menyimpan air panas harus dipasang katup pelepas tekanan. Kapasitas pelepasan untuk katup ini harus dapat membatasi kenaikan tekanan tidak lebih dari 10% terhadap tekanan pembukaan yang ditetapkan pada katup tersebut.

6. Katup pelepas suhu otomatis atau alat pemutus daya

   Pada perlengkapan plambing yang digunakan untuk memanaskan air atau untuk menyimpan air panas harus dipasang katup pelepas suhu atau alat pemutus daya. Setiap katup pelepas suhu harus dinyatakan kapasitas pelepasan airnya terhadap kapasitas pemanas, yaitu melepaskan air sebanyak 4 liter per jam (L/h) untuk setiap 312 kKal/h kapasitas pemanas. Pada suhu 100 °C katup ini harus mampu melepaskan air panas dalam jumlah yang cukup untuk mencegah kenaikan suhu lebih tinggi lagi. Sebagai pengganti katup pelepas suhu dapat dipasang suatu alat pemutus daya yang akan memutuskan sumber daya ke tangki air tersebut sebelum suhu air di dalam tangki melebihi 100 °C.

7. Persetujuan

   Hanya katup gabungan pelepas tekanan dan pelepas suhu, atau katup pelepas tekanan dan katup pelepas suhu individu, yang telah diuji oleh instansi yang berwenang, yang boleh dipasang untuk memenuhi syarat.

Sistem distribusi air panas pada bangunan umumnya dibagi menjadi dua metode utama, yaitu sistem langsung dan sistem sirkulasi tertutup (*recirculation loop*). Sistem langsung mengalirkan air panas dari pemanas ke titik penggunaan tanpa aliran balik, sementara sistem sirkulasi tertutup mempertahankan suhu air secara stabil dengan mengalirkan air secara terus-menerus melalui pompa sirkulasi.

Menurut SNI 8153:2025, suhu kerja sistem air panas tidak boleh melebihi 60°C untuk menghindari risiko luka bakar, kecuali pada sistem khusus (misalnya sterilisasi). Bila suhu kerja mencapai lebih dari 55°C, maka harus dipasang alat

pencampur suhu (*thermostatic mixing valve*) untuk menurunkan suhu air yang masuk ke titik pemakaian agar tetap aman. Suhu minimum dalam sistem sirkulasi juga harus dipertahankan tidak kurang dari 50°C agar mencegah pertumbuhan mikroorganisme seperti *Legionella*.

Untuk menjaga keandalan sistem, SNI 8153:2025 menyarankan pemilihan material pipa dan *fitting* yang tahan suhu tinggi, seperti pipa tembaga (copper), PPR tipe 3 (PP-RCT), atau PEX, serta dilengkapi dengan isolasi termal guna mengurangi kehilangan panas selama distribusi. Ketebalan insulasi diatur berdasarkan perhitungan efisiensi energi dan jarak distribusi pipa.

Dari sisi tekanan, sistem air panas umumnya dirancang untuk memiliki tekanan kerja yang serupa dengan sistem air dingin, tetapi dengan memperhatikan efek ekspansi termal. Oleh karena itu, harus disediakan *expansion tank* (tangki ekspansi), katup pelepas tekanan, dan sistem ventilasi udara agar tekanan berlebih tidak merusak pipa. Penempatan tangki air panas (*storage heater*), pemanas instan (*instantaneous heater*), atau sistem pemanas sentral harus mempertimbangkan kapasitas kebutuhan harian pengguna, efisiensi energi, dan kemudahan perawatan.

SNI 8153:2025 juga mengarahkan untuk melakukan uji coba dan pengujian sistem air panas sebelum digunakan, termasuk uji tekanan dan pengujian temperatur di titik keluar, serta pembilasan sistem untuk membuang endapan dari proses pemanasan. Selain itu, penanda khusus seperti warna identifikasi pada pipa air panas (merah) dan arah aliran wajib disediakan untuk mendukung keselamatan operasional dan kemudahan inspeksi.

Sistem penyediaan air panas merupakan instalasi yang menyediakan air panas dengan menggunakan sumber air minum, dipanaskan dengan berbagai cara, baik langsung dari alat pemanas ataupun melalui sistem perpipaan, seperti halnya untuk air minum, peralatan air panas juga harus memenuhi syarat sanitasi (SNI 8153:2025).

Menurut Noerbambang dan Morimura (2005), untuk memenuhi kebutuhan air panas ada dua jenis instalasi yang dapat digunakan, yaitu:

1. Instalasi Lokal

   Suatu pemanas air dipasang di tempat atau berdekatan dengan alat plambing yang membutuhkan air panas. Pemanas dapat menggunakan gas, listrik ataupun uap sebagai sumber kalor.

2. Instalasi Sentral

   Air panas yang dihasilkan di suatu tempat dalam gedung, kemudian dengan pipa distribusi dialirkan ke seluruh lokasi alat plambing yang membutuhkan air panas.

Air panas dalam sistem plambing digunakan untuk berbagai keperluan seperti mencuci muka dan tangan, mandi, mencuci pakaian, peralatan dapur, dan sebagainya. Temperatur air yang digunakan untuk setiap keperluan tersebut bervariasi. Standar temperatur air panas menurut jenis pemakaiannya dapat dilihat pada **Tabel 3.14**.

Tabel 3.14 Standar Temperatur Air Panas Menurut Jenis Pemakaiannya

No	Jenis Pemakaiannya	Temperatur (^{0}C)
1	Minum bak	50 – 55
2	Mandi: Dewasa	42 – 45
	Anak	40 – 42
3	Pancuran mandi	40 – 43
4	Cuci muka dan cuci tangan	40 – 42
5	Cuci tangan untuk keperluan pengobatan	43
6	Bercukur	46 – 52
7	Dapur: Macam macam keperluan	45
	Proses pencucian	45 – 60
	Proses pembilasan	70 – 80
8	Cuci pakaian: macam-macam keperluan	45
	bahan sutera dan wol	45 – 60
	bahan linen dan katun	70 – 80
9	Kolam renang	21 – 27
10	Cuci mobil (di bengkel)	24 – 30

Sumber: Noerbambang dan Morimura, 2005

3.4.4 Sistem Plambing Proteksi Kebakaran Berbasis Air

Sistem proteksi kebakaran berbasis air merupakan bagian dari sistem proteksi aktif bangunan yang menggunakan air sebagai media utama untuk pengendalian awal dan pemadaman kebakaran. Pada bangunan gedung, sistem ini umumnya terdiri atas sistem *sprinkler* otomatis, sistem hidran atau pipa tegak, sumber air kebakaran, jaringan perpipaan, *fire pump set*, *jockey pump*, katup kontrol, serta perlengkapan pengatur tekanan.

Sistem *sprinkler* otomatis bekerja untuk mengendalikan kebakaran pada tahap awal secara otomatis melalui aktivasi kepala *sprinkler*, sedangkan sistem hidran atau pipa tegak digunakan untuk mendukung pemadaman manual oleh petugas terlatih atau petugas pemadam kebakaran. Komponen, standar acuan, dan fungsi masing-masing sistem perlu dipahami karena setiap subsistem memiliki karakteristik debit, tekanan, dan pola operasi yang berbeda. Adapun acuan standar yang digunakan dapat dilihat pada **Tabel 3.15**

Tabel 3.15 Acuan Standar Sistem Plambing Proteksi Kebakaran Berbasis Air

Standar	Ruang Lingkup	Relevansi
SNI 3989-1:2024	Prinsip umum sistem *sprinkler*, termasuk pasokan air, metode perencanaan, perhitungan hidraulik, pemipaan, komponen, jenis sistem, proteksi seismik, dan uji serah terima	Dasar umum sistem *sprinkler*
SNI 3989-2:2024	Bangunan gedung nonhunian-nonpenyimpanan, termasuk klasifikasi bahaya, densitas, hambatan pancaran, dan posisi *sprinkler*	Dasar klasifikasi dan parameter *sprinkler* rumah sakit
SNI 6570:2023	Instalasi pompa tetap proteksi kebakaran	Dasar *fire pump set*
SNI 03-1745-2000	Sistem pipa tegak dan slang/hidran gedung	Dasar sistem hidran

SNI 3989-1:2024 digunakan sebagai dasar umum perencanaan sistem *sprinkler*, sedangkan SNI 3989-2:2024 digunakan untuk menentukan klasifikasi bahaya dan parameter *sprinkler* pada bangunan gedung nonhunian-nonpenyimpanan. Sementara itu, sistem pompa kebakaran tetap mengacu pada SNI 6570:2023, dan sistem hidran gedung mengacu pada standar sistem pipa tegak dan selang pada SNI 03-1745-2000.

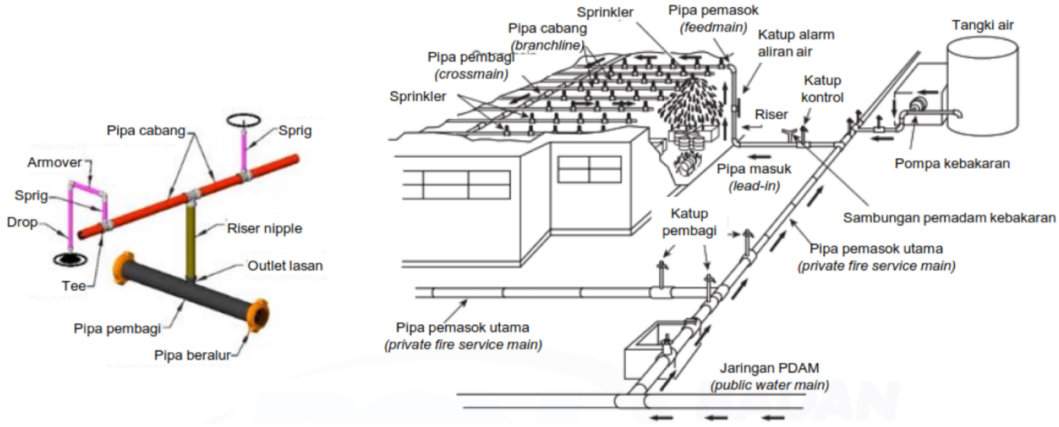
3.4.4.1 Sistem *Sprinkler* Otomatis

Sistem *sprinkler* otomatis merupakan sistem proteksi kebakaran yang memancarkan air melalui kepala *sprinkler* ketika elemen termal *sprinkler* mencapai temperatur kerja tertentu. Sistem ini bertujuan mengendalikan pertumbuhan api, membatasi penyebaran kebakaran, dan menyediakan waktu tambahan untuk evakuasi serta respons pemadaman. Seluruh ruang dalam bangunan pada prinsipnya harus diproteksi dengan sistem *sprinkler*, kecuali ruang atau area tertentu yang diperbolehkan untuk tidak dipasang sistem *sprinkler* (SNI 3989-1:2024)

Komponen utama sistem *sprinkler* meliputi:

1. Kepala *sprinkler*
2. *Branch Line* (pipa cabang)
3. *Cross Main* (pipa pembagi)
4. *Feed main* (pipa pemasok)
5. Riser
6. Katup kontrol
7. Alarm aliran air
8. Sistem pasokan air
9. Pompa kebakaran.

Adapun hubungan antara pipa cabang, pipa pembagi, pipa pemasok dan riser pada *sprinkler* ditunjukkan pada **Gambar 3.13**.



Gambar 3.13 Jaringan Pemipaan Sistem *Sprinkler*

Sumber: SNI 3989-1:2024, Gambar A4

Pada SNI 3989-1:2024 mencantumkan beberapa jenis sistem *sprinkler*, antara lain sistem pipa basah, sistem pipa kering, sistem praaksi, sistem pancaran serentak, dan sistem khusus lainnya. Pada bangunan rumah sakit, sistem yang umum digunakan adalah sistem pipa basah karena jaringan pipa selalu terisi air dan dapat bekerja segera setelah kepala *sprinkler* aktif.

3.4.4.2 Klasifikasi Bahaya Kebakaran Pada Sistem *Sprinkler*

Klasifikasi bahaya kebakaran digunakan untuk menentukan parameter desain *sprinkler*, terutama densitas pancaran, luas kebutuhan proteksi, jarak *sprinkler*, serta kebutuhan debit dan volume air kebakaran. Pada bangunan gedung nonhunian-nonpenyimpanan, klasifikasi bahaya ditentukan berdasarkan fungsi ruang, karakteristik muatan, aktivitas, operasi, serta potensi pelepasan panas. (SNI 3989-2:2024).

Berdasarkan SNI 3989-2:2024, rumah sakit dan laboratorium rumah sakit termasuk kategori bahaya ringan. Area dapur dan instalasi utilitas rumah sakit termasuk kategori bahaya sedang. Area garasi dan parkir mobil termasuk kategori bahaya berat, sehingga *basement* parkir pada rumah sakit perlu dievaluasi sebagai salah satu area yang berpotensi menjadi pengendali kebutuhan debit *sprinkler* dan volume air kebakaran. Adapun klasifikasi bahaya kebakaran pada area rumah sakit dapat dilihat pada **Tabel 3.16**

Tabel 3.16 Klasifikasi Bahaya Kebakaran Pada Area Rumah Sakit

Area/Fungsi Ruang	Klasifikasi Bahaya	Dasar Penentuan
Ruang pelayanan rumah sakit	Bahaya ringan	Fasilitas kesehatan
Laboratorium rumah sakit	Bahaya ringan	Fasilitas kesehatan/laboratorium rumah sakit
Koridor pelayanan, ruang pasien, ruang administrasi	Bahaya ringan	Fungsi pelayanan dengan beban kebakaran relatif rendah
Dapur area masak	Bahaya sedang	Area memasak
Instalasi utilitas rumah sakit	Bahaya sedang	Ruang utilitas rumah sakit
Basement parkir mobil/garasi	Bahaya berat	Garasi/parkir mobil
Ruang penyimpanan/apotek	Evaluasi khusus	Bergantung pada jenis, jumlah, dan pola penyimpanan

Sumber: Diolah dari SNI 3989-2:2024 Tabel 2.

3.4.4.3 Densitas Pancaran dan Luas Kebutuhan Proteksi

Densitas pancaran merupakan intensitas air yang dipancarkan *sprinkler* per satuan luas area proteksi. Luas Kebutuhan Proteksi (LKP) merupakan luas area operasi yang digunakan sebagai dasar penentuan kebutuhan debit *sprinkler*. Dalam SNI 3989-2:2024, nilai densitas dan LKP ditentukan berdasarkan klasifikasi bahaya, jenis sistem *sprinkler*, serta ketinggian plafon.

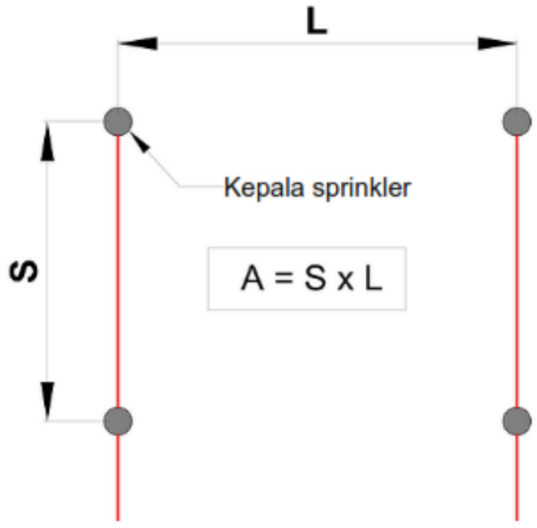
Untuk sistem pipa basah dengan ketinggian plafon sampai dengan 9 m, parameter densitas dan LKP untuk perencanaan awal rumah sakit dapat disusun sebagaimana ditunjukkan pada **Tabel 3.17**

Tabel 3.17 Densitas Pancaran dan Luas Kebutuhan Proteksi Sistem *Sprinkler*

Klasifikasi Bahaya	Densitas [D]	LKP [A]	Debit *Sprinkler* Area Operasi [D × A]
Bahaya ringan	4 L/menit/m²	140 m²	560 L/menit
Bahaya sedang	8 L/menit/m²	230 m²	1840 L/menit
Bahaya berat	12 L/menit/m²	230 m²	2760 L/menit

Sumber: Diolah dari SNI 3989-2:2024 Tabel 4.

Luas kerja satu kepala *sprinkler* dipengaruhi oleh jarak *sprinkler* pada pipa cabang dan jarak antar pipa cabang. Konsep ini penting karena luas kerja berkaitan dengan distribusi debit tiap kepala *sprinkler* pada area operasi. Adapun skema luas kerja pada *sprinkler* ditunjukkan pada **Gambar 3.14**



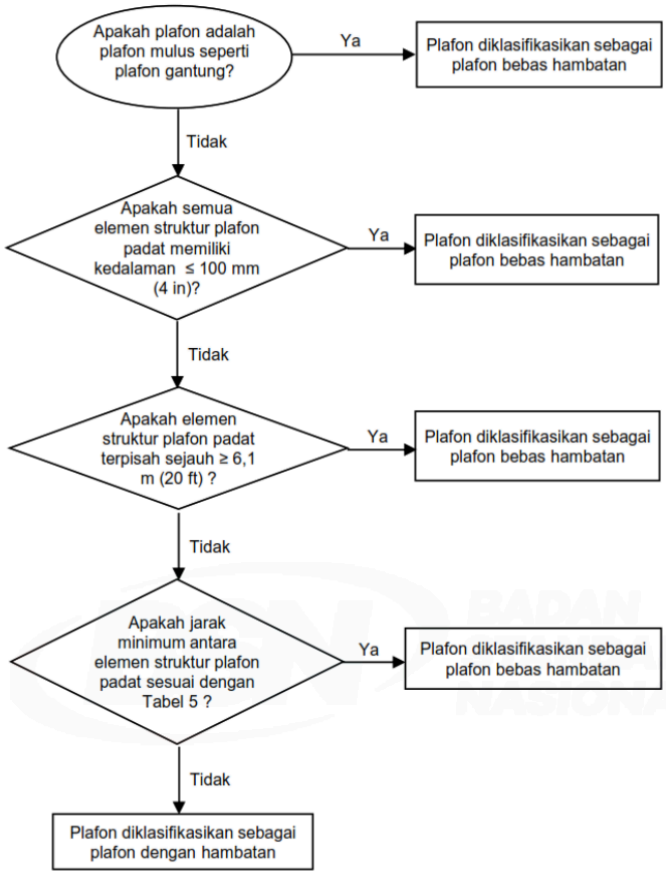
Gambar 3.14 Luas Kerja Pada *Sprinkler*

Sumber: SNI 3989-1:2024, Gambar A.3

3.4.4.4 Tata Letak dan Hambatan Pancaran *Sprinkler*

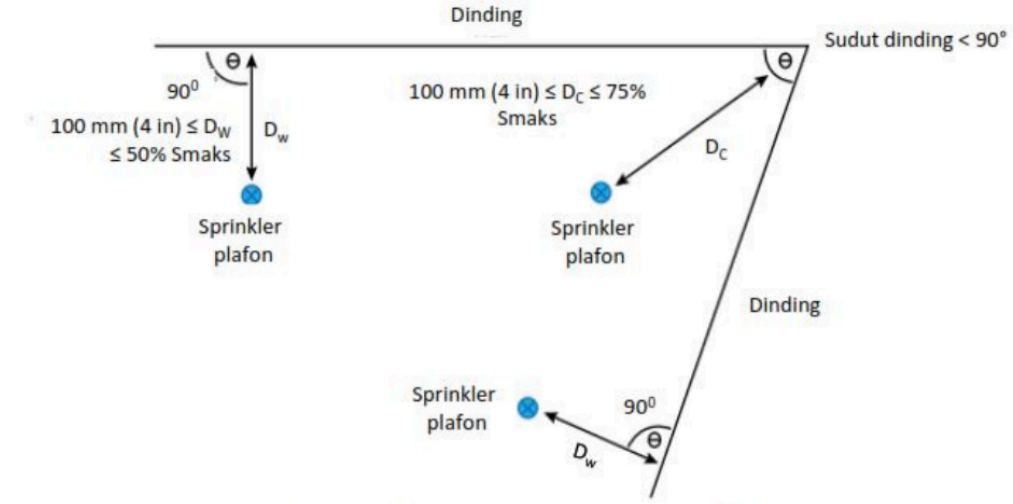
Tata letak *sprinkler* tidak hanya ditentukan oleh luas ruangan, tetapi juga oleh jenis konstruksi plafon, jarak antar *sprinkler*, jarak *sprinkler* terhadap dinding, posisi elemen termal terhadap plafon, dan potensi obstruksi seperti balok, ducting, plafon kisi, jalur pejalan, atau elemen arsitektural lain. SNI 3989-2:2024 memasukkan jenis hambatan pancaran pada konstruksi plafon dan posisi *sprinkler* sebagai aspek yang perlu diperhatikan dalam perencanaan.

Jenis konstruksi plafon perlu diidentifikasi untuk menentukan apakah *sprinkler* dipasang pada plafon bebas hambatan atau plafon dengan hambatan. Identifikasi ini berpengaruh terhadap jarak *sprinkler*, posisi *sprinkler*, serta kebutuhan *sprinkler* tambahan pada area yang pancarannya terhalang. Adapun skema penentuannya dapat dilihat pada **Gambar 3.15**.

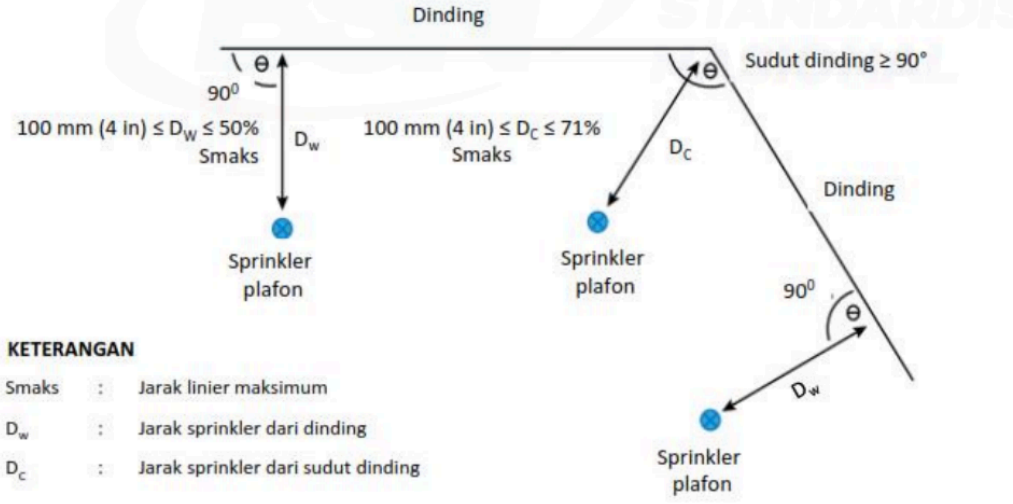


Gambar 3.15 Bagan Alir Penentuan Tipe Konstruksi Plafon Untuk *Sprinkler Pendent* dan *Upright* Pada Bangunan Gedung Non-hunian Non-penyimpanan

Selain jenis plafon, penempatan *sprinkler* juga dipengaruhi oleh jarak terhadap dinding dan posisi vertikal elemen termal terhadap sisi bawah plafon. Jarak horizontal dan vertikal *sprinkler* dapat dilihat pada masing-masing **Gambar 3.16** dan **Gambar 3.17**.



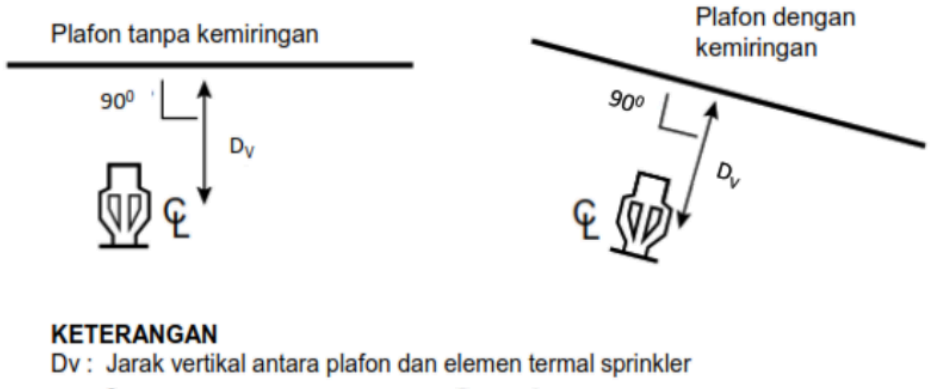
Denah rencana - Jarak horizontal dari dinding dan sudut dinding yang membentuk sudut dinding < 90°



Denah rencana - Jarak horizontal dari dinding dan sudut dinding yang membentuk sudut dinding ≥ 90°

Gambar 3.16 Jarak Horizontal Dari Dinding dan Sudut Dinding Ke *Sprinkler*

Sumber: SNI 3989-2:2024, Gambar 2



Gambar 3.17 Jarak Vertikal Antara Elemen Termal *Sprinkler* dan Sisi Bawah Plafon

Sumber: SNI 3989-2:2024, Gambar 3.

Secara konseptual, sistem *sprinkler* juga perlu dievaluasi secara hidraulik agar kepala *sprinkler* pada titik kritis memperoleh debit dan tekanan yang memadai. Evaluasi tersebut mempertimbangkan debit *sprinkler*, tekanan kerja *sprinkler*, kehilangan tekanan pada pipa, kehilangan tekanan akibat fitting, serta perbedaan elevasi.

3.4.4.5 Sistem Pipa Tegak Hidran Gedung

Sistem hidran gedung atau sistem pipa tegak merupakan sistem proteksi kebakaran manual yang menyediakan air bertekanan melalui pipa tegak, katup, *hydrant box*, slang, dan *nozzle*. Sistem ini digunakan untuk mendukung pemadaman oleh petugas terlatih atau petugas pemadam kebakaran. Pada bangunan bertingkat, sistem pipa tegak diperlukan agar air pemadam dapat tersedia pada setiap lantai tanpa harus menarik slang dari luar bangunan (SNI 03-1745-2000).

Sistem pipa tegak dapat berupa sistem manual, otomatis, atau semi-otomatis. Sistem otomatis terhubung ke pasokan air yang mampu memasok kebutuhan sistem setiap saat dan tidak memerlukan tindakan selain membuka katup slang. Sistem semi-otomatis memerlukan aktivasi alat kontrol untuk menyalurkan air pada sambungan slang, sedangkan sistem manual mengandalkan sambungan pemadam kebakaran untuk memasok kebutuhan air ke dalam sistem.

Sistem pipa tegak dirancang berdasarkan kebutuhan debit dan tekanan residual pada titik hidraulik terjauh. Pada sistem kelas I dan kelas III, parameter

dasar yang umum digunakan dalam perencanaan sistem pipa tegak dan hidran gedung dapat dilihat pada **Tabel 3.18**

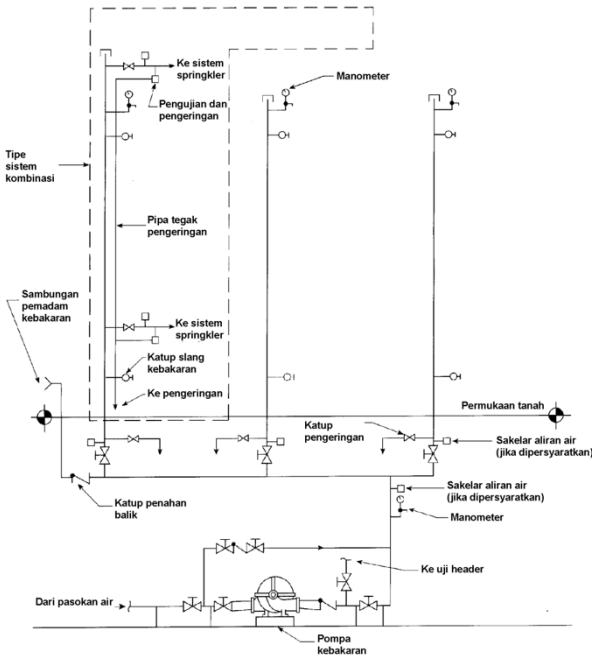
Tabel 3.18 Parameter Dasar Sistem Pipa Tegak Hidran Gedung

Parameter	Nilai/Ketentuan
Tekanan residual sambungan slang 65 mm	6,9 bar
Tekanan residual kotak hidran 40 mm	4,5 bar
Debit minimum pipa tegak hidraulik terjauh, kelas I/III	1893 L/menit
Debit tambahan tiap pipa tegak	946 L/menit
Batas total aliran sistem	4731 L/menit

Sumber: Diolah dari SNI 03-1745-2000

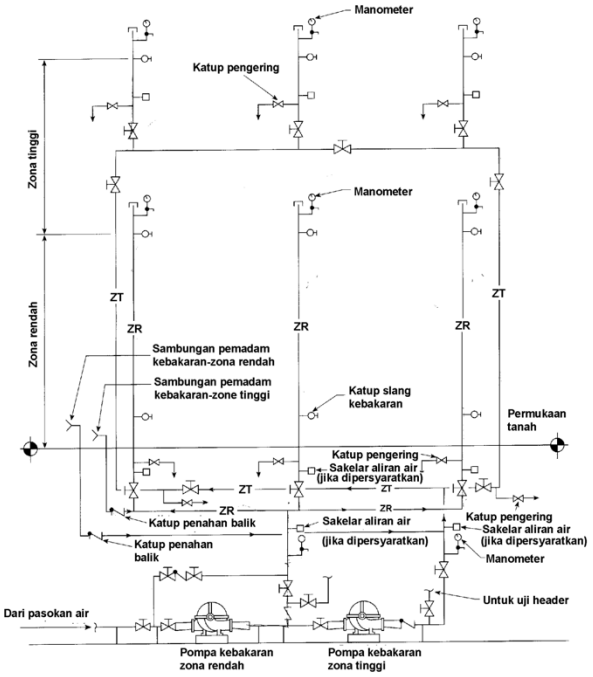
Pada sistem kombinasi yang melayani pipa tegak dan *sprinkler* otomatis, kebutuhan pasokan air perlu dibandingkan antara kebutuhan sistem pipa tegak dan kebutuhan sistem *sprinkler*. Apabila kebutuhan *sprinkler* termasuk tambahan aliran slang melampaui kebutuhan sistem pipa tegak, maka kebutuhan yang lebih besar digunakan sebagai dasar desain pasokan air.

Ukuran pipa pada sistem pipa tegak dipengaruhi oleh jumlah sambungan slang yang dialiri, kuantitas air yang mengalir, tekanan residual yang diperlukan, serta jarak vertikal dan horizontal dari sambungan slang terhadap sumber air. Sistem pipa tegak pada bangunan bertingkat juga dapat dibagi ke dalam zona tunggal, dua zona, atau banyak zona untuk mengendalikan tekanan statis dan tekanan operasi. Adapun jenis sistem pipa tegak dapat dilihat pada **Gambar 3.18** untuk zona tunggal, **Gambar 3.19** untuk dua zona dan **Gambar 3.20** untuk banyak zona.



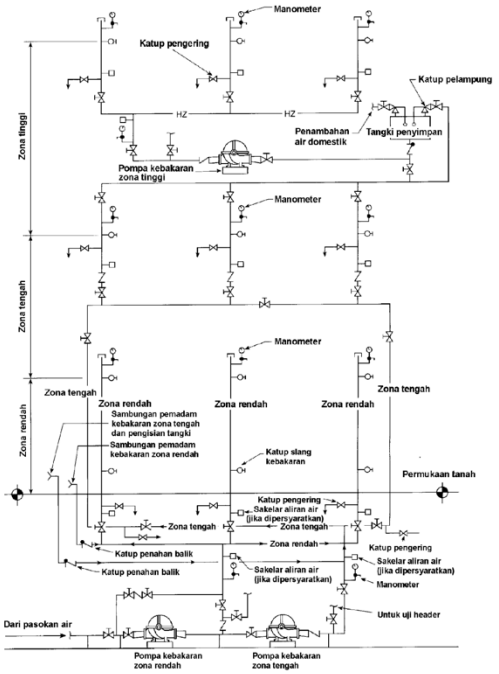
Gambar 3.18 Sistem Pipa Tegak Zona Tunggal

Sumber: SNI 03-1745-2000, Gambar A.7.1(a)



Gambar 3.19 Sistem Pipa Tegak Dua Zona

Sumber: SNI 03-1745-2000, Gambar A.7.1(b)



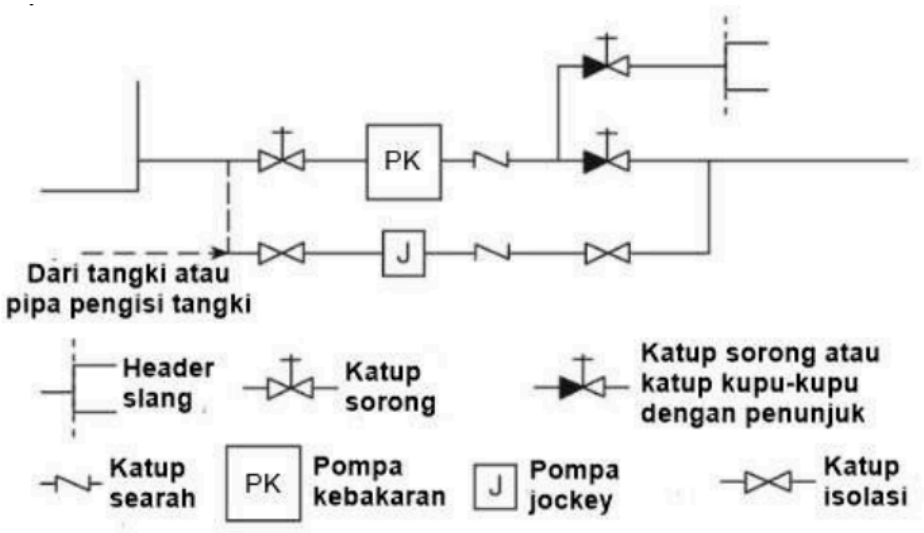
Gambar 3.20 Sistem Pipa Tegak Banyak Zona

Sumber: SNI 03-1745-2000, Gambar A.7.1(c)

3.4.4.6 Pasokan Air Kebakaran dan *Fire pump set*

Pasokan air kebakaran harus mampu menyediakan debit dan tekanan yang memenuhi kebutuhan sistem proteksi kebakaran. Pada sistem *sprinkler*, kebutuhan air tidak hanya mencakup debit *sprinkler* pada area operasi, tetapi juga tambahan aliran slang kebakaran. Pada sistem hidran gedung, kebutuhan pasokan air ditentukan oleh debit pipa tegak, tekanan residual, dan jumlah sambungan yang harus dilayani.

Fire pump set merupakan unit pompa kebakaran yang digunakan untuk meningkatkan tekanan pasokan air dari PDAM, tangki, atau sumber lainnya. SNI 6570:2023 mendefinisikan rakitan pompa kebakaran sebagai sistem yang terdiri atas pompa kebakaran, penggerak, *controller*, dan aksesori yang harus diuji sebagai satu set. Jockey *pump* digunakan untuk mempertahankan tekanan sistem ketika sistem tidak sedang mengalirkan air. Adapun contoh skema instalasi *jockey pump* dengan pompa kebakaran dapat dilihat pada **Gambar 3.21**.



Gambar 3.21 Instalasi *Jockey Pump* dengan Pompa Kebakaran

Sumber: SNI 6570:2023, Gambar A.11

Pada SNI 6570:2023 mengatur kapasitas nominal pompa kebakaran sentrifugal dalam rating tertentu. Kapasitas nominal pompa menjadi acuan awal dalam pemilihan *fire pump set*, kemudian divalidasi terhadap kebutuhan debit dan *head* sistem proteksi kebakaran. Adapun kapasitas nominal pompa kebakaran sentrifugal ditunjukkan pada **Tabel 3.19**

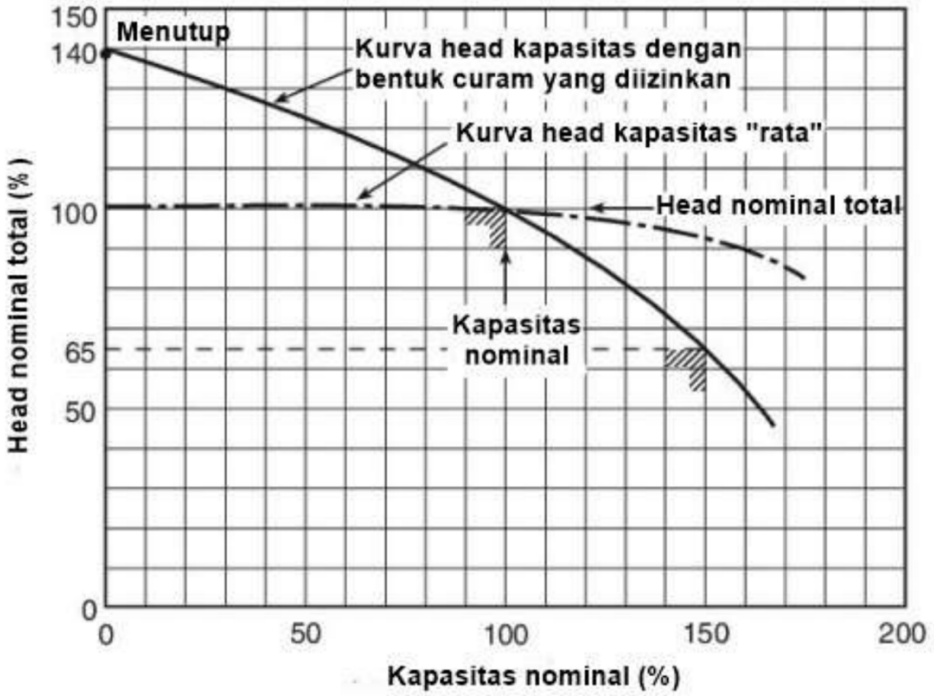
Tabel 3.19 Kapasitas Nominal Pompa Kebakaran Sentrifugal

Rating Pompa (gpm)	Kapasitas (L/menit)
500	1892
750	2839
1000	3785
1250	4731
1500	5677
2000	7570

Sumber: Diolah dari SNI 6570:2023 Tabel 2.

Kurva karakteristik pompa digunakan untuk memahami hubungan antara debit, *head*, dan kondisi operasi pompa. Dalam sistem proteksi kebakaran, pompa perlu dievaluasi pada kapasitas desain, kapasitas lebih besar dari nominal, serta kondisi tanpa aliran atau *shutoff/churn* untuk memastikan sistem tetap bekerja

dalam batas tekanan komponen. Adapun kurva karakteristik pompa kebakaran ditunjukkan pada **Gambar 3.22**



Gambar 3.22 Kurva Karakteristik Pompa Kebakaran

Sumber: SNI 6570:2023, Gambar A.31

3.4.4.7 Implikasi Perencanaan Sistem Proteksi Kebakaran Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung

Berdasarkan karakteristik fungsi ruang, Gedung Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung perlu dievaluasi sebagai bangunan dengan beberapa klasifikasi bahaya kebakaran. Ruang pelayanan rumah sakit dan laboratorium rumah sakit dapat diklasifikasikan sebagai bahaya ringan, dapur dan instalasi utilitas rumah sakit sebagai bahaya sedang, sedangkan *basement* parkir sebagai bahaya berat. Klasifikasi tersebut memengaruhi densitas pancaran, Luas Kebutuhan Proteksi, debit *sprinkler*, kebutuhan aliran slang, kapasitas GWT kebakaran, dan pemilihan *fire pump*.

Sistem hidran gedung berfungsi sebagai sistem pemadaman manual melalui hydrant box dan pipa tegak, sedangkan sistem *sprinkler* otomatis berfungsi sebagai sistem pengendalian awal kebakaran. Kedua sistem dapat menggunakan

sumber air dan *fire pump set* yang sama melalui *common fire header*, tetapi masing-masing perlu dievaluasi berdasarkan kebutuhan debit, *head*, tekanan residual, dan batas tekanan komponen. Apabila kebutuhan *head* hidran lebih tinggi dibandingkan kebutuhan *sprinkler*, sistem *sprinkler* perlu dievaluasi terhadap kemungkinan tekanan berlebih dan kebutuhan *Pressure reducing valve* (PRV). SNI 3989-1:2024 menyatakan bahwa sistem *sprinkler* sebaiknya dirancang untuk menghindari kebutuhan PRV apabila memungkinkan, tetapi PRV dapat digunakan apabila tekanan normal pada bagian sistem melebihi batas tekanan komponen. Adapun implikasi terhadap perencanaan sistem proteksi kebakaran ditunjukkan pada **Tabel 3.20**

Tabel 3.20 Implikasi Perencanaan Sistem Proteksi Kebakaran

Aspek	Implikasi Perencanaan
Klasifikasi bahaya ruang	Menentukan densitas, LKP, debit *sprinkler*, dan volume air kebakaran
Tata letak *sprinkler*	Menentukan jumlah *head*, jarak *head*, luas kerja, dan jalur hidraulik kritis
Perhitungan hidraulik *sprinkler*	Menentukan *headloss Branch Line, Cross Main, feed main, riser*, dan common *header*
Sistem hidran/pipa tegak	Menentukan debit hidran, tekanan residual, jalur kritis, dan kebutuhan *head* pompa
Fire pump set	Menentukan kapasitas nominal, *head* pompa, kurva operasi, dan kebutuhan PRV
GWT kebakaran	Menentukan volume air minimum berdasarkan skenario pengendali

BAB IV
DASAR PERENCANAAN

4.1 Umum

Dasar perencanaan ini merupakan rekayasa teknis berbasis standar (*standards-based design*) yang bertujuan menyusun desain sistem plambing sesuai SNI 8153:2025 dan mengevaluasi kinerja operasional konservasi air menggunakan simulasi *EDGE Building*.

4.2 Pengumpulan Data

Perencanaan sistem plambing Gedung Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung ini dilakukan dengan basis data sebagai berikut:

1. Data Primer

   Data primer terdiri dari data yang sudah dihimpun dari penelitian Tugas Akhir 1. Adapun data-data tersebut adalah sebagai berikut:

   - Gambar arsitektur dan *site plan* bangunan rumah sakit
   - Hasil identifikasi jumlah penghuni dan kebutuhan air minum
   - Kebutuhan utilitas sanitasi berdasarkan layout denah Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung

2. Data Sekunder

   Data Sekunder terdiri dari berbagai literatur yang dijadikan dasar teori dan standar perencanaan. Adapun literatur yang digunakan adalah:

   - SNI 8153:2025 tentang Sistem Plambing pada Bangunan Gedung sebagai dasar untuk desain konvensional
   - "Perancangan dan Pemeliharaan Sistem Plambing" oleh Noerbambang dan Morimura (2005)
   - Pedoman *Green Hospital* oleh Kemenkes (2018)
   - *Baseline data* dan *guidance book EDGE Building*
   - Katalog spesifikasi alat plambing konvensional
   - Studi kasus penelitian terdahulu yang relevan

4.3 Tahapan Perencanaan

Adapun tahapan perencanaan ini dilakukan dengan langkah-langkah yang diilustrasikan pada **Gambar 4.1**.

4.3.1 Studi Literatur

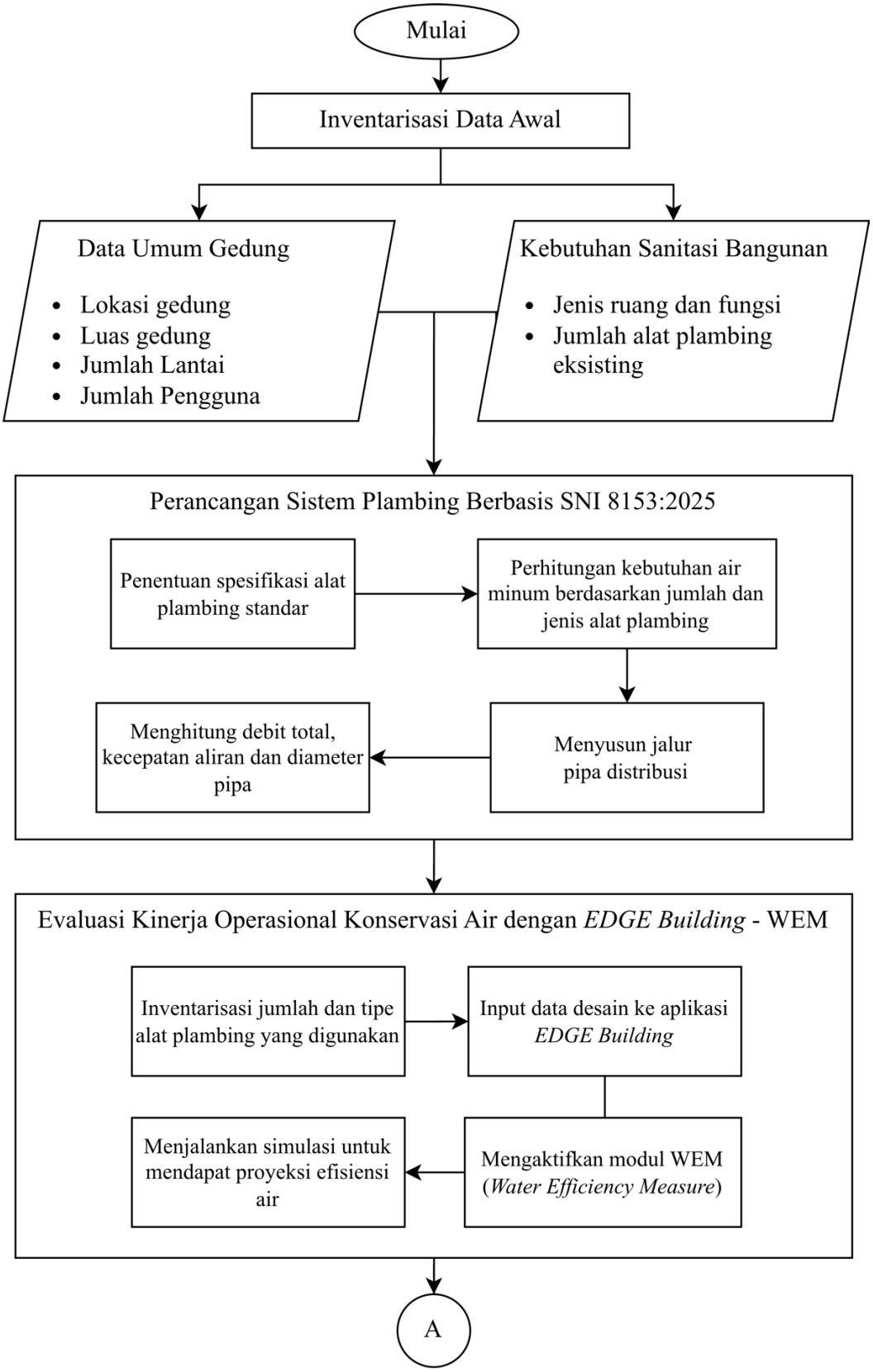
Tujuan dari studi literatur dalam perencanaan adalah untuk menetapkan dasar teori dan standar perancangan teknis. Adapun literatur yang digunakan antara lain:

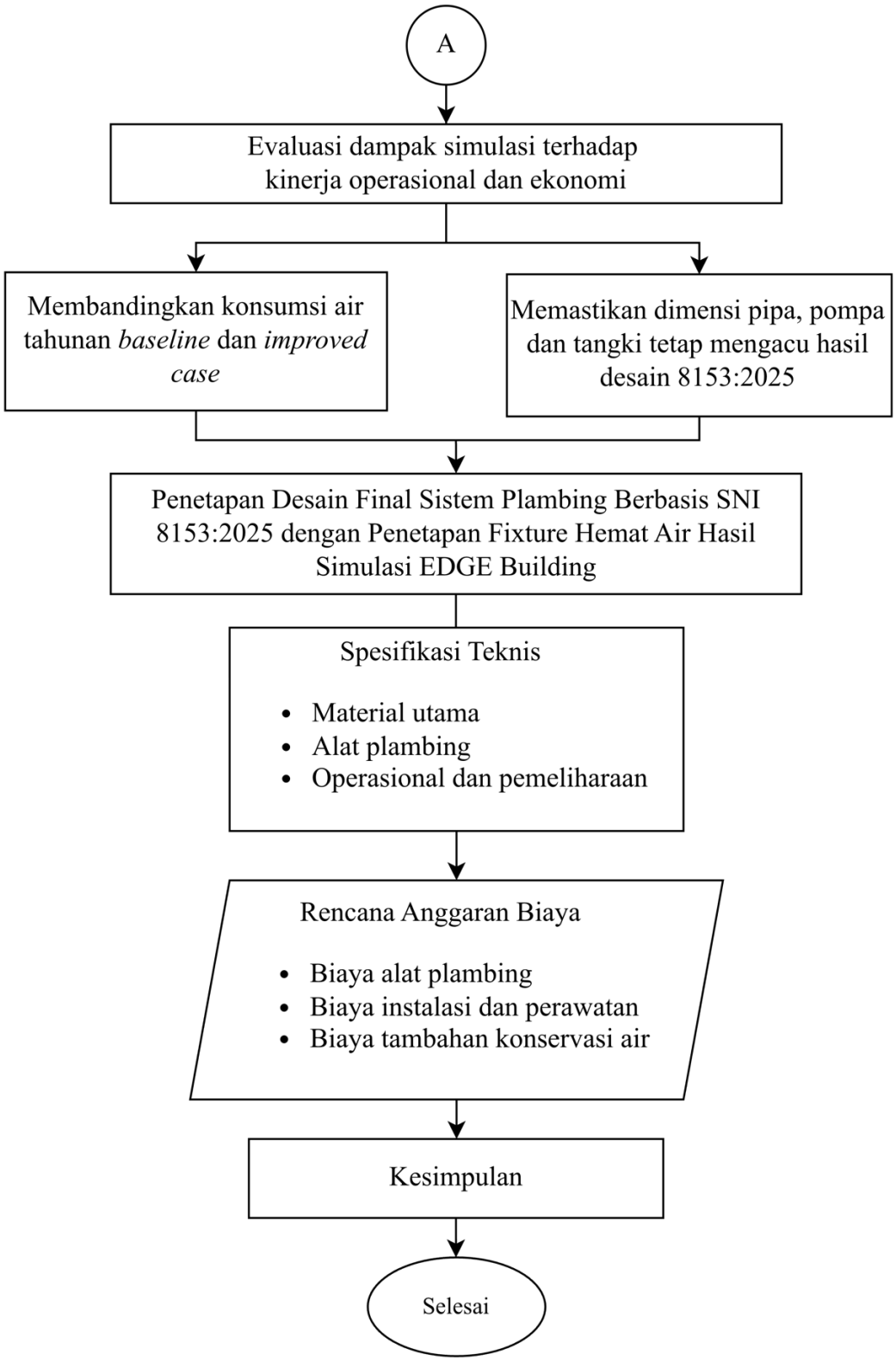
1. Mengkaji SNI 8153:2025 tentang Sistem Plambing pada Bangunan Gedung sebagai dasar desain konvensional
2. Mengkaji SNI 3989-1:2024, SNI 3989-2:2024, SNI 6570:2023 dan SNI 03-1745-2000 untuk perencanaan sistem proteksi kebakaran
3. Menggunakan literatur "Perancangan dan Pemeliharaan Sistem Plambing" oleh Noerbambang dan Morimura (2005) sebagai referensi tambahan
4. Menganalisis kriteria *Green Building* berdasarkan aplikasi *EDGE Building* serta referensi dari Pedoman *Green Hospital* oleh Kemenkes (2018)

4.3.2 Inventarisasi Data Awal

Data perencanaan dihimpun untuk mendapat gambaran awal sistem plambing yang akan dianalisis. Adapun data tersebut adalah sebagai berikut:

1. Data umum gedung
   - Lokasi gedung
   - Luas gedung
   - Jumlah pengguna gedung
   - Jenis ruang dan fungsi ruangan
2. Kebutuhan sanitasi bangunan
   - Kebutuhan air harian
   - Jenis alat plambing eksisting
   - Jumlah fasilitas saniter


Mulai
Inventarisasi Data Awal
Data Umum Gedung
Lokasi gedung
Luas gedung
Jumlah Lantai
Jumlah Pengguna
Kebutuhan Sanitasi Bangunan
Jenis ruang dan fungsi
Jumlah alat plambing eksisting
Perancangan Sistem Plambing Berbasis SNI 8153:2025
Penentuan spesifikasi alat plambing standar
Perhitungan kebutuhan air minum berdasarkan jumlah dan jenis alat plambing
Menyusun jalur pipa distribusi
Menghitung debit total, kecepatan aliran dan diameter pipa
Evaluasi Kinerja Operasional Konservasi Air dengan EDGE Building - WEM
Inventarisasi jumlah dan tipe alat plambing yang digunakan
Input data desain ke aplikasi EDGE Building
Mengaktifkan modul WEM (Water Efficiency Measure)
Menjalankan simulasi untuk mendapat proyeksi efisiensi air
A



Gambar 4.1 Diagram Alir Perencanaan

4.3.3 Perancangan Sistem Plambing Berbasis SNI 8153:2025

Desain sistem plambing dilakukan dengan pendekatan standar yang mengacu pada SNI 8153:2025 serta literatur pendukung. Tahapan perancangan meliputi:

1. Inventarisasi alat plambing
2. Penentuan Unit Beban Alat Plambing (UBAP)
3. Penentuan debit rencana (QT)
4. Pemilihan diameter nominal pipa (DN)
5. Evaluasi kecepatan aliran
6. Perhitungan hidraulik jaringan pipa sebagai dasar pemilihan pompa dan evaluasi tekanan sisa.

Perancangan teknis dilakukan untuk enam sistem utama, yaitu sistem plambing air PDAM, sistem plambing air panas, sistem plambing air *recycle*, sistem plambing air *Reverse Osmosis* (RO), sistem plambing air hujan atau *Rainwater Harvesting (*RWH), dan sistem proteksi kebakaran. Sistem berbasis alat plambing seperti PDAM, air panas, air *recycle*, dan RO menggunakan pendekatan UBAP dan debit rencana berdasarkan SNI 8153:2025. Sistem air hujan dirancang sebagai sistem non-*potable* untuk kebutuhan penyiraman taman, sedangkan sistem proteksi kebakaran dirancang secara terpisah berdasarkan standar proteksi kebakaran yang relevan.

Perhitungan *headloss* mayor pada jaringan pipa dilakukan menggunakan persamaan Hazen–Williams, sedangkan *headloss* minor akibat fitting dihitung menggunakan metode koefisien kehilangan lokal. Dengan demikian, kehilangan energi total sistem dihitung sebagai penjumlahan antara *headloss* mayor dan *headloss* minor.

Persamaan *headloss* mayor yang digunakan adalah

$$\mathbf{h_f = 10{,}67 \times \frac{L \times Q^{1{,}852}}{C^{1{,}852} \times D^{4{,}87}}}$$

Dengan:

h_f = *headloss* mayor (m) C = Koefisien Hazen-Williams

L = Panjang pipa (m) D = Diameter pipa (m)

Q = Debit Aliran (m^3/s)

Adapun *headloss* minor dihitung dengan persamaan:

$$\mathbf{h_m = \sum K \times \frac{v^2}{2g}}$$

hm = *Headloss* minor (m) v = Kecepatan aliran pipa (m/s)

K = Koefisien kehilangan lokal g = Percepatan gravitasi (9,81 m/s^2)

Adapun total *headloss* sistem dihitung sebagai:

$$\mathbf{HL = h_f + h_m}$$

Kebutuhan *head* pompa minimum dihitung berdasarkan komponen *head* statis, total *headloss*, dan residual *head* apabila diperlukan pada titik pelayanan kritis. Persamaan umum yang digunakan adalah:

$$\mathbf{H_{pompa} = H_{statis} + HL + H_{residual}}$$

Untuk sistem yang tidak memerlukan residual *head* eksplisit, seperti pompa transfer menuju tangki, komponen residual *head* tidak ditambahkan. *Head* pompa desain ditentukan dengan *safety factor* sebesar 15%:

$$\mathbf{H_{desain} = 1{,}15 \times H_{pompa}}$$

H_{pompa} digunakan untuk menunjukkan kebutuhan *head* minimum sebelum *safety factor* dan H_{desain} digunakan untuk menunjukkan *head* pompa setelah penambahan safety factor.

Metode perencanaan dibedakan berdasarkan karakteristik masing-masing sistem. Sistem plambing air PDAM, air panas, air *recycle*, dan RO dirancang dengan pendekatan debit rencana berbasis UBAP, pemilihan diameter berdasarkan kapasitas aliran pipa, serta evaluasi *headloss* pada jalur kritis. Sistem air hujan/RWH dirancang sebagai sistem non-*potable* untuk kebutuhan penyiraman taman, dengan pendekatan debit rencana berdasarkan asumsi pemakaian keran taman secara simultan. Sementara itu, sistem proteksi kebakaran dirancang secara terpisah karena memiliki standar, debit, residual pressure, dan kriteria operasi yang berbeda dari sistem plambing domestik. Secara umum, klasifikasi metode perencanaan ditunjukkan pada **Tabel 4.1**.

Tabel 4.1 Klasifikasi Metode Perencanaan Seluruh Sistem

Sistem	Dasar Perencanaan	Metode Hidraulik
Air PDAM	UBAP dan QT berdasarkan SNI 8153:2025	Hazen-Williams untuk *headloss* mayor dan koefisien K untuk *headloss* minor
Air panas	UBAP, kebutuhan air panas, dan sistem resirkulasi	Hazen-Williams untuk *headloss* mayor dan koefisien K untuk *headloss* minor
Air *recycle*	UBAP alat non-*potable* dan distribusi dual piping	Hazen-Williams untuk *headloss* mayor dan koefisien K untuk *headloss* minor
RO	UBAP medical sink dan direct upfeed system	Hazen-Williams untuk *headloss* mayor dan koefisien K untuk *headloss* minor
RWH	Debit keran taman dan sistem transfer–gravitasi	Hazen-Williams untuk *headloss* mayor dan koefisien K untuk *headloss* minor
Proteksi kebakaran	Kebutuhan sprinkler berdasarkan luas proteksi serta kebutuhan *fire pump* menurut SNI 6570:2023 dan SNI 3989-1:2024	Hazen-Williams untuk *headloss* mayor dan koefisien K untuk *headloss* minor

4.3.4 Evaluasi Kinerja Operasional Konservasi Air Berbasis Simulasi *EDGE Building* - WEM

Simulasi *EDGE Building* dilakukan pada men*u Water Efficiency Measures* (WEM), tanpa meninjau aspek energi dan material. Simulasi ini pada aplikasi *EDGE Building* untuk menentukan pendekatan strategi konservasi air *Green Hospital* yang akan diterapkan. Adapun tahapan simulasi dilakukan dengan langkah-langkah berikut:

1. Inventarisasi jumlah dan tipe alat plambing yang digunakan
2. Input data desain gedung ke aplikasi *EDGE Building*;
   - tipe bangunan: *Hospital*
   - luas bangunan, jumlah pengguna
   - parameter okupansi dan spesifikasi alat plambing
3. Mengaktifkan modul WEM (*Water Efficiency Measures*) yang relevan sesuai perencanaan. Adapun modul WEM dapat dilihat pada **Tabel 4.2**.

Tabel 4.2 Modul *Water Efficiency Measures* Pada *EDGE Building*

Kode	Nama Modul	Deskripsi
WEM01	*Water-Efficient Showerheads*	Mengurangi konsumsi air melalui shower dengan *flow rate* lebih rendah dari *baseline*
WEM02	*Water-Efficient Faucets* (*Bathrooms*)	Keran wastafel di kamar mandi dengan laju alir hemat air
WEM03	*Efficient Water Closets*	WC hemat air atau sistem *dual-flush*
WEM04	*Water-Efficient Bidets*	Bidet dengan *flow rate* rendah untuk mengurangi penggunaan air sanitasi tambahan
WEM05	*Water-Efficient Urinals*	Urinoir hemat air atau tanpa air sama sekali (*waterless urinals*)
WEM06	*Water-Efficient Faucets* (*Kitchen*)	Keran dapur yang mengatur laju alir agar efisien tanpa mengurangi fungsi
WEM07	*Water-Efficient Dishwashers*	Mesin pencuci piring dengan konsumsi air rendah per siklus
WEM08	*Efficient Pre-Rinse Spray Valves*	Alat bilas awal (*pre-rinse*) dapur komersial yang lebih hemat air
WEM09	*Water-Efficient Washing Machines*	Mesin cuci *laundry* komersial maupun domestik dengan penggunaan air per kg pakaian lebih rendah
WEM10	*Swimming Pool Covers*	Penutup kolam renang untuk mengurangi penguapan air
WEM11	*Efficient Landscape Irrigation*	Sistem penyiraman taman yang hemat air (*drip irrigation*, sensor kelembaban tanah)
WEM12	*Rainwater Harvesting System*	Sistem pemanenan air hujan untuk dimanfaatkan kembali seperti *flushing* toilet, penyiraman, atau utilitas sekunder lainnya
WEM13	*Wastewater Treatment and Recycling*	Sistem pengolahan dan penggunaan ulang *greywater* dan/atau *blackwater*
WEM14	*Condensate Water Recovery*	Pemanfaatan air kondensasi dari AC atau sistem pendingin lainnya
WEM15	*Smart Water Meter*	Instalasi meter air digital per zona untuk monitoring konsumsi dan deteksi kebocoran
WEM16	*Greywater Reuse System*	Sistem pemisahan dan daur ulang air bekas dari shower, wastafel, dan mesin cuci
WEM17	*Dual Plumbing System*	Sistem pemipaan terpisah untuk air minum dan air daur ulang, mendukung penggunaan ulang air secara aman

Sumber: EDGE User Guide – Water Measures (IFC, 2021)

EDGE Building memungkinkan untuk pemilihan kombinasi WEM sesuai perencanaan. Semakin banyak modul yang diaktifkan, maka semakin tinggi potensi penghematan air.

4. *Running* simulasi untuk memperoleh total konsumsi air tahunan, persentase penghematan air, kelayakan untuk meraih *EDGE Certified* (> 20%) dan estimasi investasi dan *incremental cost* serta potensi penghematan operasional

4.3.5 Evaluasi Kesesuaian Desain Terhadap Kinerja Operasional

Hasil simulasi *EDGE Building* dievaluasi untuk menilai dampak penggunaan *fixture* hemat air terhadap konsumsi air operasional tahunan. Evaluasi ini tidak digunakan untuk mengubah diameter pipa, kapasitas pompa, atau volume tangki yang telah ditentukan berdasarkan SNI 8153:2025 dan perhitungan hidraulik. Dengan demikian, hasil *EDGE* hanya digunakan sebagai pembanding kinerja operasional antara skenario *fixture* konvensional dan *green fixture.*

Adapun evaluasi dilakukan dengan langkah-langkah berikut:

1. Membandingkan konsumsi air tahunan pada skenario *baseline* dan *Improved Case*
2. Menghitung persentase penghematan air dari penggunaan *fixture* hemat air dan modul WEM
3. Mengidentifikasi dampak penghematan terhadap biaya operasional tahunan
4. Menilai sistem *green fixture* hemat air memenuhi ambang efisiensi minimum *EDGE Building* pada modul WEM

Dengan demikian, penerapan *fixture* hemat air dievaluasi sebagai strategi konservasi air operasional tanpa mengubah hasil desain teknis jaringan pipa, pompa serta tangki yang sesuai dengan SNI 8153:2025.

4.3.6 Evaluasi Dampak Simulasi Terhadap Investasi dan Ekonomi

Tahap ini dilakukan untuk mengevaluasi dampak simulasi konservasi air terhadap aspek investasi dan ekonomi dari sistem plambing yang direncanakan. Evaluasi ini difokuskan pada dampak perubahan spesifikasi alat plambing hemat air dan penurunan konsumsi air operasional dengan tetap memenuhi kaidah hidraulik sesuai ketentuan pada SNI 8153:2025. Evaluasi dilakukan dengan membandingkan antara sistem plambing konvensional dan sistem *green fixture* berbasis hasil simulasi *EDGE Building*.

Pada tahap ini, dilakukan perhitungan terhadap komponen biaya yang meliputi biaya pengadaan alat plambing (*plumbing fixture*), biaya instalasi dan perawatan, serta tambahan biaya apabila diterapkan sistem konservasi air seperti efisiensi air, *rainwater harvesting*, *greywater reuse*, atau *smart metering*. Data pembanding berupa konsumsi air tahunan untuk masing-masing sistem akan diperoleh dari hasil simulasi *EDGE Building* yang memberikan estimasi penggunaan air pada kondisi *baseline* (konvensional) dan *improved* (*green*).

Berdasarkan data tersebut, akan dihitung potensi penghematan biaya operasional air per tahun, serta periode pengembalian investasi (*payback period*) dari penggunaan sistem *green fixture*. Dengan demikian, hasil evaluasi ekonomi ini bertujuan untuk melihat seberapa layak sistem hemat air diterapkan dari sisi keuangan, serta memberikan gambaran manfaat jangka panjang dibandingkan sistem konvensional.

4.3.7 Finalisasi Skenario *Fixture Unit* dan Konservasi Air

Tahap ini merupakan proses penetapan skenario *fixture* konvensional dan *green fixture* yang akan digunakan dalam evaluasi operasional dan ekonomi. Desain jaringan pipa, pompa, dan tangki tetap mengacu pada hasil perencanaan teknis berbasis SNI 8153:2025 dan standar proteksi kebakaran. Sementara itu, hasil simulasi *EDGE* digunakan untuk menilai dampak penggunaan *fixture* hemat air terhadap konsumsi air tahunan, potensi penghematan, *incremental cost,* dan *payback period.*

Pemilihan *green fixture* dilakukan dengan mempertimbangkan flow rate, flush volume, ketersediaan produk, harga satuan, kemudahan pengadaan, serta kontribusinya terhadap penghematan air.

4.3.8 Spesifikasi Teknis dan Rencana Anggaran Biaya

Spesifikasi teknis disusun untuk seluruh komponen yang berkaitan langsung dengan sistem plambing yang direncanakan. Komponen yang dibahas meliputi jenis dan diameter pipa, *fitting, valve*, pompa, tangki, serta *fixture unit*. Spesifikasi *fixture unit* disusun dalam dua skenario, yaitu *fixture* konvensional dan *green fixture*.

Rencana Anggaran Biaya (RAB) disusun berdasarkan *Bill of Quantity* (BOQ) dari masing-masing komponen sistem plambing. BOQ mencakup pipa, *fitting, valve*, pompa, tangki, dan *fixture unit*. Perbedaan biaya antara skenario konvensional dan *green fixture* terutama berasal dari perbedaan harga *fixture*, perangkat efisiensi air, serta sistem konservasi tambahan yang digunakan. Adapun Batasan rincian RAB adalah hanya pada komponen yang berhubungan langsung dengan sistem plambing.

4.3.9 Rekomendasi dan Kesimpulan

Hasil analisis digunakan untuk menyusun kesimpulan mengenai kelayakan teknis sistem plambing dan dampak operasional-ekonomi dari penggunaan *fixture* konvensional dan *green fixture*. Kesimpulan tidak diarahkan untuk memilih salah satu skenario secara mutlak, tetapi untuk menjelaskan konsekuensi masing-masing skenario.

Skenario *fixture* konvensional umumnya memiliki biaya investasi awal yang lebih rendah, tetapi konsumsi air dan biaya operasional tahunan lebih tinggi. Sebaliknya, skenario *green fixture* memiliki biaya investasi awal yang lebih tinggi, tetapi mampu menurunkan konsumsi air dan biaya operasional tahunan. Perbandingan kedua skenario dianalisis melalui CAPEX dan *cumulative cost*.

Dengan demikian, rekomendasi akhir disusun berdasarkan trade-off antara biaya investasi awal, penghematan operasional, periode pengembalian investasi, dan kontribusi terhadap konservasi air rumah sakit.

4.4 Perencanaan Teknis Sistem Plambing Berbasis SNI 8153:2025

4.4.1 Landasan Teknis

Sistem plambing air minum dalam bangunan gedung dirancang untuk memenuhi kebutuhan air yang aman, bersih, dan berkelanjutan bagi seluruh penghuni serta fungsi bangunan. Menurut SNI 8153:2025, tujuan utama dari perancangan sistem ini adalah untuk menjamin keamanan, kenyamanan, efisiensi, dan perlindungan terhadap kesehatan, baik bagi pengguna maupun lingkungan sekitar.

Secara khusus, sistem plambing air minum harus memenuhi beberapa sasaran berikut:

1. Menjaga Kualitas Air Minum berdasarkan Permenkes No. 2 Tahun 2023 tentang Pelaksanaan Kesehatan Lingkungan
2. Menyediakan aliran air yang efisien dan stabil
3. Menjamin distribusi yang merata dan memadai
4. Melindungi sistem dari kerusakan dan gangguan
5. Mencegah risiko kesehatan dan kontaminasi
6. Memudahkan pemeliharaan dan pengoperasian
7. Menghindari gangguan tambahan

4.4.2 Dasar Perencanaan Sistem Plambing Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung

Perencanaan sistem plambing pada Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung didasarkan pada kebutuhan air bersih bangunan sebesar 88,55 m^3/hari, yang terdiri atas kebutuhan domestik sebesar 84,75 m^3/hari dan kebutuhan ruang operasi serta sterilisasi sebesar 3,80 m^3/hari. Nilai kebutuhan air tersebut diperoleh berdasarkan hasil perhitungan kebutuhan air bangunan pada Tugas Akhir I.

Besarnya kebutuhan air tersebut menjadi dasar dalam penentuan kapasitas *Ground Water Tank* (GWT), *Roof Tank*, sistem distribusi air bersih, sistem air panas, sistem recycle water, sistem pemanenan air hujan (*Rainwater Harvesting*), kapasitas pompa, serta perhitungan hidraulik jaringan perpipaan.

4.4.3 Penentuan Nilai UBAP

Penentuan nilai UBAP berbeda dengan perhitungan kebutuhan air yang digunakan sebagai dasar penentuan kapasitas penyediaan air (*supply system*). Perhitungan UBAP digunakan untuk menentukan debit puncak distribusi (*peak demand*) sebagai dasar penentuan diameter jaringan perpipaan.

Unit beban pada setiap titik dihitung sesuai dengan **Tabel 4.3**. Seluruh alat plambing dilakukan rekapitulasi UBAP pada setiap titiknya.

Tabel 4.3 Debit Pengambilan, Debit Minimum dan UBAP Pada Titik Pengambilan

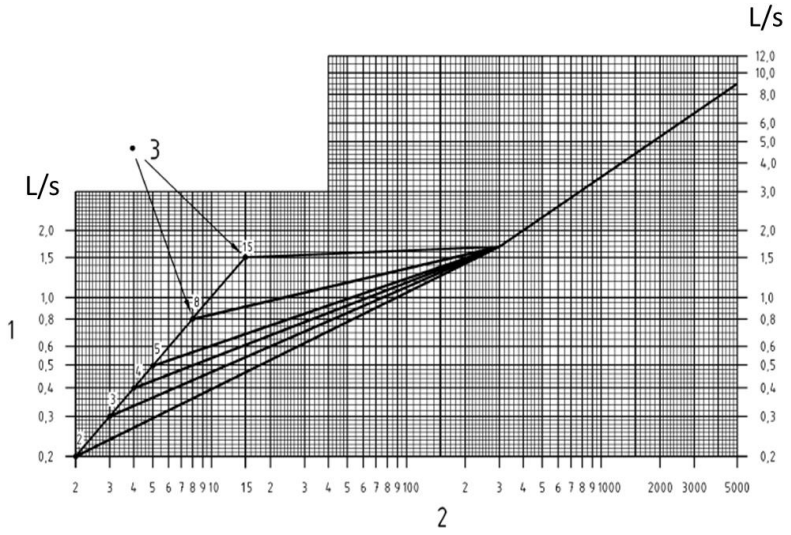
Titik Pengambilan	Qa	Qmin	Unit Beban Alat Plambing (UBAP)
	L/s	L/s	
Bak cuci, bak cuci tangan, bidet, kloset duduk dengan tangki	0,1	0,1	1
Bak cuci piring, mesin cuci[a], mesin cuci piring, bak, pancuran kepala	0,2	0,15	2
Urinal dengan katup pembilas	0,3	0,15	3
Bak rendam rumah tangga	0,4	0,3	4
Keran (termasuk keran taman/keran garasi)	0,5	0,4	5
Bak cuci dapur non domestik DN 20, bak rendam non domestik	0,8	0,8	8
Katup Pembilas DN 20	1,5	1,0	15
Qa : laju aliran pengambilan Qmin : adalah laju aliran minimum pada titik pengambilan DN : diameter nominal : penamaan numerik untuk ukuran komponen, yang merupakan bilangan bulat dalam milimeter (mm) **Catatan 1** Satu UBAP setara dengan laju aliran pengambilan QA sebesar 0,1 L/s. **Catatan 2** Untuk proses perencanaan digunakan QA a) untuk penggunaan non domestik periksa dengan pabrikan			

Sumber: SNI 8153:2025

4.4.4 Penentuan Nilai Laju Aliran Total UBAP (QT)

Untuk menentukan laju aliran total UBAP digunakan grafik sesuai dengan gambar skema penyediaan air. Nilai UBAP total dan nilai tunggal UBAP tertinggi diplotkan pada grafik untuk mendapatkan nilai laju aliran total UBAP (QT).

Rekapitulasi nilai debit untuk setiap alat plambing disusun sehingga nilai QT setiap titik dapat ditentukan. Penentuan QT mengacu pada **Gambar 4.2**.



Keterangan:

1. laju aliran total UBAP (QT); 2. nilai total UBAP; 3. nilai tunggal tertinggi UBAP

Gambar 4.2 Laju Aliran Total UBAP (QT) dalam L/s Untuk Instalasi Standar Terkait Dengan Nilai Total UBAP

Sumber: SNI 8153:2025

4.4.5 Perhitungan Debit Pipa dan Ukuran Pipa

1. Perhitungan debit pipa aktual

   Debit pipa aktual dapat dihitung dengan mengetahui diameter internal pipa. Diameter internal (d_i) sesuai dengan spesifikasi pabrik atau standar. Penentuan d_i dapat mengacu pada SNI 9324 (pipa AW) sesuai dengan **Tabel 4.4.**

Tabel 4.4 DN dan d_i pipa AW menurut SNI 9324

DN (mm)	d_i minimum (mm)
13	14,0
16	18,0
20	22,0
25	27,8
32	37,0
40	42,2
50	53,0

DN (mm)	d_i minimum (mm)
75	67,1
80	78,7
100	103,4
125	127,1
150	149,9
200	196,3
250	242,9
300	289,4
Keterangan: d_i = diameter luar minimum – (2 × tebal dinding maksimum)	

Sumber: SNI 8153:2025 lampiran B.1.2.3

Debit pipa aktual dapat dihitung dari diameter internal (d_i). Perhitungan debit aktual dapat menggunakan persamaan berikut:

$$Q = \frac{v \times \pi \times d_i^2}{4}$$

Q = debit pipa aktual (m^3/s)

v = kecepatan aliran rata-rata dalam pipa (m/s)

di = diameter dalam pipa (m)

Catatan: Perhitungan debit dilakukan untuk setiap diameter internal d_i pipa.

Adapun contoh perhitungan debit pipa aktual adalah sebagai berikut:

Jika diketahui DN 20 dengan diameter internal (d_i) = 0,022 m dan kecepatan aliran yang direncanakan (v) = 1,5 m/s, maka:

$$Q = \frac{v \times \pi \times d_i^2}{4}$$

$$Q = \frac{1{,}5 \text{ m/s} \times 3{,}14 \times 0{,}022 \text{ m}^2}{4}$$

$Q = 0{,}00057 \text{ m}^3/\text{s} = 0{,}57 \text{ L/s}$

Nilai debit aktual pipa DN 20 dengan kecepatan 1,5 m/s adalah 0,57 L/s. Angka ini mengacu pada batas kecepatan aliran yang direkomendasikan SNI 8153:2025, dengan nilai maksimum 2 m/s untuk pipa distribusi agar tekanan tidak terlalu tinggi, menghindari kebisingan dan erosi.

Rekapitulasi hasil perhitungan debit untuk setiap ukuran DN pipa sesuai dengan **Tabel 4.5**

Tabel 4.5 Hasil Perhitungan Debit Untuk Setiap DN Pipa AW Pada SNI 9324

DN (mm)	d_i minimum (mm)	Q (L/s)
13	14,0	0,23
16	18,0	0,38
20	22,0	0,57
25	27,8	0,91
32	37,0	1,61
40	42,2	2,09
50	53,0	3,30
75	67,1	5,30
80	78,7	7,29
100	103,4	12,59
125	127,1	19,03
150	149,9	26,47
200	196,3	45,39
250	242,9	69,50
300	289,4	98,66

Sumber: SNI 8153:2025 lampiran B.1.2.3

Tabel diameter dan debit pipa digunakan sebagai acuan awal pemilihan diameter pada sistem plambing domestik. Diameter internal aktual tetap disesuaikan dengan material pipa yang digunakan pada masing-masing sistem. Untuk sistem proteksi kebakaran, diameter pipa ditentukan secara terpisah berdasarkan kebutuhan debit kebakaran, *residual pressure*.

2. Penentuan Diameter Nominal (DN) pipa

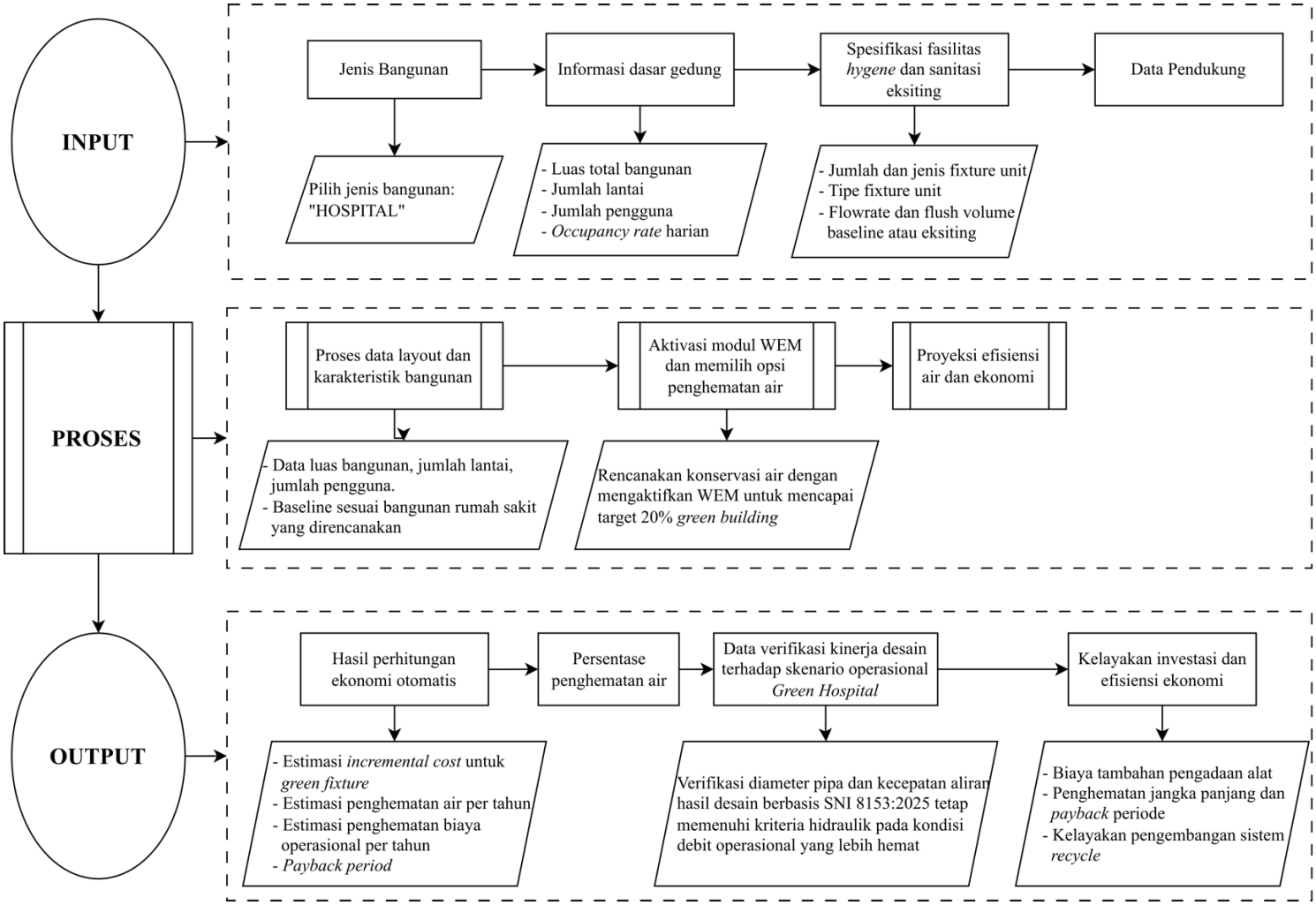
   Ukuran pipa ditentukan dengan membandingkan debit (QT) dari grafik dengan debit (Q) hasil perhitungan masing-masing pipa, di mana nilai Q tidak boleh lebih kecil dari QT. Untuk sistem distribusi air dalam bangunan, kriteria kecepatan aliran yang digunakan berada pada rentang 0,9–2,0 m/s. Pada sistem non-*potable* luar ruang seperti RWH, rentang kecepatan dapat disesuaikan dengan karakteristik sistem gravitasi dan kebutuhan tekanan rendah pada keran taman. Sementara itu, sistem

proteksi kebakaran tidak ditentukan berdasarkan UBAP, tetapi berdasarkan debit kebakaran, residual pressure, dan standar proteksi kebakaran yang berlaku

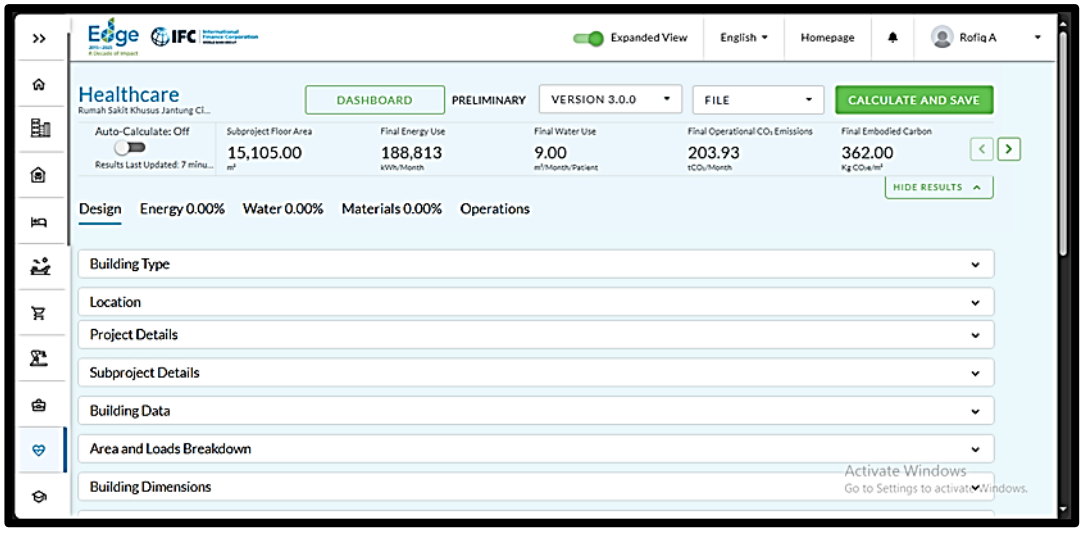
4.5 Tahapan Simulasi Konservasi Air Berbasis *EDGE Building*

EDGE Building merupakan aplikasi berbasis website yang dapat digunakan untuk merencanakan simulasi konservasi air. *EDGE Building* digunakan sebagai alat evaluasi kinerja konsumsi air pada operasional gedung (*water efficiency*) dan untuk memproyeksikan potensi penghematan yang dampaknya akan dianalisis secara ekonomi. Hasil simulasi *EDGE* tidak dijadikan dasar untuk mengganti dimensi pipa, kapasitas pompa, atau volume tangki yang telah ditetapkan berdasarkan SNI 8153:2025; melainkan dipakai untuk verifikasi performa dan pemilihan spesifikasi *fixture* hemat air. Langkah-langkah simulasi konservasi air berbasis *EDGE Building* diilustrasikan pada **Gambar 4.3.**

Pada halaman awal *interface* aplikasi *EDGE Building* (**Gambar 4.4**), pengguna disajikan halaman awal dengan ikon-ikon tipe bangunan (*primary building type*) pada sisi kiri layar (**Gambar 4.5)**. Pemilihan tipe bangunan sangat penting karena akan menentukan *baseline* konsumsi air, energi, dan material yang dipakai aplikasi. Setelah itu, seluruh proses input, pengolahan data, dan output hasil simulasi dilakukan melalui menu bar utama yang terbagi menjadi beberapa tab.

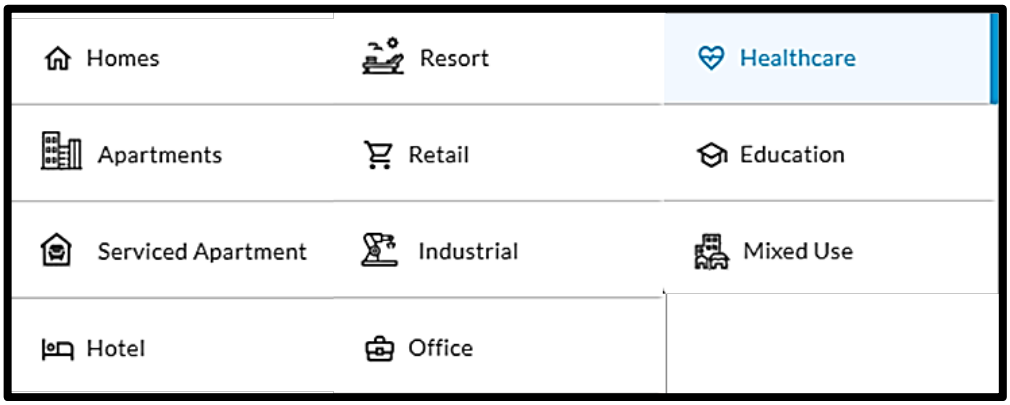


Gambar 4.3 Tahapan Penggunaan Aplikasi *EDGE Building*



Gambar 4.4 Halaman Awal *EDGE Building*

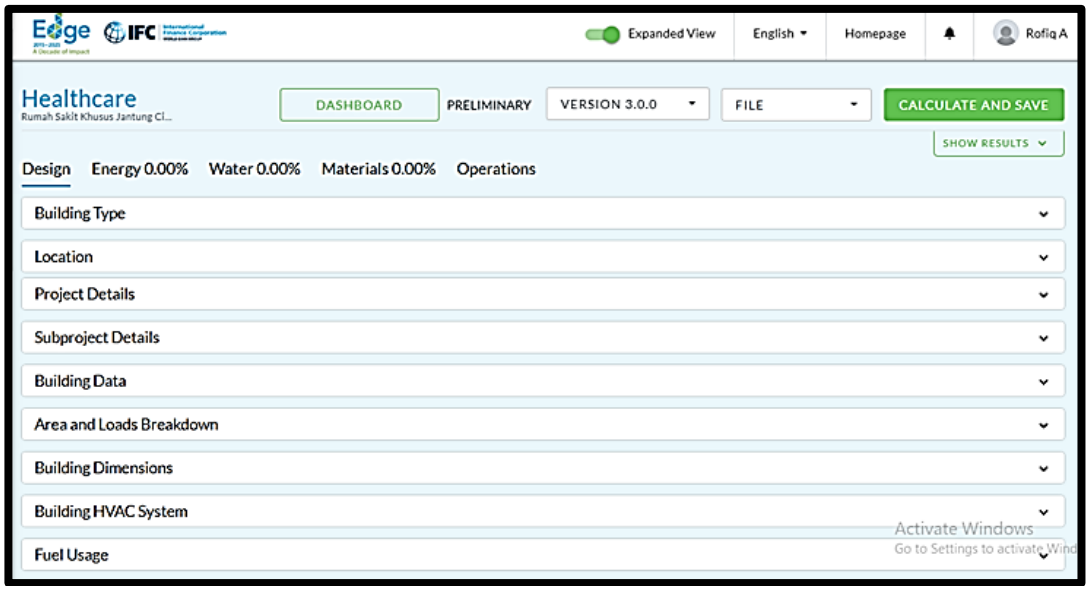
Sumber: https://app.EDGEbuildings.com/



Gambar 4.5 Pemilihan Tipe Bangunan

1. *Design Tab*

   Tab ini berfungsi sebagai tahap awal untuk mendefinisikan data umum proyek. Informasi yang dimasukkan meliputi lokasi proyek (negara/kota), fungsi bangunan, luas bangunan, jumlah lantai, dan jumlah pengguna harian. Data ini menjadi dasar bagi *EDGE* untuk menghitung *baseline* konsumsi air, energi, dan material. Pada tahap ini, akurasi input sangat penting karena akan memengaruhi hasil simulasi berikutnya. Design Tab ditunjukkan pada **Gambar 4.6**.



Gambar 4.6 *Design Tab*

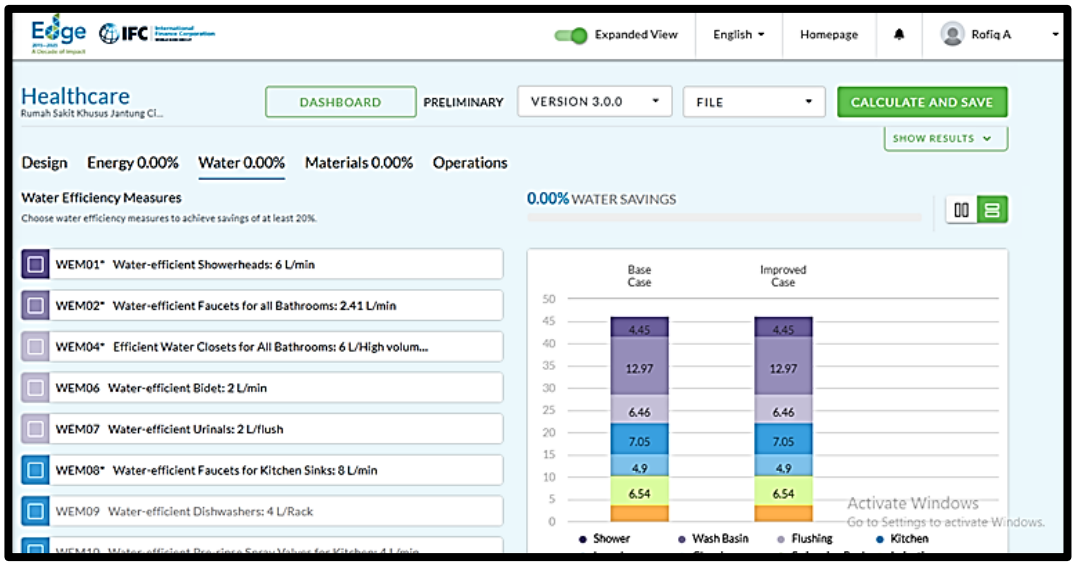
Sumber: https://app.EDGEbuildings.com/

2. *Energy Tab*

   Tab ini lebih difokuskan pada sistem energi bangunan. Data yang dapat dimasukkan mencakup jenis sistem HVAC, efisiensi pencahayaan, material fasad, hingga potensi energi terbarukan. Data *energy* tab perlu untuk diisi jika ingin menilai kelayakan *green building* secara holistik (*energy, water, material*). Namun untuk potensi penilaian *green building* dapat dilakukan pada salah satu aspek di antara 3 poin tersebut.

3. *Water Tab*

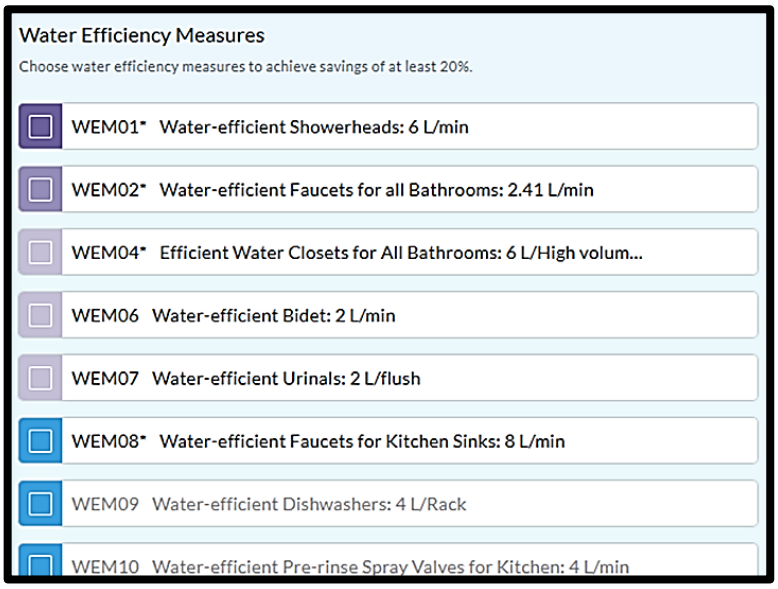
   Pada *Water tab* (**Gambar 4.7**) dilakukan pengisian detail mengenai jumlah dan spesifikasi setiap alat plambing yang direncanakan, seperti *flow rate*, *flush volume*, serta frekuensi penggunaannya.



Gambar 4.7 Halaman Awal *Water Tab*

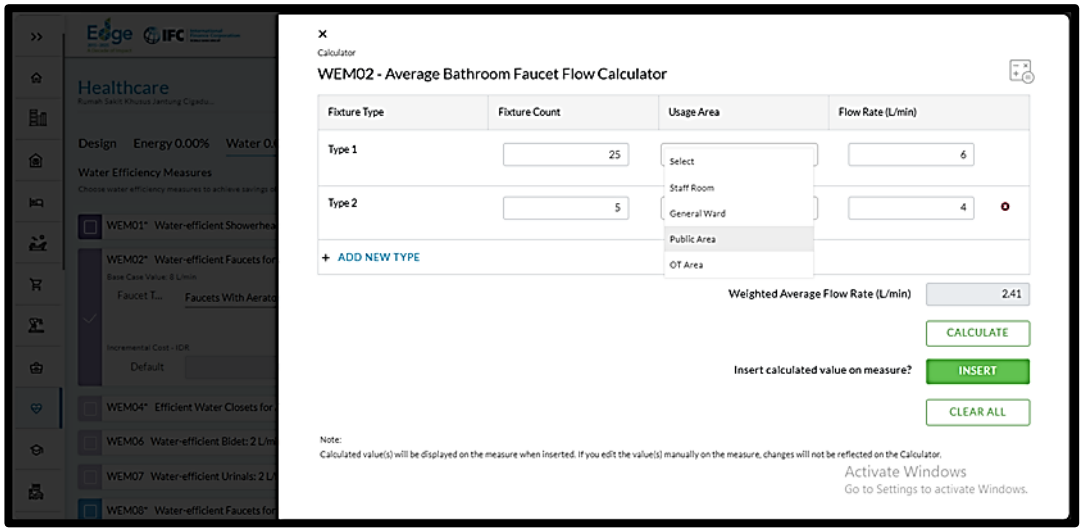
Sumber: https://app.EDGEbuildings.com/

Data ini menjadi dasar perhitungan konsumsi air suatu bangunan sehingga harus sesuai dengan spesifikasi teknis produk yang digunakan. Selanjutnya, *EDGE* menyediakan menu aktivasi *Water Efficiency Measures* (WEM) yang memungkinkan simulasi berbagai skenario konservasi air di antaranya penggunaan *low-flow shower*, *dual-flush* toilet, *rainwater harvesting*, maupun *greywater reuse.* Adapun *checklist* untuk aktivasi modul WEM dapat dilihat pada **Gambar 4.8**.



Gambar 4.8 *Checklist* Modul *Water Efficiency Measures* (WEM)

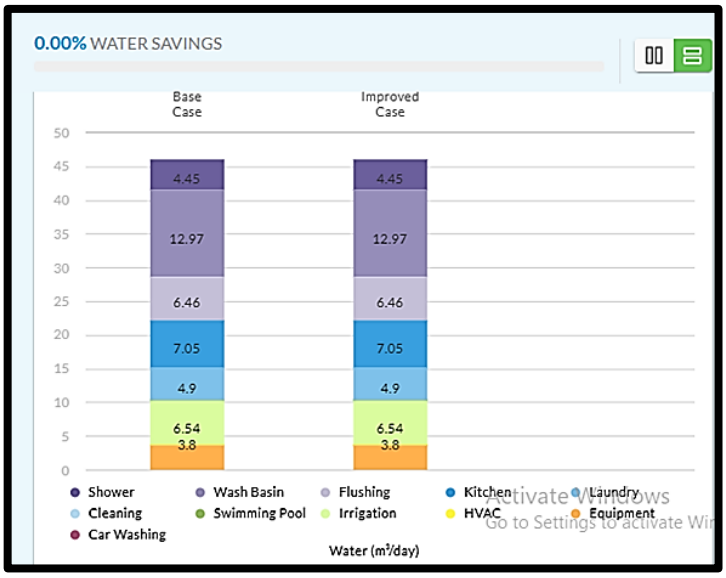
Pada beberapa modul WEM, *EDGE* juga dilengkapi dengan *tools* kalkulator yang membantu pengguna melakukan pengisian data lebih rinci dan representatif seperti menghitung rata-rata flow rate jika terdapat kombinasi beberapa jenis *fixture*. Adapun kalkulator desain aktivasi modul WEM dapat dilihat pada **Gambar 4.9**.



Gambar 4.9 Kalkulator Desain Aktivasi Modul WEM

Sumber: https://app.EDGEbuildings.com/

Melalui fitur ini, pengguna dapat menguji berbagai alternatif spesifikasi alat plambing (*flow rate*/*flush volume*) dan konfigurasi konservasi air, serta melihat dampaknya terhadap konsumsi air tahunan. Hasil simulasi dari kombinasi WEM tersebut akan memberikan gambaran seberapa besar potensi penghematan air yang dapat dicapai jika sistem konvensional ditingkatkan menjadi sistem *green fixture*. Hasil simulasi ditampilkan secara visual dalam bentuk grafik dan persentase penghematan. Pengguna dapat melihat perbandingan konsumsi *baseline* versus *Improved Case*, besaran efisiensi air, energi, dan material, serta status kelayakan sertifikasi *EDGE*. Contoh hasil simulasi dari aktivasi modul WEM dapat dilihat pada **Gambar 4.10**.



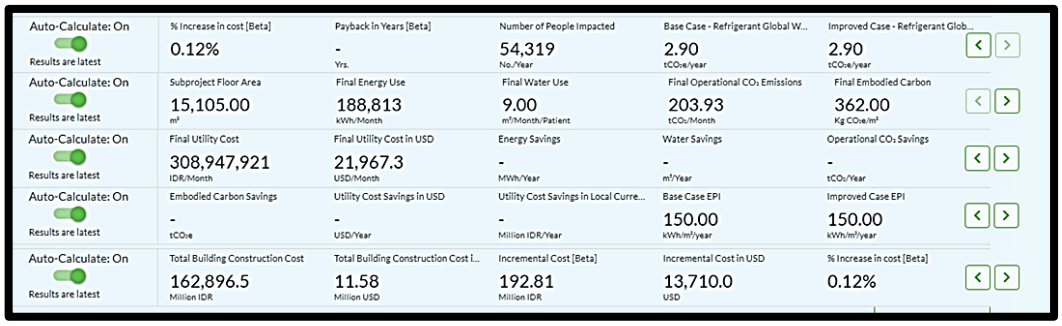
Gambar 4.10 Contoh Hasil Simulasi Aktivasi WEM

4. *Materials Tab*

   Tab ini digunakan untuk mendefinisikan material konstruksi utama, seperti jenis dinding, lantai, atap, dan jendela. Data ini lebih berhubungan dengan efisiensi energi dan jejak karbon material bangunan. Data material hanya diisi jika ingin mengevaluasi kelayakan *green building* secara holistik.

5. *Results Bar*

   Results Bar (**Gambar 4.11)** dalam aplikasi *EDGE Building* merupakan kumpulan indikator utama (*Key Performance Indicators*/KPIs) yang menampilkan performa proyek bangunan dari aspek teknis, lingkungan, dan ekonomi, berdasarkan data input pengguna dan pemilihan *green measures*. Setiap indikator dihitung otomatis oleh *EDGE* menggunakan *baseline* standar lokal/global dan dibandingkan dengan skenario *Improved Case*. Dalam penelitian ini, indikator yang dianalisis lebih lanjut dibatasi pada *Final Water Use*, *Water Savings*, *Incremental Cost*, *Utility Cost Savings*, dan *Payback Period*, sedangkan indikator energi dan material ditampilkan sebagai informasi pendukung dari sistem *EDGE Building*.



Gambar 4.11 Contoh *Results Bar*

Adapun indikator yang dimuat dalam *results bar* adalah sebagai berikut:

- *Final Water Use*

  Menunjukkan jumlah total air yang diproyeksikan digunakan oleh bangunan dalam setahun, baik pada *baseline* maupun *Improved Case*. Indikator ini dihitung berdasarkan jumlah pengguna, luas bangunan, serta jumlah dan spesifikasi sanitary *fixture*. Nilainya menjadi tolok ukur utama konservasi air dalam *Green Hospital*.

- *Water Savings*

  Menggambarkan persentase penghematan air dari *baseline* ke *Improved Case*. Perhitungannya adalah selisih konsumsi air dibagi *baseline*. Indikator ini krusial karena sertifikasi *EDGE* mensyaratkan ≥20% efisiensi air.

- *Final Utility Cost*

  Total biaya tahunan untuk penggunaan air dan energi pada bangunan. Dihitung berdasarkan volume pemakaian dikalikan tarif lokal. Untuk rumah sakit, nilai ini sangat penting untuk menggambarkan implikasi finansial dari sistem plambing.

- *Utility Cost Savings* (*Local*/ USD)

  Selisih biaya operasional antara *baseline* dan *Improved Case*, ditampilkan dalam mata uang lokal maupun USD. Indikator ini memperlihatkan dampak langsung konservasi air pada efisiensi biaya.

- *Incremental Cost* (% dan USD)

  Tambahan biaya investasi yang diperlukan untuk penerapan sistem hemat air dan energi dibandingkan dengan konvensional. Ditampilkan dalam persentase maupun nilai absolut. Indikator ini membantu menilai kelayakan investasi.
- *Payback in Years*

  Periode pengembalian modal investasi konservasi air, dihitung dengan membagi *incremental cost* terhadap *annual utility cost savings*. Semakin pendek waktunya, semakin layak sistem diterapkan.
- *Number of People Impacted*

  Jumlah orang yang diproyeksikan menggunakan bangunan setiap hari. Data ini relevan untuk perhitungan konsumsi air dan penentuan kapasitas sistem plambing.
- *Subproject Floor Area*

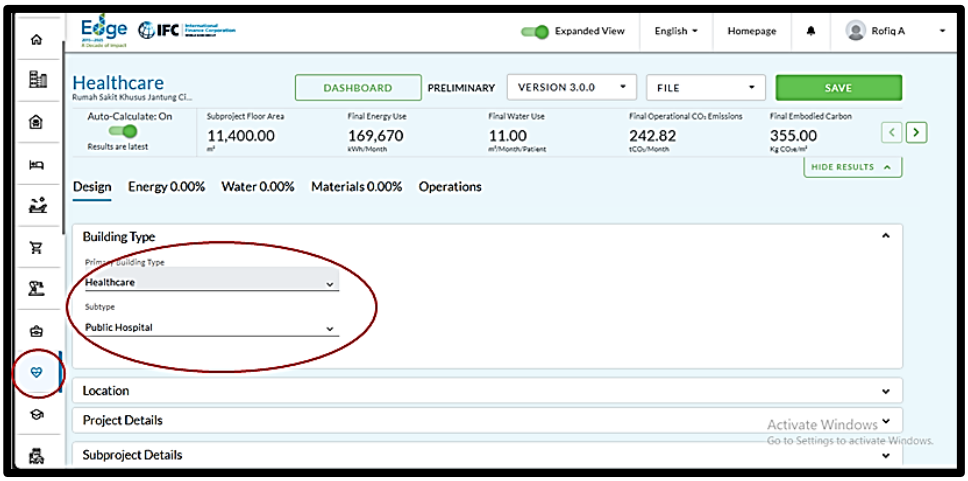
  Luas bangunan yang dianalisis. Data ini penting untuk normalisasi kebutuhan air (liter/m²/tahun).

Indikator energi dan material pada Results Bar tidak dianalisis lebih lanjut karena penelitian ini dibatasi pada modul *Water* Efficiency Measures (WEM).

4.5.1 Input Data

4.5.1.1 Memilih Lokasi, Jenis Bangunan dan Fungsi Gedung

Langkah awal dimulai dengan membuka aplikasi *EDGE Building* dan memilih lokasi spesifik meliputi negara dan kota. Kemudian memilih kategori bangunan yang akan disimulasikan. Bangunan yang direncanakan adalah rumah sakit, maka dipilih tipe bangunan "*Health Care*" dan lebih spesifik opsi yang sesuai adalah "*Public Hospital*". Pemilihan tipe gedung ini akan menentukan *baseline* konsumsi air dan standar efisiensi yang digunakan oleh sistem *EDGE Building*. Pemilihan tipe bangunan diilustrasikan pada **Gambar 4.12**.



Gambar 4.12 Pemilihan Tipe Bangunan Rumah Sakit

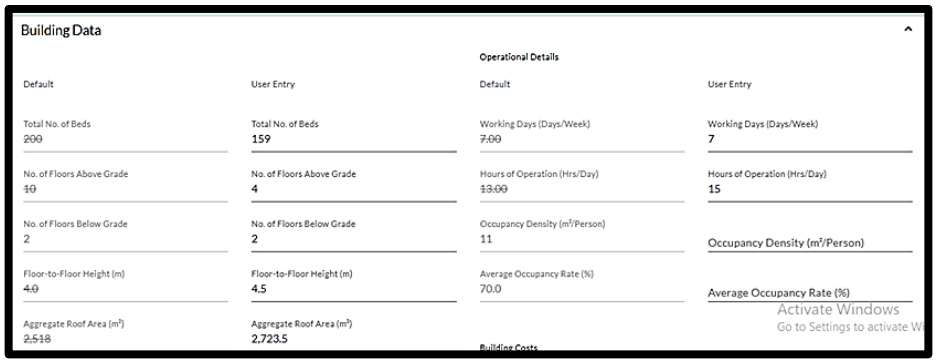
Sumber: https://app.EDGEbuildings.com/

4.5.1.2 Mengisi Data Umum Gedung

Setelah kategori bangunan ditentukan, dilakukan input data umum gedung yang mencakup:

1. Total luas bangunan (*Gross Floor Area*) dalam meter persegi.
2. Jumlah lantai di atas permukaan dan di bawah permukaan tanah.
3. Rata-rata jumlah penghuni atau pengguna aktif per hari (*occupancy*).
4. Persentase ruang area yang digunakan untuk pelayanan medis, administratif, dan umum.

Data ini akan menjadi referensi *EDGE* untuk menghitung kebutuhan dasar air dan energi sesuai karakteristik gedung rumah sakit. Pengisian data umum gedung ditunjukkan pada **Gambar 4.13**.



Gambar 4.13 Pengisian Data Umum Gedung

Sumber: https://app.EDGEbuildings.com/

4.5.1.3 Mengisi Jumlah dan Jenis Alat Plambing (*Sanitary Fixture*)

Langkah berikutnya adalah memasukkan jumlah dan jenis alat plambing (*fixture unit*) yang digunakan pada bangunan rumah sakit. Data ini diperoleh dari hasil identifikasi jumlah toilet, *wastafel*, shower, *urinoir*, bidet, *kitchen sink*, dan peralatan lain yang mengonsumsi air pada denah arsitektur yang disediakan.

Untuk setiap jenis *fixture*, *EDGE* akan meminta pengguna untuk menginput:

1. Jumlah unit alat berdasarkan seluruh lantai.
2. Spesifikasi *flow rate* atau *flush volume*, apakah mengikuti *baseline* standar atau sudah efisien.
3. Frekuensi pemakaian per hari, jika diperlukan (khususnya untuk alat tertentu seperti *shower* atau mesin cuci).

4.5.1.4 Menentukan Status Awal

Setiap alat plambing yang dimasukkan akan otomatis dibandingkan oleh *EDGE* dengan *baseline* default-nya. Bila masih menggunakan peralatan standar (non-efisien), maka statusnya dianggap *baseline*. Namun jika pengguna mengganti dengan alat berlabel hemat air, maka alat tersebut akan dianggap sebagai *improvement case*.

4.5.1.5 Mengaktifkan Modul *Water Efficiency Measures* (WEM)

Setelah semua input alat dimasukkan, pengguna dapat memilih modul WEM yang ingin diterapkan. Jika dalam perencanaan digunakan WC *dual-flush* dan wastafel dengan *flow restrictor*, maka modul WEM03 dan WEM02 diaktifkan. Aktivasi ini adalah bentuk penentuan bahwa sistem plambing dirancang menggunakan teknologi efisiensi air yang terukur.

4.5.2 Proses Data

4.5.2.1 Validasi Data Input dan Pemeriksaan Konsistensi

Setelah seluruh data bangunan dan sistem plambing dimasukkan, pengguna perlu memverifikasi kembali kelengkapan dan konsistensi input. Hal ini mencakup pengecekan jumlah *fixture*, kesesuaian *flow rate*, *flush volume*, dan pemilihan modul *Water Efficiency Measures* (WEM) yang sudah diaktifkan. Validasi penting dilakukan agar sistem dapat menghitung *baseline* dan *Improved Case* secara akurat tanpa error.

4.5.2.2 Jalankan Simulasi Konsumsi Air

Langkah berikutnya adalah menjalankan proses simulasi otomatis yang disediakan oleh aplikasi. *EDGE* akan memproses seluruh data input untuk menghasilkan:

- Estimasi konsumsi air tahunan pada kondisi *baseline* (konvensional).
- Estimasi konsumsi air tahunan setelah perbaikan (*improvement case*).
- Persentase penghematan air (*Water Savings*) dari perbandingan kedua kondisi tersebut.

Hasil simulasi ini menjadi tolok ukur efisiensi kinerja operasional sistem plambing.

4.5.2.3 Analisis Kelayakan Sertifikasi *EDGE*

Setelah simulasi berjalan, *EDGE* akan menampilkan nilai penghematan air dalam satuan liter/tahun dan persentase terhadap *baseline*. Sistem secara otomatis menilai apakah bangunan memenuhi ambang batas efisiensi > 20% untuk memenuhi syarat *EDGE Certified***.** Jika penghematan belum mencukupi, pengguna bisa kembali ke tahapan input dan mengaktifkan modul WEM tambahan atau mengganti spesifikasi alat agar capaian efisiensinya meningkat.

4.5.2.4 Estimasi Biaya Investasi dan Potensi Penghematan

Selain performa teknis, aplikasi *EDGE* juga menyediakan proyeksi biaya tambahan (*incremental cost*) akibat penggunaan teknologi efisien, serta estimasi penghematan operasional tahunan. Ini mencakup:

- Tambahan biaya pembelian alat hemat air.
- Potensi pengurangan tagihan air setiap tahun.
- Estimasi *payback period*, yaitu waktu yang dibutuhkan agar investasi sistem hemat air kembali modal dari penghematan biaya operasional.

4.5.2.5 Ekspor dan Interpretasi Hasil Simulasi

Setelah proses selesai, hasil simulasi dapat diekspor atau dicatat untuk dijadikan dasar dalam evaluasi teknis dan ekonomi pada tahap perencanaan. Data hasil simulasi *EDGE* akan digunakan untuk:

1. Membandingkan konsumsi operasional terhadap debit rencana (QT) desain untuk keperluan verifikasi hidraulik
2. Sebagai input untuk analisis ekonomi yang disajikan pada Rencana Anggaran Biaya (RAB).

4.5.3 Output Proses

4.5.3.1 Total Konsumsi Air Tahunan (*Baseline* dan *Improved Case*)

Hasil utama dari simulasi *EDGE* adalah informasi jumlah konsumsi air dalam satuan liter per tahun untuk dua kondisi, yaitu:

- *Baseline*: konsumsi air tahunan bangunan jika menggunakan spesifikasi alat standar (konvensional).
- *Improved Case*: konsumsi air tahunan setelah penerapan alat-alat *green fixture* dan konservasi air berdasarkan WEM yang diaktifkan.

Data ini menjadi dasar untuk mengetahui besaran efisiensi penggunaan air yang berhasil dicapai melalui modifikasi desain.

4.5.3.2 Persentase Penghematan Air (*Water Savings* %)

EDGE menampilkan nilai efisiensi dalam bentuk persentase (%) yang dihitung dari selisih konsumsi *Improved Case* terhadap *baseline*. Jika nilai efisiensi ini mencapai atau melebihi 20%, maka desain dianggap layak untuk memperoleh sertifikasi *EDGE Certified*. Persentase ini juga menjadi indikator kinerja konservasi air dalam desain sistem plambing.

4.5.3.3 Modul WEM yang Diaktifkan dan Kontribusinya

Output *EDGE* juga menampilkan daftar modul *Water Efficiency Measures* (WEM) yang digunakan, seperti *low-flow faucets*, *dual flush* toilet, *waterless* urinal, dan lainnya. Masing-masing modul menunjukkan kontribusi penghematan terhadap total konsumsi air. Hal ini penting untuk mengetahui alat atau sistem mana yang paling berpengaruh terhadap efisiensi, sehingga dapat diprioritaskan dalam perencanaan.

4.5.3.4 Estimasi Biaya Tambahan (*Incremental Cost*)

EDGE mengestimasi tambahan biaya investasi (dalam satuan mata uang) yang diperlukan untuk mengimplementasikan teknologi hemat air dibandingkan sistem standar. Biaya ini mencakup:

- Pembelian *fixture* hemat air.
- Tambahan sistem seperti *rainwater harvesting* atau *greywater reuse*.
- Estimasi ini penting untuk evaluasi finansial jangka pendek.

4.5.3.5 Estimasi Penghematan Operasional Tahunan

Aplikasi *EDGE* menghitung potensi penghematan biaya air tahunan dari penggunaan sistem *green fixture*. Data ini didasarkan pada pengurangan volume air yang digunakan, dikalikan dengan tarif air per m^3. Ini memberikan gambaran manfaat ekonomis langsung dari sistem efisiensi air.

4.5.3.6 Periode Pengembalian Investasi (*Payback Period*)

Salah satu output terpenting adalah perkiraan waktu pengembalian investasi (*payback period*), yaitu jumlah tahun yang dibutuhkan agar tambahan biaya investasi sistem *green fixture* kembali modal dari hasil penghematan tagihan air. Semakin singkat periode ini, semakin layak sistem diterapkan.

4.5.3.7 Status Sertifikasi dan Kelengkapan Simulasi

Pada tahap akhir, *EDGE* akan memberikan status kelayakan sertifikasi (*Certified*, *Not Certified*, atau *Partial*). Aplikasi juga dapat menampilkan laporan kelengkapan simulasi dan dokumentasi yang bisa diunduh, berisi ringkasan hasil dan rekomendasi perbaikan jika diperlukan.

4.6 Analisis Kesesuaian Desain Terhadap Hasil Simulasi *EDGE Building*

Tahap ini memverifikasi bahwa desain sistem plambing yang ditetapkan berdasarkan SNI 8153:2025 tetap memenuhi kriteria hidraulik pada kondisi operasi yang lebih efisien menurut simulasi *EDGE Building.*

Langkah-langkah verifikasi meliputi:

1. Membandingkan konsumsi air tahunan pada skenario *baseline* dan *Improved Case*
2. Menghitung persentase penghematan air dari penerapan *fixture* hemat air dan modul WEM
3. Mengevaluasi dampak penurunan konsumsi air terhadap biaya operasional tahunan
4. Menilai capaian efisiensi terhadap ambang minimum *EDGE Building*
5. Menjelaskan bahwa penerapan *fixture* hemat air menurunkan konsumsi operasional tanpa mengubah dimensi pipa, kapasitas pompa dan volume tangki yang telah dirancang

Dengan demikian, hasil simulasi *EDGE* digunakan untuk mengevaluasi performa operasional dan ekonomi dari sistem plambing, sedangkan desain hidraulik tetap mengacu pada perhitungan teknis yang mengacu pada SNI 8153:2025.

4.7 Analisis Dampak Ekonomi

Analisis ekonomi dilakukan untuk mengevaluasi konsekuensi biaya dari pemilihan alat plambing hemat air berdasarkan hasil simulasi *EDGE Building,* melalui perbandingan aspek biaya investasi awal (CAPEX).

4.7.1 Perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB)

RAB disusun berdasarkan harga satuan terbaru alat, bahan serta perlengkapan yang dipakai. Komponen utama RAB terdiri dari:

1. Material utama yang meliputi pipa, fitting, pompa, valve, tangki air, dan material instalasi yang dihitung per satuan dan volume pekerjaan.
2. *Fixture unit* konvensional dan *green fixture* berdasarkan jumlah kebutuhan per ruang.

Biaya serta volume pekerjaan diambil dari gambar & perhitungan teknik, harga dikonfirmasi pada katalog, e-katalog, dan marketplace resmi.

4.7.2 Perhitungan CAPEX (*Capital Expenditure*)

Perhitungan CAPEX dilakukan untuk mengetahui total investasi awal yang dibutuhkan oleh masing-masing konsep *fixture* unit konvensional dan *green fixture* untuk melihat perbedaan awalnya. Adapun perhitungan CAPEX adalah sebagai berikut:

$$\text{CAPEX} = \sum ((\text{harga per unit} \times \text{volume alat}) + \text{biaya pemasangan}$$

BAB V
PERENCANAAN TEKNIS

5.1 Umum

Bab ini menyajikan hasil perencanaan teknis sistem plambing Gedung Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung yang disusun berdasarkan ketentuan SNI 8153:2025. Seluruh dimensi fisik jaringan pipa, pompa, dan tangki ditentukan menggunakan pendekatan debit rencana berbasis Unit Beban Alat Plambing (UBAP) pada kondisi beban puncak.

Simulasi konservasi air menggunakan *EDGE Building* dilakukan sebagai tahap evaluasi kinerja operasional untuk menilai potensi efisiensi penggunaan air serta sebagai bahan pertimbangan dalam evaluasi spesifikasi alat plambing hemat air, tanpa digunakan sebagai dasar penentuan atau perubahan dimensi fisik sistem plambing yang telah ditetapkan berdasarkan SNI 8153:2025. Dampak hasil simulasi tersebut dianalisis lebih lanjut terhadap spesifikasi teknis dan rencana anggaran biaya.

Desain sistem plambing dikembangkan untuk memenuhi kriteria *Green Hospital* pada aspek konservasi air, dengan sistem plambing air PDAM sebagai basis perencanaan utama, sedangkan sistem plambing lainnya dirancang sebagai sistem pendukung dengan metode perhitungan yang mengacu pada prinsip yang sama. Adapun ruang lingkup perencanaan sistem plambing dalam perencanaan ini meliputi:

1. Sistem plambing air PDAM
2. Sistem plambing air panas
3. Sistem plambing air *recycle*
4. Sistem plambing air *Reverse Osmosis* (RO) dan hujan
5. Sistem proteksi kebakaran

Setiap sistem dirancang melalui penentuan jalur pipa, perhitungan debit rencana berbasis Unit Beban Alat Plambing, serta pemilihan diameter pipa sesuai ketentuan SNI 8153:2025. Evaluasi menggunakan *EDGE Building* difokuskan pada analisis konsumsi air operasional dan capaian efisiensi penggunaan air sebagai dasar pertimbangan dalam penyusunan spesifikasi teknis dan rencana anggaran biaya.

5.2 Inventarisasi Alat Plambing

Inventarisasi alat plambing dilakukan sebagai data input untuk perhitungan Unit Beban Alat Plambing (UBAP) dan penentuan debit rencana pada sistem plambing, berdasarkan layout denah arsitektur dan jumlah dan jenis alat plambing pada setiap lantai disajikan pada:

1. Lantai dasar *Faucet* (FCT), *Kitchen Sink* (KCS), *Medical Sink* (SNK), *Water Closet* (WC), *Lavatory* (LAV), *Urinoar* (URN), *Floor Drain* (FD): **Gambar 5.1; Tabel 5.1**
2. Lantai 1 *Shower* (SHW), *Faucet* (FCT), *Medical Sink* (SNK), *Water Closet* (WC), *Lavatory* (LAV), *Urinoar* (URN), *Floor Drain* (FD): **Gambar 5.2; Tabel 5.2**
3. Lantai 2 *Shower* (SHW), *Faucet* (FCT), *Medical Sink* (SNK), *Water Closet* (WC), *Lavatory* (LAV), *Urinoar* (URN), *Floor Drain* (FD): **Gambar 5.3; Tabel 5.3**
4. Lantai 3 *Shower* (SHW), *Faucet* (FCT), *Medical Sink* (SNK), *Water Closet* (WC), *Lavatory* (LAV), *Urinoar* (URN), *Floor Drain* (FD): **Gambar 5.4; Tabel 5.4**
5. *Basement* 1 Peletakan GWT PDAM dan GWT *Reverse Osmosis*: **Gambar 5.5**
6. *Basement* 2 Peletakan GWT *Recycle* dan GWT Hidran-*Sprinkler*: **Gambar 5.6**

Adapun rekapitulasi total ditunjukkan pada **Tabel 5.5**.

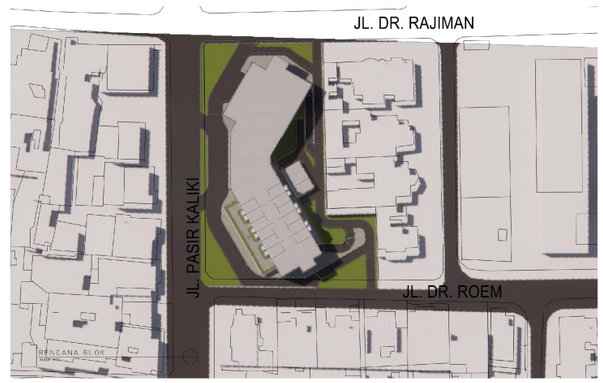


PROGRAM STUDI
TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN
2026

JUDUL GAMBAR

RENCANA PENYEDIAAN ALAT PLAMBING
LANTAI DASAR
RUMAH SAKIT KHUSUS JANTUNG
CIGADUNG KOTA BANDUNG

GAMBAR KUNCI



KETERANGAN

- WATER CLOSET (WC)
- URINAL (URN)
- SINK (SNK)
- LAVATORY (LAV)
- SHOWER (SHW)
- FLOOR DRAIN (FD)
- KITCHEN SINK (KCS)
- FAUCET (FCT)
- 1 KETERANGAN NOMOR RUANGAN

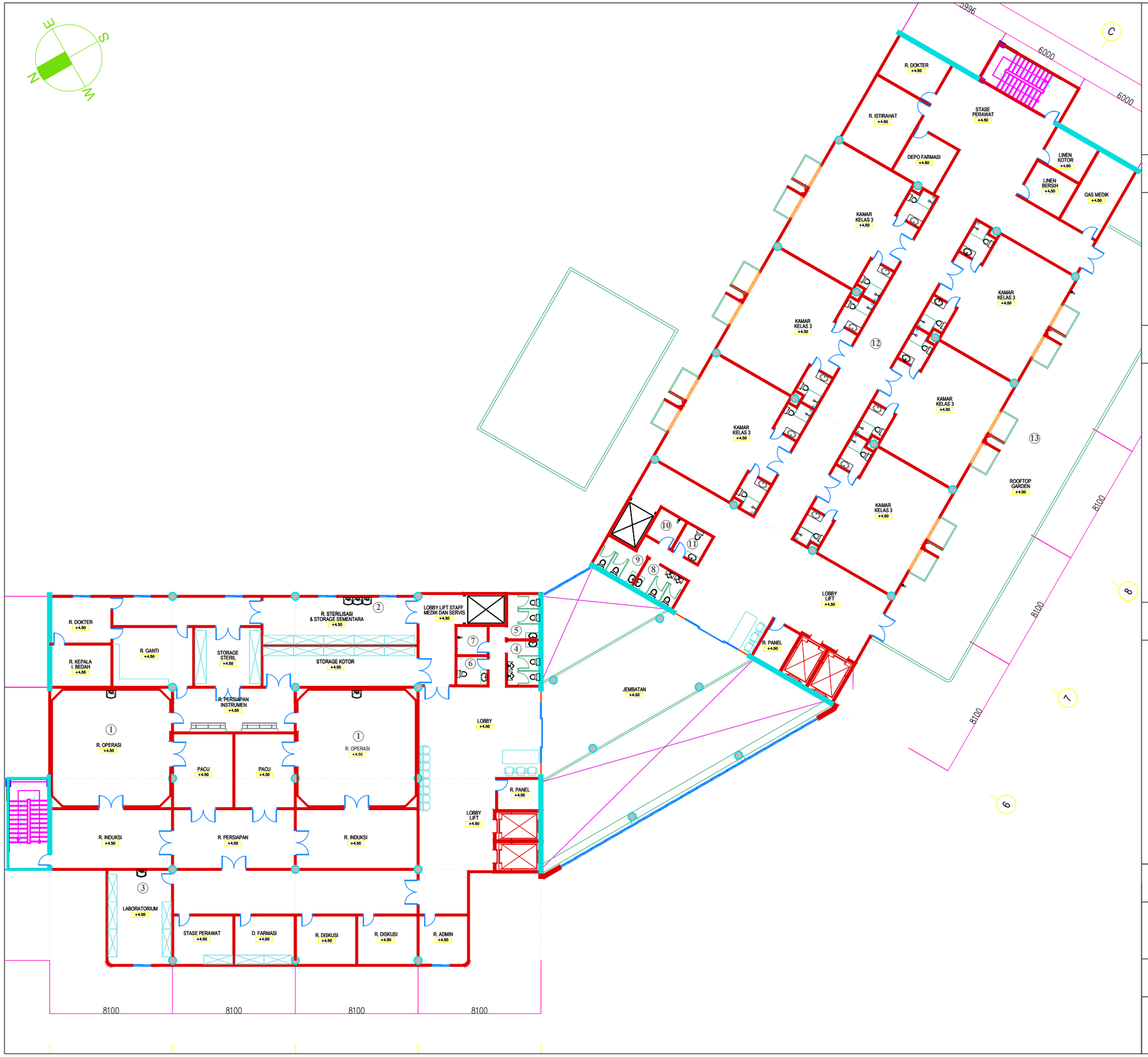
SKALA

1 : 250

NO. GAMBAR	NO. HALAMAN
5.1	V-3

Tabel 5.1 Rencana Penyediaan Alat Plambing Gedung Lantai Dasar

No Ruang	Nama Ruang	Jenis Alat Plambing	Jumlah
	Sayap Kiri		
1	Ruang tindakan gawat darurat	*Sink* (SNK)	2 SNK
2	*Cathlab*	*Sink* (SNK)	1 SNK
3	Toilet Karyawan	*Water Closet* (WC) *Lavatory* (LAV)	2 WC 1 LAV
4	Toilet Pria	*Water Closet* (WC) *Urinoar* (URN) *Lavatory* (LAV)	2 WC 2 URN 2 LAV
5	Toilet Wanita	*Water Closet* (WC) *Lavatory* (LAV)	2 WC 2 LAV
6	Toilet difabel	*Water Closet* (WC) *Floor Drain* (FD) *Lavatory* (LAV)	1 WC 1 FD 1 LAV
7	Janitor	*Faucet* (FCT) *Floor Drain* (FD)	1 FCT 1 FD
	Sayap Kanan		
8	Toilet Pria	*Water Closet* (WC) *Urinoar* (URN) *Lavatory* (LAV)	2 WC 2 URN 2 LAV
9	Toilet Wanita	*Water Closet* (WC) *Lavatory* (LAV)	2 WC 2 LAV
10	Toilet difabel	*Water Closet* (WC) *Floor Drain* (FD) *Lavatory* (LAV)	1 WC 1 FD 1 LAV
11	Janitor	*Faucet* (FCT) *Floor Drain* (FD)	1 FCT 1 FD
12	Ruang Sterilisasi	*Sink* (SNK)	3 SNK
13	Area Memasak	*Kitchen Sink* (KCS)	2 KCS
14	Area Penyiraman	*Faucet* (FCT)	2 FCT
15	Tempat Pemulasaran Jenazah	*Faucet* (FCT)	1 FCT
16	Ruang Cuci	*Faucet* (FCT)	1 FCT
Total alat plambing: WC = 12 *unit* LAV = 11 *unit* FCT = 6 *unit* SHW = - *unit*		SNK = 6 *unit* KCS = 2 *unit* FD = 6 *unit* URN = 4 *unit*	

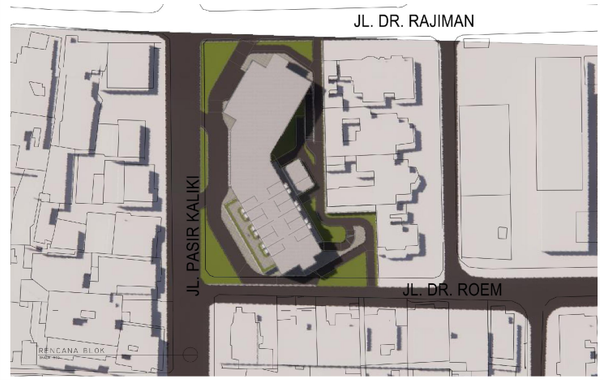


PROGRAM STUDI
TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN
2026

JUDUL GAMBAR

RENCANA PENYEDIAAN ALAT PLAMBING
LANTAI 1
RUMAH SAKIT KHUSUS JANTUNG
CIGADUNG KOTA BANDUNG

GAMBAR KUNCI



KETERANGAN

- WATER CLOSET (WC)
- URINAL (URN)
- SINK (SNK)
- LAVATORY (LAV)
- SHOWER (SHW)
- FLOOR DRAIN (FD)
- FAUCET (FCT)
- 1 KETERANGAN NOMOR RUANGAN

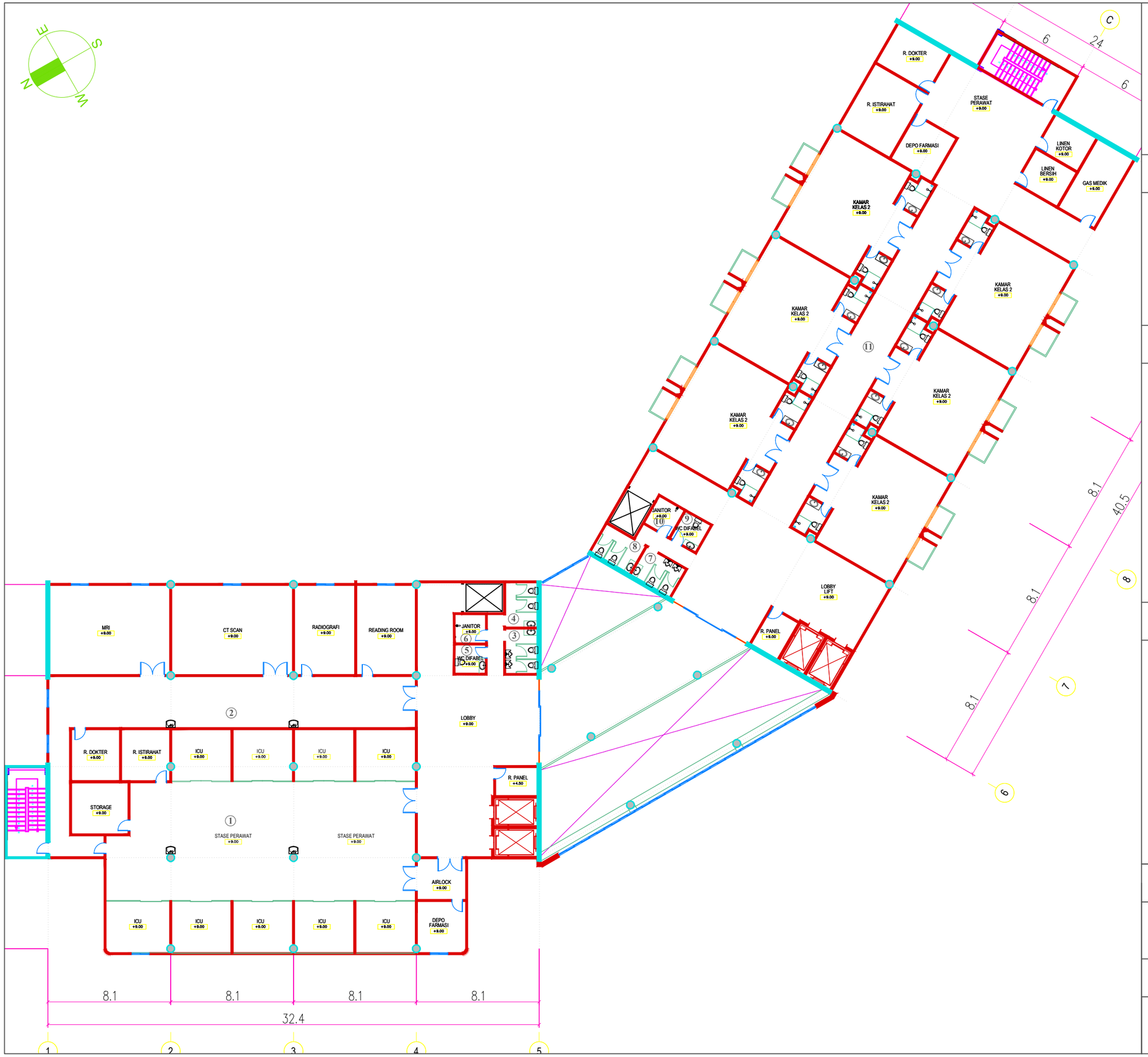
SKALA

1 : 250

NO. GAMBAR	NO. HALAMAN
5.2	V-5

Tabel 5.2 Rencana Penyediaan Alat Plambing Gedung Lantai 1

No Ruang	Nama Ruang	Jenis Alat Plambing	Jumlah
	Sayap Kiri		
1	Ruang Operasi	*Sink* (SNK)	2 SNK
2	Ruang sterilisasi	*Sink* (SNK)	3 SNK
3	Laboratorium	*Sink* (SNK)	1 SNK
4	Toilet Pria	*Water Closet* (WC) *Urinoar* (URN) *Lavatory* (LAV)	2 WC 2 URN 2 LAV
5	Toilet Wanita	*Water Closet* (WC) *Lavatory* (LAV)	2 WC 2 LAV
6	Toilet difabel	*Water Closet* (WC) *Floor Drain* (FD) *Lavatory* (LAV)	1 WC 1 FD 1 LAV
7	Janitor	*Faucet* (FCT) *Floor Drain* (FD)	1 FCT 1 FD
	Sayap Kanan		
8	Toilet Pria	*Water Closet* (WC) *Urinoar* (URN) *Lavatory* (LAV)	2 WC 2 URN 2 LAV
9	Toilet Wanita	*Water Closet* (WC) *Lavatory* (LAV)	2 WC 2 LAV
10	Janitor	*Faucet* (FCT) *Floor Drain* (FD)	1 FCT 1 FD
11	Toilet difabel	*Water Closet* (WC) *Floor Drain* (FD) *Lavatory* (LAV)	1 WC 1 FD 1 LAV
12	Kamar kelas 3 (6 *unit*; 6 *bed*/*unit*)	*Water Closet* (WC) *Lavatory* (LAV) *Floor Drain* (FD) *Shower* (SHW)	12 WC 12 LAV 12 FD 12 SHW
13	*Roof Top Garden*	*Faucet* (FCT)	2 FCT
Total alat plambing: WC = 22 *unit* LAV = 22 *unit* FCT = 4 *unit* SHW = 12 *unit*		SNK = 6 *unit* KCS = - FD = 16 *unit* URN = 4 *unit*	

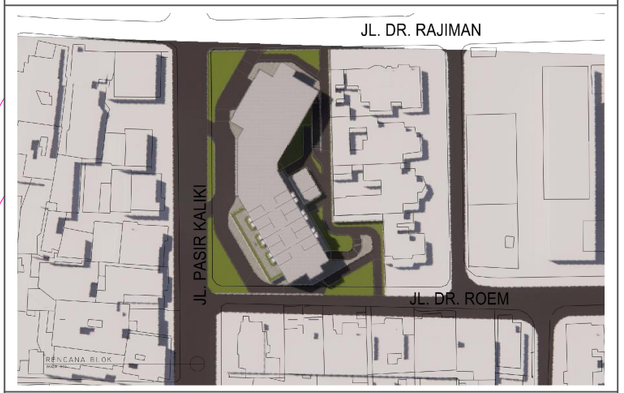


PROGRAM STUDI
TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN
2026

JUDUL GAMBAR

RENCANA PENYEDIAAN ALAT PLAMBING
LANTAI 2
RUMAH SAKIT KHUSUS JANTUNG
CIGADUNG KOTA BANDUNG

GAMBAR KUNCI



KETERANGAN

- WATER CLOSET (WC)
- URINAL (URN)
- SINK (SNK)
- LAVATORY (LAV)
- SHOWER (SHW)
- FLOOR DRAIN (FD)
- FAUCET (FCT)
- 1 KETERANGAN NOMOR RUANGAN

SKALA

1 : 250

NO. GAMBAR	NO. HALAMAN
5.3	V-7

Tabel 5.3 Rencana Penyediaan Alat Plambing Gedung Lantai 2

No Ruang	Nama Ruang	Jenis Alat Plambing	Jumlah
	Sayap Kiri		
1	Ruang stase perawat ICU	*Sink* (SNK)	2 SNK
2	Lobby MRI, *CT Scan* dan Radiografi	*Sink* (SNK)	2 SNK
3	Toilet Pria	*Water Closet* (WC) *Urinoar* (URN) *Lavatory* (LAV)	2 WC 2 URN 2 LAV
4	Toilet Wanita	*Water Closet* (WC) *Lavatory* (LAV)	2 WC 2 LAV
5	Toilet difabel	*Water Closet* (WC) *Floor Drain* (FD) *Lavatory* (LAV)	1 WC 1 FD 1 LAV
6	Janitor	*Faucet* (FCT) *Floor Drain* (FD)	1 FCT 1 FD
	Sayap Kanan		
7	Toilet Pria	*Water Closet* (WC) *Urinoar* (URN) *Lavatory* (LAV)	2 WC 2 URN 2 LAV
8	Toilet Wanita	*Water Closet* (WC) *Lavatory* (LAV)	2 WC 2 LAV
9	Toilet difabel	*Water Closet* (WC) *Floor Drain* (FD) *Lavatory* (LAV)	1 WC 1 FD 1 LAV
10	Janitor	*Faucet* (FCT) *Floor Drain* (FD)	1 FCT 1 FD
11	Kamar kelas 2 (6 *unit*; 4 *bed*/*unit*)	*Water Closet* (WC) *Lavatory* (LAV) *Floor Drain* (FD) *Shower* (SHW)	12 WC 12 LAV 12 FD 12 SHW
Total alat plambing: WC = 22 *unit* LAV = 22 *unit* FCT = 2 *unit* SHW = 12 *unit*		SNK = 4 *unit* KCS = - FD = 16 *unit* URN = 4 *unit*	

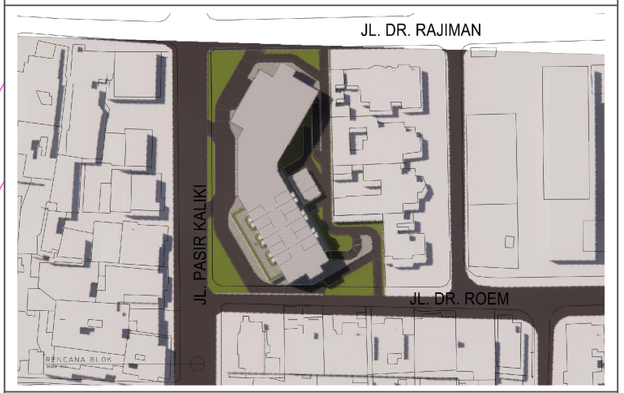


PROGRAM STUDI
TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN
2026

JUDUL GAMBAR

RENCANA PENYEDIAAN ALAT PLAMBING
LANTAI 3
RUMAH SAKIT KHUSUS JANTUNG
CIGADUNG KOTA BANDUNG

GAMBAR KUNCI



KETERANGAN

- WATER CLOSET (WC)
- URINAL (URN)
- SINK (SNK)
- LAVATORY (LAV)
- SHOWER (SHW)
- FLOOR DRAIN (FD)
- FAUCET (FCT)
- 1 KETERANGAN NOMOR RUANGAN

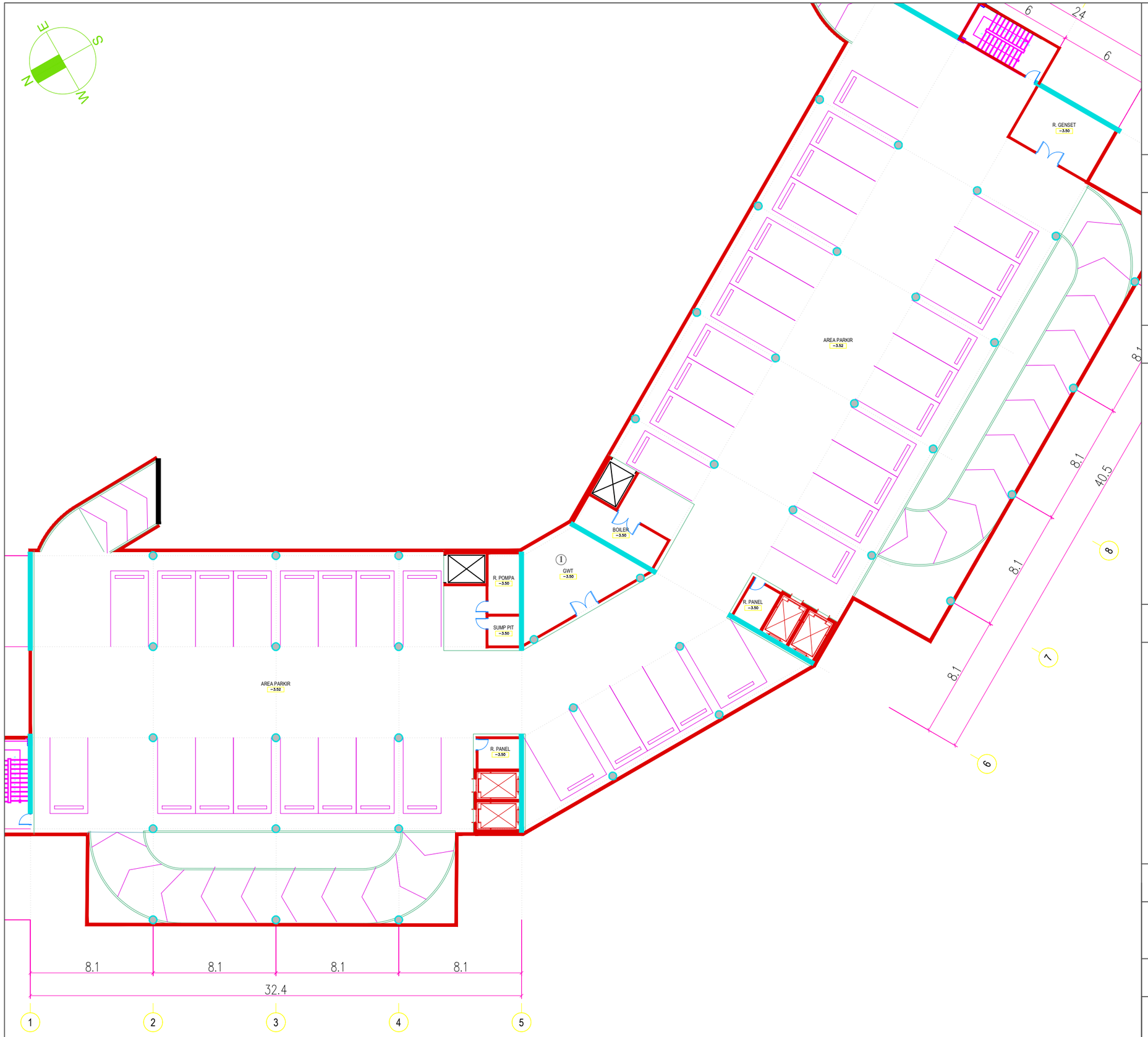
SKALA

1 : 250

NO. GAMBAR	NO. HALAMAN
5.4	V-9

Tabel 5.4 Rencana Penyediaan Alat Plambing Gedung Lantai 3

No Ruang	Nama Ruang	Jenis Alat Plambing	Jumlah
	Sayap Kiri		
1	Mushola Pria dan Wanita	*Faucet* (FCT) *Floor Drain* (FD) *Water Closet* (WC) *Lavatory* (LAV)	8 FCT 2 FD 4 WC 2 LAV
2	Ruang cuci	*Sink (SNK)*	1 SNK
3	Toilet Pria	*Water Closet* (WC) *Urinoar* (URN) *Lavatory* (LAV)	2 WC 2 URN 2 LAV
4	Toilet Wanita	*Water Closet* (WC) *Lavatory* (LAV)	2 WC 2 LAV
5	Toilet difabel	*Water Closet* (WC) *Floor Drain* (FD) *Lavatory* (LAV)	1 WC 1 FD 1 LAV
6	Janitor	*Faucet* (FCT) *Floor Drain* (FD)	1 FCT 1 FD
	Sayap Kanan		
7	Toilet Pria	*Water Closet* (WC) *Urinoar* (URN) *Lavatory* (LAV)	2 WC 2 URN 2 LAV
8	Toilet Wanita	*Water Closet* (WC) *Lavatory* (LAV)	2 WC 2 LAV
9	Toilet difabel	*Water Closet* (WC) *Floor Drain* (FD) *Lavatory* (LAV)	1 WC 1 FD 1 LAV
10	Janitor	*Faucet* (FCT) *Floor Drain* (FD)	1 FCT 1 FD
11	Kamar Kelas 1 (6 *unit*)	*Water Closet* (WC) *Lavatory* (LAV) *Floor Drain* (FD) *Shower* (SHW)	6 WC 6 LAV 6 FD 6 SHW
12	Kamar kelas VIP (6 *unit*)	*Water Closet* (WC) *Lavatory* (LAV) *Floor Drain* (FD) *Shower* (SHW)	6 WC 6 LAV 6 FD 6 SHW
Total alat plambing: WC = 26 *unit* LAV = 24 *unit* FCT = 10 *unit* SHW = 12 *unit*		SNK = 1 *unit* KCS = - FD = 18 *unit* URN = 4 *unit*	

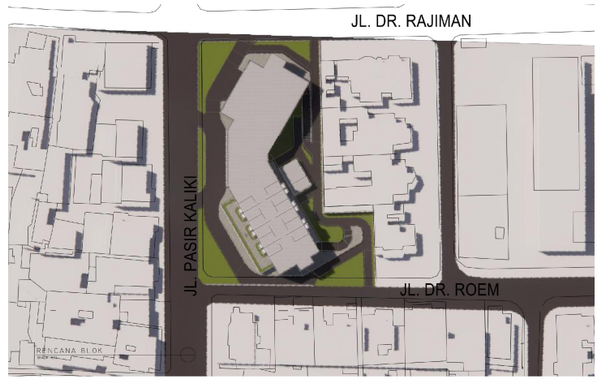


PROGRAM STUDI
TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN
2026

JUDUL GAMBAR

INVENTARISASI *GROUND WATER TANK* (GWT)
BASEMENT 1
RUMAH SAKIT KHUSUS JANTUNG
CIGADUNG KOTA BANDUNG

GAMBAR KUNCI



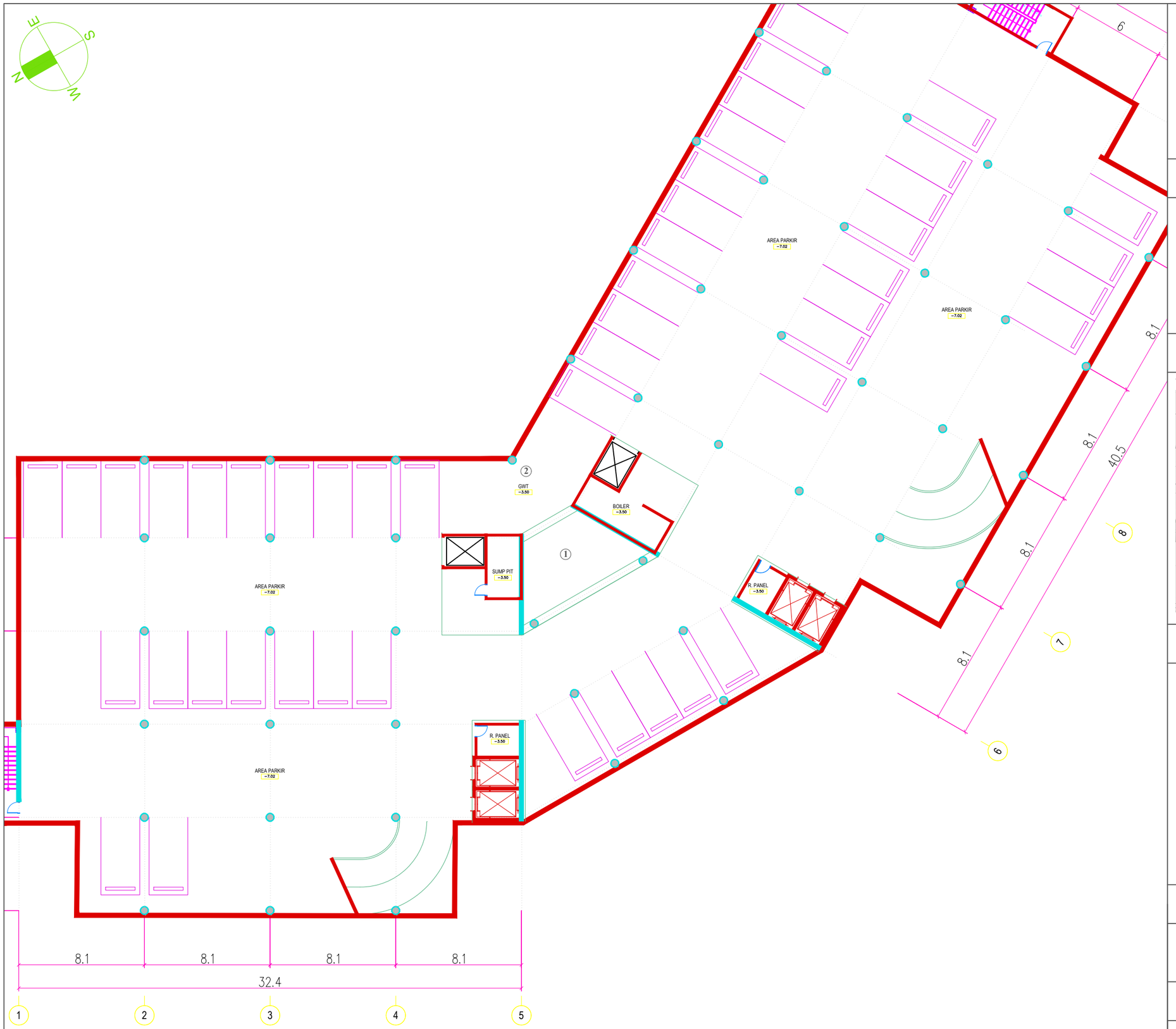
KETERANGAN

1 GWT AIR PDAM

SKALA

1 : 250

NO. GAMBAR	NO. HALAMAN
5.5	V-11

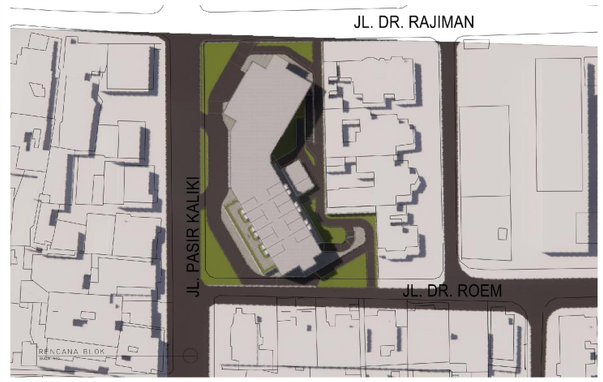


PROGRAM STUDI
TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN
2026

JUDUL GAMBAR

INVENTARISASI *GROUND WATER TANK* (GWT)
BASEMENT 2
RUMAH SAKIT KHUSUS JANTUNG
CIGADUNG KOTA BANDUNG

GAMBAR KUNCI



KETERANGAN

1. GWT AIR PDAM
2. GWT AIR *RECYCLE*

SKALA

1 : 250

NO. GAMBAR	NO. HALAMAN
5.6	V-12

Tabel 5.5 Rekapitulasi Penyediaan Alat Plambing

	Jumlah Alat Plambing							
	Water Closet	***Lavatory***	***Urinoar***	***Faucet***	***Shower***	***Sink***	***Kitchen Sink***	***Floor Drain***
	(WC)	**(LAV)**	**(URN)**	**(FCT)**	**(SHW)**	**(SNK)**	**(KCS)**	**(FD)**
Lantai Dasar	12	11	4	6	0	6	2	6
Lantai 1	22	22	4	4	12	6	0	16
Lantai 2	22	22	4	2	12	4	0	16
Lantai 3	26	24	4	10	12	1	0	18
***Basement* 1**	0	0	0	0	0	0	0	0
***Basement* 2**	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	**82**	**79**	**16**	**22**	**36**	**17**	**2**	**56**

Alat plambing tersedia di setiap lantai kecuali pada *basement*, karena di *basement* hanya digunakan untuk parkir kendaraan dan penempatan sistem kontrol utilitas serta peletakan GWT air minum dari PDAM dan GWT air hasil *recycle greywater* untuk kebutuhan *flushing*. Adapun berdasarkan SNI 8153:2025, nilai Unit Beban Alat Plambing (UBAP) ditunjukkan pada **Tabel 5.6**.

Tabel 5.6 Unit Beban Alat Plambing Tersedia di Perencanaan

Titik Pengambilan	**Kode Alat Plambing**	**Qa**	**Qmin**	**Unit Beban Alat Plambing (UBAP)**
		L/s	**L/s**	
Bak cuci, bak cuci tangan (**LAV**) (**FCT**), bidet, kloset duduk dengan tangki (**WC**)	**LAV** **WC** **FCT**	0,1	0,1	1
Bak cuci piring (**KCS**), mesin cuci[a], mesin cuci piring, bak cuci (**SNK**), pancuran kepala (**SHW**)	**SNK** **KCS** **SHW**	0,2	0,15	2
Urinal dengan katup pembilas (**URN**)	**URN**	0,3	0,15	3
Bak rendam rumah tangga	-	0,4	0,3	4
Keran (termasuk keran taman/keran garasi)[j]		0,5	0,4	5
Bak cuci dapur non domestik DN 20, bak rendam non domestik	-	0,8	0,8	8
Katup Pembilas DN 20	-	1,5	1,0	15

Sumber: SNI 8153:2025

5.3 Perencanaan Sistem Penyediaan Air Minum

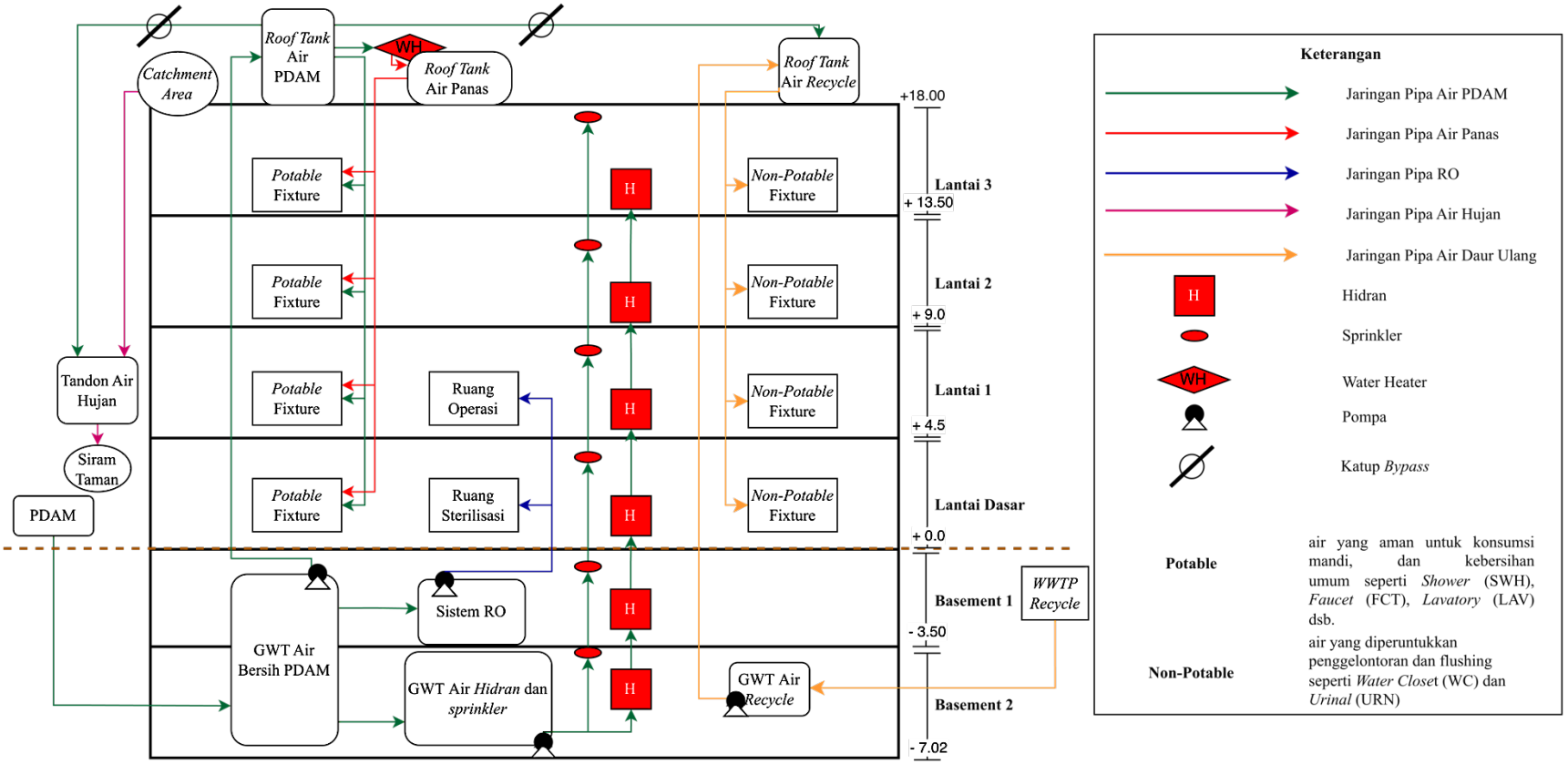
Sistem penyediaan air minum pada bangunan rumah sakit merupakan sistem kritis yang harus dirancang dengan pemisahan fungsi, kualitas, dan keandalan suplai yang jelas sesuai peruntukan penggunaannya. Berdasarkan Masyhuroh (2025), pada Gedung Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung, sistem penyediaan air dirancang menggunakan pendekatan multi-sumber untuk mendukung keandalan operasional dan konservasi air, dengan tetap menjaga pemisahan antara air *potable* dan *non-potable*, yaitu:

1. Air PDAM menjadi sumber utama air minum di rumah sakit, mencakup kebutuhan konsumsi (*potable*), kebersihan umum dan pribadi, pelayanan medis, sebagai sumber air baku yang terpisah untuk sistem proteksi kebakaran. Air dari PDAM kemudian didistribusikan lebih lanjut untuk penyediaan air dingin, air panas, air RO, dan air bagi sistem proteksi kebakaran.
2. Air *Recycle* sebagai substitusi air *non-potable* untuk kebutuhan *flushing*
3. Air Hujan yang ditangkap dari *catchment area* di atap sebagai sumber air *non-potable* untuk kebutuhan penyiraman tanaman

Skema penyediaan air minum di Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung dapat dilihat pada **Gambar 5.7**.

5.3.1 Penyediaan Air PDAM

Sistem penyediaan air PDAM dirancang sebagai sistem utama yang menjadi basis seluruh perencanaan jaringan plambing air minum dan sistem turunan lainnya. Sistem penyediaan air minum PDAM mengikuti prinsip *two-tank system* (*Ground* dan *Roof*) yang umum diterapkan pada bangunan bertingkat untuk memastikan distribusi tekanan gravitasi yang stabil dan efisien. Distribusi air PDAM dilakukan dengan jaringan pipa dengan penandaan mengacu SNI 8153:2025 dengan warna hijau.



Gambar 5.7 Skema Sistem Penyediaan Air Minum Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung

Air dari PDAM memasuki sistem melalui *main inlet* dan ditampung pada GWT PDAM yang berlokasi di *basement* 1 dan 2. GWT berfungsi sebagai reservoir utama yang menyimpan volume air untuk memenuhi kebutuhan domestik dan utilitas harian. Fungsi operasional GWT meliputi:

Air dari GWT dipompa menuju *Roof tank* PDAM di elevasi +18,00 m. *Roof tank* berfungsi sebagai reservoir sekunder yang memanfaatkan tekanan gravitasi untuk mendistribusikan air ke lantai-lantai di bawahnya untuk kebutuhan *potable*. Air mengalir melalui *riser* pipa tegak dan bercabang menuju *fixture potable* seperti *shower* (SHW), *faucet* (FCT), *lavatory* (LAV), *kitchen sink* (KCS). Selain untuk kebutuhan *potable*, air PDAM didistribusikan lebih lanjut untuk penyediaan air panas, air RO, dan air bagi sistem proteksi kebakaran.

5.3.1.1 Sistem Penyediaan Air Panas

Sistem penyediaan air panas merupakan sub-sistem yang bersumber langsung dari air PDAM. Air dari *Roof tank* dialirkan menuju *water heater* (WH) yang terpasang di atap. Air panas yang dihasilkan disimpan dalam *Roof tank* Air Panas, kemudian didistribusikan ke *fixture* yang membutuhkan air panas, seperti *shower* (SHW) dan *lavatory* (LAV) di kamar pasien.

Penempatan *water heater* dan tangki penyimpanan di atap memungkinkan distribusi dengan gravitasi. Sistem dirancang dengan penyimpanan air panas (*thermal storage*) untuk menjaga kontinuitas suplai. Jalur pipa air panas ditandai dengan warna merah.

5.3.1.2 Sistem Penyediaan Air *Reverse Osmosis* (RO)

Sistem RO menyediakan air dengan *high purity* untuk keperluan medis dan laboratorium. *Unit* RO ditempatkan di *basement* agar dekat dengan sumber air dari GWT. Setelah proses filtrasi membran RO, air ini didistribusikan ke ruang operasi dan ruang sterilisasi melalui jaringan pipa terpisah menggunakan *booster pump* dan *pressure tank*. Jalur pipa RO ditandai dengan warna biru.

5.3.1.3 Sistem Proteksi Kebakaran

Sistem proteksi kebakaran dirancang sebagai sistem independen yang tidak terintegrasi dengan sistem air domestik maupun air daur ulang. Sistem jaringan distribusinya dirancang secara khusus dan terpisah. Direncanakan GWT Air Hidran dan *Sprinkler* di *basement* 2 terpisah secara fisik dari GWT air PDAM dan GWT air daur ulang. Pemisahan ini diperlukan untuk:

1. Menyimpan volume air yang cukup untuk durasi kejadian kebakaran
2. Memastikan air tetap segar melalui sirkulasi berkala sehingga tidak terjadi stagnasi.
3. Menjamin bahwa volume air kebakaran tidak berkurang akibat penggunaan domestik sehari-hari.

Desain ini mencerminkan prinsip yang *dedicated* untuk sumber air kebakaran, di mana suplai air harus benar-benar terisolasi untuk menjamin keandalan saat kondisi darurat.

Dari GWT air hidran dan *sprinkler*, air dialirkan melalui *fire pump set* yang dikhususkan untuk menghasilkan debit dan tekanan tinggi yang diperlukan oleh sistem proteksi kebakaran. Air kemudian didistribusikan melalui main riser ke seluruh lantai bangunan. Pada *main riser* dipasang hidran di setiap lantai mulai dari *basement* hingga lantai 3. *Main riser* berfungsi sebagai titik sambung selang pemadam dan dapat dioperasikan oleh petugas internal maupun eksternal.

Selain hidran, bangunan dilengkapi sistem *sprinkler* otomatis yang dipasang pada area berisiko tinggi seperti ruang medis, gudang obat, dan ruang operasi. Sistem *sprinkler* dirancang bekerja secara otomatis sesuai standar SNI 3989-1:2024 dan SNI 3989-2:2024 untuk perlindungan area berisiko tinggi.

Keseluruhan jaringan proteksi kebakaran ini sepenuhnya terisolasi dari jalur air *potable* maupun non-*potable*, sesuai ketentuan SNI 3989:2024. Standar tersebut mensyaratkan bahwa pompa kebakaran tidak boleh digunakan untuk fungsi lain, jaringan pipa kebakaran harus terpisah secara hidrolik, dan setiap segmen sistem harus dilengkapi isolation valve agar *fire* system dapat beroperasi secara independen dan tetap andal dalam kondisi darurat.

5.3.2 Penyediaan Air *Recycle*

Sistem air daur ulang merupakan bagian penting dari konsep *green building* yang berfokus pada efisiensi dan konservasi air. Air *recycle* dihasilkan dari proses pengolahan air limbah *greywater* melalui WWTP/IPAL yang berlokasi di *Basement* 1. Air *recycle greywater* merupakan hasil proses lanjutan dari Efluen IPAL Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung. Efluen IPAL yang telah memenuhi baku mutu sesuai Permen LHK No. 68/2016 dialirkan menuju sand filter sebagai *unit* polishing, kemudian ditampung di *Ground Tank Recycle* berkapasitas 14,83 m^3. Dari GT, air daur ulang dipompa dengan pompa transfer menuju *Roof tank Recycle* berkapasitas 1.600 liter, yang kemudian mendistribusikan air secara gravitasi ke seluruh WC dan urinal di gedung melalui pipa tegak air *recycle* dan pipa cabang ke tiap toilet (Masyhuroh 2025).

Dari GWT Air *Recycle*, air dipompa menuju *Roof tank* Air *Recycle* yang ditempatkan di level atap, mengikuti konsep *two-tank system* seperti pada penyediaan air PDAM. Dalam sistem ini, terdapat katup *bypass* yang menghubungkan *Roof tank* PDAM dengan *Roof tank* Air *Recycle*. Katup bypass berfungsi sebagai *make-up water* ketika suplai dari WWTP tidak mencukupi. Pada kondisi normal, tangki *recycle* terisi penuh oleh air hasil olahan WWTP. Namun saat produksi air *recycle* menurun, katup bypass akan membuka secara otomatis dan mengalirkan air PDAM satu arah menuju tangki *recycle* hingga mencapai level minimum operasional. Mekanisme ini dikendalikan oleh level control dan didukung *check valve* untuk mencegah aliran balik, sehingga suplai air *non-potable* tetap stabil tanpa risiko kontaminasi silang.

Dari *Roof tank* Air *Recycle*, aliran pipa diturunkan ke lantai 1, 2, dan 3 untuk melayani non-*potable fixture*s seperti *water closet* (WC) dan urinal (URN). Jalur pipa air *recycle* ditandai dengan garis oranye.

5.3.3 Penyediaan Air Hujan

Sistem penyediaan air hujan merupakan komponen konservasi air yang mendukung kriteria *Green Hospital*. Air hujan ditangkap melalui *catchment area* pada atap bangunan rumah sakit dan dialirkan menuju Tandon Air Hujan yang ditempatkan di area luar atau sisi bangunan. Air ini tidak digunakan untuk sistem

internal seperti air *potable* atau non-*potable*, tetapi diperuntukkan khusus untuk penyiraman tanaman dan area lanskap rumah sakit. Jalur pipa air hujan ditandai dengan garis berwarna ungu.

Menurut Masyhuroh (2025), sistem penyediaan air hujan direncanakan menghasilkan sekitar 1.094,61 m^3/tahun dengan kebutuhan siram taman 795,26 m^3/tahun, sehingga air hujan cukup untuk kebutuhan penyiraman lanskap pertamanan sepanjang tahun. Pada sistem ini, katup *bypass* PDAM berfungsi sebagai suplai cadangan ketika volume air hujan tidak mencukupi. Saat musim kemarau atau ketika intensitas hujan rendah, tandon air hujan dapat turun di bawah level minimum operasional. Ketika kondisi tersebut terjadi, katup bypass PDAM akan terbuka otomatis dan mengalirkan air PDAM satu arah ke tandon untuk mempertahankan fungsi penyiraman taman. Sistem ini dilengkapi *float switch* untuk kontrol level air serta *check valve* untuk mencegah aliran balik ke saluran d*rain*ase atau jalur hujan.

Dengan mekanisme ini, sistem *rainwater harvesting* tetap dapat beroperasi sepanjang tahun, sekaligus menjaga prinsip konservasi air melalui pemanfaatan sumber alam dan suplai cadangan yang terkontrol.

5.3.4 Pemisahan Fungsi Jaringan

Salah satu aspek terpenting dalam skema penyediaan air minum adalah pemisahan fungsional jaringan air. Pada skema terlihat bahwa terdapat enam jalur pipa utama yang sepenuhnya terpisah:

1. Jalur air *potable* PDAM (hijau)
2. Jalur air panas (merah) yang berasal dari pemanasan air PDAM
3. Jalur air RO (biru) untuk kebutuhan medis berkualitas tinggi
4. Jalur air hujan (ungu) untuk penyiraman dan keperluan luar bangunan
5. Jalur air daur ulang non-*potable* (oranye) untuk *flushing* WC dan urinal
6. Jalur air kebakaran (hitam) untuk hidran dan *sprinkler*.

Pemisahan ini dilakukan untuk menjaga integritas kualitas air *potable* dari potensi kontaminasi silang, menjamin keandalan suplai kebakaran agar tidak terpengaruh pemakaian domestik, memenuhi standar kesehatan dan keselamatan yang mengharuskan pipa *potable* dan non-*potable* terisolasi secara fisik maupun

hidrolik, serta meningkatkan efisiensi operasional dengan memungkinkan setiap sistem dikelola dan dipantau secara independen. Pemisahan ini menjadi dasar dalam perencanaan teknis jaringan pipa pada subbab-subbab berikutnya, khususnya dalam penentuan diameter, material, dan sistem pengendalian masing-masing jalur.

5.4 Perancangan Sistem Plambing Air PDAM

Sistem plambing air PDAM dirancang untuk menjamin ketersediaan air minum yang stabil, bertekanan cukup, dan aman pada seluruh alat plambing, dengan sistem suplai berbasis *Roof tank* dan distribusi gravitasi. Oleh karena itu, perancangan difokuskan pada kesinambungan antara kebutuhan pemakai, debit aliran rencana, dimensi pipa, serta evaluasi tekanan sisa pada jalur terjauh. Perancangan dilakukan dengan tahapan inventarisasi kebutuhan sistem, desain pipa penjaluran, penentuan debit aliran, penentuan Unit Beban Alat Plambing (UBAP), dan penentuan diameter pipa menurut SNI 8153:2025.

5.4.1 Inventarisasi Kebutuhan Sistem Plambing Air PDAM

Sistem plambing air PDAM diperuntukkan pada kebutuhan air *potable* yang meliputi lima jenis *plumbing fixture* yang digunakan pada sistem air *potable*, yaitu *shower* (SHW), *lavatory* (LAV), *faucet* (selain untuk penyiraman tanaman) (FCT), dan *kitchen sink* (KCS). Adapun detail inventarisasinya dapat dilihat pada **Tabel 5.7.**

Tabel 5.7 Hasil Inventarisasi Kebutuhan Sistem Plambing Air Minum

Jenis Alat Plambing	Ruangan	Jumlah (*Unit*)
Lantai Dasar		
LAV (11 *unit*)	Toilet Umum Toilet Difabel Toilet Pegawai	8 2 1
FCT non-penyiraman (4 *unit*)	Janitor Pemulasaran Jenazah Ruang Cuci Laundry	2 1 1
KCS (2 *unit*)	Area Memasak	2
Lantai 1		
LAV (22 *unit*)	Toilet	10

Jenis Alat Plambing	Ruangan	Jumlah (*Unit*)
	Kamar Kelas 3	12
FCT non-penyiraman (2 *unit*)	Janitor	2
SHW (12 *unit*)	Kamar Kelas 3	12
Lantai 2		
LAV (22 *unit*)	Toilet	10
	Kamar Kelas 3	12
FCT non-penyiraman (2 *unit*)	Janitor	2
SHW (12 *unit*)	Kamar Kelas 2	12
Lantai 3		
LAV (24 *unit*)	Toilet	10
	Kamar Kelas 3	12
	Musholla	2
FCT non-penyiraman (10 *unit*)	Janitor	2
	Musholla	8
SHW (12 *unit*)	Kamar Kelas 1	6
	Kamar Kelas VIP	6

5.4.2 Desain Penjaluran Sistem Plambing Air PDAM

Penjaluran sistem plambing air PDAM dirancang melalui pipa tegak pada *vertical gallery* yang kemudian didistribusikan ke seluruh alat plambing. Pada denah, jalur air minum ditandai dengan warna hijau untuk membedakannya dari sistem lain. Denah penjaluran dipetakan pada *layout* arsitektur tiap lantai dengan skala 1:250, dan diperbesar menjadi skala 1:125 untuk masing-masing sayap bangunan guna memperjelas detail jalur pipa.

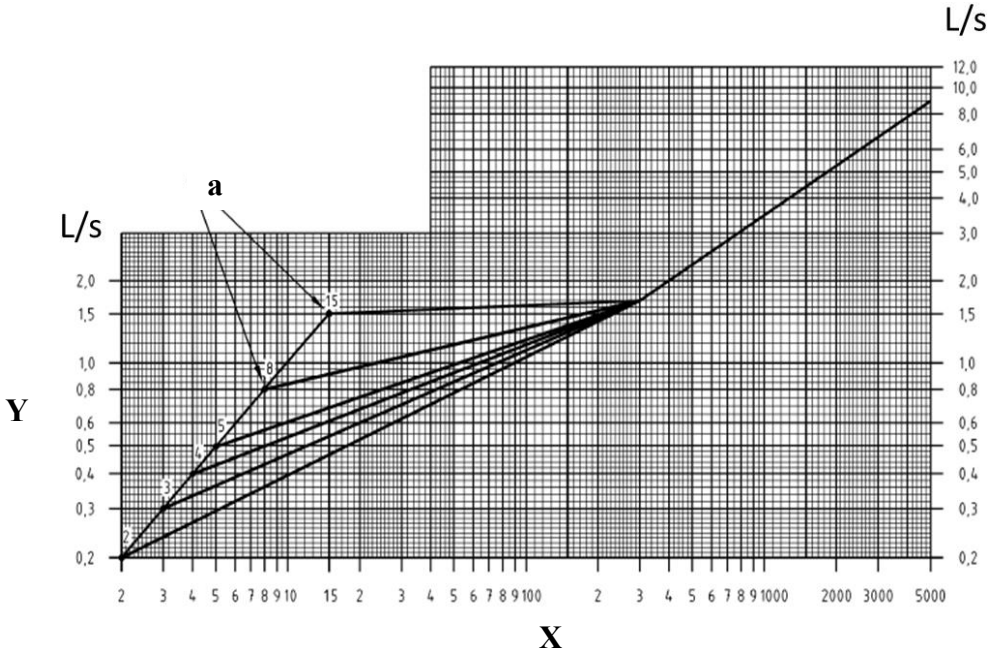
5.4.3 Perhitungan Total Unit Beban Alat Plambing (UBAP) Pipa PDAM

Total UBAP dihitung untuk menggambarkan intensitas beban pemakaian air pada setiap jalur pipa. Nilai UBAP diperoleh dari penjumlahan *unit* beban tiap alat plambing sesuai standar SNI 8153:2025, di mana tiap jenis alat memiliki koefisien *unit* beban yang berbeda (sesuai **Tabel 5.6)**. Inventarisasi seluruh alat plambing per lantai menghasilkan daftar UBAP individual dan kumulatif pada setiap segmen penyaluran. UBAP kumulatif yang kemudian menjadi dasar perhitungan debit aliran serta penentuan diameter pipa.

5.4.4 Perhitungan Debit Aliran (QT) Pipa PDAM

Perhitungan debit aliran pada jaringan pipa air minum dilakukan untuk menentukan besarnya kebutuhan aliran sesaat (*peak flow* statistik) pada setiap segmen jalur pipa. Debit aliran dihitung berdasarkan total Unit Beban Alat Plambing (UBAP) yang terhubung pada jalur tersebut, mengikuti karakteristik pemakaian air yang bersifat *intermittent.*

Menurut SNI 8153:2025, pendekatan debit aliran menggunakan hubungan antara UBAP total dan debit rencana (QT) melalui kurva atau tabel faktor aliran yang telah distandarkan. Kurva hubungan antara nilai total UBAP dan debit rencana (QT) pada SNI 8153:2025 disusun berdasarkan pendekatan probabilistik terhadap pola pemakaian alat plambing yang bersifat tidak serempak (*intermittent*). Pendekatan ini memperhitungkan kemungkinan penggunaan bersamaan secara statistik, sehingga debit rencana yang diperoleh merepresentasikan kondisi beban puncak yang realistis. Adapun penentuan QT menggunakan **Gambar 5.8**.



Keterangan:

X = nilai total UBAP; a = nilai tunggal AP tertinggi UBAP; Y = laju aliran total UBAP (QT);

Gambar 5.8 Laju Aliran Total UBAP (QT) dalam L/s Untuk Instalasi Standar Terkait Dengan Nilai Total UBAP

Sumber: SNI 8153:2025

Dengan demikian, setiap pipa mulai dari jalur utama, cabang horizontal, hingga pipa servis ke titik pemakaian mendapatkan debit rencana yang proporsional terhadap beban pemakaiannya.

Urutan gambar, tabel penjaluran pipa air minum dan perhitungan UBAP Kumulatif pada denah di setiap lantainya adalah sebagai berikut:

- Lantai dasar: **Gambar 5.9** (denah umum), **Gambar 5.10** (sayap kiri), **Gambar 5.11** (sayap kanan), **Tabel 5.9**.
- Lantai 1: **Gambar 5.12** (denah umum), **Gambar 5.13** (sayap kiri), **Gambar 5.14** (sayap kanan), **Tabel 5.10**.
- Lantai 2: **Gambar 5.15** (denah umum), **Gambar 5.16** (sayap kiri), **Gambar 5.17** (sayap kanan), **Tabel 5.11**.
- Lantai 3: **Gambar 5.18** (denah umum), **Gambar 5.19** (sayap kiri), **Gambar 5.20** (sayap kanan), **Tabel 5.12**.

Sebagai contoh, pada **Tabel 5.9**, jalur pipa "J – C" memiliki UBAP total [X] = 14 dengan UBAP tunggal tertinggi 5 (UBAP FCT). Maka dengan *plotting* ke **Gambar 5.8**, didapatkan QT dengan nilai 0,65 L/s. Nilai QT sebesar 0,65 L/s tersebut hanya berlaku untuk segmen pipa J–C yang melayani kelompok alat tertentu dan bukan merupakan debit total sistem plambing air minum secara keseluruhan. Adapun hasil perhitungan debit aliran pipa air minum selengkapnya pada denah setiap lantainya disajikan pada tabel-tabel secara berturut-turut: Lantai dasar (**Tabel 5.9**), Lantai 1, (**Tabel 5.10**), Lantai 2 (**Tabel 5.11**), dan Lantai 3 (**Tabel 5.12**).

Nilai debit rencana (QT) yang diperoleh pada setiap segmen pipa selanjutnya digunakan sebagai dasar pemilihan diameter nominal pipa dengan membandingkan QT terhadap kapasitas aliran aktual pipa berdasarkan diameter internal dan kriteria kecepatan aliran sesuai SNI 8153:2025.

5.4.5 Penentuan Diameter Pipa PDAM

Penentuan diameter dilakukan dengan mengacu pada SNI 8153:2025 melalui tiga parameter utama:

1. Debit beban aliran rencana (QT) hasil perhitungan dari UBAP,
2. Kecepatan aliran maksimum yang diizinkan
3. Batasan kehilangan tekanan (*headloss*) pada jalur pipa.

Pemilihan diameter mengacu pada SNI 8153:2025 serta batas kecepatan aliran untuk mencegah kebisingan, erosi pipa, dan ketidakstabilan tekanan. Diameter hitung kemudian disesuaikan dengan diameter produk komersial yang tersedia (diameter pasang). Proses ini memastikan distribusi air minum bekerja stabil, mempertahankan tekanan, serta memenuhi aspek kenyamanan dan keandalan di seluruh area pelayanan rumah sakit.

Debit pipa aktual (Q) dapat dihitung dari diameter internal (d_i). Perhitungan debit aktual dapat menggunakan persamaan berikut:

$$Q = \frac{v \times \pi \times d_i^2}{4} \quad \textbf{(4.1)}$$

Q = debit pipa aktual (m^3/s)

v = kecepatan aliran dalam pipa (0,9 – 2,0 m/s)

di = diameter dalam pipa (m)

Menurut ketentuan SNI 8153:2025, perencanaan sistem plambing air minum dalam bangunan harus mempertimbangkan batas kecepatan aliran yang aman untuk mencegah kebisingan, erosi pipa, dan ketidakstabilan tekanan. Kecepatan aliran rata-rata dalam pipa direkomendasikan berada pada kisaran 0,9 – 2,0 m/s. Rentang kecepatan ini digunakan sebagai kriteria evaluasi dalam simulasi hidraulik jaringan pipa untuk memastikan kinerja sistem yang efisien dan aman. Dalam perencanaan ini digunakan kecepatan rencana sebesar 1,5 m/s sebagai nilai representatif dalam rentang yang diizinkan.

Untuk DN 20 dengan diameter internal (d_i) = 0,022 m dan kecepatan aliran yang direncanakan (v) = 1,5 m/s, maka:

$$Q = \frac{v \times \pi \times d_i^2}{4}$$

$$Q = \frac{1{,}5 \text{ m/s} \times 3{,}14 \times 0{,}22 \text{ m}^2}{4}$$

$Q = 0{,}00057 \text{ m}^3/\text{s} = 0{,}57 \text{ L/s}$

Dengan kecepatan rencana 1,5 m/s, debit aktual (Q) pipa DN 20 adalah 0,57 L/s. Rekapitulasi hasil perhitungan debit untuk setiap ukuran DN pipa sesuai dengan **Tabel 5.8**

Tabel 5.8 Standarisasi Debit Aktual Pipa (Q) Setiap DN Pipa AW

DN (mm)	d_i minimum (mm)	Q (L/s) v = 1,5 m/s
13	14,0	0,23
16	18,0	0,38
20	22,0	0,57
25	27,8	0,91
32	37,0	1,61
40	42,2	2,10
50	53,0	3,31
75	67,1	5,30
80	78,7	7,29
100	103,4	12,59
125	127,1	19,02
150	149,9	26,46
200	196,3	45,37
250	242,9	69,47
300	289,4	98,62

Sumber: SNI 8153:2025 lampiran B.1.2.3

Ukuran pipa untuk suatu segmen jalur dipilih dengan membandingkan beban aliran pipa (QT) dengan debit aktual (Q) pipa. Pipa yang dipilih adalah DN terkecil yang memenuhi syarat :

$$Q \geq QT$$

Dengan demikian, beban aliran tidak boleh melebihi debit aktual pipa hasil standarisasi. Adapun diameter pipa pada jalur tertentu dapat diperbesar dan diseragamkan dengan pipa cabang di atasnya untuk menyederhanakan jenis material dan ukurannya selama ukuran pipa utama dan cabang sebelumnya sudah ditentukan berdasarkan debit rencana (QT) dan rentang kecepatan SNI, sehingga kapasitas alir dan tekanan sistem tetap terpenuhi.

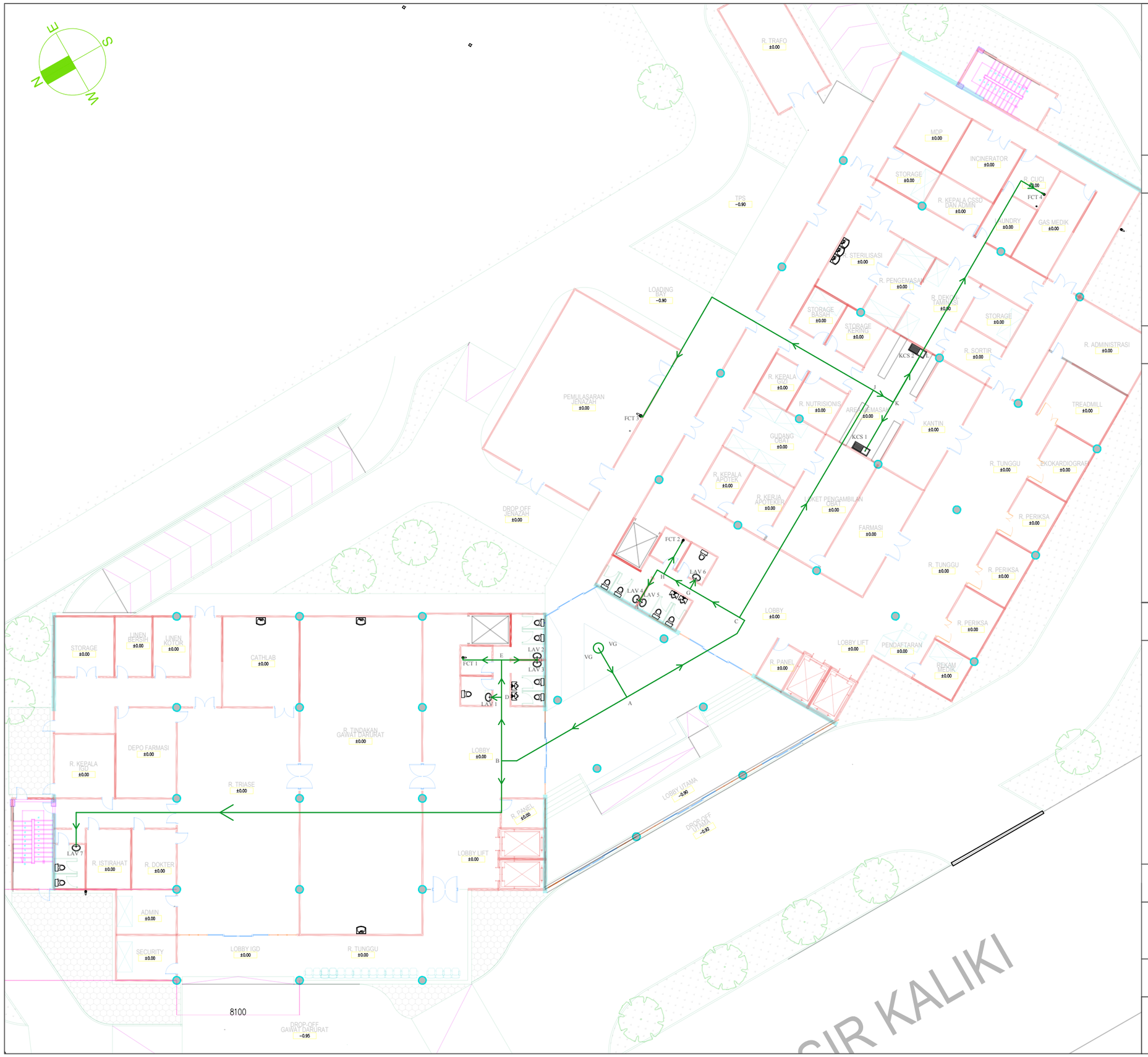
Selain batas kecepatan maksimum, dalam perencanaan ini juga dipertimbangkan batas kecepatan minimum operasional untuk mencegah risiko aliran stagnan dan pengendapan, sehingga pipa dengan kecepatan terlalu rendah dihindari meskipun secara kapasitas memenuhi.

Sebagai contoh, pada jalur **K–J** dengan total UBAP 9 dan QT sebesar 0,58 L/s, diameter pipa DN 20 dan DN 25 sama-sama memenuhi persyaratan debit (Q ≥ QT) dan menghasilkan kecepatan aliran dalam rentang 0,9–2,0 m/s. Oleh karena itu, dipilih DN 20 sebagai diameter yang paling efisien karena telah memenuhi kriteria hidraulik tanpa memberikan kelebihan kapasitas yang tidak diperlukan.

Pada jalur **J–C** dengan total UBAP 14 dan QT sebesar 0,65 L/s, diameter DN 25 menghasilkan kecepatan aliran yang masih berada dalam rentang yang dipersyaratkan, sedangkan penggunaan DN 32 menyebabkan kecepatan aliran berada di bawah batas minimum. Dengan demikian, DN 25 dipilih sebagai diameter desain karena memenuhi seluruh kriteria perencanaan berdasarkan standar kecepatan aliran.

Pemilihan diameter pipa pada setiap segmen dilakukan dengan pendekatan berbasis kecepatan aliran sesuai SNI 8153:2025 (0,9–2,0 m/s), sehingga tidak dilakukan penyesuaian diameter yang menyebabkan kecepatan aliran berada di luar batas yang ditentukan.

Adapun hasil penentuan diameter pipa air minum pada setiap lantai disajikan secara berturut-turut pada lantai dasar (**Tabel 5.9**), lantai 1 (**Tabel 5.10**), lantai 2 (**Tabel 5.11**), dan lantai 3 (**Tabel 5.12**).

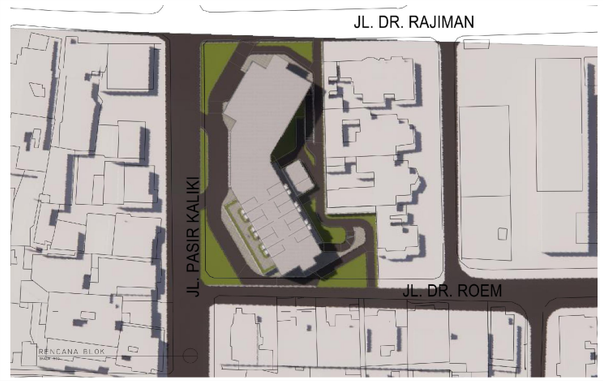


PROGRAM STUDI
TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN
2026

JUDUL GAMBAR

DENAH PENJALURAN PIPA AIR PDAM
LANTAI DASAR
RUMAH SAKIT KHUSUS JANTUNG
CIGADUNG KOTA BANDUNG

GAMBAR KUNCI



KETERANGAN

FAUCET (FCT)

LAVATORY (LAV)

KITCHEN SINK (KCS)

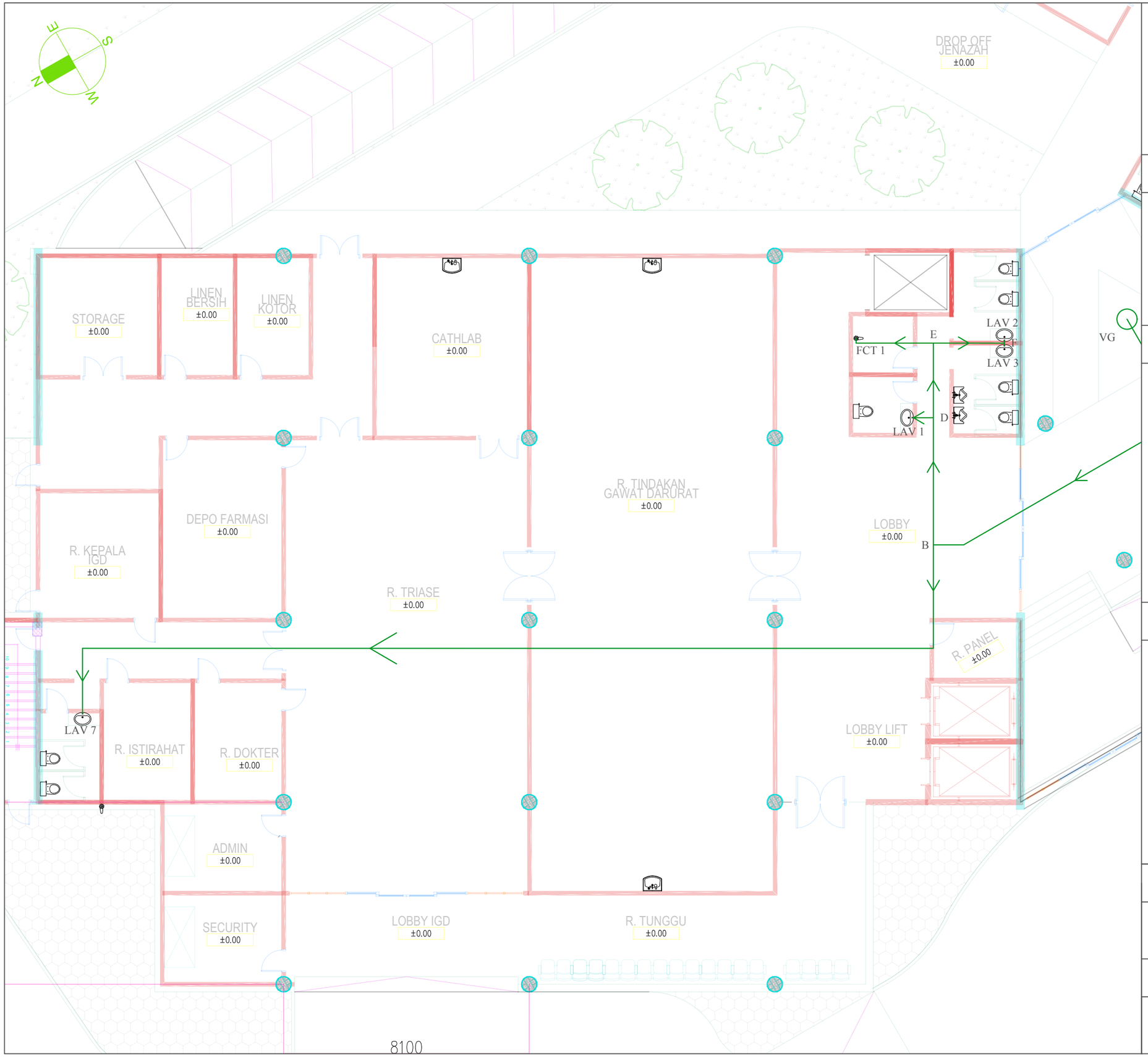
VERTICAL GALLERY (VG)

A → B JALUR PIPA PDAM (A - B)

SKALA

1 : 250

NO. GAMBAR	NO. HALAMAN
5.9	V-27

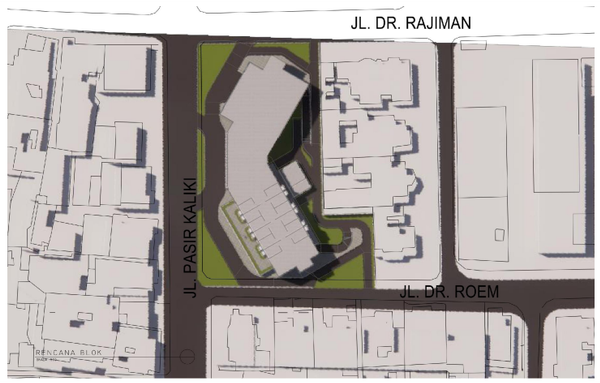


PROGRAM STUDI
TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN
2026

JUDUL GAMBAR

DENAH PENJALURAN PIPA AIR PDAM
LANTAI DASAR SAYAP KIRI
RUMAH SAKIT KHUSUS JANTUNG
CIGADUNG KOTA BANDUNG

GAMBAR KUNCI



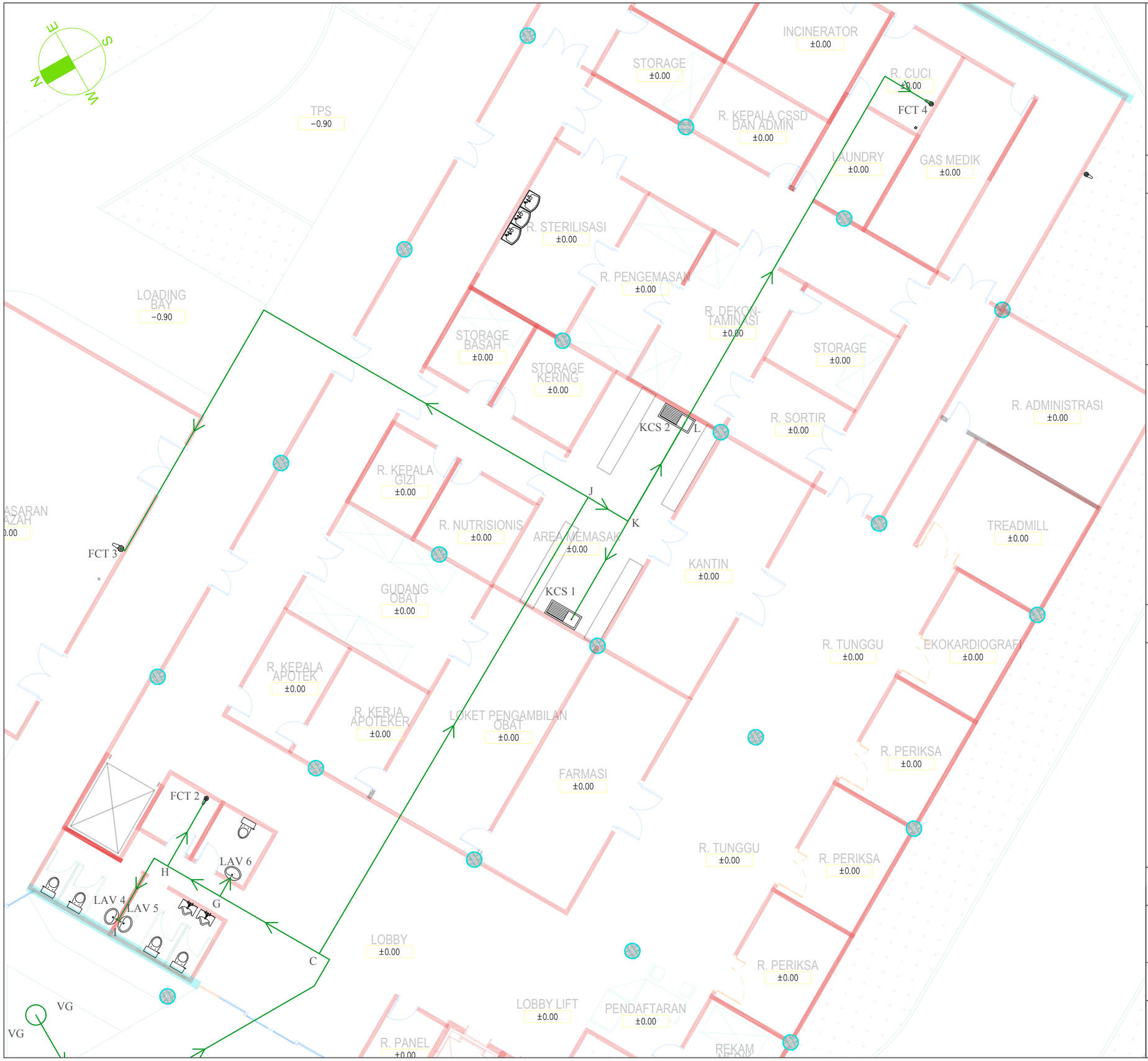
KETERANGAN

- FAUCET (FCT)
- LAVATORY (LAV)
- KITCHEN SINK (KCS)
- VERTICAL GALLERY (VG)
- A - B JALUR PIPA PDAM (A - B)

SKALA

1 : 125

NO. GAMBAR	NO. HALAMAN
5.10	V-28

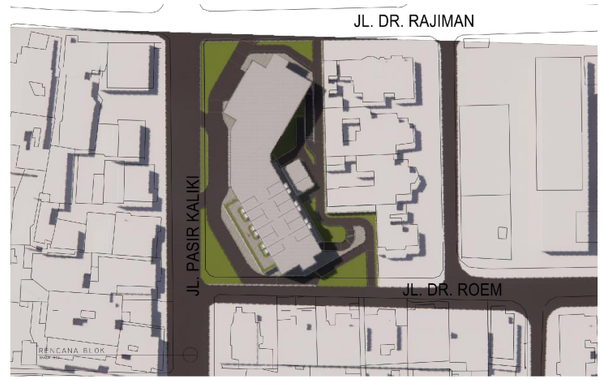


PROGRAM STUDI
TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN
2026

JUDUL GAMBAR

DENAH PENJALURAN PIPA AIR PDAM
LANTAI DASAR SAYAP KANAN
RUMAH SAKIT KHUSUS JANTUNG
CIGADUNG KOTA BANDUNG

GAMBAR KUNCI



KETERANGAN

- FAUCET (FCT)
- LAVATORY (LAV)
- KITCHEN SINK (KCS)
- VERTICAL GALLERY (VG)
- A — B JALUR PIPA PDAM (A - B)

SKALA

1 : 125

NO. GAMBAR	NO. HALAMAN
5.11	V-29

Tabel 5.9 Penjaluran Pipa Air PDAM Lantai Dasar

Jalur	Alat Plambing/ Jalur pendahulu	Unit Beban Alat Plambing (UBAP)			Panjang Jalur [L] (m)	QT [Y] (L/s)	Qs (L/s) (v = 1,5 m/s)	Pemilihan Pipa**	
		Tunggal	Tunggal tertinggi [a]	Total [X]				DN (mm)	Cek v (0,9 – 2 m/s)
Sayap Kiri									
FCT 1 – E	FCT 1	1	1	1	4,700	0,10	0,23	13	0,75
LAV 2 – F	LAV 2	1	1	1	2,086	0,10	0,23	13	0,75
LAV 3 – F	LAV 3	1	1	1	2,086	0,10	0,23	13	0,75
F – E	LAV 2 – F LAV 3 – F	1 1	1	2	2,345	0,12	0,23	13	0,90
E – D	FCT 1 – E F – E	1 2	1	3	2,460	0,13	0,23	13	0,98
LAV 1 – D	LAV 1	1	1	1	2,695	0,10	0,23	13	0,75
D – B	E – D LAV 1 – D	3 1	1	4	4,188	0,14	0,23	13	1,06
LAV 7 – B	LAV 7	1	1	1	35,64	0,10	0,23	13	0,75
B – A	D – B LAV 7 – B	4 1	1	5	9,390	0,15	0,23	13	1,13
Sayap Kanan									
FCT 2 – H	FCT 2	1	1	1	4,557	0,1	0,23	13	0,75
LAV 4 – I	LAV 4	1	1	1	2,086	0,1	0,23	13	0,75
LAV 5 – I	LAV 5	1	1	1	2,086	0,1	0,23	13	0,75
I – H	LAV 4 – I LAV 5 – I	1 1	1	2	2,345	0,12	0,23	13	0,90
H – G	FCT 2 – H I – H	1 2	1	3	2,500	0,13	13	0,90	0,23
LAV 6 – G	LAV 6	1	1	1	2,695	0,10	13	0,75	0,23
G – C	H – G LAV 6 – G	3 1	1	4	3,763	0,14	13	0,98	0,23
FCT 3 – J	FCT 3	1	1	1	23,757	0,10	13	0,75	0,23
FCT 4 – L	FCT 4	1	1	1	16,912	0,10	13	0,75	0,23
KCS 2 – L	KCS 2	2	2	2	2,00	0,23	13	1,51	0,23
L – K	FCT 4 – L KCS 2 – L	1 2	2	3	3,714	0,25	0,38	20	0,96
KCS 1 – K	KCS 1	2	2	2	5,727	0,23	0,38	20	1,02
K – J	L – K KCS 1 – K	3 2	2	5	1,527	0,30	0,38	20	1,21
J – C	K – J FCT 3 – J	5 1	2	6	17,387	0,32	0,38	20	1,02
C – A	G – C	4	2	10	9,780	0,38	0,38	20	1,21

Jalur	Alat Plambing/ Jalur pendahulu	Unit Beban Alat Plambing (UBAP)			Panjang Jalur [L] (m)	QT [Y] (L/s)	Qs (L/s) (v = 1,5 m/s)	Pemilihan Pipa**	
		Tunggal	Tunggal tertinggi [a]	Total [X]				DN (mm)	Cek v (0,9 – 2 m/s)
	J – C	6							
A – VG	B – A C – A	5 10	2	15	3,745	0,46	0,57	20	1,46
Total Panjang Jalur Pipa					**170,171**				

Catatan:

*) Pipa servis alat tunggal dengan beban aliran kecil menggunakan diameter minimum yang tersedia. Kriteria kecepatan aliran 0,9–2,0 m/s tidak diterapkan pada pipa servis alat tunggal.

Berdasarkan rekapitulasi penjaluran pipa lantai dasar, jaringan pipa memiliki total panjang **170,171 m** dan tersusun dari tiga diameter utama, yaitu DN 13, DN 20, dan DN 25. Distribusi panjang adalah sebagai berikut:

DN 13 = 137,732 m (80,9%)

DN 20 = 32,439 m (9,5%)

Adapun jumlah fitting pada lantai dasar:

Elbow 90 DN 13 = 10 unit *Tee* DN 13 = 5 unit

Elbow 45 DN 20 = 2 unit *Tee* DN 20 = 12 unit

Reducer 20 – 13 = 9 unit

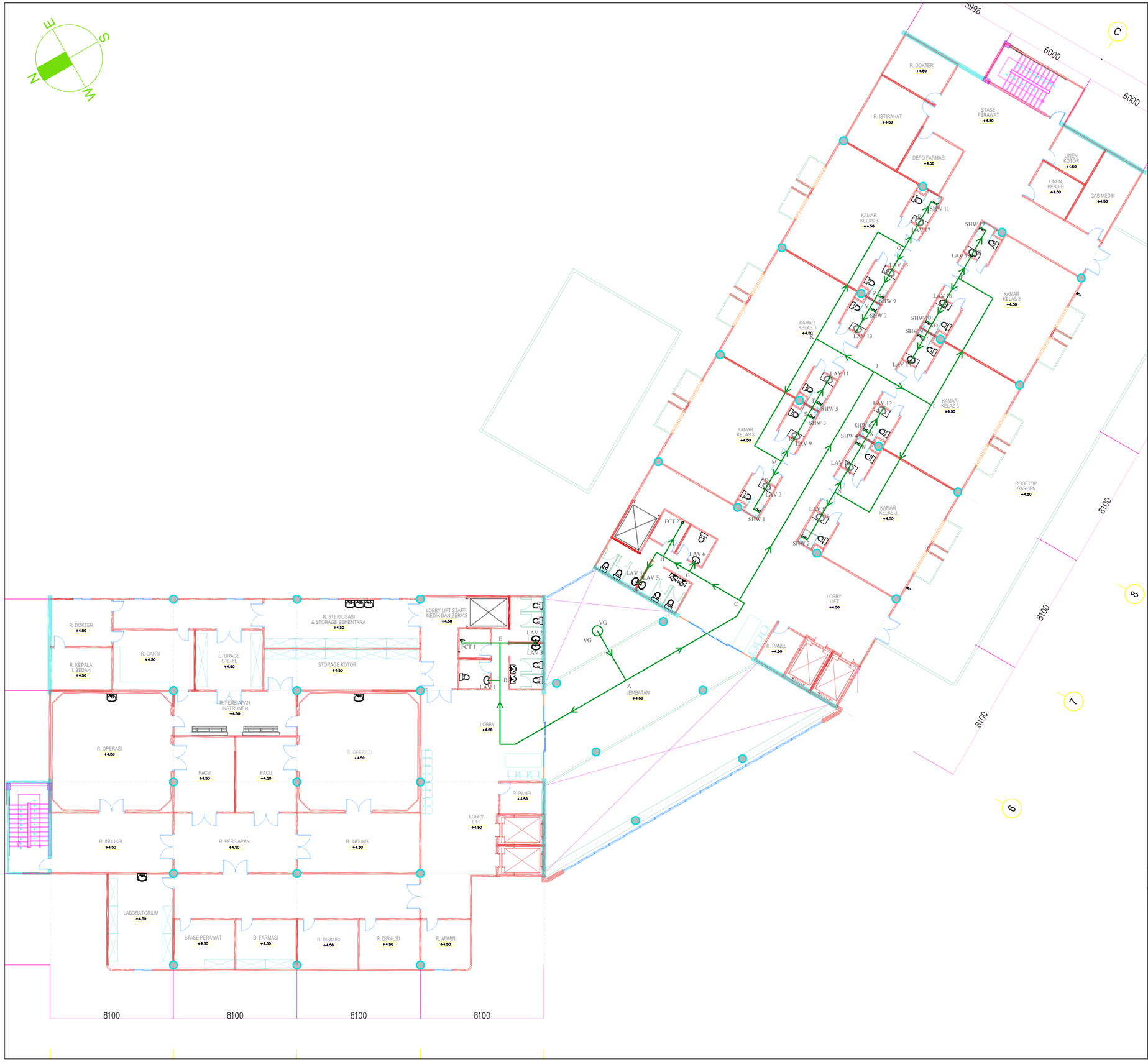
Secara umum, variasi diameter yang digunakan merupakan hasil dari pemenuhan kriteria kecepatan aliran sesuai SNI 8153:2025, yaitu berada dalam rentang 0,9–2,0 m/s.

Pipa DN 13 digunakan sebagai pipa servis untuk alat plambing tunggal dengan debit kecil dan panjang jalur yang relatif pendek. Pada jalur "**LAV 1 – D**" dan "**LAV 2 – F**" di sayap kanan memiliki debit kecil, panjang relatif pendek, serta tidak berfungsi sebagai pengumpul aliran. Pada segmen ini, kriteria kecepatan aliran tidak dijadikan parameter pengendali, sehingga penggunaan diameter minimum tetap diperbolehkan sesuai praktik perencanaan sistem plambing.

Pipa DN 20 seperti pada jalur "**K – J**" dan "**J – C**" di sayap kiri, berfungsi sebagai cabang pengumpul dan pipa tegak kecil yang melayani beberapa alat plambing secara bersamaan. Evaluasi menunjukkan bahwa kecepatan aliran pada diameter ini berada dalam rentang yang dipersyaratkan, sehingga memenuhi

kriteria hidraulik untuk seluruh segmen terkait. Pipa ini juga digunakan pada jalur dengan akumulasi debit yang lebih besar dan berfungsi sebagai jalur distribusi utama pada lantai dasar. Kecepatan aliran yang dihasilkan masih berada dalam batas 0,9–2,0 m/s, sehingga diameter ini dipertahankan sebagai ukuran yang memenuhi kriteria desain.

Pemilihan diameter pipa pada seluruh segmen dilakukan berdasarkan pemenuhan kriteria kecepatan aliran tanpa melakukan perubahan diameter yang menyebabkan kecepatan berada di luar batas yang ditetapkan. Dengan demikian, setiap ukuran pipa yang digunakan merupakan hasil evaluasi hidraulik pada masing-masing segmen.

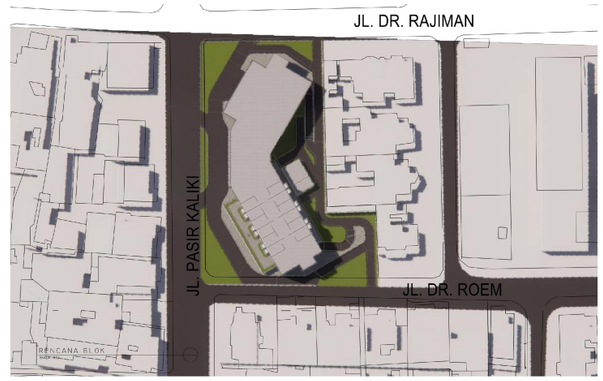


PROGRAM STUDI
TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN
2026

JUDUL GAMBAR

DENAH PENJALURAN PIPA AIR PDAM
LANTAI 1
RUMAH SAKIT KHUSUS JANTUNG
CIGADUNG KOTA BANDUNG

GAMBAR KUNCI



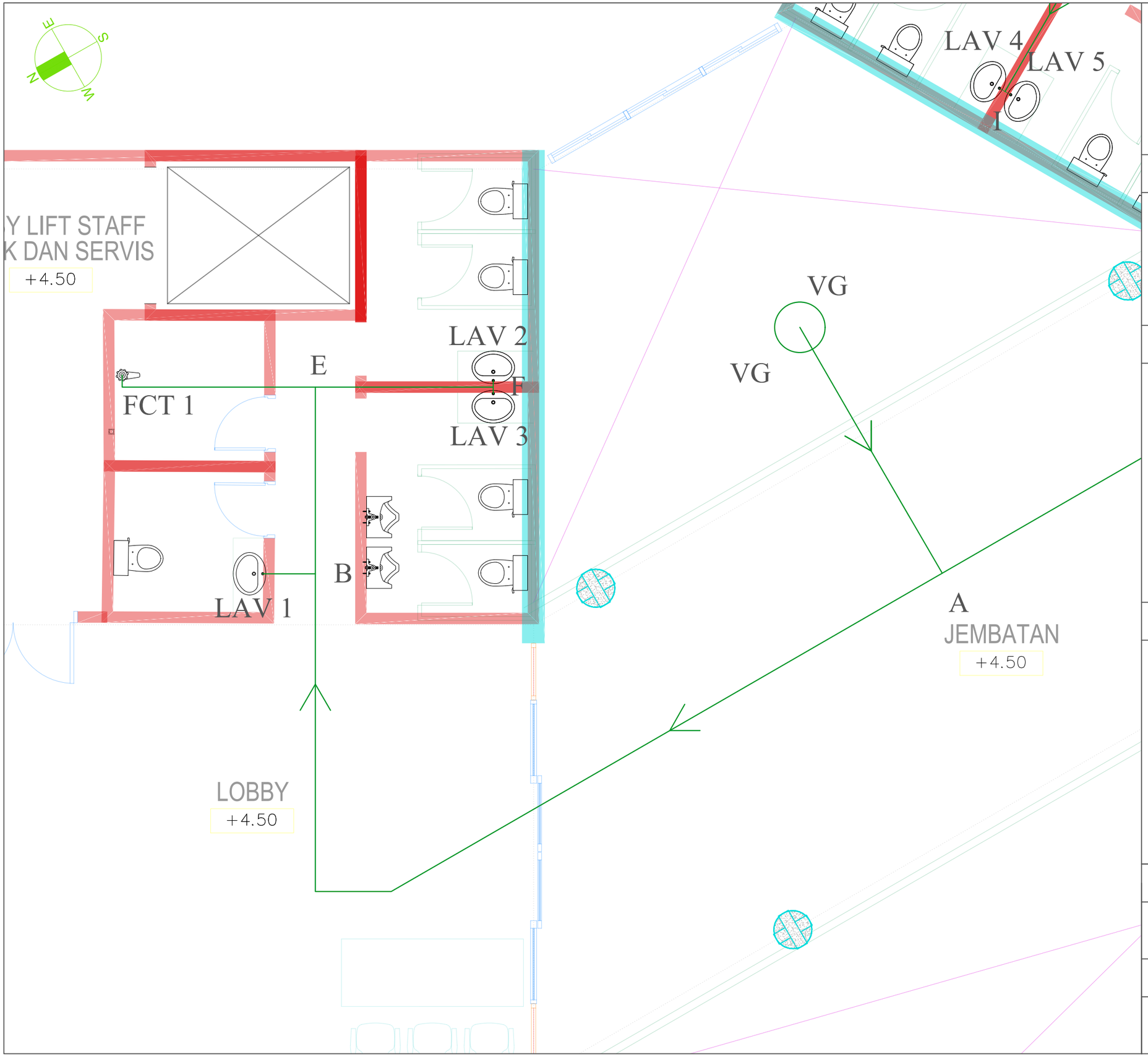
KETERANGAN

FAUCET (FCT)
LAVATORY (LAV)
SHOWER (SHW)
VERTICAL GALLERY (VG)
A — B JALUR PIPA PDAM (A - B)

SKALA

1 : 250

NO. GAMBAR	NO. HALAMAN
5.12	V-33

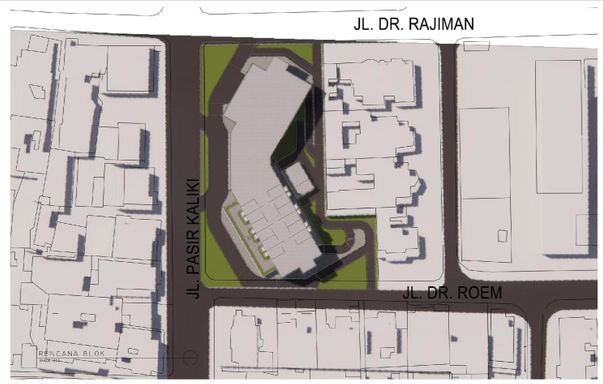


PROGRAM STUDI
TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN
2026

JUDUL GAMBAR

DENAH PENJALURAN PIPA AIR PDAM
LANTAI 1 SAYAP KIRI
RUMAH SAKIT KHUSUS JANTUNG
CIGADUNG KOTA BANDUNG

GAMBAR KUNCI



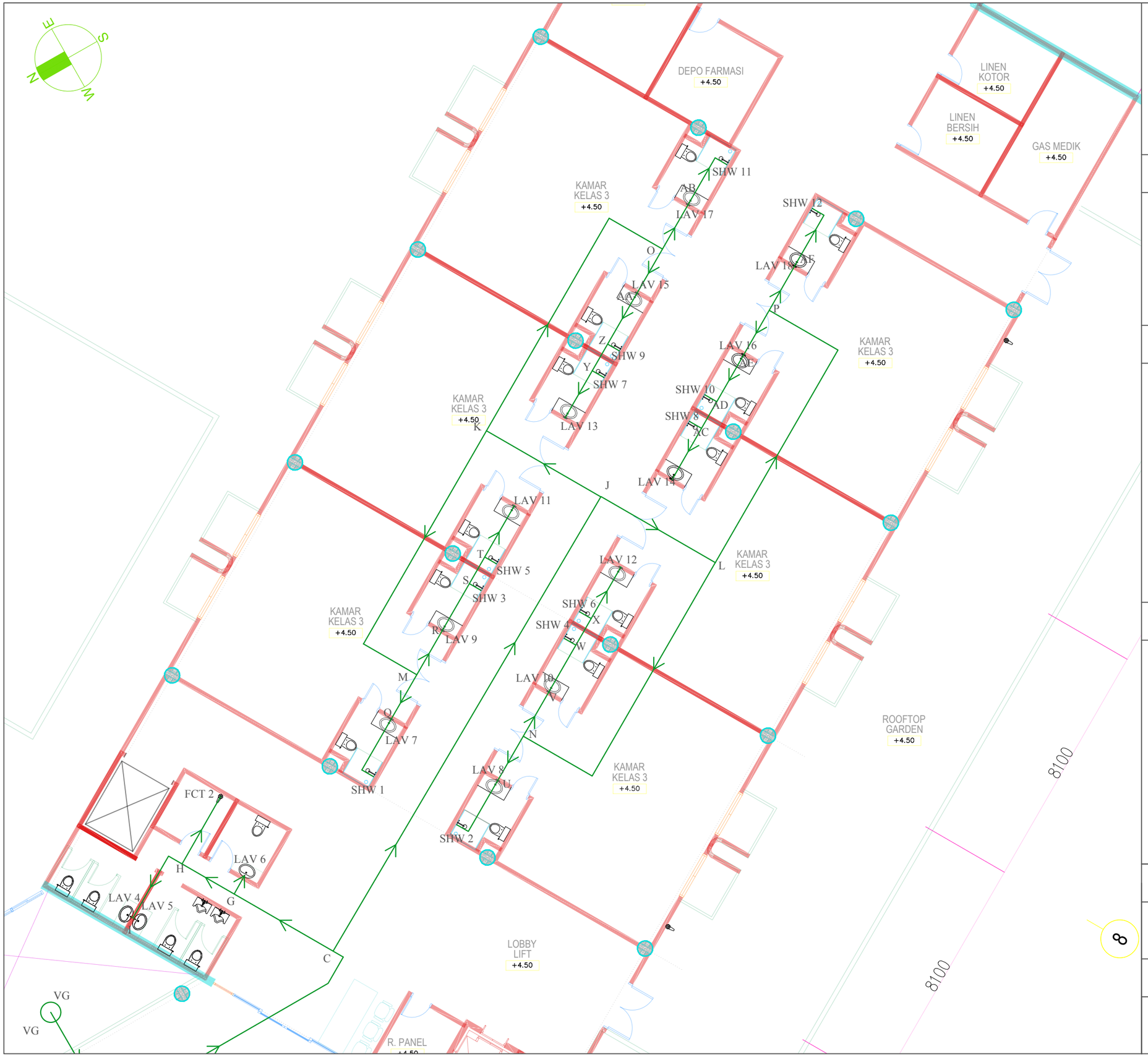
KETERANGAN

FAUCET (FCT)
LAVATORY (LAV)
SHOWER (SHW)
VERTICAL GALLERY (VG)
A — B JALUR PIPA PDAM (A - B)

SKALA

1 : 50

NO. GAMBAR	NO. HALAMAN
5.13	V-34

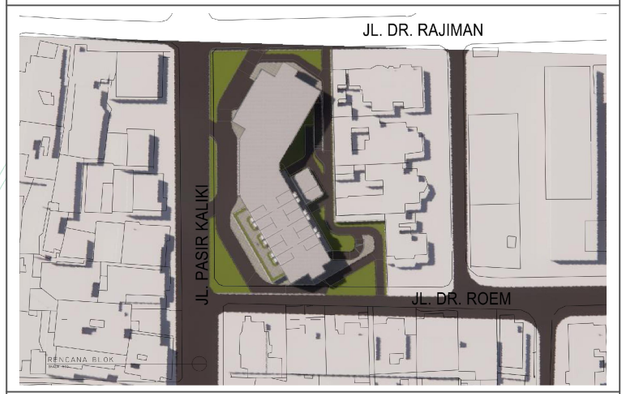


PROGRAM STUDI
TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN
2026

JUDUL GAMBAR

DENAH PENJALURAN PIPA AIR PDAM
LANTAI 1 SAYAP KANAN
RUMAH SAKIT KHUSUS JANTUNG
CIGADUNG KOTA BANDUNG

GAMBAR KUNCI



KETERANGAN

FAUCET (FCT)
LAVATORY (LAV)
SHOWER (SHW)
VERTICAL GALLERY (VG)
A — B JALUR PIPA PDAM (A - B)

SKALA

1 : 125

NO. GAMBAR	NO. HALAMAN
5.14	V-35

Tabel 5.10 Penjaluran Pipa Air PDAM Lantai 1

Jalur	Alat Plambing /jalur pendahulu	Unit Beban Alat Plambing (UBAP)			Panjang Jalur [L] (m)	QT [Y] (L/s)	Q (L/s) (v = 1,5 m/s)	Pemilihan Pipa**	
		Tunggal	Tunggal tertinggi [a]	Total [X]				DN (mm)	Cek v (0,9 – 2,0 m/s)
Sayap Kiri									
FCT 1 – E	FCT 1	1	1	1	4,700	0,1	0,23	13	0,75
LAV 2 – F	LAV 2	1	1	1	2,086	0,1	0,23	13	0,75
LAV 3 – F	LAV 3	1	1	1	2,086	0,1	0,23	13	0,75
F – E	LAV 2 – F LAV 3 – F	1 1	1	2	2,345	0,12	0,23	13	0,90
E – B	FCT 1 – E F – E	1 2	1	3	2,460	0,13	0,23	13	0,98
LAV 1 – B	LAV 1	1	1	1	2,695	0,1	0,23	13	0,75
B – A	E – B LAV 1 – B	3 1	1	4	13,578	0,14	0,23	13	1,06
Sayap Kanan									
FCT 2 – H	FCT 2	1	1	1	4,557	0,1	0,23	13	0,75
LAV 4 – I	LAV 4	1	1	1	2,086	0,1	0,23	13	0,75
LAV 5 – I	LAV 5	1	1	1	2,086	0,1	0,23	13	0,75
I – H	LAV 4 – I LAV 5 – I	1 1	1	2	2,345	0,12	0,23	13	0,90
H – G	FCT 2 – H I – H	1 2	1	3	2,500	0,13	0,23	13	0,98
LAV 6 – G	LAV 6	1	1	1	2,695	0,1	0,23	13	0,75
G – C	H – G LAV 6 – G	3 1	1	4	3,763	0,14	0,23	13	1,06
SHW 1 – Q	SHW 1	2	2	2	4,395	0,20	0,23	13	1,51
LAV 7 – Q	LAV 7	1	1	1	2,00	0,1	0,23	13*	0,75*
Q – M	SHW 1 – Q LAV 7 – Q	2 1	2	3	1,662	0,24	0,38	16	1,19
LAV 11 – T	LAV 11	1	1	1	3,961	0,1	0,23	13*	0,75*
SHW 5 – T	SHW 5	2	2	2	2,430	0,20	0,23	13	1,51
T – S	LAV 11 – T SHW 5 – T	1 2	2	3	1,021	0,24	0,38	16	1,19
SHW 3 – S	SHW 3	2	2	2	2,430	0,20	0,23	13	1,51
S – R	T – S SHW 3 – S	3 2	2	5	1,793	0,28	0,38	16	1,39
LAV 9 – R	LAV 9	1	1	1	2,00	0,10	0,23	13*	0,75*
R – M	S – R LAV 9 – R	5 1	2	6	1,645	0,32	0,38	16	1,59

Jalur	Alat Plambing /jalur pendahulu	Unit Beban Alat Plambing (UBAP)			Panjang Jalur [L] (m)	QT [Y] (L/s)	Q (L/s) (v = 1,5 m/s)	Pemilihan Pipa**	
		Tunggal	Tunggal tertinggi [a]	Total [X]				DN (mm)	Cek v (0,9 – 2,0 m/s)
M – K	Q – M R – M	3 6	2	9	10,138	0,38	0,38	16	1,89
LAV 13 – Y	LAV 13	1	1	1	3,804	0,10	0,23	13*	0,75*
SHW 7 – Y	SHW 7	2	2	2	2,430	0,20	0,23	13	1,51
Y – Z	LAV 13 – Y SHW 7 – Y	1 2	2	3	1,012	0,24	0,38	16	1,19
SHW 9 – Z	SHW 9	2	2	2	2,430	0,20	0,23	13	1,51
Z – AA	Y – Z SHW 9 – Z	3 2	2	5	1,951	0,28	0,38	16	1,39
LAV 15 – AA	LAV 15	1	1	1	2,00	0,10	0,23	13*	0,75*
AA – O	Z – AA LAV 15 – AA	5 1	2	6	1,657	0,32	0,38	16	1,59
SHW 11 – AB	SHW 11	2	2	2	4,234	0,20	0,23	13	1,51
LAV 17 – AB	LAV 17	1	1	1	2,00	0,10	0,23	13*	0,75*
AB – O	SHW 11 – AB LAV 17 – AB	2 1	2	3	1,667	0,24	0,38	16	1,19
O – K	AA – O AB – O	6 3	2	9	10,117	0,38	0,38	16	1,89
K – J	M – K O – K	9 9	2	18	4,352	0,50	0,57	25	1,02
SHW 2 – U	SHW 2	2	2	2	4,395	0,20	0,23	13	1,51
LAV 8 – U	LAV 8	1	1	1	2,00	0,10	0,23	13*	0,75*
U – N	SHW 2 – U LAV 8 – U	2 1	2	3	1,662	0,24	0,38	16	1,19
LAV 12 – X	LAV 12	1	1	1	3,961	0,10	0,23	13*	0,75*
SHW 6 – X	SHW 6	2	2	2	2,430	0,20	0,23	13	1,51
X – W	LAV 12 – X SHW 6 – X	1 2	2	3	1,021	0,24	0,38	16	1,19
SHW 4 – W	SHW 4	2	2	2	2,430	0,20	0,23	13	1,51
W – V	X – W SHW 4 – W	3 2	2	5	1,793	0,28	0,38	16	1,39
LAV 10 – V	LAV 10	1	1	1	2,00	0,1	0,23	13*	0,75*
V – N	W – V LAV 10 – V	5 1	2	6	1,645	0,32	0,38	16	1,59

Jalur	Alat Plambing /jalur pendahulu	Unit Beban Alat Plambing (UBAP)			Panjang Jalur [L] (m)	QT [Y] (L/s)	Q (L/s) (v = 1,5 m/s)	Pemilihan Pipa**	
		Tunggal	Tunggal tertinggi [a]	Total [X]				DN (mm)	Cek v (0,9 – 2,0 m/s)
N – L	U – N V – N	3 6	2	9	10,138	0,38	0,38	16	1,89
SHW 12 – AF	SHW 12	2	2	2	4,234	0,20	0,23	13	1,51
LAV 18 – AF	LAV 18	1	1	1	2,00	0,10	0,23	13*	0,75*
AF – P	SHW 12 – AF LAV 18 – AF	2 1	2	3	1,667	0,24	0,38	16	1,19
LAV 14 – AC	LAV 14	1	1	1	3,804	0,10	0,23	13*	0,75*
SHW 8 – AC	SHW 8	2	2	2	2,430	0,20	0,23	13	1,51
AC – AD	LAV 14 – AC SHW 8 – AC	1 2	2	3	1,012	0,24	0,38	16	1,19
SHW 10 – AD	SHW 10	2	2	2	2,430	0,20	0,23	13	1,51
AD – AE	AC – AD SHW 10 – AD	3 2	2	5	1,951	0,28	0,38	16	1,39
LAV 16 – AE	LAV 16	1	1	1	2,00	0,10	0,23	13*	0,75*
AE – P	AD – AE LAV 16 – AE	5 1	2	6	1,657	0,32	0,38	16	1,59
P – L	AF – P AE – P	3 6	2	9	10,117	0,38	0,38	16	1,89
L – J	N – L P – L	9 9	2	18	4,352	0,50	0,57	25	1,02
J – C	K – J L – J	18 18	2	36	13,377	0,62	0,91	25	1,26
C – A	G – C J – C	4 36	2	40	9,780	0,65	0,91	25	1,32
A – VG	B – A C – A	4 40	2	44	3,745	0,67	0,91	25	1,37
Total Panjang Jalur Pipa					**219,142**				

Catatan:

*) Pipa servis alat tunggal dengan beban aliran kecil menggunakan diameter minimum yang tersedia. Kriteria kecepatan aliran 0,9–2,0 m/s tidak diterapkan pada pipa servis alat tunggal.

Berdasarkan rekapitulasi penjaluran pipa lantai 1 dengan total panjang jaringan **219,142 m**, sistem plambing tersusun dari beberapa diameter pipa dengan fungsi hidraulik yang berbeda. Distribusi panjang menunjukkan bahwa:

DN 13 = 118,210 m (27,0%) **DN 25 = 35,606 m (8,1%)**

DN 16 = 65,326 m (14,9%)

Adapun jumlah fitting pada lantai 1:

Elbow 90 DN 13	= 34 unit	*Reducer* 16 – 13	= 23 unit
Elbow 90 DN 16	= 4 unit	*Reducer* 20 – 13	= 4 unit
Elbow 90 DN 25	= 4 unit	*Reducer* 25 – 16	= 2 unit
Elbow 45 DN 25	= 1 unit		
Tee DN 13	= 2 unit		
Tee DN 16	= 20 unit		
Tee DN 25	= 7 unit		

Secara umum, variasi diameter pipa yang digunakan merupakan hasil dari pemenuhan kriteria kecepatan aliran sesuai SNI 8153:2025, yaitu berada dalam rentang 0,9–2,0 m/s.

Pipa **DN 13** digunakan sebagai pipa servis untuk alat plambing tunggal dengan debit kecil dan panjang jalur relatif pendek. Pada segmen pelayanan alat tunggal, kriteria kecepatan aliran tidak dijadikan parameter pengendali sehingga penggunaan diameter minimum tetap diperbolehkan sesuai praktik perencanaan sistem plambing.

Pada jalur cabang pengumpul, diameter **DN 16** dan **DN 25** digunakan pada kondisi debit menengah yang sebanding. Berdasarkan hasil evaluasi kecepatan aliran, tidak seluruh segmen dengan **DN 25** dapat diperkecil menjadi **DN 20**, karena pada beberapa segmen penurunan diameter menyebabkan kecepatan aliran naik di atas batas minimum yang dipersyaratkan (0,9 m/s). Oleh karena itu, diameter **DN 25** tetap dipertahankan pada segmen-segmen tersebut sebagai ukuran yang memenuhi kriteria hidraulik.

Pipa **DN 25** digunakan pada segmen dengan akumulasi debit yang lebih besar sebelum menuju pipa tegak. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa kecepatan aliran pada diameter **DN 25** masih berada dalam rentang yang dipersyaratkan, sehingga diameter ini dipertahankan tanpa dilakukan perubahan yang menyebabkan kecepatan aliran berada di luar batas yang ditetapkan. Pipa **DN 25** digunakan pada segmen *header* utama yang terhubung dengan pipa tegak. Berdasarkan hasil evaluasi hidraulik, penggunaan diameter ini tetap menghasilkan kecepatan aliran dalam rentang 0,9–2,0 m/s pada segmen terkait.

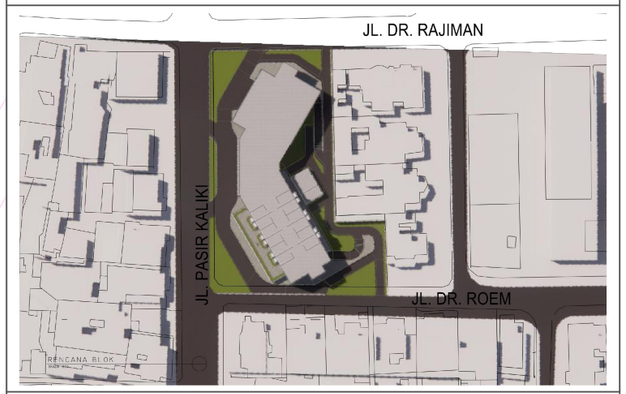


PROGRAM STUDI
TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN
2026

JUDUL GAMBAR

DENAH PENJALURAN PIPA AIR PDAM
LANTAI 2
RUMAH SAKIT KHUSUS JANTUNG
CIGADUNG KOTA BANDUNG

GAMBAR KUNCI



KETERANGAN

FAUCET (FCT)

LAVATORY (LAV)

SHOWER (SHW)

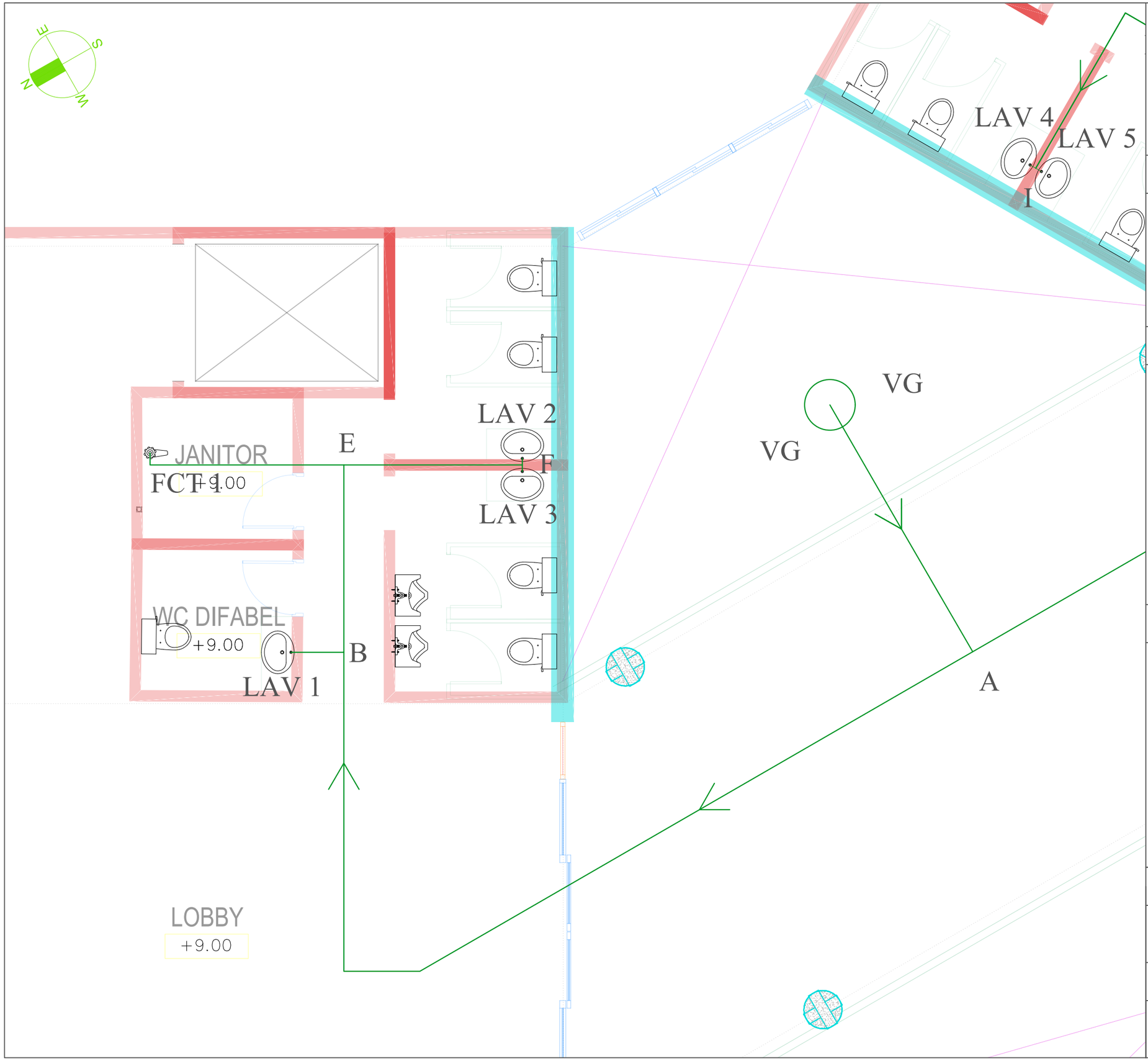
VERTICAL GALLERY (VG)

A — B JALUR PIPA PDAM (A - B)

SKALA

1 : 250

NO. GAMBAR	NO. HALAMAN
5.15	V-41

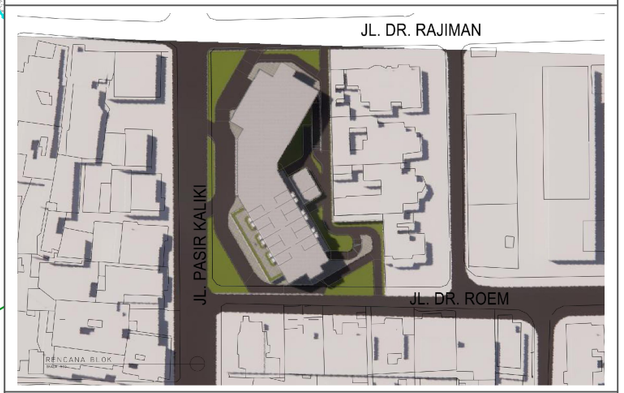


PROGRAM STUDI
TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN
2026

JUDUL GAMBAR

DENAH PENJALURAN PIPA AIR PDAM
LANTAI 2 SAYAP KIRI
RUMAH SAKIT KHUSUS JANTUNG
CIGADUNG KOTA BANDUNG

GAMBAR KUNCI



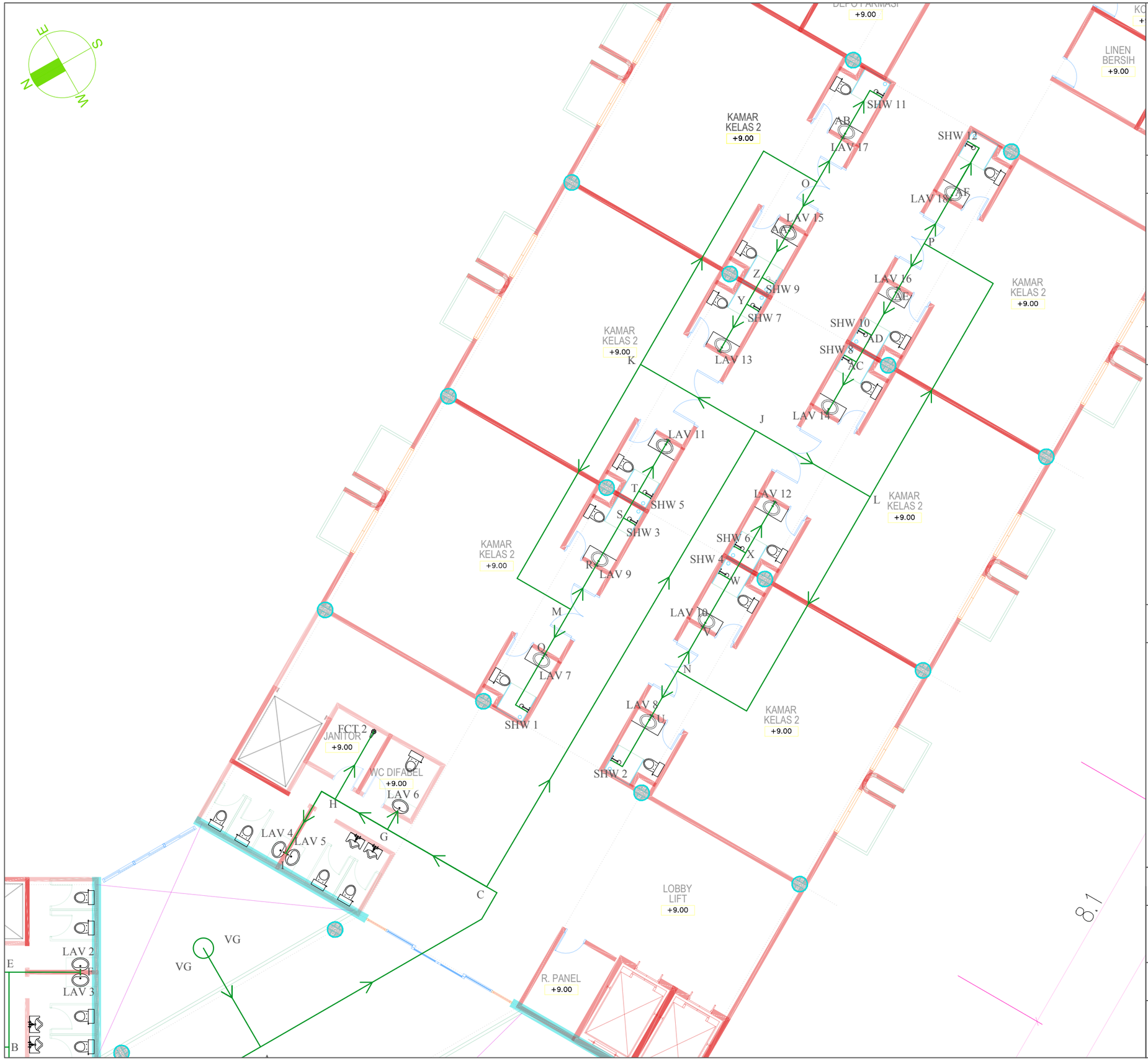
KETERANGAN

FAUCET (FCT)
LAVATORY (LAV)
SHOWER (SHW)
VERTICAL GALLERY (VG)
A — B JALUR PIPA PDAM (A - B)

SKALA

1 : 50

NO. GAMBAR	NO. HALAMAN
5.16	V-42

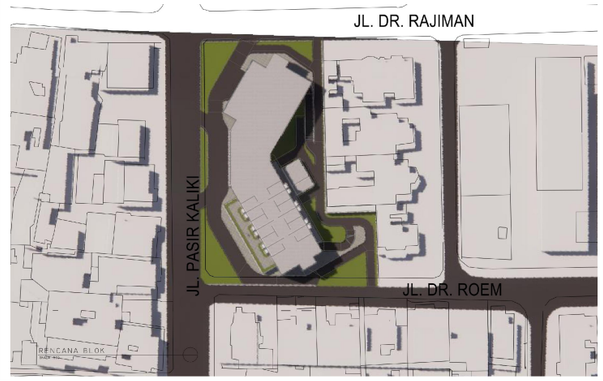


PROGRAM STUDI
TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN
2026

JUDUL GAMBAR

DENAH PENJALURAN PIPA AIR PDAM
LANTAI 2 SAYAP KANAN
RUMAH SAKIT KHUSUS JANTUNG
CIGADUNG KOTA BANDUNG

GAMBAR KUNCI



KETERANGAN

FAUCET (FCT)
LAVATORY (LAV)
SHOWER (SHW)
VERTICAL GALLERY (VG)
A → B JALUR PIPA PDAM (A - B)

SKALA

1 : 125

NO. GAMBAR	NO. HALAMAN
5.17	V-43

Tabel 5.11 Penjaluran Pipa Air PDAM Lantai 2

Jalur	Alat Plambing /jalur pendahulu	Unit Beban Alat Plambing (UBAP)			Panjang Jalur [L] (m)	QT [Y] (L/s)	Q (L/s) (v = 1,5 m/s)	Pemilihan Pipa**	
		Tunggal	Tunggal tertinggi [a]	Total [X]				DN (mm)	Cek v (0,9 – 2,0 m/s)
Sayap Kiri									
FCT 1 – E	FCT 1	1	1	1	4,700	0,1	0,23	13	0,75
LAV 2 – F	LAV 2	1	1	1	2,086	0,1	0,23	13	0,75
LAV 3 – F	LAV 3	1	1	1	2,086	0,1	0,23	13	0,75
F – E	LAV 2 – F LAV 3 – F	1 1	1	2	2,345	0,12	0,23	13	0,90
E – B	FCT 1 – E F – E	1 2	1	3	2,460	0,13	0,23	13	0,98
LAV 1 – B	LAV 1	1	1	1	2,695	0,1	0,23	13	0,75
B – A	E – B LAV 1 – B	3 1	1	4	13,578	0,14	0,23	13	1,06
Sayap Kanan									
FCT 2 – H	FCT 2	1	1	1	4,557	0,1	0,23	13	0,75
LAV 4 – I	LAV 4	1	1	1	2,086	0,1	0,23	13	0,75
LAV 5 – I	LAV 5	1	1	1	2,086	0,1	0,23	13	0,75
I – H	LAV 4 – I LAV 5 – I	1 1	1	2	2,345	0,12	0,23	13	0,90
H – G	FCT 2 – H I – H	1 2	1	3	2,500	0,13	0,23	13	0,98
LAV 6 – G	LAV 6	1	1	1	2,695	0,1	0,23	13	0,75
G – C	H – G LAV 6 – G	3 1	1	4	3,763	0,14	0,23	13	1,06
SHW 1 – Q	SHW 1	2	2	2	4,395	0,20	0,23	13	1,51
LAV 7 – Q	LAV 7	1	1	1	2,00	0,1	0,23	13*	0,75*
Q – M	SHW 1 – Q LAV 7 – Q	2 1	2	3	1,662	0,24	0,38	16	1,19
LAV 11 – T	LAV 11	1	1	1	3,961	0,1	0,23	13*	0,75*
SHW 5 – T	SHW 5	2	2	2	2,430	0,20	0,23	13	1,51
T – S	LAV 11 – T SHW 5 – T	1 2	2	3	1,021	0,24	0,38	16	1,19
SHW 3 – S	SHW 3	2	2	2	2,430	0,20	0,23	13	1,51
S – R	T – S SHW 3 – S	3 2	2	5	1,793	0,28	0,38	16	1,39
LAV 9 – R	LAV 9	1	1	1	2,00	0,10	0,23	13*	0,75*
R – M	S – R LAV 9 – R	5 1	2	6	1,645	0,32	0,38	16	1,59

Jalur	Alat Plambing /jalur pendahulu	Unit Beban Alat Plambing (UBAP)			Panjang Jalur [L] (m)	QT [Y] (L/s)	Q (L/s) (v = 1,5 m/s)	Pemilihan Pipa**	
		Tunggal	Tunggal tertinggi [a]	Total [X]				DN (mm)	Cek v (0,9 – 2,0 m/s)
M – K	Q – M R – M	3 6	2	9	10,138	0,38	0,38	16	1,89
LAV 13 – Y	LAV 13	1	1	1	3,804	0,10	0,23	13*	0,75*
SHW 7 – Y	SHW 7	2	2	2	2,430	0,20	0,23	13	1,51
Y – Z	LAV 13 – Y SHW 7 – Y	1 2	2	3	1,012	0,24	0,38	16	1,19
SHW 9 – Z	SHW 9	2	2	2	2,430	0,20	0,23	13	1,51
Z – AA	Y – Z SHW 9 – Z	3 2	2	5	1,951	0,28	0,38	16	1,39
LAV 15 – AA	LAV 15	1	1	1	2,00	0,10	0,23	13*	0,75*
AA – O	Z – AA LAV 15 – AA	5 1	2	6	1,657	0,32	0,38	16	1,59
SHW 11 – AB	SHW 11	2	2	2	4,234	0,20	0,23	13	1,51
LAV 17 – AB	LAV 17	1	1	1	2,00	0,10	0,23	13*	0,75*
AB – O	SHW 11 – AB LAV 17 – AB	2 1	2	3	1,667	0,24	0,38	16	1,19
O – K	AA – O AB – O	6 3	2	9	10,117	0,38	0,38	16	1,89
K – J	M – K O – K	9 9	2	18	4,352	0,50	0,57	25	1,02
SHW 2 – U	SHW 2	2	2	2	4,395	0,20	0,23	13	1,51
LAV 8 – U	LAV 8	1	1	1	2,00	0,10	0,23	13*	0,75*
U – N	SHW 2 – U LAV 8 – U	2 1	2	3	1,662	0,24	0,38	16	1,19
LAV 12 – X	LAV 12	1	1	1	3,961	0,10	0,23	13*	0,75*
SHW 6 – X	SHW 6	2	2	2	2,430	0,20	0,23	13	1,51
X – W	LAV 12 – X SHW 6 – X	1 2	2	3	1,021	0,24	0,38	16	1,19
SHW 4 – W	SHW 4	2	2	2	2,430	0,20	0,23	13	1,51
W – V	X – W SHW 4 – W	3 2	2	5	1,793	0,28	0,38	16	1,39
LAV 10 – V	LAV 10	1	1	1	2,00	0,1	0,23	13*	0,75*
V – N	W – V LAV 10 – V	5 1	2	6	1,645	0,32	0,38	16	1,59

Jalur	Alat Plambing /jalur pendahulu	Unit Beban Alat Plambing (UBAP)			Panjang Jalur [L] (m)	QT [Y] (L/s)	Q (L/s) (v = 1,5 m/s)	Pemilihan Pipa**	
		Tunggal	Tunggal tertinggi [a]	Total [X]				DN (mm)	Cek v (0,9 – 2,0 m/s)
N – L	U – N V – N	3 6	2	9	10,138	0,38	0,38	16	1,89
SHW 12 – AF	SHW 12	2	2	2	4,234	0,20	0,23	13	1,51
LAV 18 – AF	LAV 18	1	1	1	2,00	0,10	0,23	13*	0,75*
AF – P	SHW 12 – AF LAV 18 – AF	2 1	2	3	1,667	0,24	0,38	16	1,19
LAV 14 – AC	LAV 14	1	1	1	3,804	0,10	0,23	13*	0,75*
SHW 8 – AC	SHW 8	2	2	2	2,430	0,20	0,23	13	1,51
AC – AD	LAV 14 – AC SHW 8 – AC	1 2	2	3	1,012	0,24	0,38	16	1,19
SHW 10 – AD	SHW 10	2	2	2	2,430	0,20	0,23	13	1,51
AD – AE	AC – AD SHW 10 – AD	3 2	2	5	1,951	0,28	0,38	16	1,39
LAV 16 – AE	LAV 16	1	1	1	2,00	0,10	0,23	13*	0,75*
AE – P	AD – AE LAV 16 – AE	5 1	2	6	1,657	0,32	0,38	16	1,59
P – L	AF – P AE – P	3 6	2	9	10,117	0,38	0,38	16	1,89
L – J	N – L P – L	9 9	2	18	4,352	0,50	0,57	25	1,02
J – C	K – J L – J	18 18	2	36	13,377	0,62	0,91	25	1,26
C – A	G – C J – C	4 36	2	40	9,780	0,65	0,91	25	1,32
A – VG	B – A C – A	4 40	2	44	3,745	0,67	0,91	25	1,37
Total Panjang Jalur Pipa					**219,142**				

Catatan:

*) Pipa servis alat tunggal dengan beban aliran kecil menggunakan diameter minimum yang tersedia. Kriteria kecepatan aliran 0,9–2,0 m/s tidak diterapkan pada pipa servis alat tunggal.

Konfigurasi alat plambing, pola penjaluran, serta distribusi beban pada lantai 1 dan lantai 2 bersifat tipikal, sehingga penentuan diameter pipa pada lantai 2 dilakukan dengan mengacu pada hasil perhitungan dan evaluasi hidraulik lantai 1 sebagai lantai representatif. Dengan pendekatan ini, tabel penjaluran lantai 2 berfungsi sebagai replikasi desain lantai 1. Distribusi panjang pipa pada lantai 2 menunjukkan bahwa:

DN 13 = 118,210 m (27,0%) **DN 25 = 35,606 m (8,1%)**

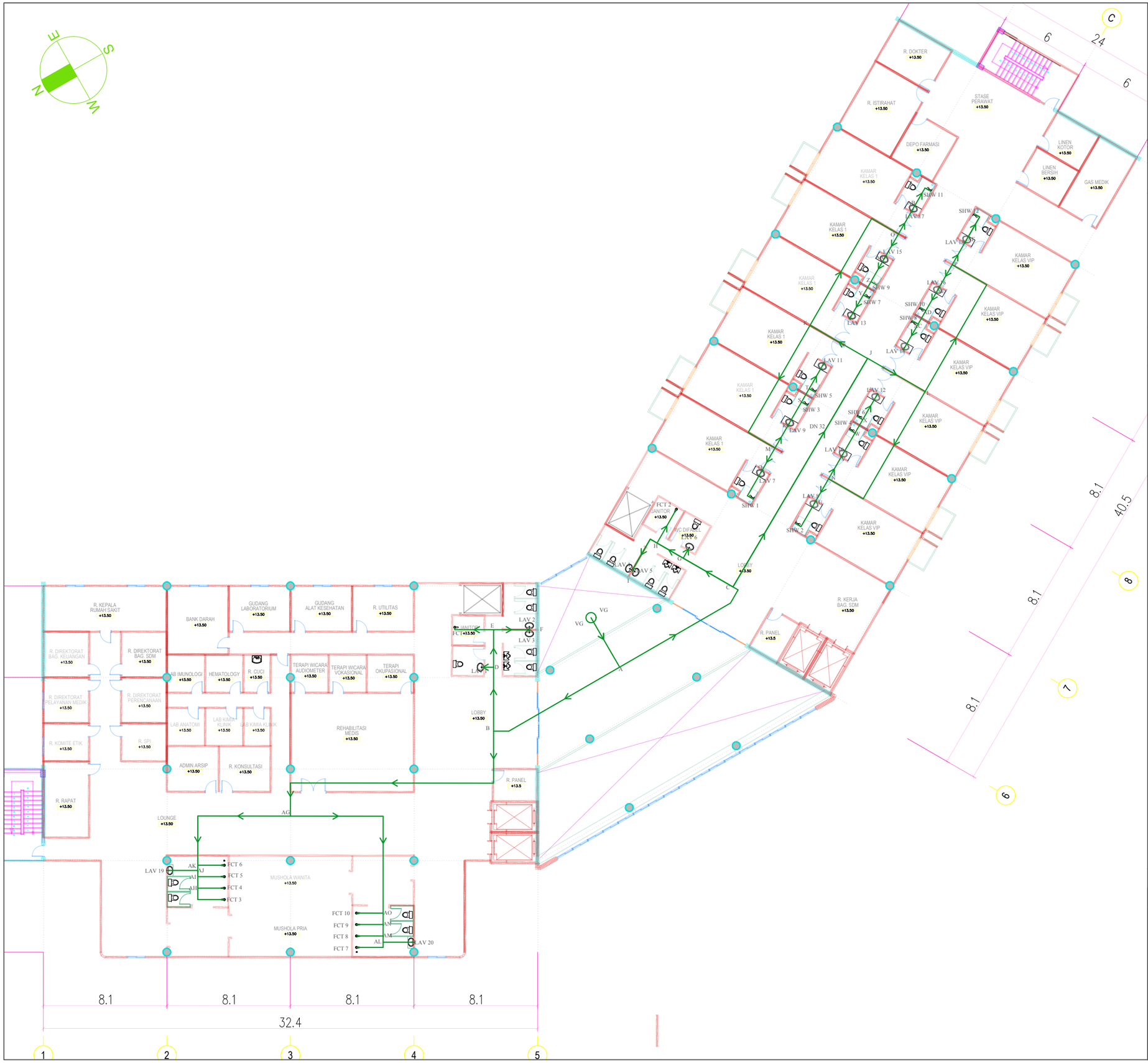
DN 16 = 65,326 m (14,9%)

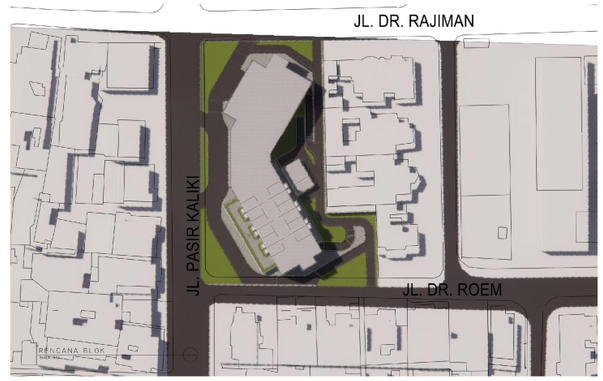
Adapun jumlah fitting pada lantai 1:

Elbow 90 DN 13	= 34 unit	*Reducer* 16 – 13	= 23 unit
Elbow 90 DN 16	= 4 unit	*Reducer* 20 – 13	= 4 unit
Elbow 90 DN 25	= 4 unit	*Reducer* 25 – 16	= 2 unit
Elbow 45 DN 25	= 1 unit		
Tee DN 13	= 2 unit		
Tee DN 16	= 20 unit		
Tee DN 25	= 7 unit		

Secara hidraulik, kesamaan konfigurasi jaringan menyebabkan karakteristik aliran pada lantai 2 identik dengan lantai 1, sehingga pemilihan diameter pipa tetap memenuhi kriteria kecepatan aliran sesuai SNI 8153:2025, yaitu berada dalam rentang 0,9–2,0 m/s.

Pola distribusi diameter pipa pada lantai 2 juga menunjukkan fungsi yang konsisten, yaitu **DN 13** digunakan sebagai pipa servis alat plambing tunggal, **DN 16** sebagai cabang pengumpul dengan debit menengah, serta **DN 25** sebagai jalur distribusi utama dan penghubung ke pipa tegak.





PROGRAM STUDI
TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN
2026

JUDUL GAMBAR

DENAH PENJALURAN PIPA AIR PDAM
LANTAI 3
RUMAH SAKIT KHUSUS JANTUNG
CIGADUNG KOTA BANDUNG

GAMBAR KUNCI

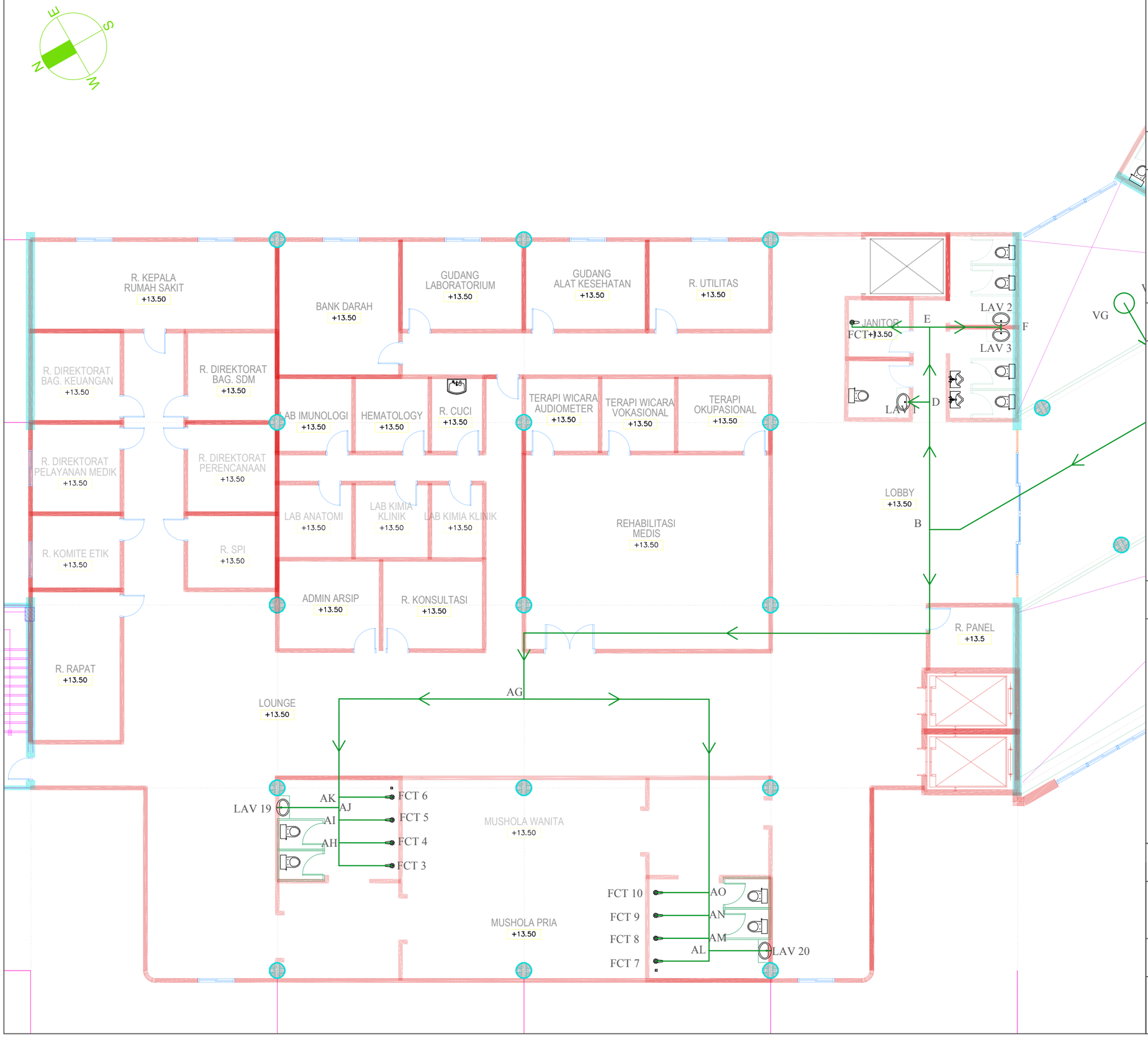
KETERANGAN

- FAUCET (FCT)
- LAVATORY (LAV)
- SHOWER (SHW)
- VERTICAL GALLERY (VG)
- A — B : JALUR PIPA PDAM (A - B)

SKALA

1 : 250

NO. GAMBAR	NO. HALAMAN
5.18	V-48

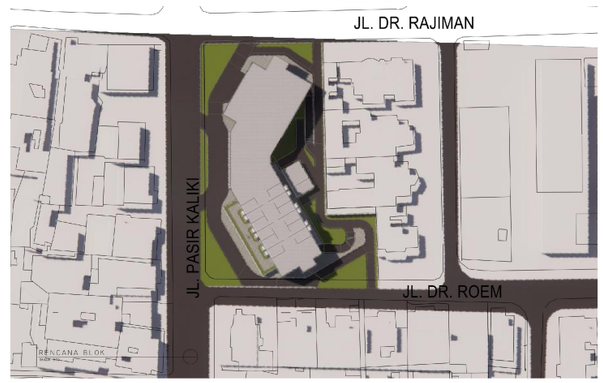


PROGRAM STUDI
TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN
2026

JUDUL GAMBAR

DENAH PENJALURAN PIPA AIR PDAM
LANTAI 3 SAYAP KIRI
RUMAH SAKIT KHUSUS JANTUNG
CIGADUNG KOTA BANDUNG

GAMBAR KUNCI



KETERANGAN

FAUCET (FCT)
LAVATORY (LAV)
SHOWER (SHW)
VERTICAL GALLERY (VG)
A — B JALUR PIPA PDAM (A - B)

SKALA

1 : 125

NO. GAMBAR	NO. HALAMAN
5.19	V-49

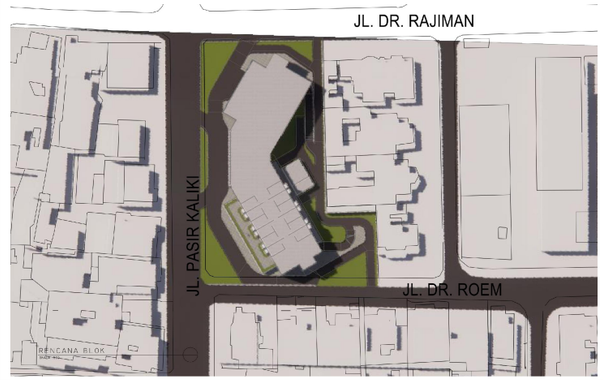


PROGRAM STUDI
TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN
2026

JUDUL GAMBAR

DENAH PENJALURAN PIPA AIR PDAM
LANTAI 3 SAYAP KANAN
RUMAH SAKIT KHUSUS JANTUNG
CIGADUNG KOTA BANDUNG

GAMBAR KUNCI



KETERANGAN

FAUCET (FCT)

LAVATORY (LAV)

SHOWER (SHW)

VERTICAL GALLERY (VG)

A — B JALUR PIPA PDAM (A - B)

SKALA

1 : 125

NO. GAMBAR	NO. HALAMAN
5.20	V-50

Tabel 5.12 Penjaluran Pipa Air PDAM Lantai 3

Jalur	Alat Plambing/ jalur pendahulu	Unit Beban Alat Plambing (UBAP)			Panjang Jalur [L] (m)	QT [Y] (L/s)	Q (L/s) (v = 1,5 m/s)	Pemilihan Pipa**	
		Tunggal	Tunggal tertinggi [a]	Total [X]				DN (mm)	Cek v (0,9 – 2,0 m/s)
Sayap Kiri									
FCT 1 – E	FCT 1	1	1	1	4,700	0,1	0,23	13	0,75
LAV 2 – F	LAV 2	1	1	1	2,086	0,1	0,23	13	0,75
LAV 3 – F	LAV 3	1	1	1	2,086	0,1	0,23	13	0,75
F – E	LAV 2 – F LAV 3 – F	1 1	1	2	2,345	0,12	0,23	13	0,90
E – D	FCT 1 – E F – E	1 2	1	3	2,460	0,13	0,23	13	0,98
LAV 1 – D	LAV 1	1	1	1	2,695	0,1	0,23	13	0,75
D – B	E – D LAV 1 – D	3 1	1	4	13,578	0,14	0,23	13	1,06
FCT 3 – AH	FCT 3	1	1	1	4,497	0,1	0,23	13	0,75
FCT 4 – AH	FCT 4	1	1	1	3,747	0,1	0,23	13	0,75
AH – AI	FCT 3 – AH FCT 4 – AH	1 1	1	2	2,750	0,12	0,23	13	0,90
FCT 5 – AI	FCT 5	1	1	1	3,747	0,1	0,23	13	0,75
AI – AJ	AH – AI FCT 5 – AI	2 1	1	3	0,406	0,13	0,23	13	0,98
LAV 19 – AJ	LAV 19	1	1	1	4,010	0,1	0,23	13	0,75
AJ – AK	AI – AJ LAV 19 – AJ	3 1	1	4	0,344	0,14	0,23	13	1,06
FCT 6 – AK	FCT 6	1	1	1	3,747	0,1	0,23	13	0,75
AK – AG	AJ – AK FCT 6 – AK	4 1	1	5	9,302	0,15	0,23	13	1,13
FCT 7 – AL	FCT 7	1	1	1	4,092	0,1	0,23	13	0,75
LAV 20 – AL	LAV 20	1	1	1	0,408	0,1	0,23	13	0,75
AL – AM	FCT 7 – AL LAV 20 – AL	1 1	1	2	4,006	0,12	0,23	13	0,90
FCT 8 – AM	FCT 8	1	1	1	3,750	0,1	0,23	13	0,75
AM – AN	AL – AM FCT 8 – AM	2 1	1	3	0,750	0,13	0,23	13	0,98
FCT 9 – AN	FCT 9	1	1	1	3,750	0,1	0,23	13	0,75
AN – AO	AM – AN FCT 9 – AN	3 1	1	4	0,750	0,14	0,23	13	1,06

Jalur	Alat Plambing/ jalur pendahulu	Unit Beban Alat Plambing (UBAP)			Panjang Jalur [L] (m)	QT [Y] (L/s)	Q (L/s) (v = 1,5 m/s)	Pemilihan Pipa**	
		Tunggal	Tunggal tertinggi [a]	Total [X]				DN (mm)	Cek v (0,9 – 2,0 m/s)
FCT 10 – AO	FCT 10	1	1	1	3,750	0,1	0,23	13	0,75
AO – AG	AN – AO FCT 10 – AO	4 1	1	5	12,425	0,15	0,23	13	1,13
AG – B	AK – AG AO – AG	5 5	1	10	18,900	0,2	0,23	13	1,51
B – A	D – B AG – B	4 10	1	14	9,389	0,2	0,23	13	1,51
Sayap Kanan									
FCT 2 – H	FCT 2	1	1	1	4,557	0,1	0,23	13	0,75
LAV 4 – I	LAV 4	1	1	1	2,086	0,1	0,23	13	0,75
LAV 5 – I	LAV 5	1	1	1	2,086	0,1	0,23	13	0,75
I – H	LAV 4 – I LAV 5 – I	1 1	1	2	2,345	0,12	0,23	13	0,90
H – G	FCT 2 – H I – H	1 2	1	3	2,500	0,13	0,23	13	0,98
LAV 6 – G	LAV 6	1	1	1	2,695	0,1	0,23	13	0,75
G – C	H – G LAV 6 – G	3 1	1	4	3,763	0,14	0,23	13	1,06
SHW 1 – Q	SHW 1	2	2	2	4,395	0,2	0,23	13	1,51
LAV 7 – Q	LAV 7	1	1	1	2,00	0,1	0,23	13	0,75
Q – M	SHW 1 – Q LAV 7 – Q	2 1	2	3	1,662	0,25	0,38	13	1,88
LAV 11 – T	LAV 11	1	1	1	3,961	0,1	0,23	13	0,75
SHW 5 – T	SHW 5	2	2	2	2,430	0,2	0,23	13	1,51
T – S	LAV 11 – T SHW 5 – T	1 2	2	3	1,021	0,25	0,38	13	1,88
SHW 3 – S	SHW 3	2	2	2	2,430	0,2	0,23	13	1,51
S – R	T – S SHW 3 – S	3 2	2	5	1,793	0,3	0,38	16	1,49
LAV 9 – R	LAV 9	1	1	1	2,00	0,1	0,23	13	0,75
R – M	S – R LAV 9 – R	5 1	2	6	1,645	0,32	0,38	16	1,59
M – K	Q – M R – M	3 6	2	9	10,138	0,38	0,38	16	1,89
LAV 13 – Y	LAV 13	1	1	1	3,804	0,1	0,23	13	0,75
SHW 7 – Y	SHW 7	2	2	2	2,430	0,2	0,23	13	1,51
Y – Z	LAV 13 – Y	1	2	3	1,012	0,25	0,38	16	1,24

Jalur	Alat Plambing/ jalur pendahulu	Unit Beban Alat Plambing (UBAP)			Panjang Jalur [L] (m)	QT [Y] (L/s)	Q (L/s) (v = 1,5 m/s)	Pemilihan Pipa**	
		Tunggal	Tunggal tertinggi [a]	Total [X]				DN (mm)	Cek v (0,9 – 2,0 m/s)
	SHW 7 – Y	2							
SHW 9 – Z	SHW 9	2	2	2	2,430	0,2	0,23	13	1,51
Z – AA	Y – Z SHW 9 – Z	3 2	2	5	1,951	0,3	0,38	16	1,49
LAV 15 – AA	LAV 15	1	1	1	2,00	0,1	0,23	13	0,75
AA – O	Z – AA LAV 15 – AA	5 1	2	6	1,657	0,32	0,38	16	1,59
SHW 11 – AB	SHW 11	2	2	2	4,234	0,2	0,23	13	1,51
LAV 17 – AB	LAV 17	1	1	1	2,00	0,1	0,23	13	0,75
AB – O	SHW 11 – AB LAV 17 – AB	2 1	2	3	1,667	0,25	0,38	16	1,24
O – K	AA – O AB – O	6 3	2	9	10,117	0,38	0,38	16	1,89
K – J	M – K O – K	9 9	2	18	4,352	0,5	0,57	25	1,02
SHW 2 – U	SHW 2	2	2	2	4,395	0,20	0,23	13	1,51
LAV 8 – U	LAV 8	1	1	1	2,00	0,10	0,23	13*	0,75*
U – N	SHW 2 – U LAV 8 – U	2 1	2	3	1,662	0,25	0,38	16	1,24
LAV 12 – X	LAV 12	1	1	1	3,961	0,10	0,23	13*	0,75*
SHW 6 – X	SHW 6	2	2	2	2,430	0,20	0,23	13	1,51
X – W	LAV 12 – X SHW 6 – X	1 2	2	3	1,021	0,25	0,38	16	1,24
SHW 4 – W	SHW 4	2	2	2	2,430	0,20	0,23	13	1,51
W – V	X – W SHW 4 – W	3 2	2	5	1,793	0,3	0,38	16	1,49
LAV 10 – V	LAV 10	1	1	1	2,00	0,1	0,23	13*	0,75*
V – N	W – V LAV 10 – V	5 1	2	6	1,645	0,32	0,38	16	1,59
N – L	U – N V – N	3 6	2	9	10,138	0,38	0,38	16	1,89
SHW 12 – AF	SHW 12	2	2	2	4,234	0,20	0,23	13	1,51
LAV 18 - AF	LAV 18	1	1	1	2,00	0,10	0,23	13*	0,75*
AF – P	SHW 12 – AF LAV 18 – AF	2 1	2	3	1,667	0,25	0,38	16	1,24

Jalur	Alat Plambing/ jalur pendahulu	Unit Beban Alat Plambing (UBAP)			Panjang Jalur [L] (m)	QT [Y] (L/s)	Q (L/s) (v = 1,5 m/s)	Pemilihan Pipa**	
		Tunggal	Tunggal tertinggi [a]	Total [X]				DN (mm)	Cek v (0,9 – 2,0 m/s)
LAV 14 – AC	LAV 14	1	1	1	3,804	0,10	0,23	13*	0,75*
SHW 8 – AC	SHW 8	2	2	2	2,430	0,20	0,23	13	1,51
AC – AD	LAV 14 – AC SHW 8 – AC	1 2	2	3	1,012	0,24	0,38	16	1,19
SHW 10 – AD	SHW 10	2	2	2	2,430	0,20	0,23	13	1,51
AD – AE	AC – AD SHW 10 – AD	3 2	2	5	1,951	0,3	0,38	16	1,49
LAV 16 – AE	LAV 16	1	1	1	2,00	0,10	0,23	13*	0,75*
AE – P	AD – AE LAV 16 – AE	5 1	2	6	1,657	0,32	0,38	16	1,59
P – L	AF – P AE – P	3 6	2	9	10,117	0,38	0,38	16	1,89
L – J	N – L P – L	9 9	2	18	4,352	0,50	0,57	25	1,02
J – C	K – J L – J	18 18	2	36	13,377	0,62	0,91	25	1,26
C – A	G – C J – C	4 36	2	40	9,780	0,67	0,91	25	1,37
A – VG	B – A C – A	14 40	2	54	3,745	0,8	0,91	25	1,63
					313,662				

Catatan:

*) Pipa servis alat tunggal dengan beban aliran kecil menggunakan diameter minimum yang tersedia. Kriteria kecepatan aliran 0,9–2,0 m/s tidak diterapkan pada pipa servis alat tunggal.

Berdasarkan rekapitulasi penjaluran pipa lantai tiga, jaringan pipa memiliki total panjang 313,662 m dan tersusun dari lima diameter utama, yaitu DN 13, DN 16, dan DN 25. Distribusi panjang pipa adalah sebagai berikut:

DN 13 = 215,413 m (68,7%) **DN 25 = 35,606 m (11,4%)**

DN 16 = 62,643 m (20,0%)

Adapun jumlah fitting pada lantai 3:

Tee DN 13 = 2 unit *Reducer* 16 – 13 = 26 unit

Tee DN 16 = 24 unit *Reducer* 20 – 13 = 5 unit

Tee DN 25 = 12 unit *Reducer* 20 – 16 = 4 unit

Elbow 90 DN 13	= 36 unit	*Reducer* 25 – 20	= 9 unit
Elbow 90 DN 16	= 4 unit	*Elbow* 90 DN 25	= 4 unit
Elbow 90 DN 20	= 12 unit	*Elbow* 45 DN 32	= 2 unit

Sebaran ini menunjukkan bahwa jaringan lantai tiga didominasi oleh pipa servis dan cabang pengumpul, dengan proporsi pipa *header* yang lebih kecil namun memiliki peran signifikan dalam distribusi debit.

Pipa **DN 13** digunakan sebagai pipa servis untuk alat plambing tunggal dengan debit kecil dan jalur pendek. Pada segmen ini, kriteria kecepatan aliran tidak dijadikan parameter pengendali sehingga penggunaan diameter minimum tetap diperbolehkan sesuai praktik perencanaan sistem plambing.

Pada jalur cabang pengumpul, diameter **DN 16** seperti pada segmen "R-M" dan "M-K" digunakan untuk mengalirkan debit menengah dengan kecepatan aliran yang berada dalam rentang 0,9–2,0 m/s sehingga memenuhi kriteria desain.

Diameter **DN 25** digunakan pada cabang pengumpul utama dan pada segmen dengan akumulasi debit yang lebih besar sebelum menuju pipa *header* dan pipa tegak. Diameter ini juga digunakan pada segmen *header* utama yang terhubung dengan pipa tegak. Penggunaan diameter ini didasarkan pada hasil evaluasi kecepatan aliran pada segmen terkait yang tetap berada dalam rentang 0,9–2,0 m/s.

Evaluasi pada beberapa segmen representatif, seperti "K-J" , "L-J", dan "J–C", menunjukkan bahwa seluruh segmen dengan **DN 20** dapat diperbesar menjadi **DN 25**, karena peningkatan diameter pada segmen tersebut menyebabkan kecepatan aliran masih memenuhi batas minimum yang dipersyaratkan (0,9 m/s). Oleh karena itu, **DN 25** tetap dipertahankan pada segmen-segmen tersebut sebagai diameter yang memenuhi kriteria hidraulik.

Dengan demikian, pemilihan diameter pipa pada lantai tiga dilakukan berdasarkan pemenuhan kriteria kecepatan aliran sesuai SNI 8153:2025 pada masing-masing segmen, sehingga variasi diameter yang digunakan merupakan konsekuensi dari kondisi hidraulik sistem.

5.4.6 Penetapan DN Pipa PDAM Terpilih dan Penyeragaman Jaringan Pipa Horizontal

Berdasarkan hasil perhitungan hidraulik pada tabel penjaluran pipa di setiap lantai, diperoleh beberapa alternatif diameter pipa yang memenuhi kriteria debit dan kecepatan aliran. Penetapan diameter pipa final dilakukan melalui dua tahap, yaitu penentuan diameter berdasarkan hasil perhitungan awal dan evaluasi penyeragaman diameter melalui iterasi hidraulik. Kriteria kecepatan aliran yang digunakan mengacu pada SNI 8153:2025, yaitu sebesar 0,9–2,0 m/s pada segmen yang dievaluasi.

Pada tahap awal, diameter pipa ditentukan secara individual berdasarkan debit rencana pada masing-masing segmen. Pipa **DN 13** digunakan sebagai pipa servis yang melayani satu alat plambing dengan debit relatif kecil dan panjang jalur yang pendek. Pada segmen tersebut, **DN 13** dipertahankan sebagai diameter minimum sambungan servis yang digunakan dalam perencanaan. Sementara itu, segmen cabang pengumpul umumnya menggunakan **DN 16** berdasarkan hasil evaluasi hidraulik pada masing-masing segmen.

Diameter **DN 20** dan **DN 25** digunakan pada segmen dengan debit kumulatif yang lebih besar. Pemilihannya ditentukan berdasarkan hasil perhitungan dan evaluasi kecepatan aliran pada setiap segmen, terutama pada jalur distribusi yang menerima akumulasi debit dari beberapa alat plambing.

Setelah diameter awal diperoleh, dilakukan evaluasi penyeragaman diameter pada segmen yang menggunakan **DN 20** dan **DN 25**. Penyeragaman dilakukan melalui iterasi dengan menguji diameter alternatif terhadap kriteria kecepatan aliran 0,9–2,0 m/s. Diameter alternatif hanya dipilih apabila hasil iterasi tetap memenuhi kriteria tersebut.

Pada lantai dasar, beberapa segmen yang secara individual dapat menggunakan **DN 25** dievaluasi terhadap **DN 20**. Hasil iterasi menunjukkan bahwa penggunaan **DN 20** masih menghasilkan kecepatan aliran dalam rentang yang dipersyaratkan. Oleh karena itu, **DN 25** pada segmen yang memenuhi kondisi tersebut dapat diseragamkan menjadi **DN 20**.

Sebaliknya, pada lantai 1–3, segmen yang pada perhitungan awal menghasilkan **DN 20** dievaluasi terhadap **DN 25** untuk memperoleh keseragaman

diameter. Hasil iterasi menunjukkan bahwa **DN 25** masih menghasilkan kecepatan aliran dalam rentang 0,9–2,0 m/s pada segmen yang dievaluasi. Dengan demikian, Ukuran **DN 25** dipilih sebagai diameter standar pada kelompok segmen tersebut.

Penyeragaman tersebut tidak dilakukan secara langsung berdasarkan kesamaan ukuran pipa, tetapi melalui evaluasi hidraulik terhadap setiap segmen. Apabila diameter hasil iterasi menghasilkan kecepatan di luar rentang 0,9–2,0 m/s, diameter tersebut tidak dipilih dan diameter yang memenuhi kriteria dipertahankan. Dengan demikian, penyeragaman diameter tetap mempertahankan pemenuhan persyaratan hidraulik pada masing-masing segmen.

Adapun evaluasi penyeragaman DN Pipa dapat ditinjau pada **Tabel 5.13**

Tabel 5.13 Evaluasi Penyeragaman DN Pipa PDAM

Lantai	Jalur	Panjang Pipa (m)	Hasil Iterasi DN Pipa		DN Terpilih
			DN Hitung	Cek Kecepatan (0,9 – 2,0 m/s)	
Dasar	K – J	1,527	16	1,49	**20**
			20	0,96	
	J – C	17,387	16	1,59	**20**
			20	1,02	
	C – A	9,78	16	1,89	**20**
			20	1,21	
	A – VG	3,745	20	1,46	**20**
			25	0,94	
Lantai 1	K – J	4,352	20	1,59	**25**
			25	1,02	
	L – J	4,352	20	1,59	**25**
			25	1,32	
Lantai 2	K – J	4,352	20	1,59	**25**
			25	1,02	
	L – J	4,352	20	1,59	**25**
			25	1,32	
Lantai 3	K – J	4,352	20	1,59	**25**
			25	1,02	
	L – J	4,352	20	1,59	**25**
			25	1,02	
	J – C	13,377	20	1,97	**25**
			25	1,26	

DN hitung merupakan diameter hasil perhitungan awal berdasarkan debit rencana pada masing-masing segmen. Sementara itu, DN terpilih merupakan diameter akhir yang ditetapkan setelah dilakukan evaluasi terhadap diameter standar melalui iterasi hidraulik. Nilai kecepatan pada tabel menunjukkan perbandingan kecepatan aliran yang diperoleh dari diameter awal dan diameter alternatif yang diuji.

Berdasarkan hasil evaluasi tersebut, konfigurasi diameter pipa horizontal yang digunakan adalah:

Lantai dasar = **DN 13 – DN 16 – DN 20**

Lantai 1–3 = **DN 13 – DN 16 – DN 25**

Dengan demikian, penggunaan diameter pipa pada jaringan horizontal ditetapkan berdasarkan hasil perhitungan debit dan evaluasi kecepatan aliran pada setiap segmen. **DN 13** digunakan pada sambungan servis dengan debit kecil, **DN 16** pada cabang pengumpul, sedangkan **DN 20** dan **DN 25** digunakan pada segmen dengan debit kumulatif yang lebih besar. Proses penyeragaman hanya dilakukan apabila diameter alternatif tetap menghasilkan kecepatan aliran dalam rentang 0,9–2,0 m/s, sehingga diameter final yang digunakan merupakan hasil seleksi hidraulik pada masing-masing kondisi jaringan.

Adapun rekapitulasi penyeragaman DN pipa PDAM setiap lantainya dapat ditinjau pada **Tabel 5.14.**

Tabel 5.14 Rekapitulasi Penyeragaman DN Pipa PDAM Horizontal

		Lantai Dasar	Lantai 1	Lantai 2	Lantai 3	Total Panjang Per DN (m)
Kebutuhan Pipa (m)	**DN 13**	137,732	118,210	118,210	215,413	**358,337**
	DN 16	-	65,326	65,326	62,643	**22,464**
	DN 20	32,439	-	-	-	**378,182**
	DN 25	-	35,606	35,606	35,606	**57,924**
Total		**170,171**	**219,142**	**219,142**	**313,662**	**921,727**

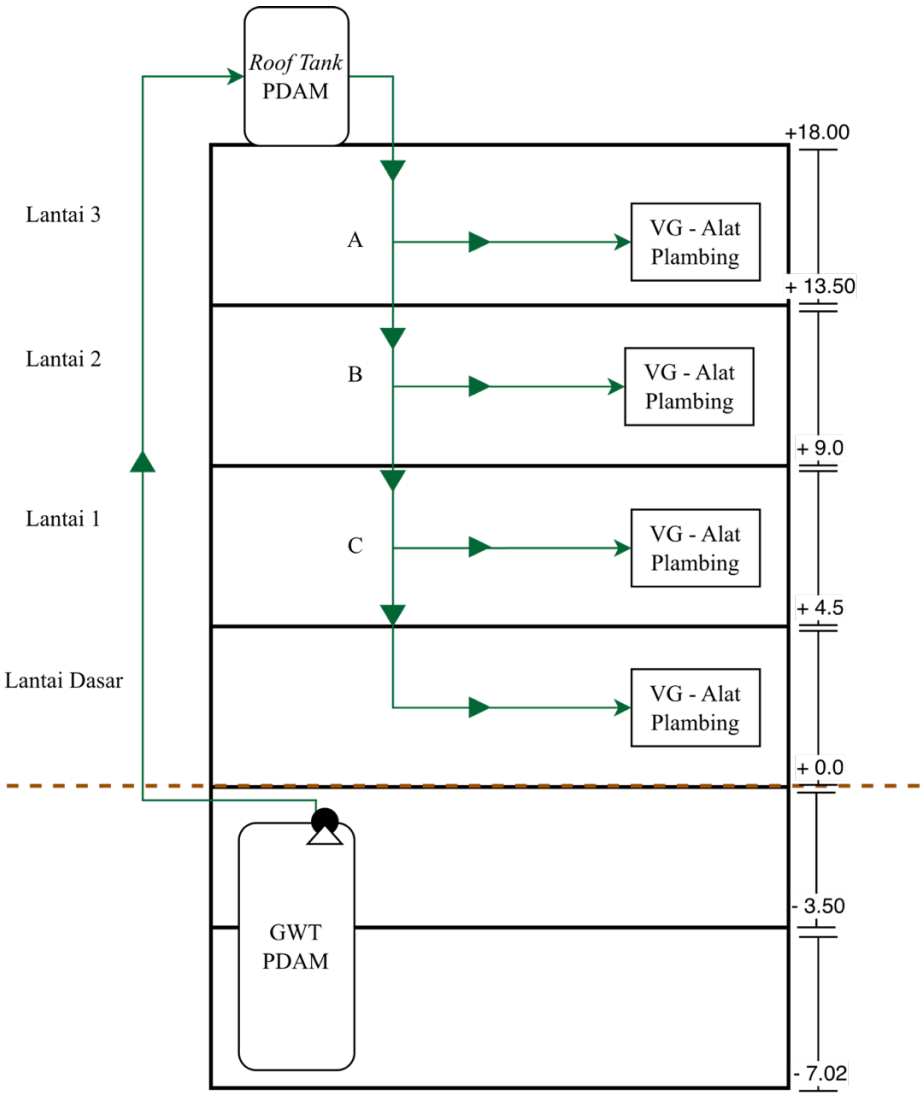
5.4.7 Penentuan Diameter Pipa Tegak Pipa PDAM

Penentuan diameter pipa tegak pada sistem distribusi air PDAM dilakukan dengan pendekatan berbasis debit pengendali dengan mempertimbangkan bahwa sistem distribusi menggunakan *roof tank*, sehingga aliran pada pipa tegak

berlangsung secara gravitasi dan tidak dikendalikan secara langsung oleh tekanan pompa.

Diameter pipa tegak ditetapkan berdasarkan debit kumulatif maksimum pada setiap segmen, yaitu dengan mempertimbangkan akumulasi debit dari seluruh lantai yang terhubung pada segmen pipa tegak tersebut. Pendekatan ini digunakan untuk memastikan bahwa setiap segmen pipa mampu mengalirkan debit rencana tanpa menjadi pembatas aliran pada jaringan distribusi.

Skema pipa tegak dapat dilihat pada **Gambar 5.21.**



Gambar 5.21 Skema Pipa Tegak Gedung Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung

Adapun detail penentuan diameter pipa tegak ditunjukkan pada **Tabel 5.15**.

Tabel 5.15 Penentuan Diameter Pipa Tegak Air PDAM

Jalur	Alat Plambing/jalur pendahulu	Unit Beban Alat Plambing			QT [Y] (L/s)	Q (L/s) (v = 1,5 m/s)	Iterasi DN Pipa		DN Terpilih
		Tunggal	Tunggal tertinggi [a]	Total [X]			DN (mm)	Cek v (0,9 – 2,0 m/s)	
VG LD - C	VG LD	14	2	14	0,46	0,57	20 25	1,46 0,94	**25**
VG L1 - C	VG L1	44	2	44	0,67	0,91	25	1,37	**25**
C - B	VG LD - C	14	2	58	0,82	0,91	25 32	1,67 1,02	**25**
	VG L1 - C	44							
VG L2 - B	VG L2	44	2	44	0,67	0,91	25	1,37	**25**
B - A	C - B	58	2	102	1,12	1,61	32	1,39	**32**
	VG L2 - B	44							
VG L3 - A	VG L3	54	2	54	0,80	0,91	25 32	1,63 1,00	**32**
A - RT	B - A	102	2	156	1,27	1,67	32 40	1,58 1,01	**32**
	VG L3 - A	54							

Berdasarkan hasil perhitungan dan iterasi pada **Tabel 5.15**, diameter pipa tegak ditentukan berdasarkan peningkatan debit kumulatif pada setiap segmen. Pada segmen VG LD–C dengan total 14 unit beban, diameter DN 25 menghasilkan kecepatan 1,46 m/s sehingga memenuhi rentang kriteria 0,9–2,0 m/s. Kondisi yang sama diperoleh pada segmen VG L1–C, C–B, dan VG L2–B yang menggunakan DN 25 dengan kecepatan masing-masing sebesar 1,37 m/s dan 1,67 m/s.

Pada segmen B–A, debit kumulatif meningkat menjadi 1,61 L/s dengan total 102 unit beban. Hasil iterasi menunjukkan bahwa DN 32 menghasilkan kecepatan 1,39 m/s dan memenuhi kriteria kecepatan aliran. Oleh karena itu, diameter segmen B–A ditetapkan sebesar DN 32. Diameter yang sama digunakan pada segmen VG L3–A dengan debit sebesar 0,91 L/s, yang menghasilkan kecepatan 1,63 m/s pada DN 25 dan 1,00 m/s pada DN 32. Berdasarkan hasil penyeragaman, DN 32 dipilih untuk segmen tersebut.

Pada segmen A–RT, debit kumulatif merupakan yang terbesar, yaitu sebesar 1,67 L/s dengan total 156 unit beban. Hasil iterasi menunjukkan bahwa DN 32 menghasilkan kecepatan 1,58 m/s, sedangkan DN 40 menghasilkan kecepatan 1,01 m/s. Kedua diameter masih memenuhi rentang kecepatan 0,9–2,0 m/s. Dengan mempertimbangkan bahwa DN 32 telah memenuhi kriteria kecepatan aliran,

diameter tersebut dipertahankan sehingga peningkatan diameter menjadi DN 40 tidak diperlukan.

Berdasarkan hasil evaluasi tersebut, konfigurasi diameter pipa tegak ditetapkan secara bertahap mengikuti peningkatan debit kumulatif pada jaringan, yaitu DN 25 pada bagian bawah dan DN 32 pada bagian atas. Dengan demikian, konfigurasi diameter pipa tegak dari arah lantai dasar menuju roof tank adalah DN 25–DN 32.

Penetapan diameter tersebut didasarkan pada kondisi debit maksimum sebagai kondisi pengendali desain. Pada kondisi debit parsial, kecepatan aliran pada beberapa segmen dapat berada di bawah batas minimum 0,9 m/s. Kondisi tersebut tidak digunakan sebagai parameter pengendali dalam penetapan diameter karena diameter ditentukan berdasarkan debit rencana maksimum pada masing-masing segmen. Dengan demikian, diameter pipa tegak yang digunakan adalah DN 25 dan DN 32, dengan peningkatan diameter pada segmen yang memiliki akumulasi debit lebih besar dan tetap memenuhi kriteria kecepatan aliran 0,9–2,0 m/s.

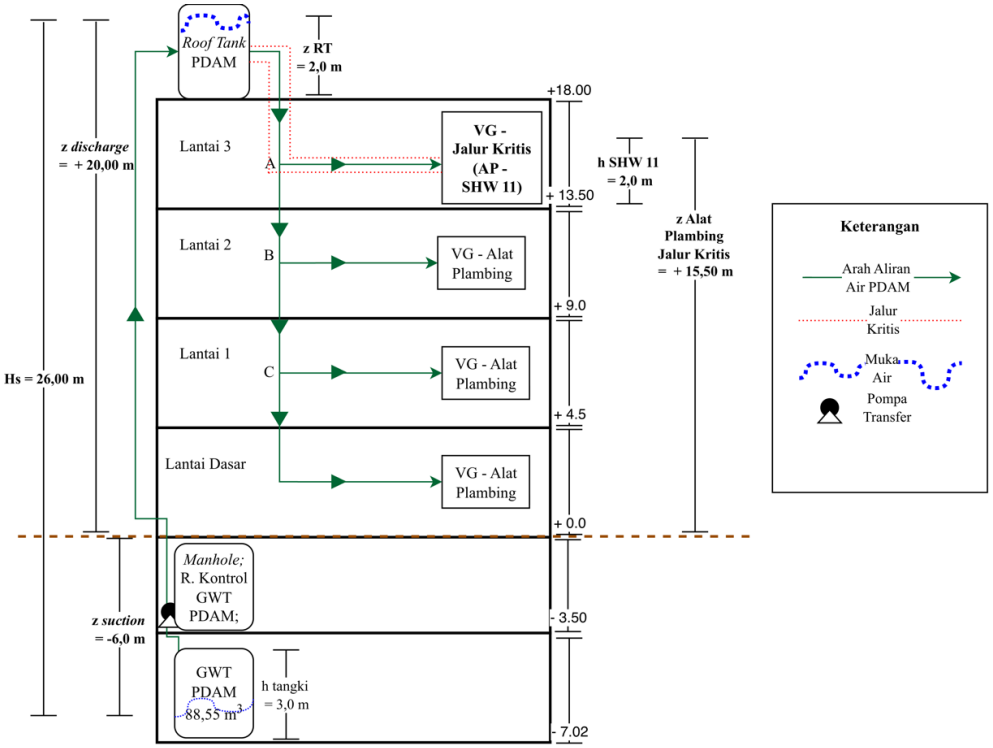
5.4.8 Penentuan *Head* Pompa Transfer Sistem Plambing PDAM

Penentuan *head* pompa desain dilakukan untuk menjamin keterisian *Roof tank* PDAM dari *Ground Water Tank* (GWT). Perhitungan dilakukan secara konservatif berdasarkan jalur kritis aliran naik dari GWT ke *Roof tank* yang merepresentasikan kondisi operasi terberat pompa.

Dalam perencanaan ini, istilah jalur kritis dibedakan menjadi:

1. jalur kritis naik/*head* pompa (GWT–RT) untuk pompa transfer
2. jalur kritis turun/distribusi gravitasi (RT–alat plambing) untuk evaluasi distribusi tekanan gravitasi

Dengan demikian, analisis dilakukan secara terpisah antara sistem pompa transfer dan sistem distribusi gravitasi. Secara umum, skema desain pompa transfer dan distribusi gravitasi dapat dilihat pada **Gambar 5.22**



Gambar 5.22 Skema Desain Pompa Transfer dan Distribusi Gravitasi Air PDAM Gedung Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung

5.4.8.1 Identifikasi Jalur Kritis Aliran Naik

Jalur kritis *head* pompa ditetapkan sebagai jalur aliran naik dari *Ground Water Tank* (GWT) menuju *Roof tank* (RT) yang menghasilkan *headloss* terbesar, sehingga menjadi faktor pengendali kebutuhan *head* pompa transfer. Jalur kritis pompa ditetapkan sebagai jalur aliran vertikal dari GWT menuju *Roof tank* tanpa mempertimbangkan percabangan distribusi. Pompa hanya berfungsi mengisi *Roof tank* sehingga tidak melayani alat plambing secara langsung.

Pada Gedung Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung, sistem distribusi air PDAM menggunakan *Roof tank* sebagai reservoir. Jalur aliran naik dari GWT ke *Roof tank* dilayani oleh pipa tegak DN 40 yang bersifat kontinu dan tidak bercabang.

Bangunan memiliki:

- elevasi muka air GWT = −6,00 m,
- elevasi muka air *Roof tank* = +20,00 m,
- tinggi antar lantai tipikal = 4,50 m,
- jumlah lantai = 4 lantai.

Dengan demikian, total panjang pipa naik dari GWT ke *Roof tank* adalah sekitar 20,0 m.

Debit pengendali pompa ditetapkan sebagai debit pengisian *Roof tank*, yang ditentukan berdasarkan debit maksimum sistem distribusi pada kondisi puncak. Berdasarkan hasil perhitungan debit sistem, debit rencana rata-rata kebutuhan harian pada jam operasional. Diketahui kebutuhan rata – rata air harian gedung Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung adalah 88,55 m^3/hari. Rumah sakit ini ditetapkan jam operasionalnya 10 jam. Maka:

$$Q_{operasional} = \frac{88{,}55\ m^3}{10\ jam} = 8{,}85\ m^3/jam$$

$$= \frac{8{,}85\ m^3}{jam} \times \frac{1\ jam}{3600\ s}$$

$$= 0{,}00245\ m^3/s = 2{,}45\ L/s$$

Maka, Q operasional 2,45 L/s. Debit ini digunakan sebagai debit desain untuk evaluasi *headloss* pada jalur pompa transfer.

Karakteristik jalur pipa transfer:

- Panjang pipa naik ≈ 26,0 m
- Debit rencana operasional = 2,45 L/s = 0,00245 m^3/s
- Diameter pipa tegak (diasumsikan kecepatan aliran 1,5 m/s)

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q_{operasional}}{v \times \pi}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 0{,}00245\ m^3/s}{1{,}5\ m/s \times 3{,}14}}$$

D = 0,0456 m = 45,6 mm ≈ 50 mm ≈ DN 50

Cek kecepatan aliran dengan DN 50 = 1,25 m/s (memenuhi standar)

- Material pipa = PVC AW
- Koefisien Hazen-Williams (C) = 140

Aliran bersifat penuh dan kontinu. Karena jalur aliran naik bersifat tunggal tanpa percabangan dan tanpa segmen pipa berdiameter kecil, *headloss* pada sistem pompa didominasi oleh *head* statis, sedangkan *headloss* akibat gesekan pipa dan *fitting* bersifat tambahan.

5.4.8.2 *Head* Statis (H_{statis})

Head statis merupakan selisih elevasi antara muka air di GWT (minimum) dengan elevasi muka air di *Roof tank* (maksimum) sebagai titik tertinggi yang harus dicapai pompa. *Head* statis dihitung berdasarkan selisih elevasi antara:

- muka air minimum GWT pada kondisi terburuk (*z suction*)
- muka air operasional *Roof tank*. (*z discharge*)

Dengan

$z_{suction}$ = - 6,00 m

$z_{discharge}$ = + 20,00 m

maka

$H_{statis} = z_{discharge} - z_{suction}$

H_{statis} = 20,00 m – (-6,00 m) = 26,00 m

Nilai ini merepresentasikan energi minimum yang harus disuplai pompa untuk mengangkat air dari kondisi terendah GWT ke *Roof tank.*

5.4.8.3 Headloss (HL)

Headloss pada sistem pompa terdiri atas *headloss* mayor akibat gesekan sepanjang pipa tegak utama dan *headloss* minor akibat *fitting* pada jalur aliran naik dari GWT menuju *Roof tank*. Perhitungan *headloss* dilakukan menggunakan persamaan Hazen–Williams karena fluida yang dialirkan berupa air bersih pada kondisi aliran penuh.

1. Data Hidraulik
   - Fluida Air Bersih + 20 ^oC
   - Material pipa = PVC AW
   - Koefisien Hazen-Williams [C] = 140
   - Percepatan gravitasi [g] = 9,81 m/s^2
2. Data Jalur Pompa
   - Panjang pipa naik total [L] = 26,0 m
   - Diameter pipa [D] = 0,050 m (DN 50)
   - Debit rencana operasional = 2,45 L/s = 0,00245 m^3/s

3. *Headloss* mayor (h_f)

   Headloss akibat gesekan pipa dihitung menggunakan persamaan Hazen-Williams:

   $$h_f = 10{,}67 \times \frac{L \times Q^{1{,}852}}{C^{1{,}852} \times D^{4{,}87}}$$

   $$h_f = 10{,}67 \times \frac{26\ \text{m} \times (0{,}00245\ \text{m}^3/\text{s})^{1{,}852}}{140^{1{,}852} \times (0{,}050\ \text{m})^{4{,}87}} = 0{,}932\ \text{m}$$

4. *Headloss* minor

   Headloss minor pada jalur pompa berasal dari *fitting* pada pipa naik. Untuk *fitting* yang tersedia pada jalur naik dari GWT ke *Roof tank* adalah:

   - *Gate Valve* (K = 0,2)
   - *Check Valve* (K = 2,0)
   - *Elbow* 90º 3 *unit* (K = 0,9)

   Diketahui kecepatan aliran pada seluruh segmen pipa naik dengan pipa DN 50 adalah 1,25 m/s. Maka:

   $$h_m = \sum K \times \frac{v^2}{2g}$$

   $$h_m = (0{,}2 + 2{,}0 + (3 \times 0{,}9)) \times \frac{(1{,}25\ \text{m/s})^2}{2 \times 9{,}81 \text{m/s}^2}$$

   $$h_m = 0{,}39\ \text{m}$$

5. Total *Headloss* (HL)

   Total *headloss* dihitung dengan menjumlahkan *headloos mayor* dan *headloss minor*

   HL = hf + hm

   = 0,932 m + 0,39 m

   = 1,32 m

5.4.8.4 Penentuan Spesifikasi *Head* Pompa Transfer

Setelah nilai *head* statis dan total *headloss* (jumlah *headloss mayor* dan *minor*) pada jalur kritis diperoleh, kebutuhan *head* pompa desain ditentukan sebagai berikut:

$$H_{pompa} = H_{statis} + HL$$
$$= 26{,}00 \text{ m} + 1{,}32 \text{ m}$$
$$= 27{,}32 \text{ m}$$

Dengan mempertimbangkan *safety factor* sebesar 10%, maka *head* pompa transfer ditetapkan sebesar 30 m dengan debit desain sebesar 2,45 L/s sesuai debit operasional sistem. Maka sisa tekannya untuk jalur pipa transfer adalah 2,68 m.

5.4.9 Evaluasi Sistem Distribusi Gravitasi

Evaluasi sistem distribusi dilakukan untuk menentukan kemampuan sistem gravitasi *Roof tank* dalam memenuhi tekanan minimum pada alat plambing. Evaluasi ini bertujuan untuk memastikan bahwa energi potensial dari elevasi *Roof tank* mampu mengatasi *headloss* sepanjang jalur distribusi hingga mencapai alat plambing pada jalur kritis. Apabila tekanan yang tersedia tidak mencukupi, maka diperlukan tambahan sistem pompa *booster*.

Sesuai dengan konsep sistem *two-tank system*, analisis distribusi gravitasi dilakukan secara terpisah dari sistem pompa transfer. Energi yang digunakan dalam evaluasi distribusi tidak secara langsung dipengaruhi oleh *head* pompa, karena *Roof tank* berfungsi sebagai reservoir yang memisahkan sistem pompa dan sistem distribusi gravitasi. Oleh karena itu, energi yang tersedia pada sistem distribusi hanya bergantung pada:

- Perbedaan elevasi muka air *Roof tank* dan alat plambing
- *Headloss* sepanjang jalur distribusi

Dengan demikian, *head* pompa hanya berfungsi untuk pengisian *Roof tank* dan tidak ditransmisikan ke sistem distribusi gravitasi.

Jalur kritis distribusi ditetapkan sebagai jalur aliran terjauh dari *Roof tank* menuju alat plambing dengan kebutuhan tekanan tertinggi, yaitu *shower* 11 (SHW) pada lantai 3 gedung Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung.

5.4.9.1 *Head* Tersedia ($H_{tersedia}$)

Energi tersedia dihitung dari selisih elevasi antara muka air *Roof tank* dan alat plambing terjauh

$H_{tersedia} = z_{RT} - z_{AP}$

Dengan

- Elevasi muka air *Roof tank* [z_{RT}] = + 19,00 m
- Elevasi alat plambing pada jalur kritis [z_{AP}] = + 15,50 m

Maka:

$H_{tersedia}$ = 19,00 m – 15,50

= 3,50 m

Nilai ini merepresentasikan energi maksimal yang tersedia untuk mengalirkan air secara gravitasi dari *Roof tank* menuju alat plambing di jalur kritis.

5.4.9.2 *Headloss* Distribusi Aliran Turun [HL_{turun}]

Headloss turun terdiri dari *headloss* akibat gesekan pipa dan *headloss* minor akibat *fitting* yang dimulai dari titik muka air *Roof tank* ke VG hingga alat plambing di jalur kritis pada lantai 3.

1. *Headloss* mayor

   Contoh perhitungan *headloss* mayor pada jalur **SHW 11 - AB** adalah sebagai berikut:

$$h_f = 10{,}67 \times \frac{4{,}23\ \text{m} \times (0{,}0002\ \text{m}^3/\text{s})^{1{,}852}}{140^{1{,}852} \times (0{,}013\ \text{m})^{4{,}87}} = 1{,}035\ \text{m}$$

   Adapun rincinnya dapat dilihat pada **Tabel 5.16**

Tabel 5.16 *Headloss* Mayor Jalur Kritis Lantai 3 [hf_{turun}]

No	Segmen Jalur	Panjang (m) [L]	DN (m) [D]	Debit Aliran Rencana (L/s) [Q]	*Headloss* Mayor (m) [hf]
1	VG_{L3} – RT	4,5	0,032	1,27	0,420
2	A – VG_{L3}	3,75	0,032	0,8	0,149
3	C – A	8,4	0,025	0,67	0,798
4	J – C	17,38	0,025	0,62	1,429
5	K – J	4,35	0,025	0,5	0,240
6	O – K	8,1	0,016	0,38	2,364

No	Segmen Jalur	Panjang (m) [L]	DN (m) [D]	Debit Aliran Rencana (L/s) [Q]	*Headloss* Mayor (m) [hf]
7	AB – O	3,91	0,016	0,25	0,526
8	SHW 11 – AB	4,23	0,013	0,2	1,035
				Total *Headloss* Mayor	**6,960**

Jadi *headloss* mayor aliran distribusi turun pada jalur kritis adalah 6,960 m

2. *Headloss* Minor (h_m)

Kehilangan tekanan akibat *fitting* dihitung dengan persamaan:

$$h_m = \sum K \times \frac{v^2}{2g}$$

Contoh perhitungan *headloss* minor adalah sebagai berikut:

Diketahui jumlah *tee* 7 *unit* dengan koefisien K = 0,6. Maka *headloss* minornya:

$$h_m = \sum K \times \frac{v^2}{2g}$$

$$h_{m\ tee} = \left(k \times \frac{(v_{VG-RT}{}^2)}{2g}\right) + \left(k \times \frac{(v_{A-VG}{}^2)}{2g}\right) + \left(k \times \frac{(v_{C-A}{}^2)}{2g}\right) + \left(k \times \frac{(v_{J-C}{}^2)}{2g}\right) + \left(k \times \frac{(v_{K-J}{}^2)}{2g}\right) + \left(k \times \frac{(v_{O-K}{}^2)}{2g}\right) + \left(k \times \frac{(v_{AB-O}{}^2)}{2g}\right)$$

$$h_{m\ tee} = \left(0{,}6 \times \frac{(1{,}58\ m/s)^2}{2 \times 9{,}81\ m/s^2}\right) + \left(0{,}6 \times \frac{(0{,}99\ m/s)^2}{2 \times 9{,}81\ m/s^2}\right) + \left(0{,}6 \times \frac{(1{,}36\ m/s)^2}{2 \times 9{,}81\ m/s^2}\right) + \left(0{,}6 \times \frac{(1{,}26\ m/s)^2}{2 \times 9{,}81\ m/s^2}\right) + \left(0{,}6 \times \frac{(1{,}02\ m/s)^2}{2 \times 9{,}81\ m/s^2}\right) + \left(0{,}6 \times \frac{(1{,}89\ m/s)^2}{2 \times 9{,}81\ m/s^2}\right) + \left(0{,}6 \times \frac{(1{,}24\ m/s)^2}{2 \times 9{,}81\ m/s^2}\right)$$

$h_{m\ tee}$ = 0,0763 + 0,0300 + 0,0570 + 0,0488 + 0,0317 + 0,1092 + 0,0473

$h_{m\ tee}$ = 0,4003 m

Adapun rekapitulasi perhitungan *headloss* mayor jalur kritis dapat dilihat pada **Tabel 5.17**.

Tabel 5.17 *Headloss* Minor Jalur Kritis Lantai 3 [hm_{turun}]

Jenis *Fiting*	Koefisien [K]	Letak Pada jalur	Kecepatan Aliran (m/s) [v]	*Headloss* Minor (m) [hm]
Tee	0,6	VG_{L3} – RT	1,58	0,0763
		A – VG_{L3}	0,99	0,0300
		C – A	1,36	0,0570
		J – C	1,26	0,0488
		K – J	1,02	0,0317
		O – K	1,89	0,1092
		AB – O	1,24	0,0473
Elbow 45°	0,2	C – A	1,36	0,0189
Elbow 90°	0,9	C – A	1,36	0,0848
		O – K	1,89	0,1639
		SHW 11 – AB	1,51	0,1046
Reducer DN 32 → 25	0,15	J – C	1,26	0,0121
Reducer DN 25 → 20	0,13	K – J	1,02	0,0069
Reducer DN 20 → 13	0,26	AB – O	1,24	0,0204
Total *Headloss* minor				**0,8119**

Sehingga total *headloss* minor pada jalur kritis distribusi aliran turun adalah 0,8119 m

3. Total *headloss* distribusi aliran turun

   HL = hf + hm

   = 6,719 m + 0,8119 m

   = 7,772 m

4. Perhitungan *Headloss* Lantai 2

   Jalur distribusi lantai 2 dianalisis dari *Roof tank* menuju alat plambing terjauh pada lantai 2. Jalur ini melewati pipa tegak dari *Roof tank* hingga lantai 2, kemudian dilanjutkan ke jaringan horizontal dan cabang alat plambing

- *Headloss* mayor lantai 2

  Jalur distribusi lantai 2 dianalisis dari *Roof tank* menuju alat plambing terjauh pada lantai 2. Jalur ini melewati pipa tegak dari *Roof tank* hingga lantai 2, kemudian dilanjutkan ke jaringan horizontal dan cabang alat plambing. Adapun rinciannya dapat dilihat pada **Tabel 5.18**

Tabel 5.18 *Headloss* Mayor Jalur Kritis Distribusi PDAM Lantai 2

No	Segmen Jalur	Panjang (m)	DN (m)	Debit Aliran Rencana (L/s)	*Headloss* Mayor (m)
		[L]	[D]	[Q]	[hf]
1	RT – VG L3	4,50	0,032	1,27	0,420
2	VG L3 – VG L2	4,50	0,032	1,12	0,333
3	VG L2 – A	3,75	0,025	0,67	0,356
4	A – C	8,40	0,025	0,65	0,754
5	C – J	17,38	0,025	0,62	1,429
6	J – K	4,35	0,025	0,5	0,240
7	K – O	8,10	0,016	0,38	2,364
8	O – AB	3,91	0,016	0,25	0,526
9	AB – SHW 11	4,23	0,013	0,2	1,035
				Total	**7,457**

- *Headloss* minor lantai 2

  Uraian *headloss* minor pada lantai 2 ditunjukkan pada **Tabel 5.19.**

Tabel 5.19 *Headloss* Minor Jalur Kritis Distribusi PDAM Lantai 2

Jenis *Fitting*	Koefisien [K]	Letak Pada jalur	Kecepatan Aliran (m/s)	*Headloss* Minor (m)
	[K]		[v]	[hm]
Tee	0,6	RT – VG L3	0,99	0,0300
	0,6	VG L3 – VG L2	0,99	0,0300
	0,6	VG L2 – A	1,36	0,0566
	0,6	A – C	1,32	0,0533
	0,6	C – J	1,26	0,0486
	0,6	J – K	1,02	0,0318

Jenis *Fitting*	Koefisien [K]	Letak Pada jalur	Kecepatan Aliran (m/s)	*Headloss* Minor (m)
	[K]		[v]	[hm]
	0,6	K – O	1,89	0,1092
	0,6	O – AB	1,24	0,0470
Elbow 45°	0,2	A – C	1,32	0,0178
Elbow 90°	0,9	A – C	1,32	0,0799
Elbow 90°	0,9	K – O	1,89	0,1639
Elbow 90°	0,9	AB – SHW 11	1,51	0,1046
Reducer DN40 → DN32	0,13	VG L2 – A	1,36	0,0123
Reducer DN32 → DN25	0,15	C – J	1,26	0,0121
Reducer DN25 → DN20	0,13	J – K	1,02	0,0069
Reducer DN20 → DN13	0,26	O – AB	1,24	0,0204
Total				**0,8242**

- Total *Headloss* Lantai 2

  $HL = h_f + h_m$

  HL = 7,457 m + 0,8242 m = 8,281 m

5. Perhitungan *Headloss* Lantai 1

   Jalur distribusi lantai 1 dianalisis dari *Roof tank* menuju alat plambing terjauh pada lantai 1. Jalur ini memiliki tambahan lintasan vertikal menuju lantai 1 dan jaringan horizontal menuju alat plambing terjauh.

   - *Headloss* mayor lantai 1

     Uraian *headloss* mayor jalur kritis lantai 1 ditunjukkan pada **Tabel 5.20**.

Tabel 5.20 *Headloss* Mayor Jalur Kritis Distribusi PDAM Lantai 1

No	Segmen Jalur	Panjang (m)	DN (m)	Debit Aliran Rencana (L/s)	*Headloss* Mayor (m)
		[L]	[D]	[Q]	[h_f]
1	RT – VG L3	4,50	0,032	1,27	0,420
2	VG L3 – VG L2	4,50	0,032	1,12	0,333
3	VG L2 – VG L1	4,50	0,032	0,82	0,187
4	VG L1 – A	3,75	0,025	0,67	0,356
5	A – C	8,40	0,025	0,65	0,754
6	C – J	17,38	0,025	0,62	1,429
7	J – K	4,35	0,025	0,5	0,240
8	K – O	8,10	0,016	0,38	2,364
9	O – AB	3,91	0,016	0,25	0,526
10	AB – SHW 11	4,23	0,013	0,2	1,035
Total					**7,643**

- *Headloss* minor lantai 1

Uraian *headloss* minor jalur kritis lantai 1 ditunjukkan pada **Tabel 5.21**

Tabel 5.21 *Headloss* Minor Jalur Kritis Distribusi PDAM Lantai 1

Jenis *Fitting*	Koefisien [K]	Letak Pada jalur	Kecepatan Aliran (m/s)	*Headloss* Minor (m)
	[K]		[v]	[h_m]
Tee	0,6	RT – VG L3	1,27	0,0493
	0,6	VG L3 – VG L2	1,36	0,0566
	0,6	VG L2 – VG L1	1,32	0,0533
	0,6	VG L1 – A	1,26	0,0486
	0,6	A – C	1,02	0,0318
	0,6	C – J	1,89	0,1092
	0,6	J – K	1,24	0,0470
	0,6	K – O	1,27	0,0493
	0,6	O – AB	1,36	0,0566
Elbow 45°	0,2	A – C	1,32	0,0178
Elbow 90°	0,9	A – C	1,32	0,0799
Elbow 90°	0,9	K – O	1,89	0,1639
Elbow 90°	0,9	AB – SHW 11	1,51	0,1046

Jenis *Fitting*	Koefisien [K]	Letak Pada jalur	Kecepatan Aliran (m/s)	*Headloss* Minor (m)
	[K]		[v]	[h_m]
Reducer DN40 → DN32	0,13	VG L1 – A	1,36	0,0123
Reducer DN32 → DN25	0,15	C – J	1,26	0,0121
Reducer DN25 → DN20	0,13	J – K	1,02	0,0069
Reducer DN20 → DN13	0,26	O – AB	1,24	0,0204
			Total	**0,8136**

- Total *headloss* Lantai 1

  $HL = h_f + h_m$

  HL = 7,643 m + 0,8136 m = 8,457 m

6. Perhitungan *Headloss* Lantai Dasar

   Jalur distribusi lantai dasar dianalisis dari *Roof tank* menuju titik pemakaian terjauh pada lantai dasar. Berdasarkan hasil penelusuran jalur, titik kritis pada lantai dasar berada pada jalur menuju FCT 3.

   - *Headloss* mayor lantai dasar

     Uraian *headloss* mayor jalur kritis lantai dasar ditunjukkan di **Tabel 5.22**

Tabel 5.22 *Headloss* Mayor Jalur Kritis Distribusi PDAM Lantai Dasar

No	Segmen Jalur	Panjang (m)	DN (m)	Debit Aliran Rencana (L/s)	*Headloss* Mayor (m)
		[L]	[D]	[Q]	[h_f]
1	RT – VG L3	4,50	0,032	1,27	0,420
2	VG L3 – VG L2	4,50	0,032	1,12	0,333
3	VG L2 – VG L1	4,50	0,032	0,82	0,187
4	VG L1 – VG LD	3,75	0,032	0,8	0,149
5	VG LD – A	3,745	0,025	0,46	0,177
6	A – C	9,78	0,020	0,38	0,963
7	C – J	17,387	0,020	0,32	1,245
8	J – FCT 3	23,757	0,013	0,1	1,609
Total					5,081

- *Headloss* minor lantai dasar

  Uraian *headloss* minor jalur kritis lantai dasar ditunjukkan di **Tabel 5.23**

Tabel 5.23 *Headloss* Minor Jalur Kritis Distribusi PDAM Lantai Dasar

Jenis *Fitting*	Koefisien [K]	Letak Pada jalur	Kecepatan Aliran (m/s)	*Headloss* Minor (m)
	[K]		[v]	[h_m]
Tee	0,6	RT – VG L3	1,58	0,0763
	0,6	VG LD – A	0,94	0,0270
	0,6	A – C	1,21	0,0448
	0,6	C – J	1,02	0,0318
Elbow 45°	0,2	A – C	1,21	0,0149
Elbow 90°	0,9	A – C	1,21	0,0672
Elbow 90°	0,9	J – FCT 3	0,75	0,0258
Reducer DN40 → DN32	0,13	VG LD – A	0,94	0,0059
Reducer DN32 → DN25	0,15	C – J	1,02	0,0080
Reducer DN25 → DN20	0,13	J – FCT 3	0,75	0,0037
Total				**0,3054**

- Total *headloss* lantai dasar

  $HL = h_f + h_m$

  $HL = 5{,}081\ m + 0{,}3054\ m = 5{,}387\ m$

7. Rekapitulasi *Headloss* Distribusi Sistem PDAM

   Rekapitulasi total *headloss* distribusi digunakan untuk mengevaluasi kecukupan tekanan gravitasi dari *Roof tank* menuju alat plambing pada setiap lantai. Nilai *headloss* lantai 3 mengacu pada perhitungan jalur kritis utama yang telah dijelaskan pada Bab 5, sedangkan lantai 2, lantai 1, dan lantai dasar disajikan pada lampiran ini.

   Adapun rekapitulasi *headloss* distribusi sistem PDAM ditunjukkan pada **Tabel 5.24.**

Tabel 5.24 Rekapitulasi *Headloss* Distribusi Sistem PDAM

Lantai	***Headloss* Mayor [h_f] (m)**	***Headloss* Minor [h_m] (m)**	**Total *Headloss* [HL] (m)**
3	6,960	0,8119	7,772
2	7,457	0,824	8,281
1	7,643	0,8136	8,457
Dasar	5,081	0,3054	5,387

8. Evaluasi Tekanan Gravitasi

   Evaluasi tekanan gravitasi dilakukan untuk menentukan kemampuan sistem distribusi berbasis *Roof tank* dalam memenuhi kebutuhan tekanan minimum pada alat plambing di setiap lantai. Evaluasi ini dilakukan dengan membandingkan energi tersedia akibat perbedaan elevasi (ΔH) terhadap kebutuhan energi total sistem yang terdiri dari *headloss* (HL) dan *residual head* minimum alat plambing ($H_{residual}$). Kriteria evaluasi dinyatakan sebagai:

$$\Delta H \geq HL + H_{residual}$$

   ΔH = selisih elevasi antara muka air *Roof tank* dan alat plambing

   HL = total *headloss* sepanjang jalur distribusi

   $H_{residual}$ = tekanan minimum alat plambing (10 m untuk *shower*)

- Lantai 3 (Jalur Kritis)

  Energi tersedia (ΔH)

  $\Delta H = z_{rooftank} - z_{\text{alat plambing}}$

  = 20,00 m – 15,50 m = 4,50 m

  Headloss Lantai 3 = 7,772 m

  $HL + H_{residual}$ = 7,772 m + 10 = 17,772 m

  4,50 < 17,772

  Energi gravitasi tidak mencukupi sehingga lantai 3 membutuhkan tambahan tekanan dari *booster*.

- Lantai 2

  ΔH = 20,00 m – 11,00 m = 9,00 m

  Headloss Lantai 2 = 8,281 m

  $HL + H_{residual}$ = 8,281 m + 10 m = 18,281 m

  9,00 < 18,281

  Energi gravitasi masih belum mencukupi untuk memenuhi tekanan minimum alat plambing di lantai 2.

- Lantai 1

  ΔH = 20,00 m – 6,50 m = 13,50 m

  Headloss Lantai 1 = 8,457 m

  $HL + H_{residual}$ = 8,457 m + 10 m = 18,457 m

  13,50 < 18,457

  Energi gravitasi masih belum mencukupi untuk memenuhi tekanan minimum alat plambing di lantai 1

- Lantai Dasar

  Alat plambing jalur kritis pada lantai dasar adalah keran (FCT) dengan nilai $H_{residual}$ = 5 m

  ΔH = 20,00 m – 2,00 m = 18,00 m

  Headloss Lantai dasar = 5,387 m

  $HL + H_{residual}$ = 5,387 m + 5 = 15,387 m

  18,00 > 15,387

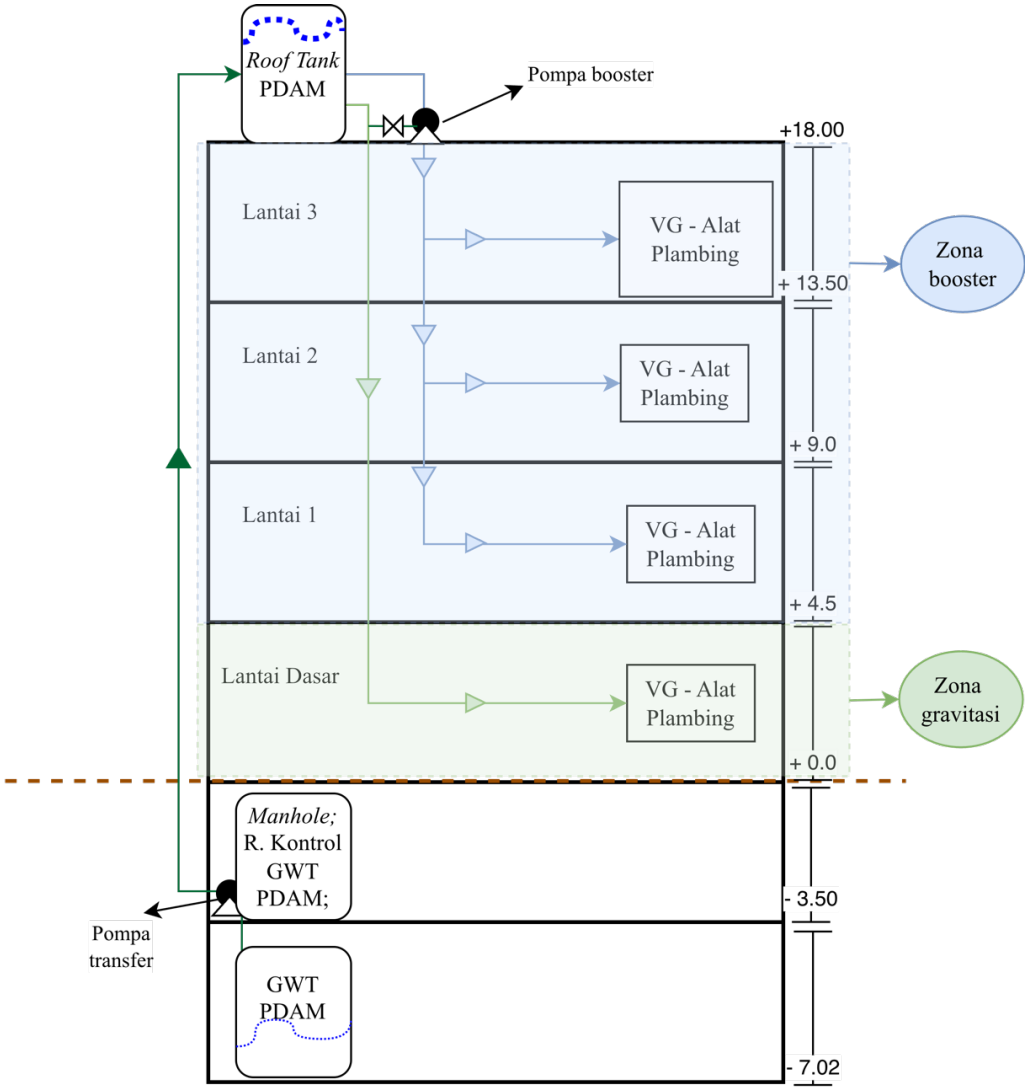
  Karena ΔH > HL + Hresidual, maka energi gravitasi pada lantai dasar mencukupi sehingga tidak diperlukan *booster*.

Rekapitulasi hasil evaluasi tekanan gravitasi untuk memenuhi tekanan minimum pada setiap lantai disajikan pada **Tabel 5.25.**

Tabel 5.25 Rekapitulasi Evaluasi Tekanan Gravitasi

Lantai	Htersedia	*Headloss*	Hresidual	Kebutuhan *Head* Minimum	Kesimpulan
	ΔH (m)	HL (m)	H_{res} (m)	HL + Hres (m)	ΔH : HL + Hres
Dasar	18,00	5,387	5	10,387	Tidak perlu *booster*
1	13,50	8,457	10	18,457	Perlu *booster*
2	9,00	8,281	10	18,281	Perlu *booster*
3	4,50	7,772	10	17,772	Perlu *booster*

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa kebutuhan tekanan tidak seragam pada seluruh lantai. Lantai atas memerlukan tambahan energi melalui *booster*, sedangkan lantai dasar telah memenuhi tekanan minimum secara gravitasi. Dengan demikian, sistem distribusi perlu dipertimbangkan untuk dibagi menjadi zona pelayanan yang berbeda guna menghindari *overpressure* pada lantai bawah serta meningkatkan efisiensi operasional sistem. Perbedaan hasil evaluasi antar lantai menunjukkan bahwa distribusi tekanan dalam sistem tidak seragam, sehingga pendekatan desain tidak dapat dilakukan secara tunggal untuk seluruh lantai. Secara skematis, zona pelayanan distribusi sistem plambing PDAM pada gedung Rumah Sakit Jantung Cigadung dapat dilihat pada **Gambar 5.23**



Gambar 5.23 Zona Pelayanan Distribusi Sistem Plambing PDAM

5.4.10 Perencanaan Pompa *Booster* Sistem Distribusi Air PDAM

Berdasarkan hasil evaluasi sistem distribusi, diketahui bahwa energi yang tersedia dari *Roof tank* tidak mampu memenuhi kebutuhan tekanan minimum pada alat plambing di jalur kritis Lantai 1, 2 dan 3. Kebutuhan *head booster* ditentukan berdasarkan selisih energi yang dibutuhkan sistem dengan energi yang tersedia secara gravitasi, yaitu:

$H_{boost} = (HL + H_{residual}) - \Delta H$

1. Data Perencanaan Pompa *Booster*

   ΔH = 4,50 m

   HL = 7,772 m

   $H_{residual}$ = 10 m

2. Perhitungan Kebutuhan *Head Booster*

   H_{boost} = (HL + $H_{residual}$) – ΔH

   = (7,772 m + 10 m) – 4,50 m

   = 13,272 m

   Dengan mempertimbangkan *safety factor* 15%, maka

   H_{boost} = 13,272 m × 1,15

   = 15,263 m ≈ 16 m.

   Nilai ini merepresentasikan tambahan energi tekanan yang harus diberikan oleh pompa untuk mengkompensasi kekurangan energi gravitasi pada sistem distribusi.

3. Penentuan Debit *Booster*

   Debit *booster* ditentukan berdasarkan debit maksimum pada jalur kritis sistem distribusi aliran turun, yaitu:

   $$Q = 1{,}56 \text{ L/s} = 0{,}00156 \text{ m}^3/\text{s}$$

   Debit ini merepresentasikan kondisi beban puncak yang harus mampu dilayani oleh sistem

4. Evaluasi *Head* Tersedia dengan *Booster*

   Setelah penambahan pompa *booster*, *head* total yang tersedia pada sistem distribusi sebagai:

   $$H_{\text{Tersedia boost}} = \Delta H + H_{boost}$$

   Karena elevasi alat plambing berbeda pada setiap lantai, maka nilai *head* tersedia juga berbeda untuk masing-masing lantai. Tekanan operasional sistem berada dalam rentang aman (1,0–3,0 bar), sehingga tidak menimbulkan risiko kerusakan peralatan maupun kebutuhan pemasangan *Pressure Reducing Valve* (PRV).

   Adapun evaluasi tekanan pada jalur kritis setelah penambahan *booster* adalah sebagai berikut:

- Tekanan pada jalur kritis lantai 3

  $H_{Tersedia\ boost}$ = 4,50 m +16 m

  = 20,50 m

  $H_{sisa} = H_{tersedia\ boost} - HL$

  = 20,50 m – 7,772 m = 12,73 m

  ≈ 1,23 bar

  Nilai ini telah memenuhi tekanan minimum alat plambing (≥ 1,0 bar)

- Tekanan pada jalur kritis lantai 2

  $H_{Tersedia\ boost}$ = 9,00 + 16 m

  = 25,00 m

  H_{sisa} = 25,00 m – 8,281 m

  = 16,719 m

  ≈ 1,64 bar

- Tekanan pada jalur kritis lantai 1

  $H_{Tersedia\ boost}$ = 13,50 m + 16 m

  = 29,50 m

  H_{sisa} = 29,50 – 7,615

  = 21,043 m

  ≈ 2,06 bar

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa tekanan residual pada lantai 1–3 masing-masing sebesar sekitar 2,06 bar, 1,64 bar, dan 1,25 bar. Seluruh nilai tersebut memenuhi tekanan minimum alat plambing sebesar 1,0 bar dan masih berada di bawah batas tekanan operasional maksimum sebesar 3,0 bar yang digunakan sebagai kriteria desain. Dengan demikian, berdasarkan hasil evaluasi tekanan pada jalur kritis, penggunaan pompa booster dengan head 16 m tidak memerlukan perangkat pengurang tekanan (*Pressure Reducing Valve*/PRV) pada lantai yang dievaluasi.

5.5 Perancangan Sistem Plambing Air Panas

Perancangan sistem plambing air panas dilakukan untuk memenuhi kebutuhan air panas pada kamar pasien secara aman, andal, dan efisien. Metode perancangan hidraulik mengacu pada SNI 8153:2025 dengan pendekatan yang serupa dengan sistem plambing air PDAM, namun disesuaikan dengan karakteristik sistem air panas yang memiliki debit lebih kecil, menggunakan material pipa yang tahan temperatur, serta dilengkapi sistem resirkulasi untuk menjaga kestabilan temperatur air panas pada jaringan.

Tahapan perancangan meliputi inventarisasi kebutuhan alat plambing, penentuan skema pemanasan air, desain penjaluran pipa, penetapan diameter pipa, evaluasi tekanan distribusi, penentuan kebutuhan *booster* distribusi, serta penentuan pompa resirkulasi air panas.

5.5.1 Inventarisasi Kebutuhan Sistem Plambing Air Panas

Tahap ini dilakukan dengan mengidentifikasi semua *plumbing fixture* yang memerlukan air panas yang ada di setiap lantai Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung. Adapun *Fixture unit* tersebut meliputi *shower* dan *lavatory* di kamar pasien kelas 3, kelas 2, dan kelas 1/VIP.

Lantai dasar tidak dilayani sistem air panas karena tidak terdapat kamar pasien. Total alat plambing air panas yang dilayani sistem terdiri atas *shower* dan *lavatory* yang tersebar pada lantai 1 hingga lantai 3, sebagaimana dirangkum pada **Tabel 5.26**

Tabel 5.26 Hasil Inventarisasi Kebutuhan Sistem Plambing Air Panas

Jenis Alat Plambing	Ruangan	Jumlah (*Unit*)
Lantai Dasar: -		
Lantai 1		
LAV (12 *unit*)	Kamar Kelas 3	12
SHW (12 *unit*)	Kamar Kelas 3	12
Lantai 2		
LAV (12 *unit*)	Kamar Kelas 2	12
SHW (12 *unit*)	Kamar Kelas 2	12
Lantai 3		
LAV (12 *unit*)	Kamar Kelas 1 Kamar Kelas VIP	6 6
SHW (12 *unit*)	Kamar Kelas 1 Kamar Kelas VIP	6 6

5.5.2 Skema Pemanasan Air

Sistem pemanasan air direncanakan menggunakan *heat pump water heater* yang ditempatkan di *rooftop*, dilengkapi dengan *buffer tank* sebagai media penyimpanan air panas. Air bersih dari *Roof tank* (kompartemen air dingin) dialirkan menuju *unit* pemanas dan dipanaskan hingga temperatur penyimpanan sekitar 60 °C sebelum ditampung di *buffer tank*.

Dari *buffer tank*, air panas didistribusikan menuju pipa tegak dan jaringan pipa horizontal pada masing-masing lantai pelayanan. Sistem distribusi air panas menggunakan skema *downfeed* dari area *rooftop*, namun hasil evaluasi hidraulik menunjukkan bahwa tekanan gravitasi tidak mencukupi kebutuhan tekanan minimum pada alat plambing. Oleh karena itu, sistem dilengkapi dengan *booster* distribusi air panas untuk menjamin kecukupan tekanan pelayanan.

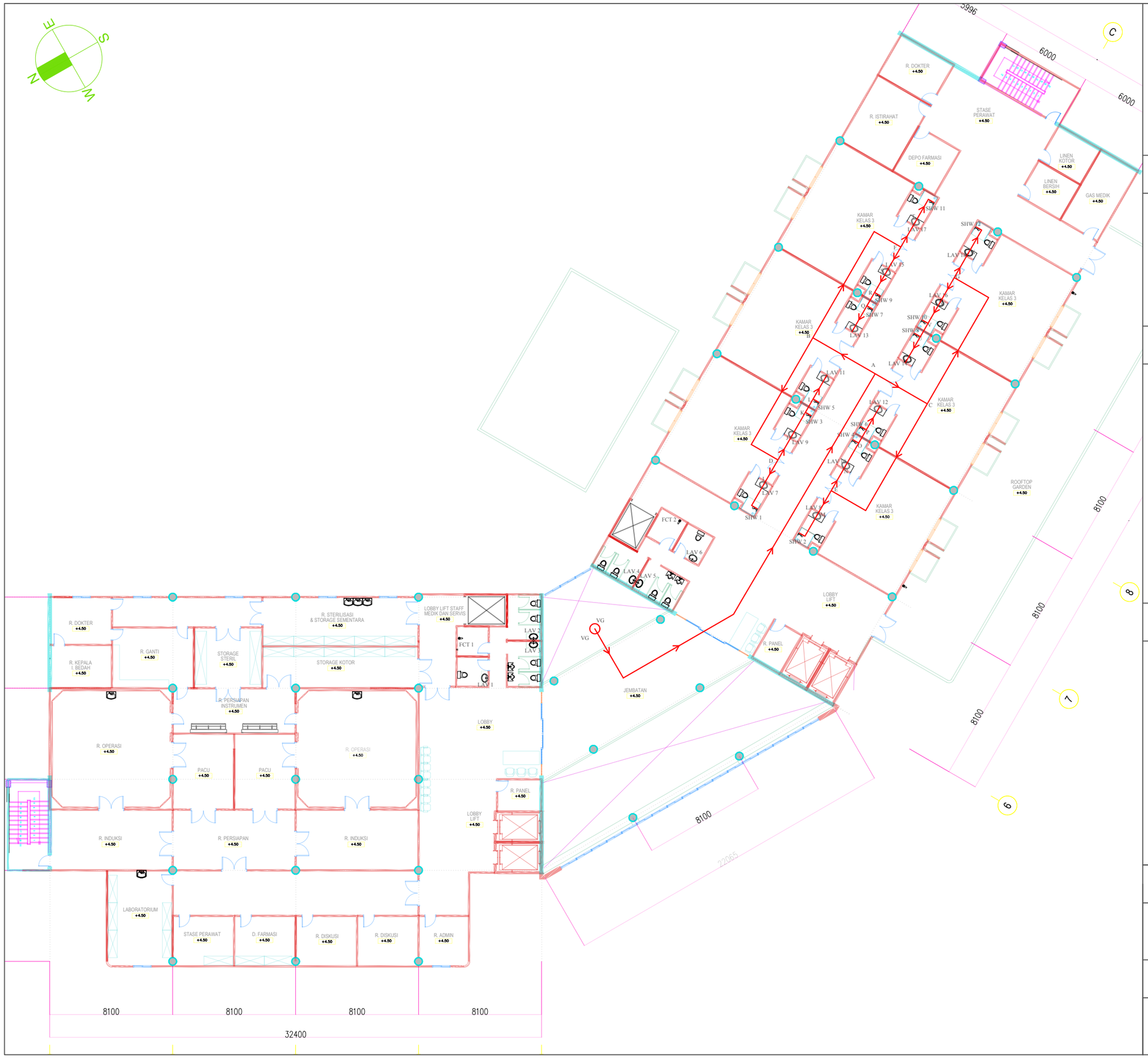
Selain *booster* distribusi, sistem air panas juga dilengkapi dengan *loop* resirkulasi. Sistem resirkulasi berfungsi menjaga kontinuitas aliran dan kestabilan temperatur air panas pada jaringan, sehingga waktu tunggu air panas pada titik pemakaian dapat dikurangi. Temperatur air panas pada titik pakai dikendalikan melalui sistem pencampuran atau tempering sehingga temperatur yang diterima pengguna tetap berada pada batas aman dan nyaman.

5.5.3 Desain Penjaluran Pipa Air Panas

Penjaluran pipa air panas dirancang mengikuti jalur utama sistem plambing air PDAM untuk efisiensi ruang dan kemudahan koordinasi, namun dipisahkan secara fisik dan diberi penanda warna merah. Pipa tegak air panas ditempatkan pada *shaft* yang sama dengan pipa PDAM dan air daur ulang, dengan identifikasi jalur yang jelas untuk keperluan operasi dan pemeliharaan.

Pada setiap lantai, distribusi air panas dilakukan secara horizontal di atas plafon koridor dan dicabangkan menuju kamar mandi pasien. Karena konfigurasi ruang dan jenis alat plambing yang tipikal pada setiap lantai, penjaluran air panas disajikan dalam bentuk gambar tipikal dan diterapkan secara konsisten pada seluruh lantai dengan penyesuaian posisi *riser* terhadap denah arsitektur.

Denah penjaluran dipetakan pada *layout* arsitektur tiap lantai dengan skala 1:250, dan diperbesar menjadi skala 1:125 untuk masing-masing sayap bangunan guna memperjelas detail jalur pipa. Adapun gambar penjaluran pipa air panas ditunjukkan pada **Gambar 5.24** dan dan **Gambar 5.25**. Untuk tabel penjaluran, perhitungan UBAP, penentuan debit rencana dan penentuan diameter pipa air panas ditunjukkan pada **Tabel 5.27**

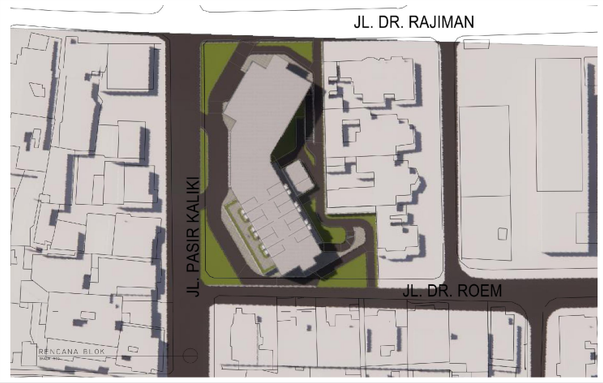


PROGRAM STUDI
TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN
2026

JUDUL GAMBAR

DENAH PENJALURAN PIPA AIR PANAS
LANTAI 1 - 3
RUMAH SAKIT KHUSUS JANTUNG
CIGADUNG KOTA BANDUNG

GAMBAR KUNCI



KETERANGAN

SHOWER (SHW)

LAVATORY (LAV)

A → B JALUR PIPA AIR PANAS (A - B)

SKALA

1 : 250

NO. GAMBAR	NO. HALAMAN
5.24	V-84

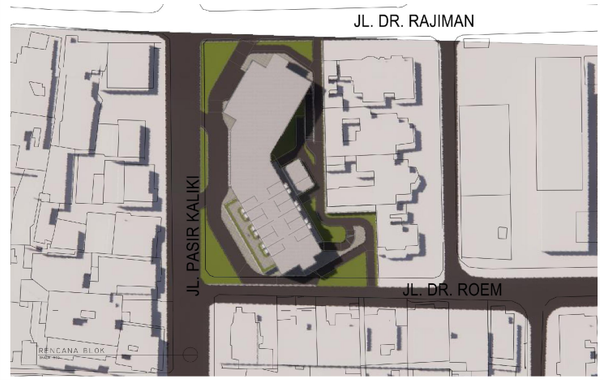


PROGRAM STUDI
TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN
2026

JUDUL GAMBAR

DENAH PENJALURAN PIPA AIRPANAS
LANTAI 1 - 3 SAYAP KANAN
RUMAH SAKIT KHUSUS JANTUNG
CIGADUNG KOTA BANDUNG

GAMBAR KUNCI



KETERANGAN

SHOWER (SHW)

LAVATORY (LAV)

A → B JALUR PIPA AIR PANAS (A - B)

SKALA

1 : 125

NO. GAMBAR	NO. HALAMAN
5.25	V-85

Tabel 5.27 Penjaluran Pipa Air Panas Lantai 1 – 3

Jalur	Alat Plambing/ Jalur pendahulu	Unit Beban Alat Plambing			Panjang Jalur [L] (m)	QT [Y] (L/s)	Q (L/s) (v = 1,5 m/s)	Pemilihan Pipa	
		Tunggal	Tunggal tertinggi [a]	Total [X]				DN (mm)	Cek v (0,9 – 2,0 m/s)
SHW 1 - I	SHW I	2	2	2	4,227	0,2	0,23	13	1,51
LAV 7 – I	LAV 7	1	1	1	2,0	0,1	0,23	13*	0,75*
I – D	SHW 1 – I LAV 7 – I	2 1	2	3	1,672	0,24	0,38	13	1,81
LAV 11 – L	LAV 11	1	1	1	3,804	0,1	0,23	13*	0,75*
SHW 5 – L	SHW 5	2	2	2	2,431	0,2	0,23	13	1,51
L – K	LAV 11 – L SHW 5 – L	1 2	2	3	1,012	0,24	0,38	13	1,81
SHW 3 – K	SHW 3	2	2	2	2,431	0,2	0,23	13	1,51
K – J	L – K SHW 3 – K	3 2	2	5	1,960	0,5	0,57	20	1,59
LAV 9 – J	LAV 9	1	1	1	2,00	0,1	0,23	13*	0,75*
J – D	K – J LAV 9 – J	5 1	2	6	1,661	0,32	0,38	20	1,02
D – B	I – D J – D	3 6	2	9	10,127	0,38	0,38	20	1,21
LAV 13 - Q	LAV 13	1	1	1	3,960	0,1	0,23	13*	0,75*
SHW 7 - Q	SHW 7	2	2	2	2,431	0,2	0,23	13	1,51
Q – R	LAV 13 – Q SHW 7 – Q	1 2	2	3	1,012	0,24	0,38	13	1,81
SHW 9 – R	SHW 9	2	2	2	2,431	0,2	0,23	13	1,51
R – S	Q – R SHW 9 – R	3 2	2	5	1,803	0,3	0,38	20	0,96
LAV 15 – S	LAV 15	1	1	1	2,0	0,1	0,23	13*	0,75*
S – F	R – S LAV 15 – S	5 1	2	6	1,657	0,32	0,38	20	1,02
SHW 11 – T	SHW 11	2	2	2	4,227	0,2	0,23	13	1,51
LAV 17 – T	LAV 17	1	1	1	2,0	0,1	0,23	13*	0,75*
T – F	SHW 11 – T LAV 17 – T	2 1	2	3	1,672	0,24	0,38	13	1,81
F – B	S – F T – F	6 3	2	9	10,702	0,38	0,38	20	1,21
B – A	D – B F – B	9 9	2	18	4,740	0,5	0,57	20	1,59
SHW 2 – M	SHW 2	2	2	2	2,431	0,2	0,23	13	1,51
LAV 8 – M	LAV 8	1	1	1	2,00	0,1	0,23	13*	0,75*
M – E	SHW 2 – M	2	2	3	1,672	0,24	0,38	13	1,81

Jalur	Alat Plambing/ Jalur pendahulu	Unit Beban Alat Plambing			Panjang Jalur [L] (m)	QT [Y] (L/s)	Q (L/s) (v = 1,5 m/s)	Pemilihan Pipa	
		Tunggal	Tunggal tertinggi [a]	Total [X]				DN (mm)	Cek v (0,9 – 2,0 m/s)
	LAV 8 – M	1							
LAV 12 – P	LAV 12	1	1	1	3,804	0,1	0,23	13*	0,75*
SHW 6 – P	SHW 6	2	2	2	2,431	0,2	0,23	13	1,51
P – O	LAV 12 – P SHW 6 – P	1 2	2	3	1,012	0,24	0,38	13	1,81
SHW 4 – O	SHW 4	2	2	2	2,431	0,2	0,23	13	1,51
O – N	P – O SHW 4 – O	3 2	2	5	1,960	0,3	0,38	20	0,96
LAV 10 – N	LAV 10	1	1	1	2,00	0,1	0,23	13*	0,75*
N – E	O – N LAV 10 – N	5 1	2	6	1,661	0,32	0,38	20	1,02
E – C	M – E N – E	3 6	2	9	10,127	0,38	0,38	20	1,21
SHW 12 – X	SHW 12	2	2	2	4,227	0,2	0,23	13	1,51
LAV 18 – X	LAV 18	1	1	1	2,0	0,1	0,23	13*	0,75*
X – G	SHW 12 – X LAV 18 – X	2 1	2	3	1,672	0,24	0,38	13	1,81
LAV 14 – U	LAV 14	1	1	1	3,960	0,1	0,23	13*	0,75*
SHW 8 – U	SHW 8	2	2	2	2,431	0,2	0,23	13	1,51
U – V	LAV 14 – U SHW 8 – U	1 2	2	3	1,012	0,24	0,38	13	1,81
SHW 10 – V	SHW 10	2	2	2	2,431	0,2	0,23	13	1,51
V – W	U – V SHW 10 – V	3 2	2	5	1,803	0,3	0,38	13	1,81
LAV 16 – W	LAV 16	1	1	1	2,0	0,1	0,23	13*	0,75*
W – G	V – W LAV 16 - W	5 1	2	6	1,657	0,32	0,38	20	1,02
G – C	X – G W – G	3 6	2	9	10,702	0,38	0,38	20	1,21
C – A	E – C G – C	9 9	2	18	3,963	0,5	0,57	20	1,59
A – VG	B – A C – A	18 18	2	36	30,510	0,66	0,91	25	1,35

5.5.4 Penentuan Diameter Pipa Sistem Plambing Air Panas

Penentuan diameter pipa pada sistem plambing air panas mengacu pada hasil penetapan diameter pipa pada sistem plambing air PDAM. Pendekatan ini digunakan karena konfigurasi alat plambing, pola penyaluran, serta karakteristik jaringan pada setiap lantai bersifat tipikal dan memiliki kesesuaian dengan sistem distribusi air dingin.

Debit rencana sistem air panas yang lebih kecil dibandingkan sistem air PDAM menghasilkan kecepatan aliran yang umumnya berada dalam rentang yang dipersyaratkan. Evaluasi kecepatan aliran tetap dilakukan pada setiap segmen untuk memastikan bahwa pipa distribusi utama dan cabang pengumpul memenuhi kriteria kecepatan aliran sesuai SNI 8153:2025, yaitu 0,9–2,0 m/s. Dengan demikian, kebutuhan pipa sistem plambing air panas adalah sebagai berikut:

DN 13 **= 76,824 m (**PPR Ø20)

DN 20 **= 64,523 m (**PPR Ø20)

DN 25 **= 30,510 m (**PPR Ø25)

Adapun jumlah fitting pada seluruh lantai

Elbow 90 DN 20 (Ø 3/4”)	= 48 unit	*Reducer* 25 – 20	= 3 unit
Elbow 90 DN 25 (Ø 1”)	= 3 unit	*Reducer* 20 – 16	= 24 unit
Elbow 45 DN 25 (Ø 1”)	= 3 unit		
Tee DN 13 (Ø 1/2”)	= 48 unit		
Tee DN 25 (Ø 1”)	= 6 unit		

Pada beberapa pipa servis individual menuju alat plambing tunggal, kecepatan aliran berada di bawah rentang kecepatan perencanaan. Kondisi tersebut disebabkan oleh debit alat plambing yang kecil serta keterbatasan ukuran pipa minimum yang tersedia secara komersial. Oleh karena itu, evaluasi kecepatan difokuskan pada pipa distribusi utama dan cabang pengumpul yang mengalirkan debit akumulatif.

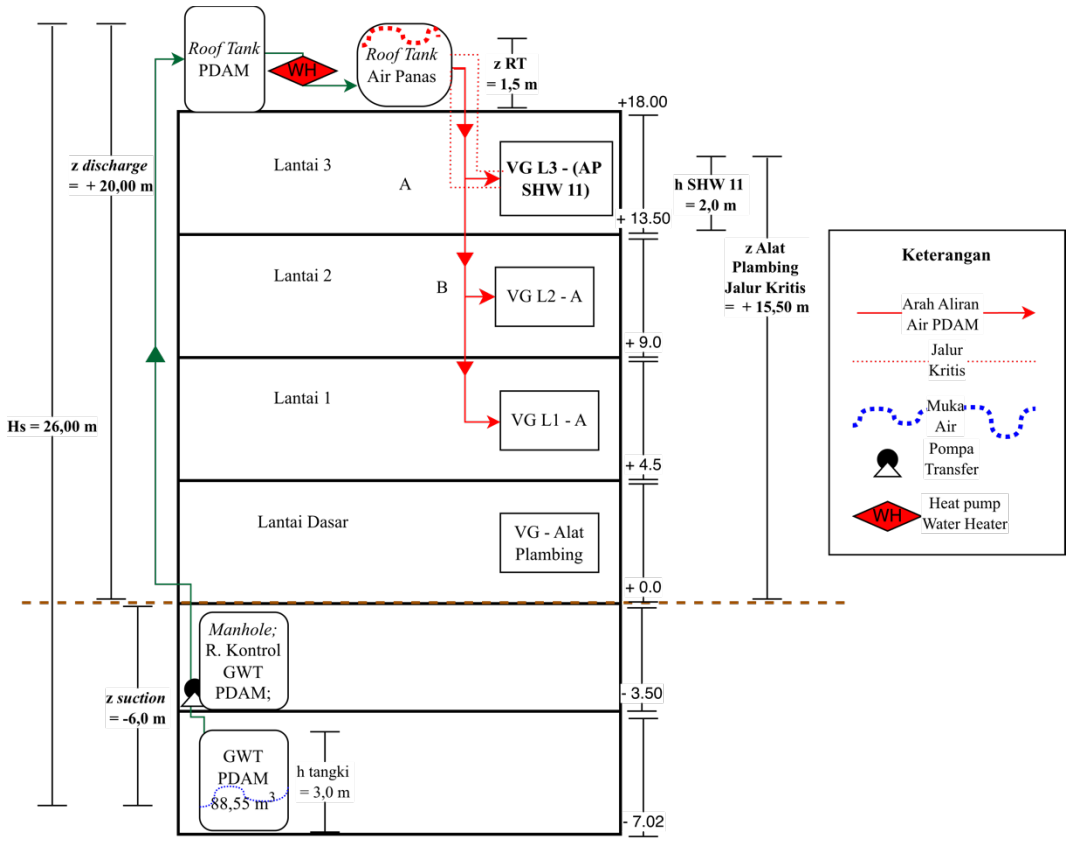
Diameter DN 20 digunakan sebagai pipa cabang pengumpul yang melayani beberapa alat plambing, dengan kecepatan aliran yang berada dalam rentang perencanaan. Sementara itu, diameter DN 25 digunakan pada segmen utama yang terhubung dengan pipa tegak (*riser*), yang berfungsi mengalirkan debit akumulatif terbesar dalam sistem.

Material pipa sistem air panas menggunakan pipa PP-R PN20 karena memiliki ketahanan yang baik terhadap temperatur dan tekanan operasi. Pemilihan material dilakukan setelah penentuan debit rencana dan diameter pipa.

5.5.5 Penentuan Diameter Pipa Tegak Sistem Plambing Air Panas

Penentuan diameter pipa tegak pada sistem plambing air panas dilakukan dengan pendekatan berbasis debit aliran maksimum (debit pengendali) yang mengacu pada prinsip perencanaan sistem plambing air PDAM. Pendekatan ini digunakan untuk memastikan bahwa pipa tegak mampu mengalirkan akumulasi debit dari seluruh lantai tanpa menimbulkan pembatasan aliran (*bottleneck*).

Skema pipa tegak sistem plambing air panas ditunjukkan pada **Gambar 5.26** sedangkan hasil evaluasi pemilihan diameter pipa tegak disajikan pada **Tabel 5.28.**



Gambar 5.26 Skema Pipa Tegak Sistem Plambing Air Panas

Tabel 5.28 Penentuan Diameter Pipa Tegak Sistem Plambing Air Panas

Jalur	Alat Plambing/jalur pendahulu	Unit Beban Alat Plambing			QT [Y] (L/s)	Q (L/s) (v = 1,5 m/s)	Pemilihan Pipa	
		Tunggal	Tunggal tertinggi [a]	Total [X]			DN (mm)	Cek v (0,9 – 2,0 m/s)
B – A	VG L1 – B VG L2 – B	36 36	2	72	0,85	0,91	32	1,06
VG L3 – A	VG L3 – A	36	2	36	0,66	0,91	25	1,35
A – RT	B – A VG L3 – A	72 36	2	108	1,2	1,61	32	1,49

Panjang pipa tegak ditentukan berdasarkan selisih elevasi antar lantai yang dilayani. Dengan tinggi antar lantai sebesar 4,5 m dan jumlah lantai yang dilayani sebanyak tiga lantai, serta tinggi muka air pada *Roof tank* air panas sebesar 1,5 m, maka total panjang pipa tegak dari *Roof tank* hingga lantai terbawah adalah sekitar ±15 m.

Berdasarkan hasil evaluasi debit rencana dan kecepatan aliran, diameter pipa tegak bervariasi sesuai dengan besarnya debit pada masing-masing segmen. Pada segmen dengan debit lebih kecil digunakan diameter DN 25, sedangkan pada segmen dengan debit akumulatif yang lebih besar digunakan diameter DN 32.

Seluruh segmen pipa tegak menunjukkan kecepatan aliran yang berada dalam rentang kriteria perencanaan (0,9–2,0 m/s), sehingga pemilihan diameter tersebut dinilai telah memenuhi rentang persyaratan hidraulik. Dengan demikian, sistem pipa tegak air panas tidak menggunakan satu diameter tunggal, melainkan disesuaikan dengan kondisi debit pada masing-masing segmen untuk menjaga efisiensi dan kinerja sistem.

5.5.6 Penentuan *Head Booster* Distribusi dan Pompa Resirkulasi Sistem Plambing Air Panas

Evaluasi hidraulik sistem air panas dilakukan untuk memastikan kecukupan tekanan distribusi dari *Roof tank* air panas menuju alat plambing pada setiap lantai pelayanan. Sistem air panas melayani lantai 1 hingga lantai 3, sehingga evaluasi tekanan dilakukan pada masing-masing lantai dengan membandingkan *head* tersedia akibat perbedaan elevasi terhadap kebutuhan *head* minimum, yaitu

penjumlahan antara total *headloss* distribusi dan tekanan residual minimum pada alat plambing.

Jalur kritis distribusi ditentukan dari *Roof tank* air panas menuju alat plambing terjauh, yaitu *Shower* (SHW 11). Perhitungan rinci *headloss* mayor, *headloss* minor, evaluasi tekanan gravitasi, kebutuhan *booster* distribusi, serta kebutuhan pompa resirkulasi disajikan pada **Lampiran A**.

Berdasarkan hasil perhitungan pada **Lampiran A**, diperoleh rekapitulasi *headloss* distribusi sistem air panas yang disajikan pada **Tabel 5.29.**

Tabel 5.29 Rekapitulasi *Headloss* Distribusi Sistem Plambing Air Panas

Lantai	*Head* Tersedia	*Headloss* Mayor	*Headloss* Minor	Total *Headloss*	Hresidual (SHW)	HL + Hresidual	Status
	ΔH (m)	hf (m)	hm (m)	HL (m)	(m)	(m)	
Lantai 3	**3,00**	5,983	0,6915	6,675	10	**16,675**	Tidak memenuhi
Lantai 2	**7,50**	6,159	0,7256	6,884	10	**16,884**	Tidak memenuhi
Lantai 1	**12,00**	6,334	0,7597	7,094	10	**17,094**	Tidak memenuhi

Berdasarkan hasil tersebut, kegagalan sistem gravitasi bukan disebabkan oleh *headloss* yang terlalu besar, melainkan oleh *head* tersedia yang tidak mencukupi, terutama pada lantai 3 yang memiliki selisih elevasi paling kecil terhadap *Roof tank*.

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa distribusi gravitasi dari *Roof tank* air panas belum mampu memenuhi tekanan minimum pelayanan pada seluruh lantai. Pada lantai 3, *head* tersedia hanya sebesar 3,00 m, sedangkan kebutuhan *head* minimum mencapai 16,675 m. Pada lantai 2, *head* tersedia sebesar 7,50 m, sedangkan kebutuhan *head* minimum mencapai 16,884 m. Pada lantai 1, *head* tersedia sebesar 12,00 m, sedangkan kebutuhan *head* minimum mencapai 17,094 m. Dengan demikian, sistem air panas memerlukan *booster* distribusi untuk menjamin kecukupan tekanan pelayanan pada *shower* dan *lavatory*.

Kondisi pengendali ditentukan berdasarkan lantai dengan kekurangan *head* terbesar. Meskipun total *headloss* distribusi terbesar terjadi pada lantai 1, kebutuhan *booster* terbesar terjadi pada lantai 3 karena *head* tersedia dari *Roof*

tank paling kecil. Oleh karena itu, lantai 3 digunakan sebagai dasar penentuan *head booster* distribusi air panas.

Kebutuhan *head booster* minimum dihitung sebagai berikut:

H_{boost} = (HL + Hresidual) – ΔH

= (6,675 m + 10 m) – 3,00

= 13,675 m

Dengan mempertimbangkan *safety factor* 15%, maka:

H_{boost} = 13,675 m × 1,15

= 15,73 m ≈ 16 m

Berdasarkan hasil tersebut, *head booster* distribusi air panas ditetapkan sebesar 16 m. Debit *booster* distribusi direncanakan sebesar 1,20 L/s, yaitu debit puncak yang digunakan pada jalur distribusi utama air panas.

Selain *booster* distribusi, sistem air panas juga dilengkapi pompa resirkulasi. Pompa resirkulasi berfungsi untuk menjaga sirkulasi air panas pada jaringan agar temperatur tetap stabil. Karena sistem resirkulasi merupakan loop tertutup, komponen *head* statis tidak diperhitungkan dalam penentuan *head* pompa resirkulasi. *Head* pompa resirkulasi ditentukan berdasarkan *headloss* pada jalur pipa balik resirkulasi.

Berdasarkan perhitungan pada **Lampiran A**, panjang pipa balik resirkulasi dari titik terjauh menuju *Roof tank* adalah 72,35 m. Dengan diameter pipa resirkulasi DN16, volume air dalam pipa sebesar 0,0145 m^3 dan waktu resirkulasi 180 detik, diperoleh debit resirkulasi sebesar 0,081 L/s. Hasil perhitungan menunjukkan *headloss* mayor sebesar 0,992 m dan *headloss* minor sebesar 0,038 m, sehingga total *headloss* loop resirkulasi adalah:

HL_{loop} = 0,992 m + 0,038 m

= 1,03 m

Dengan mempertimbangkan *safety factor* 15%, maka:

$H_{pompa\ resirkulasi}$ = 1,03 m × 1,15

= 1,18 m ≈ 1,5 m

Dengan demikian, sistem plambing air panas direncanakan menggunakan dua komponen pompa dengan fungsi berbeda, yaitu *booster* distribusi dengan *head* desain 16 m untuk menjamin tekanan pelayanan pada alat plambing, serta

pompa resirkulasi dengan *head* desain 1,5 m untuk menjaga kestabilan temperatur air panas pada jaringan.

5.6 Perancangan Sistem Plambing Air *Recycle*

Sistem plambing air *recycle* dirancang untuk memanfaatkan kembali air hasil olahan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) yang telah memenuhi baku mutu air non-*potable*. Air olahan dari WWTP dialirkan menuju *Ground Water Tank* (GWT) khusus air *recycle,* kemudian dipompa menuju *Roof tank* (RT) air *recycle*. Dari *Roof tank*, air *recycle* dialirkan ke jaringan distribusi. Berdasarkan evaluasi hidraulik, distribusi gravitasi hanya mencukupi untuk lantai dasar, sedangkan lantai 1 hingga lantai 3 memerlukan *booster* distribusi untuk memenuhi tekanan minimum alat plambing.

Air *recycle* digunakan khusus untuk kebutuhan non-*potable*, yaitu *flushing* kloset dan urinal. Untuk mencegah potensi kontaminasi silang dengan sistem air minum, jaringan pipa air *recycle* direncanakan terpisah secara fisik (*dual piping system*) dan diberi identifikasi warna oranye.

Tahapan perancangan sistem plambing air *recycle* mengacu pada prosedur perancangan sistem plambing air bersih menurut SNI 8153:2025, meliputi inventarisasi alat plambing, penentuan Unit Beban Alat Plambing (UBAP), penetapan debit rencana (QT), serta penentuan diameter pipa (DN).

5.6.1 Inventarisasi Kebutuhan Sistem Plambing Air *Recycle*

Air *recycle* dimanfaatkan untuk suplai *flushing* WC dan urinal pada seluruh lantai bangunan Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung. Inventarisasi kebutuhan dilakukan dengan mengidentifikasi seluruh alat plambing yang disuplai oleh sistem air *recycle* pada masing-masing lantai. Hasil inventarisasi kebutuhan sistem plambing air *recycle* disajikan pada **Tabel 5.30**.

Tabel 5.30 Hasil Inventarisasi Kebutuhan Sistem Plambing Air *Recycle*

Jenis Alat Plambing	Ruangan	Jumlah (*Unit*)
Lantai dasar		
WC (12 *unit*)	Toilet Pria	4
	Toilet Wanita	4
	Toilet Difabel	2
	Toilet Pegawai	2
URN (4 *unit*)	Toilet Pria	4
Lantai 1		
WC (22 *unit*)	Toilet Umum	8
	Toilet Difabel	2
	Kamar Kelas 3	12
URN (4 *unit*)	Toilet Pria	4
Lantai 2		
WC (22 *unit*)	Toilet Umum	8
	Toilet Difabel	2
	Kamar Kelas 2	12
URN (4 *unit*)	Toilet Pria	4
Lantai 3		
WC (26 *unit*)	Toilet Umum	8
	Toilet Difabel	2
	Kamar Kelas 1	6
	Kamar Kelas VIP	6
	Musholla	4
URN (4 *unit*)	Toilet Pria	4

Berdasarkan Masyhuroh (2025), kebutuhan air *recycle* untuk *flushing* WC dan urinal di Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung adalah sebesar 8,192 m³/hari. Kebutuhan ini dihitung berdasarkan frekuensi pemakaian oleh pasien, pendamping, pegawai, dan pengunjung, serta kapasitas alat plambing sebesar 6 liter/*flush* untuk WC dan 4 liter/*flush* untuk urinal.

Debit efluen IPAL yang berpotensi dimanfaatkan kembali sebagai air *recycle* mencapai 44,49 m³/hari, yaitu sekitar 70% dari total debit efluen IPAL sebesar 63,56 m³/hari. Dengan demikian, ketersediaan air *recycle* secara kuantitas melebihi kebutuhan harian *flushing*, sehingga sistem air *recycle* dinilai layak secara hidraulik dan operasional.

5.6.2 Denah Penjaluran Pipa Air *Recycle*

Bangunan Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung memiliki variasi fungsi ruang pada setiap lantai, yang berpengaruh terhadap besarnya beban hidraulik pada jaringan pipa air *recycle*. Lantai dasar melayani toilet karyawan serta toilet umum dan difabel, lantai 1 dan 2 merupakan lantai tipikal yang melayani toilet umum, difabel, dan toilet kamar pasien kelas 3 dan 2, sedangkan lantai 3 melayani toilet umum dan difabel, kamar pasien kelas 1 dan VIP, serta toilet musholla.

Penjaluran pipa air *recycle* dipisahkan dari jaringan air minum, air panas, dan air RO. Pada denah perencanaan, pipa air *recycle* diberi kode warna oranye untuk membedakan fungsi dan mencegah potensi kesalahan operasi maupun sambungan silang. Jalur pipa mengikuti posisi toilet, *Vertical Gallery* (VG), dan cabang distribusi pada masing-masing lantai, sehingga diameter pipa ditentukan berdasarkan akumulasi beban alat plambing pada setiap segmen.

Penentuan diameter pipa air *recycle* dilakukan dengan metode yang sama seperti sistem air minum, yaitu menggunakan pendekatan Unit Beban Alat Plambing (UBAP), penetapan debit rencana (QT), dan evaluasi kecepatan aliran dalam rentang standar 0,9–2,0 m/detik sesuai SNI 8153:2025. Perhitungan UBAP hanya mempertimbangkan alat plambing yang disuplai oleh jaringan air *recycle*, yaitu WC dan urinal, di mana menurut SNI 8153:2025 WC dengan tangki pembilas memiliki UBAP 1 dan urinal dengan katup pembilas memiliki UBAP 3.

Urutan gambar dan tabel penjaluran pipa air *recycle* adalah sebagai berikut:

- Lantai dasar: **Gambar 5.27** (denah umum), **Gambar 5.28** (sayap kiri), **Gambar 5.29** (sayap kanan), **Tabel 5.31**.
- Lantai 1: **Gambar 5.30** (denah umum), **Gambar 5.31** (sayap kiri), **Gambar 5.32** (sayap kanan), **Tabel 5.32**.
- Lantai 2: **Gambar 5.33** (denah umum), **Gambar 5.34** (sayap kiri), **Gambar 5.35** (sayap kanan), **Tabel 5.33**.
- Lantai 3: **Gambar 5.36** (denah umum), **Gambar 5.37** (sayap kiri), **Gambar 5.38** (sayap kanan), **Tabel 5.34**.

5.6.3 Penentuan Diameter Pipa Sistem Plambing Air *Recycle*

Diameter pipa pada sistem plambing air *recycle* ditentukan dengan prosedur yang konsisten dengan perencanaan sistem plambing air minum, yaitu menggunakan pendekatan Unit Beban Alat Plambing (UBAP), penetapan debit rencana (QT), serta pemilihan diameter nominal pipa (DN) berdasarkan kriteria kecepatan aliran.

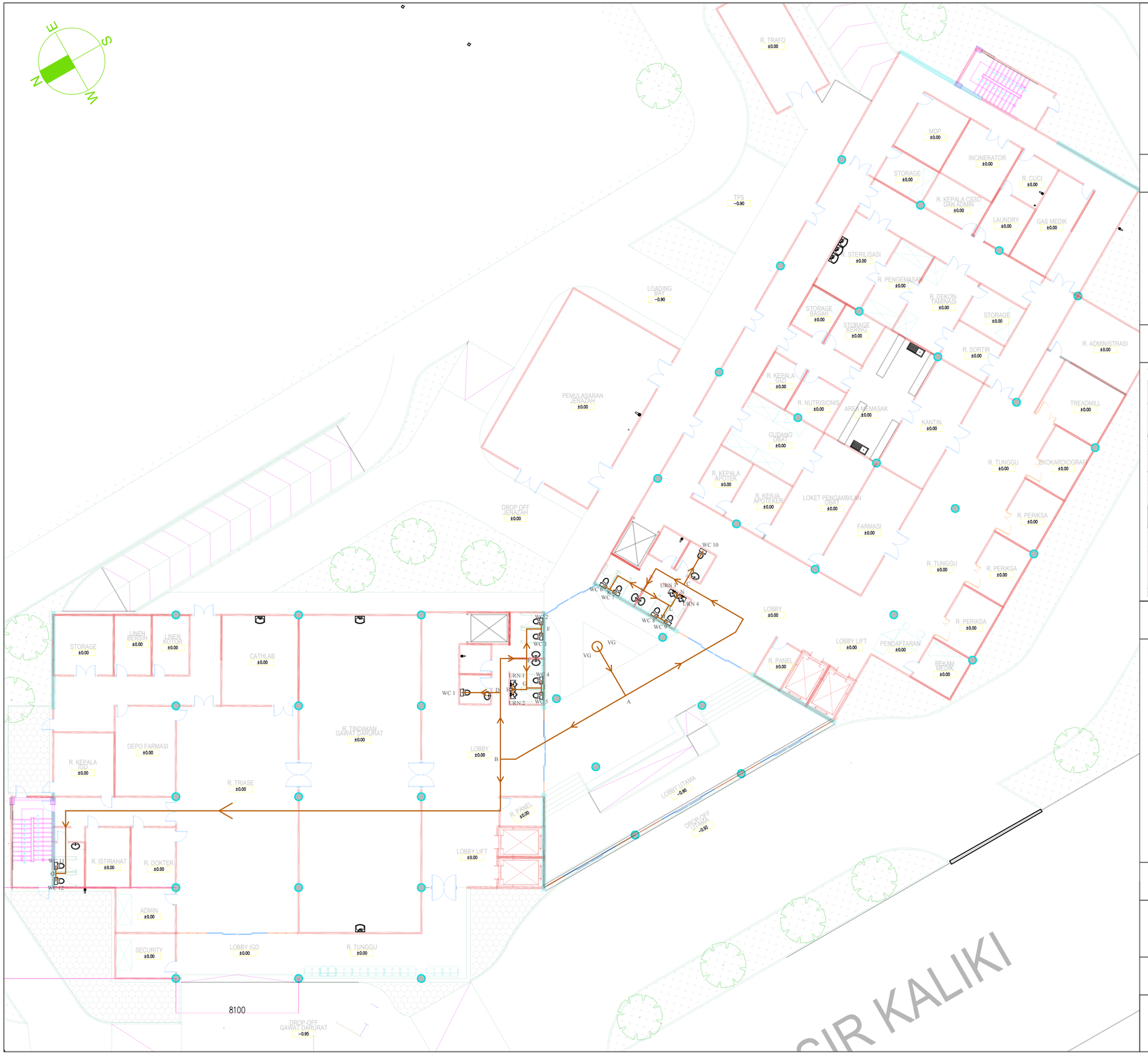
Perhitungan UBAP pada sistem air *recycle* hanya mempertimbangkan alat plambing yang disuplai oleh jaringan air *recycle*, yaitu kloset (WC) dan urinal. Berdasarkan SNI 8153:2025, nilai UBAP yang digunakan adalah:

WC dengan tangki pembilas = 1

Urinal dengan katup pembilas = 3

Debit rencana (QT) ditentukan berdasarkan akumulasi UBAP pada setiap segmen pipa, kemudian digunakan untuk menentukan debit aliran (Q) pada kondisi desain.

Untuk tabel penjaluran, perhitungan UBAP, penentuan debit rencana dan penentuan diameter pipa air *recycle* secara berturut turut ditunjukkan pada tabel: lantai dasar (**Tabel 5.31**), lantai 1 (**Tabel 5.32**), lantai 2 (**Tabel 5.33**), dan lantai 3 (**Tabel 5.34**).

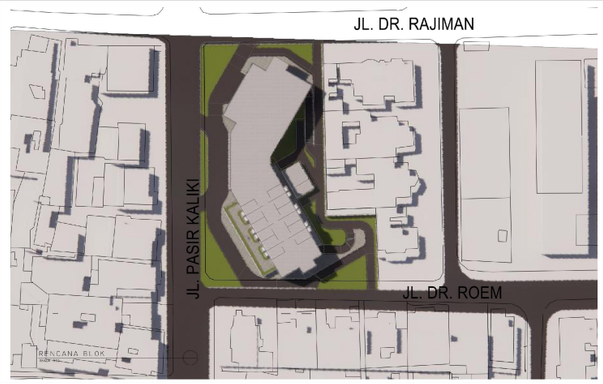


PROGRAM STUDI
TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN
2026

JUDUL GAMBAR

DENAH PENJALURAN PIPA AIR *RECYCLE*
LANTAI DASAR
RUMAH SAKIT KHUSUS JANTUNG
CIGADUNG KOTA BANDUNG

GAMBAR KUNCI



KETERANGAN

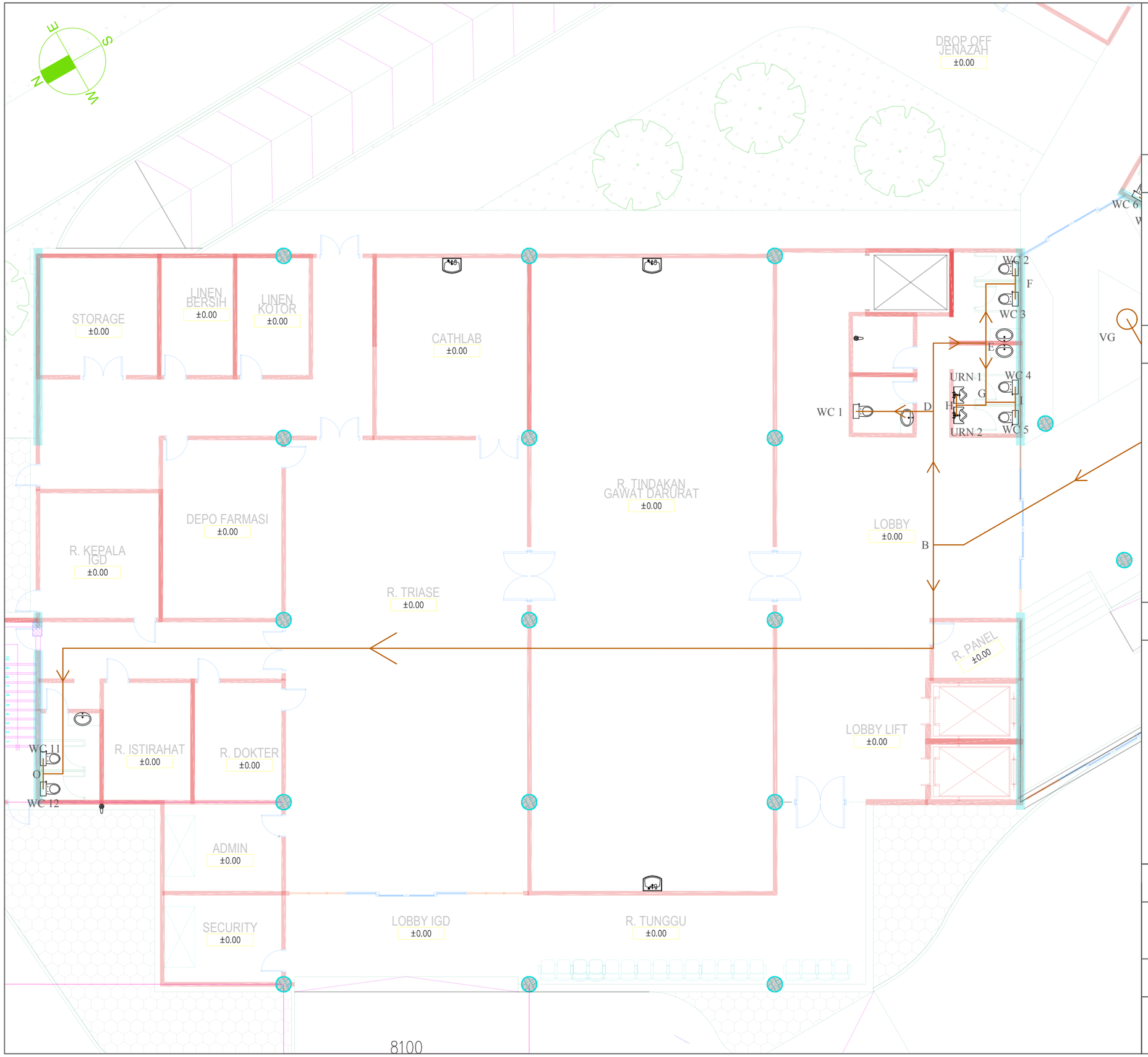
WATER CLOSET (WC)

URINAL (URN)

SKALA

1 : 250

NO. GAMBAR	NO. HALAMAN
5.27	V-97

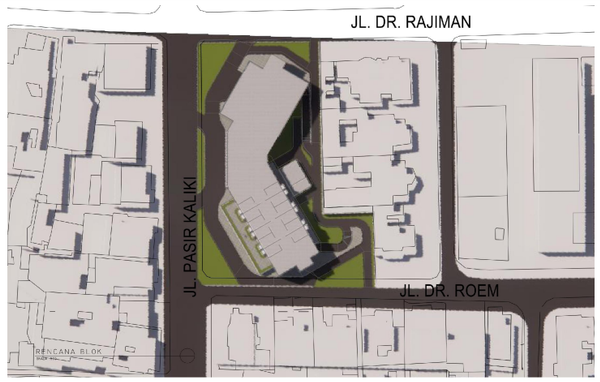


PROGRAM STUDI
TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN
2026

JUDUL GAMBAR

DENAH PENJALURAN PIPA AIR *RECYCLE*
LANTAI DASAR SAYAP KIRI
RUMAH SAKIT KHUSUS JANTUNG
CIGADUNG KOTA BANDUNG

GAMBAR KUNCI



KETERANGAN

WATER CLOSET (WC)

URINAL (URN)

SKALA

1 : 125

NO. GAMBAR	NO. HALAMAN
5.28	V-98

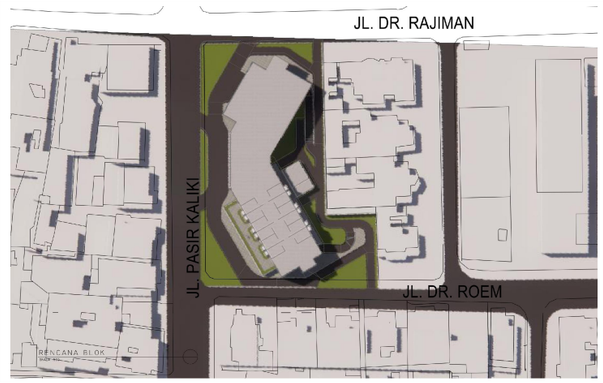


PROGRAM STUDI
TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN
2026

JUDUL GAMBAR

DENAH PENJALURAN PIPA AIR *RECYCLE*
LANTAI DASAR SAYAP KANAN
RUMAH SAKIT KHUSUS JANTUNG
CIGADUNG KOTA BANDUNG

GAMBAR KUNCI



KETERANGAN

WATER CLOSET (WC)

URINAL (URN)

SKALA

1 : 50

NO. GAMBAR	NO. HALAMAN
5.29	V-99

Tabel 5.31 Penjaluran Pipa Air *Recycle* Lantai Dasar

Jalur	Alat Plambing/ Jalur pendahulu	Unit Beban Alat Plambing (UBAP)			Panjang Jalur [L] (m)	QT [Y] (L/s)	Q (L/s) (v = 1,5 m/s)	Pemilihan Pipa**	
		Tunggal	Tunggal tertinggi [a]	Total [X]				DN (mm)	Cek v (0,9 – 2 m/s)
Sayap Kiri									
WC 1 – D	WC 1	1	1	1	4,545	0,10	0,23	13	0,75
WC 2 – F	WC 2	1	1	1	2,500	0,10	0,23	13	0,75
WC 3 – F	WC 3	1	1	1	2,500	0,10	0,23	13	0,75
F – E	WC 2 – F	1	1	2	2,918	0,15	0,23	13	1,13
	WC 3 – F	1							
URN 1 – H	URN 1	3	3	3	2,334	0,30	0,38	20	0,96
URN 2 – H	URN 2	3	3	3	2,334	0,30	0,38	20	0,96
H – G	URN 1 – H	3	3	6	1,068	0,38	0,38	20	1,21
	URN 2 – H	3							
WC 4 – I	WC 4	1	1	1	2,500	0,10	0,23	13	0,75
WC 5 – I	WC 5	1	1	1	2,500	0,10	0,23	13	0,75
I – G	WC 4 – I	1	1	2	0,971	0,15	0,23	13	1,13
	WC 5 – I	1							
G – E	H – G	6	3	8	1,950	0,43	0,57	20	1,37
	I – G	2							
E – D	F – E	2	3	10	3,983	0,47	0,57	20	1,50
	G – E	8							
D – B	WC 1 – D	1	3	11	4,397	0,49	0,57	20	1,56
	E – D	10							
WC 11 – O	WC 11	1	1	1	2,500	0,10	0,23	13	0,75
WC 12 – O	WC 12	1	1	1	2,500	0,10	0,23	13	0,75
O – B	WC 11 – O	1	1	2	36,918	0,15	0,23	13	1,13
	WC 12 – O	1							
B – A	D – B	11	3	13	9,389	0,51	0,57	20	1,62
	O – B	2							
Sayap Kanan									
WC 6 – K	WC 6	1	1	1	2,500	0,10	0,23	13	0,75
WC 7 – K	WC 7	1	1	1	2,500	0,10	0,23	13	0,75
K – J	WC 6 – K	1	1	2	3,000	0,15	0,23	13	1,13
	WC 7 – K	1							
WC 8 – M	WC 8	1	1	1	2,500	0,10	0,23	13	0,75
WC 9 – M	WC 9	1	1	1	2,500	0,10	0,23	13	0,75
M – L	WC 8 – M	1	1	2	1,050	0,15	0,23	13	1,13
	WC 9 – M	1							
URN 3 – N	URN 3	3	3	3	2,334	0,30	0,38	20	0,96

Jalur	Alat Plambing/ Jalur pendahulu	Unit Beban Alat Plambing (UBAP)			Panjang Jalur [L] (m)	QT [Y] (L/s)	Q (L/s) (v = 1,5 m/s)	Pemilihan Pipa**	
		Tunggal	Tunggal tertinggi [a]	Total [X]				DN (mm)	Cek v (0,9 – 2 m/s)
URN 4 – N	URN 4	3	3	3	2,334	0,30	0,38	20	0,96
N – L	URN 3 – N URN 4 – N	3 3	3	6	1,047	0,38	0,38	20	1,21
L – J	M – L N – L	2 6	3	8	1,949	0,43	0,57	20	1,37
J – C	K – J L – J	2 8	3	10	3,783	0,47	0,57	20	1,50
WC 10 – C	WC 10	1	1	1	2,551	0,10	0,23	13	0,75
C – A	J – C WC 10 – C	10 1	3	11	13,919	0,49	0,57	20	1,56
A – VG	B – A C – A	13 11	3	24	3,745	0,63	0,91	25	1,28

Adapun rekapitulasi kebutuhan pipa air *recycle* masing-masing DN pipa di lantai dasar adalah sebagai berikut:

DN 13 = 76,953 m

DN 20 = 50,821 m

DN 25 = 3,745 m

Adapun jumlah fitting pada lantai dasar:

Elbow 90 DN 13 = 16 unit

Elbow 90 DN 20 = 9 unit

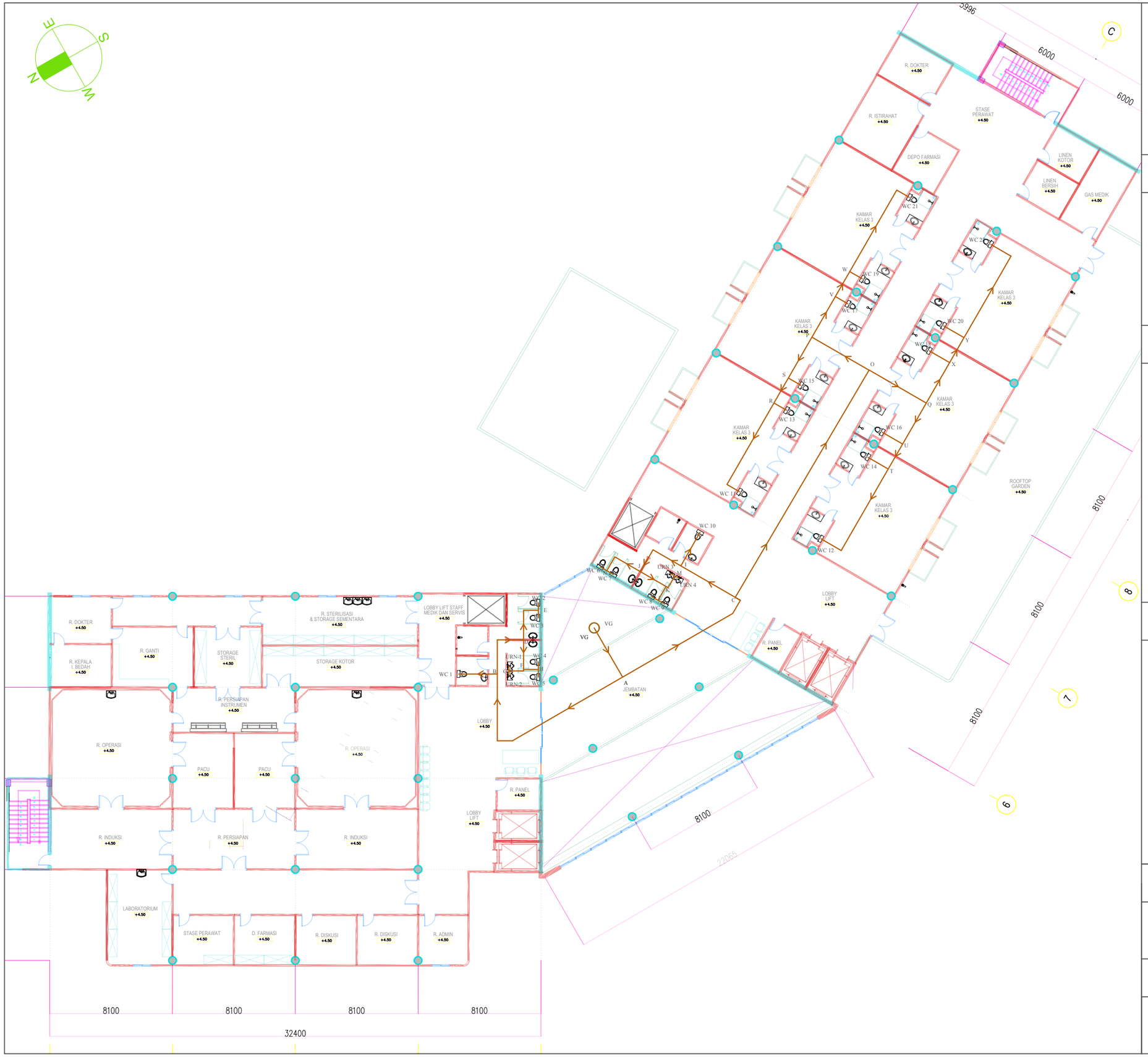
Elbow 45 DN 20 = 2 unit

Tee DN 13 = 5 unit

Tee DN 20 = 6 unit

Reducer 20 – 13 = 4 unit

Reducer 25 – 20 = 1 unit

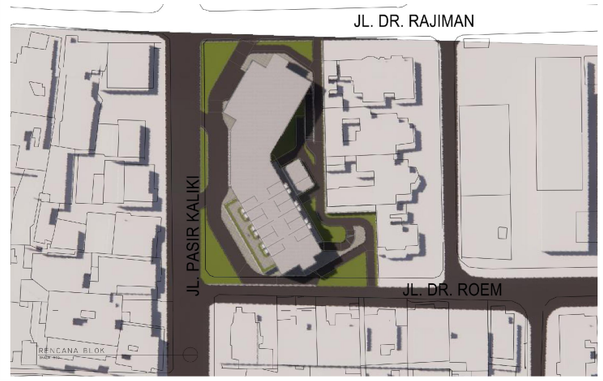


PROGRAM STUDI
TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN
2026

JUDUL GAMBAR

DENAH PENJALURAN PIPA AIR *RECYCLE*
LANTAI 1
RUMAH SAKIT KHUSUS JANTUNG
CIGADUNG KOTA BANDUNG

GAMBAR KUNCI



KETERANGAN

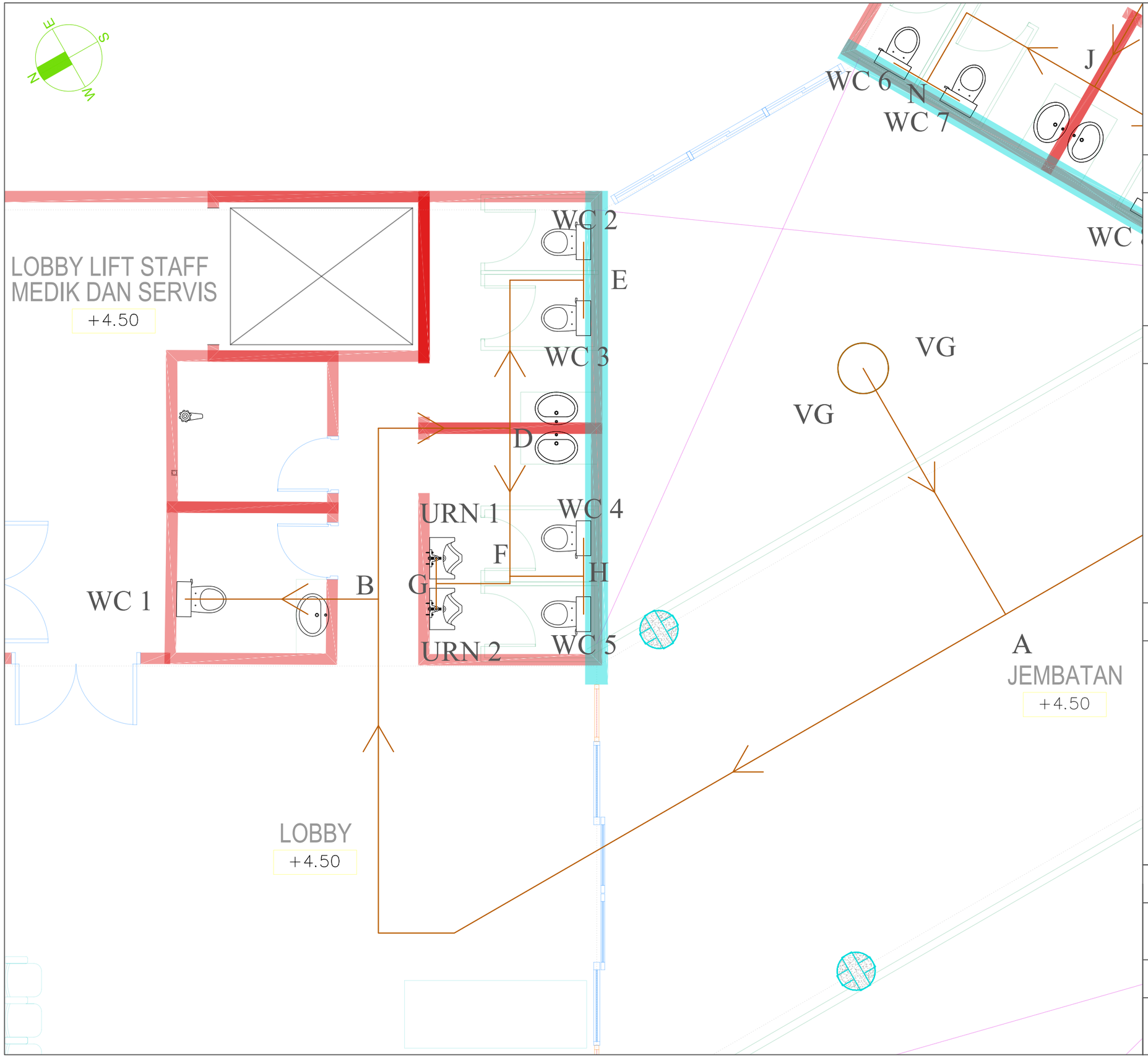
WATER CLOSET (WC)

URINAL (URN)

SKALA

1 : 250

NO. GAMBAR	NO. HALAMAN
5.30	V-102

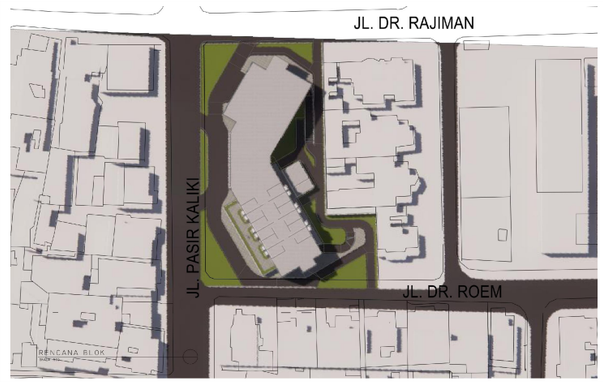


PROGRAM STUDI
TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN
2026

JUDUL GAMBAR

DENAH PENJALURAN PIPA AIR *RECYCLE*
LANTAI 1 SAYAP KIRI
RUMAH SAKIT KHUSUS JANTUNG
CIGADUNG KOTA BANDUNG

GAMBAR KUNCI



KETERANGAN

WATER CLOSET (WC)

URINAL (URN)

SKALA

1 : 50

NO. GAMBAR	NO. HALAMAN
5.31	V-103

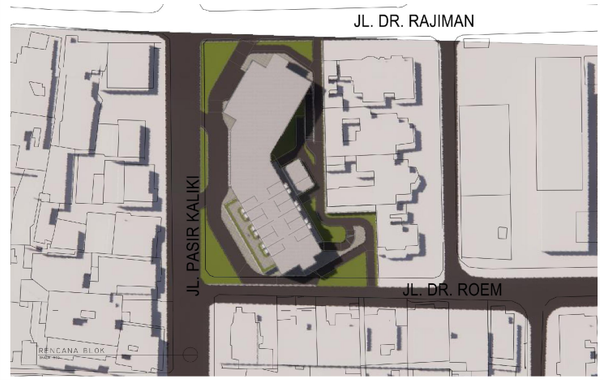


PROGRAM STUDI
TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN
2026

JUDUL GAMBAR

DENAH PENJALURAN PIPA AIR *RECYCLE*
LANTAI 1 SAYAP KANAN
RUMAH SAKIT KHUSUS JANTUNG
CIGADUNG KOTA BANDUNG

GAMBAR KUNCI



KETERANGAN

WATER CLOSET (WC)

URINAL (URN)

SKALA

1 : 125

NO. GAMBAR	NO. HALAMAN
5.32	V-104

Tabel 5.32 Penjaluran Pipa Air *Recycle* Lantai 1

Jalur	Alat Plambing/ Jalur Pendahulu	Unit Beban Alat Plambing (UBAP)			Panjang Jalur [L] (m)	QT [Y] (L/s)	Q (L/s) (v = 1,5 m/s)	Pemilihan Pipa**	
		Tunggal	Tunggal tertinggi [a]	Total [X]				DN (mm)	Cek v (0,9 – 2 m/s)
Sayap Kiri									
WC 1 – B	WC 1	1	1	1	4,545	0,10	0,23	13	0,75
WC 2 – E	WC 2	1	1	1	2,500	0,10	0,23	13	0,75
WC 3 – E	WC 3	1	1	1	2,500	0,10	0,23	13	0,75
E – D	WC 2 – E WC 3 – E	1 1	1	2	2,918	0,15	0,23	13	1,13
WC 4 – H	WC 4	1	1	1	2,500	0,10	0,23	13	0,75
WC 5 – H	WC 5	1	1	1	2,500	0,10	0,23	13	0,75
H – F	WC 4 – H WC 5 – H	1 1	1	2	0,970	0,15	0,23	13	1,13
URN 1 – G	URN 1	3	3	3	2,500	0,30	0,38	20	0,96
URN 2 – G	URN 2	3	3	3	2,500	0,30	0,38	20	0,96
G – F	URN 1 – G URN 2 – G	3 3	3	6	1,068	0,38	0,38	20	1,21
F – D	H – F G – F	2 6	3	8	1,950	0,43	0,57	20	1,37
D – B	E – D F – D	2 8	3	10	3,983	0,47	0,57	20	1,50
B – A	WC 1 – B D – B	1 10	3	11	13,790	0,49	0,57	20	1,56
Sayap Kanan									
WC 6 – N	WC 6	1	1	1	2,500	0,10	0,23	13	0,75
WC 7 – N	WC 7	1	1	1	2,500	0,10	0,23	13	0,75
N – J	WC 6 – N WC 7 – N	1 1	1	2	3,000	0,15	0,23	13	1,13
WC 8 – L	WC 8	1	1	1	2,500	0,10	0,23	13	0,75
WC 9 – L	WC 9	1	1	1	2,500	0,10	0,23	13	0,75
L – K	WC 8 – L WC 9 – L	1 1	1	2	1,050	0,15	0,23	13	1,13
URN 3 – M	URN 3	3	3	3	2,334	0,30	0,38	20	0,96
URN 4 – M	URN 4	3	3	3	2,334	0,30	0,38	20	0,96
M – K	URN 3 – M URN 4 – M	3 3	3	6	1,047	0,38	0,38	20	1,21
K – J	L – K M – K	2 6	3	8	1,949	0,43	0,57	20	1,37
J – I	N – J	2	3	10	3,783	0,47	0,57	20	1,50

Jalur	Alat Plambing/ Jalur Pendahulu	Unit Beban Alat Plambing (UBAP)			Panjang Jalur [L] (m)	QT [Y] (L/s)	Q (L/s) (v = 1,5 m/s)	Pemilihan Pipa**	
		Tunggal	Tunggal tertinggi [a]	Total [X]				DN (mm)	Cek v (0,9 – 2 m/s)
	K – J	8							
WC 10 – I	WC 10	1	1	1	2,551	0,10	0,23	13	0,75
I – C	J – I	10	3	11	4,141	0,49	0,57	20	1,56
	WC 10 – I	1							
WC 11 – R	WC 11	1	1	1	9,150	0,10	0,23	13	0,75
WC 13 – R	WC 13	1	1	1	2,951	0,10	0,23	13	0,75
R – S	WC 11 – R	1	1	2	1,900	0,15	0,23	13	1,13
	WC 13 – R	1							
WC 15 – S	WC 15	1	1	1	2,951	0,10	0,23	13	0,75
S – P	R – S	2	1	3	3,101	0,20	0,23	13	1,51
	WC 15 – S	1							
WC 12 – T	WC 12	1	1	1	9,723	0,10	0,23	13	0,75
WC 14 – T	WC 14	1	1	1	3,542	0,10	0,23	13	0,75
T – U	WC 12 – T	1	1	2	1,900	0,15	0,23	13	1,13
	WC 14 – T	1							
WC 16 – U	WC 16	1	1	1	3,542	0,10	0,23	13	0,75
U – Q	T – U	2	1	3	3,101	0,20	0,23	13	1,51
	WC 16 – U	1							
WC 21 – W	WC 21	1	1	1	9,151	0,10	0,23	13	0,75
WC 19 – W	WC 19	1	1	1	2,951	0,10	0,23	13	0,75
W – V	WC 21 – W	1	1	2	1,900	0,15	0,23	13	1,13
	WC 19 – W	1							
WC 17 – V	WC 17	1	1	1	2,951	0,10	0,23	13	0,75
V – P	W – V	2	1	3	3,101	0,20	0,23	13	1,51
	WC 17 – V	1							
WC 22 – Y	WC 22	1	1	1	9,740	0,10	0,23	13	0,75
WC 20 – Y	WC 20	1	1	1	3,542	0,10	0,23	13	0,75
Y – X	WC 22 – Y	1	1	2	1,900	0,15	0,23	13	1,13
	WC 20 – Y	1							
WC 18 – X	WC 18	1	1	1	3,542	0,10	0,23	13	0,75
X – Q	Y – X	2	1	3	3,101	0,20	0,23	13	1,51
	WC 18 – Q	1							
P – O	S – P	3	1	6	4,351	0,27	0,38	16	1,34
	V – P	3							
Q – O	U – Q	3	1	6	4,351	0,27	0,38	16	1,34
	X – Q	3							
O – C	P – O	6	1	12	13,767	0,36	0,38	20	1,15
	Q – O	6							

Jalur	Alat Plambing/ Jalur Pendahulu	Unit Beban Alat Plambing (UBAP)			Panjang Jalur [L] (m)	QT [Y] (L/s)	Q (L/s) (v = 1,5 m/s)	Pemilihan Pipa**	
		Tunggal	Tunggal tertinggi [a]	Total [X]				DN (mm)	Cek v (0,9 – 2 m/s)
C – A	I – C O – C	11 12	3	23	9,778	0,62	0,91	20	1,97
A – VG	B – A C – A	11 23	3	34	3,745	0,70	0,91	25	1,43

Adapun rekapitulasi kebutuhan pipa air *recycle* masing-masing DN pipa di lantai 1 adalah sebagai berikut:

DN 13 = 118,774 m **DN 20 = 64,924 m**

DN 16 = 8,702 m **DN 25 = 3,745 m**

Adapun jumlah fitting pada lantai 1:

Elbow 90 DN 13 = 24 unit *Reducer* 16 – 13 = 1 unit

Elbow 90 DN 20 = 10 unit *Reducer* 20 – 13 = 3 unit

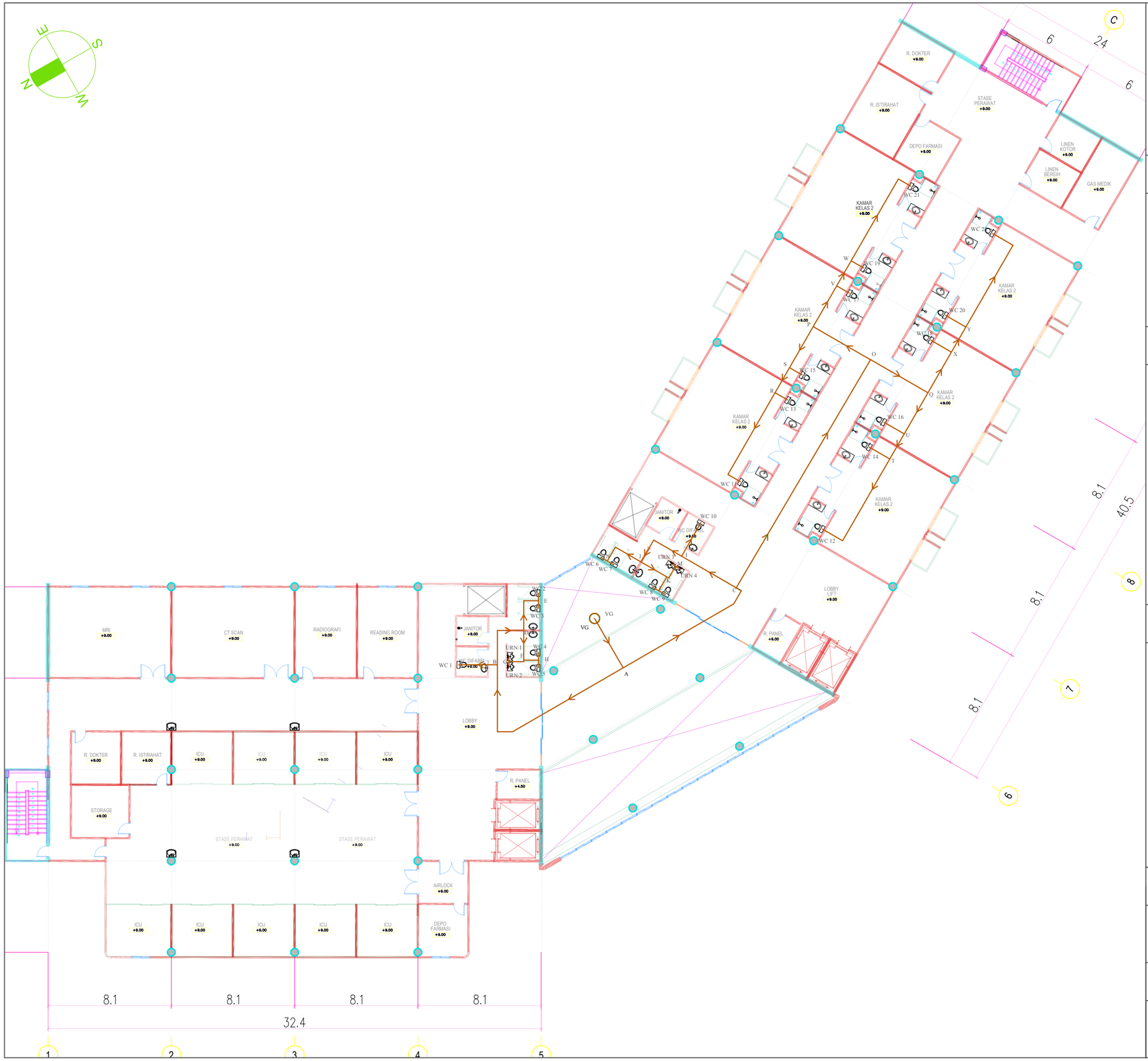
Elbow 45 DN 20 = 2 unit *Reducer* 20 – 16 = 1 unit

Tee DN 13 = 12 unit *Reducer* 25 – 20 = 1 unit

Tee DN 16 = 2 unit

Tee DN 20 = 9 unit

Tee DN 25 = 1 unit

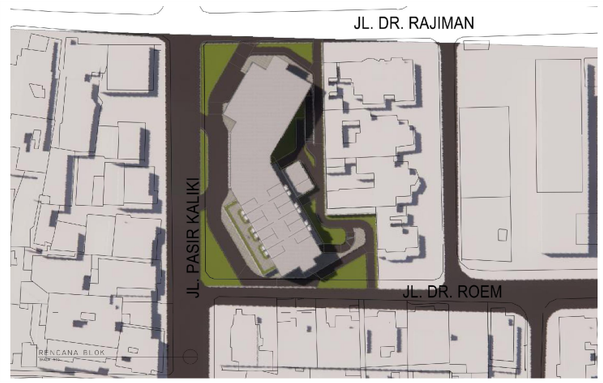


PROGRAM STUDI
TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN
2026

JUDUL GAMBAR

DENAH PENJALURAN PIPA AIR *RECYCLE*
LANTAI 2
RUMAH SAKIT KHUSUS JANTUNG
CIGADUNG KOTA BANDUNG

GAMBAR KUNCI



KETERANGAN

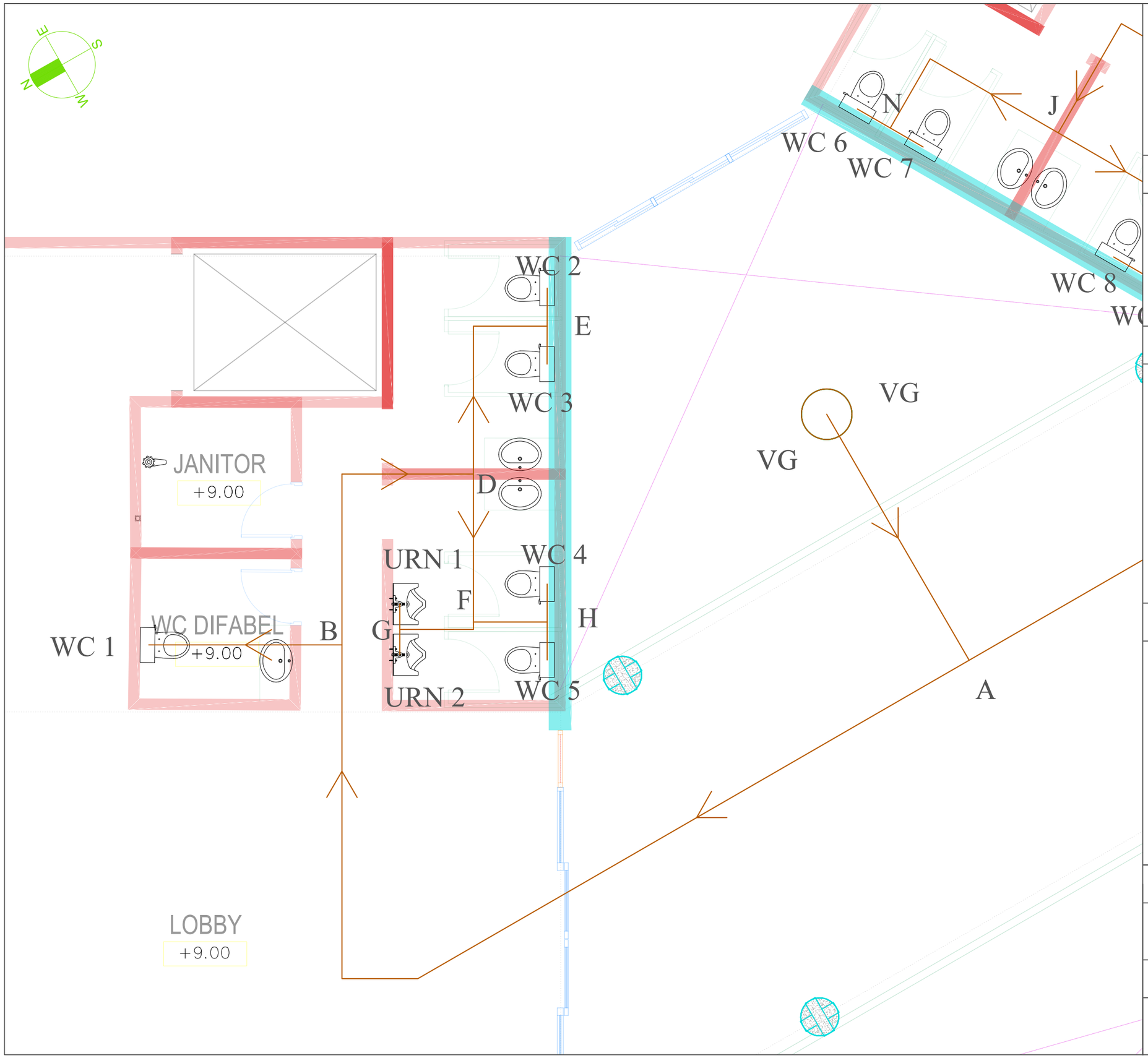
WATER CLOSET (WC)

URINAL (URN)

SKALA

1 : 250

NO. GAMBAR	NO. HALAMAN
5.33	V-108

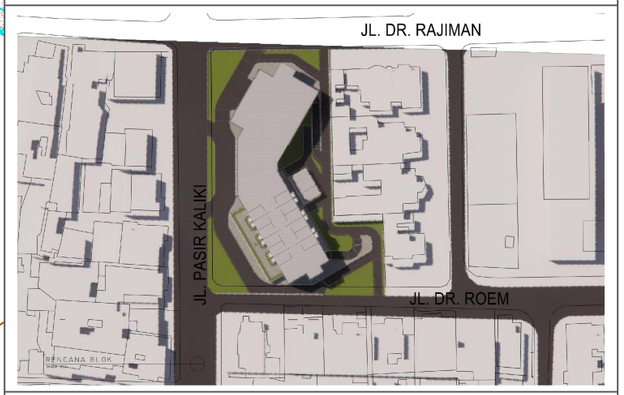


PROGRAM STUDI
TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN
2026

JUDUL GAMBAR

DENAH PENJALURAN PIPA AIR *RECYCLE*
LANTAI 2 SAYAP KIRI
RUMAH SAKIT KHUSUS JANTUNG
CIGADUNG KOTA BANDUNG

GAMBAR KUNCI



KETERANGAN

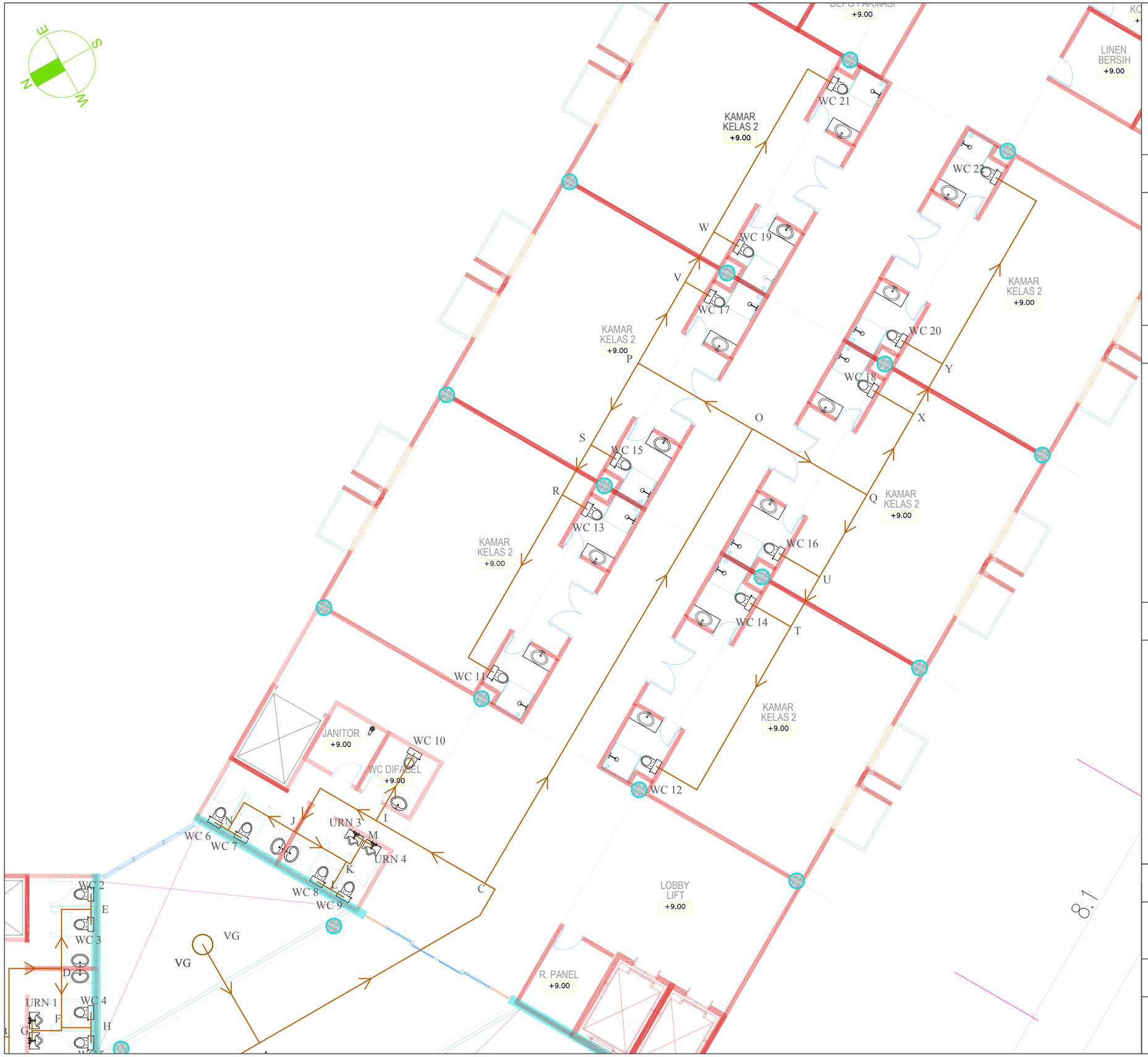
WATER CLOSET (WC)

URINAL (URN)

SKALA

1 : 50

NO. GAMBAR	NO. HALAMAN
5.34	V-109

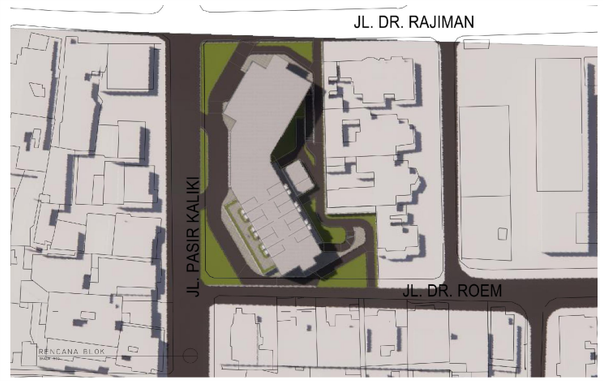


PROGRAM STUDI
TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN
2026

JUDUL GAMBAR

DENAH PENJALURAN PIPA AIR *RECYCLE*
LANTAI 2 SAYAP KANAN
RUMAH SAKIT KHUSUS JANTUNG
CIGADUNG KOTA BANDUNG

GAMBAR KUNCI



KETERANGAN

WATER CLOSET (WC)

URINAL (URN)

SKALA

1 : 125

NO. GAMBAR	NO. HALAMAN
5.35	V-110

Tabel 5.33 Penjaluran Pipa Air *Recycle* Lantai 2

Jalur	Alat Plambing/ Jalur Pendahulu	Unit Beban Alat Plambing (UBAP)			Panjang Jalur [L] (m)	QT [Y] (L/s)	Q (L/s) (v = 1,5 m/s)	Pemilihan Pipa**	
		Tunggal	Tunggal tertinggi [a]	Total [X]				DN (mm)	Cek v (0,9 – 2 m/s)
Sayap Kiri									
WC 1 – B	WC 1	1	1	1	4,545	0,10	0,23	13	0,75
WC 2 – E	WC 2	1	1	1	2,500	0,10	0,23	13	0,75
WC 3 – E	WC 3	1	1	1	2,500	0,10	0,23	13	0,75
E – D	WC 2 – E WC 3 – E	1 1	1	2	2,918	0,15	0,23	13	1,13
WC 4 – H	WC 4	1	1	1	2,500	0,10	0,23	13	0,75
WC 5 – H	WC 5	1	1	1	2,500	0,10	0,23	13	0,75
H – F	WC 4 – H WC 5 – H	1 1	1	2	0,970	0,15	0,23	13	1,13
URN 1 – G	URN 1	3	3	3	2,500	0,30	0,38	20	0,96
URN 2 – G	URN 2	3	3	3	2,500	0,30	0,38	20	0,96
G – F	URN 1 – G URN 2 – G	3 3	3	6	1,068	0,38	0,38	20	1,21
F – D	H – F G – F	2 6	3	8	1,950	0,43	0,57	20	1,37
D – B	E – D F – D	2 8	3	10	3,983	0,47	0,57	20	1,50
B – A	WC 1 – B D – B	1 10	3	11	13,790	0,49	0,57	20	1,56
Sayap Kanan									
WC 6 – N	WC 6	1	1	1	2,500	0,10	0,23	13	0,75
WC 7 – N	WC 7	1	1	1	2,500	0,10	0,23	13	0,75
N – J	WC 6 – N WC 7 – N	1 1	1	2	3,000	0,15	0,23	13	1,13
WC 8 – L	WC 8	1	1	1	2,500	0,10	0,23	13	0,75
WC 9 – L	WC 9	1	1	1	2,500	0,10	0,23	13	0,75
L – K	WC 8 – L WC 9 – L	1 1	1	2	1,050	0,15	0,23	13	1,13
URN 3 – M	URN 3	3	3	3	2,334	0,30	0,38	20	0,96
URN 4 – M	URN 4	3	3	3	2,334	0,30	0,38	20	0,96
M – K	URN 3 – M URN 4 – M	3 3	3	6	1,047	0,38	0,38	20	1,21
K – J	L – K M – K	2 6	3	8	1,949	0,43	0,57	20	1,37
J – I	N – J	2	3	10	3,783	0,47	0,57	20	1,50

Jalur	Alat Plambing/ Jalur Pendahulu	Unit Beban Alat Plambing (UBAP)			Panjang Jalur [L] (m)	QT [Y] (L/s)	Q (L/s) (v = 1,5 m/s)	Pemilihan Pipa**	
		Tunggal	Tunggal tertinggi [a]	Total [X]				DN (mm)	Cek v (0,9 – 2 m/s)
	K – J	8							
WC 10 – I	WC 10	1	1	1	2,551	0,10	0,23	13	0,75
I – C	J – I	10	3	11	4,141	0,49	0,57	20	1,56
	WC 10 – I	1							
WC 11 – R	WC 11	1	1	1	9,150	0,10	0,23	13	0,75
WC 13 – R	WC 13	1	1	1	2,951	0,10	0,23	13	0,75
R – S	WC 11 – R	1	1	2	1,900	0,15	0,23	13	1,13
	WC 13 – R	1							
WC 15 – S	WC 15	1	1	1	2,951	0,10	0,23	13	0,75
S – P	R – S	2	1	3	3,101	0,20	0,23	13	1,51
	WC 15 – S	1							
WC 12 – T	WC 12	1	1	1	9,723	0,10	0,23	13	0,75
WC 14 – T	WC 14	1	1	1	3,542	0,10	0,23	13	0,75
T – U	WC 12 – T	1	1	2	1,900	0,15	0,23	13	1,13
	WC 14 – T	1							
WC 16 – U	WC 16	1	1	1	3,542	0,10	0,23	13	0,75
U – Q	T – U	2	1	3	3,101	0,20	0,23	13	1,51
	WC 16 – U	1							
WC 21 – W	WC 21	1	1	1	9,151	0,10	0,23	13	0,75
WC 19 – W	WC 19	1	1	1	2,951	0,10	0,23	13	0,75
W – V	WC 21 – W	1	1	2	1,900	0,15	0,23	13	1,13
	WC 19 – W	1							
WC 17 – V	WC 17	1	1	1	2,951	0,10	0,23	13	0,75
V – P	W – V	2	1	3	3,101	0,20	0,23	13	1,51
	WC 17 – V	1							
WC 22 – Y	WC 22	1	1	1	9,740	0,10	0,23	13	0,75
WC 20 – Y	WC 20	1	1	1	3,542	0,10	0,23	13	0,75
Y – X	WC 22 – Y	1	1	2	1,900	0,15	0,23	13	1,13
	WC 20 – Y	1							
WC 18 – X	WC 18	1	1	1	3,542	0,10	0,23	13	0,75
X – Q	Y – X	2	1	3	3,101	0,20	0,23	13	1,51
	WC 18 – Q	1							
P – O	S – P	3	1	6	4,351	0,27	0,38	16	1,34
	V – P	3							
Q – O	U – Q	3	1	6	4,351	0,27	0,38	16	1,34
	X – Q	3							
O – C	P – O	6	1	12	13,767	0,36	0,38	20	1,15
	Q – O	6							

Jalur	Alat Plambing/ Jalur Pendahulu	Unit Beban Alat Plambing (UBAP)			Panjang Jalur [L] (m)	QT [Y] (L/s)	Q (L/s) (v = 1,5 m/s)	Pemilihan Pipa**	
		Tunggal	Tunggal tertinggi [a]	Total [X]				DN (mm)	Cek v (0,9 – 2 m/s)
C – A	I – C O – C	11 12	3	23	9,778	0,62	0,91	20	1,97
A – VG	B – A C – A	11 23	3	34	3,745	0,70	0,91	25	1,43

Adapun rekapitulasi kebutuhan pipa air *recycle* masing-masing DN pipa di lantai 2 adalah sebagai berikut:

DN 13 = 118,774 m

DN 16 = 8,702 m

DN 20 = 64,924 m

DN 25 = 3,745 m

Adapun jumlah fitting pada lantai 2:

Elbow 90 DN 13 = 24 unit
Elbow 90 DN 20 = 10 unit
Elbow 45 DN 20 = 2 unit
Tee DN 13 = 12 unit
Tee DN 16 = 2 unit
Tee DN 20 = 9 unit
Tee DN 25 = 1 unit

Reducer 16 – 13 = 1 unit
Reducer 20 – 13 = 3 unit
Reducer 20 – 16 = 1 unit
Reducer 25 – 20 = 1 unit

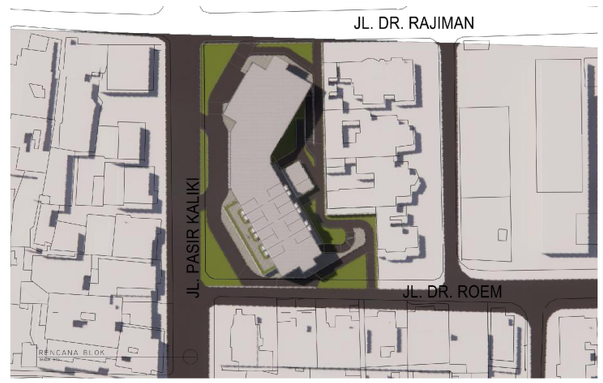


PROGRAM STUDI
TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN
2026

JUDUL GAMBAR

DENAH PENJALURAN PIPA AIR *RECYCLE*
LANTAI 3
RUMAH SAKIT KHUSUS JANTUNG
CIGADUNG KOTA BANDUNG

GAMBAR KUNCI



KETERANGAN

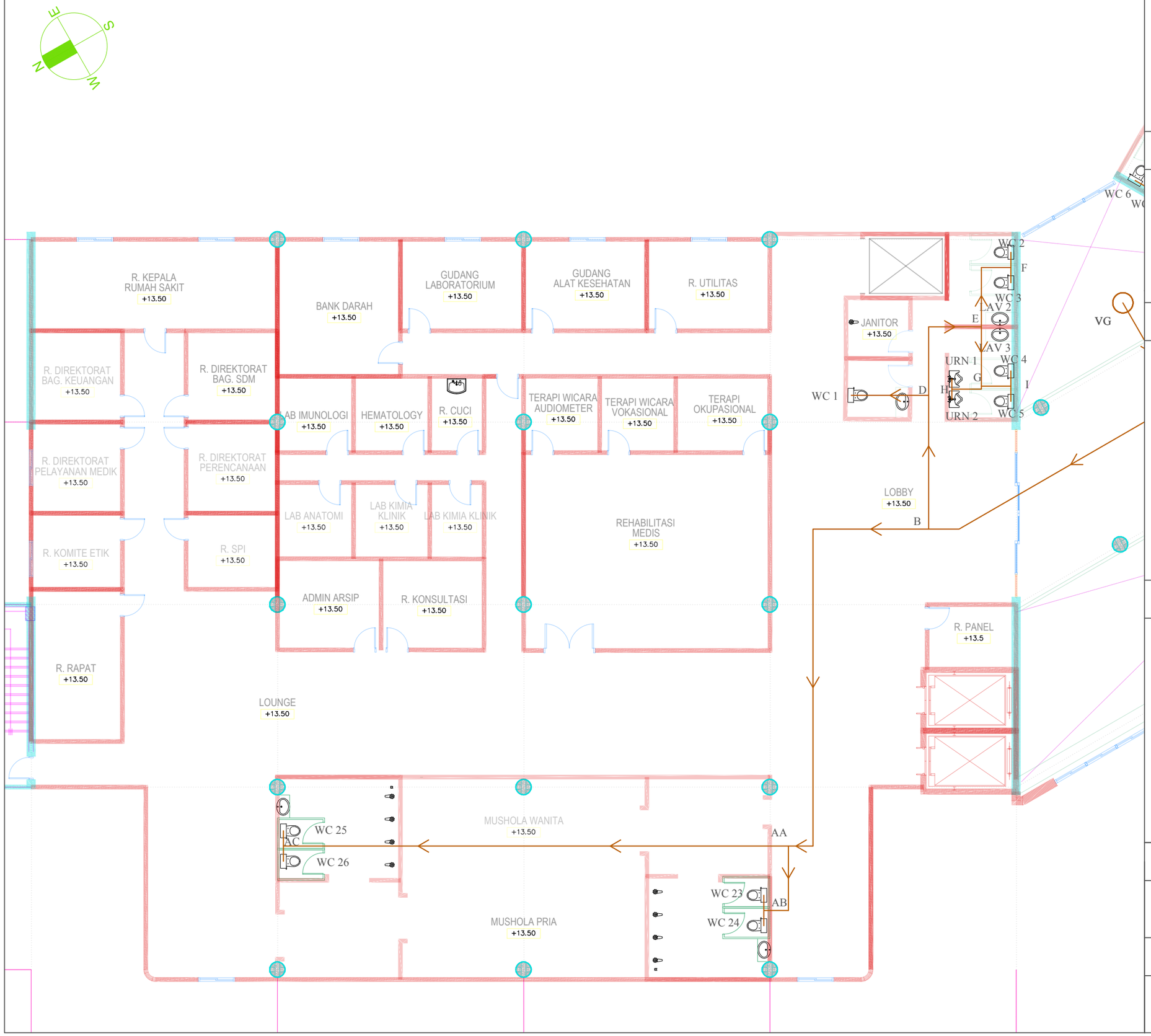
WATER CLOSET (WC)

URINAL (URN)

SKALA

1 : 250

NO. GAMBAR	NO. HALAMAN
5.36	V-114

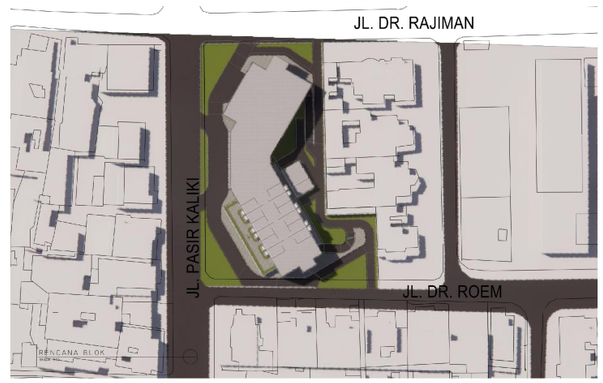


PROGRAM STUDI
TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN
2026

JUDUL GAMBAR

DENAH PENJALURAN PIPA AIR *RECYCLE*
LANTAI 3 SAYAP KIRI
RUMAH SAKIT KHUSUS JANTUNG
CIGADUNG KOTA BANDUNG

GAMBAR KUNCI



KETERANGAN

WATER CLOSET (WC)

URINAL (URN)

SKALA

1 : 250

NO. GAMBAR	NO. HALAMAN
5.37	V-115

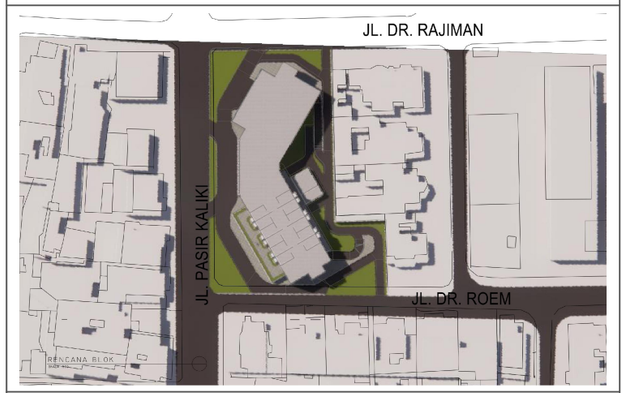


PROGRAM STUDI
TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN
2026

JUDUL GAMBAR

DENAH PENJALURAN PIPA AIR *RECYCLE*
LANTAI 3 SAYAP KANAN
RUMAH SAKIT KHUSUS JANTUNG
CIGADUNG KOTA BANDUNG

GAMBAR KUNCI



KETERANGAN

WATER CLOSET (WC)

URINAL (URN)

SKALA

1 : 250

NO. GAMBAR	NO. HALAMAN
5.38	V-116

Tabel 5.34 Penjaluran Pipa Air *Recycle* Lantai 3

Jalur	Alat Plambing/ Jalur Pendahulu	Unit Beban Alat Plambing (UBAP)			Panjang Jalur [L] (m)	QT [Y] (L/s)	Q (L/s) (v = 1,5 m/s)	Pemilihan Pipa**	
		Tunggal	Tunggal tertinggi [a]	Total [X]				DN (mm)	Cek v (0,9 – 2 m/s)
Sayap Kiri									
WC 1 – D	WC 1	1	1	1	4,545	0,10	0,23	13	0,75
WC 2 – F	WC 2	1	1	1	2,500	0,10	0,23	13	0,75
WC 3 – F	WC 3	1	1	1	2,500	0,10	0,23	13	0,75
F – E	WC 2 – F WC 3 – F	1 1	1	2	2,918	0,15	0,23	13	1,13
WC 4 – I	WC 4	1	1	1	2,500	0,10	0,23	13	0,75
WC 5 – I	WC 5	1	1	1	2,500	0,10	0,23	13	0,75
I – G	WC 4 – I WC 5 – I	1 1	1	2	0,970	0,15	0,23	13	1,13
URN 1 – H	UNR 1	3	3	3	2,500	0,30	0,38	20	0,96
URN 2 – H	URN 2	3	3	3	2,500	0,30	0,38	20	0,96
H – G	URN 1 – H URN 2 – H	3 3	3	6	1,068	0,38	0,38	20	1,21
G – E	I – G H – G	2 6	3	8	1,950	0,43	0,57	20	1,37
E – D	F – E G – E	2 8	3	10	3,983	0,47	0,57	20	1,50
D – B	WC 1 – D E – D	1 10	3	11	4,397	0,49	0,57	20	1,56
WC 25 – AC	WC 25	1	1	1	2,500	0,10	0,23	13	0,75
WC 26 – AC	WC 26	1	1	1	2,500	0,10	0,23	13	0,75
AC – AA	WC 25 – AC WC 26 – AC	1 1	1	2	17,418	0,15	0,23	13	1,13
WC 23 – AB	WC 23	1	1	1	2,500	0,10	0,23	13	0,75
WC 24 – AB	WC 24	1	1	1	2,500	0,10	0,23	13	0,75
AB – AA	WC 23 – AB WC 24 – AB	1 1	1	2	2,926	0,15	0,23	13	1,13
AA – B	AC – AA AB – AA	2 2	1	4	15,031	0,25	0,38	13	1,88
B – A	D – B AA – B	11 4	3	15	9,389	0,49	0,57	20	1,56

Jalur	Alat Plambing/ Jalur Pendahulu	Unit Beban Alat Plambing (UBAP)			Panjang Jalur [L] (m)	QT [Y] (L/s)	Q (L/s) (v = 1,5 m/s)	Pemilihan Pipa**	
		Tunggal	Tunggal tertinggi [a]	Total [X]				DN (mm)	Cek v (0,9 – 2 m/s)
Sayap Kanan									
WC 6 – O	WC 6	1	1	1	2,500	0,10	0,23	13	0,75
WC 7 – O	WC 7	1	1	1	2,500	0,10	0,23	13	0,75
O – K	WC 6 – O WC 7 – O	1 1	1	2	3,000	0,15	0,23	13	1,13
WC 8 – M	WC 8	1	1	1	2,500	0,10	0,23	13	0,75
WC 9 – M	WC 9	1	1	1	2,500	0,10	0,23	13	0,75
M – L	WC 8 – M WC 9 – M	1 1	1	2	1,050	0,15	0,23	13	1,13
URN 3 – N	URN 3	3	3	3	2,334	0,30	0,38	20	0,96
URN 4 – N	URN 4	3	3	3	2,334	0,30	0,38	20	0,96
N – L	URN 3 – N URN 4 – N	3 3	3	6	1,047	0,38	0,38	20	1,21
L – K	M – L N – L	2 6	3	8	1,949	0,43	0,57	20	1,37
K – J	O – K L – K	2 8	3	10	3,783	0,47	0,57	20	1,50
WC 10 – J	WC 10	1	1	1	2,551	0,10	0,23	13	0,75
J – C	K – J WC 10 – J	10 1	3	11	4,141	0,49	0,57	20	1,56
WC 11 – S	WC 11	1	1	1	9,150	0,10	0,23	13	0,75
WC 13 – S	WC 13	1	1	1	2,951	0,10	0,23	13	0,75
S – T	WC 11 – S WC 13 – S	1 1	1	2	1,900	0,15	0,23	13	1,13
WC 15 – T	WC 15	1	1	1	2,951	0,10	0,23	13	0,75
T – Q	S – T WC 15 – T	2 1	1	3	3,101	0,20	0,23	13	1,51
WC 12 – U	WC 12	1	1	1	9,723	0,10	0,23	13	0,75
WC 14 – U	WC 14	1	1	1	3,542	0,10	0,23	13	0,75
U – V	WC 12 – U WC 14 – U	1 1	1	2	1,900	0,15	0,23	13	1,13
WC 16 – V	WC 16	1	1	1	3,542	0,10	0,23	13	0,75
V – R	U – V WC 16 – V	2 1	1	3	3,101	0,20	0,23	13	1,51
WC 21 – X	WC 21	1	1	1	9,151	0,10	0,23	13	0,75
WC 19 – X	WC 19	1	1	1	2,951	0,10	0,23	13	0,75
X – W	WC 21 – X WC 19 – X	1 1	1	2	1,900	0,15	0,23	13	1,13

Jalur	Alat Plambing/ Jalur Pendahulu	Unit Beban Alat Plambing (UBAP)			Panjang Jalur [L] (m)	QT [Y] (L/s)	Q (L/s) (v = 1,5 m/s)	Pemilihan Pipa**	
		Tunggal	Tunggal tertinggi [a]	Total [X]				DN (mm)	Cek v (0,9 – 2 m/s)
WC 17 – W	WC 17	1	1	1	2,951	0,10	0,23	13	0,75
W – Q	X – W WC 17 – W	2 1	1	3	3,101	0,20	0,23	13	1,51
WC 22 – Z	WC 22	1	1	1	9,740	0,10	0,23	13	0,75
WC 20 – Z	WC 20	1	1	1	3,542	0,10	0,23	13	0,75
Z – Y	WC 22 – Z WC 20 – Z	1 1	1	2	1,900	0,15	0,23	13	1,13
WC 18 – Y	WC 18	1	1	1	3,542	0,10	0,23	13	0,75
Y – R	Z – Y WC 18 – Y	2 1	1	3	3,101	0,20	0,23	13	1,51
Q – P	T – Q W – Q	3 3	1	6	4,351	0,27	0,38	16	1,34
R – P	V – R Y – R	3 3	1	6	4,351	0,27	0,38	16	1,34
P – C	Q – P R – P	6 6	1	12	13,767	0,36	0,38	20	1,15
C – A	J – C P – C	11 12	3	23	9,778	0,62	0,91	20	1,97
A – VG	B – A C – A	15 23	3	38	3,745	0,75	0,91	25	1,53

Adapun rekapitulasi kebutuhan pipa air *recycle* masing-masing DN pipa di lantai 3 adalah sebagai berikut:

DN 13 = 164,149 m **DN 20 = 64,920 m**

DN 16 = 8,702 m **DN 25 = 3,745 m**

Adapun jumlah fitting pada lantai 1:

Elbow 90 DN 13 = 30 unit *Reducer* 16 – 13 = 1 unit

Elbow 90 DN 20 = 8 unit *Reducer* 20 – 13 = 4 unit

Elbow 45 DN 20 = 2 unit *Reducer* 20 – 16 = 1 unit

Tee DN 13 = 17 unit *Reducer* 25 – 20 = 1 unit

Tee DN 16 = 1 unit

Tee DN 20 = 8 unit

Tee DN 25 = 1 unit

Berdasarkan hasil perhitungan debit rencana dan evaluasi kecepatan aliran, sistem plambing air *recycle* menggunakan kombinasi diameter DN13, DN16, DN20, dan DN25 pada jaringan distribusi horizontal. Pipa DN13 digunakan pada cabang pelayanan alat tunggal, DN16 digunakan pada cabang pengumpul dengan debit sedang, sedangkan DN20 dan DN25 digunakan pada jalur pengumpul utama menuju pipa tegak.

Pada beberapa segmen pelayanan alat plambing tunggal, kecepatan aliran berada di bawah rentang rekomendasi 0,9–2,0 m/s. Kondisi ini masih dapat diterima karena segmen tersebut memiliki debit kecil, panjang relatif pendek, dan bekerja secara intermittent sesuai pola pemakaian WC dan urinal. Diameter minimum tetap dipertahankan untuk menjaga keseragaman pemasangan serta menghindari penggunaan diameter pipa yang terlalu kecil secara konstruktif. Adapun rekapitulasi panjang pipa horizontal sistem plambing air *recycle* adalah sebagai berikut:

Pipa DN 13: 478,650 m **Pipa DN 20: 245,589 m**

Pipa DN 16: 26,106 m **Pipa DN 25: 14,980 m**

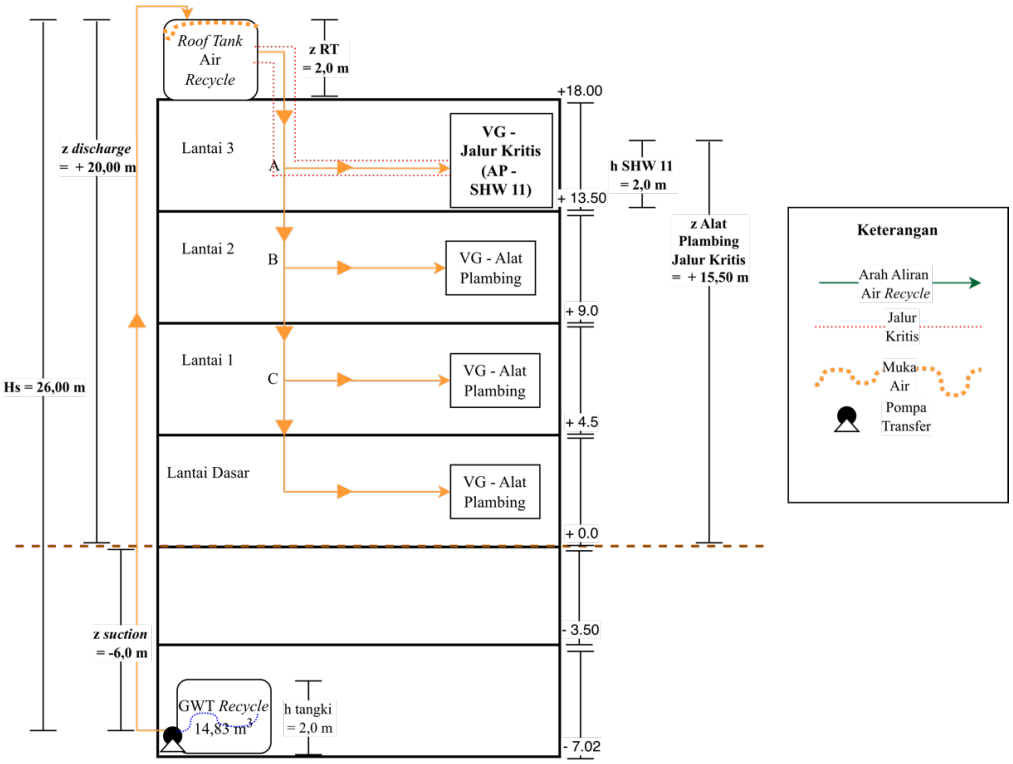
Dengan demikian, pemilihan diameter pipa air *recycle* dinilai memenuhi kebutuhan debit rencana dan dapat digunakan sebagai dasar evaluasi hidraulik pada jalur distribusi.

5.6.4 Penentuan Diameter Pipa Tegak Sistem Plambing Air *Recycle*

Pipa tegak pada sistem plambing air *recycle* berfungsi sebagai jalur distribusi vertikal dari *Roof tank* air *recycle* menuju jaringan distribusi pada setiap lantai. Diameter pipa tegak ditentukan berdasarkan debit aliran rencana yang berasal dari akumulasi Unit Beban Alat Plambing (UBAP) pada setiap segmen vertikal.

Berdasarkan hasil perhitungan, pipa tegak sistem air *recycle* tidak menggunakan satu diameter tunggal. Pada segmen dengan debit sedang digunakan DN25, sedangkan pada segmen utama dengan akumulasi debit terbesar digunakan DN32. Pemilihan diameter ini dilakukan untuk menjaga kecepatan aliran tetap berada dalam rentang desain serta mengurangi *headloss* pada jalur vertikal.

Skema pipa tegak air *recycle* ditunjukkan pada **Gambar 5.39**, sedangkan rekapitulasi pemilihan diameter pipa tegak disajikan pada **Tabel 5.35**.



Gambar 5.39 Skema Pipa Tegak Sistem Plambing Air *Recycle*

Tabel 5.35 Penentuan Diameter Pipa Tegak Sistem Plambing Air *Recycle*

Jalur	Alat Plambing/jalur pendahulu	Unit Beban Alat Plambing			QT [Y] (L/s)	Q (L/s) (v = 1,5 m/s)	Pemilihan Pipa	
		Tunggal	Tunggal tertinggi [a]	Total [X]			DN (mm)	Cek v (0,9 – 2,0 m/s)
VG LD – C	VG LD	24	3	24	0,62	0,91	25	1,28
VG L1 – C	VG L1	34	3	34	0,67	0,91	25	1,43
C – B	C – VG LD C – VG L1	24 34	3	58	0,85	0,91	32	1,06
VG L2 – B	VG L2	34	3	34	0,67	0,91	25	1,37
B – A	C – B B – VG L2	58 34	3	92	1,15	1,61	32	1,43
VG L3 – A	VG L3	38	3	38	0,75	0,91	25	1,53
A – RT	B – A VG L3 – A	92 34	3	126	1,27	1,61	32	1,58

5.6.5 Penentuan *Head* Pompa Transfer dan *Booster* Sistem Plambing Air *Recycle*

Penentuan kebutuhan *head* pompa pada sistem plambing air *recycle* dilakukan dengan memisahkan dua fungsi hidraulik utama, yaitu sistem pompa transfer dan sistem distribusi. Pemisahan ini dilakukan agar perhitungan *head* pompa tidak mencampurkan kebutuhan pengisian *Roof tank* dengan kebutuhan tekanan pelayanan pada alat plambing.

Sistem pompa transfer berfungsi mengalirkan air *recycle* dari *Ground Water Tank* (GWT) menuju *Roof tank* (RT) air *recycle.* Sementara itu, sistem distribusi berfungsi mengalirkan air *recycle* dari *Roof tank* menuju alat plambing berupa WC dan urinal. Evaluasi distribusi dilakukan untuk menentukan apakah *head gravitasi* dari *Roof tank* mampu memenuhi kebutuhan tekanan minimum pada tiap lantai.

Perhitungan hidraulik rinci yang meliputi penentuan debit pompa transfer, *head* statis, *headloss* mayor, *headloss* minor, evaluasi distribusi gravitasi, dan kebutuhan *booster* distribusi disajikan pada **Lampiran B.**

5.6.5.1 Penentuan Pompa Transfer Air *Recycle*

Debit pompa transfer ditentukan berdasarkan kebutuhan harian air *recycle* untuk *flushing* toilet dan urinal. Berdasarkan hasil perhitungan pada **Lampiran B.2**, kebutuhan air *recycle* sebesar 8,192 m³/hari dengan asumsi waktu operasional pompa selama 10 jam menghasilkan debit operasional sebesar 0,227 L/s.

Head statis sistem transfer dihitung berdasarkan selisih elevasi antara muka air GWT *recycle* dan muka air RT *recycle*. Elevasi muka air GWT *recycle* adalah -6,00 m, sedangkan elevasi muka air RT *recycle* adalah +18,50 m. Dengan demikian, *head* statis sistem transfer adalah:

$$H_{statis} = z_{RT\ Recycle} - z_{GWT\ Recycle}$$

$$= 18{,}50\ \text{m} - (-\ 6{,}00\ \text{m}) = 24{,}50\ \text{m}$$

Panjang pipa naik sistem transfer adalah 26,00 m. Perhitungan *headloss* pada jalur transfer dilakukan menggunakan persamaan Hazen-Williams untuk *headloss* mayor dan metode koefisien kehilangan lokal untuk *headloss* minor. Berdasarkan hasil perhitungan pada **Lampiran B**, total *headloss* jalur transfer adalah sebesar 1,115 m.

Dengan demikian, kebutuhan *head* pompa transfer minimum adalah:

H_{pompa} = Hstatis + HL

= 24,50 + 1,115 = 25,615 m

Dengan mempertimbangkan *safety factor* 10%, maka:

H_{pompa} = 1,10 × 25,615 m

= 28,18 m = 30 m

Berdasarkan hasil tersebut, *head* pompa transfer air *recycle* ditetapkan sebesar 30 m dengan debit desain sebesar 0,227 L/s. Nilai ini digunakan untuk menjamin proses pengisian *Roof tank* air *recycle* secara bertahap sesuai kebutuhan operasional harian.

5.6.5.2 Evaluasi Sistem Distribusi Gravitasi

Evaluasi sistem distribusi dilakukan untuk menentukan kemampuan distribusi gravitasi dari *Roof tank* dalam memenuhi tekanan minimum alat plambing pada masing-masing lantai. Evaluasi dilakukan dengan membandingkan *head* tersedia akibat selisih elevasi terhadap kebutuhan *head* minimum, yaitu penjumlahan antara total *headloss* distribusi dan tekanan residual alat plambing.

Kriteria evaluasi yang digunakan adalah:

$$\Delta H \geq HL + Hresidual$$

Tekanan residual minimum untuk alat plambing jenis WC ditetapkan sebesar 7 m. *Headloss* distribusi dihitung pada jalur terjauh menuju WC kritis pada masing-masing lantai. Berdasarkan hasil perhitungan pada **Lampiran B.3**, rekapitulasi evaluasi tekanan distribusi air *recycle* ditunjukkan pada **Tabel 5.36**.

Tabel 5.36 Rekapitulasi Evaluasi Distribusi Air *Recycle*

Lantai	*Head* Tersedia	Total *Headloss*	Hresidual WC	Kebutuhan *Head* Minimum	Status
	ΔH (m)	HL (m)	(m)	HL + Hres (m)	
Lantai Dasar	18,00	9,271	7	16,271	Tidak perlu *booster*
Lantai 1	13,50	8,388	7	15,388	Perlu *booster*
Lantai 2	9,00	8,189	7	15,189	Perlu *booster*
Lantai 3	4,50	7,718	7	14,718	Perlu *booster*

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa distribusi gravitasi dari *Roof tank* hanya mampu memenuhi kebutuhan tekanan minimum pada lantai dasar. Pada lantai 1, lantai 2, dan lantai 3, *head* tersedia lebih kecil dibandingkan kebutuhan *head* minimum, sehingga diperlukan *booster* untuk distribusi air *recycle* sehingga menjamin tekanan pelayanan pada WC dan urinal.

Total *headloss* terbesar terjadi pada lantai dasar. Namun lantai dasar tetap memenuhi karena memiliki *head* tersedia paling besar. Sebaliknya, lantai 3 menjadi kondisi pengendali *booster* karena memiliki *head* tersedia paling kecil, yaitu sebesar 4,50 m.

5.6.5.3 Penentuan Pompa *Booster*

Kebutuhan *head* pompa *booster* ditentukan berdasarkan kekurangan *head* terbesar pada sistem distribusi. Berdasarkan evaluasi tekanan, kondisi pengendali terjadi pada lantai 3 karena *head* tersedia dari *Roof tank* paling kecil.

Kebutuhan *head* pompa *booster* minimum dihitung sebagai berikut:

$H_{booster} = (HL+H_{residual}) - \Delta H$

$= (7{,}718 \text{ m} + 7{,}0 \text{ m}) - 4{,}50 \text{ m} = 10{,}218 \text{ m}$

Dengan mempertimbangkan *safety factor* sebesar 15%, maka *head* pompa *booster* ditetapkan sebesar:

$H_{booster} = 10{,}218 \times 1{,}15 = 11{,}75 \text{ m} \approx 12\text{m}$

Dengan demikian, *head booster* distribusi air *recycle* ditetapkan sebesar 12 m. Debit *booster* distribusi ditentukan berdasarkan debit maksimum pada jalur kritis distribusi, yaitu sebesar 1,27 L/s. Debit ini merepresentasikan kondisi beban puncak sistem distribusi air *recycle,* sehingga pemilihan pompa *booster* dilakukan secara konservatif untuk menjaga tekanan pelayanan pada lantai 1 hingga lantai 3.

Berdasarkan hasil tersebut, sistem plambing air *recycle* menggunakan dua komponen pompa dengan fungsi berbeda, yaitu pompa transfer dengan *head* desain 30 m untuk mengisi *Roof tank* air *recycle* dari GWT, serta *booster* distribusi dengan *head* desain 12 m untuk menjamin tekanan pelayanan pada lantai 1 hingga lantai 3.

5.7 Perencanaan Sistem Plambing Air *Reverse Osmosis* dan Air Hujan

5.7.1 Sistem Plambing Air *Reverse Osmosis* (RO)

Sistem plambing air *Reverse Osmosis* (RO) dirancang menggunakan sistem distribusi langsung atau *direct upfeed system*. Sistem ini berbeda dengan sistem air PDAM dan air *recycle* yang menggunakan *Roof tank* sebagai reservoir distribusi gravitasi. Pada sistem RO, air hasil pengolahan dari RO *Tank* dialirkan secara langsung menuju alat plambing melalui pompa distribusi RO.

Pemilihan sistem distribusi langsung dilakukan dengan beberapa pertimbangan teknis:

1. Air RO merupakan air dengan kualitas tinggi sehingga penyimpanan pada *Roof tank* berpotensi menyebabkan kontaminasi sekunder dan penurunan kualitas air.
2. Debit pelayanan sistem RO relatif kecil karena hanya melayani *medical sink* pada ruang tertentu.
3. Sistem *direct upfeed* memungkinkan kontrol tekanan yang lebih presisi karena tekanan suplai ditentukan langsung oleh karakteristik pompa RO dan *headloss* pada jaringan perpipaan.

Dengan demikian, pada sistem ini pompa RO berfungsi sebagai pompa transfer sekaligus pompa distribusi yang mengalirkan air dari RO *Tank* menuju *medical sink* pada lantai pelayanan.

5.7.1.1 Inventarisasi Kebutuhan Sistem Plambing Air RO

Air dengan kualitas sangat tinggi (*high purity water*) diperlukan pada beberapa ruang pelayanan medis, seperti ruang operasi, CSSD, laboratorium, dan beberapa *sink* khusus yang digunakan untuk sterilisasi alat medis dan kegiatan analisis laboratorium. Air ini diperoleh melalui sistem *Reverse Osmosis* (RO) yang mengolah air minum dari sistem PDAM menjadi air dengan kandungan ion, organik, dan mikroorganisme yang lebih rendah. Adapun rincian kebutuhan air khusus RO ditunjukkan pada **Tabel 5.37.**

Tabel 5.37 Hasil Inventarisasi Kebutuhan Sistem Plambing Air RO

Lantai	Ruangan Pelayanan	Jumlah *Unit Medical Sink* (SNK)
Lantai Dasar	Cathlab, IGD, Sterilisasi	6
Lantai 1	Laboratorium, Sterilisasi, Ruang Operasi	6
Lantai 2	Lobby MRI, CT Scan dan Radiografi	4
Lantai 3	Ruang cuci laboratorium	1

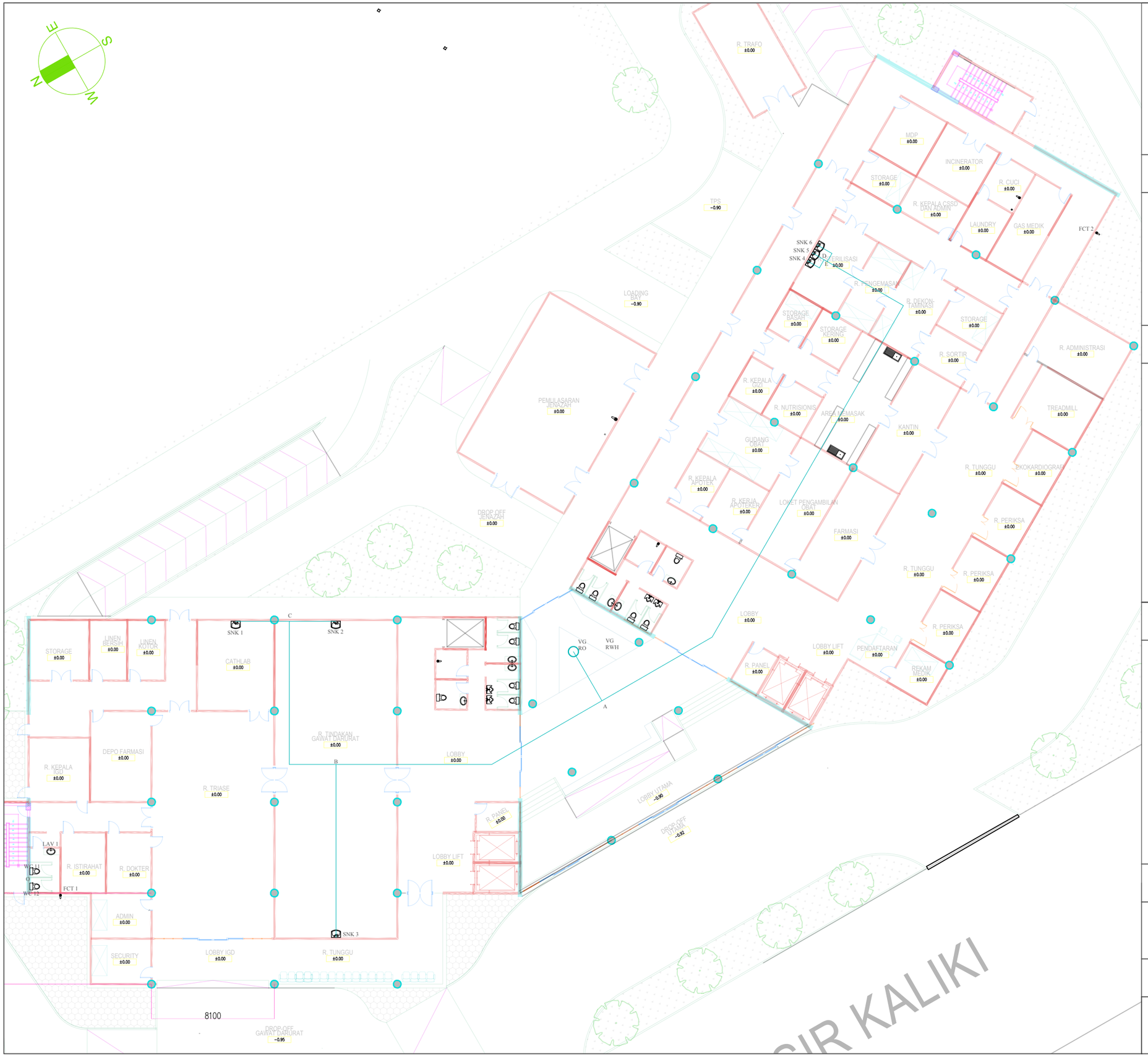
Hasil inventarisasi ini menjadi dasar penentuan Unit Beban Alat Plambing (UBAP), debit rencana, penentuan diameter pipa, serta evaluasi *head* pompa pada sistem plambing air RO.

5.7.1.2 Denah Penjaluran Pipa Air RO

Penjaluran pipa air RO dipetakan pada layout arsitektur tiap lantai dengan skala 1:250. Untuk memperjelas detail jalur pipa, gambar diperbesar menjadi skala 1:125 pada masing-masing sayap bangunan. Penyajian denah dilakukan per lantai untuk menunjukkan keterkaitan antara jalur pipa, ruang pelayanan, posisi riser, dan cabang distribusi menuju *medical sink*.

Penyajian gambar dan tabel penjaluran pipa air RO adalah sebagai berikut:

- Lantai dasar: **Gambar 5.40** (denah umum), **Gambar 5.41** (sayap kiri), **Gambar 5.42** (sayap kanan), **Tabel 5.38**.
- Lantai 1: **Gambar 5.43** (denah umum), **Gambar 5.44** (sayap kiri), **Tabel 5.39**.
- Lantai 2: **Gambar 5.45** (denah umum), **Gambar 5.46** (sayap kiri), **Tabel 5.40**.
- Lantai 3: **Gambar 5.47** (denah umum), **Tabel 5.41**.

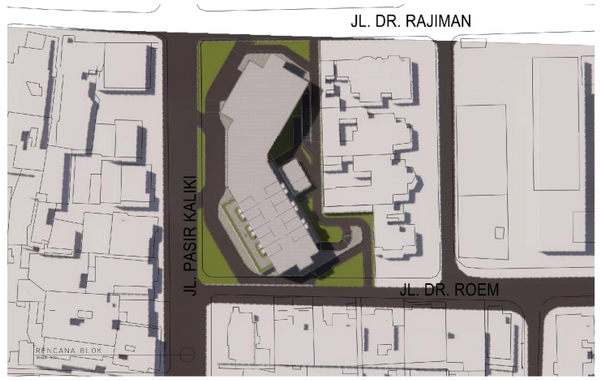


PROGRAM STUDI
TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN
2026

JUDUL GAMBAR

DENAH PENJALURAN PIPA AIR
REVERSE OSMOSIS (RO)
LANTAI DASAR
RUMAH SAKIT KHUSUS JANTUNG
CIGADUNG KOTA BANDUNG

GAMBAR KUNCI



KETERANGAN

MEDICAL SINK (SNK)

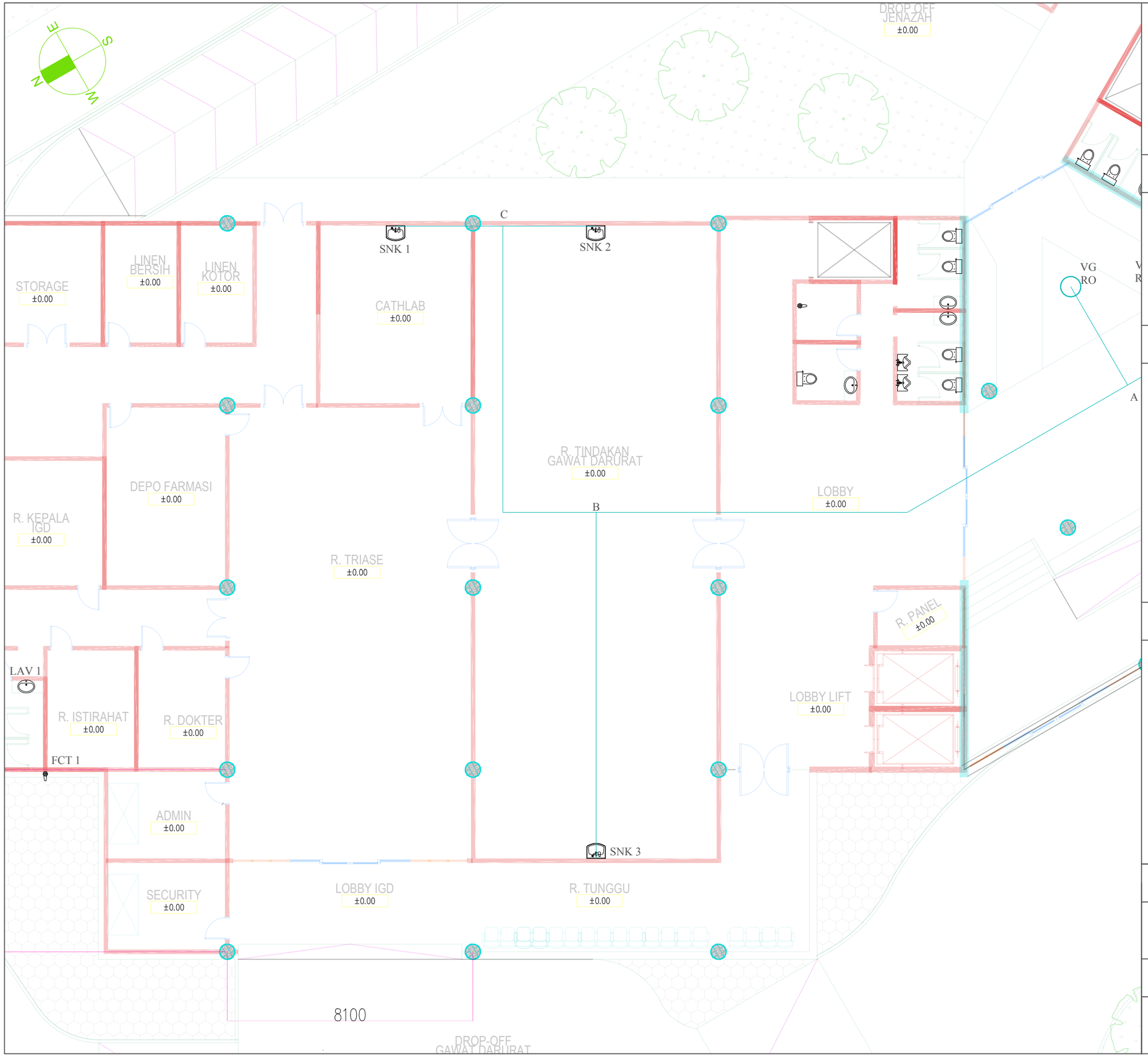
FAUCET (FCT)

VERTICAL GALLERY (VG) *REVERSE OSMOSIS*

SKALA

1 : 250

NO. GAMBAR	NO. HALAMAN
5.40	V-127

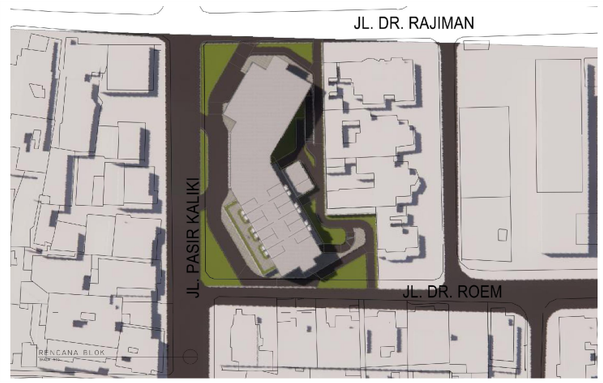


PROGRAM STUDI
TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN
2026

JUDUL GAMBAR

DENAH PENJALURAN PIPA AIR
REVERSE OSMOSIS (RO)
LANTAI DASAR SAYAP KIRI
RUMAH SAKIT KHUSUS JANTUNG
CIGADUNG KOTA BANDUNG

GAMBAR KUNCI



KETERANGAN

MEDICAL SINK (SNK)

FAUCET (FCT)

VERTICAL GALLERY (VG)
REVERSE OSMOSIS

SKALA

1 : 125

NO. GAMBAR	NO. HALAMAN
5.41	V-128

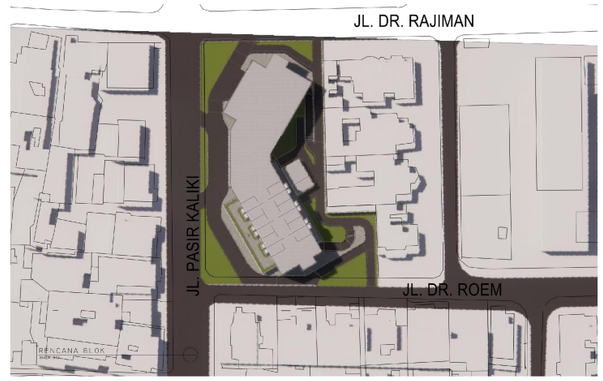


PROGRAM STUDI
TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN
2026

JUDUL GAMBAR

DENAH PENJALURAN PIPA AIR
REVERSE OSMOSIS (RO)
LANTAI DASAR SAYAP KANAN
RUMAH SAKIT KHUSUS JANTUNG
CIGADUNG KOTA BANDUNG

GAMBAR KUNCI



KETERANGAN

MEDICAL SINK (SNK)

FAUCET (FCT)

VERTICAL GALLERY (VG)
REVERSE OSMOSIS

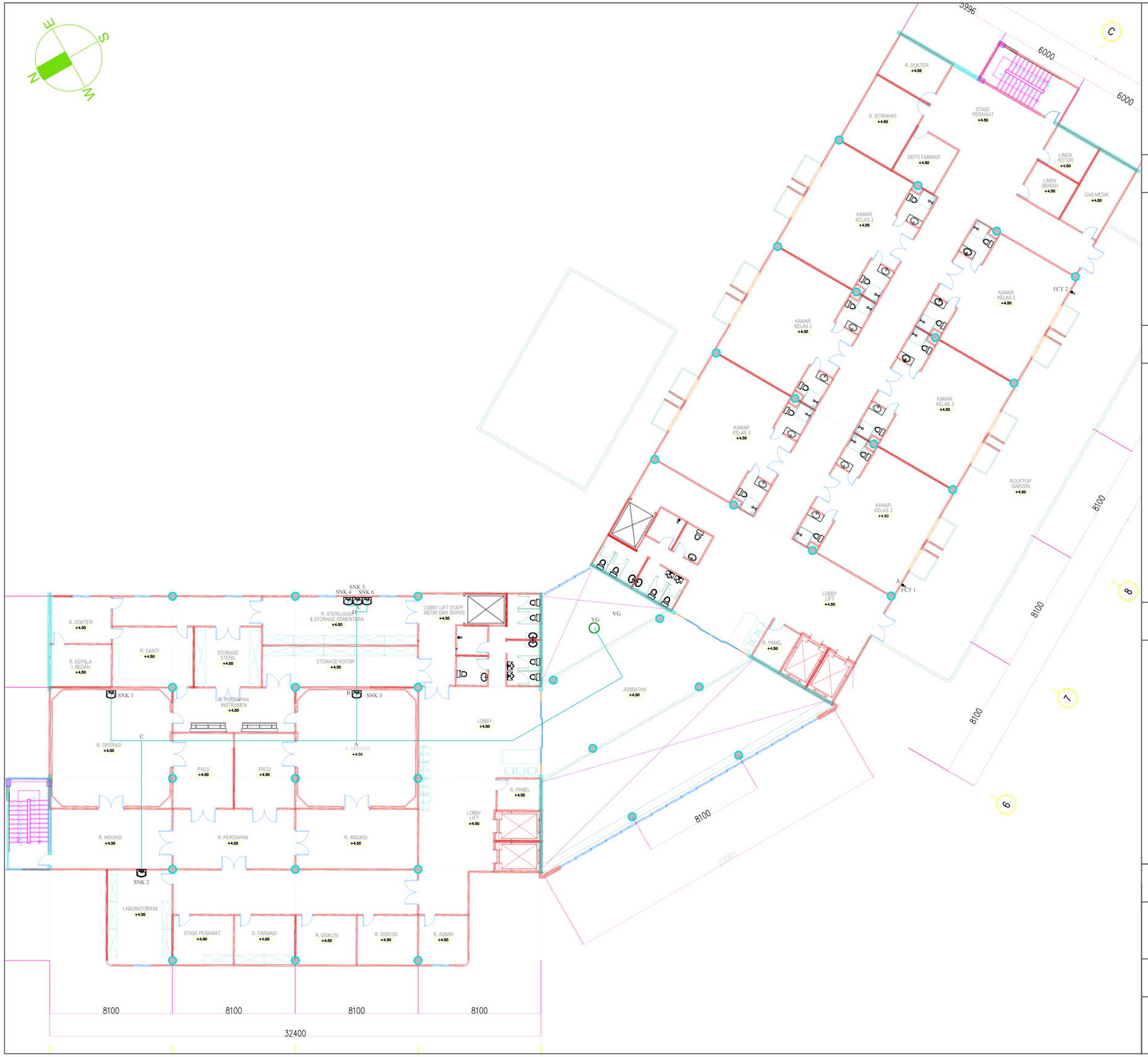
SKALA

1 : 125

NO. GAMBAR	NO. HALAMAN
5.42	V-129

Tabel 5.38 Penjaluran Pipa Air *Reverse Osmosis* (RO) Lantai Dasar

Jalur	Alat Plambing/ Jalur Pendahulu	Unit Beban Alat Plambing (UBAP)			Panjang Jalur [L] (m)	QT [Y] (L/s)	Q (L/s) (v = 1,5 m/s)	Pemilihan Pipa**	
		Tunggal	Tunggal tertinggi [a]	Total [X]				DN (mm)	Cek v (0,9 – 2 m/s)
Sayap Kiri									
SNK 1 – C	SNK 1	2	2	2	5,537	0,20	0,23	13	1,51
SNK 2 – C	SNK 2	2	2	2	5,062	0,20	0,23	13	1,51
C – B	SNK 1 – C SNK 2 – C	2 2	2	4	12,506	0,27	0,38	20	0,86
SNK 3 – B	SNK 3	2	2	2	11,404	0,20	0,23	13	1,51
B – A	C – B SNK 3 – B	4 2	2	6	18,652	0,32	0,38	20	1,02
Sayap Kanan									
SNK 4 – D	SNK 4	2	2	2	3,530	0,20	0,23	13	1,51
SNK 5 – D	SNK 5	2	2	2	2,912	0,20	0,23	13	1,51
D – E	SNK 4 – D SNK 5 - D	2 2	2	4	0,238	0,27	0,38	20	0,86
SNK 6 - E	SNK 6	2	2	2	3,768	0,20	0,23	13	1,51
E – A	D – E SNK 6 – E	4 2	2	6	39,415	0,32	0,38	20	1,02
A - VG	B – A E – A	6 6	2	12	3,745	0,42	0,57	20	1,34

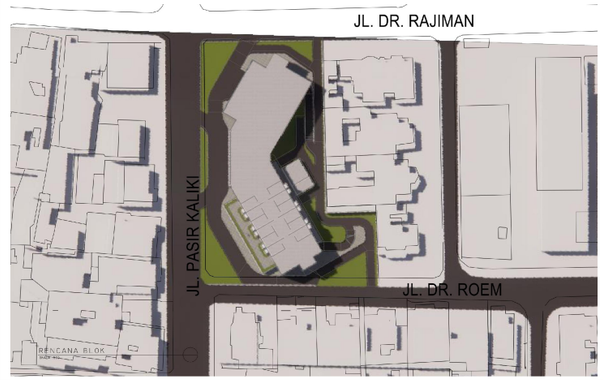


PROGRAM STUDI
TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN
2026

JUDUL GAMBAR

DENAH PENJALURAN PIPA AIR
REVERSE OSMOSIS (RO)
LANTAI 1
RUMAH SAKIT KHUSUS JANTUNG
CIGADUNG KOTA BANDUNG

GAMBAR KUNCI



KETERANGAN

MEDICAL SINK (SNK)

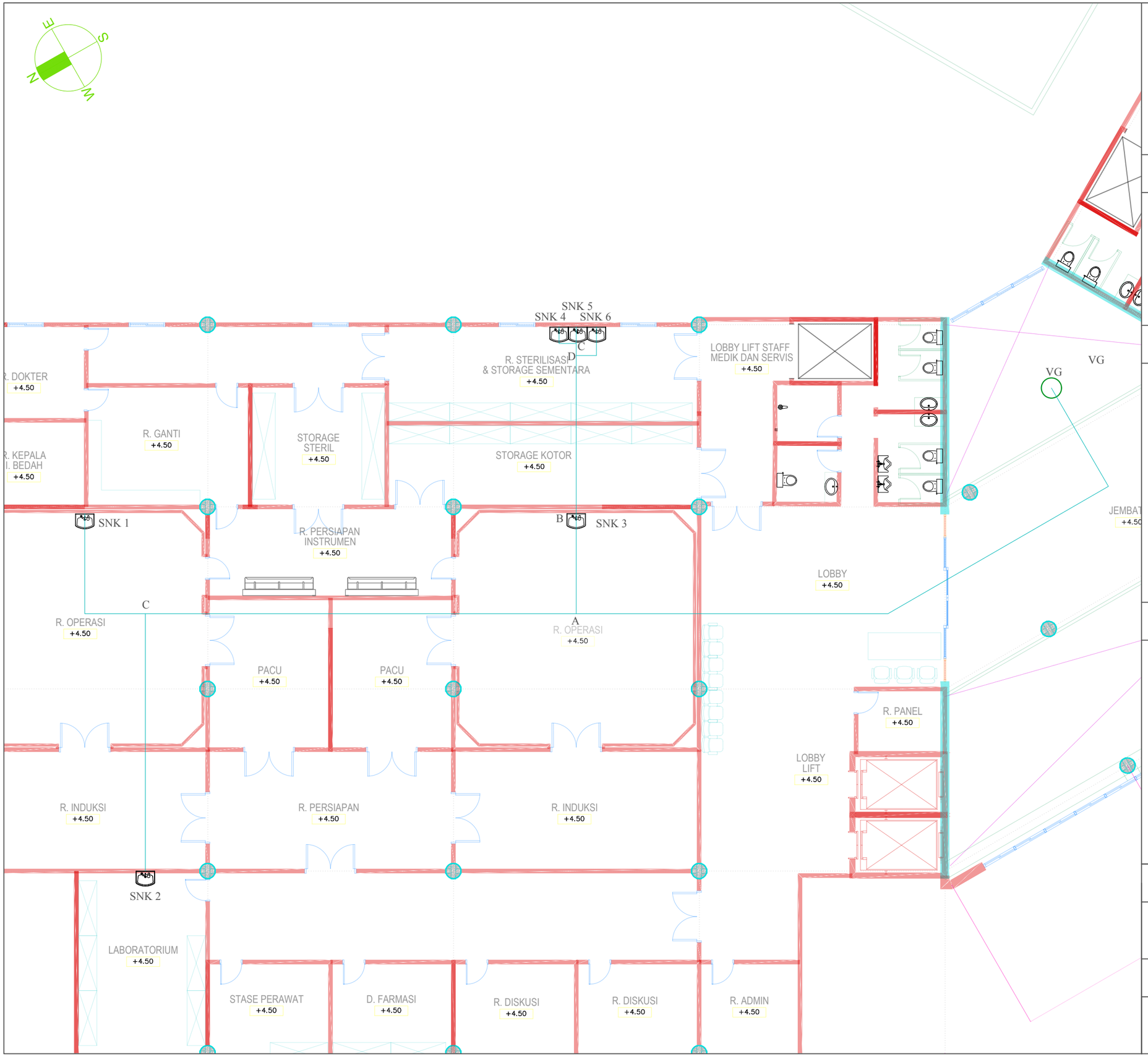
FAUCET (FCT)

VERTICAL GALLERY (VG)
REVERSE OSMOSIS

SKALA

1 : 250

NO. GAMBAR	NO. HALAMAN
5.43	V-131

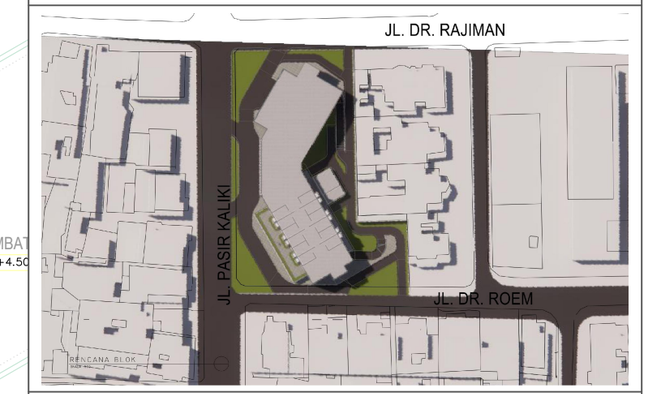


PROGRAM STUDI
TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN
2026

JUDUL GAMBAR

DENAH PENJALURAN PIPA AIR
REVERSE OSMOSIS (RO)
LANTAI 1 SAYAP KIRI
RUMAH SAKIT KHUSUS JANTUNG
CIGADUNG KOTA BANDUNG

GAMBAR KUNCI



KETERANGAN

MEDICAL SINK (SNK)

FAUCET (FCT)

VERTICAL GALLERY (VG)
REVERSE OSMOSIS

SKALA

1 : 125

NO. GAMBAR	NO. HALAMAN
5.44	V-132

Tabel 5.39 Penjaluran Pipa Air *Reverse Osmosis* (RO) Lantai 1

Jalur	Alat Plambing/ Jalur Pendahulu	Unit Beban Alat Plambing (UBAP)			Panjang Jalur [L] (m)	QT [Y] (L/s)	Q (L/s) (v = 1,5 m/s)	Pemilihan Pipa**	
		Tunggal	Tunggal tertinggi [a]	Total [X]				DN (mm)	Cek v (0,9 – 2 m/s)
Sayap Kiri									
SNK 1 – C	SNK 1	2	2	2	7,290	0,20	0,23	13	1,51
SNK 2 – C	SNK 2	2	2	2	10,478	0,20	0,23	13	1,51
C – A	SNK 1 – C SNK 2 – C	2 2	2	4	14,200	0,27	0,38	20	0,86
SNK 3 – B	SNK 3	2	2	2	2,000	0,20	0,23	13	1,51
SNK 4 – C	SNK 4	2	2	2	3,092	0,20	0,23	13	1,51
SNK 5 – C	SNK 5	2	2	2	2,544	0,20	0,23	13	1,51
C – D	SNK 4 – C SNK 5 – C	2 2	2	4	0,395	0,27	0,38	20	0,86
SNK 6 – D	SNK 6	2	2	2	3,609	0,20	0,23	13	1,51
D – B	C – D SNK 6 – D	4 2	2	6	5,208	0,32	0,38	20	0,86
B – A	SNK 3 – B D – B	2 6	2	8	3,300	0,36	0,38	20	1,15
A – VG	C – A B – A	4 8	2	12	22,411	0,42	0,57	20	1,34

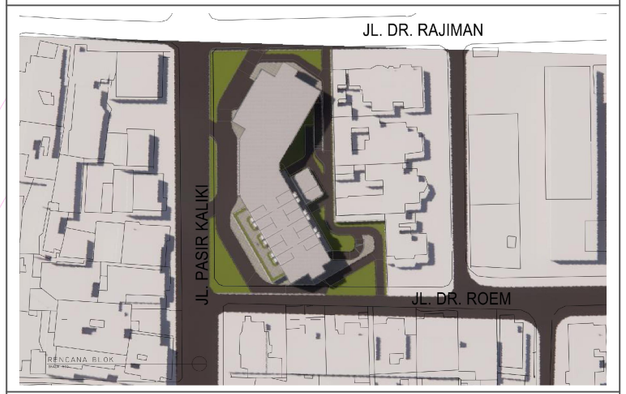


PROGRAM STUDI
TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN
2026

JUDUL GAMBAR

DENAH PENJALURAN PIPA AIR
REVERSE OSMOSIS (RO)
LANTAI 2
RUMAH SAKIT KHUSUS JANTUNG
CIGADUNG KOTA BANDUNG

GAMBAR KUNCI



KETERANGAN

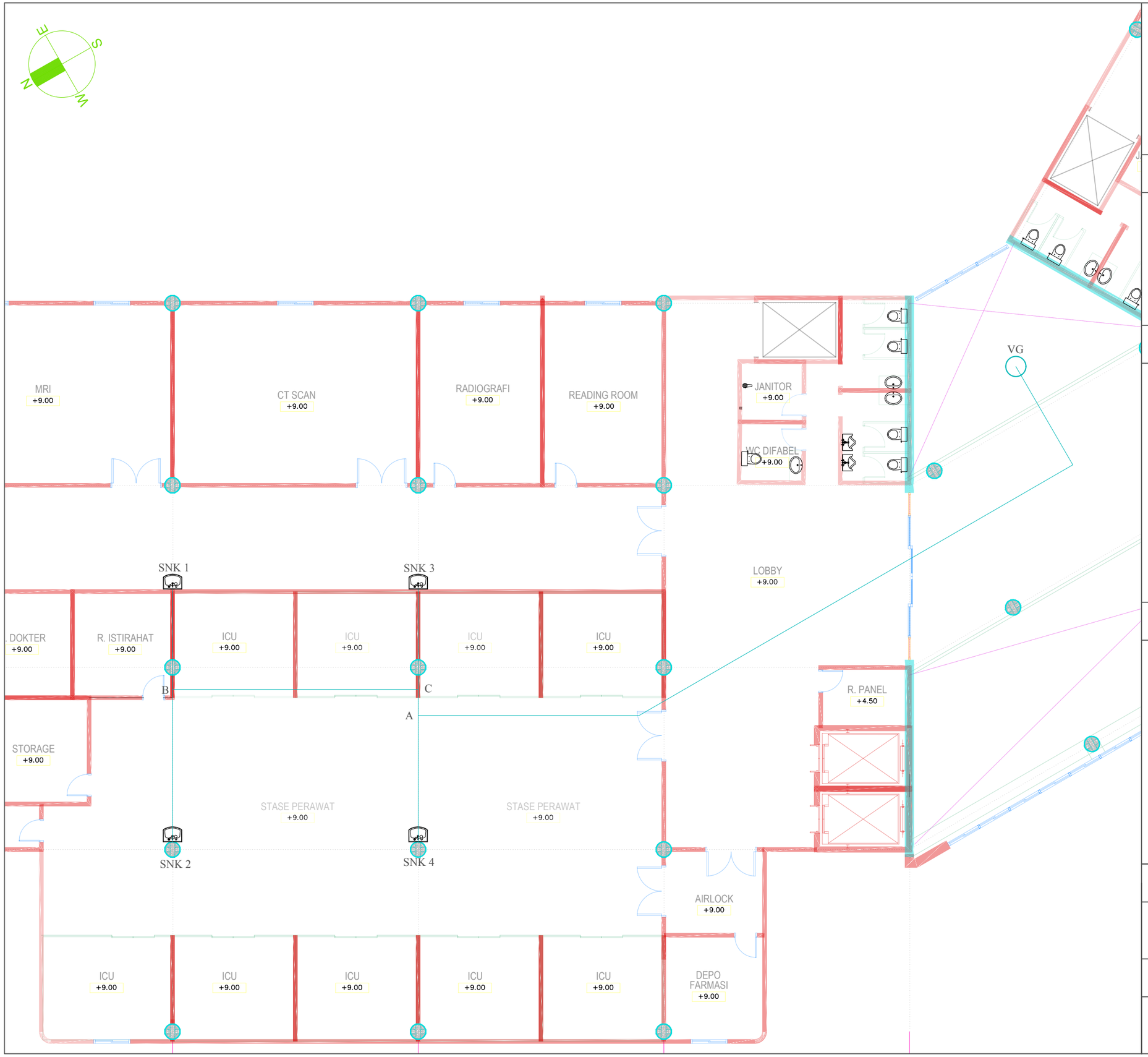
MEDICAL SINK (SNK)

VERTICAL GALLERY (VG)
REVERSE OSMOSIS

SKALA

1 : 250

NO. GAMBAR	NO. HALAMAN
5.45	V-134

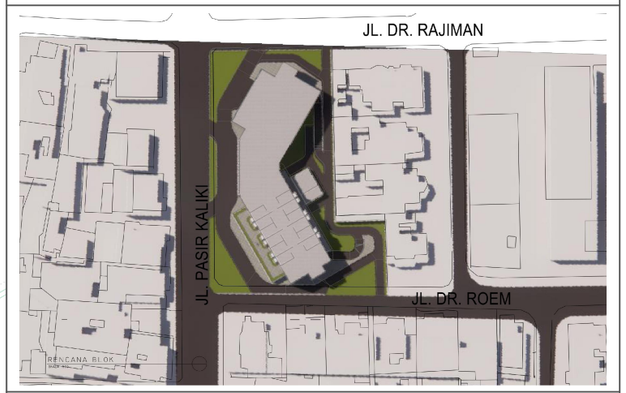


PROGRAM STUDI
TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN
2026

JUDUL GAMBAR

DENAH PENJALURAN PIPA AIR
REVERSE OSMOSIS (RO)
LANTAI 2 SAYAP KIRI
RUMAH SAKIT KHUSUS JANTUNG
CIGADUNG KOTA BANDUNG

GAMBAR KUNCI



KETERANGAN

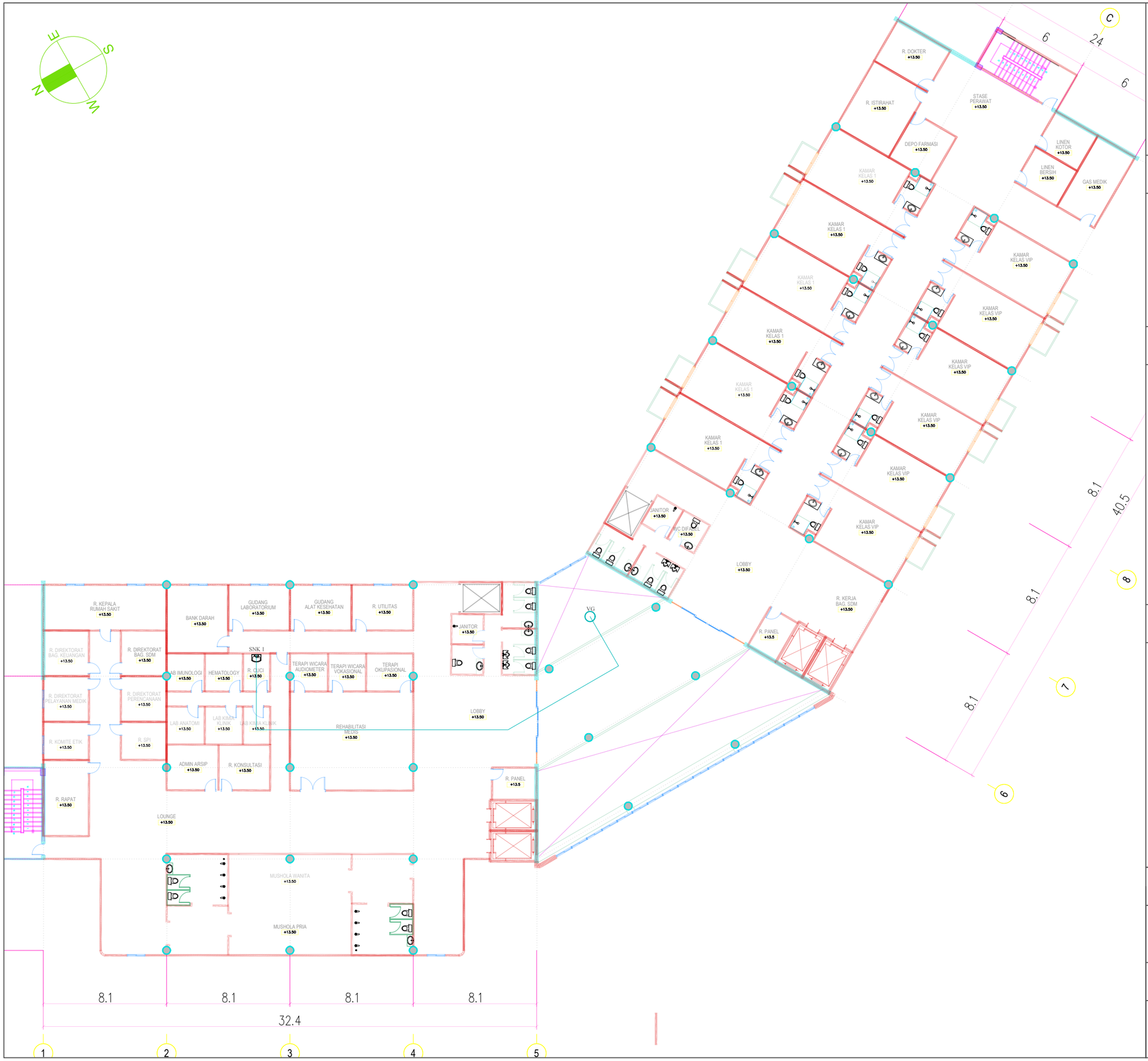
MEDICAL SINK (SNK)

VERTICAL GALLERY (VG)
REVERSE OSMOSIS

SKALA

1 : 125

NO. GAMBAR	NO. HALAMAN
5.46	V-135

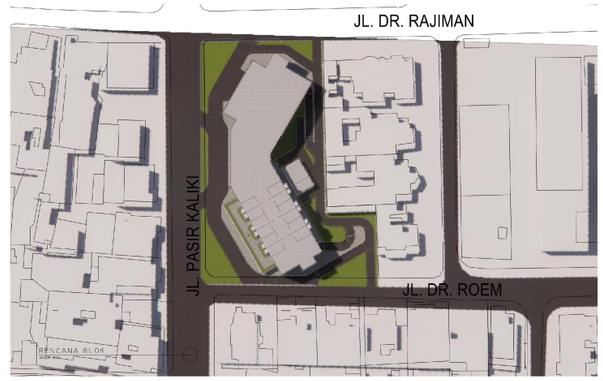


PROGRAM STUDI
TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN
2026

JUDUL GAMBAR

DENAH PENJALURAN PIPA AIR
REVERSE OSMOSIS (RO)
LANTAI 3
RUMAH SAKIT KHUSUS JANTUNG
CIGADUNG KOTA BANDUNG

GAMBAR KUNCI



KETERANGAN

MEDICAL SINK (SNK)

FAUCET (FCT)

VERTICAL GALLERY (VG)
REVERSE OSMOSIS

SKALA

1 : 250

NO. GAMBAR	NO. HALAMAN
5.47	V-136

Tabel 5.40 Penjaluran Pipa Air *Reverse Osmosis* (RO) Lantai 2

Jalur	Alat Plambing/ Jalur Pendahulu	Unit Beban Alat Plambing (UBAP)			Panjang Jalur [L] (m)	QT [Y] (L/s)	Q (L/s) (v = 1,5 m/s)	Pemilihan Pipa**	
		Tunggal	Tunggal tertinggi [a]	Total [X]				DN (mm)	Cek v (0,9 – 2 m/s)
Sayap Kiri									
SNK 1 – B	SNK 1	2	2	2	5,033	0,20	0,23	13	1,51
SNK 2 – B	SNK 2	2	2	2	7,021	0,20	0,23	13	1,51
B – C	SNK 1 – B SNK 2 – B	2 2	2	4	8,145	0,27	0,38	20	0,86
SNK 3 – C	SNK 3	2	2	2	5,033	0,20	0,23	13	1,51
C – A	B – C SNK 3 – C	4 2	2	6	0,860	0,32	0,38	20	0,86
SNK 4 – A	SNK 4	2	2	2	6,162	0,20	0,23	13	1,51
A – VG	C – A SNK 4 – A	6 2	2	8	27,544	0,36	0,38	20	1,15

Tabel 5.41 Penjaluran Pipa Air *Reverse Osmosis* (RO) Lantai 3

Jalur	Alat Plambing/ Jalur Pendahulu	Unit Beban Alat Plambing (UBAP)			Panjang Jalur [L] (m)	QT [Y] (L/s)	Q (L/s) (v = 1,5 m/s)	Pemilihan Pipa**	
		Tunggal	Tunggal tertinggi [a]	Total [X]				DN (mm)	Cek v (0,9 – 2 m/s)
Sayap Kiri									
SNK 1 – VG	SNK 1	2	2	2	35,314	0,20	0,30	16	0,99

Berdasarkan evaluasi debit rencana dan kriteria kecepatan aliran, sistem plambing RO menggunakan kombinasi diameter **DN13**, **DN16**, dan **DN20**. Pipa **DN13** digunakan pada cabang pendek menuju *medical sink* dengan debit alat tunggal, **DN20** digunakan pada pipa pengumpul dan riser awal dengan debit akumulatif lebih besar, sedangkan **DN16** digunakan pada segmen riser atas dan jalur kritis menuju *medical sink* lantai 3.

Konfigurasi diameter tersebut dipilih untuk menjaga kecepatan aliran tetap berada dalam rentang operasional sekaligus menurunkan *headloss* pada jalur kritis. Pada beberapa segmen pengumpul, kecepatan aliran berada sedikit di bawah rentang 0,9–2,0 m/s. Kondisi ini masih dapat diterima karena air RO tidak mengandung partikel tersuspensi yang berpotensi mengendap, segmen tersebut

bukan merupakan ujung pipa mati, dan pola pemakaian *medical sink* bersifat intermittent sehingga tetap terjadi pembilasan jaringan.

5.7.1.3 Penentuan Diameter Pipa Sistem Plambing Air RO

Diameter pipa sistem plambing air *Reverse Osmosis* (RO) ditentukan berdasarkan debit rencana hasil perhitungan UBAP, akumulasi beban pada setiap segmen pipa, serta evaluasi kecepatan aliran. Berbeda dengan sistem air PDAM, sistem RO memiliki jumlah titik pelayanan yang lebih sedikit dan debit yang relatif kecil, sehingga diameter pipa dipilih dengan mempertimbangkan keseimbangan antara kecepatan aliran, *headloss*, dan kemudahan pemasangan.

Berdasarkan hasil perhitungan, diameter pipa sistem RO terdiri atas DN13, DN16, dan DN20. Pipa DN13 digunakan pada cabang pendek menuju *medical sink* dengan debit alat tunggal. Pipa DN20 digunakan pada pipa pengumpul dan riser awal yang membawa debit akumulatif terbesar, yaitu hingga 0,42 L/s. Sementara itu, DN16 digunakan pada segmen riser atas dan jalur kritis menuju *medical sink* lantai 3 untuk menurunkan *headloss* tanpa memperbesar seluruh jaringan pipa. Adapun rekapitulasi konfigurasi diameter utama sistem RO ditunjukkan pada **Tabel 5.42**.

Tabel 5.42 Rekapitulasi Diameter Utama Sistem Plambing Air RO

Segmen Jaringan	Diameter Terpilih	Panjang Total	Fungsi
Cabang pendek *medical sink*	**DN13**	84,475 m	Digunakan pada cabang alat tunggal dengan debit kecil
Pipa pengumpul dan riser awal	**DN20**	172,619 m	Digunakan pada segmen dengan debit akumulatif lebih besar
Riser atas dan jalur kritis lantai 3	**DN16**	39,814 m	Digunakan untuk menurunkan *headloss* pada jalur kritis menuju SNK lantai 3

Berdasarkan evaluasi tersebut, konfigurasi diameter DN13, DN16, dan DN20 dinilai mampu melayani kebutuhan debit rencana sistem RO. Diameter ini juga digunakan sebagai dasar penentuan jalur kritis dan perhitungan *head* pompa desain pada **Lampiran C.**

5.7.1.4 Penentuan *Head* Pompa Desain Sistem Plambing Air RO

Penentuan kebutuhan *head* pompa pada sistem plambing air *Reverse Osmosis* (RO) dilakukan untuk memastikan bahwa air hasil pengolahan dari RO *Tank* dapat dialirkan hingga *medical sink* pada lantai tertinggi. Sistem distribusi air RO menggunakan direct upfeed system, sehingga pompa RO harus mampu mengatasi *head* statis akibat perbedaan elevasi, *headloss* sepanjang jalur kritis, serta tekanan residual minimum pada *medical sink*.

Jalur kritis sistem RO ditentukan sebagai jalur distribusi dari RO *Tank* menuju *medical sink* pada lantai 3. Jalur ini dipilih karena memiliki elevasi pelayanan tertinggi dan panjang pipa kritis terbesar. Perhitungan *headloss* mayor dilakukan menggunakan persamaan Hazen-Williams, sedangkan *headloss* minor dihitung menggunakan pendekatan koefisien kehilangan lokal pada *fitting* seperti *tee*, *elbow*, dan *reducer*. Perhitungan rinci disajikan pada **Lampiran C**.

Berdasarkan hasil perhitungan pada **Lampiran C**, elevasi RO *Tank* adalah -3,00 m, sedangkan elevasi *medical sink* kritis adalah +14,00 m. Dengan demikian, *head* statis sistem RO adalah:

$$H_{statis} = z_{SNK} - z_{RO\ Tank}$$
$$= 14{,}00\ \text{m} - (-\ 3{,}00\ \text{m})$$
$$= 17{,}00\ \text{m}$$

Total *headloss* pada jalur kritis sistem RO adalah sebesar 5,219 m, yang terdiri atas *headloss* mayor sebesar 4,929 m dan *headloss* minor sebesar 0,2895 m. Tekanan residual minimum pada *medical sink* ditetapkan sebesar 5,00 m. Dengan demikian, kebutuhan *head* pompa minimum adalah:

$$H_{pompa} = H_{statis} + HL + H_{residual}$$
$$= 17{,}00\ \text{m} + 5{,}219\ \text{m} + 5{,}00\ \text{m}$$
$$= 27{,}219\ \text{m}$$

Dengan mempertimbangkan *safety factor* 15%, maka:

$$H_{pompa} = 1{,}15 \times 27{,}219\ \text{m}$$
$$= 31{,}30\ \text{m} \approx 32\ \text{m}$$

Berdasarkan hasil tersebut, pompa distribusi RO ditetapkan memiliki *head* desain sebesar 32 m. Nilai ini menunjukkan bahwa pompa RO mampu mendistribusikan air menuju *medical sink* pada lantai tertinggi dengan mengatasi

head statis, *headloss* sepanjang jalur kritis, serta kebutuhan residual *head* pada alat plambing.

5.7.2 Sistem Plambing Air Hujan

Sistem plambing air hujan atau *Rainwater harvesting* (RWH) dirancang untuk memanfaatkan limpasan air hujan dari area atap bangunan sebagai sumber air *non-potable*. Pada perencanaan ini, air hujan digunakan untuk kebutuhan penyiraman taman dan ruang terbuka di kawasan Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung.

Sistem RWH bekerja melalui tiga tahapan utama, yaitu:

1. Pengumpulan air hujan dari atap
2. Penyimpanan pada *Ground Water Tank* (GWT) air hujan
3. Distribusi menuju titik pemakaian.

Berdasarkan Masyhuroh (2025), air hujan dari area tangkapan atap dialirkan melalui talang, pipa tegak, *first flush diverter*, dan *unit* filtrasi sebelum masuk ke GWT air hujan. Selanjutnya, air hujan dipompa menuju *elevated rainwater tank* yang ditempatkan pada *rooftop* garden lantai 1. Dari *elevated tank* tersebut, air hujan didistribusikan secara gravitasi menuju keran taman.

Dengan demikian, sistem RWH tidak menggunakan pompa distribusi langsung menuju keran. Pompa hanya digunakan sebagai pompa transfer dari GWT menuju *elevated rainwater tank*, sedangkan distribusi menuju keran taman dilakukan secara gravitasi. Skema ini dipilih untuk menyederhanakan operasi sistem, mengurangi kebutuhan pompa tambahan, dan menjaga sistem tetap sesuai dengan karakter pemakaian air hujan yang bersifat *intermittent.*

5.7.2.1 Inventarisasi Kebutuhan Sistem Plambing Air Hujan

Sistem plambing air hujan direncanakan untuk melayani kebutuhan penyiraman taman pada area lantai dasar dan *rooftop* garden lantai 1. Titik pemakaian air hujan berupa keran taman (FCT). Berdasarkan hasil inventarisasi, jumlah titik pemakaian air hujan adalah sebanyak empat *unit* sebagaimana ditunjukkan pada **Tabel 5.43.**

Tabel 5.43 Hasil Inventarisasi Kebutuhan Sistem Plambing Air Hujan

Jenis Alat Plambing	Ruangan	Jumlah (*Unit*)
Lantai dasar		
FCT (2 *unit*)	Taman	2
Lantai 1		
FCT (2 *unit*)	*Rooftop Garden*	2

Penggunaan keran taman bersifat intermittent dan umumnya tidak terjadi secara bersamaan pada seluruh titik pelayanan. Oleh karena itu, debit rencana sistem ditentukan berdasarkan kemungkinan penggunaan dua keran taman secara simultan. Dengan debit satu keran sebesar 0,175 L/s, debit rencana sistem air hujan adalah:

$$Q = 2 \times 0{,}175 \text{ L/s} = 0{,}35 \text{ L/s}$$

Debit sebesar 0,35 L/s digunakan sebagai dasar penentuan diameter pipa, perhitungan *head* pompa transfer, dan evaluasi distribusi gravitasi pada sistem RWH. Perhitungan rinci disajikan pada **Lampiran D**.

5.7.2.2 Skema Penjaluran Sistem Plambing Air Hujan

Penjaluran sistem air hujan terdiri atas jalur pengumpulan dan jalur distribusi. Jalur pengumpulan dimulai dari area tangkapan atap, kemudian dialirkan menuju talang, pipa tegak, first flush diverter, *unit* filtrasi, dan GWT air hujan. Jalur ini berfungsi mengarahkan air hujan dari permukaan atap menuju tempat penyimpanan awal.

Jalur distribusi terdiri atas dua bagian. Bagian pertama adalah jalur transfer dari GWT air hujan menuju *elevated rainwater tank*. Bagian kedua adalah jalur distribusi gravitasi dari *elevated rainwater tank* menuju keran taman pada lantai dasar dan *rooftop* garden lantai 1.

Sistem ini menggunakan skema indirect *downfeed*, yaitu air hujan tidak langsung dipompa ke alat plambing, tetapi dipindahkan terlebih dahulu ke *elevated rainwater tank*. Setelah itu, air dialirkan menuju titik pemakaian secara gravitasi. Skema hidraulik sistem RWH dan jalur kritis perhitungan disajikan pada **Lampiran D.**

5.7.2.3 Penentuan Diameter Pipa Sistem Plambing Air Hujan

Penentuan diameter pipa dilakukan berdasarkan debit rencana sebesar 0,35 L/s dan kriteria kecepatan aliran untuk sistem air non-*potable* luar ruang. Evaluasi diameter dilakukan terhadap **DN13**, **DN20**, dan **DN25**.

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa **DN13** tidak digunakan karena menghasilkan kecepatan aliran sebesar 2,63 m/s, sehingga terlalu tinggi untuk sistem distribusi air hujan. Pipa **DN20** menghasilkan kecepatan aliran sebesar 1,11 m/s dan memenuhi kriteria kecepatan aliran. Oleh karena itu, **DN20** digunakan pada jalur pompa transfer dari GWT menuju *elevated rainwater tank*.

Untuk jalur distribusi gravitasi, digunakan **DN25**. Pada debit rencana 0,35 L/s, pipa **DN25** menghasilkan kecepatan aliran sebesar 0,71 m/s. Kecepatan ini lebih rendah dibandingkan **DN20**, tetapi dipilih untuk menurunkan *headloss* karena *head* tersedia dari *elevated tank* menuju FCT *rooftop* relatif terbatas. Dengan demikian, pemilihan diameter sistem RWH ditetapkan sebagaimana ditunjukkan pada **Tabel 5.44**

Tabel 5.44 Rekapitulasi Diameter Sistem Plambing Air Hujan

Segmen Jalur	Diameter Terpilih	Keterangan
Jalur pompa transfer GWT – *elevated rainwater tank*	DN20	Kecepatan aliran 1,11 m/s dan sesuai untuk aliran bertekanan pompa
Jalur distribusi gravitasi *elevated tank* – FCT	DN25	Menurunkan *headloss* dan menjaga tekanan sisa pada keran taman

Dengan konfigurasi tersebut, sistem RWH menggunakan DN20 untuk jalur transfer dan DN25 untuk jalur distribusi gravitasi. Perhitungan rinci pemilihan diameter disajikan pada **Lampiran D**.

5.7.2.4 Penentuan *Head* Pompa Transfer dan Evaluasi Distribusi Gravitasi Sistem Plambing Air Hujan

Penentuan kebutuhan pompa pada sistem RWH dilakukan hanya untuk jalur transfer dari GWT air hujan menuju *elevated rainwater tank*. Pompa tidak digunakan untuk distribusi langsung menuju keran taman karena distribusi dari *elevated tank* menuju FCT direncanakan berlangsung secara gravitasi.

Berdasarkan hasil perhitungan pada **Lampiran D**, elevasi muka air GWT air hujan adalah -3,0 m, sedangkan elevasi muka air *elevated rainwater tank* adalah +10,0 m. Dengan demikian, *head* statis sistem transfer adalah:

$H_s = z_{\textit{elevated tank}} - z_{\text{GWT RWH}}$

$= 10{,}0 \text{ m} - (-3{,}0 \text{ m}) = 13{,}0 \text{ m}$

Jalur transfer menggunakan pipa DN20 dengan panjang total 22,00 m. Berdasarkan perhitungan Hazen-Williams dan *headloss* minor pada *fitting*, diperoleh *headloss* mayor sebesar 1,637 m dan *headloss* minor sebesar 0,152 m. Total *headloss* jalur transfer adalah:

$HL = 1{,}637 \text{ m} + 0{,}152 \text{ m}$

$= 1{,}789 \text{ m}$

Maka kebutuhan *head* pompa transfer minimum adalah:

$H_{pompa} = H_s + HL$

$= 13{,}0 \text{ m} + 1{,}789 \text{ m} = 14{,}789 \text{ m}$

Dengan *safety factor* 15%, maka

$H_{pompa} = 1{,}15 \times 14{,}789 \text{ m}$

$= 17{,}01 \text{ m} \approx 18. \text{ m}$

Dengan demikian, *head* pompa transfer sistem RWH ditetapkan sebesar 18 m. Nilai ini digunakan untuk memindahkan air hujan dari GWT menuju *elevated rainwater tank* sebelum didistribusikan secara gravitasi.

Setelah air hujan masuk ke *elevated rainwater tank*, distribusi menuju FCT dilakukan secara gravitasi. Evaluasi distribusi dilakukan pada jalur kritis menuju keran taman *rooftop* garden lantai 1 karena titik ini memiliki elevasi pelayanan tertinggi. *Head* tersedia dihitung dari selisih elevasi muka air *elevated tank* dan elevasi keran taman *rooftop*.

$H_{tersedia} = z_{\textit{tank}} - z_{\text{FCT}}$

$= 10{,}0 \text{ m} - 5{,}0 \text{ m} = 5{,}0 \text{ m}$

Jalur distribusi gravitasi menggunakan pipa DN25 dengan panjang total 59,626 m. Berdasarkan hasil perhitungan, total *headloss* distribusi adalah 1,583 m. Maka tekanan sisa pada keran taman *rooftop* adalah:

$H_{residual} = H_{tersedia} - HL$

$= 5{,}0 \text{ m} - 1{,}583 \text{ m} = 3{,}417 \text{ m}$

Hasil ini menunjukkan bahwa distribusi gravitasi dari *elevated rainwater tank* masih mampu mengalirkan air menuju FCT *rooftop garden* tanpa pompa distribusi tambahan. Namun, tekanan pelayanan yang tersedia relatif rendah, sehingga sistem ini lebih sesuai untuk kebutuhan penyiraman taman dan penggunaan luar ruang bertekanan rendah.

Dengan demikian, sistem plambing air hujan direncanakan menggunakan pompa transfer dengan *head* desain 18 m dan distribusi gravitasi dari *elevated rainwater tank* menuju keran taman. Sistem ini tidak memerlukan *booster* distribusi tambahan karena tekanan sisa pada titik kritis masih tersedia sebesar 3,417 m. Hasil perhitungan rinci disajikan pada **Lampiran D**.

5.8 Perancangan Sistem Proteksi Kebakaran

Sistem proteksi kebakaran pada Gedung Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung direncanakan sebagai sistem proteksi kebakaran aktif yang terdiri atas sistem hidran gedung dan sistem sprinkler otomatis. Sistem hidran berfungsi mendukung kegiatan pemadaman manual oleh petugas, sedangkan sistem sprinkler otomatis berfungsi sebagai sistem pengendalian awal kebakaran pada area bangunan yang dilindungi.

Perencanaan sistem sprinkler mengacu pada SNI 3989-1:2024 dan SNI 3989-2:2024 yang mengatur prinsip umum perencanaan, klasifikasi bahaya kebakaran, densitas pancaran, Luas Kebutuhan Proteksi (LKP), konfigurasi jaringan perpipaan, serta perhitungan hidraulik sistem sprinkler. Pemilihan dan instalasi pompa kebakaran mengacu pada SNI 6570:2023. Adapun perencanaan sistem hidran gedung mengacu pada ketentuan NFPA 14 mengenai sistem pipa tegak dan hidran gedung, khususnya dalam penetapan debit rencana pipa tegak dan tekanan residual minimum pada hydrant box yang digunakan sebagai dasar evaluasi hidraulik.

Sumber air kebakaran berasal dari *Ground Water Tank* (GWT) khusus kebakaran yang ditempatkan pada *Basement* 2. Sistem penyediaan air kebakaran dipisahkan dari jaringan air domestik untuk menjamin keandalan pasokan selama kondisi darurat. Air dari GWT kebakaran dialirkan oleh *fire pump set* menuju *common fire header*, kemudian didistribusikan secara terpisah ke jaringan hidran dan jaringan sprinkler.

Bangunan terdiri atas dua lantai *basement*, satu lantai dasar, dan tiga lantai atas. Dengan konfigurasi tersebut, sistem proteksi kebakaran harus mampu melayani titik pelayanan terjauh dan tertinggi dari *fire pump* di *Basement* 2 menuju lantai teratas. Oleh karena itu, evaluasi hidraulik dilakukan secara terpisah pada sistem hidran dan sistem sprinkler. Sistem hidran menjadi pengendali kebutuhan *head* karena memerlukan tekanan residual terbesar pada hydrant box kritis, sedangkan sistem sprinkler pada area Ordinary hazard menjadi pengendali kebutuhan debit dan volume air karena menghasilkan debit operasi terbesar sebesar 47,83 L/s.

Perhitungan hidraulik sistem proteksi kebakaran dilakukan menggunakan persamaan Hazen-Williams untuk *headloss mayor* dan metode koefisien kehilangan lokal untuk *headloss minor*. Perhitungan hidraulik secara rinci disajikan pada **Lampiran E**.

5.8.1 Klasifikasi Area Proteksi dan Jenis Proteksi

Klasifikasi bahaya kebakaran digunakan sebagai dasar dalam menentukan densitas pancaran sprinkler, Luas Kebutuhan Proteksi (LKP), jumlah sprinkler aktif, debit rencana, serta kebutuhan volume air kebakaran. Berdasarkan fungsi ruang dan karakteristik beban kebakaran, area bangunan dikelompokkan menjadi dua klasifikasi, yaitu Light hazard dan Ordinary hazard.

Area Light hazard diterapkan pada Lantai 1 sampai Lantai 3 karena didominasi ruang pelayanan rumah sakit, seperti ruang rawat inap, koridor, ruang tunggu, ruang administrasi, dan ruang pelayanan umum. Sementara itu, area Ordinary hazard diterapkan pada *Basement* 2, *Basement* 1, dan Lantai Dasar karena mencakup area parkir, dapur, laboratorium, ruang utilitas, dan ruang penunjang yang memiliki potensi beban kebakaran lebih tinggi.

Sistem sprinkler otomatis direncanakan untuk melindungi seluruh area bangunan sesuai klasifikasi bahayanya. Selain itu, sistem hidran gedung ditempatkan pada area sirkulasi utama untuk mendukung kegiatan pemadaman manual sehingga kedua sistem saling melengkapi dalam perlindungan kebakaran bangunan.

Konfigurasi sprinkler menggunakan jarak antar sprinkler tipikal sebesar 4 m dengan jarak sprinkler terhadap dinding sebesar 2 m sehingga luas cakupan satu sprinkler *head* adalah:

$$A_{head} = 4 \times 4 = 16 \text{ m}^2/head$$

Berdasarkan hasil penyusunan layout, jumlah sprinkler *head* terpasang pada bangunan adalah 645 *head* sebagaimana disajikan pada **Tabel 5.45**.

Tabel 5.45 Rekapitulasi Jumlah Sprinkler *Head* Terpasang

Lantai	Jumlah Sprinkler *Head*	Klasifikasi Bahaya
Basement 2	133	*Ordinary hazard*
Basement 1	133	*Ordinary hazard*
Lantai Dasar	100	*Ordinary hazard*
Lantai 1	93	*Light hazard*
Lantai 2	93	*Light hazard*
Lantai 3	93	*Light hazard*
Total	**645**	

Jumlah sprinkler *head* terpasang merupakan jumlah total perangkat yang dipasang pada seluruh bangunan dan digunakan sebagai dasar penyusunan jaringan perpipaan serta estimasi kebutuhan material. Dalam evaluasi hidraulik, jumlah sprinkler yang diasumsikan bekerja secara bersamaan ditentukan berdasarkan Luas Kebutuhan Proteksi (LKP) sesuai klasifikasi bahaya ruang.

5.8.2 Debit Rencana Sistem

Debit rencana sistem proteksi kebakaran ditentukan berdasarkan kebutuhan sistem sprinkler dan sistem hidran yang dievaluasi secara terpisah karena masing-masing memiliki fungsi, karakteristik operasi, kebutuhan tekanan residual, dan debit pelayanan yang berbeda.

Pada sistem sprinkler, debit rencana ditentukan berdasarkan densitas pancaran dan Luas Kebutuhan Proteksi (LKP) sesuai klasifikasi bahaya. Area Light hazard menggunakan densitas pancaran sebesar 4 L/menit/m² dengan LKP 140 m², sedangkan area Ordinary hazard menggunakan densitas pancaran sebesar 8 L/menit/m² dengan LKP 230 m². Dengan luas cakupan sprinkler sebesar 16

m²/*head*, jumlah sprinkler aktif hasil pembulatan adalah 9 *head* pada area Light hazard dan 15 *head* pada area Ordinary hazard. Perhitungan rinci jumlah sprinkler aktif, debit per sprinkler *head*, serta debit area operasi disajikan pada **Lampiran E**.

Kebutuhan debit sistem sprinkler juga memperhitungkan tambahan aliran selang (hose stream allowance) sebesar 950 L/menit. Rekapitulasi debit rencana sistem proteksi kebakaran disajikan pada **Tabel 5.46.**

Tabel 5.46 Rekapitulasi Debit Rencana Pada Area Proyeksi

Klasifikasi Bahaya	**Jumlah *Head* Aktif (N_{aktif})**	**Debit per *Head* (q_{head})**	**Debit Sprinkler Area Operasi ($N_{aktif} \times q_{head}$)**
Sprinkler *Light hazard*	9 *head*	64 L/menit	576 L/menit = 9,60 L/s
Sprinkler *Light hazard* + selang	576 L/menit + 950 L/menit		1526 L/menit = 25,43 L/s
Sprinkler *Ordinary hazard*	15 *head*	128 L/menit	1.920 L/menit = 32,00 L/s
Sprinkler *Ordinary hazard* + selang	1.920 L/menit + 950 L/menit		2870 L/menit = 47,83 L/s
Hidran Gedung			
Kebutuhan sistem hidran bangunan			**31,55 L/s**

Berdasarkan rekapitulasi tersebut, sistem hidran menjadi pengendali kebutuhan *head* karena membutuhkan tekanan residual terbesar pada titik pelayanan kritis, sedangkan sistem sprinkler pada area Ordinary hazard menjadi pengendali kebutuhan debit dan volume air dengan debit operasi sebesar 47,83 L/s. Oleh karena itu, pemilihan *fire pump set* didasarkan pada kombinasi kedua parameter tersebut, yaitu kebutuhan *head* dari sistem hidran dan kebutuhan debit dari sistem sprinkler Ordinary hazard.

5.8.3 Penentuan Jumlah dan Penempatan *Sprinkler*

Penempatan sprinkler dilakukan dengan mempertimbangkan prinsip coverage, klasifikasi bahaya kebakaran, serta geometri ruang. Pada area *Light hazard*, penempatan sprinkler mengikuti pola distribusi ruang pelayanan umum, ruang rawat inap, koridor, dan ruang tunggu. Pada area *Ordinary hazard*,

penempatan sprinkler dilakukan pada area dengan potensi beban kebakaran lebih tinggi, seperti *basement*, dapur, laboratorium, ruang utilitas, dan ruang penunjang.

Dalam perencanaan Gedung Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung digunakan pendekatan layout dengan jarak antar sprinkler tipikal 4 m dan jarak sprinkler terhadap dinding 2 m. Pendekatan ini menghasilkan luas kerja tipikal sebesar 16 m^2/*head*. Satu *Branch Line* dibatasi maksimum 3 sprinkler *head* untuk menjaga akumulasi debit pada pipa cabang dan memudahkan analisis hidraulik secara segmental.

Pada ruang-ruang besar seperti koridor utama, lobby, dan ruang tunggu, distribusi sprinkler mengikuti pola grid untuk menjaga keseragaman cakupan. Pada ruang kecil dan terpartisi, seperti ruang administrasi, ruang tindakan, ruang utilitas, dan ruang penunjang lainnya, penempatan sprinkler disesuaikan terhadap geometri ruang agar cakupan proteksi tetap terpenuhi.

Jumlah sprinkler hasil layout digunakan sebagai dasar penyusunan jaringan perpipaan, kebutuhan material, dan estimasi biaya. Sementara itu, perhitungan debit dan analisis hidraulik menggunakan jumlah sprinkler aktif berdasarkan Luas Kebutuhan Proteksi (LKP). Penentuan posisi akhir sprinkler pada gambar perencanaan tetap disesuaikan dengan layout arsitektur, posisi plafon, elemen struktur, dan pembagian ruang.

5.8.4 Distribusi Jaringan Pipa

Distribusi air kebakaran direncanakan menggunakan satu *fire pump set* yang menyuplai *common fire header*. Setelah *common fire header*, jaringan distribusi dipisahkan menjadi dua jalur utama, yaitu jaringan hidran dan jaringan sprinkler. Pemisahan ini dilakukan karena kedua sistem memiliki kebutuhan debit, tekanan residual, serta karakteristik operasi yang berbeda meskipun menggunakan sumber air dan pompa yang sama.

Jaringan hidran didistribusikan melalui riser hidran menuju hydrant box pada setiap lantai. Penempatan hydrant box mengikuti area sirkulasi utama agar mudah dijangkau pada kondisi darurat. Berdasarkan hasil evaluasi hidraulik yang disajikan pada **Lampiran E**, diameter pipa utama sistem hidran dipilih sebesar

DN150 karena menghasilkan kehilangan tekanan yang lebih kecil serta kondisi aliran yang lebih stabil dibandingkan alternatif DN125.

Jaringan sprinkler menggunakan sistem pipa basah (wet pipe system), yaitu jaringan perpipaan yang selalu terisi air pada kondisi siaga sehingga mampu memberikan respons cepat ketika sprinkler aktif. Sistem ini dipilih karena bangunan berada pada kondisi temperatur normal sehingga tidak memerlukan sistem pipa kering (dry pipe system).

Perancangan jaringan sprinkler dilakukan melalui dua tahapan. Tahap pertama adalah penentuan diameter rencana awal menggunakan Pipe Schedule Method berdasarkan jumlah sprinkler yang dilayani pada setiap segmen pipa sesuai ketentuan SNI 3989-1:2024 dan SNI 3989-2:2024. Tahap kedua adalah penyesuaian diameter menggunakan pendekatan gradual pipe sizing, sehingga diameter aktual setiap segmen mengikuti debit kumulatif hasil konfigurasi jaringan perpipaan. Diameter aktual tersebut selanjutnya diverifikasi melalui evaluasi hidraulik sebagaimana disajikan pada Lampiran E.

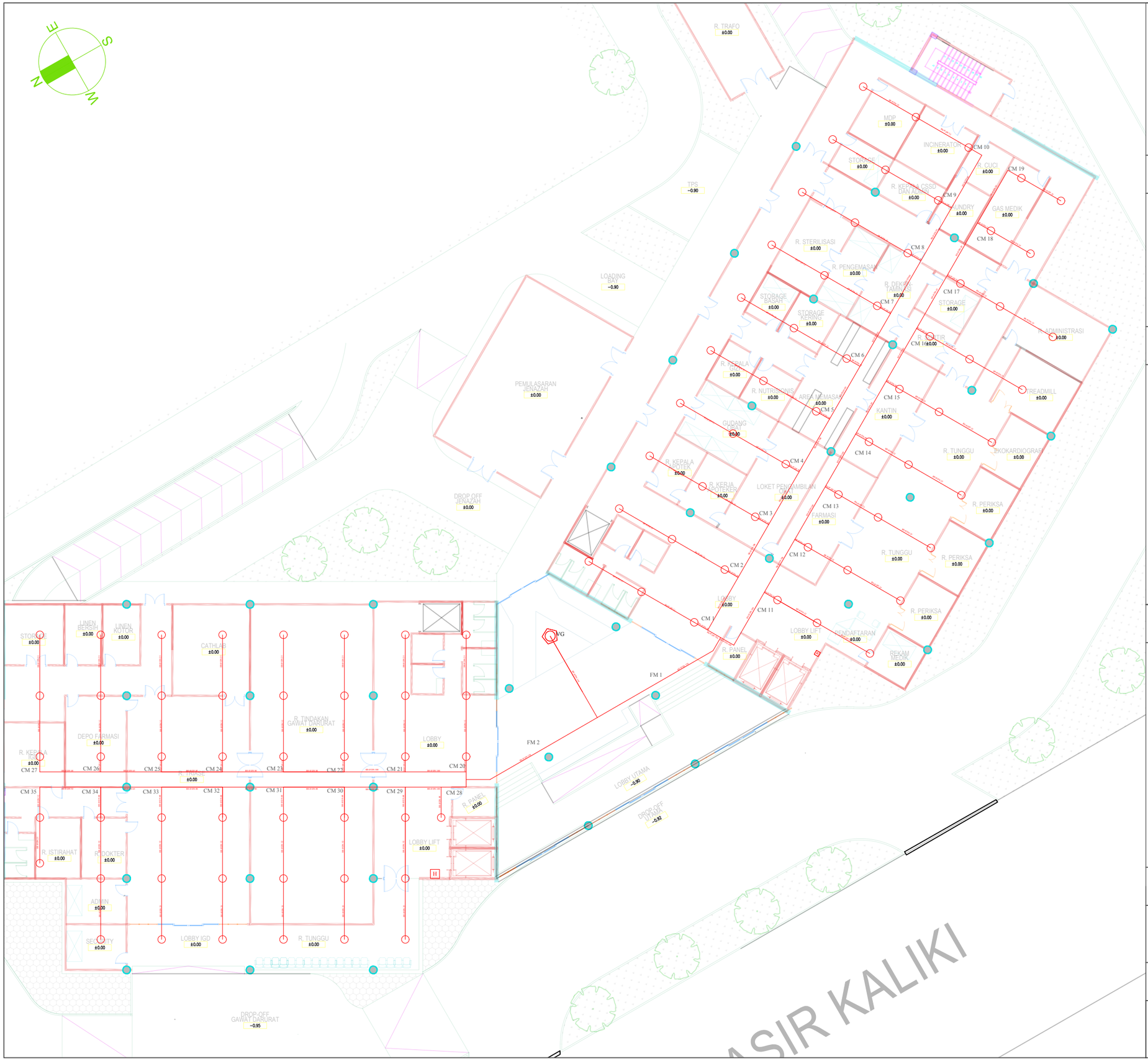
Dengan pendekatan tersebut, diameter aktual jaringan sprinkler dapat berbeda dari diameter rencana awal karena setiap segmen melayani jumlah sprinkler yang berbeda. Oleh karena itu, diameter pipa yang digunakan pada layout akhir merupakan hasil penyesuaian berdasarkan debit kumulatif pada masing-masing segmen jaringan dan bukan hanya berdasarkan diameter minimum hasil *Pipe Schedule Method*.

Konfigurasi jaringan sprinkler terdiri atas *Branch Line*, *Cross Main*, feed main, dan vertical gallery (VG). Pada hasil layout akhir, diameter *Branch Line* berada pada rentang DN25 hingga DN40, diameter *Cross Main* berada pada rentang DN32 hingga DN100, sedangkan feed main dan vertical gallery menggunakan diameter DN100 hingga DN150 sesuai debit kumulatif yang dialirkan pada masing-masing segmen.

Karena *fire pump* dipilih berdasarkan kebutuhan *head* sistem hidran, tekanan yang tersedia pada jaringan sprinkler dapat melebihi kebutuhan tekanan operasi sprinkler pada beberapa zona bangunan. Oleh karena itu, jaringan sprinkler perlu dilengkapi *Pressure Reducing Valve* (PRV) apabila tekanan kerja yang diterima melebihi batas operasi komponen sprinkler sehingga tekanan pada jaringan

tetap berada dalam rentang yang diizinkan tanpa mengurangi kemampuan sistem hidran.

Detail konfigurasi jaringan perpipaan ditunjukkan pada **Gambar 5.48** sampai **Gambar 5.53**, sedangkan rekapitulasi konfigurasi, diameter, jumlah sprinkler yang dilayani, dan panjang pipa pada setiap lantai disajikan pada **Tabel 5.47** sampai **Tabel 5.49**. Perhitungan hidraulik yang menjadi dasar penentuan diameter tersebut disajikan secara rinci pada **Lampiran E**.

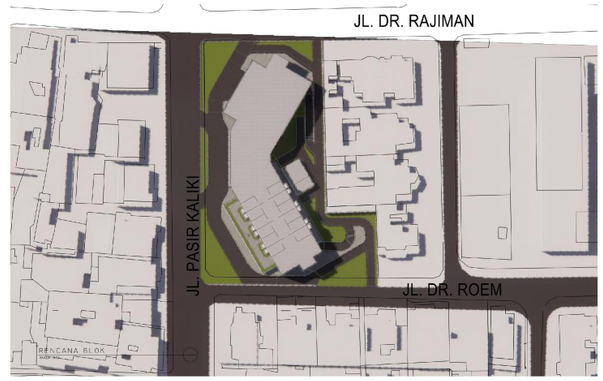


PROGRAM STUDI
TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN
2026

JUDUL GAMBAR

DENAH PENJALURAN PIPA SISTEM PROTEKSI KEBAKARAN LANTAI DASAR RUMAH SAKIT KHUSUS JANTUNG CIGADUNG KOTA BANDUNG

GAMBAR KUNCI



KETERANGAN

- SPRINKLER
- H — HIDRAN
- JALUR PIPA SPRINKLER
- VERTICAL GALLERY

SKALA

1 : 250

NO. GAMBAR	NO. HALAMAN
5.48	V-151

Tabel 5.47 Rekapitulasi Konfigurasi, Diameter, dan Panjang Pipa Sistem Sprinkler Lantai Dasar

Segmen	Ukuran Pipa (DN)	Jumlah *Head* yang Dilayani	Panjang (m)
Pipa *Branch Line*			
CM 1	25	1	4
	32	2	4
	40	3	1
CM 2	25	1	4
	32	2	4
	40	3	1
CM 3	25	1	4
	32	2	4
	40	3	1
CM 4	25	1	4
	32	2	4
	40	3	1
CM 5	25	1	4
	32	2	4
	40	3	1
CM 6	25	1	4
	32	2	4
	40	3	1
CM 7	25	1	4
	32	2	4
	40	3	1
CM 8	25	1	4
	32	2	4
	40	3	1
CM 9	25	1	4
	32	2	4
	40	3	1
CM 10	25	1	4
	32	2	4
	40	3	1
CM 11	25	1	4
	32	2	3
	40	3	1

Segmen	Ukuran Pipa (DN)	Jumlah *Head* yang Dilayani	Panjang (m)
CM 12	25	1	4
	32	2	3
	40	3	1
CM 13	25	1	4
	32	2	3
	40	3	1
CM 14	25	1	4
	32	2	3
	40	3	1
CM 15	25	1	4
	32	2	3
	40	3	1
CM 16	25	1	4
	32	2	3
	40	3	1
CM 17	25	1	4
	32	2	4
	40	3	1
CM 18	25	1	3
	32	2	1
CM 19	25	1	3
	32	2	1
CM 20	25	1	4
	32	2	4
	40	3	1
CM 21	25	1	4
	32	2	4
	40	3	1
CM 22	25	1	4
	32	2	4
	40	3	1
CM 23	25	1	4
	32	2	4
	40	3	1
CM 24	25	1	4
	32	2	4

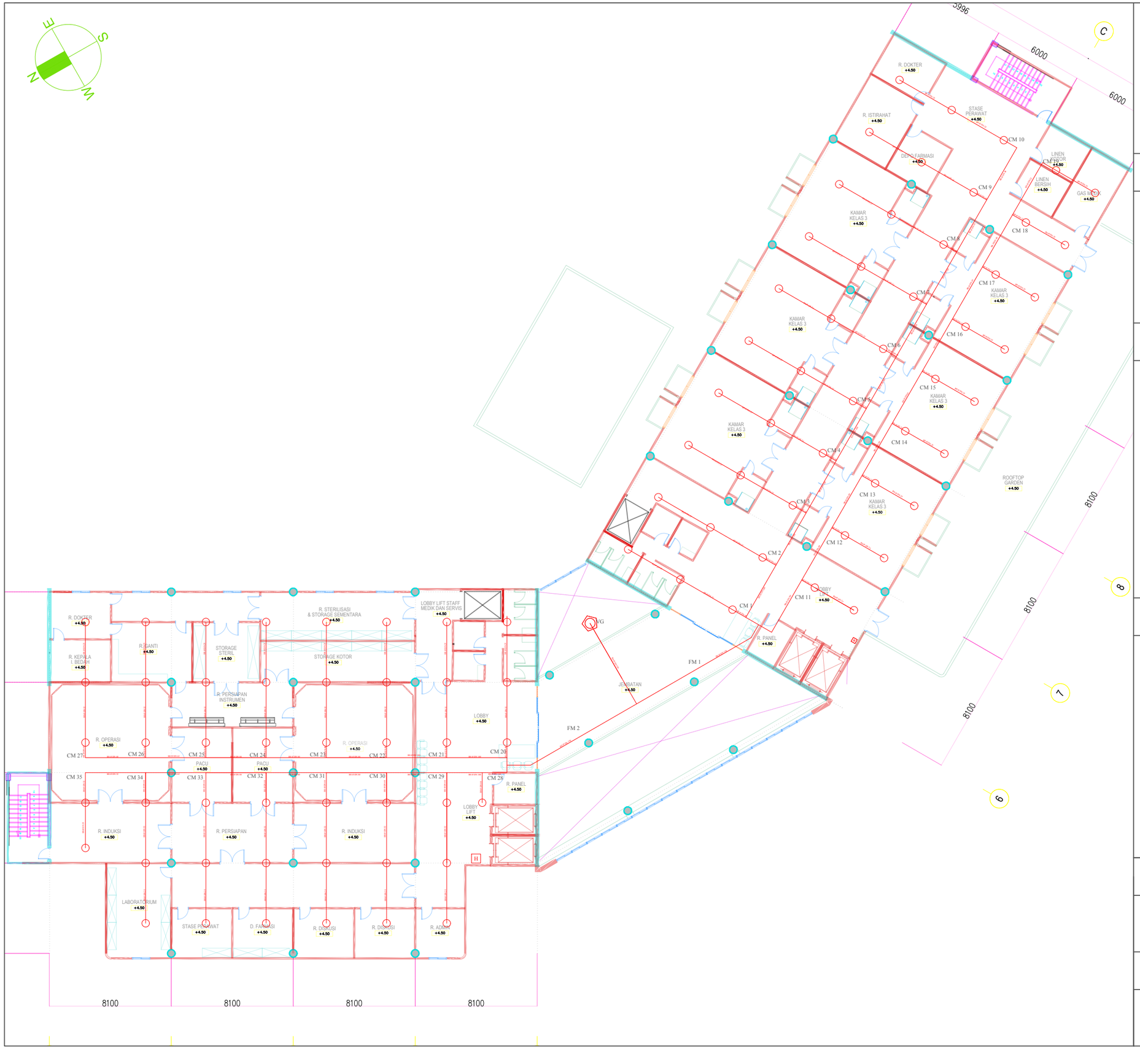
Segmen	Ukuran Pipa (DN)	Jumlah *Head* yang Dilayani	Panjang (m)
	40	3	1
CM 25	25	1	4
	32	2	4
	40	3	1
CM 26	25	1	4
	32	2	4
	40	3	1
CM 27	25	1	4
	32	2	4
	40	3	1
CM 28	40	1	2
CM 29	25	1	4
	32	2	4
	40	3	2
CM 30	25	1	4
	32	2	4
	40	3	2
CM 31	25	1	4
	32	2	4
	40	3	2
CM 32	25	1	4
	32	2	4
	40	3	2
CM 33	25	1	4
	32	2	4
	40	3	2
CM 34	25	1	4
	32	2	4
	40	3	2
CM 35	25	1	3
	32	2	6
Pipa *Cross Main*			
CM 1 – CM 5	100	15	16
CM 5 – CM 8	80	9	12
CM 8 – CM 9	65	3	4
CM 9 – CM 10	40	3	4

Segmen	Ukuran Pipa (DN)	Jumlah *Head* yang Dilayani	Panjang (m)
CM 11 – CM 14	80	8	16
CM 14 – CM 17	65	6	12
CM 17 – CM 18	40	2	4
CM 18 – CM 19	32	2	4
CM 20 – CM 22	100	9	8
CM 22 – CM 25	80	9	12
CM 25 – CM 26	65	3	4
CM 26 – CM 27	40	3	4
CM 28 – CM 30	100	7	8
CM 30 – CM 33	80	9	12
CM 33 – CM 34	65	3	4
CM 34 – CM 35	40	2	4
Feed Main			
FM 1 – CM 1;CM 19	150	55	10
FM 2 – CM 20;CM 35	150	45	10
VG – FM 1;FM 2	150	100	6,2

Berdasarkan hasil perencanaan yang mengacu pada SNI 3989-1:2024 dan SNI 3989-2:2024, sistem sprinkler pada Lantai Dasar dirancang menggunakan konfigurasi *Vertical Gallery* (VG) – *Feed Main* (FM) – *Cross Main* (CM) – *Branch Line – Sprinkler Head* dengan pendekatan penurunan diameter pipa secara bertahap (gradual pipe sizing) sesuai debit yang dialirkan pada setiap segmen jaringan.

Adapun hasil rekapitulasi perencanaan adalah sebagai berikut.

- Jumlah *Feed Main* (FM): 2 jalur
- Jumlah *Cross Main* (CM): 35 cabang.
- Jumlah sprinkler *head* terpasang: 100 *head*, terdiri atas 55 *head* pada FM-1 dan 45 *head* pada FM-2
- Total kebutuhan pipa BS Ø DN25: 133 m.
- Total kebutuhan pipa BS Ø DN32: 130 m
- Total kebutuhan pipa BS Ø DN40: 55 m.
- Total kebutuhan pipa BS Ø DN65: 24 m
- Total kebutuhan pipa BS Ø DN80: 52 m.
- Total kebutuhan pipa BS Ø DN100: 32 m.
- Total kebutuhan pipa BS Ø DN150: 26,20 m.

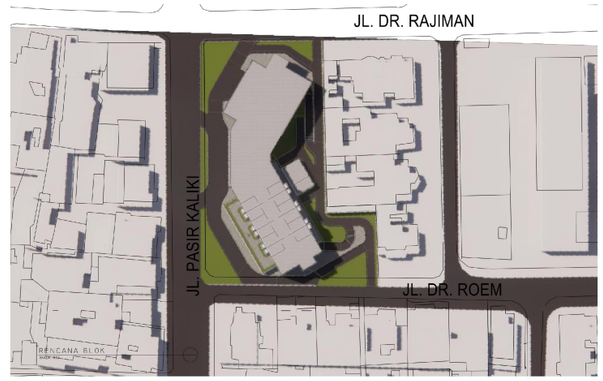


PROGRAM STUDI
TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN
2026

JUDUL GAMBAR

DENAH PENJALURAN PIPA SISTEM PROTEKSI KEBAKARAN LANTAI 1
RUMAH SAKIT KHUSUS JANTUNG
CIGADUNG KOTA BANDUNG

GAMBAR KUNCI



KETERANGAN

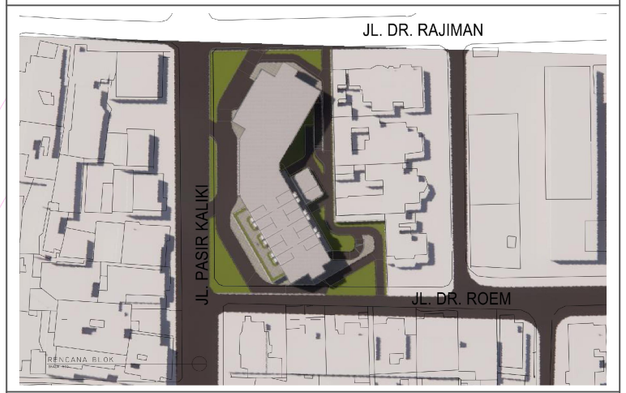
- SPRINKLER
- H — HIDRAN
- JALUR PIPA SPRINKLER
- VERTICAL GALLERY

SKALA

1 : 250

NO. GAMBAR	NO. HALAMAN
5.49	V-156





PROGRAM STUDI
TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN
2026

JUDUL GAMBAR

DENAH PENJALURAN PIPA SISTEM PROTEKSI KEBAKARAN LANTAI 2
RUMAH SAKIT KHUSUS JANTUNG
CIGADUNG KOTA BANDUNG

GAMBAR KUNCI

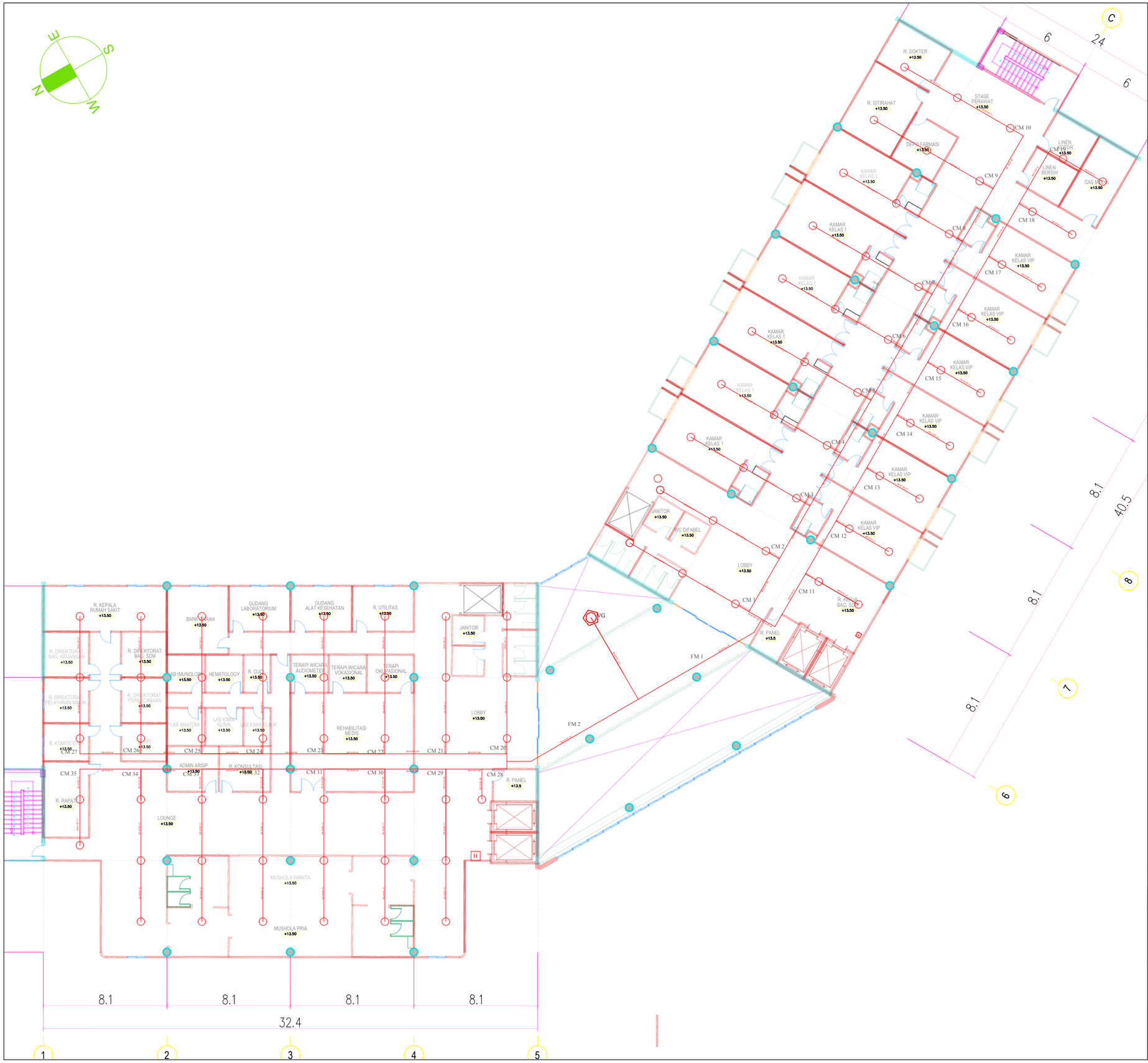
KETERANGAN

- SPRINKLER
- H — HIDRAN
- JALUR PIPA SPRINKLER
- VERTICAL GALLERY

SKALA

1 : 250

NO. GAMBAR	NO. HALAMAN
5.50	V-157

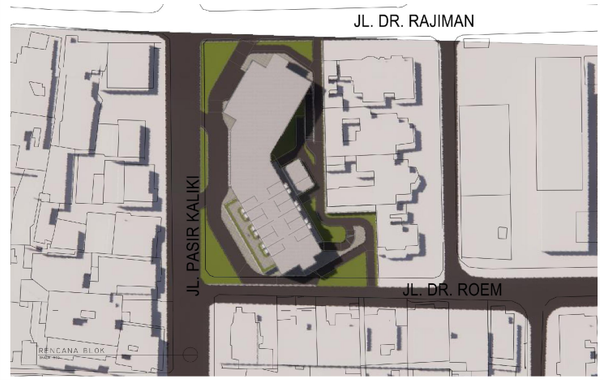


PROGRAM STUDI
TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN
2026

JUDUL GAMBAR

DENAH PENJALURAN PIPA SISTEM PROTEKSI KEBAKARAN LANTAI 3
RUMAH SAKIT KHUSUS JANTUNG
CIGADUNG KOTA BANDUNG

GAMBAR KUNCI



KETERANGAN

- SPRINKLER
- H — HIDRAN
- JALUR PIPA SPRINKLER
- VERTICAL GALLERY

SKALA

1 : 250

NO. GAMBAR	NO. HALAMAN
5.51	V-158

Tabel 5.48 Rekapitulasi Konfigurasi, Diameter, dan Panjang Pipa Sistem Sprinkler Lantai 1 – 3 Tipikal

Segmen	Ukuran Pipa (DN)	Jumlah *Head* yang Dilayani	Panjang (m)
Pipa *Branch Line*			
CM 1	25	1	4
	32	2	4
	40	3	1
CM 2	25	1	4
	32	2	4
	40	3	1
CM 3	25	1	4
	32	2	4
	40	3	1
CM 4	25	1	4
	32	2	4
	40	3	1
CM 5	25	1	4
	32	2	4
	40	3	1
CM 6	25	1	4
	32	2	4
	40	3	1
CM 7	25	1	4
	32	2	4
	40	3	1
CM 8	25	1	4
	32	2	4
	40	3	1
CM 9	25	1	4
	32	2	4
	40	3	1
CM 10	25	1	4
	32	2	4
	40	3	1
CM 11	25	1	3
	32	2	1
CM 12	25	1	3

Segmen	Ukuran Pipa (DN)	Jumlah *Head* yang Dilayani	Panjang (m)
	32	2	1
CM 13	25	1	3
	32	2	1
CM 14	25	1	3
	32	2	1
CM 15	25	1	3
	32	2	1
CM 16	25	1	3
	32	2	1
CM 17	25	1	3
	32	2	1
CM 18	25	1	3
	32	2	1
CM 19	25	1	3
	32	2	1
CM 20	25	1	4
	32	2	4
	40	3	1
CM 21	25	1	4
	32	2	4
	40	3	1
CM 22	25	1	4
	32	2	4
	40	3	1
CM 23	25	1	4
	32	2	4
	40	3	1
CM 24	25	1	4
	32	2	4
	40	3	1
CM 25	25	1	4
	32	2	4
	40	3	1
CM 26	25	1	4
	32	2	4
	40	3	1

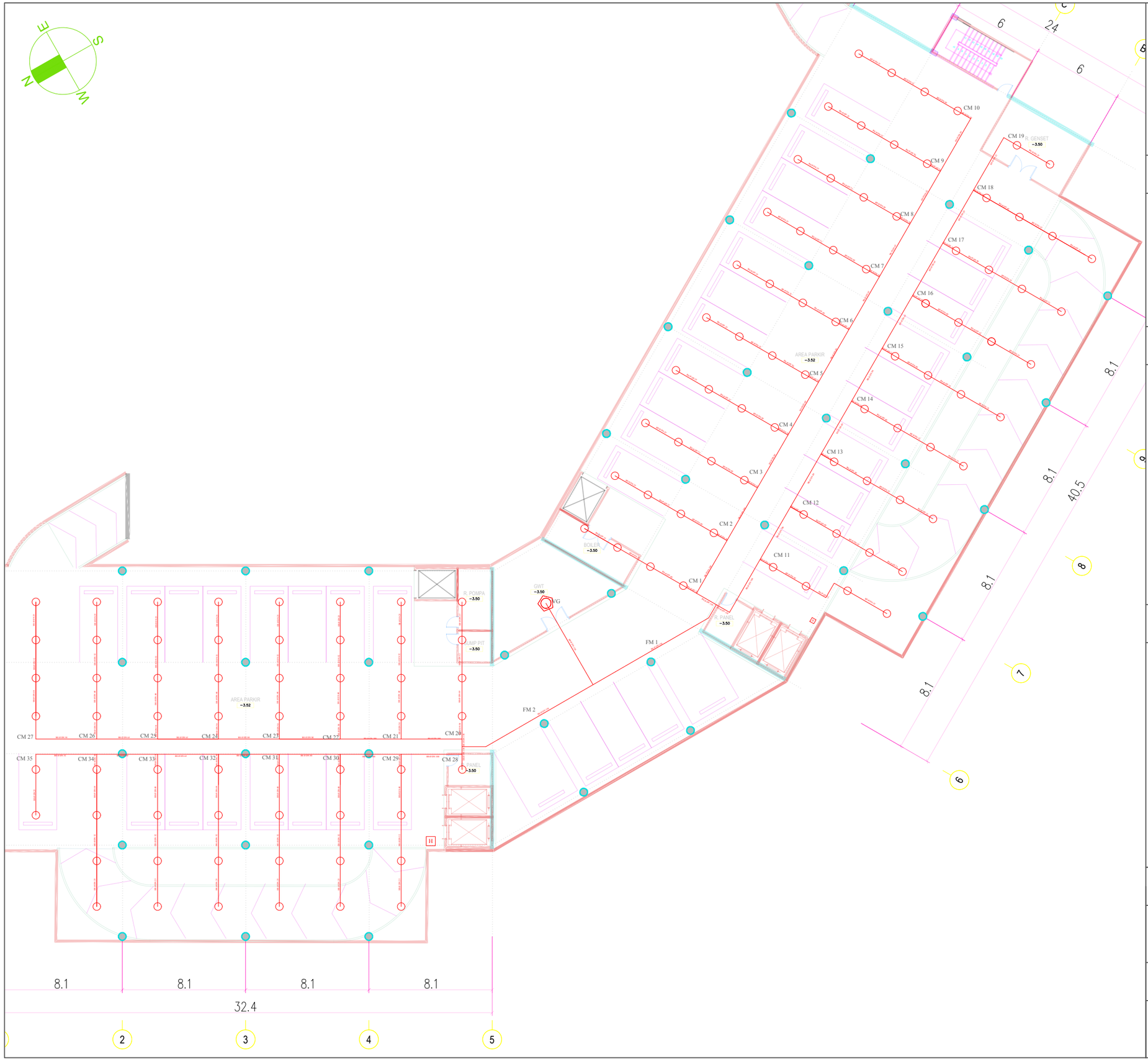
Segmen	Ukuran Pipa (DN)	Jumlah *Head* yang Dilayani	Panjang (m)
CM 27	25	1	4
	32	2	4
	40	3	1
CM 28	40	1	2
CM 29	25	1	4
	32	2	4
	40	3	2
CM 30	25	1	4
	32	2	4
	40	3	2
CM 31	25	1	4
	32	2	4
	40	3	2
CM 32	25	1	4
	32	2	4
	40	3	2
CM 33	25	1	4
	32	2	4
	40	3	2
CM 34	25	1	4
	32	2	4
	40	3	2
CM 35	25	1	3
	32	2	6
Pipa *Cross Main*			
CM 1 – CM 5	100	15	16
CM 5 – CM 8	80	9	12
CM 8 – CM 9	65	3	4
CM 9 – CM 10	40	3	4
CM 11 – CM 14	80	8	16
CM 14 – CM 17	65	6	12
CM 17 – CM 18	40	2	4
CM 18 – CM 19	32	2	4
CM 20 – CM 22	100	9	8
CM 22 – CM 25	80	9	12
CM 25 – CM 26	65	3	4

Segmen	Ukuran Pipa (DN)	Jumlah *Head* yang Dilayani	Panjang (m)
CM 26 – CM 27	40	3	4
CM 28 – CM 30	100	7	8
CM 30 – CM 33	80	9	12
CM 33 – CM 34	65	3	4
CM 34 – CM 35	40	2	4
Feed Main			
FM 1 – CM 1;19	150	48	10
FM 2 – CM 20;35	150	45	10
VG – FM 1;2	150	93	6,2

Berdasarkan hasil perencanaan yang mengacu pada SNI 3989-1:2024 dan SNI 3989-2:2024, sistem sprinkler pada Lantai 1 hingga Lantai 3 dirancang menggunakan konfigurasi *Vertical Gallery* (VG) – *Feed Main* (FM) – *Cross Main* (CM) – *Branch Line – Sprinkler Head* dengan pendekatan penurunan diameter pipa secara bertahap (gradual pipe sizing) sesuai debit yang dialirkan pada setiap segmen jaringan.

Adapun hasil rekapitulasi perencanaan adalah sebagai berikut.

- Jumlah Feed Main (FM): 2 jalur.
- Jumlah *Cross Main* (CM): 35 cabang.
- Jumlah sprinkler *head* terpasang untuk 3 lantai: 93 *head* × 3 lantai = 279 *head* (48 *head* × 3 lantai = 144 *head* pada FM-1 dan 45 *head* × 3 lantai = 135 *head* pada FM-2)
- Total kebutuhan pipa BS Ø DN25 : 131 m × 3 = 393 m
- Total kebutuhan pipa BS Ø DN32 : 128 m × 3 = 384 m
- Total kebutuhan pipa BS Ø DN40 : 55 m × 3 = 165 m
- Total kebutuhan pipa BS Ø DN65 : 24 m × 3 = 72 m
- Total kebutuhan pipa BS Ø DN80 : 52 m × 3 = 156 m
- Total kebutuhan pipa BS Ø DN100 : 32 m × 3 = 96 m
- Total kebutuhan pipa BS Ø DN150 : 26,20 m × 3 = 78,60 m

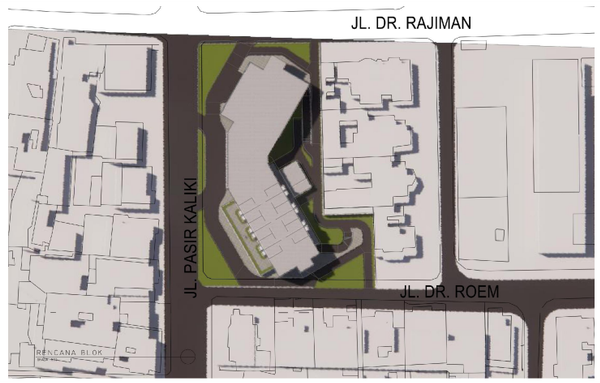


PROGRAM STUDI
TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN
2026

JUDUL GAMBAR

DENAH PENJALURAN PIPA SISTEM PROTEKSI KEBAKARAN BASEMENT 1
RUMAH SAKIT KHUSUS JANTUNG
CIGADUNG KOTA BANDUNG

GAMBAR KUNCI



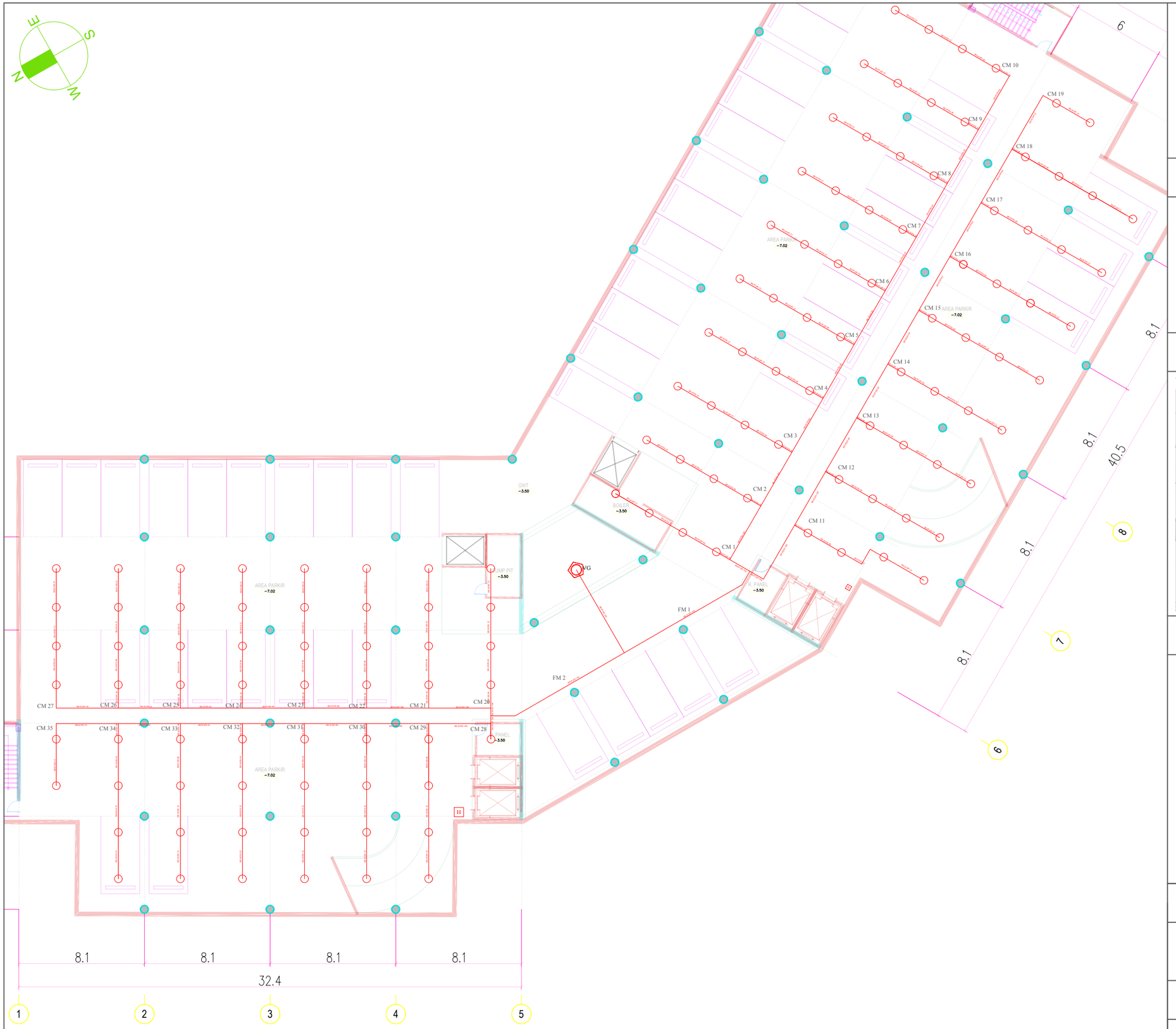
KETERANGAN

- SPRINKLER
- H — HIDRAN
- JALUR PIPA SPRINKLER
- VERTICAL GALLERY

SKALA

1 : 100

NO. GAMBAR	NO. HALAMAN
5.52	V-163

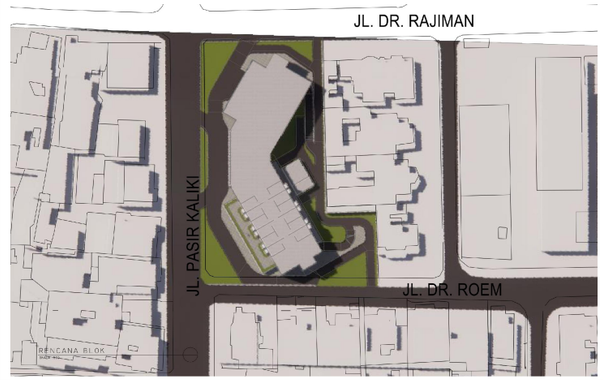


PROGRAM STUDI
TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN
2026

JUDUL GAMBAR

DENAH PENJALURAN PIPA SISTEM PROTEKSI KEBAKARAN BASEMENT 2
RUMAH SAKIT KHUSUS JANTUNG CIGADUNG KOTA BANDUNG

GAMBAR KUNCI



KETERANGAN

- SPRINKLER
- H — HIDRAN
- JALUR PIPA SPRINKLER
- VERTICAL GALLERY

SKALA

1 : 100

NO. GAMBAR	NO. HALAMAN
5.53	V-164

Tabel 5.49 Rekapitulasi Konfigurasi, Diameter, dan Panjang Pipa Sistem Sprinkler Lantai *Basement* 1 – 2 Tipikal

Segmen	Ukuran Pipa (DN)	Jumlah *Head* yang Dilayani	Panjang (m)
Pipa *Branch Line*			
CM 1	25	1	2,5
	32	2	2,5
	40	3	2,5
	50	4	1
CM 2	25	1	2,5
	32	2	2,5
	40	3	2,5
	50	4	1
CM 3	25	1	2,5
	32	2	2,5
	40	3	2,5
	50	4	1
CM 4	25	1	2,5
	32	2	2,5
	40	3	2,5
	50	4	1
CM 5	25	1	2,5
	32	2	2,5
	40	3	2,5
	50	4	1
CM 6	25	1	2,5
	32	2	2,5
	40	3	2,5
	50	4	1
CM 7	25	1	2,5
	32	2	2,5
	40	3	2,5
	50	4	1
CM 8	25	1	2,5
	32	2	2,5
	40	3	2,5
	50	4	1
CM 9	25	1	2,5

Segmen	Ukuran Pipa (DN)	Jumlah *Head* yang Dilayani	Panjang (m)
	32	2	2,5
	40	3	2,5
	50	4	1
CM 10	25	1	2,5
	32	2	2,5
	40	3	2,5
	50	4	1
CM 11	25	1	2,5
	32	2	3,5
	40	3	2,5
	50	4	1
CM 12	25	1	2,5
	32	2	2,5
	40	3	2,5
	50	4	1
CM 13	25	1	2,5
	32	2	2,5
	40	3	2,5
	50	4	1
CM 14	25	1	2,5
	32	2	2,5
	40	3	2,5
	50	4	1
CM 15	25	1	2,5
	32	2	2,5
	40	3	2,5
	50	4	1
CM 16	25	1	2,5
	32	2	2,5
	40	3	2,5
	50	4	1
CM 17	25	1	2,5
	32	2	2,5
	40	3	2,5
	50	4	1
CM 18	25	1	2,5

Segmen	Ukuran Pipa (DN)	Jumlah *Head* yang Dilayani	Panjang (m)
	32	2	2,5
	40	3	2,5
	50	4	1
CM 19	25	1	2,5
	32	2	1
CM 20	25	1	2,5
	32	2	2,5
	40	3	2,5
	50	4	2
CM 21	25	1	2,5
	32	2	2,5
	40	3	2,5
	50	4	2
CM 22	25	1	2,5
	32	2	2,5
	40	3	2,5
	50	4	2
CM 23	25	1	2,5
	32	2	2,5
	40	3	2,5
	50	4	2
CM 24	25	1	2,5
	32	2	2,5
	40	3	2,5
	50	4	2
CM 25	25	1	2,5
	32	2	2,5
	40	3	2,5
	50	4	2
CM 26	25	1	2,5
	32	2	2,5
	40	3	2,5
	50	4	2
CM 27	25	1	2,5
	32	2	2,5
	40	3	2,5

Segmen	Ukuran Pipa (DN)	Jumlah *Head* yang Dilayani	Panjang (m)
	50	4	2
CM 28	25	1	1
CM 29	25	1	2,5
	32	2	2,5
	40	3	2,5
	50	4	1
CM 30	25	1	2,5
	32	2	2,5
	40	3	2,5
	50	4	1
CM 31	25	1	2,5
	32	2	2,5
	40	3	2,5
	50	4	1
CM 32	25	1	2,5
	32	2	2,5
	40	3	2,5
	50	4	1
CM 33	25	1	2,5
	32	2	2,5
	40	3	2,5
	50	4	1
CM 34	25	1	2,5
	32	2	2,5
	40	3	2,5
	50	4	1
CM 35	25	1	2,5
	32	2	1
Cross Main			
CM 1 – CM 3	100	12	8
CM 3 – CM 6	80	12	12
CM 6 – CM 9	65	12	12
CM 9 – CM 10	50	4	4
CM 11 – CM 12	100	8	8
CM 12 – CM 15	80	12	12
CM 15 – CM 18	65	12	12

Segmen	Ukuran Pipa (DN)	Jumlah *Head* yang Dilayani	Panjang (m)
CM 18 – CM 19	32	2	4
CM 20 – CM 22	100	12	8
CM 22 – CM 24	80	8	8
CM 24 – CM 26	65	8	8
CM 26 – CM 27	50	4	4
CM 28 – CM 30	100	9	8
CM 30 – CM 32	80	8	8
CM 32 – CM 34	65	8	8
CM 34 – CM 35	32	2	4
Feed Main			
FM 1 – CM 1;19	150	74	10
FM 2 – CM 20;35	150	59	10
VG – FM 1;2	150	133	6,2

Berdasarkan hasil perencanaan yang mengacu pada SNI 3989-1:2024 dan SNI 3989-2:2024, sistem sprinkler pada *Basement* 1 dan *Basement* 2 dirancang menggunakan konfigurasi *Vertical Gallery* (VG) – *Feed Main* (FM) – *Cross Main* (CM) – *Branch Line – Sprinkler Head* dengan pendekatan penurunan diameter pipa secara bertahap (gradual pipe sizing) sesuai debit yang dialirkan pada setiap segmen

Adapun hasil rekapitulasi perencanaan pada setiap lantai *basement* adalah sebagai berikut.

- Jumlah *Feed Main* (FM): 2 jalur.
- Jumlah *Cross Main* (CM): 35 cabang.
- Jumlah sprinkler *head* terpasang: 133 *head* × 2 lantai = 266 *head* (74 *head* × 2 lantai = 148 *head* pada FM-1 dan 59 × 2 lantai = 118 *head* pada FM-2)
- Total kebutuhan pipa BS Ø DN25: 87,5 m × 2 = 175 m
- Total kebutuhan pipa BS Ø DN32: 96,0 m × 2 =192 m
- Total kebutuhan pipa BS Ø DN40: 82,5 m × 2 = 165 m
- Total kebutuhan pipa BS Ø DN50: 46,0 m × 2 = 92 m
- Total kebutuhan pipa BS Ø DN65: 40,0 m × 2 = 80 m
- Total kebutuhan pipa BS Ø DN80: 40,0 m × 2 = 80 m
- Total kebutuhan pipa BS Ø DN100: 32,0 m × 2 = 64 m
- Total kebutuhan pipa BS Ø DN150: 26,20 m × 2 = 52,4 m

Sistem *sprinkler* menggunakan sistem pipa basah (*wet pipe system*), di mana jaringan pipa selalu terisi air sehingga dapat memberikan respons cepat terhadap kebakaran. Pemilihan sistem ini sesuai dengan ketentuan SNI yang merekomendasikan sistem pipa basah untuk bangunan dengan kondisi temperatur normal.

Hidran gedung ditempatkan pada area sirkulasi utama untuk menjamin jangkauan pelayanan yang optimal. Distribusi jaringan mengikuti konfigurasi arsitektural bangunan, dengan mempertimbangkan efisiensi jalur aliran dan kemudahan akses pemadaman.

Berdasarkan debit sistem sebesar 31,55 L/detik, diameter pipa utama atau riser berada pada kisaran DN 125 hingga DN 150. Penentuan diameter ini selanjutnya diverifikasi melalui perhitungan hidraulik pada jalur kritis sebagaimana disajikan pada **Lampiran E**.

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa diameter DN 150 memberikan kehilangan tekanan yang lebih kecil serta kondisi aliran yang lebih stabil dibandingkan DN 125, sehingga dipilih sebagai diameter pipa utama sistem.

5.8.5 Kebutuhan Tekanan dan Pompa Kebakaran

Penentuan kebutuhan tekanan dan *head* pompa kebakaran dilakukan berdasarkan jalur kritis dari *fire pump* menuju titik pelayanan tertinggi dan terjauh pada sistem proteksi kebakaran. Evaluasi dilakukan secara terpisah untuk sistem hidran dan sistem sprinkler karena kedua sistem memiliki karakteristik kebutuhan tekanan dan debit yang berbeda. Hasil evaluasi digunakan untuk menentukan parameter pengendali dalam pemilihan *fire pump set*.

Fire pump set dan GWT kebakaran ditempatkan pada *Basement* 2. Elevasi acuan suction menggunakan elevasi titik air operasional terendah pada GWT kebakaran sebesar −6,0 m, sedangkan titik pelayanan tertinggi berada pada elevasi +18,5 m. Dengan demikian, *head* statis sistem adalah:

$$H_s = z_{\text{pelayanan}} - z_{\textit{suction}}$$

$$= 18{,}5\ \text{m} - (-6{,}0\ \text{m}) = 24{,}5\ \text{m}$$

Nilai *head* statis tersebut digunakan sebagai komponen dasar dalam evaluasi kebutuhan *head* sistem hidran maupun sistem sprinkler. Perhitungan hidraulik secara rinci disajikan pada **Lampiran E.**

5.8.5.1 Evaluasi Sistem Hidran

Evaluasi hidraulik sistem hidran dilakukan menggunakan debit rencana sebesar 31,55 L/s dengan tekanan residual minimum pada hydrant box kritis sebesar 70,3 m sesuai ketentuan NFPA 14. Jalur kritis ditentukan sebagai lintasan terjauh dari *fire pump* menuju hydrant box pada lantai tertinggi dengan panjang total perpipaan sebesar 99,6 m.

Evaluasi dilakukan terhadap dua alternatif diameter pipa utama, yaitu DN125 dan DN150. Analisis meliputi kecepatan aliran, *headloss mayor*, *headloss minor*, kebutuhan *head* minimum, serta *head* desain pompa. Perhitungan hidraulik lengkap disajikan pada Lampiran E, sedangkan hasil evaluasi diuraikan pada **Tabel 5.50.**

Tabel 5.50 Rekapitulasi Evaluasi Hidraulik Sistem Hidran

Diameter	Kecepatan Aliran	*Headloss* Mayor	*Headloss* Minor	Total *Headloss*	*Head* Pompa Minimum	*Head* Desain
	(m/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
DN125	2,57	6,22	6,54	12,76	107,56	**124**
DN150	1,79	2,56	3,15	5,71	100,51	**116**

Berdasarkan hasil tersebut, pipa **DN150** dipilih sebagai diameter utama sistem hidran karena menghasilkan kecepatan aliran dan *headloss* yang lebih rendah dibandingkan **DN125**. Pada diameter **DN150**, total *headloss* sistem hidran adalah 5,71 m.

Kebutuhan *head* pompa minimum untuk sistem hidran dihitung sebagai berikut:

$$H_{pompa} = Hs + HL + H_{residual}$$
$$= 24,5 \text{ m} + 5,71 \text{ m} + 70,3 \text{ m}$$
$$= 100,51 \text{ m}$$

Dengan *safety factor* 15%, maka:

$H_{desain} = 1{,}15 \times 100{,}51$ m

$= 115{,}59$ m ≈ 116 m

Dengan demikian, sistem hidran membutuhkan *fire pump* dengan *head* desain sebesar 116 m.

5.8.5.2 Evaluasi Sistem *Sprinkler*

Sistem sprinkler dievaluasi berdasarkan dua kondisi, yaitu kebutuhan *head* pada jalur kritis dan kebutuhan debit pada area operasi. Berdasarkan hasil perhitungan pada **Lampiran E**, kebutuhan *head* sprinkler dikendalikan oleh jalur kritis Lantai 3 dengan klasifikasi *Light hazard*. Jalur kritis tersebut memiliki panjang horizontal dari VG Lantai 3 menuju sprinkler *head* terjauh sebesar 61,961 m, yang terdiri atas feed main sepanjang 17,961 m, *Cross Main* sepanjang 36,000 m, dan *Branch Line* kritis sepanjang 8,000 m.

Pada jalur kritis *Light hazard*, jumlah sprinkler aktif dalam LKP adalah 9 *head* atau 3 branch aktif. Debit sprinkler area operasi adalah 576 L/menit atau 9,60 L/s. Dengan diameter rencana awal hasil evaluasi hidraulik, yaitu DN25–DN40 pada *Branch Line*, DN32–DN100 pada *Cross Main*, serta DN100 pada feed main dan riser, diperoleh total *headloss* sebesar 7,26 m dan *head* sprinkler desain sebesar ±45 m, diperoleh *headloss* mayor sebesar 6,05 m, *headloss fitting* sebesar 1,21 m, dan total *headloss* sebesar 7,26 m.

Tekanan minimum pada sprinkler kritis dihitung berdasarkan faktor-K sprinkler. Dengan debit per *head* sebesar 64 L/menit dan faktor K80, tekanan minimum sprinkler kritis adalah:

Tekanan minimum pada sprinkler kritis dihitung dari hubungan faktor-K

$$P = \left(\frac{q}{K}\right)^2$$

Untuk sprinkler *Light hazardd* q = 64 L/menit dan K sprinkler 80 maka:

$$P = \left(\frac{64 \text{ L/menit}}{80}\right)^2 = 0{,}64 \text{ bar}$$

Konversi ke meter kolom air

$H_{head} = 0{,}64 \text{ bar} \times 10{,}2 = 6{,}53$ m

Maka kebutuhan *head* minimum sprinkler adalah:

$H_{sprinkler} = H_s + HL + H_{head}$

$H_{sprinkler}$ = 24,50 m+ 7,26 m+ 6,53 m = 38,29 m

Dengan *safety factor* 15%, maka:

H desain = 1,15 × 38,29 = 44,03 m ≈ 45 m

Rekapitulasi *Head* Sprinkler Jalur Kritis Lantai 3 ditunjukkan pada **Tabel 5.51**

Tabel 5.51 *Head* Sprinkler Jalur Kritis Lantai 3

Komponen	Nilai
Head statis	24,50 m
Headloss mayor	6,05 m
Headloss fitting	1,21 m
Total *headloss*	7,26 m
Tekanan minimum sprinkler kritis	6,53 m
Head sprinkler minimum	38,29 m
Safety factor 15%	5,74 m
Head sprinkler desain	45 m

Selain evaluasi *head*, sistem sprinkler juga dievaluasi terhadap kebutuhan debit dan volume air. Debit terbesar berasal dari area *Ordinary hazard*, yaitu sebesar 1.920 L/menit untuk sprinkler aktif dan tambahan aliran selang sebesar 950 L/menit. Dengan demikian, debit total sprinkler *Ordinary hazard* adalah 2.870 L/menit atau 47,83 L/s, dengan kebutuhan volume air selama 60 menit sebesar 172,20 m³. Adapun rekapitulasi hidraulik sistem sprinkler ditunjukkan pada **Tabel 5.52**

Tabel 5.52 Rekapitulasi Evaluasi Hidraulik Sistem Sprinkler

Komponen	Sprinkler *Light hazard*	Sprinkler *Ordinary hazard*
Fungsi evaluasi	Pengendali *head* sprinkler	Pengendali debit dan volume
Jumlah *head* aktif	9 *head*	15 *head*
Branch aktif	3 branch	5 branch
Debit sprinkler	576 L/menit = 9,60 L/s	1.920 L/menit = 32,00 L/s
Tambahan aliran selang	950 L/menit	950 L/menit
Debit total	1.526 L/menit = 25,43 L/s	2.870 L/menit = 47,83 L/s
Total *headloss* jalur kritis	7,26 m	Tidak menjadi pengendali *head*
Head sprinkler desain	±45 m	Tidak menjadi pengendali *head*
Volume air 60 menit	91,56 m³	172,20 m³

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa kebutuhan *head* desain sprinkler sebesar 45 m lebih kecil dibandingkan kebutuhan *head* desain hidran sebesar 116 m. Namun, dari sisi debit dan volume air, sistem sprinkler *Ordinary hazard* menghasilkan debit yang lebih besar dibandingkan debit hidran. Oleh karena itu, sistem hidran menjadi pengendali *head*, sedangkan sistem sprinkler *Ordinary hazard* menjadi pengendali debit dan volume air.

5.8.5.3 Penentuan *Fire pump set*

Berdasarkan hasil evaluasi sistem hidran dan sprinkler, pemilihan *fire pump set* dilakukan dengan mempertimbangkan dua parameter pengendali. Sistem hidran menjadi pengendali dari sisi *head* karena membutuhkan *head* desain sebesar 116 m. Sementara itu, sistem sprinkler pada area *Ordinary hazard* menjadi pengendali dari sisi debit dan volume air karena menghasilkan debit total sebesar 47,83 L/s.

Debit minimum pompa dihitung berdasarkan debit terbesar dari sistem yang dilayani:

$Q_{\text{pompa min}}$ = 47,83 L/s

$Q_{\text{pompa min}}$ = 2870 L/menit

$Q_{\text{pompa min}}$ = 758 gpm

Karena kapasitas 750 gpm setara dengan 47,32 L/s dan sedikit lebih kecil daripada kebutuhan debit minimum 47,83 L/s, maka kapasitas nominal *fire pump* diarahkan ke rating 1.000 gpm. Dengan demikian, *fire pump* utama direncanakan dengan kapasitas nominal 1.000 gpm dan *head* desain 116 m.

Sistem sprinkler dilayani dari *fire pump set* yang sama melalui *common fire header*, tetapi jalurnya dipisahkan setelah *head*er utama dan dilengkapi pengendali tekanan apabila tekanan kerja yang diterima melebihi batas operasi komponen sprinkler.

Konfigurasi *fire pump set* yang digunakan terdiri atas *fire pump* utama dan jockey *pump*. *Fire pump* utama berfungsi menyuplai debit dan tekanan pemadaman, sedangkan *jockey pump* berfungsi menjaga tekanan statis jaringan pada kondisi siaga.

Rekapitulasi hasil desain sistem proteksi kebakaran ditunjukkan pada **Tabel 5.53**

Tabel 5.53 Rekapitulasi Hasil Perencanaan Sistem Proteksi Kebakaran

Komponen	Hasil Perencanaan
Sumber air kebakaran	GWT kebakaran *Basement* 2
Elevasi suction kritis	-6,0 m
Head statis sistem	24,5 m
Debit hidran	31,55 L/s
Diameter utama hidran	DN150
Head desain hidran	116 m
Jumlah sprinkler terpasang	645 *head*
Klasifikasi sprinkler	Lantai 1–3 *Light hazard*; *Basement* 2, *Basement* 1, dan Lantai Dasar *Ordinary hazard*
Debit sprinkler *Light hazard*	25,43 L/s termasuk tambahan aliran selang
Debit sprinkler *Ordinary hazard*	47,83 L/s termasuk tambahan aliran selang
Head desain sprinkler	±45 m
Diameter sprinkler jalur kritis	DN25–DN40 *Branch Line*; DN32–DN100 *Cross Main*; DN100-150 feed main/riser
Pengendali *head fire pump*	Sistem hidran
Pengendali debit dan volume	Sistem sprinkler *Ordinary hazard*
Fire pump utama	Q nominal 1.000 gpm; H desain 116 m
Jockey pump	Menjaga tekanan statis jaringan
Common fire header	Menyuplai jalur hidran dan sprinkler
PRV sprinkler	Disiapkan apabila tekanan jalur sprinkler melebihi batas operasi komponen

Berdasarkan hasil tersebut, sistem proteksi kebakaran direncanakan menggunakan pipa utama hidran DN150, jaringan sprinkler dengan diameter rencana awal sesuai debit kumulatif tiap segmen, *fire pump* utama dengan kapasitas nominal 1.000 gpm dan *head* desain 116 m, serta jockey *pump* untuk menjaga tekanan statis jaringan. Sistem hidran dan sprinkler menggunakan sumber air serta *fire pump set* yang sama, tetapi jalur distribusinya dipisahkan setelah *common fire*

header agar kebutuhan tekanan masing-masing sistem dapat dikendalikan secara terpisah.

5.9 Rekapitulasi Hasil Desain Plambing dan Analisis Hidraulik

Berdasarkan hasil perencanaan teknis, sistem plambing Gedung Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung terdiri atas sistem air PDAM, air panas, air *recycle*, air *Reverse Osmosis* (RO), *Rainwater harvesting* (RWH), dan proteksi kebakaran. Setiap sistem memiliki karakteristik hidraulik yang berbeda sesuai fungsi pelayanan, kualitas air, pola distribusi, material pipa, debit rencana, kehilangan tekanan, dan kebutuhan pompa.

Adapun rekapitulasi desain sistem sistem plambing setiap sistem disajikan pada **Tabel 5.54.**

5.9.1 Rekapitulasi Hidraulik Sistem Air PDAM

Sistem air PDAM dirancang sebagai sistem utama penyediaan air minum dengan pola *two-tank system*. Pompa transfer digunakan untuk mengisi *Roof tank* dari GWT, sedangkan distribusi air dari *Roof tank* dievaluasi terhadap kecukupan tekanan gravitasi. Berdasarkan hasil perhitungan, lantai dasar masih dapat dilayani secara gravitasi karena *head* tersedia lebih besar dari total *headloss* dan tekanan residual minimum. Sebaliknya, lantai 1 sampai lantai 3 membutuhkan *booster* karena *head* tersedia tidak cukup untuk memenuhi kebutuhan tekanan pada alat plambing di jalur kritis. Dengan demikian, desain akhir sistem PDAM menggunakan kombinasi zona gravitasi dan zona *booster*. Adapun rincian rekapitulasi hidraulik disajikan pada **Tabel 5.55**

Tabel 5.54 Rekapitulasi Desain Sistem Plambing

Sistem	Fungsi Pelayanan	Konfigurasi	Jenis Pipa	Keterangan
Air PDAM	Sumber utama *Potable* sanitary (SHW, LAV, FCT, KCS), dan suplai dasar sistem turunan (Air panas, Air RO)	GWT PDAM → pompa transfer → *Roof tank* → distribusi gravitasi dan *booster*	PVC AW	Sistem utama bangunan. Lantai dasar dilayani gravitasi, sedangkan lantai 1–3 membutuhkan *booster* distribusi.
Air panas	Melayani kebutuhan air panas pada SHW dan LAV kamar pasien	*Roof tank*/*water heater* → *booster* distribusi → jaringan air panas + resirkulasi ke *water heater*	PPR	Sistem membutuhkan *booster* dan pompa resirkulasi agar tekanan dan temperatur tetap stabil.
Air *recycle*	Suplai non-*potable* untuk *flushing* WC dan urinal	GWT *recycle* → pompa transfer → *Roof tank recycle* → distribusi *flushing* dengan *booster*	PVC AW	Sistem dipisahkan dari air minum melalui dual piping system. Lantai dasar gravitasi, lantai atas *booster*.
Air RO	Suplai air berkualitas tinggi untuk *Medical Sink* (SNK)	RO *tank* → pompa RO → direct upfeed ke *medical sink*	PPR	Sistem tidak menggunakan *Roof tank* untuk menjaga kualitas air dan mengurangi risiko kontaminasi sekunder.
RWH	Suplai non-*potable* untuk FCT penyiraman taman	GWT air hujan → pompa transfer → *elevated tank* → distribusi gravitasi	PVC AW	Sistem digunakan terbatas untuk penyiraman taman. Distribusi dilakukan secara gravitasi dengan tekanan sisa rendah.
Proteksi kebakaran	Suplai hidran dan *sprinkler*	GWT kebakaran → *fire pump set* → *common fire header* → hidran dan *sprinkler*	*Black Steel* (BS)	Sistem berdiri sendiri dan tidak terhubung dengan sistem domestik. *Head* dikendalikan hidran, debit dikendalikan *sprinkler Ordinary hazard*.

Tabel 5.55 Rekapitulasi Hidraulik Sistem Plambing PDAM

Parameter	Nilai desain
Jenis pipa	PVC AW
Panjang Total Kebutuhan Pipa:	
DN13 (PVC AW Ø 1/2")	589,57 m
DN16 (PVC AW Ø 5/8")	193,30 m
DN20 (PVC AW Ø 3/4")	32,44 m
DN25 (PVC AW Ø 1")	106,82 m
DN32 (PVC AW Ø 1 ¼") (distribusi utama)	589,57 m
DN32 (PVC AW Ø 1 ¼") (tegak distribusi)	9,00 m
DN 40 (PVC AW Ø 1 ½") (tegak distribusi)	4,00 m
DN 50 (PVC AW Ø 2") (Transfer)	26,00 m
Sistem distribusi	GWT → pompa transfer → *Roof tank* → gravitasi dan *booster*
Debit pompa transfer	2,45 L/s
Diameter pipa transfer	DN50
Panjang pipa transfer	26,00 m
Headloss pompa transfer	1,32 m
Head statis transfer	26,00 m
Head pompa transfer minimum	27,32 m
Safety factor	10%
Head pompa transfer desain	30 m
Headloss distribusi lantai dasar	7,054 m
Headloss distribusi lantai 1	7,711 m
Headloss distribusi lantai 2	7,476 m
Headloss distribusi lantai 3	7,292 m
Kebutuhan *booster*	Lantai 1, 2, dan 3

5.9.2 Rekapitulasi Hidraulik Sistem Air Panas

Sistem plambing air panas menggunakan pipa PPR karena mempertimbangkan ketahanan material terhadap temperatur dan tekanan kerja. Berdasarkan evaluasi *headloss* dan tekanan residual *shower*, distribusi gravitasi tidak mencukupi untuk melayani lantai 1 sampai lantai 3. Oleh karena itu, sistem membutuhkan *booster* distribusi dengan *head* desain 16 m. Selain itu, sistem dilengkapi pompa resirkulasi dengan *head* desain 1,5 m. Pompa resirkulasi tidak dihitung berdasarkan *head* statis karena bekerja pada sistem loop tertutup; energi pompa hanya digunakan untuk mengatasi *headloss* gesekan pada jalur sirkulasi.

Adapun rincian rekapitulasi hidraulik sistem plambing air panas disajikan pada **Tabel 5.56**

Tabel 5.56 Rekapitulasi Hidraulik Sistem Plambing Panas

Parameter	Nilai desain
Jenis pipa	PPR
Sistem distribusi	Distribusi air panas + resirkulasi
Debit distribusi maksimum	1,20 L/s
Diameter pipa distribusi horizontal	DN13, DN20, DN25
Diameter pipa tegak	DN25 dan DN32
DN13	76,824 m
DN20	64,523 m
DN25 (Pipa distribusi utama)	30,510 m
DN25 (Pipa tegak distribusi)	9,00 m
DN32 (Pipa tegak distribusi)	9,00 m
DN13 (Pipa resirkulasi)	72,350 m
Headloss distribusi lantai 1	7,094 m
Headloss distribusi lantai 2	6,884 m
Headloss distribusi lantai 3	6,675 m
Tekanan residual *shower*	10 m
Head booster distribusi desain	16 m
Panjang pipa resirkulasi	72,35 m
Debit resirkulasi	0,081 L/s
Headloss loop resirkulasi	1,03 m
Head pompa resirkulasi desain	1,5 m

5.9.3 Rekapitulasi Hidraulik Sistem Air *Recycle*

Sistem air *recycle* dirancang sebagai jaringan non-*potable* yang hanya melayani kebutuhan *flushing* WC dan urinal. Secara hidraulik, sistem ini memiliki pola yang menyerupai sistem PDAM, yaitu menggunakan pompa transfer menuju *Roof tank* dan distribusi ke lantai pelayanan. Evaluasi tekanan menunjukkan bahwa lantai dasar masih dapat dilayani secara gravitasi, sedangkan lantai 1 sampai lantai 3 membutuhkan *booster* distribusi. Karena sistem ini menggunakan air hasil olahan, jaringan pipa *recycle* harus dipisahkan dari air PDAM untuk mencegah sambungan

silang. Adapun rincian rekapitulasi hidraulik sistem plambing air *recycle* disajikan pada **Tabel 5.57**

Tabel 5.57 Rekapitulasi Hidraulik Sistem Plambing Panas

Parameter	Nilai desain
Jenis pipa	PVC AW
Panjang Total Kebutuhan Pipa	
DN20 (Pipa transfer GWT – RT)	26,00 m
DN13	478,65 m
DN16	26,106 m
DN20	245,589 m
DN25	14,980 m
DN32 (Pipa tegak distribusi)	9,00 m
DN 40 (Pipa tegak distribusi)	9,00 m
Fungsi	*Flushing* WC dan urinal
Sistem distribusi	GWT *recycle* → pompa transfer → *Roof tank recycle* → gravitasi/*booster*
Debit pompa transfer	0,227 L/s
Diameter pipa transfer	DN20
Panjang pipa transfer	26,00 m
Head statis transfer	24,50 m
Headloss pompa transfer	1,115 m
Head pompa transfer minimum	25,615 m
Safety factor	10%
Head pompa transfer desain	30 m
Head booster distribusi minimum	10,218 m
Safety factor booster	15%
Head booster distribusi desain	12 m
Kebutuhan *booster*	Lantai 1, 2, dan 3

5.9.4 Rekapitulasi Hidraulik Sistem Plambing Air RO

Sistem air RO menggunakan konfigurasi *direct upfeed* dari RO *tank* menuju *medical sink*. Sistem ini tidak menggunakan *Roof tank* karena kualitas air RO harus dijaga dari potensi kontaminasi sekunder. Berdasarkan hasil perhitungan, total *headloss* sistem sebesar 5,219 m dan *head* pompa minimum sebesar 27,219 m. Dengan *safety factor* 15%, *head* pompa desain ditetapkan sebesar 32 m. Nilai

tersebut menunjukkan bahwa pompa RO mampu mengatasi *head* statis, *headloss* pada jalur kritis, dan kebutuhan tekanan residual pada *medical sink*. Adapun rincian rekapitulasi hidraulik sistem plambing air RO disajikan pada **Tabel 5.58**

Tabel 5.58 Rekapitulasi Hidraulik Sistem Plambing RO

Parameter	Nilai desain
Jenis pipa	PPR
DN13	84,475 m
DN16	39,814 m
DN20	172,619 m
Sistem distribusi	*Direct upfeed*
Titik pelayanan kritis	*Medical sink* (SNK) lantai 3
Debit rencana	0,42 L/s
Panjang pipa DN20	16,00 m
Panjang pipa DN16	39,814 m
Total panjang jalur kritis	55,814 m
Head statis	17,00 m
Headloss mayor	4,929 m
Headloss minor	0,2895 m
Total *headloss*	5,219 m
Tekanan residual *medical sink*	5,00 m
Head pompa minimum	27,219 m
Safety factor	15%
Head pompa desain	32 m

5.9.5 Rekapitulasi Hidraulik Sistem Plambing RWH

Sistem RWH dirancang untuk kebutuhan penyiraman taman, bukan untuk kebutuhan *potable*. Air hujan dipompa terlebih dahulu menuju *elevated rainwater tank*, kemudian didistribusikan secara gravitasi ke keran taman. Berdasarkan hasil perhitungan, distribusi gravitasi masih menghasilkan tekanan sisa sebesar 3,417 m pada titik pelayanan kritis. Nilai ini cukup untuk fungsi penyiraman, tetapi relatif rendah sehingga sistem tidak digunakan untuk *fixture* sanitasi utama. Pemilihan DN25 pada jalur distribusi membantu menurunkan *headloss*, tetapi perlu diimbangi dengan pembersihan berkala untuk mencegah sedimentasi. Adapun rincian rekapitulasi hidraulik sistem plambing air RWH disajikan pada **Tabel 5.59**

Tabel 5.59 Rekapitulasi Hidraulik Sistem Plambing RWH

Parameter	Nilai desain
Jenis pipa	PVC AW
DN20	22,00 m
DN25	59,63 m
Fungsi	Penyiraman taman
Sistem distribusi	GWT air hujan → pompa transfer → *elevated tank* → gravitasi
Jumlah keran taman	4 *unit*
Debit rencana	0,35 L/s
Diameter pipa transfer	DN20
Head statis transfer	13,00 m
Headloss transfer	1,789 m
Head pompa transfer minimum	14,789 m
Safety factor	15%
Head pompa transfer desain	18 m
Diameter pipa distribusi gravitasi	DN25
Panjang distribusi gravitasi	59,626 m
Head tersedia gravitasi	5,00 m
Headloss distribusi gravitasi	1,583 m
Tekanan sisa titik kritis	3,417 m
Pompa distribusi	Tidak Diperlukan

5.9.6 Rekapitulasi Hidraulik Sistem Proteksi Kebakaran

Sistem proteksi kebakaran dirancang sebagai sistem independen yang terpisah dari jaringan air domestik. Evaluasi hidraulik dilakukan pada sistem hidran dan sistem sprinkler. Sistem hidran menjadi kondisi pengendali dari sisi kebutuhan *head* karena membutuhkan tekanan residual sebesar 70,30 m pada hydrant box kritis dan menghasilkan *head* pompa desain sebesar 116 m. Sementara itu, sistem sprinkler pada area *Ordinary hazard* menjadi kondisi pengendali dari sisi debit dan volume air karena menghasilkan debit total sprinkler dan selang sebesar 2.870 L/menit atau 47,83 L/s dengan kebutuhan volume air selama 60 menit sebesar 172,20 m^3.

Pada sistem hidran, diameter pipa utama DN150 dipilih karena menghasilkan *headloss* lebih rendah dibandingkan alternatif DN125. Pada sistem sprinkler, jalur kritis *head* berada pada Lantai 3 dengan klasifikasi *Light hazard*. Jalur kritis tersebut terdiri atas feed main, *Cross Main*, dan *Branch Line* menuju sprinkler *head* terjauh, dengan total *headloss* sebesar 7,26 m dan *head* sprinkler desain sebesar 45 m.

Berdasarkan hasil evaluasi tersebut, *fire pump set* direncanakan untuk memenuhi *head* desain hidran sebesar 116 m dan debit pengendali sprinkler *Ordinary hazard* sebesar 47,83 L/s. Karena debit pengendali sebesar 47,83 L/s setara dengan sekitar 758 gpm dan melampaui kapasitas nominal pompa 750 gpm, maka kapasitas *fire pump* diarahkan pada rating standar di atasnya, yaitu 1.000 gpm. Adapun rincian rekapitulasi hidraulik sistem proteksi kebakran disajikan pada **Tabel 5.60**

Tabel 5.60 Rekapitulasi Hidraulik Sistem Proteksi Kebakaran

Parameter	**Hidran**	**Sprinkler**	
		Light hazard	***Ordinary hazard***
Fungsi evaluasi	Pengendali *head* pompa	Pengendali *head* sprinkler lantai tertinggi	Pengendali debit dan volume air
Debit rencana	31,55 L/s	25,43 L/s	47,83 L/s
Diameter rencana	DN150	DN25–DN100	DN32–DN125
Panjang jalur kritis	99,60 m	104,461 m	104,461 m
Head statis	24,50 m	24,50 m	Menyesuaikan elevasi area
Headloss mayor	2,56 m	6,05 m	Tidak menjadi pengendali *head*
Headloss minor/*fitting*	3,15 m	1,21 m	Tidak menjadi pengendali *head*
Total *headloss*	5,71 m	7,26 m	Tidak menjadi pengendali *head*
Tekanan residual / tekanan minimum	70,30 m	6,53 m	Sesuai kebutuhan sprinkler aktif
Head pompa minimum	100,51 m	38,29 m	Tidak menjadi pengendali *head*
Safety factor	15%	15%	-
Head desain	116 m	45 m	-

Parameter	Hidran	Sprinkler	
		Light hazard	***Ordinary hazard***
Volume air 60 menit	-	91,56 m³	172,20 m³
Kesimpulan desain	Pengendali *head*	Dapat dilayani oleh *fire pump* hidran dengan pengendali tekanan	Pengendali debit dan volume GWT kebakaran
Kebutuhan Pipa Total			
Jenis pipa	Pipa baja/Black s*tee*l (BS)	Black s*tee*l (BS)	Black s*tee*l (BS)
Panjang Pipa			
DN 25	**-**	**701 m**	
DN 32	**-**	**706 m**	
DN 40	**-**	**385 m**	
DN 50	**-**	**92 m**	
DN 65	**-**	**176 m**	
DN 80	**240 m**	**288 m**	
DN 100	**600 m**	**192 m**	
DN 150	**60 m**	**157 m**	
Head Sprinkler Terpasang	-	**645 *head***	
Hydrant Box Terpasang	**24 unit**	-	

5.10 Simulasi Konservasi Air Berbasis *EDGE Building*

5.10.1 Dasar dan Tujuan Simulasi

Simulasi konservasi air dilakukan menggunakan aplikasi *EDGE Building* pada modul *Water Efficiency Measures* (WEM). Simulasi ini bertujuan untuk mengevaluasi penurunan konsumsi air operasional akibat penerapan *fixture* hemat air, pemanfaatan *Rainwater Harvesting* (RWH) untuk penyiraman, serta penggunaan air *recycle* untuk kebutuhan *flushing*.

Simulasi dilakukan dengan membandingkan dua kondisi, yaitu *Base Case* dan *Improved Case*. *Base Case* merepresentasikan kondisi acuan konsumsi air berdasarkan *baseline EDGE* untuk bangunan dengan fungsi sejenis, sedangkan *Improved Case* merepresentasikan kondisi setelah penerapan strategi konservasi air.

Hasil simulasi *EDGE Building* digunakan untuk mengevaluasi *water savings, final water use, utility cost savings, incremental cost*, dan *payback period*. Namun, hasil simulasi ini tidak digunakan sebagai dasar penentuan diameter pipa, kapasitas pompa, volume tangki, maupun konfigurasi jaringan. Seluruh desain fisik sistem plambing tetap ditentukan berdasarkan debit rencana berbasis Unit Beban Alat Plambing (UBAP), perhitungan hidraulik, tekanan residual, dan ketentuan SNI 8153:2025. Dengan demikian, *EDGE Building* digunakan sebagai alat evaluasi efisiensi konsumsi air operasional, sedangkan perencanaan teknis sistem plambing tetap mengacu pada perhitungan hidraulik berbasis SNI/UBAP.

5.10.2 Input Data

Data dasar bangunan yang digunakan dalam simulasi *EDGE Building* meliputi tipe bangunan, lokasi, luas bangunan, jumlah tempat tidur, jumlah lantai, jam operasional, serta data iklim dan penggunaan air. Bangunan dimodelkan sebagai *Healthcare* dengan subtipe *Public Hospital*. Lokasi proyek dimasukkan sebagai Bandung, Indonesia. Luas bangunan yang digunakan adalah 5.447 m² dengan jumlah tempat tidur sebanyak 101 *bed.*

Rumah sakit direncanakan beroperasi selama 7 hari per minggu dan 24 jam per hari karena fungsi rawat inap, sanitasi, utilitas air, dan kebutuhan pelayanan rumah sakit berlangsung secara kontinu. Data curah hujan yang digunakan adalah 2.252,3 mm/tahun dan diselaraskan dengan perhitungan sistem RWH. Ringkasan data input utama simulasi *EDGE Building* disajikan pada **Tabel 5.61**.

Tabel 5.61 Ringkasan Data Input Utama *EDGE Building*

Parameter	Input
Project Setup	
Primary Building Type	*Healthcare*
Subtype	*Public Hospital*
Lokasi	Bandung, Indonesia
Gross Internal Area / Subproject Floor Area	5.447 m²
Total No. of Beds	101 bed
No. of Floors Above Grade	4 lantai
No. of Floors Below Grade	2 lantai

Parameter	Input
Floor-to-Floor Height	4,5 m
Working Days	7 hari/minggu
Hours of Operation	24 jam/hari
Average Occupancy Rate	100%
Rainfall	2.252,3 mm/tahun
Water End Uses	
Irrigated Area	1.089,4 m²
Process Water [Yes]	3.800 L/day

Kebutuhan *process water* sebesar 3.800 L/day digunakan untuk mewakili kebutuhan air khusus rumah sakit, seperti kebutuhan operasi dan sterilisasi. Nilai ini tidak dimasukkan ulang sebagai bathroom *faucet* atau kitchen *faucet* agar tidak terjadi perhitungan ganda dalam simulasi *EDGE*.

5.10.3 Normalisasi Alat Plambing ke Modul *EDGE Building*

Alat plambing yang telah diinventarisasi akan dinormalisasi istilahnya ke dalam kategori modul *fixture* pada *EDGE Building*. Normalisasi diperlukan karena kode alat plambing pada gambar perencanaan, seperti WC, LAV, URN, SHW, FCT, SNK, KCS, dan FD, tidak seluruhnya memiliki padanan langsung sebagai *fixture* konsumsi air pada *EDGE*.

Water closet (WC) dimasukkan ke modul WEM04 sebagai Efficient *Water Closets*. *Lavatory* (LAV) dan keran wudhu dimasukkan ke modul WEM02 sebagai *Water-efficient Faucets for all Bathrooms*. *Urinoar* (URN) dimasukkan ke WEM07, *shower* (SHW) dimasukkan ke WEM01, dan *kitchen sink* (KCS) dimasukkan ke WEM08. Sementara itu, *medical sink, service sink, floor drain, hydrant, sprinkler, pompa, valve,* dan tangki tidak dimodelkan sebagai *fixture* konsumsi air domestik karena memiliki fungsi teknis yang berbeda.

Ringkasan normalisasi alat plambing terhadap modul *EDGE Building* disajikan pada **Tabel 5.62.**

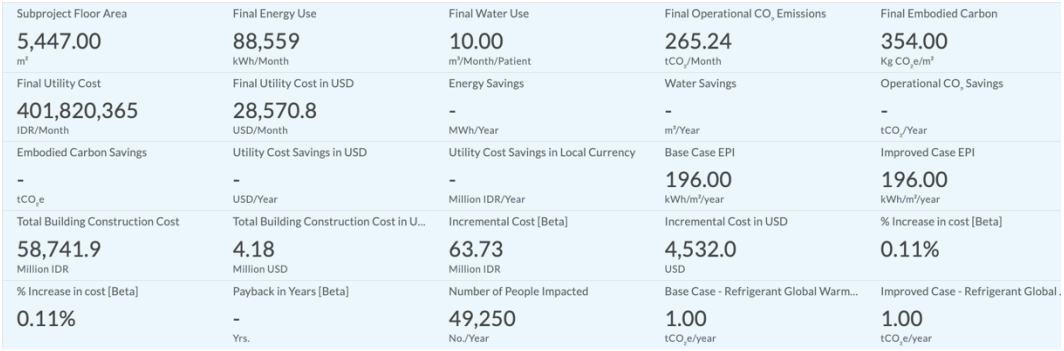
Tabel 5.62 Normalisasi Alat Plambing Terhadap Modul *EDGE Building*

Kode *Fixture*	Jumlah Unit	Kode WEM	Normalisasi Modul *EDGE*	Keterangan
WC	82	**WEM04**	*Efficient Water Closets*	Dimodelkan sebagai dual flush.
LAV	79	**WEM02**	*Water-efficient Faucets for all Bathrooms*	Digunakan sebagai basis utama bathroom *faucet*.
FCT (wall)	8	**WEM02**	*Water-efficient Faucets* for all Bathrooms	Dimasukkan karena fungsi serupa dengan *lavatory*
URN	16	**WEM07**	*Water-efficient Urinals*	Dimodelkan sebagai flush urinal.
SHW	36	**WEM01**	*Water-efficient Showerheads*	*Shower* di kamar pasien.
SNK	17	-	Tdimodelkan sebagai WEM02	*Medical*/service *sink*, bukan bathroom *faucet*.
KCS	2	**WEM08**	*Water-efficient Faucets for Kitchen Sinks*	*Kitchen sink* area memasak.
FD	56	-	Tidak dimodelkan pada *EDGE Water Measures*	Floor d*rain* bukan alat konsumsi air.
FCT (janitor)	22	-	Tidak seluruhnya masuk WEM02	Janitor, ruang cuci, pemulasaran, dan taman diperlakukan sesuai fungsi.

Total *fixture* pada WEM02 adalah 87 unit, terdiri atas 79 unit LAV dan 8 unit keran mushola/wudhu. Keran mushola dimasukkan ke dalam kategori *bathroom faucet* karena memiliki fungsi pemakaian air higienis yang serupa dengan *lavatory* dan direncanakan menggunakan spesifikasi *low-flow faucet*. Sementara itu, FCT taman tidak dimasukkan sebagai *bathroom faucet* karena kebutuhan penyiraman dimodelkan melalui *irrigated area* dan WEM14 *Rainwater harvesting*.

5.10.4 Status Awal Sebelum Aktivasi Modul WEM

Base Case merupakan skenario dimana tidak ada modul WEM yang diaktivasi. Pada *Results bar* menunjukkan *water* savings sebesar 0,00%. Kondisi ini menunjukkan bahwa belum terdapat penghematan terhadap *baseline* karena modul konservasi air belum diaktifkan. Oleh karena itu, grafik konsumsi air antara *Base Case* dan *Improved Case* masih sama. *Base Case* digunakan sebagai kondisi pembanding untuk menilai pengaruh aktivasi modul konservasi air pada skenario *Improved Case*. Status awal *Base Case* ditunjukkan pada **Gambar 5.54**.



Gambar 5.54 Status Awal *Base Case* Sebelum Aktivasi Modul WEM

5.10.5 Skenario *Base Case* dan *Improved Case*

Simulasi *EDGE Building* dilakukan dengan dua skenario, yaitu *Base Case* dan *Improved Case. Base Case* merupakan kondisi pembanding yang dihitung oleh aplikasi *EDGE Building* berdasarkan standar penggunaan air pada bangunan sejenis. *Improved Case* merupakan kondisi setelah penerapan strategi konservasi air, meliputi penggunaan *fixture* hemat air, pemanfaatan air hujan untuk penyiraman, dan penggunaan air *recycle* untuk *flushing*.

Strategi konservasi air yang dimasukkan ke dalam *Improved Case* meliputi *showerhead* hemat air, bathroom *faucet* hemat air, *water closet dual flush*, urinal hemat air, *kitchen faucet hemat air*, *rainwater harvesting*, dan sistem *recycle* air limbah terolah. Ringkasan WEM yang diaktifkan disajikan pada **Tabel 5.63**

Tabel 5.63 Modul *Water Efficiency Measures* yang Diaktifkan

Modul WEM	Input *Improved Case*	Fungsi
WEM01 – *Water*-efficient *Showerheads*	6 L/min	Mengurangi konsumsi air *shower*
WEM02 – *Water*-efficient *Faucets* for all Bathrooms	4 L/min; *weighted avg* 3,82 L/min	Mengurangi konsumsi *faucet lavatory* dan keran higienis
WEM04 – Efficient *Water Closets*	Dual flush 6/4 L	Mengurangi konsumsi *flushing* WC
WEM07 – *Water*-efficient Urinals	2 L/flush	Mengurangi konsumsi *flushing* urinal
WEM08 – *Water*-efficient *Faucets* for *Kitchen Sinks*	6 L/min	Mengurangi konsumsi *kitchen faucet*
WEM14 – *Rainwater harvesting* System	972 m² *catchment*; 198 m³ tank	Memanfaatkan air hujan untuk penyiraman taman

Modul WEM	Input *Improved Case*	Fungsi
WEM15 – *Blackwater and Greywater Treatment and Recycling System*	70% waste*water*; *flushing only*	Menggunakan air *recycle* untuk *flushing* sehingga air mensubtitusi air dari PDAM sebagai sumber utama

Sistem RWH dimodelkan untuk melayani kebutuhan penyiraman taman. *Roof catchment area* yang digunakan adalah 972 m², sedangkan kapasitas tampungan RWH sebesar 198 m³ mengacu pada hasil perencanaan detail sistem *rainwater harvesting* oleh Masyhuroh (2025). Dalam simulasi *EDGE*, nilai tersebut digunakan untuk mengevaluasi potensi penghematan air operasional dari pemanfaatan air hujan.

Sistem *recycle* dimodelkan menggunakan opsi *Grey Water Recycling System s*ebagai pendekatan terhadap sistem daur ulang air non-*potable*. Air *recycle* digunakan untuk kebutuhan *flushing* setelah melalui proses pengolahan. Pemilihan *Moving Bed Bioreactor* (MBBR) pada *EDGE* digunakan sebagai pendekatan terhadap sistem pengolahan air limbah yang menghasilkan air olahan untuk penggunaan kembali.

5.10.6 Hasil Simulasi *EDGE Building*

Hasil simulasi *EDGE Building* ditunjukkan melalui *Results bar* pada aplikasi *EDGE Building*. Status awal digunakan sebagai kondisi *Base Case*, yaitu kondisi sebelum aktivasi modul *Water Efficiency Measures* (WEM). Kondisi ini berfungsi sebagai dasar pembanding untuk melihat perubahan konsumsi air setelah penerapan strategi konservasi air pada *Improved Case*. sedangkan hasil simulasi *Improved Case* ditunjukkan pada **Gambar 5.55**.

Subproject Floor Area 5,447.00 m^2	Final Energy Use 85,699 kWh/Month	Final Water Use 7.00 m^3/Month/Patient	Final Operational CO_2 Emissions 256.63 tCO_2/Month	Final Embodied Carbon 354.00 Kg CO_2e/m^2
Final Utility Cost 388,797,858 IDR/Month	Final Utility Cost in USD 27,644.9 USD/Month	Energy Savings 119.70 MWh/Year	Water Savings 4,304.60 m^3/Year	Operational CO_2 Savings 103.26 tCO_2/Year
Embodied Carbon Savings - tCO_2e	Utility Cost Savings in USD 11,111.35 USD/Year	Utility Cost Savings in Local Currency 156.27 Million IDR/Year	Base Case EPI 196.00 kWh/m^2/year	Improved Case EPI 189.00 kWh/m^2/year
Total Building Construction Cost 58,741.9 Million IDR	Total Building Construction Cost in U... 4.18 Million USD	Incremental Cost [Beta] 1,252.19 Million IDR	Incremental Cost in USD 89,035.0 USD	% Increase in cost [Beta] 2.13%
% Increase in cost [Beta] 2.13%	Payback in Years [Beta] 8.00 Yrs.	Number of People Impacted 49,250 No./Year	Base Case - Refrigerant Global Warm... 1.00 tCO_2e/year	Improved Case - Refrigerant Global ... 1.00 tCO_2e/year

Gambar 5.55 Hasil Skenario *Improved Case* di *Results bar EDGE Building*

Ringkasan output simulasi *EDGE Building* berdasarkan *Results bar* disajikan pada **Tabel 5.64.**

Tabel 5.64 Ringkasan Output Pada *Results Bar* Simulasi *EDGE Building*

Output *EDGE*	*Base Case*	*Improved Case*
Water savings	-	4304,60 m^3/year

Berdasarkan **Tabel 5.64**, *Results Bar EDGE Building* menampilkan indikator kinerja konservasi air yang meliputi *final water use*, *final utility cost*, *water savings*, dan utility cost savings. Base Case digunakan sebagai kondisi acuan sebelum penerapan strategi konservasi air, sedangkan *Improved Case* merupakan kondisi setelah aktivasi modul *Water Efficiency Measures* (WEM).

Nilai *final water use* menurun dari 10 m^3/bulan/pasien pada *Base Case* menjadi 7 m^3/bulan/pasien pada *Improved Case*. Penurunan tersebut menunjukkan bahwa penerapan strategi konservasi air mampu menurunkan intensitas penggunaan air pada bangunan rumah sakit.

Nilai *water savings* sebesar 4.304,60 m^3/tahun menunjukkan total penghematan air yang diperoleh melalui penerapan *fixture* hemat air, pemanfaatan air hujan, dan penggunaan kembali air hasil pengolahan untuk kebutuhan *flushing*. Nilai tersebut telah melampaui persyaratan minimum efisiensi air *EDGE Building* sebesar 20%, sehingga skenario yang direncanakan memenuhi kriteria konservasi air menurut sistem sertifikasi *EDGE*.

Dari aspek operasional, *final utility cost* menurun dari Rp401.820.365 menjadi Rp388.797.858. Selisih biaya tersebut menghasilkan *utility cost savings* sebesar sekitar Rp156.270.000 per tahun berdasarkan hasil simulasi *EDGE Building*. Nilai ini menunjukkan bahwa penerapan strategi konservasi air tidak hanya menurunkan konsumsi air, tetapi juga memberikan penghematan biaya utilitas selama masa operasional bangunan.

Secara keseluruhan, hasil simulasi menunjukkan bahwa skenario *Improved Case* memiliki kinerja konservasi air yang lebih baik dibandingkan *Base Case*, ditunjukkan oleh penurunan konsumsi air per pasien, penghematan volume air sebesar 4.304,60 m^3/tahun, serta pengurangan biaya utilitas tahunan.

5.10.7 Komparasi Konsumsi Air *Base Case* dan *Improved Case*

Water savings merupakan output utama pada simulasi aktivasi modul *Water Efficiency Measures* (WEM) untuk aspek *Water* dalam aplikasi *EDGE Building*. Nilai ini menunjukkan besarnya penurunan konsumsi air operasional pada *Improved Case* dibandingkan dengan *Base Case*. Penghematan air terjadi karena adanya perubahan *flow rate*, flush volume, serta substitusi sebagian kebutuhan air utama melalui sistem *Rainwater harvesting* (RWH) dan air *recycle*. Grafik hasil penghematan air pada simulasi *EDGE Building* ditunjukkan pada **Gambar 5.56**.



Gambar 5.56 Grafik Hasil Penghematan Air Pada Simulasi *Water Efficiency Measures EDGE Building*

Berdasarkan hasil simulasi, konsumsi air harian pada *Base Case* adalah 33,97 m³/hari, sedangkan konsumsi air harian pada *Improved Case* adalah 22,00 m³/hari. Dengan demikian, penerapan strategi konservasi air menghasilkan penurunan konsumsi air sebesar 11,97 m³/hari. Hasil simulasi *EDGE Building*, *Improved Case* menghasilkan penghematan air sebesar 34,90%. Nilai ini telah melampaui ambang minimum efisiensi air *EDGE* sebesar 20%.

Penurunan konsumsi air terjadi pada beberapa kategori, yaitu *shower*, wash basin, *flushing*, *kitchen*, *irrigation*, dan *equipment*. Kategori *wash basin* mengalami penurunan terbesar karena jumlah *lavatory* cukup banyak dan penggunaan *faucet*

hemat air memberikan pengaruh langsung terhadap debit pemakaian. Sementara itu, kategori *flushing* turun menjadi 0 m³/hari karena kebutuhan air utama untuk *flushing* disubstitusi oleh air *recycle*.

Selain hasil simulasi *EDGE*, parameter debit pengambilan berdasarkan SNI 8153:2025 dapat digunakan sebagai pembanding untuk menunjukkan karakteristik teknis perangkat plambing yang dimodelkan. SNI membedakan antara (Q_a), yaitu laju aliran pengambilan, dan (Q_{min}), yaitu laju aliran minimum pengambilan. Dalam proses perencanaan, (Q_a) digunakan sebagai nilai laju aliran pengambilan, sedangkan (Q_T) digunakan dalam penentuan debit desain berdasarkan akumulasi Unit Beban Alat Plambing (UBAP).

Oleh karena itu, nilai yang ditampilkan pada kolom pembanding tidak dinyatakan sebagai (Q_T), melainkan sebagai volume ekuivalen berdasarkan (Q_a). Nilai tersebut diperoleh dengan mengonversi (Q_a) dari satuan L/s ke satuan m³/hari dengan asumsi aliran berlangsung kontinu selama 24 jam. Nilai ini hanya digunakan untuk memberikan gambaran skala laju pengambilan fixture dan tidak digunakan sebagai prediksi konsumsi air harian bangunan.

Rincian perbandingan konsumsi air antara *Base Case* dan *Improved Case* ditunjukkan pada **Tabel 5.65.**

Tabel 5.65 Ringkasan Perbandingan Hasil Simulasi *EDGE Building*

Kategori	***Qa**** ***(SNI 8153:2025)***	***Base Case (EDGE)***	***Improved Case***	**Penghematan**	**Efisiensi**
Shower	17,28 m³/hari	4,04 m³/hari	2,94 m³/hari	1,10 m³/hari	27,23%
Wash basin (Faucet)	8,64 m³/hari	8,24 m³/hari	3,82 m³/hari	4,42 m³/hari	53,64%
Flushing	17,28 m³/hari	4,19 m³/hari	0 m³/hari	4,19 m³/hari	100% terhadap PDAM
Kitchen	17,28 m³/hari	2,54 m³/hari	1,70 m³/hari	0,84 m³/hari	33,07%
Laundry	17,28 m³/hari	4,44 m³/hari	4,44 m³/hari	0 m³/hari	0%
Irrigation	43,20 m³/hari	6,54 m³/hari	5,92 m³/hari	0,62 m³/hari	9,48%
Equipment	-	3,80 m³/hari	3,18 m³/hari	0,62 m³/hari	16,32%
Total	**-**	**33,97 m³/hari**	**22,00 m³/hari**	**11,97 m³/hari**	**±34,90%**

***** Keterangan: Nilai Qa pada tabel ini merupakan laju aliran pengambilan pada alat plambing yang diasumsikan mengalir secara kontinu 24 jam sehingga dilakukan konversi langsung dari L/s ke m³/hari

Berdasarkan **Tabel 5.65**, terdapat perbedaan yang signifikan antara volume ekuivalen berdasarkan (Qa) dan konsumsi air hasil simulasi *EDGE*. Perbedaan tersebut terjadi karena (Qa) merupakan laju aliran pada titik pengambilan, sedangkan nilai *EDGE* merupakan estimasi konsumsi air berdasarkan pola penggunaan dan parameter operasional bangunan. Dengan demikian, kedua nilai tersebut tidak memiliki fungsi yang identik dan tidak dapat diperlakukan sebagai dua nilai konsumsi harian yang ekuivalen.

Debit rencana (Qa) yang diestimasi berdasarkan SNI 8153:2025 tidak dapat digunakan secara langsung sebagai representasi konsumsi air harian bangunan. Hal ini disebabkan oleh perbedaan fundamental fungsi parameter:

- Qa merupakan parameter desain hidraulik
- Konsumsi air pada *EDGE* merepresentasikan volume pemakaian operasional.

Dalam SNI 8153:2025, penentuan QT didasarkan pada akumulasi Unit Beban Alat Plambing (UBAP) untuk memproyeksikan debit puncak yang harus dilayani oleh sistem perpipaan. Oleh karena itu, QT secara spesifik digunakan untuk menentukan dimensi pipa, kecepatan aliran, dan mengevaluasi kehilangan energi (*head loss*) pada jaringan, bukan untuk menghitung volume penggunaan kumulatif.

Secara dimensional, QT merepresentasikan laju aliran dengan satuan liter per detik (L/s), sementara konsumsi air harian dinyatakan dalam volume per waktu (m^3/hari). Kedua besaran ini tidak ekuivalen dan hanya dapat dihubungkan melalui parameter durasi aliran (t) menggunakan persamaan:

$$V = Q \times t$$

Mengonversi nilai QT menjadi volume harian hanya valid jika diasumsikan terjadi aliran secara kontinu selama 24 jam.

Sebagai contoh, sebuah jalur perpipaan dengan QT sebesar 0,85 L/s akan menghasilkan volume ekuivalen sebesar 73,44 m^3/hari jika dikonversi secara linear. Secara hipotesis, nilai ini sangat tidak relevan untuk menyatakan konsumsi aktual karena metode penentuan QT tidak diperoleh dengan menjumlahkan seluruh laju aliran pengambilan alat plambing (Qa). Nilai QT memperhitungkan probabilitas penggunaan simultan (faktor keserempakan), sehingga tidak merepresentasikan durasi, frekuensi, maupun pola perilaku pengguna alat plambing.

Perbedaan filosofi perhitungan ini menjadi krusial ketika membandingkan hasil evaluasi SNI dengan simulasi *EDGE Building*. Pada platform *EDGE*, konsumsi air dihitung secara volumetrik berdasarkan parameter operasional bangunan dan spesifikasi teknis alat plambing (*plumbing fixtures*). Oleh karena itu, penghematan air (*water savings*) pada *EDGE* dievaluasi melalui selisih volume antara kondisi dasar (*Base Case*) dan kondisi perbaikan (*Improved Case*), yaitu:

$$\Delta V = V_{\text{Base}} - V_{\text{Improved}}$$

Sebaliknya, komparasi efisiensi menggunakan standar SNI hanya menghasilkan selisih kebutuhan debit desain, yakni:

$$\Delta QT = QT_{\text{Base}} - QT_{\text{Improved}}$$

Nilai ΔQT tersebut sekadar menunjukkan reduksi beban kapasitas jaringan perpipaan dan tidak dapat ditransformasikan secara linear menjadi volume penghematan air operasional.

Berdasarkan batasan tersebut, perencanaan ini membagi evaluasi ke dalam dua domain yang berbeda:

- SNI 8153:2025 digunakan secara eksklusif untuk mengevaluasi kinerja hidraulik jaringan (kebutuhan QT, diameter pipa, kecepatan aliran, head loss, dan tekanan).
- Simulasi *EDGE Building* digunakan untuk mengevaluasi kinerja konsumsi air operasional melalui perbandingan volumetrik

Meskipun terpisah, kedua domain analisis ini saling beririsan secara teknis. Penggantian alat plambing konvensional dengan alat plambing hemat air akan menurunkan nilai Qa dan UBAP, yang pada kondisi tertentu turut mereduksi kebutuhan QT dan menurunkan nilai headloss.

Oleh karena itu, QT pada perencanaan ini diposisikan murni sebagai indikator teknis terhadap perubahan kebutuhan desain hidraulik, sedangkan *water savings* disandarkan sepenuhnya pada perhitungan *EDGE Building*.

Penurunan konsumsi terbesar pada simulasi *EDGE* terjadi pada kategori *wash basin* dan *flushing*. Konsumsi *wash basin* turun dari 8,24 m^3/hari menjadi 3,82 m^3/hari akibat penerapan fixture dengan debit lebih rendah. Kategori flushing turun dari 4,19 m^3/hari menjadi 0 m^3/hari terhadap sumber air utama karena kebutuhan pembilasan disubstitusi menggunakan air *recycle*. Shower mengalami penurunan

dari 4,04 m³/hari menjadi 2,94 m³/hari akibat penggunaan *low-flow showerhead*, sedangkan *kitchen* mengalami penurunan dari 2,54 m³/hari menjadi 1,70 m³/hari. Pada *irrigation*, konsumsi turun dari 6,54 m³/hari menjadi 5,92 m³/hari akibat kontribusi sistem RWH. Sementara itu, laundry tidak mengalami perubahan karena tidak terdapat strategi efisiensi yang diterapkan pada kategori tersebut.

Dengan demikian, hasil simulasi *EDGE* memiliki keterbatasan yaitu tidak digunakan untuk menggantikan perhitungan teknis sistem plambing berdasarkan SNI 8153:2025. *EDGE* hanya optimal untuk digunakan sebagai perangkat evaluasi kinerja konsumsi air pada tingkat bangunan, sedangkan SNI digunakan sebagai dasar perencanaan hidraulik jaringan. Hubungan keduanya terletak pada pengaruh pemilihan fixture terhadap dua aspek yang berbeda, yaitu karakteristik debit yang menjadi input perencanaan hidraulik dan perubahan konsumsi air yang dievaluasi melalui simulasi *EDGE*. Nilai Qa pada SNI tidak dapat menggantikan Base Case *EDGE* untuk menghitung water savings. Sebaliknya, Base Case *EDGE* juga tidak dapat menggantikan QT SNI untuk mendesain jaringan.

Perhitungan konsumsi air tahunan dilakukan dengan persamaan berikut.

$$V_{tahunan} = V_{harian} \times 365$$

- Untuk *Base Case*:

  $V_{base} = 33{,}97\ m^3/hari \times 365$

  $V_{base} = 12.399{,}05\ m^3/tahun$

- Untuk *Improved Case*:

  $V_{improved} = 22{,}00\ m^3/hari \times 365$

  $V_{improved} = 8.030{,}00\ m^3/tahun$

- Selisih konsumsi air tahunan:

  $\Delta V = V_{base} - V_{improved}$

  $\Delta V = 12.399{,}05\ m^3/tahun - 8.030{,}00\ m^3/tahun$

  $\Delta V = 4369{,}05\ m^3/tahun$ (4304,60 m^3/tahun dalam *EDGE*)

Namun demikian, volume *water savings* yang digunakan mengikuti output *EDGE Building*, yaitu 4304,6 m³/tahun. Nilai ini digunakan karena merupakan hasil kalkulasi langsung dari aplikasi *EDGE Building* berdasarkan skenario *Base Case* dan *Improved Case* yang telah dimodelkan.

Untuk analisis *water savings*, pada perencanaan ini menggunakan nilai 4.304,60 m³/tahun sebagaimana output langsung *EDGE Building*, karena nilai tersebut merupakan hasil perhitungan internal aplikasi terhadap skenario *Base Case* dan *Improved Case*. Nilai hasil perkalian manual digunakan sebagai pemeriksaan aritmetika terhadap output yang ditampilkan, bukan sebagai pengganti nilai water savings dari aplikasi.

Rekapitulasi hasil konsumsi air berdasarkan simulasi *EDGE Building* ditunjukkan pada **Tabel 5.66.**

Tabel 5.66 Perbandingan Konsumsi Air *Base Case* dan *Improved Case*

Parameter	*Base Case*	*Improved Case*	Selisih
Konsumsi air harian	±33,97 m³/hari	±22,00 m³/hari	±11,97 m³/hari
Konsumsi air tahunan	±12.399,05 m³/tahun	±8.030,00 m³/tahun	±4.369,60 m³/tahun
Water savings	-	34,90%	34,90%

Hasil ini menunjukkan bahwa penerapan *fixture* hemat air, sistem RWH, dan sistem air *recycle* mampu menurunkan konsumsi air operasional bangunan secara signifikan. Penghematan air sebesar 34,90% menunjukkan bahwa skenario *Improved Case* telah memenuhi kriteria minimum konservasi air *EDGE* pada aspek *water efficiency.*

Hasil simulasi menunjukkan bahwa penerapan fixture hemat air, sistem RWH, dan sistem air recycle menghasilkan penurunan konsumsi air operasional bangunan. Penghematan sebesar 34,90% menunjukkan bahwa skenario Improved Case memenuhi ambang efisiensi air yang ditetapkan dalam evaluasi *EDGE*.

Namun, hasil tersebut harus diinterpretasikan sesuai fungsi masing-masing metode. SNI 8153:2025 memberikan dasar untuk memastikan bahwa perubahan fixture tetap dapat diterjemahkan ke dalam parameter teknis jaringan, sedangkan *EDGE* memberikan estimasi besarnya perubahan konsumsi air akibat strategi efisiensi tersebut. Dengan demikian, hasil *EDGE* digunakan sebagai evaluasi kinerja efisiensi air dan dasar analisis penghematan, bukan sebagai pengganti perhitungan hidraulik jaringan distribusi.

5.10.8 Dampak Simulasi *EDGE* Terhadap Debit Operasional dan Hidraulika

5.10.8.1 Pemilihan Sampel Jalur Kritis

Analisis dampak hidraulik *Improved Case* dilakukan pada jalur distribusi PDAM lantai 3 menuju alat plambing SHW 11. Jalur ini dipilih karena pada perhitungan hidraulik sistem PDAM telah digunakan sebagai jalur kritis tekanan, yaitu jalur dari *Roof tank* menuju alat plambing lantai atas dengan kebutuhan tekanan residual tinggi. Dengan demikian, jalur ini mewakili kondisi yang paling kritis dalam evaluasi tekanan dan kehilangan energi pada sistem distribusi air bersih.

Berdasarkan data perhitungan diameter dan *headloss*, jalur kritis lantai 3 terdiri atas segmen sebagai berikut:

1. A – VG L3
2. C – A
3. J – C
4. K – J
5. O – K
6. AB – O
7. SHW 11 – AB

Analisis pada jalur ini tidak ditujukan untuk menentukan ulang diameter pipa melainkan untuk menjelaskan dampak penerapan *fixture* hemat air terhadap debit operasional, kecepatan aliran dan *headloss* jaringan yang telah direncanakan berdasarkan debit rencana

5.10.8.2 Basis Data *EDGE*

Analisis dilakukan dengan menggunakan rasio reduksi berdasarkan jenis *fixture* yang dilayani oleh masing-masing segmen. Rasio reduksi merupakan perbandingan antara debit atau konsumsi air pada *Improved Case* terhadap *Base Case* berdasarkan input *EDGE Building*.

Metode rasio reduksi digunakan sebagai pendekatan sensitivitas karena *flowrate fixture* pada *EDGE Building* tidak setara langsung dengan debit rencana berbasis Unit Beban Alat Plambing (UBAP). *EDGE Building* mengevaluasi konsumsi air operasional berdasarkan *flowrate, flush volume,* jumlah pengguna, dan

water end-use. Sementara itu, perhitungan diameter pipa menggunakan debit rencana berbasis UBAP sesuai SNI 8153:2025. Oleh karena itu, rasio reduksi tidak digunakan untuk mengganti nilai QT, tetapi digunakan untuk melihat perubahan debit operasional relatif terhadap debit desain.

Pendekatan rasio reduksi didukung oleh Mazumdar et al. (2014) yang menunjukkan bahwa Kurva Hunter perlu dimodifikasi dalam perspektif konservasi air karena penggunaan *fixture* modern berdebit rendah menyebabkan estimasi kebutuhan air berbeda dari kondisi yang diasumsikan pada kurva konvensional. Dalam penelitian lanjutan, Mazumdar et al. (2021) juga membahas *standard*isasi *fixture* unit untuk *flush valve* modern dengan pendekatan *Modified Hunter's Curve*, sehingga menunjukkan bahwa metode perhitungan kebutuhan air perlu menyesuaikan karakteristik *fixture* modern yang lebih hemat air.

Selain itu, Josey et al. (2023) menunjukkan bahwa beberapa standar plambing yang masih berbasis pendekatan lama dapat mengestimasi kebutuhan air puncak lebih besar daripada kebutuhan aktual pada bangunan modern. Overestimasi tersebut dapat berdampak pada ukuran pipa, pompa, dan perangkat kontrol yang lebih besar daripada kebutuhan operasional aktual. Mangalekar dan Gumaste (2021) juga menegaskan bahwa metode *fixture* unit masih banyak digunakan untuk memperkirakan beban sistem plambing, tetapi memiliki kelemahan karena sangat bergantung pada probabilitas penggunaan *fixture* yang sulit diperkirakan secara akurat.

Dengan demikian, penggunaan rasio reduksi *EDGE* pada bagian ini bukan dimaksudkan sebagai metode sizing baru, melainkan sebagai pendekatan untuk menunjukkan bahwa penerapan *fixture* hemat air menurunkan debit operasional. Isu utama yang dianalisis bukan apakah debit *Improved Case* menggantikan debit rencana UBAP, tetapi apakah penurunan debit operasional tersebut menyebabkan kegagalan desain hidraulik atau kebutuhan perubahan diameter pipa.

Adapun jenis *fixture* yang dilalui jalur kritis sistem plambing PDAM adalah SHW, LAV dan FCT.

1. SHW (*Showerhead*s pada *EDGE*)

   Base Case = 8 L/menit

   Improved Case = 6 L/menit

$$\text{Rasio Reduksi} = \frac{\text{Konsumsi air } \textit{Improved Case}}{\text{Konsumsi air } \textit{Base Case}}$$

$$\text{Rasio Reduksi} = \frac{6 \text{ L/menit}}{8 \text{ L/menit}} = 0{,}750$$

2. *Lavatory* (*Faucet* pada *EDGE*)

   Base Case = 8,24 L/menit

   Improved Case = 3,82 L/menit

$$\text{Rasio Reduksi} = \frac{3{,}82 \text{ L/menit}}{8{,}24 \text{ L/menit}} = 0{,}464$$

3. FCT (*Faucet* pada *EDGE*)

$$\text{Rasio Reduksi} = \frac{3{,}82 \text{ L/menit}}{8{,}24 \text{ L/menit}} = 0{,}464$$

Pada **Tabel 5.67** disajikan rasio reduksi *fixture* yang digunakan pada jalur kritis.

Tabel 5.67 Rasio Reduksi *Plumbing fixture* Pada Jalur Kritis

Jenis *Fixture*	**Dasar *EDGE***	**Rasio Reduksi [R_i]**
SHW	*Showerhead Base Case* 8 L/min menjadi *Improved Case* 6 L/min	0,750
LAV	*Wash basin* turun dari 8,24 m³/hari menjadi 3,82 m³/hari	0,464
FCT (*wall*)	Setara WEM02 karena merupakan keran dinding	0,464

5.10.8.3 Perhitungan Rasio Reduksi Per Segmen

Rasio reduksi debit per segmen dihitung berdasarkan komposisi UBAP alat plambing yang dilayani oleh segmen tersebut. Pendekatan ini digunakan karena setiap segmen tidak selalu melayani jenis *fixture* yang sama. Segmen yang hanya melayani *shower* memiliki rasio reduksi berbeda dengan segmen yang melayani kombinasi *shower*, *lavatory*, dan keran dinding.

Adapun perhitungan dilakukan dengan persamaan:

$$R_{segmen} = \frac{\sum(\text{UBAP} \times R_i)}{\sum(\text{UBAP}_i)}$$

Keterangan:

R_{segmen} = Rasio reduksi debit operasional pada segmen

$UBAP_i$ = Unit Beban Alat Plambing jenis i

R_i = rasio reduksi *fixture* jenis i

Nilai R_{segmen} dihitung untuk mendapatkan $Q_{improved}$ dan $v_{improved}$

$Q_{improved}$ = Qdesain × R_{segmen}

$v_{improved}$ = v desain × R_{segmen}

Pendekatan rasio reduksi digunakan untuk melihat perubahan hidraulik dari penerapan *fixture* hemat air pada jaringan pipa yang telah didesain. Namun, nilai Q*improved* dan v*improved* tidak digunakan sebagai dasar penentuan ulang diameter pipa.

5.10.8.4 Komposisi *Fixture* Pada Jalur Kritis

Komposisi *Fixture* dan total UBAP pada setiap segmen di jalur kritis disajikan pada **Tabel 5.68**

Tabel 5.68 Konfigurasi *Fixture* dan Total UBAP Pada Jalur Kritis

Segmen	Komposisi *Fixture* yang Dilayani	UBAP Kumulatif [∑ UBAP]
SHW 11 – AB	1 SHW	2
AB – O	1 SHW + 1 LAV	3
O – K	3 SHW + 3 LAV	9
K – J	6 SHW + 6 LAV	18
J – C	12 SHW + 12 LAV	36
C – A	12 SHW + 15 LAV + 1 FCT	44
A – VG L3	12 SHW + 20 LAV + 10 FCT	94

5.10.8.5 Perhitungan Rasio Reduksi Per Segmen

1. Segmen SHW 11 – AB

   1 SHW = 2 UBAP

   $$R_{segmen} = \frac{\sum(UBAP \times R_i)}{\sum(UBAP_i)}$$

   $$R_{SHW\ 11\ -\ AB} = \frac{2 \times (0{,}750)}{2} = 0{,}750$$

2. AB – O

   1 SHW + 1 LAV → 2 + 1 = 3 UBAP

$$R_{AB\text{ - }O} = \frac{\left(2 \times (0{,}750)\right) + \left(1 \times (0{,}464)\right)}{3} = 0{,}655$$

3. O – K

   3 SHW + 3 LAV → 6 + 3 = 9 UBAP

$$R_{O\text{ - }K} = \frac{\left(6 \times (0{,}750)\right) + \left(3 \times (0{,}464)\right)}{9} = 0{,}655$$

4. K – J

   6 SHW + 6 LAV → 12 + 6 = 18 UBAP

$$R_{K\text{ - }J} = \frac{\left(12 \times (0{,}750)\right) + \left(6 \times (0{,}464)\right)}{18} = 0{,}655$$

5. J – C

   12 SHW + 12 LAV → 24 + 12 = 36 UBAP

$$R_{J\text{ - }C} = \frac{\left(24 \times (0{,}750)\right) + \left(12 \times (0{,}464)\right)}{36} = 0{,}655$$

6. C – A

   12 SHW + 15 LAV + 1 FCT → 24 + 15 + 5 = 44 UBAP

$$R_{C\text{ - }A} = \frac{\left(24 \times (0{,}750)\right) + \left(15 \times (0{,}464)\right) + \left(5 \times (0{,}464)\right)}{44} = 0{,}620$$

7. A – VG L3

   12 SHW + 20 LAV + 10 FCT → 24 + 20 + 50 = 94 UBAP

$$R_{A\text{ - VG L3}} = \frac{\left(24 \times (0{,}750)\right) + \left(20 \times (0{,}464)\right) + \left(50 \times (0{,}464)\right)}{94} = 0{,}537$$

5.10.8.6 Implikasi Hidraulik *Improved Case* Terhadap Desain Pipa

Nilai rasio reduksi per segmen digunakan untuk mengevaluasi dampak penerapan *fixture* hemat air terhadap debit operasional dan kecepatan aliran pada jalur kritis. Evaluasi ini tidak dimaksudkan sebagai verifikasi ulang terhadap batas kecepatan 0,9–2,0 m/s, karena batas kecepatan tersebut digunakan pada tahap perencanaan diameter pipa berdasarkan debit rencana UBAP sesuai SNI 8153:2025.

Secara metodologis, debit rencana UBAP dan debit operasional *EDGE* memiliki fungsi yang berbeda. Debit rencana UBAP digunakan sebagai dasar pemilihan diameter pipa, evaluasi kecepatan desain, kehilangan tekanan, dan tekanan residual. Sementara itu, debit *Improved Case* merupakan pendekatan debit

operasional setelah penerapan *fixture* hemat air. Oleh karena itu, hasil *EDGE Building* tidak digunakan untuk menggantikan debit rencana QT.

Penelitian Mazumdar et al. (2014) menunjukkan bahwa pendekatan *Hunter's Curve* perlu dimodifikasi ketika tujuan perhitungan telah memasukkan konservasi air dan *fixture* modern berdebit rendah. Mazumdar et al. (2021) kemudian mengembangkan *standard*isasi *fixture* unit untuk flush valve modern menggunakan *Modified Hunter's Curve*. Kedua penelitian tersebut menunjukkan bahwa penggunaan *fixture* hemat air berdampak pada estimasi kebutuhan air, tetapi dampaknya berkaitan dengan penyesuaian metode estimasi demand, bukan dengan kegagalan kapasitas pipa yang telah dirancang untuk debit rencana

Josey *et.al*. (2023) juga menunjukkan bahwa perbandingan antara kebutuhan air aktual dan kebutuhan air desain pada bangunan modern dapat memperlihatkan adanya overestimasi pada metode desain konvensional. Artinya, risiko utama dari penggunaan metode lama pada bangunan dengan *fixture* modern bukanlah pipa menjadi tidak mampu mengalirkan air, melainkan sistem dapat menjadi terlalu besar terhadap kebutuhan operasional aktual. Mangalekar dan Gumaste (2021) memperkuat hal tersebut dengan menyatakan bahwa keandalan hidraulik sistem plambing sangat dipengaruhi oleh probabilitas penggunaan *fixture*, sementara probabilitas penggunaan tersebut sulit diperkirakan secara pasti dalam metode *fixture* unit konvensional.

Dengan demikian, penerapan *fixture* hemat air tidak diposisikan sebagai penyebab kegagalan desain kapasitas pipa. Pada diameter pipa yang tetap, penurunan debit operasional akan menurunkan kecepatan aliran dan kehilangan tekanan. Kondisi tersebut tidak menjadi kondisi yang lebih kritis dibandingkan debit rencana, karena debit rencana tetap merupakan dasar pengendali dalam penentuan diameter pipa.

Implikasi hidraulik dianalisis dengan pendekatan rasio *headloss* berdasarkan persamaan Hazen-Williams. Pada diameter dan material pipa yang sama, *headloss* dihitung sebagai:

$$\frac{\mathrm{hf}_{improved}}{\mathrm{hf}_{\mathrm{desain}}} = (\mathrm{R}_{\mathrm{segmen}})^{1,852}$$

Jika $\mathrm{R}_{\mathrm{segmen}} < 1$, maka hf *improved* < hf desain

Artinya, kehilangan tekanan pada kondisi *Improved Case* lebih kecil dibandingkan kondisi desain. Dengan demikian, tekanan residual tidak menjadi lebih kritis setelah penerapan *fixture* hemat air. Adapun implikasi hidraulik dari *Improved Case* terhadap desain pipa pada jalur kritis PDAM Lantai 3 dapat dilihat pada **Tabel 5.69**

Tabel 5.69 Implikasi Hidraulik *Improved Case* Terhadap Jalur Kritis

Segmen	DN	R segmen [A]	SNI 8153:2025 (*Base Case*)			Status Desain SNI v = (0,9 – 2,0 m/s)	*EDGE Building* (*Improved Case*)			
			HL (m) [B]	QT (L/s) [C]	v (m/s) [D]		Rasio HL [$A^{1,852}$]	HL (m) [$A^{1,852}$× B]	Q (L/s) [A × C]	v (m/s) [A × D]
SHW 11 – AB	DN 13	0,750	1,03	0,20	1,51	Memenuhi	0,587	0,60	0,150	1,13
AB – O	DN 13	0,655	1,34	0,24	1,81	Memenuhi	0,457	0,61	0,157	1,18
O – K	DN 20	0,655	0,80	0,38	1,21	Memenuhi	0,457	0,37	0,249	0,79
K – J	DN 20	0,655	0,71	0,50	1,59	Memenuhi	0,457	0,32	0,328	1,04
J – C	DN 25	0,655	1,60	0,66	1,34	Memenuhi	0,457	0,73	0,432	0,88
C – A	DN 32	0,620	0,46	0,95	1,18	Memenuhi	0,413	0,19	0,589	0,73
A – VG L3	DN 32	0,537	0,34	1,25	1,56	Memenuhi	0,316	0,11	0,671	0,84
Total			**6,28**					**2,93**		

Berdasarkan **Tabel 5.62**, seluruh segmen memiliki nilai rasio reduksi lebih kecil dari 1,00. Hal ini menunjukkan bahwa debit operasional pada kondisi *Improved Case* lebih kecil dibandingkan debit rencana. Pada diameter pipa yang tetap, penurunan debit tersebut menyebabkan kecepatan aliran operasional menjadi lebih rendah dibandingkan kecepatan desain.

Sebagian nilai kecepatan *Improved Case* berada di bawah 0,9 m/s. Namun, kondisi tersebut tidak diinterpretasikan sebagai ketidaksesuaian terhadap SNI 8153:2025, karena batas kecepatan tersebut digunakan untuk mengevaluasi kondisi debit rencana pada tahap penentuan diameter pipa. Adapun nilai kecepatan pada kondisi *Improved Case* hanya menunjukkan konsekuensi operasional dari penerapan *fixture* hemat air.

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa total kehilangan tekanan pada jalur kritis menurun dari 6,28 m pada kondisi desain menjadi 2,93 m pada kondisi *Improved Case*. Dengan demikian, kehilangan tekanan pada kondisi *Improved Case*

hanya sebesar 46,7% dari kehilangan tekanan desain, atau mengalami penurunan sebesar 53,3%. Penurunan ini menunjukkan bahwa tekanan residual tidak menjadi lebih kritis setelah penerapan *fixture* hemat air.

Dengan demikian, penerapan *fixture* hemat air tidak menyebabkan kegagalan kapasitas pipa dan tidak menimbulkan kebutuhan perubahan diameter. Diameter pipa tetap dipertahankan berdasarkan debit rencana UBAP sesuai SNI 8153:2025. Hasil simulasi *EDGE Building* digunakan untuk menunjukkan efisiensi konsumsi air dan penurunan beban operasional, sedangkan analisis hidraulik menunjukkan bahwa kondisi *Improved Case* bukan kondisi yang lebih kritis dibandingkan kondisi desain.

5.10.8.7 Implikasi Operasional

Walaupun penerapan *fixture* hemat air tidak menyebabkan kegagalan kapasitas pipa, penurunan debit operasional, pada sistem plambing gedung besar, khususnya rumah sakit, debit operasional yang rendah dapat menyebabkan peningkatan *water* age dan potensi stagnasi pada cabang pipa yang jarang digunakan.

NASEM (2019) menjelaskan bahwa desain hidraulik sistem air bangunan perlu mempertahankan low *water age* dan menghindari dead legs sebagai bagian dari pengendalian risiko Legionella. NASEM juga menyebutkan bahwa *low-flow fixture*s, khususnya faucet dan *shower*, dapat meningkatkan *water* age dan membatasi residual disinfektan. CDC (2024) juga merekomendasikan penghilangan dead legs, pembilasan berkala pada *low-flow* piping runs, dan *flushing* pada *fixture* yang jarang digunakan untuk menjaga kualitas air.

Dengan demikian, dampak utama *Improved Case* bukan kegagalan desain kapasitas pipa, melainkan kebutuhan pengelolaan operasional agar tidak terjadi stagnasi pada titik-titik yang jarang digunakan. Pengendalian yang dapat diterapkan meliputi:

1. pemakaian berkala
2. *flushing* rutin
3. penghindaran dead leg
4. pemantauan kualitas air pada titik layanan kritis.

5.10.9 Kesimpulan Simulasi

Berdasarkan hasil simulasi *EDGE Building*, skenario *Improved Case* mampu menurunkan konsumsi air operasional dari ±33,97 m^3/hari menjadi ±22,00 m^3/hari, atau mencapai penghematan ±34,90%. Capaian tersebut telah melampaui ambang minimum efisiensi air *EDGE* sebesar 20%.

Analisis hidraulik pada jalur kritis PDAM lantai 3 menunjukkan bahwa penerapan *fixture* hemat air menurunkan debit operasional, kecepatan aliran, dan kehilangan tekanan pada jaringan pipa. Total kehilangan tekanan pada jalur kritis sistem plambing PDAM menurun dari 6,28 m menjadi 2,93 m, sehingga kondisi *Improved Case* tidak menjadi kondisi yang lebih kritis terhadap tekanan residual.

Dengan demikian, *EDGE Building* digunakan sebagai alat evaluasi efisiensi konsumsi air, sedangkan desain hidraulik sistem plambing tetap mengacu pada perhitungan UBAP sesuai SNI 8153:2025. Hasil analisis menunjukkan bahwa strategi konservasi air berdampak pada penurunan konsumsi dan beban operasional jaringan, tetapi tidak menjadi dasar perubahan diameter pipa, kapasitas pompa, maupun konfigurasi jaringan. Dampak yang perlu diperhatikan adalah aspek operasional berupa potensi peningkatan *water age*, stagnasi, dan kebutuhan pengelolaan kualitas air pada titik-titik yang jarang digunakan.

BAB VI
SPESIFIKASI TEKNIS DAN RENCANA ANGGARAN BIAYA

6.1 Umum

Bab ini menyajikan spesifikasi teknis dan dasar penyusunan Rencana Anggaran Biaya sistem plambing. Spesifikasi disusun berdasarkan hasil perencanaan teknis pada perencanaan teknis dan perhitungan hidraulik. Komponen yang dibahas meliputi pipa, *fitting*, *valve*, pompa, tangki, *plumbing fixture*, serta perlengkapan pendukung sistem. Pekerjaan struktur, arsitektur, dan konstruksi sipil tidak termasuk dalam pembahasan bab ini.

Sistem yang direncanakan terdiri atas sistem air PDAM, air panas, air *recycle*, air *Reverse Osmosis* (RO), *Rainwater Harvesting* (RWH), dan proteksi kebakaran. Data kuantitas diperoleh dari hasil perencanaan teknis, gambar layout, gambar isometri, dan rekap kebutuhan material. Spesifikasi alat plambing dibedakan menjadi *fixture* konvensional dan *green fixture* sebagai perbandingan investasi awal.

6.2 Rekapitulasi Perencanaan

Perencanaan teknis pada setiap sistem plambing menghasilkan output desain sebagaimana ditunjukkan pada **Tabel 6.1**

Tabel 6.1 Rekapitulasi Perencanaan Seluruh Sistem Plambing

Sistem Plambing	Fungsi	Material Pipa	Konfigurasi	Output Desain
Air PDAM	Air bersih utama	PVC AW	- GWT - pompa transfer - *Roof tank* - gravitasi + *booster*	Q transfer 2,45 L/s; Q distribusi 1,56 L/s H pompa transfer 30 m H pompa *booster* 15 m
Air panas	Air panas *shower*/lavatory	PPR PN 16	- *Roof tank* air panas - *booster* distribusi + resirkulasi	Q distribusi 1,20 L/s Q resirkulasi 0,081 L/s H *booster* 16 m H resirkulasi 1,5 m
Air *recycle*	*Flush*ing WC dan urinal	PVC AW	- GWT *recycle* - pompa transfer	Q transfer 0,227 L/s Q distribusi 1,27 L/s

Sistem Plambing	Fungsi	Material Pipa	Konfigurasi	Output Desain
			- *Roof tank recycle* - gravitasi/*booster*	H transfer 30 m; H *booster* 12 m
RO	Medical sink	PPR PN 16	- RO *tank* - *booster* RO - direct upfeed	Q 0,42 L/s H pompa 32 m
RWH	Penyiraman taman	PVC AW	- GWT RWH - pompa transfer - elevated *tank* - gravitasi	Q 0,35 L/s; H transfer 18 m
Proteksi kebakaran	Hidran dan sprinkler	Pipa baja galvanized	- GWT *fire* - *fire pump* - common *head*er - hidran/sprinkler	*Fire pump* Q = 47,83 L/s (758 gpm) H 116 m

6.3 Rekapitulasi Kebutuhan Pipa

Rekapitulasi kebutuhan pipa disusun berdasarkan hasil perencanaan teknis dan perhitungan hidraulik. Rekapitulasi ini memuat jenis sistem, jenis pipa, diameter nominal, panjang pipa, serta fungsi jalur pipa. Jenis pipa ditetapkan berdasarkan karakteristik fluida, tekanan kerja, temperatur, dan fungsi pelayanan tiap sistem. Pipa air minum dan air RO menggunakan material yang aman untuk air konsumsi, pipa air panas menggunakan material tahan temperatur, pipa *recycle* dan RWH menggunakan pipa non-*potable* bertekanan, sedangkan sistem proteksi kebakaran menggunakan pipa baja untuk instalasi *fire protection*.

1. Pipa sistem plambing PDAM

   Kebutuhan pipa sistem plambing PDAM ditunjukkan pada **Gambar 6.2**

Tabel 6.2 Rekapitulasi Kebutuhan Pipa Sistem Plambing PDAM

Diameter	Panjang Pipa (m)	Keterangan
DN13 (PVC AW Ø 1/2”)	589,57	Cabang menuju *fixture*
DN16 (PVC AW Ø 5/8”)	193,30	Cabang *fixture* tertentu
DN20 (PVC AW Ø 3/4”)	32,44	Cabang distribusi
DN25 (PVC AW Ø 1”)	106,82	Cabang utama/lokal
DN32 (PVC AW Ø 1 ¼”)	589,57	Pipa distribusi utama
DN32 (PVC AW Ø 1 ¼”)	9,00	Pipa tegak distribusi
DN 40 (PVC AW Ø 1 ½”)	4,00	Pipa tegak distribusi
DN 50 (PVC AW Ø 2”)	26,00	Pipa transfer GWT–*Roof tank*

2. Pipa sistem plambing air panas

   Kebutuhan pipa sistem plambing air panas ditunjukkan pada **Gambar 6.3**

Tabel 6.3 Rekapitulasi Kebutuhan Pipa Sistem Plambing Air Panas

Diameter	Panjang Pipa (m)	Keterangan
DN13 (PPR PN 16 Ø 1/2")	76,824	Cabang *fixture* air panas
DN20 (PPR PN 16Ø 3/4")	64,523	Cabang distribusi
DN25 (PPR PN 16 Ø 1")	30,510	Pipa distribusi utama
DN25 (PPR PN 16 Ø 1")	9,00	Pipa tegak distribusi
DN32 (PPR PN 16 Ø 1 ¼")	9,00	Pipa tegak distribusi
DN13 (PPR PN 16 Ø 1/2")	72,350	Pipa resirkulasi

3. Pipa sistem plambing air *recycle*

   Kebutuhan pipa sistem plambing air *recycle* ditunjukkan pada **Gambar 6.4**

Tabel 6.4 Rekapitulasi Kebutuhan Pipa Sistem Plambing Air *Recycle*

Diameter	Panjang Pipa (m)	Keterangan
DN20 (PVC AW Ø 3/4")	26,00	Pipa transfer GWT *recycle–Roof tank recycle*
DN13 (PVC AW Ø 1/2")	478,65	Cabang *flush*ing
DN16 (PVC AW Ø 5/8")	26,106	Cabang *flush*ing
DN20 (PVC AW Ø 3/4")	245,589	Cabang distribusi
DN25 (PVC AW Ø 1")	14,980	Distribusi utama
DN32 (PVC AW Ø 1 ¼")	9,00	Pipa tegak distribusi
DN 40 (PVC AW Ø 1 ½")	9,00	Pipa tegak distribusi

4. Pipa Sistem RO

   Kebutuhan pipa sistem plambing RO ditunjukkan pada **Gambar 6.5**

Tabel 6.5 Rekapitulasi Kebutuhan Pipa Sistem Plambing Air RO

Diameter	Panjang Pipa (m)	Keterangan
DN13 (PPR Ø 1/2")	84,475	Cabang pendek medical sink
DN16 (PPR Ø 1/2")	39,814	Riser atas, jalur kritis lantai 3 dan pipa tegak distribusi
DN20 (PPR Ø 3/4")	172,619	Pipa pengumpul dan riser awal dan pipa tegak distribusi

5. Pipa sistem plambing RWH

   Kebutuhan pipa sistem plambing RWH ditunjukkan pada **Gambar 6.6**

Tabel 6.6 Rekapitulasi Kebutuhan Pipa Sistem Plambing RWH

Diameter	Panjang Pipa (m)	Keterangan
DN20 (PVC AW Ø 3/4")	22,000	Jalur transfer GWT RWH menuju elevated tank
DN25 (PVC AW Ø 1")	59,626	Jalur distribusi gravitasi dari elevated tank menuju FCT

6. Pipa sistem proteksi kebakaran

   Kebutuhan pipa sistem plambing RWH ditunjukkan pada **Gambar 6.7**

Tabel 6.7 Rekapitulasi Kebutuhan Pipa Sistem Proteksi Kebakaran

Sistem	Diameter (mm)	Panjang Pipa
Hidran	DN 80 (BS Sch40 Ø 3")	240 m
	DN 100 (BS Sch40 Ø 4")	600 m
	DN 150 (BS Sch40 Ø 6")	60 m
Sprinkler	DN 25 (BS Sch40 Ø 1")	701 m
	DN 32 (BS Sch40 Ø 1 ¼")	706 m
	DN 40 (BS Sch40 Ø 1 ½")	385 m
	DN 50 (BS Sch40 Ø 2")	92 m
	DN 65 (BS Sch40 Ø 2 ½")	176 m
	DN 80 (BS Sch40 Ø 3")	288 m
	DN 100 (BS Sch40 Ø 4")	192 m
	DN 150 (BS Sch40Ø 6")	157 m

6.4 Spesifikasi Pompa

Pompa yang telah dianalisis dalam perhitungan hidraulik pada setiap sistem diuraikan pada **Tabel 6.8**.

Tabel 6.8 Rekapitulasi Kebutuhan Pompa Seluruh Sistem

Sistem	Jenis Pompa	Debit Desain	*Head* Desain	Jumlah	Fungsi
Air PDAM	Pompa transfer	2,45 L/s	30 m	1 kerja + 1 cadangan	Mengisi *Roof tank* PDAM
Air PDAM	*Booster* pump	1,56 L/s	15 m	1 set	Melayani lantai 1–3
Air panas	*Booster* pump	1,20 L/s	16 m	1 kerja + 1 cadangan	Distribusi air panas
Air panas	Pompa resirkulasi	0,081 L/s	1,5 m	1 unit	Menjaga sirkulasi air panas

Sistem	Jenis Pompa	Debit Desain	*Head* Desain	Jumlah	Fungsi
Air *recycle*	Pompa transfer	0,227 L/s	30 m	1 kerja + 1 cadangan	Mengisi *Roof tank recycle*
Air *recycle*	*Booster* pump	1,27 L/s	12 m	1 set	Melayani lantai 1–3
RO	*Booster* pump RO	0,42 L/s	32 m	1 unit	Direct upfeed ke medical sink
RWH	Pompa transfer	0,35 L/s	18 m	1 unit	Mengisi elevated *tank* RWH
Kebakaran	Main *fire* pump	47,83 L/s 1000 gpm	116 m	1 unit + 1 cadangan	Menyuplai common fire header untuk melayani sistem hidran dan sprinkler
Kebakaran	Jockey pump	0,63 L/s 10 gpm	123 m	1 unit	Mempertahankan tekanan statis jaringan pada kondisi siaga

6.5 Spesifikasi Tangki

Adapun tangki yang direncanakan diuraikan pada **Tabel 6.9**

Tabel 6.9 Rekapitulasi Kebutuhan Tangki Seluruh Sistem

Sistem	Jenis Tangki	Kapasitas	Spesifikasi	Lokasi	Fungsi
PDAM	*Ground Water Tank*	(5 × 3 × 2) m 30 m^3	Fiberglass panel	*Basement* 2 (manhole di *basement* 1)	Tampungan air bersih
PDAM	*Roof tank*	2550 L	Stainless st*ee*l	Atap	Distribusi gravitasi
Air panas	*Roof tank*/buffer *tank*	2000 L	Stainless st*ee*l	Atap	Tampungan air panas
Recycle	Ground *tank recycle*	(4 × 2 × 2) m 16 m^3	Fiberglass panel	*Basement* 2	Tampungan air *recycle*
Recycle	*Roof tank recycle*	1.600 L	Stainless St*ee*l	Atap	Distribusi *flush*ing

Sistem	Jenis Tangki	Kapasitas	Spesifikasi	Lokasi	Fungsi
RO	RO *tank*	1000 GDP (3,8 m^3/hari)	PE	*Basement* 1	Tampungan air hasil RO
RWH	*Ground Water Tank* RWH	(16,5 × 6 × 2) m 198 m^3	Beton bertulang	*Basement* 2	Tampungan air hujan
RWH	*Roof Tank* RWH	1600 L	Stainless	*Rooftop* garden lantai 1	
Kebakaran	*Fire water tank*	(15 × 5 × 3) m 225 m^3	Beton bertulang	*Basement* 2	Cadangan hidran dan sprinkler

6.6 Spesifikasi *Valve*, *Fitting* dan Aksesoris

Aksesoris, *valve* dan *fitting* diinventarisasi pada setiap sistem dan diakumulasikan untuk kebutuhan RAB. Adapun uraiannya ditunjukkan pada **Tabel 6.10.**

Tabel 6.10 Rekapitulasi Aksesoris Seluruh Sistem

Komponen	Sistem Pemakaian	Fungsi	Kuantitas
Tee	PDAM, air panas, *recycle*, RO, RWH	Isolasi pipa utama	377 unit
Elbow 90°	Semua sistem	Isolasi cabang kecil	822 unit
Elbow 45°	Jalur diagonal/offset	Mencegah aliran balik	40 unit
Reducer	Perubahan diameter	Menurunkan tekanan	157 unit
Ball/stop valve	Cabang *fixture*	Menahan partikel	350 unit
Gate valve	Pipa utama, pompa, tangki	Bongkar pasang	46 unit
Check valve	Discharge pompa	Percabangan	11 unit
Strainer	Inlet pompa/unit sensitif	Belokan pipa	10 unit
Union/flange	Pompa dan unit mekanikal	Belokan pipa	32 unit
PRV	*Booster*/fire bila diperlukan	Reduksi pipa	2–3 unit
Backflow preventer	Pemisahan *potable*/non-*potable*	Cegah kontaminasi silang	4 unit

6.7 Spesifikasi *Plumbing fixture*

Spesifikasi *plumbing fixture* disusun untuk membandingkan skenario *fixture* konvensional dan *green fixture*. Perbandingan difokuskan pada alat plambing yang memengaruhi debit atau volume pemakaian air, yaitu *water closet, lavatory faucet*, *wall faucet*, *urinal, showerhead*, dan *kitchen faucet*. Medical/service sink dan floor

d*rain* tidak menjadi pembeda karena tidak mengatur konsumsi air secara langsung dan tidak dimodelkan sebagai komponen penghematan air pada *EDGE Building*.

Produk yang tercantum merupakan produk acuan untuk penyusunan spesifikasi teknis dan RAB. Produk final dapat diganti dengan produk setara selama memiliki fungsi, material, ukuran sambungan, *flowrate* atau volume *flush*, dan mutu teknis yang sama atau lebih baik. Rekapitulasi seluruh *plumbing fixture* ditunjukkan pada **Tabel 6.11**.

Tabel 6.11Rekapitulasi *Plumbing fixture* dan Modul *EDGE*

Fixture	**Kode**	**Jumlah**	**Simulasi *EDGE***
Water closet	WC	82 unit	WEM04
Lavatory	LAV	79 unit	WEM02
Urinal	URN	16 unit	WEM07
Faucet khusus	FCT	22 unit	Sebagian, WEM02
Keran Dinding	FCT	8 unit	WEM02
Shower	SHW	36 unit	WEM01
Sink/medical sink	SNK	17 unit	Tidak dimodelkan
Kitchen sink	KCS	2 unit	WEM08
Floor d*rain*	FD	56 unit	Tidak dimodelkan

Catatan: Keran dinding merupakan bagian dari kelompok *faucet* khusus yang dimodelkan sebagai bathroom *faucet* pada *EDGE Building*.

6.7.1 WC / Kloset Duduk

1. Kategori Konvensional
   - Produk acuan: TOTO CW431J/SW431JP (**Gambar 6.1**)
   - Kategori: close coupled toilet.
   - Sistem pembilasan: single *flush*.
   - Volume *flush*: 6 L/*flush*.
   - Rough-in: 500 mm.
   - Trap: S-trap.



Gambar 6.1 TOTO CW431J/SW431JP (*Single flush*)

Sumber: https://www.toto.co.id/product/sanitary-ware/toilet/closed-coupled-toilet/cw431j-sw431jp Diakses pada 5 Juni 2026, pukul 20.13

   - Status: *baseline* konvensional.
   - Catatan: produk dapat diganti dengan TOTO CW668J/SW668J atau produk setara 6 L/*flush* apabila diperlukan penyesuaian rough-in.
2. Kategori *Green*
   - Produk acuan: TOTO CW956RPJ/SW956JP (Gambar 6.2)
   - Kategori: close coupled *wall* face toilet.
   - Sistem pembilasan: dual *flush*
   - Volume *flush*: 4,5/3 L/*flush* atau 6/3 L/*flush* (bergantung tipe)
   - Rough-in: S-trap 305 mm atau P-trap 180 mm.
   - Status: *green fixture* .



Gambar 6.2 TOTO CW956RPJ/SW956JP(*Dual flush*)

Sumber: https://www.toto.co.id/product/sanitary-ware/toilet/closed-coupled-wall-face-toilet/cw956rpj%2Fsw956jp-(s-trap)

Diakses pada 5 Juni 2026, pukul 20.18

6.7.2 Lavatory *Faucet*

1. Kategori Konvensional
   - Produk acuan: TOTO TX109LD (**Gambar 6.3**)



Gambar 6.3 TOTO TX109LD

Sumber: https://www.toto.co.id/product/fitting/others/single-faucet/tx109ld

Diakses pada 5 Juni 2026, pukul 20.20

   - Kategori: single lever lavatory *faucet*.
   - Sistem operasi: *manual, cold only.*

- *Flowrate*: 5 L/menit.
- Tekanan operasi: 0,05–0,75 MPa.
- Diameter lubang wastafel: Ø25 mm.
- Status: *baseline* konvensional.
- Catatan: produk dapat diganti produk setara dengan fungsi dan *flowrate* sebanding.

2. Kategori *Green*
   - Produk acuan: ONDA F380SS (**Gambar 6.4**)



Gambar 6.4 ONDA F380SS

Sumber: https://onda.id/produk/f-380-ss/

Diakses pada 5 Juni 2026, pukul 20.23

   - Kategori: *basin faucet*
   - Aerator: Neoperl aerator
   - *Flowrate*: maksimum 4 L/menit melalui aerator
   - *Fitting*: sambungan 1/2 inci; debit dibatasi menggunakan aerator atau *flow* restrictor.
   - Status: *fixture* hemat air.

6.7.3 Keran Dinding

1. Kategori Konvensional
   - Produk acuan: ONDA CLS 01 (**Gambar 6.5**)
   - Kategori: *wall faucet*



Gambar 6.5 ONDA CLS 01

Sumber: https://onda.id/produk/cls-01/

Diakses pada 5 Juni 2026, pukul 20.25

- Sistem operasi: manual
- *Flowrate*: 6–8 L/menit.
- *Fitting*: 1/2” atau 3/4"
- Status: *baseline* konvensional.

2. Kategori *Green*
   - Produk acuan: TOTO TX133L (**Gambar 6.6**)



Gambar 6.6 TOTO TX133L

Sumber: https://www.toto.co.id/product/fitting/others/single-faucet/tx133l

Diakses pada 5 Juni 2026, pukul 21.02

- Kategori: *wall* type *faucet*
- *Flowrate*: 5 L/menit. Untuk memenuhi input *EDGE*, debit desain dibatasi maksimum 4 L/menit dengan *flow* restrictor.
- Tekanan air operasional: 0,05 MPa – 0,75 MPa
- *Fitting*: G /1/2”
- Status: *fixture* hemat air

6.7.4 Urinal

1. Kategori Konvensional
   - Produk acuan: TOTO U57 *wall* hung urinal + manual *flush valve*. (**Gambar 6.7**)



Gambar 6.7 TOTO U57

Sumber: https://www.toto.co.id/product/sanitary-ware/urinal/urinal/u57
Diakses pada 5 Juni 2026, pukul 21.25

   - Kategori: urinal dinding dengan manual *flush valve*.
   - *Flush*: 3–4 L/*flush*.
   - *Fitting*: manual *flush valve* terpisah
   - Status: *baseline* konvensional.
2. Kategori *Green*
   - Produk acuan: TOTO UW58JM atau TOTO U57M + TEA99V100 sensor *flush valve*. (**Gambar 6.8**)
   - Kategori: sensor urinal / low-*flush* urinal.

- Sistem pembilasan: sensor otomatis (solenoid)
- Tegangan sensor 220 V
- *Flush*: maksimum 2 L/*flush*.
- *Fitting*: sensor *flush valve* / solenoid *valve*.
- Status: *fixture* hemat air.



Gambar 6.8 TOTO UW58JM (kiri) dan TEA99V100 *Urinal Sensor Flush Valve (*kanan)

Sumber: https://www.toto.co.id/product/sanitary-ware/urinal/urinal/uw58jm
https://www.toto.co.id/product/supplementary/urinal/sensor/tea99v100
Diakses pada 5 Juni 2026, pukul 21.27

6.7.5 *Shower*

1. Kategori Konvensional
   - Produk acuan: ONDA SO250 (**Gambar 6.9**)
   - Kategori: *hand shower* standar.
   - Material: ABS dan stainless s*tee*l
   - *Flowrate*: 8–11 L/menit.
   - *Fitting*: sambungan *shower* 1/2 inci.
   - Status: *baseline* konvensional



Gambar 6.9 ONDA SO250

Sumber: https://onda.id/produk/so-250/

Diakses pada 5 Juni 2026, pukul 21.30

2. Kategori *Green*
   - Produk acuan: ONDA SW *Eco* Spray (**Gambar 6.10**)



Gambar 6.10 ONDA SW *Eco* spray

Sumber: https://onda.id/produk/sw-eco-spray/

Diakses pada 5 Juni 2026, pukul 21.30

   - Kategori: *eco shower* low-*flow*
   - Material: ABS
   - Fitur: nozzle silikon dan sistem *eco spray*
   - *Flowrate*: maksimum 6 L/menit.

- *Fitting*: sambungan *shower* 1/2 inci dengan restrictor.
- Status: *fixture* hemat air.

6.7.6 *Kitchen Faucet*

1. Kategori Konvensional
   - Produk acuan: TOTO TX606MME (**Gambar 6.11**)
   - Kategori: *kitchen faucet*
   - *Flowrate*: 7–10 L/menit.
   - *Fitting*: *deck-mounted*, inlet 1/2 inci.
   - Status: *baseline* konvensional.



Gambar 6.11 TOTO TX606MME

Sumber: https://www.toto.co.id/product/fitting/bathroom-fittings/lavatory-faucet/tx606mme
Diakses pada 5 Juni 2026, pukul 22.03

2. Kategori *Green*
   - Produk acuan: TOTO TX606KES atau *kitchen faucet* + aerator/restrictor (**Gambar 6.12**)



Gambar 6.12 TOTO TX606KES

Sumber: https://www.toto.co.id/product/fitting/others/kitchen-faucet/tx606kesDiakses pada 5 Juni 2026, pukul 22.08

- Kategori: *kitchen faucet* hemat air.
- *Flowrate*: maksimum 5 L/menit
- *Fitting*: inlet 1/2 inci dengan aerator/restrictor.
- Status: *fixture* hemat air.

6.7.7 *Medical Sink/Service Sink*

- Item tetap pada skenario konvensional maupun *green fixture*
- Produk acuan: TOTO SK33 atau service sink setara. (**Gambar 6.13**)



Gambar 6.13 TOTO SK33

Sumber: https://www.toto.co.id/product/sanitary-ware/sink/sink/sk33

Diakses pada 6 Juni 2026, pukul 08.03

- Kategori: service sink.
- Fungsi: kebutuhan pencucian alat, utilitas atau kegiatan service
- *Flowrate*: tidak dibatasi sebagai komponen *green fixture*
- Status: tidak menjadi pembeda skenario konvensional dan *green*.

6.7.8 *Floor Drain*

- Produk acuan: ONDA FLS 03 3" (**Gambar 6.14**)
- Kategori: aksesoris d*rain*ase lantai
- *Flowrate*: tidak mengonsumsi air.
- *Fitting*: outlet mengikuti diameter pipa air buangan pada gambar kerja.
- Status: tidak menjadi pembeda skenario konvensional dan *green*.



Gambar 6.14 ONDA FLS 03 3"

Sumber: https://onda.id/produk/fls-03-3/
Diakses pada 6 Juni 2026, pukul 08.03

Adapun ringkasan spesifikasi teknis *plumbing fixture* konvensional dan *green fixture* ditunjukkan pada **Tabel 6.12**

Tabel 6.12 Spesifikasi Teknis *Fixture* Konvensional dan *Green Fixture*

Fixture	**Jumlah**	**Kategori *Fixture***	**Produk Acuan**	**Ringkasan Spesifikasi**	***Flow*/*Flush***
WC	82	Konvensional	TOTO CW431J/SW431JP Single *flush*	- Tipe: close coupled toilet - Sistem: single *flush* - Trap: S-trap - Rough-in: 500 mm - Material: vitreous china	6 L/*flush*
		Green	TOTO CW956RPJ/SW956JP	- Tipe: close coupled *wall* face toilet - Sistem: dual *flush* - Trap: S-trap/P-trap - Rough-in: S-trap **305/220 mm**, P-trap **180 mm**	4,5/3 L/*flush*
LAV *faucet*	79	Konvensional	TOTO TX109LD	- Tipe: single lever lavatory *faucet* - Sistem: manual, cold only - Tekanan operasi: **0,05–0,75 MPa** - Lubang wastafel: **Ø25 mm**	5 L/menit
		Green	ONDA F380SS	- Tipe: basin *faucet* / basin mixer - Material: European *Standard* Brass - Cartridge: brass ceramic cartridge	≤4 L/menit

Fixture	**Jumlah**	**Kategori *Fixture***	**Produk Acuan**	**Ringkasan Spesifikasi**	***Flow*/*Flush***
				- Finishing: triple chroming - Aerator: Neoperl aerator	
Keran Dinding	8	Konvensional	ONDA CLS 01	- Tipe: *wall faucet* / garden *faucet* - Sistem: manual - Ukuran drat: **1/2 inci** atau **3/4 inci**	6–8 L/menit
		Green	TOTO TX133L	- Tipe: *wall* type lavatory *faucet* - Sistem: manual, cold only - *Flowrate* bawaan: **5 L/menit** - Tekanan operasi: **0,05–0,75 MPa**	≤4 L/menit
Urinal	16	Konvensional	TOTO U57 *Wall* Hung Urinal + TOTO T60P Manual *Flush Valve*	- Tipe: *wall*-hung urinal - Sistem *flush*: manual - Catatan: U57 adalah mangkuk urinal	3–4 L/*flush*
		Green	TOTO UW58JM + TEA99V100 Sensor *Flush Valve*	- Tipe: sensor urinal / low-*flush* urinal - Sistem: sensor otomatis/solenoid - Sensor: concealed type, **220 V**	≤2 L/*flush*
Shower	36	Konvensional	ONDA SO250	- Tipe: *hand shower* - Material: ABS dan stainless st*ee*l - Sistem: *shower* manual	8–11 L/menit

Fixture	**Jumlah**	**Kategori *Fixture***	**Produk Acuan**	**Ringkasan Spesifikasi**	***Flow*/*Flush***
		Green	ONDA SW *Ecospray*	- Tipe: *eco shower* / low-*flow shower* - Material: ABS - Fitur: nozzle silikon, *eco* spray	≤6 L/menit
Kitchen faucet	2	Konvensional	TOTO TX606MME	- Tipe: *kitchen faucet* - Sistem: manual - Instalasi: deck-mounted - Inlet: **1/2 inci**	7–10 L/menit
		Green	TOTO TX606KES + aerator/restrictor	- Tipe: *kitchen faucet* hemat air - Sistem: manual dengan aerator/restrictor	≤6 L/menit
Medical sink	17	-	TOTO SK33	- Tipe: sink teknis/service sink - Fungsi: utilitas, pencucian alat, atau kegiatan service	Tidak dibatasi
Floor d*rain*	56	-	AER atau ONDA stainless floor d*rain* 4 inch	- Tipe: floor d*rain* - Komponen: st*rain*er dan *water* seal/deep seal	Tidak mengonsumsi air

Catatan:

Produk yang tercantum merupakan produk acuan untuk penyusunan spesifikasi teknis dan RAB. Oleh karena itu, produk final dapat diganti dengan produk setara selama memiliki fungsi, material, ukuran sambungan, *flowrate* atau volume *flush*, dan mutu teknis yang sama atau lebih baik. Untuk produk yang tidak mencantumkan *flowrate* secara eksplisit, batas debit *green fixture* dipenuhi melalui penggunaan aerator atau *flow* restrictor.

6.8 Ketentuan Pemasangan, Pengujian dan Pemeliharaan

6.8.1 Pemasangan

Pemasangan sistem penyediaan air pada Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung tidak hanya bertujuan untuk menjamin distribusi air sesuai kebutuhan debit dan tekanan rencana, tetapi juga untuk memastikan sistem dapat dioperasikan, diperiksa, dan dipelihara dengan mudah selama umur layan bangunan. Oleh karena itu, setiap sistem dirancang dengan mempertimbangkan aspek keandalan operasional, perlindungan terhadap kontaminasi, akses pemeliharaan, dan keselamatan pengguna sesuai ketentuan SNI 8153:2025. Selain sistem air minum sebagai sistem utama, bangunan juga dilengkapi dengan sistem air panas, *recycle water*, air hujan, *Reverse Osmosis* (RO), dan sistem proteksi kebakaran sebagai sistem pendukung operasional rumah sakit.

Adapun ketentuan pemasangan setiap komponen ditunjukkan pada **Tabel 6.13**.

Tabel 6.13 Ketentuan Pemasangan Sistem Penyediaan Air pada Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung

Sistem	Komponen Utama	Ketentuan Pemasangan	Implikasi pada Rancangan
PDAM	Tangki air bersih, pompa transfer, pompa *booster*, jaringan distribusi	Perpipaan harus terlindung dari kontaminasi, dilengkapi perlindungan backflow, mudah diakses untuk inspeksi dan pemeliharaan	Jalur perpipaan ditempatkan pada shaft utilitas dan ruang servis untuk memudahkan inspeksi dan perbaikan.
Air Panas	*Water* heater, pompa sirkulasi, pipa air panas	Menggunakan material tahan temperatur tinggi, insulasi termal, expansion tank dan mixing valve	Menjaga kestabilan temperatur dan mengurangi kehilangan panas pada sistem distribusi.
Recycle Water	Tangki *recycle*, pompa distribusi, unit desinfeksi	Sistem harus terpisah dari jaringan air minum dan diberi identifikasi khusus untuk mencegah cross connection	Air hasil daur ulang dapat digunakan untuk kebutuhan nonpotabel dan mendukung konservasi air.
Air Hujan	Talang, *roof* d*rain*, tangki	Dilengkapi first flush diverter, overflow dan akses pembersihan sedimen	Mendukung penerapan *rainwater harvesting*

Sistem	Komponen Utama	Ketentuan Pemasangan	Implikasi pada Rancangan
	penampung, pompa distribusi		sebagai sumber air alternatif.
***Reverse Osmosis* (RO)**	Pretreatment, membran RO, tangki produk	Ditempatkan pada ruang khusus yang memiliki d*rain*ase dan akses pemeliharaan	Menjamin kualitas air untuk kebutuhan medis dan operasional tertentu.
Proteksi kebakaran	Tangki kebakaran, pompa utama, pompa cadangan, pompa joki, sprinkler	Memenuhi persyaratan ruang pompa, akses inspeksi, proteksi seismik, dan sistem alarm	Menjamin keandalan penyediaan air untuk kondisi darurat kebakaran.

Seluruh sistem memiliki prinsip pemasangan yang sama, yaitu kemudahan operasi dan pemeliharaan. Perbedaannya terletak pada karakteristik kualitas air yang didistribusikan dan fungsi pelayanan masing-masing sistem.

6.8.2 Pengujian

Pengujian dilakukan setelah proses instalasi selesai untuk memastikan seluruh komponen sistem dapat beroperasi sesuai kondisi perencanaan dan memenuhi persyaratan keselamatan serta keandalan operasional. Pengujian juga berfungsi untuk memverifikasi tidak adanya kebocoran, kegagalan sambungan, maupun penurunan kualitas air akibat proses konstruksi.

Adapun ketentuan pengujian setiap komponen ditunjukkan pada **Tabel 6.14**

Tabel 6.14 Ketentuan Pengujian Sistem Penyediaan Air

Sistem	Jenis Pengujian	Tujuan Pengujian
PDAM	Pengujian tekanan hidrostatis, pengujian tangki, pembilasan (flushing)	Memastikan tidak terjadi kebocoran dan menjaga kualitas air distribusi.
Air panas	*Pressure test* dan temperature test	Memastikan sistem aman beroperasi pada temperatur rencana.

Sistem	Jenis Pengujian	Tujuan Pengujian
Recycle water	Pressure test dan pengujian kualitas air	Memastikan kualitas air hasil pengolahan memenuhi peruntukan nonpotabel.
Air hujan	Pengujian kapasitas aliran, overflow dan tangki	Memastikan sistem mampu mengalirkan debit air hujan rencana.
***Reverse Osmosis* (RO)**	Pengujian tekanan, TDS, recovery ratio	Memastikan kualitas permeat dan efisiensi unit pengolahan.
Proteksi kebakaran	Hydrostatic test, flushing, performance test pompa dan acceptance test	Memastikan sistem mampu bekerja pada kondisi darurat sesuai desain.

Pengujian pada sistem air minum dan sistem turunannya menjadi penting pada bangunan rumah sakit karena kegagalan operasi dapat mengganggu kontinuitas pelayanan dan berpotensi menimbulkan risiko kesehatan bagi pengguna bangunan.

6.8.3 Pemeliharaan

Operasi dan pemeliharaan merupakan kegiatan yang bertujuan mempertahankan keandalan sistem selama umur layan bangunan. SNI 8153:2025 mewajibkan tersedianya dokumentasi inspeksi, operasi, dan pemeliharaan sebagai bagian dari manajemen aset bangunan. Pada fasilitas kesehatan, kegiatan pemeliharaan yang baik menjadi penting untuk menjamin kontinuitas suplai air dan menjaga kualitas air yang digunakan dalam pelayanan kesehatan. Adapun ketentuan pemeliharaan setiap komponen ditunjukkan pada **Tabel 6.15**

Tabel 6.15 Ketentuan Pemeliharaan

Sistem	Kegiatan Pemeliharaan	Tujuan
Air minum	Pemeriksaan kebocoran, inspeksi pompa, pemeriksaan katup, pembersihan tangki	Menjaga kontinuitas suplai dan kualitas air.
Air panas	Pemeriksaan heater, insulasi, expansion tank dan mixing valve	Menjaga kestabilan temperatur dan keamanan pengguna.
Recycle water	Pemeriksaan filter, pompa, unit desinfeksi dan kualitas air	Menjamin keamanan penggunaan air nonpotabel.

Sistem	Kegiatan Pemeliharaan	Tujuan
Air hujan	Pembersihan talang, *roof* d*rain* dan sedimen tangki	Menjaga kapasitas penyimpanan dan kualitas air hujan.
***Reverse Osmosis* (RO)**	Penggantian cartridge, pencucian membran, kalibrasi instrumen	Menjaga kualitas air hasil pengolahan dan efisiensi unit RO.
Proteksi Kebakaran	Pengujian pompa berkala, inspeksi sprinkler, pemeriksaan tangki dan katup	Menjamin kesiapan sistem pada kondisi darurat.

Berdasarkan **Tabel 6.15,** dapat diketahui bahwa setiap sistem memerlukan strategi pemeliharaan yang berbeda sesuai fungsi dan karakteristik operasionalnya. Sistem air minum dan air panas lebih berfokus pada aspek kualitas dan kontinuitas pelayanan, sedangkan sistem *recycle water*, air hujan, dan RO berfokus pada efisiensi konservasi air dan kualitas hasil pengolahan. Adapun sistem proteksi kebakaran berorientasi pada keandalan dan kesiapsiagaan saat terjadi keadaan darurat. Dengan demikian, penerapan standar pemasangan, pengujian, dan pemeliharaan pada seluruh sistem penyediaan air mendukung keberlanjutan operasional Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung serta sejalan dengan prinsip *Green Hospital* dan konservasi air berbasis *EDGE Building*.

6.9 Rencana Anggaran Biaya

Rencana Anggaran Biaya disusun berdasarkan hasil perencanaan teknis sistem plambing, rekapitulasi panjang pipa, jumlah *plumbing fixture*, spesifikasi pompa, spesifikasi tangki, serta kebutuhan valve, fitting, dan aksesoris. Perhitungan biaya dibagi berdasarkan sistem agar kebutuhan material dan biaya tiap sistem dapat ditelusuri secara terpisah. Sistem yang dihitung meliputi sistem air PDAM, air panas, air *recycle*, air *Reverse Osmosis* (RO), *rainwater harvesting* (RWH), proteksi kebakaran, serta *plumbing fixture* konvensional dan *green fixture*.

Harga satuan material diambil dari katalog produk, marketplace, vendor, atau referensi harga satuan yang relevan pada saat penyusunan RAB. Biaya pemasangan pipa dapat dihitung sebagai persentase terhadap biaya material pipa atau menggunakan harga satuan pekerjaan apabila tersedia. Pajak, biaya tidak terduga, dan pembulatan dihitung pada bagian rekapitulasi akhir.

6.9.1 Anggaran Sistem Plambing PDAM

1. Anggaran perpipaan

   Uraian anggaran pipa sistem plambing PDAM yang diuraikan pada **Tabel 6.16**

Tabel 6.16 Anggaran Perpipaan Sistem Plambing PDAM

No	Spesifikasi	Kebutuhan pipa (m)	Volume* (4 m /batang)	Harga Satuan per batang (Rp)*	Jumlah Harga (Rp)
1	DN13 (PVC AW Ø 1/2")	589,57	148,0	28.200	4.173.600,00
2	DN16 (PVC AW Ø 5/8")	193,30	49,0	33.000	1.617.000,00
3	DN20 (PVC AW Ø 3/4")	32,44	9,0	38.200	343.800,00
4	DN25 (PVC AW Ø 1")	106,82	27,0	52.200	1.409.400,00
5	DN32 (PVC AW Ø 1 ¼")	589,57	3,0	78.000	234.000,00
6	DN 40 (PVC AW Ø 1 ½")	9,00	1,0	89.500	89.500,00
7	DN 50 (PVC AW Ø 2")	4,00	7,0	114.400	800.800,00
Total					**8.668.100,00**

*Keterangan: Harga satuan pipa per batang dihitung per 4 m.

Berdasarkan **Tabel 6.16**, total anggaran kebutuhan pipa PVC AW pada sistem plambing PDAM adalah sebesar Rp10.479.300,00

2. Fitting dan Aksesoris Pipa Air PDAM

   Uraian anggaran fitting dan aksesoris pipa air PDAM ditunjukkan pada **Tabel 6.17**

Tabel 6.17 Anggaran Fitting dan Aksesoris Sistem Plambing PDAM

No	Jenis Aksesoris	Spesifikasi	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
1	*Elbow* 90°	DN13 (Ø 1/2")	114	unit	3.500,00	399.000,00
		DN16 (Ø 5/8")	12	unit	4.000,00	48.000,00
		DN20 (Ø 3/4")	27	unit	4.500,00	121.500,00
		DN25 (Ø 1")	2	unit	6.000,00	12.000,00
		DN32 (Ø 1 1/4")	10	unit	8.000,00	80.000,00
		DN40 (Ø 1 1/2")	5	unit	11.000,00	55.000,00
		DN50 (Ø 2")	4	unit	14.000,00	56.000,00
2	*Elbow* 45°	DN20 (Ø 3/4")	2	unit	3.500,00	7.000,00
		DN25 (Ø 1")	2	unit	4.500,00	9.000,00
		DN32 (Ø 1 1/4")	4	unit	5.500,00	22.000,00

No	Jenis Aksesoris	Spesifikasi	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
3	*Tee*	DN13 (Ø 1/2")	8	unit	5.000,00	40.000,00
		DN16 (Ø 5/8")	60	unit	6.000,00	360.000,00
		DN20 (Ø 3/4")	25	unit	7.000,00	175.000,00
		DN25 (Ø 1")	15	unit	9.000,00	135.000,00
		DN32 (Ø 1 1/4")	8	unit	12.000,00	96.000,00
		DN40 (Ø 1 1/2")	4	unit	15.000,00	60.000,00
4	*Reducer*	DN40 → DN32	2	unit	10.000,00	20.000,00
		DN32 → DN25	5	unit	8.000,00	40.000,00
		DN25 → DN20	13	unit	7.000,00	91.000,00
		DN20 → DN16	6	unit	6.000,00	36.000,00
		DN20 → DN13	20	unit	6.000,00	120.000,00
		DN16 → DN13	72	unit	5.000,00	360.000,00
5	*Gate valve*	1" (32 mm) bronze	8	unit	200.000,00	1.600.000,00
6	Stop valve	1/2" (15 mm) keran kuningan	50	unit	50.000,00	2.500.000,00
7	*Check valve*	1" (32 mm)	2	unit	150.000,00	300.000,00
8	*Strainer*	1" (32 mm) SS	4	unit	80.000,00	320.000,00
9	*Union*	1 1/2" (50 mm)	10	unit	85.000,00	850.000,00
10	*Water meter PDAM*	2" flange cast iron	1	unit	3.800.000,00	3.800.000,00
11	*Foot valve + strainer*	1" (32 mm) tipe nylon	2	unit	150.000,00	300.000,00
12	*Air release valve*	1" automatic	2	unit	150.000,00	300.000,00
13	*Flexible joint*	1" (32 mm), flange	4	unit	120.000,00	480.000,00
14	*Flange adaptor*	1" (32 mm)	4	unit	60.000,00	240.000,00
15	*Ball valve*	1/2" (15 mm) kuningan	5	unit	60.000,00	300.000,00
16	*Pressure gauge*	Dial 4", 0–10 bar	2	unit	180.000,00	360.000,00
17	*Fitting minor (LS)*	Socket, dop, lem, klem, sealant	1	LS	2.500.000,00	2.500.000,00
18	*Pipe support (hanger)*	Klem, bros, dynabolt	1	LS	5.000.000,00	5.000.000,00
19	*Hydrotest & flushing*	Pengujian sistem	1	LS	2.000.000,00	2.000.000,00
Sub-total Fitting/Aksesoris						**23.192.500,00**

Berdasarkan **Tabel 6.17**, total kebutuhan fitting dan aksesoris sistem plambing PDAM meliputi *elbow*, *tee*, *reducer*, valve, pressure gauge, water meter, pipe support, serta pekerjaan hydrotest dan flushing dengan total anggaran sebesar **Rp23.192.500,00.**

3. Pompa dan Tangki Air PDAM

   Uraian anggaran pompa dan tangki PDAM ditunjukkan pada **Tabel 6.18**

Tabel 6.18 Anggaran Pompa dan Tangki Sistem Plambing PDAM

No	Unit	Spesifikasi	Merk dan Tipe	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
1	*Ground Water Tank*	Fiberglass panel tank 30 m³, 5 m × 3 m × 2 m	Setara Custom FRP Panel Tank	1	unit	90.000.000,00	90.000.000,00
2	*Roof tank*	Stainless s*tee*l 2.550 L	Setara Penguin Stainless S*tee*l Box / JX-2500	1	unit	9.000.000,00	9.000.000,00
3	Pompa transfer	Q 2,45 L/s (8,82 m³/h), H 30 m	Setara Grundfos CR 10-3 (3-Phase, 380 V, 50 Hz)	2	set	25.000.000,00	50.000.000,00
4	*Booster* pump	Q 1,56 L/s **(5,61 m³/h)**, H 15 m	Setara Ebara 2CDX 200/40 (3-Phase, 380 V, 50 Hz)	2	set	26.300.000,00	52.600.000,00
Sub Total							**201.600.000,00**

Berdasarkan **Tabel 6.18**, total kebutuhan pompa dan tangki sistem plambing PDAM adalah sebesar **Rp201.600.000,00**.

4. Rekapitulasi Subtotal Sistem Plambing Air PDAM

   Uraian rekapitulasi subtotal anggaran sistem plambing PDAM ditunjukkan pada **Tabel 6.19**

Tabel 6.19 Rekapitulasi Subtotal Anggaran Sistem Plambing PDAM

No	Uraian Pekerjaan	Jumlah Harga (Rp)
1	Perpipaan	**8.668.100,00**
2	Fitting dan Aksesoris	**23.192.500,00**
3	Pompa dan Tangki	**201.600.000,00**
	Subtotal Sistem Plambing PDAM	**235.271.800,00**

Berdasarkan **Tabel 6.19**, total anggaran sistem plambing PDAM adalah sebesar **Rp235.460.600,00**.

6.9.2 Anggaran Sistem Plambing Air Panas

1. Perpipaan Air Panas

   Uraian anggaran perpipaan sistem plambing PDAM yang diuraikan pada **Tabel 6.20**

Tabel 6.20 Anggaran Perpipaan Sistem Plambing Air Panas

No	Spesifikasi	Kebutuhan pipa (m)	Volume* (4 m /batang)	Harga Satuan Per Meter (Rp)*	Jumlah Harga (Rp)
1	DN13 (PPR Ø 1/2")	149,18	38,0	49.009,00	**1.862.342,00**
2	DN20 (PPR Ø 3/4")	64,53	17,0	76.577,00	**1.301.809,00**
3	DN25 (PPR Ø 1")	39,51	10,0	123.063,00	**1.230.630,00**
4	DN32 (PPR Ø 1 ¼")	9,00	3,0	191.261,00	**573.783,00**
Total					**4.968.564,00**

*Harga tersebut sudah memperhitungkan harga per batang 4 m yang dikonversi menjadi harga per meter.

Berdasarkan **Tabel 6.20**, total kebutuhan pipa PPR pada sistem plambing air panas adalah **262,22 m** dengan total anggaran sebesar **Rp4.968.564,00**.

2. Fitting dan Aksesoris Pipa Air Panas

   Uraian anggaran fitting dan aksesoris sistem plambing air panas ditunjukkan pada **Tabel 6.21**

Tabel 6.21 Anggaran Fitting dan Aksesoris Sistem Plambing Air Panas

No	Jenis Aksesoris	Spesifikasi	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
1	*Elbow 90°*	DN20 (Ø3/4")	48	unit	10.000,00	480.000,00
		DN25 (Ø1")	3	unit	16.000,00	48.000,00
2	*Elbow 45°*	DN25 (Ø1")	3	unit	4.000,00	12.000,00
3	*Tee*	DN13 (Ø1/2")	48	unit	5.000,00	240.000,00
		DN20 (Ø3/4")	9	unit	7.000,00	63.000,00
		DN25 (Ø1")	4	unit	9.000,00	36.000,00
4	*Reducer*	DN25 → DN20	3	unit	7.000,00	21.000,00
		DN20 → DN13	24	unit	6.000,00	144.000,00
5	*Gate Valve*	1" Bronze	8	unit	200.000,00	1.600.000,00
6	*Stop Valve*	½" Kuningan	50	unit	50.000,00	2.500.000,00
7	*Check Valve*	1"	2	unit	150.000,00	300.000,00
8	*Strainer*	1" SS	2	unit	80.000,00	160.000,00
9	*Union*	1½"	10	unit	85.000,00	850.000,00

No	Jenis Aksesoris	Spesifikasi	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
10	*Air Release Valve*	1" Automatic	1	unit	150.000,00	150.000,00
11	*Flexible Joint*	1"	4	unit	120.000,00	480.000,00
12	*Flange Adaptor*	1"	2	unit	60.000,00	120.000,00
13	*Ball Valve*	½" Kuningan	5	unit	60.000,00	300.000,00
14	*Pressure Gauge*	Dial 4", 0–10 bar	2	unit	180.000,00	360.000,00
15	*Fitting Minor (LS)*	Socket, dop, seal tape, clamp, sealant	1	LS	2.500.000,00	2.500.000,00
16	*Pipe Support (LS)*	Hanger, clamp, dynabolt	1	LS	5.000.000,00	5.000.000,00
17	*Hydrotest dan Flushing*	Pengujian sistem	1	LS	2.000.000,00	2.000.000,00
					Sub Total	**17.364.000,00**

Berdasarkan **Tabel 6.21**, total anggaran fitting dan aksesoris sistem plambing air panas adalah sebesar **Rp17.364.000,00**.

3. Pompa dan Tangki Sistem Plambing Air Panas

   Uraian anggaran pompa dan Tangki sistem plambing air panas ditunjukkan pada **Tabel 6.22**

Tabel 6.22 Anggaran Pompa dan Tangki Sistem Plambing Air Panas

No	Uraian Pekerjaan	Spesifikasi	Merk dan Tipe Setara	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
1	Heat Pump Water Heater	Kapasitas ±500–1000 L	Ariston Nuos / Rheem Commercial	1	unit	75.000.000,00	75.000.000,00
2	Buffer Tank SS304	1.000 L	Penguin Stainless / Custom SS304	1	unit	15.000.000,00	15.000.000,00
3	Booster Pump	Q = 1,20 L/s; H = 16 m	Ebara CDX / Grundfos CM	2	set	12.000.000,00	24.000.000,00
4	Pompa Resirkulasi	Q = 0,081 L/s; H = 1,5 m	Grundfos UPS / Wilo Star-RS	2	unit	5.000.000,00	10.000.000,00
Sub Total							**124.000.000,00**

Berdasarkan **Tabel 6.22**, total anggaran pompa dan peralatan sistem plambing air panas adalah sebesar **Rp124.000.000,00**.

4. Rekapitulasi Subtotal Sistem Plambing Air Panas

   Uraiang rekapitulasi subtotal anggaran sistem plambing air panas ditunjukkan pada **Tabel 6.23**

Tabel 6.23 Rekapitulasi Subtotal Anggaran Sistem Plambing Air Panas

No	Uraian Pekerjaan	Jumlah Harga
1	Perpipaan	**4.968.564,00**
2	Fitting dan Aksesoris	**17.364.000,00**
3	Pompa dan Tangki	**124.000.000,00**
	Subtotal Sistem Plambing PDAM	**146.332.546,00**

Berdasarkan **Tabel 6.23**, total anggaran sistem plambing air panas adalah sebesar **Rp147.134.290,00**.

6.9.3 Anggaran Sistem Plambing Air *Recycle*

1. Perpipaan

   Uraian anggaran perpipaan sistem plambing air *recycle* ditunjukkan pada **Tabel 6.24**

Tabel 6.24 Anggaran Perpipaan Sistem Plambing Air *Recycle*

No	Spesifikasi	Kebutuhan Pipa (m)	Volume per Batang	Harga Satuan per Batang (Rp)*	Jumlah Harga (Rp)
1	DN13 (PVC AW Ø 1/2")	478,65	120	28.200	3.384.000,00
2	DN16 (PVC AW Ø 5/8")	26,106	7	33.000	231.000,00
3	DN20 (PVC AW Ø 3/4")	245,589	62	38.200	2.368.400,00
4	DN25 (PVC AW Ø 1")	34,98	9	52.200	469.800,00
5	DN32 (PVC AW Ø 1 ¼")	13,5	4	78.000	312.000,00
				Total	**6.765.200,00**

2. Fitting dan Aksesoris

   Uraian anggaran fitting dan aksesoris sistem plambing air *recycle* ditunjukkan pada **Tabel 6.25**

Tabel 6.25 Anggaran Perpipaan Sistem Plambing Air *Recycle*

No	Jenis Aksesoris	Spesifikasi	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
1	*Elbow* 90°	DN13 (Ø 1/2")	94	unit	3.000,00	282.000,00
		DN20 (Ø 3/4")	37	unit	4.000,00	148.000,00
		DN25 (Ø 1")	0	unit	5.000,00	-
		DN32 (Ø 1 ¼")	0	unit	7.000,00	-
		DN 40 (Ø 1 ½")	0	unit	9.000,00	-
		DN 50 (Ø 2")	4	unit	12.000,00	48.000,00
2	*Elbow* 45°	DN 20 (Ø 3/4")	8	unit	3.000,00	24.000,00
		DN 25 (Ø 1")	0	unit	4.000,00	-
		DN 32 (Ø 1 ¼")	0	unit	5.000,00	-
3	*Tee*	DN 13 (Ø 1/2")	46	unit	5.000,00	230.000,00
		DN 16 (Ø 1/2")	5	unit	6.000,00	30.000,00
		DN 20 (Ø 3/4")	32	unit	7.000,00	224.000,00
		DN 25 (Ø 1")	3	unit	9.000,00	27.000,00
		DN 32 (Ø 1 ¼")	0	unit	12.000,00	-
		DN 40 (Ø 1 ½")	0	unit	15.000,00	-
4	*Reducer*	DN40 → DN32	0	unit	10.000,00	-
		DN25 → DN20	3	unit	8.000,00	24.000,00
		DN20 → DN13	14	unit	7.000,00	98.000,00
		DN20 → DN16	3	unit	6.000,00	18.000,00
		DN16 → DN13	3	unit	5.000,00	15.000,00
5	Gate Valve (pintu air)	1″ (32 mm) bronzet	8	unit	200.000,00	1.600.000,00
6	Stop Valve (shower/fitting)	½″ (15 mm) keran kuningan	50	unit	50.000,00	2.500.000,00
7	Check Valve (non-return)	1″ (32 mm) (pompa)	2	unit	150.000,00	300.000,00
8	St*rain*er (saringan)	1″ (32 mm) SS	2	unit	80.000,00	160.000,00
9	Union (sambungan pompa/tangki)	1½″ (50 mm)	10	unit	85.000,00	850.000,00
10	Foot Valve + St*rain*er (pompa)	1″ (32 mm) Tipe Nylon	2	unit	150.000,00	300.000,00
11	Air Release Valve (automatic)	1″ (32 mm)	2	unit	150.000,00	300.000,00
12	Flexible Joint (pipa baja)	1″ (32 mm), 3~ flange	4	unit	120.000,00	480.000,00
13	Flange Adaptor (PVC–FF)	1″ (32 mm)	4	unit	60.000,00	240.000,00
14	Ball Valve (opsional)	½″ (15 mm) kuningan	5	unit	60.000,00	300.000,00

No	Jenis Aksesoris	Spesifikasi	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
15	Pressure Gauge (panel SM)	4″ dial, 0–10 bar	2	unit	180.000,00	360.000,00
16	**Fitting minor (LS)**	*Socket, dop, lem, klem, sealant etc.*	1	LS	2.500.000,00	2.500.000,00
17	**Pipe support (hanger)**	Pipa klem, bros, dynabolt	1	LS	5.000.000,00	5.000.000,00
18	**Hydrotest & Flushing**	Pengujian sistem	1	LS	2.000.000,00	2.000.000,00
19	Backflow Preventer	1" Bronze	1	unit	1.500.000,00	1.500.000,00
20	Label Non-Potable	Stiker/cat identifikasi	1	LS	1.000.000,00	1.000.000,00
21	Overflow & D*rain* Assembly	Tangki *recycle*	1	LS	500.000,00	500.000,00
Sub-total Fitting/Aksesoris						**21.058.000,00**

3. Pompa dan Tangki *Recycle*

   Uraian anggaran pompa dan tangki sistem plambing air *recycle* ditunjukkan pada **Tabel 6.26**

Tabel 6.26 Anggaran Pompa dan Tangki Sistem Plambing Air *Recycle*

No	Uraian Pekerjaan	Spesifikasi	Merk dan Tipe Setara	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
1	Ground *Recycle* Tank	Fiberglass panel tank 16 m³, 4 m × 2 m × 2 m	Setara Custom FRP Panel Tank	1	unit	58.000.000,00	58.000.000,00
2	*Roof Recycle* Tank	Stainless s*tee*l 1.600 L	Setara Penguin Stainless / Penguin TB-1600	1	unit	6.500.000,00	6.500.000,00
3	Pompa Transfer *Recycle*	Q = 0,227 L/s (0,82 m³/jam), H = 30 m	Setara Grundfos CM 1-4 / Ebara CDXM 70/05	2	set	7.500.000,00	15.000.000,00
4	Booster Pump *Recycle*	Q = ±1,27 L/s (4,57 m³/jam), H = 12 m	Setara Ebara CDX 120/20 /	2	set	14.000.000,00	28.000.000,00

No	Uraian Pekerjaan	Spesifikasi	Merk dan Tipe Setara	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
			Grundfos CM 5-4				
Total							**107.500.000,00**

4. Rekapitulasi Subtotal Sistem Plambing Air *Recycle*

   Uraian rekapitulasi subtotal anggaran sistem plambing air *recycle* ditunjukkan pada **Tabel 6.27**

Tabel 6.27 Rekapitulasi Subtotal Anggaran Sistem Plambing Air *Recycle*

No	Uraian Pekerjaan	Jumlah Harga
1	Perpipaan	**6.765.200,00**
2	Fitting dan Aksesoris	**21.058.000,00**
3	Pompa dan Tangki	**107.500.000,00**
	Subtotal Sistem Plambing *Recycle*	**135.323.200,00**

Berdasarkan **Tabel 6.27**, total anggaran sistem plambing air *recycle* adalah sebesar **Rp135.323.200,00**.

6.9.4 Anggaran Sistem Plambing *Reverse Osmosis*

1. Perpipaan RO

   Uraian anggaran perpipaan sistem plambing RO ditunjukkan pada **Tabel 6.28**

Tabel 6.28 Anggaran Pompa dan Tangki Sistem Plambing RO

No	Spesifikasi	Kebutuhan Pipa (m)	Volume per Batang	Harga Satuan per Meter (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
1	DN13 (PPR Ø 1/2")	84,475	22	49.009,00	1.078.198,00
2	DN16 (PPR Ø 5/8")	39,814	10	49.009,00	490.090,00
3	DN20 (PPR Ø 3/4")	172,619	44	76.577,00	3.369.388,00
				Sub Total	**4.937.676,00**

2. Fitting dan Aksesoris RO

   Uraian anggaran fitting dan aksesoris sistem plambing RO ditunjukkan pada **Tabel 6.29**

Tabel 6.29 Anggaran Fitting dan Aksesoris Sistem Plambing RO

No	Uraian	Dasar Perhitungan	Jumlah Harga (Rp)
1	*Elbow, Tee, Reducer, Socket dan Coupling*	20% × biaya perpipaan	1.225.327,00
2	*Valve (Ball Valve dan Check Valve)*	20% × biaya perpipaan	1.225.327,00
3	*Pipe Support dan Clamp*	15% × biaya perpipaan	918.995,00
4	*Fitting Minor (seal tape, lem, sealant, dll.)*	10% × biaya perpipaan	612.663,00
5	*Hydrotest dan Flushing*	5% × biaya perpipaan	306.332,00
		Sub Total	**4.288.644,00**

3. Unit RO dan Pompa

   Uraian anggaran unit RO dan Pompa sistem plambing RO ditunjukkan pada **Tabel 6.30**

Tabel 6.30 Anggaran Unit RO dan Pompa Sistem Plambing RO

No	Unit	Spesifikasi	Merk dan Tipe Setara	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
1	RO Storage Tank	Tangki PE	Setara Penguin PE / Profil Tank	1	unit	4.000.000,00	4.000.000,00
2	Booster Pump RO	Q = 0,42 L/s; H = 32 m	Setara Grundfos CM / Ebara CDXM	1	unit	10.000.000,00	10.000.000,00
3	Unit *Reverse Osmosis*	Medical RO Package lengkap	Setara Pentair / HydroPro	1	set	25.000.000,00	25.000.000,00
						Sub Total	**39.000.000,00**

4. Rekapitulasi Subtotal Sistem Plambing RO

   Uraian subtotal anggaran sistem plambing RO ditunjukkan pada **Tabel 6.31**

Tabel 6.31 Anggaran Unit RO dan Pompa Sistem Plambing RO

No	Uraian Pekerjaan	Jumlah Harga (Rp)
1	Perpipaan	4.937.676,00
2	Fitting dan Aksesoris	4.288.644,00
3	Pompa dan Peralatan	39.000.000,00
	Subtotal Sistem Plambing Air RO	**48.226.320,00**

6.9.5 Anggaran Sistem Plambing RWH

1. Perpipaan

   Uraian anggaran perpipaan sistem plambing RWH ditunjukkan pada **Tabel 6.32**

Tabel 6.32 Anggaran Perpipaan Sistem Plambing RWH

No	Spesifikasi	Volume (m)	Harga Satuan per Meter (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
1	DN20 (PVC AW Ø 3/4")	22	9.550,00	229.200,00
2	DN25 (PVC AW Ø 1")	59,626	13.050,00	783.000,00
			Total	**1.012.200,00**

2. Fitting dan Aksesoris RWH

   Uraian anggaran fitting dan aksesoris sistem plambing RWH ditunjukkan pada **Tabel 6.33**

Tabel 6.33 Anggaran Fitting dan Aksesoris Sistem Plambing RWH

No	Uraian	Dasar Perhitungan	Jumlah Harga (Rp)
1	*Elbow, Tee, Reducer, Socket dan Coupling*	20% × biaya perpipaan	197.644,00
2	*Valve (Gate Valve dan Check Valve)*	20% × biaya perpipaan	197.644,00
3	*Pipe Support dan Clamp*	15% × biaya perpipaan	148.233,00
4	*Fitting Minor (lem, sealant, clamp, dll.)*	10% × biaya perpipaan	98.822,00
5	*Hydrotest dan Flushing*	5% × biaya perpipaan	49.411,00
Sub Total			**691.754,00**

3. Pompa dan Tangki RWH

   Uraian anggaran pompa dan tangki sistem plambing RWH ditunjukkan pada **Tabel 6.34**

Tabel 6.34 Anggaran Pompa dan Tangki Sistem Plambing RWH

No	Uraian Pekerjaan	Spesifikasi	Merk dan Tipe Setara	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
1	*Ground Water Tank* RWH	Beton bertulang 198 m^3	Cast in situ reinforced concrete	1	unit	285.000.000,00	285.000.000,00
2	Pompa Transfer RWH	Q = 0,35 L/s; H = 18 m	Setara Grundfos CM / Ebara CDXM	1	unit	8.500.000,00	8.500.000,00
						Total	**293.500.000,00**

4. Rekapitulasi Subtotal Sistem Plambing RWH

   Uraian subtotal anggaran sistem plambing RWH ditunjukkan pada **Tabel 6.35**

Tabel 6.35 Rekapitulasi Subtotal Anggaran Sistem Plambing RWH

No	Uraian Pekerjaan	Jumlah Harga (Rp)
1	Perpipaan	1.012.200,00
2	Fitting dan Aksesoris	691.754,00
3	Pompa dan Peralatan	293.500.000,00
	Subtotal Sistem Plambing Air RO	**295.203.954,00**

6.9.6 Anggaran Sistem Proteksi Kebakaran

1. Anggaran perpipaan sistem hidran

   Uraian anggaran perpipaan sistem hidran ditunjukkan pada **Tabel 6.36**

Tabel 6.36 Anggaran Perpipaan Sistem Hidran

No	Spesifikasi	Kebutuhan Pipa (m)	Volume per Batang	Harga Per Batang (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
1	*Black Steel Sch40* DN80 (3")	240	60	1.487.000,00	89.220.000,00
2	*Black Steel Sch40* DN100 (4")	600	150	2.115.000,00	317.250.000,00
3	*Black Steel Sch40* DN150 (6")	60	15	3.700.000,00	55.500.000,00
				Subtotal Hidran	**461.970.000,00**

2. Anggaran perpipaan sistem sprinkler

   Uraian anggaran perpipaan sistem sprinkler ditunjukkan pada **Tabel 6.37**

Tabel 6.37 Anggaran Perpipaan Sistem Sprinkler

No	Spesifikasi	Kebutuhan Pipa (m)	Volume per Batang	Harga Per Batang (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
1	*Black Steel Sch40* DN25 (1")	701	176	330.000,00	58.080.000,00
2	*Black Steel Sch40* DN32 (1 1/4 ")	706	177	451.000,00	79.827.000,00
3	*Black Steel Sch40* DN40 (1 1/2 ")	385	97	537.000,00	52.089.000,00
4	*Black Steel Sch40* DN50 (2")	92	23	715.000,00	16.445.000,00
5	*Black Steel Sch40* DN65 (2 1/2 ")	176	44	1.140.000,00	50.160.000,00
6	*Black Steel Sch40* DN80 (3")	288	72	1.487.000,00	107.064.000,00
7	*Black Steel Sch40* DN100 (4")	192	48	2.115.000,00	101.520.000,00
8	*Black Steel Sch40* DN150 (6")	157	40	3.700.000,00	148.000.000,00
				Subtotal Sprinkler	**613.185.000,00**

3. Fitting dan Aksesoris sistem proteksi kebakaran

   Uraian anggaran fitting dan aksesoris sistem proteksi kebakaran ditunjukkan pada **Tabel 6.38**

Tabel 6.38 Anggaran Fitting dan Aksesoris Sistem Proteksi Kebakran

No	Uraian	Dasar Perhitungan	Jumlah Harga (Rp)
1	*Elbow*, *Tee*, *Reducer*, Coupling, Flange	35% × biaya pipa	348.515.250,00
2	Pipe Support dan Hanger	20% × biaya pipa	199.437.000,00
3	Hydrotest, Flushing, Welding Consumable	5% × biaya pipa	49.859.250,00
	Subtotal		**597.811.500,00**

4. Firepump package dan reservoir kebakaran

   Uraian anggaran *fire pump* package dan reservoir sistem proteksi kebakaran ditunjukkan pada **Tabel 6.39**

Tabel 6.39 Anggaran *Fire pump* Package dan Reservoir Kebakaran

No	Uraian	Spesifikasi	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
1	*Ground Water Tank* Kebakaran	Beton bertulang ±200 m³	1	unit	300.000.000,00	300.000.000,00
2	Electric *Fire pump*	1000 GPM; H = 116 m	1	unit	340.000.000,00	340.000.000,00

No	Uraian	Spesifikasi	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
3	Diesel *Fire pump*	1000 GPM; H = 116 m	1	unit	420.000.000,00	420.000.000,00
4	Jockey Pump	25 GPM; H = 120 m	1	unit	45.000.000,00	45.000.000,00
5	*Fire pump* Controller	Electric + Diesel + Jockey	1	set	55.000.000,00	55.000.000,00
6	*Common fire header*	DN150	1	set	30.000.000,00	30.000.000,00
					Total	**1.190.000.000,00**

5. Peralatan sistem hidran

   Uraian anggaran peralatan sistem hidran ditunjukkan pada **Tabel 6.40**

Tabel 6.40 Anggaran Peralatan Sistem Hidran

No	Uraian	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
1	Hydrant Box Type B lengkap	24	unit	5.500.000,00	132.000.000,00
2	Siamese Connection 4"	2	unit	9.500.000,00	19.000.000,00
				Total	**151.000.000,00**

6. Peralatan sistem sprinkler

   Uraian anggaran peralatan sistem hidran ditunjukkan pada **Tabel 6.41**

Tabel 6.41 Anggaran Peralatan Sistem Sprinkler

No	Uraian	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
1	*Sprinkler Head UL/FM*	645	unit	125.000,00	80.625.000,00
2	*Branch Control Valve Assembly*	6	set	15.000.000,00	90.000.000,00
3	*Pressure Reducing Valve*	1	set	28.000.000,00	28.000.000,00
4	*Inspector Test Valve*	6	set	2.500.000,00	15.000.000,00
5	*Water Flow Switch*	6	unit	2.800.000,00	16.800.000,00
				Total	**230.425.000,00**

7. Rekapitulasi anggaran sistem proteksi kebakaran

   Uraian anggaran peralatan sistem hidran ditunjukkan pada **Tabel 6.42**

Tabel 6.42 Rekapitulasi Subtotal Anggaran Sistem Proteksi Kebakaran

No	Uraian	Jumlah Harga (Rp)
1	Perpipaan Sistem Hidran	461.970.000
2	Perpipaan Sistem Sprinkler	613.185.000
3	Fitting dan Aksesoris	597.811.500
4	*Fire pump* Package dan Reservoir Kebakaran	1.190.000.000
5	Peralatan Sistem Hidran	151.000.000
6	Peralatan Sistem Sprinkler	230.425.000
	Subtotal Sistem Proteksi Kebakaran	**3.244.391.500**

6.9.7 Anggaran *Plumbing fixture*

1. Skenario Konvensional

   Anggaran *plumbing fixture* skenario konvensional ditunjukkan pada **Tabel 6.43**

Tabel 6.43 Anggaran *Plumbing fixture* Skenario Konvensional

No	Uraian *Fixture*	Produk Acuan	Jumlah	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
1	*Water closet single flush*	TOTO CW431J/ SW431JP	82	unit	2.205.000,00	180.810.000,00
2	*Lavatory faucet standar*	TOTO TX109LD	79	unit	840.000,00	66.360.000,00
3	*Keran dinding standar*	ONDA CLS 01	8	unit	49.000,00	392.000,00
4	*Urinal manual flush valve*	TOTO U57 + TOTO T60P	16	set	4.123.000,00	65.968.000,00
5	*Showerhead standar*	ONDA SO250	36	unit	319.000,00	11.484.000,00
6	*Kitchen faucet standar*	TOTO TX606MME	2	unit	1.253.000,00	2.506.000,00
7	*Medical/service sink*	TOTO SK33	17	unit	8.162.000,00	138.754.000,00
8	*Floor drain*	ONDA FLS 03 3”	56	unit	59.000,00	3.304.000,00
Subtotal *Fixture* Konvensional						**469.578.000,00**
Biaya Pemasangan (10%)						**46.957.800,00**
Subtotal						**516.535.800,00**

Berdasarkan **Tabel 6.43** total biaya *plumbing fixture* pada skenario konvensional sebelum biaya tidak terduga dan PPN adalah sebesar **Rp 516.535.800**.

2. Skenario *Green Fixture*

   Anggaran *plumbing fixture* skenario *green fixture* ditunjukkan pada **Tabel 6.44**

Tabel 6.44 Anggaran *Plumbing fixture* Skenario *Green Fixture*

No	Uraian *Fixture*	Produk Acuan	Jumlah	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
1	Water closet dual flush	TOTO CW956RPJ/SW956JP	82	unit	6.216.000,00	509.712.000,00
2	Lavatory faucet low-flow	ONDA F380SS + flow restrictor	79	unit	229.000,00	18.091.000,00
3	Keran dinding low-flow	TOTO TX133L + flow restrictor	8	unit	700.000,00	5.600.000,00
4	Urinal sensor/low-flush	TOTO UW58JM + TEA99V100	16	set	10.115.000,00	161.840.000,00
5	Low-flow shower*head*	ONDA SW Eco Spray	36	unit	319.000,00	11.484.000,00
6	Kitchen faucet low-flow	TOTO TX606KES + aerator/restrictor	2	unit	1.659.000,00	3.318.000,00
7	Medical/service sink	TOTO SK33	17	unit	8.162.000,00	138.754.000,00
8	Floor d*rain*	ONDA FLS 03 3”	56	unit	59.000,00	3.304.000,00
Subtotal *Fixture Green*						**852.103.000,00**
Biaya Pemasangan (10%)						**85.210.300,00**
Subtotal						**937.313.300,00**

Berdasarkan **Tabel 6.44**, total biaya *plumbing fixture* pada skenario *green fixture* sebelum biaya tidak terduga dan PPN adalah sebesar **Rp 937.313.300,00.**

3. Rekapitulasi RAB *Plumbing fixture*

   Rekapitulasi RAB *plumbing fixture* digunakan untuk mengetahui perbedaan biaya awal antara skenario konvensional dan skenario *green fixture*. Perbandingan tersebut ditunjukkan pada **Tabel 6.45.**

Tabel 6.45 Rekapitulasi RAB *Plumbing fixture*

Komponen	*Fixture* Konvensional (Rp)	*Green Fixture* (Rp)	Selisih (Rp)
Material *fixture*	469.578.000,00	852.103.000,00	382.525.000,00

Berdasarkan **Tabel 6.45**, total RAB *plumbing fixture* skenario konvensional adalah sebesar **Rp469.578.000**, sedangkan total RAB *green fixture* adalah sebesar **Rp852.103.000**. Selisih biaya setelah biaya tidak terduga dan PPN adalah sebesar **Rp382.525**. Selisih ini menunjukkan tambahan biaya awal yang diperlukan untuk menerapkan *green fixture* pada sistem plambing gedung.

6.9.8 Rekapitulasi RAB

Rekapitulasi RAB material untuk setiap sistem dan total biaya setelah pemasangan ditunjukkan pada **Tabel 6.46**

Tabel 6.46 Rekapitulasi RAB

No	Sistem	Jumlah Harga (Rp)	
1	Sistem Air PDAM	**233.460.600,00**	
2	Sistem Air Panas	**146.332.564,00**	
3	Sistem Air *Recycle*	**135.323.200,00**	
4	Sistem RO	**48.226.320,00**	
5	Sistem RWH	**295.203.954,00**	
6	Sistem Proteksi Kebakaran	**3.244.391.500,00**	
7	Skenario *Plumbing fixture*	**Konvensional**	***Green***
	Material Fixture	469.578.000,00	852.103.000,00
	Biaya Pemasangan (10%)	46.957.800,00	85.210.300,00
	Subtotal *Plumbing fixture*	**516.535.800,00**	**937.313.300,00**
8	**Subtotal I**	**4.621.285.138,00**	**5.042.062.638,00**
9	Biaya tidak terduga (10%)	462.128.513,80	504.206.263,80
10	**Subtotal II**	**5.083.413.651,80**	**5.546.268.901,80**
11	Pajak/PPN (11%)	559.175.501,70	610.089.579,20
12	**Total RAB**	**5.640.377.678,30**	**6.154.147.005,80**
13	**Pembulatan**	**5.641.000.000,00**	**6.155.000.000,00**
14	**Selisih RAB (*Green* – Konvensional)**	**514.000.000,00**	

Berdasarkan hasil rekapitulasi, total Rencana Anggaran Biaya (RAB) sistem plambing pada skenario konvensional sebesar Rp5.643.000,00, sedangkan pada skenario *green* sebesar Rp6157.000.000,00. Dengan demikian, penerapan konsep *green* plumbing memerlukan tambahan investasi awal sebesar Rp514.000.000,00. Kenaikan biaya tersebut terutama disebabkan oleh penggunaan *green plumbing fixture* yang memiliki spesifikasi hemat air, sementara komponen sistem plambing lainnya relatif tidak mengalami perubahan yang signifikan

6.9.9 Analisis Dampak Penghematan Air

Simulasi *EDGE Building* menunjukkan bahwa penerapan *green plumbing fixture* menghasilkan penghematan konsumsi air sebesar 4.304,60 m^3/tahun atau setara dengan efisiensi penggunaan air sebesar 34,90% dibandingkan kondisi dasar. Nilai tersebut telah melampaui persyaratan minimum efisiensi air *EDGE Certified* sebesar 20%.

Untuk mengkuantifikasi manfaat ekonomi secara langsung, volume *water savings* tersebut dikonversi menggunakan tarif resmi Perumda Tirtawening Kota Bandung Golongan Niaga 3C Tahun 2026. Berdasarkan kebutuhan air total rumah sakit sebesar 88,55 m^3/hari atau sekitar 2.657 m^3/bulan, konsumsi air pada kedua skenario berada jauh di atas batas pemakaian 30 m^3/bulan, sehingga seluruh volume penghematan dapat direpresentasikan menggunakan tarif marginal golongan Niaga 3C (>30 m^3) sebesar Rp24.300/m^3.

Dengan demikian, penghematan biaya pembelian air bersih dapat dihitung sebagai berikut:

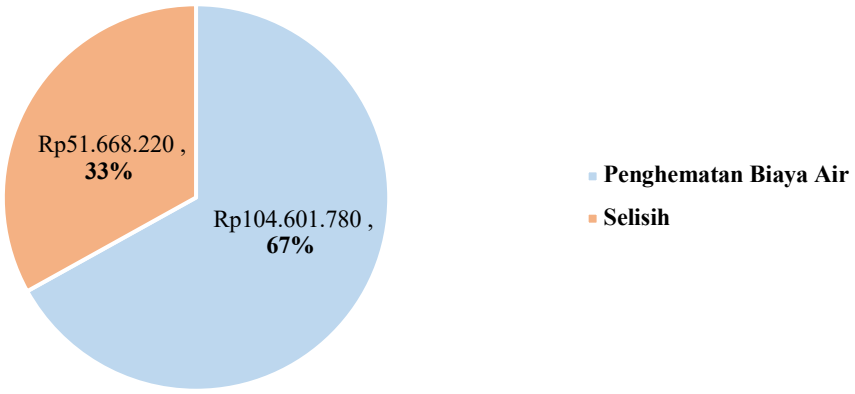
$$4.304{,}60\ m^3/\text{tahun} \times Rp24.300\ /m^3 = Rp104.601.780/\text{tahun}$$

Adapun hasil kuantifikasi nilai ekonomi penghematan air ditunjukkan pada **Tabel 6.47** dan kontribusi penghematan terhadap *Utility Cost Savings* yang disimulasikan di *EDGE Building* ditunjukkan pada **Gambar 6.15.**

Tabel 6.47 Kuantifikasi Nilai Ekonomi *Water Savings*

Parameter	Nilai
Water Savings	4.304,60 m³/tahun
Tarif PDAM Niaga 3C (>30 m³)*	Rp24.300/m³
Penghematan biaya air	Rp104.601.780/tahun
Utility Cost Savings EDGE	Rp156.270.000/tahun
Selisih	Rp51.668.220/tahun

*) *Sumber: Open Data Kota Bandung Tarif Air Minum PDAM Tirtawening Berdasarkan Golongan*



Gambar 6.15 Kontribusi Penghematan Biaya Air Terhadap *Utility Cost Saving EDGE Building*

Hasil pada **Tabel 6.48** dan **Gambar 6.17** menunjukkan bahwa nilai ekonomi penghematan air bersih mencapai Rp104.601.780/tahun, yang ekuivalen dengan sekitar 67% dari *Utility Cost Savings* sebesar Rp156.270.000/tahun yang merupakan hasil simulasi oleh *EDGE Building*. Temuan ini menunjukkan bahwa sebagian besar manfaat ekonomi hasil simulasi dapat direpresentasikan melalui penghematan biaya pembelian air bersih berdasarkan tarif PDAM aktual.

Sementara itu, selisih penghematan sebesar Rp51.668.220/tahun merupakan komponen utilitas yang tidak diuraikan secara eksplisit pada *Results Bar EDGE Building* sehingga tidak dianalisis lebih lanjut. Komponen tersebut diasumsikan berasal dari penurunan konsumsi energi pompa distribusi, berkurangnya kebutuhan energi sistem *Heat Pump Water Heater*, serta penurunan biaya operasional utilitas pendukung akibat menurunnya volume air yang didistribusikan maupun diolah.

Penerapan alat plambing hemat air pada bangunan tidak hanya diekspektasikan memberikan efisiensi finansial melalui reduksi biaya operasional pembelian air bersih di PDAM, tetapi juga berpotensi menghasilkan manfaat turunan (co-benefits) terhadap kinerja sistem elektromekanikal dan lingkungan. Dampak turunan ini secara teoretis dapat dievaluasi melalui dua aspek utama, yaitu keterkaitan air dan energi (*Water-Energy Nexus*) serta proyeksi penurunan beban infrastruktur pengolahan air limbah (IPAL).

Dari perspektif *Water-Energy Nexus*, reduksi volume konsumsi air harian diestimasikan memiliki korelasi positif terhadap efisiensi energi bangunan. Pendistribusian air bersih ke seluruh utilitas gedung sangat bergantung pada kerja mekanis dari sistem pompa transfer maupun pompa *booster*. Dengan adanya indikasi penurunan konsumsi air operasional pada simulasi *Improved Case* di *EDGE Building*, frekuensi kerja (*start-stop*) dan total jam operasional (*running hours*) pompa dapat diproyeksikan ikut menurun. Penurunan beban operasional ini memiliki peluang untuk mereduksi konsumsi daya listrik bangunan (kWh) serta meminimalkan tegangan hidraulik pada perpipaan, yang pada gilirannya diharapkan mampu menunjang keawetan umur layan (*service life*) peralatan elektromekanikal.

Selain itu, efisiensi pada sisi suplai air bersih secara konseptual akan memberikan implikasi pada sisi pembuangan. Berdasarkan hukum kekekalan massa pada sistem plambing, timbulan air limbah (*wastewater generation*) berbanding lurus dengan volume air bersih yang dikonsumsi. Oleh karena itu, penggunaan plambing *fixture* hemat air diperkirakan dapat mereduksi volume limbah cair (baik *greywater* maupun *blackwater*) yang masuk ke dalam Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL).

Pada skala makro regional, air yang diefisienkan karena penggunaan *low-flow fixture* secara tidak langsung dapat berpotensi memberikan ruang bagi peningkatan cakupan layanan distribusi PDAM. Kuota debit air yang berhasil dihemat dari operasional rumah sakit secara teoretis dapat dialokasikan ulang oleh penyedia layanan untuk memenuhi kebutuhan pelanggan atau sektor lain yang belum terlayani.

Berdasarkan nilai tambahan investasi aktual sebesar Rp514.000.000 dan penghematan biaya air bersih sebesar Rp104.601.780/tahun, periode pengembalian investasi (*payback period*) dihitung dengan membagi nilai *incremental cost* terhadap penghematan biaya tahunan yang diperoleh.

Payback Period = *Incremental Cost* / Penghematan Biaya Tahunan

= Rp514.000.000 / Rp104.601.780/tahun

= 4,9 tahun

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa investasi tambahan pada penerapan *green plumbing fixture* dapat kembali dalam waktu sekitar 4,9 tahun. Nilai *payback period* tersebut menunjukkan bahwa penerapan *green plumbing fixture* layak secara ekonomis karena mampu memberikan pengembalian investasi dalam jangka waktu yang relatif singkat selama umur layan bangunan. Selain menghasilkan efisiensi penggunaan air sebesar 34,90%, implementasi *green plumbing fixture* juga memberikan manfaat ekonomi berupa penurunan biaya operasional pembelian air bersih dari PDAM secara berkelanjutan.

BAB VII
KESIMPULAN

7.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan teknis, simulasi konservasi air berbasis *EDGE Building*, dan analisis kelayakan ekonomi yang telah dilakukan terhadap sistem plambing Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem plambing dirancang berdasarkan 310 fixture unit yang terdiri atas WC, LAV, SHW, URN, SNK, FCT, KCS, dan FD, dengan perencanaan mengacu pada SNI 8153:2025 serta standar proteksi kebakaran SNI 3989-1:2024, SNI 3989-2:2024, dan SNI 6570:2023.
2. Konfigurasi distribusi ditetapkan sesuai karakteristik kebutuhan dan tekanan masing-masing sistem, meliputi *two-tank system* PDAM dengan zona gravitasi dan *booster*, sistem air panas sentral dengan *booster* dan resirkulasi, jaringan *recycle* dan RWH sebagai sistem *non-potable* terpisah, sistem RO *direct upfeed*, serta sistem proteksi kebakaran dengan sprinkler dan hidran melalui *common fire header*.
3. Analisis hidraulik dilakukan menggunakan metode UBAP SNI 8153:2025 untuk menentukan diameter pipa, debit, kecepatan, *headloss,* dan kebutuhan pompa. Sistem menggunakan PVC AW, PPR PN, dan *Black Steel Sch*. 40, dengan pompa transfer, booster, dan resirkulasi yang disesuaikan terhadap kebutuhan head masing-masing sistem.
4. Evaluasi konservasi air menggunakan *EDGE Building* menunjukkan *Improved Case* menurunkan konsumsi air dari 33,97 menjadi 22,00 m^3/hari atau sebesar 34,90% (±4.305 m^3/tahun), melampaui ambang efisiensi air *EDGE* sebesar 20%. Penghematan terbesar berasal dari substitusi kebutuhan flushing dengan air recycle dan penggunaan *water-efficient fixture* pada *bathroom faucet*.

5. Evaluasi ekonomi menunjukkan investasi sistem plambing skenario green sebesar Rp6.155.000.000, lebih tinggi Rp514.000.000 atau 9,11% dibandingkan skenario konvensional sebesar Rp5.641.000.000. Tambahan investasi tersebut menghasilkan estimasi penghematan biaya air sebesar Rp104.601.780/tahun berdasarkan tarif PDAM, yang setara dengan 66,9% dari *Utility Cost Savings* sebesar Rp156.270.000/tahun berdasarkan simulasi *EDGE.*

7.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan keterbatasan lingkup yang ditetapkan, terdapat beberapa saran untuk potensi pengembangan penelitian selanjutnya

1. Penelitian selanjutnya disarankan mengevaluasi kesesuaian metode UBAP pada sistem plambing yang menggunakan *green fixture*, termasuk kemungkinan kalibrasi parameter desain agar dimensi perpipaan lebih representatif terhadap kondisi operasional aktual.
2. Perencanaan pada tugas akhir ini dibatasi pada aspek konservasi air. Untuk memenuhi kriteria *Green Hospital* secara holistik, penelitian lanjutan perlu dilakukan dengan mencakup Aspek Efisiensi Energi dan Material Bangunan.

DAFTAR PUSTAKA

Afrhiani, S. A., Pharmawati, K., & Nurprabowo, A. (2020). Potensi penerapan konservasi air pada Gedung Dekanat Universitas X. *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan, 12*(2), 100–109.

American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. (1967). *ASHRAE handbook of fundamentals*. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.

Apriatna, M. (2022). *Analisa kebutuhan air bersih dan limbah di Rumah Sakit Pratama Manggelewa* [Skripsi, Universitas Muhammadiyah Mataram].

Arsyad, S. (1989). *Konservasi tanah dan air*. IPB Press.

Badan Pusat Statistik Kota Bandung. (2024). *Kota Bandung dalam angka 2024*. BPS Kota Bandung.

Badan *Standard*isasi Nasional. (2000). *SNI 03-1745-2000: Tata cara perencanaan dan pemasangan sistem pipa tegak dan slang untuk pencegahan bahaya kebakaran pada bangunan rumah dan gedung*. Badan *Standard*isasi Nasional.

Badan Standardisasi Nasional. (2015). *SNI 8153:2015: Sistem plambing pada bangunan gedung*. Badan *Standard*isasi Nasional.

Badan Standardisasi Nasional. (2023). *SNI 6570:2023: Instalasi pompa yang dipasang tetap untuk proteksi kebakaran*. Badan *Standard*isasi Nasional.

Badan Standardisasi Nasional. (2024a). *SNI 3989-1:2024: Sistem sprinkler otomatis—Bagian 1: Persyaratan umum*. Badan *Standard*isasi Nasional.

Badan Standardisasi Nasional. (2024b). *SNI 3989-2:2024: Sistem sprinkler otomatis—Bagian 2: Tata cara perencanaan, pemasangan, dan pemeliharaan*. Badan *Standard*isasi Nasional.

Badan Standardisasi Nasional. (2025). *SNI 8153:2025: Sistem plambing pada bangunan gedung*. Badan *Standard*isasi Nasional.

Centers for Disease Control and Prevention. (2025). *Controlling Legionella in potable water systems*. Centers for Disease Control and Prevention.

https://www.cdc.gov/control-legionella/php/toolkit/*potable-water*-systems-module.html

Green Building Council Indonesia. (2018). *GREENSHIP rating tools untuk bangunan baru versi 1.2*. *Green* Building Council Indonesia.

Indrayandi, W. (2018). *Gambaran penyehatan air bersih di Rumah Sakit Umum Daerah (RSUD) Sungai Daerah Kabupaten Dharmasraya tahun 2018* [Tugas akhir, Poltekkes Kemenkes Padang].

International Finance Corporation. (2024). *EDGE user guide: Part 4—Water measures, version 3*. International Finance Corporation.

Josey, B. M., Buchberger, S. G., & Gong, J. (2023). Comparing actual and designed *water* demand in Australian multilevel residential buildings. *Journal of Water Resources Planning and Management, 149*(1), 05022013. https://doi.org/10.1061/(ASCE)WR.1943-5452.0001625

Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2018). *Pedoman rumah sakit ramah lingkungan (Green Hospital) di Indonesia*. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.

Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2019). *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 7 Tahun 2019 tentang Kesehatan Lingkungan Rumah Sakit*. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.

Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2020). *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 3 Tahun 2020 tentang Klasifikasi dan Perizinan Rumah Sakit*. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.

Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2021). *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 14 Tahun 2021 tentang Standar Kegiatan Usaha dan Produk pada Penyelenggaraan Perizinan Berusaha Berbasis Risiko Sektor Kesehatan*. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.

Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2022a). *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 8 Tahun 2022 tentang Perubahan atas Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 14 Tahun 2021 tentang Standar Kegiatan Usaha dan Produk pada Penyelenggaraan Perizinan Berusaha Berbasis Risiko Sektor Kesehatan*. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.

Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2022b). *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 40 Tahun 2022 tentang Persyaratan teknis bangunan, prasarana, dan peralatan kesehatan rumah sakit*. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.

Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2023). *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023 tentang Peraturan pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 tentang Kesehatan Lingkungan*. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.

Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia. (2015). *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 02/PRT/M/2015 tentang Bangunan Gedung Hijau*. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia.

Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia. (2021). *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 21 Tahun 2021 tentang Penilaian Kinerja Bangunan Gedung Hijau*. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia.

Kodoatie, R. J., & Syarief, R. (2010). *Tata ruang air*. Andi.

Kumari, M., & Singh, J. (2017). *Water* conservation: Strategies and solutions. *International Journal of Advanced Research and Development, 2*(4), 191–194.

Mangalekar, R. D., & Gumaste, K. S. (2021). Residential *water* demand modelling and hydraulic reliability in design of building *water* supply systems: A review. *Water Supply, 21*(4), 1385–1397. https://doi.org/10.2166/ws.2021.021

Mazumdar A., Jaman, H., & Das, S. (2014). Modification of Hunter's curve in the perspective of *water* conservation. *Journal of Pipeline Systems Engineering and Practice, 5*(1), 04013007. https://doi.org/10.1061/(ASCE)PS.1949-1204.0000150

Mazumdar, A., Jaman, H., & Das, S. (2021). *Standard*ization of *fixture* units for modern flush valves by optimizing *water* demand using modified Hunter's

curve. *Journal of Pipeline Systems Engineering and Practice, 12*(3), 04021022. https://doi.org/10.1061/(ASCE)PS.1949-1204.0000558

National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. (2019). *Management of Legionella in water systems*. The National Academies Press. https://doi.org/10.17226/25474

Natabraja, G. S. (2022). *Laporan studi akhir arsitektur 51: Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung*. Universitas Katolik Parahyangan.

Noerbambang, S. M., & Morimura, T. (2005). *Perancangan dan pemeliharaan sistem plambing*. Pradnya Paramita.

Novarizal, F. S., Pharmawati, K., dan Nurprabowo, A. (2022). Perencanaan sistem plambing air bersih dan air limbah di Rumah Sakit X Bandung. *Jukung: Jurnal Teknik Lingkungan, 8*(1), 95–104.

Pamungkas, A. R., Sucipto, T. L. A., Murtiono, E. S., & Farkhan, A. (2018). Kajian implementasi *green* building konservasi air Rumah Sakit UNS berdasarkan sistem sertifikasi *EDGE* (Excellence in Design for Greater Efficiencies). *Indonesian Journal of Civil Engineering Education, 4*(2), 70–81.

Pemerintah Kota Bandung. (2016). *Peraturan Walikota Bandung Nomor 1023 Tahun 2016 tentang Bangunan Gedung Hijau*. Pemerintah Kota Bandung.

Putro, R. W. S., & Yuwono, B. E. (2019). Pengaruh predikat gedung *green* building di Indonesia terhadap konservasi air berdasarkan sistem sertifikasi *EDGE* (Excellence in Design for Greater Efficiencies). *Prosiding Seminar Intelektual Muda, 1*(1), 217–220. https://doi.org/10.25105/psia.v1i1.5950

Rahayu, A. K., Pratama, Y., & Nurprabowo, A. (2020). Perencanaan sistem instalasi plambing air bersih dengan penerapan alat plambing hemat air di Rumah Sakit Universitas Sam Ratulangi. *Serambi Engineering, 5*(2), 914–920.

Rinka, D. Y., Sururi, M. R., & Wardhani, E. (2014). Perencanaan sistem plambing air limbah dengan penerapan konsep *green* building pada Gedung Panghegar Resort Dago Golf-Hotel & Spa. *Jurnal Reka Lingkungan, 2*(2).

Sahila, R. T., Hapsari, R. I., dan Charits, M. (2023). Perencanaan sistem distribusi air bersih dan pengolahan air buangan pada pembangunan RSUD Krian Kabupaten Sidoarjo. *JOS-MRK, 4*(2), 44–51.

Sekretariat Negara Republik Indonesia. (2023). *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 17 Tahun 2023 tentang Kesehatan*. Sekretariat Negara Republik Indonesia.

Setyowati, D. L., Trihatmoko, E., Wijayanto, P. A., & Amin, M. (2020). Simulating *water* efficiency management at UNNES Campus, Semarang, Indonesia using *EDGE* application. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 485*, Article 012038. https://doi.org/10.1088/1755-1315/485/1/012038

World Health Organization. (2017). *Guidelines for drinking-water quality: Fourth edition incorporating the first addendum*. World Health Organization.

L A M P I R A N

LAMPIRAN A - PERHITUNGAN HIDRAULIK SISTEM PLAMBING AIR PANAS

A.1 Penentuan Jalur Kritis Distribusi Air Panas

Jalur kritis ditentukan sebagai jalur distribusi terjauh dari *Roof tank* air panas menuju alat plambing terjauh (SHW 11) lantai teratas, yang merepresentasikan kondisi *headloss* maksimum dalam sistem. Data hidraulik jalur kritis distribusi terjauh ditunjukkan pada **Tabel A.1**.

Tabel A.1 Data Hidraulik Jalur Kritis Distribusi

No	Segmen Jalur	Panjang (m) [L]	DN (m) [D]	Debit Aliran Rencana (L/s) [Q]
1	VG_{L3} – RT	6,50	0,032	1,20
2	A – VG_{L3}	30,510	0,025	0,66
3	B – A	4,740	0,020	0,50
4	F – B	10,702	0,020	0,38
5	T – F	1,672	0,013	0,24
6	SHW 11 – T	4,227	0,013	0,20
Total		**58,351**		

Skema hidraulik sistem plambing air panas ditunjukkan pada **Gambar A.1.**

A.2 Perhitungan *Headloss* Distribusi

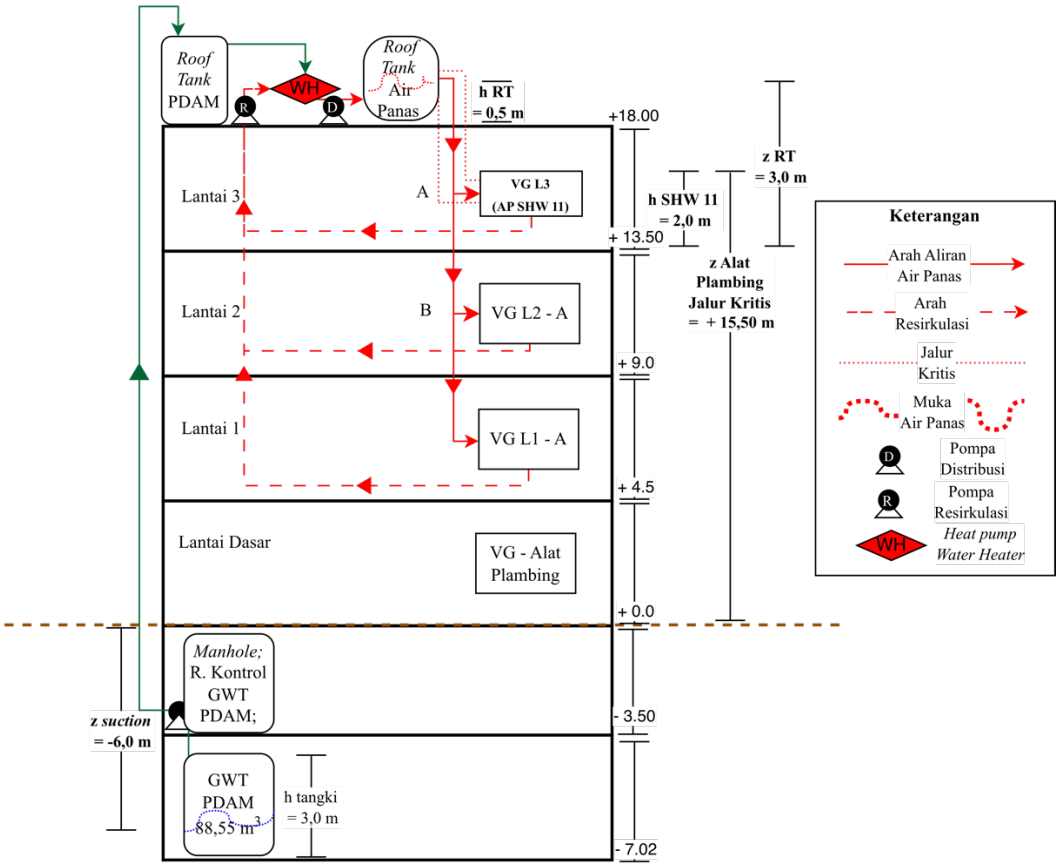
Contoh perhitungan *headloss* pada jalur **SHW 11 – T** adalah sebagai berikut:

1. Data hidraulik Jalur Distribusi
   - Debit rencana [Q] = 0,20 L/s = 0,0002 m^3/s
   - Diameter pipa [D] = DN 13 = 0,013 m
   - Koefisien Hazen-Wiliams [C] = 150 (pipa PPR)
2. *Headloss* Mayor [hf]

$$h_f = 10{,}67 \times \frac{L \times Q^{1{,}852}}{C^{1{,}852} \times D^{4{,}87}}$$

$$h_f = 10{,}67 \times \frac{4{,}227\ \text{m} \times (0{,}0002\ \text{m}^3/\text{s})^{1{,}852}}{150^{1{,}852} \times (0{,}013\ \text{m})^{4{,}87}} = 0{,}909\ \text{m}$$

$$h_f = 0{,}909\ \text{m}$$



Gambar A.1 Skema Hidraulik Sistem Plambing Air Panas

Adapun rekapitulasi perhitungan *headloss* mayor pada jalur kritis ditunjukkan pada **Tabel A.2**

Tabel A.2 Rekapitulasi *Headloss Mayor* Pipa Air Panas

No	Segmen Jalur	Panjang (m)	DN (m)	Debit Aliran Rencana (L/s)	*Headloss* Mayor (m)
		[L]	[D]	[Q]	[hf]
1	VG_{L3} – RT	6,5	0,032	1,2	0,480
2	A – VG_{L3}	30,51	0,025	0,66	2,479
3	B – A	4,74	0,02	0,5	0,683
4	F – B	10,702	0,02	0,38	0,927
5	T – F	1,672	0,013	0,24	0,504
6	SHW 11 – T	4,227	0,013	0,2	0,909
				Total	**5,983**

3. *Headloss* Minor (h_m)

Kehilangan tekanan akibat *fitting* dihitung dengan persamaan:

$$h_m = \sum K \times \frac{v^2}{2g}$$

Contoh perhitungan *headloss* minor adalah sebagai berikut:

Diketahui jumlah *tee* 5 unit dengan koefisien K = 0,6. Maka *headloss* minornya:

$$h_m = \sum K \times \frac{v^2}{2g}$$

$$h_{m\ tee} = \left(k \times \frac{(v_{VG\text{ - }RT}{}^2)}{2g}\right) + \left(k \times \frac{(v_{A\text{ - }VG}{}^2)}{2g}\right) + \left(k \times \frac{(v_{B\text{ - }A}{}^2)}{2g}\right) + \left(k \times \frac{(v_{F\text{ - }B}{}^2)}{2g}\right) + \left(k \times \frac{(v_{T\text{ - }F}{}^2)}{2g}\right)$$

$$h_{m\ tee} = \left(0{,}6 \times \frac{(1{,}49\ m/s)^2}{2 \times 9{,}81\ m/s^2}\right) + \left(0{,}6 \times \frac{(1{,}34\ m/s)^2}{2 \times 9{,}81\ m/s^2}\right) + \left(0{,}6 \times \frac{(1{,}59\ m/s)^2}{2 \times 9{,}81\ m/s^2}\right) + \left(0{,}6 \times \frac{(1{,}21\ m/s)^2}{2 \times 9{,}81\ m/s^2}\right) + \left(0{,}6 \times \frac{(1{,}81\ m/s)^2}{2 \times 9{,}81\ m/s^2}\right)$$

$h_{m\ tee}$ = 0,0679 + 0,0549 + 0,0773 + 0,0448 + 0,1002

$h_{m\ tee}$ = 0,3451 m

Adapun rekapitulasi perhitungan *headloss* minor jalur kritis dapat dilihat pada **Tabel A.3**

Tabel A.3 Rekapitulasi *Headloss Minor* Pipa Air Panas

Jenis *Fitting*	**Koefisien [K]**	**Letak Pada jalur**	**Kecepatan Aliran (m/s) [v]**	***Headloss* Minor (m) [hm]**
Tee	0,6	VG_{L3} – RT	1,49	0,0679
		A – VG_{L3}	1,34	0,0549
		B – A	1,59	0,0773
		F – B	1,21	0,0448
		T – F	1,81	0,1002
Elbow 45°	0,2	A – VG_{L3}	1,34	0,0183
Elbow 90°	0,9	A – VG_{L3}	1,34	0,0824
		F – B	1,21	0,0672
		SHW 11 – T	1,51	0,1046
Reducer DN 32 → 25	0,15	A – VG_{L3}	1,34	0,0138
Reducer DN 25 → 20	0,13	B – A	1,59	0,0168
Reducer DN 20 → 13	0,26	T – F	1,81	0,0434
Total *Headloss* Minor [hm]				**0,6915**

Sehingga total *headloss* minor pada jalur kritis distribusi aliran turun adalah 0,6915 m

4. Total *headloss* distribusi aliran air panas jalur kritis

   HL = hf + hm

   = 5,983 m + 0,6915 m

   = 6,675 m

5. Total *Headloss* distribusi aliran air panas lantai 2 dan lantai 1

   Uraian *headloss* distribusi aliran air panas lantai 2 dan lantai 1 ditunjukkan pada **Tabel A.4** dan **Tabel A.5.**

Tabel A.4 Rekapitulasi *Headloss* Pipa Air Panas Lantai 2

No	Segmen Jalur	Panjang (m)	DN (m)	Debit Aliran Rencana (L/s)	*Headloss* Mayor (m)
		[L]	[D]	[Q]	[hf]
1	VG L3 - RT	6,5	0,032	1,2	0,480
2	VG_{L2} – VG L3	4,5	0,032	0,85	0,176
3	A – VG_{L2}	30,51	0,025	0,66	2,479
4	B – A	4,74	0,02	0,5	0,683
5	F – B	10,702	0,02	0,38	0,927
6	T – F	1,672	0,013	0,24	0,504
7	SHW 11 – T	4,227	0,013	0,2	0,909
				Total *Headloss* Mayor	**6,159**

Jenis *Fitting*	Koefisien [K]	Letak Pada jalur	Kecepatan Aliran [v]	hm
Tee	0,6	VG_{L3} – RT	1,49	**0,0679**
	0,6	VG L2 - VG L3	1,06	**0,0342**
	0,6	A – VG_{L2}	1,34	**0,0549**
	0,6	B – A	1,59	**0,0773**
	0,6	F – B	1,21	**0,0448**
	0,6	T – F	1,81	**0,1002**
Elbow 45°	0,2	A – VG_{L2}	1,34	**0,0183**
Elbow 90°	0,9	A – VG_{L2}	1,34	**0,0824**
		F – B	1,21	**0,0672**
		SHW 11 – T	1,51	**0,1046**
Reducer DN 32 → 25	0,15	A – VG_{L2}	1,34	**0,0138**
Reducer DN 25 → 20	0,13	B – A	1,59	**0,0168**
Reducer DN 20 → 13	0,26	T – F	1,81	**0,0434**
			Total *Headloss* Minor	**0,7256**

Tabel A.5 Rekapitulasi *Headloss* Pipa Air Panas Lantai 1

No	Segmen Jalur	Panjang (m)	DN (m)	Debit Aliran Rencana (L/s)	*Headloss* Mayor (m)
		[L]	[D]	[Q]	[hf]
1	VG L3 - RT	6,5	0,032	1,2	0,480
2	VG $_{L2}$ – VG L3	4,5	0,032	0,85	0,176
3	VG $_{L1}$– VG L2	4,5	0,032	0,85	0,176
4	A – VG$_{L2}$	30,51	0,025	0,66	2,479
5	B – A	4,74	0,02	0,5	0,683
6	F – B	10,702	0,02	0,38	0,927
7	T – F	1,672	0,013	0,24	0,504
8	SHW 11 – T	4,227	0,013	0,2	0,909
				Total *Headloss* Mayor	**6,334**

Jenis *Fitting*	Koefisien [K]	Letak Pada jalur	Kecepatan Aliran [v]	hm
Tee	0,6	VG $_{L3}$ – RT	1,49	**0,0679**
	0,6	VG L2 - VG L3	1,06	**0,0342**
	0,6	VG L1 – VG L2	1,06	**0,0342**
	0,6	A – VG $_{L3}$	1,34	**0,0549**
	0,6	B – A	1,59	**0,0773**
	0,6	F – B	1,21	**0,0448**
	0,6	T – F	1,81	**0,1002**
Elbow 45°	0,2	A – VG $_{L1}$	1,34	**0,0183**
Elbow 90°	0,9	A – VG $_{L1}$	1,34	**0,0824**
		F – B	1,21	**0,0672**
		SHW 11 – T	1,51	**0,1046**
Reducer DN 32 → 25	0,15	A – VG $_{L1}$	1,34	**0,0138**
Reducer DN 25 → 20	0,13	B – A	1,59	**0,0168**
Reducer DN 20 → 13	0,26	T – F	1,81	**0,0434**
			Total *Headloss* Minor	**0,7597**

6. Rekapitulasi *Headloss* seluruh lantai

   Uraian *headloss* seluruh lantaiditunjukkan pada **Tabel A.6**

Tabel A.6 Rekapitulasi *Headloss* Jalur Distribusi

Lantai	ΔH (m)	*Headloss* Mayor [h_f] (m)	*Headloss* Minor [h_m] (m)	Total *Headloss* [HL] (m)
3	3	5,983	0,6915	**6,675**
2	7,5	6,159	0,7256	**6,884**
1	12	6,334	0,7597	**7,094**

A.3 Evaluasi Tekanan Gravitasi

Evaluasi tekanan gravitasi dilakukan dengan membandingkan *head* tersedia (ΔH) terhadap kebutuhan *head* total ($HL + H_{residual}$). Adapun kriterianya adalah:

$\Delta H \geq HL + H_{residual}$

Dengan H residual untuk SHW = 10 m

1. Lantai 3
   - *Head* tersedia (ΔH) = 3,0 m
   - Kebutuhan *head* = $HL + H_{residual}$
     = 6,675 m + 10 m = 16,675 m

   3 m < 16,675 m → tidak memenuhi
2. Lantai 2
   - *Head* tersedia (ΔH) = 7,5 m
   - Kebutuhan *head* = $HL + H_{residual}$
     = 6,884m + 10 m = 16,884 m

   7,5 m < 16,884 m → tidak memenuhi
3. Lantai 1
   - *Head* tersedia (ΔH) = 12 m
   - Kebutuhan *head* = $HL + H_{residual}$
     = 7,094 m + 10 m = 17,094 m

   12 m < 17,094 m → tidak memenuhi

Distribusi gravitasi tidak mampu menyediakan tekanan pelayanan minimum pada seluruh lantai, sehingga diperlukan pompa *booster* distribusi air panas.

A.4 Perhitungan *Head Booster* Distribusi

1. Data Perencanaan Pompa *Booster*

   ΔH = 3,00 m

   HL = 6,675 m

   $H_{residual}$ = 10 m
2. Perhitungan Kebutuhan *Head Booster*

   H_{boost} = $(HL + H_{residual}) - \Delta H$
   = (6,675 m + 10 m) – 3,00 m
   = 13,675 m

Dengan mempertimbangkan *safety factor* 15%, maka

H_{boost} = 13,675 m × 1,15

= 15,73 m ≈ 16 m.

Debit pompa direncanakan dengan nilai 1,2 L/s untuk melayani seluruh jaringan distribusi air panas dengan beban puncak totalnya.

A.5 Perencanaan Sistem Resirkulasi

Sistem resirkulasi dirancang sebagai loop tertutup untuk menjaga kestabilan temperatur air panas pada jaringan distribusi.

1. Data hidraulik Jalur Resirkulasi
   - Panjang Pipa Balik [L_{res}]**T – RT** = 72,35 m
   - Koefisien Hazen-Wiliams [C] = 150 (pipa PPR)
   - Diameter awal resirkulasi [D_{res}] = DN 16 = 0,016 m
   - Waktu resirkulasi [t] = 3 menit = 180 s
   - Volume air dalam pipa

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$A = \frac{3{,}14 \times (0{,}016\ \text{m})^2}{4} = 0{,}000201\ \text{m}^2$$

$$V = A \times L_{res}$$

$$V = 0{,}000201\ \text{m}^2 \times 72{,}35\ \text{m}$$

$$V = 0{,}0145\ \text{m}^3$$

   - Debit aliran resirkulasi

$$Q = \frac{V}{t}$$

$$Q = \frac{0{,}0145\ \text{m}^3}{180\ \text{s}} = 0{,}000081\ \text{m}^3/\text{s} = 0{,}081\ \text{L/s}$$

2. *Headloss* mayor jalur resirkulasi [h_f]

$$h_f = 10{,}67 \times \frac{L \times Q^{1{,}852}}{C^{1{,}852} \times D^{4{,}87}}$$

$$h_f = 10{,}67 \times \frac{72{,}35\ \text{m} \times (0{,}000081\ \text{m})^{1{,}852}}{150^{1{,}852} \times (0{,}016)^{4{,}87}} = 0{,}992\ \text{m}$$

3. *Headloss* minor jalur resirkulasi [h_m]

   Diketahui

   - *Tee* 4 unit (K = 0,6)
   - *Check valve* 1 unit (K = 2,0)
   - *Control valve* 1 unit (K = 0,2)
   - Kecepatan aliran sirkulasi

   $$v = \frac{Q}{A}$$

   $$v = \frac{0{,}000081\ m^3/s}{0{,}000201\ m^2} = 0{,}403\ m/s$$

   $$h_m = \sum K \times \frac{v^2}{2g}$$

   $$h_m = ((4 \times 0{,}6) + 2{,}0 + 0{,}2) \times \frac{(0{,}403\ m/s)^2}{2 \times 9{,}81} = 0{,}038\ m$$

4. *Headloss* Resirkulasi [HL_{loop}]

   $HL_{loop} = h_f + h_m$

   $= 0{,}992\ m + 0{,}038\ m = 1{,}03\ m$

5. *Head* pompa resirkulasi

   Sistem resirkulasi merupakan sistem loop tertutup sehingga:

   $H_{pompa} = HL_{loop}$

   Dengan *safety factor* 15%, maka

   $H_{pompa} = 1{,}03\ m \times 1{,}15\ m = 1{,}18\ m \approx 1{,}5\ m$

Pompa resirkulasi bekerja secara kontinu untuk menjaga temperatur air pada jaringan, menghindari stagnasi dan pendinginan fluida dan menjamin respon cepat saat penggunaan. Tekanan dalam pompa resirkulasi hanya mengatasi kehilangan gesek tanpa kebutuhan tekanan pelayanan alat plambing

LAMPIRAN B - PERHITUNGAN HIDRAULIK SISTEM PLAMBING AIR *RECYCLE*

B.1 Penentuan Jalur Kritis

Jalur kritis dipisahkan secara tegas menjadi dua bagian, mengikuti metode PDAM:

1. Jalur Pompa (GWT → RT) → untuk desain pompa
2. Jalur Distribusi (RT → Alat) → untuk evaluasi tekanan gravitasi

B.2 Penentuan *Head* Pompa Transfer

1. Debit Pompa Transfer

   Debit pompa transfer ditentukan berdasarkan kebutuhan harian air *recycle* untuk *flushing* toilet dan urinal.

   - Kebutuhan harian air *recycle* [Q_d] = 8,192 m^3/hari
   - Waktu operasional [t] = 10 jam

   $$Q_{operasional} = \frac{8{,}192\ m^3}{10\ jam} = 0{,}819\ m^3/jam$$

   $$= \frac{0{,}819\ m^3}{jam} \times \frac{1\ jam}{3600\ s}$$

   $$= 0{,}000227\ m^3/s = 0{,}227\ L/s$$

   Maka, debit pompa transfer adalah 0,227 L/s

2. Diameter Pipa Tegak

   Diketahui:

   - Panjang pipa naik = 26 m
   - Debit Operasional pompa = 0,000227 m^3/s = 0,227 L/s
   - Diameter pipa tegak (diasumsikan kecepatan aliran= 1,5 m/s)

   $$D = \sqrt{\frac{4 \times Q_{operasional}}{v \times \pi}}$$

   $$D = \sqrt{\frac{4 \times 0{,}000227\ m3/s}{1{,}5\ m/s \times 3{,}14}}$$

   D = 0,01388 m = 13,8 mm ≈ 20 mm ≈ DN 20

   Cek kecepatan aliran [v] dengan DN 20 = 0,72 m/s.

Kecepatan aliran sebesar 0,72 m/s berada di bawah rentang rekomendasi distribusi (0,9–2,0 m/s), tetapi masih dapat diterima karena jalur ini merupakan jalur pompa transfer yang beroperasi secara terkontrol dan tidak langsung menentukan tekanan pelayanan pada alat plambing.

3. *Head* Statis

$H_{statis} = z_{RT\,(recycle)} - z_{GWT(recycle)}$

H_{statis} = 18,50 m – (-6,00 m) = 24,50 m

4. *Headloss* Pipa Tegak

- Data Hidraulik Jalur Pompa

  Fluida Air *Recycle* + 20 ºC

  Material pipa = PVC AW

  Koefisien Hazen-Williams [C] = 140

  Percepatan gravitasi [g] = 9,81 m/s^2

  Panjang pipa naik total [L] = 26,0 m

  Diameter pipa [D] = 0,020 m (DN 20)

  Debit rencana operasional = 0,227 L/s = 0,000227 m^3/s

- *Headloss* Mayor [h_f]

$$h_f = 10{,}67 \times \frac{L \times Q^{1{,}852}}{C^{1{,}852} \times D^{4{,}87}}$$

$$h_f = 10{,}67 \times \frac{26\ m \times (0{,}000227\ m^3/s)^{1{,}852}}{140^{1{,}852} \times (0{,}020\ m)^{4{,}87}} = 0{,}986\ m$$

- *Headloss* minor [h_m]

  Untuk *fitting* yang tersedia pada jalur naik dari GWT ke *Roof tank*:

  - *Gate Valve* (K = 0,2)
  - *Check Valve* (K = 2,0)
  - *Elbow* 90º 3 unit (K = 0,9)

  Diketahui kecepatan aliran pada seluruh segmen pipa naik dengan pipa DN 20 adalah 0,72 m/s. Maka:

$$h_m = \sum K \times \frac{v^2}{2g}$$

$$h_m = (0{,}2 + 2{,}0 + (3 \times 0{,}9)) \times \frac{(0{,}72\ m/s)^2}{2 \times 9{,}81 m/s^2}$$

h_m = 0,129 m

- Total *Headloss* [HL]

  HL = hf + hm

  = 0,986 m + 0,129 m

  = 1,115 m

- Spesifikasi *Head* Pompa Transfer

  $H_{pompa} = H_{statis} + HL$

  = 24,50 m + 1,115 m

  = 25,615 m

  Dengan mempertimbangkan *safety factor* sebesar 10%, maka:

  $H_{pompa} = 1,10 \times 25,615$ m

  = 28,18 m

  Dengan demikian, *head* pompa transfer ditetapkan sebesar 30 m dengan debit desain sebesar 0,227 L/s sesuai debit operasional sistem. Selisih antara *head* pompa desain dan kebutuhan *head* sistem menunjukkan bahwa pompa memiliki cadangan tekanan yang cukup untuk mengatasi fluktuasi operasional dan variasi *headloss*.

B.3 Evaluasi Sistem Distribusi Gravitasi

Data hidraulik pada jalur kritis (lantai 3) distribusi air *recycle* ditunjukkan pada **Lampiran B.1**

Tabel B.1. Uraian Jalur Kritis Pipa Air *Recycle*

No	Segmen Jalur	Panjang (m) [L]	DN (m) [D]	Debit Aliran Rencana (L/s) [Q]	*Fitting*
1	VG_{L3} – RT	5,50	0,032	1,27	*Tee*
2	A – VG_{L3}	3,745	0,025	0,75	*Tee; Reducer* DN 32 → DN 25
3	C – A	9,778	0,020	0,62	*Tee; Elbow 45*; *Elbow* 90; *Reducer* DN 32 → DN 20
4	P – C	13,767	0,020	0,36	*Tee*; *Reducer* DN 25 → DN 20
5	Q – P	4,351	0,016	0,27	*Tee; Reducer* DN 20 → DN 16
6	W - Q	3,101	0,013	0,20	*Tee*; *Reducer* DN 16 → DN 13
7	X – W	1,900	0,013	0,15	*Tee*
8	WC 21 – X	9,151	0,013	0,10	*Elbow* 90; *Tee*
Total		**51,293**			

1. Perhitungan *Headloss* mayor (h_f)

   Contoh Perhitungan *Headloss* Mayor Segmen Kritis **DN 13 (X – W)**

$$h_f = 10{,}67 \times \frac{L \times Q^{1{,}852}}{C^{1{,}852} \times D^{4{,}87}}$$

$$h_f = 10{,}67 \times \frac{1{,}9\ \text{m} \times (0{,}00015\ \text{m}^3/\text{s})^{1{,}852}}{140^{1{,}852} \times (0{,}013\ \text{m})^{4{,}87}} = 0{,}273\ \text{m}$$

   Adapun rekapitulasi perhitungan *headloss* mayor jalur kritis distribusi dapat dilihat pada **Tabel B.2**

Tabel B.2 Rekapitulasi *Headloss* Mayor Jalur Kritis Pipa Air *Recycle*

No	Segmen Jalur	Panjang (m)	DN (m)	Debit Aliran Rencana (L/s)	*Headloss* Mayor (m)
		[L]	[D]	[Q]	[h_f]
1	VG_{L3} – RT	5,5	0,032	1,27	0,513
2	A – VG_{L3}	3,745	0,025	0,75	0,438
3	C – A	9,778	0,02	0,62	2,384
4	P – C	13,767	0,02	0,36	1,226
5	Q – P	4,351	0,016	0,27	0,674
6	W - Q	3,101	0,013	0,2	0,758
7	X – W	1,9	0,013	0,15	0,273
8	WC 21 – X	9,151	0,013	0,1	0,620
Total *Headloss* Mayor [h_f]					**6,886**

2. *Headloss* Minor (h_m)

   Contoh perhitungan *headloss* minor adalah sebagai berikut:

   Diketahui jumlah *tee* 7 unit dengan koefisien K = 0,6. Maka *headloss* minornya:

$$h_m = \sum K \times \frac{v^2}{2g}$$

$$h_{m\ tee} = \left(k \times \frac{(v_{A\text{ - }VG}{}^2)}{2g}\right) + \left(k \times \frac{(v_{C\text{ - }A}{}^2)}{2g}\right) + \left(k \times \frac{(v_{P\text{ - }C}{}^2)}{2g}\right) + \left(k \times \frac{(v_{Q\text{ - }P}{}^2)}{2g}\right)$$

$$\left(k \times \frac{(v_{W\text{ - }Q}{}^2)}{2g}\right) + \left(k \times \frac{(v_{X\text{ - }W}{}^2)}{2g}\right) + \left(k \times \frac{(v_{WC\ 21\text{ - }X}{}^2)}{2g}\right)$$

$$h_{m\ tee} = \left(0{,}6 \times \frac{(1{,}53\ \text{m/s})^2}{2 \times 9{,}81\ \text{m/s}^2}\right) + \left(0{,}6 \times \frac{(1{,}97\ \text{m/s})^2}{2 \times 9{,}81\ \text{m/s}^2}\right) + \left(0{,}6 \times \frac{(1{,}15\ \text{m/s})^2}{2 \times 9{,}81\ \text{m/s}^2}\right) +$$

$$\left(0{,}6 \times \frac{(1{,}34\ \text{m/s})^2}{2 \times 9{,}81\ \text{m/s}^2}\right) + \left(0{,}6 \times \frac{(1{,}51\ \text{m/s})^2}{2 \times 9{,}81\ \text{m/s}^2}\right) + \left(0{,}6 \times \frac{(1{,}13\ \text{m/s})^2}{2 \times 9{,}81\ \text{m/s}^2}\right) + \left(0{,}6 \times \frac{(0{,}75\ \text{m/s})^2}{2 \times 9{,}81\ \text{m/s}^2}\right)$$

$h_{m\ tee} = 0{,}0763 + 0{,}1273 + 0{,}0429 + 0{,}0589 + 0{,}0742 + 0{,}0417 + 0{,}0185$

$h_{m\ tee} = 0{,}4399$ m

Adapun rekapitulasi perhitungan *headloss* minor jalur kritis jaringan pipa air *Recycle* dapat dilihat pada **Tabel B.3**

Tabel B.3 Rekapitulasi *Headloss* Minor Jalur Kritis (Lantai 3) Distribusi

Jenis *Fitting*	Koefisien [K]	Letak Pada jalur	Kecepatan Aliran (m/s) [v]	*Headloss* Minor (m) [h_m]
Tee	0,6	A – VGL3	1,53	0,0714
		C – A	1,97	0,1191
		P – C	1,15	0,0402
		Q – P	1,34	0,0551
		W - Q	1,51	0,0694
		X – W	1,13	0,0391
		WC 21 – X	0,75	0,0174
Elbow 45°	0,2	C – A	1,97	0,0396
Elbow 90°	0,9	A – VGL3	1,53	0,1074
		C - A	1,97	0,1780
		WC 21 - X	0,75	0,0258
Reducer DN 32 → 25	0,15	A – VG $_{L3}$	1,53	0,0179
Reducer DN 25 → 20	0,13	C – A	1,97	0,0257
Reducer DN 20 → 16	0,13	Q - P	1,34	0,0119
Reducer DN 16 → 13	0,12	W - Q	1,51	0,0139
Total *Headloss* Minor [h_m]				**0,8319**

3. Total *Headloss* (HL) Jalur Kritis Sistem Plambing Air *Recycle*

HL = hf + hm

= 6,886 m + 0,8319 m

= 7,718 m

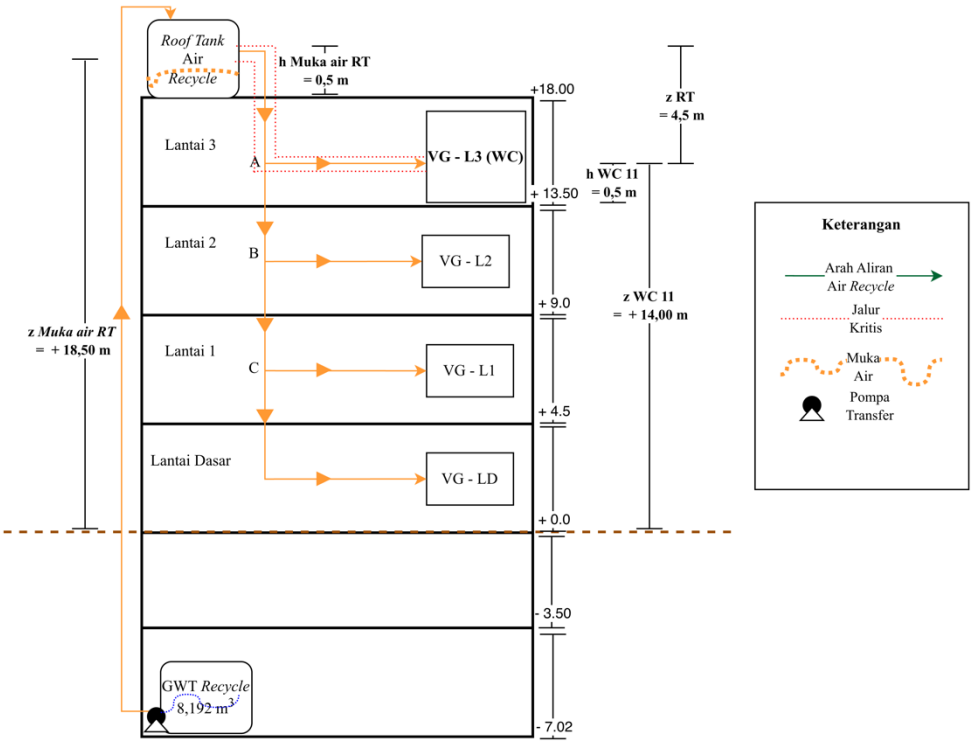
B.4 Evaluasi Tekanan Sisa Sistem Distribusi Air *Recycle*

Evaluasi dilakukan untuk menentukan apakah distribusi dari *Roof tank* (RT) mampu memenuhi tekanan minimum alat plambing tanpa bantuan pompa *booster*. Kriteria:

$$\Delta H \geq HL + Hresidual$$

Nilai H residual untuk alat plambing terjauh pada jalur kritis adalah WC = 7 m

Skema hidraulik sistem distribusi air *recycle* ditunjukkan pada **Gambar C.1**



Gambar B.1 Skema Hidraulik Sistem Distribusi Air *Recycle*

Adapun data evaluasi setiap lantai ditunjukkan pada **Tabel B.4**

Tabel B.4 Data Evaluasi Tekanan Sisa

Lantai	Elevasi Alat Plambing (m)	ΔH (m)
Lantai 3	+ 14,0	4,5
Lantai 2	+ 9,5	9
Lantai 1	+ 5,0	13,5
Lantai Dasar	+ 0,5	18

Adapun rincian *Headloss* setiap lantai ditunjukkan pada tabel **Tabel B.5 – Tabel B.7** dan rekapitulasinya pada **Tabel B.8**.

Tabel B.5 *Headloss* Lantai 2

***Headloss* Mayor**						
No	**Segmen Jalur**	**Panjang (m)**	**DN (m)**	**Debit Aliran Rencana (L/s)**	***Headloss* Mayor (m)**	**Cek Kecepatan (m/s)**
		[L]	**[D]**	**[Q]**	**[hf]**	**[v]**
1	VG_{L3} – RT	5,5	0,032	1,27	**0,513**	1,58
2	VG_{L2} – VGL3	4,5	0,032	1,15	**0,349**	1,43
3	A – VG_{L2}	3,745	0,025	0,75	**0,438**	1,53
4	C – A	9,778	0,02	0,62	**2,384**	1,97
5	P – C	13,767	0,02	0,36	**1,226**	1,15
6	Q – P	4,351	0,016	0,27	**0,674**	1,34
7	W - Q	3,101	0,013	0,2	**0,758**	1,51
8	X – W	1,9	0,013	0,15	**0,273**	1,13
9	WC 21 – X	9,151	0,013	0,1	**0,620**	0,75
				Total *Headloss* Mayor	**7,235**	

***Headloss* Minor**					
Jenis *Fitting*	**Koefisien [K]**	**Letak Pada jalur**	**Kecepatan Aliran [v]**	**hm**	**hm total**
Tee	0,6	VG_{L3} – RT	1,58	0,0763	**0,5333**
		VG L2 – VG L3	1,43	0,0625	
		A – VG_{L2}	1,53	0,0716	
		C – A	1,97	0,1187	
		P – C	1,15	0,0404	
		Q - P	1,34	0,0549	
		W - Q	1,51	0,0697	
		X - W	1,13	0,0390	
Elbow 45°	0,2	C - A	1,97	0,0396	**0,0396**
Elbow 90°	0,9	A – VG_{L2}	1,53	0,1074	**0,3112**
		C - A	1,97	0,1780	
		WC 21 – X	0,75	0,0258	
Reducer DN 32 → 25	0,15	A – VG_{L3}	1,53	0,0179	**0,0179**
Reducer DN 25 → 20	0,13	C – A	1,97	0,0257	**0,0257**
Reducer DN 20 → 16	0,13	Q - P	1,34	0,0119	**0,0119**
Reducer DN 16 → 13	0,12	W - Q	1,51	0,0139	**0,0139**
				Total *Head*lsos Minor	**0,9535**

Tabel B.6 *Headloss* Lantai 1

***Headloss* Mayor**						
No	**Segmen Jalur**	**Panjang (m)**	**DN (m)**	**Debit Aliran Rencana (L/s)**	***Headloss* Mayor (m)**	**Cek Kecepatan (m/s)**
		[L]	**[D]**	**[Q]**	**[hf]**	**v**
1	VG $_{L3}$ – RT	5,5	0,032	1,27	0,513	1,58
2	VG L2 – VG L3	4,5	0,032	1,15	0,349	1,43
3	VGL1 – VG_{L2}	4,5	0,032	0,85	0,200	1,06
4	A – VG_{L1}	3,745	0,025	0,75	0,438	1,53
5	C – A	9,778	0,02	0,62	2,384	1,97
6	P – C	13,767	0,02	0,36	1,226	1,15
7	Q – P	4,351	0,016	0,27	0,674	1,34
8	W - Q	3,101	0,013	0,2	0,758	1,51
9	X – W	1,9	0,013	0,15	0,273	1,13
10	WC 21 – X	9,151	0,013	0,1	0,620	0,75
				Total *Headloss* Mayor	**7,435**	

***Headloss* Minor**					
Jenis *Fitting*	**Koefisien [K]**	**Letak Pada jalur**	**Kecepatan Aliran [v]**	**hm**	**hm total**
Tee	0,6	VG $_{L3}$ – RT	1,58	0,0763	**0,5333**
		VG L2 – VG L3	1,43	0,0625	
		A – VG_{L2}	1,53	0,0716	
		C – A	1,97	0,1187	
		P – C	1,15	0,0404	
		Q - P	1,34	0,0549	
		W - Q	1,51	0,0697	
		X - W	1,13	0,0390	
Elbow 45°	0,2	C - A	1,97	0,0396	
Elbow 90°	0,9	A – VG_{L2}	1,53	0,1074	**0,3112**
		C - A	1,97	0,1780	
		WC 21 – X	0,75	0,0258	
Reducer DN 32 → 25	0,15	A – VG $_{L3}$	1,53	0,0179	**0,0179**
Reducer DN 25 → 20	0,13	C – A	1,97	0,0257	**0,0257**
Reducer DN 20 → 16	0,13	Q - P	1,34	0,0119	**0,0119**
Reducer DN 16 → 13	0,12	W - Q	1,51	0,0139	**0,0139**
				Total *Headloss* minor	**0,9535**

Tabel B.7 *Headloss* Lantai Dasar

***Headloss* Mayor**						
No	**Segmen Jalur**	**Panjang (m)**	**DN (m)**	**Debit Aliran Rencana (L/s)**	***Headloss* Mayor (m)**	**Cek Kecepatan (m/s)**
		[L]	**[D]**	**[Q]**	**[hf]**	**v**
1	VG $_{L3}$ – RT	5,5	0,032	1,27	**0,513**	1,58
2	VG L2 – VG L3	4,5	0,032	1,15	**0,349**	1,43
3	VGL1 – VG_{L2}	4,5	0,032	0,85	**0,200**	1,06
4	VG LD- VGL1	3,75	0,025	0,62	**0,308**	1,26
5	A – VG LD	3,745	0,025	0,63	**0,317**	1,28
6	B – A	9,389	0,02	0,51	**1,594**	1,62
7	O – B	36,918	0,013	0,15	**5,297**	1,13
8	WC 12 – O	2,5	0,013	0,1	**0,169**	0,75
				Total *Headloss* Mayor	**8,747**	

***Headloss* Minor**					
Jenis *Fitting*	**Koefisien [K]**	**Letak Pada jalur**	**Kecepatan Aliran [v]**	**hm**	**hm total**
Tee	0,6	VG L3 - RT	1,58	0,0763	**0,2458**
	0,6	A - VG	1,28	0,0501	
	0,6	B - A	1,62	0,0803	
	0,6	O - B	1,13	0,0390	
Elbow 45°	0,2	B - A	1,62	0,0268	
Elbow 90°	0,9	B - A	1,62	0,1204	**0,2375**
		O - B	1,13	0,0586	
		O – B	1,13	0,0586	
Reducer DN 32→ 25	0,13	VG LD- VGL1	1,26	0,0105	**0,0105**
Reducer DN 25 → 20	0,15	B – A	1,62	0,0201	**0,0201**
Reducer DN 20 → 13	0,13	O – B	1,13	0,0085	**0,0085**
				Total *Headloss* Minor	**0,5491**

Tabel B.8 Rekapitulasi *Headloss* Setiap Lantai

Lantai	***Headloss* Mayor**	***Headloss* Minor**	**Total *Headloss***
Lantai 3	6,886	0,8319	**7,718**
Lantai 2	7,235	0,9535	**8,189**
Lantai 1	7,435	0,9535	**8,388**
Lantai Dasar	8,747	0,5491	**9,296**

Evaluasi per Lantai

1. Lantai 3

   HL = 7,718 m

   HL + Hresidual = 7,718 m + 7 = 14,718 m

   ΔH = 4,5 m

   4,5 < 14,718 (tidak memenuhi)

2. Lantai 2

   HL = 8,189 m

   HL + Hresidual = 8,189 m + 7 = 15,189 m

   ΔH = 9,0 m

   9,0< 15,189 (tidak memenuhi)

3. Lantai 1

   HL = 8,388 m

   HL + Hresidual = 8,388 m + 7 = 15,388 m

   ΔH = 13,5 m

   13,5 < 15,388 (tidak memenuhi)

4. Lantai dasar

   HL = 9,296 m

   HL + Hresidual = 9,296 m + 7 = 16,296 m

   ΔH = 18,0 m

   18,0 > 16,296 (memenuhi)

Rekapitulasi Evaluasi Tekanan Sisa ditunjukkan pada **Tabel B.9.**

Tabel B.9 Hasil Evaluasi Tekanan Sisa

Lantai	**Htersedia**	***Headloss***	**Hresidual**	**Kebutuhan *Head* Minimum**	**Kesimpulan**
	ΔH (m)	**HL (m)**	**H_{res} (m)**	**HL + Hres (m)**	**ΔH : HL + Hres**
Dasar	18,00	9,271	7	16,271	Tidak perlu *booster*
1	13,50	8,388	7	15,388	Perlu *booster*
2	9,00	8,189	7	15,189	Perlu *booster*
3	4,50	7,718	7	14,718	Perlu *booster*

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa pada lantai 1 hingga lantai 3, *head* tersedia dari sistem gravitasi tidak mampu memenuhi kebutuhan *head* minimum (HL + Hresidual). Oleh karena itu, sistem distribusi tidak dapat beroperasi secara andal tanpa bantuan tekanan tambahan, sehingga diperlukan pompa *booster* untuk menjamin tekanan pelayanan.

B.5 Kebutuhan *Head* Pompa *booster*

Kebutuhan *head* pompa *booster* menggunakan lantai 3 sebagai jalur kritis

Hboost = (HL + Hres) – ΔH

H_{boost} = (7,718 + 7) – 4,5

= 10,218 m

Dengan *safety factor* 15%, maka

H_{boost} = 10,218 × 1,15 = 11,75 m

Maka ditetapkan *head booster* desain adalah 12 m dengan debit total sistem *booster* 1,27 L/s yang merupakan debit maksimum pada jalur kritis distribusi yang merepresentasikan kondisi beban puncak sistem.

LAMPIRAN C – PERHITUNGAN HIDRAULIK SISTEM PLAMBING AIR *REVERSE OSMOSIS* (RO)

C.1 Penentuan Jalur Kritis

Jalur kritis sistem distribusi air *Reverse Osmosis* ditentukan sebagai jalur aliran terjauh dari unit RO menuju *medical sink* (SNK) pada lantai tertinggi. Sistem distribusi air *Reverse Osmosis* menggunakan *direct upfeed system*, sehingga unit pompa RO bekerja secara langsung untuk mendistribusikan air menuju alat plambing tanpa menggunakan *Roof tank* perantara. Rincian jalur kritis pipa air RO dapat dilihat pada **Tabel C.1** Adapun skema hidraulik sistem plambing RO ditunjukkan pada **Gambar C.1**.

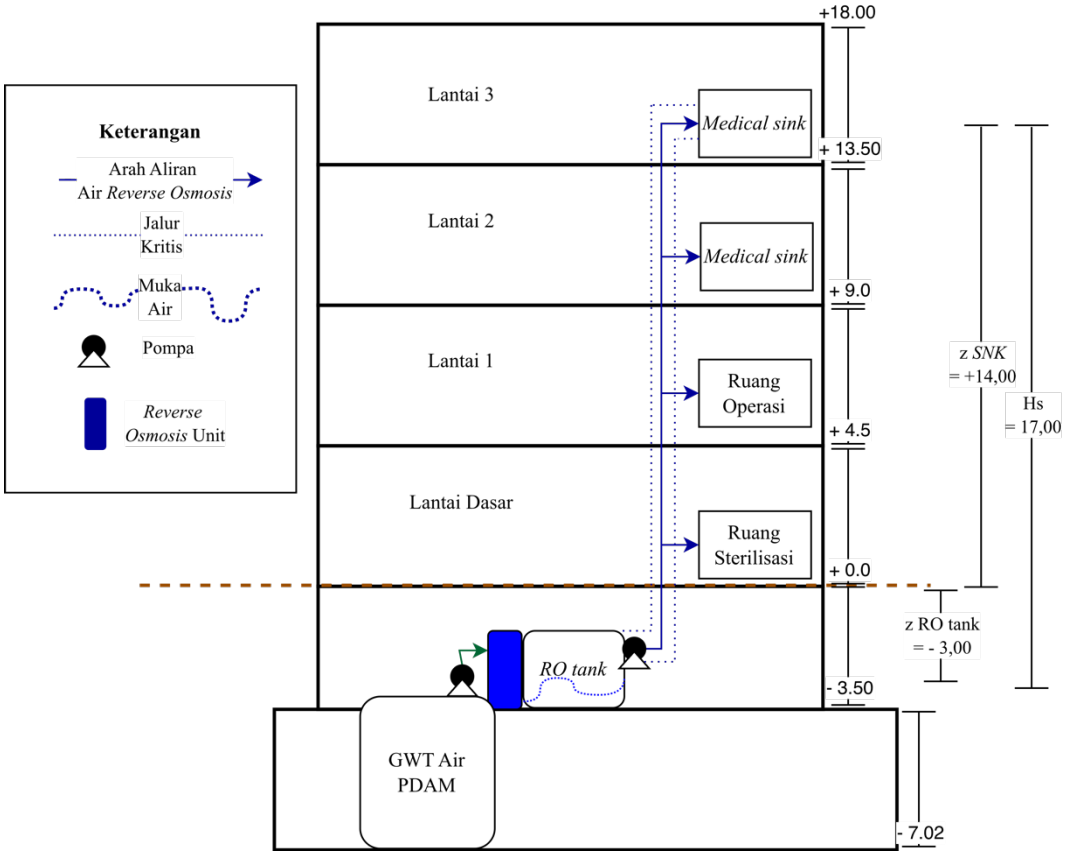
Tabel C.1. Uraian Jalur Kritis Pipa Air *Reverse Osmosis* (RO)

No	Segmen Jalur	Diameter	Panjang (m)	Debit Aliran Rencana [Q]	*Fitting*
1	RO Tank – VG LD	DN 20	7,00	0,42	*Elbow* 90
2	VG LD – VG L1	DN 20	4,50	0,42	*Tee*
3	VG L1 – VG L2	DN 20	4,50	0,36	*Tee*
4	VG L2 – VG L3	DN 16	4,50	0,27	*Tee* *Reducer* DN 20 → DN 16
5	VG L3 – SNK 1	DN 16	35,314	0,20	*Elbow* 90
Total Panjang Efektif Jalur Kritis			**55,814 m**		

C.2 Data Hidraulik Sistem Plambing *Reverse Osmosis* (RO)

Berikut merupakan data hidraulik pada sistem plambing air *Reverse Osmosis* (RO) untuk mengalirkan air RO 25°C.

1. Material pipa = PPR
2. Koefisien Hazen-williams (C) = 150
3. Percepatan gravitasi (g) = 9,81 m/s^2
4. Total panjang pipa efektif jalur kritis = 55,814 m
5. Jumlah dan Jenis *Fitting*
   - *Tee*: 3 buah
   - *Elbow* 90°: 2 buah
   - *Reducer* DN 20 → DN 16: 1 buah
6. Debit Rencana (*Peak Demand*) jalur kritis = 0,42 L/s = 0,00042 m^3/s



Gambar C.1 Skema Hidraulik Sistem Plambing RO

C.3 Penentuan *Head* Statis [H_{statis}]

Elevasi *medical sink* (SNK) di jalur kritis = 0,5 m + 13,50 m = + 14 m

Elevasi tank *Reverse Osmosis* = - 3,0

$H_{statis} = z_{discharge} - z_{suction}$

H_{statis} = +14,00 m – (-3,0) m = 17,00 m

C.4 Perhitungan *Headloss* mayor (h_f)

Contoh Perhitungan *Headloss* Mayor **DN 16 (VG L3 – SNK 1)**

1. Data segmen:

   Panjang Pipa [L] = 35,314 m

   DN pipa [D] = 0,016 m

   Debit Aliran [Q] = 0,20 L/s = 0,00020 m^3/s

2. *Headloss mayor* [h_f]

$$h_f = 10{,}67 \times \frac{L \times Q^{1{,}852}}{C^{1{,}852} \times D^{4{,}87}}$$

$$h_f = 10{,}67 \times \frac{35{,}314\ \text{m} \times (0{,}00020\ \text{m}^3)^{1{,}852}}{150^{1{,}852} \times (0{,}016)^{4{,}87}}$$

$h_f = 2{,}763$ m

Adapun rekapitulasi perhitungan *headloss* mayor jalur kritis dapat dilihat pada **Tabel C.2**

Tabel C.2 Rekapitulasi *Headloss* Mayor Jalur Kritis Pipa Air RO

No	Jalur	Panjang (m) [L]	D (m) [D]	Debit Aliran Rencana (L/s) [Q]	*Headloss* Mayor (m) [hf]
1	RO Tank – VG LD	7,00	0,020	0,42	0,730
2	VG LD – VG L1	4,50	0,020	0,42	0,469
3	VG L1 – VG L2	4,50	0,020	0,36	0,353
4	VG L2 – VG L3	4,50	0,016	0,27	0,614
5	VG L3 – SNK 1	35,314	0,016	0,20	2,763
Total *Headloss* Mayor [hf]					**4,929**

C.5 *Headloss* Minor (h_m)

Contoh perhitungan *headloss* minor adalah sebagai berikut:

Diketahui jumlah *tee* 3 unit dengan koefisien K = 0,6. Maka *headloss* minornya:

$$h_m = \sum K \times \frac{v^2}{2g}$$

$$h_{m\ tee} = \left(k \times \frac{(v_{\text{VG LD - VG L1}}{}^2)}{2g}\right) + \left(k \times \frac{(v_{\text{VG L1 - VG L2}}{}^2)}{2g}\right) + \left(k \times \frac{(v_{\text{VG L2 - VG L3}}{}^2)}{2g}\right)$$

$$h_{m\ tee} = \left(0{,}6 \times \frac{(1{,}34\ \text{m/s})^2}{2 \times 9{,}81\ \text{m/s}^2}\right) + \left(0{,}6 \times \frac{(1{,}15\ \text{m/s})^2}{2 \times 9{,}81\ \text{m/s}^2}\right) + \left(0{,}6 \times \frac{(1{,}34\ \text{m/s})^2}{2 \times 9{,}81\ \text{m/s}^2}\right)$$

$h_{m\ tee} = 0{,}0549$ m + 0,0404 m + 0,0549 m

$h_{m\ tee} = 0{,}1503$ m

Adapun rekapitulasi perhitungan *headloss* minor jalur kritis jaringan pipa air RO dapat dilihat pada **Tabel C.3**

Tabel C.3 Jumlah dan Jenis *Fitting* di Jalur Kritis

Jenis *Fitting*	Koefisien	Letak Pada jalur	Kecepatan Aliran (m/s)	*Headloss* Minor (m)
	[K]		[v]	[h_m]
Tee	0,6	VG LD – VG L1	1,34	**0,0549**
		VG L1 – VG L2	1,15	**0,0404**
		VG L2 – VG L3	1,34	**0,0549**
Elbow 90°	0,9	RO Tank – VG LD	1,34	**0,0824**
		VG L3 – SNK 1	0,99	**0,0450**
Reducer DN 20 → 16	0,13	VG L2 – VG L3	1,34	**0,0119**
Total *Headloss* Minor [h_m]				**0,2895**

C.6 Total *Headloss* (HL) Sistem Plambing Air RO

HL = hf + hm

= 4,929 m + 0,2895 m

= 5,219 m

C.7 Penentuan *Head* Pompa Desain

H residual untuk unit medical sink (SNK) ditetapkan dengan nilai 5 m.

$H_{pompa} = H_{statis} + HL + H_{residual}$

= 17,00 m + 5,219 m + 5,00 m

= 27,219 m

Safety factor = 15%

H_{desain} = (27,219 m × 15%) + 27,219 m

=31,30 m ≈ 32 m

Berdasarkan hasil perhitungan, total *head* pompa minimum yang dibutuhkan untuk mendistribusikan air *Reverse Osmosis* (RO) menuju *medical sink* pada lantai tertinggi adalah sebesar 27,219 m. Dengan mempertimbangkan *safety factor* sebesar 15%, maka *head* pompa desain yang digunakan adalah sebesar 32 m. Nilai tersebut menunjukkan bahwa pompa distribusi RO mampu mengatasi *head* statis, *headloss* sepanjang jalur kritis, serta memenuhi kebutuhan *residual head* pada *medical sink* di lantai tertinggi.

LAMPIRAN D – PERHITUNGAN HIDRAULIK SISTEM PLAMBING *RAINWATER HARVESTING* (RWH)

Sistem *Rainwater Harvesting* (RWH) pada Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung Kota Bandung direncanakan untuk memanfaatkan air hujan sebagai sumber air alternatif untuk kebutuhan penyiraman taman. Air hujan yang ditangkap dari area atap bangunan dialirkan menuju *Ground Water Tank* (GWT) air hujan melalui talang horizontal, pipa tegak, first *flush* diverter, dan unit filtrasi.

Sistem distribusi air hujan menggunakan metode *indirect downfeed system*, yaitu air hujan ditampung terlebih dahulu pada *Ground Water Tank* (GWT) kemudian dipompa menuju elevated *rainwater* tank pada *rooftop* lantai 1 sebelum didistribusikan secara gravitasi menuju keran taman.

D.1 Inventarisasi Titik Pemakaian Air Hujan

Sistem plambing air hujan direncanakan untuk melayani kebutuhan penyiraman taman pada kawasan rumah sakit. Titik pemakaian air hujan berupa keran taman (FCT) yang berada pada area taman lantai dasar dan *rooftop* garden lantai 1.

Jumlah titik pemakaian air hujan adalah sebanyak empat unit. Rinciannya dapat dilihat pada **Tabel D.1**

Tabel D.1 Inventarisasi Titik Pemakaian Air Hujan

No	Jenis Alat Plambing	Lokasi	Jumlah
1	Keran taman (FCT)	Taman lantai dasar	2
2	Keran taman (FCT)	*Rooftop garden* lantai 1	2
	Total		**4 unit**

Penggunaan keran taman bersifat intermittent dan umumnya tidak terjadi pemakaian secara bersamaan pada seluruh titik pelayanan.

D.2 Data Perencanaan

Berikut merupakan data hidraulik sistem plambing *Rainwater Harvesting* (RWH):

1. Sistem Distribusi = *Indirect Downfeed*
2. Material Pipa = PPR
3. Koefisien Hazen-Williams [C] = 150
4. Percepatan Gravitasi = 9,81 m/s^2
5. Debit keran taman = 0,175 L/s
6. Debit rencana simultan

   Debit rencana distribusi air hujan ditentukan berdasarkan probabilistik pemakaian dua keran taman

   Q_{total} = 2 × 0,175 L/s

   = 0,35 L/s = 0,00035 m^3/s

   Elevasi muka air GWT = -3,0 m

   Elevasi muka air elevated tank = +10,0 m

   Waktu operasional pompa = 2 jam/hari

D.3 Penentuan Diameter Pipa

Penentuan diameter pipa distribusi dilakukan berdasarkan debit rencana dan kriteria kecepatan aliran untuk sistem plambing air non-*potable* (0,6 – 2,0 m/s)

1. Uji Diameter Pipa DN13
   - Diameter pipa

     D = 0,013 m
   - Luas penampang pipa

     $$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

     $$A = \frac{\pi\, 0{,}013^2}{4} = 1{,}33 \times 10^{-4} m^2$$
   - Kecepatan aliran

     $$v = \frac{Q}{A}$$

     $$v = \frac{0{,}00035\ m^3/s}{1{,}33 \times 10^{-4} m^2} = 2{,}63\ m/s$$

DN 13 tidak dipilih karena kecepatan aliran dalam pipa melebihi standar

1. Uji Diameter Pipa DN20

- Diameter pipa

  D = 0,020 m

- Luas penampang pipa

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$A = \frac{\pi\ 0{,}020^2}{4} = 3{,}14 \times 10^{-4} m^2$$

- Kecepatan aliran [v]

$$v = \frac{Q}{A}$$

$$v = \frac{0{,}00035\ m^3/s}{3{,}14 \times 10^{-4} m^2} = 1{,}11\ m/s$$

DN 20 memenuhi dari kriteria kecepatan aliran dan dapat digunakan pada jalur pompa transfer.

2. Uji Diameter Pipa DN25

- Diameter pipa

  D = 0,025 m

- Luas penampang pipa

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$A = \frac{\pi\ 0{,}025^2}{4} = 4{,}91 \times 10^{-4} m^2$$

- Kecepatan aliran [v]

$$v = \frac{Q}{A}$$

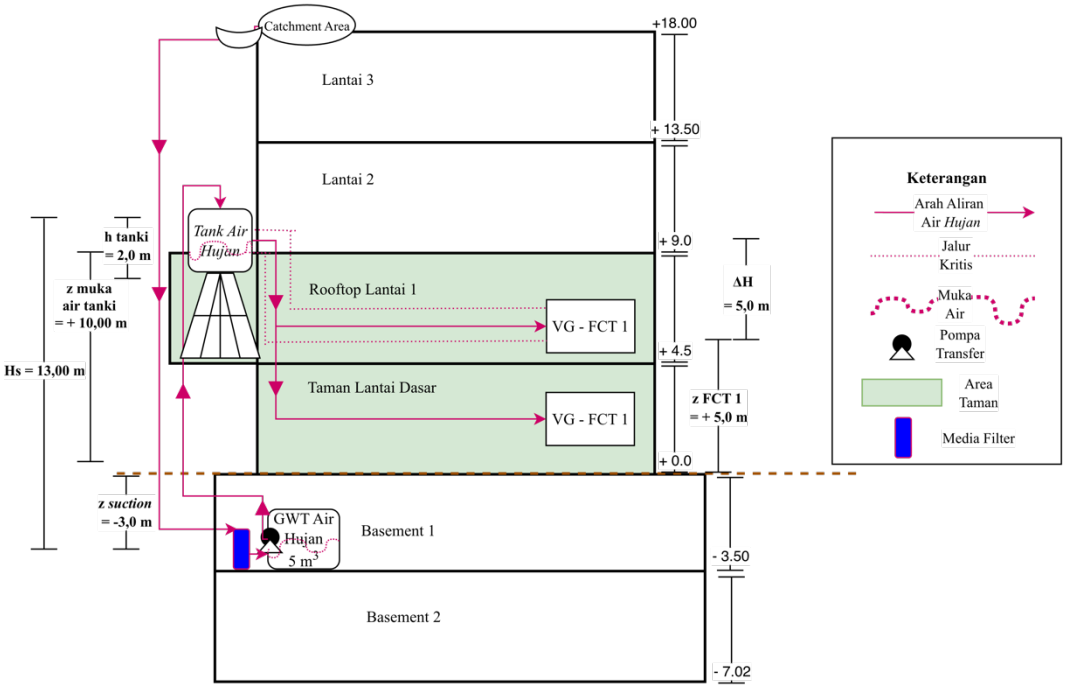
$$v = \frac{0{,}00035\ m^3/s}{4{,}91 \times 10^{-4} m^2} = 0{,}71\ m/s$$

Kecepatan aliran pada **DN 25** lebih rendah dibanding DN 20, namun tetap bisa digunakan untuk sistem distribusi air hujan *non-potable* secara gravitasi dengan pertimbangan menurunkan *headloss* dan menjaga tekanan sisa pada keran FCT di *Roof top*. Jadi pipa DN 25 dipilih untuk sistem distribusi air hujan.

Dengan demikian, sistem RWH menggunakan **DN 20** untuk jalur pompa transfer dan **DN 25** untuk jalur distribusi gravitasi.

D.4 Penentuan Jalur Kritis Pompa Transfer

Jalur kritis pompa transfer ditentukan sebagai jalur perpipaan terjauh dari GWT air hujan menuju elevated *tank* khusus air hujan di lantai 1. Skema hidraulik sistem plambing air hujan dapat dilihat pada **Gambar D.1**. Adapun rincian jalur kritis sistem transfer air hujan dapat dilihat pada **Tabel D.2**



Gambar D.1 Skema Hidraulik Sistem Plambing Air Hujan

Tabel D.2 Jalur Kritis Sistem Transfer Air Hujan

No	Segmen Jalur	Diameter (m)	Panjang (m)	Fitting
1	GWT RWH – VG *Basement*	0,020	7,00	*Elbow* 90°
2	VG *Basement* – VG Lantai Dasar	0,020	4,50	-
3	VG Lantai Dasar – VG Lantai 1	0,020	4,50	*Tee*
4	VG Lantai 1 – Elevated Tank	0,020	6,00	*Elbow* 90°
Total Panjang Jalur Kritis			22,00 m	

D.5 Penentuan *Head* Pompa Transfer

Data hidraulik untuk pompa transfer dari GWT air hujan ke *elevated Roof tank*

1. Elevasi muka air *elevated tank* [$z_{discharge}$] = +10,0 m
2. Elevasi muka air GWT [$z_{suction}$] = - 3,0 m
3. *Head* Statis [Hs]

   $Hs = z_{discharge} - z_{suction}$

   Hs = 10,0 - (- 3,0) = 13,0 m

   Dengan demikian, *head* statis pompa transfer sistem transfer air hujan dari GWT ke *elevated tank* adalah 13,0 m.
4. *Headloss* mayor transfer

   Data perhitungan

   - Panjang pipa [L] = 22 m
   - Diameter pipa [D] = 0,020 m
   - Debit aliran rencana = 0,35 L/s = 0,00035 m^3/s
   - Koefisien Pipa [C] = 150
   - *Headloss* mayor jalur transfer

$$h_f = 10{,}67 \times \frac{L \times Q^{1{,}852}}{C^{1{,}852} \times D^{4{,}87}}$$

$$h_f = 10{,}67 \times \frac{22\ m \times (0{,}00035\ m^3/s)^{1{,}852}}{150^{1{,}852} \times (0{,}020\ m)^{4{,}87}} = 1{,}637\ m$$

5. *Headloss* minor

- Luas penampang pipa [A]

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$A = \frac{3{,}14 \times (0{,}020\ m)^2}{4} = 0{,}000314\ m^2$$

- Kecepatan aliran [v]

$$v = \frac{Q}{A}$$

$$v = \frac{0{,}00035\ m^3/s}{0{,}000314\ m^2} = 1{,}11\ m/s$$

- *Fitting* di jalur pipa transfer

  Tee 1 unit [K] = 0,6

Elbow 2 unit [K] = 0,9

- *Headloss* minor

$$h_m = K \times \frac{v^2}{2g}$$

$$h_m = (0{,}6 + (2 \times 0{,}9)) \times \frac{(1{,}11\ \text{m/s})^2}{2 \times 9{,}81\ \text{m/s}^2} = 0{,}152\ \text{m}$$

6. Total *Headloss* sistem tranfer air hujan [HL]

   HL = hf + hm

   HL = 1,637 m + 0,152 m = 1,789 m

7. Penentuan *head* pompa transfer [H_{pompa}]

   H_{pompa} = Hs + HL

   H_{pompa} = 13,0 m + 1,789 m = 14,789 m

   Dengan *safety factor* 15% maka:

   H_{pompa} = 14,789 m × 1,15

   H_{pompa} = 17,01 m ≈ 18 m

Berdasarkan hasil perhitungan hidraulik, total *head* pompa yang dibutuhkan untuk mentransfer air hujan dari *Ground Water Tank* (GWT) menuju elevated *rainwater* tank adalah sebesar 14,789 m. Dengan mempertimbangkan *safety factor* sebesar 15%, maka *head* pompa desain yang digunakan adalah sebesar 18 m. Nilai tersebut menunjukkan bahwa pompa transfer mampu mengatasi *head* statis dan *headloss* sepanjang jalur perpipaan transfer sehingga air hujan dapat dipindahkan menuju elevated *rainwater* tank sebelum didistribusikan secara gravitasi menuju keran taman.

D.6 Penentuan Jalur Kritis Sistem Distribusi

Sistem distribusi air hujan menggunakan metode gravitasi dari *elevated rainwater tank* menuju keran taman. Jalur kritis distribusi ditentukan sebagai jalur aliran terjauh dari elevated *rainwater* tank menuju titik pelayanan dengan elevasi tertinggi, yaitu keran taman pada *rooftop* garden lantai 1. Adapun jalur kritis sistem distribusi air hujan ditunjukkan pada **Tabel D.3**.

Tabel D.3 Jalur Kritis Sistem Distribusi Air Hujan

No	Segmen Jalur	Diameter Pipa (m)	Panjang (m)	*Fitting*
1	Elevated Tank – VG L1	0,025	6,00	*Elbow* 90°
2	VG L1 - A	0,025	31,285	*Tee, Elbow* 90°
3	A – FCT 2	0,025	22,341	*Elbow* 90°
Total Panjang Jalur Kritis [L]			**59,626**	

D.7 Evaluasi Tekanan Gravitasi

1. *Head* tersedia

   Head tersedia sistem distribusi gravitasi dihitung berdasarkan selisih antara elevasi muka air *rainwater* tank dengan elevasi keran taman pada *rooftop garden* lantai 1.

   - Elevasi muka air elevated tank = + 10,0 m
   - Elevasi keran taman *rooftop* lantai 1 = + 5,0 m

   Head tersedia $= z_{tank} - z_{keran}$

   $= 10{,}0 \text{ m} - 5{,}0 \text{ m} = 5{,}0 \text{ m}$

   Dengan demikian, *head* tersedia sistem distribusi air hujan adalah 5,0 m

2. *Headloss* mayor

   Data perhitungan

   - Panjang pipa [L] = 59,626 m
   - Diameter pipa [D] = 0,025 m
   - Debit aliran [Q] = 0,00035 m^3/s
   - Koefisien pipa [C] = 150
   - *Headloss* mayor [hf]

   $$h_f = 10{,}67 \times \frac{L \times Q^{1,852}}{C^{1,852} \times D^{4,87}}$$

   $$h_f = 10{,}67 \times \frac{59{,}626 \text{ m} \times (0{,}00035 \text{ m}^3/\text{s})^{1,852}}{150^{1,852} \times (0{,}025 \text{ m})^{4,87}} = 1{,}497 \text{ m}$$

3. *Headloss* minor

   - Luas penampang pipa [A]

   $$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$A = \frac{3{,}14 \times (0{,}025\ \text{m})^2}{4} = 0{,}000491\ \text{m}^2$$

- Kecepatan aliran [v]

$$v = \frac{Q}{A}$$

$$v = \frac{0{,}00035\ \text{m}^3/\text{s}}{0{,}000491\ \text{m}^2} = 0{,}71\ \text{m/s}$$

- *Fitting* di jalur pipa distribusi

  Tee 1 unit [K] = 0,6

  Elbow 90 3 unit [K] = 0,9

  - *Headloss* minor

$$h_m = K \times \frac{v^2}{2g}$$

$$h_m = (0{,}6 + (3 \times 0{,}9)) \times \frac{(0{,}71\ \text{m/s})^2}{2 \times 9{,}81\ \text{m/s}^2} = 0{,}086\ \text{m}$$

4. Total *headloss* [HL]

   HL = hf + hm

   HL = 1,497 m + 0,086 m = 1,583 m

5. Evaluasi tekanan tersedia

   Hresidual = Hs – HL

   Hresidual = 5,0 m – 1,583 m = 3,417 m

   Berdasarkan hasil perhitungan hidraulik, sistem distribusi gravitasi air hujan masih memiliki tekanan sisa sebesar 3,418 m pada titik pelayanan terjauh. Nilai tersebut menunjukkan bahwa air hujan masih dapat dialirkan secara gravitasi menuju keran taman *rooftop* tanpa pompa distribusi tambahan dan tekanan pelayanan yang dihasilkan relatif terbatas.

LAMPIRAN E - PERHITUNGAN HIDRAULIK SISTEM PROTEKSI KEBAKARAN

E.1 Dasar Acuan dan Konsep Perencanaan

Perhitungan hidraulik sistem proteksi kebakaran pada Gedung Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung dilakukan sebagai dasar penentuan kebutuhan debit, diameter pipa, kehilangan energi (*headloss*), kebutuhan *head* pompa, serta kapasitas *fire pump set*. Perhitungan dilakukan terhadap dua subsistem, yaitu sistem hidran gedung dan sistem sprinkler otomatis, yang menggunakan sumber air dan *fire pump set* yang sama, namun memiliki karakteristik operasi yang berbeda.

Konfigurasi sistem proteksi kebakaran yang digunakan meliputi:

- *Ground Water Tank* (GWT) kebakaran
- *Fire pump* utama
- *Jockey pump*
- *Common fire header*
- *Riser* hidran
- *Riser* sprinkler
- *Hydrant box*
- Jaringan sprinkler otomatis
- *Pressure Reducing Valve* (PRV) pada cabang sprinkler

Perhitungan pada lampiran ini merupakan dasar teknis yang digunakan dalam penyusunan hasil perancangan teknis. Seluruh parameter, asumsi, dan hasil antara yang disajikan pada lampiran ini mendukung penentuan konfigurasi jaringan perpipaan, kebutuhan tekanan, serta spesifikasi sistem proteksi kebakaran yang telah ditetapkan pada hasil desain.

E.1.1 Standar Perencanaan

Perencanaan sistem proteksi kebakaran mengacu pada standar nasional dan standar internasional yang relevan sesuai ruang lingkup masing-masing sistem. Sistem sprinkler direncanakan berdasarkan SNI 3989-1:2024 dan SNI 3989-2:2024, yang mengatur klasifikasi bahaya kebakaran, densitas pancaran, Luas

Kebutuhan Proteksi (LKP), konfigurasi jaringan, serta persyaratan hidraulik sistem sprinkler otomatis.

Perencanaan *fire pump* mengacu pada SNI 6570:2023 mengenai persyaratan instalasi pompa kebakaran, khususnya dalam penentuan kapasitas nominal pompa, konfigurasi *fire pump set*, dan keandalan sistem.

Perencanaan sistem hidran gedung mengacu pada NFPA 14 mengenai instalasi sistem pipa tegak dan hidran gedung, terutama untuk penentuan debit rencana, tekanan residual minimum pada hydrant box, serta evaluasi hidraulik jalur kritis.

Evaluasi hidraulik dilakukan secara terpisah untuk sistem hidran dan sistem sprinkler karena kedua sistem memiliki kebutuhan debit dan tekanan yang berbeda. Sistem hidran dievaluasi berdasarkan kebutuhan tekanan pada hydrant box kritis sehingga menjadi pengendali kebutuhan *head* pompa, sedangkan sistem sprinkler dievaluasi berdasarkan kebutuhan debit pada area operasi sehingga menjadi pengendali kapasitas debit dan volume air kebakaran.

Kehilangan energi mayor dihitung menggunakan persamaan Hazen–Williams, sedangkan kehilangan energi minor dihitung menggunakan metode koefisien kehilangan lokal sesuai konfigurasi jaringan perpipaan. Hasil evaluasi digunakan untuk menentukan kebutuhan *head* sistem, memilih diameter pipa, serta menetapkan kapasitas *fire pump set*.

Pada sistem sprinkler, penentuan diameter pipa dilakukan melalui dua tahapan. Tahap pertama menggunakan Pipe Schedule Method untuk memperoleh diameter rencana awal berdasarkan jumlah sprinkler yang dilayani pada setiap segmen. Tahap kedua menggunakan pendekatan gradual pipe sizing sehingga diameter aktual setiap segmen disesuaikan terhadap debit kumulatif hasil konfigurasi jaringan. Diameter aktual tersebut kemudian diverifikasi melalui evaluasi hidraulik sebagaimana disajikan pada lampiran ini.

E.1.2 Ruang Lingkup Perhitungan

Perhitungan pada lampiran ini meliputi:

- data acuan dan parameter perencanaan sistem proteksi kebakaran;
- evaluasi hidraulik sistem hidran;

- evaluasi hidraulik sistem sprinkler;
- penentuan kebutuhan *head* dan debit pengendali;
- penentuan kapasitas *fire pump set*.

Hasil perhitungan pada lampiran ini menjadi dasar penyusunan hasil perancangan sistem proteksi kebakaran.

E.2 Data Dasar Perencanaan

Material pipa utama sistem proteksi kebakaran direncanakan menggunakan pipa baja galvanis atau pipa baja untuk instalasi proteksi kebakaran. Kemudian, *Fire pump set* dan GWT kebakaran ditempatkan pada *Basement* 2. Elevasi acuan yang digunakan adalah elevasi titik air terendah operasional pada GWT kebakaran, yaitu -6,0 m. Elevasi ini digunakan sebagai kondisi suction kritis dalam penentuan kebutuhan *head* pompa.

- Koefisien Hazen-Williams (C) = 120
- Percepatan gravitasi (g) = 9,81 m/s²
- Elevasi *suction* GWT *fire protection* = - 6,0 m
- Elevasi titik pelayanan tertinggi = +18,5 m
- *Head* statis bangunan gedung [H_s]

  H_s = 18,5 m – (- 6,0 m)

  H_s = 24,5 m
- *Safety factor* = 15%

Perhitungan hidraulik sistem proteksi kebakaran menggunakan kombinasi data standar dan data perencanaan bangunan. Data standar digunakan untuk menentukan debit rencana, tekanan residual, klasifikasi bahaya kebakaran, Luas Kebutuhan Proteksi (LKP), serta kapasitas nominal *fire pump*. Data perencanaan digunakan untuk menentukan konfigurasi jaringan perpipaan, panjang jalur kritis, elevasi bangunan, serta kebutuhan diameter pipa

E.2.1 Data Acuan Sistem Hidran Gedung

Data perencanaan sistem hidran yang digunakan dalam evaluasi hidraulik ditunjukkan pada **Tabel E.1.**

Tabel E.1 Data Acuan Sistem Hidran Gedung

Parameter	Angka standar	Keterangan
Debit hidran pada pipa tegak kritis	1.893 L/menit = 31,55 L/s	Acuan debit minimum pipa tegak kritis
Tekanan residual hydrant box kritis	6,9 bar = 70,3 m	Tekanan residual pada titik hidran kritis
Debit tambahan pipa tegak lain	946 L/menit = 15,77 L/s	Digunakan bila terdapat pipa tegak tambahan
Batas total debit sistem pipa tegak	4.731 L/menit = 78,85 L/s	Batas total aliran sistem sesuai acuan pipa
Koefisien Hazen-Williams, C	120	Digunakan untuk pipa baja

Sumber: NFPA 14

Dalam perhitungan ini, debit hidran yang digunakan adalah debit pada jalur pipa tegak kritis sebesar 31,55 L/s dengan tekanan residual 70,3 m pada hydrant box kritis. Nilai tersebut digunakan sebagai beban hidraulik sistem hidran yang harus dipenuhi oleh *fire pump*.

E.2.2 Data Acuan Sprinkler

Data perencanaan sistem sprinkler ditentukan berdasarkan klasifikasi bahaya kebakaran sesuai SNI 3989-1:2024 dan SNI 3989-2:2024. Parameter yang digunakan dalam perhitungan dirangkum pada **Tabel E.2**.

Tabel E.2 Data Acuan Klasifikasi, Densitas, dan LKP Sprinkler

Klasifikasi Bahaya	Densitas Pancaran	LKP	Tambahan Aliran Selang	Durasi Pasokan
Light hazard	4 L/menit/m²	140 m²	950 L/menit	60 menit
Ordinary Hazard	8 L/menit/m²	230 m²	950 L/menit	60 menit

Sumber: SNI 3989-1:2024 dan SNI 3989-2:2024.

Debit sprinkler minimum berdasarkan densitas dan LKP adalah sebagai berikut.

Untuk *Light hazard*:

$Q_{sprinkler} = D \times LKP$

$Q_{sprinkler} = 4 \times 140$

$Q_{sprinkler} = 560$ L/menit

Untuk *Ordinary Hazard*:

$Q_{sprinkler}$ =D × LKP

$Q_{sprinkler}$ = 8 × 230

$Q_{sprinkler}$ = 1840 L/menit

Pada perhitungan layout aktual, jumlah sprinkler aktif dibulatkan ke atas berdasarkan luas kerja per *head*. Oleh karena itu, debit sprinkler layout dapat sedikit lebih besar dibanding debit minimum teoritis berbasis LKP.

E.2.3 Data Konfigurasi Sprinkler

Konfigurasi jaringan sprinkler mengikuti hasil layout akhir bangunan. Pada area *Light hazard*, konfigurasi tipikal menggunakan tiga sprinkler *head* pada setiap *Branch Line*, sedangkan pada area *Ordinary hazard* jumlah sprinkler yang dilayani setiap *Branch Line* menyesuaikan konfigurasi jaringan hasil perancangan sehingga dapat melayani lebih dari tiga sprinkler *head* pada beberapa segmen.

Parameter konfigurasi jaringan yang digunakan dalam perhitungan disajikan pada **Tabel E.3**.

Tabel E.3 Data Konfigurasi Layout Sprinkler

Parameter	**Nilai**	**Keterangan**
Jarak antar sprinkler tipikal	4 m	Berdasarkan layout penjaluran
Jarak sprinkler ke dinding	2 m	Setengah jarak antar sprinkler
Luas kerja tipikal per *head*	16 m²/*head*	(4 \times 4)
Jumlah *head* aktif *Light hazard*	9 *head*	Pembulatan (140/16 = 8,75)
Jumlah *head* aktif *Ordinary Hazard*	15 *head*	Pembulatan (230/16 = 14,38)
Branch aktif *Light hazard*	3 branch	9 *head* / 3 *head* per branch
Branch aktif *Ordinary Hazard*	5 branch	15 *head*/ 3 *head* per branch

E.2.4 Data Acuan *Fire pump set*

Data acuan pemilihan *fire pump* berdasarkan SNI 6570:2023 ditunjukkan pada **Tabel E.4**

Tabel E.4 Rating Kapasitas Nominal *Fire pump*

Rating Pompa	Kapasitas
500 gpm	1.892 L/menit = 31,53 L/s
750 gpm	2.839 L/menit = 47,32 L/s
1.000 gpm	3.785 L/menit = 63,08 L/s
1.250 gpm	4.731 L/menit = 78,85 L/s
1.500 gpm	5.677 L/menit = 94,62 L/s

Sumber: SNI 6570:2023

E.2.5 Ringkasan Data Acuan Perhitungan

Data acuan perhitungan hidraulik sistem proteksi kebakaran diuraikan pada **Tabel E.5**

Tabel E.5 Ringkasan Data Acuan Perhitungan Hidraulik

Data	Parameter	Nilai	Sumber
Hidran	Debit hidran kritis	31,55 L/s	NFPA 14
Hidran	Tekanan residual hidran	70,3 m	NFPA 14
Sprinkler *Light hazard*	Densitas	4 L/menit/m²	SNI 3989-2:2024
Sprinkler *Light hazard*	LKP	140 m²	SNI 3989-2:2024
Sprinkler *Ordinary Hazard*	Densitas	8 L/menit/m²	SNI 3989-2:2024
Sprinkler *Ordinary Hazard*	LKP	230 m²	SNI 3989-2:2024
Sprinkler	Tambahan aliran selang	950 L/menit	SNI 3989-1:2024
Sprinkler	Durasi pasokan	60 menit	SNI 3989-1:2024
Hidraulik pipa	Koefisien Hazen-Williams, C	120	SNI 3989-1:2024
	Metode *headloss* mayor	Hazen–Williams	
	Metode *headloss* minor	Koefisien kehilangan lokal	
	Metode diameter awal sprinkler	Pipe Schedule Method	
	Metode diameter akhir sprinkler	Gradual Pipe Sizing	
Proyek	*Head* statis	24,5 m	Hasil perhitungan
Proyek	*Safety factor*	15%	Asumsi Perencanaan

E.3 Sistem Hidran Gedung

Perhitungan hidraulik sistem hidran dilakukan untuk menentukan diameter pipa utama, kehilangan energi (*headloss*), serta kebutuhan *head fire pump* berdasarkan jalur kritis pelayanan. Evaluasi dilakukan pada jalur terjauh dari *fire pump* menuju hydrant box di lantai tertinggi dengan menggunakan debit rencana sesuai NFPA 14.

Perhitungan dilakukan terhadap dua alternatif diameter pipa utama, yaitu DN125 dan DN150. Masing-masing alternatif dievaluasi berdasarkan luas penampang aliran, kecepatan aliran, kehilangan energi mayor, kehilangan energi minor, serta kebutuhan *head* pompa. Diameter dengan performa hidraulik yang paling memenuhi kriteria perencanaan dipilih sebagai diameter pipa utama sistem hidran.

Data perencanaan sistem hidran adalah sebagai berikut.

Data perencanaan:

- Debit hidran [Q]

  $Q = 31{,}55$ L/s $= 0{,}03155$ m^3/s
- Tekanan residual hidran [$H_{residual}$]

  $H_{residual} = 70{,}3$ m (NFPA 14)
- Koefisien Hazen-Williams [C] = 120

Tekanan residual hidran digunakan sebagai kebutuhan tekanan minimum pada *hydrant box* kritis. Nilai ini ditambahkan terhadap *head* statis dan *headloss* jaringan untuk memperoleh kebutuhan total *head fire pump.*

1. Evaluasi Diameter Pipa Hidran

   Diameter pipa utama sistem hidran dievaluasi pada dua alternatif, yaitu DN 125 dan DN 150

   - Evaluasi pipa DN 125 (0,125 m)

     Luas penampang:

     $$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

     $$A = \frac{\pi \times 0{,}125^2}{4} = 0{,}01227 \text{ m}^2$$

Kecepatan aliran:

$$v = \frac{Q}{A}$$

$$v = \frac{0{,}03155\ m^3/s}{0{,}01227\ m^2} = 2{,}57\ m/s$$

- Evaluasi pipa DN 150 (0,150 m)

Luas penampang:

$$A = \frac{\pi \times 0{,}150^2}{4} = 0{,}01767\ m^2$$

Kecepatan aliran:

$$v = \frac{0{,}03155\ m^3/s}{0{,}01767\ m^2} = 1{,}79\ m/s$$

2. Penentuan Jalur Kritis Sistem Hidran

Jalur kritis sistem hidran ditentukan sebagai jalur aliran terjauh dari *fire pump* menuju *hidran box* pada lantai tertinggi. Uraian jalur kritis sistem hidran ditunjukkan pada **Tabel E.6**.

Tabel E.6 Jalur Kritis Sistem Hidran

No	Segmen Jalur	Panjang (m)	*Fitting*
1	*Fire pump* – VG *basement*	20,0	*Elbow* 90º
2	VG *basement* – VG LD	4,5	*Tee*
3	VG LD – VG L1	4,5	*Tee*
4	VG L1 – VG L2	4,5	*Tee*
5	VG L2 – VG L3	4,5	*Tee*
6	VG L3 – Hidran box	61,6	*Elbow* 90º
Total Panjang Jalur Kritis		**99,6**	

3. Perhitungan *headloss* mayor hidran

- *Headloss* mayor DN 125

$$h_f = 10{,}67 \times \frac{L \times Q^{1{,}852}}{C^{1{,}852} \times D^{4{,}87}}$$

$$h_f = 10{,}67 \times \frac{99{,}6\ m \times (0{,}03155\ m^3/s)^{1{,}852}}{120^{1{,}852} \times (0{,}125\ m)^{4{,}87}} = 6{,}22\ m$$

- *Headloss* mayor DN 150

$$h_f = 10{,}67 \times \frac{L \times Q^{1{,}852}}{C^{1{,}852} \times D^{4{,}87}}$$

$$h_f = 10{,}67 \times \frac{99{,}6\ \text{m} \times (0{,}03155\ \text{m}^3/\text{s})^{1{,}852}}{120^{1{,}852} \times (0{,}150\ \text{m})^{4{,}87}} = 2{,}56\ \text{m}$$

Rekapitulasi perhitungan *headloss* mayor hidran ditunjukkan pada **Tabel E.7**

Tabel E.7 Rekapitulasi *Headloss* Mayor Sistem Hidran

Diameter Pipa	Panjang Pipa [L] (m)	Debit Hidran [Q] (m^3/s)	Koefisien Pipa [C]	*Headloss* Mayor [hf](m)
DN 125	99.6	0,03155	120	6,22
DN 150	99.6	0,03155	120	2,56

4. Perhitungan *headloss* minor hidran

   Jenis *fitting* pada jalur kritis ditunjukkan pada **Tabel E.8**

Tabel E.8 Jumlah dan Koefisien *Fitting* Jalur Kritis Sistem Hidran

Jenis *Fitting*	Jumlah	Koefisien [K]	∑K
Tee	18	0,6	10,8
Cross	3	1,8	5,4
Elbow 90°	3	0,9	2,7
Elbow 45°	1	0,3	0,3
Valve	1	0,2	0,2
		Total	**19,4**

- *Headloss* minor DN 125

$$h_m = \sum K \times \frac{v^2}{2g}$$

$$h_m = 19{,}4 \times \frac{(2{,}57\ \text{m/s})^2}{2 \times 9{,}81\ \text{m/s}^2} = 6{,}54\ \text{m}$$

- *Headloss* minor DN 150

$$h_m = \sum K \times \frac{v^2}{2g}$$

$$h_m = 19{,}4 \times \frac{(1{,}79\ \text{m/s})^2}{2 \times 9{,}81\ \text{m/s}^2} = 3{,}15\ \text{m}$$

Rekapitulasi perhitungan *headloss* minor hidran ditunjukkan pada **Tabel E.9**

Tabel E.9 Rekapitulasi *Headloss* Minor Sistem Hidran

Diameter Pipa	Kecepatan Aliran [v] (m/s)	Koefisien Gesek Total [∑K]	*Headloss* Minor [hm] (m)
DN 125	2,57	19,4	6,54
DN 150	1,79	19,4	3,15

5. Total *headloss*

   Total *headloss* masing - masing diameter pipa ditunjukkan pada **Tabel E.10**

Tabel E.10 Rekapitulasi Total *Headloss* Sistem Hidran

Diameter Pipa	*Headloss* Mayor [hf] (m)	*Headloss* Minor [hm] (m)	Total *Headloss* [HL] (m)
DN 125	6,22	6,54	12,76
DN 150	2,56	3,15	5,71

6. Penentuan *head* pompa hidran

   Head pompa sistem hidran dihitung dari penjumlahan *head* statis, total *headloss* dan tekanan residual pada *hydrant box*

   - *Head* Pompa DN 125

     $H_{pompa} = Hs + HL + H_{residual}$

     $= 24,5 \text{ m} + 12,76 \text{ m} + 70,3 \text{ m}$

     $= 107,56 \text{ m}$

     Dengan *safety factor* 15%, maka:

     $H_{pompa} = 1,15 \times 107,56 \text{ m}$

     $=123,69 \approx 124 \text{ m}$

   - *Head* Pompa DN 150

     $H_{pompa} = Hs + HL + H_{residual}$

     $= 24,5 \text{ m} + 5,71 \text{ m} + 70,3 \text{ m}$

     $= 100,51 \text{ m}$

     Dengan *safety factor* 15%, maka:

     $H_{pompa} = 1,15 \times 100,51 \text{ m}$

     $=115,59 \approx 116 \text{ m}$

     Rekapitulasi *head* pompa sistem hidran dapat dilihat pada **Tabel E.11**

Tabel E.11 Rekapitulasi *Head* Pompa Sistem Hidran

Diameter Pipa	Hs (m)	HL (m)	H Residual (m)	H pompa minimum (m)	H pompa (SF 15%) (m)
DN 125	24,5	12,76	70,3	107,56	124
DN 150	24,5	5,71	70,3	100,51	116

Berdasarkan hasil evaluasi tersebut, diameter DN 150 dipilih sebagai diameter pipa utama sistem hidran karena menghasilkan kecepatan aliran dan *headloss* yang lebih rendah dibandingkan diameter DN 125. *Head* pompa desain sistem hidran ditetapkan sebesar 116 m.

E.4 Perhitungan Hidraulik Sistem Sprinkler

Perhitungan hidraulik sistem sprinkler dilakukan untuk menentukan kebutuhan debit, diameter pipa, kehilangan energi (*headloss*), kebutuhan *head* sprinkler, serta kebutuhan debit dan volume air kebakaran pada area operasi. Evaluasi dilakukan berdasarkan klasifikasi bahaya kebakaran sesuai SNI 3989-1:2024 dan SNI 3989-2:2024.

Perhitungan terdiri atas dua tahapan utama. Tahap pertama adalah penentuan diameter rencana awal menggunakan Pipe Schedule Method berdasarkan jumlah sprinkler yang dilayani pada setiap segmen pipa. Tahap kedua adalah penyesuaian diameter menggunakan pendekatan gradual pipe sizing, sehingga diameter aktual setiap segmen mengikuti debit kumulatif hasil konfigurasi jaringan. Diameter aktual tersebut selanjutnya diverifikasi melalui evaluasi hidraulik untuk memastikan kebutuhan tekanan sprinkler tetap terpenuhi.

Evaluasi hidraulik dilakukan terhadap jalur kritis sprinkler pada area Light Hazard untuk menentukan kebutuhan *head* sistem, sedangkan kebutuhan debit dan volume air ditentukan berdasarkan area Ordinary Hazard yang menghasilkan debit operasi terbesar.

Berdasarkan hasil penyusunan layout sprinkler, jumlah sprinkler *head* terpasang pada Gedung Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung adalah 645 *head*. Adapun uraiannya disajikan pada **Tabel E.12.**

Tabel E.12 Rekapitulasi Jumlah *Head* Sprinkler Terpasang

Lantai	Jumlah Sprinkler *Head*	Klasifikasi Bahaya
Basement 2	133	*Ordinary hazard*
Basement 1	133	*Ordinary hazard*
Lantai Dasar	100	*Ordinary hazard*
Lantai 1	93	*Light hazard*
Lantai 2	93	*Light hazard*
Lantai 3	93	*Light hazard*
Total	645	-

Jumlah sprinkler *head* terpasang tidak digunakan sebagai jumlah sprinkler yang bekerja secara bersamaan dalam perhitungan hidraulik. Jumlah sprinkler aktif dalam perhitungan ditentukan berdasarkan Luas Kebutuhan Proteksi (LKP) sesuai klasifikasi bahaya ruang sedangkan jumlah *head* terpasang digunakan sebagai dasar penyusunan layout, kebutuhan material, dan estimasi biaya.

E.4.1 Penentuan Jumlah Sprinkler Aktif dalam LKP

Jumlah sprinkler aktif dihitung dari LKP dibagi luas kerja tipikal per kepala sprinkler.

$$N_{aktif} = \frac{LKP}{A_{head}}$$

Dengan A_{head} 16 m^2/*head*, maka

- Bahaya ringan/*light hazard* (LKP = 140 m^2)

$$N_{aktif} = \frac{140\ m^2}{16\ m^2/head} = 8{,}75\ head \approx 9\ head$$

- Bahaya Sedang/*Ordinary hazard* (LKP = 230 m^2)

$$N_{aktif} = \frac{230\ m^2}{16\ m^2/head} = 14{,}38\ head \approx 15\ head$$

Jumlah sprinkler yang diasumsikan bekerja secara bersamaan ditentukan berdasarkan Luas Kebutuhan Proteksi (LKP) sesuai klasifikasi bahaya kebakaran. Jumlah sprinkler aktif dihitung menggunakan luas cakupan satu sprinkler sebesar 16 m^2/*head*, sehingga diperoleh jumlah sprinkler aktif hasil pembulatan sebanyak 9 *head* pada area Light Hazard dan 15 *head* pada area Ordinary Hazard.

E.4.2 Debit per Sprinkler *Head*

Debit per sprinkler *head* (q_{head}) dihitung dari densitas pancaran dan luas kerja tiap sprinkler.

$$q_{head} = D \times A_{head}$$

- Bahaya ringan (D = 4 L/menit/m^2)

$$q_{head} = 4 \text{ L/menit/m}^2 \times 16 \text{ m}^2/head = 64 \text{ L/menit}$$

- Bahaya sedang (D = 8 L/menit/m^2)

$$q_{head} = 8 \text{ L/menit/m}^2 \times 16 \text{ m}^2/head = 128 \text{ L/menit}$$

E.4.3 Debit Sprinkler pada Area Operasi

Debit sprinkler pada area operasi dihitung dari jumlah sprinkler aktif desain dikalikan debit per *head*.

$$Q_{sprinkler} = N_{aktif} \times q_{head}$$

Adapun rekapitulasi perhitungan debit sprinkler pada setiap area operasi ditunjukkan pada **Tabel E.13**

Tabel E.13 Debit Sprinkler Area Operasi

Klasifikasi Bahaya	Jumlah *Head* Aktif (N_{aktif})	Debit per *Head* (q_{head})	Debit Sprinkler Area Operasi ($N_{aktif} \times q_{head}$)
Bahaya ringan	9 *head*	64 L/menit	576 L/menit = 9,60 L/s
Bahaya sedang	15 *head*	128 L/menit	1.920 L/menit = 32,00 L/s

E.4.4 Debit Total Sprinkler dan Selang

Kebutuhan air minimum sistem sprinkler terdiri atas kebutuhan air sprinkler dan tambahan aliran selang kebakaran.

Q_{total} = Q sprinkler +Q selang

$V = Q_{total} \times t$

Adapun debit total dan volume air sprinkler disajikan pada **Tabel F.14**

Tabel E.14 Debit Total dan Volume Air Sprinkler

Klasifikasi Bahaya	Q Sprinkler	Q Selang	Q Total	Volume (t = 60 menit)
Bahaya ringan	576 L/menit	950 L/menit	1.526 L/menit = 25,43 L/s	91,56 m³
Bahaya sedang	1.920 L/menit	950 L/menit	2.870 L/menit = 47,83 L/s	172,20 m³

Berdasarkan kebutuhan debit dan volume air, skenario *Ordinary Hazard* menjadi kandidat pengendali debit dan volume GWT kebakaran. Sementara itu, jalur sprinkler pada Lantai 3 menjadi kandidat pengendali *head* karena berada pada elevasi tertinggi.

E.4.5 Penentuan Diameter Pipa Sprinkler

Penentuan diameter awal pipa sprinkler dilakukan menggunakan metode tabel ukuran pipa (*Pipe Schedule Method*) berdasarkan jumlah sprinkler yang dilayani oleh setiap segmen pipa. Jumlah sprinkler pada tiap segmen dihitung secara kumulatif mulai dari sprinkler *head* terjauh menuju pipa utama (*Cross Main*) dan feed main. Debit pada masing-masing segmen diperoleh dari perkalian antara jumlah sprinkler yang dilayani dengan debit per sprinkler *head*.

Diameter yang diperoleh pada tahap ini merupakan diameter rencana awal dan belum mewakili diameter akhir jaringan sprinkler. Oleh karena itu, hasil Pipe Schedule Method digunakan sebagai dasar awal penyusunan konfigurasi perpipaan sebelum dilakukan penyesuaian diameter berdasarkan debit kumulatif pada setiap segmen jaringan.

1. Diameter Rencana Awal Area *Light hazard*

   Jumlah sprinkler aktif hasil perhitungan pada area Light Hazard adalah 9 *head* dengan debit per sprinkler sebesar 64 L/menit. Distribusi jumlah sprinkler dan debit pada setiap segmen pipa ditunjukkan pada **Tabel E.15.**

Tabel E.15 Diameter Rencana Awal Pipa Sprinkler Area *Light hazard*

Segmen	Jumlah *Head* Sprinkler Terlayani	Debit Segmen	Diameter Rencana Awal
S1–S2	1	64 L/menit	DN25
S2–S3	2	128 L/menit	DN32

Segmen	Jumlah *Head* Sprinkler Terlayani	Debit Segmen	Diameter Rencana Awal
Cross Main 1 branch	3	192 L/menit	DN50
Cross Main 2 branch	6	384 L/menit	DN65
Cross Main 3 branch	9	576 L/menit	DN80
Feed main dari VG ke zona sprinkler	9	576 L/menit	DN100
Riser sprinkler lantai atas	9	576 L/menit	DN100

Sumber: diolah berdasarkan metode tabel ukuran pipa pada SNI 3989-1:2024

2. Diameter Rencana Awal Area *Ordinary Hazard*

   Jumlah sprinkler aktif hasil perhitungan pada area Ordinary Hazard adalah 15 *head* dengan debit per sprinkler sebesar 128 L/menit. Distribusi jumlah sprinkler dan debit pada setiap segmen pipa ditunjukkan pada **Tabel E.16.**

Tabel E.16 Diameter Rencana Awal Pipa Sprinkler Area *Ordinary Hazard*

Segmen	Jumlah *Head* Sprinkler Terlayani	Debit Segmen	Diameter Rencana Awal
S1–S2	1	128 L/menit	DN32
S2–S3	2	256 L/menit	DN50
Cross Main 1 branch	3	384 L/menit	DN65
Cross Main 2 branch	6	768 L/menit	DN80
Cross Main 3 branch	9	1.152 L/menit	DN100
Cross Main 4 branch	12	1.536 L/menit	DN125
Cross Main 5 branch	15	1.920 L/menit	DN125
Feed main/*riser* zona *Ordinary Hazard*	15	1.920 L/menit	DN125

Sumber: diolah berdasarkan metode tabel ukuran pipa pada SNI 3989-1:2024

E.4.6 Jalur Kritis Sprinkler

Jalur kritis sprinkler ditentukan berdasarkan kombinasi elevasi tertinggi, panjang pipa terbesar, debit kumulatif, diameter pipa, dan *fitting* yang dilewati aliran. Berdasarkan hasil pengukuran layout, jalur horizontal dari *Vertical Gallery* (VG) Lantai 3 menuju sprinkler *head* terjauh pada bangunan sayap kanan adalah 61,961 m. Lantai 3 ditetapkan sebagai kandidat jalur kritis untuk kebutuhan *head* sprinkler karena merupakan lantai tertinggi dan memiliki jalur horizontal terjauh

menuju sprinkler *head* kritis. Karena Lantai 3 termasuk *Light hazard*, jumlah sprinkler aktif pada jalur kritis adalah 9 *head* atau 3 branch aktif.

Head statis dari elevasi suction kritis GWT kebakaran menuju titik pelayanan tertinggi adalah 24,5 m.

Adapun pembagian jalur horizontal dari VG L3 menuju *head* sprinkler terjauh adalah sebagai berikut:

$L_{Horizontal} = L_{FM} + L_{CM} + L_{Cabang}$

$L_{Horizontal} = 17{,}961\ m + 36{,}0\ m + 8{,}0\ m$

$L_{Horizontal} = 61{,}961\ m$

Panjang jalur kritis dari *fire pump* menuju sprinkler *head* kritis disusun pada **Tabel E.17**

Tabel E.17 Jalur Kritis Sprinkler Lantai 3

No	Segmen Jalur	Panjang	Diameter Rencana	Debit Segmen	Keterangan
1	*Fire pump* – VG B2	20 m	DN100	576 L/menit	*Head*er menuju VG
2	VG B2 – VG B1	4,5 m	DN100	576 L/menit	*Riser* vertikal
3	VG B1 – VG LD	4,5 m	DN100	576 L/menit	*Riser* vertikal
4	VG LD – VG L1	4,5 m	DN100	576 L/menit	*Riser* vertikal
5	VG L1 – VG L2	4,5 m	DN100	576 L/menit	*Riser* vertikal
6	VG L2 – VG L3	4,5 m	DN100	576 L/menit	*Riser* vertikal
7	VG L3 – FM 1	17,96 m	DN100	576 L/menit	*Feed main*, tidak melayani *head* langsung
8	FM 1 – CM 8	28,0 m	DN 80	576 L/menit	*Cross Main* menuju area kritis
9	CM 8 – CM 9	4,0 m	DN 65	384 L/menit	*Cross Main* antar cabang aktif
10	CM 9 – CM 10	4,0 m	DN 50	192 L/menit	*Cross Main* menuju cabang terjauh
11	*Branch Line* S2 – S3	4,0 m	DN 32	128 L/menit	Segmen 2 *head*
12	*Branch Line* S1 – S2	4,0 m	DN 25	64 L/menit	Segmen 1 *head*
Total	**VG L3 – *head* terjauh**	**61,96 m**	**DN 100 – DN 25**	**576 – 64 L/menit**	*Feed main* + *Cross Main* + branch
Total		**104,46 m**	-	-	42,500 m + 61,961 m

Pada layout, *Cross Main* memiliki 10 cabang fisik dengan jarak antar cabang tipikal 4 m. Namun, untuk perhitungan hidraulik *Light hazard*, jumlah cabang aktif dalam LKP hanya 3 cabang. Oleh karena itu, area operasi kritis diambil pada tiga cabang terjauh dari *feed main*.

E.4.6 Perhitungan *Headloss* Jalur Kritis

Perhitungan *headloss* mayor menggunakan persamaan Hazen-Williams:

$$h_f = 10{,}67 \times \frac{L \times Q^{1{,}852}}{C^{1{,}852} \times D^{4{,}87}}$$

dengan C =120

Diameter nominal digunakan sebagai pendekatan awal diameter hidraulik. Pada perhitungan final, diameter internal aktual menyesuaikan spesifikasi pipa yang digunakan.

1. *Headloss Branch Line*

   Branch Line kritis terdiri atas 3 sprinkler *head* dengan 2 segmen antar *head*. Karena jarak antar sprinkler adalah 4 m, maka panjang *Branch Line* kritis adalah:

   L branch = 4 + 4 = 8 m

   Headloss mayor *Branch Line* area *light hazard* ditunjukkan pada **Tabel E.18**

Tabel E.18 *Headloss* Mayor *Branch Line Light hazard*

Segmen	Q (L/menit)	DN	D (m)	L (m)	V (m/s)	Hf (m)
S1–S2	64	DN25	0,025	4	2,17	1,20
S2–S3	128	DN32	0,032	4	2,65	1,30
					Total	**2,49 m**

2. *Headloss Cross Main*

   Untuk *Light hazard*, area operasi terdiri atas 3 branch aktif. Karena *Cross Main* fisik memiliki 10 cabang dengan jarak antar cabang 4 m, maka area operasi kritis diletakkan pada tiga cabang terjauh. Dengan demikian, debit pada *Cross Main* dibaca sebagai berikut:

- segmen dari *feed main* menuju cabang aktif terjauh pertama membawa 9 *head* = 576 L/menit;
- segmen antar cabang aktif berikutnya membawa 6 *head* = 384 L/menit;
- segmen terakhir menuju cabang terjauh membawa 3 *head* = 192 L/menit.

Headloss mayor *Cross Main* area *light hazard* ditunjukkan pada **Tabel E.19**

Tabel E.19 *Headloss* Mayor *Cross Main Light hazard*

Segmen	Panjang	Q	DN	D	v	hf
FM 1 – CM 8	28 m	576 L/menit	DN80	0,080 m	1,91 m/s	1,70 m
CM 8 – CM 9	4 m	384 L/menit	DN65	0,065 m	1,93 m/s	0,31 m
CM 9 – CM 10	4 m	192 L/menit	DN50	0,050 m	1,63 m/s	0,31 m
Total	**36 m**	-	-	-	-	**2,32 m**

3. *Headloss Feed main* dan *Riser*

   Debit jalur kritis *light hazard* adalah:

   Q = 576 L/menit = 0,00960 m^3/s

   Panjang *feed main* dan *riser* DN100 dihitung dari gabungan jalur *fire pump* menuju VG Lantai 3 dan *feed main* horizontal dari VG Lantai 3 menuju awal *Cross Main*.

   L = 42,500 + 17,961 = 60,46 m

   Diameter = 0,100 m

   $$h_f = 10{,}67 \times \frac{60{,}46\ \text{m} \times (0{,}0096\ \text{m}^3/\text{s})^{1{,}852}}{120^{1{,}852} \times (0{,}100\ \text{m})^{4{,}87}}$$

   h_f = 1,24 m

4. Rekapitulasi *Headloss* Mayor

   $h_{f\ total} = h_{f\ branch} + h_{f\ Cross\ Main} + h_{f\ feed/riser}$

   $h_{f\ total}$ = 2,49 m + 2,32 m + 1,24 m

   $h_{f\ total}$ = 6,05 m

5. *Headloss* minor

   Headloss fitting dihitung dengan pendekatan konservatif sebesar 20% dari *headloss* mayor.

   $h_m = h_{f\ total} \times 20\%$

h_m = 6,05 m × 20% = 1,21 m

6. Total *headloss* sprinkler

   HL = $h_{f\,total}$ + hm

   HL = 6,05 m + 1,21 m = 7,26 m

E.4.7 Rekapitulasi *Head* Sprinkler Jalur Kritis

Tekanan minimum pada sprinkler kritis dihitung dari hubungan faktor-K

$$P = \left(\frac{q}{K}\right)^2$$

Untuk sprinkler *Light hazard* q = 64 L/menit dan K sprinkler 80 maka:

$$P = \left(\frac{64\ \text{L/menit}}{80}\right)^2 = 0{,}64\ \text{bar}$$

Konversi ke meter kolom air

H_{head} = 0,64 bar ×10,2 = 6,53 m

Maka kebutuhan *head* minimum sprinkler adalah:

$H_{\,sprinkler} = H_s + HL + H_{head}$

$H_{\,sprinkler}$ = 24,50 m+ 7,26 m+ 6,53 m = 38,29 m

Dengan *safety factor* 15%, maka:

H desain = 1,15 × 38,29 = 44,03 m ≈ 45 m

Rekapitulasi *Head* Sprinkler Jalur Kritis Lantai 3 ditunjukkan pada **Tabel E.20**

Tabel E.20 *Head* Sprinkler Jalur Kritis Lantai 3

Komponen	Nilai
Head statis	24,50 m
Headloss mayor	6,05 m
Headloss fitting	1,21 m
Total *headloss*	7,26 m
Tekanan minimum sprinkler kritis	6,53 m
Head sprinkler minimum	38,29 m
Safety factor 15%	5,74 m
Head sprinkler desain	45 m

E.4.8 Debit Pengendali dan *Head* Pengendali

Kebutuhan debit dan volume air terbesar berasal dari area Ordinary Hazard pada *Basement* 2, *Basement* 1, dan Lantai Dasar.

Berdasarkan konfigurasi layout dan hasil perencanaan, sistem sprinkler Gedung Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung menggunakan total 645 sprinkler *head*. Area *Basement* 2, *Basement* 1, dan Lantai Dasar diklasifikasikan sebagai Ordinary Hazard, sedangkan Lantai 1, Lantai 2, dan Lantai 3 diklasifikasikan sebagai Light Hazard.

Perhitungan *head* sprinkler dilakukan pada jalur kritis Lantai 3 karena titik tersebut berada pada elevasi tertinggi dan memiliki jarak horizontal terjauh dari VG menuju sprinkler *head* terjauh sebesar 61,961 m. Jalur horizontal tersebut terdiri atas feed main sepanjang 17,961 m, *Cross Main* sepanjang 36,000 m, dan *Branch Line* kritis sepanjang 8,000 m.

Untuk jalur kritis Light Hazard, jumlah *head* aktif dalam LKP adalah 9 *head* atau 3 branch aktif dengan debit sprinkler sebesar 576 L/menit. Dengan diameter rencana awal hasil evaluasi hidraulik, yaitu DN25–DN32 pada *Branch Line*, DN50–DN80 pada *Cross Main*, serta DN100 pada feed main dan riser, diperoleh total *headloss* sebesar 7,26 m dan *head* sprinkler desain sebesar ±45 m. Diameter aktual jaringan pada masing-masing lantai dapat berbeda mengikuti konfigurasi layout dan kebutuhan debit pada setiap segmen.Adapun hasil evaluasi sistem sprinkler ditunjukkan pada **Tabel E.21**

Tabel E.21 Kondisi Evaluasi Sistem Sprinkler

Kondisi Evaluasi	Skenario Pengendali	Nilai
Pengendali *head*	Jalur kritis Lantai 3, *Light hazard*	±45 m
Pengendali debit dan volume	Area Ordinary Hazard	47,83 L/s dan 172,20 m^3

Dengan demikian, sistem sprinkler dikendalikan oleh dua kondisi berbeda. Kebutuhan *head* sprinkler dikendalikan oleh jalur kritis Lantai 3, sedangkan kebutuhan debit dan volume air dikendalikan oleh area Ordinary Hazard.

E.5 Konfigurasi Penggunaan *Fire pump set* Bersama

Berdasarkan hasil perhitungan, kebutuhan *head* desain sistem hidran adalah sebesar ±116 m, sedangkan kebutuhan *head* desain sistem sprinkler pada jalur kritis Lantai 3 adalah sebesar ±45 m. Dengan demikian, sistem hidran menjadi kondisi pengendali dari sisi kebutuhan *head* karena memiliki tekanan residual dan *head* pompa yang lebih besar.

Namun, dari sisi kebutuhan debit, sistem sprinkler pada area Ordinary Hazard menghasilkan debit total sebesar 2.870 L/menit atau 47,83 L/s. Nilai ini lebih besar daripada debit hidran sebesar 31,55 L/s. Oleh karena itu, pemilihan *fire pump set* perlu mempertimbangkan dua parameter pengendali, yaitu *head* pengendali dari sistem hidran sebesar 116 m dan debit pengendali dari sistem sprinkler sebesar 47,83 L/s

E.6 Kesimpulan Perhitungan Hidraulik Sistem Proteksi Kebakaran

Pada sistem sprinkler, jumlah sprinkler *head* terpasang adalah 645 *head*. Area *Basement* 2, *Basement* 1, dan Lantai Dasar diklasifikasikan sebagai Ordinary Hazard, sedangkan Lantai 1, Lantai 2, dan Lantai 3 diklasifikasikan sebagai Light Hazard.

Jalur kritis *head* sprinkler berada pada Lantai 3 dengan panjang horizontal dari VG Lantai 3 menuju sprinkler *head* terjauh sebesar 61,961 m. Jalur ini terdiri atas feed main sepanjang 17,961 m, *Cross Main* sepanjang 36,000 m, dan *Branch Line* kritis sepanjang 8,000 m.

Untuk jalur kritis Light Hazard, jumlah *head* aktif dalam LKP adalah 9 *head* atau 3 branch aktif dengan debit sprinkler sebesar 576 L/menit. Berdasarkan perhitungan hidraulik, diperoleh *headloss* mayor sebesar 6,05 m, *headloss* fitting sebesar 1,21 m, total *headloss* sebesar 7,26 m, dan *head* sprinkler desain sebesar ±45 m.

Sistem hidran menjadi pengendali dari sisi *head* karena membutuhkan *head* desain sebesar ±116 m. Sementara itu, sistem sprinkler Ordinary Hazard menjadi pengendali dari sisi debit dan volume karena menghasilkan debit total sprinkler dan selang sebesar 2.870 L/menit atau 47,83 L/s, dengan kebutuhan volume air selama 60 menit sebesar 172,20 m^3.

LAMPIRAN F – INVENTARISASI DATA INPUT SIMULASI KONSERVASI AIR *EDGE BUILDING*

F.1 Tujuan

Lampiran ini menyajikan data input, proses normalisasi alat plambing, tahapan input, serta hasil simulasi konservasi air menggunakan aplikasi *EDGE Building*. Simulasi dilakukan melalui modul *Water Efficiency Measures* (WEM) untuk mengevaluasi kinerja penggunaan air operasional pada Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung.

Simulasi *EDGE Building* digunakan untuk membandingkan konsumsi air antara kondisi *Base Case* dan *Improved Case*. *Base Case* merepresentasikan kondisi acuan konsumsi air berdasarkan *baseline EDGE* untuk bangunan dengan fungsi sejenis, sedangkan *Improved Case* merepresentasikan kondisi setelah penerapan strategi konservasi air. Strategi yang dimodelkan meliputi penggunaan *fixture* hemat air, sistem *Rainwater Harvesting* (RWH), dan pemanfaatan air daur ulang untuk kebutuhan *flushing*.

Hasil simulasi digunakan untuk mengevaluasi capaian penghematan air, konsumsi air akhir, potensi penghematan biaya utilitas, *incremental cost*, serta payback period berdasarkan perhitungan *EDGE Building*. Hasil tersebut berfungsi sebagai indikator kinerja operasional konservasi air dan sebagai dasar pendukung dalam perencanaan RAB.

Simulasi *EDGE Building* tidak digunakan sebagai dasar penentuan diameter pipa, kapasitas pompa, volume tangki, maupun konfigurasi jaringan pipa. Seluruh desain fisik sistem plambing tetap ditetapkan berdasarkan debit rencana berbasis Unit Beban Alat Plambing (UBAP), perhitungan hidraulik, serta ketentuan SNI 8153:2025.

F.2 Sumber Data Simulasi

Data input simulasi *EDGE Building* diperoleh dari gambar arsitektur, data perencanaan teknis sistem plambing, hasil inventarisasi alat plambing, serta data sistem konservasi air yang digunakan dalam perencanaan. Data tersebut diklasifikasikan berdasarkan fungsi penggunaannya dalam simulasi, yaitu sebagai

data dasar proyek, data alat plambing, data sistem *Rainwater Harvesting* (RWH), data sistem *recycle water*, serta data skenario konservasi air.

Klasifikasi sumber data simulasi ditunjukkan pada **Tabel F.1.**

Tabel F.1 Hierarki dan Klasifikasi Sumber Data *EDGE Building*

Kelompok Data	Sumber Utama	Fungsi Dalam Simulasi
Data Dasar Proyek	Gambar arsitektur, *site plan*, dan *floor plan*	Menentukan lokasi, fungsi gedung, luas bangunan, jumlah lantai, jumlah tempat tidur, dan parameter dasar bangunan
Inventarisasi Alat Plambing	Gambaran Umum dan Perencanaan Teknis	Menentukan jumlah WC, LAV, URN, FCT, SHW, SNK, KCS, dan FD sebagai dasar pemetaan ke kategori *EDGE Building*
Data RWH	Masyhuroh (2025)	Menentukan area tangkapan, kapasitas tampungan dan pemanfaatan air hujan untuk penyiraman
Data air *Recycle*	Masyhuroh (2025)	Menentukan persentase air limbah terolah yang didaur ulang untuk pemanfaatan air *recycle* untuk *flushing*
Data aplikasi *EDGE*	*EDGE Building*	Menghasilkan nilai *water savings, final water use, utility cost saving, incremental cost dan payback period*

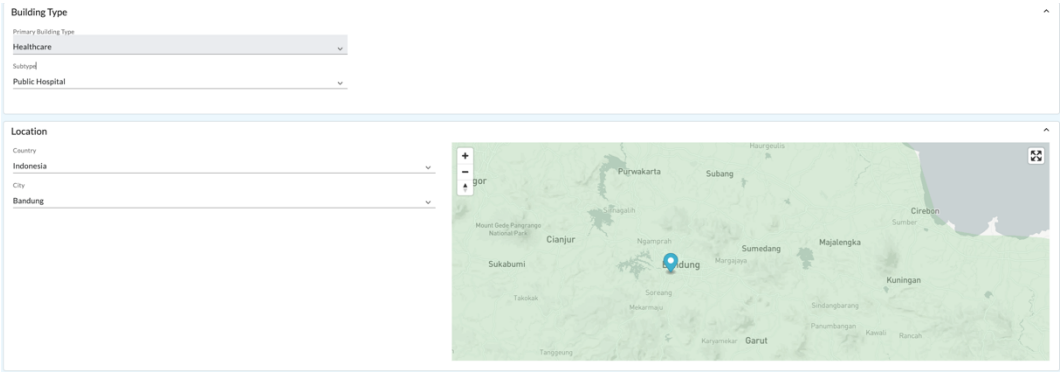
F.3 Input Project Setup dan *Building* Data

Data dasar bangunan diinput pada menu *Project Setup* dan *Building Data* aplikasi *EDGE Building*. Input ini digunakan untuk menentukan karakteristik umum bangunan, kategori fungsi bangunan, kapasitas pelayanan, serta parameter operasional yang memengaruhi perhitungan konsumsi air. Adapun proses input ditunjukkan pada **Tabel F.2** dan **Gambar F.1** dan **Gambar F.2**.

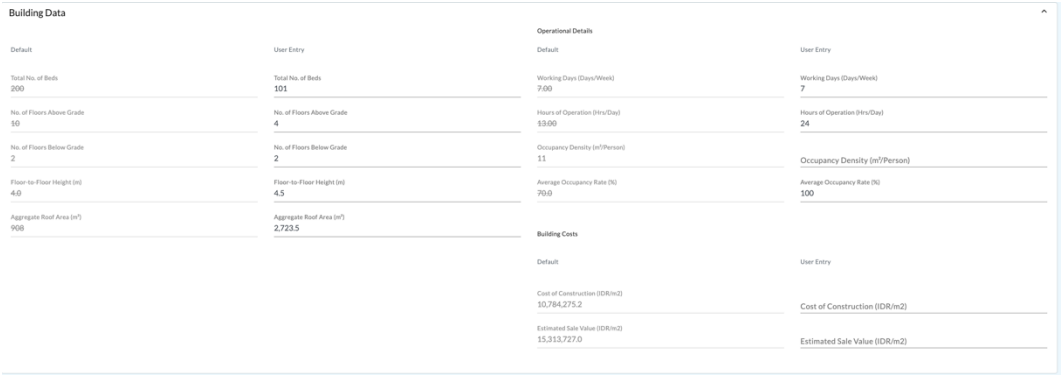
Tabel F.2 Input *Project Setup* dan *Building Data*

Field EDGE	Input	Keterangan
Primary Building Type	*HealthCare*	Sesuai fungsi rumah sakit.
Subtype	*Public Hospital*	Subtipe terdekat dalam *EDGE* yang sesuai dengan fungsi Rumah Sakit Khusus Jantung Cigadung

Field EDGE	Input	Keterangan
Country	Indonesia	Lokasi proyek.
City	Bandung	Lokasi proyek.
Gross Internal Area / Subproject Floor Area	5447 m^2	Mengacu pada data luas bangunan perencanaan
Total No. of Beds	101 bed	Kapasitas rawat inap final berdasarkan data dasar perencanaan
No. of Floors Above Grade	4	Lantai dasar, lantai 1, lantai 2, lantai 3.
No. of Floors Below Grade	2	*Basement* 1 dan *basement* 2.
Floor-to-Floor Height	4,5 m	Mengacu pada data elevasi dan perencanaan teknis.
Aggregate Roof Area	2.723,5 m2	Digunakan sebagai data umum luas atap pada *Building Data.*
Working Days	7 hari/minggu	Rumah sakit beroperasi setiap hari.
Hours of Operation	24 jam/hari	Rumah sakit memiliki fungsi rawat inap dan utilitas air yang beroperasi sepanjang hari
Average Occupancy Rate	100% untuk skenario desain	Dipakai sebagai skenario kapasitas desain.
Rainfall	2252,3 mm/tahun	Diselaraskan dengan perhitungan RWH desain.



Gambar F.1. *Building Type* dan Location pada *EDGE Building*



Gambar F.2 Input *Building Data* pada *EDGE Building*

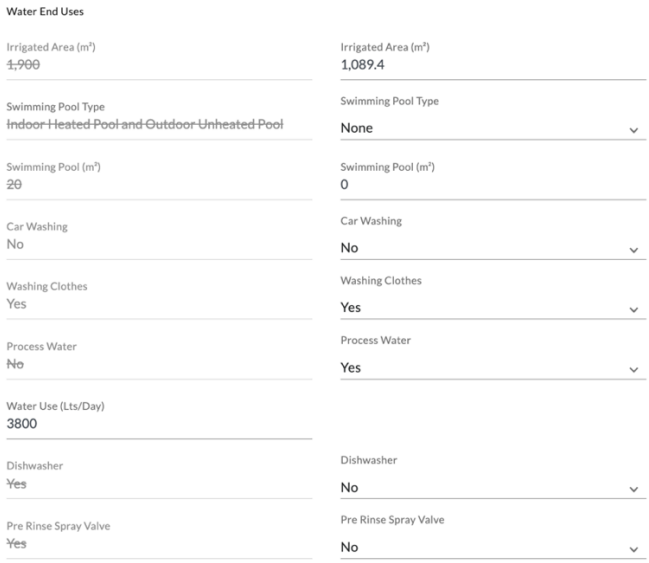
F.4 Input *Water End Uses*

Data pemakaian air spesifik dimasukkan pada bagian *Water End uses*. Input ini digunakan untuk mengidentifikasi kebutuhan air tambahan seperti penyiraman, laundry, *process water*, *dishashe*r, dan penggunaan air lain di luar *fixture* sanitasi utama. Adapun proses *Input Water End uses* ditunjukkan pada **Tabel F.3** dan **Gambar F.3**

Tabel F.3 *Input Water End uses*

Field	**Input**	**Keterangan**
Irrigated Area	1089,4 m^2	Mengacu pada area hijau/lanskap dan kebutuhan penyiraman
Swimming Pool Type	None	Tidak terdapat kolam renang.
Swimming Pool Area	0 m^2	Tidak digunakan.
Car Washing	No	Tidak terdapat cuci kendaraan sebagai end-use air.
Washing Clothes	Yes	Gedung memiliki ruang cuci/laundry
Process Water	Yes	Kebutuhan air RO/khusus operasi dan sterilisasi.
Water Use	3.800 L/day	Setara dengan 3,8 m3/hari yang merupakan kebutuhan air RO operasi dan sterilisasi
Dishwasher	No	Tidak direncanakan *dishwasher.*
Pre-Rinse Spray Valve	No	Tidak direncanakan *pre-rinse spray valve.*

Catatan: Kebutuhan process *water* sebesar 3.800 L/day digunakan untuk mewakili kebutuhan air khusus rumah sakit, seperti operasi dan sterilisasi. Nilai ini tidak dimasukkan ulang sebagai bathroom *faucet* atau kitchen *faucet* agar tidak terjadi perhitungan ganda (*double counting*) dalam simulasi *EDGE*.

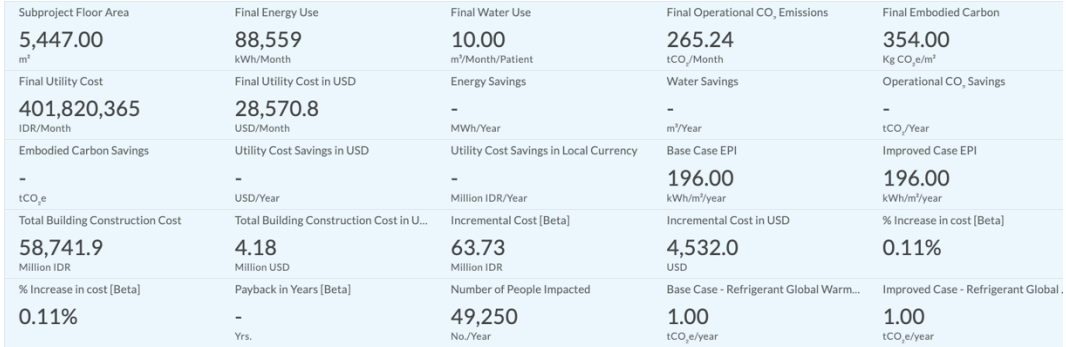


Gambar F.3 Input *Water End uses* pada *EDGE Building*

F.5 Status Awal Sebelum Aktivasi Modul WEM

Base Case merupakan skenario dimana tidak ada modul WEM yang diaktivasi. Pada Results Bar menunjukkan *water* savings sebesar 0,00%. Kondisi ini menunjukkan bahwa belum terdapat penghematan terhadap *baseline* karena modul konservasi air belum diaktifkan. Oleh karena itu, grafik konsumsi air antara *Base Case* dan *Improved Case* masih sama. *Base Case* digunakan sebagai kondisi pembanding untuk menilai pengaruh aktivasi modul konservasi air pada skenario *Improved Case*.

Adapun results bar dari skenario *Base Case* ditunjukkan pada **Gambar F.4** dan komponen *water* savings yang dianalisis meliputi shower, wash basin, *flushing*, kitchen, laundry, irrigation dan equipment sebagaimana ditunjukkan pada **Gambar F.5**



Gambar F.4 Results Bar *Base Case*



Gambar F.5 Komponen *Water* Savings Pada *Base Case*

F.6 Inventarisasi Alat Plambing dan Pemetaan ke Aplikasi *EDGE Building*

Alat plambing yang telah diinventarisasi akan dinormalisasi ke dalam kategori modul *fixture* pada *EDGE Building*. Normalisasi diperlukan karena simbol alat plambing pada gambar perencanaan, seperti WC, LAV, URN, SHW, FCT, SNK, KCS, dan FD, tidak seluruhnya memiliki padanan langsung sebagai *fixture* konsumsi air pada *EDGE*. Adapun data alat plambing yang telah diinventarisasi dipetakan ke aplikasi *EDGE Building* sebagaimana ditunjukkan pada **Tabel F.4**

Tabel F.4 Normalisasi Istilah Alat Plambing terhadap Modul *EDGE*

Kode *Fixture*	Jumlah Unit	Normalisasi Modul *EDGE*	Keterangan
WC	82	WEM04 - *Efficient Water Closets*	Dimodelkan sebagai dual *flush*.
LAV	79	WEM02 - *Water-efficient Faucets for all Bathrooms*	Digunakan sebagai basis utama bathroom *faucet*.
FCT (mushola)	8	WEM02 – *Water-efficient Faucets* for all *Bathrooms*	Dimasukkan karena fungsi serupa dengan lavatory
URN	16	WEM07 -*Water-efficient Urinals*	Dimodelkan sebagai *flush* urinal.
SHW	36	WEM01 - *Water-efficient Showerheads*	Shower di kamar pasien.
SNK	17	Tidak dimodelkan sebagai WEM02	Medical/service sink, bukan bathroom *faucet*.
KCS	2	WEM08 - *Water-efficient Faucets for Kitchen Sinks*	Kitchen sink area memasak.
FD	56	Tidak dimodelkan pada *EDGE Water* Measures	Floor d*rain* bukan alat konsumsi air.

Kode *Fixture*	Jumlah Unit	Normalisasi Modul *EDGE*	Keterangan
FCT	22	Tidak seluruhnya masuk WEM02	Janitor, ruang cuci, pemulasaran, wudhu, dan taman diperlakukan sesuai fungsi.

Catatan:

- Total *fixture* pada WEM02 adalah 87 unit, terdiri atas 79 unit LAV dan 8 unit keran mushola. Keran mushola dimasukkan ke dalam kategori *bathroom faucet* karena memiliki fungsi pemakaian air higienis yang serupa dengan lavatory dan direncanakan menggunakan spesifikasi low-flow *faucet*.
- Jumlah FCT sebanyak 22 unit merupakan total keran fungsi khusus. Dari jumlah tersebut, 8 unit keran mushola dimasukkan ke WEM02 karena berfungsi sebagai keran higienis dan menggunakan spesifikasi low-flow. FCT taman tidak dimasukkan sebagai bathroom *faucet* karena kebutuhan penyiraman dimodelkan melalui irrigated area dan WEM14 *Rainwater Harvesting*.
- *Medical sink, service sink, floor drain, hydrant box, sprinkler, pompa, valve*, dan tangki tidak dimodelkan sebagai *fixture* konsumsi air domestik pada *EDGE* karena memiliki fungsi teknis yang berbeda atau tidak mewakili konsumsi air harian pengguna.

F.6 Input Modul *Water-Efficiency Measures* (WEM)

Simulasi konservasi air dilakukan dengan mengaktifkan beberapa modul *Water Efficiency Measures* (WEM) yang relevan dengan hasil perencanaan sistem plambing. Modul yang diaktifkan meliputi shower*head* hemat air, *faucet* hemat air, *water closet* dual *flush*, *urinal*, *kitchen faucet*, *rainwater harvesting*, serta sistem *recycle* air limbah terolah.

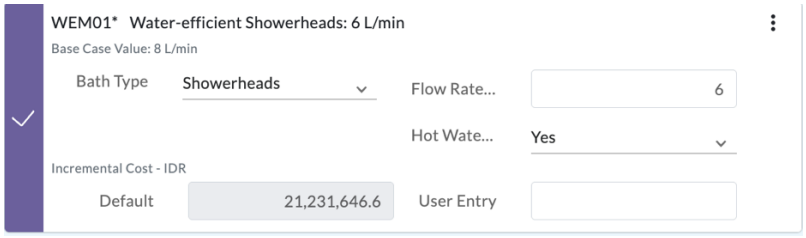
1. WEM01 – *Water-efficient* Shower*head*s

   Input untuk modul WEM01 ditunjukkan pada **Tabel F.5** dan **Gambar F.6**

Tabel F.5 Input WEM01 – *Water-efficient Showerheads*

Parameter	Input
Bath Type	*Showerheads*
Flow Rate	6 L/min
Hot Water	Yes
Keterangan	Nilai flow rate merupakan *Improved Case fixture* hemat air.

Catatan: Input flow rate sebesar 6 L/min digunakan sebagai *Improved Case* untuk shower hemat air. Nilai ini lebih rendah dibandingkan *Base Case EDGE* sebesar 8 L/min, sehingga berkontribusi terhadap penghematan konsumsi air pada kategori *shower*.



Gambar F.6 Input WEM01 *Water-efficient Showerheads*

Konsumsi air shower turun dari 4,04 m³/hari menjadi 2,94 m³/hari. Penurunan sebesar 1,10 m³/hari terjadi karena pada *Improved Case* digunakan shower*head* hemat air dengan flowrate lebih rendah.

Penurunan konsumsi shower terjadi karena *Improved Case* menggunakan low-flow shower*head*. Pada sistem *green fixture*, debit shower dibatasi sehingga konsumsi air per aktivitas mandi menjadi lebih rendah. Penurunan ini menunjukkan bahwa modul shower hemat air berkontribusi terhadap efisiensi air pada ruang rawat inap.

2. WEM02 – *Water-efficient Faucets for all Bathrooms*

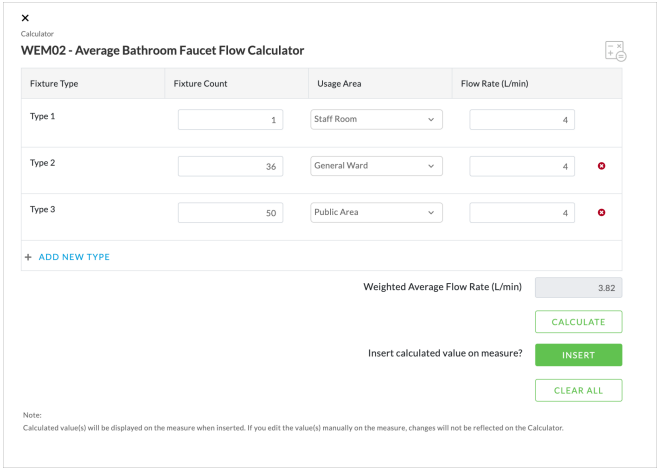
Input untuk modul WEM02 ditunjukkan pada **Tabel F.6** dan **Gambar F.7**

Tabel F.6 Input WEM02 *Bathroom Faucets*

Fixture Type	***Fixture Count***	***Usage Area***	***Flow Rate***
Type 1	1	*Staff Room*	4 L/min
Type 2	36	*General Ward*	4 L/min
Type 3	50	*Public Area*	4 L/min
Output *EDGE*	87 unit	*Weighted average*	3,82 L/min

Catatan:

- Total 87 unit *faucet* pada WEM02 terdiri atas 79 unit LAV dan 8 unit keran wudhu. Seluruh *faucet* pada kategori ini dimodelkan menggunakan flow rate 4 L/min. *EDGE Building* kemudian menghitung *weighted average flow rate* sebesar 3,82 L/min berdasarkan kalkulator WEM02 dan pembagian usage area.
- Nilai 3,82 L/min merupakan hasil tertimbang dari kalkulator *EDGE*, bukan nilai spesifikasi tunggal produk. Spesifikasi produk pada Bab 6 tetap mengacu pada *fixture* low-flow dengan flow rate rencana 4 L/min.



Gambar F.7 Kalkulator WEM02 Bathroom *Faucet Flow Calculator*

Penggunaan air *Faucet*s (*Wash basin*) turun dari 8,24 m³/hari menjadi 3,82 m³/hari. Penurunan nilai ini adalah salah satu penurunan terbesar, yaitu 4,42 m³/hari. *Faucet*s memberikan kontribusi penghematan terbesar karena jumlah lavatory pada bangunan cukup banyak dan frekuensi penggunaannya tinggi. Penggunaan *faucet* hemat air dengan aerator atau flow restrictor menurunkan flowrate dari kondisi konvensional, sehingga konsumsi air pada kategori wash basin turun signifikan.

3. WEM04 – *Efficient Water* Closets for all *Bathrooms* dan WEM07 – *Water-efficient Urinal*

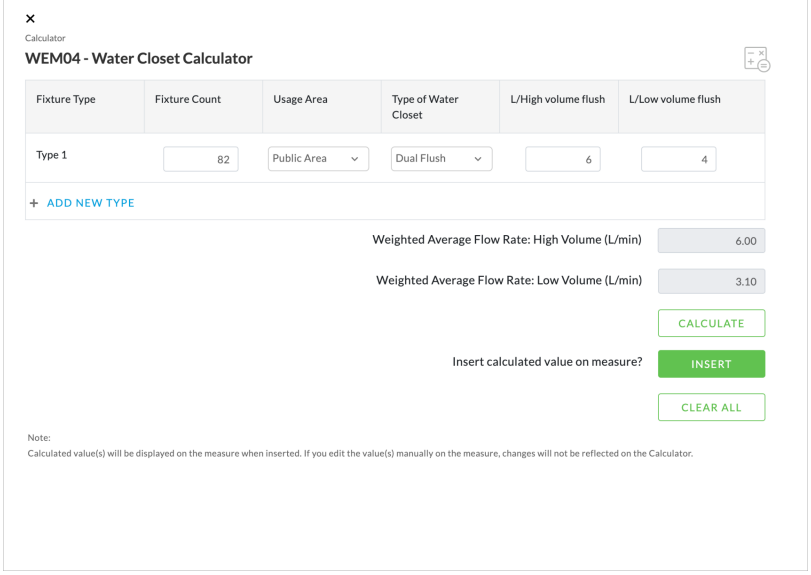
   Input untuk modul WEM04 ditunjukkan pada **Tabel F.7**dan **Gambar F.8** dan WEM07 pada **Tabel F.8** dan **Gambar F.9**

Tabel F.7 Input WEM04 *Efficient Water Closets*

Parameter	**Input**
Fixture Count	82
Usage Area	Public Area
Type of Water Closet	Dual *Flush*
Input High Volume Flush	6 L/*flush*
Input Low Volume Flush	4 L/*flush*
Output *EDGE*	High 6,00 L/*flush*; low/effective value sekitar 3,10 L/*flush*

Water closet dimodelkan sebagai dual *flush* dengan volume pembilasan 6 L/*flush* untuk high volume *flush* dan 4 L/*flush* untuk low volume *flush*. Pada kalkulator *EDGE*, nilai low *flush* ditampilkan

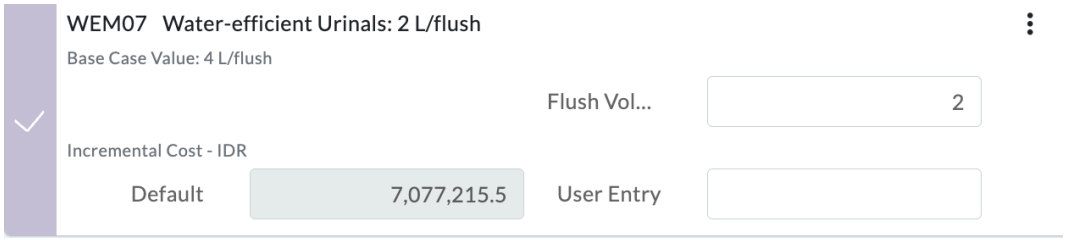
sebagai nilai efektif tertimbang sebesar 3,10 L/*flush* berdasarkan kategori penggunaan. Nilai desain *fixture* tetap dicatat sebagai dual *flush* 6/4 L.



Gambar F.8. Kalkulator WEM04 *Water Closet Calculator*

Tabel F.8 Input WEM07 *Water-efficient Urinals*

Parameter	**Input**
Flush Volume	2 L/*flush*
Jumlah *fixture* acuan	16 URN



Gambar F.9. Input WEM04 *Water-efficient* Urinals

Penggunaan air untuk *Flushing* toilet turun dari 4,19 m³/hari menjadi 0 m³/hari. Nilai *flushing* sebesar 0 m³/hari pada *Improved Case* tidak berarti aktivitas *flushing* dihilangkan. Nilai tersebut menunjukkan bahwa kebutuhan fresh *water* untuk *flushing* telah disubstitusi oleh air *recycle*. Dalam perencanaan ini, air hasil *recycle* digunakan untuk melayani WC dan urinal sebagai kebutuhan non-*potable*. Oleh karena itu, pada *Results*

Bar EDGE, konsumsi air bersih untuk kategori *flushing* terbaca nol karena telah digantikan oleh suplai air daur ulang.

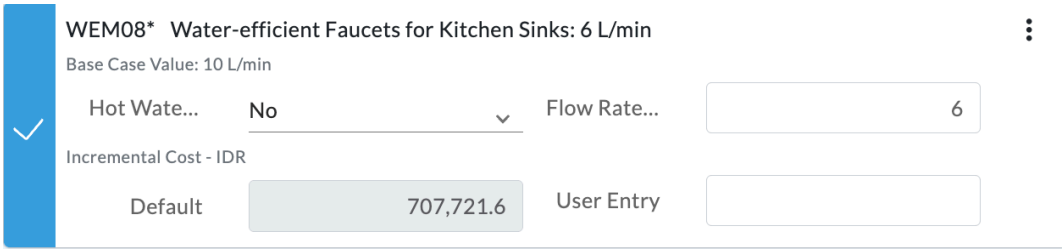
4. WEM08 -*Water-efficient Faucets* for Kitchen Sinks

   Input untuk modul WEM08 ditunjukkan pada **Tabel F.9** dan **Gambar F.10**

Tabel F.9 Input WEM08 *Water-Faucets for Kitchen Sinks*

Parameter	**Input**
Flow Rate	6 L/min
Hot Water	No
Jumlah *fixture* acuan	2 KCS

Kitchen sink *faucet* dimodelkan dengan flow rate sebesar 6 L/min. Input ini digunakan untuk merepresentasikan *fixture* hemat air pada area dapur atau pantry.



Gambar F.10 Input WEM08 *Water-efficient for Kitchen Sinks*

Konsumsi air Kitchen turun dari 2,54 m³/hari menjadi 1,70 m³/hari, atau turun 0,84 m³/hari. Penurunan konsumsi air pada kategori kitchen terjadi akibat penggunaan kitchen *faucet* dengan debit lebih rendah. Meskipun jumlah kitchen *faucet* hanya 2 unit, perubahan flowrate tetap menurunkan konsumsi air pada kategori ini. Namun, kontribusinya terhadap total penghematan tidak sebesar wash basin karena jumlah alat dan frekuensi pemakaiannya lebih terbatas

5. WEM14 – *Rainwater Harvesting System*

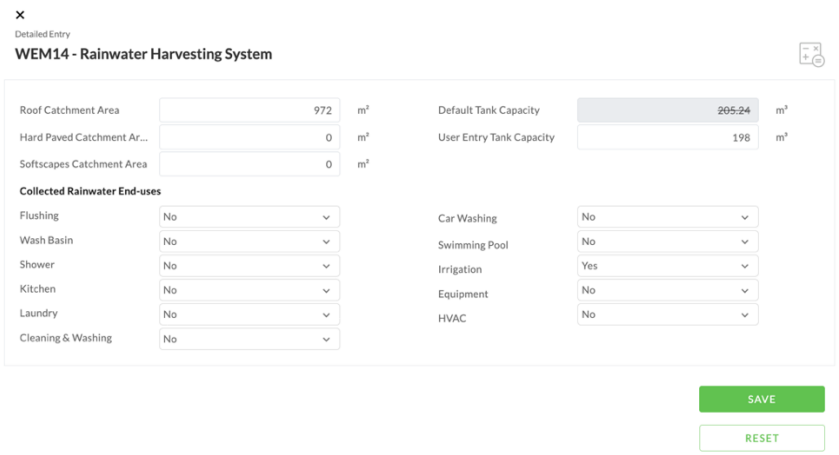
   Input untuk modul WEM14 ditunjukkan pada **Tabel F.10** dan **Gambar F.11**

Tabel F.10 Input WEM14 *Rainwater Harvesting*

Parameter	Input
Roof Catchment Area	972 m^2
Hard Paved Catchment	0 m^2
Softscapes Catchment	0 m^2
User Entry Tank Capacity	198 m^3
Flushing	No
Wash Basin	No
Shower	No
Kitchen	No
Laundry	No
Cleaning & Washing	No
Car Washing	No
Swimming Pool	No
Irrigation	Yes
Equipment	No
HVAC	No

Catatan:

- Pada simulasi *EDGE*, sistem RWH dimodelkan untuk melayani kebutuhan penyiraman taman. *Roof catchment area* yang digunakan adalah 972 m², sedangkan kapasitas tampungan RWH sebesar 198 m³ yang mengacu pada hasil perencanaan detail sistem *Rainwater Harvesting* oleh Masyhuroh (2025).
- Nilai kapasitas 198 m³ digunakan dalam simulasi *EDGE* untuk mengevaluasi potensi penghematan air operasional dari pemanfaatan air hujan. Sementara itu, perencanaan hidraulik sistem plambing air hujan berfokus pada distribusi air hujan dari sistem tampungan menuju titik pemakaian.



Gambar F.9. Input WEM14 *Rainwater Harvesting*

Penggunaan air untuk penyiraman taman (Irrigation) turun dari 6,54 m^3/hari menjadi 5,92 m^3/hari, atau turun 0,62 m^3/hari. Penurunan konsumsi irrigation terjadi karena sebagian kebutuhan penyiraman taman dipenuhi oleh sistem *rainwater harvesting*. Namun, konsumsi irrigation tidak menjadi nol karena ketersediaan air hujan dipengaruhi oleh luas catchment, curah hujan, kapasitas tampungan, dan kebutuhan penyiraman. Dengan demikian, RWH berfungsi sebagai substitusi sebagian kebutuhan air penyiraman, bukan pengganti penuh sepanjang waktu operasi.

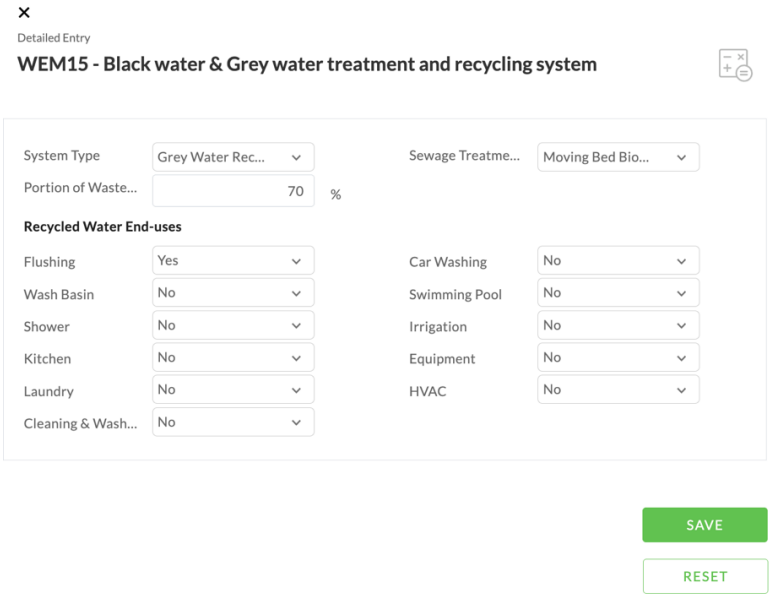
6. WEM15 – Black*water* and *Greywater* Treatment and Recycling System

   Input untuk modul WEM15 ditunjukkan pada **Tabel F.11** dan **Gambar F.12**

Tabel F.11 Input WEM15 *Wasterwater Treatment and Recycling System*

Parameter	**Input**
System Type	Grey *Water* Recycling System / pendekatan *recycle* non-*potable*
Portion of Wastewater	70%
Sewage Treatment Plant	*Moving Bed Bioreactor* (proxy *EDGE*)
Flushing	Yes
Wash Basin	No
Shower	No
Kitchen	No
Laundry	No
Cleaning & Washing	No
Car Washing	No
Swimming Pool	No
Irrigation	No
Equipment	No
HVAC	No

Sistem *recycle* dimodelkan pada *EDGE* menggunakan opsi Grey *Water* Recycling System sebagai pendekatan atau proxy untuk sistem daur ulang air non-*potable*. Pada perencanaan ini, air *recycle* digunakan untuk kebutuhan *flushing* setelah melalui proses pengolahan. Pemilihan Moving Bed Bioreactor pada *EDGE* digunakan sebagai pendekatan terhadap sistem pengolahan air limbah yang menghasilkan air olahan untuk penggunaan kembali.



Gambar F.12 Input WEM15 *Blackwater and Greywater Treatment and Recycling System*

Aktivasi modul WEM 15 dengan *end use* untuk *flushing* mensubtitusi kebutuhan air untuk *flushing* yang mana sebelumnya menggunakan air PDAM sehingga terjadi penurunan konsumsi air untuk *flushing* dari 4,19 m^3/hari menjadi 0.

F.7 Measures yang Tidak Diaktifkan

Tidak seluruh WEM pada *EDGE Building* diaktifkan. Beberapa measure tidak digunakan karena tidak sesuai dengan kondisi bangunan, tidak terdapat data spesifikasi teknis, atau tidak termasuk dalam lingkup perencanaan. Adapun rinciannya diuraikan pada **Tabel G.12**

Tabel F.12 Measures yang Tidak Diaktifkan

Measure	Status	Keterangan
WEM06 - *Bidet*	*Off*	Tidak terdapat bidet pada inventaris alat plambing.
WEM09 - *Dishwasher*	*Off*	Tidak direncanakan unit Dishwasher
WEM10 - *Pre-rinse Spray Valve*	*Off*	Tidak terdapat pre-rinse spray valve.
WEM11 - *Washing Machine*	*Off*	Tidak direncanakan sistem laundry hemat air

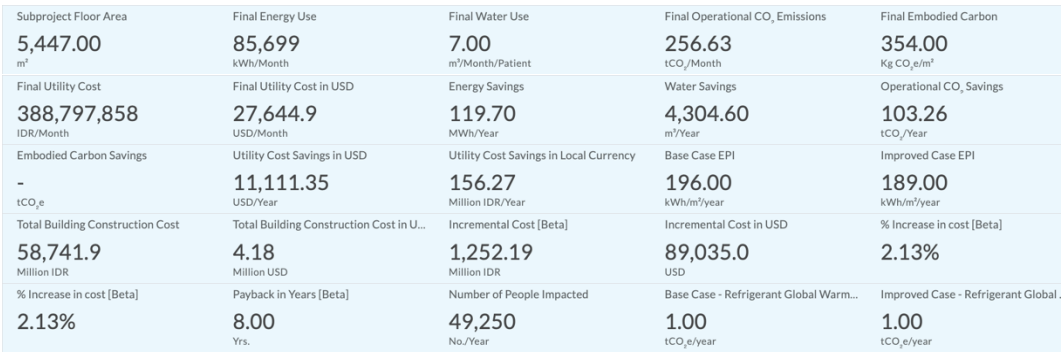
Measure	Status	Keterangan
WEM12 - *Swimming Pool Covers*	*Off*	Tidak terdapat kolam renang.
WEM13 - *Water-efficient Landscape Irrigation*	*Off*	Tidak ada spesifikasi sistem penyiraman hemat air terpisah; konservasi penyiraman taman dimodelkan melalui RWH.
Condensate Recovery / HVAC water measure	*Off*	Tidak ada data kondensat AC/AHU.
Smart Water Meter	*Off*	Tidak direncanakan *smart water meter*.

F.8 Output *EDGE Building*

Setelah input data bangunan dan modul WEM dilakukan, *EDGE Building* menghasilkan ringkasan kinerja konsumsi air, penghematan air, biaya utilitas, *incremental cost*, dan payback period. Adapun uraian ringkasan output simulasi *EDGE Building* ditunjukkan pada **Tabel F.13** dan **Gambar F.11** serta grafik penghematan pada **Gambar F.13**.

Tabel F.13 Ringkasan Output Simulasi *EDGE Building*

Results Bar	*Base Case* (Konvensional)	*Improved Case* (*Green*)
Final water use	10 m^3/*month/patient*	7 m^3/*month/patient*
Final utility cost	Rp. 401.820.365	Rp. 388.797.858
Water savings	-	4304,60 m3/year
Utility cost savings	-	Rp. 156.270.000
Total building construction Cost	Rp. 58.741.900	Rp. 58.741.900
Incremental cost	Rp. 6.373.000	Rp. 1.252.190
Increase in cost	0,11%	2,13%
Payback in Years	-	8 years



Gambar F.13. Hasil Output Simulasi *EDGE* Pada *Results Bar*



Gambar F.12 Grafik Hasil Penghematan Air Pada Simulasi *Water Efficiency Measures EDGE Building*

Hasil simulasi menunjukkan bahwa *Improved Case* mampu mencapai penghematan air sebesar 33,78%. Nilai ini telah melampaui ambang minimum efisiensi air *EDGE* sebesar 20%.

Nilai *utility cost savings, incremental cost,* dan *payback period* pada **Tabel F.13** merupakan estimasi awal dari aplikasi *EDGE Building*. Nilai tersebut digunakan sebagai dasar pembanding awal dalam analisis ekonomi. Perhitungan investasi dan biaya operasional secara lebih rinci tetap dilakukan berdasarkan spesifikasi teknis, BOQ, RAB, harga *fixture* konvensional, harga *green fixture*, dan tarif air yang digunakan.

Secara keseluruhan, hasil simulasi menunjukkan bahwa konsumsi air menurun dari 33,97 m³/hari pada *Base Case* menjadi 22,00 m³/hari pada *Improved Case*. Penurunan sebesar 11,97 m³/hari ini terutama dipengaruhi oleh pengurangan konsumsi pada *faucets, flushing, shower, kitchen, irrigation*, dan *equipment*. Kategori *faucets* (Wash basins) mengalami penurunan terbesar karena jumlah lavatory cukup banyak dan penggunaan *faucet* hemat air memberikan pengaruh langsung terhadap debit pemakaian. Sementara itu, kategori *flushing* turun menjadi 0 m³/hari karena kebutuhan air bersih untuk *flushing* disubstitusi oleh air *recycle*.

Capaian *water* savings sebesar 34,90% menunjukkan bahwa skenario *Improved Case* memenuhi *EDGE Water Standard* pada aspek air. Strategi konservasi air yang paling berpengaruh dalam perencanaan ini adalah penggunaan *fixture* hemat air, pemanfaatan air *recycle* untuk *flushing*, dan pemanfaatan air hujan untuk penyiraman taman. Hasil simulasi ini memperlihatkan bahwa sistem plambing yang direncanakan tidak hanya memenuhi kebutuhan teknis berdasarkan SNI 8153:2025, tetapi juga memiliki potensi pengurangan konsumsi air operasional.

F.9 Komparasi *Base Case* dan *Improved Case*

Tabel F.14 Ringkasan Perbandingan Hasil Simulasi *EDGE Building*

Kategori	*Base Case*	*Improved Case*	Penurunan	Efisiensi
Shower	4,04 m³/hari	2,94 m³/hari	1,10 m³/hari	27,23%
Wash basin (*Faucet*)	8,24 m³/hari	3,82 m³/hari	4,42 m³/hari	53,64%
Flushing	4,19 m³/hari	0 m³/hari	4,19 m³/hari	100% terhadap PDAM
Kitchen	2,54 m³/hari	1,70 m³/hari	0,84 m³/hari	33,07%
Laundry	4,44 m³/hari	4,44 m³/hari	0 m³/hari	0%
Irrigation	6,54 m³/hari	5,92 m³/hari	0,62 m³/hari	9,48%
Equipment	3,80 m³/hari	3,18 m³/hari	0,62 m³/hari	16,32%
Total	**33,97 m³/hari**	**22,00 m³/hari**	**11,97 m³/hari**	**±34,90%**

Berdasarkan Results Bar *EDGE Building*, skenario *Base Case* memiliki Final *Water* Use sebesar 10 m³/month/patient dengan *water* savings 0,00%. Setelah aktivasi modul konservasi air, skenario *Improved Case* menunjukkan Final *Water* Use sebesar 7 m³/month/patient dan *water* savings sebesar 34,90%. Nilai tersebut menunjukkan bahwa *Improved Case* telah memenuhi *EDGE Water Standard* pada kategori *water* karena penghematan air melebihi 20%. Penurunan konsumsi air harian dari 33,97 m³/hari menjadi 22,00 m³/hari menunjukkan adanya efisiensi sebesar 11,97 m³/hari.

Penurunan konsumsi air terutama berasal dari kategori wash basin, *flushing*, shower, kitchen, irrigation, dan equipment. Wash basin turun dari 8,24 m³/hari

menjadi 3,82 m³/hari karena penggunaan *faucet* hemat air. *Flushing* turun dari 4,19 m³/hari menjadi 0 m³/hari karena kebutuhan air bersih untuk *flushing* digantikan oleh air *recycle*. Shower turun dari 4,04 m³/hari menjadi 2,94 m³/hari akibat penggunaan low-flow shower*head*. Kitchen turun dari 2,54 m³/hari menjadi 1,70 m³/hari karena penggunaan *faucet* dengan debit lebih rendah. Irrigation turun dari 6,54 m³/hari menjadi 5,92 m³/hari karena sebagian kebutuhan penyiraman dipenuhi oleh sistem *rainwater harvesting*. Laundry tidak berubah karena tidak terdapat modul efisiensi laundry yang diaktifkan.

Grafik hasil simulasi *EDGE* menunjukkan konsumsi air harian pada *Base Case* dan *Improved Case*. Berdasarkan pembacaan grafik, konsumsi air harian pada *Base Case* adalah sekitar 33,97 m³/hari, sedangkan konsumsi air harian pada *Improved Case* adalah sekitar 22,38 m³/hari. Perhitungan konsumsi air tahunan dilakukan dengan persamaan:

$V_{tahunan} = V_{harian} \times 365$

- Untuk *Base Case*

  $V_{base} = 33{,}97\ m^3/hari \times 365$

  $V_{base} = 12.399\ m^3/tahun$

- Untuk *Improved Case*

  $V_{improved} = 22{,}00\ m^3/hari \times 365$

  $V_{improved} = 8030\ m^3/tahun$

- Selisih konsumsi air tahunan

  $\Delta V = V_{base} - V_{improved}$

  $\Delta V = 12.399\ m^3/tahun - 8030\ m^3/tahun$

  $\Delta V = 4369\ m^3/tahun$

Adapun perbandingan konsumsi air *Base Case* dan *Improved Case* ditunjukkan pada **Tabel F.14**

Tabel F.14 Perbandingan Konsumsi Air *Base Case* dan *Improved Case*

Parameter	***Base Case***	***Improved Case***	**Selisih**
Konsumsi air harian	±33,97 m³/hari	±22,00 m³/hari	±11,97 m³/hari
Konsumsi air tahunan	±12.399,05 m³/tahun	±8.030,00 m³/tahun	±4.369,60 m³/tahun
Water savings	-	34,90%	34,90%