

**LAPORAN TUGAS AKHIR
(ENV21W0003)**

**PERENCANAAN PERBAIKAN KUALITAS
AIR SUNGAI CIPAMOKOLAN DENGAN MENGGUNAKAN
TEKNOLOGI BERBASIS ALAM**

Disusun oleh:

Fajriyanti Dwi Tresna Sasmita

213050014



**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN
BANDUNG
2025**

**LEMBAR PENGESAHAN
LAPORAN TUGAS AKHIR
(ENV21W0003)**

**PERENCANAAN PERBAIKAN KUALITAS
AIR SUNGAI CIPAMOKOLAN DENGAN MENGGUNAKAN
TEKNOLOGI BERBASIS ALAM**

Disusun oleh:

Fajriyanti Dwi Tresna Sasmita

213050014



Telah disetujui dan disahkan

Pada, September 2025

Dosen Pembimbing 1

Dosen Pembimbing 2

(Prof. Dr. Yonik Meilawati, ST., MT.)

(Dr. Ir. Evi Afiatun, MT.)

Dosen Penguji 1

Dosen Penguji 2

(Ir. Sri Wahyuni, MT.)

(Astri Widiastuti H., ST., M.Env)

PERENCANAAN PERBAIKAN KUALITAS AIR SUNGAI CIPAMOKOLAN DENGAN MENGGUNAKAN TEKNOLOGI BERBASIS ALAM

Fajriyanti Dwi Tresna Sasmita

Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Pasundan,
Jl. Dr. Setiabudi No.193, Bandung

Email: fajriyanti.dwits@gmail.com

ABSTRAK

Sungai Cipamokolan berada di Kota Bandung terbentang sepanjang 18 km dari utara ke selatan dan bermuara di Sungai Citarum. Hasil uji kualitas air Sungai Cipamokolan Tahun 2025 menunjukkan bahwa parameter TSS, BOD, COD, Nitrit, Lemak dan Minyak, *Fecal Coliform* serta *Coliform* melebihi ambang baku mutu kelas II Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021. Kondisi ini mengindikasikan pencemaran berat yang berpotensi menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan perairan, kesehatan masyarakat, dan keseimbangan ekosistem sungai. Maka dari itu, perlu dilakukannya suatu perbaikan kualitas air Sungai Cipamokolan. Hal tersebut dilakukan melalui pengujian kualitas air sungai, penentuan parameter pencemar, dan pemilihan teknologi perbaikan kualitas air sungai. Dalam memperbaiki kualitas air Sungai Cipamokolan, direncanakan penerapan teknologi In-Situ *Floating Treatment Wetland* (FTW). Rencana pemasangan FTW meliputi 81 unit berukuran 2 m x 2 m yang ditanami tiga jenis tanaman lokal, yaitu *Cyperus papyrus*, *Scirpus grossus*, dan *Phragmites karka*, yang efektif menyisihkan parameter pencemar. Luas total FTW mencapai 50% dari luas Bendung, yakni sekitar 322 m², dengan pola penempatan zigzag untuk efisiensi penyisihan. Selain itu, dilakukan rekayasa sungai dengan pembangunan Bendung selebar 7 m dan tinggi 4 m serta dilengkapi dengan Sistem Pelimpah *overflow* tipe ogee untuk mengatur debit air secara terkendali. Bendung ini berfungsi untuk menaikkan muka air untuk penerapan FTW. Total anggaran biaya yang dibutuhkan yaitu sebesar Rp. 435.071.118,00. Dengan adanya teknologi ini, diharapkan mampu menyisihkan parameter pencemar air Sungai Cipamokolan serta mengembalikan kualitas air hingga memenuhi baku mutu yang ditetapkan.

Kata Kunci: Bendung, *Floating Treatment Wetland*, Sistem Pelimpah, Sungai Cipamokolan.

PLANNING FOR QUALITY IMPROVEMENT OF THE CIPAMOKOLAN RIVER USING NATURE-BASED TECHNOLOGY

Fajriyanti Dwi Tresna Sasmita

*Environmental Engineering Study Program, Faculty of Engineering, Pasundan
University, Dr. Setiabudi Street No. 193, Bandung*

Email: fajriyanti.dwits@gmail.com

ABSTRACT

*The Cipamokolan River is located in Bandung City, stretching 18 km from north to south and flowing into the Citarum River. The results of the 2025 Cipamokolan River water quality test show that the parameters of TSS, BOD, COD, Nitrite, Fat and Oil, Fecal Coliform, and Coliform exceed the Class II quality standards set by Government Regulation No. 22 of 2021. This condition indicates severe pollution that has the potential to cause negative impacts on the aquatic environment, public health, and the balance of the river ecosystem. Therefore, it is necessary to improve the water quality of the Cipamokolan River. This is done by testing the river water quality, determining pollutant parameters, and selecting river water quality improvement technologies. In improving the water quality of the Cipamokolan River, the application of In-Situ Floating Treatment Wetland (FTW) technology is planned. The FTW installation plan includes 81 units measuring 2 m x 2 m planted with three types of local plants, namely *Cyperus papyrus*, *Scirpus grossus*, and *Phragmites karka*, which are effective in removing pollutant parameters. The total area of the FTW reaches 50% of the dam area, which is around 322 m², with a zigzag placement pattern for removal efficiency. In addition, river engineering was carried out with the construction of a 7 m wide and 4 m high dam equipped with an ogee-type overflow system to regulate water discharge in a controlled manner. This dam serves to raise the water level for FTW implementation. The total budget required is IDR 435.071.118,00. With this technology, it is hoped that the water pollution parameters of the Cipamokolan River can be reduced and water quality restored to meet the established quality standards.*

Keywords: Dam, Floating Treatment Wetland, Spillway System, Cipamokolan River.

PERENCANAAN NGALERESKEUN KUALITAS CAI WALUNGAN CIPAMOKOLAN NGANGGO TÉKNOLOGI BERBASIS ALAM

Fajriyanti Dwi Tresna Sasmita

Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Pasundan,
Jl. Dr. Setiabudi No.193, Bandung

Email: fajriyanti.dwits@gmail.com

ABSTRAK

Walungan Cipamokolan nu aya di Kota Bandung nu ngabentang sapanjang 18 km ti kaler dugi ka kidul jeung ngamuara di Walungan Cipamokolan. Hasil tina uji kualitas cai Walungan Cipamokolan di taun 2025 nunjukeun paraméter TSS, BOD, COD, Nitrit, Lemak dan Minyak, *Fecal Coliform* sareng *Coliform* anu ngaleuwihan baku mutu kelas II aturan pamaréntah nomer 22 taun 2021. Kayaan ieu ngaindikasikeun pencemaran beurat nu boga potensi nimbulkeun dampak negatif jeung lingkungan cai, kaséhatan masyarakat, sareng kasaimbangan ékosistem walungan. Mangkana éta, peryogi dilakukeunna perbaikan kualitas cai Walungan Cipamokolan. Hal ieu dilakukeun ngaliwatan uji kualitas cai walungan, nangtukeun parameter polutan, sarta milih téknologi perbaikan kualitas cai walungan. Pikeun ngaronjatkeun kualitas cai Walungan Cipamokolan, direncanakeun ngagunakeun téknologi in-situ *Floating Treatment Wetland* (FTW). Rencanana masangkeun FTW aya 81 unit nu ukuranna 2m x 2m nu di pelakan ku 3 rupa pepelakan lokal, nyaéta diantaranya *Cyperus papyrus*, *Scirpus grossus*, sareng *Phragmites karka*, nu mampu nyisihkeun paraméter pencemar. Luas total tina FTW téh dugi ka 50 % tina luas waduk, nyaéta kira-kira 322 m². Anu penempatannana liak liuk (zigzag) kanggé ngaéfisiansikeun penyisihan. Salian ti éta ngalakukeun rekayasa walungan nganggé ngabangun waduk anu badagna 7m sareng luhur na 4 m sareng dilengkapi ku Sistem Pelimpah *overflow* tipeu ogee pikeun ngatur debit cai sangkan bisa dikeundalikeun. Bendung ieu fungsina pikeun naekeun tingkat cai pikeun palaksanaan FTW. Sadayana anggaran biaya anu dibutuhkeun nyaéta angeungna Rp. 435.071.118,00. Ayana téknologi ieu dihareupkeun mampu nyisihkeun paraméter pencemaran cai Walungan Cipamokolan sareng ngabalikeun deui kualitas cai sangkan bisa minuhan syarat baku mutu anu ditetapkeun.

Kecap Konci: Bendung, *Floating Treatment Wetland*, Walungan Cipamokolan, Sistem Pelimpah.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur saya ucapkan kepada Allah SWT, karena berkat rahmat dan hidayah-Nyalah maka Laporan Tugas Akhir II dengan judul “Perencanaan Perbaikan Kualitas Air Sungai Cipamokolan Dengan Menggunakan Teknologi In-Situ” dapat diselesaikan dengan baik. Shalawat dan Salam juga tak lupa saya sampaikan pada junjungan kita Nabi Muhammad SAW sebagai pedoman hidup kita hingga akhir zaman.

Laporan ini dibuat sebagai salah satu persyaratan penyelesaian program S1 Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Pasundan Bandung. Selain itu, laporan ini juga sebagai salah satu aplikasi nyata dari mata kuliah yang pernah penulis ambil selama masa perkuliahan dan sebagai latihan dalam mengatasi permasalahan-permasalahan dalam kehidupan.

Penulis sangat menyadari bahwa penulisan Laporan Tugas Akhir II ini tidak dapat tersusun dengan baik tanpa bantuan, dukungan, motivasi, dan semangat dari luar pribadi penulis. Bantuan yang penulis dapatkan yaitu bantuan dalam memperoleh masukan, data, sumber informasi, serta bantuan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini. Maka dari itu, atas *support* dan kerjasama seluruh pihak yang telah membantu proses penyusunan Laporan Tugas Akhir II ini dari awal hingga selesai, dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak berikut:

1. Yang teristimewa penulis persembahkan untuk kedua orangtua tercinta Bapak Nana Tresna Sasmita dan Ibu Herlina. Kepada mereka, penulis persembahkan setiap langkah perjuangan ini. Terima kasih atas pengorbanan yang tiada henti, do'a yang tak pernah putus, serta cinta yang terus menjadi sumber kekuatan penulis.
2. Kepada Adik dan Kakak penulis, Triannisa Apriani Sasmita, Rezqi Atthala Sasmita, dan Najla Yuliana Sasmita. Terima kasih telah senantiasa memberikan motivasi serta dukungan. Kehadiranmu adalah

pengingat bahwa dalam setiap perjuangan, ada alasan untuk terus melangkah.

3. Kepada Ibu Prof. Dr. Yonik Meilawati, ST., MT. selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan bimbingan, semangat, saran, dan masukan sehingga laporan ini bisa terselesaikan dengan baik.
4. Kepada Ibu Dr. Ir. Evi Afiatun, MT. selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, semangat, saran, dan masukan sehingga laporan ini bisa terselesaikan dengan baik.
5. Seluruh dosen Program Studi Teknik Lingkungan yang banyak memberikan ilmu yang bermanfaat selama penulis menuntut ilmu di Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Pasundan ini.
6. Seluruh Staff Program Studi Teknik Lingkungan atas bantuan selama perkuliahan.
7. Dinas Lingkungan Hidup (DLH) Kota Bandung yang senantiasa membantu dalam proses pengerjaan Tugas Akhir II ini.
8. Kepada Azmy Nabil Abdillah, terima kasih telah kebersamai perjalanan panjang selama penyusunan dan pengerjaan Tugas Akhir ini, dalam kondisi apapun. Terima kasih atas segala bentuk kontribusi waktu, tenaga bahkan pikiran yang telah diberikan. Terima kasih atas do'a yang tulus, motivasi yang tak henti diberikan. Terima kasih atas kehadiran dan dukungan yang senantiasa menguatkan di setiap langkah yang tidak selalu mudah.
9. Kepada Annisa Putri Syahari selaku teman kelompok Tugas Akhir I yang telah banyak membantu penulis juga dalam menyelesaikan Tugas Akhir II ini.
10. Kepada Irma, Nasywa, Vinvin, Nafilia, Sasha, dan Syifa yang telah membantu dalam hal masukan serta dukungan semangat sehingga penulis dapat melewati masa penyusunan Tugas Akhir ini dengan baik.
11. Kepada teman-teman Teknik Lingkungan angkatan 2021 yang senantiasa memberi semangat dalam penyusunan laporan Tugas Akhir II ini.

12. Dengan segala kerendahan hati, izinkan penulis menyampaikan terima kasih terdalam kepada diri sendiri karena telah bertahan dalam setiap tekanan, melewati hari-hari penuh keraguan, dan tetap berdiri meski langkah terasa berat. Untuk semua air mata yang tak terlihat, usaha yang tak terdengar, dan semangat yang terus menyala meski nyaris padam, saya bangga pada diri saya sendiri. Perjalanan ini tidak mudah, namun saya telah membuktikan bahwa saya mampu melewatinya.

Akhir kata, penulis mengharapkan laporan ini dapat bermanfaat serta memberikan informasi bagi kepentingan akademis maupun sebagai bahan bacaan. Mohon maaf apabila masih terdapat kesalahan dan kekurangan, serta terima kasih kepada semua pihak yang telah mendukung terselesaikannya laporan ini.

Bandung, 22 September 2025

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
ABSTRAK	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	I-1
1.2 Rumusan Masalah	I-2
1.3 Maksud dan Tujuan.....	I-3
1.4 Ruang Lingkup.....	I-3
1.5 Lokasi Perencanaan.....	I-3
1.6 Sistematika Penulisan.....	I-4
BAB II GAMBARAN OBJEK PERENCANAAN	
2.1 Gambaran Umum Wilayah Perencanaan	II-1
2.1.1 Letak Geografis dan Batas Administrasi Sungai Cipamokolan.....	II-1
2.1.2 Topografi Sungai Cipamokolan	II-4
2.1.3 Geologi Sungai Cipamokolan.....	II-6
2.1.4 Hidrologi dan Hidrogeologi Sungai Cipamokolan	II-6
2.1.5 Klimatologi Daerah Sungai Cipamokolan.....	II-8
2.1.6 Kebencanaan Sekitar Sungai Cipamokolan.....	II-11
2.2 Daerah Sekitar Sungai Cipamokolan	II-12
2.3 Kondisi Sungai Cipamokolan	II-14
2.4 Permasalahan Sungai Cipamokolan.....	II-14
2.5 Identifikasi dan Inventarisasi Sumber Pencemar Sektor Industri	II-16
2.5.1 Sebaran Industri Besar.....	II-19
2.5.2 Sebaran Industri Menengah-Kecil	II-19
2.5.3 Sebaran Industri Rumah Tangga.....	II-20
2.6 Identifikasi dan Inventarisasi Sumber Pencemar Di Kawasan Sungai Cipamokolan.....	II-21

2.7	Lokasi Survey Lapangan dan Sampling Air Sungai Cipamokolan.....	II-26
2.7.1	Titik Hulu (Kecamatan Mandalajati)	II-26
2.7.2	Titik Tengah (Kecamatan Kiaracandong).....	II-28
2.7.3	Titik Hilir (Kecamatan Rancasari).....	II-30
2.8	Kualitas Air Sungai Cipamokolan.....	II-32
2.9	Lokasi Perencanaan.....	II-35

BAB III TINJAUAN PUSTAKA

3.1	Air Sungai.....	III-1
3.2	Kualitas Air Sungai	III-2
3.2.1	Parameter Fisik Air Sungai.....	III-4
3.2.2	Parameter Kimia Air Sungai.....	III-7
3.2.3	Parameter Biologi Air Sungai.....	III-11
3.3	Parameter Pencemar Air Sungai.....	III-12
3.4	Teknologi Perbaikan Air Sungai	III-13
3.4.1	Biofilter.....	III-13
3.4.2	<i>Sequencing Batch Reactor</i> (SBR).....	III-14
3.4.3	<i>Membrane Bioreactor</i> (MBR)	III-15
3.4.4	<i>Constructed Wetland</i> (Lahan Basah Buatan).....	III-16
3.4.5	<i>Floating Treatment Wetland</i> (Lahan Basah Terapung).....	III-17
3.4.6	Biocord	III-18
3.4.7	<i>Bar Screen</i>	III-19
3.4.8	<i>Trash Trap</i> (Perangkap Sampah)	III-19
3.4.9	Alat Perangkap Lemak (<i>Grease Trap</i>).....	III-20
3.5	Penelitian Terdahulu.....	III-21

BAB IV DASAR PERENCANAAN

4.1	Tahapan Perencanaan	IV-1
4.2	Uraian Tahapan Perencanaan	IV-3
4.2.1	Studi Pendahuluan	IV-3
4.2.2	Lokasi Perencanaan Perbaikan Kualitas Air Sungai.....	IV-3
4.2.3	Pengumpulan Data.....	IV-6
4.2.4	Penetapan Parameter Pencemar Air Sungai Cipamokolan	IV-6

4.2.5	Penyusunan Alternatif Teknologi Perbaikan Kualitas Air Sungai Cipamokolan	IV-7
4.2.6	Pemilihan Teknologi Perbaikan Kualitas Air Sungai Cipamokolan.....	IV-7
4.2.7	Perancangan Teknologi Perbaikan Kualitas Air Sungai Cipamokolan.....	IV-8
4.3	Spesifikasi Teknis dan Rancangan Anggaran Biaya (RAB)	IV-9
4.4	Kesimpulan dan Saran.....	IV-9

BAB V PERENCANAAN TEKNIK

5.1	Lokasi Perencanaan Teknologi Perbaikan Kualitas Air Sungai Cipamokolan.....	V-1
5.2	Parameter Pencemar Air Sungai Cipamokolan	V-2
5.3	Alternatif Teknologi Perbaikan Kualitas Air Sungai Cipamokolan	V-4
5.4	Pemilihan Teknologi Perbaikan Kualitas Air Sungai Cipamokolan	V-10
5.5	Rancangan Teknologi Perbaikan Kualitas Air Sungai Cipamokolan.....	V-13
5.5.1	Perhitungan Dimensi Bendung.....	V-17
5.5.2	Analisis Stabilitas Bendung yang Direncanakan	V-21
5.5.3	Perhitungan Dimensi <i>Spillway Overflow Tipe Ogee</i>	V-22
5.5.4	Perhitungan Dimensi <i>Floating Treatment Wetland</i> (FTW)	V-31
5.6	Pengelolaan <i>Floating Treatment Wetland</i> (FTW)	V-42

BAB VI SPESIFIKASI TEKNIK DAN RENCANA ANGGARAN BIAYA (RAB)

6.1	Spesifikasi Teknis.....	VI-1
6.1.1	Bangunan Bendung.....	VI-1
6.1.2	Bangunan <i>Spillway</i>	VI-2
6.1.3	Sistem <i>Bypass</i>	VI-2
6.1.4	Unit <i>Floating Treatment Wetland</i> (FTW)	VI-3
6.2	Rencana Anggaran Biaya (RAB)	VI-4

BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN

7.1	Kesimpulan	VII-1
7.2	Saran.....	VII-2

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Wilayah Administrasi Daerah Tangkapan Air Sungai DAS Cipamokolan.....	II-1
Tabel 2.2	Topografi Wilayah Aliran Sungai Cipamokolan.....	II-4
Tabel 2.3	Curah Hujan dan Suhu Kota Bandung Tahun 2024.....	II-9
Tabel 2.4	Rawan Bencana di Daerah Tangkapan Air Sungai Cipamokolan.....	II-11
Tabel 2.5	Sebaran Industri di Daerah Aliran Sungai Cipamokolan.....	II-15
Tabel 2.6	Lokasi Kecamatan dan Kelurahan yang Termasuk Aliran Sungai Cipamokolan.....	II-17
Tabel 2.7	Jenis Industri di Kota Bandung.....	II-17
Tabel 2.8	Sebaran Industri Besar.....	II-19
Tabel 2.9	Sebaran Industri Menengah-Kecil.....	II-20
Tabel 2.10	Sebaran Industri Rumah Tangga.....	II-20
Tabel 2.11	Titik Hulu (Kecamatan Mandalajati).....	II-27
Tabel 2.12	Titik Tengah (Kecamatan Kiaracondong).....	II-29
Tabel 2.13	Titik Hilir (Kecamatan Rancasari).....	II-31
Tabel 2.14	Hasil Pemeriksaan Kualitas Air Sungai Cipamokolan.....	II-32
Tabel 3.1	Baku Mutu Kualitas Air Sungai.....	III-1
Tabel 3.2	Penelitian Terdahulu.....	III-21
Tabel 5.1	Hasil Uji Kualitas Air Sungai Cipamokolan Pada Titik Hulu (Khusus Parameter yang Melebihi Baku Mutu).....	V-3
Tabel 5.2	Alternatif Teknologi Perbaikan Kualitas Air Sungai.....	V-5
Tabel 5.3	Kriteria Desain Perencanaan <i>Floating Treatment Wetland</i> (FTW).....	V-14
Tabel 5.4	Jenis Tanaman yang Akan Digunakan.....	V-35
Tabel 6.1	Rencana Anggaran Biaya Perencanaan Perbaikan Kualitas Air Sungai Cipamokolan.....	VI-5
Tabel 6.2	Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya Perencanaan Perbaikan Kualitas Air Sungai Cipamokolan.....	VI-8

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Administrasi di Daerah Tangkapan Air Sungai Cipamokolan Kota Bandung	II-3
Gambar 2.2	Kemiringan Lereng di Daerah Tangkapan Air Sungai Cipamokolan Kota Bandung.....	II-5
Gambar 2.3	Peta Geologi di Daerah Tangkapan Air Sungai Cipamokolan..	II-7
Gambar 2.4	Peta Curah Hujan di Daerah Tangkapan Air Sungai Cipamokolan	II-10
Gambar 2.5	Peta Penggunaan Lahan di Daerah Tangkapan Air Sungai Cipamokolan	II-13
Gambar 2.6	Proporsi Jumlah Industri Berdasarkan Skala Tahun 2019.....	II-18
Gambar 2.7	Kerangka Akar Permasalahan Air Limbah Sungai Cipamokolan	II-22
Gambar 2.8	Peta Titik Sampling Sungai Cipamokolan Kota Bandung.....	II-27
Gambar 2.9	Peta Orientasi Lokasi Perencanaan Sungai Cipamokolan	II-36
Gambar 3.1	Biofilter.....	III-14
Gambar 3.2	<i>Sequencing Batch Reactor</i> (SBR).....	III-15
Gambar 3.3	<i>Membrane Bioreactor</i> (MBR).	III-16
Gambar 3.4	<i>Constructed Wetland</i> (Lahan Basah Buatan).	III-16
Gambar 3.5	<i>Floating Treatment Wetland</i> (Lahan Basah Terapung)	III-18
Gambar 3.6	Biocord	III-18
Gambar 3.7	<i>Bar Screen</i>	III-19
Gambar 3.8	<i>Trash Trap</i>	III-20
Gambar 3.9	<i>Grease Trap</i>	III-20
Gambar 4.1	Diagram Alir Perencanaan	IV-2
Gambar 4.2	Peta Segmen 1 (Satu) Sungai Cipamokolan	IV-4
Gambar 4.3	Peta Segmen Hulu Sungai Cipamokolan.....	IV-5
Gambar 5.1	Lokasi Perencanaan Perbaikan Kualitas Air Sungai Cipamokolan	V-1

Gambar 5.2	Diagram Alir Pemilihan Teknologi Perbaikan Kualitas Air Sungai Cipamokolan	V-11
Gambar 5.3	Perencanaan Perbaikan Kualitas Air Sungai Cipamokolan	V-16
Gambar 5.4	Sketsa Bendung	V-22
Gambar 5.5	Sketsa <i>Spillway Overflow</i> Tipe Ogee	V-26
Gambar 5.6	Bangunan Bendung Beserta <i>Floating Treatment Wetland</i> Pada Air Sungai Cipamokolan	V-27
Gambar 5.7	Detail Bangunan Bendung Air Sungai Cipamokolan	V-28
Gambar 5.8	Bangunan <i>Spillway</i>	V-29
Gambar 5.9	Tampak Depan Bangunan Bendung	V-30
Gambar 5.10	Sketsa Penempatan Tanaman Pada <i>Floating Treatment</i> <i>Wetland</i>	V-34
Gambar 5.11	Tampak Atas <i>Floating Treatment Wetland</i> (FTW)	V-35
Gambar 5.12	Sketsa Penempatan <i>Floating Treatment Wetland</i> di Air Sungai Cipamokolan	V-36
Gambar 5.13	Sketsa Unit <i>Floating Treatment Wetland</i>	V-39
Gambar 5.14	<i>Floating Treatment Wetland</i> (FTW)	V-40
Gambar 5.15	Tampak Depan <i>Floating Treatment Wetland</i> (FTW) di Bangunan Bendung	V-41

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2011 tentang Sungai adalah jalur atau wadah air alami dan/atau buatan berupa jaringan pengaliran air beserta air didalamnya, mulai dari hulu sampai muara, dengan dibatasi kanan dan kiri oleh garis sempadan. Sungai berfungsi sebagai sumber daya air, ekosistem, serta memiliki peran penting dalam pengelolaan lingkungan. Selain itu, pengelolaan sungai juga berkaitan dengan upaya menjaga kualitas air dan mencegah pencemaran.

Menurut Pasal 1 ayat 11 Pengertian pencemaran air berdasarkan PP. Nomor 82 Tahun 2001, pencemaran disebabkan oleh masuknya makhluk hidup, zat, energi atau unsur lain ke dalam air berupa gas, zat terlarut dan partikel, sehingga dapat mengakibatkan kerusakan air. Hal ini mencemari kualitas air dan mengganggu fungsinya. Wilayah Bandung, sebagai daerah yang mengalami peningkatan kepadatan penduduk dan perkembangan industri, menghadapi tantangan serius dalam pengelolaan kualitas air sungai. Sungai yang mengalir di Kota Bandung dan sekitarnya, termasuk anak sungai mengalami tekanan pencemaran yang cukup tinggi akibat aktivitas antropogenik. Limbah domestik, limbah industri, dan pembuangan sampah yang tidak terkelola dengan baik menjadi penyumbang utama menurunnya mutu air sungai di kawasan ini (citarumharum.jabarprov.go.id., 2023).

Sungai Cipamokolan salah satu yang ada di Kota Bandung terbentang sepanjang 18 km dari utara ke selatan sebelum akhirnya bermuara di Sungai Citarum. Sungai Cipamokolan merupakan anak sungai Citarum yang termasuk pada sub DAS Cikapundung di wilayah Kota Bandung, yang secara administratif bagian hulunya masuk dalam wilayah Kecamatan Cimenyan Kabupaten Bandung, bagian tengahnya berada di Kota Bandung dimana aliran Sungai Cipamokolan banyak melewati daerah pemukiman dan tanah kosong, serta beberapa titik industri

dan komersial, sedangkan bagian hilirnya masuk wilayah Kabupaten Bandung Jawa Barat.

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup kelas II, terdapat baku mutu untuk parameter fisika, kimia, dan biologi agar aman digunakan untuk keperluan rekreasi air, budidaya ikan air tawar, peternakan, dan pertanian. Namun, Menurut data dari BPS Kota Bandung pada tahun 2022, Sungai Cipamokolan termasuk ke dalam sungai dengan tingkat pencemaran berat. Selain itu, berdasarkan hasil uji laboratorium terhadap kualitas air Sungai Cipamokolan Tahun 2025 menunjukkan bahwa parameter TSS (5.245 mg/L), BOD (22,38 mg/L), COD (63,45 mg/L), Nitrit (0,39 mg/L), Lemak dan Minyak (41 mg/L), *Fecal Coliform* (54.000 MPN/100 ml) serta *Coliform* (160.000 MPN/100 ml) melampaui ambang batas baku mutu kelas II, sehingga kondisi sungai ini dikategorikan sebagai tercemar berat. Hal ini dapat menimbulkan dampak negatif terhadap kualitas lingkungan perairan, kesehatan masyarakat, serta keseimbangan ekosistem di sepanjang aliran sungai.

Pada hasil pemodelan kualitas air sungai Cipamokolan melalui metode peluruhan BOD dan *Streeter-Phelps*, didapatkan bahwa konsentrasi BOD tertinggi yaitu 27,74 Mg/L, konsentrasi DO terendah yakni 2,39 Mg/l, dan nilai defisit oksigen terbesar yaitu 6,05 Mg/l, terjadi pada bagian hulu (Jl. Sasak Batu, Kel. Jatihandap, Kec. Mandalajati). Maka dari itu, didapatkan bahwa lokasi prioritas perbaikan kualitas air Sungai Cipamokolan yaitu pada segmen satu khususnya di bagian hulu tepatnya di wilayah Jl. Sasak Batu, Kel. Jatihandap, Kec. Mandalajati.

Dalam rangka mengembalikan fungsi ekologis dan mendukung peruntukan Sungai Cipamokolan sebagai badan air kelas II, perbaikan kualitas air secara menyeluruh perlu dilakukan dengan penerapan teknologi guna meningkatkan daya pulih alami sungai serta menjaga keberlanjutan air Sungai Cipamokolan.

1.2 Rumusan Masalah

Kualitas air Sungai Cipamokolan khususnya di bagian hulu Jl. Sasak Batu, Kel. Jatihandap, Kec. Mandalajati terjadi pencemaran berdasarkan hasil pemeriksaan parameter di laboratorium yang melebihi baku mutu kelas II Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021. Hal ini menyebabkan kualitas air sungai tidak sesuai dengan standarnya dan tidak dapat digunakan sebagaimana mestinya. Oleh sebab itu diperlukan upaya perbaikan kualitas air Sungai Cipamokolan.

1.3 Maksud dan Tujuan

Maksud dari Tugas Akhir II yaitu memperbaiki kualitas air Sungai Cipamokolan dengan penerapan teknologi agar memenuhi baku mutu kelas II Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 berdasarkan hasil penelitian pada Tugas Akhir I.

Tujuan dari penyusunan Tugas Akhir II ini adalah:

1. Merancang teknologi perbaikan kualitas air Sungai Cipamokolan pada bagian hulu Jl. Sasak Batu, Kel. Jatihandap, Kec. Mandalajati yang optimal dalam menurunkan parameter TSS, BOD, COD, Nitrit, Lemak dan Minyak, Fecal Coliform serta Coliform.
2. Merencanakan desain teknologi perbaikan Air Sungai Cipamokolan di bagian hulu Jl. Sasak Batu, Kel. Jatihandap, Kec. Mandalajati.
3. Menyusun Rencana Anggaran Biaya untuk pembuatan teknologi perbaikan kualitas air Sungai Cipamokolan yang direncanakan.

1.4 Ruang Lingkup

Adapun ruang lingkup dalam penyusunan Tugas Akhir II ini adalah sebagai berikut:

1. Perencanaan di bagian hulu wilayah Jl. Sasak Batu, Kel. Jatihandap, Kec. Mandalajati terkait teknologi perbaikan Air Sungai Cipamokolan berdasarkan parameter yang melebihi baku mutu pada penelitian Tugas Akhir I.

2. Perencanaan teknologi perbaikan Air Sungai Cipamokolan dengan menyertakan gambar teknik dan tata letak objek perencanaan.
3. Menetapkan spesifikasi teknis untuk perencanaan teknologi perbaikan Air Sungai Cipamokolan.
4. Rencana Anggaran Biaya yang berisi seluruh hasil rancangan.

1.5 Lokasi Perencanaan

Daerah studi yang dilakukan adalah di bagian hulu wilayah Jl. Sasak Batu, Kel. Jatihandap, Kec. Mandalajati.

1.6 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan pada laporan Tugas Akhir II ini adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Berisikan latar belakang, rumusan masalah, maksud dan tujuan, ruang lingkup, lokasi perencanaan, serta sistematika penulisan.

BAB II GAMBARAN UMUM OBJEK PERENCANAAN

Berisi tentang gambaran umum mendalam mengenai objek perencanaan seperti letak geografis dan batas administrasi, topografi, kondisi sosial, ekonomi dan budaya, penggunaan lahan, kondisi sungai cipamokolan, permasalahan sungai cipamokolan, identifikasi dan inventarisasi sumber pencemar, serta lokasi perencanaan.

BAB III TINJAUAN PUSTAKA

Berisikan mengenai deskripsi umum teknologi perbaikan kualitas air sungai yang didapat setelah mempelajari studi pustaka baik berupa *literature* maupun jurnal penelitian-penelitian terdahulu.

BAB IV DASAR PERENCANAAN

Berisikan teori yang menjadi dasar acuan dalam langkah-langkah merancang dan mendesain teknologi perbaikan kualitas air sungai untuk memperbaiki kualitas air Sungai Cipamokolan.

BAB V PERENCANAAN TEKNIS

Berisikan penentuan unit teknologi perbaikan kualitas air sungai yang akan digunakan, penentuan dimensi unit pengolahan serta gambar teknik teknologi perbaikan kualitas air Sungai Cipamokolan.

BAB VI SPESIFIKASI TEKNIS DAN RENCANA ANGGARAN BIAYA

Berisikan ketentuan spesifikasi teknis jenis material yang digunakan serta rincian rencana anggaran biaya yang dibutuhkan untuk perencanaan teknologi perbaikan kualitas air Sungai Cipamokolan.

BAB VII KESIMPULAN

Berisikan hasil rancangan yang telah dilakukan secara ringkas disertai total anggaran yang diperlukan.

DAFTAR PUSTAKA**LAMPIRAN**

BAB II

GAMBARAN OBJEK PERENCANAAN

2.1 Gambaran Umum Wilayah Perencanaan

Sungai Cipamokolan merupakan anak Sungai Citarum yang termasuk pada sub DAS Cikapundung di wilayah Kota Bandung, yang secara administratif bagian hulunya masuk dalam wilayah Kecamatan Cimenyan Kabupaten Bandung, bagian tengahnya berada di Kota Bandung dimana aliran Sungai Cipamokolan banyak melewati daerah permukiman dan tanah kosong, serta beberapa titik industri dan komersial, sedangkan bagian hilirnya masuk wilayah Kabupaten Bandung Jawa Barat.

2.1.1 Letak Geografis dan Batas Administrasi Sungai Cipamokolan

Sungai Cipamokolan terbentang sepanjang 18 km dari utara ke selatan Kota Bandung sebelum akhirnya bermuara di Sungai Citarum. Seperti **Gambar 2.1** dan **Tabel 2.1** dibawah ini yang menggambarkan letak administrasi wilayah yang termasuk didalam daerah tangkapan air (*catchment area*) sub DAS Sungai Cipamokolan. Titik Koordinat geografis Sungai Cipamokolan berada pada 6°55'–7°00' Lintang Selatan dan 107°40'–107°45' Bujur Timur. Sungai Cipamokolan mengalir melalui Kecamatan Rancasari, Buahbatu, dan Gedebage di Kota Bandung, serta sebagian wilayah di Kecamatan Bojongsoang dan Cileunyi di Kabupaten Bandung.

**Tabel 2.1 Wilayah Administrasi Daerah Tangkapan Air Sungai Sub DAS
Cipamokolan**

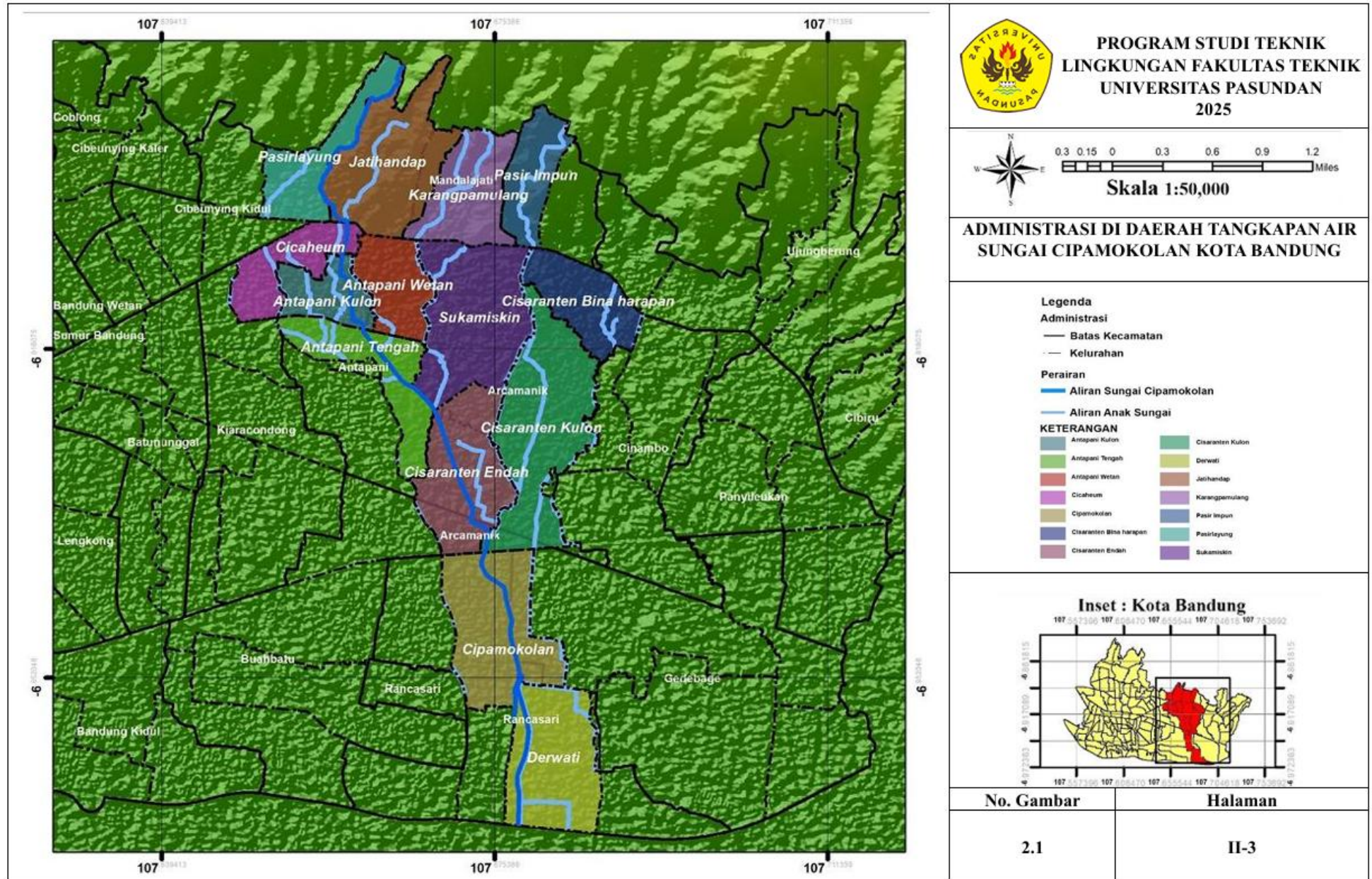
Kecamatan	Kelurahan	Luas area (Ha)
Cibeunying Kidul	Pasir Layung	125
Madalajati	Jatihandap	205
	Karang Pamulang	188
	Pasir Impun	112

Kecamatan	Kelurahan	Luas area (Ha)
Kiaracondong	Cicaheum	87
Antapani	Anatapani Kulon	95
	Antapani Wetan	115
	Antapi Tengah	93
Arcamanik	Sukamiskin	196
	Cisarenten Kulon	183
	Cisarenten Bina Harapan	122
	Cisarenten Endah	106
Rancasasi	Cipamokolan	300
	Derwati	156

Sumber: Master Plan Sungai Cipamokolan, 2021.

Secara administrasi wilayah aliran Sungai Cipamokolan mempunyai batas – batas wilayah sebagai berikut:

1. Sebelah Utara : Kecamatan Arcamanik dan Kecamatan Antapani (Kota Bandung)
2. Sebelah Selatan : Kecamatan Bojongsoang dan Kecamatan Cileunyi (Kabupaten Bandung)
3. Sebelah Barat : Kecamatan Buahbatu dan Kecamatan Lengkong (Kota Bandung)
4. Sebelah Timur : Kecamatan Gedebage dan Kecamatan Rancasari (Kota Bandung), sebagian wilayah Cibiru (Kabupaten Bandung)



2.1.2 Topografi Sungai Cipamokolan

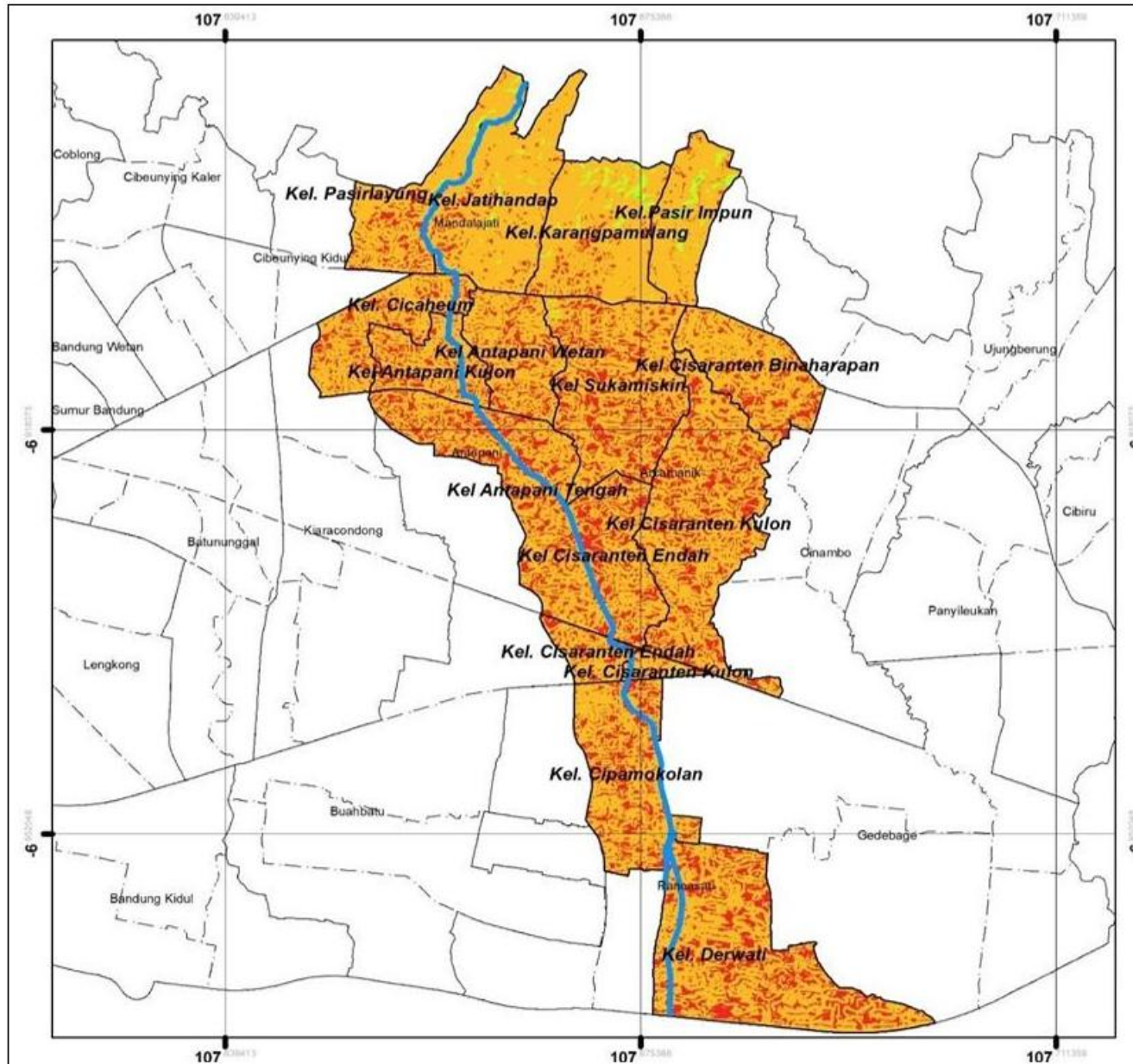
Pada kegiatan ini secara topografi wilayah yang terlewati oleh Sungai Cipamokolan terdapat 6 kecamatan dan 14 kelurahan, berikut **Tabel 2.2** terkait topografi wilayah yang terlewati oleh aliran Sungai Cipamokolan.

Tabel 2.2 Topografi Wilayah Aliran Sungai Cipamokolan

Kecamatan	Kelurahan	0 – 2% Datar	2 – 15% Landai	15 – 25 % Agak Curam	25 – 40% Curam	Jumlah
Cibeunying Kidul	Pasir Layung	0,251	0,773	0,226	-	1,250
Madalajati	Jatihandap	0,093	1,535	0,037	-	1,665
	Karang Pamulang	0,083	1,276	0,105	0,420	1,884
	Pasir Impun	0,029	0,740	0,073	0,001	0,843
Kiaracondong	Cicaheum	0,171	0,698	0,001	-	0,870
Antapani	Anatapani Kulon	0,274	0,676	-	-	0,950
	Antapani Wetan	0,179	0,715	0,256	-	1,150
	Antapi Tengah	0,457	0,473	-	-	0,930
Arcamanik	Sukamiskin	0,526	1,429	0,006	-	1,961
	Cisarenten Kulon	0,639	0,461	0,727	0,003	1,830
	Cisarenten Bina Harapan	0,211	0,831	0,180	-	1,222
	Cisarenten Endah	0,357	0,703	-	-	1,060
Rancasasi	Cipamokolan	1,358	1,104	0,540	-	3,002
	Derwati	0,729	0,829	0,001	-	1,560

Sumber: Master Plan Sungai Cipamokolan, 2021.

Pada **Tabel 2.2** diatas mengenai kondisi topografi di daerah tangkapan air Sungai Cipamokolan, aliran Sungai Cipamokolan yang melewati 14 kelurahan ini memiliki kelas lereng daerah datar dan landai dengan dominasi topografi tertinggi di kelas lereng (landai 2% - 15%) yang terdapat di daerah tangkapan air Sungai Cipamokolan. Adapun peta topografi wilayah aliran Sungai Cipamokolan pada **Gambar 2.2**.



**PROGRAM STUDI TEKNIK
LINGKUNGAN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN
2025**



0.3 0.15 0 0.3 0.6 0.9 1.2 Miles

Skala 1:50,000

**KEMIRINGAN LERENG DI DAERAH
TANGKAPAN AIR SUNGAI CIPAMOKOLAN
KOTA BANDUNG**

Legenda

Administrasi

— Batas Kecamatan

- - - Kelurahan

Perairan

— Aliran Sungai Cipamokolan

Kelas Lereng

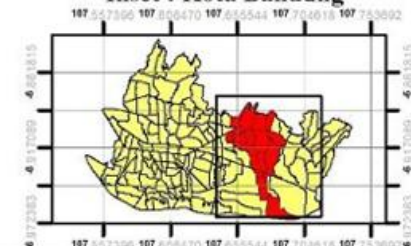
0% - 2% (Datar)

2% - 15% (Landai)

15% - 25% (Agak Curam)

25% - 40% (Curam)

Inset : Kota Bandung



No. Gambar

Halaman

2.2

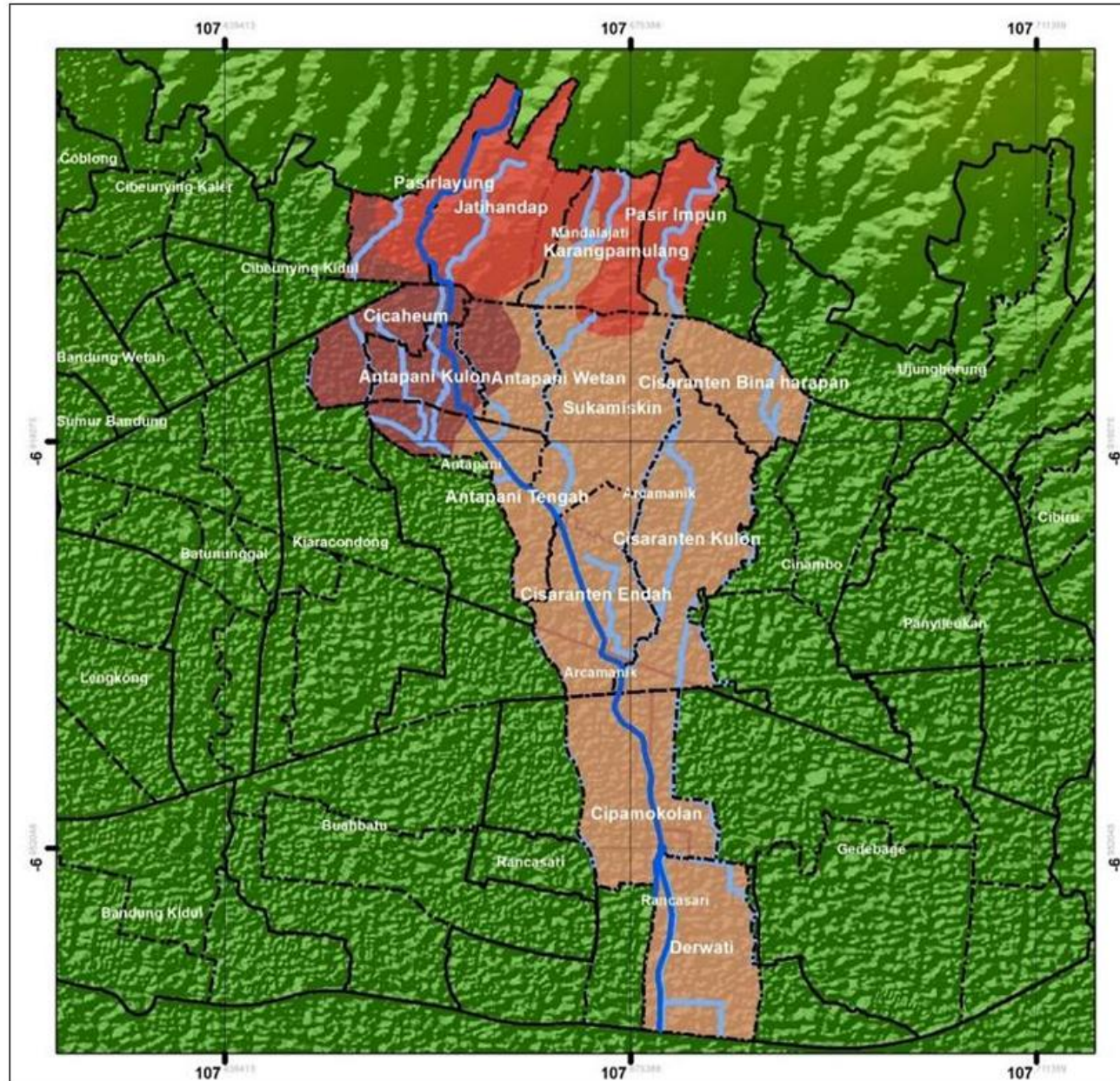
II-5

2.1.3 Geologi Sungai Cipamokolan

Pada daerah tangkapan air Sungai Cipamokolan berdasarkan geologi wilayahnya, rata-rata wilayah tersebut memiliki potensi daerah rawan gempa dikarenakan Secara geologis, Kota Bandung berada pada Cekungan Bandung yang dikelilingi oleh gunung berapi yang masih aktif dan berada diantara 3 (tiga) daerah sumber gempa bumi yang saling melingkup, yaitu sumber gempa bumi Sukabumi – Padalarang Bandung, sumber gempa bumi Bogor – Puncak – Cianjur, serta sumber gempa bumi Garut – Tasikmalaya – Ciamis. Daerah – daerah tersebut berada di sepanjang sesar sesar aktif, sehingga sewaktu-waktu dapat terjadi gempa tektonik. Pada **Gambar 2.3** menggambarkan peta geologi di daerah tangkapan air Sungai Cipamokolan.

2.1.4 Hidrologi dan Hidrogeologi Sungai Cipamokolan

Wilayah Kota Bandung dilewati oleh 11 sungai sepanjang 252,55 km, yaitu Sungai Cikapundung, Sungai Cipamokolan, Sungai Cidurian, Sungai Cinambo, Sungai Citepus, Sungai Cisaranten, Sungai Cikapundung Kolot, Sungai Citarum, Sungai Cikeruh, Sungai Palasari, dan Sungai Cibeureum. Sungai-sungai tersebut selain dipergunakan sebagai saluran induk dalam pengaliran air hujan, juga oleh sebagian kecil penduduk masih dipergunakan untuk keperluan mandi cuci kakus (MCK). Sungai Cipamokolan termasuk ke dalam Daerah Aliran Sungai (DAS) Citarum dimana DAS Citarum berada di bagian hulu. Saat ini, kondisi sebagian besar sungai di Kota Bandung telah mengalami pencemaran air limbah termasuk Sungai Cipamokolan. Regulasi yang tidak tegas terhadap pengelolaan limbah pabrik menjadi salah satu penyebab tercemarnya sungai yang ada.



PROGRAM STUDI TEKNIK
LINGKUNGAN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN
2025



0.3 0.15 0 0.3 0.6 0.9 1.2 Miles

Skala 1:50,000

PETA GEOLOGI DI DAERAH TANGKAPAN AIR SUNGAI CIPAMOKOLAN

Legenda

Administrasi

- Batas Kecamatan
- - - Kelurahan

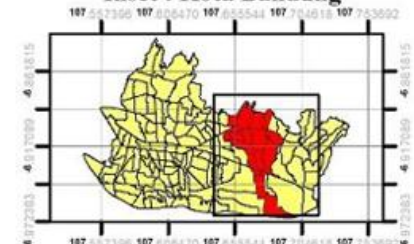
Perairan

- Aliran Sungai Cipamokolan
- Aliran Anak Sungai

Geologi

- Batugamping Terumbu
- Produk Gunungapi tua tak teruara
- Tuff berbatuapung

Inset : Kota Bandung



No. Gambar

Halaman

2.3

II-7

2.1.5 Klimatologi Daerah Sungai Cipamokolan

Iklim asal Kota Bandung dipengaruhi oleh pegunungan di sekitarnya, sehingga cuaca yang terbentuk sejuk dan lembab. Pada beberapa tahun terakhir mengalami peningkatan suhu, serta musim hujan yang lebih panjang dari biasanya. Pada **Gambar 2.4** menggambarkan peta curah hujan di daerah tangkapan air Sungai Cipamokolan.

1. Curah Hujan

Curah hujan di Kota Bandung pada tahun 2025 diperkirakan mencapai total lebih dari 2.500 mm, yang termasuk dalam kategori tinggi menurut BMKG. Pola musim hujan diprediksi terjadi pada bulan Januari hingga April dan kembali meningkat pada Oktober hingga Desember, dengan curah hujan tertinggi kemungkinan terjadi pada bulan November, mengikuti tahun 2024 yang mencapai 512 mm. Sementara itu, musim kemarau diperkirakan berlangsung pada bulan Juni hingga Agustus, dengan curah hujan terendah terjadi pada bulan Juli, yaitu sekitar 30 mm. Secara umum, curah hujan di Kota Bandung menunjukkan pola yang fluktuatif, dengan intensitas hujan cenderung meningkat menjelang akhir tahun.

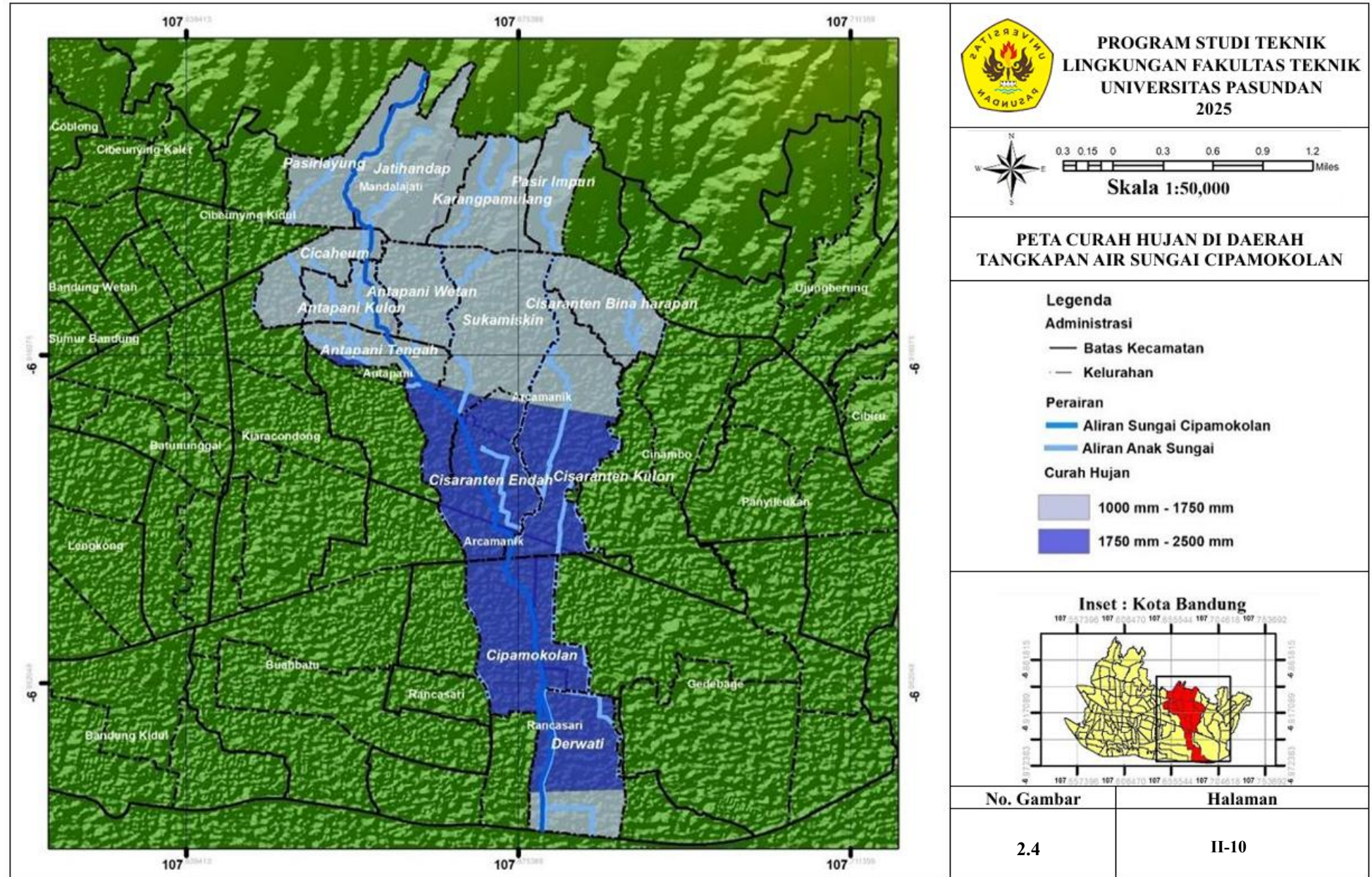
2. Suhu

Suhu rata-rata Kota Bandung sepanjang tahun 2025 diperkirakan sekitar 23,2 °C, dengan suhu siang hari berkisar antara 27–30 °C dan suhu malam hari antara 18–20 °C. Kota Bandung tetap memiliki iklim yang sejuk dan stabil, dengan sedikit peningkatan suhu pada awal tahun akibat perubahan cuaca.

Tabel 2.3 Curah Hujan dan Suhu Kota Bandung Tahun 2024

No	Bulan	Curah Hujan		Suhu (°C)		
		Jumlah curah hujan (mm)	Jumlah Hari Hujan (mm)	Minimum	Maksimum	Rata - rata
1	Januari	335	24	21,1	29,6	24,3
2	Februari	264	22	21,0	30,2	24,4
3	Maret	272	27	20,9	29,5	24,3
4	April	215	21	21,5	30,2	25,0
5	Mei	71	6	23,1	30,9	25,3
6	Juni	156	11	20,2	29,9	24,3
7	Juli	30	5	19,1	29,9	23,8
8	Agustus	53	3	19,5	31,3	24,5
9	September	136	7	20,2	31,4	24,9
10	Oktober	81	9	20,8	32,5	25,6
11	November	512	25	20,8	30,5	23,9
12	Desember	90	18	21,8	30,1	24,6

Sumber: Badan Pusat Statistik Kota Bandung, 2024



2.1.6 Kebencanaan Sekitar Sungai Cipamokolan

Ancaman bencana geologis di kawasan daerah tangkapan air Sungai Cipamokolan terdapat beberapa wilayah rawan bencana yaitu daerah rawan bencana kebakaran di pemukiman padat, rawan bencana longsor, rawan bencana gempa bumi, dan rawan bencana banjir. Pada **Tabel 2.4** menjelaskan rawan bencana di daerah tangkapan air Sungai Cipamokolan, sebagai berikut:

Tabel 2.4 Rawan Bencana di Daerah Tangkapan Air Sungai Cipamokolan

Kecamatan	Kelurahan	Kebencanaan
Cibeunying Kidul	Pasir Layung	Rawan kebakaran di permukiman padat
Madalajati	Jatihandap	Longsor
	Karang Pamulang	
	Pasir Impun	
Kiaracondong	Cicaheum	Rawan bencana gempa bumi
Antapani	Anatapani Kulon	Rawan banjir
	Antapani Wetan	Rawan Bencana Banjir/Kawasan Peka Pencemaran
	Antapi Tengah	Rawan banjir
Arcamanik	Sukamiskin	Rawan banjir
	Cisarenten Kulon	Rawan banjir
	Cisarenten Bina Harapan	Kawasan peka pencemaran
	Cisarenten Endah	Rawan banjir
Rancasasi	Cipamokolan	Rawan banjir
	Derwati	

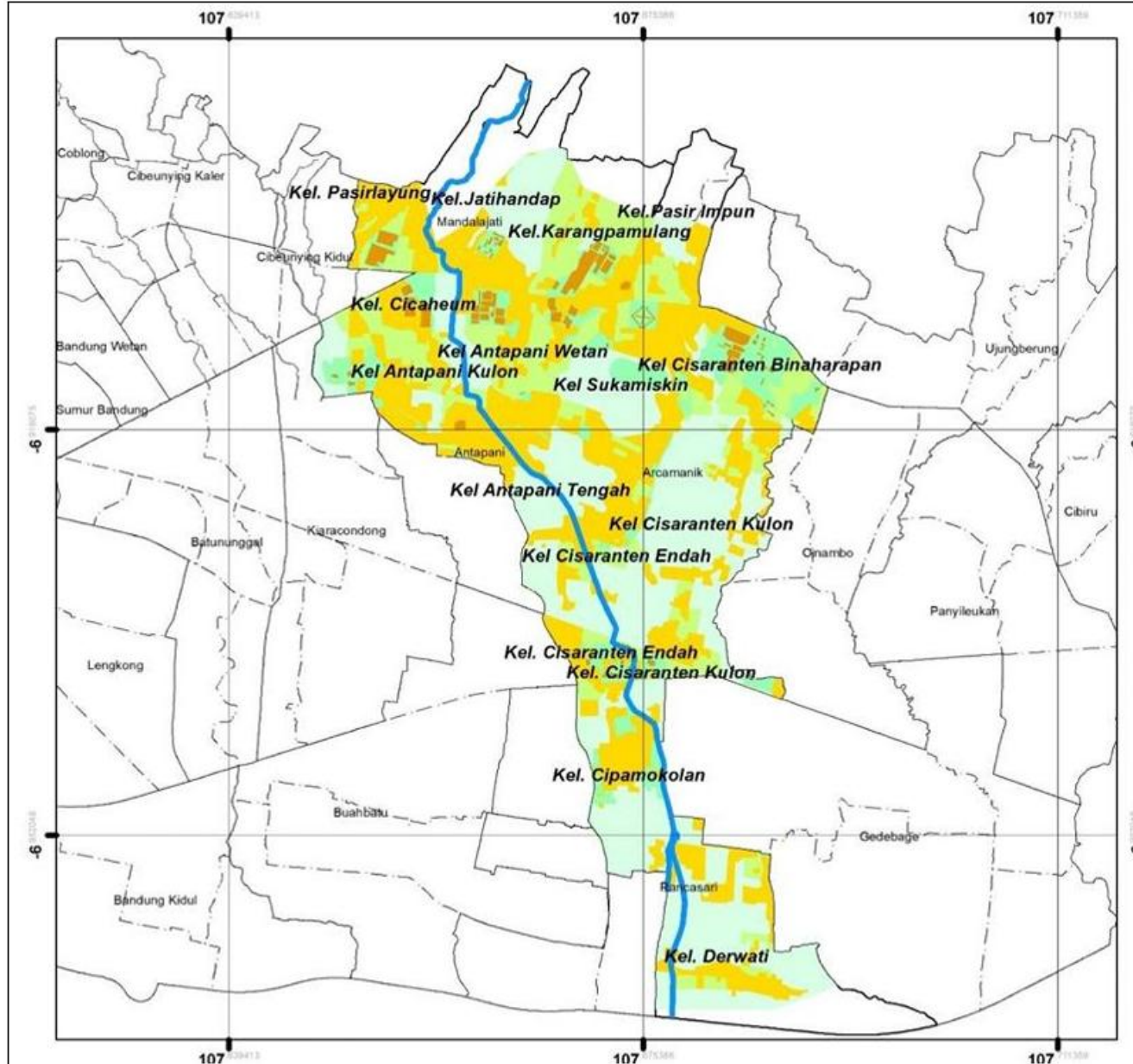
Sumber: RPJMD Kota Bandung Tahun 2018-2023

Pada **Tabel 2.4** diatas menjelaskan bahwa kawasan wilayah rawan bencana yang terlewati oleh daerah tangkapan air Sungai Cipamokolan berpotensi bencana rawan bencana banjir, wilayah yang berpotensi oleh rawan bencana banjir tinggi terletak di wilayah Kelurahan Antapani Kulon, Antapani Wetan, Antapani Tengah, Sukamiskin, Cisaranten Kulon, Cisaranten Endah, Cipamokolan, dan Kelurahan

Derwati. Adapun wilayah yang berpotensi rawan bencana longsor, rawan bencana gempa bumi, hingga kawasan peka pencemaran. Berikut dibawah ini **Gambar 2.5** merupakan peta kebencanaan di daerah tangkapan air Sungai Cipamokolan.

2.2 Daerah Sekitar Sungai Cipamokolan

Sungai Cipamokolan beragam jenis penggunaan lahan, di mana permukiman mendominasi sekitar 80% atau 240 hektar di Kelurahan Cipamokolan, disertai peningkatan luas area perumahan sebesar 7,45% pada periode 2014 – 2019, sementara itu industri juga dominasi. Industri rumah tangga sebesar 84%, meskipun sempat mengalami sedikit pengurangan, lahan industri tetap menjadi bagian salah satu ekonomi utama warga daerah Sungai Cipamokolan selain area industri area pertanian berupa sawah seluas 6,9% dari total luas area, meskipun luasnya berfluktuasi dari tahun ke tahun. Adapun penggunaan lahan yang masih digunakan untuk sawah irigasi dan untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada **Gambar 2.5** dimana terdapat peta yang memperlihatkan penggunaan lahan di daerah aliran air Sungai Cipamokolan.



2.3 Kondisi Sungai Cipamokolan

Sungai Cipamokolan di Kota Bandung menunjukkan perbaikan signifikan setelah dilakukan normalisasi oleh Satgas Citarum Harum, yang meliputi pengerukan sedimen, pembersihan sampah, serta penataan bantaran sungai. Sungai yang sebelumnya mengalami pendangkalan dan dipenuhi sampah kini mulai terlihat lebih bersih dan rapi, bahkan direncanakan menjadi ruang terbuka publik. Namun, tantangan tetap ada, terutama saat musim hujan di mana sampah plastik kembali menumpuk akibat kiriman dari hulu. Selain itu, kondisi air masih berwarna gelap dan berbau karena tercemar limbah domestik, serta pernah muncul busa putih akibat kandungan deterjen. Meskipun demikian, berbagai upaya seperti edukasi masyarakat, pengawasan lingkungan, serta kolaborasi antara pemerintah dan warga terus dilakukan untuk menjaga kebersihan dan kualitas Sungai Cipamokolan secara berkelanjutan.

2.4 Permasalahan Sungai Cipamokolan

Sungai Cipamokolan mengalir di tengah kawasan padat penduduk sehingga terdapat aktivitas-aktivitas yang berpotensi menurunkan kualitas sungai. Berdasarkan studi inventarisasi pencemaran di sekitar Sungai Cipamokolan, kajian identifikasi pencemaran Sungai Cipamokolan dan data Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Bandung, aktivitas-aktivitas yang dapat mencemari Sungai Cipamokolan adalah sebagai berikut :

1. Pembuangan air limbah domestik dan kekurangan fasilitas pengolahan limbah cair

Sungai Cipamokolan dilewati oleh 6 Kecamatan yang terdiri dari 14 kelurahan. Kepadatan penduduk di 14 Kelurahan tersebut berada pada rentang 70 jiwa/ha hingga 206 jiwa/ha dengan nilai rata-rata sebesar 118 jiwa/ha. Dari sektor domestik, permasalahan penurunan kualitas air di sungai Cipamokolan disebabkan oleh kurangnya fasilitas pengolahan air limbah, kurangnya pemantauan secara periodik kualitas air sungai, ketidakefektifan *sewage system*, topografi, kekurangan ketentuan hukum dan rendahnya kesadaran masyarakat terhadap pencemaran sungai.

2. Pembuangan air limbah industri dan ketidakefektifitasan serta ketiadaan sistem pengelolaan limbah cair yang baik

Dalam 14 kelurahan yang dilewati Sungai Cipamokolan terdapat 284 industri baik itu industri besar, industri kecil menengah dan industri rumah tangga. Secara jumlah, industri rumah tangga mendominasi daerah tersebut dengan persentase sebesar 84% yang kemudian diikuti oleh industri kecil menengah sebesar 12% dan industri besar sebesar 4%. Berikut adalah **Tabel 2.5** sebaran industri di daerah aliran sungai Cipamokolan sesuai dengan jenis industri.

Tabel 2.5 Sebaran Industri di Daerah Aliran Sungai Cipamokolan

No	Kecamatan	Kelurahan	Jumlah Industri		
			Besar	Menengah - Kecil	Rumah Tangga
1	Cibeunying Kidul	Pasir Layung	-	-	-
2	Madalajati	Jatihandap	-	-	25
		Karang Pamulang	2	1	9
		Pasir Impun	-	-	20
3	Kiaracondong	Cicaheum	2	23	60
4	Antapani	Anatapani Kulon	-	-	13
		Antapani Wetan	-	-	22
		Antapi Tengah	-	-	24
5	Arcamanik	Sukamiskin	2	4	-
		Cisarenten Kulon	-	-	8
		Cisarenten Bina Harapan	4	1	1
		Cisarenten Endah	-	3	29
6	Rancasasi	Cipamokolan	-	1	7
		Derwati	-	1	22
Total			10	34	240

Sumber: Kota Bandung dalam Angka 2024.

Berdasarkan identifikasi pencemaran di sungai Citarum dan Cipamokolan, permasalahan yang kerap terjadi di sektor industri adalah kurangnya fasilitas pengolahan limbah cair di industri rumah tangga dan industri kecil menengah, termasuk industri yang tidak memiliki izin buang limbah ke badan air dan ketidakpedulian industri terhadap pengelolaan air limbah serta kurangnya perencanaan penggunaan tata ruang.

3. Pembuangan sampah secara ilegal

Pembuangan sampah secara ilegal ke badan air disebabkan oleh kekurangan fasilitas dan kapasitas pengelolaan limbah padat baik di sekitar sungai maupun di daerah sehingga penduduk sekitar tidak memiliki alternatif lain untuk membuang sampah. Kekurangan pengetahuan, kesadaran untuk tidak membuang sampah di sungai membuat kegiatan membuang sampah disungai menjadi lebih tinggi.

4. Pembuangan limbah dari sektor peternakan dan pertanian

Di daerah sungai Cipamokolan terdapat aktivitas pertanian yang cukup signifikan sebesar 6,9% dari total luas area adalah sawah. Permasalahan yang timbul adalah akibat dari kekurangan sistem monitoring secara periodik terhadap *effluent* persawahan, kurangnya pengawasan untuk sektor ini, ketidakefektifan/kekurangan fasilitas pengolahan *sewage*.

5. Sedimen dari saluran drainase dan sektor lainnya

Penyebab pencemaran dari sektor ini adalah ekspansi luasan pemukiman sehingga menghasilkan sedimen yang lebih banyak dari *runoff*.

2.5 Identifikasi dan Inventarisasi Sumber Pencemar Sektor Industri

Sungai Cipamokolan melewati beberapa kecamatan dan kelurahan. Tabulasi luas area kecamatan dan kelurahan yang termasuk pada daerah aliran air Sungai Cipamokolan dapat dilihat pada **Tabel 2.6**.

**Tabel 2.6 Lokasi Kecamatan dan Kelurahan yang Termasuk Aliran
Sungai Cipamokolan**

No	Kecamatan	Kelurahan	Luas Area (Ha)	% Kontribusi
1	Cibeunying Kidul	Pasir Layung	125	0,06%
2	Madalajati	Jatihandap	205	10,46%
		Karang Pamulang	188	9,59%
		Pasir Impun	112	5,71%
3	Kiaracondong	Cicaheum	87	4,44%
4	Antapani	Anatapani Kulon	95	4,85%
		Antapani Wetan	115	5,87%
		Antapi Tengah	93	4,74%
5	Arcamanik	Sukamiskin	196	10,01%
		Cisarenten Kulon	183	9,34%
		Cisarenten Bina Harapan	122	6,24%
		Cisarenten Endah	106	5,41%
6	Rancasasi	Cipamokolan	300	15,32%
		Derwati	156	7,96%
Total area yang dilewati			1.960	100%

Sumber: Masterplan Sungai Cipamokolan, 2021.

Berdasarkan studi inventarisasi sumber pencemaran di Sungai Cipamokolan yang dilakukan pada tahun 2019, sumber pencemaran sungai Cipamokolan berasal dari domestik dan non-domestik. Non-Domestik termasuk sektor penggunaan lahan untuk sawah dan bukan sawah, industri dan komersial. Sesuai dengan data BPS kota Bandung tahun 2020, total industri besar dan sedang di Kota Bandung sebesar 1.102 unit dengan kategori industri sebesar 23 jenis. Adapun jenis industri tersebut dapat dilihat dalam Tabel 2.7.

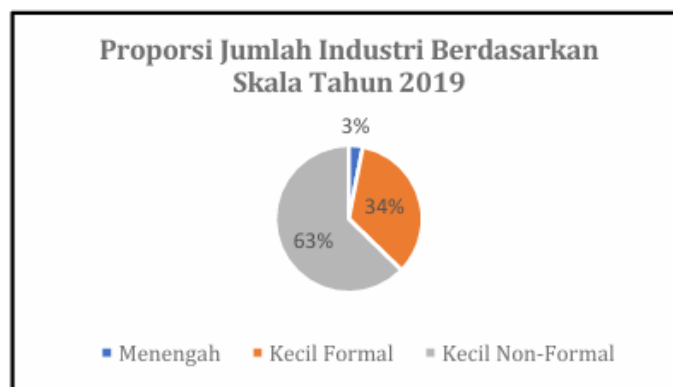
Tabel 2.7 Jenis Industri di Kota Bandung

No	Jenis Industri	Jumlah Unit
1	Industri Makanan	117
2	Industri Minuman	18
3	Industri Tekstil	202
4	Industri Pakaian Jadi	167

No	Jenis Industri	Jumlah Unit
5	Industri Kulit, Barang dari Kulit dan Alas Kaki	46
6	Industri Kayu, Barang-barang dari Kayu	1
7	Industri Kertas, Barang dari Kertas	2
8	Industri Percetakan dan Reproduksi Media Rekaman	194
9	Industri dari Produksi Batubara dan Pengilangan Minyak	-
10	Industri Kimia dan Barang dari Bahan Kimia	24
11	Industri Farmasi, Produk Obat Kimia dan Obat Tradisional	3
12	Industri Karet, Barang dari Karet dan Plastik	71
13	Industri Barang Galian Bukan Logam	-
14	Industri Logam Dasar	-
15	Industri Barang dari logam, bukan mesin peralatan	50
16	Industri computer, barang elektronik dan optik	45
17	Industri Peralatan Industri	7
18	Industri Mesin, Perlengkapan YTDL	28
19	Industri kendaraan bermotor, trailer dan semi-trailer	-
20	Industri alat angkut lainnya	-
21	Industri Furnitur	17
22	Industri Pengolahan lainnya	77
23	Jasa Reparasi dan Pemasangan Mesin dan Peralatan	33
Total		1102

Sumber: Masterplan Sungai Cipamokolan, 2021.

Berdasarkan data BPS Kota Bandung dalam angka tahun 2020, Proporsi jumlah industri berdasarkan skala nya dibagi dalam 3 skala yaitu Menengah, Kecil formal dan Kecil non-formal adalah sebagai **Gambar 2.6** berikut :



Gambar 2.6 Proporsi Jumlah Industri Berdasarkan Skala Tahun 2019

Sumber: Masterplan Sungai Cipamokolan, 2021.

Industri kategori Kecil Non-formal adalah industri terbanyak di Kota Bandung yaitu sebesar 6828 unit atau 63% sedangkan industri kecil formal berjumlah setengah dari Industri kecil formal yaitu 34% atau sebesar 3723 unit. Industri menengah adalah industri dengan jumlah terkecil di kota Bandung yaitu sebesar 3% atau 334 unit.

2.5.1 Sebaran Industri Besar

Sebaran industri Besar, berdasarkan data Badan Statistik Nasional tahun 2018 dan studi inventarisasi terdahulu untuk daerah yang termasuk pada daerah aliran air Sungai Cipamokolan, dapat dilihat pada **Tabel 2.8**.

Tabel 2.8 Sebaran Industri Besar

No	Kecamatan	Kelurahan	Jumlah Industri Besar
1	Cibeunying Kidul	Pasir Layung	0
2	Madalajati	Jatihandap	0
		Karang Pamulang	2
		Pasir Impun	0
3	Kiaracondong	Cicaheum	2
4	Antapani	Anatapani Kulon	0
		Antapani Wetan	0
		Antapi Tengah	0
5	Arcamanik	Sukamiskin	2
		Cisarenten Kulon	0
		Cisarenten Bina Harapan	4
		Cisarenten Endah	0
6	Rancasasi	Cipamokolan	0
		Derwati	0
Total Industri Besar			10

Sumber: Masterplan Sungai Cipamokolan, 2021.

2.5.2 Sebaran Industri Menengah – Kecil

Sebaran industri Menengah-kecil berdasarkan data Badan Statistik Nasional tahun 2018 dan studi inventarisasi terdahulu untuk daerah yang termasuk pada daerah aliran air Sungai Cipamokolan, dapat dilihat pada **Tabel 2.9**.

Tabel 2.9 Sebaran Industri Menengah - Kecil

No	Kecamatan	Kelurahan	Jumlah Industri Menengah - kecil
1	Cibeunying Kidul	Pasir Layung	0
2	Madalajati	Jatihandap	0
		Karang Pamulang	1
		Pasir Impun	0
3	Kiaracondong	Cicaheum	23
4	Antapani	Anatapani Kulon	0
		Antapani Wetan	0
		Antapi Tengah	0
5	Arcamanik	Sukamiskin	4
		Cisarenten Kulon	0
		Cisarenten Bina Harapan	1
		Cisarenten Endah	3
6	Rancasasi	Cipamokolan	1
		Derwati	1
Total Industri Menengah - Kecil			34

Sumber: Masterplan Sungai Cipamokolan, 2021.

2.5.3 Sebaran Industri Rumah Tangga

Sebaran industri rumah tangga berdasarkan data Badan Statistik Nasional tahun 2018 dan studi inventarisasi terdahulu untuk daerah yang termasuk pada daerah aliran air Sungai Cipamokolan, dapat dilihat pada **Tabel 2.10**.

Tabel 2.10 Sebaran Industri Rumah Tangga

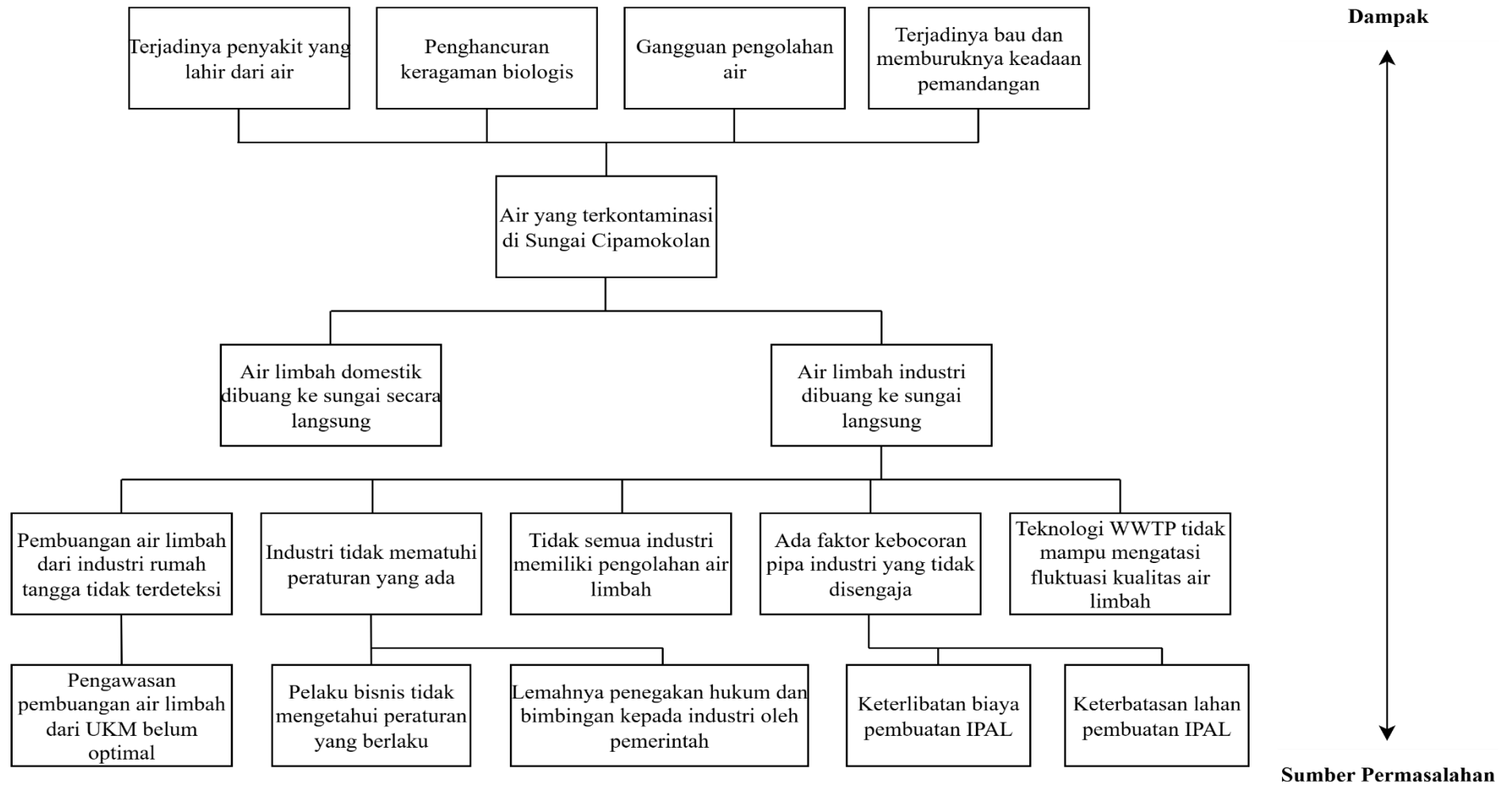
No	Kecamatan	Kelurahan	Jumlah Industri Rumah Tangga
1	Cibeunying Kidul	Pasir Layung	0
2	Madalajati	Jatihandap	25
		Karang Pamulang	9
		Pasir Impun	20
3	Kiaracondong	Cicaheum	60
4	Antapani	Anatapani Kulon	13
		Antapani Wetan	22
		Antapi Tengah	24

No	Kecamatan	Kelurahan	Jumlah Industri Rumah Tangga
5	Arcamanik	Sukamiskin	0
		Cisarenten Kulon	8
		Cisarenten Bina Harapan	1
		Cisarenten Endah	29
6	Rancasasi	Cipamokolan	7
		Derwati	22
Total Industri Rumah Tangga			240

Sumber: Masterplan Sungai Cipamokolan, 2021.

2.6 Inventarisasi dan Identifikasi Sumber Pencemar Di Kawasan Sungai Cipamokolan

Profil umum tiap wilayah administrasi yang terlewati oleh aliran air Sungai Cipamokolan. Data diambil berdasarkan hasil survey lapangan yang bergerak dan melihat secara langsung di setiap kelurahan yang terlewati oleh aliran air Sungai Cipamokolan. Titik pantau Sungai Cipamokolan dan anak sungainya dapat dilihat pada tabel dan gambar dibawah ini. Adapun kerangka akar permasalahan air limbah Sungai Cipamokolan dibawah ini.



Gambar 2.7 Kerangka Akar Permasalahan Air Limbah Sungai Cipamokolan

Sumber: Masterplan Sungai Cipamokolan, 2021.

Dari **Gambar 2.7** mengenai kerangka akar permasalahan air limbah yang ada di Sungai Cipamokolan, terdapat masalah inti yang menjadikan urgensi dalam kegiatan pengendalian pencemaran air di Sungai Cipamokolan. Ada beberapa penyebab dalam masalah inti yang ada di Sungai Cipamokolan dimana penyebab pertama berkaitan dengan air limbah domestik yang dibuang ke sungai secara langsung dan ada air limbah industri dibuang ke sungai secara langsung, dari penyebab pertama ini jika dilihat dari **Gambar 2.7** akan ada turunan penyebab permasalahan yang timbul setelahnya, maka dari itu dalam kegiatan ini akan menjelaskan faktor penyebab pertama dan beberapa penyebab lainnya yang akan dijelaskan sesuai dengan kondisi eksisting di lapangan yaitu sebagai berikut :

2.6.1 Faktor Penyebab Air Limbah Industri Dibuang Ke Sungai Secara Langsung

2.6.1.1 Industri Tidak Mematuhi Peraturan yang Ada

Pada faktor ini, pelaku usaha/bisnis yang tidak mengetahui adanya peraturan yang berlaku atau terbaru. Kelalaian dalam ketidaktahuan penerapan peraturan berlaku ini yang akan berdampak kepada pelaku usaha/bisnis akan mengabaikan beberapa hal baik dari segi keselamatan ataupun kelestarian lingkungan sekitar industri tersebut yang akan merugikan kepada lingkungan dan merugikan juga kepada pelaku usaha industrinya. Penyebab yang kedua yaitu lemahnya penegakan hukum dan bimbingan kepada pelaku usaha industri oleh pemerintah daerah, lemahnya pengawasan dari penegakan hukum ini yang mengakibatkan tidak adanya pengawasan terhadap industri yang masih membuang limbahnya secara langsung ke sungai tanpa adanya pengolahan limbah tersebut terlebih dahulu.

2.6.1.2 Tidak Semua Industri Memiliki Pengolahan Air Limbah

Pada faktor penyebab ini, banyak industri yang tidak memiliki pengolahan air limbah, yaitu sektor *home* Industri yang dimana sangat kesulitan dalam menerapkan pengolahan air limbahnya dikarenakan pelaku usaha industri menengah ini mengalami keterbatasan biaya dalam pembuatan IPAL yang cukup mahal untuk sebagian pelaku usaha industri yang penghasilannya hanya cukup untuk memproduksi kembali hasil usahanya. Contoh *home* Industri yang mengalami keterbatasan lahan pembuatan IPAL yaitu *home* Industri pembuat tahu

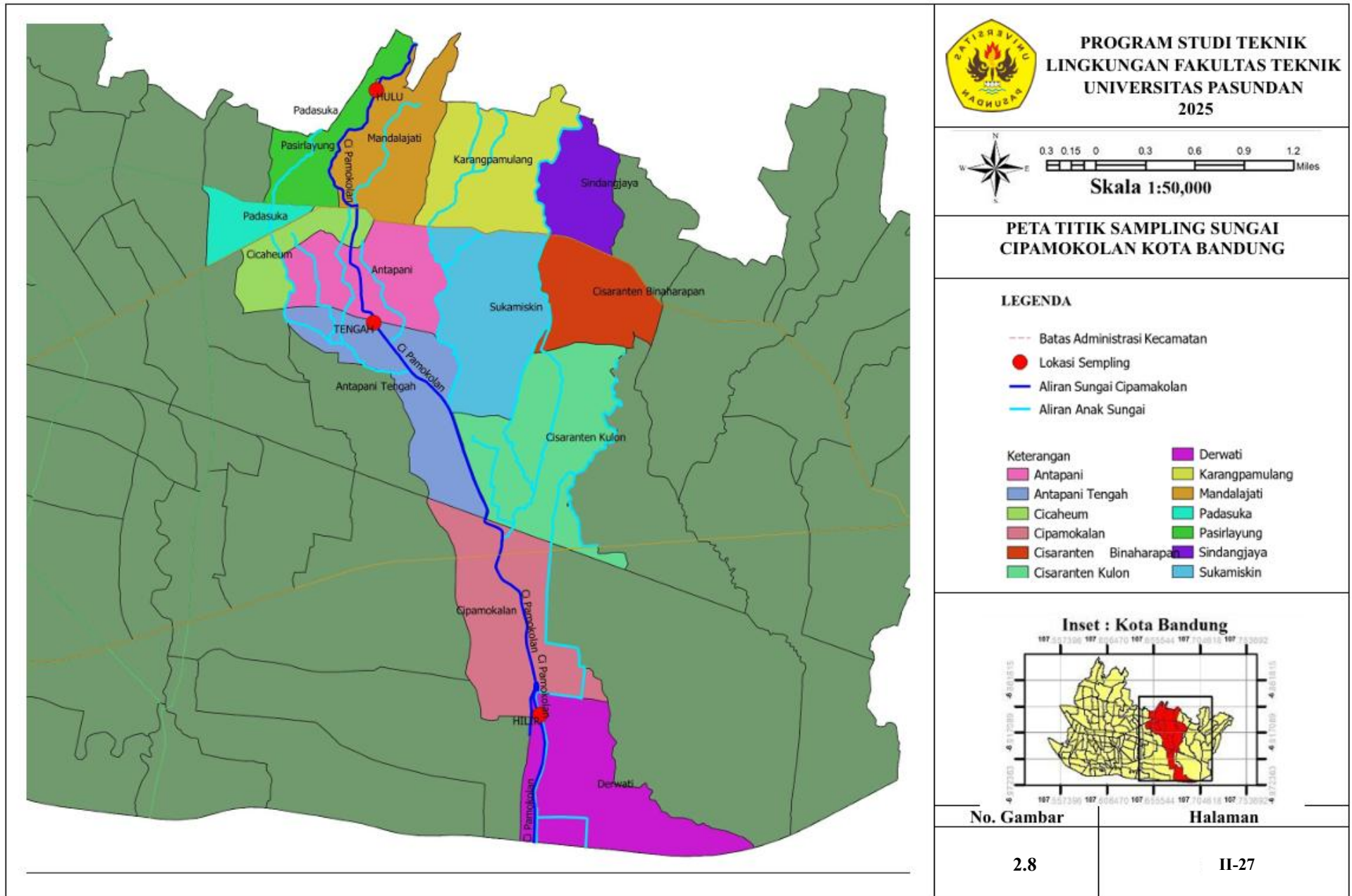
di Kelurahan Jatihandap, mereka akan sangat kesulitan jika dipaksakan membuat lahan IPAL di lahan mereka yang seadanya dimana nantinya jika dipaksakan menggunakan lahan yang ada untuk pembuatan IPAL mereka akan merasakan pengurangan dalam lahan produksi usaha mereka.

2.6.1.3 Teknologi WWTP (*Waste Water Treatment Plant*) Tidak Mampu

Mengatasi Fluktuasi Kualitas Air Limbah

WWTP adalah sebuah sistem yang difungsikan untuk mengolah air dari kualitas air baku (*influent*) yang tercemar agar mendapatkan kualitas air pengolahan (*effluent*) standart yang di inginkan/ditentukan atau siap untuk dikonsumsi. Biasanya WWTP dilakukan untuk pengolahan air limbah pertanian, pengolahan air limbah perkotaan, dan pengolahan air limbah industri. Namun, jika WWTP sudah tidak mampu mengatasi fluktuasi kualitas air limbah maka harus dicarikan solusi dalam menggantinya, baik diganti dengan teknologi yang terbaru yang mampu dan lebih baik dalam mengolah air limbah dan mampu dipakai hingga jangka panjang atau menggunakan metode pengolahan air limbah industri lainnya.

Dari permasalahan yang ada pada Sungai Cipamokolan, maka dilakukan survey lapangan dan sampling air sungai untuk diuji kualitasnya, lokasi tersebut dapat dilihat pada **Gambar 2.8**.



2.7 Lokasi Survey Lapangan dan Sampling Air Sungai Cipamokolan

2.7.1 Titik Hulu (Kecamatan Mandalajati)

Pada titik hulu di Jl. Sasak Batu Kelurahan Jatihandap Kecamatan Mandalajati, tidak terdapat limbah non domestik yang berasal dari sektor industri yang berdampak langsung terhadap aliran Sungai Cipamokolan, namun ada beberapa *home* Industri khususnya di Kelurahan Jatihandap yang pembuangan limbahnya langsung ke aliran Sungai Cicabe yang nantinya akan bermuara ke Sungai Cipamokolan. Pembuangan air limbah domestik yang menimbulkan dampak secara langsung terhadap Sungai Cipamokolan berasal dari perumahan Padasuka *Park*, permukiman Jatihandap, dan warung nasi Ibu Rina. Sektor industri yang terdapat di Kelurahan Karang Pamulang dan Kelurahan Sindangjaya yaitu Industri Grantex (sudah tidak beroperasi), Industri Indosco (sudah tidak beroperasi), dan Industri CV Sandangsari (sudah tidak beroperasi). Ketiga sektor industri yang berada di Kelurahan Karang Pamulang dan Sindangjaya ini statusnya tidak menimbulkan pembuangan air limbah yang berdampak langsung terhadap Sungai Cipamokolan, melainkan ke Sungai Cikiley dan Cilitung. Sedangkan di Kelurahan Jatihandap terdapat sektor *home* Industri yaitu pabrik tahu yang pembuangan limbahnya ke aliran Sungai Cicabe namun akan bermuara ke Sungai Cipamokolan (*Masterplan* Sungai Cipamokolan, 2021). Informasi mengenai titik hulu di Kecamatan Mandalajati dapat dilihat pada **Tabel 2.11** berikut.

Tabel 2.11 Titik Hulu (Kecamatan Mandalajati)

Lokasi	Alamat	Koordinat GPS	Permasalahan	Dokumentasi
Hulu	Jl. Sasak Batu Kel. Jatihandap Kec. Mandalajati. (Warung Pak Adang)	6° 53'35185" S 107° 39'38,007" E	1. Masyarakat membuang sampah ke sungai 2. Pembuangan limbah langsung ke aliran Sungai Cipamokolan	

2.7.2 Titik Tengah (Kecamatan Kiaracondong)

Pada titik tengah di Jl. Terusan Jakarta Kelurahan Babakan Surabaya, Kecamatan Kiaracondong terdapat limbah non domestik yang berasal dari sektor *home* industry yang berdampak langsung terhadap aliran Sungai Cipamokolan. Pembuangan air limbah domestik yang menimbulkan dampak secara langsung terhadap Sungai Cipamokolan berasal dari pembuangan air kamar mandi langsung ke sungai dan Sebagian pembuangan wc langsung ke sungai. Sektor *home* Industri yang terdapat di kecamatan Kiaracondong yaitu pabrik tempe yang memiliki dampak langsung terhadap Sungai Cipamokolan, dan *home* Industri pembuatan roti. Kedua sektor *home* Industri yang berada di kecamatan Kiaracondong ini statusnya ada yang menimbulkan dampak secara langsung dan juga ada yang tidak menimbulkan pembuangan air limbah yang berdampak langsung terhadap Sungai Cipamokolan (*Masterplan* Sungai Cipamokolan, 2021). Informasi mengenai titik tengah di Kecamatan Kiaracondong dapat dilihat pada **Tabel 2.12** berikut.

Tabel 2.12 Titik Tengah (Kecamatan Kiaracandong)

Lokasi	Alamat	Koordinat GPS	Permasalahan	Dokumentasi
Tengah	Jl. Terusan Jakarta Kel. Babakan Surabaya Kec. Kiaracandong. (Mitra Dago)	6° 54'51,146" S 107° 39'40,251" E	Pada lokasi terdekat dengan titik sampling ini, terdapat pembuangan limbah langsung ke aliran Sungai Cipamokolan	

2.7.3 Titik Hilir (Kecamatan Rancasari)

Pada titik hilir di Kecamatan Rancasari, terdapat limbah non domestik yang berasal dari sektor industri yang berdampak langsung terhadap aliran Sungai Cipamokolan. Terdapat pula pembuangan limbah domestik yang berdampak secara langsung terhadap aliran Sungai Cipamokolan, yaitu yang berasal dari pembuangan air kamar mandi langsung ke sungai dan sebagian pembuangan wc langsung ke aliran Sungai Cipamokolan. Sektor industri yang terdapat di Kecamatan Rancasari, yaitu *home* Industri pabrik pempek, pabrik kerupuk, dan tempat pemotongan ayam statusnya menimbulkan pembuangan air limbah yang berdampak langsung terhadap Sungai Cipamokolan (*Masterplan* Sungai Cipamokolan, 2021). Informasi mengenai titik hilir di Kecamatan Rancasari dapat dilihat pada **Tabel 2.13** berikut.

Tabel 2.13 Titik Hilir (Kecamatan Rancasari)

Lokasi	Alamat	Koordinat GPS	Permasalahan	Dokumentasi
Hilir	Jl. Terusan Derwati di Kel. Derwati Kec. Rancasari. (Perumahan De Marrakesh)	6° 57' 17,996" S 107° 39' 42,582" E	Masyarakat membuang sampah ke sungai	

2.8 Kualitas Air Sungai Cipamokolan

Dilakukan penelitian terkait uji kualitas air Sungai Cipamokolan melalui beberapa parameter fisika, kimia dan biologi yang terdapat pada Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021. Baku mutu yang digunakan dalam pemeriksaan kualitas air Sungai Cipamokolan ini yaitu baku mutu kelas II atau baku mutu yang digunakan untuk baku mutu sungai dan sejenisnya. Berikut merupakan hasil dari analisis laboratorium kualitas air Sungai Cipamokolan di titik Jl. Sasak Batu, Jl. Terusan Jakarta, dan Jl. Terusan Derwati yang diperiksa dan dianalisis di laboratorium kualitas air PERUMDA Tirtawening Kota Bandung pada **Tabel 2.14**.

Tabel 2.14 Hasil Pemeriksaan Kualitas Air Sungai Cipamokolan

No	Parameter	Satuan	Baku Mutu	Hasil Pengujian			Metode Acuan
				Hulu	Tengah	Hilir	
	Fisika						
1	Suhu	°C	Deviasi 3	24,45	24,45	23,24	SNI 06-6989.23-2005
2	TDS	mg/L	1.000	88,00	149,00	152,00	SNI 6989.27:2019
3	TSS	mg/L	50	5.245,00*	38,00	58,00*	SNI 6989.3:2019
4	Warna	PtCo	50	540*	25	50	SNI 6989.80-2011
	Kimia						
1	pH	-	6,0 – 9,0	7,21	7,12	6,99	SNI 6989.11-2019
2	BOD ₅	mg/L	3	22,38*	10,50*	10,06*	SNI 6989.72-2009
3	COD	mg/L	25	63,45*	22,28	23,22	SNI 6989.2-2019
4	DO	mg/L	> 4	5,87	5,25	4,04	SNI 06-6989.14-2004
5	Sulfat (SO ₄ ²⁻)	mg/L	300	36,76	15,58	13,09	SNI 6989.20-2019
6	Klorida (Cl ⁻)	mg/L	300	11,39	25,36	23,29	SNI 6989.19-2009
7	Nitrat (NO ₃ -N)	mg/L	10	3,01	4,17	3,85	SNI 6989.79-2011
8	Nitrit (NO ₂ -N)	mg/L	0,06	0,39*	0,86*	0,49*	SNI 6989.9-2004
9	Amonia (NH ₃ .N)	mg/L	0,2	0,74*	0,49*	1,77*	SNI 06-6989.30-2005

No	Parameter	Satuan	Baku Mutu	Hasil Pengujian			Metode Acuan
				Hulu	Tengah	Hilir	
10	Total Nitrogen	mg/L	15	4,14	7,52	6,11	SK Gub KDH Tk I Jabar No.6
11	Total Fosfat Sebagai P	mg/L	0,2	1,03*	0,13	0,10	SNI 6989.31-2021
12	Flourida (F)	mg/L	1,5	0,15	0,15	0,22	SNI 06-6989.29-2005
13	Belarang sebagai H ₂ S	mg/L	0,002	0,042*	0,004	0,094*	SNI 6989.70-2009
14	Sianida (CN)	mg/L	0,02	< 0,0030	< 0,0030	< 0,0030	SNI 6989.77-2011
15	Klorin Bebas (Cl ₂)	mg/L	0,03	0,47*	0,01	0,07*	Colorimetri
16	Baron (B)	mg/L	1,0	0,427	0,561	0,609	SM 24th Edition APHA-3125-B-2023
17	Air Raksa (Hg)	mg/L	0,002	< 0,00089	< 0,00089	< 0,00089	SNI 6989.78-2019
18	Arsen (As)	mg/L	0,05	0,006	0,007	0,008	SM 24th Edition APHA-3125-B-2023
19	Selenium (Se)	mg/L	0,05	0,008	0,009	0,008	SM 24th Edition APHA-3125-B-2023
20	Kadmium (Cd)	mg/L	0,01	0,002	0,001	0,002	SM 24th Edition APHA-3125-B-2023
21	Kobal (Co)	mg/L	0,2	0,009	0,008	0,009	SM 24th Edition APHA-3125-B-2023
22	Nikel	mg/L	0,05	0,026	0,022	0,023	SM 24th Edition APHA-3125-B-2023
23	Seng (Zn)	mg/L	0,05	0,274*	0,163*	0,151*	SM 24th Edition APHA-3125-B-2023
24	Tembaga (Cu)	mg/L	0,02	0,010	0,009	0,012	SM 24th Edition APHA-3125-B-2023
25	Timbal (Pb)	mg/L	0,03	0,003	0,004	0,005	SM 24th Edition APHA-3125-B-2023
26	Krom Heksavalen (Cr-VI)	mg/L	0,05	0,19*	0,03	0,04	SNI 6989.71:2011
27	Minyak dan Lemak	mg/L	1	41,00*	2,00*	3,00*	SNI 6989.10:2011

No	Parameter	Satuan	Baku Mutu	Hasil Pengujian			Metode Acuan
				Hulu	Tengah	Hilir	
28	Deterjen Total (MBAS)	mg/L	0,2	0,75*	0,44*	0,58*	SNI 606-989.51-2005
29	Fenol	mg/L	0,005	0,03*	0,004	0,007*	SNI 06-6989.21-2004
30	Debit	m ³ /s	-	0,03	0,0405	0,075	Perhitungan
	Mikrobiologi						
1	Fecal Coliform	MPN/100 ml	1.000	54.000*	1.100*	1.700*	SM 24th Edition APHA 9221-E&C 2023
2	Coliform	MPN/100 ml	5.000	160.000*	4.600	6.300*	SM 24th Edition APHA-9221-B&C 2023

*) Melebihi Baku Mutu

Sumber: Laboratorium PERUMDA Tirtawening, Kota Bandung.

Dari **Tabel 2.17** hasil uji kualitas air Sungai Cipamokolan, ditemukan bahwa sejumlah parameter menunjukkan melebihi baku mutu yang ditetapkan. Salah satu indikator utama pencemaran adalah nilai BOD₅ (*Biochemical Oxygen Demand*) yang sangat tinggi pada semua titik pengukuran, jauh di atas batas baku mutu. Hal ini mengindikasikan adanya beban pencemar organik yang besar, kemungkinan berasal dari limbah rumah tangga atau industri. Demikian pula, COD (*Chemical Oxygen Demand*) di Titik hulu, jauh melampaui ambang batas, yang menandakan banyaknya zat kimia terlarut yang sulit terurai secara biologis.

Parameter Padatan Tersuspensi Total (TSS) juga sangat tinggi, khususnya di Titik hulu, dan melebihi batas baku mutu. TSS yang tinggi biasanya menunjukkan adanya pencemaran fisik yang berasal dari sedimen, lumpur, atau limbah padat lainnya. Selain itu, Kandungan amonia (NH₃-N) dan nitrit (NO₂-N) juga jauh melampaui batas aman di seluruh titik, yang merupakan indikator pencemaran dari limbah organik dan urin.

Kadar minyak dan lemak ditemukan melampaui ambang batas di seluruh titik, yang bisa berasal dari aktivitas domestik maupun industri makanan dan otomotif. Kondisi ini diperparah oleh hasil uji mikrobiologis yang menunjukkan jumlah Fecal Coliform dan Total Coliform jauh di atas standar, menandakan

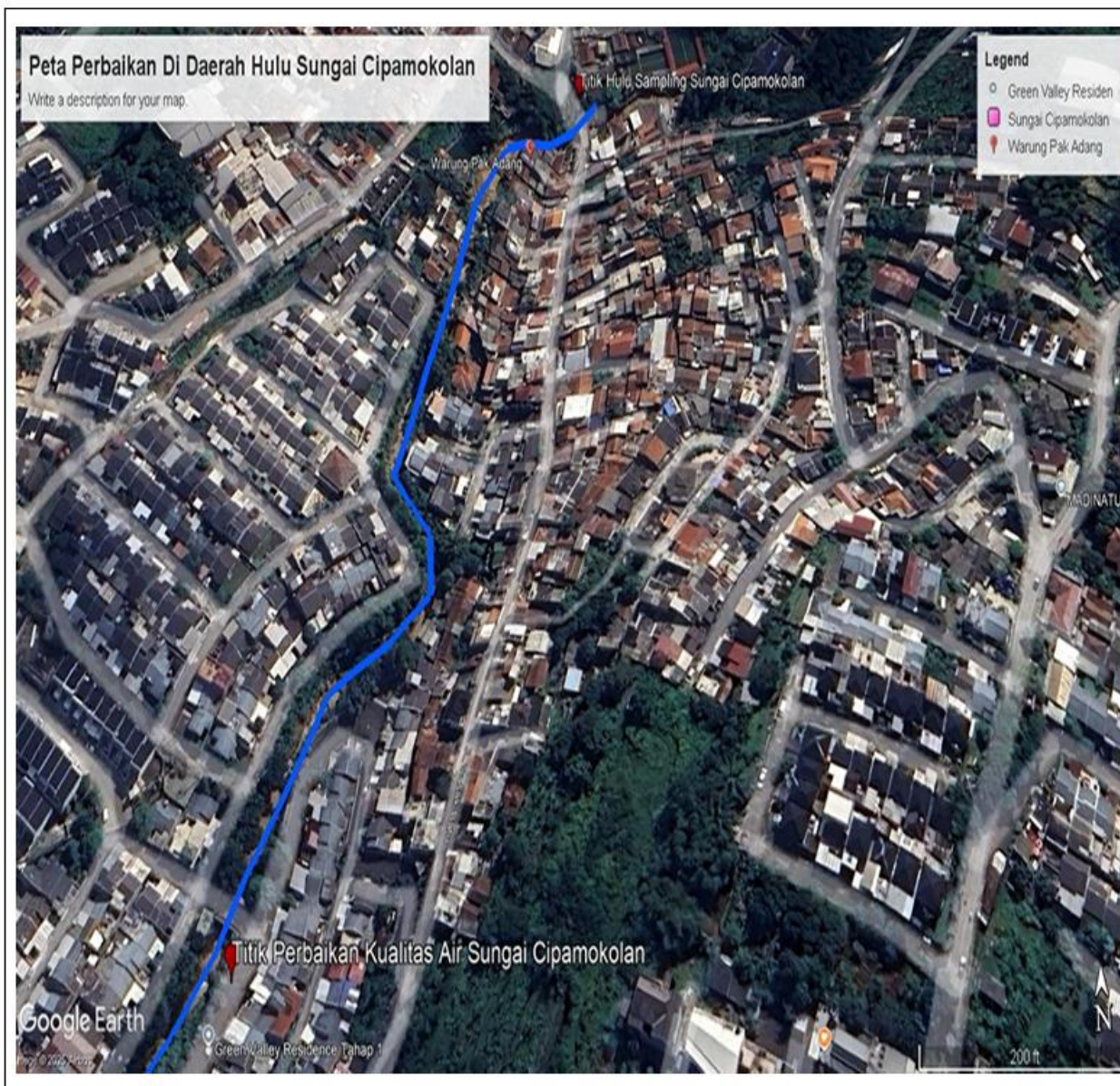
kontaminasi oleh limbah tinja atau kotoran manusia dan hewan, yang berisiko tinggi terhadap kesehatan manusia.

Secara keseluruhan, hasil uji ini menunjukkan bahwa kualitas air Sungai Cipamokolan telah mengalami pencemaran yang cukup serius, terutama dari limbah domestik dan industri. Tingginya nilai parameter pencemar utama menandakan bahwa sungai ini tidak layak digunakan untuk keperluan sehari-hari tanpa melalui proses pengolahan terlebih dahulu.

Berdasarkan hasil pemodelan yang telah dilakukan pada Tugas Akhir I, menunjukkan konsentrasi BOD tertinggi yaitu 27,74 Mg/L pada bagian hulu (Jl. Sasak Batu, Kel. Jatihandap, Kec. Mandalajati), konsentrasi DO terendah yakni 2,39 Mg/l di bagian hulu, dan nilai defisit oksigen terbesar juga terjadi pada bagian hulu yaitu 6,05 Mg/l, dan juga melihat hasil pemeriksaan yang dilakukan di laboratorium PERUMDA Tirtawening, Kota Bandung, titik hulu (Jl. Sasak Batu, Kel. Jatihandap, Kec. Mandalajati) menjadi bagian prioritas yang perlu dilakukan perbaikan kualitas air sungainya melalui suatu pengolahan yang sesuai.

2.9 Lokasi Perencanaan

Lokasi perencanaan yang dilakukan yaitu pada segmen satu (Jl. Sasak Batu – Jl. Terusan Jakarta). Lokasi tersebut merupakan lokasi yang menjadi prioritas perbaikan kualitas air sungai yang nantinya juga akan direncanakan penerapan teknologi untuk dapat membantu memperbaiki kualitas air Sungai Cipamokolan dan memenuhi Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 kelas II. Peta orientasi lokasi perencanaan dapat dilihat pada **Gambar 2.10** berikut ini.



**PROGRAM STUDI TEKNIK
LINGKUNGAN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN
2025**

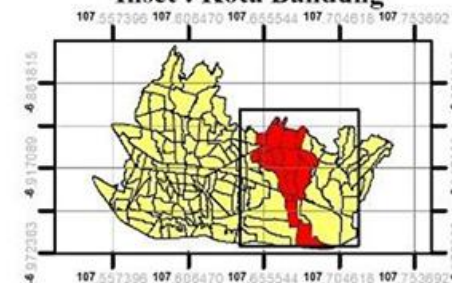


0.3 0.15 0 0.3 0.6 0.9 1.2 Miles

Skala 1:50,000

**PETA ORIENTASI LOKASI
PERENCANAAN SUNGAI
CIPAMOKOLAN**

Inset : Kota Bandung



No. Gambar

Halaman

2.9

II-36

BAB III

TINJAUAN PUSTAKA

3.1 Air Sungai

Air merupakan sumber daya alam yang memenuhi hajat hidup orang banyak sehingga perlu dilindungi agar dapat tetap bermanfaat bagi hidup dan kehidupan manusia serta makhluk hidup lainnya. Air digunakan dalam kehidupan sehari-hari, kegiatan industri, kebersihan sanitasi kota, maupun untuk keperluan pertanian dan lain sebagainya (Ardhani, 2014). Salah satu sumber air adalah air sungai. Menurut Hendrawan (2005), air sungai adalah air permukaan yang digunakan untuk keperluan masyarakat. Selain itu, sungai sendiri dimanfaatkan sebagai tempat penampungan air, sarana transportasi, pengairan sawah, keperluan peternakan, keperluan industri, perumahan, ketersediaan air, irigasi, tempat memelihara ikan dan juga sebagai tempat rekreasi. Dengan berbagai jenis manfaat dari sungai tersebut tentu juga menyebabkan adanya produk samping atau limbah yang juga masuk ke perairan sungai.

Menurut Peraturan Pemerintah No 38 Tahun 2011, definisi sungai adalah alur atau wadah air alami yang berupa jaringan aliran air beserta air di dalamnya, mulai dari hulu sampai muara, dengan dibatasi kanan dan kiri oleh garis yang sempadan. Sungai sebagai wadah air mengalir selalu berada di posisi paling rendah dalam lanskap bumi, sehingga kondisi sungai tidak dapat dipisahkan dari kondisi daerah aliran sungai. Keberadaan sungai dapat memberikan manfaat baik pada kehidupan manusia maupun pada alam.

Air sungai telah lama menjadi bagian penting dari kehidupan masyarakat sebagai sumber air baku, sarana transportasi, hingga penunjang ekosistem. Namun, seiring perkembangan kota dan meningkatnya aktivitas industri serta rumah tangga, kualitas air sungai di banyak wilayah perkotaan terus menurun. Berdasarkan data, sekitar 70% sungai di wilayah perkotaan Indonesia tidak memenuhi standar baku mutu air (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK), 2016).

Penurunan kualitas air sungai ditandai oleh penurunan beberapa parameter kualitas air diantaranya adalah parameter fisika, kimia maupun biologi. Penurunan kualitas air sungai ini merupakan indikasi terjadinya pencemaran air sungai pada area tersebut. Salah satu sumber penyebab penurunan kualitas air sungai tersebut berasal dari pembuangan limbah rumah tangga (limbah domestik) diantaranya buangan air rumah tangga, air cucian, urin, kotoran manusia (tinja) serta sampah yang dibuang secara langsung di sepanjang aliran sungai. Pembuangan limbah ke sungai merupakan salah satu penyebab kerusakan lingkungan hidup, munculnya berbagai penyakit pada manusia dan dapat menimbulkan pencemaran air (Ngatilah, 2016). Maka dari itu, diperlukannya suatu pengendalian pencemaran melalui perbaikan kualitas air sungai agar dapat memenuhi standar yang dipersyaratkan.

3.2 Kualitas Air Sungai

Kualitas air sungai dapat dinyatakan dengan parameter fisika maupun kimia yang menggambarkan bagaimana kualitas air tersebut. Kualitas air Sungai diatur dalam Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Berdasarkan peraturan tersebut terdapat empat kategori kelas air sungai yaitu:

1. Kelas 1 : Sangat baik, untuk air baku dan air minum (harus diolah dahulu).
2. Kelas 2 : Untuk rekreasi air, budidaya ikan air tawar, peternakan, dan air untuk pertanian.
3. Kelas 3 : Untuk budidaya ikan non – konsumsi, irigasi, dan air untuk konsumsi.
4. Kelas 4 : Hanya untuk kegiatan industri dan perairan tanaman.

Adapun baku mutu kualitas air sungai dapat dilihat pada **Tabel 3.1**.

Tabel 3.1 Baku Mutu Kualitas Air Sungai

No	Parameter	Unit	Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3	Kelas 4
1	Temperratur	°C	Dev 3	Dev 3	Dev 3	Dev 3
2	Padatan terlarut total (TDS)	Mg/l	1000	1000	1000	2000
3	Padatan tersuspensi total (TSS)	Mg/l	40	50	100	400
4	Warna	Pt – Co Unit	15	50	100	-
5	pH		6 – 9	6 – 9	6 – 9	6 – 9
6	Kebutuhan oksigen biokimiawi (BOD)	Mg/l	2	3	6	12
7	Kebutuhan oksigen kimiawi (COD)	Mg/l	10	25	40	80
8	Oksigen terlarut (DO)	Mg/l	6	4	3	1
9	Sulfat (SO_4^{2-})	Mg/l	300	300	300	400
10	Klorida (Cl^-)	Mg/l	300	300	300	600
11	Nitrat	Mg/l	10	10	20	20
12	Nitrit	Mg/l	0,6	0,6	0,6	-
13	Amoniak	Mg/l	0,1	0,2	0,5	-
14	Total Nitrogen	Mg/l	15	15	25	-
15	Total Fosfat	Mg/l	0,2	0,2	1,0	-
16	Fluorida (F^-)	Mg/l	1	1,5	1,5	-
17	Belarang sebagai H_2S	Mg/l	0,002	0,002	0,002	-
18	Sianida (CN^-)	Mg/l	0,02	0,02	0,02	-
19	Klorin bebas	Mg/l	0,03	0,03	0,03	-
20	Barium (Ba) terlarut	Mg/l	1,0	-	-	-
21	Baron (B) terlarut	Mg/l	1,0	1,0	1,0	1,0
22	Merkuri (Hg) terlarut	Mg/l	0,001	0,002	0,002	0,005
23	Arsen (As) terlarut	Mg/l	0,05	0,05	0,05	0,10
24	Selenium (Se) terlarut	Mg/l	0,01	0,05	0,05	0,05
25	Besi (Fe) terlarut	Mg/l	0,3	-	-	-
26	Kadmium (Cd) terlarut	Mg/l	0,01	0,01	0,01	0,01

No	Parameter	Unit	Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3	Kelas 4
27	Kobalt (Co) terlarut	Mg/l	0,2	0,2	0,2	0,2
28	Mangan (Mn) terlarut	Mg/l	0,1	-	-	-
29	Nikel (Ni) terlarut	Mg/l	0,05	0,05	0,05	0,1
30	Seng (Zn) terlarut	Mg/l	0,05	0,05	0,05	2
31	Tembaga (Cu) terlarut	Mg/l	0,02	0,02	0,02	0,2
32	Timbal (Pb) terlarut	Mg/l	0,03	0,03	0,03	0,5
33	Kromium heksavalen (Cr ⁶⁺ (VI))	Mg/l	0,05	0,05	0,05	1
34	Minyak dan lemak	Mg/l	1	1	1	10
35	Deterjen total	Mg/l	0,2	0,2	0,2	-
36	Fenol	Mg/l	0,002	0,005	0,01	0,02
37	Aldrin/ Dieldrin	µg/l	17	-	-	-
38	BHC	µg/l	210	210	210	-
39	Chlordane	µg/l	3	-	-	-
40	DDT	µg/l	2	2	2	2
41	Endrin	µg/l	1	4	4	-
42	Heptachlor	µg/l	18	-	-	-
43	Lindane	µg/l	56	-	-	-
44	Methoxychlor	µg/l	35	-	-	-
45	Toxapan	µg/l	5	-	-	-
46	<i>Fecal coliform</i>	MPN/ 100 mL	100	1000	2000	2000
47	<i>Total Coliform</i>	MPN/ 100 mL	1000	5000	10000	10000
48	Sampah		nihil	nihil	nihil	nihil
49	Radioaktivitas					
	Gross – A	Bq/L	0,1	0,1	0,1	0,1
	Gross – B	Bq/L	1	1	1	1

Sumber: PP No. 22 Tahun 2021

3.2.1 Parameter Fisik Air Sungai

Parameter fisik air sungai meliputi suhu, kekeruhan, warna, bau, rasa, padatan tersuspensi, dan padatan terlarut. Parameter ini penting untuk menentukan kualitas air sungai secara keseluruhan dan dapat mempengaruhi kehidupan organisme yang hidup di dalamnya.

a. Suhu (*Temperature*)

Suhu memperlihatkan kecenderungan aktivitas kimiawi dan biologis di dalam air. Perubahan suhu berpengaruh terhadap proses fisika, kimia dan biologis badan air. Kenaikan suhu air akan menimbulkan beberapa akibat berikut: (1) jumlah oksigen terlarut di dalam air menurun; (2) kecepatan reaksi kimia meningkat; (3) kehidupan ikan dan hewan air lainnya terganggu dan (4) jika batas suhu melampaui, ikan dan hewan air lainnya mungkin akan mati (Fardiaz, 1992). Peningkatan suhu juga menyebabkan terjadinya peningkatan dekomposisi bahan organik oleh mikroba. Kisaran suhu optimum bagi pertumbuhan fitoplankton di perairan adalah 20°C hingga 30°C (Effendi, 2003).

b. Kekeruhan (*Turbidity*)

Menurut Hendrawan (2005) kekeruhan yaitu suatu keadaan dimana transparansi suatu zat cair berkurang akibat kehadiran zat-zat lainnya. Kekeruhan air dapat dianggap sebagai indikator kemampuan air dalam meloloskan cahaya yang jatuh di atas badan air, semakin kecil atau rendah tingkat kekeruhan suatu perairan, semakin dalam cahaya dapat masuk ke dalam badan air dan dengan demikian semakin besar kesempatan bagi vegetasi akuatis untuk melakukan proses fotosintesis. Dengan semakin meningkatnya proses fotosintesis, maka semakin besar persediaan oksigen yang ada di dalam air. (Asdak, 2014).

c. *Total Dissolved Solids* (TDS)

TDS (*Total Dissolved Solid*) atau Zat Padat Terlarut adalah jumlah total dari semua anorganik termasuk mineral, garam, logam, kation dan anion yang tersebar dalam volume air dan berukuran lebih kecil yang dapat melalui saringan berukuran 2 mikrometer. Sumber TDS (*Total Dissolved Solid*) adalah aliran permukaan dari daerah pertanian, perkotaan, air limbah industri, dan sumber-sumber alami seperti daun, lumpur, plankton, dan batu (Effendi, 2003). Menurut Djoharan (2018) faktor yang mempengaruhi *Total Dissolve Solid* yaitu Geologi dan tanah di Daerah Aliran Sungai, beberapa batuan dan tanah sangat mudah terkikis ketika air mengalir di atasnya, misalnya air asam mengalir diatas batuan yang mengandung kalsit

(CaCO_3), seperti serpih kapur, kalsium (Ca^{2+}) dan karbonat (Ca^{2-}) ion akan larut ke dalam air.

d. *Total Suspended Solid (TSS)*

TSS (*Total Suspended Solid*) merupakan semua zat padatan tersuspensi seperti pasir, lumpur, pasir halus tanah liat, kikisan tanah atau erosi tanah yang terbawa ke badan air maupun partikel-partikel yang tersuspensi dalam air dan dapat berupa komponen hidup (biotik) ataupun komponen mati (abiotik) partikel-partikel anorganik. Kebanyakan sungai & wilayah aliran sungai selalu membawa endapan lumpur yang ditimbulkan oleh erosi alamiah. Akan tetapi, kandungan sedimen yang terlarut dari seluruh sungai hampir semua lama-kelamaan semakin tinggi terus menerus dikarenakan erosi dari tanah pertanian, kehutanan, konstruksi & pertambangan. Peningkatan konsentrasi TSS dan tingkat kekeruhan di dalam perairan dapat mengakibatkan terganggunya ekosistem perairan. TSS akan menyerap energi panas matahari dan akan dapat meningkatkan suhu perairan, yang akhirnya dapat menurunkan oksigen terlarut. Proses fotosintesis juga dapat terganggu akibat dari berkurangnya penetrasi sinar matahari ke dalam kolom perairan. Demikian halnya dengan tingkat kekeruhan perairan akan berdampak terhadap terganggunya penetrasi cahaya ke dalam kolom perairan. Terganggunya penetrasi cahaya matahari berakibat pada rendahnya proses fotosintesis yang akhirnya menurunkan konsentrasi oksigen di dalam kolom perairan (Solihuddin, 2000).

e. Warna

Terdapat dua warna di perairan, yaitu warna tampak (*Apparent Color*) dan warna sesungguhnya (*true color*). Warna sesungguhnya disebabkan oleh partikel terlarut di perairan dan warna tampak disebabkan oleh partikel terlarut dan tersuspensi. Warna perairan ditimbulkan oleh bahan organik dan bahan anorganik. Oksida Besi menyebabkan air berwarna kemerahan, sedangkan oksida Mangan menyebabkan air berwarna kecoklatan dan kehitaman. Intensitas warna cenderung meningkat dengan meningkatnya pH. Untuk segi estetis sebaiknya warna air tidak melebihi 15 PtCo (skala *Platinum Cobalt*). Warna juga dapat disebabkan oleh alga di perairan contoh

oleh *Blooming alga (Red Tide)*. Warna dapat menghambat penetrasi cahaya untuk masuk ke perairan (Suyasa, 2015).

f. Bau

Bau pada air dapat disebabkan karena adanya benda asing yang masuk ke dalam air seperti bangkai binatang, bahan buangan, ataupun disebabkan oleh proses penguraian senyawa organik oleh bakteri. Pada peristiwa penguraian senyawa organik yang dilakukan oleh bakteri tersebut dihasilkan gas – gas berbau menyengat dan bahkan ada yang beracun.

3.2.2 Parameter Kimia Air Sungai

Parameter kimia air sungai adalah ukuran-ukuran yang dapat diukur secara kimiawi yang menunjukkan kualitas air sungai. Parameter ini mencerminkan reaksi kimia yang terjadi di dalam air, seperti pertukaran ion, dan dapat menjadi indikator kesehatan sungai. Beberapa parameter kimia yang umum diuji meliputi oksigen terlarut (DO), pH, kebutuhan oksigen biologis (BOD), kebutuhan oksigen kimiawi (COD), nitrat, ammonia, sulfat, minyak dan lemak, TDS, fosfat, dan logam berat.

a. pH

Air normal yang memenuhi syarat untuk kehidupan mempunyai pH sekitar 6,5 hingga 7,5. Air akan bersifat asam atau basa tergantung pada besar kecilnya pH. Bila pH dibawah pH normal, maka air tersebut bersifat asam, sedangkan air yang mempunyai pH diatas pH normal bersifat basa. Air limbah dan bahan buangan industri akan mengubah pH air yang akhirnya akan mengganggu kehidupan organisme di dalam air (Wardhana, 2004) Sebagian besar biota akuatik sensitif terhadap perubahan pH dan menyukai pH antara 7 hingga 8,5. Nilai pH sangat mempengaruhi proses biokimiawi perairan, misalnya proses nitrifikasi akan berakhir pada pH yang rendah (Effendi, 2003).

b. *Dissolved Oxygen (DO)*

Dissolved Oxygen atau oksigen terlarut sangat menentukan kehidupan biota perairan. Pada umumnya kondisi air yang telah tercemar mempunyai kadar oksigennya sangat rendah, hal ini dikarenakan oksigen yang terlarut di dalam air diserap oleh mikroorganisme untuk mendegradasi bahan buangan organik sehingga menjadi bahan yang mudah menguap yang ditandai dengan bau busuk dan menyengat (Wardhana, 2004). Suatu perairan yang tingkat pencemaran rendah dan dapat dikategorikan sebagai perairan yang baik (Salmin, 2005). Oksigen terlarut dalam air mempengaruhi pertumbuhan tanaman, karena oksigen yang tersedia sesuai kebutuhan tanaman akan memaksimalkan pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Fauzi et al., 2013).

c. *Biochemical Oxygen Demand (BOD)*

Kebutuhan oksigen biologis atau *Biochemical Oxygen Demand* adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme di dalam air untuk memecah (mendegradasi) bahan organik yang ada di dalam air tersebut (Wardhana, 2004). Jumlah mikroorganisme dalam air tergantung pada tingkat kebersihannya. Air yang bersih relatif mengandung mikroorganisme lebih sedikit dibandingkan yang tercemar. Air yang telah tercemar oleh bahan buangan yang bersifat antiseptik atau bersifat racun, seperti fenol, kreolin, detergen, asam sianida, insektisida dan sebagainya dengan jumlah mikroorganisme yang relatif sedikit. Sehingga semakin besar kadar BOD merupakan indikasi bahwa perairan tersebut telah tercemar (Salmin, 2005).

d. *Chemical Oxygen Demand (COD)*

COD adalah jumlah oksigen yang diperlukan oleh buangan yang ada dalam air untuk melakukan proses oksidasi melalui reaksi kimia (Normasari, 2016). Perairan dengan nilai COD yang tinggi tidak diinginkan, karena semakin rendah nilai COD maka kualitas air semakin bagus. Air yang tercemar (seperti oleh limbah domestik) memiliki nilai COD yang tinggi.

e. Amonia ($\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$)

Amonia adalah senyawa kimia dengan rumus NH_3 yang merupakan salah satu indikator pencemaran lingkungan. Amonia merupakan senyawa anorganik yang diperlukan sebagai sumber energi dalam proses nitrifikasi bakteri anaerobik (Harahap, 2013). Di dalam air, amonia berada dalam dua bentuk yaitu amonia tidak terionisasi dan amonia terionisasi. Amonia yang tidak terionisasi bersifat racun dan akan mengganggu syaraf ikan yang hidup di perairan, sedangkan amonia yang terionisasi memiliki kadar racun yang lebih rendah. Daya racun amonia dalam air akan meningkat saat kelarutan oksigen rendah (Soler, 2021). Amonia banyak terkandung dalam limbah cair, baik limbah domestik, limbah pertanian, maupun limbah dari pabrik, terutama pabrik pupuk nitrogen (Hibban, 2016).

f. Nitrat (NO_3^-) dan Nitrit (NO_2^-)

Nitrat adalah ion organik alami yang merupakan bentuk utama dari Nitrogen. Dalam perairan, nitrat adalah nutrisi utama yang diperlukan oleh tumbuhan air. Nitrat adalah senyawa yang sangat mudah larut dan bersifat stabil. Nitrat dihasilkan dari proses oksidasi sempurna nitrogen dalam air. Infiltrasi nitrat ke dalam perairan disebabkan oleh kotoran manusia yang banyak mengandung amoniak. Konsentrasi nitrat ke badan sungai melalui perantara limbah domestik. Konsentrasi di dalam badan sungai akan semakin berkurang bila semakin jauh dari titik pembuangan yang disebabkan oleh aktivitas mikroorganisme di dalam air. Nitrat juga sering ditemukan dalam pupuk, sehingga apabila dalam pencemaran air terdapat konsentrasi nitrat yang tinggi, maka tanaman air dan alga (seperti eceng gondok) akan tumbuh dengan subur karena nitrat berisi nutrisi yang dibutuhkan oleh tanaman.

Nitrit adalah ion-ion anorganik alami, yang merupakan bagian dari siklus nitrogen. Aktivitas mikroba di tanah atau air menguraikan sampah yang mengandung nitrogen organik pertama-tama menjadi ammonia, kemudian dioksidasikan menjadi nitrit dan nitrat. Oleh karena itu nitrit dapat dengan mudah dioksidasikan menjadi nitrat.

g. Fosfat (PO_4^{3-})

Sumber antropogenik fosfat adalah limbah industri dan domestik yang berasal dari detergen. Limpasan dari daerah pertanian yang mengandung pupuk juga dapat memberikan dampak cukup besar bagi keberadaan fosfat (Effendi, 2003). Sumber alami fosfat di perairan yaitu batuan mineral. Kandungan fosfat yang tinggi dalam perairan juga menyebabkan suburnya algae dan organisme lain atau dikenal dengan eutrofikasi. Kesuburan tanaman air akan menghalangi kelancaran arus air dan mengakibatkan kadar oksigen terlarut berkurang (Ginting, 2007).

h. Sulfat (SO_4^{2-})

Sulfat merupakan senyawa yang stabil secara kimia karena merupakan bentuk oksida paling tinggi dari unsur belerang. Sulfat dapat dihasilkan dari oksida senyawa sulfida oleh bakteri. Sulfida tersebut adalah antara lain sulfida metalik dan senyawa organosulfur. Sebaliknya oleh bakteri golongan heterotrofik anaerob, sulfat dapat direduksi menjadi asam sulfida. Secara kimia, sulfat merupakan bentuk anorganik daripada sulfida di dalam lingkungan aerob. Sulfat di dalam lingkungan (air) dapat berada secara alami dan atau dari aktivitas manusia, misalnya dari limbah industri dan limbah laboratorium. Selain itu dapat juga berasal dari oksidasi senyawa organik yang mengandung sulfat adalah antara lain industri kertas, tekstil dan industri logam.

i. Logam Berat (Pb, Hg, Cd, Cr, Zn, Cu, dll.)

Logam berat merupakan salah satu senyawa atau zat yang digolongkan ke dalam bahan beracun dan berbahaya (B3). Bahan beracun ini banyak terdapat pada limbah yang berasal dari kegiatan pertambangan, limbah perumahan, pestisida dan gas kendaraan bermotor. Menurut Adhani & Husaini (2017), sifat logam berat yang dapat membahayakan lingkungan dan manusia adalah: (a) Logam berat mudah terakumulasi pada sedimen, sehingga konsentrasi selalu lebih tinggi daripada konsentrasi logam dalam air (b) Logam berat sulit didegradasi, sehingga cenderung akan terakumulasi pada lingkungan (c) Logam

berat dapat terakumulasi dalam tubuh organisme dan konsentrasi dapat semakin tinggi, atau dapat mengalami bioakumulasi dan biomagnifikasi

j. Minyak dan Lemak

Minyak Lemak adalah kandungan minyak dan lemak turut menurunkan kualitas airnya. Kandungan minyak dan lemak yang berlebih di perairan akan mengurangi penetrasi cahaya dan oksigen ke dalam air sehingga menghambat laju pemurnian alami. (Badan Wilayah Sungai, 2023).

3.2.3 Parameter Biologi Air Sungai

Parameter biologi air sungai adalah ukuran yang digunakan untuk mengevaluasi kondisi kehidupan organisme di dalam sungai, termasuk keberadaan mikroorganisme, fitoplankton, zooplankton, dan bentos, serta indikator pencemaran seperti bakteri *Coliform*. Parameter-parameter ini penting untuk memahami kualitas air dan kesehatan ekosistem sungai.

a. *Coliform*

Bakteri *coliform* dikenal sebagai organisme indikator yang mengacu pada berbagai bakteri yang dapat ditemukan di lingkungan (tanah, permukaan air, vegetasi, kulit ataupun saluran usus yang berdarah panas seperti manusia). Meskipun beberapa patogen dapat menyebabkan penyakit ringan, sebagian besar tidak berbahaya. Deteksi *coliform* mengindikasikan adanya potensial penyakit pada air, begitu juga pada makanan dan minuman. Sehingga *coliform* sangat penting untuk membantu meningkatkan kesadaran dan menentukan sumber bakteri.

b. *Fecal coliform*

Fecal coliform adalah subkelompok dari total coliform yang dapat ditemukan dalam saluran usus dan feses hewan berdarah panas. *Fecal coliform* lebih spesifik daripada sumber kelompok bakteri total coliform, karena dianggap sebagai indikasi yang lebih akurat. Bakteri *fecal coliform* sebagian besar berada pada flora usus manusia dan hewan berdarah panas sehingga sering ditemukan pada limbah tinja yang digunakan sebagai indeks keberadaan potensi entro pathogen

dalam lingkungan air. Bakteri *fecal coliform* dapat menjadi sinyal bahwa sumber air terkontaminasi bakteri pathogen (Aswan, dkk, 2017).

c. *Total Coliform*

Total coliform adalah bakteri *coliform* yang berasal dari bahan organik yang sering dijadikan sebagai indikator biologi pada suatu perairan untuk menentukan adanya pencemaran. *Total coliform* dapat ditemukan di lingkungan seperti air, vegetasi, dan tanah yang telah terpengaruh oleh air permukaan serta limbah pembuangan kotoran manusia dan hewan. Pada umumnya bakteri ini tidak berbahaya tetapi jika ditemukan pada sampel air, hal ini menyebabkan adanya pencemaran lingkungan, Kandungan bakteri total *coliform* maksimal dalam air sungai yakni 10,000 ml/100ml.

3.3 Parameter Pencemar Air Sungai

Parameter pencemar air sungai merupakan indikator yang memberi petunjuk terjadinya pencemaran pada perairan tersebut. Jika mengacu pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan (PERMEN LHK) No. 27 Tahun 2021 Tentang Indeks Kualitas Lingkungan Hidup, terdapat parameter pemantauan yang ditetapkan untuk perhitungan Indeks Kualitas Air (IKA), terdapat 8 (delapan) parameter air sungai wajib untuk perhitungan IKA. IKA merupakan suatu nilai yang menggambarkan kondisi kualitas air yang merupakan nilai komposit parameter kualitas air dalam suatu wilayah pada waktu tertentu. 8 (delapan) parameter pencemar utama air sungai, diantaranya:

- a. Derajat keasaman (pH);
- b. Oksigen terlarut (DO);
- c. Kebutuhan oksigen biologi (BOD);
- d. Kebutuhan oksigen kimiawi (COD);
- e. Padatan tersuspensi total (TSS);
- f. Nitrat (NO₃-N);
- g. Total fosfat (T-Phosphat); dan
- h. *Fecal coliform* (Fecal Coli).

3.4 Teknologi Perbaikan Air Sungai

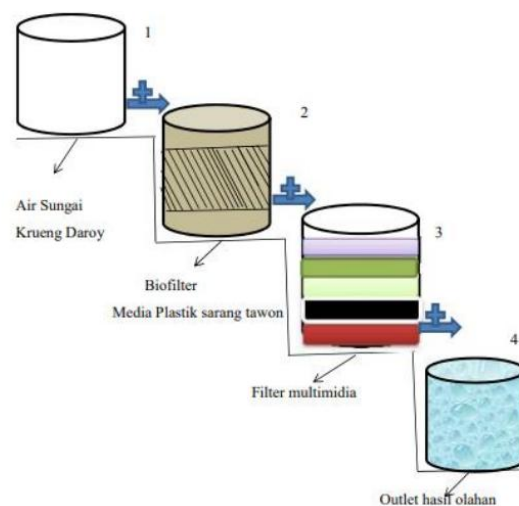
Air sungai merupakan salah satu sumber daya alam yang penting bagi kehidupan manusia. Namun, seiring dengan pertumbuhan populasi dan aktivitas industri, kualitas air sungai semakin menurun akibat pencemaran. Oleh karena itu, perbaikan air sungai menjadi sangat penting untuk mengembalikan kualitas air sungai dan memenuhi standar yang ditetapkan, sehingga dapat dimanfaatkan oleh manusia. Terdapat beberapa teknologi yang dapat digunakan untuk membantu dalam memperbaiki kualitas air sungai, diantaranya:

3.4.1 Biofilter

Biofilter adalah reaktor biologis dengan bangun tetap (*fixed bed film*) dimana mikroorganisme tumbuh dan berkembang menempel pada permukaan media yang kaku misalnya plastik atau batu. Sebagai efektivitas proses biofilter sangat dipengaruhi oleh jenis serta bentuk media yang digunakan sebagai upaya dalam menyediakan area permukaan tempat bakteri atau mikro organisme berkembang biak mengingat peranan bakteri dalam media biofilter sangat penting. Proses biofilter mempunyai beberapa kemampuan antara lain yakni merubah ammonia menjadi nitrit dan akhirnya menjadi gas nitrogen, menghilangkan polutan organik (BOD, COD), menambah oksigen (untuk proses aerobik), menghilangkan kelebihan nitrogen dan gas lainnya, menghilangkan kekeruhan dan menjernihkan air, serta dapat menghilangkan bermacam-macam senyawa organik (Said, N. I. & Ruliasih, 2005). Penggunaan biofilter sangat efektif sebagai pengelolaan limbah dengan kadar BOD₅ dan COD dengan rasio diatas 0,5 (Metcalf and Eddy, 2003).

Proses yang terjadi dalam media biofilter adalah proses anaerobik- aerobik. Pada proses biofilter tercelup arah aliran searah dengan arah udara yang dipompa dengan menggunakan pompa udara (*blower*), namun demikian pada pencemar yang sudah terlepas ke udara, arah udara berlawanan dengan arah air, dengan demikian pencemar yang berada dalam udara akan terlarut dalam air dan menempel pada permukaan biofilter, untuk selanjutnya berjalan proses anaerobik aerobik dalam permukaan biofilter. Kedua metode ini sama efisiennya, pemilihan teknologi tergantung keperluan dan jenis pencemarnya (Herlambang, 2005).

Pemakaian biofilter untuk penghilangan kadar pencemar dalam air dan udara sudah banyak dilakukan oleh para ahli, dengan daerah aplikasi yang sangat luas. Biofilter sendiri banyak macam dan ragamnya, namun dalam pemilihan jenis biofilter ada beberapa hal yang perlu dipertimbangkan, antara lain: luas permukaan spesifik yang tinggi dibanding volumenya, tahan dan tidak mudah hancur, tidak menggunakan perekat organik, mudah untuk dibersihkan, ringan, dan mudah pemasangannya.

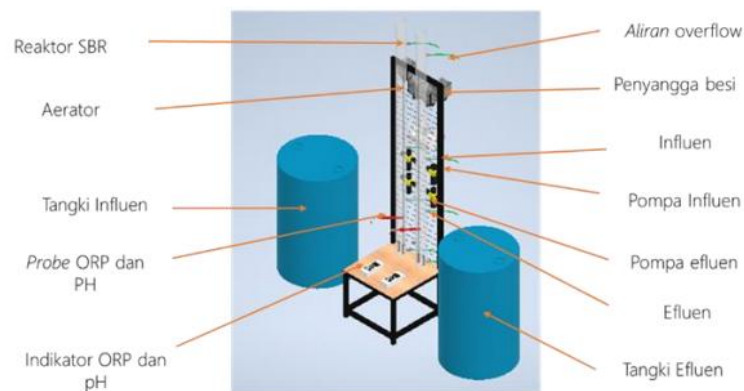


Gambar 3.1 Biofilter

Sumber: <https://ojs.serambimekkah.ac.id>

3.4.2 Sequencing Batch Reactor (SBR)

Salah satu teknologi pengolahan air limbah tertua adalah *sequencing batch reactor* (SBR). Teknologi SBR konvensional adalah proses pengolahan yang berdasarkan reaktor pengolahan lumpur aktif tunggal. Pada masa lalu pengembangan teknologi ini dihentikan karena penerapan teknologi pengolahan air limbah lebih berfokus kepada sistem pengolahan air dengan sistem input yang terus menerus. Saat ini SBR sering diusulkan untuk mengolah air limbah industri dalam skala kecil. Dibandingkan dengan proses berkelanjutan, SBR dikenal sebagai operasi proses yang lebih stabil, tetapi membutuhkan tingkat kontrol dan otomatisasi proses yang lebih tinggi. Sistem kontrol komputer terbaru juga dapat mengimplementasikan algoritma yang lebih maju, yang berkontribusi pada operasi SBR yang optimal (Brenner, 1997).



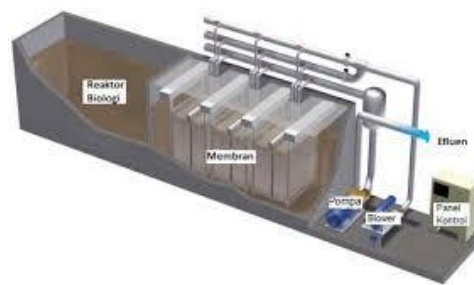
Gambar 3.2 Sequencing Batch Reactor (SBR)

Sumber: Perbandingan Kinerja Sequencing Batch Reactor dengan dan Tanpa Media Bioball untuk Mengolah Limbah Batik. Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan, Vol. 15, No. 2

3.4.3 Membrane Bioreactor (MBR)

Pada prinsipnya *Membrane Bioreactor* (MBR) merupakan suatu sistem pengolahan air limbah yang mengaplikasikan penggunaan membran yang terendam di dalam bioreaktor. Proses yang terjadi di dalam bioreaktor merupakan kombinasi proses membran untuk pemisahan biomassa. Membran dalam hal ini juga menggantikan peran kolam sedimentasi untuk memisahkan padatan dan cairan pada teknologi konvensional (lumpur aktif). pada MBR proses pemisahan lumpur dilakukan menggunakan membran sementara pada proses lumpur aktif pemisahan lumpur dilakukan secara gravitasi di dalam tangki pengendap.

Teknologi ini lebih baik dari pada konvensional lumpur aktif yang tidak dapat mengolah air limbah dengan debit air limbah yang berubah-ubah. Selain itu teknologi ini juga dapat mengolah air limbah dengan kualitas air limbah yang lebih buruk dari pada air limbah yang diolah dengan konvensional lumpur aktif.

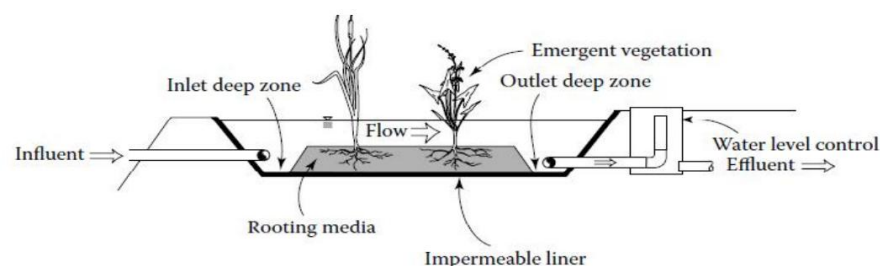


Gambar 3.3 Membrane Bioreactor

Sumber: <https://media.neliti.com/membrane-bioreactor-mbr>

3.4.4 *Constructed Wetland (Lahan Basah Buatan)*

Constructed Wetland dirancang dan dibuat oleh manusia yang menggunakan tanaman akuatik (tanaman *reed* yang paling sering digunakan) dan bertujuan untuk mengolah air buangan yang akan dibuang ke badan air. *Constructed Wetland* mempurifikasi air dengan menyisihkan zat organik (BOD), mengoksidasi ammonia, menurunkan kadar nitrogen dan fosfat (Zhen, 2002). *Constructed Wetland* diklasifikasikan berdasarkan alirannya menjadi dua tipe yaitu *horizontal flow system* (HFS) dan *vertical flow system* (VFS). HFS mempunyai dua tipe yaitu *surface flow* (SF) dan *Sub-surface Flow sistem* (SSF). SSF wetland atau sering juga disebut *vegetated submerged bed* atau *microbial rock plant filter* merupakan sistem yang paling sesuai untuk diterapkan untuk mengolah air limbah yang memiliki kondisi aliran seragam. Komponen *Constructed Wetland* adalah media dan vegetasi. Media pada *Constructed Wetland* berfungsi sebagai filter untuk menghilangkan solid di dalam air limbah, sebagai tempat menempelnya bakteri, dan juga sebagai tempat tumbuh tanaman (Putri, 2010).



Gambar 3.4 Constructed Wetland

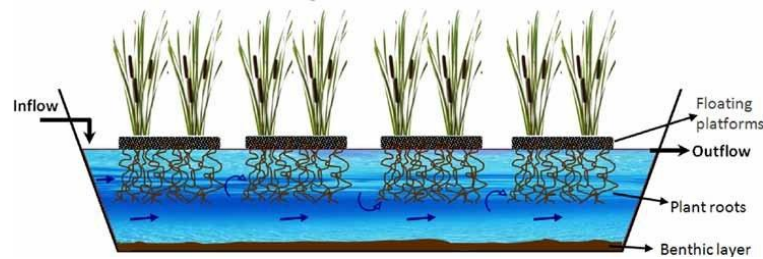
Sumber: <https://doi.org/10.20961/jrrs.v1i1.14712>

3.4.5 *Floating Treatment Wetland* (Lahan Basah Terapung)

Floating Treatment Wetland (FTW) merupakan salah satu jenis *constructed wetland* yang ditanam dalam media yang dapat mengapung dipermukaan air. Dalam FTW tanaman tidak ditanam di tanah melainkan pada media apung yang kemudian diletakkan di permukaan air. Akar tanaman menggantung di badan air sebagai tempat tumbuhnya biofilm dan juga menyaring partikulat tersuspensi.

Lahan basah terapung merupakan sistem lahan basah buatan yang menggunakan *platform* terapung yang ditanami vegetasi untuk memperbaiki kualitas air di berbagai jenis perairan. Sistem ini bekerja dengan memanfaatkan proses alami, seperti penyerapan nutrisi oleh akar tanaman dan aktivitas mikroorganisme, guna membersihkan air dari berbagai polutan. Fungsi utama lahan basah terapung adalah memperbaiki kualitas air melalui penyerapan nutrisi berlebih, pengurangan limbah organik, dan penurunan kadar polutan. Selain itu, sistem ini juga menyediakan habitat bagi berbagai jenis satwa air dan darat, meningkatkan keindahan lingkungan perairan, serta membantu mengurangi dampak gelombang dan mencegah erosi, khususnya di daerah pesisir.

Secara umum, lahan basah terapung terdiri dari tiga komponen utama, yaitu *platform* terapung yang bisa terbuat dari bahan seperti bambu, gabus, atau plastik daur ulang; tanaman yang dipilih berdasarkan kemampuannya dalam fitoremediasi dan kesesuaian dengan kondisi perairan; serta akar tanaman yang menggantung di dalam air dan berperan penting dalam proses penyaringan dan pembersihan air. Manfaat tambahan dari penerapan sistem ini meliputi pengurangan pertumbuhan alga melalui penyerapan nutrisi, penurunan bau tidak sedap akibat pencemaran air, serta peningkatan kualitas lingkungan secara keseluruhan. Lahan basah terapung dapat diterapkan di berbagai jenis perairan, termasuk kolam taman, kolam air hujan, dan kolam penampungan; danau yang tercemar; sungai yang membutuhkan perbaikan kualitas air; serta perairan pesisir yang rentan terhadap erosi dan dampak gelombang.



Gambar 3.5 Floating Treatment Wetland (FTW)

Sumber: <https://www.researchgate.net/figure/Floating-Treatment-Wetlands>

3.4.6 Biocord

Biocord adalah teknologi pemurnian air yang berfungsi untuk menjaga kualitas air dari pencemaran limbah rumah tangga (domestik) maupun industri, Sehingga dengan penggunaan Biocord dapat membantu memperbaiki kualitas air. Biocord sendiri merupakan serat sintesis yang berfungsi sebagai sarang mikroorganisme. Biocord adalah bentuk dari *constructed wetland* (wetland dengan rancang bangun) yang dapat dikembangkan sebagai sarana pengurangan beban pencemaran air sungai yang bersumber dari limbah cair domestik. Prinsip kerjanya adalah menggunakan serat sintetis (biocord) sebagai media tempat tinggal mikroba yang membantu menguraikan partikel pencemaran yang terkandung dalam air sungai yang tercemar sehingga berubah fisik menjadi lebih baik (Hendro, 2019).



Gambar 3.6 Biocord

Sumber: Dinas Sumber Daya Air dan Bina Marga Bidang Daerah Aliran Sungai (DAS), 2024

3.4.7 *Bar Screen*

Bar Screen berfungsi untuk menangkap sampah-sampah yang terbawa aliran sungai. *Screen* ini berbentuk seperti batangan paralel. Adanya *Screen* ini untuk melindungi sistem pengolahan dari benda-benda yang seharusnya tidak masuk ke dalam proses. Pembersihan pada *bar screen* dapat dilakukan dengan dua cara yaitu manual dan mekanik (Metcalf & Eddy, 2003). Pembersihan secara manual dengan menggunakan tenaga manusia sedangkan secara mekanik menggunakan mesin.

Jarak antar batang atau *bar* pada *screen* biasanya 20 mm – 40 mm dan bentuk penampang batang tersebut persegi panjang. *Bar Screen* yang dibersihkan secara manual, biasanya saringan dimiringkan dengan kemiringan 30° hingga 45° terhadap horizontal.



Gambar 3.7 *Bar Screen*

Sumber: <https://repository.upnjatim.ac.id>

3.4.8 *Trash Trap* (Perangkap Sampah)

Trash trap atau perangkap sampah adalah alat inovatif untuk membantu mencegah penumpukan sampah di badan air. Tujuan utama dari *trash trap* adalah untuk menangkap sampah sebelum memasuki daerah pasang surut utama sungai dan lautan, sehingga secara efektif mengurangi jumlah sampah yang terakumulasi di badan air (Maeda, 2010).



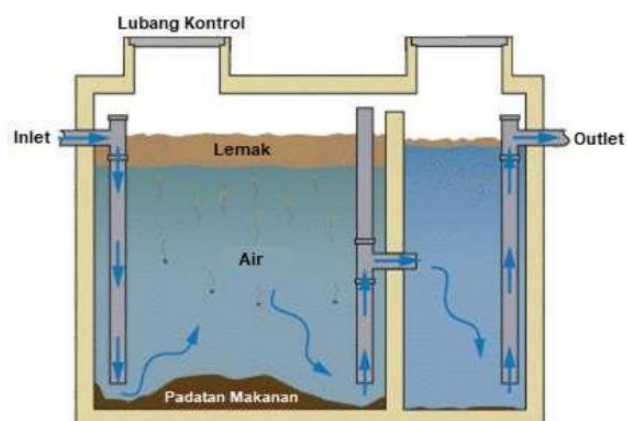
Gambar 3.8 Trash Trap

Sumber: <https://abdiinsani.unram.ac.id/index.php/jurnal>

3.4.9 Alat Perangkap Lemak (*Grease Trap*)

Grease trap adalah salah satu pengolahan yang termasuk dalam pengolahan fisik dengan memanfaatkan gaya gravitasi serta perbedaan massa jenis antara minyak dan air dalam keadaan kecepatan aliran yang lambat (Wijayanti dan Purnomo, 2021). Kecepatan yang lambat akan memberikan waktu untuk minyak dan lemak terpisah dari air dengan gaya gravitasi. Minyak dan lemak yang telah terpisahkan akan ditampung pada sebuah wadah pembuangan (Maharani, 2017).

Kelebihan dari *grease trap* pada dalam menurunkan kadar minyak dan lemak yaitu minyak dan lemak hasil pemisahan dapat dimanfaatkan kembali, memiliki umur pakai yang relatif lama, biaya operasional dan perawatan rendah, lahan yang dibutuhkan tidak terlalu luas, menghasilkan lumpur yang sedikit (Astuti, 2019).



Gambar 3.9 Grease Trap

Sumber: <https://repository.upnjatim.ac.id>

3.5 Penelitian Terdahulu

Kualitas air Sungai Cipamokolan khususnya pada segmen satu (Jl. Sasak Batu – Jl. Terusan Jakarta) tercemar berdasarkan hasil uji laboratorium yang menunjukkan adanya beberapa parameter melebihi baku mutu kelas II Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Hal tersebut dapat menimbulkan dampak negatif terhadap kualitas lingkungan perairan, serta keseimbangan ekosistem di sepanjang aliran sungai. Untuk mengubah kualitas air Sungai Cipamokolan khususnya pada segmen satu agar sesuai dengan baku mutu nya, diperlukan teknologi pengolahan khusus. Beberapa teknologi yang digunakan oleh penelitian terdahulu pada **Tabel 3.2** Berikut ini.

Tabel 3.2 Penelitian Terdahulu

No.	Penelitian Terdahulu	Deskripsi Hasil
1	Perbandingan Kinerja <i>Sequencing Batch Reactor</i> dengan dan Tanpa Media Bioball untuk Mengolah Limbah Batik (Wirakusuma, et al., 2023)	Penggabungan proses SBR dengan bantuan <i>support</i> media berupa <i>bioball</i> yang menjadi media untuk pelekatan bakteri akan membantu proses penurunan kadar COD pada pengolahan limbah cair batik. Hasil efisiensi penyisihan konsentrasi COD dari masing-masing tidak terlalu signifikan, yaitu tanpa <i>bioball</i> dapat menyisihkan COD dengan efisiensi 86,3% dan untuk dengan <i>bioball</i> mampu menyisihkan COD dengan efisiensi 87%.
2	Efektivitas Pengolahan Air Sungai Bengawan Solo Menggunakan Metode <i>Double Stage Coagulations</i> Untuk Menurunkan Parameter <i>Turbidity</i> Dan Total <i>Dissolved Solid</i> (TdS) (Ganesha, et al., 2023)	Penggunaan metode <i>double stage coagulations</i> memiliki perbedaan yang signifikan serta lebih baik dibandingkan dengan metode <i>one stage coagulation</i> . Dosis serta rasio pembubuhan koagulan terbaik menggunakan metode <i>double stage coagulations</i> terjadi pada dosis 50 ppm

No.	Penelitian Terdahulu	Deskripsi Hasil
		menggunakan rasio 25%-75% dengan menunjukkan hasil removal kekeruhan hingga 100% dan removal TDS hingga 15%. Metode <i>double stage coagulations</i> mampu menurunkan angka kekeruhan maksimum hingga 100% dan menurunkan angka TDS maksimum hingga 26,43%.
3	<i>Constructed Wetland Coupled Microbial Fuel Cell: A Clean Technology for Sustainable Treatment of Wastewater and Bioelectricity Generation</i> (Kesarwani, A., et al., 2023)	CW-MFC telah dilaporkan mengurangi tingkat kontaminan yang sulit dipecah seperti pewarna, xenobiotik, dan logam berat, selain menghilangkan COD, BOD, nitrogen, dan fosfor dari air limbah yang terkontaminasi.
4	Pengolahan Air Sungai Krueng Daroy Banda Aceh Menggunakan Biofilter Sarang Tawon (Akbar, A., et al., 2020)	Dalam penelitian ini data kualitas air yang di uji adalah parameter fisika (Suhu, TDS dan TSS) dan kimia (PH, BOD, COD dan DO) pada air Sungai Krueng Daroy dan hasilnya bahwa pemanfaatan Kombinasi Media Biofilter Plastik Sarang Tawon dan Filter Multimedia dalam pengolahan air sungai Krueng Daroy telah dapat menurunkan kadar parameter pH, TDS, DO, TSS, BOD, dan COD sungai sehingga memenuhi baku mutu air yang di persyaratkan.
5	Pengaruh Biofilter Batu Split Terhadap Penurunan Kadar Minyak dan Lemak Limbah Cair Domestik (Damayanti, S., dan Mualim, 2024)	Kadar minyak dan lemak sebelum perlakuan dengan metode biofilter aerob media batu split pada limbah cair domestik sebesar 9,3 mg/l dan setelah perlakuan mengalami penurunan sebesar 75% dengan rata-rata 5,3 mg/l.

No.	Penelitian Terdahulu	Deskripsi Hasil
6	Penurunan Konsentrasi <i>Total Coliform</i> Pada Air Selokan Mataram, Yogyakarta dengan Menggunakan Teknologi <i>Biosand Filter-Activated Carbon</i> (Antasari, N., S., 2017)	Media yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir halus 0,25 mm, pasir kasar 0,85 mm; kerikil 6,3 mm dan karbon aktif berbentuk granular. Dari hasil penelitian, unit <i>Biosandfilter</i> mampu menurunkan kandungan <i>Total coliform</i> dalam air dengan rata-rata efisiensi 99,827 % untuk <i>Biosand filter</i> 1 dan <i>Biosand filter</i> 2 sebesar 99,859 %. Sedangkan untuk unit <i>Activated carbon</i> tidak efektif menurunkan <i>Total coliform</i> karena efisiensi yang dihasilkan kurang dari 50 %,
7	Efisiensi Penyisihan Organik Air Sodean Sungai Citarum Menggunakan <i>Constructed Wetland</i> Dengan Tanaman <i>Typha Sp.</i> Dan <i>Scirpus Grossus</i> (Studi Kasus : Desa Daraulin, Kabupaten Bandung (Fandya, A. & Soewondo, P., 2019).	Efisiensi penyisihan rata-rata pada <i>constructed wetland</i> untuk parameter COD adalah 89,7%; untuk parameter nitrit adalah sebesar 94,1% untuk reaktor II; untuk parameter nitrat sebesar 94,9%; untuk parameter ammonium mengalami kenaikan sebesar 142,4%; untuk parameter total fosfat sebesar 72,7%; untuk parameter TSS sebesar 95,5%; untuk parameter BOD sebesar 86,9%. Nilai efluen reaktor sangat baik karena sudah berada di bawah baku mutu PP No. 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air untuk kelas II.
8	Lahan Basah Buatan Sebagai Pengolahan Limbah Cair dan Penyedia Air Non-Konsumsi (Qomariah, S., et al., 2020)	Teknologi ini mampu menyisihkan (parameter TSS, pH, BOD, COD, Minyak & Lemak, dan Deterjen) dengan presentase penyisihan berkisar antara 95,47%-99,89%. Besaran konsentrasi polutan di outlet, yang

No.	Penelitian Terdahulu	Deskripsi Hasil
		merupakan hasil pengolahan greywater, memenuhi standar baku mutu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup no. 4 tahun 2014, dan Peraturan Pemerintah no. 82 tahun 2001 kelas IV.
9	Pembangunan Trash Trap Sebagai Pelindung Laut Dari Ancaman Sampah Plastik (Aini, M., et.al. (2023)	Pada uji coba yang telah dilakukan, <i>trash trap</i> mampu untuk menghalangi sampah permukaan yang terbawa oleh arus sungai, dan mampu mengikuti tinggi rendahnya permukaan sungai. Selama kurang lebih 3 (tiga) bulan pasca pemasangan Trash Trap di salah satu muara sungai yang menuju ke Pantai Labuhan Haji, telah berhasil menghadang ± 10 (sepuluh) ton sampah yang akan menuju ke laut.

BAB IV

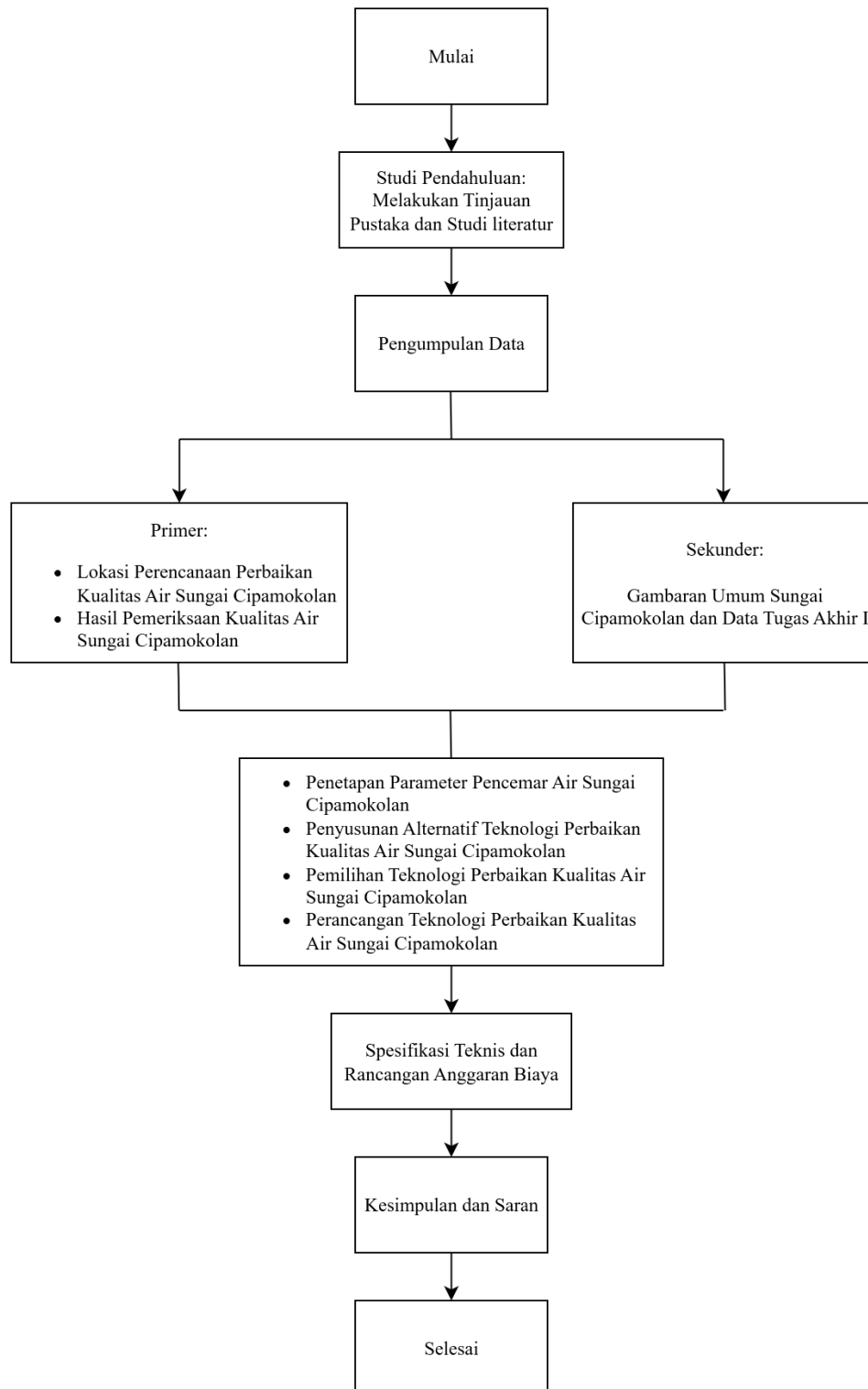
DASAR PERENCANAAN

4.1 Tahapan Perencanaan

Pada tahapan perencanaan ini dimulai dengan melakukan studi pendahuluan yang di dalamnya memuat mengenai tinjauan pustaka dan pengkajian terhadap penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya serta melakukan pengumpulan data yang meliputi gambaran umum Sungai Cipamokolan, serta data lainnya berupa data primer dan sekunder khususnya pada segmen satu yang dapat mendukung perencanaan perbaikan air Sungai Cipamokolan. Kemudian selanjutnya masuk ke tahap dasar perencanaan yaitu menjelaskan kualitas air Sungai Cipamokolan khususnya pada segmen satu, serta memberikan beberapa alternatif teknologi berdasarkan pada penelitian yang dilakukan sebelumnya untuk mempermudah dalam mempertimbangkan pemilihan teknologi perbaikan air Sungai Cipamokolan.

Skema pemilihan teknologi dibuat untuk mendapatkan teknologi yang efektif dan efisien untuk memperbaiki kualitas air Sungai Cipamokolan khususnya pada segmen satu. Setelah mendapatkan teknologi yang terbaik, maka dilakukan perancangan teknologi di wilayah segmen satu. Memberikan penjelasan terkait spesifikasi teknis terhadap perancangan yang telah dilakukan.

Kemudian setelah itu, merencanakan anggaran biaya untuk perencanaan teknologi perbaikan air Sungai Cipamokolan. Spesifikasi teknis dan Rencana Anggaran Biaya (RAB) yang dimana merupakan hal yang sangat penting dalam melakukan perencanaan ini. Keduanya saling melengkapi dan memastikan bahwa perencanaan yang dilakukan sesuai dengan rencana dan anggaran yang telah ditetapkan. Setelah itu dihasilkan kesimpulan dan saran dari hasil perancangan tersebut. Berikut diagram alir perencanaan dimana memuat langkah-langkah tersebut yang dapat dilihat pada **Gambar 4.1** berikut ini.

**Gambar 4.1 Diagram Alir Perencanaan**

4.2 Uraian Tahapan Perencanaan

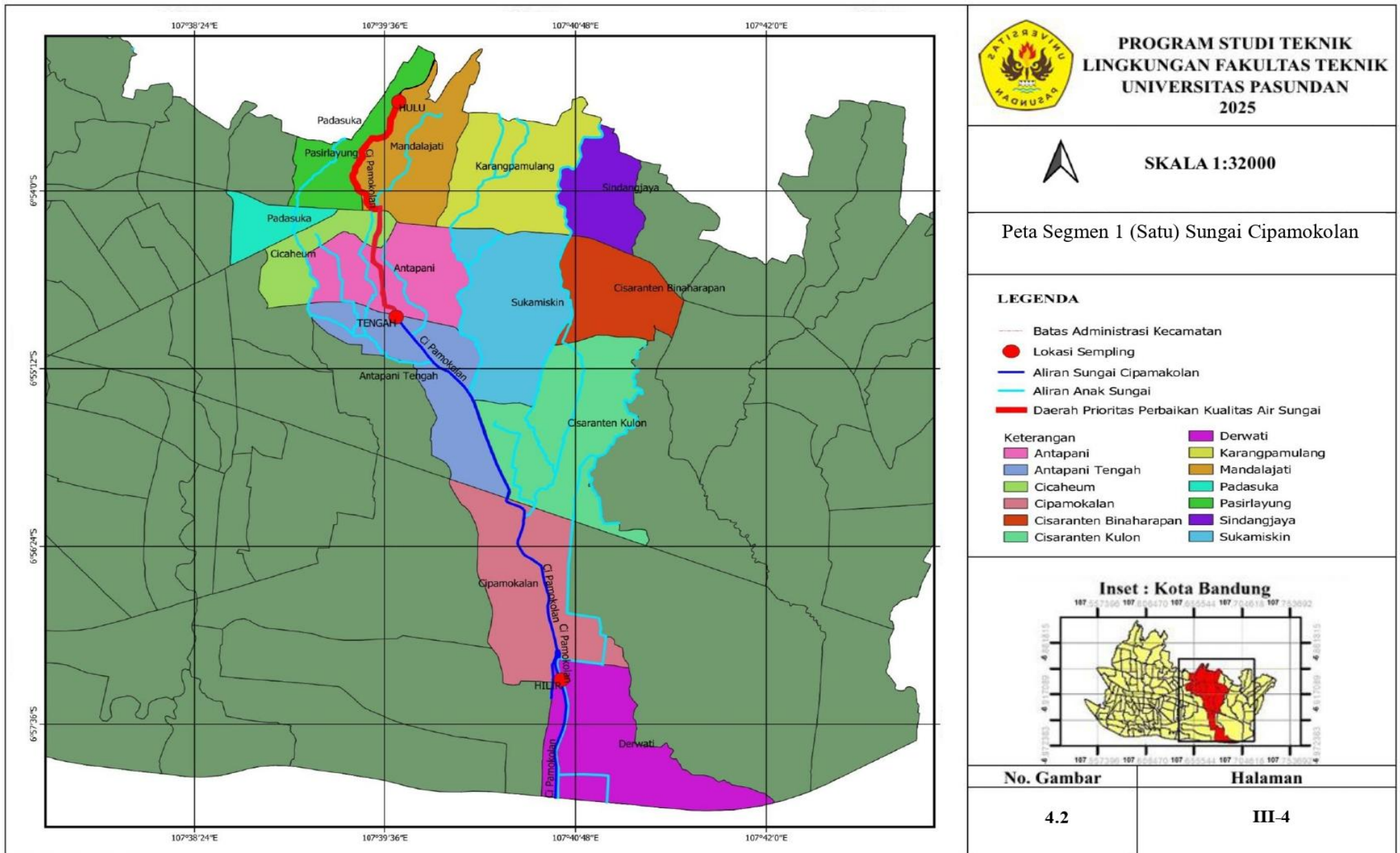
Berikut merupakan uraian tahapan perencanaan perbaikan kualitas air Sungai Cipamokolan pada bagian hulu Jl. Sasak Batu, Kel. Jatihandap, Kec. Mandalajati.

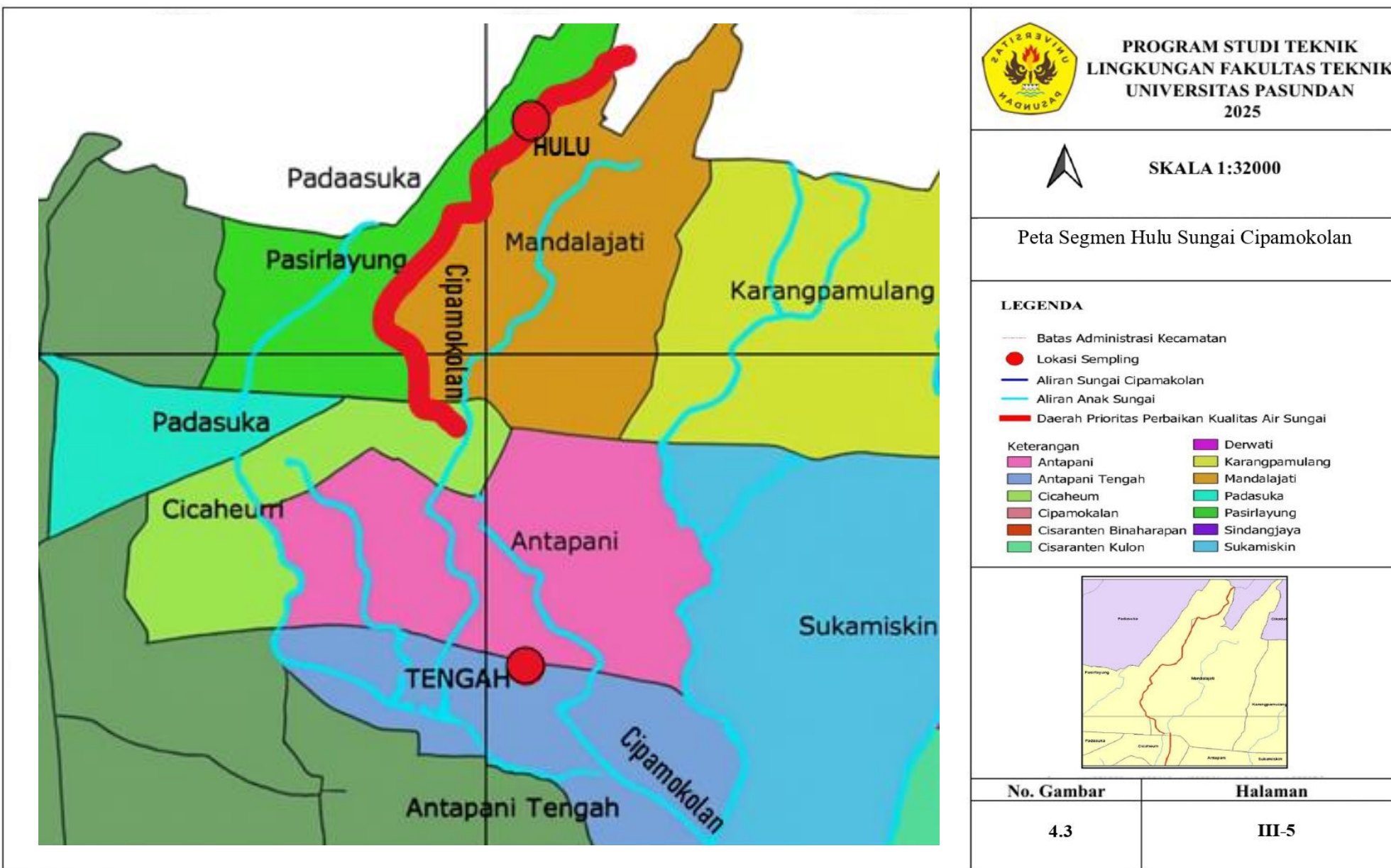
4.2.1 Studi Pendahuluan

Studi pendahuluan merupakan tahap penting untuk memperoleh informasi yang komprehensif tentang kondisi eksisting dan perbaikan kualitas air sungai di suatu daerah dalam perencanaan perbaikan air sungai. Tahap ini bertujuan untuk mengumpulkan data-data yang relevan dan menyeluruh sebagai dasar dalam mengambil keputusan teknis dan ekonomis. Dengan melakukan studi pendahuluan yang menyeluruh, dapat memastikan bahwa sistem pengolahan air yang dibangun dapat memenuhi baku mutu air sungai sesuai dengan sungai yang telah ditentukan.

4.2.2 Lokasi Perencanaan Perbaikan Kualitas Air Sungai

Lokasi dalam perencanaan perbaikan kualitas air ini adalah Sungai Cipamokolan pada bagian hulu Jl. Sasak Batu, Kel. Jatihandap, Kec. Mandalajati. Bagian hulu ini ialah daerah yang menjadi prioritas perbaikan kualitas air Sungai Cipamokolan berdasarkan hasil dari Tugas Akhir I. Pada Sungai Cipamokolan ini dibagi menjadi 2 (dua) segmen, yaitu Segmen 1 (satu) dari titik hulu sampai dengan titik tengah. Sementara untuk segmen 2 (dua) dari titik tengah sampai dengan titik hilir (Jl. Jl. Terusan Jakarta - Terusan Derwati). Daerah segmen 1 (satu) dapat dilihat pada **Gambar 4.2** dan untuk daerah hulu yang menjadi titik lokasi perencanaan teknologi perbaikan kualitas air sungai dapat dilihat pada **Gambar 4.3** berikut ini.





4.2.3 Pengumpulan Data

Dalam melakukan perencanaan dibutuhkan data primer dan sekunder untuk menunjang perencanaan perbaikan kualitas air Sungai Cipamokolan pada bagian hulu Jl. Sasak Batu, Kel. Jatihandap, Kec. Mandalajati. Adapun data primer dan sekunder yang didapat dengan uraian sebagai berikut.

4.2.3.1 Data Primer

Pengumpulan data primer pada perencanaan ini adalah melakukan observasi lapangan secara langsung. Data primer yang digunakan pada perencanaan ini meliputi data kualitas air Sungai Cipamokolan, titik lokasi perencanaan perbaikan air sungai, parameter pencemar air Sungai Cipamokolan khususnya pada segmen satu, luas ketersediaan lahan yang dapat menunjang penerapan teknologi perbaikan air Sungai Cipamokolan khususnya pada bagian hulu Jl. Sasak Batu, Kel. Jatihandap, Kec. Mandalajati.

4.2.3.2 Data Sekunder

Pengumpulan data sekunder pada perencanaan ini mencakup pada proses pengumpulan data yang sudah tersedia dari suatu sumber yang dikumpulkan untuk menunjang perencanaan ini seperti jurnal, maupun peraturan pemerintah yang berlaku. Data Sekunder yang digunakan pada perencanaan ini meliputi gambaran umum mengenai Sungai Cipamokolan, data Tugas Akhir I untuk menunjang perencanaan perbaikan kualitas air sungai ini.

4.2.4 Penetapan Parameter Pencemar Air Sungai Cipamokolan

Parameter pencemar air sungai adalah indikator fisik, kimia, dan biologi yang digunakan untuk menilai kualitas air dan tingkat pencemaran di suatu badan sungai. Parameter ini penting dalam menentukan apakah air sungai masih memenuhi baku mutu sesuai peruntukannya serta diperlukan untuk menentukan perencanaan perbaikan kualitas air sungai. Parameter pencemar air Sungai Cipamokolan ini dilihat dari hasil uji laboratorium yang telah dilakukan pada Tugas Akhir I.

4.2.5 Penyusunan Alternatif Teknologi Perbaikan Kualitas Air Sungai Cipamokolan

Alternatif perbaikan air sungai sangat bergantung pada beberapa faktor, seperti parameter pencemar dan efisiensi penyisihan pencemar yang diinginkan dengan lebih efisien dan ramah lingkungan untuk mengolah air sungai. Perlunya pengembangan perbaikan air sungai yang bertujuan untuk menghasilkan teknologi yang lebih baik, dan berkelanjutan. Dengan itu, masalah pencemaran air sungai dapat diatasi dengan baik serta memenuhi baku mutu yang dipersyaratkan.

Tahapan ini dilakukan dengan studi literatur untuk mengumpulkan teknologi yang dapat menyisihkan parameter pencemar air Sungai Cipamokolan yang telah teridentifikasi pada hasil uji laboratorium PERUMDA Tirtawening Kota Bandung, dan hasil pada tahapan sebelumnya yaitu penetapan parameter pencemar Air Sungai Cipamokolan. Maka dari itu, disajikan beberapa alternatif teknologi perbaikan air sungai yang diresume berdasarkan hasil penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya.

4.2.6 Pemilihan Teknologi Perbaikan Kualitas Air Sungai Cipamokolan

Teknologi yang dipilih nantinya harus dapat menyisihkan kandungan parameter dalam air yang belum memenuhi baku mutu, sehingga air yang terolah nantinya akan sesuai dengan standar baku mutu yang dipersyaratkan. Pemilihan teknologi perbaikan air sungai pada perencanaan ini dengan cara mempertimbangkan berbagai faktor seperti efisiensi penyisihan parameter, biaya, *maintenance* komponen pengolahan, dan ketersediaan lahan. Berikut ini adalah penjelasan mengenai setiap faktor yang dipertimbangkan dalam memilih teknologi perbaikan kualitas air sungai, yaitu:

- a. Faktor utama adalah efisiensi penyisihan, yaitu seberapa besar kemampuan sistem atau teknologi dalam menghilangkan polutan dari air, seperti bahan organik (BOD dan COD), padatan tersuspensi (TSS). Efisiensi ini sangat bergantung pada jenis teknologi yang digunakan, karakteristik polutan yang ditargetkan, serta kondisi lingkungan.
- b. Biaya investasi awal dan biaya operasional jangka panjang. Biaya investasi meliputi pengadaan peralatan, sedangkan biaya operasional

mencakup pengeluaran rutin seperti penggunaan listrik, bahan kimia, serta tenaga kerja untuk pengoperasian dan pemeliharaan sistem.

- c. Aspek kemudahan operasional dan pemeliharaan merupakan faktor krusial dalam pemilihan teknologi perbaikan kualitas air sungai karena menentukan keberlanjutan dan efektivitas jangka panjang dari sistem yang diterapkan. Kemudahan operasional mengacu pada seberapa sederhana sistem teknologi tersebut dapat dijalankan sehari-hari. Teknologi yang dipilih harus mempertimbangkan beberapa aspek operasional seperti tingkat kompleksitas pengoperasian yang tidak memerlukan keahlian teknis tinggi, sehingga dapat dioperasikan oleh tenaga lokal dengan pelatihan minimal. Pemeliharaan yang mudah sangat menentukan umur pakai dan konsistensi kinerja teknologi. Frekuensi pemeliharaan yang tidak terlalu sering akan mengurangi biaya operasional. Kompleksitas pemeliharaan juga harus seminimal mungkin, dimana prosedur *maintenance* dapat dilakukan dengan peralatan standar dan tidak memerlukan teknisi spesialis.
- d. Ketersediaan lahan ini sangat mempengaruhi pilihan teknologi yang dapat diterapkan.

4.2.7 Perancangan Teknologi Perbaikan Kualitas Air Sungai Cipamokolan

Setelah teknologi perbaikan kualitas air sungai dipilih, tahap perancangan menjadi fase krusial yang menentukan keberhasilan implementasi. Tahapan ini melibatkan penjabaran detail teknis dari konsep teknologi yang telah dipilih menjadi desain yang siap untuk diimplementasikan.

Perancangan teknis meliputi perhitungan dimensi dan kapasitas teknologi berdasarkan debit dan beban pencemar, penentuan waktu tinggal optimal, serta kalkulasi efisiensi removal yang dapat dicapai. *Detail engineering* menghasilkan gambar teknik lengkap, spesifikasi material.

4.3 Spesifikasi Teknis dan Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Spesifikasi teknis dilakukan untuk menentukan standar kualitas, ukuran, bahan dan kinerja yang harus dipenuhi oleh alat atau jasa yang akan dibeli, serta menjadi acuan dalam pelaksanaan perbaikan kualitas air sungai. Perencanaan anggaran biaya juga merupakan hal dasar untuk merencanakan anggaran yang dibutuhkan selama pelaksanaan penempatan teknologi perbaikan kualitas air Sungai Cipamokolan pada bagian hulu Jl. Sasak Batu, Kel. Jatihandap, Kec. Mandalajati, sehingga dapat diketahui berapa biaya yang harus disiapkan serta menjadi acuan yang jelas agar proyek berjalan efektif dan sesuai anggaran. Standar ini mencakup rincian pekerjaan, volume, harga satuan, serta total biaya material dan upah pekerja.

4.4 Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan dihasilkan ketika semua perancangan telah selesai, kesimpulan bertujuan untuk memberikan kembali poin-poin utama yang telah dibahas secara ringkas dan jelas. Saran yang dibuat dalam perancangan ini bertujuan untuk memberikan masukan dalam rangka untuk menerapkan teknologi perbaikan kualitas air sungai yang lebih efektif dan biaya yang lebih murah.

BAB V

PERENCANAAN TEKNIS

5.1 Lokasi Perencanaan Teknologi Perbaikan Kualitas Air Sungai Cipamokolan

Lokasi perencanaan perbaikan kualitas air Sungai Cipamokolan di bagian hulu Jl. Sasak Batu Kel. Jatihandap Kec. Mandalajati melalui penerapan teknologi, dapat dilihat pada **Gambar 5.1**. Lokasi ini dipilih karena memiliki akses jalan yang cukup luas di kanan dan kirinya untuk mempermudah transportasi pada tahap pembangunan teknologi. Dalam hal penempatan teknologi, lokasi ini memiliki lebar serta ketinggian dinding sungai yang sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan lokasi titik sampling. Hal tersebut menjadi pertimbangan dalam pemilihan tempat yang sesuai untuk dijadikan lokasi perencanaan perbaikan kualitas air Sungai Cipamokolan.



**Gambar 5.1 Lokasi Perencanaan Perbaikan Kualitas Air
Sungai Cipamokolan**

5.2 Parameter Pencemar Air Sungai Cipamokolan

Parameter pencemar air sungai merupakan indikator yang memberi petunjuk terjadinya pencemaran pada perairan tersebut. Jika mengacu pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan (PERMEN LHK) No. 27 Tahun 2021 Tentang Indeks Kualitas Lingkungan Hidup, terdapat parameter pemantauan yang ditetapkan untuk perhitungan Indeks Kualitas Air (IKA), terdapat 8 (delapan) parameter air sungai wajib untuk perhitungan IKA. IKA merupakan suatu nilai yang menggambarkan kondisi kualitas air yang merupakan nilai komposit parameter kualitas air dalam suatu wilayah pada waktu tertentu. 8 (delapan) parameter pencemar utama air sungai, diantaranya:

- a. Derajat keasaman (pH);
- b. Oksigen terlarut (DO);
- c. Kebutuhan oksigen biokimia (BOD);
- d. Kebutuhan oksigen kimiawi (COD);
- e. Padatan tersuspensi total (TSS);
- f. Nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$);
- g. Total fosfat (T-Phosphat); dan
- h. Fecal coliform (Fecal Coli).

Pada hasil pemeriksaan kualitas air Sungai Cipamokolan khususnya di segmen satu tepatnya di titik hulu terdapat beberapa parameter yang melebihi baku mutu kelas II Peraturan Pemerintah No. 22 tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup di Indonesia yang dapat dilihat pada **Tabel 5.1** berikut ini.

**Tabel 5.1 Hasil Uji Kualitas Air Sungai Cipamokolan Pada Titik Hulu
(Khusus Parameter yang Melebihi Baku Mutu)**

No	Parameter	Satuan	Baku Mutu	Hasil Pengujian	Metode Acuan
Fisik					
1	TSS	mg/L	50	5.245,00	SNI 6989.3:2019
Kimia					
1	BOD	mg/L	3	22,38	SNI 6989.72-2009
2	COD	mg/L	25	63,45	SNI 6989.2-2019
3	Nitrit (NO ₂ -N)	mg/L	0,06	0,39	SNI 6989.9-2004
4	Minyak dan Lemak	mg/L	1	41,00	SNI 6989.10:2011
Biologi					
1	<i>Fecal Coliform</i>	MPN/ 100 ml	1.000	54.000	SM 24th Edition APHA 9221-E&C 2023
2	<i>Coliform</i>	MPN/ 100 ml	5.000	160.000	SM 24th Edition APHA- 9221-B&C 2023

Sumber: Hasil Uji Lab, 2025.

Jika mengacu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan (PERMEN LHK) No. 27 Tahun 2021 Tentang Indeks Kualitas Lingkungan Hidup mengenai 8 (delapan) parameter pencemar utama sungai, terdapat 4 (empat) parameter yang memenuhi baku mutu dan 4 (empat) parameter yang melebihi baku mutu pada sungai Cipamokolan yang tertera pada **Tabel 5.1** di atas yakni BOD, COD, TSS dan *Fecal coliform*. Kondisi ini mengindikasikan pencemaran organik dengan kontaminasi mikrobiologis yang signifikan. Namun, juga terdapat parameter lainnya yang melebihi baku mutu yang ditetapkan, seperti *Coliform*, Minyak dan Lemak serta Nitrit. Dalam hal perbaikan kualitas air Sungai Cipamokolan ini, tidak hanya 4 (empat) parameter saja yang harus diolah karena termasuk parameter pencemar utama pada sungai, melainkan seluruh parameter yang melebihi baku mutu pada **Tabel 5.1** tersebut.

5.3 Alternatif Teknologi Perbaikan Kualitas Air Sungai Cipamokolan

Berdasarkan data parameter pencemar air Sungai Cipamokolan pada **Tabel 5.1**, parameter yang tidak memenuhi baku mutu yaitu TSS, BOD, COD, Nitrit, Minyak dan lemak, *Fecal Coliform* serta *Coliform*. Oleh sebab itu parameter tersebut perlu dilakukan penanganan untuk bisa kembali memenuhi baku mutu air sungai kelas II Peraturan Pemerintah No. 22 tahun 2021 melalui penerapan teknologi perbaikan kualitas air sungai. Adapun alternatif teknologi perbaikan kualitas air sungai yang sesuai untuk parameter tersebut dapat dilihat pada **Tabel 5.2** berikut.

Tabel 5.2 Alternatif Teknologi Perbaikan Kualitas Air Sungai

No.	Alternatif Teknologi	Parameter	Efisiensi Penyisihan	Peneliti	Judul Penelitian	Tahun Penelitian	Hasil Penelitian
1	<i>Sequencing Batch Reactor</i> (SBR)	COD	86,3%	Wirakusuma, K.Y., Supraba, I., & Budhijanto, W.	Perbandingan Kinerja <i>Sequencing Batch Reactor</i> dengan dan Tanpa Media <i>Bioball</i> untuk Mengolah Limbah Batik	2023	Hasil efisiensi penyisihan konsentrasi COD, yaitu tanpa <i>bioball</i> dapat menyisihkan COD dengan efisiensi 86,3% dan untuk dengan <i>bioball</i> mampu menyisihkan COD dengan efisiensi 87%
		BOD	98,27%	Pratama, A., & Hendrasarie, N.	Efektivitas Penambahan <i>Green Adsorbent</i> Di <i>Sequencing Batch Reactor</i> Untuk Menurunkan Parameter BOD, TSS, dan Warna Pada Limbah Industri Batik	2021	<i>Sequencing Batch Reactor</i> (SBR) dengan penambahan green adsorben untuk efektifitas penyisihan BOD sebesar 98,27%. Kemudian untuk efektifitas penyisihan TSS dengan efektifitas penyisihan TSS sebesar 93%.
		TSS	93%				

No.	Alternatif Teknologi	Parameter	Efisiensi Penyisihan	Peneliti	Judul Penelitian	Tahun Penelitian	Hasil Penelitian
2	Biofilter	BOD	86%	Salamah, U., H., & Rahmanto, T., A.	Efektifitas Media Biofiltrasi Anaerob Untuk Mendegradasi Bahan Organik Pada Limbah Cair Pencucian Ikan	2022	Pada sistem batch efisiensi penyisihan bahan organik dengan jenis media sarang tawon mampu meremoval kadar BOD sebesar 86,0%, COD sebesar 87,1%, TSS sebesar 83,3, dan TDS sebesar 41,0%
		COD	87,1%				
		TSS	83,3%				
		Minyak dan Lemak	75%	Damayanti, S., dan Mualim,	Pengaruh Biofilter Batu Split Terhadap Penurunan Kadar Minyak dan Lemak Limbah Cair Domestik	2024	Kadar minyak dan lemak dengan metode biofilter aerob media batu split limbah cair domestik yaitu mengalami penurunan sebesar 75%.
3	<i>Constructed Wetland</i>	TSS	95,47% - 99,89%	Qomariyah, S., Sobriah, Koosdaryani, & Muttaqien A., Y.	Lahan Basah Buatan Sebagai Pengolahan Limbah Cair dan Penyedia Air Non-Konsumsi	2017	Lahan basah buatan atau <i>Constructed Wetlands (CWs)</i> dengan media filter pasir dan kerikil serta tanaman air jenis <i>Cyperus Papyrus</i>
		BOD					

No.	Alternatif Teknologi	Parameter	Efisiensi Penyisihan	Peneliti	Judul Penelitian	Tahun Penelitian	Hasil Penelitian
		COD					mampu mengolah limbah <i>greywater</i> rumah tangga (parameter TSS, pH, BOD, COD, Minyak & Lemak, dan Deterjen) dengan persentase penyisihan berkisar antara 95,47%-99,89%.
		Minyak dan Lemak					
		Nitrit	94,1%	Fandya, A. & Soewondo, P.	Efisiensi Penyisihan Organik Air Sodetan Sungai Citarum Menggunakan <i>Constructed Wetland</i> Dengan Tanaman <i>Typha Sp.</i> Dan <i>Scirpus Grossus</i> (Studi Kasus : Desa Daraulin, Kabupaten Bandung)	2011	Efisiensi penyisihan rata-rata pada <i>constructed wetland</i> untuk parameter parameter nitrit adalah sebesar 94,1%.

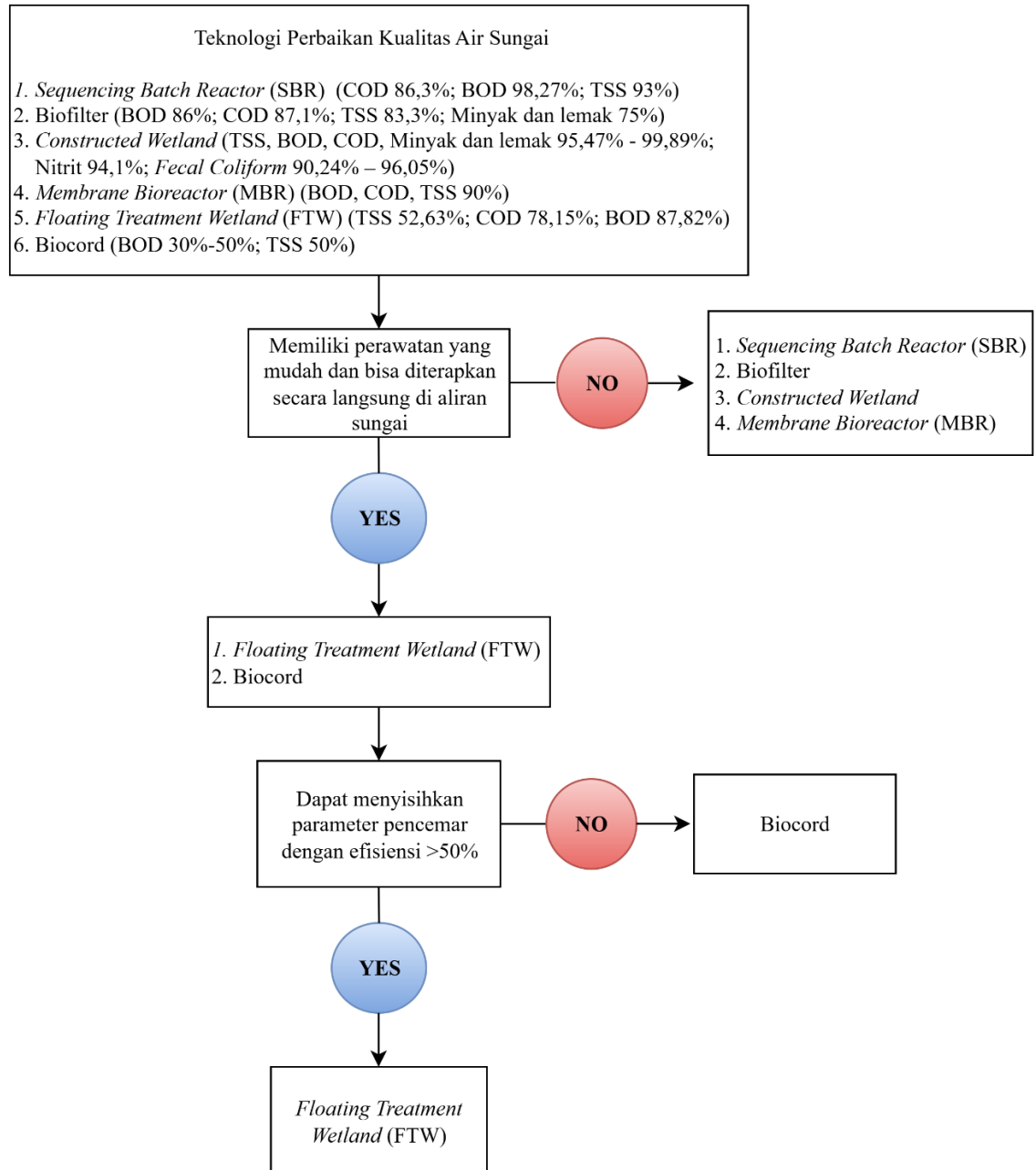
No.	Alternatif Teknologi	Parameter	Efisiensi Penyisihan	Peneliti	Judul Penelitian	Tahun Penelitian	Hasil Penelitian
		<i>Fecal Coliform</i>	90,24% – 96,05%	Putri, E.S.K.	Persentase Penurunan <i>Escherichia Coli</i> Pada Sistem <i>Constructed Wetland</i> Menggunakan Jenis Tanaman Yang Berbeda	2019	Hasil menunjukkan, seluruh sistem <i>Constructed Wetland</i> mampu menurunkan jumlah bakteri <i>Escherichia coli</i> dengan tanaman <i>Typha angustifolia</i> , <i>Heliconia psittacorum</i> dan <i>Phragmites sp.</i> berturut-turut sebesar 90.24%; 92.55%; 96.05%.
4	<i>Membrane Bioreactor (MBR)</i>	BOD	90%	Maulana, M.R., & Marsono, B.D.	Penerapan Teknologi Membran untuk Mengolah Limbah Cair Industri Tahu (Studi Kasus: UKM Sari Bumi, Kabupaten	2021	Karakteristik limbah cair tahu UKM ini adalah COD sebesar 4.529,54 mg/L, BOD 3.207,89 mg/L, TSS 0,946 mg/L. Prapengolahan menggunakan biofilter anaerobik mampu menurunkan beban organik sebesar 70% dilanjutkan dengan pengolahan menggunakan MBR dapat menurunkan sampai 90%.
		COD					
		TSS					

No.	Alternatif Teknologi	Parameter	Efisiensi Penyisihan	Peneliti	Judul Penelitian	Tahun Penelitian	Hasil Penelitian
5	<i>Floating Treatment Wetland</i> (FTW)	TSS	52,63%	Lestari, A.S., Iqbal R., & Soewondo	Studi Pengolahan Air Sungai Tanggulan Sub DAS Cikapundung Menggunakan <i>Floating Treatment Wetlands</i> Dengan Potensi Partisipasi Masyarakat Sekitar	2013	Efisiensi penyisihan untuk parameter TSS dan COD oleh tanaman <i>I. reptans</i> , yaitu masing-masing sebesar 52,63%, dan 78,15%, sementara untuk parameter BOD oleh tanaman <i>L. sativa</i> yaitu sebesar 87,82%.
		COD	78,15%				
		BOD	87,82%				
6	Biocord	BOD	30-50%	Sugara, A.	Implementasi Kebijakan Pengelolaan Kualitas Air Dan Pengendalian Pencemaran Air Kali Sabi Di Kota Tangerang	2017	Bio Cord dipasang pada dasar saluran atau sungai sejajar dengan arah aliran air, terutama muka air saluran yang rendah. Pada sistem ini dapat diturunkan (direduksi) BOD = 30-50% dan TSS = 50%.
		TSS	50%				

Sumber: Penelitian yang pernah dilakukan

5.4 Pemilihan Teknologi Perbaikan Kualitas Air Sungai Cipamokolan

Pemilihan teknologi perbaikan kualitas air sungai ini ditentukan berdasarkan skema yang dibuat dalam bentuk diagram alir berdasarkan beberapa faktor yang telah diuraikan. Dari skema tersebut dijelaskan kinerja teknologi terhadap efisiensi penyisihan parameter TSS, BOD, COD, Nitrit, Minyak dan lemak, *Fecal Coliform* serta *Coliform*, biaya, dan kemudahan pemeliharaan alat, serta dapat diterapkan secara langsung di aliran sungai (*in situ*). Kecilnya debit aliran, membuat pertimbangan sebaiknya teknologi diterapkan langsung di aliran Sungai Cipamokolan. Kemudian dari skema tersebut akan dipilih untuk menjadi teknologi perbaikan kualitas air Sungai Cipamokolan di titik hulu Jl. Sasak Batu Kel. Jatihandap Kec. Mandalajati. Adapun diagram alir pemilihan alternatif teknologi perbaikan kualitas air Sungai Cipamokolan pada **Gambar 5.2** berikut ini.



Gambar 5.2 Diagram Alir Pemilihan Teknologi Perbaikan Kualitas Air Sungai Cipamokolan

5.4.1 Teknologi Terpilih

Berdasarkan diagram alir pada **Gambar 5.2** maka dipilih *Floating Treatment Wetland* (FTW) sebagai teknologi efektif yang dapat direncanakan untuk memperbaiki air Sungai Cipamokolan sehingga dapat memenuhi baku mutu air sungai kelas II. *Floating Treatment Wetland* (FTW) memiliki banyak kelebihan efisiensi penghilangan polutan melalui variasi tanaman yang digunakan, dan biaya operasional yang relatif terjangkau.

Floating Treatment Wetland (FTW) merupakan salah satu jenis *constructed wetland*. Umumnya *constructed wetland* menggunakan media tanam untuk mendukung perakaran tumbuhan. Sedangkan *Floating Treatment Wetland* (FTW), menggunakan *emergent plants* yang ditanam dalam suatu media yang mengapung, sehingga akar dapat menggantung bebas di dalam air sedangkan daun muncul diatas permukaan air.

Floating Treatment Wetland (FTW) digunakan untuk meningkatkan kualitas air, pengolahan air limbah domestik, pengolahan sungai, kolam, danau, dan reservoir, serta pengolahan limbah industri. Biofilm, yang juga disebut lapisan lendir, adalah kumpulan mikroorganisme yang menempel pada permukaan basah, misalnya pada akar tanaman, rimpang (batang bawah tanah), atau struktur rakit terapung pada sistem *Floating Wetland Treatment* (FTW). Biofilm ini sangat penting karena bertugas membersihkan air dengan cara menghilangkan zat-zat seperti nitrogen, fosfor, dan polutan lainnya yang berbahaya, serta menjebak partikel-partikel tersuspensi dalam air (Arivukkarasu, D., & Sathyanathan, R., 2023).

Bagian utama dari *Floating Treatment Wetland* (FTW) adalah media yang dibuat mengapung. *Floating Treatment Wetland* (FTW) telah digunakan untuk meremediasi berbagai limbah perkotaan, pertanian, dan industri. *Floating Treatment Wetland* (FTW) terbukti mampu mereduksi BOD, dan kandungan solid dalam air limbah. Kelebihan dari *Floating Treatment Wetland* (FTW) adalah tidak terpengaruh pada fluktuasi air dan tidak membutuhkan banyak lahan karena dapat diaplikasikan langsung di badan air (Pusparinda, L., & Santoso, R.I.B., 2016).

Floating Treatment Wetland (FTW) dapat efektif dalam menghilangkan parameter dengan konsentrasi tinggi dalam air, namun efisiensinya bergantung pada beberapa faktor seperti jenis polutan, spesies tanaman yang digunakan, waktu retensi, rasio penutup lahan basah, dan kondisi operasional. *Floating Treatment Wetland* (FTW) telah terbukti mampu menghilangkan nutrisi seperti nitrogen dan fosfor, materi organik, serta beberapa polutan secara efektif. Studi menunjukkan bahwa *Floating Treatment Wetland* (FTW) dapat menghilangkan materi organik dengan efisiensi berkisar antara 34% hingga 85%, tergantung pada desain dan kondisi. Penghilangan materi organik terjadi melalui penyerapan tanaman, dengan peningkatan rasio penutup lahan basah. Misalnya, rasio penutup lahan basah 72% pada FTW meningkatkan penghilangan materi organik hingga 55% (Hanna, A. R., Borne, K. E., & Gerente, C., 2024).

5.5 Rancangan Teknologi Perbaikan Kualitas Air Sungai Cipamokolan

Floating Treatment Wetland (FTW) merupakan sistem pengolahan yang tergolong baru. FTW telah diaplikasikan di berbagai negara untuk meningkatkan kualitas air dengan spesies tanaman (Headley, TR., dan C.C. Tanner. 2006). Tanaman dan mikroorganisme yang tumbuh di akar memiliki peran penting dalam proses pengolahan FTW. Pengolahan polutan terjadi secara fisik, biologi, dan kimia (Kadlec, R. H., dan S. D. Wallace. 2009). Berikut mekanisme pengolahan *Floating Treatment Wetland* (FTW):

a. Fisika:

- Sedimentasi: Padatan tersuspensi di dalam air akan mengendap secara alami karena gravitasi.
- Filtrasi: Akar tanaman dan media apung berfungsi menyaring partikel-partikel halus yang tersuspensi di dalam air, mencegah kekeruhan.

b. Biologi:

- Biodegradasi: Mikroorganisme yang membentuk biofilm di sekitar akar tanaman menguraikan bahan organik terlarut.
- Pemanfaatan tanaman: Tanaman menyerap nutrisi seperti nitrogen dan fosfor dari air, membantu menurunkan kandungan polutan.

- Proses nitrifikasi dan denitrifikasi: Mikroorganisme mengonversi amonia menjadi nitrat (nitrifikasi) dan nitrat menjadi gas nitrogen (denitrifikasi), yang dilepaskan ke udara sehingga mengurangi nitrogen dalam air.

c. Kimia:

- Adsorpsi: Media tanam dan akar tanaman menyerap ion-ion logam berat dan nutrien, mengurangi konsentrasi polutan anorganik.

Floating Treatment Wetland (FTW) adalah salah satu aplikasi praktis dari fitoremediasi di mana tanaman terapung digunakan untuk memproses pencemar air sungai. Pada FTW, akar tanaman yang terapung di air berperan sebagai media tumbuh bagi biofilm mikroorganisme yang menguraikan pencemar, sekaligus tanaman tersebut menyerap dan memetabolisme beberapa zat polutan melalui proses fitoremediasi. Dengan demikian, FTW memadukan mekanisme biologis tanaman (fitoremediasi) dan aktivitas mikroorganisme (biofilm) dalam mengolah pencemar air. Fitoremediasi adalah penggunaan tanaman hijau untuk mengatasi tanah, sedimen dan air yang terkontaminasi (Prasetyo, R. A., 2021).

Terdapat beberapa parameter desain perencanaan yang perlu diperhatikan agar *Floating Treatment Wetland (FTW)* dapat bekerja dengan hasil yang optimal, diantaranya sebagai berikut:

Tabel 5.3 Kriteria Desain Perencanaan *Floating Treatment Wetland (FTW)*

Keterangan	Nilai
Kedalaman Air	> 0,8 m
HRT (<i>Hydraulic Retention Time</i>)	< 15 hari
<i>surface coverage</i>	5 – 50%
HLR (<i>Hydraulic Loading Rate</i>)	0,1 – 0,3 m ³ /m ² .hari.

Sumber: Pusparinda, L., & Santoso, R.I.B., 2016.

HRT (*Hydraulic Retention Time*) yaitu waktu kontak antara air sungai dengan FTW perlu dimaksimalkan untuk mendapat hasil pengolahan yang optimal. Jika HRT tinggi maka akan memperbesar luas FTW. Namun hal ini dapat diatasi dengan memperdalam badan air karena FTW tidak terpengaruh pada fluktuasi air (Headley, TR., dan C.C. Tanner. 2006). Sementara *Hydraulic Loading Rate* (HLR) adalah ukuran debit aliran air yang mengalir per satuan luas permukaan FTW per hari, dengan satuan $\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari}$. Dalam konteks *Floating Treatment Wetland* (FTW), HLR menunjukkan volume air (dalam meter kubik) yang harus diolah oleh setiap meter persegi luas permukaan FTW dalam satu hari (Welly, H., 2013). Terdapat juga ketentuan *Surface Coverage* yang mana merupakan persentase luas permukaan badan air yang tertutupi oleh media apung tempat tanaman FTW tumbuh. Tertutupinya permukaan air oleh FTW akan mengurangi jumlah cahaya yang masuk ke dalam air. Hal tersebut dapat berpengaruh pada berkurangnya jumlah alga dan mencegah terjadinya *algae bloom*. Namun, *surface coverage* juga mempengaruhi jumlah oksigen terlarut dalam air (Hubbard, R. K., 2010).

Kedalaman air dalam sistem FTW ditentukan berdasarkan panjang maksimal akar dari tanaman yang digunakan. Dari penelitian yang dilakukan (Pusparinda, L., & Santoso, R.I.B., 2016) menunjukkan bahwa efisiensi pengolahan sebanding dengan kedalaman badan air. Hasil penelitian tersebut merekomendasikan kedalaman air minimal untuk FTW adalah 0,8 m. Hal ini bertujuan agar akar tanaman tidak sampai pada zona bawah. Jika akar mencapai zona bawah maka akar akan menempel dan mulai berakar di tanah ataupun sedimen yang mengendap. Jika hal tersebut terjadi, dikhawatirkan saat terjadi fluktuasi air maka *Floating Treatment Wetland* (FTW) akan tertarik ke bawah dan tenggelam.

Jika *Floating Treatment Wetland* (FTW) memerlukan kedalaman minimal 0,8 meter untuk dapat beroperasi optimal, sedangkan sungai yang menjadi lokasi perencanaan hanya memiliki kedalaman 0,3 meter. Maka, solusi yang dapat diterapkan adalah melakukan rekayasa sungai berupa bangunan bendung air yang dapat menaikkan muka air, sehingga terjadinya kontak antara akar tanaman dan air sungai tanpa akar tanaman sampai pada zona bawah. Berikut merupakan sketsa perencanaan perbaikan kualitas air Sungai Cipamokolan yang dapat dilihat pada **Gambar 5.3**.



5.5.1 Perhitungan Dimensi Bendung

Tahapan ini dilakukan untuk menentukan dimensi bendung yang diperlukan untuk dapat memenuhi syarat penempatan *Floating Treatment Wetland* (FTW) serta bangunan yang kokoh dalam menahan air.

Data sungai eksisting:

- Kedalaman air sungai eksisting (h_1) = 0,3 m
- Tinggi dinding sungai (h_2) = 4,6 m
- Lebar sungai eksisting (b) = 7 m
- Debit sungai (Q) = 0,03 m³/s
- Kemiringan dasar sungai (S) = 0,6% = 0,006

Kemiringan dasar sungai (S) berfungsi menentukan gaya gravitasi yang menggerakkan aliran air, sehingga sangat memengaruhi kecepatan aliran. Kemiringan dasar sungai yang tinggi menandakan aliran yang deras dengan potensi erosi yang kuat, sedangkan kemiringan yang landai mengindikasikan aliran yang lebih lambat.

Perhitungan Kemiringan Dasar Sungai (S)

- Mencari luas penampang basah (A)

$$A = B \times h$$

$$= 5 \times 0,3 = 1,5 \text{ m}^2$$

- Mencari keliling basah (P)

$$P = B + 2 \times h$$

$$= 5 + 2 \times 0,3 = 5,6 \text{ m}$$

- Mencari jari-jari hidrolis (R)

$$R = \frac{Q}{A} = \frac{1,5}{5,6} = 0,26$$

- Mencari nilai kemiringan dasar sungai (S)

$$V = \frac{1}{n} (R)^{\frac{2}{3}} (S)^{\frac{1}{2}}$$

$$0,6 = \frac{1}{0,055} (0,26)^{\frac{2}{3}} (S)^{\frac{1}{2}}$$

$$S = 0,006 \text{ atau } 0,6\%$$

Dengan hasil kemiringan dasar 0,6% maka Sungai Cipamokolan termasuk landai. Kemiringan dasar sungai yang landai ini kemudian diasumsikan bahwa kedalaman air sungai relatif sama (konstan) sepanjang saluran sungai. Pada kondisi ini, perubahan kedalaman air (dH/dx) mendekati nol, sehingga muka air cenderung datar dan kedalaman air tidak banyak berubah seiring panjang sungai (Sibangkoman.pu.go.id., 2023). Kemudian, dengan kemiringan dasar sungai yang landai ini, profil sungai diasumsikan berbentuk persegi panjang. Dalam perhitungan hidrolika, profil persegi panjang merupakan model yang sederhana dan umum dipakai, di mana lebar dasar dan kedalaman air diasumsikan tetap konstan. Pendekatan ini biasa dipakai untuk analisis awal pengukuran dan perencanaan saluran atau sungai buatan (Montjai, A. A., Rombang, J.A., & Kalangi, J.I.) .

Kemudian, tahapan selanjutnya yaitu menghitung dimensi bendung yang direncanakan, seperti berikut:

- Kedalaman minimum FTW (h_3) = 0,8 m
- Tinggi dinding bendung yang direncanakan (H) = 4 m
- Minimum waktu retensi (t) = 24 jam = 86.400 detik

1) Analisis kedalaman maksimum

- a. Tinggi dinding sungai eksisting (h_2) = 4,6 m
- b. Kedalaman air = 4 m (mengikuti ketinggian dinding bendung yang direncanakan)
- c. Sisa kedalaman di atas air = $4,6 - 4 = 0,6$ m (aman - Masih ada ruang 0,6 m untuk menghindari *overflow*)

2) Perhitungan volume dan dimensi bendung

- a. Volume yang dibutuhkan untuk target waktu retensi 24 jam

$$\begin{aligned}
 V_{\text{target}} &= Q \times t \\
 &= 0,03 \text{ m}^3/\text{s} \times 86.400 \text{ s} \\
 &= 2.592 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

- b. Panjang bendung yang dibutuhkan

$$V = L \times b \times H$$

$$2.592 = L \times 7 \times 4$$

$$2.592 = L \times 28$$

$$L = \frac{2.592}{28}$$

$$= 92 \text{ m}$$

- c. Tebal dinding bendung

- Tekanan air:

Tekanan hidrostatik pada kedalaman h: $P = \rho \times g \times h$

ρ (densitas air) = 1000 kg/m³

g (gravitasi) = 9,81 m/s²

h (kedalaman air) = 4 m

Tekanan maksimum di dasar bendung: $P = 1000 \times 9,81 \times 4$

$$= 39,240 \text{ N/m}^2$$

$$= 39,24 \text{ kN/m}^2$$

Gaya Horizontal (Tekanan Air): $P_H = \frac{1}{2} \times \gamma_w \times H^2 \times L$

$$= \frac{1}{2} \times 9,81 \times 4^2 \times 92$$

$$= \frac{1}{2} \times 9,81 \times 16 \times 92$$

$$= 7,243 \text{ Kn}$$

artinya bendung mampu menahan tekanan air

- Tebal dinding bendung:

$$t_1 = 0,1 \times H + C$$

dimana

t_1 = tebal bagian atas

t_2 = tebal bagian bawah

H = tinggi bendung = 4 m

C = konstanta minimum = 0,1 m

$$t_1 = 0,1 \times 4 + 0,1$$

$$= 0,5 \text{ m}$$

$$t_2 = \frac{H}{2} + \text{konstanta}$$

$$= \frac{4}{2} + 0,5 = 2,5 \text{ m (ketebalan dasar yang lebih tebal yaitu untuk menahan tekanan air yang lebih besar).}$$

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, maka dimensi bendung yang direncanakan, yaitu:

- Panjang area bendung : 92 m
- Lebar bendung : 7 m
- Tinggi dinding bendung : 4 m
- Tebal dinding bendung
tebal atas (t_1) = 0,5 m
tebal dasar (t_2) = 2,5 m
- Volume tampungan : 2.592 m³
- Luas bendung : $92 \times 7 = 644 \text{ m}$

Sebuah bendung dengan panjang 92 meter dapat dikatakan sesuai tergantung pada konteks lokasi, fungsi, dan desain teknisnya. Panjang bendung tidak memiliki standar tunggal ideal karena sangat dipengaruhi oleh karakteristik sungai yang dibendung, termasuk dimensi alur sungai, debit air, topografi cekungan, dan tujuan bendung itu sendiri. Bendung sepanjang 92 m biasanya termasuk ukuran kecil sampai menengah, bisa diterapkan jika dimensi tebal, tinggi, dan pondasi sudah sesuai syarat teknis (Fauzi, M., Besperi, Prasetya, B., 2016). Lokasi perencanaan termasuk tidak rawan banjir dan debit kecil merupakan kelebihan, karena tekanan pada bendung tidak besar sehingga risiko kegagalan lebih kecil. Namun, tetap perlu melakukan perhitungan dasar stabilitas bendung.

5.5.2 Analisis Stabilitas Bendung yang Direncanakan

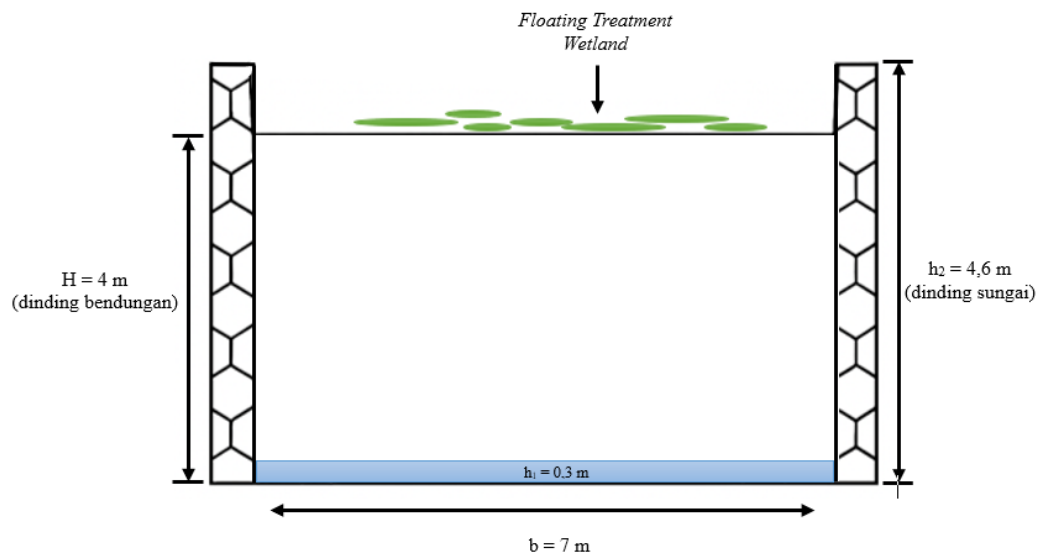
Sungai yang berada di kawasan permukiman dan memiliki kondisi (kedalaman rendah, lebar sedang, debit kecil), dikatakan sesuai jika tanah di dasar dan tepi sungai tersebut adalah tanah lempung berpasir, baik berdasarkan proses sedimentasi sungai maupun campuran alami tanah sekitar sungai di Indonesia (distan.bulelengkab, 2017).

- Berat jenis tanah/material bendung (γ) = 18 kN/m³ (Bowles, J.E., 1996)
- Sudut geser dalam (ϕ) = 30° (SNI 8460:2017)
- Kohesi (c) = 15 kPa (Bowles, 1996)
(Sandi, I. K, 2020)

Untuk memastikan tidak terjadi longsor pada badan/dinding bendung. Nilai faktor keamanan minimum $\leq 1,5$. Menggunakan metode Bishop, rumus yang digunakan yaitu:

$$\begin{aligned} SF_{\text{lereng}} &= \frac{(c + \gamma \times h \times \cos^2 \beta \times \tan \phi)}{(\gamma \times h \times \sin \beta \times \cos \beta)} \\ &= \frac{(15 + 18 \times 4 \times 0,75 \times 0,5)}{(18 \times 4 \times 0,5 \times 0,8)} \\ &= 1,4 \text{ (aman } SF \leq 1,5) \end{aligned}$$

Parameter stabilitas memenuhi kriteria keamanan yang dipersyaratkan. Bendung dengan panjang 92 m, lebar 7 m, dan tinggi 4 m dapat beroperasi dengan aman. Berikut rekayasa Sungai Cipamokolan yang dapat dilihat pada **Gambar 5.3** berikut ini.



Gambar 5.4 Sketsa Bendung

5.5.3 Perhitungan Dimensi Sistem Pelimpah *Overflow Tipe Ogee*

Sistem pelimpah bendung perlu dirancang untuk dapat mengalirkan debit ini secara aman dan juga memperhitungkan kemungkinan debit puncak yang lebih tinggi (misalnya dari hujan ekstrim). Sistem pelimpah bendung atau sistem pelimpah adalah bangunan pelengkap pada bendung yang berfungsi mengalirkan kelebihan air ke hilir untuk mencegah *overtopping* (air meluap dari puncak bendung) dan menjaga keamanan bangunan bendung. Sistem pelimpah *overflow* tipe ogee adalah jenis pelimpah (*spillway*) yang dirancang dengan bentuk seperti huruf "S" (ogee) yang mengikuti profil aliran air pada bendung. Bentuk ini memungkinkan air mengalir dengan efisien dan terkendali.

Diketahui :

- Debit (Q) = $0,03 \text{ m}^3/\text{s}$
- Lebar sistem pelimpah sama dengan lebar bendung = 7 m

1) Menghitung tingi limpasan

$$Q = C \times L_s \times h^{\frac{3}{2}}$$

Dimana:

C : koefisien limpasan = 1,84 (untuk sistem pelimpah persegi panjang)

L_s : lebar sistem pelimpah

h : tinggi limpasan

$$Q = C \times L_s \times h^{\frac{3}{2}}$$

$$0,03 = 1,84 \times 5 \times h^{\frac{3}{2}}$$

$$h^{\frac{3}{2}} = \frac{0,03}{(1,85 \times 5)}$$

$$h = 0,021\text{m} = 2,1 \text{ cm}$$

Dengan lebar sistem pelimpah 7 m menyesuaikan lebar bendung, maka diperoleh tinggi limpasan yaitu 0,021 m atau 2,1 cm.

2) Menghitung kecepatan di ambang sistem pelimpah

$$V = \frac{Q}{(L_s \times h)}$$

$$V = \frac{0,03}{(7 \times 0,021)}$$

$$V = 0,2 \text{ m/s}$$

Kecepatan di ambang sistem pelimpah diketahui yaitu 0,2 m/s

3) Bilangan Froude

Bilangan Froude (Fr) merupakan parameter yang digunakan untuk menyatakan hubungan antara gaya gravitasi dan gaya inersia. Nilai dari bilangan Fr digunakan untuk menentukan jenis aliran yang dikelompokkan menjadi tiga, subkritis ($Fr < 1$), kritis ($Fr = 1$), atau superkritis ($Fr > 1$), yang masing-masing memiliki karakteristik kecepatan (Nurhaliza, Putra, Y. S., Kushadiwijayanto, A. A., 2022).

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{(g \times h)}}$$

$$Fr = \frac{0,2}{\sqrt{(9,81 \times 0,021)}} = 0,44$$

Hasil yang diperoleh untuk bilangan Bilangan Froude adalah 0,44, artinya aliran sungai tersebut bersifat subkritis ($Fr < 1$) memenuhi syarat aliran tenang.

4) Menghitung kemiringan sistem pelimpah

Kemiringan 1:1 (45°) relatif aman untuk mengurangi risiko turbulensi dan memberikan kemiringan yang cukup untuk mempercepat aliran air dari bendung. Kemiringan tidak boleh terlalu curam karena dapat menyebabkan turbulensi, dan tidak boleh terlalu landai (hindari $>1:4$) karena dapat menyebabkan sedimentasi (Dilaga, S., & Hardiansyah,y., 2023).

Kemiringan optimal = 1:1

Tinggi vertikal = 1

Panjang horizontal = 1

$$\begin{aligned} \text{Kemiringan Sudut} &= \tan^{-1} \left(\frac{\text{Vertikal}}{\text{Horizontal}} \right) \\ &= \tan^{-1} \left(\frac{1}{1} \right) = 45^\circ \end{aligned}$$

5) Menghitung kedalaman air setelah melewati sistem pelimpah

- Aliran di sistem pelimpah 45°

Kecepatan air di ujung sistem pelimpah ini perlu dihitung dan berbeda dengan nilai kecepatan di ambang/puncak sistem pelimpah. Kecepatan air di ujung sistem pelimpah ini setelah menuruni bidang miring dengan panjang 5,66 m, yaitu:

$$V_2^2 = V_1^2 + 2 \times g \times \sin(\theta) \times L$$

$$V_2^2 = (0,2)^2 + 2 \times 9,81 \times \sin(45^\circ) \times 5,66$$

$$V_2^2 = (0,2)^2 + 2 \times 9,81 \times 0,707 \times 5,66$$

$$V_2^2 = 0,04 + 78,5 = 78,54$$

$$V_2 = \sqrt{78,5} = 8,8 \text{ m/s}$$

- Kedalaman di ujung sistem pelimpah

$$y_2 = \frac{Q}{\sqrt{(b \times v_2)}}$$

$$y_2 = \frac{0,03}{\sqrt{(7 \times 8,8)}} = 0,00048 \text{ m}$$

- Bilangan froude di ujung sistem pelimpah

$$Fr_2 = \frac{8,8}{\sqrt{(9,81 \times 0,00048)}} = 128 \text{ (superkritik)}$$

- Kedalaman setelah loncatan hidraulik

Karena Karena $Fr_2 > 1$, terjadi loncatan hidraulik yang kuat, maka :

$$y_3 = \frac{y_2}{2} \times \sqrt{(1 + 8Fr_2^2) - 1}$$

$$y_3 = \frac{0,00048}{2} \times \sqrt{(1 + 8(128)^2) - 1}$$

$$y_3 = 0,061 \text{ m} = 6,1 \text{ cm}$$

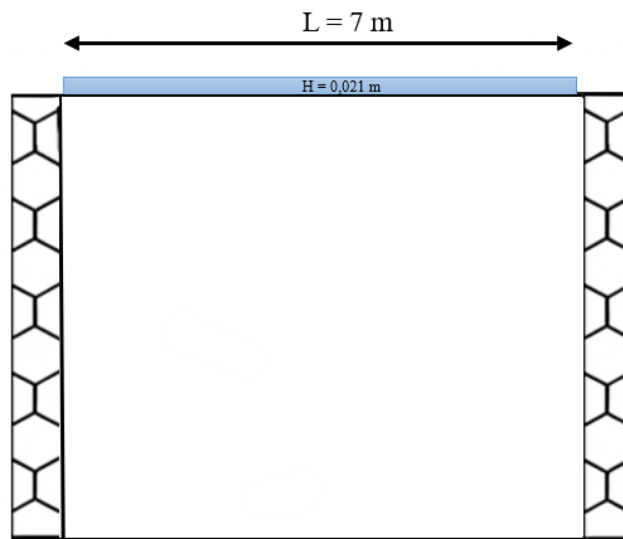
diperoleh air setelah melewati sistem pelimpah dan mengalami loncatan hidraulik adalah 6,1 cm.

6) Menetapkan dimensi sistem pelimpah

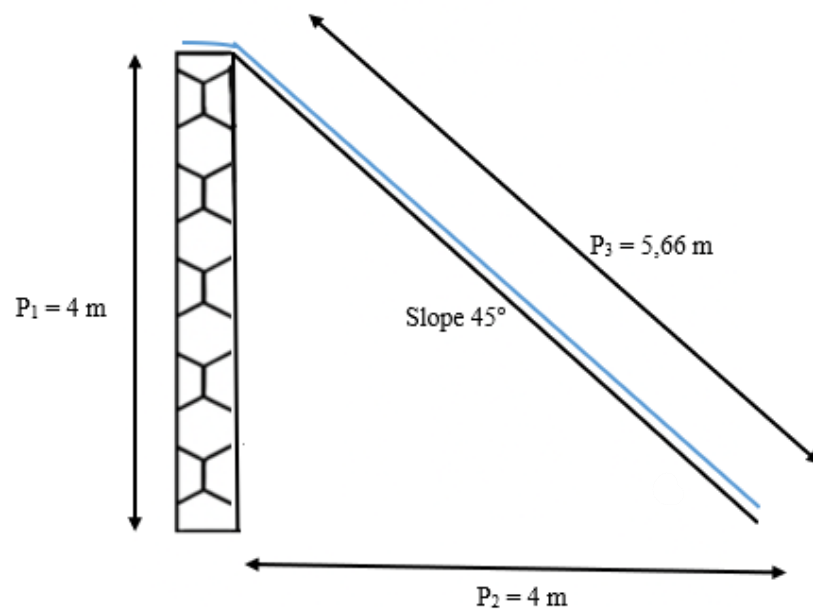
- Tinggi sistem pelimpah mengikuti tinggi dinding bendung (P_1) = 4 m
- Panjang horizontal sistem pelimpah (P_2) = $4 \times 1 = 4 \text{ m}$
- Panjang miring sistem pelimpah (P_3) = $\sqrt{((P_2)^2 + (P_1)^2)}$

$$= \sqrt{((4)^2 + (4)^2)} = 5,66 \text{ m}$$
- Lebar sistem pelimpah (L) = 7 m
- Tinggi air normal di atas sistem pelimpah (H) = $1 \times h = 1 \times 0,021$

$$= 0,021 \text{ m}$$
- Sudut 45°



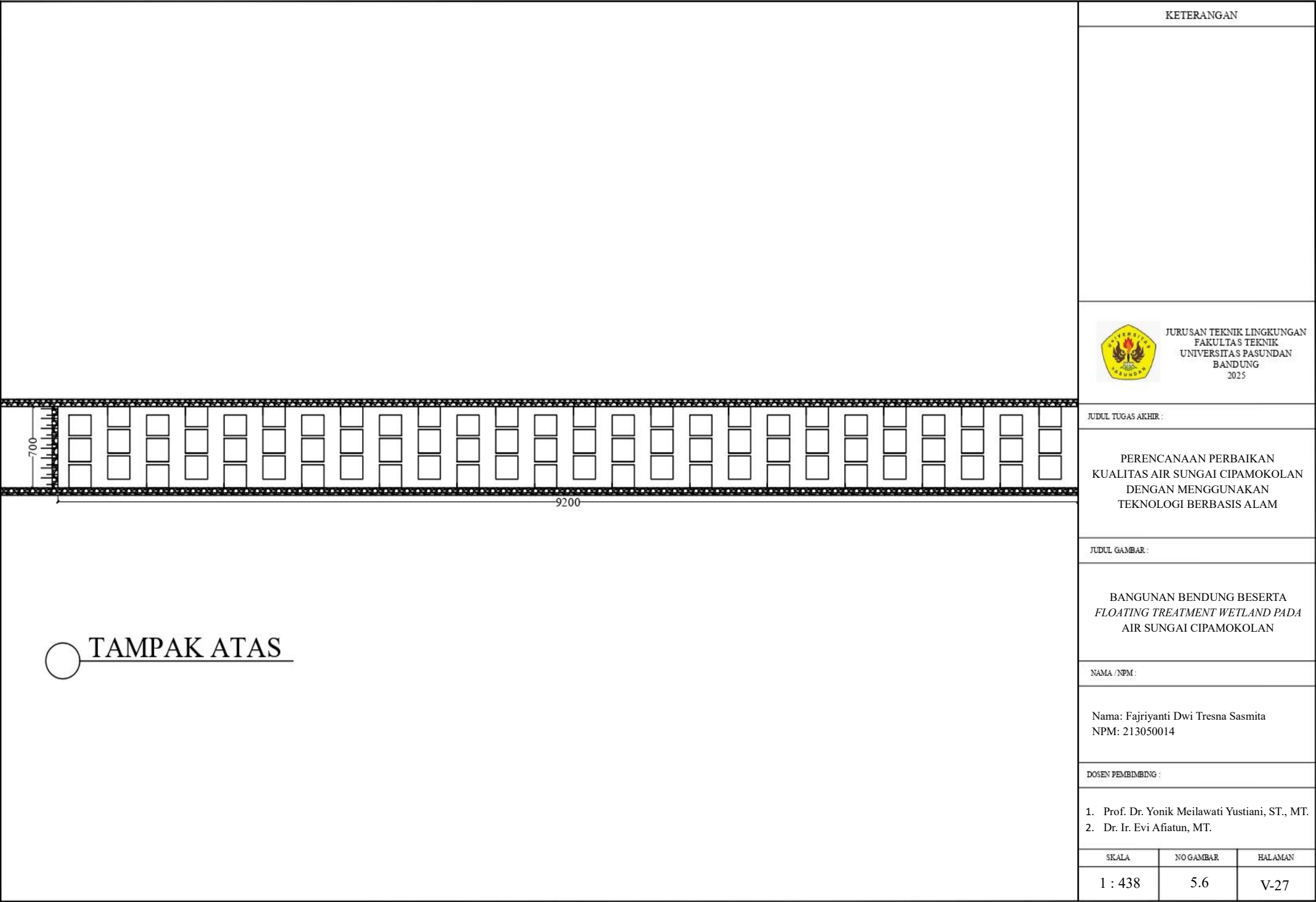
a) Tampak depan

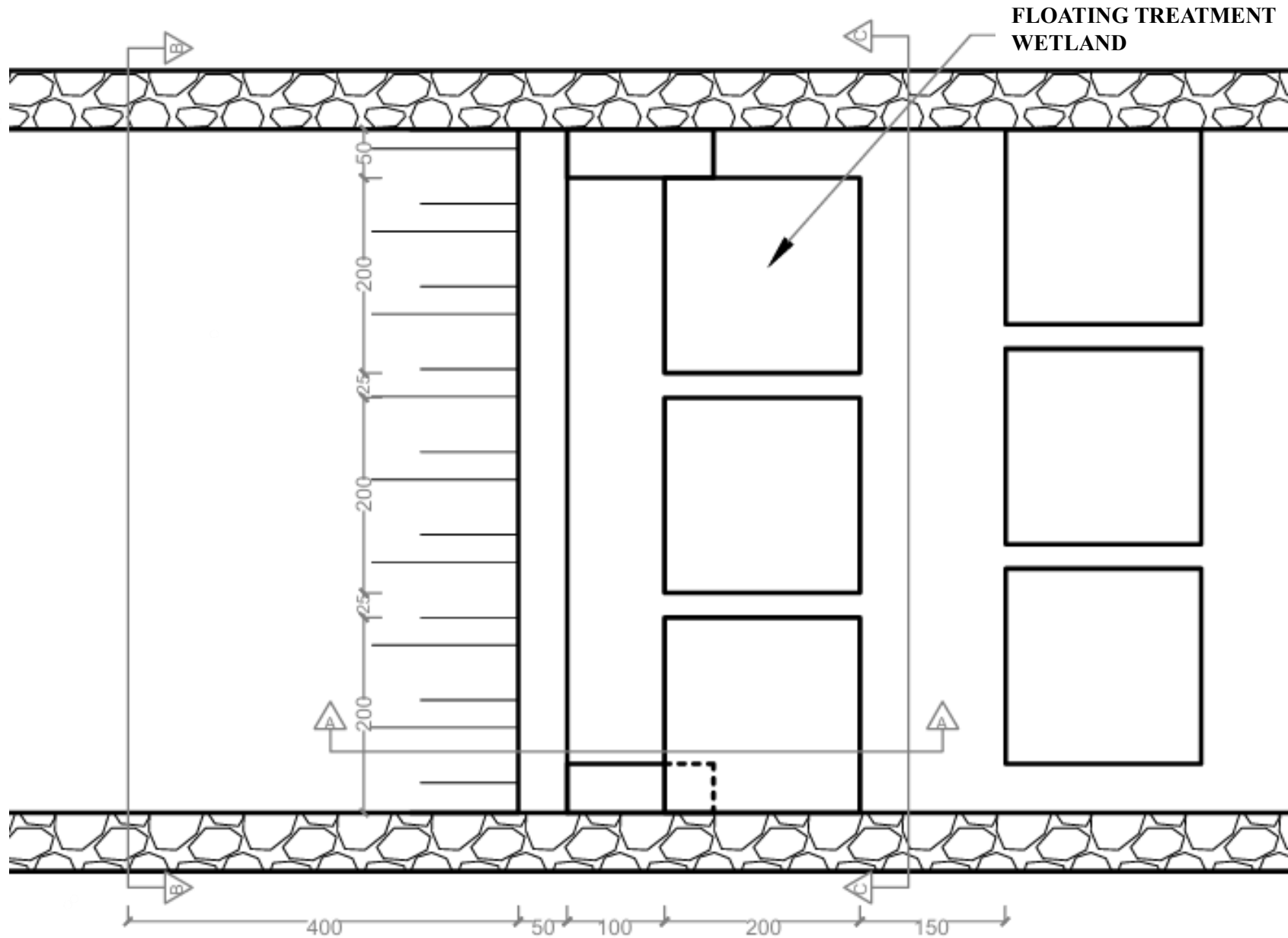


b) Tampak samping

Gambar 5.5 Sketsa Sistem Pelimpah *Overflow* Tipe Ogee

Untuk dimensi bendung dan sistem pelimpah dapat dilihat pada **Gambar 5.6 – Gambar 5.9** berikut ini.





○ **DETAIL TAMPAK ATAS**

KETERANGAN



JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN
BANDUNG
2025

JUDUL TUGAS AKHIR :

PERENCANAAN PERBAIKAN
KUALITAS AIR SUNGAI CIPAMOKOLAN
DENGAN MENGGUNAKAN
TEKNOLOGI BERBASIS ALAM

JUDUL GAMBAR :

DETAIL BANGUNAN BENDUNG AIR
SUNGAI CIPAMOKOLAN

NAMA / NPM :

Nama: Fajriyanti Dwi Tresna Sasmita
NPM: 213050014

DOSEN PEMBIMBING :

1. Prof. Dr. Yonik Meilawati Yustiani, ST., MT.
2. Dr. Ir. Evi Afiatun, MT.

SKALA

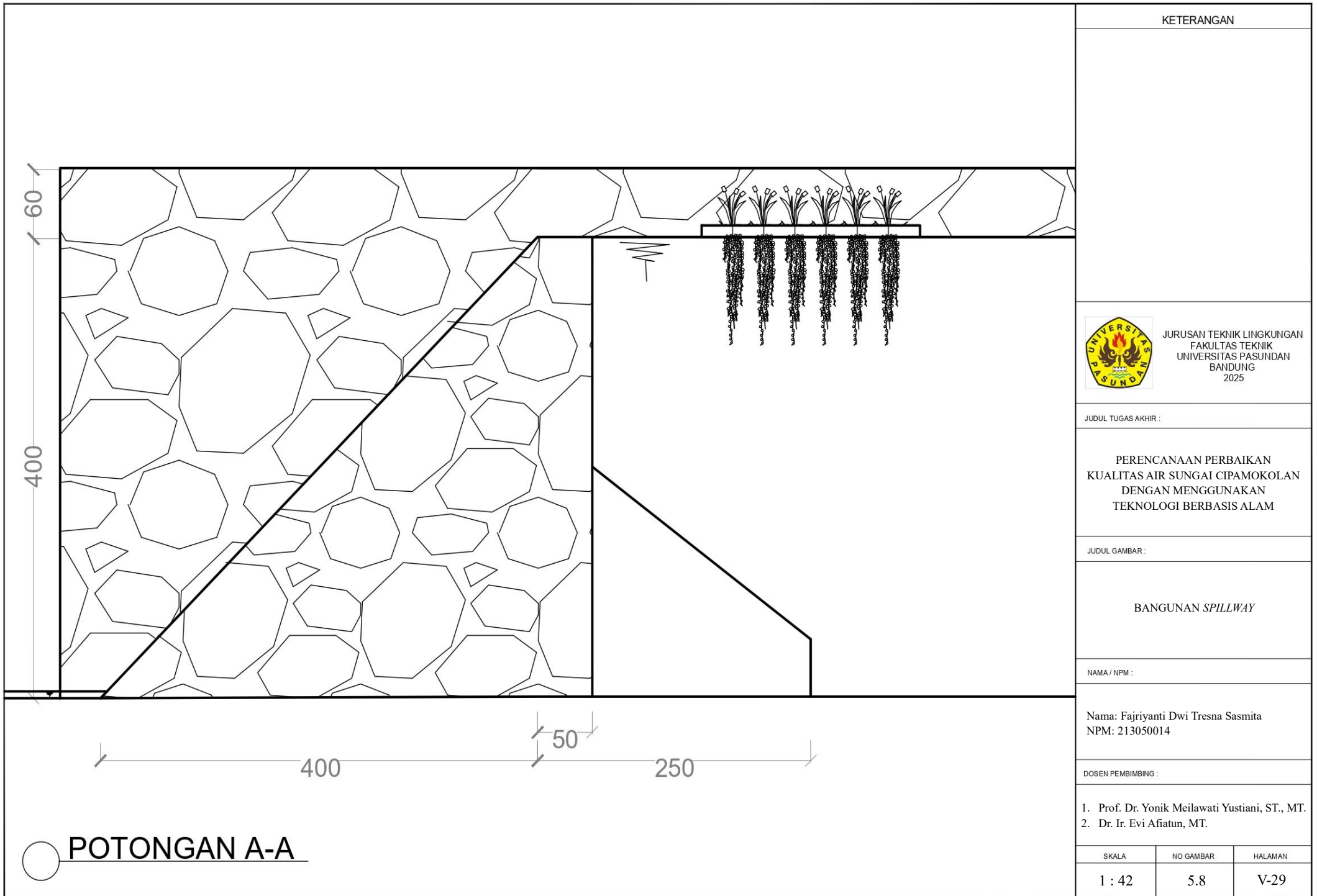
1 : 66

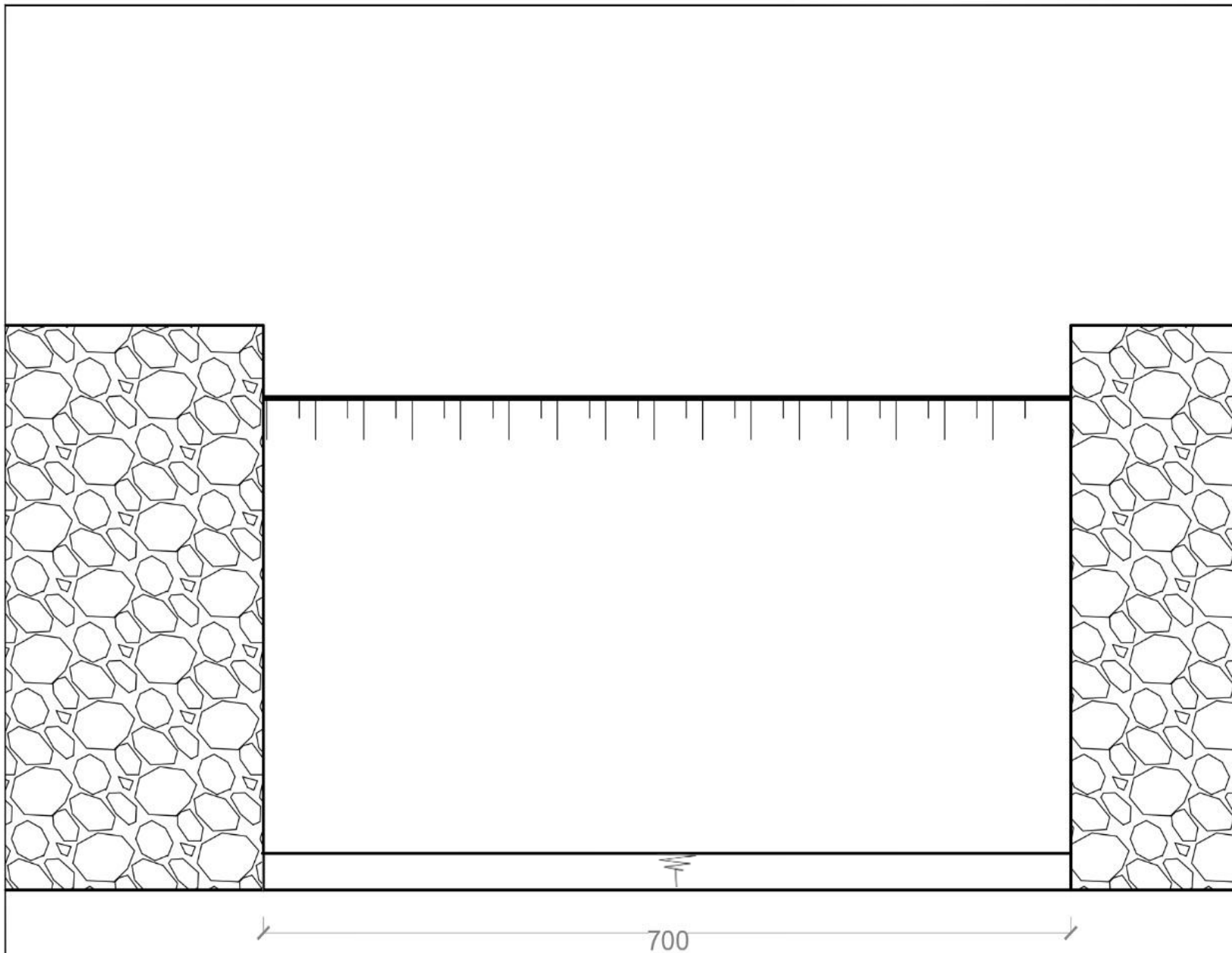
NO GAMBAR

5.7

HALAMAN

V-28





○ POTONGAN B-B

KETERANGAN



JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN
BANDUNG
2025

JUDUL TUGAS AKHIR :

PERENCANAAN PERBAIKAN
KUALITAS AIR SUNGAI CIPAMOKOLAN
DENGAN MENGGUNAKAN
TEKNOLOGI BERBASIS ALAM

JUDUL GAMBAR :

TAMPAK DEPAN BANGUNAN
BENDUNG

NAMA / NPM :

Nama: Fajriyanti Dwi Tresna Sasmita
NPM: 213050014

DOSEN PEMBIMBING :

1. Prof. Dr. Yonik Meilawati Yustiani, ST., MT.
2. Dr. Ir. Evi Afiatun, MT.

SKALA	NO GAMBAR	HALAMAN
1 : 50	5.9	V-30

5.5.4 Perhitungan Dimensi *Floating Treatment Wetland* (FTW)

- 1) Menghitung luas permukaan FTW (A)

HLR optimal yang digunakan $0,3 \text{ m}^3/\text{m}^2\cdot\text{hari}$:

$$A = \frac{Q}{HLR} = \frac{2.592}{0,3} = 8.640 \text{ m}^2$$

Sedangkan luas bendung yang direncanakan hanya 644 m^2 dengan *surface coverage* maksimal ideal sekitar 50%, yaitu sekitar:

$$\text{Luas total} \times 50\% = 644 \text{ m}^2 \times 0,5 = 322 \text{ m}^2$$

Luas FTW yang dapat dipasang (322 m^2) jauh lebih kecil daripada luas yang dibutuhkan untuk mengolah debit dalam satu hari. Maka, FTW harus dirancang sebagai unit-unit kecil yang ditempatkan secara zigzag dan dioptimalkan waktu retensi airnya agar pengolahan tetap efektif. Pola penempatan zigzag pada *Floating Treatment Wetland* (FTW) dapat membantu meningkatkan waktu kontak antara air sungai dengan akar tanaman dan biofilm mikroorganisme, sehingga memperpanjang efektifitas waktu retensi (Pusparinda, L., & Santoso, R.I.B., 2016).

- 2) Menentukan dimensi FTW

Asumsi:

Dalam memudahkan *maintenance* dan efektivitas: $2\text{m} \times 2\text{m} = 4 \text{ m}^2/\text{unit}$

- 3) Menghitung unit FTW yang dibutuhkan

$$\text{Jumlah FTW} = \frac{\text{Luas FTW yang dapat dipasang}}{\text{Luas per unit}} = \frac{322 \text{ m}^2}{4 \text{ m}^2} = 81 \text{ unit FTW}$$

4) Menghitung jumlah tanaman yang dibutuhkan

Menggunakan polikultur, yaitu campuran beberapa jenis tanaman air yang efektif dalam penyerapan polutan pada setiap unit FTW. Jarak tanam antar tanaman di dalam satu unit FTW direkomendasikan sekitar 10-30 cm, agar tanaman tumbuh optimal tanpa saling bersaing terlalu ketat, dan akar dapat berkembang untuk penyaringan polutan. Sedangkan jarak antar unit FTW di permukaan air adalah sekitar 1,5 - 3 meter untuk menjaga sirkulasi air tetap baik (Lestari, A. S., et.al., 2013)

- Luas unit FTW: 4 m² (200 cm x 200 cm)

Jika jarak tanam antar tanaman 25 cm, maka:

$$\frac{200 \text{ cm}}{25 \text{ cm}} \times \frac{200 \text{ cm}}{25 \text{ cm}} = 6 \times 6 = 36 \text{ tanaman per unit}$$

- Kepadatan : $\frac{36 \text{ tanaman}}{4 \text{ m}^2} = 9 \text{ tanaman/ m}^2$

Memberikan ruang cukup untuk pertumbuhan akar

- *Layout* dan jarak tanam

Pola grid 6 × 6:

$$\text{Jarak antar tanaman: } \frac{200 \text{ cm}}{6} = 33 \text{ cm}$$

Maka jarak tanaman secara vertikal maupun horizontal yaitu 33 cm × 33 cm.

$$\text{Jarak dari tepi: } \frac{33 \text{ cm}}{2} = 16,5 \text{ cm di semua sisi}$$

- Jumlah tanaman yang dibutuhkan secara keseluruhan

$$36 \text{ tanaman per unit} \times 81 \text{ FTW} = 2.916 \text{ tanaman yang dibutuhkan}$$

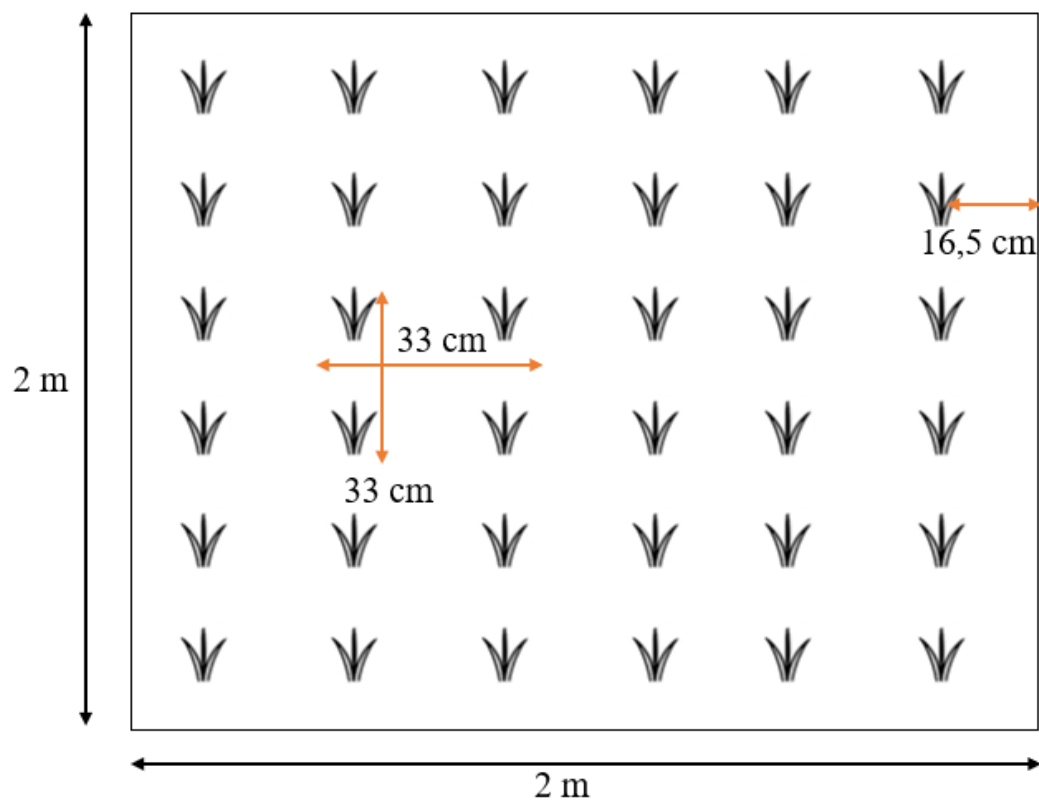
$$\frac{36 \text{ tanaman per unit}}{3 \text{ jenis tanaman}} = 12 \text{ tanaman/ jenisnya dalam satu unit FTW}$$

Tabel 5.4 Jenis Tanaman yang Akan Digunakan

Jenis tanaman	Kegunaan	Gambar
<i>Cyperus Papyrus</i> (Papyrus)	Untuk menyisihkan parameter TSS, BOD, COD, Minyak & Lemak	
<i>Scirpus Grossus</i> (Mensiang)	Untuk menyisihkan parameter Nitrit	
<i>Phragmites karka</i> (Perumpung)	Untuk menyisihkan parameter <i>coliform</i> , <i>fecal coliform</i>	

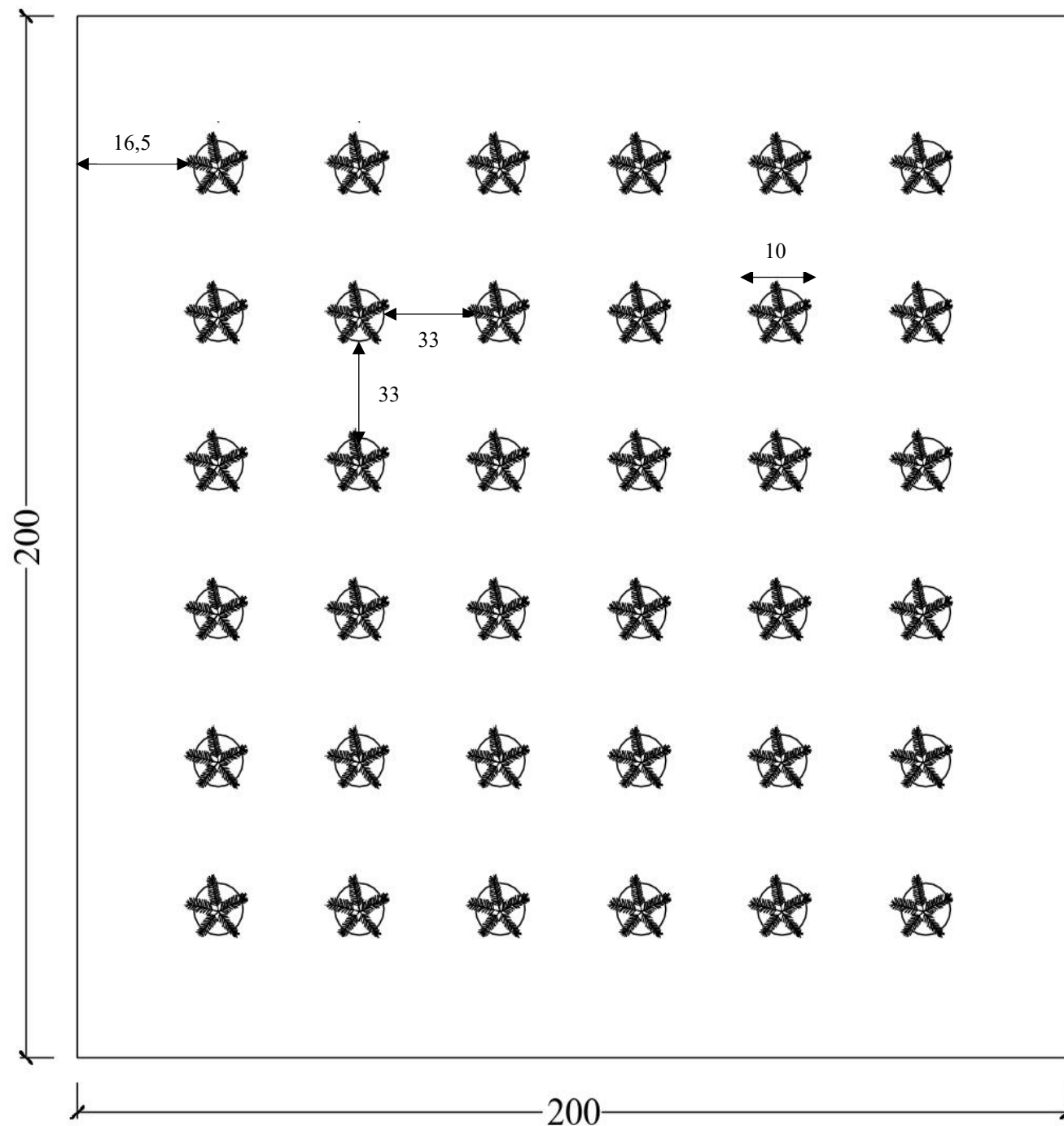
Dalam perencanaan FTW ini, tiga jenis tanaman lokal tersebut yang akan digunakan untuk dapat membantu menyisihkan parameter pencemar air Sungai Cipamokolan. Pemilihan tanaman ini didasarkan pada hasil penelitian yang sudah ada sebelumnya. Menurut Qomariyah, dkk. (2017), tanaman air jenis *Cyperus Papyrus* mampu mengolah limbah *greywater* rumah tangga (parameter TSS, pH, BOD, COD, Minyak & Lemak, dan Deterjen) dengan persentase penyisihan berkisar antara 95,47% - 99,89%. Sementara menurut Fandya, A. & Soewondo, P. (2011), tanaman *Scirpus grossus* memiliki potensi produksi dan daya serap hara yang tinggi, tumbuh pada daerah yang disinari matahari sehingga cocok dengan iklim Indonesia, dan toleran terhadap berbagai macam kondisi lingkungan. Selain itu, Efisiensi penyisihan yang didapatkan untuk parameter nitrit adalah sebesar 94,1%. Kemudian menurut Putri, E.S.K. (2019) tumbuhan *Phragmites* merupakan jenis yang paling baik untuk menurunkan jumlah bakteri *Escherichia coli* dari air limbah domestik dengan efisiensi penyisihan sebesar 96,05%.

Dalam satu unit FTW, berisi 36 tanaman. Ketiga jenis tanaman yang akan digunakan tersebut masing-masing berjumlah 12. Tanaman diletakkan sesuai dengan jenisnya dengan disusun ke arah vertikal kemudian dilanjutkan ke kolom selanjutnya hingga lubang *net pot* telah terisi semuanya dengan tanaman. Berikut sketsa penempatan tanaman pada FTW berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan sebelumnya.



Gambar 5.10 Sketsa Penempatan Tanaman Pada
Floating Treatment Wetland

Untuk penempatan tanaman pada FTW dapat dilihat pada **Gambar 5.11** berikut.



KETERANGAN



JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN
BANDUNG
2025

JUDUL TUGAS AKHIR :

PERENCANAAN PERBAIKAN
KUALITAS AIR SUNGAI
CIPAMOKOLAN DENGAN
MENGUNAKAN TEKNOLOGI
BERBASIS ALAM

JUDUL GAMBAR :

TAMPAK ATAS
FLOATING TREATMENT WETLAND
(FTW)

NAMA / NPM :

Nama: Fajriyanti Dwi Tresna Sasmita
NPM : 213050014

DOSEN PEMBIMBING :

1. Prof. Dr. Yonik Meilawati Yustiani, ST., MT.
2. Dr. Ir. Evi Afiatun, MT.

SKALA

NO GAMBAR

HALAMAN

1 : 13

5.11

V-35

5) Menghitung *layout* zigzag

Menempatkan 81 unit FTW (2×2 m) dalam area bendung 92×7 m dengan pola zigzag yang efektif.

Diketahui :

Lebar bendung : 7 m

Maka penempatan FTW menyesuaikan lebar bendung, sehingga:

- FTW per baris: 3 unit ($2 \text{ m} \times 3 = 6 \text{ m}$)
- Ruang untuk jarak: $7 - 6 = 1 \text{ m}$
- Jarak antar FTW $\frac{1}{4} = 0,25 \text{ m}$
 $0,25 + 2 + 0,25 + 2 + 0,25 + 2 + 0,25 = 7 \text{ m}$ (cukup)
- Jarak antar baris FTW = 1,5 m
 Panjang FTW + jarak antar FTW = $2 + 1,5 = 3,5 \text{ m}$
 $\frac{92}{3,5} = 26$ baris FTW
- Jarak FTW baris terakhir ke bendung :
 Panjang total – panjang baris FTW
 $92 \text{ m} - (26 \text{ baris} \times 3,5 \text{ m}) = 92 - 91 \text{ m} = 1 \text{ m}$
 Maka jarak baris terakhir FTW ke bendung yaitu 1 m.



Gambar 5.12 Sketsa Penempatan *Floating Treatment Wetland* di Air Sungai Cipamokolan

6) Menentukan struktur FTW

Secara umum FTW terdiri dari tanaman, media tanam, media apung (*bouyant material* dan *bouyant frame*), dan sistem *anchoring*, sebagai berikut:

b. Tanaman

FTW menggunakan sistem hidroponik, tanaman yang akan digunakan yaitu *Cyperus Papyrus* (Papyrus), *Scirpus Grossus* (Mensiang), dan *Phragmites karka* (Perumpung).

c. Media tanam

Penggunaan bingkai apung (*bouyant frame*), seperti pipa PVC ataupun bambu, akan lebih efektif di Indonesia. Selain tanah, ada beberapa media tanam hidroponik yang dapat diaplikasikan untuk FTW, antara lain arang sekam, *cocopeat*, dan *rockwool*. Persyaratan terpenting untuk media tanam FTW adalah harus ringan dan porus sehingga mampu melarutkan nutrisi dengan baik (Pusparinda, L., & Santoso, R.I.B., 2016).

- Menghitung beban total per unit FTW (2 x 2 m)

- Luas per unit = 4 m^2

- Media tanam : *rockwool* tebal 5 cm

Berat rata-rata media tanam yaitu sekitar $3,5 \text{ kg/m}^2$

Berat media tanam per unit = $4 \text{ m}^2 \times 3,5 \text{ kg/m}^2 = 14 \text{ kg}$

- Tanaman (49 tanaman/unit):

Rata-rata berat tanaman 150 gram (0,15 kg)

Berat rata-rata tanaman per unit + 49 pot jaring = 15 kg

- Rangka dan media apung (*Hybrid Bambu-Mesh*)

Berat perkiraan 45 kg per unit

Hybrid Bambu-Mesh dipilih karena mempunyai kekuatan yang optimal, *Mesh* dapat menahan *net pot* dengan baik, biaya masih terjangkau dan juga kemudahan maintenancenya. Jenis bambu yang akan dipilih yaitu Bambu betung (*Dendrocalamus asper*) dengan keunggulan memiliki diameter besar sehingga memberikan daya apung

maksimal, tahan air dan kelembapan tinggi, serat kuat menahan tekanan lateral air dan tersedia luas di Indonesia. Sedangkan *Mesh* yaitu jaring kawat untuk menahan *net pot* agar tidak jatuh ke dalam air dan memperkuat struktur bambu seperti tulang besi pada beton.

- Total berat per unit FTW: $14 + 15 + 45 = 74 \text{ kg}$

- Menghitung daya apung

Berat jenis air tawar = 1 kg/liter

Total berat per unit FTW = 74 kg

Daya apung minimum = Total beban $\times$ *Safety Factor*
 $= 74 \text{ kg} \times 1,5 = 111 \text{ kg}$

Rangka dan media apung:

Daya apung bambu betung = 780 kg (karena berat jenis air 1 kg/liter)

Volume minimum : $\frac{111}{780} = 0,14 \text{ m}^3$

Desain:

Dimensi : $2 \times 2 \times 0,1 = 0,4 \text{ m}^3$

Daya apung tersedia: $0,4 \times 780 = 312 \text{ kg}$

Safety factor aktual: $\frac{312}{111} = 2,8$ (aman untuk fluktuasi beban)

Jadi, media tanam dan rangka FTW yang digunakan yaitu

- Media tanam: *rockwool*

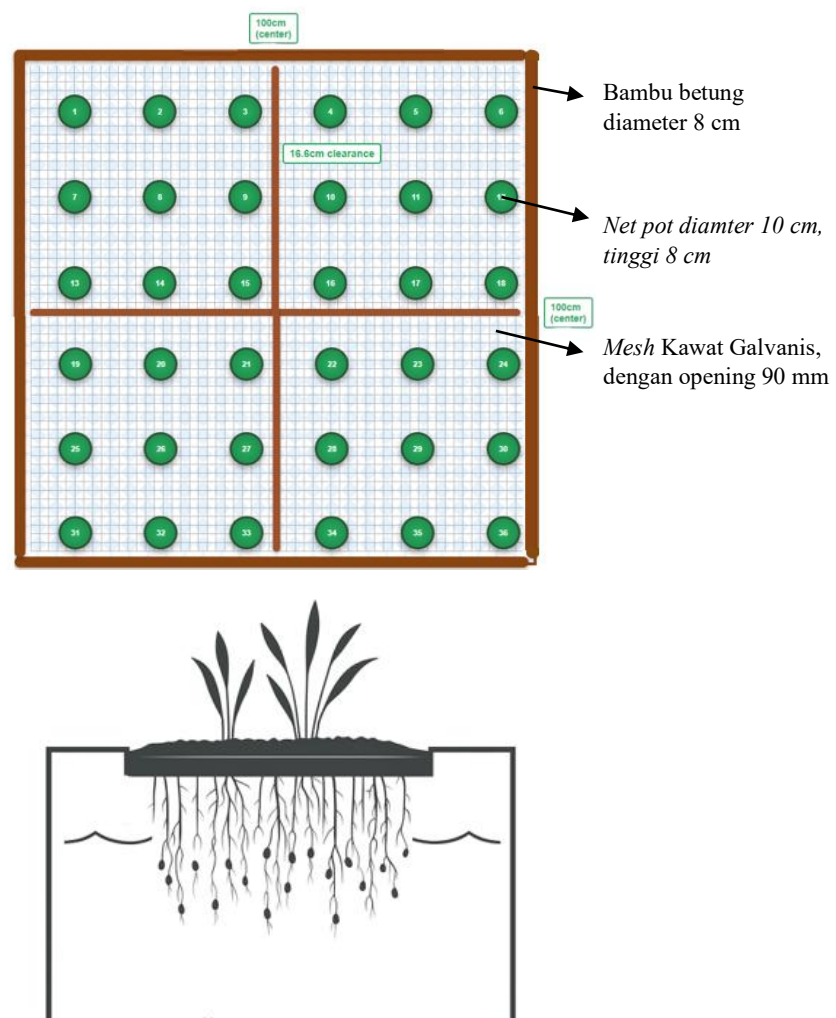
Net pot berdiameter 10 cm , tinggi 8 cm

- Rangka dan media apung

- 4 batang bambu betung @ 200 cm (*frame* utama)
- 2 batang bambu betung @ 210 cm (*cross beam; center*)
- Diameter bambu betung yang digunakan 8 cm
- *Mesh* kawat galvanis *wire* diameter $2,5 \text{ mm}$
- *Mesh opening* : 90 mm

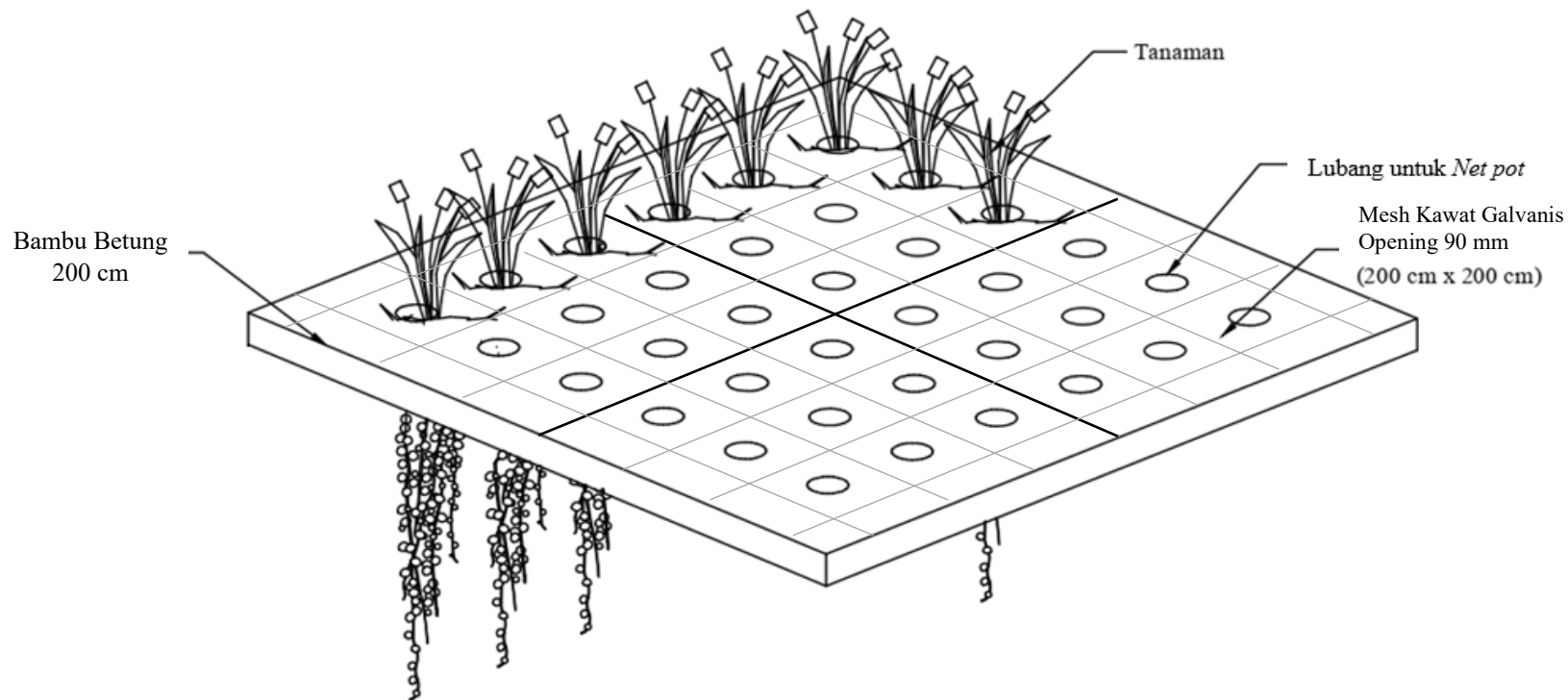
d. *Anchor* dengan sistem tali:

Tali *polyethylene* yang diikat pada unit FTW per baris kemudian mengikatnya ke bagian kiri kanan dinding sungai menggunakan sekrup tertutup. Dikarenakan debit relatif kecil dan begitupun dengan kecepatan alirannya memungkinkan sistem tali ini lebih praktis digunakan. Kegunaannya yaitu untuk menjaga posisi FTW agar tidak bergerak terbawa arus, gelombang, angin, dan fluktuasi ketinggian air. Dengan demikian, FTW tetap berada di lokasi yang diinginkan meskipun permukaan air berubah-ubah.



Gambar 5.13 Sketsa Unit *Floating Treatment Wetland*

Untuk detail dimensi FTW dapat dilihat pada **Gambar 5.14** serta **Gambar 5.15** untuk *layout* FTW pada Sungai Cipamokolan



KETERANGAN



JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN
BANDUNG
2025

JUDUL TUGAS AKHIR :

PERENCANAAN PERBAIKAN
KUALITAS AIR SUNGAI
CIPAMOKOLAN DENGAN
MENGGUNAKAN TEKNOLOGI
BERBASIS ALAM

JUDUL GAMBAR :

FLOATING TREATMENT WETLAND (FTW)

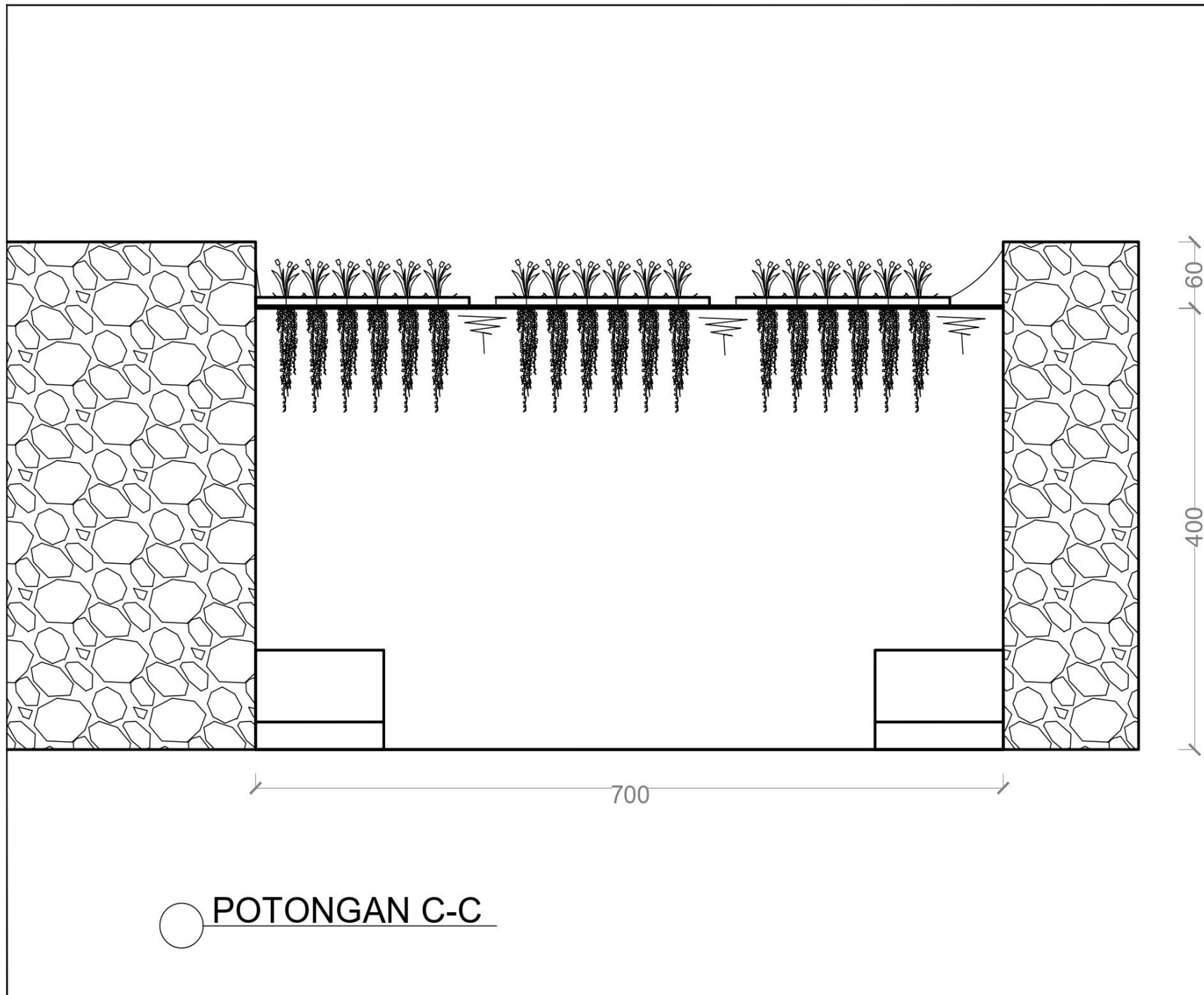
NAMA / NPM :

Nama : Fajriyanti Dwi Tresna Sasmita
NPM : 213050014

DOSEN PEMBIMBING :

1. Prof. Dr. Yonik Meilawati Yustiani, ST., MT.
2. Dr. Ir. Evi Afiatun, MT.

SKALA	NO GAMBAR	HALAMAN
1 : 25	5.14	V-40



KETERANGAN



JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN
BANDUNG
2025

JUDUL TUGAS AKHIR :

PERENCANAAN PERBAIKAN
KUALITAS AIR SUNGAI
CIPAMOKOLAN DENGAN
MENGUNAKAN TEKNOLOGI
BERBASIS ALAM

JUDUL GAMBAR :

TAMPAK DEPAN *FLOATING
TREATMENT WETLAND (FTW)* DI
BANGUNAN BENDUNG

NAMA / NPM :

Nama: Fajriyanti Dwi Tresna Sasmita
NPM: 213050014

DOSEN PEMBIMBING :

1. Prof. Dr. Yonik Meilawati Yustiani, ST., MT.
2. Dr. Ir. Evi Afiatun, MT.

SKALA

1 : 50

NO GAMBAR

5.15

HALAMAN

V-41

5.6 Pengelolaan *Floating Treatment Wetland* (FTW)

Prosedur pengelolaan umum yang dapat diterapkan untuk FTW antara lain:

- a. Memastikan sambungan antara media tanam dan media apung.
- b. Lakukan pengambilan sampel air setiap 1 bulan sekali untuk mengetahui kualitas air yang telah diproses melalui FTW.
- c. Pemilihan umur tanaman untuk tahap awal pembuatan FTW perlu diperhatikan. Tanaman yang terlalu muda berpotensi mengalami kerusakan oleh serangan burung ataupun hewan lainnya. Untuk menjamin kehidupan tanaman pada tahap awal dapat digunakan tanaman yang kuat, runcing atau tanaman yang mempunyai daun yang tajam. Vegetasi yang cocok untuk aplikasi reaktor FTW ditentukan dengan melihat kemampuan penyisihan pencemar rata-rata pada umur tanaman 3-6 minggu yang terbesar untuk setiap m³ limbah per hari (Lestari, A. S., Iqbal, R., & Soewondo, P., 2013). Cara lainnya yang dapat dilakukan adalah dengan melakukan pembibitan tanaman sebelum dipindah ke badan air.
- d. Pemanenan dilakukan untuk tanaman yang telah berada pada siklus akhir hidupnya yaitu ketika tanaman telah tua dan mulai berguguran. Cara panen yang digunakan adalah panen keseluruhan atau panen sebagian. Panen keseluruhan berarti memanen tanaman dengan cara mencabut hingga akarnya. Sedangkan panen sebagian adalah dengan memotong tumbuhan yang telah tua dan meninggalkan tumbuhan yang masih muda sehingga jumlah tumbuhan tidak terlalu padat.

BAB VI

SPESIFIKASI TEKNIS DAN RENCANA ANGGARAN BIAYA

6.1 Spesifikasi Teknis

Spesifikasi teknis pada perencanaan perbaikan kualitas air Sungai Cipamokolan ini mencakup bangunan bendung, sistem pelimpah dan *Floating Treatmen Wetland* (FTW).

6.1.1 Bangunan Bendung

Desain bangunan bendung disesuaikan dengan kebutuhan pembangunan, mempertimbangkan aspek kekuatan struktur, serta ketahanan bangunan. Spesifikasi teknis masing-masing komponen pekerjaan dijelaskan sebagai berikut:

a. Pekerjaan pondasi bendung

Pondasi beton bertulang dipilih karena lebih kuat dan tahan lama. Mutu beton yang digunakan yaitu K-300, dengan tulangan utama; D16-150 (diameter 16mm, jarak 15cm), Tulangan Pembagi; D12-200 (diameter 12mm, jarak 20cm) dan *Dowel Bar* Sambungan; D16-800. Pengerjaan dilakukan dengan metode pengecoran bertahap menggunakan bekisting yang rapi dan pemasangan tulangan sesuai gambar kerja.

b. Pekerjaan dinding bendung

Dinding bendung menggunakan beton bertulang untuk dapat menahan air sesuai yang direncanakan. Mutu Beton yang digunakan yaitu K-350, dengan Tulangan Vertikal; D19-200 dan Tulangan Horizontal; D16-25. Dinding bendung dikerjakan dengan sistem *lift* (pengecoran bertahap) untuk memudahkan pengendalian kualitas dan mencegah segregasi beton. Bekisting menggunakan panel multiplek atau panel baja dengan sistem *tie rod* untuk menahan tekanan beton. Permukaan akhir dinding bendung di *finishing* dengan *float* untuk mendapatkan permukaan yang rata dan halus.

6.1.2 Bangunan Sistem Pelimpah

Sistem pelimpah menggunakan beton bertulang dengan mutu beton K-300, dan Tulangan; D16-150 untuk tulangan utama dan Beton K-250 tebal 20 cm untuk lapisan saluran pelimpah. Pembuatan sistem pelimpah tipe ogee memerlukan bekisting khusus yang dibentuk sesuai kurva hidrolis standar untuk tinggi bendung 4 meter. Bekisting profil ogee di fabrikasi di *workshop* menggunakan rangka baja *hollow* 4x4 cm yang dibentuk mengikuti kurva ogee, kemudian dilapisi plat baja tebal 3 mm atau multiplek *marine grade* tebal 21 mm. Bekisting harus diperkuat dengan rib pengaku setiap 50 cm untuk mencegah deformasi saat pengecoran. Permukaan bekisting dilapisi *release agent* agar mudah dibongkar setelah beton mengeras. Permukaan sistem pelimpah di *finishing* dengan *steel trowel* untuk mendapatkan permukaan yang sangat halus dan mengurangi gesekan aliran air.

6.1.3 Sistem Bypass

Sistem *bypass* ini untuk mengalihkan seluruh aliran air sungai melalui pipa HDPE yang dipasang melewati atau mengelilingi area konstruksi, sementara pompa berfungsi sebagai *booster* untuk memastikan aliran tetap lancar dan mengatasi perbedaan elevasi. Pekerjaan ini dimulai dengan pemasangan sistem *bypass* sebelum galian pondasi dimulai. Pipa HDPE diameter 2 inch dipasang sekitar 5 meter sebelum area konstruksi dan sepanjang area setelah konstruksi. Setelah pipa terpasang, dibuat bendung sementara sederhana dengan karung pasir untuk mengarahkan aliran air masuk ke pipa. Pompa sentrifugal 5 HP dipasang di titik sebelum konstruksi. Setelah sistem *bypass* berfungsi dan seluruh air sungai dialihkan, area konstruksi dipompa kering menggunakan pompa *dewatering* 3 HP untuk menghilangkan air tanah dan rembesan. Galian pondasi kemudian dapat dimulai dalam kondisi kering sempurna, memungkinkan pekerjaan pemasangan tulangan dan pengecoran berlangsung tanpa adanya risiko kontaminasi air.

6.1.4 Unit *Floating Treatment Wetland* (FTW)

Dalam perbaikan kualitas air Sungai Cipamokolan ini menggunakan teknologi *Floating Treatment Wetland* (FTW), berikut spesifikasi masing-masing komponen pekerjaannya:

a. Pekerjaan pemasangan FTW

Floating treatment wetland (FTW) diletakkan pada titik dan jarak yang sudah ditentukan dari hasil perhitungan sebelumnya. Zona pemasangan dipilih dengan mempertimbangkan jarak yang efektif antar modul FTW. Pemasangan *anchor* sistem tali dilakukan dengan menali setiap unit baris FTW kemudian diikat ke bagian kanan dan kiri sungai menggunakan tali berbahan *polyethylene* dan sekrup tertutup untuk mengantisipasi fluktuasi air.

b. Sistem apung *Floating Treatment Wetland*

Sistem apung FTW menggunakan *frame* bambu betung 4 buah dan *mesh* kawat galvanis yang masing-masingnya berukuran 200 cm membentuk grid 200 cm x 200 cm. Sistem *flotation* menggunakan bambu betung untuk memberikan daya apung yang cukup. Pada media apung tersebut dibuat lubang untuk menempatkan 36 *net pot* berdiameter 10 cm yang digunakan untuk menyimpan media tanam dengan membentuk grid 6x6.

c. Penanaman dan pemeliharaan *Floating Treatment Wetland*

Media tanam menggunakan *rockwool* yang ditempatkan dalam *net pot* berdiameter 10 cm. Tanaman yang digunakan yaitu yang sudah melewati masa pembibitan. Pemeliharaan rutin meliputi pemangkasan tanaman yang sudah layu, penggantian media tanam setiap 6 bulan, dan monitoring kualitas air bulanan untuk mengetahui efisiensi penyisihan parameter pencemar oleh tanaman yang digunakan dalam teknologi *Floating Treatment Wetland* ini.

6.2 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Perhitungan RAB diperlukan untuk mengetahui perkiraan biaya yang dibutuhkan untuk perbaikan kualitas air Sungai Cipamokolan. Pedoman penyusunan RAB terdapat pada Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 1 Tahun 2022 tentang Pedoman Penyusunan Perkiraan Biaya Pekerjaan Konstruksi Bidang Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. RAB dihitung berdasarkan hasil perhitungan volume pekerjaan yang dikalikan dengan harga satuan tiap pekerjaan yang mengacu pada Keputusan Gubernur Bandung Nomor 030/820/2022 tentang Penetapan Standar Harga Satuan Barang dan Jasa Pemerintah Bandung Tahun Anggaran 2023. Berikut merupakan total RAB perbaikan kualitas air Sungai Cipamokolan yang dapat dilihat pada **Tabel 6.1** sebagai berikut.

Tabel 6.1 Rencana Anggaran Biaya Perencanaan Perbaikan Kualitas Air Sungai Cipamokolan

No.	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Jumlah Harga
Pekerjaan Persiapan					
1	Pembersihan lahan	m ²	28	Rp. 52.549,00	Rp. 1.471.372,00
2	Pengukuran dan Pemasangan <i>Bouwplank</i>	m'	23	Rp. 168.720,00	Rp. 3.880.560,00
Subtotal					Rp. 5.351.932,00
Pekerjaan Galian dan Sistem <i>Bypass</i>					
1	Penggalian pondasi bendung (7m x 4m x 1,8m)	m ³	50	Rp. 66.770,00	Rp. 3.338.500,00
2	Penggalian pondasi sistem pelimpah (7m x 4m x 1,8m)	m ³	50	Rp. 66.770,00	Rp. 3.338.500,00
3	Pengurugan tanah kembali	m ³	100	Rp. 29.430,00	Rp. 2.943.000,00
4	Pipa HDPE 2 inch + Pompa sentrifugal	set	1	Rp. 15.000.000,00	Rp. 15.000.000
5	Pemasangan pipa	m	10	Rp. 120.512,00	Rp. 1.205.120,00
6	<i>Cofferdam</i> karung pasir	m ³	18	Rp. 25.000,00	Rp. 450.000,00
7	Pembongkaran <i>Cofferdam</i>	m ³	18	Rp. 25.000,00	Rp. 450.000,00
Subtotal					Rp. 26.725.120,00

No.	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Jumlah Harga
Pekerjaan Bendung					
1	Pembuatan campuran beton pondasi K-300	m ³	50	Rp. 895.000,00	Rp. 44.750.000,00
2	Pembuatan campuran beton dinding bendung K-300	m ³	84	Rp. 895.000,00	Rp. 75.180.000,00
3	Pembesian pondasi fy-400	Kg	500	Rp. 17.200,00	Rp. 8.600.000,00
4	Pembesian dinding bendung fy-400	Kg	840	Rp. 17.200,00	Rp. 14.448.000,00
5	Bekisting pondasi	m ²	95	Rp. 165.000,00	Rp. 18.480.000,00
6	Bekisting dinding bendung	m ²	112	Rp. 165.000,00	Rp. 18.480.000,00
7	Bongkar bekisting pondasi	m ²	95	Rp. 25.006,00	Rp. 2.375.570,00
8	Bongkar bekisting dinding bendung	m ²	112	Rp. 25.006,00	Rp. 2.800.672,00
9	<i>Waterproofing membrane</i>	m ²	112	Rp. 135.000,00	Rp. 15.120.000,00
Subtotal					Rp. 200.234.242,00

No.	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Jumlah Harga
Pekerjaan Sistem Pelimpah					
1	Fabrikasi bekisting profil ogee	m ²	104	Rp. 165.000,00	Rp. 17.160.000,00
2	Pembuatan campuran beton sistem pelimpah K-350	m ³	90	Rp. 945.000,00	Rp. 85.050.000,00
3	Pembesian sistem pelimpah fy-400	Kg	900	Rp. 17.200,00	Rp. 15.480.000,00
4	<i>Finishing</i> permukaan sistem pelimpah	m ²	40	Rp. 125.000,00	Rp. 5.000.000,00
5	Bongkar bekisting	m ²	104	Rp. 25.006,00	Rp. 2.600.624,00
Subtotal					Rp. 125.290.624,00
<i>Floating Treatment Wetland</i>					
1	Bambu betung diameter 8 cm @ 200 4 buah @ 210 2 buah	Buah	486	Rp. 30.000,00	Rp. 14.580.000,00
2	<i>Mesh</i> kawat galvanis 200 x 200 cm, opening 90 mm, wire diameter 2,5 mm	Buah	81	Rp. 400.000,00	Rp. 32.400.000,00
3	<i>Net pot</i> diameter 10 cm, Tinggi 8 cm	Buah	2.916	Rp. 900,00	Rp. 2.624.400,00

No.	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Jumlah Harga
4	Rockwool tebal 5 cm (60 kotak)	Pack	67	Rp. 8.000,00	Rp. 536.000,00
5	Bibit tanaman (3 jenis)	Buah	2.916	Rp. 6.000,00	Rp. 17.496.000,00
6	Tali <i>polyethylene</i> @180 m	m	9	Rp. 65.000,00	Rp. 585.000,00
7	Sekrup tertutup	Buah	324	Rp. 1.000,00	Rp. 324.000,00
8	Kawat tali @ 60 m	Buah	6	Rp. 69.800,00	Rp. 418.800,00
9	Perakitan dan pemasangan FTW	unit	81	Rp. 105.000,00	Rp. 8.505.000,00
Subtotal					Rp. 77.469.200,00

Tabel 6.2 Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya Perencanaan Perbaikan Kualitas Air Sungai Cipamokolan

No.	Uraian	Jumlah Harga
1	Pekerjaan Persiapan	Rp. 5.351.932,00
2	Pekerjaan Galian dan <i>Bypass</i>	Rp. 26.725.120,00
3	Pekerjaan Beton Bertulang Bendung	Rp. 200.234.242,00
4	Pekerjaan Sistem Pelimpah	Rp. 125.290.624,00
5	<i>Floating Treatment Wetland</i>	Rp. 77.469.200,00
Total		Rp. 435.071.118,00

BAB VII

KESIMPULAN DAN SARAN

7.1 Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan dan perhitungan yang sudah dilakukan mengenai perencanaan perbaikan kualitas air Sungai Cipamokolan menggunakan *Floating Treatment Wetland* (FTW) pada bab-bab sebelumnya, maka dapat diambil beberapa kesimpulan, yaitu:

1. Teknologi terpilih dalam perencanaan perbaikan kualitas air Sungai Cipamokolan ini adalah *Floating Treatment Wetland* (FTW) dengan melakukan rekayasa sungai melalui pembuatan bendung.
2. *Floating Treatment Wetland* (FTW) yang direncanakan sebanyak 81 unit dengan masing-masing unit berukuran 2 m × 2 m dan ditanami 3 jenis tanaman lokal yang dapat menyisihkan parameter pencemar air Sungai Cipamokolan yaitu *Cyperus Papyrus* (Papyrus), *Scirpus Grossus* (Mensiang), dan *Phragmites karka* (Perumpung). Luas FTW yang terpasang yaitu 50% dari luas bendung yakni 322 m² dengan penempatan pola zigzag. Rekayasa sungai melalui bendung dilakukan untuk mencapai minimum kedalaman air untuk penerapan *Floating Treatment Wetland* (FTW). Bendung yang direncanakan yaitu dengan lebar 7 m dan tinggi 4 m dan dilengkapi dengan sistem pelimpah *overflow* tipe ogee untuk dapat mengalirkan air dengan terkendali.
3. Rencana Anggaran Biaya (RAB) yang dibutuhkan dalam perencanaan perbaikan kualitas air Sungai Cipamokolan menggunakan *Floating Treatment Wetland* (FTW) ini yaitu sebesar Rp. 435.071.118,00.

7.2 Saran

Berikut merupakan saran terhadap perencanaan yang telah dilakukan di wilayah Sungai Cipamokolan:

1. Mempertimbangkan kedalaman optimal bendung terhadap efektifitas penyisihan parameter pencemar.
2. Melakukan perhitungan terhadap *surface loading rate* untuk mengetahui kapasitas desain yang direncanakan.
3. Melakukan perhitungan terhadap *Hydraulic Loading Rate* (HLR) untuk mengukur efisiensi penyisihan parameter pencemar.

DAFTAR PUSTAKA

- Arivukkarasu, D., & Sathyanathan, R. (2023). *Floating Wetland Treatment An Ecological Approach For The Treatment Of Water And Wastewater – A Review*. Proceedings 77. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.11.191>.
- Barco, A., & Borin, M. (2020). *Treatment performances of floating wetlands: A decade of studies in North Italy*. Ecological Engineering Journal. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2020.106016>.
- Dilaga, S., Hardiansyah, Y., Hamdi, F., & Tongeng, A. B. (2023). *Analisis Distribusi Debit Aliran pada Pelimpah dengan Variasi Model Bangunan Peluncur*. *Journal of Local Architecture and Civil Engineering* Volume 1 Nomor 1. [10.59810/localengineering](https://doi.org/10.59810/localengineering).
- Fandya, A. & Soewondo, P. (2019). *Efisiensi Penyisihan Organik Air Sodetan Sungai Citarum Menggunakan Constructed Wetland Dengan Tanaman Typha Sp. Dan Scirpus Grossus (Studi Kasus : Desa Daraulin, Kabupaten Bandung)*. *Jurnal Teknik Lingkungan* Volume 17 Nomor 2.
- Fauzi, M., Besperi, Prasetya, B. (2016). *Perencanaan Tubuh Bendungan Air Padang Guci Kabupaten Kaur Provinsi Bengkulu*. *Jurnal Inersia* Volume 8 Nomor 2. <https://doi.org/10.33369/ijts.8.2.1-16>.
- Hidrolika Sungai*. Pelatihan Perencanaan Teknis Sungai. Kementerian Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat. Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia. Pusat Pengembangan Kompetensi Sumber Daya Air Dan Permukiman.
- Jannah, N., & Putra, M. S.T. (2024). *Design of floating treatment wetland in PT Antam Tbk UBP Bauksit Kalimantan Barat*. E3S Web of Conferences. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202457701005>.
- Keputusan Wali Kota Bandung Nomor 027/Kep.1732-BKAD/2023 tentang Standarisasi Harga Tertinggi Satuan Barang /Jasa Tahun Anggaran 2024.

- Kurnia, I. A. M. (2017). *Jenis Dan Tingkat Kesuburan Tanah*. Dinas Pertanian Kabupaten Buleleng. Diperoleh dari <https://distan.bulelengkab.go.id>
- Laporan Akhir Masterplan Air Limbah Sungai Cipamokolan Tahun Anggaran 2021. BAPPELITBANG Kota Bandung.
- Lestari, A. S., Iqbal, R., & Soewondo. (2013). *Studi Pengolahan Air Sungai Tanggulan Sub DAS Cikapundung Menggunakan Floating Treatment Wetlands Dengan Potensi Partisipasi Masyarakat Sekitar*. Jurnal Teknik Lingkungan Volume 19 Nomor 1. <http://dx.doi.org/10.5614/jtl.2013.19.1.2>.
- Montjai, A. A., Rombang, J. A., & Kalangi, J. I. *Analisis Koefisien Kekasaran Sungai Di Sungai Sario Dengan Persamaan Manning*. Universitas Sam Ratulangi, Manado. Diperoleh dari <http://Jurnal+Adenancy+A.+Montjai>.
- Nurhaliza, Putra, Y. S., & Kushadiwijayanto, A. A. (2022). Studi Numerik Pola Aliran di Sekitar Pintu Air Menggunakan Pendekatan Komputasi Dinamika Fluida. Prisma Fisika, Volume 10, Nomor 3, Halaman 241 – 250. <https://jurnal.untan.ac.id>.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 27 Tahun 2021 Tentang Indeks Kualitas Lingkungan Hidup.
- Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.
- Prasetyo, R. A. (2021). *Review Jurnal “Teknologi Fitoremediasi Untuk Pemulihan Lahan Tercemar Minyak”*. Jurnal Petro Volume X, Nomor 2. <http://trijurnal.lemlit.trisakti.ac.id/index.php/petro>.
- Pusparinda, L., & Santoso, R. I. B. (2016). *Studi Literatur Perencanaan Floating Treatment Wetland di Indonesia*. Jurnal Teknik ITS Vol. 5, No. 2.
- Putri, E. S. K. (2019). Persentase Penurunan *Escherichia Coli* Pada Sistem *Constructed Wetland* Menggunakan Jenis Tanaman Yang Berbeda. (Skripsi). Universitas Sriwijaya. Diperoleh dari <https://repository.unsri.ac.id/14275/4>.

- Qomariyah, S., Sobriah, Koosdaryani, & Muttaqien A., Y. (2020). *Lahan Basah Buatan Sebagai Pengolahan Limbah Cair dan Penyedia Air Non-Konsumsi*. Jurnal Riset Rekayasa Sipil Universitas Sebelas Maret, Volume 1, Nomor 1. <http://dx.doi.org/10.20961/jrrs.v1i1.14712>.
- Sandi, I. K. (2020). *Analisis Stabilitas Tubuh Bendungan Menggunakan Metode Bishop Dan Perhitungan Rembesan Dengan Pendekatan Metode Cassagrande (Studi Kasus: Bendungan Pondok, Kabupaten Ngawi, Jawa Timur)*. (Tugas Akhir). Universitas Islam Indonesia. Diperoleh Dari [Https://Dspace.Uii.Ac.Id](https://Dspace.Uii.Ac.Id).
- Sergio, D.Z., & Finotti, A. A. R. (2023). *Field-Scale Constructed Floating Wetland Applied for Revitalization of a Subtropical Urban Stream in Brazil*. *Sustainability* 2023, 15, 14923. <https://doi.org/10.3390>.
- Sucahyo, L., Supriyanto, Tasmara, J., & Salsabila, S. (2023). *Panduan Praktis Hidroponik Dengan Metode Rakit Apung Untuk Budidaya Tanaman Hortikultura Sayuran*. Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (LPPM) IPB University.

L

A

M

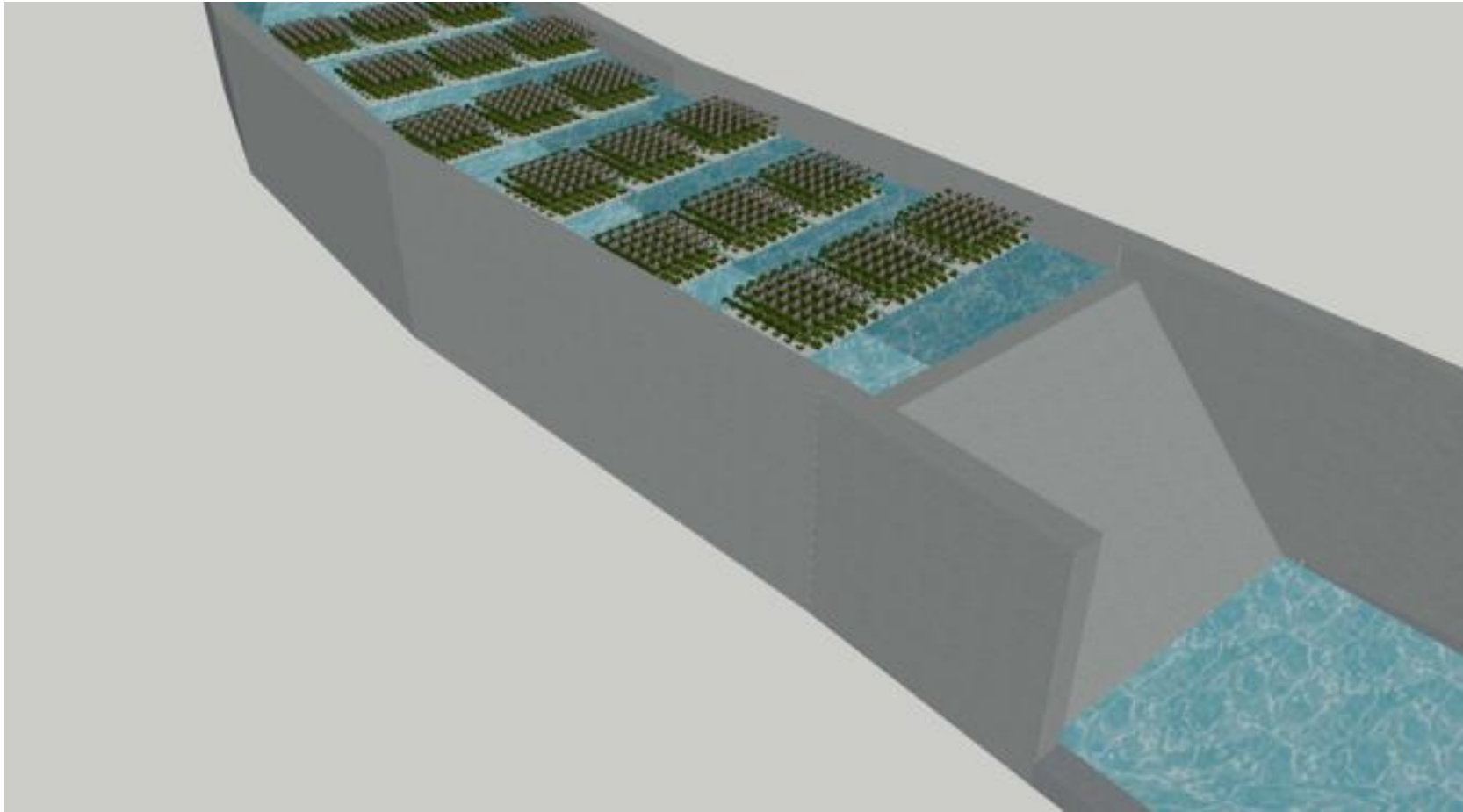
P

I

R

A

N



KETERANGAN



JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN
BANDUNG
2025

JUDUL TUGAS AKHIR :

PERENCANAAN PERBAIKAN
KUALITAS AIR SUNGAI
CIPAMOKOLAN DENGAN
MENGUNAKAN TEKNOLOGI
BERBASIS ALAM

JUDUL GAMBAR :

3D VISUAL BANGUNAN BENDUNGAN
BESERTA *FLOATING TREATMENT
WETLAND (FTW)* PADA AIR SUNGAI
CIPAMOKOLAN

NAMA /NPM :

Nama: Fajriyanti Dwi Tresna Sasmita
NPM: 213050014

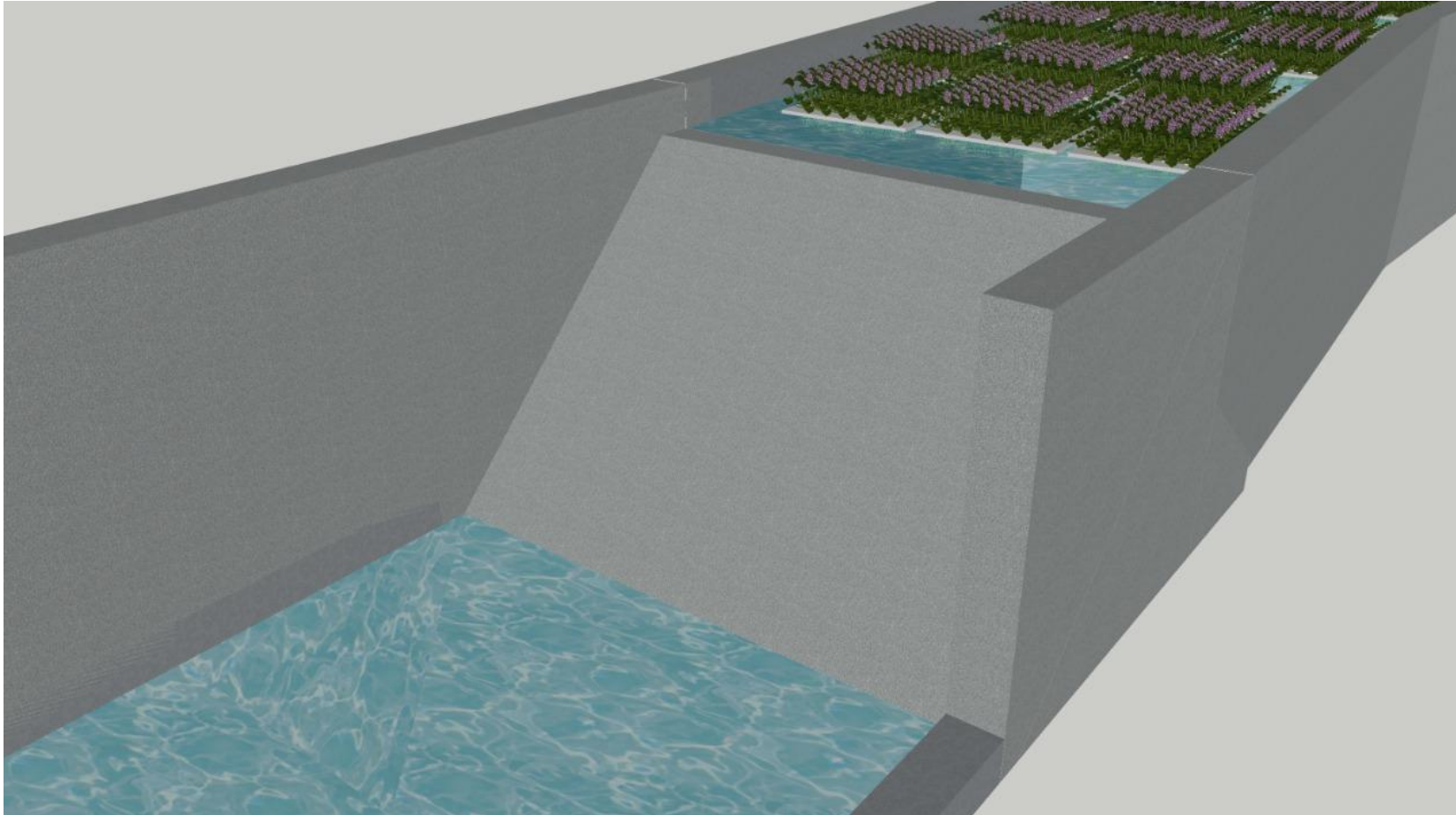
DOSEN PEMBIMBING :

1. Prof. Dr. Yonik Meilawati Yustiani, ST., MT.
2. Dr. Ir. Evi Afiatun, MT.

SKALA

NO GAMBAR

HALAMAN



KETERANGAN



JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN
BANDUNG
2025

JUDUL TUGAS AKHIR :

PERENCANAAN PERBAIKAN
KUALITAS AIR SUNGAI
CIPAMOKOLAN DENGAN
MENGUNAKAN TEKNOLOGI
BERBASISI ALAM

JUDUL GAMBAR :

3D VISUAL BANGUNAN *SPILLWAY*

NAMA / NPM :

Nama: Fajriyanti Dwi Tresna Sasmita
NPM: 213050014

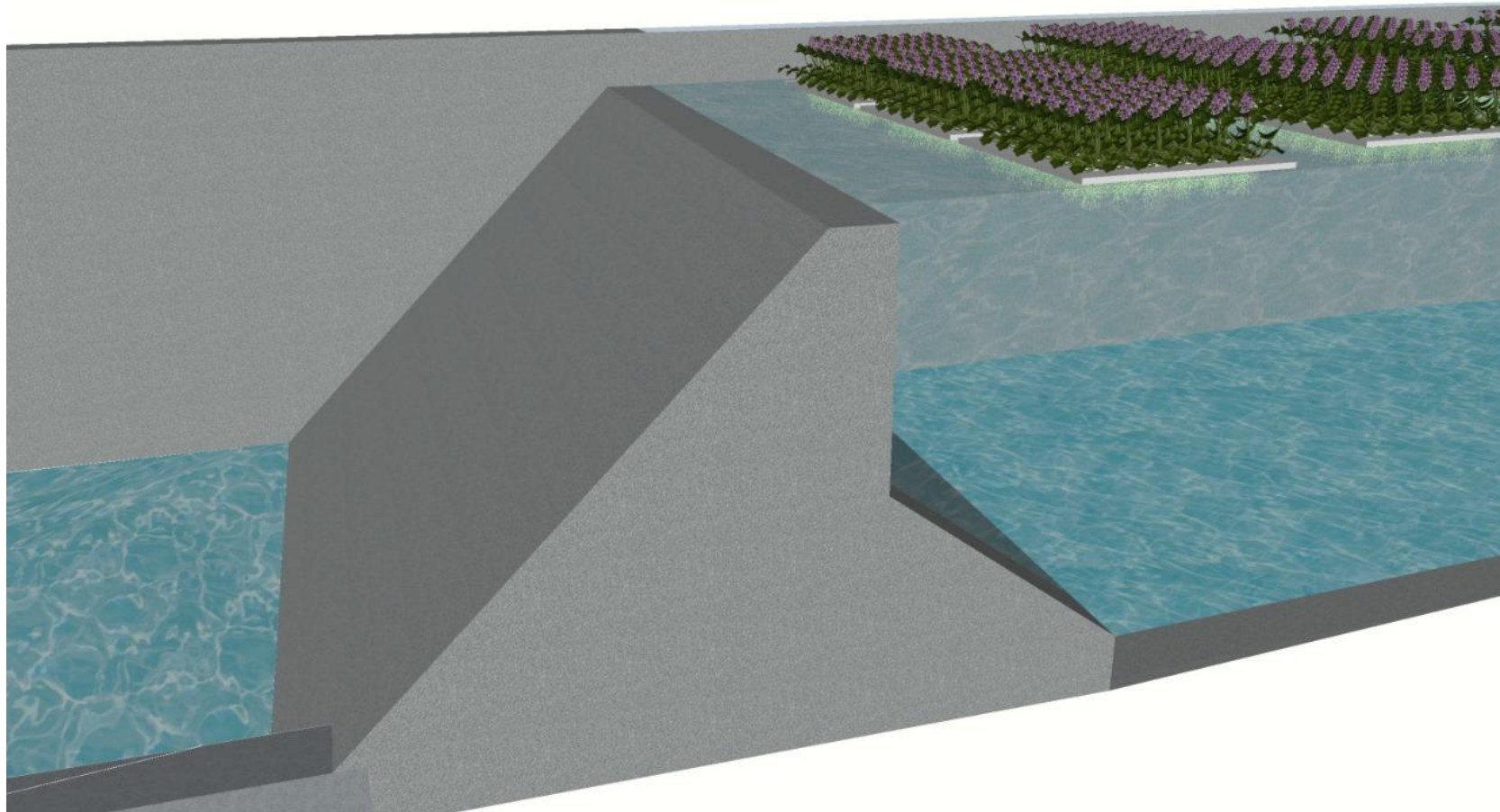
DOSEN PEMBIMBING :

1. Prof. Dr. Yonik Meilawati Yustiani, ST., MT.
2. Dr. Ir. Evi Afiatun, MT.

SKALA

NO GAMBAR

HALAMAN



KETERANGAN



JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN
BANDUNG
2025

JUDUL TUGAS AKHIR :

PERENCANAAN PERBAIKAN
KUALITAS AIR SUNGAI
CIPAMOKOLAN DENGAN
MENGUNAKAN TEKNOLOGI
BERBASIS ALAM

JUDUL GAMBAR :

TAMPAK SAMPING BANGUNAN
BENDUNGAN DAN *SPILLWAY*

NAMA /NPM :

Nama: Fajriyanti Dwi Tresna Sasmita
NPM: 213050014

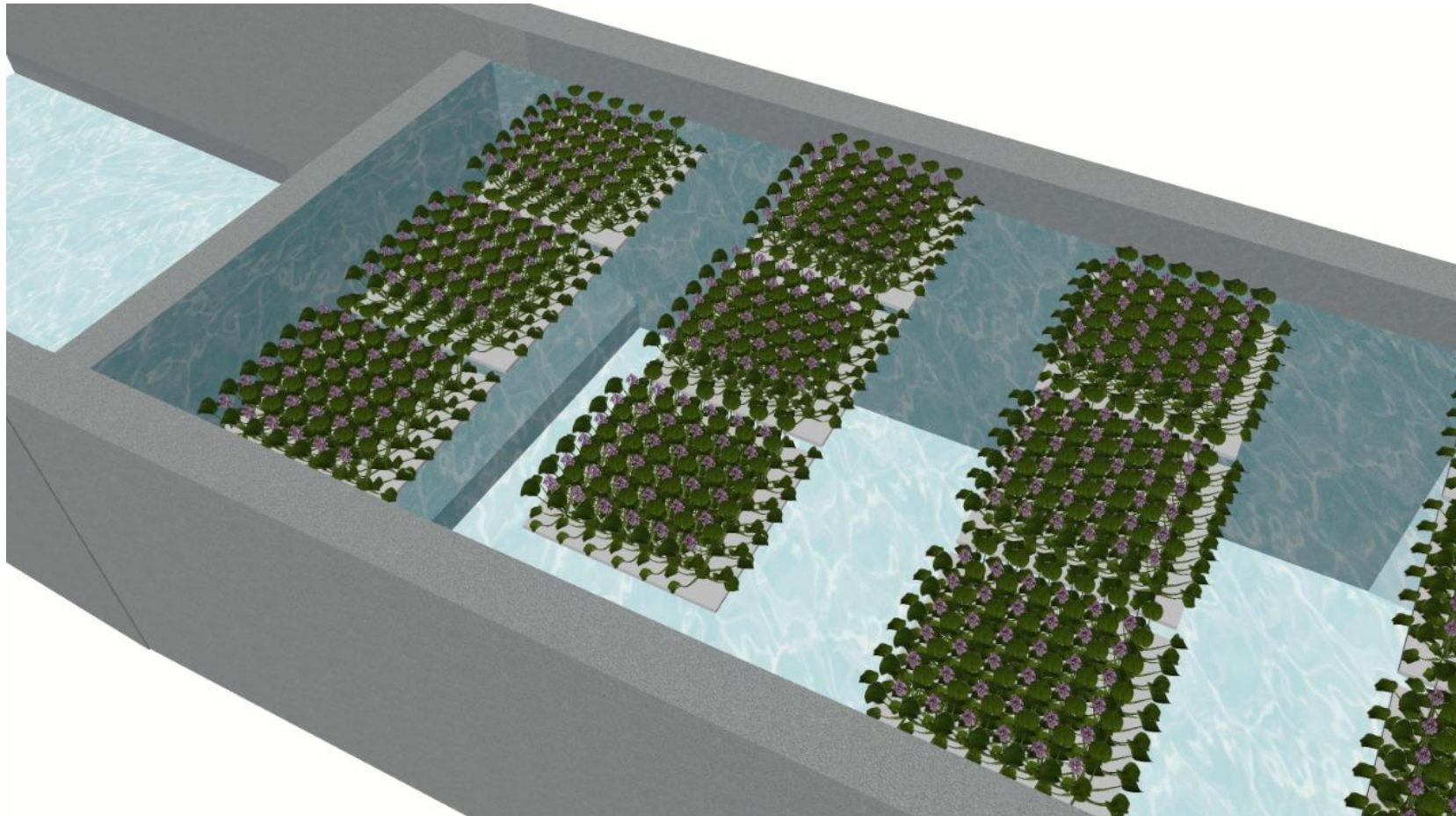
DOSEN PEMBIMBING :

1. Prof. Dr. Yonik Meilawati Yustiani, ST., MT.
2. Dr. Ir. Evi Afiatun, MT.

SKALA

NO GAMBAR

HALAMAN



KETERANGAN



JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN
BANDUNG
2025

JUDUL TUGAS AKHIR :

PERENCANAAN PERBAIKAN
KUALITAS AIR SUNGAI
CIPAMOKOLAN DENGAN
MENGUNAKAN TEKNOLOGI
BERBASIS ALAM

JUDUL GAMBAR :

VISUAL *FLOATING TREATMENT
WETLAND (FTW)*

NAMA /NPM :

Nama: Fajriyanti Dwi Tresna Sasmita
NPM: 213050014

DOSEN PEMBIMBING :

1. Prof. Dr. Yonik Meilawati Yustiani, ST., MT.
2. Dr. Ir. Evi Afiatun, MT.

SKALA

NO GAMBAR

HALAMAN