

**LAPORAN TUGAS AKHIR
(ENV21W003)**

**PERENCANAAN PERBAIKAN KUALITAS AIR SUNGAI
DENGAN DEBIT KECIL DI SUNGAI CIPAMOKOLAN KOTA
BANDUNG**

**Disusun oleh:
Annisa Putri Syaharani Soemarti
213050013**



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

فَبِأَيِّ آلَاءِ رَبِّكُمَا تُكَذِّبِينَ

” Maka, nikmat Tuhanmu manakah yang kamu dustakan (wahai jin dan manusia)?”

(Q.S Ar - Rahman : 13)

LAPORAN TUGAS AKHIR

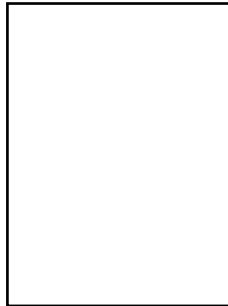
(ENV21W003)

PERENCANAAN PERBAIKAN KUALITAS AIR SUNGAI DENGAN DEBIT KECIL DI SUNGAI CIPAMOKOLAN KOTA BANDUNG

Disusun oleh:

Annisa Putri Syaharani Soemarti

213050013



Telah disetujui dan disahkan

Pada,

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, ST., M. Env.)

PERENCANAAN PERBAIKAN KUALITAS AIR SUNGAI DENGAN DEBIT KECIL DI SUNGAI CIPAMOKOLAN KOTA BANDUNG

Annisa Putri Syaharani Soemarti

Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Pasundan,
Bandung

Email: annisaputris594@gmail.com

Sungai Cipamokolan merupakan salah satu badan air penting di wilayah Bandung yang memiliki peran vital bagi masyarakat sekitar, namun saat ini menghadapi permasalahan pencemaran berat akibat buangan limbah domestik dan industri. Hasil pengujian kualitas air menunjukkan tingginya konsentrasi BOD sebesar 22,38 mg/L, COD sebesar 63,45 mg/L, minyak dan lemak sebesar 41 mg/L, TSS sebesar 5.245 mg/L, Nitrit sebesar 0,39 mg/L serta coliform sebesar 160.000 MPN/ 100 ml yang melebihi baku mutu kelas II sesuai PP No. 22 Tahun 2021. Kondisi tersebut menyebabkan Sungai Cipamokolan tidak layak untuk dimanfaatkan secara langsung tanpa pengolahan terlebih dahulu. Untuk itu diperlukan penerapan teknologi yang dapat menurunkan kadar pencemar pada Sungai Cipamokolan serta mampu memperbaiki kualitas air secara berkelanjutan. Penelitian ini difokuskan pada perencanaan sistem biocord dengan rekayasa sungai berupa bendungan sederhana sebagai alternatif teknologi pengolahan in-situ. Biocord berfungsi sebagai media biofilm tempat mikroorganisme mendegradasi bahan organik, sedangkan bendungan berperan memperlambat aliran, meningkatkan waktu tinggal, dan memperbesar kontak air dengan media biocord. Metode perencanaan meliputi analisis data kualitas air eksisting, pemilihan unit pengolahan, penentuan dimensi teknis, serta penyusunan rancangan anggaran biaya. Hasil perencanaan menunjukkan bahwa kombinasi biocord dan bendungan mampu menurunkan konsentrasi BOD dan COD sebesar 80%, meningkatkan DO sebesar 52%, dan mengurangi beban pencemar lainnya sehingga kualitas air lebih mendekati baku mutu. Selain efektif dan berbiaya relatif rendah, sistem ini juga memiliki potensi untuk direplikasi di sungai perkotaan lain dengan kondisi serupa. Dengan demikian, penerapan biocord berbasis bendungan dapat menjadi solusi strategis dalam upaya perbaikan kualitas air Sungai Cipamokolan.

Kata kunci: Sungai Cipamokolan, biocord, rekayasa bendungan, perbaikan kualitas air, *in-stream treatment*

PLANNING FOR IMPROVING WATER QUALITY IN SMALL-FLOW RIVERS IN THE CIPAMOKOLAN RIVER, BANDUNG CITY

Annisa Putri Syaharani Soemarti

Environmental Engineering Study Program, Faculty of Engineering, Pasundan
University, Bandung

Email: annisaputris594@gmail.com

The Cipamokolan River is one of the important water bodies in the Bandung area that plays a vital role for the surrounding community, but currently faces severe pollution problems due to domestic and industrial waste discharge. Water quality test results show high concentrations of BOD at 22.38 mg/L, COD of 63.45 mg/L, oil and grease of 41 mg/L, TSS of 5,245 mg/L, nitrite of 0.39 mg/L, and coliform of 160,000 MPN/100 ml, which exceed the class II quality standards according to Government Regulation No. 22 of 2021. These conditions render the Cipamokolan River unfit for direct use without prior treatment. Therefore, it is necessary to apply technology that can reduce pollutant levels in the Cipamokolan River and improve water quality in a sustainable manner. This study focuses on the planning of a biocord system with river engineering in the form of a simple dam as an alternative in-situ treatment technology. Biocord functions as a biofilm medium where microorganisms degrade organic matter, while the dam slows down the flow, increases residence time, and increases water contact with the biocord medium. The planning method includes analysis of existing water quality data, selection of treatment units, determination of technical dimensions, and preparation of a cost estimate. The planning results show that the combination of biocord and dam can reduce BOD and COD concentrations by 80%, increase DO by 52%, and reduce other pollutant loads so that water quality is closer to the quality standards. In addition to being effective and relatively low-cost, this system also has the potential to be replicated in other urban rivers with similar conditions. Thus, the application of dam-based biocord can be a strategic solution in efforts to improve the water quality of the Cipamokolan River.

Keywords: DO, BOD, Deoxygenation Rate, BOD Decay, Streeter Phelps Cipamokolan River.

Rancangan Pangbeneran Kualitas Cai Walungan Kalayan Débit Leutik di Walungan Cipamokolan Kota Bandung

Annisa Putri Syaharani Soemarti

Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Pasundan,
Bandung

Email: annisaputris594@gmail.com

Walungan Cipamokolan mangrupikeun salah sahiji badan cai anu penting di wewengkon Bandung anu miboga peran strategis pikeun kahirupan masarakat sabudeureunana. Sanajan kitu, ayeuna keur nyanghareupan masalah kokotoran anu pohara beurat kusabab paburuan runtah domestik jeung industri. Hasil tés kualitas cai nunjukkeun yén konsentrasi BOD ngahontal 22,38 mg/L, COD 63,45 mg/L, minyak jeung lemak 41 mg/L, TSS 5,245 mg/L, nitrit 0,39 mg/L, sarta coliform ngahontal 160.000 MPN/100 ml, anu sadayana geus ngaleuwihan baku mutu kualitas cai kelas II nurutkeun PP No. 22 taun 2021. Kaayaan ieu ngajadikeun Walungan Cipamokolan teu bisa langsung dipaké pikeun kaperluan sapopoé tanpa diolah heula. Ku sabab éta, diperlukeun panerapan téknologi anu sanggup ngurangan tingkat kokotoran sarta ningkatkeun kualitas cai sacara lestari. Panalungtikan ieu museur kana ngarancang sistem biocord ditambahan rékayasa walungan ngaliwatan bendungan basajan minangka alternatif téknologi pangolahan in-situ. Biocord miboga fungsi minangka médium biofilm tempat mikroorganisme ngarecah bahan organik, sedengkeun bendungan miboga peran pikeun ngalambatkeun aliran cai, ningkatkeun waktu tinggal, sarta ngaronjatkeun kontak cai jeung médium biocord. Métoda rarancang ngalibatkeun analisis data kualitas cai anu geus aya, milih unit pangolahan, nangtukeun diménsi téknis, jeung nyusun draf perkiraan biaya. Hasil tina rarancang nunjukkeun yén kombinasi biocord jeung bendungan bisa ngurangan konsentrasi BOD jeung COD nepi ka 80%, ningkatkeun DO nepi ka 52%, sarta ngurangan beban kokotoran séjénna sangkan kualitas cai leuwih deukeut kana baku mutu. Salian ti ongkosna éfisién jeung rélatif murah, sistem ieu miboga potensi pikeun ditiru dina walungan urban séjén anu miboga kaayaan sarua. Ku kituna, aplikasi biocord berbasis bendungan tiasa janten jalan strategis pikeun ningkatkeun kualitas cai Walungan Cipamokolan.

Kecap konci: Walungan Cipamokolan, biocord, rékayasa bendungan, pangbeneran kualitas cai, perlakuan in-situ

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, karena hanya dengan limpahan rahmat, karunia, dan ridho-Nya, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul *“Perencanaan Perbaikan Kualitas Air Sungai dengan Debit Kecil di Sungai Cipamokolan Kota Bandung”*. Penulisan laporan ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan studi di Program Sarjana Teknik Lingkungan.

Selama penyusunan laporan ini, penulis banyak mendapatkan bantuan, dukungan, dan doa dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan kerendahan hati, penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT, yang telah memberikan kesehatan, kekuatan, serta kesabaran dalam menjalani proses panjang penyusunan Tugas Akhir ini. Tanpa pertolongan dan rahmat-Nya, penulis tidak akan mampu menyelesaikan penelitian dan penulisan laporan ini hingga akhir.
2. Kedua orang tua tercinta, yang selalu menjadi sumber semangat dan inspirasi terbesar dalam hidup penulis. Terima kasih mamah dan papah atas doa yang tidak pernah putus, pengorbanan yang tidak ternilai, kasih sayang yang tulus, serta dukungan moril dan materil yang telah diberikan sejak awal pendidikan hingga saat ini. Setiap langkah penulis tidak lepas dari jerih payah dan doa restu orang tua.
3. Kepada Prof. Dr. Yonik Meilawati, ST., MT. dan Dr. Ir. Evi Afiatun, MT., yang dengan penuh kesabaran membimbing penulis mulai dari tahap awal perencanaan, pelaksanaan penelitian, hingga penyusunan laporan. Arahan, saran, dan koreksi yang diberikan tidak hanya memperkaya penelitian ini, tetapi juga memberikan pelajaran berharga bagi penulis dalam bersikap ilmiah dan profesional.
4. Bapak/Ibu Dosen Penguji, yang telah meluangkan waktu, tenaga, serta pikiran untuk membaca, menelaah, dan memberikan masukan yang sangat

berarti demi penyempurnaan Tugas Akhir ini. Kritik dan saran yang disampaikan akan selalu menjadi bekal penulis dalam memperbaiki diri di masa depan.

5. Seluruh dosen dan staf pengajar di Program Studi Teknik Lingkungan, yang selama masa perkuliahan telah membekali penulis dengan ilmu pengetahuan, keterampilan, serta pengalaman berharga. Semua ilmu yang diberikan menjadi fondasi penting dalam penyusunan Tugas Akhir ini dan akan menjadi bekal dalam perjalanan karier penulis ke depan.
6. Kepada Fajriyanti Dwi Tresna Sasmita, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas kebersamaan, semangat, dan perjuangan yang telah dilalui bersama sejak Tugas Akhir 1 hingga akhirnya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir 2. Dukungan dan kerja sama yang terjalin menjadi motivasi berharga dalam menyelesaikan perjalanan ini.
7. Rekan-rekan mahasiswa Teknik Lingkungan angkatan 2021, yang selalu memberikan semangat, berbagi pengetahuan, dan saling membantu dalam menghadapi berbagai kesulitan perkuliahan maupun penelitian. Kebersamaan yang terjalin menjadi motivasi berharga dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
8. Kepada Kim Namjoon, Kim Seokjin, Min Yoongi, Jung Hoseok, Park Jimin, Kim Taehyung, dan Jeon Jungkook, anggota BTS (Bangtan Sonyeondan), penulis ingin menyampaikan terima kasih yang tulus atas karya dan lagu-lagu indah yang telah banyak memberi arti dalam perjalanan hidup. Musik yang kalian hadirkan bukan hanya hiburan, melainkan juga penguat, penyemangat, dan pengingat untuk terus bangkit meski hidup tak selalu berjalan sesuai harapan. Dari pesan “Love Yourself” hingga “You’ll Never Walk Alone” penulis belajar untuk mencintai diri sendiri, menerima kekurangan, serta merangkul sisi rapuh dengan kasih. Kehadiran kalian, meski tanpa pertemuan langsung, mampu memberi rasa aman, ketenangan, dan semangat baru layaknya rumah dan sahabat sejati. Melalui musik, kalian telah menuntun penulis melewati momen sulit, menghadirkan ruang imajiner penuh harapan seperti Magic Shop. Semua itu menjadi bekal berharga untuk melangkah, menyelesaikan pendidikan, dan menuntaskan

karya ini dengan baik. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu, namun telah banyak membantu, baik secara langsung maupun tidak langsung. Setiap bentuk dukungan, sekecil apa pun, sangat berarti bagi penulis dalam menyelesaikan laporan ini.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak demi perbaikan di masa yang akan datang. Semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat, baik sebagai referensi akademik maupun sebagai kontribusi nyata dalam upaya perbaikan kualitas air sungai perkotaan, khususnya Sungai Cipamokolan di Kota Bandung.

Bandung, September 2025

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	I - 1
1.1 Latar Belakang.....	I - 1
1.2 Rumusan Masalah	I - 2
1.3 Maksud dan Tujuan	I - 2
1.4 Ruang Lingkup	I - 3
1.5 Lokasi Perencanaan	I - 3
1.6 Sistematika Penulisan.....	I - 3
BAB II GAMBARAN OBJEK PENELITIAN.....	II - 1
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 Jenis Tanah Daerah Sungai Cipamokolan.....	II - 6
2.1.5 Hidrologi dan Hidrogeologi Sungai Cipamokolan.....	II - 9
2.1.6 Klimatologi Daerah Sungai Cipamokolan	II - 12
2.1.7 Kebencanaan Sekitar Sungai Cipamokolan	II - 15
2.2 Daerah Sekitar Sungai Ciapomokolan.....	II - 16
2.2.1 Kependudukan	II - 16
2.2.2 Kondisi Sosial Ekonomi dan Budaya.....	II - 18
2.2.3 Penggunaan Lahan	II - 19
2.3 Kondisi Sungai Cipamokolan.....	II - 22
2.4 Permasalahan Sungai Cipamokolan	II - 22
BAB III TINJAUAN PUSTAKA.....	III - 1
3.1 Air Sungai.....	III - 1
3.2 Kualitas Air Sungai Perkotaan.....	III - 1
3.3 Baku Mutu Kualitas Air Sungai.....	III - 2

3.3.1	Parameter Fisik Air Sungai	III - 5
3.3.2	Parameter Kimia Air Sungai	III - 6
3.3.3	Parameter Biologi Air Sungai	III - 9
3.4	Teknologi Perbaikan Air Sungai	III - 11
3.4.1	Biofilter	III - 11
3.4.2	Sequencing Batch Reactor (SBR)	III - 13
3.4.3	Membrane Bioreactor (MBR)	III - 13
3.4.4	<i>Constructed Wetland</i>	III - 14
3.4.6	<i>Floating Wetland</i>	III - 15
3.4.9	<i>BioCord</i>	III - 16
3.5	Penelitian Terdahulu Pengolahan Air Sungai	III - 17
BAB IV DASAR PERENCANAAN		IV - 1
4.1	Tahap perencanaan	IV - 1
4.2	Uraian Tahapan Perencanaan	IV - 3
4.2.1	Studi Pendahuluan	IV - 3
4.2.2	Lokasi Perencanaan Teknologi Perbaikan Kualitas Air Sungai	IV - 3
4.2.3	Pengumpulan Data	IV - 5
4.3	Perencanaan Teknologi Perbaikan Kualitas Air Sungai	IV - 5
4.3.1	Penetapan Parameter Pencemar air Sungai Cipamokolan	IV - 6
4.3.2	Penetapan Alternatif Perbaikan Air Sungai Cipamokolan	IV - 6
4.3.3	Penentuan Alternatif Perbaikan Air Sungai	IV - 7
4.3.4	Merancang Teknologi Perbaikan Kualitas Air Sungai	IV - 8
4.4	Spesifikasi Teknis dan RAB	IV - 8
4.5	Kesimpulan dan Saran	IV - 9
BAB V PERENCANAAN TEKNIS		V - 1
5.1	Lokasi Perencanaan Teknologi Perbaikan Kualitas Air Sungai	V - 1
5.2	Sumber Pencemar Air Sungai	V - 2
5.3	Alternatif Pemilihan Teknologi Pengolahan Kualitas Air Sungai	V - 3
5.4	Penentuan Teknologi Perbaikan Kualitas Air Sungai	V - 9
5.5	Rancangan Teknologi Perbaikan Kualitas Air Sungai Cipamokolan	V - 11
5.5.1	Perhitungan Kemiringan Dasar Sungai (S)	V - 15
5.5.2	Perhitungan Dimensi Bendungan	V - 16
5.5.3	Analisis Stabilitas Bendungan yang Direncanakan	V - 18
5.5.4	Perhitungan Dimensi <i>Overfall spillway</i>	V - 19
5.5.5	Perhitungan Dimensi Unit Biocord	V - 28

BAB VI SPESIFIKASI TEKNIK DAN RANCANGAN ANGGARAN BIAYA.....	VI - 1
6.1 Spesifikasi Teknis	VI - 1
6.2 Uraian Pekerjaan	VI - 1
6.2.1 Pekerjaan Persiapan Awal	VI - 1
6.2.2 Pekerjaan Struktur Bendungan dan <i>Spillway</i>	VI - 2
6.2.3 Biocord.....	VI - 4
6.2.4 Uji Fungsi.....	VI - 5
6.3 Rancangan Anggaran Biaya (RAB).....	VI - 6
BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN	VII - 1
7.1 Kesimpulan.....	VII - 1
7.2 Saran.....	VII - 1

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Wilayah Administrasi Daerah Tangkapan Air Sungai Sub DAS Cipamokolan	II – 2
Tabel 2.2	Tofografi Wilayah Aliran Sungai Cipamokolan	II – 4
Tabel 2.3	Curah Hujan dan Suhu Kota Bandung Tahun 2024	II – 12
Tabel 2.4	Rawan Bencana DI Daerah Tangkapan Air Sungai Cipamokolan	II – 15
Tabel 2.5	Jumlah Penduduk di Daerah Tangkapan Air Sungai Cipamokolan	II – 17
Tabel 2.6	Jumlah Fasilitas Sarana Pendidikan di Daerah Aliran Sungai Cipamokolan	II – 20
Tabel 2.7	Jumlah Fasilitas Sarana Perdagangan di Daerah Aliran Sungai Cipamokolan	II – 20
Tabel 2.8	Sebaran Industri di Daerah Aliran Sungai Cipamokolan	II – 23
Tabel 2.9	Lokasi Kecamayan dan Kelurahan yang Termasuk Aliran Air Sungai Cipamokolan	II – 25
Tabel 2.10	Jenis Industri di Kota Bandung	II – 26
Tabel 2.11	Sebaran Industri Besar	II – 27
Tabel 2.12	Sebaran Industri Menengah – Kecil	II – 28
Tabel 2.13	Sebaran Industri Rumah Tangga	II – 29
Tabel 2.14	Titik Hulu (Kecamatan Manjalajati)	II – 35
Tabel 2.15	Titik Tengah (Kecamatan Kiaracondong)	II – 37
Tabel 2.16	Titik Hilir (Kecamatan Rancasari)	II – 39
Tabel 2.17	Hasil Pemeriksaan Kualitas Air Sungai Cipamokolan	II – 40
Tabel 3.1	Baku Mutu Kualitas Air Sungai	III – 3
Tabel 3.2	Penelitian Terdahulu Pengolahan Air Sungai	III – 20

Tabel 5.1	Data Primer Hasil Pemeriksaan Kualitas Air Sungai Cipamokolan (Khusus Parameter yang Melebihi Baku Mutu)	V – 2
Tabel 5.2	Teknologi Berdasarkan Kemampuan Menyisihkan Jenis Parameter Fisik, Kimia, dan Biologi	V – 4
Tabel 5.3	Kriteria Desain Perencanaan <i>BioCord</i>	V – 11
Tabel 6.1	Rencana ANggaran Biaya Pembuatan <i>BioCord</i>	VI – 8
Tabel 6.2	Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya Pembangunan <i>BioCord</i>	VI – 11

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 – 10
Gambar 2.4	Peta Jenis Tanah Di Daerah Tangkapan Air Sungai Cipamokolan	II – 11
Gambar 2.5	Peta Curah Hujan Di Daerah Tangkapan air Sungai Cipamokolan	II – 14
Gambar 2.6	Peta Penggunaan Lahan Di Daerah tangkapan Air Sungai Cipamokolan	II – 22
Gambar 2.7	Proporsi Jumlah Industri Berdasarkan Skala Tahun	II – 27
Gambar 2.8	Kerangka Akar Permasalahan Air Limbah Sungai Cipamokolan	II – 30
Gambar 2.9	Peta Titik Sampling Sungai Cipamokolan Kota Bandung	II – 34
Gambar 2.10	Peta Orientasi Lokasi Perencanaan Sungai Cipamokolan	II – 44
Gambar 3.1	Diagram Alir Pengolahan Biofilter	III – 12
Gambar 3.2	<i>Sequencing Batch Reactor</i>	III – 13
Gambar 3.3	<i>Membrane Bioreactor</i>	III – 14
Gambar 3.4	<i>Constructed Wetland</i>	III – 15
Gambar 3.5	<i>Trash trap</i> atau perangkap sampah	III – 16
Gambar 3.6	<i>Floating wetland</i>	III – 16
Gambar 3.7	<i>Bar Screen</i>	III – 17
Gambar 3.8	Alat Perangkap Lemak (<i>Grease Trap</i>)	III – 18

Gambar 3.6	<i>Kolam BioCord</i>	III – 19
Gambar 4.1	Diagram Alir Perencanaan	IV – 2
Gambar 4.2	Peta Daerah Prioritas Perbaikan Kualitas Air Sungai Cipamokolan	IV – 4
Gambar 4.3	Peta Segmen Hulu Sungai Cipamokolan	IV – 5
Gambar 5.1	Lokasi Pengembangan Teknologi Perbaikan Kualitas Air Sungai	V – 1
Gambar 5.2	Diagram Alir Pemilohan Teknologi	V – 10
Gambar 5.3	Layout Penempatan Teknologi Perbaikan Kualitas Air Sungai Cipamokolan	V – 13
Gambar 5.4	Tampak Samping Bendungan Dengan Spillway pada Sungai	V – 21
Gambar 5.5	Tampak Depan Bendungan pada Sungai Cipamokolan	V – 22
Gambar 5.6	Sketsa Penempatan <i>BioCord</i> di Bendungan	V – 24
Gambar 5.7	Tampak Atas Bendungan dengan <i>BioCord</i> pada Sungai Cipamokolan	V – 25
Gambar 5.8	Detail Tampak Atas Bendungan Dengan <i>BioCord</i> pada Sungai Cipamokolan	V – 26
Gambar 5.9	Biofilm / Cord pada <i>BioCord</i>	V – 27
Gambar 5.10	Sketsa Penempatan biofilm / cord <i>BioCord</i> pada bendungan	V – 28
Gambar 5.11	Tampak Atas Penempatan Biofilm/Cord Dan Jumlah Biofilm/Cord Per Unitnya	V – 29
Gambar 5.12	Tampak Depan Penempatan Biocord Pada Sungai Cipamokolan	V – 30

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sungai merupakan salah satu sumber air yang sering dimanfaatkan bagi kehidupan. Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 38 tahun 2011 Tentang Sungai, sungai adalah alur atau wadah air alami dan/atau buatan berupa jaringan pengaliran air beserta air di dalamnya mulai dari hulu sampai muara, dengan dibatasi kanan dan kiri oleh garis sepadan. Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, pencemaran air adalah masuk atau keluarnya makhluk hidup, zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam air oleh kegiatan manusia sehingga melampaui baku mutu air yang telah ditetapkan.

Sungai Cipamokolan terbentang sepanjang 18 km dari utara ke selatan Kota Bandung 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 permukiman dan tanah kosong, serta beberapa titik industri dan komersial, sedangkan bagian hilirnya masuk wilayah Kabupaten Bandung Jawa Barat.

Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 115 Tahun 2003 tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air, serta merujuk pada Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, air sungai yang diperuntukkan sebagai kelas II seharusnya memenuhi baku mutu untuk parameter fisika, kimia, dan biologi agar aman digunakan untuk keperluan rekreasi air, budidaya ikan air tawar, peternakan, dan pertanian. Namun, hasil uji laboratorium terhadap kualitas air Sungai Cipamokolan menunjukkan bahwa lebih dari tiga parameter utama seperti TSS, BOD, COD, Nitrit, Minyak dan Lemak, serta coliform telah melampaui ambang

batas baku mutu kelas II, sehingga kondisi sungai ini dikategorikan sebagai tercemar berat. Hal ini dapat dilihat dari pencemaran yang terjadi sudah melebihi baku mutu dan dapat menimbulkan dampak terhadap kualitas lingkungan perairan, kesehatan masyarakat, serta keseimbangan ekosistem di sepanjang aliran sungai. (Widhiyadama. Y, 2025)

Untuk mengembalikan fungsi ekologis dan mendukung peruntukan Sungai Cipamokolan sebagai badan air kelas II, perbaikan kualitas air secara menyeluruh perlu dilakukan melalui instalasi pengolahan air sungai guna meningkatkan daya pulih alami sungai serta menjaga keberlanjutan kualitas air di sepanjang aliran Sungai Cipamokolan.

1.2 Rumusan Masalah

Kualitas air Sungai Cipamokolan khususnya di bagian hulu terjadi pencemaran berdasarkan hasil pemeriksaan parameter di laboratorium yang melebihi baku mutu kelas II Peraturan Pemerintah No. 22 tahun 2021 yaitu BOD sebesar 22,38 mg/L, COD sebesar 63,45 mg/L, minyak dan lemak sebesar 41 mg/L, TSS sebesar 5.245 mg/L, Nitrit sebesar 0,39 mg/L serta coliform sebesar 160.000 MPN/ 100 ml serta belum adanya penanganan atas pencemaran tersebut. Hal ini menyebabkan kualitas air sungai tidak sesuai dengan standarnya dan tidak dapat digunakan sebagaimana mestinya. Oleh sebab itu diperlukan instalasi pengolahan untuk memperbaiki kualitas air Sungai Cipamokolan.

1.3 Maksud dan Tujuan

Maksud dari Tugas Akhir II yaitu memperbaiki fungsi air Sungai Cipamokolan melalui penerapan instalasi perbaikan untuk air sungai 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 instalasi pengolahan untuk perbaikan kualitas air Sungai Cipamokolan di segmen I dari Jl. Sasak Batu - Jl. Terusan Jakarta yang optimal dalam menurunkan parameter seperti TSS, BOD, COD, Nitrat, Sulfat, Minyak dan Lemak, serta coliform.

2. Mendesain rangkaian Proses Instalasi Pengolahan Perbaikan Air Sungai Cipamokolan di segmen I dari Jl. Sasak Batu - Jl. Terusan Jakarta.
3. Menyusun Rancangan Anggaran Biaya untuk pembuatan instalasi pengolahan 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 segmen I dari Jl. Sasak Batu - Jl. Terusan Jakarta yaitu Instalasi Pengolahan Air Sungai Cipamokolan berdasarkan parameter yang melebihi baku mutu pada penelitian Tugas Akhir I.
2. Perencanaan Sistem Pengolahan Air Sungai Cipamokolan dengan menyertakan gambar teknik Instalasi Pengolahan Air dan tata letak objek perencanaan. spesifikasi teknis
3. Menetapkan spesifikasi teknis untuk perencanaan Instalasi Pengolahan Air Sungai Cipamokolan.
4. Rancangan anggaran biaya yang berisi seluruh hasil rancangan.

1.5 Lokasi Perencanaan

Daerah studi yang dilakukan adalah di bagian sungai tepatnya di segmen I dari Jl. Sasak Batu - Jl. Terusan Jakarta.

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 instalasi pengolahan 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 Instalasi Pengolahan Air Sungai sebagai teknologi untuk memperbaiki kualitas air Sungai Cipamokolan.

BAB V PERENCANAAN TEKNIS

Berisikan penentuan unit pengolahan air sungai yang akan digunakan, penentuan dimensi unit pengolahan serta gambar teknik Instalasi Pengolahan Air Sungai Cipamokolan.

BAB VI SPESIFIKASI TEKNIS DAN RENCANA ANGGARAN BIAYA

Berisikan ketentuan spesifikasi teknis jenis material yang digunakan serta rincian rancangan anggaran biaya yang dibutuhkan untuk perencanaan Instalasi Pengolahan 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 PENELITIAN

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 lahan kosong, serta beberapa titik industri dan komersial, sedangkan bagian hilirnya masuk wilayah Kabupaten Bandung Jawa Barat. (Masterplan Sungai Cipamokolan, 2021)

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. **Gambar 2.1** dan **Tabel 2.1** dibawah ini memperlihatkan 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.

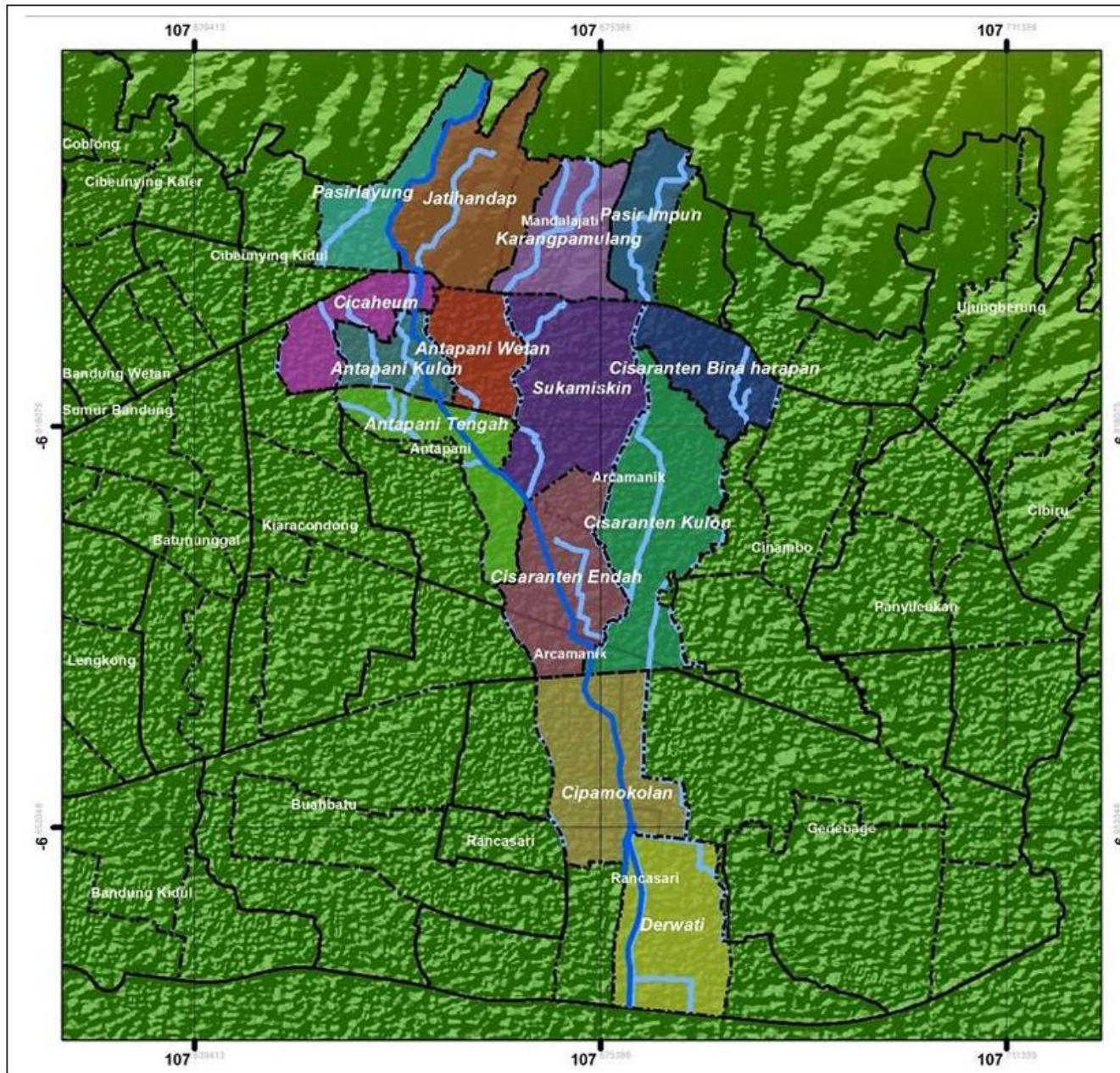
**Tabel 2.1 Wilayah Administrasi Daerah Tangkapan Air Sungai Sub DAS
Cipamokolan**

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



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



0.3 0.15 0 0.3 0.6 0.9 1.2 Miles

**ADMINISTRASI DI DAERAH TANGKAPAN AIR
SUNGAI CIPAMOKOLAN KOTA BANDUNG**

Legenda

Administrasi

- Batas Kecamatan
- Kelurahan

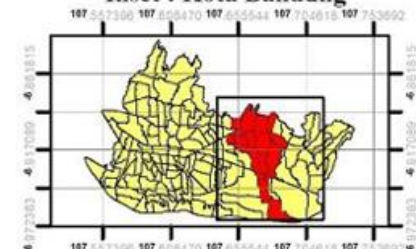
Perairan

- Aliran Sungai Cikapamokolan
- Aliran Anak Sungai

KETERANGAN

- | | |
|-------------------------|------------------|
| Antapani Kulon | Cisaranten Kulon |
| Antapani Tengah | Derwati |
| Antapani Wetan | Jatihandap |
| Cicaheum | Karangpamulang |
| Cikapamokolan | Pasir Impun |
| Cisaranten Bina Harapan | Pasirlayung |
| Cisaranten Endah | Sukamiskin |

Inset : Kota Bandung



No. Gambar

Halaman

2.1

II-3

2.1.2 Topografi Sungai Cipamokolan

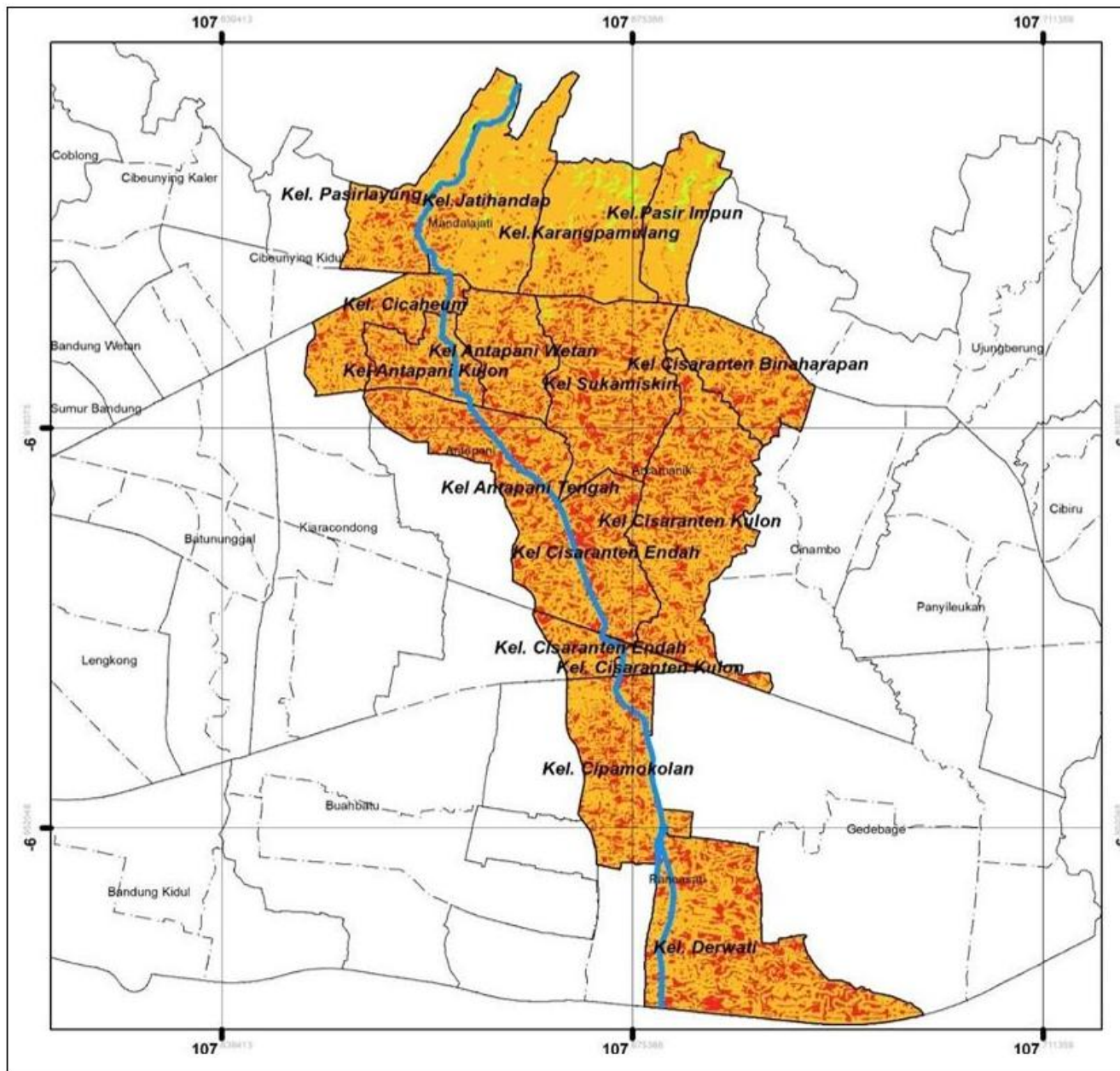
Topografi wilayah yang terlewati oleh Sungai Cipamokolan terdapat 6 kecamatan dan 14 kelurahan, berikut Tabel 2.2 terkait topografi wilayah yang terlewati oleh aliran Sungai Cipamokolan. (Sumber: Master Plan Sungai Cipamokolan, 2021)

Tabel 2.2 Topografi Wilayah Aliran Sungai Cipamokolan

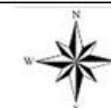
Kecamatan	Kelurahan	0 – 2% Datar	2 – 15% Landai	15 – 25 % Agak Curam	25 – 40% Curam	Jumlah
Cibeunying Kidul	Pasir Layung	0,251	0,773	0,226	-	1,250
Madalajati	Jatihandap	0,093	1,535	0,037	-	1,665
	Karang Pamulang	0,083	1,276	0,105	0,420	1,884
	Pasir Impun	0,029	0,740	0,073	0,001	0,843
Kiaracondong	Cicaheum	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 yang menjadi deliniasi kegiatan ini, 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 tangkapan air 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

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

Legenda

Administrasi

— Batas Kecamatan

— Kelurahan

Perairan

— Aliran Sungai Cikapamokolan

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 dikarekan 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 Jenis Tanah Daerah Sungai Cipamokolan

Keadaan tanah yang ada di daerah tangkapan air Sungai Cipamokolan memiliki beberapa jenis tanah yaitu jenis tanah alluvial dan andosol, jenis tanah grumusol, dan jenis tanah regosol. Pada Gambar 2.4 menggambarkan peta jenis tanah di daerah tangkapan air Sungai Cipamokolan.

1. Tanah Alluvial

Tanah aluvial adalah jenis tanah yang terbentuk dari endapan sedimen yang dibawa oleh air, terutama sungai, dan kemudian diendapkan di daerah dataran rendah, seperti lembah atau dataran banjir. Tanah ini kaya akan mineral dan bahan organik, menjadikannya subur dan cocok untuk pertanian.

Ciri - ciri tanah Alluvial adalah:

- Pembentukan: Tanah aluvial terbentuk dari endapan material seperti lumpur, pasir, lanau, dan bahan organik yang terbawa oleh aliran air.
- Lokasi: Umumnya ditemukan di sekitar sungai, dataran rendah, dan daerah banjir.
- Tekstur: Teksturnya bervariasi, bisa kasar di dekat aliran sungai dan lebih halus di daerah pinggiran.

- Kesuburan: Kaya akan unsur hara dan bahan organik, sehingga sangat subur untuk tanaman.
- Warna: Umumnya berwarna cokelat kelabu, tetapi bisa juga memiliki warna lain tergantung pada material penyusunnya.
- Struktur: Gembur dan mudah diolah, cocok untuk kegiatan pertanian.

2. Tanah Andosol

Tanah Andosol adalah jenis tanah yang berasal dari material vulkanik, seperti abu dan debu vulkanik, yang kaya akan bahan organik dan mineral amorf. Tanah ini umumnya ditemukan di daerah pegunungan vulkanik dan memiliki ciri khas berwarna gelap, gembur, dan subur, sehingga sangat cocok untuk pertanian dan perkebunan.

Ciri – ciri tanah Andosol adalah:

- Asal Usul: Terbentuk dari material vulkanik, seperti abu dan debu vulkanik.
- Warna: Umumnya berwarna gelap, seperti hitam atau coklat tua, terutama pada lapisan atas.
- Tekstur: Gembur, remah, dan porous, sehingga mudah diolah.
- Kandungan Bahan Organik: Kaya akan bahan organik, yang memberikan kesuburan pada tanah.
- Mineral Amorf: Mengandung mineral amorf seperti alofan, yang memiliki kemampuan tinggi dalam menyerap fosfat.
- Kemampuan Menyimpan Air: Mampu menyimpan air dengan baik karena teksturnya yang gembur dan porous.
- Reaksi Tanah: Biasanya asam hingga netral.
- pH: Umumnya memiliki pH antara 5 hingga 7.
- Kandungan Unsur Hara: Kaya akan unsur hara, terutama fosfor, yang penting untuk pertumbuhan tanaman.

3. Tanah Grumusol

Tanah grumusol adalah jenis tanah yang terbentuk dari material halus berlempung, umumnya berwarna kelabu kehitaman dan bersifat subur. Tanah ini memiliki ciri khas berupa struktur lapisan atas yang

granular (berbutir halus) dan lapisan bawah yang gumpal atau pejal. Tanah grumusol juga dikenal dengan sifatnya yang mengembang dan menyusut (kembang-kerut) tergantung pada kondisi kelembaban.

Ciri – ciri tanah Grumusol adalah:

- **Tekstur:** Bertekstur lempung berat, dengan lapisan atas granular dan lapisan bawah gumpal atau pejal.
- **Warna:** Umumnya berwarna kelabu kehitaman.
- **Konsistensi:** Keras saat kering dan sangat lekat saat basah.
- **Struktur:** Granular pada lapisan atas dan gumpal/pejal pada lapisan bawah.
- **Kembang-kerut:** Mengembang saat basah dan menyusut saat kering, menyebabkan retakan pada permukaan tanah.
- **Kandungan organik:** Umumnya rendah, terutama pada daerah dengan batuan induk kaya kapur.
- **Kadar basa:** Cenderung bersifat basa (alkalis), dengan kejenuhan basa yang tinggi.

4. Tanah Regosol

Tanah regosol adalah jenis tanah yang berasal dari material vulkanik seperti debu, pasir, dan lahar yang baru diendapkan, dan belum mengalami perkembangan sempurna. Tanah ini dicirikan dengan tekstur kasar, warna yang bervariasi, dan tingkat kesuburan yang cenderung rendah.

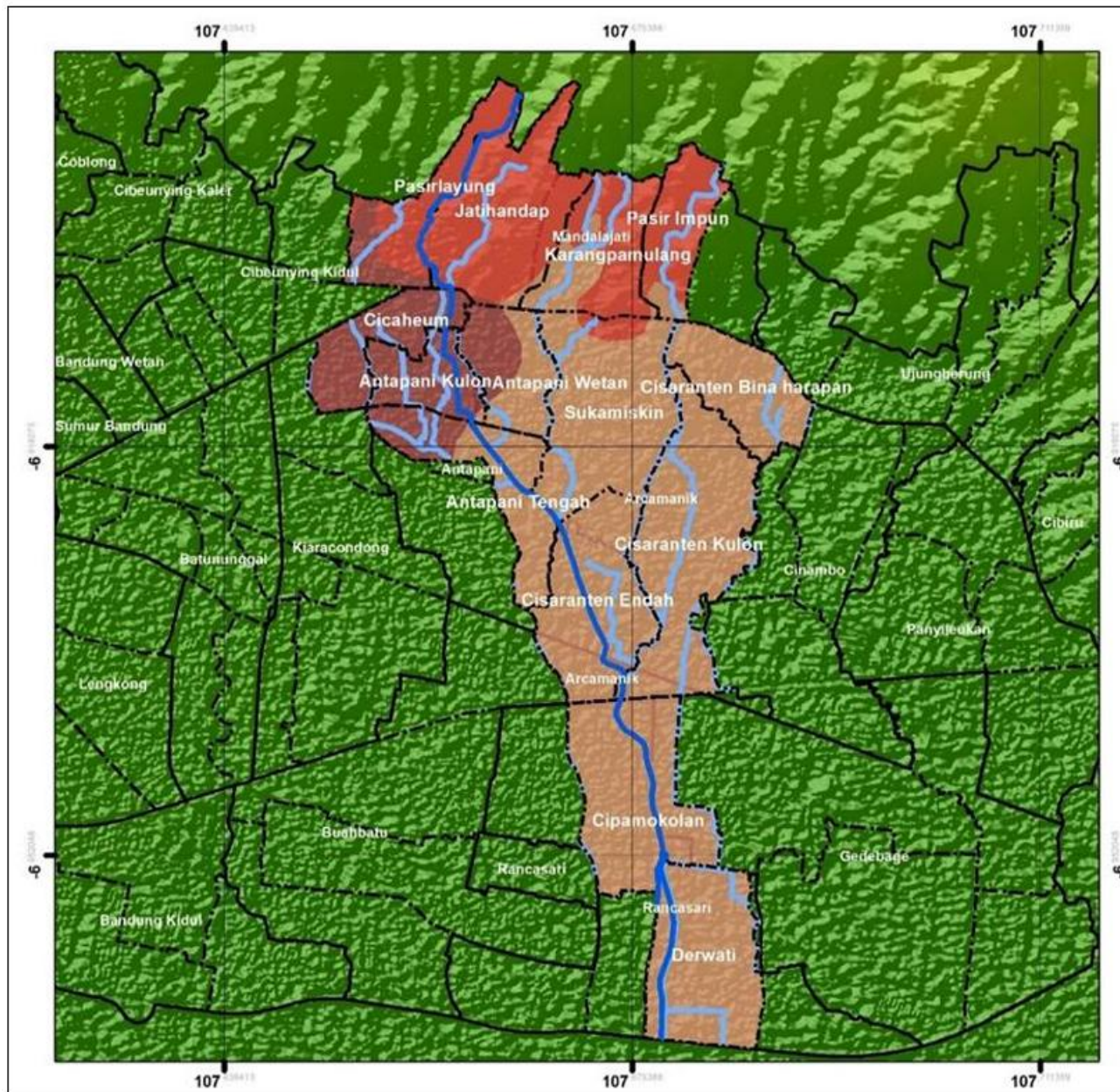
Ciri – ciri tanah Regosol adalah:

- **Tekstur Kasar:** Tanah regosol memiliki tekstur kasar seperti pasir, baik pasir halus maupun pasir sedang.
- **Warna Kelabu:** Warna tanah regosol umumnya kelabu, meskipun bisa juga berwarna merah, kuning, coklat kemerahan, atau coklat kekuningan.
- **Konsistensi Lepas:** Tanah regosol memiliki konsistensi yang lepas atau gembur, baik saat kering maupun basah, dan agak lekat saat basah.

- **Belum Terbentuk Horizon:** Tanah regosol belum menunjukkan perkembangan horizon yang jelas (lapisan-lapisan tanah yang berbeda).
- **Bahan Induk Vulkanik:** Tanah regosol terbentuk dari bahan induk vulkanik, seperti abu vulkanik, lava, atau endapan piroklastik.
- **Kandungan Bahan Organik Rendah:** Sebagai tanah muda, kandungan bahan organik dalam tanah regosol umumnya masih rendah.
- **Kemampuan Menahan Air dan Hara Rendah:** Tanah regosol memiliki kemampuan menahan air dan unsur hara yang rendah, sehingga kurang subur dibandingkan jenis tanah lain.
- **Peka Terhadap Erosi:** Karena teksturnya yang lepas dan kandungan organik yang rendah, tanah regosol peka terhadap erosi.
- **pH Tanah Netral:** pH tanah regosol cenderung netral, yaitu sekitar 6-7.

2.1.5 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 dibagian 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

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

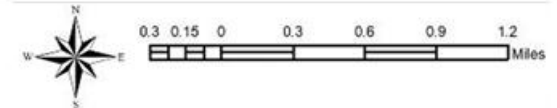
Halaman

2.3

II-10



PROGRAM STUDI TEKNIK
LINGKUNGAN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN
2025



PETA JENIS TANAH DI DAERAH TANGKAPAN
AIR SUNGAI CIPAMOKOLAN

Legenda

Administrasi

- Batas Kecamatan
- - - Kelurahan

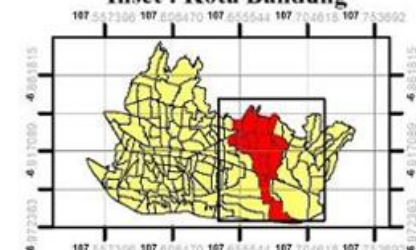
Perairan

- Aliran Sungai Cipamokolan
- Aliran Anak Sungai

Jenis Tanah

- Alluvial dan Andosol
- Grumusol
- Regosol

Inset : Kota Bandung



No. Gambar

Halaman

2.4

II-11

2.1.6 Klimatologi Daerah Sungai Cipamokolan

Iklim asal Kota Bandung dipengaruhi oleh pegunungan di sekitarnya, sehingga cuaca yang terbentuk sejuk dan lembap. Pada beberapa tahun terakhir mengalami peningkatan suhu, serta musim hujan yang lebih panjang dari biasanya. Pada Gambar 2.5 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

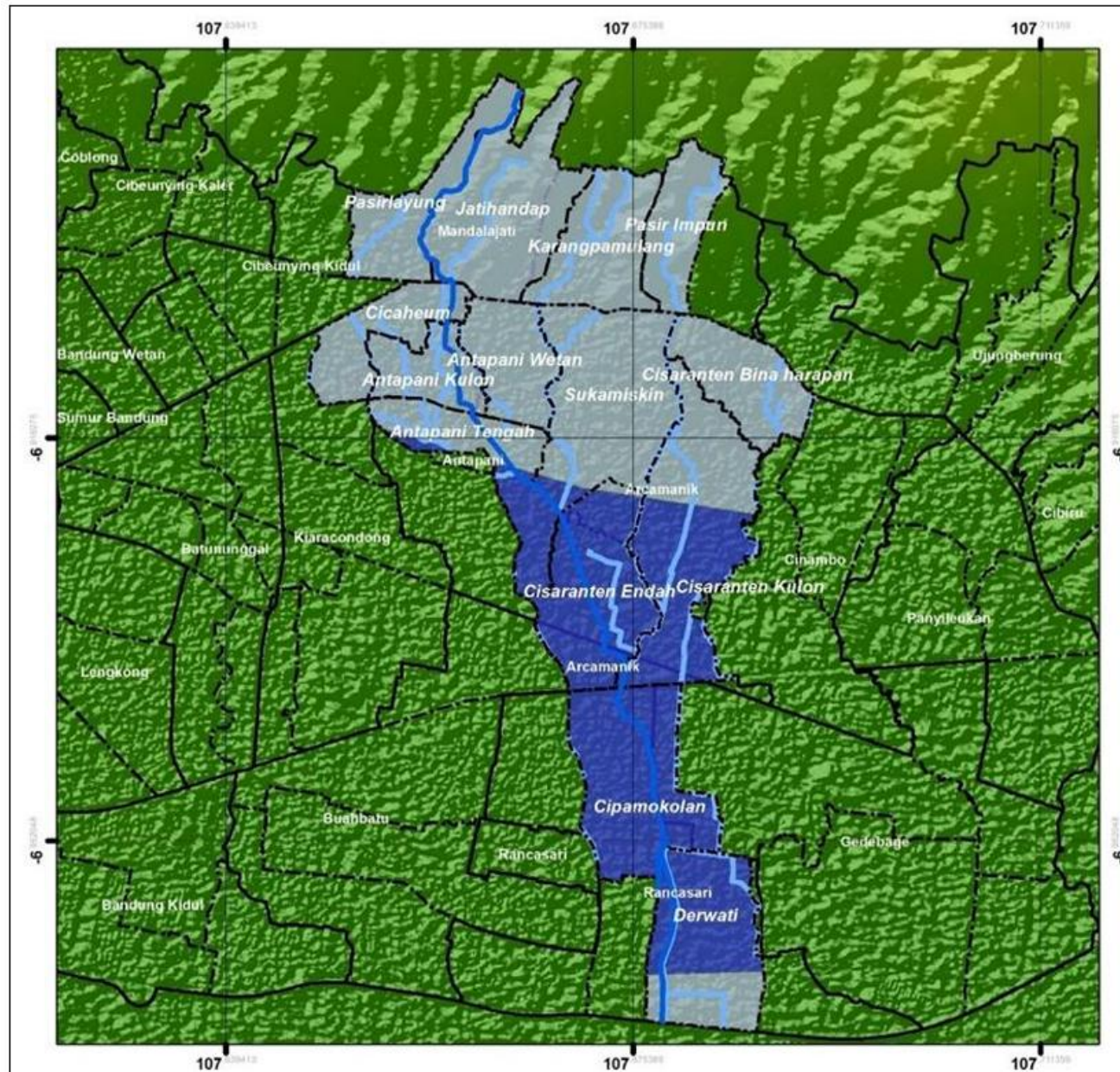
Suhu rata-rata Kota Bandung sepanjang tahun 2025 diperkirakan sekitar 23,2 °C, dengan suhu siang hari berkisar antara 27–30 °C dan suhu malam hari antara 18–20 °C. Kota Bandung tetap memiliki iklim yang sejuk dan stabil, dengan sedikit peningkatan suhu pada awal tahun akibat perubahan cuaca.

Tabel 2.3 Curah Hujan dan Suhu Kota Bandung Tahun 2024

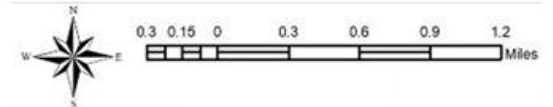
No	Bulan	Curah Hujan		Suhu (°C)		
		Jumlah curah hujan (mm)	Jumlah Hari Hujan (mm)	Minimum	Maksimum	Rata - rata
1	Januari	335	24	21,1	29,6	24,3

No	Bulan	Curah Hujan		Suhu (°C)		
		Jumlah curah hujan (mm)	Jumlah Hari Hujan (mm)	Minimum	Maksimum	Rata - rata
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



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



**PETA CURAH HUJAN DI DAERAH
TANGKAPAN AIR SUNGAI CIPAMOKOLAN**

Legenda

Administrasi

- Batas Kecamatan
— Kelurahan

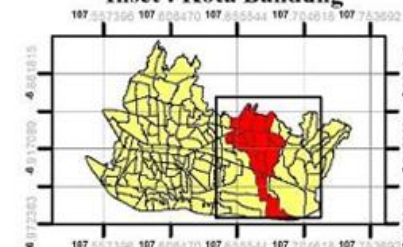
Perairan

-  Aliran Sungai Cipamokolan
 Aliran Anak Sungai

Curah Hujan

- 1000 mm - 1750 mm
1750 mm - 2500 mm

Inset : Kota Bandung



No. Gambar

Halaman

2.5

II - 14

2.1.7 Kebencanaan Sekitar Sungai Cipamokolan

Ancaman bencana geologis dikawasan daerah tangkapan air Sungai Cipamokolan terdapat beberapa wilayah rawan bencana yaitu daerah rawan bencana kebakaran di permukiman padat, rawan bencana longsor, rawan bencana gempa bumi, dan rawan bencana banjir. Pada Tabel 2.3 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 2.3 diatas menjelaskan bahwa kawasan wilayah rawan bencana yang terlewati oleh daerah tangkapan air Sungai Cipamokolan berpotensi bencana rawan banjir. Wilayah yang berpotensi 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 2.6 merupakan peta kebencanaan di daerah tangkapan air Sungai Cipamokolan.

2.2 Daerah Sekitar Sungai Ciapomokolan

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 ekomoni 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.

2.2.1 Kependudukan

Luas wilayah kelurahan terbesar terdapat di wilayah kelurahan Sukamiskin, Cisaranten Kulon, Cisaranten Bina Harapan, Cisaranten Endah di Kecamatan Arcamanik dan wilayah Cipamokolan sama Derwati di Kecamatan Rancasari. Adapun data terkait kepadatan penduduk di daerah tangkapan air Sungai Cipamokolan berdasarkan BPS Kecamatan Dalam Angka di Kota Bandung Tahun 2019 – 2024.

Perkembangan jumlah penduduk di daerah tangkapan air Sungai Cipamokolan berdasarkan data BPS menunjukkan kenaikan di semua tingkat kelurahan, dikarenakan adanya pengembangan wilayah permukiman warga semakin meningkat di setiap daerahnya yang disebabkan juga oleh jumlah penduduk yang semakin meningkat di setiap kecamatan dapat dilihat di Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Jumlah Penduduk di Daerah Sekitar Sungai Cipamokolan

Kecamatan	Luas Wilayah Kecamatan (km ²)	Kepadatan Penduduk (jiwa/Km ²)	Jumlah Penduduk (ribu)				
			2020	2021	2022	2023	2024
Cibeunying Kidul	5,25	21,882	112,90	107,39	107,70	107,70	109,65
Mandalajati	6,67	13,725	70,96	71,42	72,50	73,50	75,82
Kiaracondong	6,12	22,965	130,08	126,66	126,70	126,77	128,33
Antapani	4,21	19,261	78,56	79,26	80,0	80,60	82,58
Arcamanik	6,07	11,153	76,24	77,21	78,44	79,50	82,03
Rancasari	7,33	12,245	83,43	83,66	84,88	85,90	88,39

Sumber: Badan Statistik Kota Bandung

2.2.2 Kondisi Sosial Ekonomi dan Budaya

1. Kondisi sosial

Pendidikan merupakan kebutuhan setiap orang untuk meningkatkan ilmu pengetahuannya, baik secara formal maupun non formal. Pendidikan memiliki arti penting bagi suatu bangsa guna meningkatkan kualitas sumber daya manusianya. Dengan adanya sarana Pendidikan yang memadai dan mudah dijangkau maka akan mempengaruhi dan mempermudah akses masyarakat untuk mendapatkan Pendidikan yang baik. Sarana Pendidikan yang baik akan meningkatkan kesempatan sekolah bagi masyarakat yang kemudian akan berdampak positif pada tingkat kesejahteraan masyarakat di wilayah aliran air Sungai Cipamokolan. Pada Tabel 2.6 terdapat jumlah Fasilitas Sarana Pendidikan di Daerah Aliran Air Sungai Cipamokolan.

2. Kondisi ekonomi

Seiring dengan pertumbuhan ekonomi, di setiap wilayah kelurahan yang di alirankan oleh air Sungai Cipamokolan terus bermunculan sarana pertokoan baik toko kecil maupun besar, kegiatan ekonomi di wilayah kelurahan yang di alirankan oleh Sungai Cipamokolan terus menggeliat. Oleh karena itu sudah menjadi kewajiban bagi Pemerintah Kota Bandung untuk menaungi dan memberdayakan industri-industri rumahan yang memiliki prospek yang baik untuk dapat semakin memajukan usahannya. Pada Tabel 2.7 terdapat jumlah Fasilitas Sarana Perdagangan di wilayah daerah aliran air Sungai Cipamokolan.

3. Kondisi budaya

Kondisi budaya di daerah aliran air Sungai Cipamokolan masih banyak yang belum terdata dengan baik. Dari 6 kecamatan dan 14 kelurahan yang menjadi area kegiatan ini hanya ada satu kecamatan yang memiliki potensi pariwisata yang terletak di Kecamatan Cibeunying Kidul. Kecamatan Cibeunying Kidul memiliki lokasi budaya yang sudah terkenal, yaitu Saung Angklung Udjo.

2.2.3 Penggunaan Lahan

Penggunaan lahan di Kota Bandung didominasi oleh lahan permukiman menurut BPS Kota Bandung 2024 jumlahnya meningkat secara signifikan dari tahun 2013 yaitu sebesar 62.59%. Penggunaan lahan di Kota Bandung berdasarkan data pada tahun 2020 didominasi oleh jenis penggunaan lahan berupa permukiman dengan luas lahan seluas 9.290,28 Ha atau sekitar 55,5% dari total penggunaan lahan. Lokasi kegiatan yang terbagi menjadi 6 kecamatan dan 14 kelurahan ini banyak melewati daerah permukiman dan tanah kosong. Pada area kegiatan ini penggunaan lahan di daerah aliran air Sungai Cipamokolan didominasi oleh lahan permukiman dengan jumlahnya yang selalu meningkat sangat signifikan setiap tahunnya. Adapun penggunaan lahan yang masih digunakan untuk sawah irigasi dan untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2.7 dimana terdapat peta yang memperlihatkan penggunaan lahan di daerah aliran air Sungai Cipamokolan.

Tabel 2.6 Jumlah Fasilitas Sarana Pendidikan di Daerah Aliran Sungai Cipamokolan

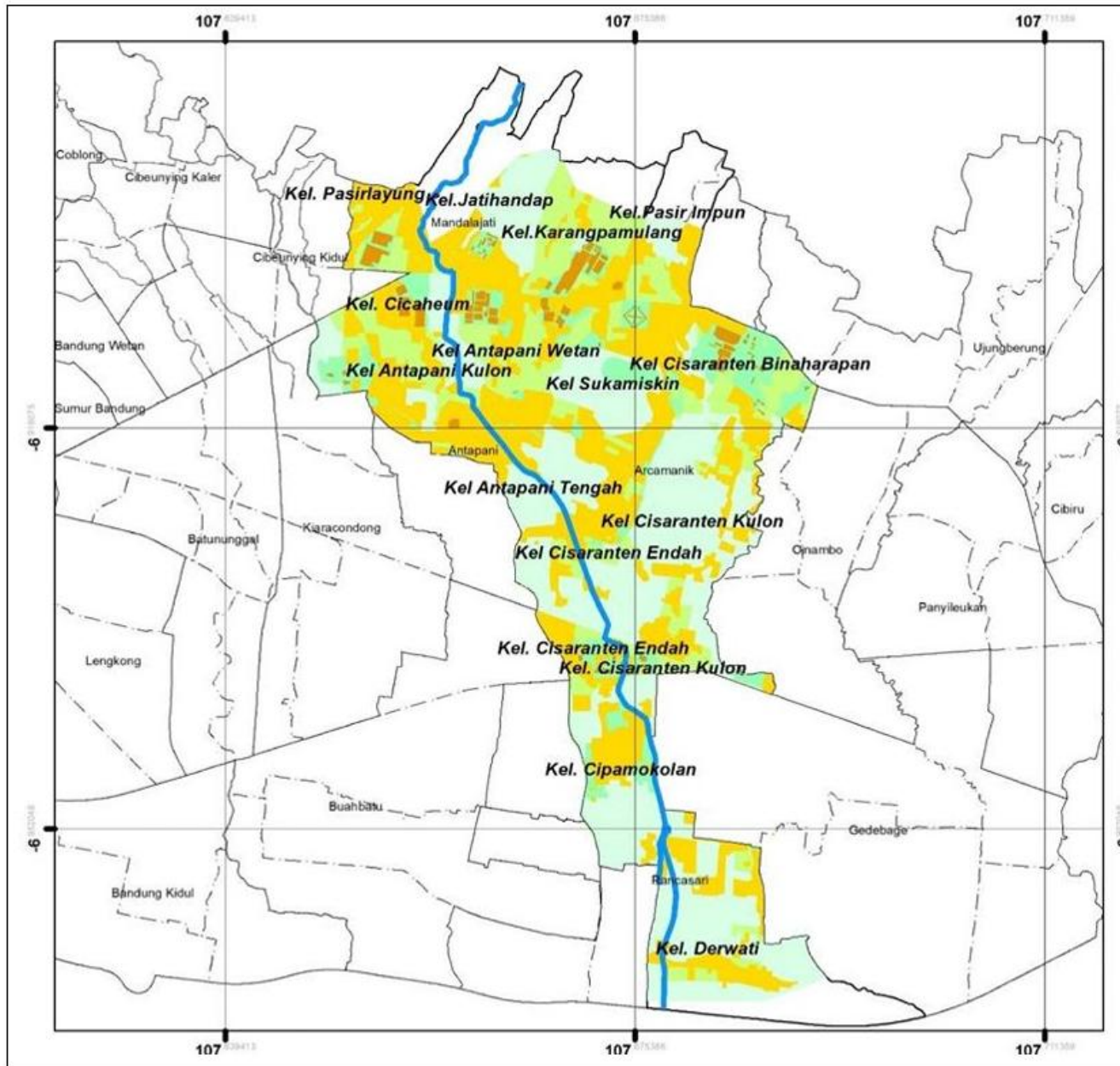
Kecamatan	Jenis Sarana Pendidikan								
	TK	SD	Madrasah Ibtidaiyah (MI)	SMP	Madrasah Tsanawiyah (MTs)	SMA	MAN	SMK	Perguruan Tinggi
Cibeunying Kidul	28	16	2	9	3	3	1	4	2
Mandalajati	15	14	1	4	2	3	-	1	-
Kiaracondong	21	17	1	8	1	5	2	8	2
Antapani	18	16	-	6	1	2	-	1	-
Arcamanik	24	21	2	12	1	3	1	3	3
Rancasari	15	9	3	4	1	1	1	1	-

Sumber: Badan Pusat Statistik Kota Bandung, 2024

Tabel 2.7 Jumlah Fasilitas Sarana Perdagangan di Daerah Aliran Air Sungai Cipamokolan

Kecamatan	Sarana Perdagangan									
	Pasar dengan bangunan permanen	Pasar dengan bangunan semi permanen	Pasar tanpa bangunan	minimarket	Toko / Warung	Restoran / Rumah Makan	Warung / Kedai Makan	Hotel	Hotel / Motel / Losmen/ Wisma	Kelompok Pertokoan
Cibeunying Kidul	-	-	1	10	59	2	46	-	-	4
Mandalajati	-	-	-	14	391	18	60	-	-	7
Kiaracondong	1	-	-	8	25	6	31	1	-	13
Antapani	-	1	-	17	1.147	53	204	-	1	22
Arcamanik	-	-	-	27	1	-	-	-	-	15
Rancasari	-	-	-	6	525	9	103	-	-	5

Sumber: Badan Pusat Statistik Kota Bandung, 2024



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



0.3 0.15 0 0.3 0.6 0.9 1.2 Miles

**PETA PENGGUNAAN LAHAN DI DAERAH
TANGKAPAN AIR SUNGAI CIPAMOKOLAN**

Legenda

Administrasi

— Batas Kecamatan

- - - Kelurahan

Perairan

— Aliran Sungai Cipamokolan

Guna Lahan

■ Gedung

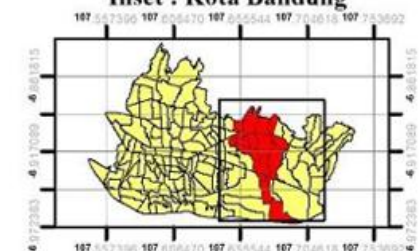
■ Kebun/Perkebunan

■ Pemukiman

■ Rumput/Tanah kosong

■ Sawah Irigasi

Inset : Kota Bandung



No. Gambar

Halaman

2.6

II - 21

2.3 Kondisi Sungai Cipamokolan

Sungai Cipamokolan di Kota Bandung menunjukkan perbaikan 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 Permasalah Sungai Cipamokolan

Sungai Cipamokolan mengalir ditengah kawasan padat penduduk sehingga terdapat aktivitas-aktivitas yang berpotensi menurunkan kualitas sungai. Permasalahan yang muncul karena pencemaran air sungai antara lain:

- Terjadinya penyakit bawaan air yang disebabkan oleh protozoa, bakteri, virus, alga, dan cacing parasit.
- Bau di sekitar sungai akibat dari pembusukan organik • Kerusakan biodiversitas di sungai dan sekitar.
- Kekurangan air baku untuk penggunaan rumah tangga baik secara kualitas dan kuantitas

Berdasarkan studi inventarisasi pencemara di sekitar Sungai Cipamokolan, kajian identifikasi pencemaran Sungai Cipamokolan dan data Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Bandung, akitivitas-aktivitas yang dapat mencemari Sungai Cipamokolan adalah sebagai berikut :

1. Pembuangan air limbah domesyik 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 periodic 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 2.8 sebaran industri di daerah aliran Sungai Cipamokolan sesuai dengan jenis industri.

Tabel 2.8 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

No	Kecamatan	Kelurahan	Jumlah Industri		
			Besar	Menengah - Kecil	Rumah Tangga
		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 illegal 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. TPS liar dengan standar yang tidak sesuai banyak terdapat disekitar sungai sehingga berpotensi berkontribusi pada input sedimen dan *leachate* yang dapat mencemari sungai. 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 Ciapmokolan 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, ketidak efektifan/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 dan anak sungainya melewati beberapa kecamatan dan kelurahan. Tabulasi luas area kecamatan dan kelurahan yang termasuk pada daerah aliran air Sungai Cipamokolan dapat dilihat pada Tabel 2.9.

Tabel 2.9 Lokasi Kecamatan dan Kelurahan yang Termasuk Aliran Air 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

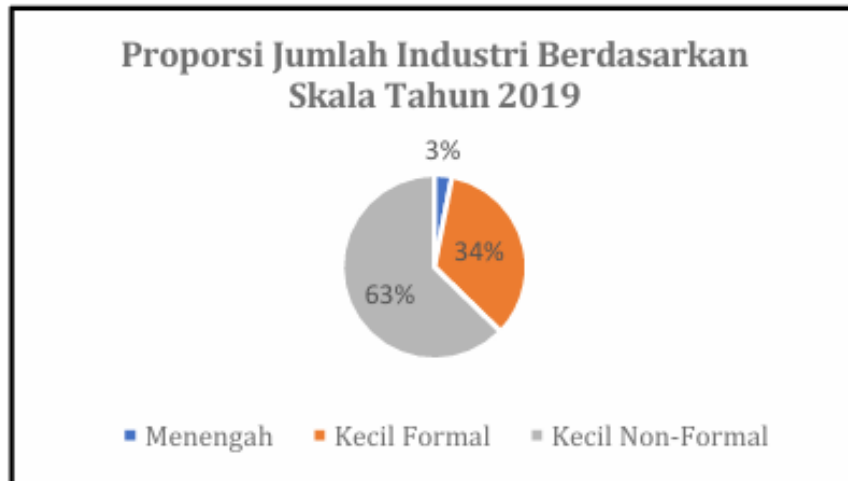
kota Bandung tahun 2020, total industri besar dan sedang di Kota Bandung sebesar 1.102 unit dengan kategori industri sebesar 23 jenis. Adapun jenis industri tersebut dapat dilihat dalam Tabel 2.10.

Tabel 2.10 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
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 2.7** berikut :



Gambar 2.7 Proporsi Jumlah Industri Berdasarkan Skala Tahu

Sumber: Masterplan Sungai Cipamokolan

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 2.11**.

Tabel 2.11 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

No	Kecamatan	Kelurahan	Jumlah Industri Besar
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 2.12**.

Tabel 2.12 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 2.13**.

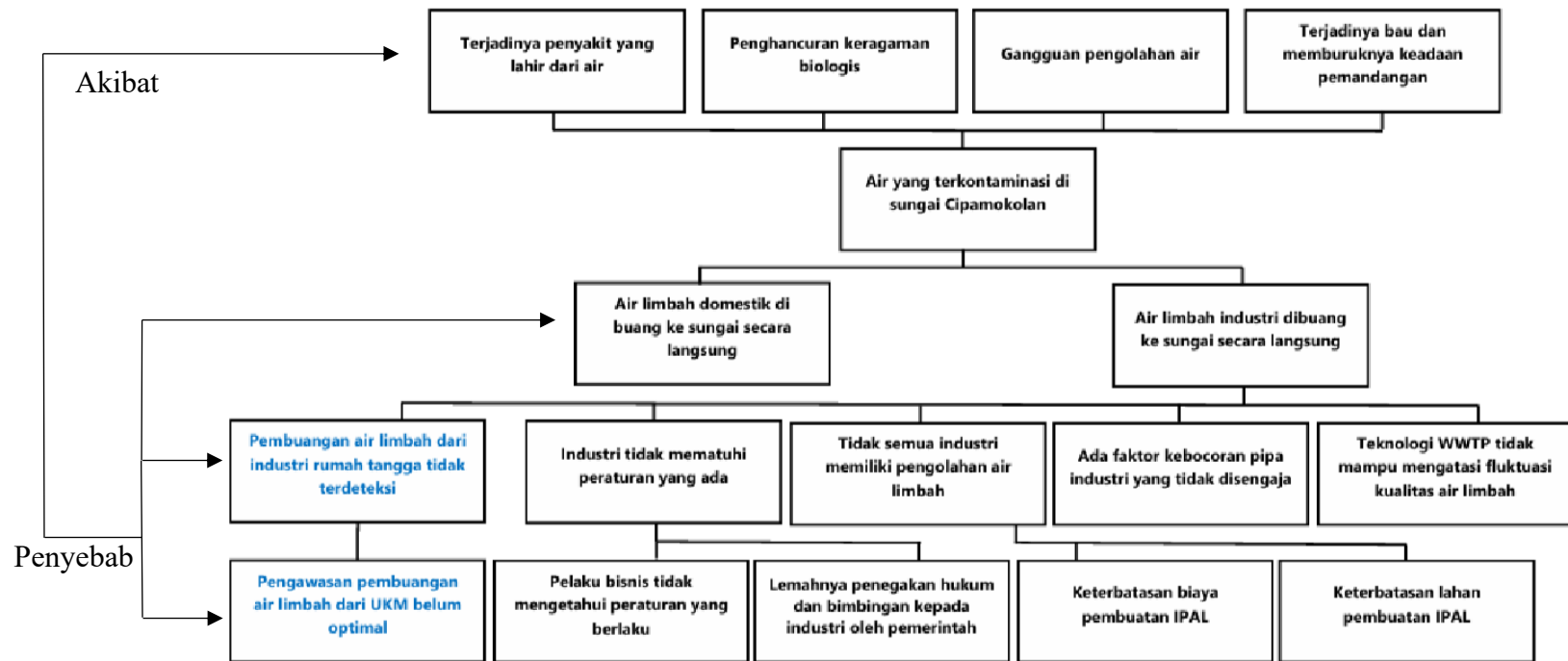
Tabel 2.13 Sebaran Industri Rumah Tangga

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
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 2.8 Kerangka Akar Permasalahan Air Limbah Sungai Cipamokolan

Sumber: Master Plan Sungai Cipamokolan, 2021

Dari **Gambar 2.8** 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 2.8** 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 dilapangan 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

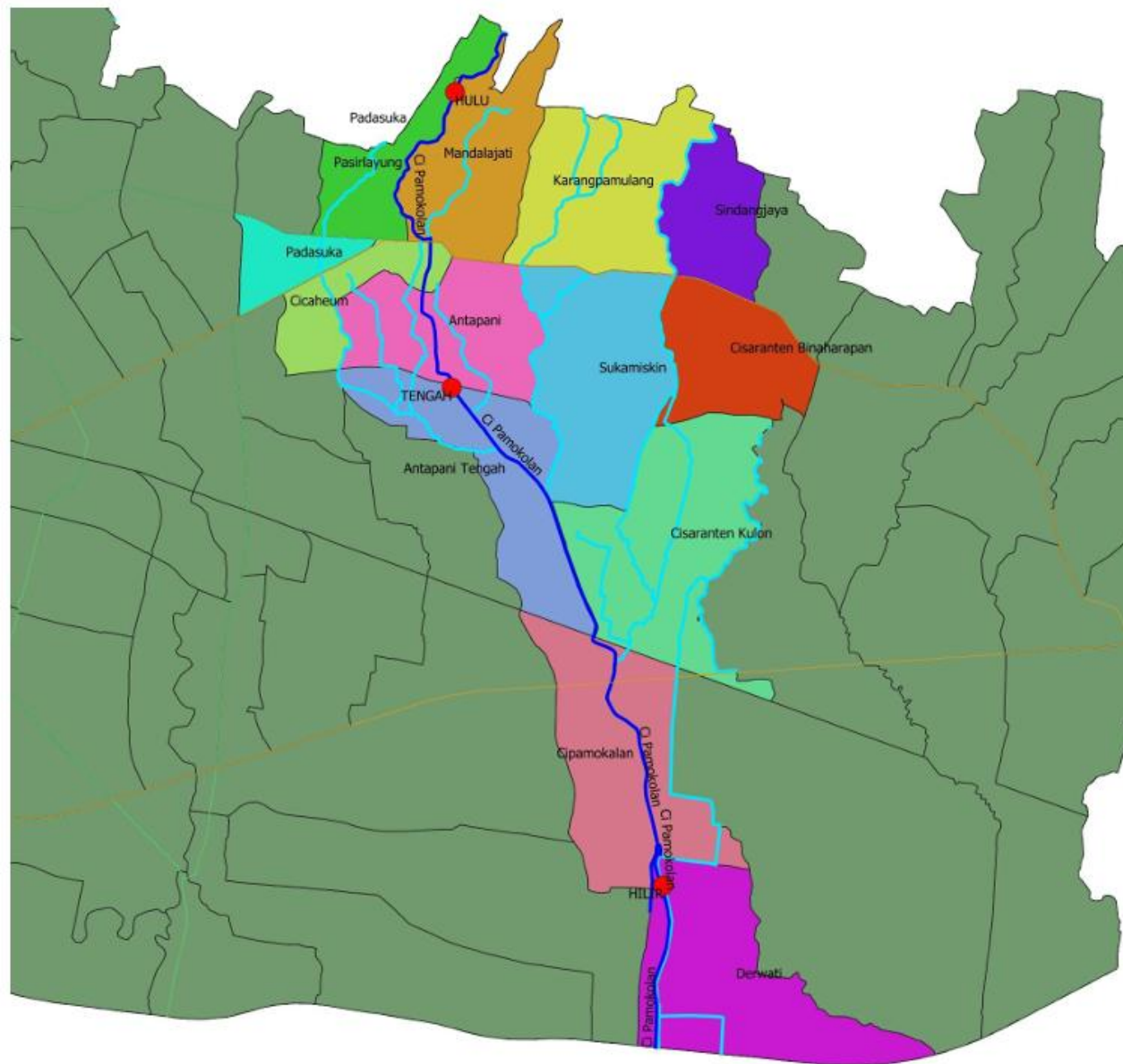
mengalami keterbatasan lahan pembuatan IPAL yaitu home Industri pembuat tahu di Kelurahan Jatihandap, mereka akan sangat kesulitan jika dipaksakan membuat lahan IPAL dilahan mereka yang seadanya dimana nantinya jika dipaksakan menggunakan lahan yang ada untuk pembuatan IPAL mereka akan merasakan pengurangan dalam lahan produksian 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 di konsumsi. 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 2.9**.



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



**PETA TITIK SAMPLING SUNGAI
CIPAMOKOLAN KOTA BANDUNG**

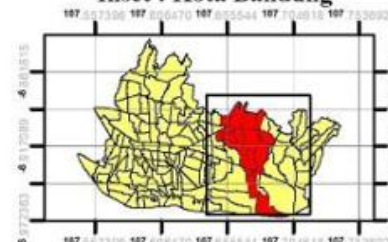
LEGENDA

- Batas Administrasi Kecamatan
- Lokasi Sampling
- Aliran Sungai Cipamokolan
- Aliran Anak Sungai

Keterangan

- | | |
|-----------------------|----------------|
| Antapani | Derwati |
| Antapani Tengah | Karangpamulang |
| Cicaheum | Mandalajati |
| Cipamokalan | Padasuka |
| Cisaranten Binharapan | Pasirlayung |
| Cisaranten Kulon | Sindangjaya |
| | Sukamiskin |

Inset : Kota Bandung



No. Gambar

Halaman

2.9

II - 33

2.7 Lokasi Survey Lapangan dan Sampling Air Sungai

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 2.14** berikut.

Tabel 2.14 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 2.15** berikut.

Tabel 2.15 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 2.16** berikut.

Tabel 2.16 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

Penelitian terkait uji kualitas air Sungai Cipamokolan pada tahun 2025 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 kelas II atau baku mutu yang digunakan 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 2.17**.

Tabel 2.17 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, 2025.

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.

Selain itu, 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.

Selain itu, 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,

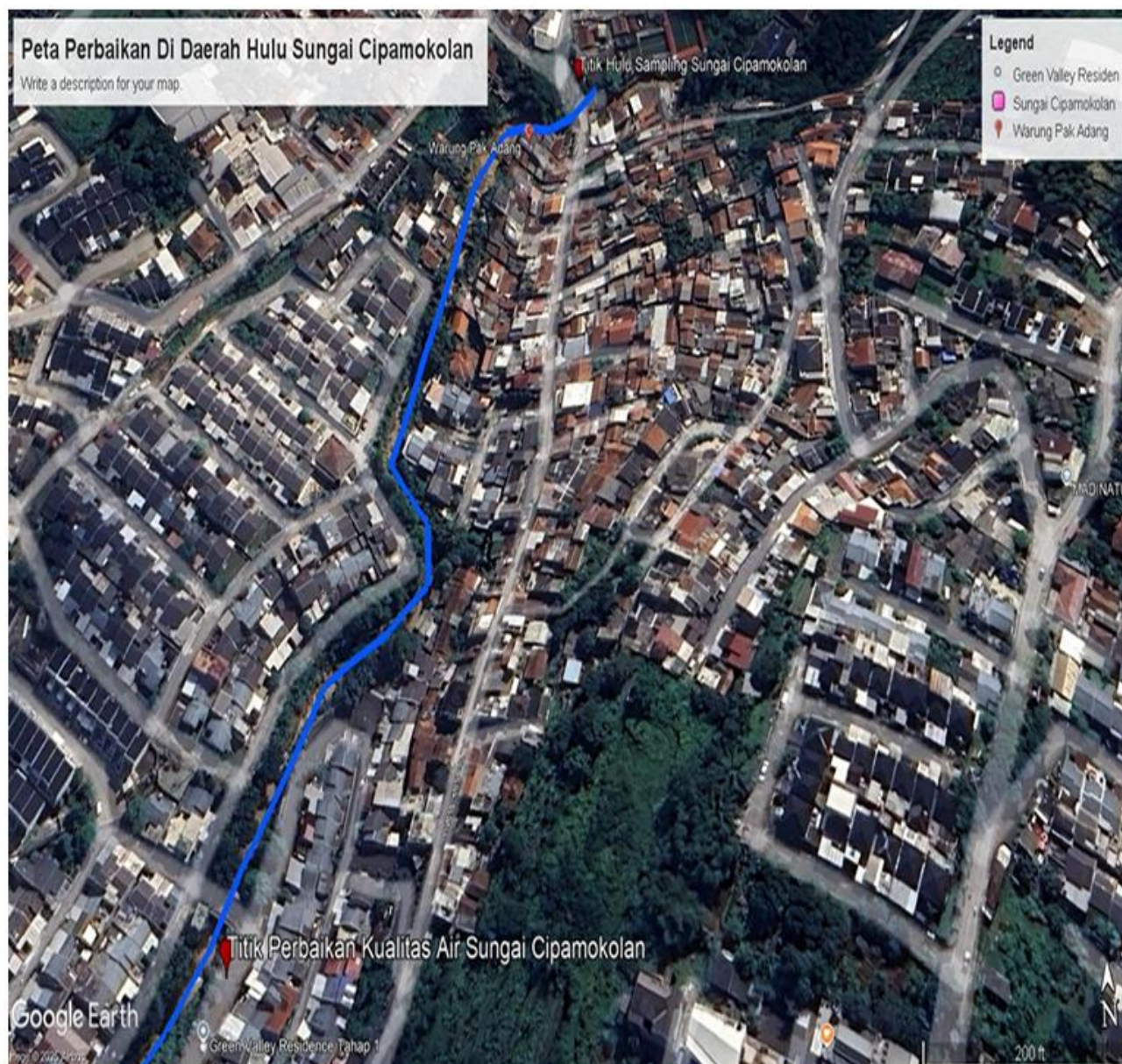
menandakan kontaminasi oleh limbah tinja atau kotoran manusia dan hewan, yang berisiko tinggi terhadap kesehatan manusia.

Secara keseluruhan, hasil uji ini menunjukkan bahwa kualitas air Sungai Cipamokolan telah mengalami pencemaran yang melebihi baku mutu, 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.

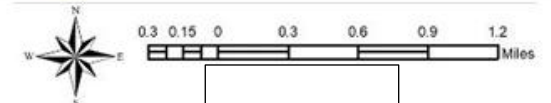
Berdasarkan hasil pemodelan yang telah dilakukan pada Tugas Akhir I, menunjukkan konsentrasi BOD tertinggi yaitu 27,74 Mg/L pada bagian hulu (Jl. Sasak Batu, Kel. Jatihandap, Kec. Mandalajati), konsentrasi DO terendah yakni 2,39 Mg/l di bagian hulu, dan nilai defisit oksigen terbesar juga terjadi pada 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 di bagian hulu sungai yaitu di Jl. Balistiwa Komplek Green Valley Residence kel. Pasir Layung Kec. Cibeunteung Kidul. Lokasi tersebut merupakan lokasi yang strategis mengingat lahan di bagian hulu ini sangat padat penduduk, sehingga lokasi ini dipilih untuk nantinya direncanakan penempatan instalasi pengolahan air untuk dapat mengolah air Sungai Cipamokolan agar kualitasnya memenuhi Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 kelas II. Adapun gambar peta orientasi lokasi perencanaan pada **Gambar 2.11** berikut ini.



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



PETA ORIENTASI LOKASI PERENCANAAN SUNGAI CIPAMOKOLAN



No. Gambar

Halaman

2.11

II - 44

BAB III

TINJAUAN PUSTAKA

3.1 Air Sungai

Sungai adalah saluran air alami yang terbentuk akibat proses erosi dan aliran air yang terus-menerus, serta memiliki peran penting dalam daur hidrologi dan sistem ekologi (Tjasyono, 2004). Sungai terbentuk melalui proses alamiah yang dipengaruhi oleh curah hujan, mata air, atau lelehan salju di daerah pegunungan. Aliran sungai memiliki bagian-bagian penting seperti hulu (sumber sungai), aliran utama (badan sungai), dan hilir (muara sungai). Dalam perjalanannya, sungai mengalir melalui saluran yang disebut palung sungai dan sering membawa serta berbagai material seperti tanah, pasir, lumpur, bahkan batuan, yang berperan dalam proses erosi dan sedimentasi. Secara ekologis, sungai memiliki peranan penting dalam menjaga keseimbangan lingkungan karena menjadi habitat berbagai jenis makhluk hidup, baik flora maupun fauna air. Selain itu, sungai juga memberikan manfaat besar bagi kehidupan manusia, seperti sebagai sumber air bersih, sarana irigasi dalam pertanian, sumber energi (seperti Pembangkit Listrik Tenaga Air), jalur transportasi di beberapa daerah, serta tempat kegiatan ekonomi dan rekreasi. Oleh karena itu, keberadaan sungai sangat vital dalam mendukung kehidupan dan pembangunan berkelanjutan, serta memerlukan pengelolaan yang bijak agar tetap lestari dan tidak tercemar.

3.2 Kualitas Air Sungai Perkotaan

Kualitas air sungai di wilayah perkotaan pada umumnya mengalami penurunan yang cukup signifikan akibat tingginya aktivitas manusia dan pembangunan yang tidak ramah lingkungan. Sungai-sungai yang mengalir melalui kawasan perkotaan seringkali menjadi tempat pembuangan limbah domestik, limbah industri, serta air larian permukaan (runoff) yang membawa berbagai polutan seperti minyak, logam berat, pestisida, dan sampah organik maupun anorganik. Akibatnya, parameter kualitas air seperti kadar oksigen terlarut (DO),

kebutuhan oksigen biokimia (BOD), kebutuhan oksigen kimia (COD), serta kadar amonia dan fosfat sering kali berada di atas ambang batas baku mutu lingkungan yang ditetapkan.

Penurunan kualitas air ini tidak hanya berdampak pada ekosistem sungai dan keanekaragaman hayati yang ada di dalamnya, tetapi juga berpotensi menimbulkan gangguan kesehatan bagi masyarakat yang tinggal di sekitar sungai, terutama jika air tersebut digunakan untuk kebutuhan sehari-hari tanpa pengolahan terlebih dahulu. Selain itu, perubahan tata guna lahan yang masif di perkotaan juga mengganggu fungsi alami sungai sebagai pengendali banjir dan penyeimbang iklim mikro. Oleh karena itu, pengelolaan kualitas air sungai di kawasan perkotaan memerlukan perhatian serius melalui pendekatan terpadu, yang melibatkan regulasi tegas, peningkatan kesadaran masyarakat, serta teknologi pengolahan limbah yang ramah lingkungan untuk mengembalikan fungsi sungai sebagai sumber daya air yang sehat dan berkelanjutan. Maka dari itu, diperlukan suatu pengendalian pencemaran melalui perbaikan kualitas air sungai agar dapat memenuhi standar yang telah ditetapkan.

3.3 Baku Mutu Kualitas Air Sungai

Baku mutu kualitas air Sungai diatur dalam Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup terdapat 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, perternakan, dan air untu 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 tabel baku mutu kualitas air Sungai dapat dilihat pada tabel 3.1 berikut ini:

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
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

No	Parameter	Unit	Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3	Kelas 4
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	Fecal Coliform	MPN/ 100 mL	100	1000	2000	2000
47	Total Coliform	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

Parameter penting sebagai indikator pencemaran air sungai meliputi aspek fisika, kimia, dan biologis. Secara fisik, suhu, kekeruhan, dan TSS (Total Suspended Solids) digunakan untuk menilai kejernihan dan aktivitas dalam air, di mana nilai yang tinggi menandakan pencemaran dari erosi atau limbah. Parameter kimia seperti DO (oksigen terlarut), BOD, COD, pH, amonia, nitrat, fosfat, dan logam berat mencerminkan kandungan bahan organik, anorganik, dan zat beracun yang dapat membahayakan ekosistem perairan. Sementara itu, parameter biologis seperti E. Coli dan Total Coliform menunjukkan pencemaran fekal, sedangkan rendahnya keanekaragaman makroinvertebrata menandakan pencemaran berat yang berlangsung terus-menerus. Pemantauan parameter-parameter ini penting untuk mengetahui sumber dan tingkat pencemaran yang terjadi di sungai. Dengan mengetahui indikator pencemar secara menyeluruh, maka perencanaan teknologi

pengolahan dan pemulihan kualitas air dapat dilakukan secara tepat sasaran dan berkelanjutan.

3.3.1 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.

1. Suhu (*Temperature*)

Suhu merupakan salah satu parameter fisik penting yang mencerminkan kondisi termal perairan. Suhu air tidak hanya mempengaruhi kenyamanan habitat organisme akuatik, tetapi juga berdampak signifikan terhadap kelarutan gas, laju metabolisme, pertumbuhan organisme, dan kecepatan reaksi biokimia. Pada umumnya, peningkatan suhu air akan menyebabkan penurunan kelarutan oksigen terlarut (DO) dan mempercepat dekomposisi bahan organik. Suhu air dipengaruhi oleh iklim, musim, kedalaman air, pencemaran termal, serta aktivitas antropogenik seperti pembuangan limbah panas dari industri.

2. Kekeruhan (*Turbidity*)

Kekeruhan adalah ukuran optik terhadap seberapa jernih atau keruhnya air akibat keberadaan partikel tersuspensi seperti tanah liat, lumpur, mikroorganisme, plankton, dan bahan organik lainnya. Kekeruhan tinggi dapat mengganggu penetrasi cahaya ke dalam kolom air, yang berdampak pada proses fotosintesis tumbuhan air. Selain itu, partikel penyebab kekeruhan juga dapat menjadi media pembawa logam berat, pestisida, dan mikroba patogenik. Pengukuran kekeruhan umumnya menggunakan satuan NTU (Nephelometric Turbidity Unit).

3. *Total Suspended Solids* (TSS)

TSS adalah jumlah total partikel padat tersuspensi yang tidak larut dalam air dan dapat disaring melalui penyaringan mekanik. Komponen TSS meliputi partikel anorganik seperti pasir dan lumpur, serta partikel

organik seperti sisa tanaman dan mikroorganisme. Nilai TSS yang tinggi biasanya menunjukkan adanya erosi, pencemaran domestik, atau industri. TSS yang berlebihan dapat menyebabkan sedimentasi di dasar sungai, menurunkan kejernihan air, serta mengganggu pernapasan organisme perairan yang berinsang.

4. Warna

Warna air dapat bersifat sejati atau semu. Warna sejati disebabkan oleh adanya zat terlarut seperti tanin dari vegetasi atau logam terlarut seperti besi dan mangan. Sementara itu, warna semu dihasilkan dari gabungan zat terlarut dan partikel tersuspensi. Warna yang tidak normal atau mencolok sering kali merupakan indikator adanya pencemaran oleh limbah rumah tangga, industri, atau aktivitas biologis seperti blooming alga. Warna air biasanya diukur dalam satuan TCU (*True Color Unit*).

5. Bau

Bau pada air umumnya berasal dari senyawa volatil yang terlarut di dalamnya, seperti senyawa sulfur, amonia, atau senyawa organik hasil dekomposisi. Bau amis, busuk, atau tanah bisa mengindikasikan pencemaran oleh limbah domestik, pertanian, atau industri. Selain sebagai indikator kualitas estetika, bau juga digunakan sebagai indikasi awal terhadap potensi kontaminasi biologis dan kimiawi.

3.3.2 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, amonia, sulfat, minyak dan lemak, TDS, fosfat, dan logam berat.

1. pH

pH air menunjukkan tingkat keasaman atau kebasaan suatu perairan dan dinyatakan dalam skala 0–14, dengan pH 7 sebagai nilai netral. Air yang memiliki pH di bawah 7 bersifat asam, sementara pH di atas 7 bersifat

basa. Nilai pH sangat berpengaruh terhadap reaksi kimia dalam air, stabilitas ekosistem, serta kelarutan logam berat dan senyawa berbahaya lainnya. Perubahan pH secara drastis dapat mempengaruhi metabolisme, reproduksi, dan kelangsungan hidup biota perairan.

2. *Dissolved Oxygen (DO)*

Oksigen terlarut adalah jumlah oksigen bebas yang tersedia dalam air dan dibutuhkan oleh organisme akuatik untuk bernapas. DO diperoleh dari difusi udara, fotosintesis tumbuhan air, dan aerasi. Kadar DO yang tinggi menandakan kondisi perairan yang sehat dan mendukung kehidupan, sedangkan DO rendah (<3 mg/L) dapat menyebabkan stres bahkan kematian pada organisme air. DO juga digunakan sebagai indikator tidak langsung terhadap pencemaran bahan organik.

3. *Biochemical Oxygen Demand (BOD)*

BOD adalah jumlah oksigen yang diperlukan oleh mikroorganisme aerobik untuk menguraikan bahan organik dalam air selama periode inkubasi tertentu, biasanya lima hari pada suhu 20°C (BOD_5). Nilai BOD mencerminkan tingkat pencemaran organik dalam air. Semakin tinggi BOD, semakin banyak bahan organik terdegradasi dan semakin besar konsumsi oksigen, yang dapat mengakibatkan penurunan kadar DO dan gangguan pada ekosistem akuatik.

4. *Chemical Oxygen Demand (COD)*

COD mengukur kebutuhan oksigen secara kimia untuk mengoksidasi seluruh bahan organik (biodegradable dan non-biodegradable) yang terdapat dalam air menggunakan zat kimia kuat seperti kalium dikromat. COD merupakan indikator cepat terhadap jumlah total polutan organik dalam air. Nilai COD yang tinggi menunjukkan pencemaran berat oleh limbah organik atau industri.

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

Amonia adalah senyawa nitrogen hasil dekomposisi bahan organik seperti urin dan kotoran. Dalam air, amonia dapat berada dalam bentuk ion amonium (NH_4^+) atau amonia bebas (NH_3), tergantung pada pH dan

suhu. Amonia bebas bersifat sangat toksik terhadap ikan dan organisme perairan lainnya, bahkan dalam konsentrasi rendah. Kehadiran amonia merupakan indikator pencemaran limbah domestik atau peternakan.

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

Nitrat adalah bentuk oksidasi terakhir dari nitrogen dalam siklus nitrogen dan biasanya terbentuk dari proses nitrifikasi amonia. Nitrit adalah bentuk antara yang bersifat lebih toksik dan dapat mengganggu sistem pengangkutan oksigen dalam darah ikan dan manusia. Konsentrasi tinggi nitrat dan nitrit dalam air sering kali berasal dari penggunaan pupuk, limbah pertanian, dan limbah domestik.

7. Fosfat (PO_4^{3-})

Fosfat adalah senyawa fosfor yang larut dalam air dan berasal dari limbah detergen, pupuk, dan ekskresi organisme. Meskipun fosfat dibutuhkan sebagai nutrisi oleh tumbuhan air, konsentrasi tinggi dapat memicu eutrofikasi, yaitu pertumbuhan alga secara berlebihan (algal bloom) yang akan diikuti oleh penurunan drastis kadar DO dan kematian biota perairan saat alga terdegradasi.

8. Sulfat (SO_4^{2-})

Sulfat merupakan ion anorganik yang bersifat stabil dan berasal dari pelapukan batuan, limbah industri, dan detergen. Meskipun tidak beracun dalam konsentrasi rendah, sulfat dalam jumlah tinggi dapat menyebabkan iritasi pada manusia serta mendukung pertumbuhan bakteri anaerob yang menghasilkan gas hidrogen sulfida (H_2S) yang berbau busuk dan bersifat toksik.

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

Logam berat adalah elemen logam yang memiliki massa jenis tinggi dan bersifat toksik bagi organisme bahkan dalam konsentrasi rendah. Sumber pencemarannya termasuk limbah industri, pertambangan, dan pestisida. Logam berat dapat terakumulasi dalam jaringan biota (bioakumulasi) dan berpindah melalui rantai makanan (biomagnifikasi), menyebabkan gangguan sistem saraf, ginjal, hati, dan bersifat karsinogenik pada manusia.

10. Minyak dan Lemak

Minyak dan lemak merupakan senyawa hidrokarbon yang tidak larut dalam air dan cenderung membentuk lapisan di permukaan. Zat ini berasal dari limbah rumah tangga, restoran, atau tumpahan minyak. Kehadiran minyak dan lemak mengganggu difusi oksigen dari udara ke dalam air, merusak sistem pernapasan organisme air, serta menurunkan nilai estetika perairan.

11. *Total Dissolved Solids* (TDS)

TDS adalah jumlah total zat padat terlarut dalam air seperti garam, mineral, dan logam anorganik yang tidak dapat disaring. Nilai TDS yang tinggi dapat menyebabkan rasa air menjadi tidak enak, meningkatkan korosivitas, serta mengganggu fisiologi organisme akuatik. TDS juga merupakan indikator tingkat mineralisasi dan intrusi air laut ke dalam air tawar.

3.3.3 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 Sungai dan ekosistem sungai.

1. Total Coliform

Total coliform adalah kelompok bakteri yang digunakan sebagai indikator pencemaran air oleh limbah organik. Meskipun sebagian besar coliform tidak berbahaya, kehadirannya menunjukkan kemungkinan kontaminasi oleh mikroorganisme patogen, terutama yang berasal dari kotoran hewan atau manusia.

2. Fecal Coliform / *Escherichia coli* (*E. coli*)

Fecal coliform merupakan subkelompok coliform yang berasal khusus dari saluran pencernaan manusia atau hewan berdarah panas, dengan *Escherichia coli* (*E. coli*) sebagai spesies utama. Keberadaannya menjadi indikator spesifik pencemaran feses dan potensi keberadaan

patogen yang dapat menyebabkan penyakit seperti diare, kolera, dan hepatitis.

3. Plankton

Plankton adalah organisme mikroskopis yang hidup melayang di dalam kolom air. Terdiri dari fitoplankton (tumbuhan) yang melakukan fotosintesis, dan zooplankton (hewan kecil) yang memakan fitoplankton. Plankton berperan penting dalam rantai makanan akuatik dan produksi oksigen, tetapi jumlah yang berlebihan akibat kelebihan nutrisi dapat menyebabkan ketidakseimbangan ekosistem.

4. Makrozoobenthos

Makrozoobenthos adalah kelompok organisme berukuran $>0,5$ mm yang hidup di dasar perairan, seperti larva serangga, cacing air, dan moluska. Komunitas makrozoobenthos sangat peka terhadap perubahan kualitas air, sehingga digunakan sebagai bioindikator ekosistem perairan. Keanekaragaman dan komposisinya dapat mencerminkan tingkat pencemaran organik maupun anorganik.

5. Algae Bloom

Algal bloom adalah fenomena pertumbuhan alga yang sangat cepat akibat kelebihan nutrisi, terutama fosfat dan nitrat. Ledakan alga dapat mengubah warna air, mengurangi kadar DO saat alga mati dan terurai, serta menghasilkan senyawa toksik yang membahayakan manusia dan organisme air. Algal bloom sering dikaitkan dengan eutrofikasi dan pencemaran limbah domestik atau pertanian.

3.3.4 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 Republik Indonesia (PERMEN LHK No. 27 Tahun 2021) Tentang Indeks Kualitas Lingkungan Hidup, terdapat parameter pemantauan yang ditetapkan untuk perhitungan Indeks Kualitas Air (IKA). Terdapat 8 parameter wajib untuk perhitungan IKA. 8 parameter tersebut adalah:

- 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 (NO_3^-)
- g. Total Fosfat
- h. *Fecal coliform*

3.4 Teknologi Perbaikan Air Sungai

Berbagai metode telah dikembangkan untuk mengurangi beban pencemar, baik melalui proses biologis, kimiawi, maupun kombinasi keduanya. Pemilihan teknologi pengolahan air limbah biasanya dipengaruhi oleh karakteristik limbah, ketersediaan lahan, biaya operasional, serta tujuan pengolahan. Pada subbab ini akan dibahas beberapa teknologi pengolahan air limbah yang umum digunakan maupun yang masih relatif baru dikembangkan, meliputi biofilter, sequencing batch reactor (SBR), membrane bioreactor (MBR), constructed wetland, floating wetland, serta biocord. Masing-masing teknologi memiliki prinsip kerja, kelebihan, dan keterbatasan yang berbeda, sehingga dapat dijadikan acuan dalam memilih sistem pengolahan yang tepat untuk memperbaiki kualitas air di Sungai Cipamokolan maupun lingkungan perairan lainnya.

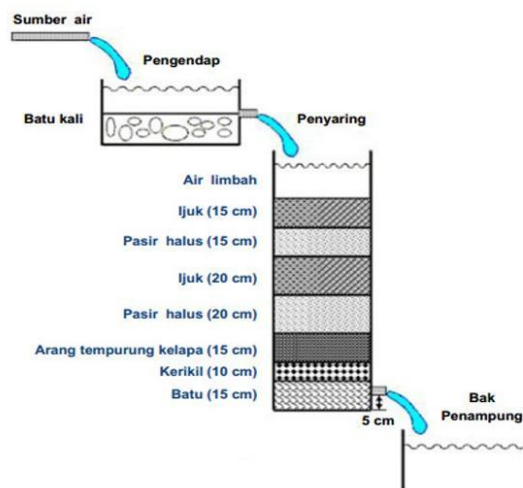
3.4.1 Biofilter

Biofilter adalah reaktor biologis dengan bangun tetap (fixed bed film) dimana mikroorganisme tumbuh dan berkembang menempel pada permukaan media yang kaku misalnya plastic 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 insertlainnya, menghilangkan kekeruhan dan menjernihkan air, serta dapat menghilangkan bermacam-macam senyawa organik (Said, N. I. & Ruliasih, 2016). Penggunaan biofilter sangat efektif sebagai pengelolaan limbah dengan kadar BOD5 dan COD dengan rasio diatas 0,5 (Metcalf and Eddy, 2023).

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 6 lain: luas permukaan spesifik yang tinggi dibanding volumenya, tahan dan tidak mudah hancur, tidak menggunakan perekat organik, mudah untuk dibersihkan, ringan, dan mudah pemasangannya.

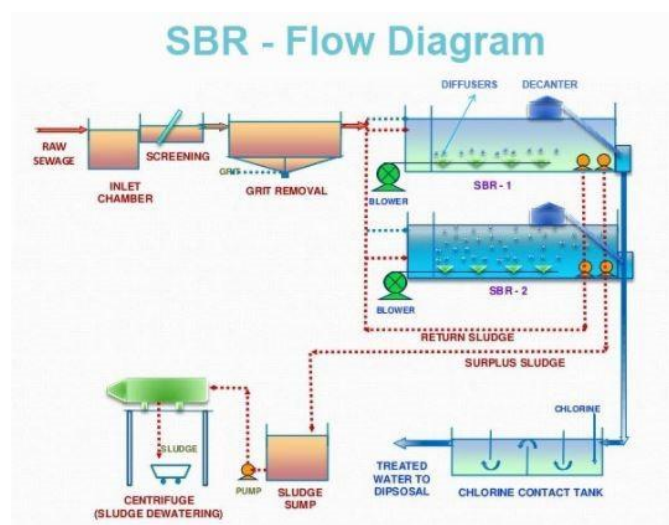


Gambar 3.1 Diagram Alir Pengolahan Biofilter

Sumber: <https://www.99.co.id/panduan/cara-membuat-filter-air/>

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). Dalam pengolahan air limbah menggunakan SBR, terdapat lima tahap satu siklusnya, yaitu tahap fill, tahap react (aeration), tahap settle (sedimentation/clarification), tahap decant/draw dan tahap idle (Metcalf dan Eddy, 2003).



Gambar 3.2 Sequencing Batch Reactor

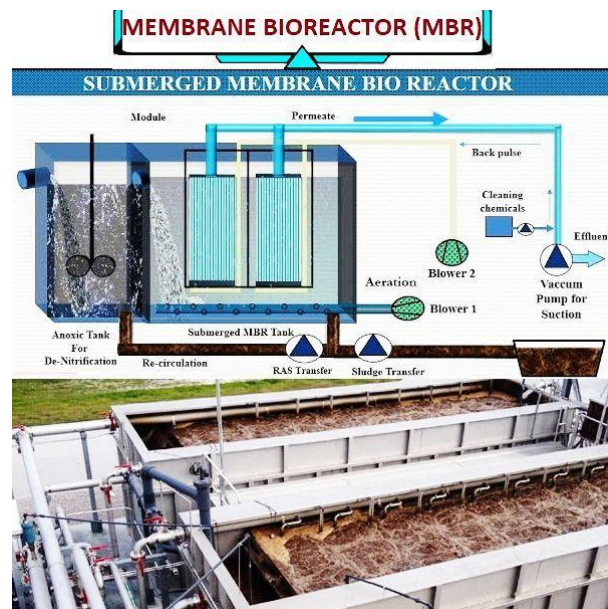
Sumber: <https://ketavconsultant.com/sequential-batch-reactor-sbr/>

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

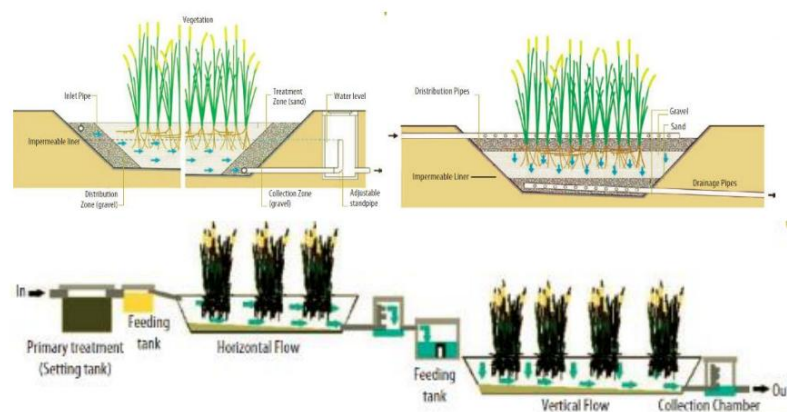
Sumber: https://www.linkedin.com/posts/akshara-m-82474a1a6_bioreactor-wastewater-solid-activity-7264217438630682625-UPFB/

3.4.4 Constructed Wetland

Constructed Wetland atau wetland buatan merupakan sistem pengolahan air limbah yang dirancang secara teknis untuk meniru proses alami yang terjadi di ekosistem rawa. Sistem ini bekerja dengan memanfaatkan interaksi kompleks antara tanaman air (makrofita), substrat (seperti pasir, kerikil, atau tanah), dan mikroorganisme, yang bersama-sama berperan dalam menghilangkan atau mengurangi kandungan pencemar dalam air. Air limbah yang dialirkan ke dalam

sistem ini akan mengalami proses-proses fisik, kimia, dan biologis seperti sedimentasi, filtrasi, penyerapan nutrisi oleh tanaman, degradasi bahan organik oleh mikroorganisme, serta reaksi kimia yang mengikat logam berat atau zat berbahaya lainnya.

Constructed wetland dibangun dalam bentuk kolam atau saluran yang ditanami dengan jenis-jenis tanaman air tertentu, seperti *Typha*, *Phragmites*, atau *Cyperus*, yang memiliki sistem akar kuat dan mampu bertahan di lingkungan basah. Air limbah masuk melalui bagian inlet dan secara perlahan mengalir melalui media substrat di mana proses pengolahan berlangsung sebelum akhirnya keluar melalui outlet dalam kondisi yang sudah lebih bersih. Terdapat beberapa jenis constructed wetland berdasarkan arah aliran airnya, yaitu tipe permukaan bebas atau Free Water Surface (FWS), di mana air mengalir di atas permukaan substrat menyerupai rawa alami, serta tipe Subsurface Flow (SSF), di mana air mengalir di bawah permukaan substrat, yang terbagi lagi menjadi horizontal flow dan vertical flow. Selain itu, sistem hybrid yang menggabungkan dua atau lebih tipe wetland juga banyak digunakan untuk meningkatkan efisiensi pengolahan limbah yang kompleks.



Gambar 3.4 Constructed Wetland

Sumber: <https://media.neliti.com/media/publications/129142-ID-pemanfaatan-constructed-wetland-sebagai.pdf>

3.4.5 Floating Wetland

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.



Gambar 3.6 Floating wetland

Sumber: <https://princetonhydro.com/floating-wetland-islands-anjec-2023/>

3.4.6 BioCord

biocord merupakan sistem pengolahan air limbah baru yang dibuat di Jepang. Biocord sendiri merupakan serat sintesis yang berfungsi sebagai sarang mikroorganisme. *Biocord* baru diaplikasikan pada Kota Bekasi, Bandung dan Cikarang. Sistem *biocord* ialah teknologi pemurnian air yang berfungsi untuk menjaga kualitas air dan lingkungan dari pencemaran limbah rumah tangga (domestik) maupun industri golongan B2, Sehingga dengan penggunaan Wetland Biocord dapat membantu perbaikan kualitas air sungai. (Arbaningrum. R, 2021)

Kolam *BioCord* bekerja berdasarkan prinsip biofilm reactor: mikroorganisme menempel pada permukaan tali *BioCord* dan membentuk koloni biofilm. Saat air sungai atau limbah mengalir melewati media ini, polutan organik

didegradasi oleh aktivitas biologis dari mikroorganisme yang hidup di biofilm tersebut.



Gambar 3.9 Kolam BioCord

Sumber: Dinas Sumber Daya Air dan Bina Marga Bidang Daerah Aliran Sungai Cianjur, 2024

3.5 Penelitian Terdahulu Pengolahan Air Sungai

Kualitas air Sungai Cipamokolan khususnya pada segmen I (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, kesehatan masyarakat, serta keseimbangan ekosistem di sepanjang aliran sungai. Untuk mengubah kualitas air Sungai Cipamokolan khususnya pada segmen I agar sesuai dengan baku mutunya, diperlukan teknologi pengolahan khusus. Beberapa teknologi yang digunakan oleh penelitian terdahulu pada **Tabel 3.2** Berikut ini.

Tabel 3.2 Penelitian Terdahulu Pengolahan Air Sungai

No.	Penelitian Terdahulu	Deskripsi Hasil
1	Biodegradasi Glukosa Konsentrasi Tinggi Dalam <i>Sequencing Batch Reactor</i> Pada Tahap Asidogenesa (Syafila, et al., 2023)	Proses lumpur aktif SBR mirip dengan proses dalam sistem konvensional dimana air buangan diaduk dengan flokulan biomassa pada proses pengolahan. Siklus proses yang terjadi dalam SBR terdiri dari lima tahap yaitu tahap pengisian (<i>fill</i>), reaksi (<i>react</i>), pengendapan (<i>settle</i>), pengeluaran/penuangan (<i>draw/decant</i>) dan <i>idle</i> . Rasio waktu <i>fill/react</i> merupakan variabel proses yang mempengaruhi efisiensi penyisihan dimana untuk beban pengolahan tertentu memiliki rasio <i>fill/react</i> optimum yang berbeda-beda. Untuk beban 30.000 mg/l COD optimum pada rasio <i>fill/ react</i> 2:4 (jam/jam) dan untuk beban 60.000 mg/l optimum pada rasio <i>fill/react</i> 2:8 (jam/jam). Proses yang terjadi pada eksperimen ini masih pada tahap asidogenesa sehingga tingkat penurunan COD tidak terlalu besar hanya sekitar 40-50% dimana organik substrat belum terurai menjadi CO ₂ dan CH ₄ , Sebagian besar organik diubah menjadi asam-asam volatil (3.500-5.000 mg/l TAV) dan relatif belum terjadi pembentukan gas CH ₄ .
2	Perbandingan Kinerja <i>Sequencing Batch Reactor</i> dengan dan Tanpa Media Bioball untuk Mengolah Limbah Batik	<i>Sequencing Batch Reactor</i> (SBR) merupakan suatu proses yang dapat berjalan secara aerobik dan anaerobik yang terjadi pada satu reaktor <i>batch</i> . Penggabungan proses SBR dengan bantuan <i>support</i> media berupa bioball yang menjadi media untuk pelekatan bakteri akan membantu proses penurunan kadar COD pada

No.	Penelitian Terdahulu	Deskripsi Hasil
	(Wirakusuma, et al., 2023)	pengolahan limbah cair batik. Dalam hal ini, SBR dapat berjalan dalam kondisi anaerobik aerobik yang terjadi dalam satu reaktor batch. Hasil efisiensi penyisihan konsentrasi COD dari masing-masing tidak terlalu signifikan, yaitu tanpa bioball dapat menyisihkan COD dengan efisiensi 86,3% dan untuk dengan bioball mampu menyisihkan COD dengan efisiensi 87%. Variasi media juga memengaruhi hasil pengendapan lumpur yang baik yang dapat ditunjukkan dengan nilai SVI sangat baik.
3	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)	Proses koagulasi flokulasi dengan <i>double staged coagulation</i> adalah proses koagulasi flokulasi dengan dua kali proses koagulasi dan dua kali penambahan bahan kimia koagulan pada proses pengadukan cepat dan selanjutnya dilakukan proses flokulasi. 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 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%.

No.	Penelitian Terdahulu	Deskripsi Hasil
4	<i>Constructed Wetland Coupled Microbial Fuel Cell: A Clean Technology for Sustainable Treatment of Wastewater and Bioelectricity Generation</i> (Kesarwani, A., et al., 2023)	<i>Constructed Wetland-Microbial Fuel Cell</i> (CW-MFC), sebuah teknologi alternatif yang menggabungkan <i>Microbial Fuel Cell</i> (MFC) di dalam Lahan Basah Buatan (CW). (CW-MFC) tidak hanya memulihkan air, tetapi juga menghasilkan bioelektrisitas darinya. Hal ini membuat CW-MFC menjadi metode yang lebih terjangkau, ramah lingkungan, dan berkelanjutan untuk mengolah air limbah dibandingkan metode konvensional, yang masih memerlukan input energi dan biaya yang tinggi, menghasilkan polutan sekunder, dan tidak ramah lingkungan atau estetis. 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.
5	Teknologi Tepat Guna Pengolahan Air Sungai Menjadi Air Bersih (Riski, A., et al., 2023)	Pengolahan yang tepat untuk membantu menurunkan kadar kekeruhan dan warna yang melebihi baku mutu yaitu unit koagulasi, flokulasi dan sedimentasi. Sedangkan pengolahan yang tepat untuk menurunkan kadar parameter TDS dan Total Coliform pada air sungai adalah unit filtrasi (saringan pasir cepat) menggunakan media pasir kerang dan kerikil. Berdasarkan hasil perancangan Unit Pengolahan Air (IPA) di Desa Sungai Itik dapat ditarik kesimpulan bahwa kualitas air diantaranya, parameter pH 7,18; parameter kekeruhan 6,89 NTU; parameter warna 109

No.	Penelitian Terdahulu	Deskripsi Hasil
		TCU; parameter TDS 603 mg/l; parameter suhu 36°C; parameter Total Coliform 33 APM/100 ml. Parameter tersebut masih berada dalam standar kualitas air baku kelas II menurut Lampiran VI Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 22 Tahun 2021.
6	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.
7	Pengaruh Biofilter Batu Split Terhadap Penurunan Kadar Minyak dan Lemak Limbah Cair Domestik (Damayanti, S., dan Mualim, 2024)	Biofilter berfungsi sebagai media penyaring air limbah yang melalui media. Dalam penelitian ini media yang digunakan yaitu Batu split untuk menurunkan pencemar pada limbah cair domestik yang mana batu split berfungsi sebagai tempat hidupnya mikroba dalam menguraikan zat-zat pada limbah (Ifan H, 2018). 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 dengan metode biofilter aerob media batu split limbah cair domestik mengalami penurunan sebesar 75%

No.	Penelitian Terdahulu	Deskripsi Hasil
		dengan rata-rata 5,3 mg/l. Maka dari itu, ada perbedaan penurunan yang signifikan pada kadar minyak dan lemak dengan nilai p-value < 0,05.
8	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 (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 yang digunakan sebagai air baku untuk prasaranana /sarana rekreasi, pembudidayaan ikan air tawar, air untuk mengairi pertanian.
9	Lahan Basah Buatan Sebagai Pengolahan Limbah Cair dan Penyedia Air Non-Konsumsi (Qomariah, S., et al., 2017)	Hasilnya teknologi ini mampu menyisihkan (parameter TSS, pH, BOD, COD, Minyak & Lemak, dan Deterjen) dengan prosentase penyisihan berkisar antara 95,47%-99,89%. Besaran konsentrasi polutan di outlet, yang 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 sebagai air untuk mengairi tanaman

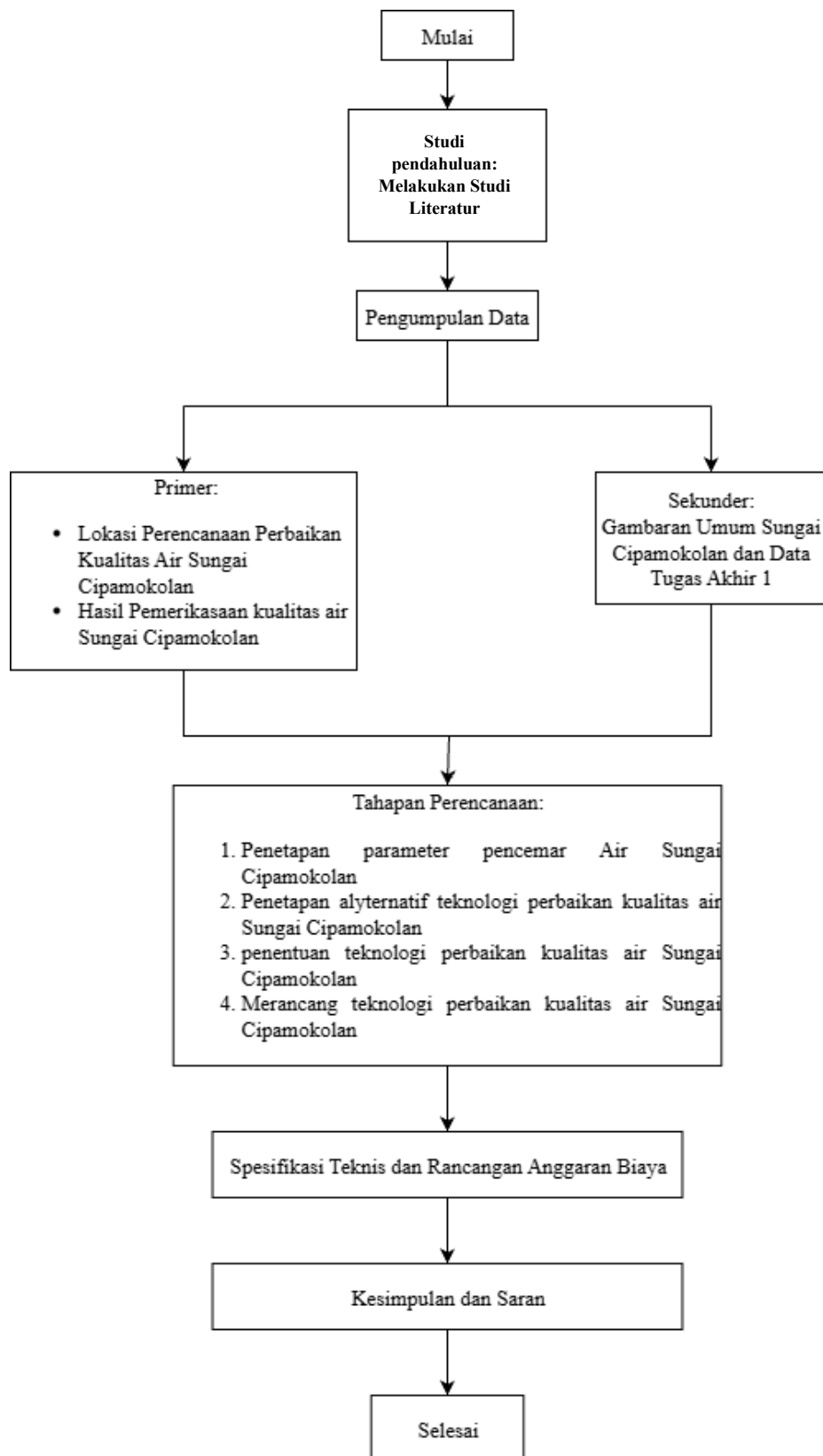
No.	Penelitian Terdahulu	Deskripsi Hasil
		dan atau peruntukan lain yang mensyaratkan mutu air yang sama.
10	Pembangunan Trash Trap Sebagai Pelindung Laut Dari Ancaman Sampah Plastik (Aini, M., et.al. (2023)	Trash trap terdiri dari 3 (tiga) komponen utama, yaitu: tong plastik sebagai pelampung, besi baja sebagai jarring penghalang sampah, serta kawat seling sebagai pengikat trash trap. Pada uji coba yang telah dilakukan, trash trap 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. Kami telah berhasil menghadang ± 10 (sepuluh) ton sampah yang akan menuju ke laut. Sebanyak ± 100 (seratus) orang dari 10 instansi dan komunitas ikut terlibat dalam kegiatan Clean Up setiap minggunya.
11	Pemanfaatan Floating Treatment Wetland Untuk Pengolahan Air Limbah Penatu Dwiegi, S., et.al. (2021)	Floating treatment wetland dengan tanaman akar wangi, media apung, styrofoam, dan media tanam rockwool sudah cukup bagus dalam mengolah air limbah penatu. Hal ini dibuktikan dari penurunan nilai pH menjadi 7,9, TSS menjadi 200 mg/L (83,33%), dan COD menjadi 500 mg/L (62,96%) pada waktu detensi 10 hari ketinggian air 10 cm.

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 I yang dapat mendukung perencanaan Teknologi Perbaikan Kualitas Air Sungai. Kemudian selanjutnya masuk ke tahap dasar perencanaan yaitu menjelaskan kualitas air Sungai Cipamokolan khususnya pada segmen I, serta memberikan beberapa alternatif perbaikan berdasarkan pada penelitian yang dilakukan sebelumnya untuk mempermudah dalam mempertimbangkan untuk melakukan perencanaan Teknologi Perbaikan Kualitas Air Sungai. Selanjutnya membuat skema pemilihan perencanaan Teknologi Perbaikan Kualitas Air Sungai untuk mendapatkan teknologi yang efektif dan efisien untuk memperbaiki kualitas air Sungai Cipamokolan khususnya pada segmen I. Setelah mendapatkan pengolahan yang terbaik, maka dilakukan perencanaan Teknologi Perbaikan Kualitas Air Sungai di wilayah segmen I. Memberikan penjelasan terkait spesifikasi teknis terhadap perancangan yang telah dilakukan. Kemudian setelah itu merancang anggaran biaya untuk perencanaan Teknologi Perbaikan Kualitas Air Sungai. Spesifikasi teknis dan Rancangan Anggaran Biaya (RAB) yang dimana merupakan hal yang sangat penting dalam melakukan perencanaan Teknologi Perbaikan Kualitas Air Sungai. Keduanya ini 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 Teknologi Perbaikan Kualitas Air Sungai di Sungai Cipamokolan, Kota Bandung pada segmen I sampai tengah yaitu pada (Jl. Sasak Batu – Jl. Terusan Jakarta).

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 sungai yang akan dibangun dapat memenuhi baku mutu air sungai sesuai dengan kelas yang telah di tentukan.

4.2.2 Lokasi Perencanaan Teknologi Perbaikan Kualitas Air Sungai

Lokasi perencanaan teknologi perbaikan kualitas air sungai berada Sungai Cipamokolan. Pada Sungai Cipamokolan terdapat 2 (dua) segmen. Segmen pada sungai merupakan pembagian sungai menjadi bagian-bagian yang lebih kecil atau ruas-ruas, biasanya dilakukan untuk mempermudah penelitian atau analisis terkait sungai. Segmen I merupakan segmen yang membentang dari titik hulu sampling sampai ke titik tengah sampling Sungai Cipamokolan yaitu Jl. Sasak batu – Jl. Terusan Jakarta. Sedangkan Segmen II merupakan segmen yang membentang dari titik tengah sampling sampai ke titik hilir sampling Sungai Cipamokolan yaitu Jl. Terusan Jakarta – Jl. Terusan Derwati.

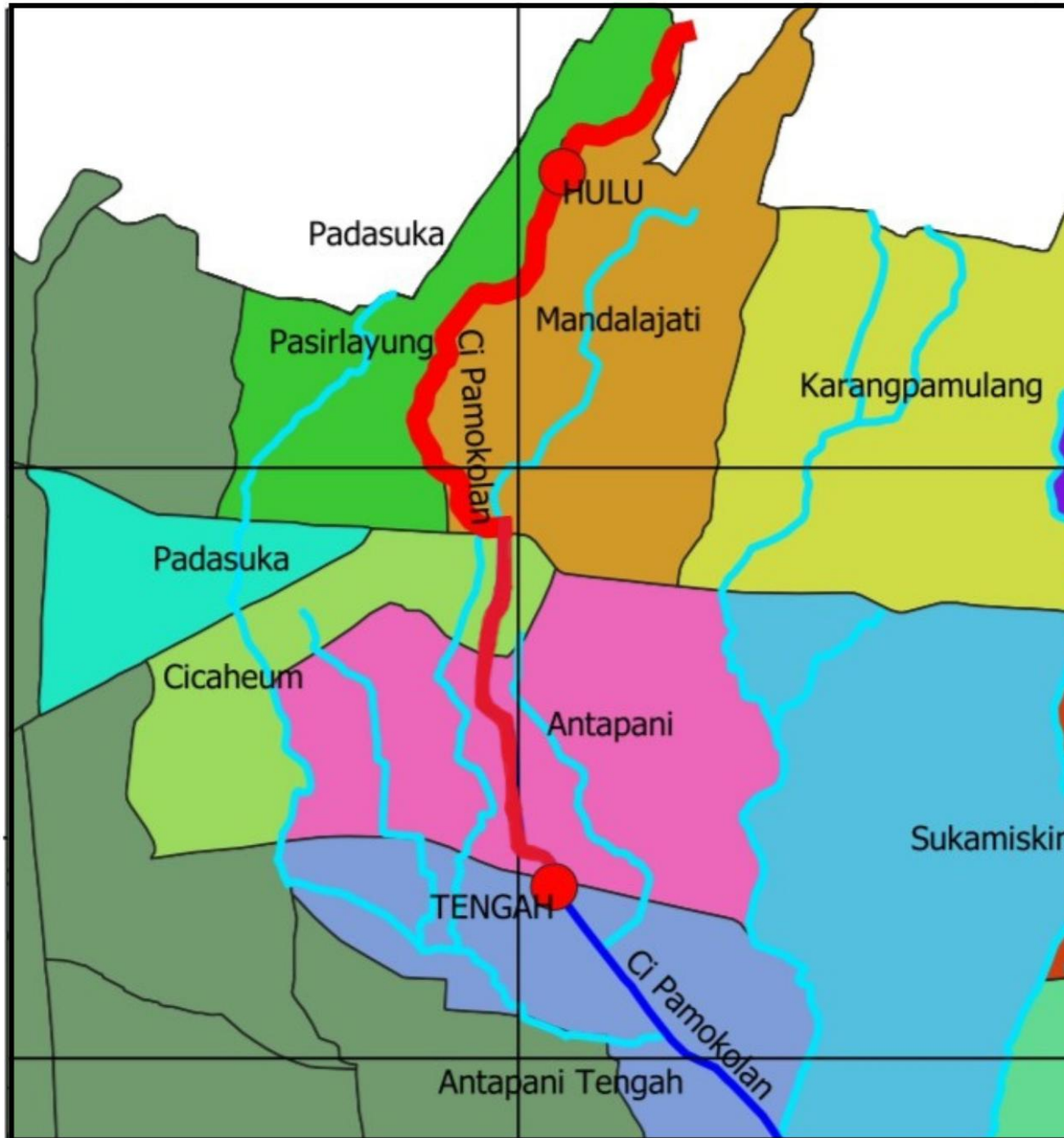
Lokasi yang di pilih dalam perencanaan Teknologi Perbaikan Kualitas Air Sungai ini berada pada segmen I antara titik hulu dan tengah yaitu di Jl. Sasak batu – Jl. Terusan Jakarta.

107°38'24"E

107°39'36"E

107°40'48"E

107°42'0"E



PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN FAKULTAS TEKNIK

Perencanaan Perbaikan Kualitas Air Sungai
dengan Debit Kecil di Sungai Cipamokolan



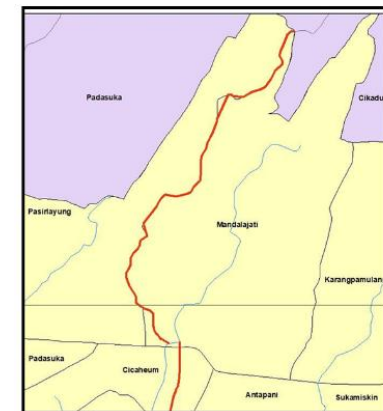
0.3 0.15 0 0.3 0.6 0.9 1.2
Miles

PETA SEGMENT HULU SUNGAI CIPAMOKOLAN

LEGENDA

- Batas Administrasi Kecamatan
- Lokasi Sampling
- Aliran Sungai Cipamokolan
- Aliran Anak Sungai
- Daerah Prioritas Perbaikan Kualitas Air Sungai

Keterangan	Derwati
Antapani	Karangpamulang
Antapani Tengah	Mandalajati
Cicaheum	Padasuka
Cipamokolan	Pasirlayung
Cisaranten Binaharapan	Sindangjaya
Cisaranten Kulon	Sukamiskin



4.2.3 Pengumpulan Data

Dalam melakukan perencanaan dibutuhkan data primer dan sekunder untuk menunjang perencanaan Teknologi Perbaikan Kualitas Air Sungai di segmen I antara titik hulu dan tengah yaitu di Jl. Sasak batu – Jl. Terusan Jakarta. Adapun data primer dan sekunder yang di dapat 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 di gunakan pada perencanaan ini meliputi titik lokasi perencanaan Teknologi Perbaikan Kualitas Air Sungai, parameter pencemar air Sungai Cipamokolan khusus nya di segmen I antara titik hulu dan tengah yaitu di Jl. Sasak batu – Jl. Terusan Jakarta, serta luas ketersediaan lahan yang dapat menunjang perencanaan Teknologi Perbaikan Kualitas Air Sungai di Sungai Cipamokolan.

4.2.3.2 Data Sekunder

Pengumpulan data sekunder pada perencanaan ini mencakup pada proses pengumpulan data yang sudah tersedia dari suatu sumber yang di kumpulkan untuk menunjang perencanaan ini seperti, jurnal, maupun peraturan pemerintah yang berlaku. Data Sekunder yang di gunakan pada perencanaan ini meliputi gambaran umum mengenai Sungai Cipamokolan, dan data Tugas Akhir 1 untuk menunjang perencanaan Teknologi Perbaikan Kualitas Air Sungai.

4.3 Perencanaan Teknologi Perbaikan Kualitas Air Sungai

Dasar perencanaan Teknologi Perbaikan Kualitas Air Sungai yang kompleks dan melibatkan berbagai aspek yaitu analisis kualitas air baku, pemilihan unit pengolahan air yang sesuai, dan pertimbangan teknis lainnya. Perencanaan ini bertujuan untuk menghasilkan air sungai yang memenuhi baku mutu untuk berbagai keperluan dalam perencanaan ini yaitu baku mutu kelas II. perencanaan Teknologi Perbaikan Kualitas Air Sungai dilakukan di segmen I antara titik hulu dan tengah yaitu di Jl. Sasak batu – Jl. Terusan Jakarta.

Dalam merencanakan suatu Teknologi Perbaikan Kualitas Air Sungai terdapat beberapa dasar perencanaan yang harus dipertimbangkan. Adapun faktor

pendukung untuk merencanakan suatu Teknologi Perbaikan Kualitas Air Sungai adalah sebagai berikut.

4.3.1 Penetapan Parameter Pencemar air Sungai Cipamokolan

Penetapan 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 Teknologi Perbaikan Kualitas Air Sungai.

Pada hasil pemeriksaan laboratorium kualitas air Sungai Cipamokolan di perlukan adanya justifikasi untuk memastikan data yang kita pakai itu relevan dan valid. Hasil yang di justifikasi dengan data historis juga mendeteksi adanya perubahan yang signifikan pada parameter yang dianalisis. Dilakukan justifikasi data kualitas air Sungai Cipamokolan meliputi:

- a. Mengonfirmasi ada/tidak adanya kesalahan atau kontaminasi.
- b. Mengaitkan hasil dengan kondisi lingkungan dan aktivitas di sekitar lokasi.
- c. Membandingkan dengan standar baku mutu yang berlaku.
- d. Menjelaskan variasi atau anomali yang ditemukan.
- e. Mengidentifikasi faktor – faktor yang mempengaruhi kualitas air.
- f. Menyediakan data historis pemeriksaan kualitas air Sungai Cipamokolan yang dilakukan oleh DLH Kota Bandung.

4.3.2 Penetapan Alternatif Perbaikan 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.

4.3.3 Penentuan Alternatif Perbaikan Air Sungai

Dalam perencanaan Teknologi Perbaikan Kualitas Air Sungai terdiri dari rangkaian unit pengolahan air sungai yang berfungsi untuk menyisihkan kandungan parameter dalam air yang belum memenuhi baku mutu air sungai yang terolah sehingga nantinya akan sesuai dengan standar baku mutu yang telah ditentukan. Pemilihan teknologi perencanaan Perbaikan Kualitas Air Sungai pada dengan cara mempertimbangkan berbagai faktor yaitu efisiensi penyisihan, biaya, *maintenance* komponen pengolahan dan ketersediaan lahan. Teknologi yang dipilih harus tidak hanya efektif dalam menghilangkan kontaminan tetapi juga berkelanjutan, ekonomis, dan sesuai dengan regulasi yang berlaku. Berikut ini adalah penjelasan mengenai setiap faktor yang di pertimbangkan dalam memilih teknologi perbaikan air sungai:

1. 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), nutrien seperti nitrogen dan fosfor, serta patogen atau logam berat. Efisiensi ini sangat bergantung pada jenis teknologi yang digunakan, waktu tinggal air dalam sistem, karakteristik polutan yang ditargetkan, serta kondisi lingkungan seperti suhu dan pH.
2. Biaya investasi awal dan biaya operasional jangka panjang. Biaya investasi meliputi pembangunan infrastruktur, pembebasan lahan, dan pengadaan peralatan, sedangkan biaya operasional mencakup pengeluaran rutin seperti penggunaan listrik, bahan kimia, serta tenaga kerja untuk pengoperasian dan pemeliharaan sistem.
3. Dalam perencanaan ini, kemudahan operasional dan pemeliharaan teknologi pengolahan air sungai menjadi aspek penting yang harus

diperhatikan. Teknologi yang dipilih sebaiknya mudah dioperasikan dan dirawat oleh pengelola, termasuk dalam hal pemeliharaan rutin, penanganan kerusakan, serta ketersediaan komponen pengganti ketika kinerja sistem mulai menurun, guna memastikan keberlangsungan fungsi yang efisien dan aman.

4. Ketersediaan lahan ini sangat mempengaruhi pilihan teknologi yang dapat diterapkan dengan memastikan bahwa perencanaan teknologi perbaikan kualitas air sungai tidak mengganggu fungsi lahan yang ada di sekitar.

Selanjutnya adalah menentukan pilihan alternatif pengolahan, dengan cara menganalisis dalam bentuk diagram penapisan mandiri berdasarkan pertimbangan beberapa faktor yang telah dijelaskan, kemudian dari setiap alternatif akan di bandingkan dengan faktor kinerja terhadap penyisihan parameter, biaya, *maintenance* komponen pengolahan, dan ketersediaan lahan yang ada di lokasi perencanaan. Alternatif pengolahan yang memenuhi keempat faktor tersebut akan di pilih menjadi teknologi pengolahan pada perencanaan ini.

4.3.4 Merancang Teknologi Perbaikan Kualitas Air Sungai

Merancang teknologi perbaikan kualitas air sungai merupakan upaya dalam mengatasi pencemaran dan menjaga keberlanjutan ekosistem perairan. Proses perancangan ini melibatkan identifikasi jenis dan tingkat pencemar, penyesuaian dengan karakteristik fisik, kimia, maupun biologi sungai, serta pemilihan metode pengolahan yang efektif dan sesuai dengan kondisi lokasi perencanaan. Selain itu, aspek kemudahan operasional dan pemeliharaan juga menjadi pertimbangan utama agar teknologi yang diterapkan dapat dijalankan secara berkelanjutan oleh pengelola di lapangan. Dengan pendekatan yang tepat, perancangan teknologi ini diharapkan mampu meningkatkan kualitas air sungai secara signifikan dan mendukung upaya pelestarian lingkungan.

4.4 Spesifikasi Teknis dan RAB

Spesifikasi teknis dilakukan untuk menentukan standar kualitas, ukuran, bahan dan kinerja yang harus di penuhi oleh alat atau jasa yang akan dibeli, serta

menjadi acuan dalam melakukan pengawasan dan pengendalian kualitas selama proses produksi atau pelaksanaan pembangunan Teknologi Perbaikan Kualitas Air Sungai di segmen I antara titik hulu dan tengah yaitu di Jl. Sasak batu – Jl. Terusan Jakarta. Perancangan RAB (Rencana Anggaran Biaya) untuk perencanaan Teknologi Perbaikan Kualitas Air Sungai memerlukan standar 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.

4.5 Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan dibuat setelah melakukan semua proses metode perancangan, dan kesimpulan ini bertujuan untuk mendapatkan suatu kalimat singkat, padat, dan jelas yang dapat memberikan gambaran yang jelas terhadap detail perancangan ini. Saran yang dibuat dalam perancangan ini bertujuan untuk memberikan masukan dalam rangka untuk menerapkan perencanaan perbaikan kualitas air sungai dengan teknologi yang lebih efektif dan biaya yang lebih murah.

BAB V

PERENCANAAN TEKNIS

5.1 Lokasi Perencanaan Teknologi Perbaikan Kualitas Air Sungai Cipamokolan

Perencanaan teknologi perbaikan kualitas air Sungai Cipamokolan berada di segmen hulu yaitu pada (Jl. Sasak Batu – Jl. Terusan Jakarta). Lokasi yang diambil berada di Jl. Sasak Batu Kel. Jatihandap Kec. Mandalajati (Green Valley Residen). Lokasi ini dipilih sebagai titik perbaikan kualitas air Sungai Cipamokolan karena akses jalan yang mudah dijangkau dan luas. Selain itu, kanan kiri dinding sungai sudah mempunyai pondasi batu kali, sehingga dapat mempermudah pembuatan konstruksi bendungan yang direncanakan. Pondasi batu kali memberikan dasar yang kuat dan stabil, mengurangi risiko erosi dan pergeseran tanah saat bendungan dibangun. Dalam hal penempatan teknologi, lokasi ini memiliki lebar serta ketinggian dinding sungai yang sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan lokasi titik sampling, mengingat akan adanya rekaya sungai yang dilakukan melalui pembuatan bendungan dapat di lihat pada **Gambar 5.1**.



Gambar 5.1 Lokasi Pembangunan Teknologi Perbaikan Kualitas Air Sungai

5.2 Sumber Pencemar Air Sungai

Dalam perencanaan perbaikan kualitas air sungai, identifikasi sumber pencemar mengacu pada *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia (PERMEN LHK) No. 27 Tahun 2021* tentang Indeks Kualitas Lingkungan Hidup. Peraturan tersebut menetapkan delapan parameter utama yang digunakan sebagai standar penilaian kualitas air sungai di Indonesia.

- 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 (NO_3^-)
- g. Total Fosfat
- h. *Fecal coliform*

Pada hasil pemeriksaan kualitas air Sungai Cipamokolan khususnya di segmen I 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 Data Primer Hasil Pemeriksaan Kualitas Air Sungai Cipamokolan
(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 ($\text{NO}_2\text{-N}$)	mg/L	0,06	0,39	SNI 6989.9-2004

No	Parameter	Satuan	Baku Mutu	Hasil Pengujian	Metode Acuan
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

Jika mengacu pada 8 (delapan) parameter pencemar utama sungai, terdapat 4 (empat) parameter yang melanggar 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 Pemilihan Teknologi Pengolahan Kualitas Air Sungai

Berdasarkan hasil uji justifikasi pada **Tabel 5.1** diperoleh parameter yang tidak memenuhi baku mutu kelas II Peraturan Pemerintah No. 22 tahun 2021 yaitu TSS, BOD, COD, Nitrit serta Minyak dan Lemak serta *fecal coliform* dan *coliform* pada segmen I (Jl. Sasak Batu – Jl. Terusan Jakarta). Oleh sebab itu parameter tersebut perlu dilakukan pengolahan perbaikan kualitas air Sungai Cipamokolan agar sesuai dengan baku mutu kelas II Peraturan Pemerintah No. 22 tahun 2021. Berikut merupakan pengelompokan teknologi berdasarkan parameter penyisihannya beserta persentase efisiensi dari teknologi perbaikan kualitas air sungai dapat dilihat pada **Tabel 5.2**

Tabel 5.2 Teknologi Berdasarkan Kemampuan Menyisihkan Jenis Parameter Fisik, Kimia, dan Biologi

No.	Teknologi	Parameter	Persentase (%) 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%				
2	Biofilter	BOD	86%	Salamah, U., H., & Rahmanto, T., A.	Efektifitas Media Biofiltrasi Anaerob Untuk	2022	Pada sistem batch efisiensi penyisihan bahan organik dengan jenis media sarang

No.	Teknologi	Parameter	Persentase (%) Penyisihan	Peneliti	Judul Penelitian	Tahun Penelitian	Hasil Penelitian
3	Constructed Wetland	COD	87,1%		Mendegradasi Bahan Organik Pada Limbah Cair Pencucian Ikan		tawon mampu meremoval kadar BOD sebesar 86,0%, COD sebesar 87,1%, TSS sebesar 83,3, dan TDS sebesar 41,0%
		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 2020	Kadar minyak dan lemak dengan metode biofilter aerob media batu split limbah cair domestik yaitu mengalami penurunan sebesar 75%.
		TSS	95,47% - 99,89%.	Qomariyah, S., Sobriah, Koosdaryani, & Muttaqien A., Y.	Lahan Basah Buatan Sebagai Pengolahan Limbah Cair dan Penyedia Air Non-Konsumsi		Lahan basah buatan atau <i>Constructed Wetlands (CWs)</i> dengan media filter pasir dan kerikil serta tanaman air jenis Cyperus Papyrus mampu mengolah limbah <i>greywater</i> rumah tangga (parameter TSS, pH, BOD, COD, Minyak & Lemak, dan Deterjen) dengan prosentase penyisihan berkisar antara 95,47%-99,89%.
		BOD					
COD							
Minyak dan Lemak							

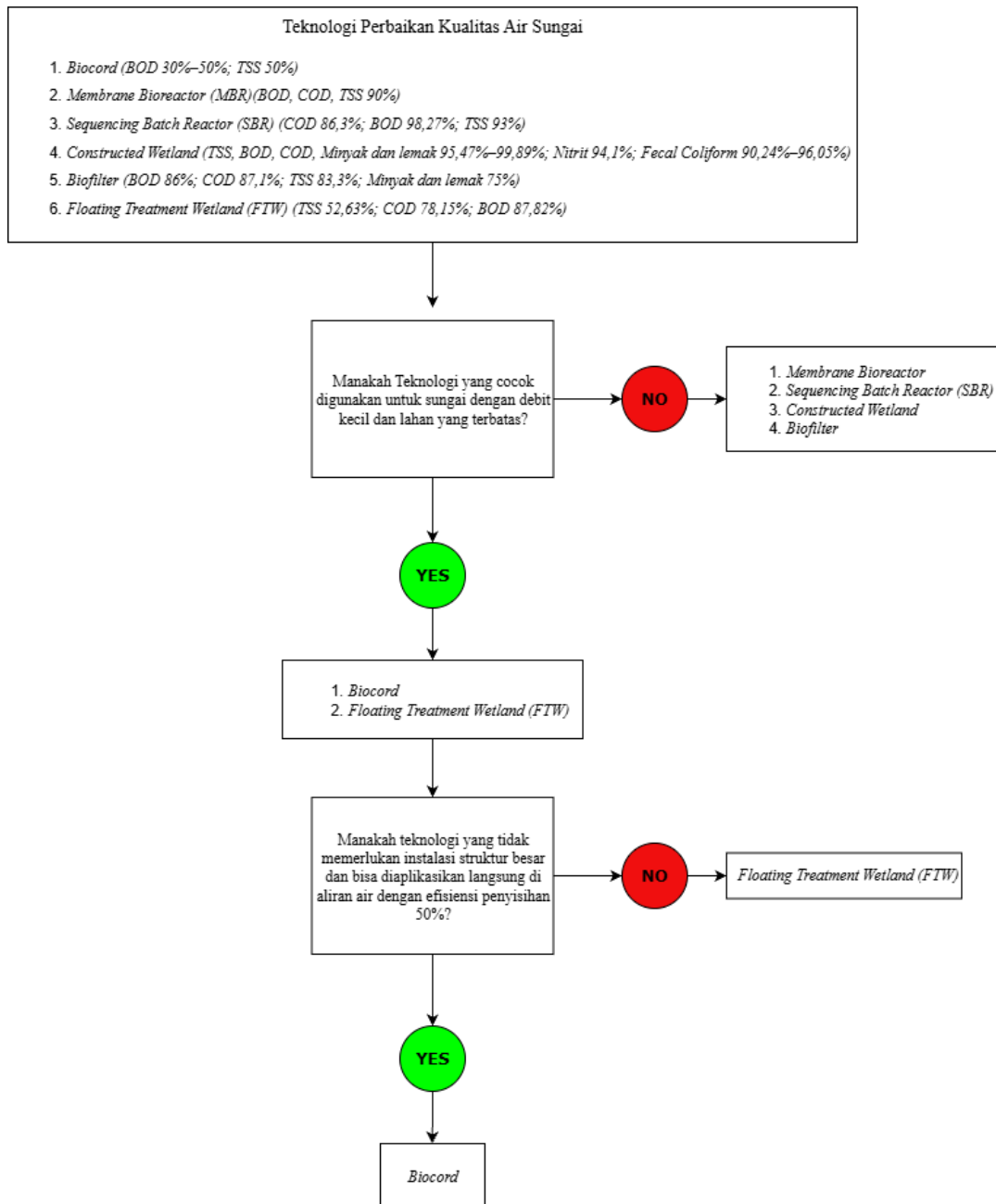
No.	Teknologi	Parameter	Persentase (%) Penyisihan	Peneliti	Judul Penelitian	Tahun Penelitian	Hasil Penelitian
		Nitrit	94,1%	Fandya, A. & Soewondo, P.	Efisiensi Penyisihan Organik Air Sodedan Sungai Citarum Menggunakan <i>Constructed Wetland</i> Dengan Tanaman <i>Typha Sp.</i> Dan <i>Scirpus Grossus</i> (Studi Kasus : Desa Daraulin, Kabupaten Bandung	2019	Efisiensi penyisihan rata-rata pada <i>constructed wetland</i> untuk parameter parameter nitrit adalah sebesar 94,1%.
		<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 penelitian menunjukkan, seluruh sistem <i>Constructed Wetland</i> yang diujikan 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

No.	Teknologi	Parameter	Persentase (%) Penyisihan	Peneliti	Judul Penelitian	Tahun Penelitian	Hasil Penelitian
							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					
5	<i>Floating Treatment Wetland (FTW)</i>	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	2018	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%				

No.	Teknologi	Parameter	Persentase (%) Penyisihan	Peneliti	Judul Penelitian	Tahun Penelitian	Hasil Penelitian
6	Kolam <i>Biocord</i>	BOD	30 – 50%	Asep Sugara	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%				

5.4 Penentuan Teknologi Perbaikan Kualitas Air Sungai

Pemilihan teknologi perbaikan kualitas air ditentukan berdasarkan skema yang disusun dalam bentuk diagram alir, dengan mempertimbangkan berbagai faktor teknis dan non-teknis yang telah diuraikan sebelumnya. Skema ini memuat evaluasi kinerja masing-masing alternatif teknologi terhadap efisiensi penyisihan parameter pencemar seperti *Total Suspended Solid* (TSS), *Biochemical Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), nitrit, minyak dan lemak, serta *fecal coliform*. Selain itu, aspek biaya investasi dan operasional, dampak lingkungan, kebutuhan lahan, serta kemudahan dalam pengoperasian dan pemeliharaan alat juga menjadi bagian dari pertimbangan utama. Melalui pendekatan ini, teknologi yang paling efektif, efisien, dan sesuai dengan kondisi eksisting di lapangan akan dipilih sebagai sistem perbaikan kualitas air di Sungai Cipamokolan. Adapun diagram alir penentuan teknologi perbaikan kualitas air sungai **Gambar 5.2** berikut ini.



Gambar 5.2 Diagram Alir Pemilihan Teknologi

5.4.1 Teknologi Terpilih

Berdasarkan hasil dari diagram alir pemilihan teknologi yang ditunjukkan pada **Gambar 5.2**, teknologi yang dipilih sebagai solusi perbaikan kualitas air untuk Sungai Cipamokolan adalah Teknologi BioCord. Pemilihan ini mempertimbangkan berbagai aspek penting seperti karakteristik pencemaran di sungai (khususnya tingginya kandungan bahan organik), keterbatasan lahan di

sekitar badan Sungai Cipamokolan, serta kebutuhan akan sistem yang mudah dioperasikan dan dirawat dalam jangka panjang. Teknologi BioCord bekerja dengan prinsip pengolahan biologis berbasis biofilm, yaitu mikroorganisme yang tumbuh dan menempel pada media khusus berbentuk tali atau serat sintetis yang digantung di dalam kolam atau aliran air sungai. Media ini berfungsi sebagai tempat tumbuh mikroorganisme aerob dan anaerob yang secara aktif mendegradasi polutan, terutama parameter organik seperti *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) dan *Total Suspended Solids* (TSS). Dengan kata lain, Teknologi BioCord dipilih karena merupakan alternatif yang adaptif terhadap kondisi fisik dan lingkungan Sungai Cipamokolan, sekaligus memiliki potensi besar untuk meningkatkan kualitas air secara berkelanjutan melalui proses biologis alami yang terkontrol.

5.5 Rancangan Teknologi Perbaikan Kualitas Air Sungai Cipamokolan

Kedalaman air menjadi salah satu faktor penting dalam efektivitas kinerja sistem Biocord, karena media Biocord yang menggantung dalam aliran air memerlukan ruang vertikal yang cukup agar biofilm dapat berkembang optimal dan terpapar aliran air secara merata. Berdasarkan prinsip kerja Biocord, efisiensi pengolahan biologis sangat dipengaruhi oleh kontak antara air yang mengandung polutan dengan permukaan media yang ditumbuhi mikroorganisme. Namun, kondisi di lapangan menunjukkan bahwa sungai yang menjadi lokasi perencanaan hanya memiliki kedalaman rata-rata 0,3 meter, yang tergolong dangkal dan kurang ideal untuk penerapan sistem Biocord secara langsung. Dari penelitian yang dilakukan (Ezzahraoui & Hamza, 2021) solusi yang dapat diterapkan adalah melakukan rekayasa bentuk sungai dengan membangun bendungan atau kolam reaktor berbentuk trapesium atau persegi.

Mekanisme biocord gantung di sungai berlangsung melalui tiga aspek utama. Dari sisi fisika, biocord menyediakan luas permukaan yang besar bagi pertumbuhan biofilm, memperlambat aliran air sehingga kontak dengan mikroorganisme lebih lama, serta membantu difusi oksigen ke dalam sistem. Dari sisi kimia, biocord berperan dalam proses adsorpsi polutan, reaksi oksidasi-reduksi, penurunan nilai BOD dan COD, serta transformasi nutrisi seperti nitrogen dan fosfor. Sementara itu, dari sisi biologi, biocord memungkinkan mikroorganisme tumbuh membentuk biofilm yang berfungsi menguraikan pencemar, dengan

dukungan peran bakteri, alga, dan protozoa dalam menjaga keseimbangan ekosistem mikro di perairan.

Tabel 5.3 Kriteria Desain Perencanaan *Biocord*

Keterangan	Nilai
Kedalaman Air	> 0,1 m
HRT (<i>Hydraulic Retention Time</i>)	4 – 10 jam
Jarak antar Biocord	0,5 - 1,5 m
HLR (<i>Hydraulic Loading Rate</i>)	0,5 - 3,0 m ³ /m ² .hari

Sumber: Ezzahraoui, S., & Hamza, L., 2021

Biocord memerlukan kedalaman minimal 1 meter untuk dapat beroperasi optimal, sedangkan kedalaman sungai yang dijadikan lokasi perbaikan setinggi 0,3 meter. Maka solusi yang di buat yaitu rekayasa sungai berpa bendungan. Bendungan ini berfungsi meninggikan air pada titik tertentu sehingga terjadi kontak antara biocord dengan air sungai.

Waktu retensi hidraulik (HRT) yang bervariasi terhadap penyisihan parameter tercemar pada teknologi Biocord ini di rentang waktu 4 hingga 10 jam. Waktu retensi 4–10 jam pada sistem Biocord untuk parameter BOD, COD, nitrit, minyak dan lemak, TSS, serta coliform merupakan rentang kontak optimum bagi mikroorganisme dalam biofilm untuk mendegradasi pencemar tersebut secara efektif sebelum efisiensinya menurun. Pada BOD dan COD, mikroba aerob memerlukan beberapa jam pertama untuk memecah senyawa organik, sementara pada nitrit diperlukan waktu cukup untuk proses nitrifikasi atau denitrifikasi. Minyak dan lemak membutuhkan waktu bagi enzim lipase memecah rantai karbon panjang, sedangkan TSS memerlukan durasi agar partikel tersuspensi dapat menempel di biofilm dan diurai atau mengendap. Penurunan coliform terjadi melalui kompetisi mikroba dan predasi oleh protozoa yang juga memerlukan kontak beberapa jam. Waktu kurang dari 4 jam membuat proses belum optimal, sedangkan lebih dari 10 jam memberi tambahan penurunan yang kecil namun membutuhkan volume atau luas kolam lebih besar sehingga tidak ekonomis,

sehingga rentang 4–10 jam menjadi hasil uji lapangan yang menyeimbangkan efisiensi pengolahan dengan kebutuhan ruang. (Tuyet Nhi, 2022)



5.5.1 Perhitungan Dimensi Bendungan

Pada perencanaan pembuatan bendungan sebagai salah satu teknologi yang dapat dilakukan untuk perbaikan kualitas air Sungai Cipamokolan, maka dilakukan perhitungan untuk memenuhi dimensi bendungan yang diperlukan untuk penempatan biocord.

Dalam menentukan dimensi bendungan maka dilakukan perhitungan, sebagai berikut:

Data sungai eksisting:

- Kedalaman sungai eksisting (h_1) = 0,3 m
- Kedalaman dinding sungai eksisting (h_2) = 4 m
- Lebar sungai eksisting (b) = 5 m
- Debit sungai (Q) = 0,03 m³/s
- Kemiringan dasar sungai = 0,6% = 0,006

Kemiringan dasar sungai (S) berfungsi menentukan gaya gravitasi yang menggerakkan aliran air, sehingga sangat mempengaruhi kecepatan aliran, pola aliran, serta proses erosi dan sedimentasi di sepanjang sungai. Kemiringan dasar sungai yang tinggi menandakan aliran yang deras dengan potensi erosi yang kuat, sedangkan kemiringan yang landai mengindikasikan aliran yang lebih lambat dengan potensi sedimentasi yang lebih besar.

Perhitungan Kemiringan Dasar Sungai (S)

- Mencari luas penampang basah (A)

$$\begin{aligned} A &= b \times h \\ &= 5 \times 0,3 = 1,5 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- Mencari keliling basah (P)

$$\begin{aligned} P &= b + 2 \times h \\ &= 5 + 2 \times 0,3 \\ &= 5,6 \text{ m} \end{aligned}$$

- 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 tersebut, Sungai Cipamokolan termasuk kedalam sungai dengan kemiringan landai. 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.

5.5.2 Perhitungan Dimensi Bendungan

Kemudian, tahapan selanjutnya yaitu menghitung dimensi bendungan yang diperlukan, untuk desain yang diinginkan seperti berikut:

- Kedalaman minimum Biocord (h_3) = 1 m
- Tinggi bendungan yang direncanakan (L) = 3,5 m
- Waktu kontak minimum = 10 jam
= 36.000 detik

1. Analisis kedalaman air dalam bendungan

- Kedalaman Sungai eksisting = 4 m
- Kedalaman air tertahan = 3,5 (mengikuti ketinggian dinding bendungan yangh di rencanakan)
- Sisa kedalaman di atas air = $4 - 3,5 = 0,5$ m (Sangat aman karena ada sisa ruang 0,5 untuk menghindari *overflow*)

2. Perhitungan Volume dan Panjang bendungan

- Volume yang dibutuhkan untuk waktu detensi 10 jam

$$V_{\text{target}} = Q \times t$$

$$V_{\text{target}} = \text{Debit} \times \text{Waktu Detensi}$$

$$= 0,03 \text{ m}^3/\text{s} \times 36.000 \text{ s}$$

$$= 1.080 \text{ m}^3$$

- b. Panjang bendungan yang dibutuhkan

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

$$1.080 = L \times 5 \times 3,5$$

$$1.080 = L \times 17,5$$

$$L = \frac{1.080}{17,5}$$

$$L = 61 \text{ m}$$

- c. Tebal Dinding Bendungan

- Tekanan air:

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

P (densitas air): 1000 kg/m^3

g (gravitasi): $9,81 \text{ m/s}^2$

h (kedalaman air): $3,5 \text{ m}$

Tekanan maksimum di dasar bendungan :

$$P = 1000 \times 9,81 \times 3,5$$

$$= 34,335 \text{ N/m}^2$$

$$= 34,33 \text{ KN/m}^2$$

Gaya Horizontal (tekanan air): $P_H = 1/2 \times \gamma_w \times H^2 \times L P_H$

$$= 1/2 \times 9,81 \times 3,5^2 \times 61$$

$$= 1/2 \times 9,81 \times 12,25 \times 61$$

$$= 3,665 \text{ Kn}$$

Airtinya bendungan mampu menahan tekanan air.

- Tebal dinding bendungan:

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

Dimana:

t_1 = tebal dinding bagian atas

t_2 = tebal dinding bagian bawah

H = tinggi bendungan = $3,5 \text{ m}$

C = konstanta minimum = $0,1 \text{ m}$

$$t_1 = 0,1 \times 3,5 + 0,1$$

$$= 0,45 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 t_2 &= \frac{H}{2} + \text{konstanta} \\
 &= \frac{3,5}{2} + 0,45 = 2,2 \text{ m (ketebalan dinding untuk menahan tekanan} \\
 &\text{air yang lebih besar)}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, maka dimensi bendungan yang di rencanakan, yaitu:

- Panjang bendungan yang dibutuhkan : 61 m
- Lebar bendungan : 5 m
- Tinggi bendungan: 3,5 m
- Tebal dinding bendungan t_1 : 0,45 m
- Tebal dinding bendungan t_2 : 2,2 m
- Volume tampungan : 1.080 m³
- Luas Bendungan : $61 \times 5 = 305 \text{ m}$

Sebuah bendungan dengan panjang 61 meter dapat dikatakan sesuai tergantung pada konteks lokasi, fungsi, dan desain teknisnya. Panjang bendungan tidak memiliki standar tunggal ideal karena sangat dipengaruhi oleh karakteristik sungai atau waduk yang dibendung, termasuk dimensi alur sungai, debit air, topografi cekungan, dan tujuan bendungan itu sendiri. Bendungan sepanjang 61 m biasanya termasuk ukuran kecil sampai menengah, bisa diterapkan jika dimensi tebal, tinggi, dan fondasi sudah sesuai syarat teknis. Lokasi perencanaan termasuk tidak rawan banjir dan debit kecil merupakan kelebihan, karena tekanan pada tubuh bendungan tidak besar sehingga risiko kegagalan lebih kecil. Namun, tetap perlu melakukan perhitungan dasar stabilitas bendungan (Fariz, N., Budianto, B., 2018).

5.5.3 Analisis Stabilitas Bendungan yang Direncanakan

Dengan asumsi:

Sungai yang berada di kawasan permukiman dan memiliki kondisi demikian (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 bendungan (γ) = 18 kN/m³ (Bowles, J.E., 1996)
- Sudut geser dalam (ϕ) = 30° (SNI 8460:2017)
- Kohesi (c) = 15 kPa (Bowles, 1996) (Modul Analisa Stabilitas Bendungan, Universitas Brawijaya)

Untuk memastikan tidak terjadi longsor pada badan/dinding bendungan. Nilai faktor keamanan harus di atas ambang minimum ($\leq 1,5$ untuk kondisi normal). Menggunakan metode Bishop Simplified untuk lereng dengan kemiringan 1:2, rumus yang digunakan yaitu:

$$\begin{aligned} SF_{\text{lereng}} &= \frac{(c + \gamma \times h \times \cos^2 \beta \times \tan \phi)}{(\gamma \times h \times \sin \beta \times \cos \beta)} \\ &= \frac{(15 + 18 \times 3,5 \times 0,75 \times 0,5)}{(18 \times 3,5 \times 0,5 \times 0,8)} \\ &= 1,5 \text{ (aman } SF \leq 1,5) \end{aligned}$$

Parameter stabilitas memenuhi kriteria keamanan yang dipersyaratkan. Bendungan dengan panjang 61 m, lebar 5 m, dan tinggi 3,5 m dapat beroperasi dengan aman namun, sistem pelimpah bendungan perlu dirancang untuk dapat mengalirkan debit ini secara aman dan juga memperhitungkan kemungkinan debit puncak yang lebih tinggi (misalnya dari hujan ekstrim). Sistem pelimpah bendungan atau *spillway* adalah bangunan pelengkap pada bendungan yang berfungsi mengalirkan kelebihan air ke hilir untuk mencegah *overtopping* (air meluap dari puncak bendungan) dan menjaga keamanan bangunan bendungan. *Constructed rectangular spillway* atau pelimpah persegi yang dibangun adalah jenis bangunan pelimpah (*spillway*) yang dirancang dengan bentuk bukaan persegi.

5.5.4 Perhitungan Dimensi *Overfall spillway*

Bangunan pelimpah sendiri mempunyai bagian seperti, ambang pelimpah, saluran transisi, saluran peluncur dan peredam energi. Ambang pelimpah memiliki fungsi mencegah limpasan air pada tubuh bendungan logung. Maka kelebihan air

dilokalisasi dengan dibangunnya ambang pelimpah. Dalam merencanakan ambang pelimpah harus melihat beberapa aspek teknis seperti, kondisi topografi, kondisi hidrologi, geologi, dan hidrolika. (Irawan. S, 2019)

Diketahui:

1. Penentuan tinggi limpasan

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

Dimana:

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

L_s : lebar spillway

h :tinggi limpasan

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

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

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

$$h = 0,00326^{\frac{2}{3}} = 0,021 \text{ m} = 2,1 \text{ cm}$$

Dengan lebar *spillway* 5 m menyesuaikan lebar bendungan, maka di peroleh tinggi limpasan yaitu 0,021 m atau 2,1 cm.

2. Kedalaman kritis

Kedalaman kritis ini sebagai nilai acuan untuk mengklasifikasikan kondisi aliran air di atas bendungan guna keperluan pengukuran debit atau untuk mengontrol kondisi aliran agar tidak bergelombang yang dapat merusak kinerja bendungan sebagai pengukur aliran.

$$h_c = \left(\frac{Q^2}{(g \times L_s^3)} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$h_c = \left(\frac{0,03^2}{(9,81 \times 5^3)} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$h_c = 0,0154 \text{ m} = 1,54 \text{ cm}$$

Hasil yang diperoleh untuk kedalaman kritis ialah 0,0154 m atau 1,54 cm.

3. Kecepatan di ambang *spillway*

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

$$V = \frac{0,03}{(5 \times 0,021)}$$

$$V = 0,285 \text{ m/s}$$

4. Bilangan Froude

Bilangan Froude pada sungai adalah nilai tak berdimensi yang menyatakan rasio antara gaya inersia dan gaya gravitasi, yang digunakan untuk mengidentifikasi jenis rezim aliran pada saluran terbuka seperti sungai. Nilai Bilangan Froude menentukan apakah aliran sungai bersifat subkritis ($Fr < 1$), kritis ($Fr = 1$), atau superkritis ($Fr > 1$), yang masing-masing memiliki karakteristik kecepatan dan perilaku gelombang yang berbeda. (Binilang. A, 2014)

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

$$Fr = \frac{0,285}{\sqrt{(9,81 \times 0,021)}}$$

$$Fr = 0,62$$

Hasil yang diperoleh untuk bilangan Bilangan Froude adalah 0,62, artinya aliran sungai tersebut bersifat subkritis ($Fr < 1$) memenuhi syarat aliran tenang.

5. Kemiringan *Spillway*

Kemiringan optimal = 1:1,5

Tinggi vertikal = 1

Panjang horizontal = 1,5

$$\text{Kemiringan Sudut} = \tan^{-1} \left(\frac{\text{Vertikal}}{\text{Horizontal}} \right)$$

$$= \tan^{-1} \left(\frac{1}{1,5} \right)$$

$$= 33,69^\circ = 33,7^\circ$$

6. Menghitung kedalaman air setelah melewati spillway

- Aliran di spillway $33,7^\circ$

Kecepatan air di ujung spillway ini perlu dihitung dan berbeda dengan nilai kecepatan di ambang/puncak spillway. Kecepatan air di ujung spillway ini setelah menuruni bidang miring dengan panjang 5,2 m, yaitu:

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

$$V_2^2 = (0,285)^2 + 2 \times 9,81 \times \sin(33,7^\circ) \times 5,2$$

$$V_2^2 = (0,285)^2 + 2 \times 9,81 \times 0,756 \times 5,2$$

$$V_2^2 = 0,081 + 77,1 = 77,181$$

$$V_2 = \sqrt{77,181} = 8,7 \text{ m/s}$$

- Kedalaman di ujung *spillway*

$$y_2 = \frac{Q}{\sqrt{b \times V_2}}$$

$$y_2 = \frac{0,03}{\sqrt{(7 \times 8,7)}} = 0,0045 \text{ m}$$

- Bilangan froude di ujung *spillway*

$$Fr_2 = \frac{8,7}{\sqrt{(9,81 \times 0,0045)}} = 41 \text{ (superkritis)}$$

- Kedalaman setelah loncatan hidraulik

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

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

$$y_3 = \frac{0,0045^2}{2} \times \sqrt{(1 + 8(41)^2) - 1}$$

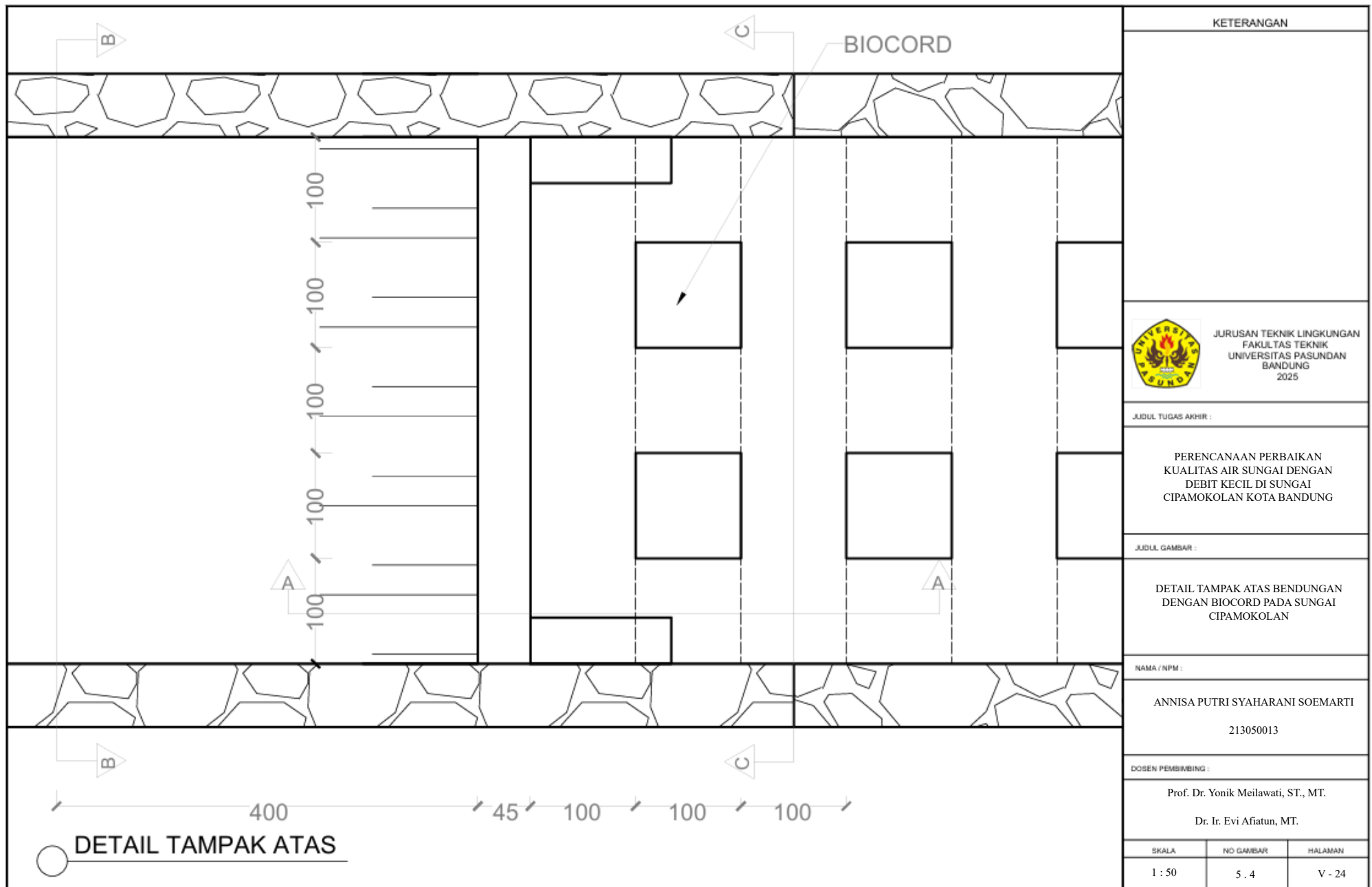
$$y_3 = 0,026 \text{ m} = 2,6 \text{ cm}$$

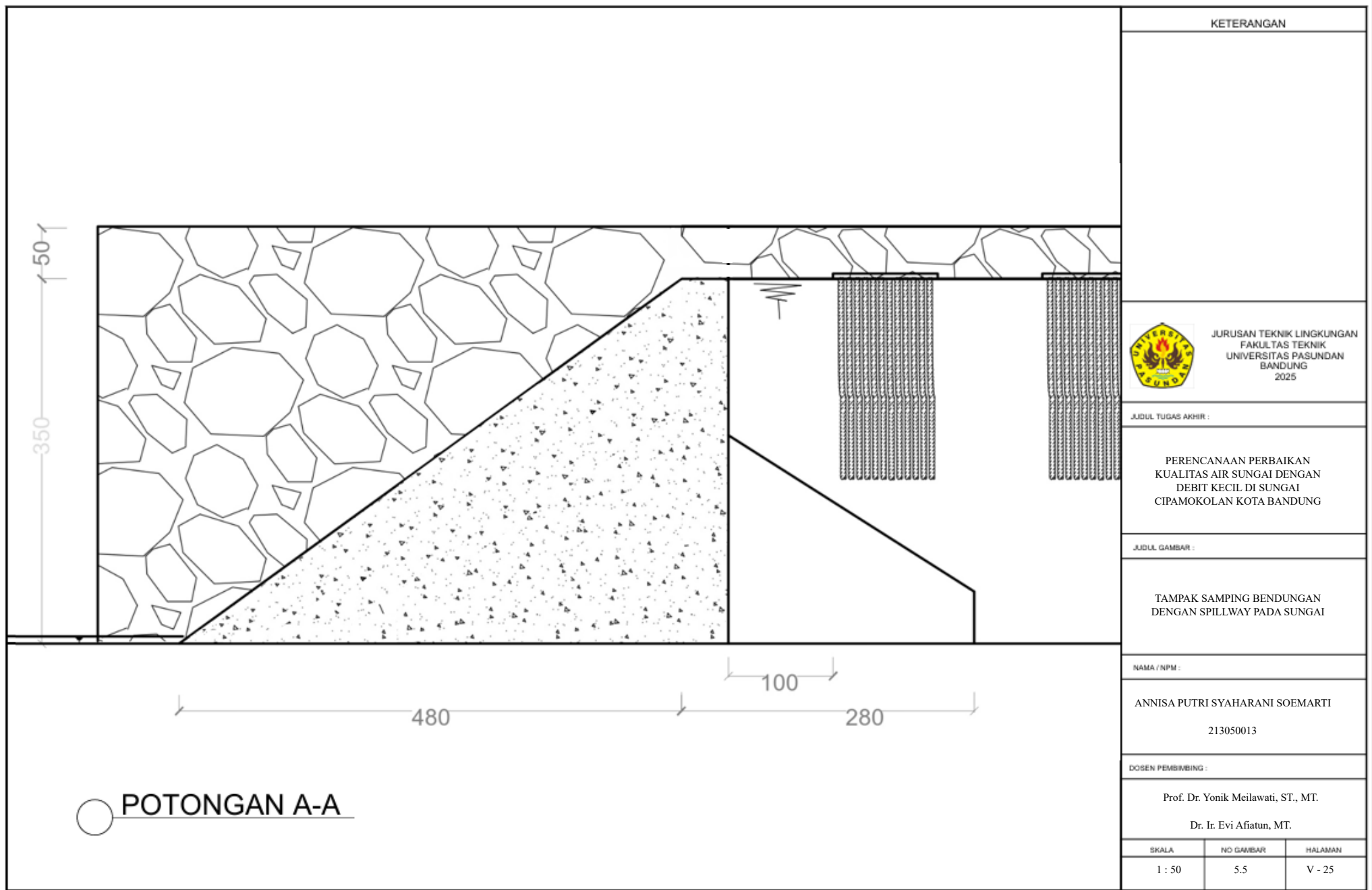
diperoleh air setelah melewati spillway dan mengalami loncatan hidraulik adalah 2,6 cm.

7. Dimensi *spillway*

- Tinggi *spillway* mengikuti dinding bendungan (P_1) = 3.5 m
- Panjang horizontal spillway (P_2) = $4 \times 1,2 = 4,8 \text{ m}$
- Panjang miring spillway (P_3) = $\sqrt{(2^2 + 4,8^2)} = \sqrt{31,25} = 5,2 \text{ m}$

- Lebar *spillway* = 5 m
- Tinggi air normal di atas *spillway* (H) : $1 \times h = 1 \times 0,021 = 0,021$ m
- Sudut $33,7^\circ$





KETERANGAN



JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN
BANDUNG
2025

JUDUL TUGAS AKHIR :

PERENCANAAN PERBAIKAN
KUALITAS AIR SUNGAI DENGAN
DEBIT KECIL DI SUNGAI
CIPAMOKOLAN KOTA BANDUNG

JUDUL GAMBAR :

TAMPAK SAMPING BENDUNGAN
DENGAN SPILLWAY PADA SUNGAI

NAMA / NPM :

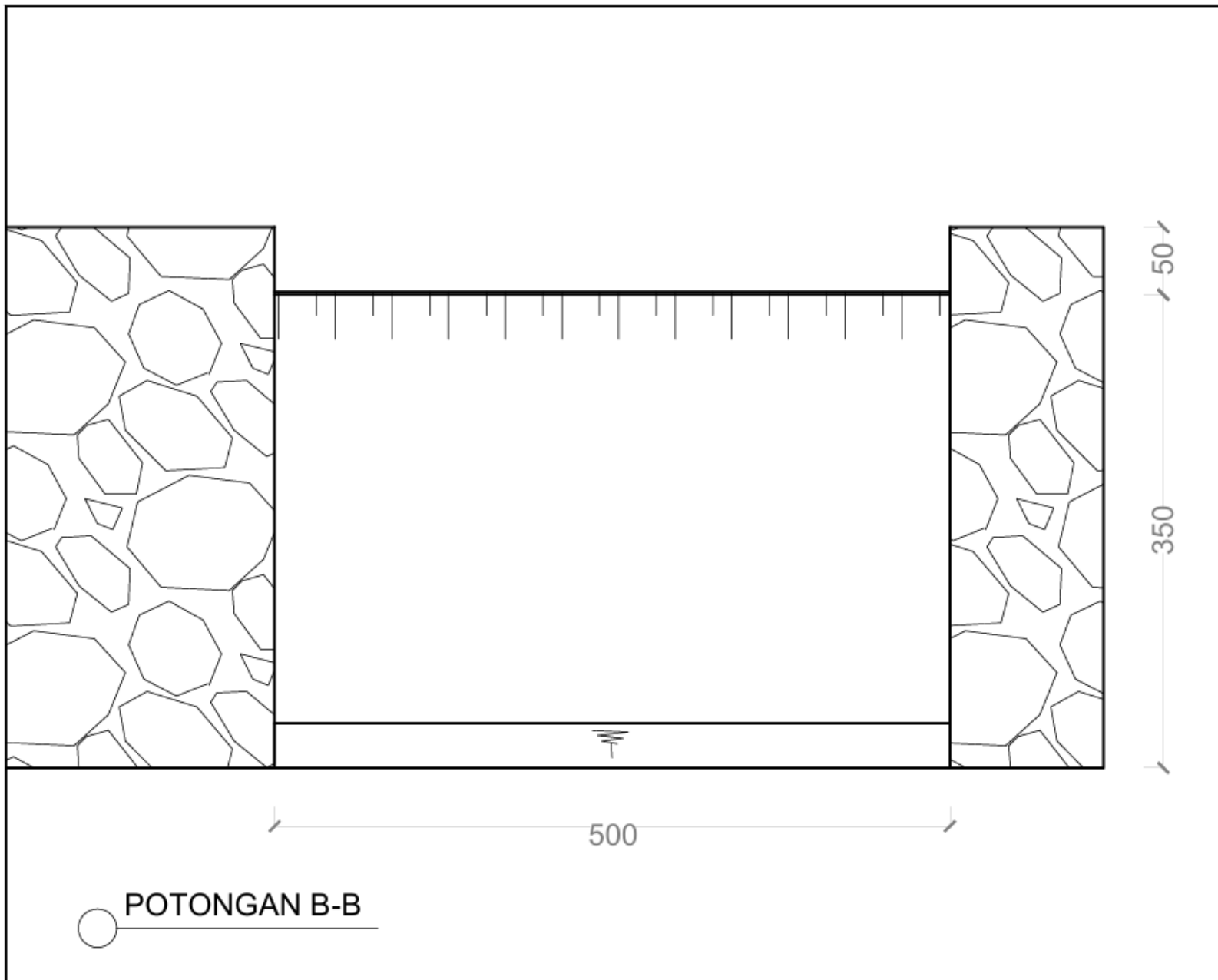
ANNISA PUTRI SYAHARANI SOEMARTI
213050013

DOSEN PEMBIMBING :

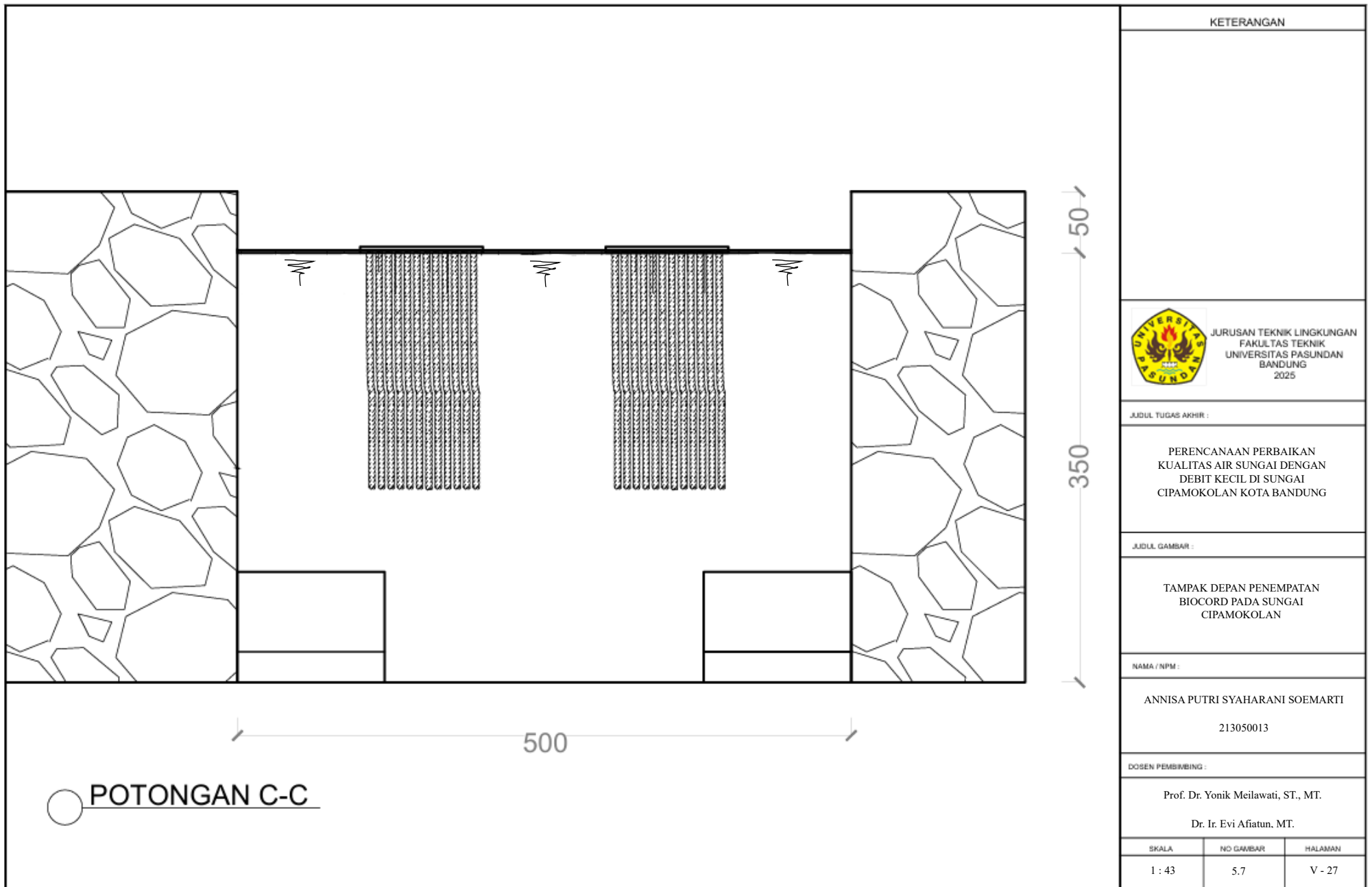
Prof. Dr. Yonik Meilawati, ST., MT.

Dr. Ir. Evi Afiatun, MT.

SKALA	NO GAMBAR	HALAMAN
1 : 50	5.5	V - 25



KETERANGAN		
 JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS PASUNDAN BANDUNG 2025		
JUDUL TUGAS AKHIR :		
PERENCANAAN PERBAIKAN KUALITAS AIR SUNGAI DENGAN DEBIT KECIL DI SUNGAI CIPAMOKOLAN KOTA BANDUNG		
JUDUL GAMBAR :		
TAMPAK DEPAN BENDUNGAN PADA SUNGAI CIPAMOKOLAN		
NAMA / NPM :		
ANNISA PUTRI SYAHARANI SOEMARTI 213050013		
DOSEN PEMBIMBING :		
Prof. Dr. Yonik Meilawati, ST., MT. Dr. Ir. Evi Afiatun, MT.		
SKALA	NO GAMBAR	HALAMAN
1 : 43	5.6	V - 26



KETERANGAN



JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN
BANDUNG
2025

JUDUL TUGAS AKHIR :

PERENCANAAN PERBAIKAN
KUALITAS AIR SUNGAI DENGAN
DEBIT KECIL DI SUNGAI
CIPAMOKOLAN KOTA BANDUNG

JUDUL GAMBAR :

TAMPAK DEPAN PENEMPATAN
BIOCORD PADA SUNGAI
CIPAMOKOLAN

NAMA / NPM :

ANNISA PUTRI SYAHARANI SOEMARTI
213050013

DOSEN PEMBIMBING :

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

Dr. Ir. Evi Afiatun, MT.

SKALA	NO GAMBAR	HALAMAN
1 : 43	5.7	V - 27

5.5.5 Perhitungan Dimensi Unit Biocord

1. Jarak per unit biocord

Asumsi:

Dalam memudahkan maintenance dan efektivitas: $1\text{ m} \times 1\text{ m} = 1\text{ m}^2/\text{unit}$
dan jarak per biocord : 1 m

a. Perhitungan Lebar efektif horizontal

- Ruang maintenance : 1 m (kiri dan kanan) agar memudahkan akses saat maintenance. Degan Lebar efektif : $5\text{ m} - 2\text{ m} = 3\text{ m}$

b. Ruang per unit biocord

Dengan lebar per 1 unit = 1 m dan Jarak per biocord = 1 m

Maka total jarak = $1\text{ m} + 1\text{ m} = 2\text{ m}$

c. Jumlah unit per baris

$$\text{Jumlah unit Biocord per baris} = \frac{\text{Luas Efektif}}{\text{Total Jarak per unit Biocord}} = \frac{3\text{ m}}{2\text{ m}} = 2\text{ unit}$$

d. Jumlah unit biocord sepanjang bendungan

Dengan panjang bendungan : 61 m dan panjang per unit + jarak = $1\text{ m} + 1\text{ m} = 2\text{ m}$ (dengan jarak 1 m)

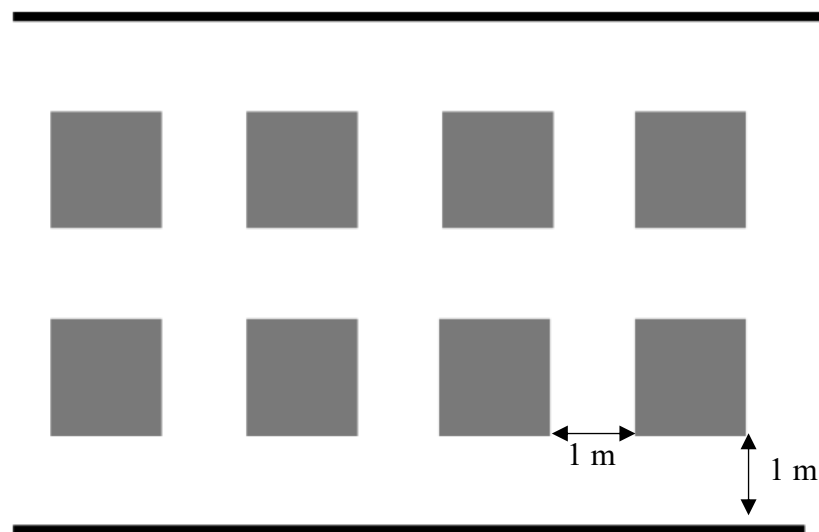
Maka:

$$\begin{aligned}\text{Jumlah biocord sepanjang bendungan} &= \frac{\text{Panjang Bendungan}}{\text{Ruang per unit Biocord}} \\ &= \frac{61\text{ m}}{2\text{ m}} = 30,5 \\ &= 30\text{ baris}\end{aligned}$$

e. Total Unit biocord

Jadi total unit biocord untuk bendungan dengan lebar 5 m dan Panjang bendungan 61m.

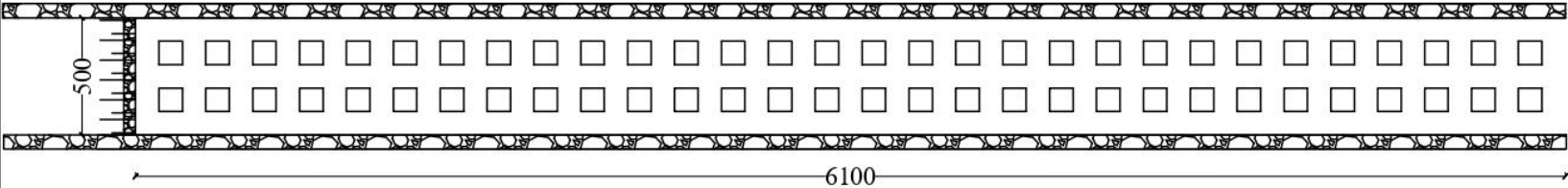
Total Bendungan = 2 unit per baris $\times$ 30 baris = 60 unit



Gambar 5.8 Sketsa Penempatan Biocord di Bendungan

2. Menghitung jumlah cord / biofilm yang dibutuhkan

Jarak ideal antar biofilm yang menggantung pada Biocord umumnya berada pada kisaran 10–20 cm. Rentang ini direkomendasikan berdasarkan panduan teknis pemasangan dari produsen serta hasil aplikasi lapangan, di mana jarak sekitar 10 cm sering digunakan sebagai standar untuk menjaga agar massa biofilm dapat berkembang tanpa saling menutupi, sehingga aliran air dan transfer massa oksigen maupun nutrisi tetap optimal. Pada sistem dengan aerasi langsung atau aliran kuat, jarak dapat diperlebar menjadi 15–20 cm untuk meminimalkan hambatan aliran di antara tali. Meskipun angka ini jarang disebutkan secara eksplisit dalam jurnal ilmiah peer-review, prinsip penentuan jarak tersebut didukung oleh penelitian terkait biofilm carrier yang menekankan pentingnya keseimbangan antara luas permukaan media dan kelancaran sirkulasi air. Studi lapangan pada sistem Biocord-IFAS maupun floating treatment wetland menunjukkan bahwa penataan jarak yang tepat dapat meningkatkan efisiensi penyisihan parameter seperti BOD, COD, dan nitrogen, serta mengurangi risiko penumpukan padatan atau penyumbatan. (Truong, K. H., et.al., 2022)



 TAMPAK ATAS

KETERANGAN



JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN
BANDUNG
2025

JUDUL TUGAS AKHIR :

PERENCANAAN PERBAIKAN
KUALITAS AIR SUNGAI DENGAN
DEBIT KECIL DI SUNGAI
CIPAMOKOLAN KOTA BANDUNG

JUDUL GAMBAR :

TAMPAK ATAS BENDUNGAN DENGAN
BIOCORD PADA SUNGAI
CIPAMOKOLAN

NAMA / NPM :

ANNISA PUTRI SYAHARANI SOEMARTI
213050013

DOSEN PEMBIMBING :

Prof. Dr. Yonik Meilawati, ST., MT.
Dr. Ir. Evi Afiatun, MT.

SKALA	NO GAMBAR	HALAMAN
1 : 300	5.9	V - 30



Gambar 5.10 Biofilm pada Biocord

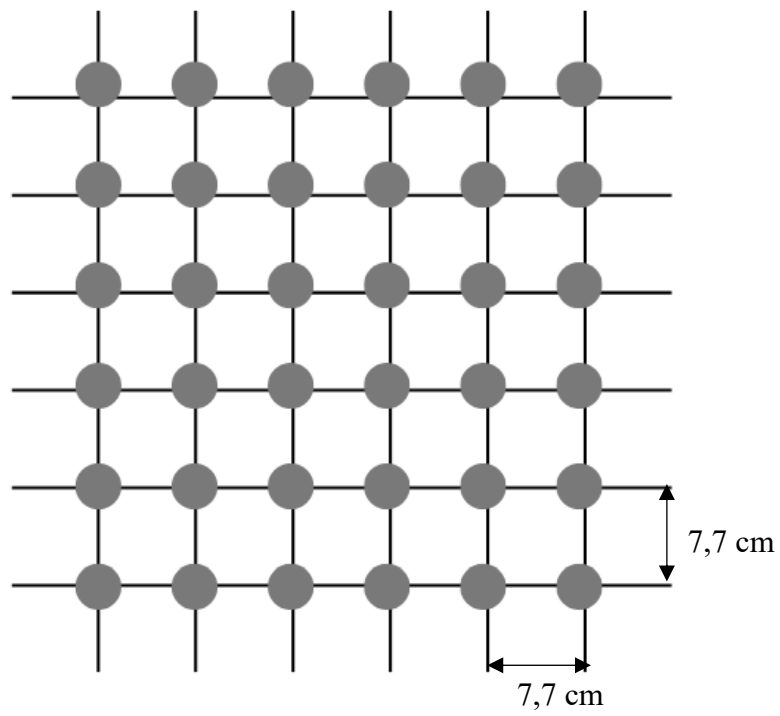
Sumber: <https://indonesian.alibaba.com/product-detail/Biocord-Reactor-Biocord-Reactor-Biological-Contact-1601048597107.html>

Dimensi 1 unit biocord = $1\text{ m} \times 1\text{ m} = 1\text{ m}^2$

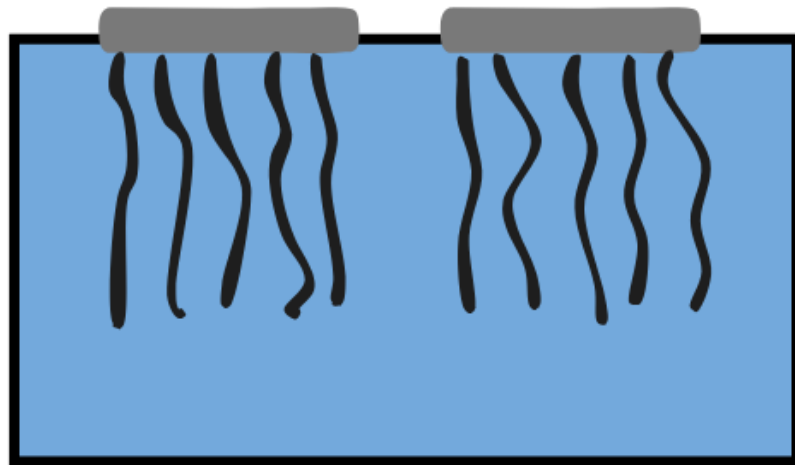
Jarak per biofilm = 7,7 cm , maka:

$$\frac{100\text{ cm}}{7,7\text{ cm}} \times \frac{100\text{ cm}}{7,7\text{ cm}} = 12 \times 12 = 144\text{ biofilm per unit}$$

144 biofilm per unit x 60 unit biocord = 8.640 unit biofilm yang dibutuhkan

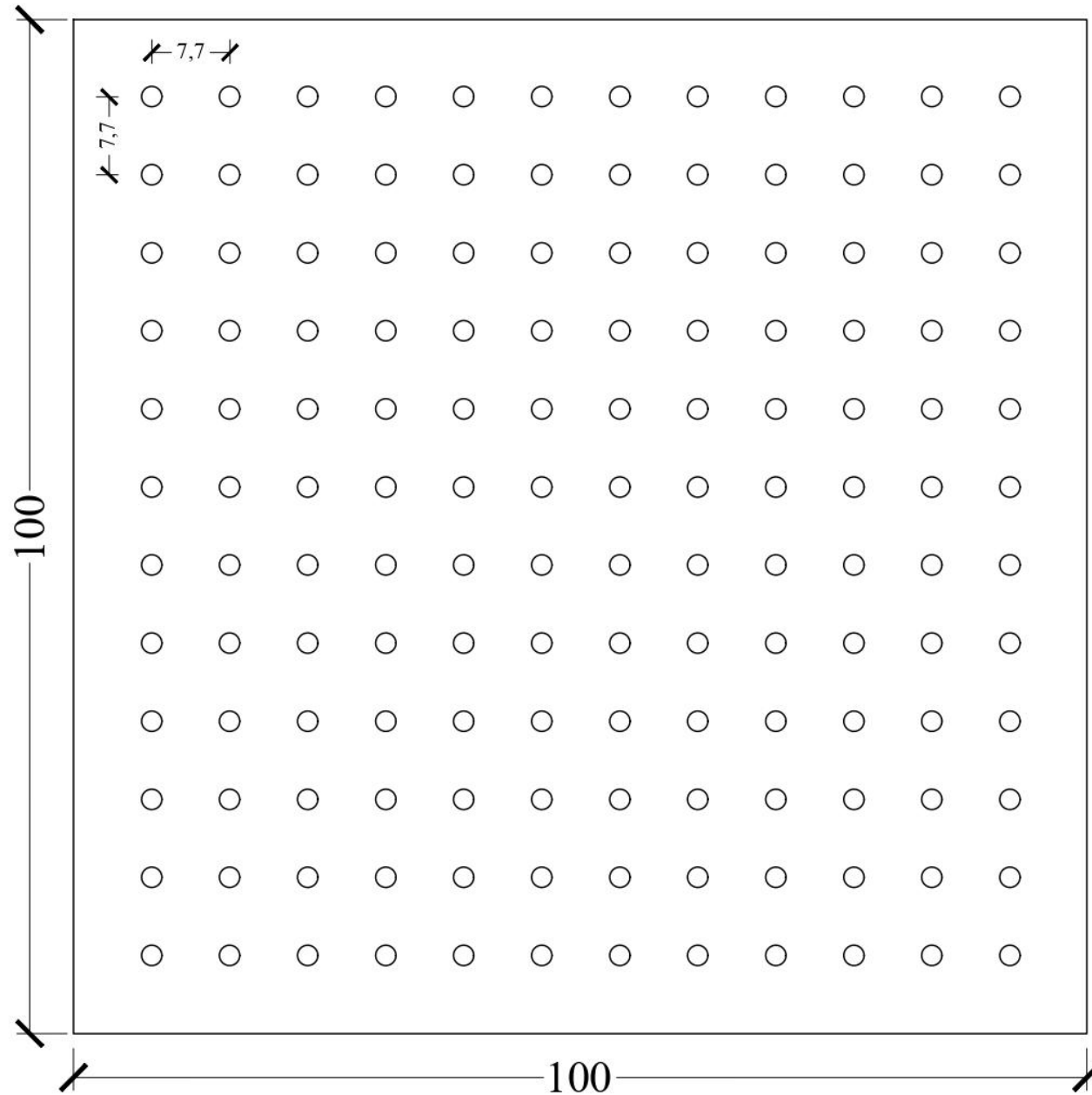


a. Tampak atas



b. Tampak depan

Gambar 5.11 Sketsa Biocord pada Bendungan



KETERANGAN



JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN
BANDUNG
2025

JUDUL TUGAS AKHIR :

PERENCANAAN PERBAIKAN
KUALITAS AIR SUNGAI DENGAN
DEBIT KECIL DI SUNGAI
CIPAMOKOLAN KOTA BANDUNG

JUDUL GAMBAR :

TAMPAK ATAS PENEMPATAN
BIOFILM/CORD DAN JUMLAH
BIOFILM/CORD PER UNITNYA

NAMA /NPM :

ANNISA PUTRI SYAHARANI SOEMARTI
213050013

DOSEN PEMBIMBING :

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

Dr. Ir. Evi Afiatun, MT.

SKALA	NO GAMBAR	HALAMAN
1 : 6	5.12	V – 33

BAB VI

SPESIFIKASI TEKNIK DAN RANCANGAN ANGGARAN BIAYA

6.1 Spesifikasi Teknis

Spesifikasi teknis pada perencanaan perbaikan kualitas air Sungai Cipamokolan ini mencakup bangunan bendungan, *spillway* dan *Biocord*. Dokumen ini memuat uraian rinci mengenai jenis bahan yang digunakan, peralatan yang diperlukan, serta metode pelaksanaan yang diterapkan. Penyusunan ini bertujuan untuk memastikan hasil akhir proyek sesuai dengan standar yang ditetapkan serta menyediakan informasi detail mengenai volume material dan dasar perhitungan biaya.

6.2 Uraian Pekerjaan

Lingkupan pekerjaan yang dimaksud dalam uraian pekerjaan ini adalah pekerjaan dalam membangun atau membuat bangunan teknologi perbaikan kualitas air Sungai Cipamokolan yang sesuai dengan perencanaan dan perhitungan pada bab sebelumnya. Pada pekerjaan pembangunan teknologi perbaikan kualitas air Sungai Cipamokolan mencakup seluruh tahap teknis yang diperlukan untuk diintegrasikan ke dalam sistem yang fungsional. Spesifikasi teknis pekerjaan pada perencanaan teknologi perbaikan kualitas air Sungai Cipamokolan menggunakan bendungan dengan *Biocord* pada Sungai Cipamokolan Kota Bandung sebagai berikut.

6.2.1 Pekerjaan Persiapan Awal

Pekerjaan persiapan adalah tahapan awal yang dilakukan sebelum pekerjaan utama pembangunan bendungan. Tujuannya adalah memastikan seluruh aspek lapangan, sumber daya, dan sarana penunjang telah siap sehingga pekerjaan berjalan efisien dan aman.

1. Mobilisasi tenaga kerja, alat berat (excavator, dump truck, crane kecil), serta material utama (batu belah, pasir, semen, baja tulangan) dilakukan dengan perencanaan yang baik agar tahapan selanjutnya tidak mengalami hambatan.
2. Pembersihan area sungai dari vegetasi liar, endapan lumpur, serta sampah padat dilakukan secara menyeluruh, termasuk pembuatan saluran pengelak (diversion channel) untuk mengalihkan aliran sungai sementara selama pembangunan berlangsung.
3. Perataan area kerja dilakukan pada lokasi inti bendungan, spillway, dan area konstruksi lainnya dengan mengganti tanah lunak atau endapan tidak stabil menggunakan material urugan pilihan yang lebih kuat.
4. Penyediaan gudang sementara dibangun di area aman untuk menyimpan material dan peralatan, termasuk komponen built-up seperti bronjong dan bekisting baja prefab, agar terlindungi dari cuaca dan potensi banjir sungai.

6.2.2 Pekerjaan Struktur Bendungan dan *Spillway*

Lingkup pekerjaan meliputi penyediaan tenaga kerja, bahan-bahan, peralatan dan alat-alat bantu yang dibutuhkan didalam pelaksanaan pekerjaan ini sehingga mendapatkan hasil yang bermutu baik. Adapun pekerjaan yang termasuk dalam pekerjaan atap yaitu:

1. Pekerjaan Persiapan dan Penanganan Aliran Sungai

Sebelum memulai pekerjaan struktur utama, dilakukan pemasangan *cofferdam* berupa *sheet pile* atau bronjong di hulu dan hilir lokasi bendungan untuk mengalihkan aliran sungai ke saluran pengelak sementara. Area konstruksi kemudian dikeringkan menggunakan pompa air dengan kapasitas yang memadai hingga mencapai kondisi kering yang memungkinkan pelaksanaan pekerjaan galian dan pondasi. Selama proses pengeringan, dilakukan monitoring kontinyu terhadap muka air tanah menggunakan piezometer untuk memastikan stabilitas galian.

2. Pekerjaan Galian dan Persiapan Pondasi

Pekerjaan galian dan pondasi dilakukan dengan excavator berkapasitas minimum 1 m³ untuk mencapai elevasi yang stabil, dengan kedalaman galian rata-rata 2-3 meter di bawah dasar sungai atau hingga mencapai lapisan tanah keras dengan daya dukung minimum 2 kg/cm². Bagian dasar sungai yang lunak berupa lumpur atau tanah organik harus digali secara total dan diganti dengan material urugan pilihan berupa sirtu atau batu pecah gradasi 0-5 cm yang dipadatkan lapis demi lapis dengan kepadatan 95% standard proctor untuk memastikan kekuatan pondasi yang memadai.

Setelah galian mencapai elevasi rencana, dasar galian dibersihkan dari material lepas dan dilakukan grouting untuk mengisi celah-celah kecil, kemudian dilanjutkan dengan pemasangan pondasi beton bertulang mutu K-250 dengan tebal minimum 60 cm dan lebar sesuai perhitungan stabilitas. Tulangan pondasi menggunakan besi ulir diameter 19 mm dengan jarak 20 cm untuk tulangan utama dan diameter 13 mm untuk tulangan pembagi, dengan mutu beton yang telah diuji slump test 8-12 cm dan kuat tekan karakteristik 250 kg/cm².

3. Pembangunan Tubuh Bendungan

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. Dinding bendungan 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 bendungan 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 bendungan difinishing dengan float untuk mendapatkan permukaan yang rata dan halus.

4. Konstruksi Spillway (Bangunan Pelimpah)

Spillway atau pelimpah dibuat dari beton bertulang mutu K-350 dengan kemiringan 33,7 derajat dan lebar 5 meter mengikuti lebar sungai, dengan panjang peluncur (*chute*) sepanjang 12 meter untuk memastikan energi air terdisipasi dengan baik sebelum mencapai hilir. Profil spillway dirancang menggunakan kurva ogee dengan ambang pelimpah setinggi 50 cm di atas muka air normal untuk mengoptimalkan kapasitas pelimpahan. (Musthofa, 2024)

Permukaan spillway dilapisi beton mutu tinggi K-400 dengan ketebalan minimum 15 cm dan diberi lapisan anti-kavitasi berupa *epoxy coating* agar mampu menahan kecepatan aliran tinggi serta mencegah erosi dan kavitasi.

5. Pekerjaan *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 bendungan 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.

6.2.3 Biocord

Dalam perbaikan kualitas air Sungai Cipamokolan ini menggunakan teknologi Biocord, berikut spesifikasi masing-masing komponen pekerjaannya:

2. Pekerjaan Pemasangan Biocord

Biocord diletakkan pada titik dan jarak yang sudah ditentukan dari hasil perhitungan sebelumnya. Zona pemasangan dipilih dengan mempertimbangkan jarak yang efektif antar unit *Biocord*. Pemasangan *biocord* menggunakan sistem tali dilakukan dengan menali setiap unit baris *Biocord* kemudian diikat ke bagian kanan dan kiri sungai menggunakan kawat besi berdiameter 2mm dan sekrup tertutup untuk mengantisipasi fluktuasi air.

3. Sistem penempatan Biocord

Sistem penempatan *biocord* menggunakan *frame* dari besi profil dengan ukuran 1 meter x 1 meter membentuk grid dan sekat untuk *biofilm / cord* nya menggunakan besi beton berdiameter 8 mm. Setiap unit *biocord* berukuran 1 meter x 1 meter dibentuk menyerupai kisi dengan ukuran kotak 8–10 cm dan memerlukan 144 buah *biofilm/cord* dengan panjang 80 cm.

4. Pemeliharaan Biocord

Media *biocord* terbuat dari serat sintetis seperti polipropilena atau polietilena yang tahan lama, tidak mudah lapuk. Namun pemeliharaan yang di perhatikan ialah pengecekan berkala selama 3 – 6 bulan untuk melihat apakah *cord*nya tersumbat oleh sedimen atau lumut atau sampah yang terbawa oleh aliran sungai. Serta penggantian media *cord* dilakukan 2 – 5 tahun sekali tergantung umur atau kondisi *cord* tersebut.

6.2.4 Uji Fungsi

Uji fungsi merupakan tahapan yang sangat penting untuk memastikan bahwa bendungan yang dibangun dapat bekerja sesuai dengan rencana teknis dan perhitungan hidrolika. Uji fungsi ini dilakukan sebelum serah terima pekerjaan, dengan tujuan mendeteksi potensi masalah dan memastikan bahwa bendungan siap dioperasikan secara aman.

1. Uji saluran pengelak dan spillway dilakukan untuk memastikan bahwa aliran air dapat mengalir dengan lancar dan tidak menimbulkan gerusan berlebih pada struktur maupun dasar sungai.
2. Uji kestabilan struktur dilakukan dengan memeriksa adanya retakan pada beton, pergeseran pasangan batu, serta kestabilan riprap atau bronjong pada tebing sungai.
3. Uji kebocoran dilakukan untuk memastikan tidak terjadi rembesan berlebih pada tubuh bendungan dan pondasi yang dapat membahayakan kestabilan bangunan.
4. Uji Teknis dan Struktur meliputi pemeriksaan aliran air sungai untuk memastikan distribusi yang merata di seluruh permukaan biocord tanpa menimbulkan turbulensi berlebih, serta evaluasi kestabilan struktur penopang termasuk kondisi rangka, sistem penambat, integritas material cord, dan ketahanan terhadap beban hidrolis dari arus sungai dan debris.
5. Uji Kinerja Biologis dan Operasional meliputi evaluasi pertumbuhan mikroorganisme dan kemampuan biodegradasi polutan pada permukaan biocord, pengujian ketahanan sistem terhadap variasi kondisi lingkungan sungai, serta penilaian aksesibilitas untuk kebutuhan monitoring dan pemeliharaan rutin, dimana seluruh pengujian dilakukan selama minimal 30 hari dalam kondisi operasional normal sebelum sistem dinyatakan siap beroperasi penuh.

6.3 Rancangan Anggaran Biaya (RAB)

Rencana anggaran biaya (RAB) dalam perencanaan perbaikan kualitas air Sungai Cipamokolan berdasarkan desain yang sudah dibuat, terkait dengan tinggi, luas, unit pengolahan air sungai dan beserta fasilitas pendukung. Kemudian dilakukan perhitungan berdasarkan bangunan dan unit perbaikan yang sudah direncanakan. Untuk perhitungan RAB akan menggunakan perhitungan Analisa Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) yang mengacu pada Permen PUPR SDA Nomor 1 Tahun 2022 tentang Pedoman Penyusunan Perkiraan Biaya Pekerjaan Konstruksi Bidang Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat. Serta mengacu pada Keputusan

Gubernur Bandung Nomor 030/820/2022 tentang Penetapan Standar Harga Satuan Barang dan Jasa Pemerintah Bandung Tahun Anggaran 2023.

Setelah mengetahui harga satuan tiap pekerjaan kemudian disesuaikan dengan desain dari rencana pembangunan teknologi perbaikan kualitas air Sungai Cipamokolan berdasarkan detail *engineering design* yang sudah dirancang sebelumnya akan menghasilkan total anggaran dari pekerjaan konstruksi. Berikut merupakan total RAB dari pekerjaan konstruksi:

Tabel 6.1 Rencana Anggaran Biaya Pembangunan *Biocord*

No.	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Jumlah Harga
Pekerjaan Persiapan					
1	Pembersihan lahan	m ²	25	Rp. 52.549,00	Rp. 1,313,725,00
2	Pengukuran dan pemasangan <i>Bouwplank</i>	m ²	15	Rp. 188.720,00	Rp. 2,830,800,00
Subtotal					Rp. 4,144,525,00
Pekerjaan Galian dan <i>Bypass</i>					
1	Penggalian pondasi bendungan (5m x 3,5m x 1,8m)	m ³	31,5	Rp 66.770,00	Rp. 2,103,255,00
2	Penggalian pondasi <i>spillway</i> (5m x 3,5m x 1,8m)	m ³	31,5	Rp 66.770,00	Rp. 2,103,255,00
3	<i>Bypass</i> sementara dengan pipa HDPE 300mm + pompa	set	1	Rp. 16.000.000	Rp. 16,000,000,00
4	Pengurugan tanah kembali	m ³	100	Rp. 29.430,00	Rp. 2,943,000,00
5	Pemasangan pipa	m	10	Rp. 120.512,00	Rp. 1,205,120,00
6	<i>Cofferdam</i> karung pasir	m ³	7	Rp. 30.000,00	Rp. 210.000,00,00
Subtotal					Rp. 24,564,630,00

No.	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Jumlah Harga
Pekerjaan Beton Bertulang Bendungan					
1	Beton pondasi K-300 (lebar 5m)	m ³	35	Rp. 90,000,00	Rp. 31,500,000,00
2	Beton dinding bendungan K-300	m ³	97	Rp. 900,000,00	Rp. 87,300,000,00
3	Pembesian pondasi fy-400	Kg	350	Rp. 17.200,00	Rp. 6,020,000,00
4	Pembesian dinding bendungan fy-400	Kg	970	Rp. 17.200,00	Rp. 16,684,000,00
5	Bekisting pondasi	m ²	65	Rp. 165.000,00	Rp. 10,725,000,00
6	Bekisting dinding bendungan	m ²	100	Rp. 165.000,00	Rp. 16,500,000,00
7	Bongkar bekisting pondasi	m ²	65	Rp. 25.006,00	Rp. 1,625,390,00
8	Bongkar bekisting dinding bendungan	m ²	100	Rp. 25.006,00	Rp. 2,500,600,00
7	<i>Waterproofing membrane</i>	m ²	100	Rp. 135.000,00	Rp. 13.500.000,00
Subtotal					Rp. 186,354,990,00
Pekerjaan <i>Spillway</i>					
1	Fabrikasi bekisting profil ogee	m ²	100	Rp. 165.000,00	Rp. 16.500.000,00

No.	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Jumlah Harga
2	Pembuatan beton <i>spillway</i> K-350	m ³	30	Rp. 945.000,00	Rp. 28.350.000,00
3	Pembesian <i>spillway</i> fy-400	Kg	300	Rp. 17.200,00	Rp. 5.160.000,00
4	<i>Finishing</i> permukaan <i>spillway</i>	m ²	25	Rp. 125.000,00	Rp. 3.125.000,00
5	Bongkar bekisting	m ²	100	Rp. 25.006,00	Rp. 2.500.600,00
Subtotal					Rp. 55,635,600,00
<i>Biocord</i>					
1	Rangka besi profil Biocord ukuran 1mx1mx1m	<i>Pcs</i>	60	Rp. 602.000	Rp. 36.120.000,00
2	Besi beton diameter 8 mm @ 100 cm	<i>Pcs</i>	1440	Rp. 4.500	Rp. 6,480,000,00
2	Material Biocord (Media Biofilm/cord)	<i>pcs</i>	8.640	Rp. 10.000	Rp. 86.400.000,00
3	Kawat pengikat rangka besi untuk profil biocord	m	360	Rp. 7,000	Rp. 2.520.000,00
4	Gantungan <i>bracket</i> 4 lubang	<i>Pcs</i>	120	Rp. 15.000	Rp. 1.800.000,00
5	Paku Sekrup	<i>Pack</i>	2	Rp. 15.000	Rp. 30.000,00

No.	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Jumlah Harga
6	Pemasangan & overhead	unit	60	Rp. 120.000	Rp. 7,200,000,00
Subtotal					Rp. 140,550,000,00

Tabel 6.2 Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya Pembangunan *Biocord*

No.	Uraian	Jumlah Harga
1	Pekerjaan Persiapan	Rp. 4,144,525,00
2	Pekerjaan Galian dan <i>Bypass</i>	Rp. 24,564,630,00
3	Pekerjaan Beton Bertulang Bendungan	Rp. 186,354,990,00
4	Pekerjaan <i>Spillway</i>	Rp. 55,635,600,00
5	<i>Biocord</i>	Rp. 140,550,000,00
Total		Rp. 411,249,000,00

BAB VII

KESIMPULAN DAN SARAN

7.1 Kesimpulan

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

1. Teknologi terpilih dalam perencanaan perbaikan kualitas air Sungai Cipamokolan menggunakan teknologi *in-situ* dengan memperhatikan debit air dan konsidi lokasi perbaikan maka teknologi biocord dipilih dengan melakukan rekayasa sungai melalui pembuatan bendungan.
2. Biocord yang direncanakan sebanyak 60 unit dengan masing-masing unit berukuran 1 m × 1 m dan 144 cord per unit biocordnya yang dapat menyisihkan parameter pencemar air Sungai Cipamokolan. Bendungan yang direncanakan yaitu dengan lebar 5 m dan tinggi 3,5 m dan dilengkapi dengan *spillway overflow* tipe *ogee* untuk dapat mengalirkan air dengan terkendali.
3. Rencana Anggaran Biaya (RAB) yang dibutuhkan dalam perencanaan perbaikan kualitas air Sungai Cipamokolan menggunakan biocord ini yaitu sebesar Rp. 411,249,745,00

7.2 Saran

Berdasarkan pembahasan dan perhitungan yang telah dilakukan mengenai perencanaan perbaikan kualitas air Sungai Cipamokolan Kota Bandung, maka terdapat saran sebagai berikut:

1. Melakukan monitoring kualitas air secara berkala untuk menilai efektivitas instalasi dalam menurunkan parameter pencemar.

2. Mengintegrasikan perencanaan teknis dengan partisipasi masyarakat dan penegakan regulasi agar pencemaran dari sumber domestik maupun industri dapat dikendalikan.
3. Menyusun rencana pemeliharaan rutin dan biaya operasional jangka panjang guna menjamin keberlanjutan fungsi instalasi.
4. Melakukan pengembangan instalasi pada segmen lain Sungai Cipamokolan sehingga perbaikan kualitas air lebih menyeluruh.
5. Mengembangkan penelitian dengan simulasi model kualitas air untuk memprediksi kinerja instalasi di masa depan dan menyesuaikan dengan perubahan kondisi lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional. (2015). *SNI 8062:2015 Tata cara desain tubuh bendungan tipe urugan*. Jakarta: BSN.
- Bagus Prasetya, B., Suhardono, A., & Asukmajaya, R. B. (2021). *Perencanaan ulang bangunan pelimpah (spillway) pada Bendungan Bagong Kabupaten Trenggalek*. Jurnal Online Sains Manajemen Rekayasa Konstruksi (JOS-MRK), 2(3), 280–286.
- Budiarto, F. D., Marsudi, S., & Dermawan, V. (2023). *Studi perencanaan rehabilitasi bangunan pelimpah (spillway) pada Embung Takisung Kabupaten Tanah Laut Kalimantan Selatan*. Jurnal Teknologi dan Rekayasa Sumber Daya Air, 3(2), 93–103.
- Damayanti, S., & Mualim. (2024). *Pengaruh biofilter batu split terhadap penurunan kadar minyak dan lemak limbah cair domestik*. Journal of Nursing and Public Health, 12(1), 233–240.
- Djoharam, V., Riani, E., & Yani, M. (2018). *Analisis kualitas air dan daya tampung beban pencemaran Sungai Pesanggrahan di wilayah Provinsi DKI Jakarta*. Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan, 8(1), 127–133.
- Gilalom, F., Arifin, & Utomo, K. P. (2020). *Pengolahan limbah cair rumah makan dengan biofilter aerob menggunakan media filter bio-yarn*. Jurnal Teknik Lingkungan Universitas Tanjungpura, 1–8.
- Lestari, A. S., & Soewondo, P. (2017). *Kinerja sistem biofilter anaerob-aerob untuk menurunkan beban pencemar limbah cair domestik*. Jurnal Teknik Lingkungan, 23(2), 107–116.

- Liani, M. M., & Sudiro. (n.d.). *Perbaikan kualitas Sungai Metro dengan sistem wetland*. Jurnal Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Nasional Malang.
- Mailisa, E. R., Yulianto, B., & Warsito, B. (2021). *Strategi peningkatan kualitas air sungai: Studi kasus Sungai Sani*. Jurnal Litbang: Media Informasi Penelitian, Pengembangan dan IPTEK, 17(2), 101–114.
- Monica Agustina. (2022). *Efektifitas mudball eco enzyme pada perbaikan kualitas air sungai* (Laporan Tugas Akhir, Universitas Pasundan). Universitas Pasundan.
- Musthofa, A. W., Riskijah, S. S., & Utoyo, S. (2024). *Project planning pembangunan proyek spillway Bendungan X Kabupaten X*. Jurnal Online Sains Manajemen Rekayasa Konstruksi (JOS-MRK), 5(3), 233–239.
- Ngatilah, Y., & Kurniawan, O. (2020). *Kebijakan perbaikan kualitas air sungai Pegirikan dengan metode sistem dinamik*. Prosiding Seminar Nasional, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur, 1–12.
- Nhi, N. T. T., Van, P. T. T., Thao, N. T., Truc, N. T. T., Hung, T. L. T. K., Tay, D. T. N., Nhut, H. T., & Hiep, N. T. (2022). *Optimization removal of COD and nitrogen at different hydraulic retention times in biocord-integrated fixed-film activated sludge system*. Environment and Natural Resources Journal, 20(4), 411–418.
- Prayatni, A. F. (2018). *Studi pengolahan limbah cair domestik menggunakan biofilter aerob dengan variasi media*. Jurnal Teknik Lingkungan, 24(1), 45–54.
- Qomariyah, S., Sobriyah, S., Koosdaryani, K., & Muttaqien, A. Y. (2017). *Lahan basah buatan sebagai pengolah limbah cair dan penyedia air non-konsumsi*. Jurnal Riset Rekayasa Sipil, 1(1), 25–32.

- Rezagama, A., Sarminingsih, A., Rahmadani, A. Y., & Aini, A. N. (2019). *Pemodelan peningkatan kualitas air sungai melalui variasi debit suplesi*.
- Risky Maulana, M., & Marsono, B. D. (2021). *Penerapan teknologi membran untuk mengolah limbah cair industri tahu (Studi kasus: UKM Sari Bumi, Kabupaten Sumedang)*. Jurnal Teknik ITS, 10(2), F54–F58.
- Salamah, U. H., & Rahmanto, T. A. (2022). *Efektivitas media biofiltrasi anaerob untuk mendegradasi bahan organik pada limbah cair pencucian ikan*. Envirous: Jurnal Teknik Lingkungan, 2(2), 28–34.
- Wirakusuma, G., dkk. (2019). *Kinerja sistem biofilter anaerob-aerob dengan media sarang tawon untuk menurunkan beban pencemar limbah cair*. Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan, 11(2), 101–110.
- Yuan, X., Qian, X., Zhang, R., Ye, R., & Hu, W. (2012). *Performance and microbial community analysis of a novel bio-cord carrier during treatment of a polluted river*. Bioresource Technology, 117, 33–39.

L

A

M

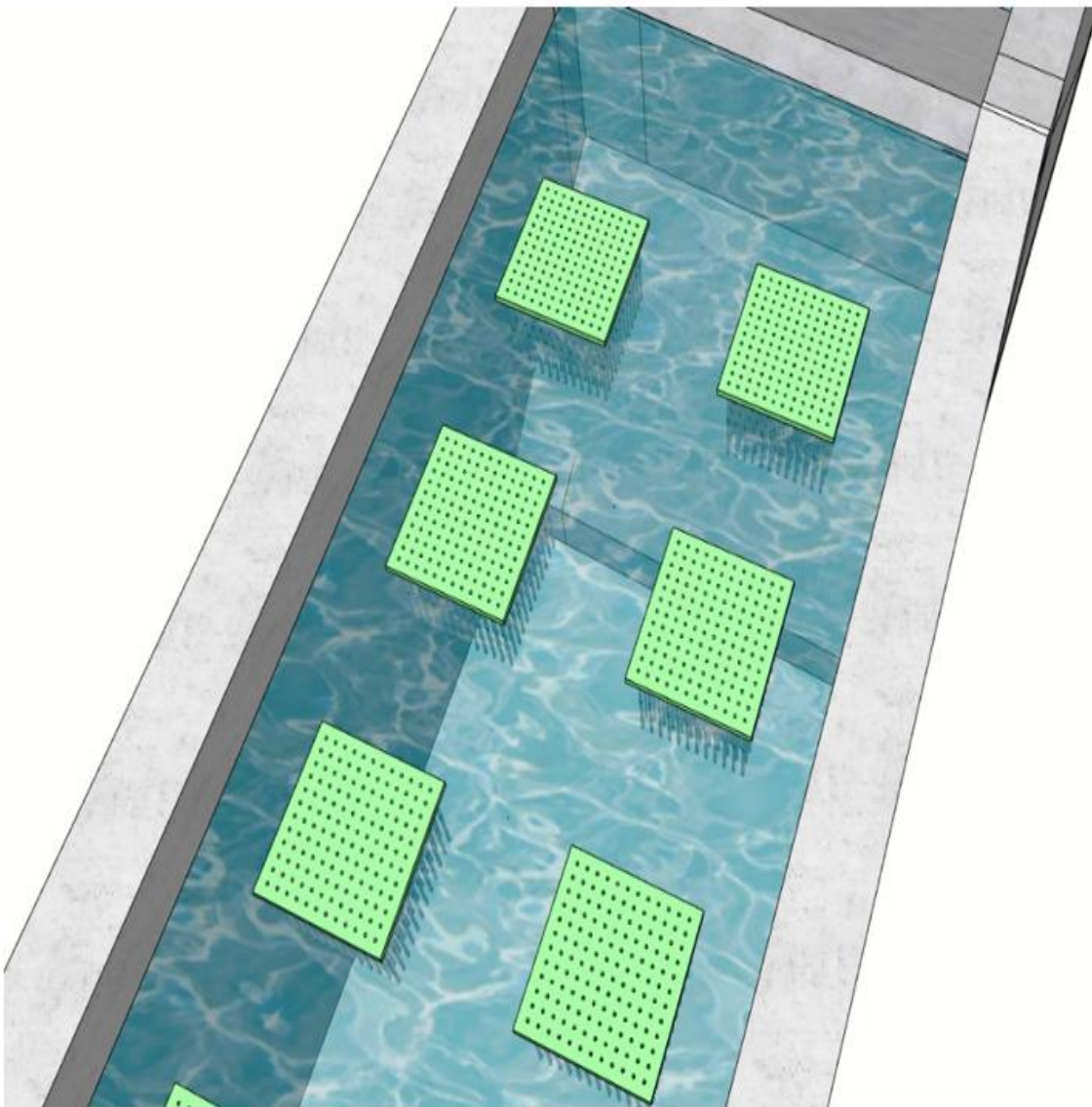
P

I

R

A

N



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

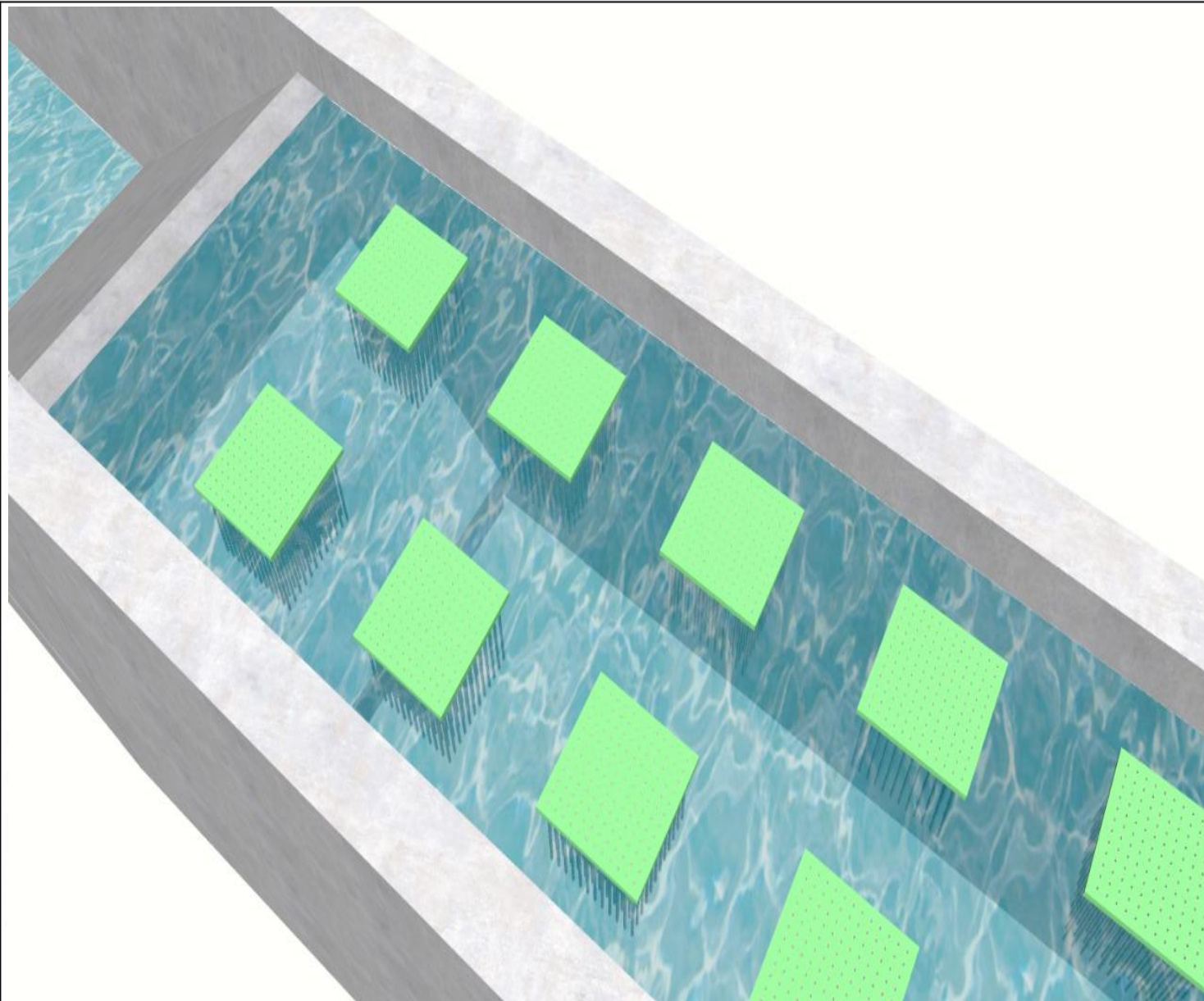
**PERENCANAAN PERBAIKAN KUALITAS
AIR SUNGAI DENGAN DEBIT KECIL DI
SUNGAI CIPAMOKOLAN KOTA
BANDUNG**

**ANNISA PUTRI SYAHARANI S
213050013**

No. Gambar

Halaman

L - 1



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

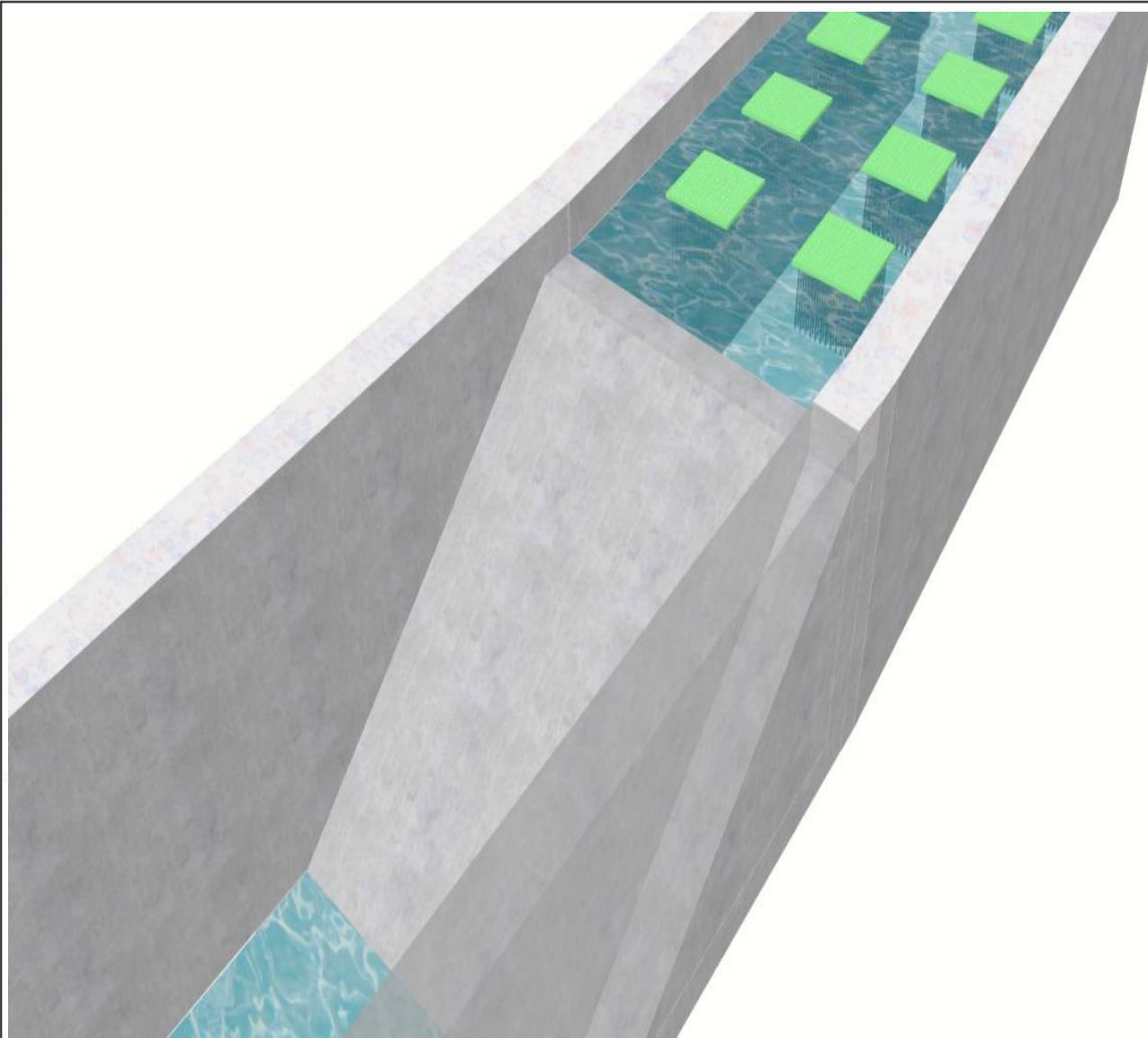
**PERENCANAAN PERBAIKAN KUALITAS
AIR SUNGAI DENGAN DEBIT KECIL DI
SUNGAI CIPAMOKOLAN KOTA
BANDUNG**

**ANNISA PUTRI SYAHARANI S
213050013**

No. Gambar

Halaman

L - 2



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

**PERENCANAAN PERBAIKAN KUALITAS
AIR SUNGAI DENGAN DEBIT KECIL DI
SUNGAI CIPAMOKOLAN KOTA
BANDUNG**

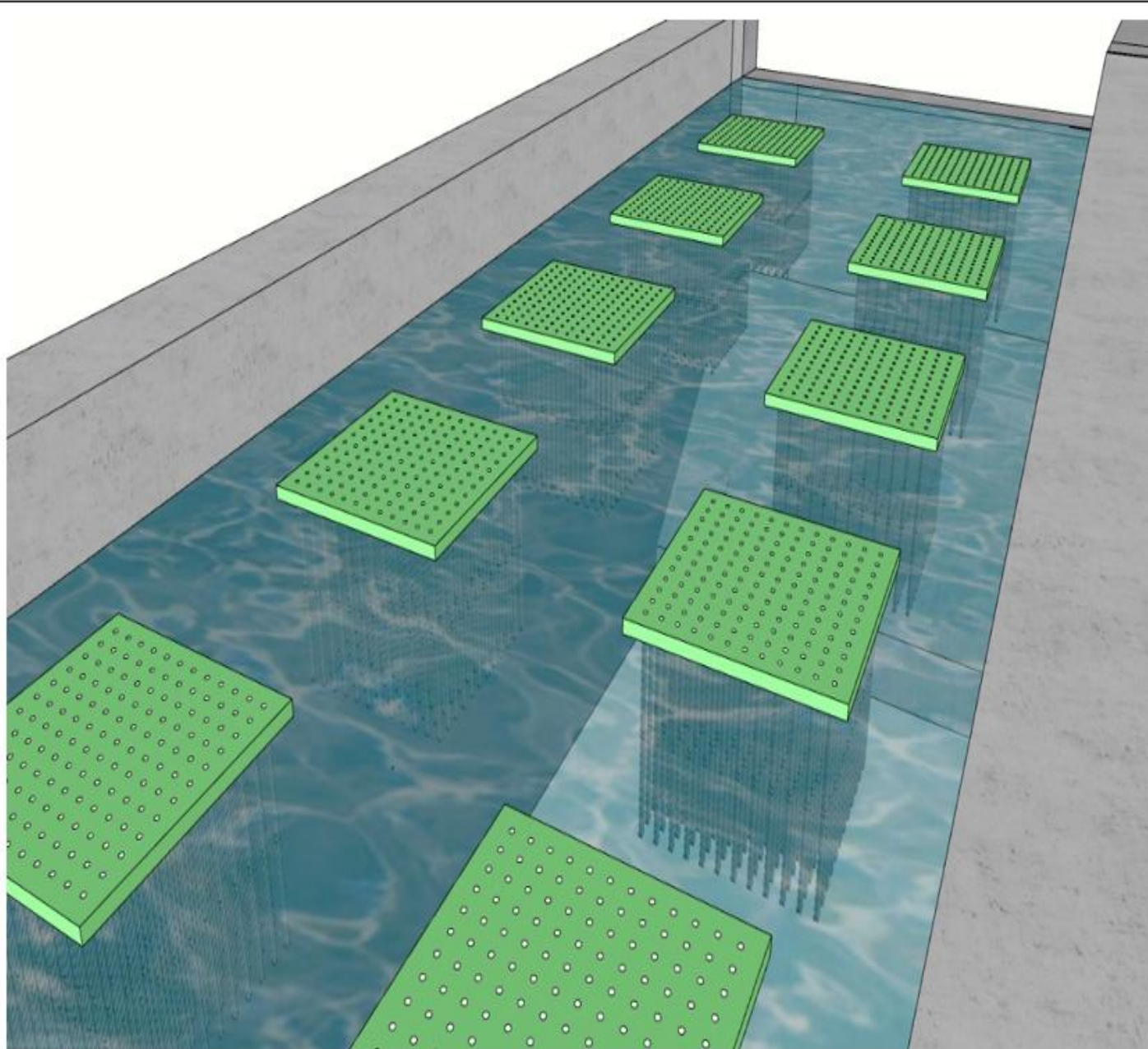
ANNISA PUTRI SYAHARANI S

213050013

No. Gambar

Halaman

L - 3



PROGRAM STUDI TEKNIK
LINGKUNGAN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN
2025

**PERENCANAAN PERBAIKAN KUALITAS
AIR SUNGAI DENGAN DEBIT KECIL DI
SUNGAI CIPAMOKOLAN KOTA
BANDUNG**

ANNISA PUTRI SYAHARANI S

213050013

No. Gambar

Halaman

L - 4