

**PERENCANAAN *CONSTRUCTED WETLAND* SEBAGAI
ALTERNATIF PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK
DI PERUMAHAN LAM TRIENG MADANI
KABUPATEN ACEH BESAR**

TUGAS AKHIR

Diajukan oleh:

**AIDA SUKNA YURI
NIM. 180702090
Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi
Program Studi Teknik Lingkungan**



**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY
BANDA ACEH
2023 M/1444 H**

LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR

**PERENCANAAN *CONSTRUCTED WETLAND* SEBAGAI
ALTERNATIF PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK
DI PERUMAHAN LAM TRIENG MADANI
KABUPATEN ACEH BESAR**

TUGAS AKHIR

Diajukan Kepada Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh
Sebagai Salah Satu Beban Studi Memperoleh Gelar Sarjana (S-1)
dalam Ilmu Teknik Lingkungan

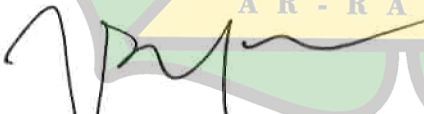
Diajukan oleh:
AIDA SUKNA YURI
NIM. 180702090

Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi
Program Studi Teknik Lingkungan

Disetujui untuk Dimunakaqasyahkan oleh:

Pembimbing I

Pembimbing II


Dr. Ir. Juliansyah Harahap, S.T., M.Sc.
NIDN. 2031078204


Ir. Bahagia Ishak, S.T., M.T., IPM.
NIDN. 1310078201

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Ar-Raniry Banda Aceh


Husnawati Yahya, S.Si., M.Sc.
NIDN. 2009118301

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

PERENCANAAN *CONSTRUCTED WETLAND* SEBAGAI ALTERNATIF PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK DI PERUMAHAN LAM TRIENG MADANI KABUPATEN ACEH BESAR

TUGAS AKHIR

Telah Diuji oleh Panitia Ujian Munaqasyah Tugas Akhir
Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh
dan Dinyatakan Lulus serta Diterima Sebagai Salah Satu Beban Studi Program
Sarjana (S-1) dalam Ilmu Teknik Lingkungan

Pada Hari/Tanggal: Kamis/15 Juni 2023
26 Zulkaidah 1444 H

di Darussalam, Banda Aceh

Panitia Ujian Munaqasyah Tugas Akhir:

Ketua,

Sekretaris,


Dr. Ir. Juliansyah Harahap, S.T., M.Sc.
NIDN. 2031078204


Ir. Bahagia Ishak, S.T., M.T., IPM.
NIDN. 1310078201

Penguji I,

Penguji II,


Ir. Yeggi Darnas, S.T., M.T.
NIDN. 2020067905


M. Faisi Ikhwali, S.T., M.Eng.
NIDN. 2008109101

Mengetahui,

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh



Dr. Ir. Muhammad Dirhamsyah, M.T., IPU
NIP. 196210021988111001

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Aida Sukna Yuri
NIM : 180702090
Program Studi : Teknik Lingkungan
Fakultas : Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh
Judul : Perencanaan *Constructed Wetland* sebagai Alternatif Pengolahan Air Limbah Domestik di Perumahan Lam Trieng Madani Kabupaten Aceh Besar

Dengan ini menyatakan bahwa dalam penulisan tugas akhir ini, saya:

1. Tidak menggunakan ide orang lain tanpa mampu mengembangkan dan mempertanggungjawabkan;
2. Tidak melakukan plagiasi terhadap naskah karya orang lain;
3. Tidak menggunakan karya orang lain tanpa menyebutkan sumber asli atau tanpa izin pemilik karya;
4. Tidak memanipulasi dan memalsukan data;
5. Mengerakan sendiri karya ini dan mampu bertanggung jawab atas karya ini.

Bila di kemudian hari ada tuntutan dari pihak lain atas karya saya, dan telah melalui pembuktian yang dapat dipertanggungjawabkan dan ternyata memang ditemukan bukti bahwa saya telah melanggar pernyataan ini, maka saya siap dikenai sanksi berdasarkan aturan yang berlaku di Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan tanpa paksaan dari pihak manapun.

Banda Aceh, 5 Juni 2023

Yang Menyatakan,



Aida Sukna Yuri
NIM. 180702090

ABSTRAK

Nama : Aida Sukna Yuri
NIM : 180702090
Program Studi : Teknik Lingkungan
Judul : Perencanaan *Constructed Wetland* sebagai Alternatif Pengolahan Air Limbah Domestik di Perumahan LamTrieng Madani Kabupaten Aceh Besar
Tanggal Sidang : 15 Juni 2023
Jumlah Halaman : 98
Pembimbing I : Dr. Ir. Juliansyah Harahap, S.T., M.Sc.
Pembimbing II : Ir. Bahagia Ishak, S.T., M.T., IPM.
Kata Kunci : Air Limbah Domestik, Perencanaan, Bak Ekualisasi, Bak Sedimentasi, *Constructed Wetland* (CW), IPAL Skala Pemukiman

Air limbah domestik (*black water* dan *grey water*) Perumahan Lam Trieng Madani, Kecamatan Kuta Baro, Kabupaten Aceh Besar, hanya ditampung pada cubluk atau dialirkan langsung ke drainase. Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.68/Menlhk-Setjen/2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik, air limbah domestik yang dihasilkan dari rumah tangga, usaha, atau kegiatan berpotensi mencemari lingkungan, sehingga perlu dilakukan pengolahan air limbah sebelum dibuang ke media lingkungan. Tujuan dari penelitian ini mengidentifikasi karakteristik air limbah domestik, merencanakan desain instalasi pengolahan air limbah domestik (IPALD) dan membuat rencana anggaran biaya (RAB) yang dibutuhkan dalam membangun IPALD.

Teknologi yang dipilih dalam penelitian ini yaitu bak ekualisasi, bak sedimentasi, dan CW tipe SSF. CW dikenal sebagai teknologi yang cukup kompleks dalam mengolah air limbah dan memiliki nilai estetika yang menjadikan CW sangat sesuai diterapkan di lingkungan perdesaan. Tahapan perencanaan yang dilakukan di antaranya mengidentifikasi masalah, mencari berbagai studi literatur, mengumpulkan data, mengolah data dan perencanaan desain, membuat desain IPALD CW Kombinasi, membuat RAB, dan memperoleh kesimpulan. Hasil dari penelitian ini diperoleh hasil uji laboratorium untuk karakteristik air limbah domestik parameter TSS dan *total coliform* yang melebihi baku mutu. Hasil perhitungan yang berupa gambar desain unit pengolahan untuk dimensi bak ekualisasi yaitu $1,5 \text{ m} \times 0,5 \text{ m} \times 2,3 \text{ m}$ dengan lahan yang dibutuhkan $0,75 \text{ m}^2$, bak sedimentasi dengan dimensi $2 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 3,5 \text{ m}$ lahan yang dibutuhkan 2 m^2 dan dimensi SSFCW $19 \text{ m} \times 5 \text{ m} \times 1,2 \text{ m}$ dengan lahan yang dibutuhkan 95 m^2 . IPALD CW Kombinasi direncanakan dibangun pada lahan seluas 370 m^2 dengan total RAB yang dibutuhkan sebesar Rp.282.705.395,87.

ABSTRACT

Name : Aida Sukna Yuri
Student ID Number : 180702090
Department : Environmental Engineering
Title : *The Constructed Wetland Planning as an Alternative Domestic Wastewater Treatment in Lam Trieng Madani Residence Aceh Besar Regency*
Date of Session : June 15, 2023
Number of Pages : 98
Advisor I : Dr. Ir. Juliansyah Harahap, S.T., M.Sc.
Advisor II : Ir. Bahagia Ishak, S.T., M.T., IPM.
Keywords : Domestic Wastewater, Planning, Equalization Tank, Sedimentation Tank, Constructed Wetland (CW), WWTP Settlement Scale

Domestic wastewater (black water and grey water) in Lam Trieng Madani Residence, Kuta Baro Sub-District, Aceh Besar Regency is only accommodated in cubluk or drained directly into the drainage. Based on the Minister of Environment and Forestry of the Republic of Indonesia Regulation Number P.68/Menlhk-Setjen/2016 regarding Domestic Wastewater Quality Standards, domestic wastewater generated from households, business, or activity that have the potential to pollute the environment requires wastewater treatment before being discharged into environment. This study aims to identify the characteristics of domestic wastewater, plan the design of domestic wastewater treatment plant (WWTP) and make a budget estimate plan (RAB) required in constructing WWTP.

The technology selected in this research is an equalization tank, sedimentation tank, and CW of SSF-type. CW is known as a fairly complex technology in treating wastewater and has an aesthetic value that makes CW very suitable to be used in rural areas. The stages planning carried out include identifying problems, searching for various literature studies, collecting data, processing data and designs planning, CW Combined designs, making RAB, and concluding. The results of this study obtained laboratory tests results for the characteristics of domestic wastewater TSS parameters and total coliform which exceeded the quality standard. The calculation results in the form of a design drawing of a processing unit for the equalization tank dimensions of 1.5 m × 0.5 m × 2.3 m with the required land of 0.75 m², sedimentation tank with dimensions of 2 m × 1 m × 3.5 m with land required of 2 m², and SSFCW dimensions of 19 m × 5 m × 1.2 m with land required of 95 m². CW Combined is planned to be constructed on an area of 370 m² with a total of RAB required Rp.282.705.395,87.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah rabbil 'alamin, Penulis panjatkan rasa syukur kepada Allah Swt. pemilik seluruh alam atas limpahan kasih, khazanah ilmu pengetahuan, kesehatan dan kemudahan. Sehingga Penulis dapat menyelesaikan penulisan tugas akhir ini. *Shalawat* dan salam semoga tercurahkan kepada Rasulullah saw. sebagai sosok yang menjadi teladan umat pejuang kebenaran dan penumpas kebatilan, yang telah mengajarkan kita dari ketidaktahuan menjadi Insan yang berilmu. Tugas akhir dengan judul **“Perencanaan *Constructed Wetland* sebagai Alternatif Pengolahan Air Limbah Domestik di Perumahan Lam Trieng Madani Kabupaten Aceh Besar”** disusun sebagai salah satu syarat dalam memperoleh gelar sarjana (S-1) dalam Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry.

Selama penyusunan tugas akhir ini, Penulis menyampaikan rasa sayang dan terima kasih kepada kedua orang tua, Ayahanda Mursid Mubarri dan Ibunda Yusraini, serta keluarga tercinta yang telah memberikan dukungan, doa yang tiada henti-hentinya dan menjadi penyemangat Penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Ucapan terima kasih yang tidak terhingga kepada pihak yang telah banyak memberikan bantuan dan bimbingan demi kelancaran penulisan tugas akhir ini kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Muhammad Dirhamsyah, M.T., IPU., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry.
2. Ibu Husnawati Yahya, S.Si., M.Sc., selaku Ketua Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry dan selaku Pembimbing Akademik Penulis yang telah memberikan arahan, bimbingan dan motivasi kepada Penulis .
3. Bapak Aulia Rohendi, S.T., M.Sc., selaku Sekretaris Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry.
4. Bapak Dr. Ir. Juliansyah Harahap, S.T., M.Sc., selaku Pembimbing proposal tugas akhir dan Pembimbing I tugas akhir yang telah meluangkan banyak waktu, memberikan ilmu, motivasi, arahan, dan bimbingan kepada Penulis.

5. Bapak Ir. Bahagia Ishak, S.T., M.T., IPM., selaku Penguji II dalam pelaksanaan seminar proposal tugas akhir dan selaku Pembimbing II tugas akhir yang telah meluangkan banyak waktu, memberikan ilmu, motivasi, arahan, dan bimbingan kepada Penulis.
6. Bapak Teuku Muhammad Ashari, S.T., M.Sc., selaku Penguji I dalam pelaksanaan seminar proposal tugas akhir Penulis.
7. Ibu Ir. Yeggi Darnas, S.T., M.T., selaku Penguji I dalam pelaksanaan sidang *munaqasyah* tugas akhir Penulis.
8. Bapak M. Faisi Ikhwal, S.T., M.Eng., selaku Penguji II dalam pelaksanaan sidang *munaqasyah* tugas akhir Penulis.
9. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Lingkungan, yang telah mengajarkan ilmu dan memberikan motivasi kepada Penulis.
10. Seluruh Staf Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry, terkhusus Ibu Firda Elvisa, S.E., Ak. dan Ibu Nurul Huda, S.Pd., yang telah banyak membantu dalam pengurusan administrasi.
11. Seluruh rekan-rekan seangkatan Teknik Lingkungan 2018, terkhusus Amisa, Fitria Rahmi, Nur Hasma, Putri Nurdina yang senantiasa kebersamai, memberikan bantuan dan semangat kepada Penulis.

Serta berbagai pihak yang sudah meluangkan waktu dan usaha dalam membantu Penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini. Penulis hanya dapat memberikan ucapan terima kasih serta untaian doa yang ikhlas dan tulus semoga Allah Swt. membalasnya dengan kebaikan yang berlipat ganda. Akhir kata, semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi berbagai pihak. Adanya keterbatasan ilmu yang Penulis miliki, Penulis menyadari bahwa dalam penulisan tugas akhir ini masih terdapat kekurangan, kritik dan saran Penulis harapkan untuk perbaikan di kemudian hari.

Banda Aceh, 5 Juni 2023
Penulis,

Aida Sukna Yuri

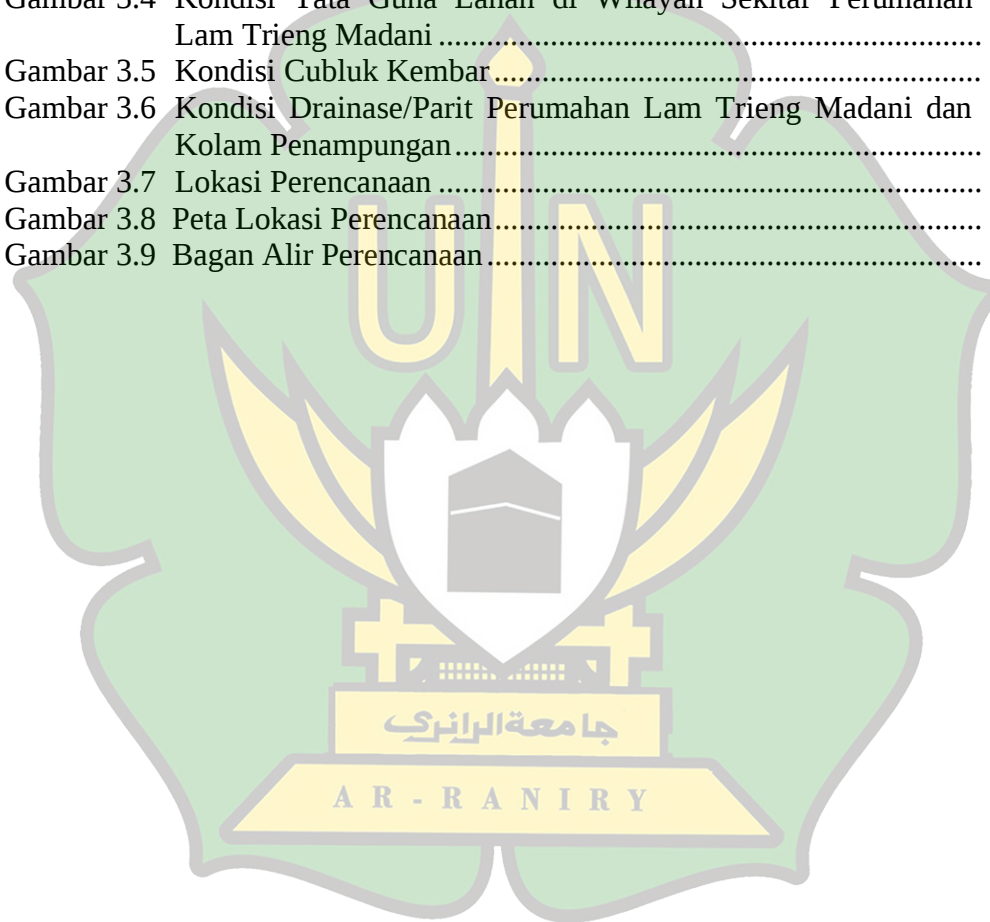
DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR.....	i
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG	xiii
 BAB I PENDAHULUAN	 1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
1.5 Batasan Penelitian.....	5
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	 7
2.1 Air Limbah Domestik.....	7
2.1.1 Definisi Air Limbah Domestik.....	7
2.1.2 Karakteristik Air Limbah Domestik.....	8
2.2 Debit Air Limbah Domestik.....	9
2.3 Baku Mutu Air Limbah Domestik.....	10
2.4 Pengolahan Air Limbah Domestik.....	10
2.5 Teknologi Pengolahan Air Limbah Domestik.....	11
2.5.1 Bak Ekualisasi	13
2.5.2 Bak Sedimentasi	15
2.5.3 <i>Constructed Wetland</i> (CW).....	16
2.6 Rumpuk Teki	23
2.7 Penelitian Terdahulu.....	25
 BAB III METODOLOGI PENELITIAN	 29
3.1 Umum	29
3.2 Gambaran Umum Wilayah Perencanaan.....	30
3.2.1 Profil Wilayah Perencanaan	30
3.2.2 Kondisi Tata Guna Lahan.....	30
3.2.3 Kondisi Sanitasi.....	31
3.2.4 Lokasi Perencanaan	33
3.3 Identifikasi Masalah	34
3.4 Studi Literatur.....	34
3.5 Pengumpulan Data.....	35
3.5.1 Data Primer.....	35
3.5.2 Data Sekunder.....	37

3.6	Pengolahan Data	37
3.6.1	Analisis Karakteristik Air Limbah Domestik	37
3.6.2	Perhitungan Jumlah Penduduk	37
3.6.3	Perhitungan Debit Air Limbah	38
3.7	Perencanaan Desain	38
3.7.1	Penetapan Kriteria Desain	38
3.7.2	Perhitungan Dimensi IPALD CW Kombinasi	38
3.7.3	Penggambaran Desain	39
3.8	Pembuatan Rencana Anggaran Biaya (RAB)	39
3.9	Kesimpulan	39
3.10	Kerangka Perencanaan	39
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	41
4.1	Karakteristik Air Limbah Domestik	41
4.2	Perhitungan Jumlah Penduduk	42
4.3	Perhitungan Debit Air Limbah	43
4.4	Perhitungan Dimensi IPALD CW Kombinasi	44
4.4.1	Bak Ekualisasi	45
4.4.2	Bak Sedimentasi	51
4.4.3	SSFCW	58
4.5	Pengoperasian dan Pemeliharaan	70
4.5.1	Pemeliharaan Bak Ekualisasi	70
4.5.2	Pemeliharaan Bak Sedimentasi	70
4.5.3	Pemeliharaan SSFCW	71
4.6	Usulan Pengolahan Tambahan	71
4.7	Rencana Anggaran Biaya (RAB)	72
BAB V	PENUTUP	78
5.1	Kesimpulan	78
5.2	Saran	78
DAFTAR PUSTAKA		80
LAMPIRAN		87

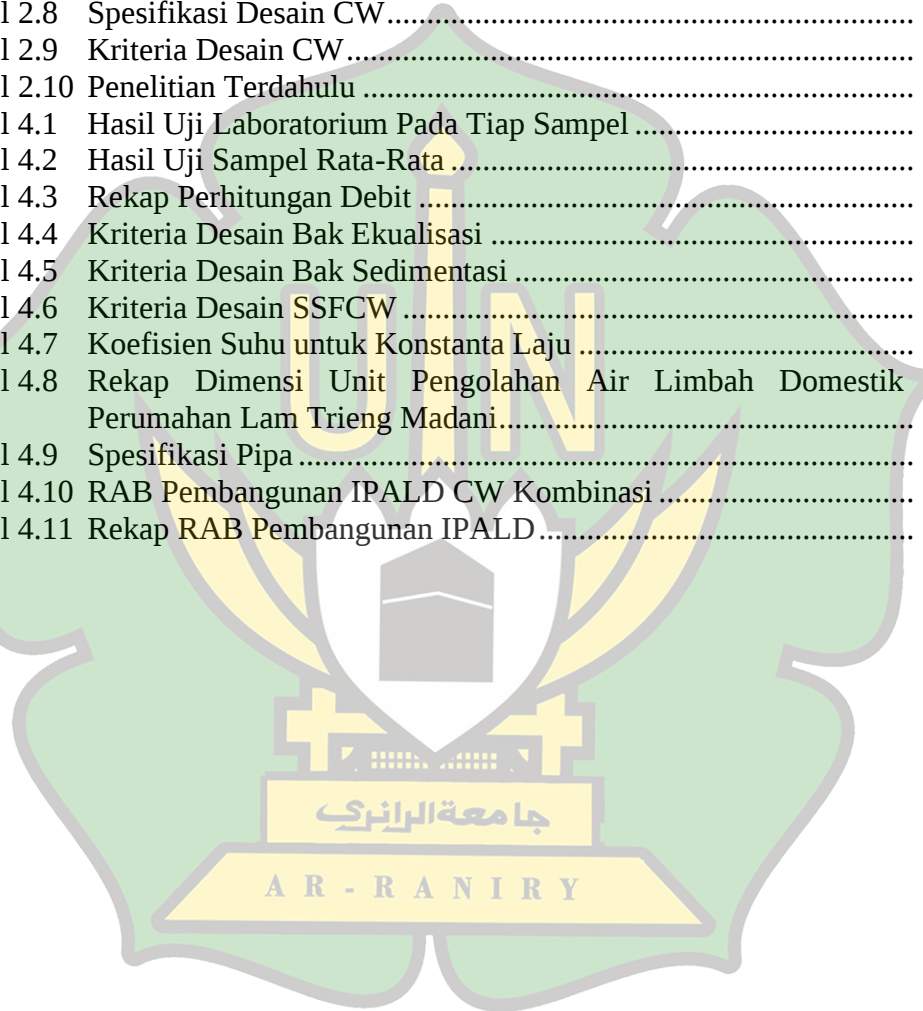
DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Komposisi Air Limbah Domestik.....	7
Gambar 2.2	Bak Ekualisasi	13
Gambar 2.3	Bak Sedimentasi.....	15
Gambar 2.4	FWSCW	18
Gambar 2.5	SSFCW Aliran Horizontal dan Aliran Vertikal	19
Gambar 2.6	Rumput Teki (<i>Cyperus rotundus</i> L.).....	24
Gambar 3.1	Skema Urutan IPALD yang Direncanakan	29
Gambar 3.2	Denah Perumahan Lam Trieng Madani	30
Gambar 3.3	Kondisi Tata Guna Lahan Perumahan Lam Trieng Madani	31
Gambar 3.4	Kondisi Tata Guna Lahan di Wilayah Sekitar Perumahan Lam Trieng Madani	31
Gambar 3.5	Kondisi Cubluk Kembar	32
Gambar 3.6	Kondisi Drainase/Parit Perumahan Lam Trieng Madani dan Kolam Penampungan.....	32
Gambar 3.7	Lokasi Perencanaan	33
Gambar 3.8	Peta Lokasi Perencanaan.....	34
Gambar 3.9	Bagan Alir Perencanaan.....	40



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Kriteria Standar Kebutuhan Air Bersih.....	9
Tabel 2.2	Baku Mutu Air Limbah Domestik	10
Tabel 2.3	Perbandingan Teknologi Pengolahan Air Limbah	11
Tabel 2.4	Kriteria Desain Bak Ekualisasi	13
Tabel 2.5	Kriteria Desain Bak Sedimentasi	15
Tabel 2.6	Perbandingan Tipe CW	19
Tabel 2.7	Proses Penyisihan Polutan Pada CW	20
Tabel 2.8	Spesifikasi Desain CW	21
Tabel 2.9	Kriteria Desain CW	21
Tabel 2.10	Penelitian Terdahulu	27
Tabel 4.1	Hasil Uji Laboratorium Pada Tiap Sampel	41
Tabel 4.2	Hasil Uji Sampel Rata-Rata	41
Tabel 4.3	Rekap Perhitungan Debit	44
Tabel 4.4	Kriteria Desain Bak Ekualisasi	45
Tabel 4.5	Kriteria Desain Bak Sedimentasi	51
Tabel 4.6	Kriteria Desain SSFCW	58
Tabel 4.7	Koefisien Suhu untuk Konstanta Laju	59
Tabel 4.8	Rekap Dimensi Unit Pengolahan Air Limbah Domestik Perumahan Lam Trieng Madani.....	69
Tabel 4.9	Spesifikasi Pipa	69
Tabel 4.10	RAB Pembangunan IPALD CW Kombinasi	73
Tabel 4.11	Rekap RAB Pembangunan IPALD	77



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Baku Mutu Air Limbah Domestik	87
Lampiran 2	Lembar Hasil Uji Kualitas Air Limbah Domestik.....	88
Lampiran 3	Data Curah Hujan Kabupaten Aceh Besar	95
Lampiran 4	<i>Layout</i> IPALD CW Kombinasi.....	96
Lampiran 5	Dokumentasi Penelitian	97



DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG

Singkatan	Nama	Pemakaian Pertama Kali pada Halaman
BOD	<i>Biochemical Oxygen Demand</i>	2
BOQ	<i>Bill of Quantities</i>	25
COD	<i>Chemical Oxygen Demand</i>	2
CW	<i>Constructed Wetland</i>	2
EHRA	<i>Environmental Health Risk Assessment</i>	2
FWS	<i>Free Water Surface</i>	18
IPAL	Instalasi Pengolahan Air Limbah	2
IPALD	Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik	4
KK	Kepala Keluarga	2
KemenPUPR	Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat	9
NAWASIS	<i>National Housing Water and Sanitation Information Services</i>	2
PerMenLHK	Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan	5
pH	<i>Power of Hydrogen</i>	2
PVC	<i>Polyvinyl Chloride</i>	69
RAB	Rencana Anggaran Biaya	4
SOP	Standar Operasional Prosedur	25
SSF	<i>Subsurface flow</i>	3
TDS	<i>Total Dissolved Solid</i>	8
TPA	Tempat Pemrosesan Akhir	17
TSS	<i>Total Suspended Solid</i>	2
Lambang		
Ø	Diameter	21
±	Kurang Lebih	3

<	Kurang Dari	9
>	Lebih Dari	9
$\geq$	Lebih Dari atau Sama Dengan	45
$\sim$	Mendekati	11
$\approx$	Kira-Kira Sama Dengan	45



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Keberadaan limbah domestik di lingkungan permukiman tidak dapat dihindari, karena berhubungan dengan setiap aktivitas masyarakat yang akan menghasilkan limbah. Peningkatan permukiman yang sejalan dengan pertumbuhan penduduk memberikan dampak terhadap penurunan daya dukung lingkungan dengan meningkatnya jumlah air limbah domestik. Air limbah domestik menjadi salah satu permasalahan yang sering terjadi pada suatu permukiman, dikarenakan kurangnya pengolahan yang dilakukan. Air limbah domestik merupakan air limbah yang bersumber dari usaha atau kegiatan permukiman, rumah makan, perkantoran, perdagangan, asrama dan apartemen (Uyun dkk., 2019).

Air limbah domestik terbagi menjadi dua yaitu *black water* dan *grey water*. *Black water* merupakan air limbah yang berasal dari toilet, sedangkan *grey water* merupakan air limbah yang berasal dari kegiatan rumah tangga seperti air bekas cucian piring, mencuci pakaian dan mandi (Natsir dkk., 2021). Air limbah domestik biasanya masuk ke dalam tangki septik atau cubluk, untuk *grey water* umumnya dibuang ke tanah begitu saja atau dialirkan langsung ke drainase atau parit. Adapun hasil pengolahan air limbah domestik dari cubluk pada umumnya belum dapat memenuhi baku mutu untuk langsung dimanfaatkan atau dilepaskan ke lingkungan.

Perkiraan PBB pada tahun 2019 menunjukkan bahwa 80-90% air limbah yang ada pada negara berkembang dibuang langsung begitu saja ke badan air tanpa dilakukannya pengolahan, sehingga dapat mengancam kesehatan dan pencemaran lingkungan (Kataki dkk., 2021). Saat ini, fokus yang lebih besar juga ditempatkan pada pemanfaatan sumber daya air nonkonvensional. Air limbah yang dilepaskan ke lingkungan seharusnya sudah memenuhi baku mutu, sehingga dapat dimanfaatkan kembali setidaknya untuk mengairi lahan masyarakat, kolam ikan, menyiram tanaman dan sebagainya, tanpa mencemari lingkungan sekitarnya.

Berdasarkan data *National Housing Water and Sanitation Information Services* (NAWASIS) Kabupaten Aceh Besar tahun 2015-2019, dari pengamatan survei oleh *Environmental Health Risk Assessment* (EHRA) hanya 64,93% drainase yang aman dari pembuangan air limbah. Selebihnya air limbah rumah tangga masuk ke saluran drainase lingkungan. Pada Kecamatan Kuta Baro Aceh Besar terdapat 2.894 Kepala Keluarga (KK) dengan pengolahan air limbah domestik tidak aman berupa cubluk dan belum tersedianya instalasi pengolahan air limbah (IPAL) komunal dan terpusat (Pokja Sanitasi Kabupaten Aceh Besar, 2020). Hal tersebut sangat berpotensi dalam menyebabkan pencemaran lingkungan.

Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.68/Menlhk-Setjen/2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik, telah ditetapkan baku mutu air limbah domestik dengan kadar maksimum untuk parameter pH, TSS, BOD, COD, minyak dan lemak, amonia, dan *total coliform*, serta batas debit air limbah yang akan dibuang. Air limbah domestik yang dilepaskan ke lingkungan tidak boleh melebihi batas maksimum baku mutu yang telah ditetapkan. Dalam memenuhi baku mutu tersebut, air limbah domestik harus dilakukan pengolahan lebih lanjut dengan menggunakan berbagai teknologi pengolahan air limbah.

Faktor yang menjadi pertimbangan dalam pemilihan teknologi pengolahan air limbah adalah biaya yang murah dalam pembangunan, pemeliharaan, efektif, dan ramah lingkungan. Maka dari itu, dipilihlah teknologi pengolahan air limbah domestik yaitu dengan memanfaatkan teknologi *Constructed Wetland* (CW) sebagai alternatif pengolahan air limbah domestik Perumahan Lam Trieng Madani yang direncanakan. CW merupakan lahan basah buatan untuk mengolah air limbah dengan proses pengolahan yang meniru lahan basah alami atau rawa dalam penjernihan air (Picauly, 2022).

Mekanisme kerja CW dalam pengolahan air limbah domestik meliputi proses fisik, kimia dan biologi yang melibatkan proses alami mikroorganisme, tumbuhan air, media yang akan membantu dalam proses penyaringan air, dan matahari sebagai sumber energi. Air limbah domestik mengalir pada media seperti kerikil atau pasir yang memfiltrasi padatan tersuspensi melalui zona perakaran.

Mikroorganisme yang menempel di dekat akar akan menguraikan polutan secara aerob dan yang jauh dari akar akan menguraikan polutan secara anaerob (Ibrahim, 2018).

CW menjadi alternatif pengolahan air limbah pada daerah perdesaan dan pegunungan dengan sumber daya ekonomi dan infrastruktur yang kurang memadai (Osbel dkk., 2020). Namun CW rentan mengalami penyumbatan pada sistem sehingga diperlukan adanya bak ekualisasi dan bak sedimentasi pada *inlet* CW. Perencanaan ini juga memilih CW dengan tipe horizontal *subsurface flow* (SSF) atau CW aliran bawah permukaan. Pada beberapa penelitian sistem SSF memiliki tingkat efisiensi yang lebih baik terutama dalam mengurangi bau air limbah (Gunes dkk., 2021).

Pada penelitian ini, perencanaan dilakukan untuk mengolah air limbah domestik *black water* dan *grey water* dari Perumahan Lam Trieng Madani yang terletak di Desa Lam Trieng, Kecamatan Kuta Baro, Kabupaten Aceh Besar. Perumahan Lam Trieng Madani terdiri dari 65 unit rumah berlantai satu tipe 36, dengan jumlah penduduk ± 325 jiwa, kondisi wilayah sedikit berbukit dengan elevasi berkisar 8-14 m.

Hasil observasi yang dilakukan, sebagian besar air limbah domestik hanya ditampung menggunakan cubluk tanpa dilakukannya pengolahan lanjutan. Air limbah domestik *grey water* juga ada yang mengalir ke drainase atau parit perumahan yang dimanfaatkan oleh masyarakat untuk mengairi lahan persawahan dan menyiram tanaman di perkebunan masyarakat Desa Lam Trieng. Oleh sebab itu, diperlukan adanya perencanaan pengolahan lanjutan untuk mengolah air limbah domestik Perumahan Lam Trieng Madani.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah disampaikan sebelumnya, maka dirasakan perlu dibuat suatu perencanaan instalasi yang berfungsi untuk mengolah air limbah domestik secara komunal di Perumahan Lam Trieng Madani. Perencanaan dilakukan dengan menggunakan teknologi alternatif pengolahan air limbah domestik yaitu CW tipe horizontal SSF yang dikombinasikan dengan bak ekualisasi dan bak sedimentasi. Pemilihan instalasi pengolahan air limbah

domestik (IPALD) tersebut dikarenakan CW memiliki tingkat efisiensi yang cukup tinggi dalam menyisihkan polutan terutama dalam menghilangkan padatan.

CW murah dalam pemeliharaan dan pengoperasian, tidak membutuhkan tenaga ahli yang terampil, penggunaan energi rendah, dan memiliki nilai estetika yang membandingkannya dengan teknologi pengolahan air limbah domestik konvensional lainnya. Namun CW memiliki kekurangan yaitu mudah mengalami penyumbatan sehingga diperlukan pengolahan awal (*pre-treatment*) dengan teknologi pendukung yaitu bak ekualisasi dan bak sedimentasi. Maka dapat dirumuskan beberapa pertanyaan yang akan dibahas pada penelitian ini sebagai berikut.

1. Bagaimana karakteristik air limbah domestik yang terdapat pada Perumahan Lam Trieng Madani?
2. Bagaimana desain IPALD dengan teknologi CW Kombinasi yang sesuai dengan karakteristik air limbah domestik yang terdapat pada Perumahan Lam Trieng Madani?
3. Berapa biaya yang dibutuhkan dalam membangun IPALD dengan teknologi CW Kombinasi melalui perhitungan yang berdasarkan pada rencana anggaran biaya (RAB)?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah tersebut, adapun tujuan yang akan dicapai dari penelitian ini sebagai berikut.

1. Mengidentifikasi karakteristik air limbah domestik yang terdapat pada Perumahan Lam Trieng Madani.
2. Merencanakan desain IPALD dengan teknologi CW Kombinasi yang sesuai dengan karakteristik air limbah domestik yang terdapat pada Perumahan Lam Trieng Madani.
3. Membuat rencana anggaran biaya (RAB) yang dibutuhkan dalam membangun IPALD dengan teknologi CW Kombinasi di Perumahan Lam Trieng Madani.

1.4 Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan tersebut, penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi penulis dan pembaca pada umumnya. Adapun manfaat dari penelitian ini sebagai berikut.

Manfaat Teoritis:

1. Memperkaya wawasan penulis dan pembaca mengenai pengolahan air limbah domestik menggunakan teknologi alternatif CW.
2. Sebagai referensi bagi kalangan akademisi khususnya mahasiswa dalam melakukan penelitian dan evaluasi untuk pengembangan penelitian terkait topik yang sama.
3. Memecahkan masalah terkait pengolahan air limbah domestik yang terjadi di masyarakat.

Manfaat Praktis:

1. Dapat menjadi rujukan di tengah masyarakat dalam merencanakan alternatif pengolahan air limbah domestik.
2. Meningkatkan kontribusi masyarakat dalam merencanakan instalasi pengolahan air limbah domestik sederhana yang ramah lingkungan dengan menggunakan teknologi alternatif CW Kombinasi.
3. Bermanfaat bagi institusi pengelola SPALD seperti direktorat pengembangan penyehatan lingkungan permukiman, dalam merumuskan kebijakan dan implementasi program pengelolaan air limbah domestik di masyarakat.

1.5 Batasan Penelitian

Batasan penelitian diperlukan untuk memfokuskan penelitian yang dilakukan, adapun batasan penelitian dari penelitian ini sebagai berikut.

1. Pengujian karakteristik air limbah domestik Perumahan Lam Trieng Madani mencakup parameter yang tertera pada PerMenLHK No. P.68/Menlhk-Setjen/2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik, dengan parameter air limbah domestik yang diuji pada penelitian ini berfokus pada parameter pH, TSS, BOD, COD, amonia, dan *total coliform*.

2. Perencanaan berfokus pada unit pengolahan menggunakan CW tipe horizontal SSF dikombinasi dengan bak ekualisasi dan bak sedimentasi, adapun perencanaan pada daerah pelayanan dan perpipaan tidak dilakukan.
3. Perencanaan mencakup perhitungan dimensi, gambar desain, dan perhitungan rencana anggaran biaya (RAB) perencanaan pengolahan air limbah domestik.



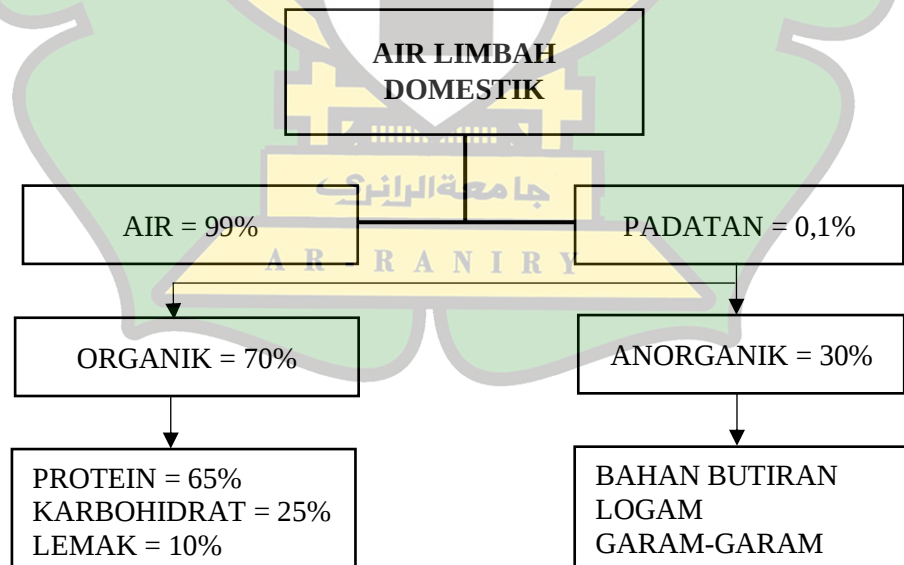
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air Limbah Domestik

2.1.1 Definisi Air Limbah Domestik

Air limbah domestik merupakan air yang bersumber dari kegiatan hunian, seperti permukiman, perkantoran, pasar, pertokoan, hotel, sekolah, kampus, dan fasilitas pelayanan umum lainnya (Dimara dkk., 2020). Air limbah domestik terbagi menjadi *black water* dan *grey water*. *Black water* merupakan air limbah yang berasal dari pembuangan kakus, biasanya ditampung di dalam tangki septik yang merupakan campuran air seni dan tinja (Duma dkk., 2022). Sedangkan air limbah *grey water* merupakan air limbah yang berasal dari non kakus seperti air limbah dari dapur, air bekas cuci pakaian, air mandi dan sebagainya. Sekitar 50-80% dari total air limbah domestik pada umumnya berupa *grey water* yang berasal dari kamar mandi, air bekas cucian, dapur, dan lain-lain. *Grey water* mengandung beberapa bahan pencemar dan padatan tersuspensi. Komposisi air limbah domestik dapat dilihat pada Gambar 2.1 berikut ini (Kholif, 2020).



Gambar 2.1 Komposisi Air Limbah Domestik

(Sumber: Kholif, 2020)

Air limbah domestik *grey water* mengandung berbagai polutan kimia anorganik maupun organik yang berasal dari sabun, detergen, sampo, lemak, dan bahan lainnya. Kandungan yang terdapat dalam *grey water* di antaranya seperti logam berat, kalium (K), nitrogen (N), fosfor (P) dan bakteri atau mikroorganisme patogen. Air limbah domestik *grey water* biasanya tidak dilakukan pengolahan lebih lanjut, pada umumnya dibuang langsung melalui selokan atau dibiarkan meresap ke dalam tanah. Kadar atau konsentrasi air limbah domestik yang terkandung dalam *grey water* umumnya tidak tinggi. Namun dengan akumulasi zat pencemar, dapat meningkatkan kadar pencemar sehingga dapat merusak kualitas air permukaan dan tanah (Maliga dkk., 2021).

2.1.2 Karakteristik Air Limbah Domestik

Air limbah domestik memiliki karakteristik yang terdiri dari karakteristik biologi, fisika, dan kimia (Tidri, 2018).

1. Karakteristik biologi dapat dilihat dari banyaknya mikroorganisme pembawa penyakit yang terdapat pada air limbah domestik, contohnya seperti bakteri *salmonella* dan *coliform*.
2. Karakteristik fisika merupakan karakteristik yang mudah dan dapat diidentifikasi secara langsung. Karakteristik fisika terdiri dari suhu, *total suspended solid* (TSS) atau jumlah padatan tersuspensi yang berupa partikel dengan ukuran lebih kecil dari sedimen yang dapat lolos dengan membran berukuran 0,45 mikron partikel seperti tanah liat, bahan-bahan organik tertentu, dan *total dissolved solid* (TDS) atau jumlah zat padat terlarut, baik berupa senyawa atau koloid maupun ion-ion organik di dalam air limbah.
3. Karakteristik kimia air limbah antara lain derajat keasaman (pH), minyak dan lemak, amonia, *chemical oxygen demand* (COD) atau kebutuhan oksigen kimiawi yaitu jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan buangan yang terdapat pada air limbah melalui reaksi kimia, dan *biochemical oxygen demand* (BOD) yaitu jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan untuk mengurai bahan organik dalam kondisi aerobik.

2.2 Debit Air Limbah Domestik

Debit air limbah domestik yang bersumber dari pemukiman dapat dilakukan perhitungan dengan menggunakan pendekatan populasi. Pendekatan populasi dilakukan terhadap pemakaian air bersih yang menjadi air limbah domestik di setiap blok pelayanan. Menggunakan persentase timbulan air limbah yaitu sebesar 60-80% dari pemakaian air bersih. Berikut standar kebutuhan air bersih berdasarkan kriteria perencanaan.

Tabel 2.1 Kriteria Standar Kebutuhan Air Bersih

Kategori Kota	Jumlah Penduduk	Kebutuhan air bersih
Kota metropolitan	>1.000.000	>150
Kota besar	500.000 s/d 1000.000	150-120
Kota sedang	100.000 s/d 500.000	90-120
Kota kecil	20.000 s/d 100.000	80-120
Desa	<20.000	60-80

(Sumber: Ditjen Cipta Karya PU, 2018)

Adapun persamaan yang digunakan untuk perhitungan debit air limbah, sebagai berikut (KemenPUPR, 2018).

$$Q_{\text{air limbah}} = (60-80\%) \times Q_{\text{air bersih}} \quad (1)$$

Keterangan:

$Q_{\text{air limbah}}$: debit air limbah domestik (L/orang)

$Q_{\text{air bersih}}$: pemakaian air bersih (L/orang/hari)

Perhitungan debit puncak harian dan faktor puncak dengan menggunakan metode *Ten-State Standard*, dapat dilihat pada persamaan di bawah ini.

$$Q_{\text{puncak}} = Q_{\text{rata-rata}} \times PF \quad (2)$$

$$PF = \frac{18 + \sqrt{P/1000}}{4 + \sqrt{P/1000}} \quad (3)$$

Keterangan:

PF : faktor Puncak

P : populasi (Jiwa)

2.3 Baku Mutu Air Limbah Domestik

Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.68/Menlhk-Setjen/2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik. Baku mutu air limbah merupakan ukuran batas atau kadar dari suatu unsur pencemar atau jumlah unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya pada air limbah yang akan dilepas ke sumber air dari suatu usaha atau kegiatan. Apabila jumlah pencemar yang terdapat pada air limbah domestik melebihi batas maksimum baku mutu yang telah ditetapkan, maka perlu untuk dilakukan pengolahan terhadap air limbah domestik sebelum dilepaskan ke lingkungan (Dewi dkk., 2019). Baku mutu air limbah domestik dapat dilihat pada Tabel 2.2 berikut ini.

Tabel 2.2 Baku Mutu Air Limbah Domestik

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum*
TSS	mg/L	30
BOD	mg/L	30
COD	mg/L	100
pH	-	6-9
Amonia	mg/L	10
Minyak dan lemak	mg/L	5
Total coliform	Jumlah/100mL	3000
Debit	L/orang/hari	100

(Sumber: PerMenLHK No. P.68/Menlhk-Setjen/2016)

Keterangan:

* Permukiman, rumah susun, asrama, penginapan, pelayanan kesehatan, lembaga pendidikan, lembaga kemasyarakatan, perkantoran, perniagaan, pasar, rumah makan, balai pertemuan, arena rekreasi, industri, pelabuhan, IPAL permukiman, IPAL kawasan, IPAL perkotaan, bandara, stasiun kereta api, dan terminal.

2.4 Pengolahan Air Limbah Domestik

Pengolahan air limbah domestik bertujuan untuk menghilangkan atau mengurangi kadar parameter pencemar yang ada pada air limbah domestik agar dapat memenuhi syarat baku mutu yang diperbolehkan untuk dilepaskan ke lingkungan. Pengolahan air limbah berdasarkan urutan dalam proses pengolahan dibagi menjadi pengolahan primer (*primary treatment*), yaitu proses pengolahan awal untuk menghilangkan koloid, padatan tersuspensi, dan penetralan yang pada

umumnya menggunakan proses fisika atau kimia. Pengolahan sekunder (*secondary treatment*), yaitu proses untuk menghilangkan senyawa pencemar organik terlarut yang pada umumnya menggunakan proses biologis. Pengolahan tersier atau lanjutan (*advanced treatment*), yaitu proses untuk menghasilkan air limbah dengan kualitas yang lebih bagus sesuai dengan yang diinginkan. Dapat dilakukan baik secara proses fisika, kimia, biologis, maupun kombinasi dari ketiga proses tersebut (Mere dkk., 2021).

Berdasarkan karakteristik proses pengolahan air limbah terbagi menjadi pengolahan dengan proses fisika, kimia, dan biologi. Proses pengolahan fisika seperti pengolahan dengan menggunakan filter, sedimentasi, adsorpsi, *screening* dan sebagainya. Pengolahan kimia seperti pengendapan dengan menggunakan bahan kimia, koagulasi, klorinasi, dan netralisasi. Pengolahan secara biologi yaitu proses pengolahan air limbah dengan memanfaatkan aktivitas kehidupan mikroorganisme seperti kolam oksidasi dan lumpur aktif (Armus dkk., 2022).

2.5 Teknologi Pengolahan Air Limbah Domestik

Teknologi pengolahan air limbah yang umum digunakan adalah teknologi dengan sistem pengolahan air limbah konvensional seperti sistem lumpur aktif, bio reaktor membran dan sistem isolasi membran. Teknologi ini memerlukan banyak energi untuk komponen mekanisnya sehingga membutuhkan biaya operasi dan pemeliharaan yang tinggi. Hal tersebut menyulitkan bagi banyak daerah berkembang untuk berinvestasi. CW merupakan teknologi yang memanfaatkan proses fisik, kimia, dan biologi yang merupakan rekayasa dari pengolahan air limbah alami yaitu vegetasi lahan basah. CW merupakan teknologi yang berkelanjutan yang tinggi dengan kapasitas besar yang cocok untuk mengolah air limbah di negara berkembang (Justin dkk., 2022). Perbandingan teknologi pengolahan air limbah dapat dilihat pada Tabel 2.3 berikut ini.

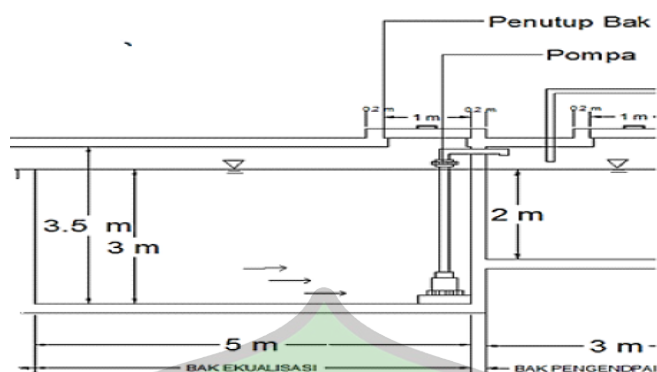
Tabel 2.3 Perbandingan Teknologi Pengolahan Air Limbah

Jenis Teknologi	Kelebihan	Kekurangan
<i>Constructed wetland</i> (CW)	Menghilangkan padatan, logam berat, dan bakteri (~70%), biaya pemeliharaan dan pengoperasian yang rendah,	Memerlukan tanaman asli untuk penggunaan terbaik, membutuhkan area yang luas untuk air limbah yang banyak,

Jenis Teknologi	Kelebihan	Kekurangan
	mampu menghilangkan patogen, tidak membutuhkan tenaga ahli yang terampil, penggunaan energi rendah, tidak memerlukan suku cadang asing, lumpur stabil.	memerlukan unit sedimentasi untuk mencegah adanya penyumbatan <i>filter bed</i> , waktu penahanan tinggi.
<i>Activated sludge process</i>	Efisien, membutuhkan lahan lebih sedikit, berlaku untuk komunitas skala kecil dan besar, 90-95% dalam mengurangi bahan organik dan 90-95% penghilangan padatan tersuspensi, energi dari biogas.	Sulit dalam penanganan lumpur, membutuhkan tenaga teknis untuk pemeliharaan dan pengoperasian, penghilangan patogen rendah, membutuhkan catu daya, biaya modal dan pemeliharaan yang tinggi, pH atau toksisitas yang berfluktuasi dapat menghambat pertumbuhan bakteri.
<i>Rotating biological contractors</i>	Tidak memerlukan tenaga ahli, dapat menghilangkan VOC, perawatan rendah, dapat mengurangi kadar amonia.	Membutuhkan energi untuk peralatan mekanis, biaya modal dan pemeliharaan yang tinggi, dapat mengalami penyumbatan karena akumulasi biomassa.
<i>Waste stabilization ponds/lagoons</i>	Tidak banyak memerlukan tenaga teknis, modal dan biaya pemeliharaan rendah, stabilisasi bahan organik yang efisien.	Memerlukan area yang luas, waktu penahanan yang tinggi, menimbulkan bau, terdapat pertumbuhan alga, pH yang tidak stabil dan toksisitas yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri.
<i>Reaktor biologis membran</i>	Sederhana, kuat, pengoperasian stabil, penggunaan area kecil, berlaku untuk komunitas kecil dan besar, menangkap biomassa mikroba dan kualitas limbah yang tinggi.	Mahal, memerlukan tenaga terampil, tidak adanya suku cadang, membutuhkan energi tinggi, pencemar mudah terkontaminasi, masa pakai membran terbatas, biaya modal dan pemeliharaan yang tinggi.
<i>Trickling filters</i>	Penggunaan area yang lebih kecil, pengoperasian mudah, dapat menghilangkan BOD, lumpur lebih sedikit, perpindahan massa polutan yang mudah, perombakan polutan yang mudah menguap.	Membutuhkan energi untuk peralatan mekanis, biaya modal dan pemeliharaan yang tinggi, dapat terjadi penyumbatan disebabkan akumulasi dari biomassa.
<i>Sequencing batch reactor</i>	Sederhana, fleksibel, operasi dan pemeliharaan mudah, kualitas efluen stabil, dapat menangani fluktuasi kualitas dan kuantitas air limbah, efisiensi tinggi, energi dari biogas, membutuhkan lebih sedikit lahan .	Memerlukan waktu untuk pengendapan lumpur, perlu lumpur untuk mengolah air limbah pekat, penghilangan patogen rendah, membutuhkan tenaga ahli, membutuhkan catu daya, biaya modal dan pemeliharaan tinggi.

(Sumber: Ullah dkk., 2020)

2.5.1 Bak Ekualisasi



Gambar 2.2 Bak Ekualisasi

(Sumber: Dimara dkk., 2020)

Bak ekualisasi merupakan bak penampungan awal untuk menjaga kuantitas debit air limbah yang masuk. Debit atau konsentrasi air limbah yang berfluktuasi akan disamakan konsentrasinya untuk memberikan kondisi optimum dalam pengolahan selanjutnya (Ayu dan Frebhika, 2021). Bak ekualisasi memiliki fungsi dalam menyeragamkan debit dan konsentrasi air limbah agar menjadi konstan sehingga tidak menyebabkan *shock loading* (Sari dkk., 2022). Biasanya bak ekualisasi diletakkan sebelum bak sedimentasi awal (Pratama, 2022). Berikut kriteria desain bak ekualisasi.

Tabel 2.4 Kriteria Desain Bak Ekualisasi

Parameter	Nilai	Satuan
Kedalaman air minimum	1,5-2	m
Rasio kemiringan	3:1-2:1	-
Rasio panjang: lebar	3:1	-
Freeboard	0,3	m
HRT	<30	Menit

(Sumber: KemenPUPR, 2018)

HRT pada bak ekualisasi sebaiknya tidak lebih dari 30 menit untuk mencegah terjadinya pengendapan dan dekomposisi air limbah (KemenPUPR, 2018). Efisiensi penyisihan BOD pada bak ekualisasi sebesar 40%. Adapun

persamaan yang digunakan dalam perencanaan bak ekualisasi sebagai berikut (Sandra, 2022).

- Volume Bak Ekualisasi

$$V = \frac{\text{HRT}}{24 \text{ Jam}} \times Q \quad (4)$$

Keterangan:

V : volume bak ekualisasi (m^3)

HRT : *hydraulic retention time* (Jam)

Q : debit air limbah (m^3/jam)

- Luas Area

$$A_{ef} = \frac{V}{h} \quad (5)$$

Keterangan:

A_{ef} : luas area efektif

h : kedalaman (m)

- Volume Cek

$$= \frac{V_{ef}}{Q} \times 24 \text{ Jam} \quad (6)$$

- Ketinggian Total Bak

$$H_{tot} = H_{air} + Fb \quad (7)$$

Keterangan:

H_{tot} : ketinggian total (m)

H_{air} : kedalaman air (m)

Fb : *Freeboard* (m)

- Beban Permukaan (*Surface Loading*)

$$SL = \frac{Q}{P \times L} \quad (8)$$

Beban permukaan saat jam puncak 2 x beban permukaan

Keterangan:

SL : *surface loading*

- Waktu Tinggal Jam Puncak

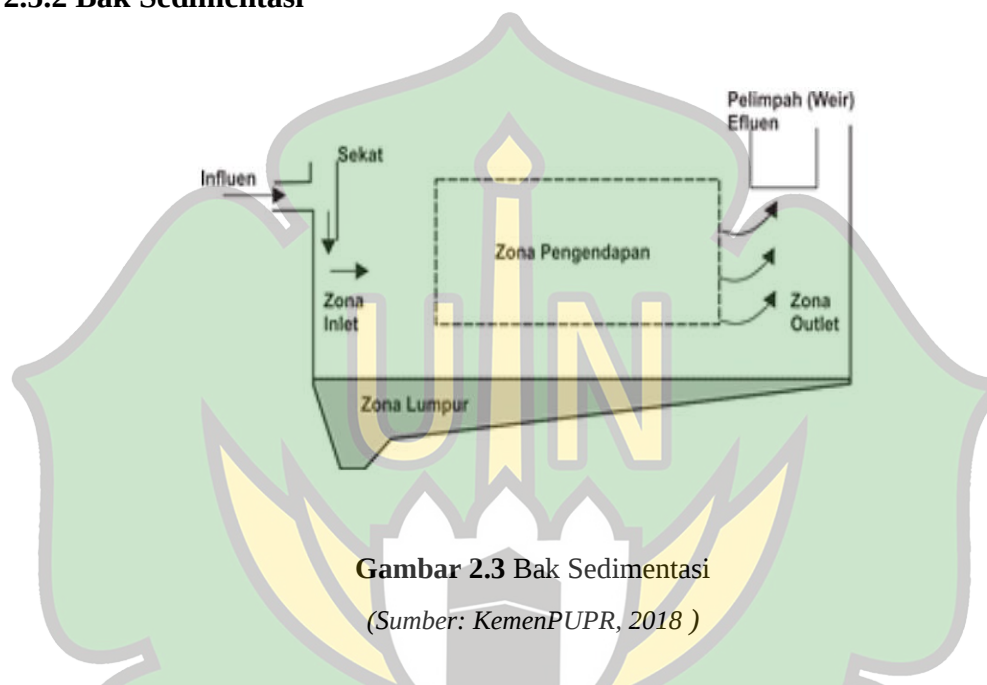
Asumsi jumlah limbah 2x jumlah limbah rata-rata:

$$\text{HRT}_{\text{peak}} = \frac{1}{2} \times \text{HRT} \quad (9)$$

Keterangan:

HRT_{peak} : waktu tinggal jam puncak

2.5.2 Bak Sedimentasi



Gambar 2.3 Bak Sedimentasi

(Sumber: KemenPUPR, 2018)

Bak sedimentasi berfungsi untuk mengendapkan partikel-partikel yang tersuspensi agar beban air limbah domestik yang akan diolah menuju pengolahan selanjutnya menjadi berkurang (Prihatini dkk., 2022). Pada bak sedimentasi terjadi proses pengolahan secara fisik untuk menyisahkan padatan-padatan yang terbawa oleh air limbah. Padatan tersuspensi mengendap dengan menggunakan prinsip gravitasi. Padatan dengan massa yang lebih berat akan mengendap atau jatuh pada dasar kolam. Efisiensi penyisihan bak sedimentasi dengan HRT 2,1 jam untuk BOD sebesar 32%, COD 38%, TSS 60% (KemenPUPR, 2018). Berikut kriteria desain bak sedimentasi.

Tabel 2.5 Kriteria Desain Bak Sedimentasi

Parameter	Nilai	Satuan
• Rasio panjang: lebar	2:1	
Kedalaman bak	3	m

Parameter	Nilai	Satuan
• Rasio panjang: lebar Kedalaman bak	4:1 1,5	m
Beban permukaan	30-45	m ³ /m ² .hari
HRT	0,5-3	Jam
Freeboard	0,5	m

(Sumber: KemenPUPR, 2018)

Adapun persamaan yang digunakan dalam perencanaan bak sedimentasi sebagai berikut (Pratama, 2022).

- Volume Bak Sedimentasi

$$V = Q \times \text{HRT} \quad (10)$$

Keterangan:

V : volume bak sedimentasi (m³)

Q : debit air limbah (m³/jam)

- Luas Permukaan

$$\text{Luas permukaan (m}^2\text{)} = \frac{\text{Volume bak sedimentasi (m}^3\text{)}}{\text{Kedalaman bak sedimentasi (m)}} \quad (11)$$

- Kesesuaian HRT

$$\text{HRT} = \frac{V}{Q} \quad (12)$$

- Produksi Lumpur

$$= \text{Konsentrasi TSS} \times Q_{\text{Air limbah}} \times \text{Efisiensi penyisihan TSS} \quad (13)$$

2.5.3 Constructed Wetland (CW)

CW merupakan cekungan dangkal yang diisi dengan substrat seperti kerikil atau pasir, dan ditanami dengan vegetasi yang toleran terhadap kondisi jenuh. Air limbah yang dimasukkan ke dalam cekungan mengalir di atas permukaan atau melewati substrat dan dibuang keluar dari cekungan melalui struktur yang mengontrol kedalaman air pada CW. Sistem CW dirancang khusus untuk pengolahan air limbah, sehingga sistem CW biasanya bekerja lebih efisien daripada lahan basah alami (Sudarsan dkk., 2015). CW menggunakan substrat, tanaman dan mikroorganisme dalam mengolah kontaminan baik organik,

anorganik dan nutrisi yang berlebihan. Air limbah yang melewati CW diolah secara terkendali dengan pengawasan secara manual (Fan dkk., 2021).

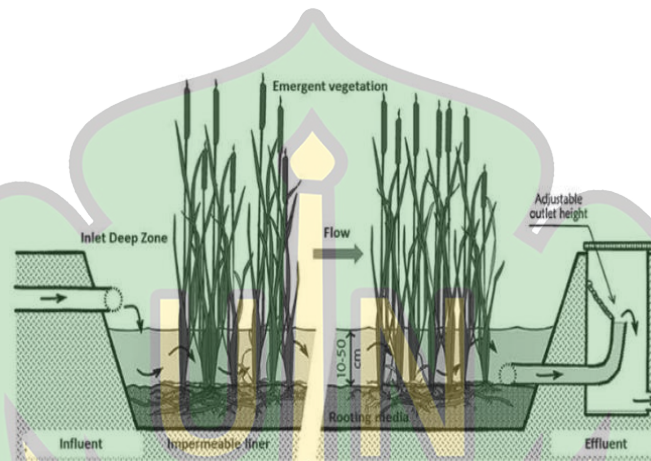
CW digunakan dalam mengolah berbagai air limbah seperti air limbah domestik, air limbah pertanian, air limbah industri, lindi TPA, air limbah perkotaan, air limbah pengolahan makanan, petrokimia, kimia, tekstil, dan penyamakan kulit. Penghilangan pencemar pada CW bergantung pada akar tanaman dan keragaman komunitas mikroba. Proses dasar pada CW yaitu menyerap, menyaring, dan memetabolisme zat terlarut maupun tersuspensi (Ravikumar, 2022). Prinsip dasar CW yaitu dengan proses respirasi tanaman *hydrophyte* yang mampu dalam mengisap oksigen dari udara melalui daun, batang, dan akarnya kemudian dilepaskan kembali pada daerah sekitar perakaran (*rhizosphere*) dan tanaman ini dapat hidup pada kondisi anaerob (Kasman dkk., 2018).

Komponen utama yang ada pada CW yaitu substrat dan makrofita. Substrat menjadi komponen yang sangat penting dalam penghilangan polutan melalui reaksi fisik, biologi, dan kimia seperti filtrasi, penyerapan, penguburan, pengendapan, pertukaran ion, degradasi mikroba dan sebagainya. Dalam pemilihan substrat aspek yang harus dipertimbangkan di antaranya biaya dan ketersediaan substrat lokal, kelayakan hidrolis, kelayakan teknik, kemampuan dalam menghilangkan kontaminan, dukungan dalam pertumbuhan tanaman, dukungan dalam pertumbuhan mikroba, keamanan, penyumbatan substrat, masa pakai substrat, masalah pemulihan, pembuangan dan sebagainya.

Makrofita merupakan bagian yang tak terpisahkan dari CW terkait dengan pengaruhnya dalam mengolah air limbah melalui penyerapan nutrisi dan perombakan bahan organik. Aspek penting dalam pemilihan makrofita di antaranya yaitu pemilihan tanaman lokal yang mudah beradaptasi dengan kondisi lingkungan, kemampuan dalam penyisihan kontaminan, dan memiliki toleransi yang kuat dengan polutan dari keberadaan senyawa toksik (Zhang dkk., 2021). Berdasarkan sifat alirannya, CW diklasifikasikan menjadi dua kategori utama yaitu *free water surface* (FWS) dan *subsurface flow* (SSF). SSFCW dibagi lagi menjadi CW aliran vertikal dan CW aliran horizontal (Zidan dan Mohammed, 2018).

1. *Free Water Surface (FWS)*

FWSCW atau CW aliran permukaan air bebas merupakan CW dengan aliran di atas permukaan media. Pada CW jenis ini, vegetasi air muncul pada permukaan air, dengan air mengalir di atas permukaan media secara perlahan melalui CW. FWSCW biasanya digunakan dalam mengolah air limbah perkotaan, limpasan air hujan dan air drainase tambang. FWSCW dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 FWSCW

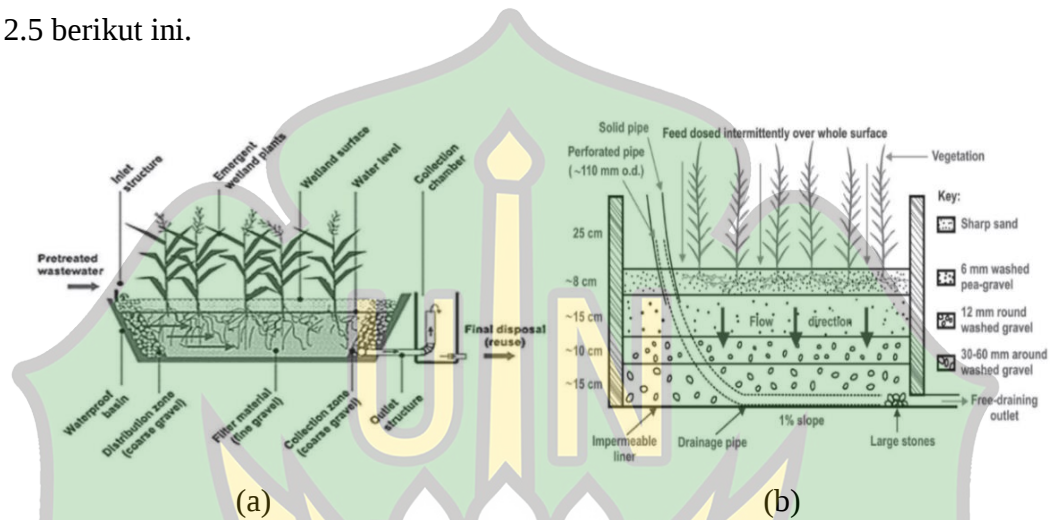
(Sumber: Zidan dan Mohammed, 2018)

2. *Subsurface Flow (SSF)*

SSFCW atau CW aliran bawah permukaan merupakan CW dengan aliran air berada di bawah atau melalui media dengan penghalang rembesan alami atau buatan pada struktur saluran masuk dan keluar. CW aliran bawah permukaan memiliki tingkat penghilangan polutan yang sama atau lebih tinggi dengan memanfaatkan luas lahan lebih kecil dibandingkan dengan CW aliran permukaan bebas. CW aliran bawah permukaan memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan CW aliran permukaan. CW aliran bawah permukaan dapat mengurangi adanya risiko bau yang ditimbulkan air limbah dan timbulnya serangga kecil sebagai vektor penyakit.

Selain itu, air limbah berhubungan langsung dengan akar tanaman, yang berperan penting dalam proses penguraian bahan organik dan mengurangi kelebihan nutrisi. Penguraian ini didukung oleh sistem akar tanaman dan media

seperti tanah dan batu serta peran *biofilm* dalam mempertahankan proses penguraian (Perdana dkk., 2018). Dari segi keefektifannya, CW memiliki efisiensi penyisihan TSS hingga 97% (Rahmawati dkk., 2022). CW aliran bawah permukaan juga dapat menurunkan polutan minyak dan lemak sebesar 84,2%, BOD 59,0-93,3%, COD 50,7-95,2%, dan nitrat 85,4% (Loshinta dkk., 2020). CW aliran bawah permukaan terbagi menjadi dua yaitu CW aliran bawah permukaan horizontal dan CW aliran bawah permukaan vertikal dapat dilihat pada Gambar 2.5 berikut ini.



Gambar 2.5 SSFCW Aliran Horizontal (a) dan Aliran Vertikal (b)

(Sumber: Zidan dan Mohammed, 2018)

Adapun perbandingan tipe CW antara FWSCW dengan SSFCW dapat dilihat pada Tabel 2.6 berikut ini.

Tabel 2.6 Perbandingan Tipe CW

FWSCW	SSFCW
• Membutuhkan lahan yang lebih luas • Memungkinkan kontak limbah dengan manusia dan hewan • Menjadi tempat perkembangbiakan vektor • Menimbulkan bau tidak sedap dari air limbah	• Membutuhkan lahan yang lebih kecil • Mengurangi kontak limbah dengan manusia dan hewan • Tidak mengekspos aliran air limbah • Mencegah perkembangbiakan vektor atau serangga seperti nyamuk, lalat dan sebagainya • Mengurangi bau yang ditimbulkan air limbah

(Sumber: Fadanelli dkk., 2019)

Proses penyisihan polutan yang terjadi pada CW yaitu sedimentasi, filtrasi, dan pengolahan biologis. Pada CW aliran dirancang dengan kecepatan yang rendah sehingga terjadi pengendapan partikel pada air limbah. Kecepatan aliran juga memperpanjang waktu kontak permukaan CW dan air limbah, sehingga vegetasi dan organisme menggunakan senyawa organik sebagai sumber nutrisi dan menyebabkan proses penguraian patogen (KemenPUPR, 2017). Proses penyisihan polutan yang terjadi pada CW dapat dilihat pada Tabel 2.7 berikut ini.

Tabel 2.7 Proses Penyisihan Polutan pada CW

Polutan	Proses Penyisihan
Padatan tersuspensi (TSS)	<i>Filtrasi, sedimentasi</i>
Material organik (BOD)	<i>Sedimentasi, degradasi biologis, penguraian oleh mikroba</i>
Organisme patogen	<i>Filtrasi, sedimentasi, degradasi, adsorpsi, mati secara alami</i>
Fosfor	<i>Filtrasi, sedimentasi, adsorpsi, penguraian oleh mikroba dan tumbuhan</i>
Nitrogen	<i>Sedimentasi, denitrifikasi atau nitrifikasi, volatilisasi, penguraian oleh mikroba</i>
Logam berat	<i>Filtrasi, sedimentasi, adsorpsi, penyerapan oleh tumbuhan</i>

(Sumber: KemenPUPR, 2017)

CW dianggap sebagai ekosistem yang komprehensif, produktif secara alami dan beragam secara biologis. CW sebagai metode yang layak secara teknis, hemat biaya, memiliki efek positif bagi masyarakat dengan nilai estetikanya yang merupakan kelebihan sistem CW. CW telah dirancang dengan menggunakan proses alami dengan vegetasi lahan basah, pengolahan tanah dan koleksi mikroba dalam membantu pengolahan air limbah sebagai langkah proses perbaikan lahan (Khalifa dkk., 2020). Dibandingkan dengan teknologi pengolahan air limbah konvensional, pengolahan menggunakan CW berbiaya rendah, relatif mudah dalam pengoperasiannya, dan dapat dibangun dengan bahan-bahan lokal. Menjadikan penerapan CW tersebar luas di seluruh dunia, terutama di negara-negara berkembang (Nivala dkk., 2019).

Berdasarkan KemenPUPR (2018), spesifikasi desain CW dan kriteria desain CW untuk perancangan CW dapat dilihat pada Tabel 2.8 dan Tabel 2.9 sebagai berikut.

Tabel 2.8 Spesifikasi Desain CW

Komponen	Kriteria Desain
Dasar CW	- Lapisan tanah liat dengan permeabilitas $K = 10^{-6}$ cm/s - Lapisan <i>geomembran</i>
<i>Freeboard</i>	30 cm
<i>Side slope</i>	3:1 sampai 10:1
Kedalaman kolam	0,5-1
Kedalaman air limbah	<90 cm (75 cm)
Material filter	- Gravel halus Ø12-20 mm - Gravel kasar Ø20-40 mm
Tanaman yang dapat digunakan	- Akar wangi, <i>Cat tail</i>, <i>Echinodorus palaefolius</i>, <i>Typhaa</i>, <i>Khana sp.</i>, <i>Nympheae</i>, <i>Phragmites communis</i>, <i>Papyrus</i>, <i>Water hyacinth</i>, atau Tumbuhan famili <i>Typhaceae</i> yang dapat ditemukan di area perencanaan

(Sumber: KemenPUPR, 2018)

Tabel 2.9 Kriteria Desain CW

Parameter	Nilai	Satuan
Laju beban hidraulik (HLR)	0,01-0,05	m/hari
Laju beban BOD maksimum	80-112	kg/ha.hari
HRT untuk menyisihkan polutan terlarut	5-14	Hari
HRT untuk menyisihkan polutan tersuspensi	0,5-3	Hari
Luas permukaan dibutuhkan	0,002-0,014	ha/m ³ .hari
Rasio panjang: lebar	4:1-6:1	-
Kedalaman air (kondisi rata-rata)	0,05-0,15	m
Rasio kemiringan dasar	3:1-10:1	-

(Sumber: KemenPUPR, 2018)

Adapun persamaan yang digunakan dalam perencanaan CW yaitu:

a. Perhitungan Dimensi CW

- Laju Konstanta Penyisihan

$$K_T = K_R \theta_R^{(T_A - T_R)} \quad (14)$$

Keterangan:

K_T : laju konstanta pada suhu T_A (hari)

- K_R : laju konstanta pada suhu referensi (hari)
 θ_R : koefisien suhu untuk konstanta laju pada suhu referensi
 T_A : suhu air ($^{\circ}\text{C}$)
 T_R : suhu referensi ($^{\circ}\text{C}$)

- Luas Permukaan yang Dibutuhkan

$$A_{CW} = \frac{Q(\ln C_0 - \ln C_e)}{K_T y \varepsilon} \quad (15)$$

Keterangan:

- A_{CW} : luas permukaan CW (m^2)
 Q : debit influen rerata (m^3/hari)
 C_0 : konsentrasi influen (mg/l)
 C_e : konsentrasi efluen (mg/l)
 K_T : konstanta laju pada suhu air (hari)
 y : kedalaman kolam CW (m)
 ε : porositas media digunakan (0,4 untuk kerikil berdiameter 25 mm)

- Kesesuaian Waktu Retensi Hidraulik (HRT)

$$= \frac{\text{Luas permukaan kolam} \times \text{Kedalaman kolam} \times \text{Porositas media}}{\text{Debit rerata influen}} \quad (16)$$

- Luas Permukaan yang Dibutuhkan untuk Mencapai Proses Penyisihan

$$= \frac{\text{HRT} \times \text{debit rerata influen}}{\text{kedalaman kolam} \times \text{porositas media}} \quad (17)$$

- Kesesuaian Laju Beban Hidraulik (HLR)

$$= \frac{\text{Debit rerata influen}}{\text{Luas permukaan kolam}} \quad (18)$$

b. Efisiensi Unit Pengolahan

- BOD

$$\text{Konsentrasi efluen} = C_i \exp \left(\frac{-A_{CW} K_T y \varepsilon}{Q} \right) \quad (19)$$

$$\text{Efisiensi penyisihan} = \frac{\text{Konsentrasi influen} - \text{Konsentrasi efluen}}{\text{Konsentrasi influen}} \times 100\% \quad (20)$$

- COD

Estimasi penyisihan = 95%

- TSS

$$\text{Konsentrasi efluen} = C_i (0,1058 + 0,0011 \text{ HLR}) \quad (21)$$

$$\text{Efisiensi penyisihan} = \frac{\text{Konsentrasi influen} - \text{Konsentrasi efluen}}{\text{Konsentrasi influen}} \times 100\% \quad (22)$$

- Amonia

$$\text{Konsentrasi efluen} = C_i \exp [-0,126(1,008)^{T-20} \text{HRT}] \quad (23)$$

$$\text{Efisiensi penyisihan} = \frac{\text{Konsentrasi influen} - \text{Konsentrasi efluen}}{\text{Konsentrasi influen}} \times 100\% \quad (24)$$

- Total coliform

$$\text{Konsentrasi efluen} = \frac{C_i}{[1 + (\text{HRT} \times K_T)]^n} \quad (25)$$

$$\text{Efisiensi penyisihan} = \frac{\text{Konsentrasi influen} - \text{Konsentrasi efluen}}{\text{Konsentrasi influen}} \times 100\% \quad (26)$$

Keterangan:

C_i : konsentrasi influen

HRT : hydraulic retention time (Jam)

n : jumlah kolam CW

2.6 Rumput Teki

Rumput teki dengan nama ilmiah *Cyperus rotundus* L. merupakan gulma yang memiliki kemampuan dalam menyerap unsur hara yang besar. Rumput teki mudah tumbuh di mana saja, mudah dalam perawatannya dan tahan terhadap pengaruh luar. Selain itu, rumput teki juga memiliki akar serabut yang banyak.

(Erwin dkk., 2017). Akar serabut pada rumput teki tumbuh menyamping dan membentuk umbi, pada tiap umbi memiliki mata tunas. Batang rumput teki tegak berbentuk segitiga dengan daun berbentuk garis berkumpul dekat ujung batang. Adapun gambar dan taksonomi rumput teki sebagai berikut (Raihan, 2022).



Gambar 2.6 Rumput Teki (*Cyperus rotundus* L.)

(Sumber: Survei Lokasi, 2022)

Kingdom	: <i>Plantae</i>
Subkingdom	: <i>Tracheobionta</i> ,
Super Divisi	: <i>Spermatophyta</i>
Divisi	: <i>Magnoliophyta</i>
Kelas	: <i>Liliopsida</i>
Sub kelas	: <i>Commelinidae</i>
Ordo	: <i>Cyperales</i>
Famili	: <i>Cyperaceae</i>
Genus	: <i>Cyperus</i>
Spesies	: <i>Cyperus rotundus</i> L.

Rumput teki merupakan tumbuhan air yang hidup pada iklim tropis maupun subtropis. Keefektifan rumput teki dalam menurunkan kandungan non logam atau bahan organik cukup tinggi, dengan laju penyerapan amonia pada horizontal SSFCW menggunakan tumbuhan rumput teki yaitu sebesar 99,13%. Selain itu rumput teki juga dapat menurunkan kandungan bahan organik yang terdapat pada

air limbah domestik dengan penurunan TSS sebesar 96,49% dan BOD sebesar 93,17% (Oktavia dkk., 2021).

2.7 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu merupakan penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya. Penelitian terdahulu dapat menjadi bahan acuan dan sebagai pembanding antara penelitian yang dilakukan dengan penelitian sejenis lainnya. Penelitian terdahulu terkait perencanaan CW sebagai alternatif pengolahan air limbah domestik skala permukiman di Indonesia masih belum banyak dilakukan. Adapun beberapa dari penelitian sejenis yang pernah dilakukan di antaranya Husnabilah (2016), Safrodin dan Sarwoko (2016), Noor dkk. (2021), Modeong dkk. (2022) dan Prihatini dkk. (2022).

Penelitian Husnabilah (2016), mengangkat topik terkait perencanaan CW untuk pengolahan *grey water* dengan menggunakan tumbuhan *Canna indica* yang berlokasi di Kelurahan Keputih Surabaya. Teknologi yang digunakan untuk pengolahan air limbah *grey water* yaitu bak pengumpul, SSFCW, dan bak indikator. Pada penelitian dilakukan perhitungan dimensi dan desain unit, efisiensi penyisihan polutan, perhitungan BOQ dan RAB, serta standar operasional prosedur (SOP) teknis untuk pemeliharaan dan pengoperasian CW.

Penelitian Safrodin dan Sarwoko (2016), mengangkat topik desain IPAL untuk pengolahan *grey water* dengan teknologi yang digunakan yaitu bak ekualisasi, SSFCW, dan bak penampungan. Penelitian berlokasi di Rusunawa Grudo atau rumah susun milik pemerintah Surabaya. Pada penelitian dilakukan perhitungan dimensi dan desain unit, perhitungan RAB, serta pembuatan teknis untuk pengoperasian dan pemeliharaan CW.

Penelitian Noor dkk. (2021), mengangkat topik studi perencanaan CW untuk pengolahan *grey water* yang berlokasi di Perumahan Taman Candiloka Sidoarjo. Teknologi yang digunakan pada penelitian yaitu bak pengumpul, vertikal SSFCW, dan bak indikator. Pada penelitian dilakukan perhitungan efisiensi penyisihan polutan, perhitungan dimensi, dan penentuan konsep desain taman. Penelitian Modeong dkk. (2022), mengangkat topik Desain IPAL Komunal SSFCW Sebagai Pengolahan Air Limbah Domestik skala kelurahan di

Kota Manado. Teknologi yang digunakan yaitu bak ekualisasi dan SSFCW. Pada penelitian dilakukan perhitungan dimensi unit dan efisiensi penyisihan polutan.

Penelitian Prihatini dkk. (2022), mengangkat topik perancangan bangunan sistem SSFCW untuk pengolahan *grey water* dengan skala kelurahan. Penelitian berlokasi di Kelurahan Guntung Paikat, Kalimantan selatan. Teknologi yang digunakan pada penelitian ini yaitu *grease trap*, bak pengendap, dan SSFCW. Pada penelitian dilakukan perhitungan dimensi dan desain, efisiensi penyisihan polutan, dan perhitungan RAB.

Adapun penelitian sejenis yang berlokasi di Kabupaten Aceh Besar belum ditemukan. Namun untuk penelitian sejenis yang berlokasi di Banda Aceh yaitu penelitian Rani (2021), yang mengangkat topik mengenai perencanaan IPAL komunal yang berlokasi di Gampong Jeulingke Kota Banda Aceh, dengan menggunakan teknologi *anaerobic baffled reactor* (ABR) dan horizontal SSFCW. Adapun untuk penelitian lainnya yang dilakukan di Banda Aceh lebih kepada pengujian efektivitas tanaman dalam mengurai air limbah pada reaktor CW. Beberapa penelitian terdahulu sejenis untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 2.10 sebagai berikut.



Tabel 2.10 Penelitian Terdahulu

HAL	Penelitian 1	Penelitian 2	Penelitian 3	Penelitian 4	Penelitian 5	Penelitian 6
Nama Peneliti	Athif Husnabilah	Ahmad Saifodin & Sarwoko Mangkoedihardjo	Ginangar Noor S, Eko Noerhayati, & Anita Rahmawati	Raihan Rani	Moh. Ghifary A Modeong, Isri R. Mangangka, & Roski R. I. Legrans	Nopi Stiyati Prihatini, Nanang Saiful Anwar, Indah Nirtha, Rijali Noor, & Badaruddin Mu'min
Tahun Penelitian	2016	2016	2021	2021	2022	2022
Judul	Perencanaan <i>Constructed Wetland</i> untuk Pengolahan <i>Greywater</i> Menggunakan Tumbuhan <i>Canna indica</i> (Studi Kasus: Kelurahan Keputih Surabaya)	Desain IPAL Pengolahan <i>Grey Water</i> dengan Teknologi <i>Subsurface Flow Constructed Wetland</i> di Rusunawa Grudo Surabaya	Studi Perencanaan <i>Constructed Wetland</i> untuk Pengolahan <i>Grey Water</i> di Perumahan Taman Candiloka, Kecamatan Candi Kabupaten Sidoarjo	Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Komunal Pada Gampong Jeulingke Kota Banda Aceh	Desain IPAL Komunal <i>Subsurface Constructed Wetland</i> Sebagai Pengolahan Air Limbah Domestik di Kelurahan Karame Kota Manado	Perancangan Bangunan Pengolahan <i>Grey Water</i> dengan Sistem Lahan Basah Buatan Aliran Bawah Permukaan (LBB-AHBP) Skala Kelurahan
Wilayah Penelitian	Kelurahan Keputih, Surabaya	Rusunawa Grudo Surabaya	Perumahan Taman Candiloka, Sidoarjo	Gampong Jeulingke Kota Banda Aceh	Kelurahan Karame Kota Manado	Kelurahan Guntung Paikat, Kalimantan selatan
Teknologi yang Digunakan	Bak pengumpul, SSFCW, bak indikator	Bak ekualisasi, SSFCW, kolam penampungan	Bak pengumpul, vertikal SSFCW, bak indikator	ABR, horizontal SSFCW	Bak ekualisasi dan SSFCW	<i>Grease trap</i> , bak pengendap, SSFCW
Hasil	Dimensi bak pengumpul sebanyak 1 unit dengan ukuran 4 m x 4 m x 3,3 m. CW sebanyak 6	CW mampu mengolah limbah domestik <i>grey water</i> dengan nilai	- Efisiensi penyisihan CW BOD 56%, COD 85%, TSS 86,7% - Dimensi bak pengumpul	Kuantitas mampu menampung dan mengolah air limbah yang berada di bawah	Dimensi bak ekualisasi untuk semua Lingkungan IV dan V adalah 2 m x 1 m.	Dimensi pada blok 1 <i>grease trap</i> 1,5 m x 1 m x 1 m. Bak pengendap 4 m x 3 m x 1,5 m. Unit kompartemen

HAL	Penelitian 1	Penelitian 2	Penelitian 3	Penelitian 4	Penelitian 5	Penelitian 6
	unit dengan ukuran 19 m x 25 m x 1 m. Bak indikator sebanyak 3 unit dengan ukuran 6 m x 12 m x 2,3 m • Efisiensi penyisihan konsentrasi pada unit CW BOD 84,25%, COD 85,00%, dan TSS 87, 10% • RAB 9.156.412.000	konsentrasi BOD 25 mg/l, COD 48,35 mg/L dan TSS 11,72 mg/L. • Desain unit ekualisasi luas bangunan 5.8 m². CW 480 m², dan kolam penampung 4,2 m² • RAB Rp.412.059.22	sebanyak 1 unit 1,5 m x 1,5 m x 1,3 m. CW sebanyak 1 unit 125 m x 14 m x 1 m. Bak indikator sebanyak 1 unit 2 m x 1 m x 1,5 m. • Ruang terbuka hijau/taman menggunakan desain arsitektur lanskap dengan konsep taman.	persyaratan baku mutu PerMenLHK No. 68 Tahun 2016 untuk parameter BOD, COD, TSS, dan <i>total coliform</i> • Dimensi ABR 10,4 m x 5 m x 3,5 m dengan luas lahan 59,89 m². Dimensi unit CW 51 m x 10,2 m x 1 m dengan luas lahan adalah 538,65 m² • RAB Rp.944.189.416	Dimensi SSFCW Lingkungan IV adalah 65 m x 10 m. Luas lahan 650 m ² . Lingkungan V adalah 78 m x 10 m dengan total luas lahan 780 m ² . Sementara untuk bak kontrol setiap lingkungan adalah 2,46 m x 1,23 m. • Efisiensi penyisihan sebesar 76%.	LBB 7 m x 3 m x 1,5 m dan luas permukaan 21 m ² . Pada blok 2 <i>grease trap</i> memiliki dimensi 1,5 m x 1 m x 1 m, bak pengendap 4 m x 3 m x 2 m. Bak LBB 7 m x 3,5 m x 1,5 m dan luas permukaan sebesar 24,5 m ² • RAB pada blok 1 Rp.94.868.749,73 dan pada blok 2 Rp.118.656.469

(Sumber: Analisis, 2022)

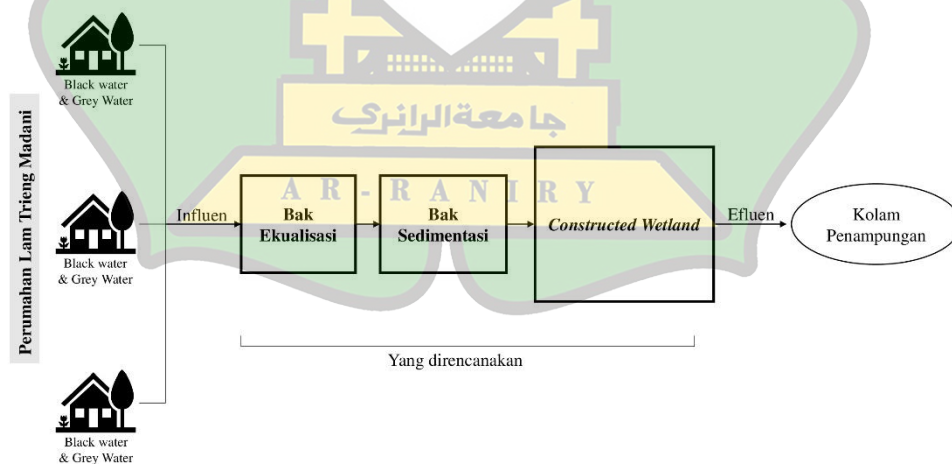


BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Umum

Metodologi penelitian merangkum materi, prosedur, dan proses dilakukannya penelitian. Metodologi penelitian mencakup seluruh kegiatan perencanaan yang dilakukan dari awal hingga akhir perencanaan, dengan diperolehnya hasil dan kesimpulan dari perencanaan yang dilakukan. Proposal tugas akhir ini merencanakan alternatif pengolahan air limbah domestik Perumahan Lam Trieng Madani, Kabupaten Aceh Besar. Menggunakan teknologi alternatif CW yang dikombinasikan dengan bak ekualisasi dan bak sedimentasi. Hasil akhir dari perencanaan ini diharapkan dapat menghasilkan desain IPALD CW Kombinasi yang sesuai dengan karakteristik air limbah domestik yang terdapat pada Perumahan Lam Trieng Madani. Hasil perencanaan ini meliputi hasil perhitungan dimensi, gambar desain, serta RAB yang dibutuhkan. Adapun skema urutan IPALD yang direncanakan dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut ini.



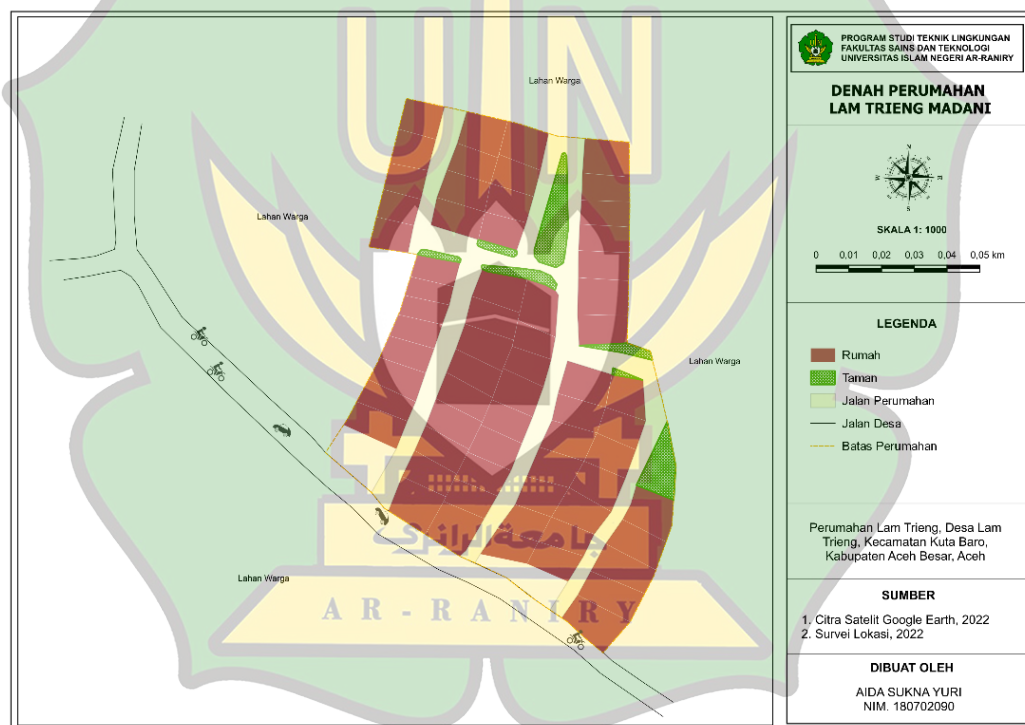
Gambar 3.1 Skema Urutan IPALD yang Direncanakan

(Sumber: Analisis, 2022)

3.2 Gambaran Umum Wilayah Perencanaan

3.2.1 Profil Wilayah Perencanaan

Perumahan Lam Trieng Madani terletak di Desa Lam Trieng, Kecamatan Kuta Baro, Kabupaten Aceh Besar, Provinsi Aceh. Luas lahan Perumahan Lam Trieng Madani $\pm 11698 \text{ m}^2$, terdiri dari 65 unit rumah yang merupakan rumah berlantai satu tipe 36 dengan luas lahan rata-rata pada setiap rumah $\pm 120 \text{ m}^2$. Memiliki kondisi wilayah yang sedikit berbukit dengan elevasi tanah berkisar 8-14 m. Setiap rumah di Perumahan Lam Trieng Madani memiliki cubluk kembar untuk penampungan air limbah domestik baik *black water* maupun *grey water*. Pada Gambar 3.2 dapat dilihat denah Perumahan Lam Trieng Madani sebagai berikut.



Gambar 3.2 Denah Perumahan Lam Trieng Madani

(Sumber: Citra Satelit dan Survei Lokasi, 2022)

3.2.2 Kondisi Tata Guna Lahan

Tata guna lahan Perumahan Lam Trieng Madani mayoritas dimanfaatkan untuk lahan perumahan dan sebagian kecil merupakan lahan kosong pada

beberapa lokasi dengan luas keseluruhan $\pm 802 \text{ m}^2$ (Gambar 3.3) yang akan dimanfaatkan sebagai taman perumahan. Adapun kondisi tata guna lahan di wilayah sekitar perumahan Lam Trieng dimanfaatkan sebagai lahan persawahan dan perkebunan masyarakat (Gambar 3.4).



Gambar 3.3 Kondisi Tata Guna Lahan Perumahan Lam Trieng Madani

(Sumber: Survei Lokasi, 2022)



Gambar 3.4 Kondisi Tata Guna Lahan di Wilayah Sekitar Perumahan Lam Trieng Madani

(Sumber: Survei Lokasi, 2022)

3.2.3 Kondisi Sanitasi

Kebutuhan air bersih Perumahan Lam Trieng Madani bersumber dari air tanah yaitu dengan menggunakan sumur bor. Setiap rumah di Perumahan Lam Trieng Madani memiliki cubluk kembar (Gambar 3.5) sebagai tempat

penampungan air limbah domestik baik *black water* maupun *grey water* dari kamar mandi dan dapur. Air limbah domestik *grey water* seperti air dari bekas cucian baju ada yang tidak masuk ke dalam cubluk, hanya dibuang begitu saja ke tanah atau dialirkan ke drainase perumahan. Air limbah domestik mengalir bersama air hujan melalui drainase Perumahan Lam Trieng Madani ke kolam penampungan seluas 75 m² yang dibuat oleh masyarakat (Gambar 3.6). Air yang ada pada kolam ini dimanfaatkan masyarakat untuk mengairi lahan persawahan dan perkebunan, sehingga ditakutkan dapat menurunkan kualitas lingkungan dan menimbulkan bibit penyakit.



Gambar 3.5 Kondisi Cubluk Kembar

(Sumber: Survei Lokasi, 2022)



(a)

(b)

Gambar 3.6 Kondisi Drainase/Parit Perumahan Lam Trieng Madani (a) dan Kolam Penampungan (b)

(Sumber: Survei Lokasi, 2022)

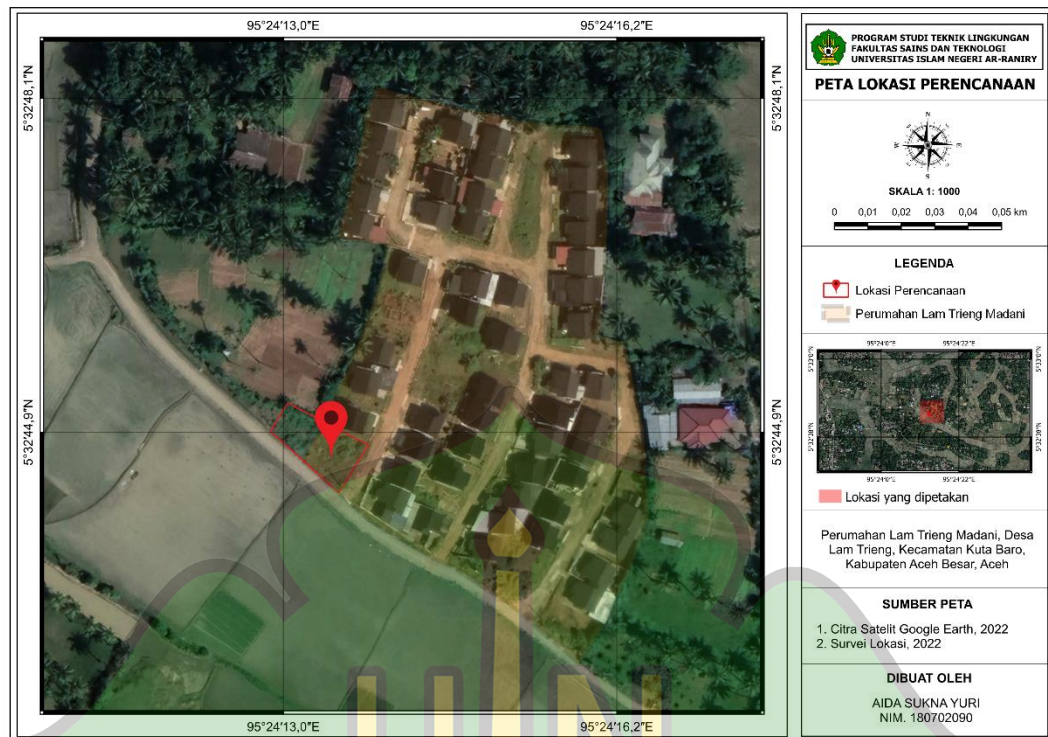
3.2.4 Lokasi Perencanaan

Lokasi yang direncanakan dalam perencanaan CW kombinasi bak ekualisasi dan bak sedimentasi, berada di lokasi lahan Perumahan Lam Trieng Madani dan lahan masyarakat. Luas lahan yang digunakan pada perencanaan milik Perumahan Lam Trieng Madani seluas 225 m² dan lahan milik masyarakat seluas 145 m². Sehingga total luas lahan lokasi perencanaan yaitu ±370 m². Pemilihan lokasi ini dikarenakan kebutuhan lahan yang cukup luas dengan wilayah lahan kosong perumahan yang terbatas. Selain itu lokasi perencanaan juga berada di kemiringan atau elevasi yang lebih rendah dari wilayah pelayanan, dengan elevasi tanah di lokasi perencanaan yaitu 8 m. Sehingga diharapkan dapat mengurangi biaya pengoperasian dengan memanfaatkan sistem gravitasi dalam penyaluran air limbah domestik. Lokasi perencanaan dan peta lokasi perencanaan dapat dilihat pada Gambar 3.7 dan 3.8 berikut ini.



Gambar 3.7 Lokasi Perencanaan

(Sumber: Survei Lokasi, 2022)



Gambar 3.8 Peta Lokasi Perencanaan
(Sumber: Citra Satelit dan Survei Lokasi, 2022)

3.3 Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah dilakukan dengan menemukan dan mengumpulkan permasalahan yang terjadi di lingkungan sekitar. Masalah yang diidentifikasi yaitu kondisi air limbah domestik Perumahan Lam Trieng Madani hanya diolah menggunakan cubluk tanpa dilakukannya pengolahan lanjutan. Air limbah domestik dari cubluk ada yang mengalir ke drainase atau parit perumahan, yang dimanfaatkan oleh masyarakat untuk mengairi lahan persawahan dan perkebunan. Kondisi tersebut ditakutkan dapat menimbulkan masalah pencemaran lingkungan dan bibit penyakit. Masalah yang ditemukan kemudian dianalisis sebagai langkah awal dilakukannya perencanaan.

3.4 Studi Literatur

Studi Literatur mengkaji teori-teori terkait topik perencanaan yang menjadi dasar dalam mendukung dilakukannya perencanaan. Pada perencanaan ini mengkaji beberapa literatur yang diperoleh dari berbagai sumber seperti buku,

jurnal *online* baik lokal dan internasional, peraturan pemerintah, skripsi atau tugas akhir mahasiswa, dan sumber lain yang isinya dapat dipertanggungjawabkan. Adapun teori-teori yang dikaji dalam perencanaan ini meliputi pengetahuan dasar mengenai air limbah domestik secara umum baik definisi dan karakteristiknya, perhitungan proyeksi penduduk dan debit air limbah, baku mutu air limbah domestik yang mengacu pada PerMenLHK No. P.68/Menlhk-Setjen/2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik, pengolahan air limbah domestik, teknologi pengolahan air limbah domestik, pengetahuan mengenai alternatif pengolahan air limbah domestik CW, teknologi pendukung dan kriteria desainnya.

3.5 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan mengumpulkan data dari berbagai sumber, berupa informasi atau fakta-fakta terkait yang diperlukan untuk mendukung dilakukannya perencanaan. Pada perencanaan ini data yang dikumpulkan terdiri dari data primer dan data sekunder.

3.5.1 Data Primer

Data primer didapatkan melalui pengamatan langsung di lapangan. Adapun data primer yang dibutuhkan dalam perencanaan ini di antaranya yaitu:

1. Karakteristik Air Limbah Domestik

Data karakteristik air limbah domestik Perumahan Lam Trieng Madani untuk mengetahui kualitas air limbah, didapatkan dari hasil uji laboratorium sampel air limbah domestik Perumahan Lam Trieng Madani, dengan parameter uji pH, TSS, BOD, COD, amonia, dan *total coliform*. Parameter ini berdasarkan parameter yang tercantum pada PerMenLHK No. P.68/Menlhk-Setjen/2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik. Sampel uji diambil dari cubluk kembar di Perumahan Lam Trieng Madani. Sampel yang diambil adalah sampel air limbah domestik *black water* dan *grey water*. Adapun tahapan pengambilan sampel air limbah domestik sebagai berikut:

1. Pengambilan sampel uji dilakukan pada waktu puncak yaitu pada jam 06:00 WIB hingga jam 08:00 WIB.

2. Sampel uji diambil dari 3 titik sampel yaitu dari 3 cubluk kembar di perumahan warga, yang dianggap dapat mewakili air limbah domestik Perumahan Lam Trieng Madani.
3. Sampel yang diambil yaitu sampel air limbah domestik *grey water* dan *black water* dengan volume yang sama yang kemudian dihomogenkan.
4. Pengujian parameter pH, TSS, BOD, COD, amonia, dan *total coliform* dibawa ke laboratorium untuk dilakukan analisis untuk mendapatkan nilai dari parameter air limbah domestik.

2. Kondisi Lahan Pada Lokasi Perencanaan

Data lokasi perencanaan meliputi kondisi, elevasi dan luas lahan yang tersedia untuk pembangunan IPALD CW Kombinasi. Data ini didapatkan dari survei langsung di lokasi perencanaan untuk mengamati kondisi lahan yang akan digunakan untuk lokasi perencanaan. Adapun elevasi dan luas lahan didapatkan dari pengukuran dengan menggunakan *software Google Earth*. Berikut tata cara melihat elevasi dengan menggunakan *software Google Earth*.

1. Buka *software Google Earth*,
2. Tambahkan *path* atau jalur pada daerah yang ingin diketahui elevasinya,
3. Klik sunting atau edit,
4. Klik tampilkan profil ketinggian,
5. Profil ketinggian akan muncul pada bagian bawah penampilan 3D, jangan lupa aktifkan lapisan medan,
6. Untuk melihat elevasi di daerah yang diinginkan geser kursor di daerah yang ingin diketahui elevasinya.

Berikut tata cara mengukur luas lahan menggunakan *software Google Earth*.

1. Buka *software Google Earth*,
2. Klik *ruler* atau penggaris,
3. Klik poligon,
4. Pilih garis keliling dengan satuan meter dan area dengan satuan meter persegi atau sesuai kebutuhan,

5. Buat poligon di lokasi yang ingin diketahui luasnya.

3.5.2 Data Sekunder

Data sekunder didapatkan dari beberapa sumber seperti peraturan pemerintah dan penelitian-penelitian sebelumnya. Adapun data sekunder yang dibutuhkan dalam perencanaan ini di antaranya yaitu:

1. Baku mutu air limbah domestik, data baku mutu air limbah domestik diambil dari PerMenLHK P.68/Menlhk-Setjen/2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik.
2. Literatur perencanaan, data literatur perencanaan yang digunakan yaitu data kriteria desain yang diambil dari buku KemenPUPR dan penelitian terdahulu.
3. Harga satuan pokok kegiatan di ambil dari Standar Harga Satuan Barang dan Jasa terbaru Pemerintah Aceh tahun anggaran 2023 dan aplikasi RAB *online* Estimator.id.

3.6 Pengolahan Data

Perencanaan yang dilakukan berdasarkan hasil dari pengumpulan data baik primer dan sekunder, yang kemudian diolah dan dianalisis untuk perencanaan desain. Adapun pengolahan data yang dilakukan di antaranya yaitu:

3.6.1 Analisis Karakteristik Air Limbah Domestik

Data hasil uji air limbah domestik dengan parameter uji pH, TSS, BOD, COD, amonia, dan *total coliform* dianalisis dengan mengambil nilai rata-rata sampel pada setiap parameter. Nilai rata-rata hasil uji dibandingkan dengan batas maksimum baku mutu air limbah domestik berdasarkan PerMenLHK No. P.68/Menlhk-Setjen/2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik. Hasil analisis dijadikan sebagai pertimbangan dalam pemilihan teknologi pengolahan yang sesuai dengan karakteristik air limbah domestik Perumahan Lam Trieng Madani.

3.6.2 Perhitungan Jumlah Penduduk

Perhitungan jumlah penduduk dilakukan dengan asumsi jumlah jiwa per KK yaitu diasumsikan dalam satu KK terdiri dari 5 jiwa dan dikalikan dengan jumlah

rumah yang ada di Perumahan Lam Trieng Madani yaitu 65 unit rumah. Proyeksi penduduk dalam perencanaan tidak dilakukan, dikarenakan daerah perencanaan merupakan wilayah perumahan dengan lahan terbatas dan jumlah bangunan perumahan yang tetap. Sehingga kemungkinan dalam waktu yang akan datang pertumbuhan penduduk Perumahan Lam Trieng Madani relatif tetap dan tidak ada perubahan yang signifikan. Perhitungan jumlah penduduk menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$\text{Jumlah Penduduk} = \text{Asumsi jumlah jiwa per KK} \times \text{Jumlah unit rumah} \quad (27)$$

3.6.3 Perhitungan Debit Air Limbah

Perhitungan debit air limbah domestik Perumahan Lam Trieng Madani dihitung berdasarkan asumsi jumlah penduduk dan dikalikan dengan standar kebutuhan air bersih yaitu 60 liter/orang/hari. Debit air limbah dihitung dengan menggunakan pendekatan populasi dengan persentase air limbah domestik sebesar 80% dari kebutuhan air bersih Perumahan Lam Trieng Madani. Perhitungan debit air limbah menggunakan persamaan 1, 2, dan 3.

3.7 Perencanaan Desain

Perencanaan desain dilakukan dengan menetapkan kriteria desain, melakukan perhitungan dimensi IPALD, dan penggambaran desain.

3.7.1 Penetapan Kriteria Desain

Kriteria desain didapatkan dari kriteria desain yang diambil dari buku, jurnal, atau penelitian sebelumnya, sesuai dengan teknologi yang dipilih dalam perencanaan. Kriteria desain selanjutnya disesuaikan dengan karakteristik air limbah domestik Perumahan Lam Trieng Madani.

3.7.2 Perhitungan Dimensi IPALD CW Kombinasi

Dimensi IPALD CW Kombinasi dihitung berdasarkan hasil debit air limbah yang didapatkan dan juga kriteria desain yang sudah ditetapkan, dengan menggunakan persamaan perhitungan dimensi pada setiap teknologi pengolahan.

Dimensi perencanaan yang dihitung yaitu dimensi bak ekualisasi, dimensi bak sedimentasi dan dimensi CW.

3.7.3 Penggambaran Desain

Penggambaran desain alternatif pengolahan air limbah domestik Perumahan Lam Trieng Madani dibuat berdasarkan hasil perhitungan dimensi perencanaan. Penggambaran desain pada perencanaan ini menggunakan *software AutoCAD*.

3.8 Pembuatan Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Pembuatan RAB perencanaan alternatif pengolahan air limbah domestik Perumahan Lam Trieng Madani berdasarkan hasil perhitungan dimensi unit sehingga didapatkan volume pekerjaan dengan acuan harga satuan pokok kegiatan yang mengacu pada Keputusan Gubernur Aceh Nomor 030/820/2022 tentang Penetapan Standar Harga Satuan Barang dan Jasa Pemerintah Aceh Tahun Anggaran 2023 dan harga satuan terbaru pada aplikasi RAB *online* Estimator.id.

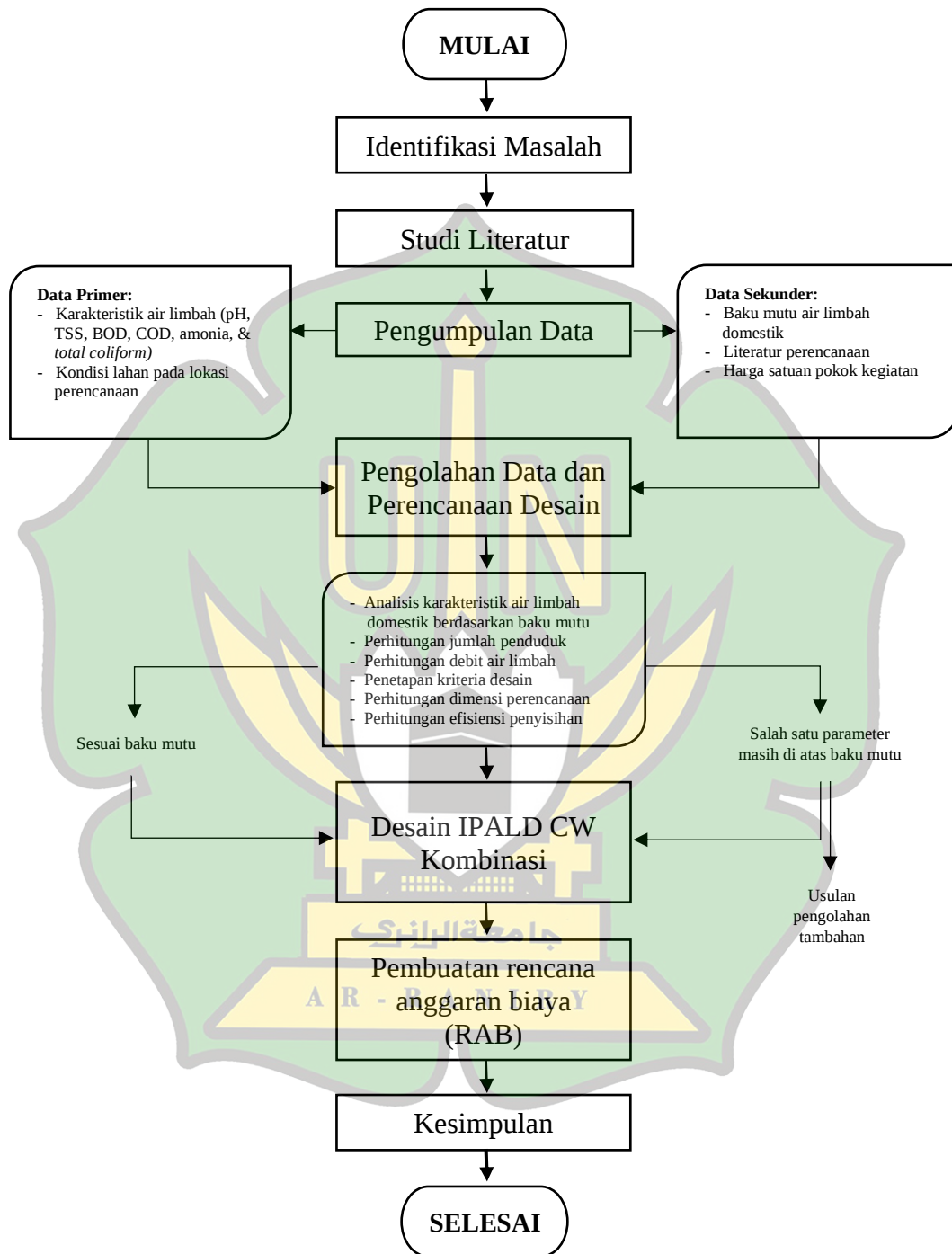
3.9 Kesimpulan

Kesimpulan didapatkan dari hasil perencanaan yang telah dilakukan. Kesimpulan dibuat berdasarkan tujuan perencanaan dan untuk menjawab rumusan masalah pada perencanaan. Kesimpulan dari perencanaan ini meliputi karakteristik air limbah domestik yang terdapat pada Perumahan Lam Trieng Madani, desain IPALD dengan teknologi CW Kombinasi yang sesuai, dan RAB yang dibutuhkan untuk membangun IPALD dengan teknologi CW Kombinasi pada Perumahan Lam Trieng Madani.

3.10 Kerangka Perencanaan

Kerangka perencanaan merupakan gambaran awal dilakukannya perencanaan, yang berisikan tahapan atau proses perencanaan dari awal hingga akhir dilakukannya perencanaan. Kerangka perencanaan bertujuan untuk memperjelas tahapan perencanaan dan mempermudah dalam melakukan perencanaan yang sudah tersusun secara sistematis. Perencanaan ini dilakukan mulai dari mengidentifikasi masalah hingga diperoleh kesimpulan sesuai dengan

tujuan perencanaan. Kerangka perencanaan disajikan dalam bentuk bagan alir perencanaan pada Gambar 3.9 sebagai berikut.



Gambar 3.9 Bagan Alir Perencanaan
(Sumber: Analisis, 2022)

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakteristik Air Limbah Domestik

Karakteristik air limbah domestik Perumahan Lam Trieng Madani merupakan data primer yang didapatkan dari hasil pengujian sampel di Laboratorium UPTD Balai Laboratorium Kesehatan dan Pengujian Alat Kesehatan dan Laboratorium Teknik Pengujian Kualitas Lingkungan Teknik Kimia Universitas Syiah Kuala. Sampel yang di ambil terdiri dari 3 sampel uji air limbah domestik *black water* dan *grey water* yang dihomogenkan, dari 3 cubluk kembar pada rumah warga yang dianggap dapat mewakili kualitas air limbah domestik Perumahan Lam Trieng Madani. Adapun hasil uji laboratorium dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut ini.

Tabel 4.1 Hasil Uji Laboratorium Pada Tiap Sampel

Parameter	Hasil Uji Sampel			Satuan	Kadar Maksimum
	Cublik 1	Cublik 2	Cublik 3		
pH	7,54	7,72	7,91	-	6-9
TSS	41	59	37	mg/L	30
BOD	25	12	8,5	mg/L	30
COD	62	32	32	mg/L	100
Amonia	-	3,87	-	mg/L	10
Total coliform	160000	0	0	Jumlah/100mL	3000

(Sumber: Hasil Uji Laboratorium, 2023)

Hasil uji laboratorium pada Tabel 4.1 diambil nilai rata-rata pada setiap parameter dapat dilihat pada Tabel 4.2 berikut ini.

Tabel 4.2 Hasil Uji Sampel Rata-Rata

Parameter	Hasil Uji Sampel Rata-Rata	Satuan	Kadar Maksimum	Keterangan
pH	7,72	-	6-9	Sesuai baku mutu
TSS	46	mg/L	30	Melebihi baku mutu
BOD	15	mg/L	30	Sesuai baku mutu
COD	42	mg/L	100	Sesuai baku mutu

Parameter	Hasil Uji Sampel Rata-Rata	Satuan	Kadar Maksimum	Keterangan
Amonia	3,87	mg/L	10	Sesuai baku mutu
<i>Total coliform</i>	53333	Jumlah/100mL	3000	Melebihi baku mutu

(Sumber: Hasil Analisis, 2023)

Berdasarkan Tabel 4.2 dapat dilihat hasil uji parameter TSS dan *total coliform* yang melebihi kadar maksimum air limbah domestik berdasarkan PerMenLHK No. P.68/Menlhk-Setjen/2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik, bahwa air limbah domestik yang dihasilkan dari skala rumah tangga, usaha atau kegiatan berpotensi mencemari lingkungan, sehingga perlu dilakukan pengolahan air limbah sebelum dibuang ke media lingkungan. Berdasarkan hal tersebut, maka pengolahan air limbah domestik menggunakan CW kombinasi diperlukan untuk menurunkan nilai parameter agar tidak melebihi kadar maksimum baku mutu air limbah domestik yang telah ditetapkan, sehingga aman apabila dilepaskan ke lingkungan.

4.2 Perhitungan Jumlah Penduduk

Perhitungan jumlah penduduk dihitung berdasarkan asumsi jumlah jiwa per KK. Asumsi pada setiap KK terdiri dari 5 jiwa yang dikalikan dengan jumlah rumah yang terdapat di Perumahan Lam Trieng Madani. Asumsi ini berdasarkan tipe rumah di Perumahan Lam Trieng Madani yaitu tipe 36 yang dapat dihuni oleh 2 sampai 5 jiwa. Perhitungan jumlah penduduk menggunakan Persamaan 27 dapat dilihat sebagai berikut.

Diketahui:

Setiap KK = 5 jiwa/KK

Jumlah rumah = 65 unit rumah

Maka:

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah penduduk} &= \text{Asumsi jumlah jiwa per KK} \times \text{Jumlah unit rumah} \\
 &= 5 \text{ jiwa/KK} \times 65 \text{ unit rumah} \\
 &= 325 \text{ jiwa}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan tersebut, jumlah penduduk yang ada pada Perumahan Lam Trieng Madani yaitu sebanyak **325 jiwa**.

4.3 Perhitungan Debit Air Limbah

Perhitungan debit air limbah domestik dihitung berdasarkan asumsi jumlah penduduk yang didapatkan dan dikalikan dengan standar kebutuhan air bersih yaitu 60 liter/jiwa/hari. Standar kebutuhan air bersih yang diambil yaitu berdasarkan modul Ditjen Cipta Karya PU, 2018 pada Tabel 2.1 pada kategori desa dengan jumlah penduduk <20.000 jiwa, dengan kebutuhan air bersih yaitu 60-80 L/jiwa/hari. Perhitungan kebutuhan air bersih perumahan Lam Trieng Madani dapat dilihat sebagai berikut.

Diketahui:

Kebutuhan air bersih = 60 liter/jiwa/hari

Maka:

$$\begin{aligned} Q_{\text{air bersih}} &= \text{Jumlah penduduk} \times Q_{\text{air bersih}} \\ &= 325 \text{ jiwa} \times 60 \text{ liter/jiwa/hari} \\ &= 19500 \text{ liter/hari} \\ &= 19,5 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Perhitungan debit air limbah menggunakan pendekatan populasi dengan persentase air limbah domestik yaitu sebesar 80% dari kebutuhan air bersih Perumahan Lam Trieng Madani. Perhitungan debit air limbah domestik menggunakan Persamaan 1 dapat dilihat sebagai berikut.

Diketahui:

Persentase air limbah domestik = 80% dari kebutuhan air bersih

Maka:

$$\begin{aligned} Q_{\text{air limbah}} &= (60-80\%) \times Q_{\text{air bersih}} \\ &= 80\% \times 19500 \text{ liter/hari} \\ &= 15600 \text{ liter/hari} \\ &= 15,6 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Debit air limbah domestik yang akan diolah untuk perencanaan ini yaitu debit air limbah pada waktu puncak. Perhitungan debit air limbah domestik pada waktu puncak, terlebih dahulu menghitung faktor puncak menggunakan metode *Ten-State Standard*, perhitungan debit waktu puncak dengan menggunakan persamaan 2 dan 3 dapat dilihat sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 PF &= \frac{18 + \sqrt{P/1000}}{4 + \sqrt{P/1000}} \\
 &= \frac{18 + \sqrt{325/1000}}{4 + \sqrt{325/1000}} \\
 &= \frac{18.57}{4.57} \\
 &= 4.06
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{puncak}} &= Q_{\text{rata-rata}} \times PF \\
 &= 15600 \text{ liter/hari} \times 4.06 \\
 &= 63336 \text{ liter/hari} \\
 &= 63,336 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan tersebut, debit air limbah domestik Perumahan Lam Trieng Madani yaitu 15600 liter/hari dan debit air limbah domestik pada waktu puncak yaitu 63336 liter/hari. Rekap hasil perhitungan debit dapat dilihat pada Tabel 4.3 berikut ini.

Tabel 4.3 Rekap Perhitungan Debit

Jenis Debit	Hasil (liter/hari)	Hasil (m ³ /hari)
Debit air bersih	19500	19,5
Debit air limbah	15600	15,6
Debit air limbah waktu puncak	63336	63,336

(Sumber: Hasil Analisis, 2023)

4.4 Perhitungan Dimensi IPALD CW Kombinasi

Perhitungan dimensi IPALD CW kombinasi dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti beban pencemar dan jumlah debit air limbah domestik yang akan

diolah. Perhitungan dimensi dihitung berdasarkan kriteria desain yang telah dipertimbangkan pada masing-masing unit pengolahan.

4.4.1 Bak Ekualisasi

Bak ekualisasi berfungsi untuk menyeragamkan debit dan konsentrasi air limbah domestik yang masuk agar tidak terjadi *shock loading*. Bak ekualisasi yang direncanakan terdiri dari 1 bak dengan sistem pengaliran air limbah domestik ke unit selanjutnya secara gravitasi. Bak ekualisasi pada perencanaan ini tidak membutuhkan pengaduk, dikarenakan konsentrasi padatan tersuspensi pada air limbah domestik perumahan Lam Trieng Madani tidak ≥ 210 mg/L. Adapun kriteria desain yang dipakai pada perencanaan bak ekualisasi dapat dilihat pada Tabel 4.4 sebagai berikut.

Tabel 4.4 Kriteria Desain Bak Ekualisasi

Parameter	Kriteria Desain	Satuan
Kedalaman air minimum	1,5-2	m
Rasio panjang: lebar	3:1	-
Freeboard	0,3	m
HRT	<30	menit

(Sumber: KemenPUPR, 2018)

Dalam perencanaan bak ekualisasi harus memperhatikan HRT pada unit yang direncanakan. HRT pada bak ekualisasi sebaiknya tidak lebih dari 30 menit untuk mencegah terjadinya pengendapan. Pada saat pembersihan bak ekualisasi, air limbah domestik dialihkan langsung ke bak sedimentasi tanpa melalui bak ekualisasi. Perhitungan bak ekualisasi sesuai dengan kriteria desain pada Tabel 4.4 yang direncanakan sebagai berikut.

Direncanakan:

Kedalaman air minimum, $H_{\text{air}} = 2$ m

Rasio panjang: Lebar = 3:1

Freeboard = 0,3 m

HRT = 25 menit $\approx 0,417$ jam

Maka:

- Volume Bak Ekualisasi

$$\begin{aligned} V &= \frac{\text{HRT}}{24 \text{ Jam}} \times Q \\ &= \frac{0.417 \text{ jam}}{24 \text{ Jam}} \times 63,336 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 1,1 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

- Luas Area

$$\begin{aligned} A_{\text{ef}} &= \frac{V}{h} \\ &= \frac{1.1 \text{ m}^3/\text{jam}}{2 \text{ m}} \\ &= 0,55 \text{ m}^2/\text{jam} \end{aligned}$$

- Rasio Panjang: Lebar = 3:1

$$\begin{aligned} 3L \times L &= A_{\text{ef}} \\ 3L^2 &= 0,55 \text{ m}^2 \\ L^2 &= 0,18 \text{ m}^2 \\ L &= \sqrt{0,18} \text{ m} \\ L &= 0,42 \text{ m} \\ \text{Panjang bak} &= 3 \times \text{lebar bak} \\ &= 3 \times 0,42 \text{ m} \\ &= 1,26 \text{ m} \end{aligned}$$

- Volume Cek

$$\begin{aligned} &= \frac{V_{\text{ef}}}{Q} \times 24 \text{ Jam} \\ &= \frac{1.1 \text{ m}^3/\text{jam}}{63.336 \text{ m}^3/\text{hari}} \times 24 \text{ Jam} \\ &= 0,417 \text{ jam} \end{aligned}$$

Jadi, HRT dinyatakan sesuai

- Ketinggian Total Bak

$$H_{\text{tot}} = H_{\text{air}} + F_b$$

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

$$= 2,3 \text{ m}$$

- Beban Permukaan (*Surface Loading*)

$$SL = \frac{Q}{P \times L}$$

$$= \frac{63.336 \text{ m}^3/\text{hari}}{1,26 \text{ m} \times 0,42 \text{ m}}$$

$$= 119,7 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{hari}$$

Beban permukaan saat jam puncak 2 x beban permukaan

$$SL_{\text{peak}} = 2 \times SL$$

$$= 2 \times 119,7 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{hari}$$

$$= 239,4 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{hari}$$

- Waktu Tinggal Jam Puncak

Asumsi jumlah limbah 2x jumlah limbah rata-rata:

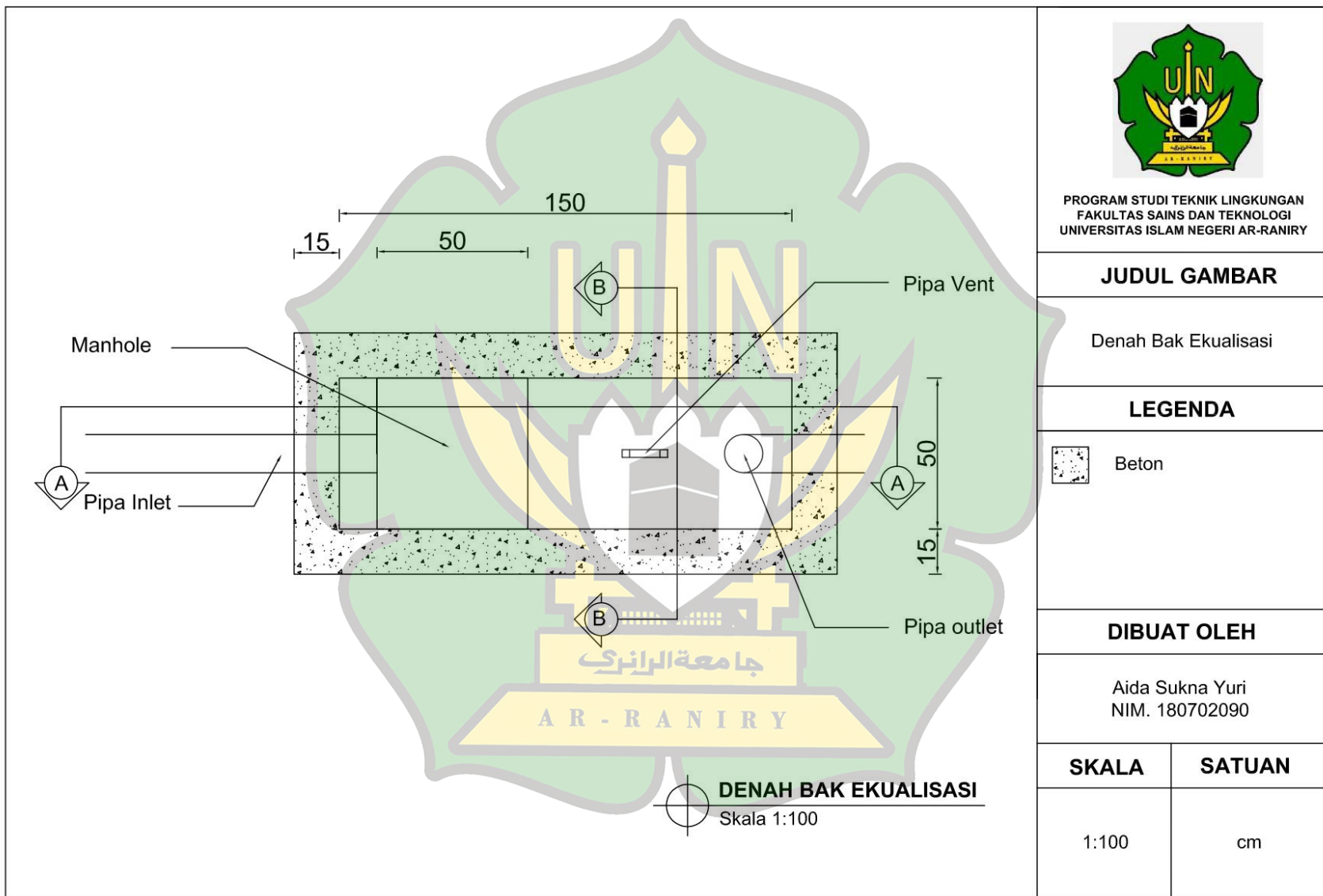
$$HRT_{\text{peak}} = \frac{1}{2} \times HRT$$

$$= \frac{1}{2} \times 0,417 \text{ jam}$$

$$= 0,21 \text{ jam}$$

Berdasarkan perhitungan tersebut, maka dimensi dan gambar desain bak ekualisasi yang direncanakan sebagai berikut.

- Panjang bak $= 1,26 \text{ m} \approx 1,5 \text{ m}$
- Lebar bak $= 0,42 \text{ m} \approx 0,5 \text{ m}$
- Kedalaman bak $= 2 \text{ m}$
- Kedalaman total bak $= 2,3 \text{ m}$



PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY

JUDUL GAMBAR

Denah Bak Ekualisasi

LEGENDA



Beton

DIBUAT OLEH

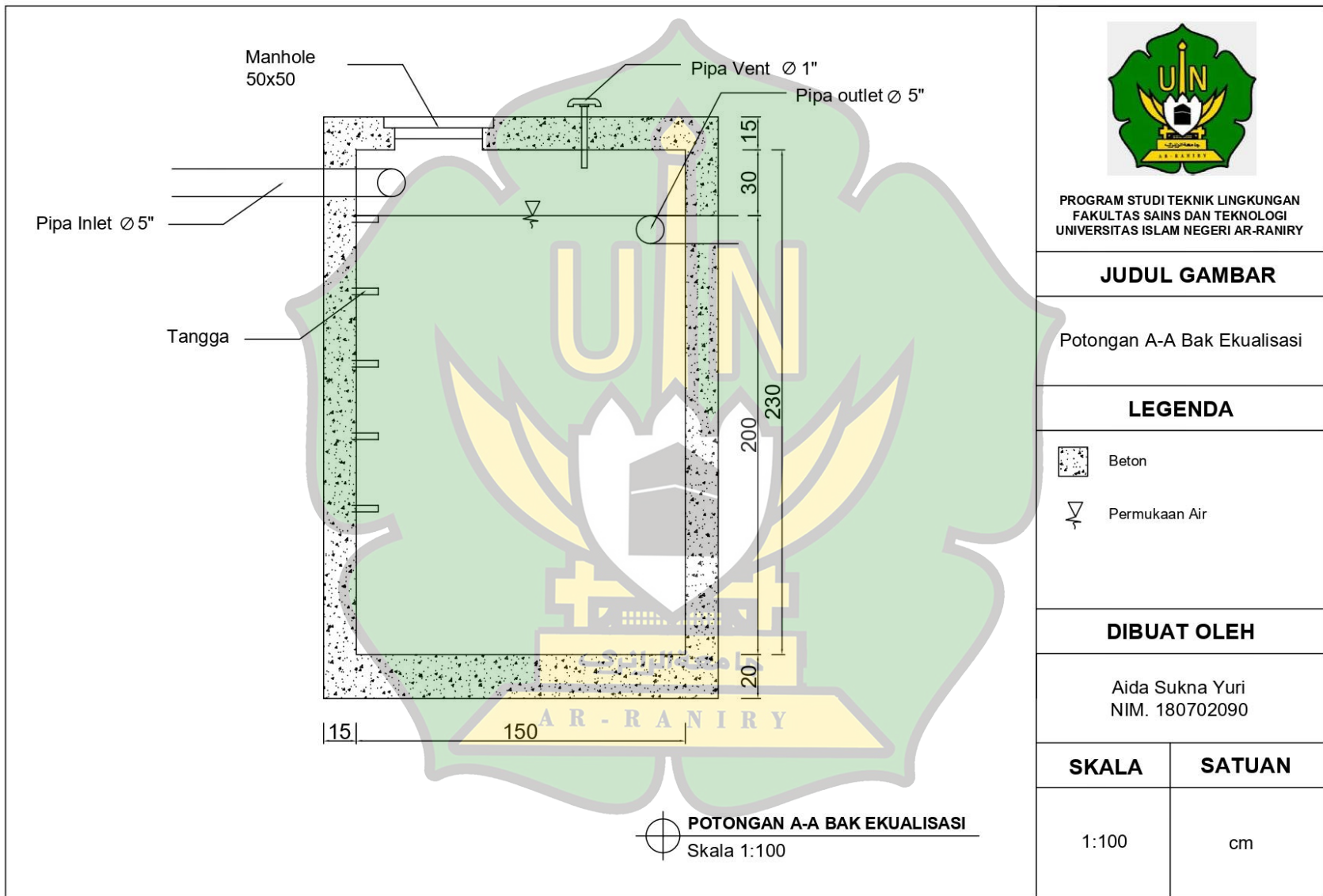
Aida Sukna Yuri
NIM. 180702090

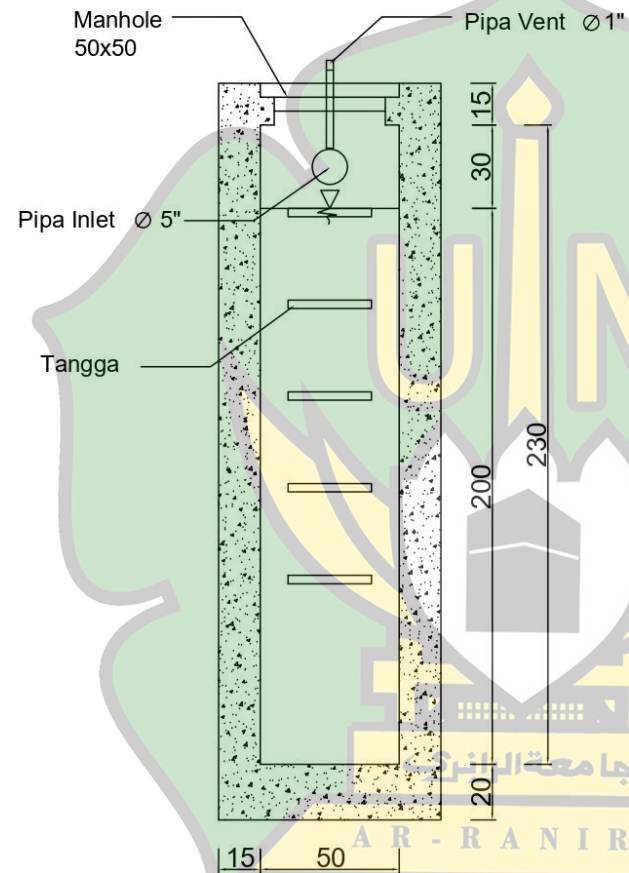
SKALA

1:100

SATUAN

cm





POTONGAN B-B BAK EKUALISASI
Skala 1:100



PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY

JUDUL GAMBAR

Potongan B-B Bak Ekualisasi

LEGENDA



Beton



Permukaan Air

DIBUAT OLEH

Aida Sukna Yuri
NIM. 180702090

SKALA

1:100

SATUAN

cm

4.4.2 Bak Sedimentasi

Bak sedimentasi berfungsi dalam menurunkan beban air limbah domestik dengan cara mengendapkan padatan-padatan tersuspensi secara gravitasi. CW yang rentan mengalami penyumbatan memerlukan bak sedimentasi untuk mengurangi beban air limbah domestik yang masuk ke unit CW. Pada perencanaan ini bak sedimentasi direncanakan terdiri dari 1 bak berbentuk persegi panjang dengan arah aliran horizontal. Adapun kriteria desain yang dipakai pada perencanaan bak sedimentasi dapat dilihat pada Tabel 4.5 sebagai berikut.

Tabel 4.5 Kriteria Desain Bak Sedimentasi

Parameter	Kriteria Desain	Satuan
• Rasio panjang: lebar • Kedalaman bak • Rasio panjang: lebar • Kedalaman bak	2:1 3 4:1 1,5	- m
Beban permukaan	30-45	m ³ /m ² .hari
HRT	0,5-3	Jam
Freeboard	0,5	m

(Sumber: KemenPUPR, 2018)

Perhitungan bak sedimentasi sesuai dengan asumsi kriteria desain pada Tabel 4.5 yang direncanakan sebagai berikut.

Direncanakan:

Kedalaman bak = 3 m

Rasio Panjang: Lebar = 2:1

Freeboard = 0,5 m

HRT = 2 jam $\approx$ 0,08 hari

Diketahui:

Konsentrasi TSS = 46 mg/L $\approx$ 0,046 kg/m³

Konsentrasi padatan = 5%

Densitas padatan = 2,65 kg/m³

Maka:

- Volume Bak Sedimentasi

$$V = Q \times \text{HRT}$$

$$= 63,336 \text{ m}^3/\text{hari} \times 0,08 \text{ hari} = 5,1 \text{ m}^3$$

- Luas Permukaan

$$\begin{aligned} \text{Luas permukaan} &= \frac{V}{h} \\ &= \frac{5,1 \text{ m}^3}{3 \text{ m}} \\ &= 1,7 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- Ketinggian Total

$$\begin{aligned} H_{\text{tot}} &= H_{\text{air}} + F_b \\ &= 3 \text{ m} + 0,5 \text{ m} \\ &= 3,5 \text{ m} \end{aligned}$$

- Rasio Panjang : Lebar = 2:1

$$2L \times L = \text{Luas permukaan}$$

$$2L^2 = 1,7 \text{ m}^2$$

$$L^2 = 0,85 \text{ m}^2$$

$$L = \sqrt{0,85} \text{ m}$$

$$L = 0,92 \text{ m}$$

$$\text{Panjang bak} = 2 \times \text{lebar bak}$$

$$= 2 \times 0,92 \text{ m}$$

$$= 1,84 \text{ m}$$

- Kesesuaian HRT

$$\text{HRT} = \frac{V}{Q}$$

$$= \frac{5,1 \text{ m}^3}{63,336 \text{ m}^3/\text{hari}}$$

$$= 0,08 \text{ hari}$$

Jadi, HRT dinyatakan sesuai

- Produksi Lumpur

$$\begin{aligned}
 \text{Massa lumpur} &= \text{Konsentrasi TSS} \times Q_{\text{Air limbah}} \times \text{Efisiensi penyisihan TSS} \\
 &= 0,046 \text{ kg/m}^3 \times 63,336 \text{ m}^3/\text{hari} \times 60\% \\
 &= 1,75 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

Produksi lumpur pada bak sedimentasi yaitu 1,75 kg/hari, maka dalam satu tahun produksi lumpur yang dihasilkan yaitu $1,75 \text{ kg/hari} \times 365 \text{ hari}$ yaitu 638,75 kg/tahun. Maka produksi lumpur dalam waktu pengurasan 2 tahun menjadi 1277,5 kg. Lumpur pada bak sedimentasi akan berkurang dalam waktu 2 tahun, dengan pengurangan sebesar 64% dari jumlah lumpur. Maka massa lumpur dalam waktu 2 tahun yaitu:

$$\begin{aligned}
 \text{Massa lumpur} &= (100-64)\% \times \text{Produksi Lumpur} \\
 &= 36\% \times 1277,5 \text{ kg} \\
 &= 459,9 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Densitas lumpur} &= \frac{(\text{kosentrasi padatan} \times \text{densitas padatan}) + (\text{kadar air} \times \text{densitas air})}{100\%} \\
 &= \frac{(5\% \times 2.65) + (95\% \times 1 \text{ kg/L})}{100\%} \\
 &= 1,0825 \text{ kg/L}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume produksi lumpur} &= \frac{\text{Massa lumpur dalam waktu pengurasan}}{\text{densitas lumpur}} \\
 &= \frac{459.9 \text{ kg}}{1.0825 \text{ kg/L}} \\
 &= 424,8 \text{ L} \\
 &= 0,4248 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tinggi lumpur} &= \frac{\text{Volume lumpur}}{\text{luas bak sedimentasi}} \\
 &= \frac{0.4248 \text{ m}^3}{2 \text{ m}^2} \\
 &= 0,21 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan produksi lumpur, ketinggian lumpur pada bak sedimentasi dalam waktu 2 tahun yaitu 0,21 m. Maka, pengurasan dilakukan dalam waktu 2 tahun dengan volume lumpur $0,4248 \text{ m}^3$.

- BOD Tersisihkan

$$= \text{Konsentrasi BOD} \times \text{Efisiensi penyisihan BOD}$$

$$= 15 \text{ mg/L} \times 32\%$$

$$= 4,8 \text{ mg/L}$$

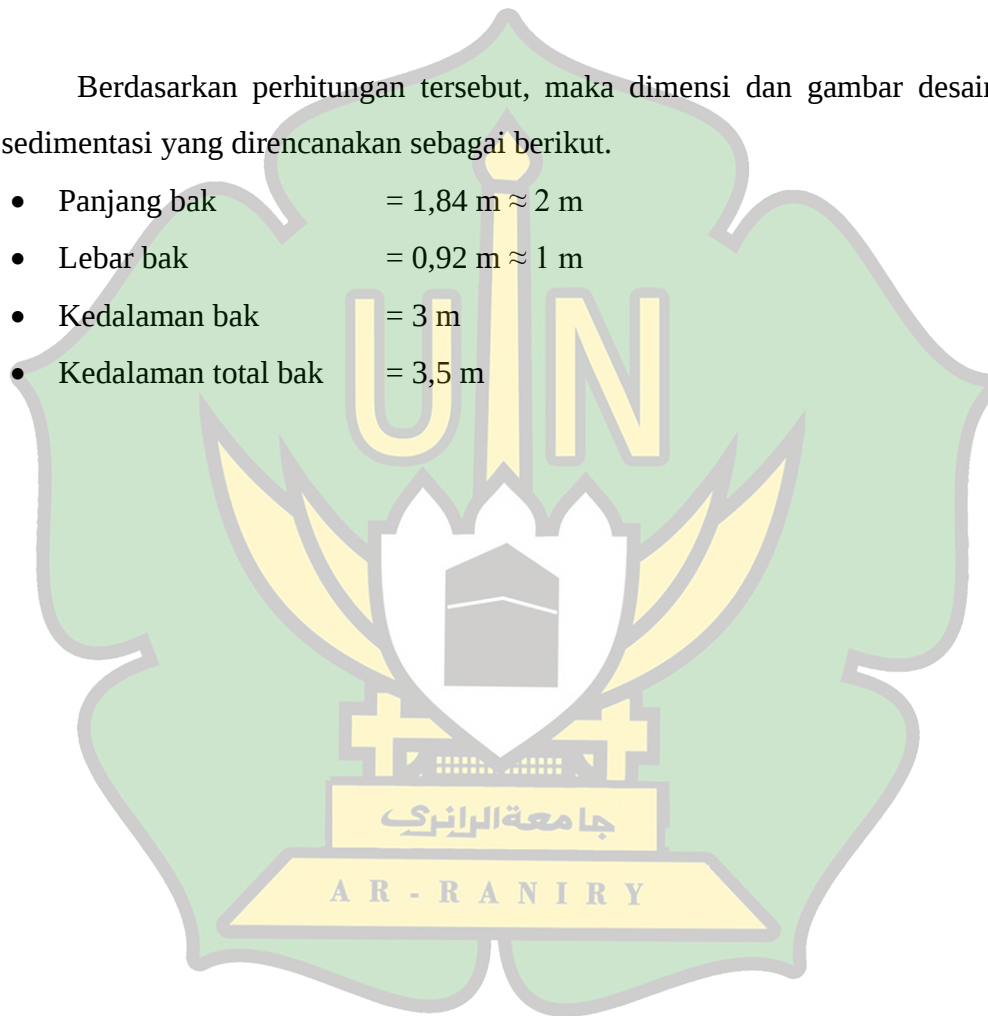
$$\text{BOD Efluen} = \text{BOD masuk} - \text{BOD tersisihkan}$$

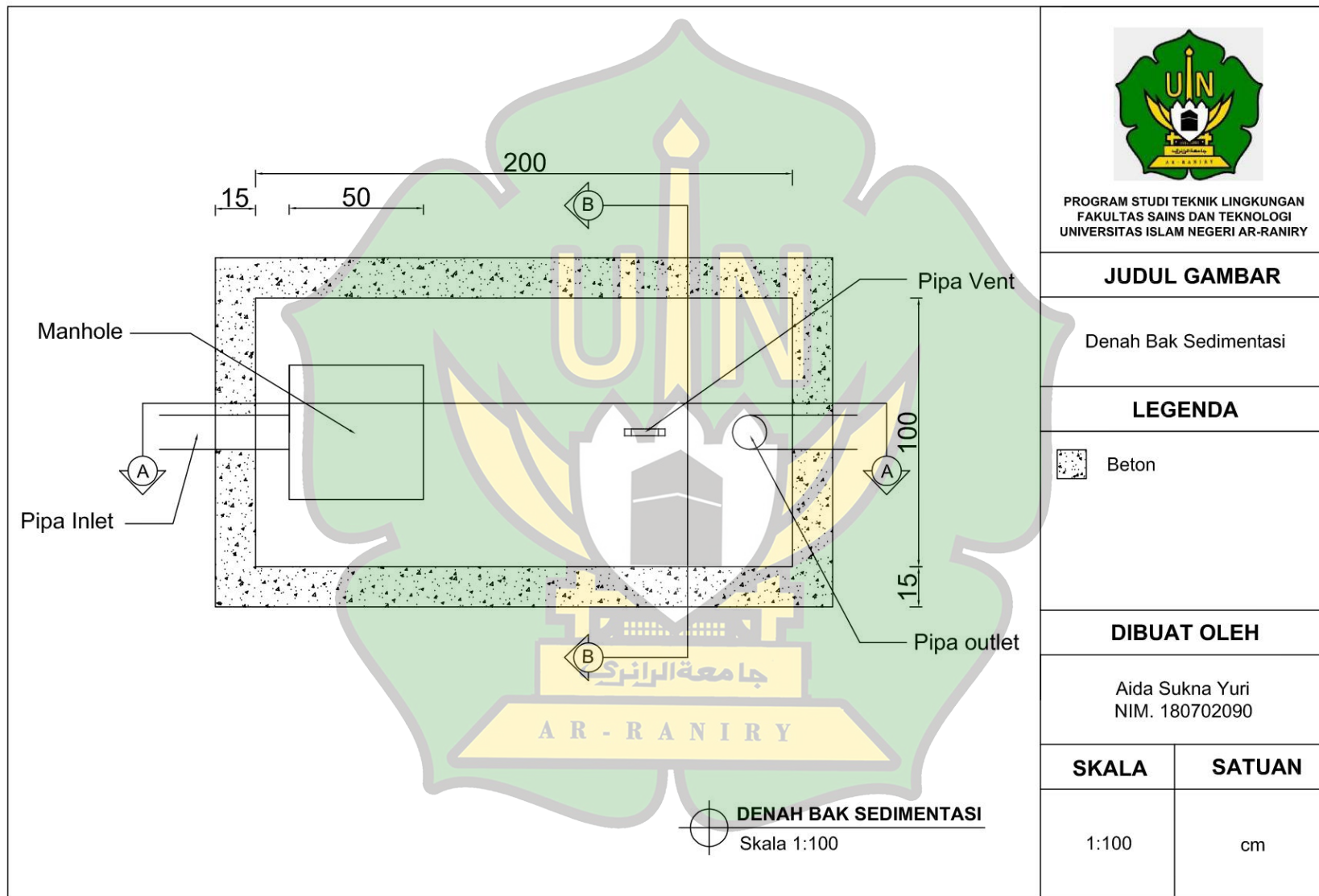
$$= 15 \text{ mg/L} - 4,8 \text{ mg/L}$$

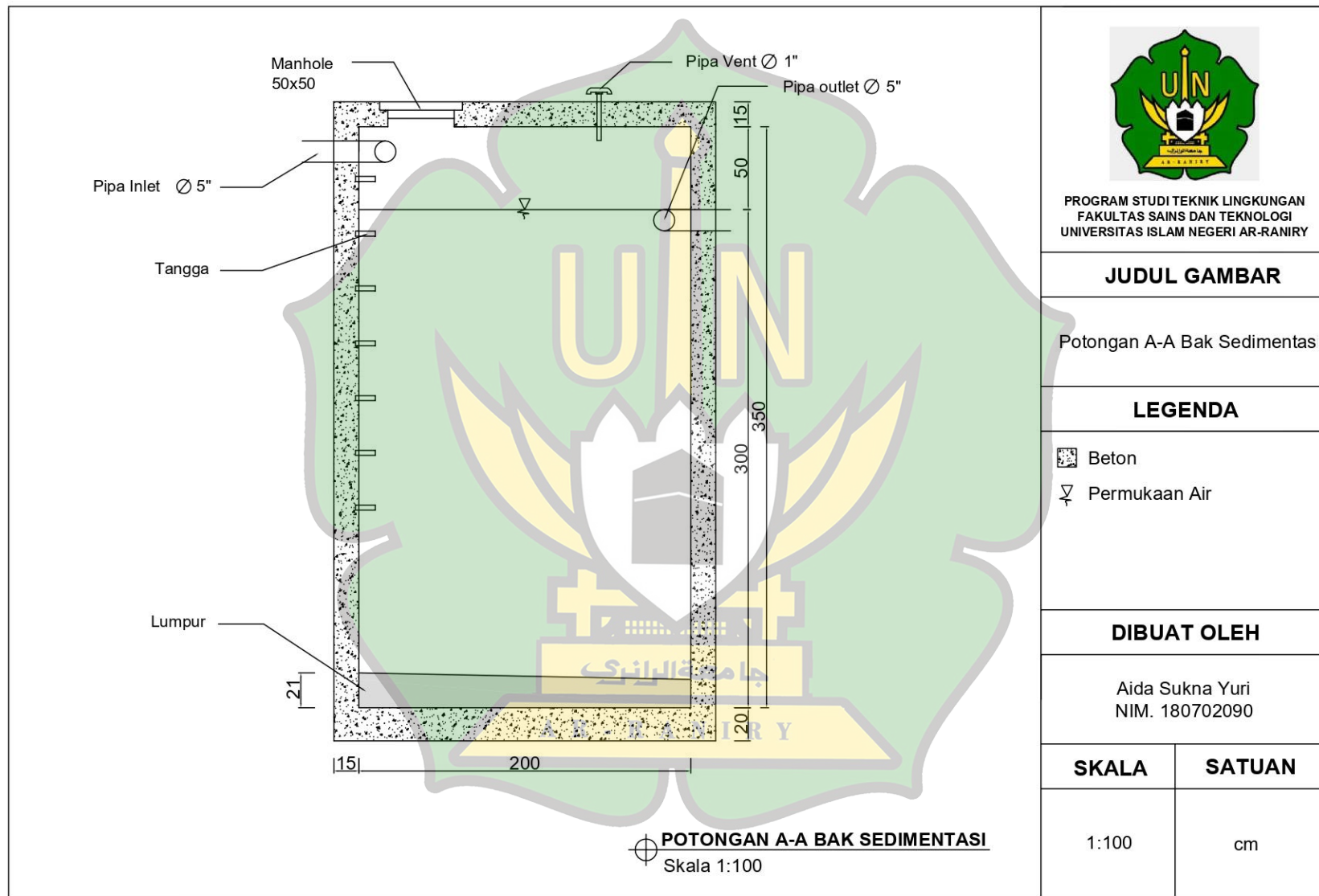
$$= 10,2 \text{ mg/L}$$

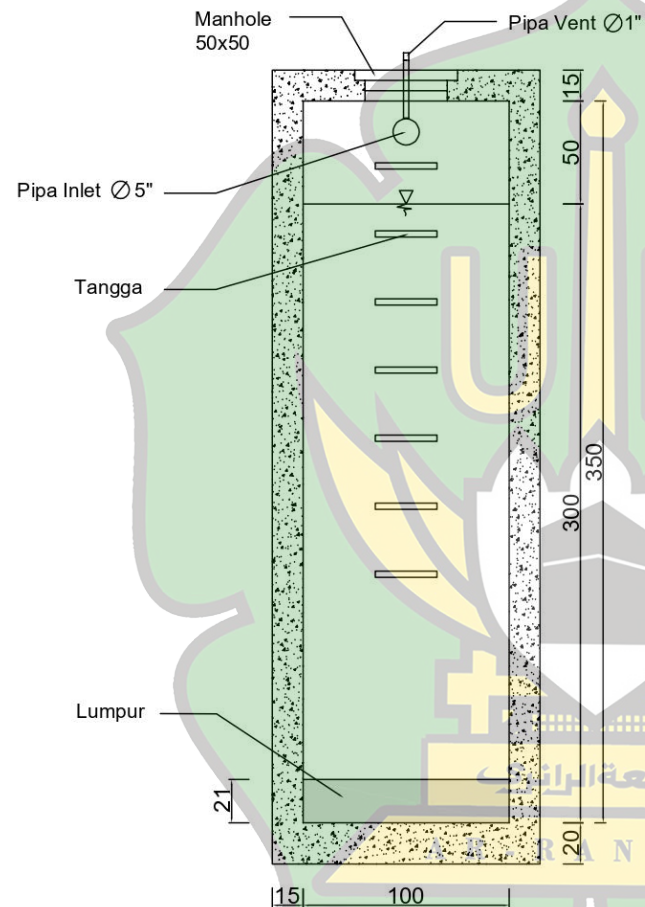
Berdasarkan perhitungan tersebut, maka dimensi dan gambar desain bak sedimentasi yang direncanakan sebagai berikut.

- Panjang bak $= 1,84 \text{ m} \approx 2 \text{ m}$
- Lebar bak $= 0,92 \text{ m} \approx 1 \text{ m}$
- Kedalaman bak $= 3 \text{ m}$
- Kedalaman total bak $= 3,5 \text{ m}$









POTONGAN B-B BAK SEDIMENTASI
Skala 1:100



PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY

JUDUL GAMBAR

Potongan B-B Bak Sedimentasi

LEGENDA

-  Beton
-  Permukaan Air

DIBUAT OLEH

Aida Sukna Yuri
NIM. 180702090

SKALA

1:100

SATUAN

cm

4.4.3 SSFCW

CW merupakan alternatif pengolahan air limbah domestik yang cukup kompleks dengan proses pengolahan berupa filtrasi, sedimentasi, biologis dan sebagainya. CW yang direncanakan pada perencanaan ini merupakan CW tipe SSF dengan arah aliran mengalir secara horizontal di bawah permukaan media berupa tanah, gravel halus dan gravel kasar. Adapun kriteria desain yang dipakai pada perencanaan SSFCW dapat dilihat pada Tabel 4.6 sebagai berikut.

Tabel 4.6 Kriteria Desain SSFCW

Parameter	Kriteria Desain	Satuan
Dasar CW	- Lapisan tanah liat dengan permeabilitas $K = 10^{-6}$ cm/s - Lapisan <i>geomembran</i>	-
<i>Freeboard</i>	30	cm
<i>Side slope</i>	3:1 sampai 10:1	-
Kedalaman kolam	0,5-1	m
Kedalaman air	<90 (75)	cm
Material filter	- Gravel halus Ø12-20 - Gravel kasar Ø20-40	mm
Laju beban hidraulik (HLR)	0,01-0,05	m/hari
Laju beban BOD maksimum	80-112	kg/ha.hari
HRT untuk menyisihkan polutan terlarut	5-14	Hari
HRT untuk menyisihkan polutan tersuspensi	0,5-3	Hari
Luas permukaan dibutuhkan	0,002-0,014	ha/m ³ .hari
Rasio panjang: lebar	4:1-6:1	-
Kedalaman air rata-rata	0,05-0,15	m
Rasio kemiringan dasar	3:1-10:1	-

(Sumber: KemenPUPR, 2018)

Perhitungan SSFCW sesuai dengan kriteria desain pada Tabel 4.6 yang direncanakan sebagai berikut.

Direncanakan:

Dasar CW lapisan tanah liat dengan permeabilitas $K = 10^{-6}$ cm/s

Freeboard = 30 cm

Kedalaman kolam = 0,9 m

Kedalaman air limbah = 75 cm $\approx$ 0,75 m

Material filter = Gravel halus Ø12-20, Gravel kasar Ø20-40 mm

Laju beban BOD maksimum = 100 kg/ha.hari

Rasio panjang: lebar = 4:1

Kedalaman air rata-rata = 0,15 m

Diketahui:

Debit puncak = 63,336 m³/hari

Konsentrasi TSS = 46 mg/L

Konsentrasi BOD = 15 mg/L

Konsentrasi COD = 42 mg/L

Konsentrasi Amonia = 3,87 mg/L

Konsentrasi *Total coliform* = 53333 Jumlah/100 mL

Suhu air, $T_A = 29^\circ\text{C}$

a. Perhitungan Dimensi SSFCW

- Laju Konstanta Penyisihan

Tabel 4.7 Koefisien Suhu untuk Konstanta Laju

Parameter	Penyisihan BOD
T_R	20
Residu (mg/L)	6
K_R (/hari)	1,104
θ_R	1,06

(Sumber: KemenPUPR, 2018)

$$\begin{aligned}
 K_T &= K_R \theta_R^{(T_A - T_R)} \\
 &= 1,104 \times 1,06^{(29 - 20)} \\
 &= 1,86 \text{ /hari}
 \end{aligned}$$

- Luas Permukaan yang Dibutuhkan

Porositas media (ε) yang digunakan yaitu 0,4 untuk kerikil berdiameter 25 mm. Efisiensi penyisihan BOD pada SSFCW mencapai 59,0-93,3%. Maka,

BOD Tersisihkan = Konsentrasi BOD $\times$ Efisiensi penyisihan BOD

$$= 15 \text{ mg/L} \times 60\%$$

$$= 9 \text{ mg/L}$$

$$\begin{aligned}
 \text{BOD Efluen} &= \text{BOD masuk} - \text{BOD tersisihkan} \\
 &= 15 \text{ mg/L} - 9 \text{ mg/L} \\
 &= 6 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{CW} &= \frac{Q(\ln C_0 - \ln C_e)}{K_T y \epsilon} \\
 &= \frac{63.336 \text{ m}^3/\text{hari} (\ln 15 \text{ mg/L} - \ln 6 \text{ mg/L})}{1.86/\text{hari} \times 0.9 \text{ m} \times 0.4} \\
 &= \frac{63.336 \text{ m}^3/\text{hari} (0.92)}{0.67 \text{ m/hari}} \\
 &= 86,97 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

- Rasio Panjang: Lebar = 4:1

$$4L \times L = \text{Luas permukaan}$$

$$4L^2 = 86,97 \text{ m}^2$$

$$L^2 = 21,74 \text{ m}^2$$

$$L = \sqrt{21,74} \text{ m}$$

$$L = 4,66 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang kolam} &= 4 \times \text{lebar bak} \\
 &= 4 \times 4,66 \text{ m} \\
 &= 18,64 \text{ m}
 \end{aligned}$$

- Kesesuaian Waktu Retensi Hidraulik (HRT)

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{Luas permukaan kolam} \times \text{Kedalaman kolam} \times \text{Porositas media}}{\text{Debit rerata influen}} \\
 &= \frac{86.97 \text{ m}^2 \times 0.9 \text{ m} \times 0.4}{63.336 \text{ m}^3/\text{hari}} \\
 &= \frac{31.31 \text{ m}^3}{63.336 \text{ m}^3/\text{hari}} \\
 &= 0,5 \text{ hari}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan kesesuaian HRT, sudah dapat menyisihkan polutan tersuspensi yaitu dalam 0,5-3 hari. Namun belum dapat menyisihkan polutan terlarut yang membutuhkan waktu 5-14 hari.

- Kesesuaian Laju Beban Hidraulik (HLR)

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{Debit rerata influen}}{\text{Luas permukaan kolam}} \\
 &= \frac{63.336 \text{ m}^3/\text{hari}}{86.97 \text{ m}^2} \\
 &= 0,73 \text{ m/hari}
 \end{aligned}$$

b. Efisiensi Unit Pengolahan

- BOD

$$\begin{aligned}
 \text{BOD efluen} &= C_i \exp \left(\frac{-A_{cw} K_{Ty} \epsilon}{Q} \right) \\
 &= 15 \text{ mg/L} \exp \left(\frac{-86.97 \text{ m}^2 \times 1.86 / \text{hari} \times 0.9 \text{ m} \times 0.4}{63.336 \text{ m}^3/\text{hari}} \right) \\
 &= 15 \text{ mg/L} \exp (-0.92) \\
 &= 15 \text{ mg/L} \times 0,398 \\
 &= 5,97 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Efisiensi penyisihan} &= \frac{\text{Konsentrasi influen} - \text{Konsentrasi efluen}}{\text{Konsentrasi influen}} \times 100\% \\
 &= \frac{15 \text{ mg/L} - 5.97 \text{ mg/L}}{15 \text{ mg/L}} \times 100\% \\
 &= 60\%
 \end{aligned}$$

- COD

Estimasi penyisihan = 95%

$$\text{COD Efluen} = C_i - 95\%$$

$$= 42 \text{ mg/L} - 95\%$$

$$= 2,1 \text{ mg/L}$$

- TSS

$$\text{TSS efluen} = C_i (0.1058 + 0.0011 \text{ HLR})$$

$$= 46 \text{ mg/L} [0.1058 + (0.0011 \times 0.73 \text{ m/hari})]$$

$$= 4,9 \text{ mg/L}$$

$$\text{Efisiensi penyisihan} = \frac{\text{Konsentrasi influen} - \text{Konsentrasi efluen}}{\text{Konsentrasi influen}} \times 100\%$$

$$= \frac{46 \text{ mg/L} - 4.9 \text{ mg/L}}{46 \text{ mg/L}} \times 100\%$$

$$= 89\%$$

- Amonia

$$\begin{aligned} \text{Amonia efluen} &= C_i \exp [-0,126(1,008)^{T-20} \text{HRT}] \\ &= 3,87 \text{ mg/L} \exp [-0,126(1,008)^{29-20}(0,5 \text{ hari})] \\ &= 3,87 \text{ mg/L} \exp (-0,068) \\ &= 3,87 \text{ mg/L} \times 0,934 \\ &= 3,6 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi penyisihan} &= \frac{\text{Konsentrasi influen} - \text{Konsentrasi efluen}}{\text{Konsentrasi influen}} \times 100\% \\ &= \frac{3.87 \text{ mg/L} - 3.6 \text{ mg/L}}{3.87 \text{ mg/L}} \times 100\% \\ &= 7\% \end{aligned}$$

- *Total coliform*

$$\begin{aligned} \text{Konsentrasi efluen} &= \frac{C_i}{[1 + (\text{HRT} \times K_T)]^n} \\ &= \frac{53333 \text{ Jumlah/100 mL}}{[1 + (0.5 \text{ hari} \times 1.86 / \text{hari})]^1} \\ &= \frac{53333 \text{ Jumlah/100 mL}}{1.93} \\ &= 27633,7 \text{ Jumlah/100mL (belum memenuhi baku mutu)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi penyisihan} &= \frac{\text{Konsentrasi influen} - \text{Konsentrasi efluen}}{\text{Konsentrasi influen}} \times 100\% \\ &= \frac{53333 \text{ Jumlah/100 mL} - 27633.7 \text{ Jumlah/100 mL}}{53333 \text{ Jumlah/100 mL}} \times 100\% \\ &= 48\% \end{aligned}$$

Penyisihan *total coliform* pada HRT 0,5 hari belum dapat memenuhi baku mutu sesuai PerMenLHK No. P.68/Menlhk-Setjen/2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik. Maka dilakukan perhitungan kembali untuk penyisihan *total coliform* dengan HRT yang berbeda sebagai berikut.

- Luas Permukaan yang Dibutuhkan untuk Mencapai Proses Penyisihan *total coliform*

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{HRT} \times \text{debit rerata influen}}{\text{kedalaman kolam} \times \text{porositas media}} \\
 &= \frac{10 \text{ hari} \times 63.336 \text{ m}^3/\text{hari}}{0.9 \text{ m} \times 0.4} \\
 &= \frac{633.36 \text{ m}^3}{0.36 \text{ m}} \\
 &= 1759,3 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

- Rasio Panjang: Lebar = 4:1

$$4L \times L = \text{Luas permukaan}$$

$$4L^2 = 1759,3 \text{ m}^2$$

$$L^2 = 439,8 \text{ m}^2$$

$$L = \sqrt{439,8} \text{ m}$$

$$L = 20,97 \text{ m}$$

$$\text{Panjang bak} = 4 \times \text{lebar bak}$$

$$= 4 \times 20,97 \text{ m}$$

$$= 83,88 \text{ m}$$

- Kesesuaian Waktu Retensi Hidraulik (HRT)

$$= \frac{\text{Luas permukaan kolam} \times \text{Kedalaman kolam} \times \text{Porositas media}}{\text{Debit rerata influen}}$$

$$= \frac{1759.3 \text{ m}^2 \times 0.9 \text{ m} \times 0.4}{63.336 \text{ m}^3/\text{hari}}$$

$$= \frac{633.34 \text{ m}^3}{63.336 \text{ m}^3/\text{hari}}$$

$$= 10 \text{ hari (sesuai, sudah dapat menyisihkan polutan terlarut 5-14 hari)}$$

- Kesesuaian Laju Beban Hidraulik (HLR)

$$= \frac{\text{Debit rerata influen}}{\text{Luas permukaan kolam}}$$

$$= \frac{63.336 \text{ m}^3/\text{hari}}{1759.3 \text{ m}^2}$$

$$= 0,04 \text{ m/hari (sesuai, 0,01-0,05 m/hari)}$$

Maka penyisihan *total coliform*,

$$\begin{aligned}
 \text{Konsentrasi efluen} &= \frac{C_i}{[1+(HRT \times K_T)]^n} \\
 &= \frac{53333 \text{ Jumlah}/100 \text{ mL}}{[1+(10 \text{ hari} \times 1.86 / \text{hari})]^1} \\
 &= \frac{53333 \text{ Jumlah}/100 \text{ mL}}{19.6} \\
 &= 2721,1 \text{ Jumlah}/100 \text{ mL} \text{ (sudah memenuhi baku mutu)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Efisiensi penyisihan} &= \frac{\text{Konsentrasi influen} - \text{Konsentrasi efluen}}{\text{Konsentrasi influen}} \times 100\% \\
 &= \frac{53333 \text{ Jumlah}/100 \text{ mL} - 2721.1 \text{ Jumlah}/100 \text{ mL}}{53333 \text{ Jumlah}/100 \text{ mL}} \times 100\% \\
 &= 95\%
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan tersebut, luas permukaan kolam yang dibutuhkan dalam menyisihkan *total coliform* untuk memenuhi baku mutu membutuhkan luas lahan yang sangat luas 1759,3 m². Pada perencanaan ini luas lahan cukup terbatas, maka luas lahan yang dipakai untuk perencanaan SSFCW ialah luas lahan 86,97 m² dengan HRT 0,5 hari yang sudah dapat menyisihkan parameter TSS dengan persentase penyisihan 89% di bawah baku mutu dan *total coliform* 48% meskipun belum dapat memenuhi baku mutu.

- Kerapatan tanaman

Pemilihan tanaman dapat lebih dari satu jenis tanaman yang disesuaikan berdasarkan keefektifan tanaman dalam menyisihkan polutan dan nilai estetika tanaman. SSFCW pada perencanaan ini ditanami dengan satu jenis tanaman yaitu *Cyperus rotundus* L. atau yang lebih dikenal dengan rumput teki, yang ditemukan pada area perencanaan. Menurut Yustiana dkk. (2019), tanaman rumput teki memiliki panjang daun hingga 50 cm. Maka dapat diasumsikan kerapatan tanaman pada perencanaan ini yaitu 2 tanaman per meter persegi. Pada media peyangga tidak ditanami tanaman, asumsi luas penyangga 11,2% dari luas keseluruhan SSFCW yaitu 10,63 m², maka luas media tanam yaitu 84,37 m², sehingga jumlah tanaman yang dibutuhkan sebagai berikut.

$$\text{Kebutuhan tanaman} = \text{Luas media tanam} \times \text{Kerapatan tanaman}$$

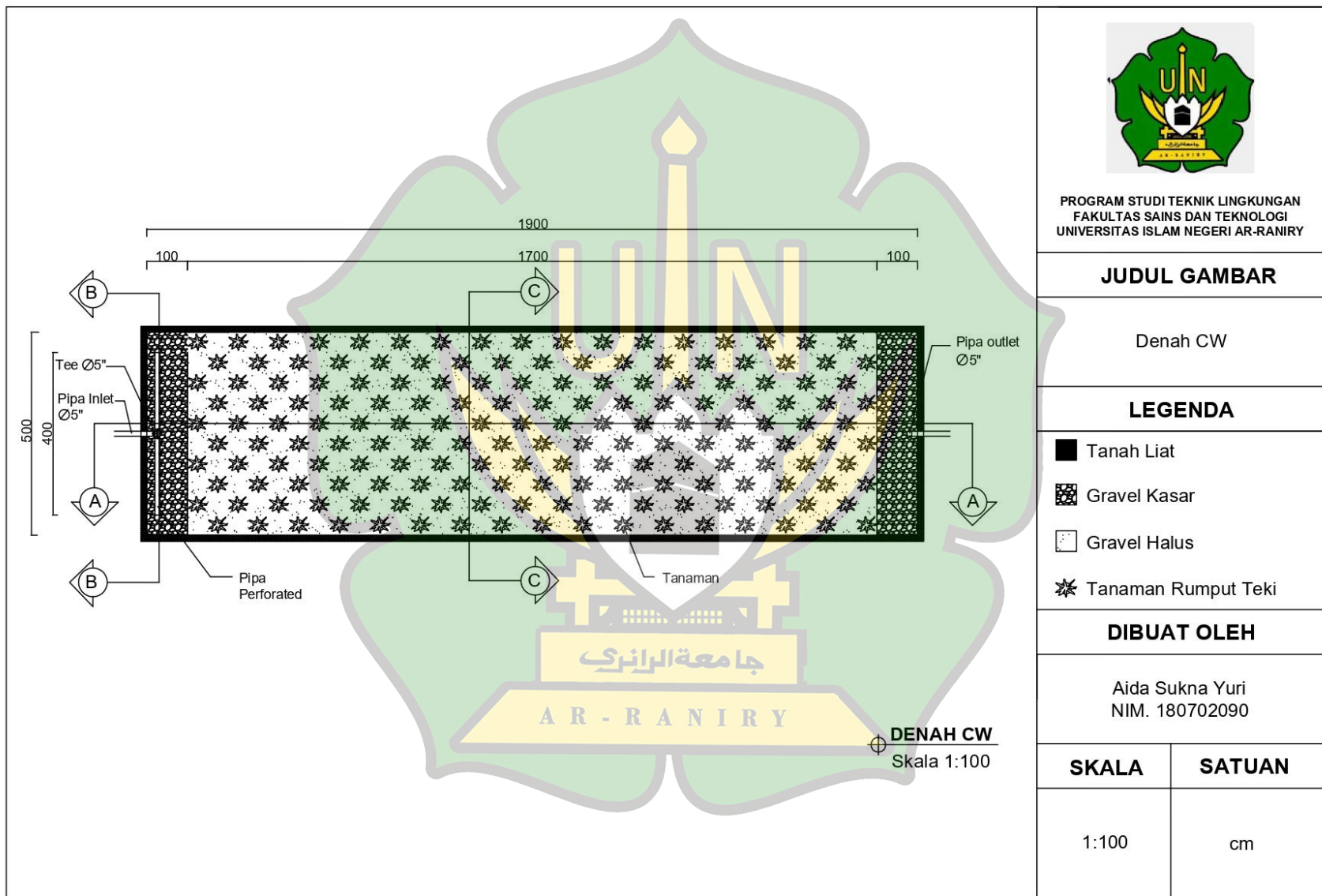
$$= 84,37 \text{ m}^2 \times 2 \text{ tanaman/m}^2$$

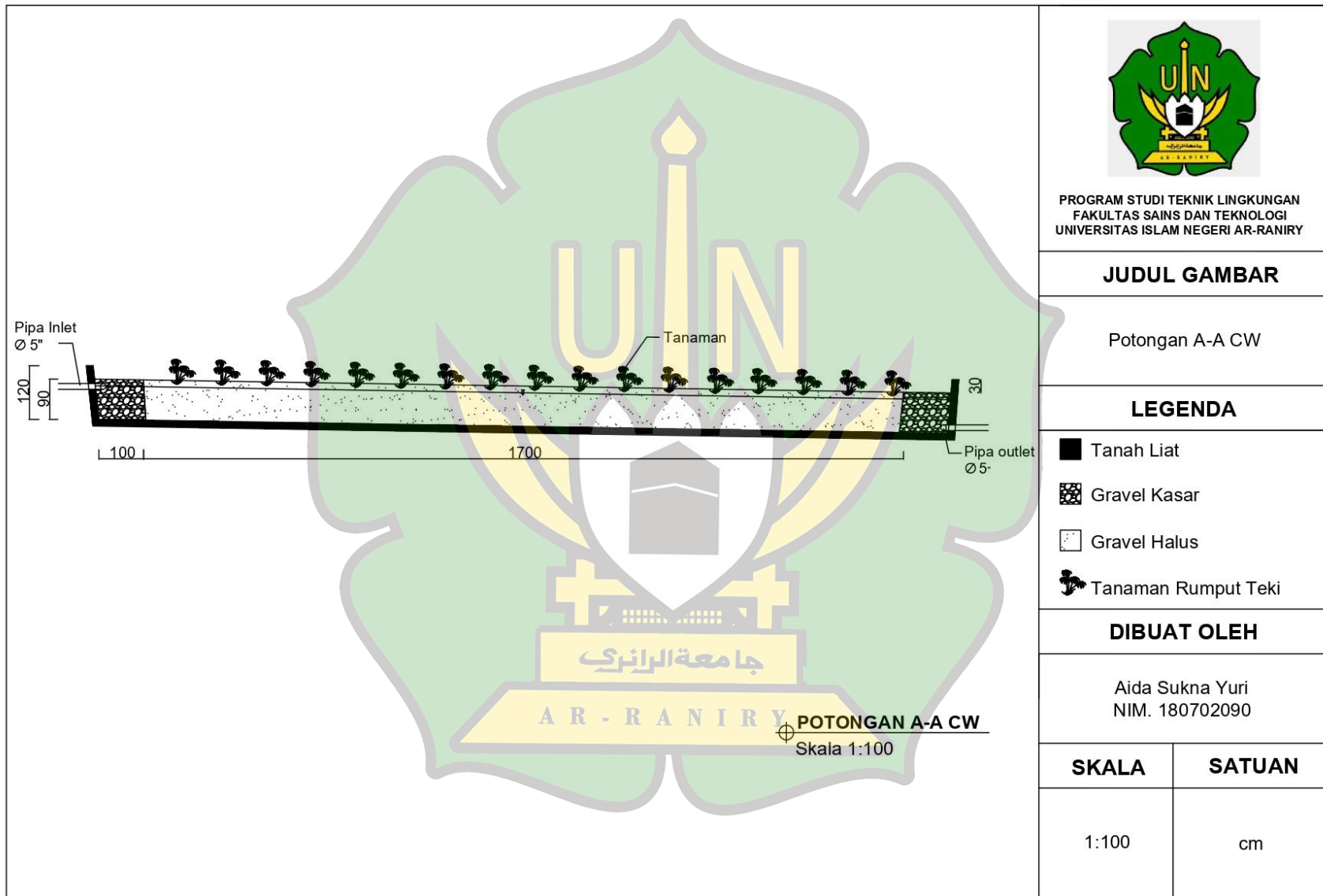
$$= 169 \text{ tanaman}$$

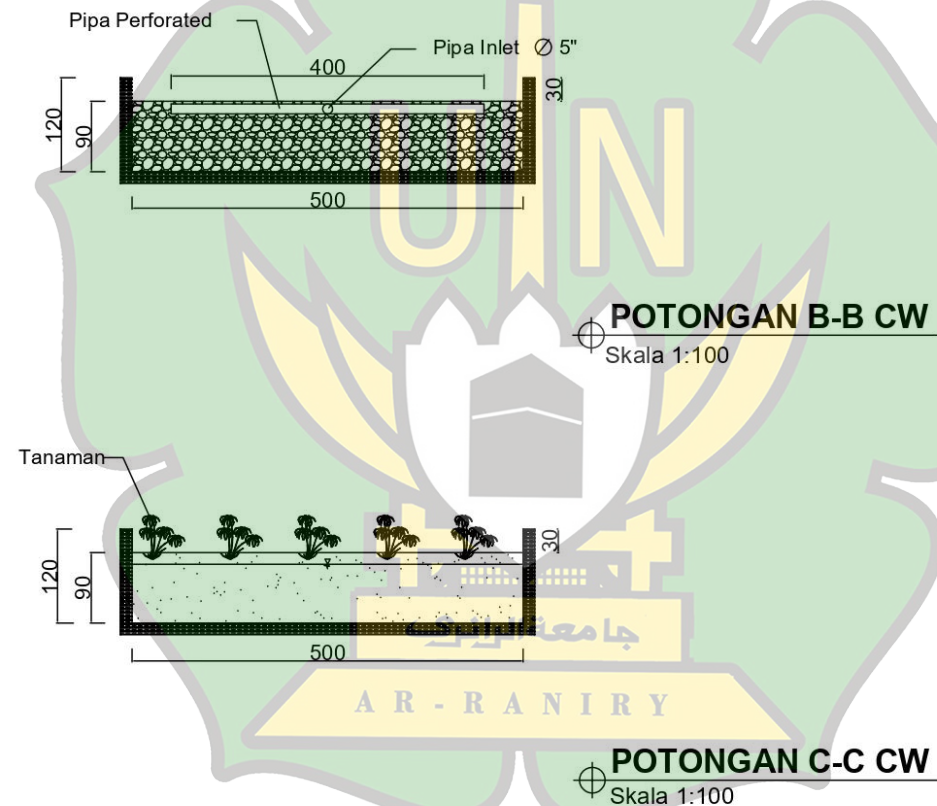
Berdasarkan perhitungan tersebut, maka dimensi dan gambar desain SSFCW yang direncanakan sebagai berikut.

- Panjang kolam = 18,64 m $\approx$ 19 m
- Lebar kolam = 4,66 m $\approx$ 5 m
- Kedalaman kolam = 0,9 m
- Kedalaman total kolam = 1,2 m









PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY

JUDUL GAMBAR

Potongan B-B & C-C CW

LEGENDA

- Tanah Liat
- ▣ Gravel Kasar
- Gravel Halus
- ✿ Tanaman Rumpuk Teki

DIBUAT OLEH

Aida Sukna Yuri
NIM. 180702090

SKALA

1:100

SATUAN

cm

Tabel 4.8 Rekap Dimensi Unit Pengolahan Air Limbah Domestik Perumahan Lam Trieng Madani

Unit	Jumlah Unit	Panjang (m)	Lebar (m)	Kedalaman total (m)	Luas Lahan (m ²)
Bak Ekualisasi	1	1,5	0,5	2,3	0,75
Bak Sedimentasi	1	2	1	3,5	2
SSFCW	1	19	5	1,2	95
Total	3				97,75

(Sumber: Analisis, 2023)

Berdasarkan Rekap pada Tabel 4.8 didapatkan luas lahan keseluruhan unit yaitu 97,75 m². Unit tersebut direncanakan dibangun pada lahan seluas 370 m². Adapun layout IPALD CW Kombinasi dapat dilihat pada Lampiran 4. Pada perencanaan ini, pipa digunakan untuk mengalirkan air limbah pada inlet dan outlet antar unit pengolahan. Penentuan material pipa harus memenuhi kriteria perencanaan yaitu kuat dan tahan lama, dapat menahan tekanan dari material sekeliling pipa, dan sambungan antar pipa harus kuat dan fleksibel. Adapun material pipa yang digunakan pada perencanaan ini yaitu material *polyvinyl chloride* (PVC) yang umumnya digunakan pada kawasan pemukiman. Adapun spesifikasi pipa dengan material PVC dapat dilihat pada Tabel 4.9 berikut ini.

Tabel 4.9 Spesifikasi Pipa

Jenis Material	Diameter yang tersedia	Panjang Pipa	Referensi Standar	Potensi Korosi dan erosi	Kekuatan
PVC	4-15 inc	4,0-6,1 m	ASTM D3034 ASTM D3350 SNI 06-0162-1987 SNI 8153:2015	Tidak	Baik

(Sumber: KemenPUPR, 2018)

Pada perencanaan ini aliran air didesain mengalir secara gravitasi sehingga harus didesain dengan asumsi nilai rasio d/D berkisar 0,6-0,8. Pipa PVC memiliki koefisien kekasaran manning yaitu berkisar antara 0,002 – 0,012. Kecepatan aliran air limbah domestik pada pipa berkisar antara 0,6 m/detik hingga 3 m/detik dalam kondisi setengah penuh atau parsial agar mengurangi terjadinya endapan pasir atau padatan dikarenakan memiliki kemampuan *self cleansing* dan mencegah adanya pengikisan pada pipa.

4.5 Pengoperasian dan Pemeliharaan

Pada setiap unit pengolahan air limbah domestik tidak ada pengoperasian khusus, air limbah domestik masuk dan keluar mengalir secara gravitasi tanpa menggunakan pompa untuk mengurangi penggunaan biaya dalam pengoperasian. Pemeliharaan yang dilakukan pada setiap unit pengolahan sebagai berikut.

4.5.1 Pemeliharaan Bak Ekualisasi

Adapun pemeliharaan pada bak ekualisasi sebagai berikut.

1. Mengamati aliran air limbah domestik yang mengalir ke dalam bak ekualisasi.
2. Apabila aliran mengalami penyumbatan atau tidak lancar, sumbatan harus segera dibersihkan dari sampah atau pasir dan sebagainya yang menyumbat aliran.
3. Memperlancar aliran dengan cara mengeluarkan air dan membersihkan permukaan penyaring.
4. Bersihkan endapan lumpur pada bak ekualisasi secara berkala.
5. Tempatkan lumpur, sampah, pasir dan sebagainya ke dalam bak atau wadah khusus.

4.5.2 Pemeliharaan Bak Sedimentasi

Adapun pemeliharaan pada bak sedimentasi sebagai berikut (KemenPUPR, 2013).

1. Buang lumpur pada periode tertentu sesuai perencanaan, misal setiap 6 bulan atau setiap tahun. Pada perencanaan ini pengurasan lumpur dilakukan dalam 2 tahun sekali.
2. Kumpulkan dan buang sampah yang mengapung di atas air.
3. Lumpur dapat disedot dengan pompa lumpur, pompa *vacuum*, pompa angkat dengan udara, atau bisa memakai jasa mobil sedot tinja.
4. Tempatkan lumpur atau sampah pada kolam pengering lumpur.
5. Kumpulkan lumpur yang telah kering pada kolam pengering tersebut secara periodik, buang ke pembuangan lumpur, atau gunakan sebagai pupuk.

4.5.3 Pemeliharaan SSFCW

Adapun pemeliharaan pada SSFCW sebagai berikut.

1. Memeriksa saluran masuk dan keluarnya air limbah untuk mencegah terjadinya sumbatan.
2. Memeriksa ketinggian air pada CW tipe SSF ketinggian air dijaga dalam rentang 5-15 cm, agar CW tidak dalam keadaan tergenang.
3. Memangkas tanaman setiap minggu untuk regenerasi.
4. Membersihkan CW dari daun atau pohon yang telah mati, atau tanaman yang tidak diperlukan, sampah serta kotoran lain yang berada pada permukaan CW.
5. Melakukan pengecekan dan pencatatan pH dengan menggunakan kertas lakmus maupun pH meter untuk mempertahankan pH pada keadaan normal.
6. Melakukan analisis sampel air limbah pada *inlet* dan *outlet* CW setiap bulan.
7. Mengganti media tanaman dengan menyiapkan media kerikil dan tanaman yang akan digunakan untuk mengganti media.
8. Menutup *inlet* CW selama proses penggantian media.
9. Mengeluarkan kerikil dan tanaman yang ada di dasar kolam.
10. Mengganti media kerikil lama dengan media kerikil yang baru.
11. Menanami kembali dengan tanaman baru atau tanaman lama yang masih bisa digunakan.
12. Membuka kembali *inlet* CW dan mengalirkan kembali aliran air limbah ke dalam CW.

4.6 Usulan Pengolahan Tambahan

Berdasarkan hasil perhitungan yang didapatkan, perencanaan ini sudah dapat menyisihkan parameter TSS di bawah baku mutu dengan persentase penyisihan 89%. Namun pada parameter *total coliform* dengan persentase penyisihan 48% belum dapat memenuhi baku mutu dikarenakan tingginya kadar parameter *total coliform* yaitu 53333 Jumlah/100mL dan setelah pengolahan 27633,7 Jumlah/100mL. Penyisihan *total coliform* dengan menggunakan teknologi SSFCW membutuhkan HRT yang lebih lama yaitu 10 hari, dengan persentase penyisihan mencapai 95% agar dapat memenuhi baku mutu air limbah

domestik. HRT yang lebih lama pada SSFCW membutuhkan lahan yang lebih luas. Dapat dikatakan HRT pada SSFCW berbanding lurus dengan luas lahan, semakin lama HRT maka semakin luas lahan yang dibutuhkan.

Berdasarkan hal tersebut, karena luas lahan yang dibutuhkan untuk menyisihkan *total coliform* agar memenuhi baku mutu sangat luas mencapai 1759,3 m², maka diusulkan penambahan alternatif lain untuk menyisihkan *total coliform* yaitu dengan penambahan bak disinfeksi. Disinfeksi merupakan salah satu proses yang efektif dalam menyisihkan *total coliform* yang terdapat dalam air limbah domestik dengan penggunaan bahan kimia yang disebut disinfektan seperti penambahan klorin atau kaporit (Ca(ClO)₂). Kaporit dapat menghambat pernapasan mikroorganisme sehingga menyebabkan kematian sel mikroba. Berdasarkan penelitian Putra (2022) penambahan kaporit dapat menurunkan kadar *total coliform* pada air limbah domestik hingga 99,85%.

4.7 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Perhitungan RAB diperlukan untuk mengetahui perkiraan biaya yang dibutuhkan untuk membangun IPALD di Perumahan Lam Trieng Madani. Pedoman penyusunan RAB terdapat pada Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 1 Tahun 2022 tentang Pedoman Penyusunan Perkiraan Biaya Pekerjaan Konstruksi Bidang Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. RAB dihitung berdasarkan hasil perhitungan volume pekerjaan yang dikalikan dengan harga satuan tiap pekerjaan yang mengacu pada Keputusan Gubernur Aceh Nomor 030/820/2022 tentang Penetapan Standar Harga Satuan Barang dan Jasa Pemerintah Aceh Tahun Anggaran 2023 dan aplikasi RAB *online* Estimator.id. Adapun RAB IPALD CW Kombinasi di Perumahan Lam Trieng Madani dapat dilihat pada Tabel 4.10 dan Tabel 4.11 sebagai berikut.

Tabel 4.10 RAB Pembangunan IPALD CW Kombinasi

No.	Uraian Pekerjaan	Volume	Satuan	Analisa	Harga Satuan	Jumlah Harga
	BIAYA PEROLEHAN LAHAN					
1	Pembelian Lahan	370	m ²	Taksir	Rp417.000,00	Rp154.290.000,00
	PEKERJAAN BAK EKUALISASI					
a	Pekerjaan Persiapan					
1	Pembersihan Lahan	5,04	m ²	AHSP 1.1.f (c)	Rp5.136,92	Rp25.890,08
2	Pengukuran dan Pemasangan <i>Bouwplank</i>	9,2	m ¹	AHSP 1.1.d (c)	Rp164.278,15	Rp1.511.358,98
	Jumlah					Rp1.537.249,06
b	Pekerjaan Tanah					
1	Penggalian Tanah	6,35	m ³	AHSP 1.7.1.a (c)	Rp65.067,68	Rp413.179,77
2	Penimbunan pasir pada bawah lantai	0,23	m ³	AHSP 1.7.14.e (a)	Rp417.658,57	Rp96.061,47
3	Pengurugan Tanah Kembali	2,31	m ³	AHSP 1.7.14.a (a)	Rp28.253,07	Rp65.264,59
	Jumlah					Rp574.505,83
c	Pekerjaan Beton					
1	Lantai Bak					
	Pembesian	12,83	Kg	AHSP 2.2.6 (a)	Rp25.006,03	Rp320.827,36
	Bekisting	1,04	m ²	AHSP B.11.c	Rp181.515,26	Rp188.775,87
	Pembuatan Campuran Beton Manual K-275	0,29	m ³	AHSP 2.2.1.2.h (a)	Rp980.874,49	Rp284.453,60
	Bongkar Bekisting	1,44	m ²	AHSP B.18.a	Rp3.424,61	Rp4.931,44
2	Dinding Bak					
	Pembesian	124,26	kg	AHSP 2.2.6 (a)	Rp25.006,03	Rp3.107.249,29
	Bekisting	25,48	m ²	AHSP B.15.c	Rp206.115,31	Rp5.251.818,10

No.	Uraian Pekerjaan	Volume	Satuan	Analisa	Harga Satuan	Jumlah Harga
	Pembuatan Campuran Beton Manual K-275	1,91	m ³	AHSP 2.2.1.2.h (a)	Rp980.874,49	Rp1.873.470,28
	Bongkar Bekisting	1,44	m ²	AHSP B.18.a	Rp3.424,61	Rp4.931,44
3	Atap Bak					
	Pembesian	8,88	kg	AHSP 2.2.6 (a)	Rp25.006,03	Rp222.053,55
	Bekisting	0,78	m ²	AHSP B.11.c	Rp181.515,26	Rp141.581,90
	Pembuatan Campuran Beton Manual K-275	0,22	m ³	AHSP 2.2.1.2.h (a)	Rp980.874,49	Rp215.792,39
	Bongkar Bekisting	1,44	m ²	AHSP B.18.a	Rp3.424,61	Rp4.931,44
	Jumlah					Rp11.620.816,65
d	Pekerjaan Pipa					
1	Pemasangan Pipa PVC Ø 5 inci	1,4	m	AHSP 4.1.4 (c)	Rp122.512,50	Rp171.517,50
	Jumlah					Rp171.517,50
e	Pekerjaan Lain-Lain					
1	Pembersihan Akhir	2,31	m ²	Taksir	Rp13.925,39	Rp32.167,65
	Jumlah					Rp32.167,65
	Jumlah Total					Rp13.936.256,69
	PEKERJAAN BAK SEDIMENTASI					
a	Pekerjaan Persiapan					
1	Pembersihan Lahan	7,59	m ²	AHSP 1.1.f (c)	Rp5.136,92	Rp38.989,22
2	Pengukuran dan Pemasangan <i>Bouwplank</i>	11,2	m ²	AHSP 1.1.d (c)	Rp164.278,15	Rp1.839.915,28
	Jumlah					Rp1.878.904,50
b	Pekerjaan Tanah					

No.	Uraian Pekerjaan	Volume	Satuan	Analisa	Harga Satuan	Jumlah Harga
1	Penggalian Tanah	16,43	m ³	AHSP 1.7.1.a (c)	Rp71.488,83	Rp1.174.561,48
2	Penimbunan pasir pada bawah lantai	0,42	m ³	AHSP 1.7.14.e (a)	Rp417.658,57	Rp175.416,60
3	Pengurugan Tanah Kembali	4,5	m ³	AHSP 1.7.14.a (a)	Rp28.253,07	Rp127.138,82
	Jumlah					Rp1.477.116,89
c	Pekerjaan Beton					
1	Lantai Bak					
	Pembesian	25,67	Kg	AHSP 2.2.6 (a)	Rp25.006,03	Rp641.904,79
	Bekisting	1,44	m ²	AHSP B.11.c	Rp181.515,26	Rp261.381,97
	Pembuatan Campuran Beton Manual K-275	0,6	m ³	AHSP 2.2.1.2.h (a)	Rp980.874,49	Rp588.524,69
	Bongkar Bekisting	2,99	m ²	AHSP B.18.a	Rp3.424,61	Rp10.239,58
2	Dinding Bak					
	Pembesian	247,05	Kg	AHSP 2.2.6 (a)	Rp25.006,03	Rp6.177.739,71
	Bekisting	52,56	m ²	AHSP B.15.c	Rp206.115,31	Rp10.833.420,69
	Pembuatan Campuran Beton Manual K-275	3,94	m ³	AHSP 2.2.1.2.h (a)	Rp980.874,49	Rp3.864.645,49
	Bongkar Bekisting	2,99	m ²	AHSP B.18.a	Rp3.424,61	Rp10.239,58
3	Atap Bak					
	Pembesian	20,85	Kg	AHSP 2.2.6 (a)	Rp25.006,03	Rp521.375,73
	Bekisting	1,08	m ²	AHSP B.11.c	Rp181.515,26	Rp196.036,48
	Pembuatan Campuran Beton Manual K-275	0,45	m ³	AHSP 2.2.1.2.h (a)	Rp980.874,49	Rp441.393,52
	Bongkar Bekisting	2,99	m ²	AHSP B.18.a	Rp3.424,61	Rp10.239,58
	Jumlah					Rp23.557.141,83
d	Pekerjaan Pipa					
1	Pemasangan Pipa PVC Ø 5 inc	0,8	m	AHSP 4.1.4 (c)	Rp122.512,50	Rp98.010,00
	Jumlah					Rp98.010,00

No.	Uraian Pekerjaan	Volume	Satuan	Analisa	Harga Satuan	Jumlah Harga
e	Pekerjaan Lain-Lain					
1	Pembersihan Akhir	4,16	m ²	Taksir	Rp13.925,39	Rp57.929,62
	Jumlah					Rp57.929,62
	Jumlah Total					Rp27.069.102,85
	PEKERJAAN SSFCW					
a	Pekerjaan Persiapan					
1	Pembersihan Lahan	120	m ²	AHSP 1.1.f (c)	Rp5.136,92	Rp616.430,40
2	Pengukuran dan Pemasangan Bowplank	52	m ²	AHSP 1.1.d (c)	Rp164.278,15	Rp8.542.463,80
	Jumlah					Rp9.158.894,20
b	Pekerjaan Tanah					
1	Penggalian Tanah	114	m ³	AHSP 1.7.1.a (c)	Rp57.790,37	Rp6.588.102,18
2	Pemadatan Tanah	95	m ²	AHSP 1.7.14.c (a)	Rp58.280,34	Rp5.536.632,30
3	Penimbunan Gravel	85,5	m ³	AHSP 1.7.14.e (a)	Rp417.658,57	Rp35.709.807,74
	Jumlah					Rp47.834.542,22
c	Pekerjaan Pipa					
1	Pemasangan Pipa PVC Ø 5 inc	6	m	AHSP 4.1.4 (c)	Rp122.512,50	Rp735.075,00
2	Pemasangan Tee Ø 5 inc	1	buah	AHSP 4.3.15 (c)	Rp284.791,43	Rp284.791,43
	Jumlah					Rp1.019.866,43
d	Pekerjaan Lain-Lain					
1	Penanaman Tumbuhan	85	m ²	Taksir	Rp27.921,54	Rp2.373.330,90
2	Pembersihan Akhir	95	m ²	Taksir	Rp13.925,39	Rp1.322.912,05

No.	Uraian Pekerjaan	Volume	Satuan	Analisa	Harga Satuan	Jumlah Harga
	Jumlah					Rp3.696.242,95
	Jumlah Total					Rp61.709.545,80

(Sumber: Analisis, 2023)

Tabel 4.11 Rekap RAB Pembangunan IPALD

No.	Uraian Pekerjaan	Bak Ekualisasi	Bak Sedimentasi	SSFCW	Jumlah Harga
1	Biaya Perolehan Lahan				Rp154.290.000,00
2	Pekerjaan Persiapan	Rp1.537.249,06	Rp1.878.904,50	Rp9.158.894,20	Rp12.575.047,76
3	Pekerjaan Tanah	Rp574.505,83	Rp1.477.116,89	Rp47.834.542,22	Rp49.886.164,94
4	Pekerjaan Beton	Rp11.620.816,65	Rp23.557.141,83	-	Rp35.177.958,48
5	Pekerjaan Pipa	Rp171.517,50	Rp98.010,00	Rp1.019.866,43	Rp1.289.393,93
6	Pekerjaan Lain-Lain	Rp32.167,65	Rp57.929,62	Rp3.696.242,95	Rp3.786.340,22
				Jumlah Harga	Rp257.004.905,33
				PPN 10%	Rp25.700.490,53
				Total Harga	Rp282.705.395,87

(Sumber: Analisis, 2023)

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang diperoleh dari tugas akhir ini sebagai berikut:

1. Debit puncak air limbah domestik pada Perumahan Lam Trieng Madani yaitu $63,336 \text{ m}^3/\text{hari}$. Kualitas air limbah domestik dari hasil uji sampel rata-rata untuk parameter pH 7,72, TSS 46 mg/L, BOD 15 mg/L, COD 42 mg/L, amonia 3,87 mg/L, dan *total coliform* 53333 jumlah/100mL. Berdasarkan PerMenLHK No. P.68/Menlhk-Setjen/2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik, terdapat 2 parameter yang melebihi baku mutu yaitu TSS dan *total coliform*.
2. Dimensi IPALD dengan teknologi CW Kombinasi untuk dimensi bak ekualisasi $1,5 \text{ m} \times 0,5 \text{ m} \times 2,3 \text{ m}$ dengan lahan yang dibutuhkan $0,75 \text{ m}^2$, bak sedimentasi dengan dimensi $2 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 3,5 \text{ m}$ lahan yang dibutuhkan 2 m^2 dan dimensi SSFCW $19 \text{ m} \times 5 \text{ m} \times 1,2 \text{ m}$ dengan lahan yang dibutuhkan 95 m^2 . IPALD CW Kombinasi direncanakan dibangun pada lahan seluas 370 m^2 .
3. Rencana anggaran biaya (RAB) yang dibutuhkan dalam membangun IPALD CW Kombinasi di Perumahan Lam Trieng Madani, Kecamatan Kuta Baro, Kabupaten Aceh Besar yaitu sebesar Rp.282.705.395,87.

5.2 Saran

Adapun saran yang Penulis ajukan untuk tugas akhir ini sebagai berikut:

1. Perencanaan ini hanya berfokus pada unit pengolahan maka perlu dilakukan perencanaan pada unit pelayanan dan perpipaan air limbah domestik perumahan Lam Trieng Madani.
2. Perlu dilakukan perencanaan pengolahan tambahan untuk penyisihan parameter *total coliform* yang masih melebihi baku mutu.
3. Desain yang dilakukan masih berupa gambar desain belum mencakup secara detail maka perlu dilengkapi kembali untuk *detail engineering design* (DED) IPALD.

4. Pengoperasian dan pemeliharaan unit IPALD yang tertera pada tugas akhir ini masih secara umum sehingga perlu dibuat tata cara pengoperasian dan pemeliharaan yang lebih rinci.
5. Perlu dilakukan peninjauan kembali mengenai hasil yang didapatkan dengan keadaan lapangan sebelum diterapkan, termasuk survei kemauan masyarakat dalam pembangunan IPALD.



DAFTAR PUSTAKA

- Armus, R., Muhammad, I. M., Efbertias, S., Octoviaus, S. P., Julhim, S. T., Mahyati., Ismail, M., Emi, M., Muhammad, S., & Faizah, M. (2022). *Dasar-Dasar Proses Pengolahan Limbah*. Medan: Yayasan Kita Menulis. <http://repository.poliupg.ac.id/id/eprint/2269>
- Ayu, W. F. G., & Frebhika, S. P. P. (2021). Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Domestik dengan Metode *Constructed Wetland* di Perumahan Bumi Ciruas Permai 1 Kabupaten Serang. *Jurnal Lingkungan dan Sumber Daya Alam (Jurnal)*, 4(2), 130-141. <https://doi.org/10.47080/jls.v4i2.1461>
- Badan Pusat Statistik. (2023). *Kabupaten Aceh Besar Dalam Angka 2023*. Jantho: BPS Kabupaten Aceh Besar. <https://acehbesarkab.bps.go.id/publication.html?Publikasi%5BtahunJudul%5D=2023&Publikasi%5BkataKunci%5D=aceh+besar&Publikasi%5BcekJudul%5D=0&yt0=Tampilkan>
- Dewi, N. R., Hadisoebroto, R., & Fachrul, M. F. (2019). Removal of Ammonia and Phosphate Parameters from Greywater Using *Vetiveria Zizanioides* in Subsurface-Constructed Wetland. *Journal of Physics: Conference Series*, 1402 (033012), 1-6. <http://dx.doi.org/10.1088/1742-6596/1402/3/033012>
- Dimara, C. F. Y., Cindy, J. S., & M. I. Jasin. (2020). Perencanaan Sistem Jaringan Pengolahan Air Limbah Domestik di Kelurahan Banjer Ling.V Kecamatan Tikala. *Jurnal Sipil Statik*, 8(3), 431-442. <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/jss/article/view/29890>
- Ditjen Cipta Karya PU. (2018). Modul Proyeksi Kebutuhan Air Dan Identifikasi Pola Fluktuasi Pemakaian Air. https://bpsdm.pu.go.id/center/pelatihan/uploads/edok/2018/11/920dd_2_Pr oyeksi_Kebutuhan_Air_dan_Identifikasi_Pola_Fluktuasi_Pemakaian_Air.docx.pdf.
- Duma, A. T., Isri, R. M., & Roski, R. I. L. (2022). Evaluasi Kinerja dan Operasional Instalasi Pengolahan Air Limbah Komunal di Kelurahan Girian Indah Kecamatan Girian Kota Bitung. *Jurnal Tekno*, 20(82), 797-808. <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/tekno/article/view/44845>
- Erwin, P. E., Tri, J., & Hanan, L. D. (2017). Efektifitas *Constructed Wetlands* Tipe *Subsurface Flow System* Dengan Menggunakan Tanaman *Cyperus rotundus* untuk Menurunkan Kadar Fosfat dan COD Pada Limbah Cair Laundry. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 5(1), 444-449. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jkm/article/view/15794/15268>

- Fadanelli, L. E. A., Alceu, G. D. A. F., Giovana, K. W. , & Maria, M. R. D. (2019). Considerations on Design and Implementation Parameters of Domestic Wastewater Treatment by Subsurface Flow Constructed Wetlands. *Journal Technical*, 24(4), 809-819. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522019102334>
- Fan, Y., Xudong, W., Ling, S., Mengyao, .H., Bin, C., Jing, M., Ping, W., & Guoqian, C. (2021). Can Constructed Wetlands be More Land Efficient Than Centralized Wastewater Treatment Systems? a Case Study Based on Direct and Indirect Land Use. *Elsevier: Journal Science of the Total Environment*, 770 (144841), 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144841>
- Gunes, K., Fabio, M., Selma, A., Bilal, T., & Mehmet, B. (2021). Domestic Wastewater and Surface Runoff Treatment Implementations by Constructed Wetlands for Turkey: 25 Years of Experience. *Elsevier: Journal Ecological Engineering*, 170 (106369), 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2021.106369>
- Husnabilah, A., “Perencanaan *Constructed Wetland* untuk Pengolahan *Grey Water* Menggunakan Tumbuhan *Canna indica* (Studi Kasus: Kelurahan Keputih Surabaya),” Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2016. https://repository.its.ac.id/75052/1/3312100064-Undergraduate_Thesis.pdf
- Ibrahim, R., “Pengembangan Model Pengolahan *Greywater* Menggunakan *Constructed Wetland* Melalui Simbiosis Mutualisme *Hydrophyta* Dengan Mikoriza,” Sekolah Pascasarjana Universitas Hasanuddin, Makassar, 2018. <http://repository.unhas.ac.id/id/eprint/3417/>
- Justin, L. D., David, O. O., & Kunle, O. B. (2022). Performance Assessment of Local Aquatic Macrophytes for Domestik Wastewater Treatment in Nigerian Communities: a Review. *CePress: Journal Heliyon*, 8 (10093), 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e10093>
- Kasman, M., Anggrika, R., Salmariza, S., & Muhammad, R. (2018). Reduksi Pencemar Limbah Cair Industri Tahu dengan Tumbuhan Melati Air (*Echinodorus Palaefolius*) Dalam Sistem Kombinasi *Constructed Wetland* dan Filtrasi. *Jurnal Litbang Industri*, 8(1), 39-46. <https://doi.org/10.24960/jli.v8i1.3832.39-46>
- Kataki, S., Soumya, C., Mohan, G. V., Sanjai, K. D., & Dharmendra, K. G. (2021). Constructed Wetland, an Eco-Technology for Wastewater Treatment: a Review on Types of Wastewater Treated and Components of The Technology (Macrophyte, Biofilm and Substrate). *Elsevier: Journal of Environmental Management*, 283 (111986), 1-31. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.111986>

- Kementerian Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat. (2013). *Materi Bidang Air Limbah II Diseminasi dan Sosialisasi Keteknikan Bidang PLP*. Jakarta: Direktorat Pengembangan Penyehatan Lingkungan Permukiman. https://www.academia.edu/18836931/Buku_2_Air_Limbah_Plus_Cover
- Kementerian Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat. (2017). *Buku A: Panduan Perhitungan Bangunan Pengolahan Lumpur Tinja*. Jakarta: Direktorat Pengembangan Penyehatan Lingkungan Permukiman. https://www.academia.edu/39213960/Buku_A_Pedoman_DED_IPLT_Penghitungan_Bangunan_Pengolahan_Lumpur_Tinja
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2018). *BUKU A: Panduan Perencanaan Teknik Terinci Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik Terpusat (SPALD-T)*. Jakarta: Direktorat Pengembangan Penyehatan Lingkungan Permukiman. http://ciptakarya.pu.go.id/plp/upload/peraturan/Buku_A_SPALDT.pdf
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2018). *BUKU A Panduan Perencanaan Teknik Terinci Bangunan Pengolahan Lumpur Tinja*. Jakarta: Direktorat Pengembangan Penyehatan Lingkungan Permukiman. <https://www.slideshare.net/lestarirachmawati5/pedoman-perencanaan-teknik-terinci-iplt-buku-a>
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2018). *BUKU B: Panduan Perencanaan Teknik Terinci Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik Terpusat (SPALD-T)*. Jakarta: Direktorat Pengembangan Penyehatan Lingkungan Permukiman. <https://www.scribd.com/document/466769891/Buku-B-SPALDT>
- Khalifa, M. E., Yasmeen, G. A. E. R., Mohamed, I. A., & Fady. W. R. (2020). Effect of Media Variation on The Removal Efficiency of Pollutants From Domestic Wastewater in Constructed Wetland Systems. *Elsevier: Journal Ecological Engineering*, 143 (105668), 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2019.105668>
- Kholif, M. A. (2020). *Pengelolaan Air Limbah Domestik*. Surabaya: Scopindo Media Pustaka. https://www.google.co.id/books/edition/PENGELOLAAN_AIR_LIMBAH_DOMESTIK/_nb2DwAAQBAJ?hl=id&gbpv=1&dq=Pengelolaan+Air+Limbah+Domestik.+Surabaya:+Scopindo+Media+Pustaka.&pg=PR2&printsec=frontcover
- Loshinta, M., Haryati, B. S., & Guruh, P. (2020). Pengaruh Kedalaman Rhizofeora Tanaman Melati Air (*Echinodorus palaefolius*) Terhadap Kuantitas Oksigen Terlarut Pada Sistem *Sub Surface Vertical Flow Constructed Wetland*. *Jurnal Jistin*, 4(2), 70-76. <https://doi.org/10.32524/saintek.v4i2.157>

- Maliga, Iga., Chay, A., & Efan, Y. W. (2021). Analisis Keberlanjutan Pengendalian Pencemaran Air Limbah Domestik *Greywater* Menggunakan Teknologi Lahan Basah Buatan. *Jurnal Sumber Daya Air*, 17(1), 13-24. <https://doi.org/10.32679/jsda.v17i1.654>
- Mere, Y. J., Bagus, W. D. S., & Baiq, R. S. D. (2021). Prediksi Air Limbah Domestik (Kelola Swadaya Masyarakat Hidup Sehat) IPAL Komunal, Desa Kebon Ayu Kecamatan Gerung Kabupaten Lombok Barat. *Jurnal Sosial Sains dan Teknologi*, 1(2), 88-92. <http://journal.unmasmataram.ac.id/index.php/SOSINTEK/article/viewFile/256/236>
- Modeong, M. G. A., Isri, R. M., & Roski R. I. L. (2022). Desain IPAL Komunal *Subsurface Constructed Wetland* Sebagai Pengolahan Air Limbah Domestik di Kelurahan Karame Kota Manado. *Jurnal Tekno*, 20(81), 179-187. <https://ejournal.unsrat.ac.id/v3/index.php/tekno/article/view/42218/37367>
- Natsir, M. F., Amaludin., Astisa, A. L., & Anzakiyah, D. F. (2021). Analisis Kualitas BOD, COD, dan TSS Limbah Cair Domestik (*Grey Water*) Pada Rumah Tangga di Kabupaten Maros 2021. *Jurnal Nasional Ilmu Kesehatan (JNIK)*, 4(1), 20-25. <https://journal.unhas.ac.id/index.php/jnik/article/view/14668>
- Nivala, J., Ghidaa, A., Thomas, A., Iyad, A. Z., Bassim, A., Gi, W., Manfred, V. A., & Roland, A. M. (2019). Vertical Flow Constructed Wetlands for Decentralized Wastewater Treatment in Jordan: Optimization of Total Nitrogen Removal. *Elsevier: Journal Science of the Total Environment*, 671, 495-504. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.03.376>
- Noor, S. G., Eko, N., & Anita, R. (2021). Studi Perencanaan *Constructed Wetland* untuk Pengolahan *Grey Water* di Perumahan Taman Candiloka, Kecamatan Candi Kabupaten Sidoarjo. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 11(1), 35-48. <http://riset.unisma.ac.id/index.php/ft/article/view/14095>
- Oktavia, L., Catur, L. W., & Muchammad, T. (2021). Pengaruh Kombinasi Media Tanah dan Pasir Terhadap Penurunan Kadar BOD dan COD pada Limbah Domestik Rumah Makan Menggunakan Tumbuhan *Cyprus*. *BioWallacea: Jurnal Penelitian Biologi*, 8(1), 52-58. https://www.academia.edu/85451396/Pengaruh_Kombinasi_Media_Tanah_dan_Pasir_Terhadap_Penurunan_Kadar_BOD_dan_COD_pada_Limbah_Domestik_Rumah_Makan_Menggunakan_Tumbuhan_Cyprus
- Osbel, N. D. Gustavo, S. C., Gislayne, A. O., Lúcia, R. R., Fagner, P. D. S., Adriane, L. R., Diosnel, A. R. L., Carlos, A. L., Elizandro, O. S., Lourdes, T. K., & Ênio, L. M. (2020). Hybrid Constructed Wetlands for The Treatment of Urban Wastewaters: Increased Nutrient Removal and Landscape Potential. *Elsevier: Journal Ecological Engineering*, 158 (106072), 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2020.106072>

- Peraturan Gubernur Aceh. 2022. Keputusan Gubernur Aceh Nomor 030/820/2022 Tentang Penetapan Standar Harga Satuan Barang dan Jasa Pemerintah Aceh Tahun Anggaran 2023. Banda Aceh: Pemerintah Provinsi Aceh.
- Pemerintah Republik Indonesia. 2016. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 68 Tahun 2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik. Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia.
<https://ppkl.menlhk.go.id/website/filebox/5/170314114854P.68%20BAKU%20MUTU%20LIMBAH%20DOMESTIK.pdf>
- Pemerintah Republik Indonesia. 2022. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 1 Tahun 2022 Tentang Pedoman Penyusunan Perkiraan Biaya Pekerjaan Konstruksi Bidang Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia.
https://jdih.pu.go.id/detail-dokumen/2932/1#div_cari_detail
- Perdana, M. C., Sutanto, H. B., & Prihatmo, G. (2018). Vertical Subsurface Flow (VSSF) Constructed Wetland for Domestic Wastewater Treatment. *Journal IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 148 (012025), 1-9.
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/148/1/012025>
- Picauly, M. J., “Fitoremediasi Dengan *Constructed Wetland* Menggunakan *Eichhornia crassipes* (Mart) Solms, *Pistia stratiotes* L. dan *Equisetum hyemale* L., untuk Mengolah Limbah Cair Domestik Perumahan BTN Serta Pengaruhnya Pada Pertumbuhan Caisim (*Brassica juncea* L.),” Universitas Timor, Kefamenanu, 2022.
<http://repository.unimor.ac.id/190/7/SKRIPSI%20MERINDA%20J.%20PIC AULY.pdf>
- Pokja Sanitasi Kabupaten Aceh Besar. (2020). *NAWASIS Pemutakhiran SSK Kab. Aceh Besar Tahun 2015-2019*. Aceh Besar.
<https://www.nawasis.org/portal/download/digilib/679-pemutakhiran-ssk-kab-aceh-besar-2015-2019-pdf.pdf>
- Pratama, H. A., “Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Domestik Yayasan Pondok Pesantren Al-Jaly Kabupaten Bangkalan,” Universitas Islam Negeri Sunan Ampel, Surabaya, 2022.
<http://digilib.uinsby.ac.id/52101/>
- Prihatini, N. S., Nanang, S. A., Indah, N., Rijali, N., & Badaruddin, M. (2022). Perancangan Bangunan Pengolahan Grey Water Dengan Sistem Lahan Basah Buatan Aliran Bawah Permukaan (LBB-AHBP) Skala Kelurahan. *Jurnal Pengabdian Pada Masyarakat*, 7(1), 1-14.
<http://jurnal.unmabanten.ac.id/index.php/jppm/article/download/4/24/>

- Putra, O. S. H., “Evaluasi Desain Instalasi Pengolahan Air Limbah Komunal Tirtomili, Yogyakarta,” Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, 2022. <https://dspace.uui.ac.id/handle/123456789/42713>
- Rahmawati, A., Eko, N., Ginanjar, N.S., & M. Iqbal, S. (2022). Perencanaan Sistem Lahan Basah Buatan Dalam Pengolahan Limbah Cair Domestik Menggunakan Tanaman *Cyperus papyrus*. *Jurnal Envirotek: Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, 14(2), 164-168. <https://doi.org/10.33005/envirotek.v14i2.231>
- Raihan, M., “Pengaruh Kerapatan Tumbuhan Mensiang (*Scripus Grossus*) dan Tumbuhan Teki Ladang (*Cyperus rotundus*) Dalam Pengolahan Air Limbah Domestik,” Universitas Hasanuddin, Makassar, 2022. <http://repository.unhas.ac.id/id/eprint/23049/>
- Ravikumar, Y., Junhua, Y., Guoyan, Z., Hossain, M. Z., & Xianghui, Q. (2022). A Review on Constructed Wetlands-Based Removal of Pharmaceutical Contaminants Derived from Non-Point Source Pollution. *Elsevier: Journal Environmental Technology & Innovation*, 26(102504), 1-17. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2022.102504>
- Rani, R., “Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Komunal Pada Gampong Jeulingke Kota Banda Aceh,” Universitas Islam Negeri Ar-Raniry, Banda Aceh, 2021.
- Safroodin, A., & Sarwoko, M. (2016). Desain IPAL Pengolahan Grey Water dengan Teknologi *Subsurface Flow Constructd Wetland* di Rusunawa Grudo Surabaya. *Jurnal Teknik ITS*, 5(2), 144-149. <https://doi.org/10.12962/j23373539.v5i2.17621>
- Sandra, K. F., “Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Domestik Wisata Taman Ghanjaran, Trawas, Mojokerto,” Universitas Islam Negeri Sunan Ampel, Surabaya, 2022. <http://digilib.uinsby.ac.id/id/eprint/52227>
- Sari, P. A., Nisa, N., & Elis, S. 2022. Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik Dengan Teknologi *Anaerobic Filter* di Pondok Pesantren Ro'iyatul Mujahidin Kecamatan Sukatani Kabupaten Bekasi. *Jurnal Teknologi dan Pengelolaan Lingkungan*, 9(1), 11-25. <https://www.jurnal.pelitabangsa.ac.id/index.php/jtpl/article/view/1143/738>
- Sudarsan, J. S., Reenu, L. R., G. Baskar., V. T. Deeptha., & S. Nithiyanantham. (2015). Domestic Wastewater Treatment Performance Using Constructed Wetland. *Springer: Journal Sustain. Water Resour. Manag*, 1, 89–96. <https://doi.org/10.1007/s40899-015-0008-5>
- Tidri, Q. L., “Sistem Penyaluran Dan Pengolahan Air Limbah Domestik Kecamatan Guguk Panjang, Bukittinggi,” Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2018.

https://repository.its.ac.id/53452/7/03211440000034Undergraduate_Theses.pdf

- Ullah, A., Salman, H., Ahmad, W., & Mirza, J. (2020). Development of A Decision Support System for The Selection of Wastewater Treatment Technologies. *Elsevier: Journal Science of the Total Environment*, 731(139158), 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139158>
- Uyun, Q., Eka, W., & Nico, H. (2019). Pemilihan Jenis Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik di Kecamatan Bekasi Selatan. *Jurnal Rekayasa Hijau*, 3(2), 157-168. <https://doi.org/10.26760/jrh.v3i2.3148>
- Yustiana, D., Rossitya, D. S., Elly, Y., N., Thusy, T. S., & Ardiyan, R. (2019). Budidaya Rumput Teki untuk Peningkatan Pendapatan Masyarakat di Desa Banyuajuh, Kecamatan Kamal, Kabupaten Bangkalan. *Jurnal Pengabdian Purna Iswara*, (2)1, 1-5. <https://jurnal.abi.ac.id/index.php/jpmpi/article/download/19/13>
- Zhang, Hong., Wenzhong, T., Weidong, W., Wei, Y., Honglei, L., Xiaomin, M., Yiqi, Z., Pei, L., Dongyang, W., Litian, Z., Cao, L., & Jinmiao, Z. (2021). A review on China's Constructed Wetlands in Recent Three Decades: Application and Practice. *Elsevier: Journal of environmental sciences*, 104, 53-68. <https://doi.org/10.1016/j.jes.2020.11.032>
- Zidan, A. R. A., & Mohammed, A. A. H. (2018). *Constructed Subsurface Wetlands Case Study and Modeling*. Waretown, Nj, USA: Apple Academic Press Inc. <https://doi.org/10.1201/9781315365893>



LAMPIRAN

Lampiran 1. Baku Mutu Air Limbah Domestik

-11-

LAMPIRAN I

PERATURAN MENTERI LINGKUNGAN HIDUP DAN KEHUTANAN REPUBLIK INDONESIA

NOMOR P.68/Menlhk/Setjen/Kum.1/8/2016

TENTANG

BAKU MUTU AIR LIMBAH DOMESTIK

BAKU MUTU AIR LIMBAH DOMESTIK TERSENDIRI

Parameter	Satuan	Kadar maksimum*
pH	-	6 – 9
BOD	mg/L	30
COD	mg/L	100
TSS	mg/L	30
Minyak & lemak	mg/L	5
Amoniak	mg/L	10
Total Coliform	jumlah/100mL	3000
Debit	L/orang/hari	100

Keterangan:

*= Rumah susun, penginapan, asrama, pelayanan kesehatan, lembaga pendidikan, perkantoran, perniagaan, pasar, rumah makan, balai pertemuan, arena rekreasi, permukiman, industri, IPAL kawasan, IPAL permukiman, IPAL perkotaan, pelabuhan, bandara, stasiun kereta api, terminal dan lembaga pemasyarakatan.

Salinan sesuai dengan alinya
KEPALA BIRO HUKUM,

ttd.

KRISNA RYA

MENTERI LINGKUNGAN HIDUP DAN
KEHUTANAN REPUBLIK INDONESIA,

ttd.

SITI NURBAYA

Lampiran 2. Lembar Hasil Uji Kualitas Air Limbah Domestik



PEMERINTAH ACEH DINAS KESEHATAN UPTD BALAI LABORATORIUM KESEHATAN DAN PENGUJIAN ALAT KESEHATAN

Jl. Tgk. H. Mohd. Daud Beureueh No. 168 Telp.(0651) 23834 Fax (0651) 23834 Banda Aceh
E-mail: labkes_aceh@yahoo.com Website: http://labkes-aceh.blogspot.com



LAPORAN HASIL PENGUJIAN

No Order : 114
No. Sampel : 107 / 1 / II / 2023
Nama Pengirim : Aida Sukna Yuri
Alamat : -
Petugas Pengambil : Aida Sukna Yuri
Tanggal Ambil : 20 Februari 2023 Jam : 07.00 Wib
Tanggal Terima : 20 Februari 2023 Jam : 11.35 Wib
Tanggal Analisa : 20 s/d 27 Februari 2023
Jenis sampel : Air Limbah Domestik (Cubluk Kembar I)
Lokasi : Perumahan Lamtrieng Madani, Desa Lamtrieng Kec. Kuta Baro Kab. Aceh Besar
Pengawet : Tidak ada

No	Parameter	Satuan	Baku Mutu	Hasil Analisa	MDL	Acuan Metode	Keterangan
Fisika							
1	Suhu/Temperatur	°C	-	-	-	SNI 06-6989.23-2006	PerMenLHK RI No 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah
2	Zat Padat Terlarut (TDS)	mg/l	2000	-	-	Manual Book	
3	Zat Padat Tersuspensi (TSS)	mg/l	30	41	-	Manual Book	PerMenLHK RI : P.68/Menlhk/Setjen/Kum.1/8/2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik
Kimia							
1	pH	-	-	7,54	-	SNI 6989.11-2019	PerMenLHK RI : P.68/Menlhk/Setjen/Kum.1/8/2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik
2	BOD ₅	mg/l	30	25	-	Manual Book	
3	COD	mg/l	100	62	-	SNI 6989.15:2019	
4	Amonia Bebas (NH ₃ -N)	mg/l	10	-	-	Merck 1.14752.0002	

FR.IV/AD.38/Rev: 0

Ket :

- Lembar hasil Pengujian tidak boleh digandakan & disebarluaskan tanpa persetujuan dari UPTD BLK & PAK
- Parameter pengujian ini sesuai dengan PerMenLHK RI No : P.68/Menlhk/Setjen/Kum.1/8/2016 dan PermenLHK RI No 5 tahun 2014
- Pengambilan sampel yang tidak dilakukan oleh petugas UPTD BLK-PAK, apabila hasil tidak sesuai menjadi tanggung jawab pengambil sampel

Banda Aceh, 27 Februari 2023
Penanggung Jawab Teknis

Rekha Melati, AMd.AK, SKM
Nip. 19720602 199403 2 003

AR - RANIRY



PEMERINTAH ACEH
DINAS KESEHATAN
UPTD BALAI LABORATORIUM KESEHATAN DAN PENGUJIAN ALAT KESEHATAN
Jl. Tgk. H. Mohd. Daud Beureueh No. 168 Telp. (0651) 23834 Fax. (0651) 23834 Banda Aceh
E-mail: labkes_aceh@yahoo.com Website: http://labkes-aceh.blogspot.com



HASIL PEMERIKSAAN MIKROBIOLOGI									
No. Lab	Lokasi dan jenis sample	Diambil tgl / Jam Diperiksa tgl / jam	Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang diperbolehkan PerMenLHK RI No : /Setjen/ Kum.1/8/2016	HASIL PEMERIKSAAN			Keterangan
						MPN Coliform / 100 ml	MPN E.Coli / 100 ml	TPC / ml	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
114	Air Limbah Sumber : Limbah Domestik (Cubruk Kembar I) Perumahan Lamtrieng Madani Desa Lamtrieng Kec. Kuta Baro Kab. A. Besar	20/2/2023 Jam 07.00 ^{Wib} 20/2/2023 Jam 09.30 ^{Wib}	Coliform	Jumlah per 100 ml sampel	Coliform 3.000	160.000	-	-	Tidak Memenuhi Syarat sesuai Baku Mutu PerMenLHK RI No : P.68/ Menlhk/Setjen/Kum.1/8/ 2016

FR.IV/HP.B.01/Rev:0

Petugas : Aida Sukna Yuri

Catatan : Laboratorium hanya bertanggung jawab terhadap sampel yang diterima oleh UPTD BLK & PAK

جامعة الرانيري

AR - RANIRY

Banda Aceh, 27 Februari 2023
Validator

Roni Adhar, S.Farm.APT.M.M
NIP.19841026 201003 1 001



PEMERINTAH ACEH
DINAS KESEHATAN
UPTD BALAI LABORATORIUM KESEHATAN DAN
PENGUJIAN ALAT KESEHATAN

Jl. Tgk. H. Mohd. Daud Beureueh No. 168 Telp.(0651) 23834 Fax (0651) 23834 Banda Aceh
 E-mail: labkes_aceh@yahoo.com Website: http://labkes-aceh.blogspot.com



LAPORAN HASIL PENGUJIAN

No Order : 115
 No. Sampel : 108 / 2 / II / 2023
 Nama Pengirim : Aida Sukna Yuri
 Alamat :
 Petugas Pengambil : Aida Sukna Yuri
 Tanggal Ambil : 20 Februari 2023 Jam : 07.00 Wib
 Tanggal Terima : 20 Februari 2023 Jam : 11.35 Wib
 Tanggal Analisa : 20 s/d 27 Februari 2023
 Jenis sampel : Air Limbah Domestik (Cubluk Kembar II)
 Lokasi : Perumahan Lamtrieng Madani, Desa Lamtrieng Kec. Kuta Baro Kab. Aceh Besar
 Pengawet : Tidak ada

No	Parameter	Satuan	Baku Mutu	Hasil Analisa	MDL	Acuan Metode	Keterangan
Fisika							
1	Suhu/Temperatur	°C	-	-	-	SNI 06-6989.23-2006	PerMenLHK RI No 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah
2	Zat Padat Terlarut (TDS)	mg/l	2000	-	-	Manual Book	
3	Zat Padat Tersuspensi (TSS)	mg/l	30	59	-	Manual Book	PerMenLHK RI : P.68/Menlhk/Setjen/Kum.1/8/2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik
Kimia							
1	pH	-	-	7,72	-	SNI 6989.11-2019	PerMenLHK RI : P.68/Menlhk/Setjen/Kum.1/8/2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik
2	BOD ₅	mg/l	30	12	-	Manual Book	
3	COD	mg/l	100	32	-	SNI 6989.15:2019	
4	Amonia Bebas (NH ₃ -N)	mg/l	10	-	-	Merck 1.14752.0002	

FR.IV/AD.38/Rev: 0

Ket :

- Lembar hasil Pengujian tidak boleh digandakan & disebarluaskan tanpa persetujuan dari UPTD BLK & PAK
- Parameter pengujian ini sesuai dengan PerMenLHK RI No : P.68/Menlhk/Setjen/Kum.1/8/2016 dan PermenLHK RI No 5 tahun 2014
- Pengambilan sampel yang tidak dilakukan oleh petugas UPTD BLK-PAK, apabila hasil tidak sesuai menjadi tanggung jawab pengambil sampel

Banda Aceh, 27 Februari 2023
 Penanggung Jawab Teknis

Rekha Melati, Amd.AK, SKM
 Nip. 19720602 199403 2 003

جامعة الرانيري
 AR - RANIRY



**PEMERINTAH ACEH
DINAS KESEHATAN**

UPTD BALAI LABORATORIUM KESEHATAN DAN PENGUJIAN ALAT KESEHATAN

Jl. Tgk. H. Mohd. Daud Beureueh No. 168 Telp. (0651) 23834 Fax. (0651) 23834 Banda Aceh

E-mail: labkes_aceh@yahoo.com Website: http://labkes-aceh.blogspot.com



HASIL PEMERIKSAAN MIKROBIOLOGI									
No. Lab	Lokasi dan jenis sample	Diambil tgl / Jam Diperiksa tgl / jam	Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang diperbolehkan PerMenLHK RI No : /Setjen/ Kum.1/8/2016	HASIL PEMERIKSAAN			Keterangan
						MPN Coliform / 100 ml	MPN E.Coli / 100 ml	TPC / ml	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
115	Air Limbah Sumber : Limbah Domestik (Cubruk Kembar II) Perumahan Lamtrieng Madani Desa Lamtrieng Kec. Kuta Baro Kab. A. Besar	20/2/2023 Jam 07.00 ^{Wib} 20/2/2023 Jam 10.00 ^{Wib}	Coliform	Jumlah per 100 ml sampel	Coliform 3.000	0	-		Memenuhi Syarat sesuai Baku Mutu PerMenLHK RI No : P.68/ Menlhk/Setjen/Kum.1/8/ 2016

FR.IV/HP.B.01/Rev:0

Petugas : Aida Sukna Yuri

Catatan : Laboratorium hanya bertanggung jawab terhadap sampel yang diterima oleh UPTD BLK & PAK

جامعة الرانيري

AR - RANIRY

Banda Aceh, 27 Februari 2023
Validator

Roni Adhar, S.Farm.APT.M.M

NIP. 19841026 201003 1 001



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI
 UNIVERSITAS SYIAH KUALA
 FAKULTAS TEKNIK
 JURUSAN TEKNIK KIMIA
LAB. TEKNIK PENGUJIAN KUALITAS LINGKUNGAN
 Jalan Tengku Syech Abdur Rauf No. 7, Darussalam, Banda Aceh 23111 Telepon/Fax. (0651) 7552222
 Laman: <http://che.unsyiah.ac.id>; e-mail: ltpl@che.unsyiah.ac.id

LEMBAR HASIL UJI

Nomor: 057/JTK-USK/LTPKL/2023

Nama Pelanggan : Aida Sukna Yuri
 Alamat Pelanggan : Lamtrieng, Kec. Kutabaro-Aceh Besar
 Tanggal di Terima : 20 Februari 2023
 Jenis Contoh Uji : Limbah Domestik
 Parameter Uji : Ammonia ($\text{NH}_3\text{-N}$)
 Tanggal di Analisa : 20 Februari 2023
 Untuk Keperluan : Penelitian Mahasiswa
 Baku Mutu : Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor
 P.68/Menlhk/Setjen/Kum.1/8/2016 tentang Baku Mutu Air Limbah
 Domestik

No.	Kode Contoh Uji	Satuan	Baku Mutu	Hasil Analisa	Ket.
1.	Cubluk 2	mg/l	10	3,87	

Darussalam, 21 Februari 2023
 Ketua,


Dr. Ir. Edi Munawar, S.T., M.Eng.
 NIP. 19691210 199802 1001

جامعة الرانيري
 A R - R A N I R Y



PEMERINTAH ACEH
DINAS KESEHATAN
UPTD BALAI LABORATORIUM KESEHATAN DAN
PENGUJIAN ALAT KESEHATAN

Jl. Tgk. H. Mohd. Daud Beureueh No. 168 Telp.(0651) 23834 Fax (0651) 23834 Banda Aceh
 E-mail: labkes_aceh@yahoo.com Website: <http://labkes-aceh.blogspot.com>



LAPORAN HASIL PENGUJIAN

No Order : 116
 No. Sampel : 109 / 3 / II / 2023
 Nama Pengirim : Aida Sukna Yuri
 Alamat : -
 Petugas Pengambil : Aida Sukna Yuri
 Tanggal Ambil : 20 Februari 2023 Jam : 07.00 Wib
 Tanggal Terima : 20 Februari 2023 Jam : 11.35 Wib
 Tanggal Analisa : 20 s/d 27 Februari 2023
 Jenis sampel : Air Limbah Domestik (Cubluk Kembar III)
 Lokasi : Perumahan Lamtrieng Madani, Desa Lamtrieng Kec. Kuta Baro Kab. Aceh Besar
 Pengawet : Tidak ada

No	Parameter	Satuan	Baku Mutu	Hasil Analisa	MDL	Acuan Metode	Keterangan
Fisika							
1	Suhu/Temperatur	°C	-	-	-	SNI 06-6989.23-2006	PerMenLHK RI No 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah
2	Zat Padat Terlarut (TDS)	mg/l	2000	-	-	Manual Book	
3	Zat Padat Tersuspensi (TSS)	mg/l	30	37	-	Manual Book	PerMenLHK RI : P.68/Menlhk/Setjen/Kum.1/8/2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik
Kimia							
1	pH	-	-	7,91	-	SNI 6989.11-2019	PerMenLHK RI : P.68/Menlhk/Setjen/Kum.1/8/2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik
2	BOD ₅	mg/l	30	8,5	-	Manual Book	
3	COD	mg/l	100	32	-	SNI 6989.15:2019	
4	Amonia Bebas (NH ₃ -N)	mg/l	10	-	-	Merck 1.14752.0002	

FR.IV/AD.38/Rev: 0

Ket :

- Lembar hasil Pengujian tidak boleh digandakan & disebarluaskan tanpa persetujuan dari UPTD BLK & PAK
- Parameter pengujian ini sesuai dengan PerMenLHK RI No : P.68/Menlhk/Setjen/Kum.1/8/2016 dan PermenLHK RI No 5 tahun 2014
- Pengambilan sampel yang tidak dilakukan oleh petugas UPTD BLK-PAK, apabila hasil tidak sesuai menjadi tanggung jawab pengambil sampel

Banda Aceh, 27 Februari 2023
 Penanggung Jawab Teknis

Rekha Melati, Amd.AK, SKM
 Nip. 19720602 199403 2 003

جامعة الرانيري
 AR - RANIRY



**PEMERINTAH ACEH
DINAS KESEHATAN**

UPTD BALAI LABORATORIUM KESEHATAN DAN PENGUJIAN ALAT KESEHATAN

Jl. Tgk. H. Mohd. Daud Beureueh No. 168 Telp. (0651) 23834 Fax. (0651) 23834 Banda Aceh

E-mail: labkes_aceh@yahoo.com Website: <http://labkes-aceh.blogspot.com>



No. Lab	Lokasi dan jenis sample	Diambil tgl / Jam Diperiksa tgl / jam	Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang diperbolehkan PerMenLHK RI No : /Setjen/ Kum.1/8/2016	HASIL PEMERIKSAAN			Keterangan
						MPN Coliform / 100 ml	MPN E.Coli / 100 ml	TPC / ml	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
116	Air Limbah Sumber : Limbah Domestik (Cubruk Kembar III) Perumahan Lamtrieng Madani Desa Lamtrieng Kec. Kuta Baro Kab. A. Besar	20/2/2023 Jam 07.00 ^{wib} 20/2/2023 Jam 10.15 ^{wib}	Coliform	Jumlah per 100 ml sampel	Coliform 3.000	0	-		Memenuhi Syarat sesuai Baku Mutu PerMenLHK RI No : P.68/ Menlhk/Setjen/Kum.1/8/ 2016

FR.IV/HP.B.01/Rev:0

Petugas : Aida Sukna Yuri

Catatan : Laboratorium hanya bertanggung jawab terhadap sampel yang diterima oleh UPTD BLK & PAK

جامعة الرانيري

AR - RANIRY

Banda Aceh, 27 Februari 2023
Validator

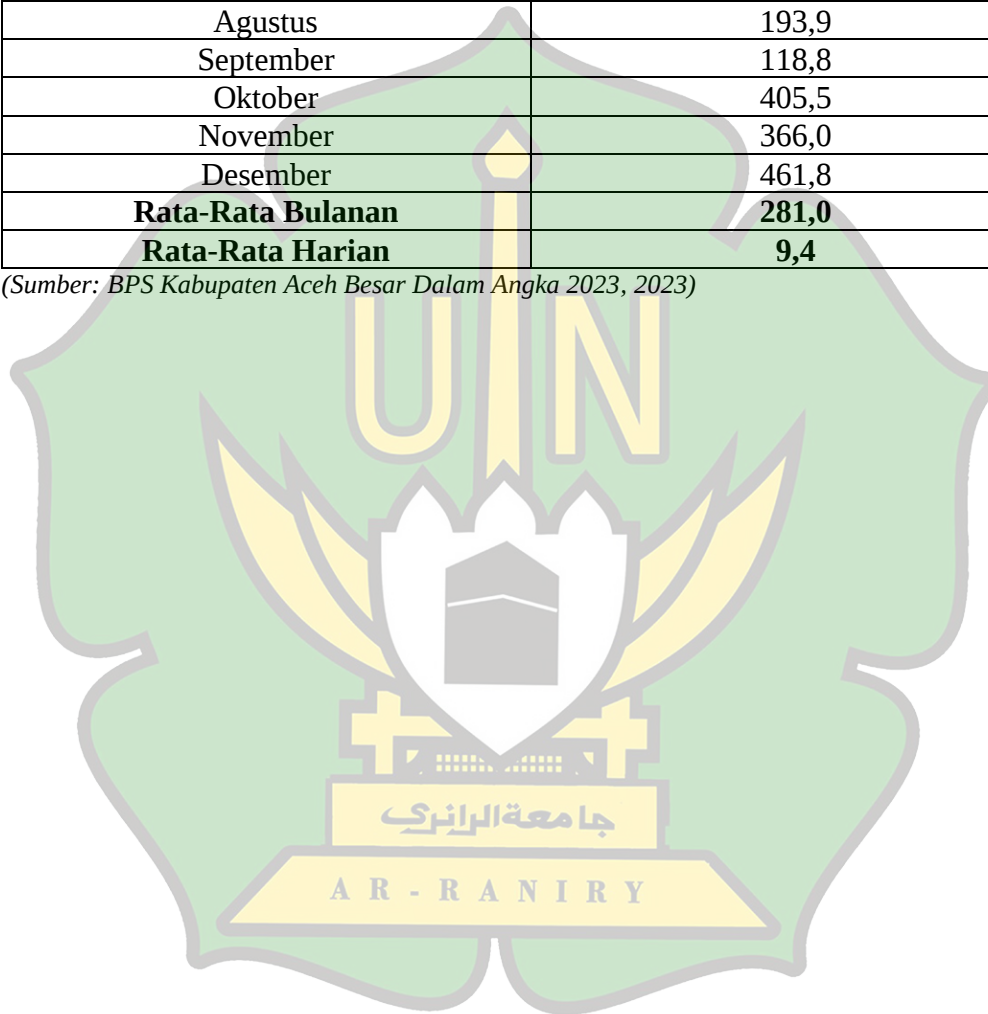
Roni Adhar, S.Farm.APT.M.M

NIP. 19841026 201003 1 001

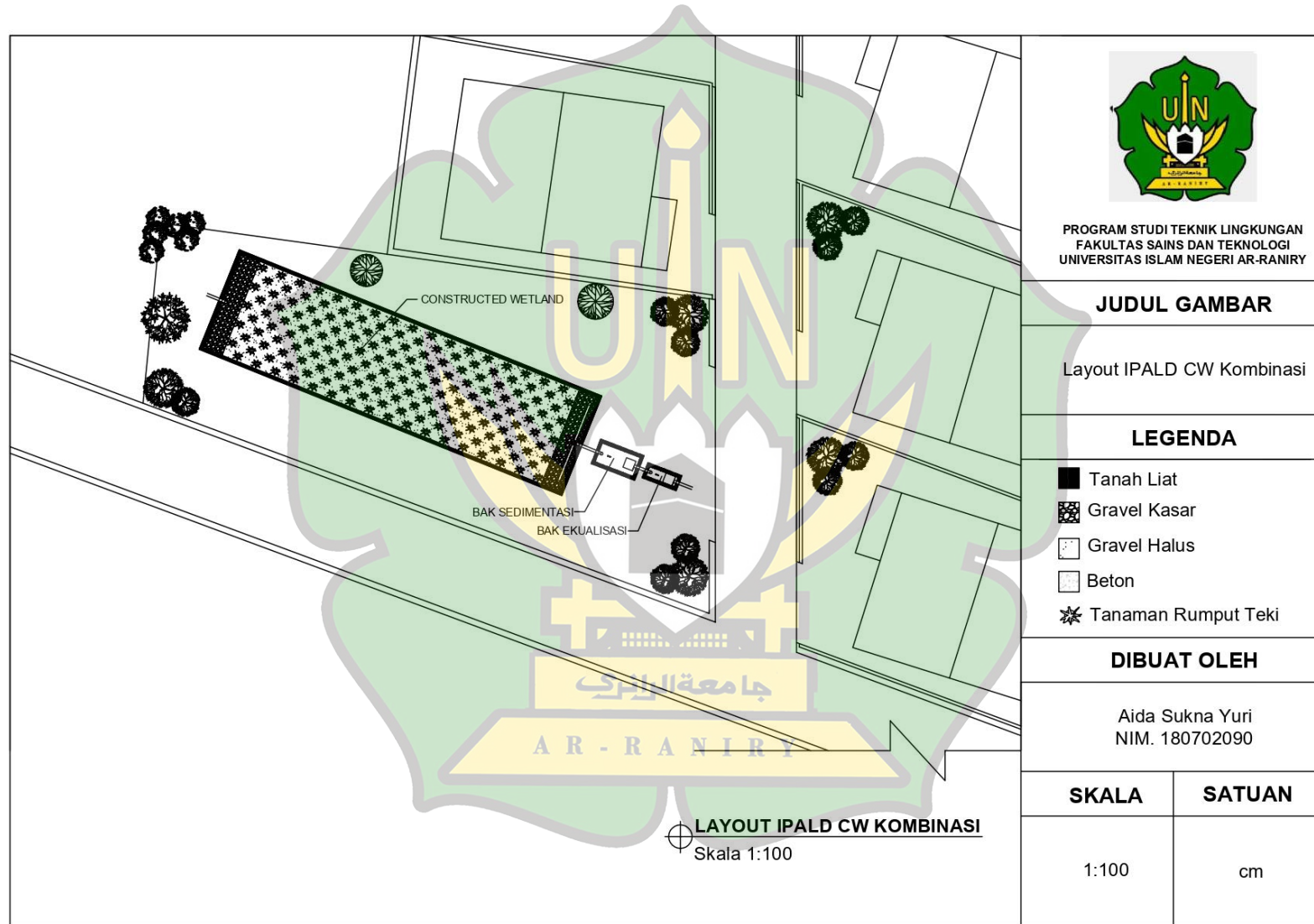
Lampiran 3. Data Curah Hujan Kabupaten Aceh Besar

Bulan	Jumlah Curah Hujan (mm)
Januari	395,4
Februari	420,2
Maret	336,5
April	69,8
Mei	153,0
Juni	296,4
Juli	154,9
Agustus	193,9
September	118,8
Oktober	405,5
November	366,0
Desember	461,8
Rata-Rata Bulanan	281,0
Rata-Rata Harian	9,4

(Sumber: BPS Kabupaten Aceh Besar Dalam Angka 2023, 2023)



Lampiran 4. *Layout* IPALD CW Kombinasi



Lampiran 5. Dokumentasi Penelitian



Pembersihan Wadah Sampel



Pengeringan Wadah Sampel



Alat dan Bahan yang Digunakan dan
Telah Diberi Label Penanda



Alat Pengambil Sampel



Pengambilan Sampel pada Cubluk 1



Pengambilan Sampel pada Cubluk 2



Pengambilan Sampel pada Cubluk 3



Sampel dari Cubluk 1, 2, 3 untuk
Parameter Uji pH, TSS, BOD, COD



Sampel dari Cubluk 1, 2, 3 untuk
Parameter Uji *Total coliform*



Sampel dari Cubluk 2 untuk Parameter
Uji Amonia

جامعة الرانيري

AR - RANIRY