

**PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH
(IPAL) DOMESTIK WISATA TAMAN GHANJARAN, TRAWAS,
MOJOKERTO**

TUGAS AKHIR



Disusun oleh:

Kun Faradila Sandra

(H05217010)

**PRODI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A
2022**

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini:

NAMA : Kun Faradila Sandra
NIM : H05217010
FAK/PRODI : FST / Teknik Lingkungan
Angkatan : 2017

Dengan ini menyatakan bahwa tidak melakukan plagiarasi dalam penulisan Tugas Akhir saya yang berjudul "Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Domestik Wisata Taman Ghanjaran, Trawas, Mojokerto".

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya. Apabila dikemudian hari ternyata pernyataan ini tidak benar, maka saya bersedia diberikan sanksi sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Surabaya, 30 Desember 2021



(Kun Faradila Sandra)
H05217010

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Dokumen Tugas Akhir Oleh :

Nama : KUN FARADILA SANDRA

NIM : H05217010

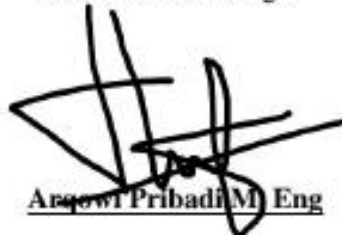
Judul : Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Domestik Wisata
Taman Ghanjuran, Trawas, Mojokerto

Ini telah diperiksa dan disetujui untuk diujikan.

Surabaya, 11 Januari 2022

Mengetahui,

Dosen Pembimbing I



Anggowi Pribadi M. Eng

NIP. 198701032014031001

Dosen Pembimbing II



Sulistiya Nengse, MT

NIP. 199010092020122019

LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI TUGAS AKHIR

Tugas Akhir Kun Faradila Sandra ini telah dipertahankan

Di Depan Tim Penguji

Di Surabaya, 11 Januari 2022

Mengesahkan,

Dewan Penguji

Dosen Penguji I



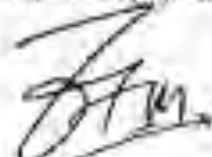
Arum Prihadi, ST, Eng
NIP. 1987010320114031001

Dosen Penguji II



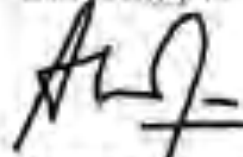
Sulistiya Kenese, MT
NIP. 199010092020122019

Dosen Penguji III



Teguh Yuma Utama, ST, MT
NIP. 201603319

Dosen Penguji IV



Re Diah Nugrahini Kertawati, MT
NIP. 198203012014032001



Re Diah Nugrahini Kertawati,
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UM Sunan Ampel Surabaya

Re Diah Nugrahini Kertawati, M.Au
NIP. 197312272005012003



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
PERPUSTAKAAN

Jl. Jend. A. Yani 117 Surabaya 60237 Telp. 031-8431972 Fax. 031-8413300
E-Mail: perpus@uinby.ac.id

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika UIN Sunan Ampel Surabaya, yang beranda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Kun Paradita Sandra
NIM : H05217010
Fakultas/Jurusan : Sains dan Teknologi/Teknik Lingkungan
E-mail address : kunparadita276@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah :

☒ Skripsi ☐ Tesis ☐ Disertasi ☐ Lain-lain (.....)

yang berjudul :

Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Domestik Wisata Taman Ghanjaran,

Trawas, Mojokerto

berserta perangkat yang diperlukan (bila ada). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (database), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di Internet atau media lain secara *fulltext* untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini yang saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, 17 Januari 2022

Penulis

(Kun Paradita Sandra)

ABSTRAK

**PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH (IPAL)
DOMESTIK WISATA TAMAN GHANJARAN, TRAWAS,
MOJOKERTO**

Air limbah domestik didefinisikan sebagai air dari hasil kegiatan yang bersumber dari kegiatan pemukiman yang meliputi air buangan yang berasal dari *closet*, kamar mandi, tempat cuci, dan tempat memasak. Tingginya kandungan organik terlarut di dalam air limbah dapat menyebabkan penurunan intensitas masuknya cahaya matahari yang dibutuhkan oleh mikroorganisme fotosintetik dan berdampak pada penurunan kualitas badan air. Tujuan dari penelitian ini yaitu merencanakan pembangunan unit Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) domestik di Wisata Taman Ghanjaran, Trawas, Mojokerto beserta perhitungan volume bangunan dan Rencana Anggaran Biaya (RAB) yang dibutuhkan. Teknologi yang dipilih yaitu *Grease Trap*, Bak Ekualisasi, Bak Pengendap Awal, Biofilter Aerobik, Adsorpsi Karbon aktif dan Bak Pengendap Akhir. Pemilihan teknologi pengolahan didasarkan karena unit ini memiliki keunggulan dalam meremoval kadar pencemar organik dengan tingkat efisiensi yang tinggi dan kebutuhan lahan yang tidak terlalu luas. Metode penelitian menggunakan data primer mengenai pengujian kualitas air limbah dan data sekunder yang diperoleh dari data wisata berupa debit pemakaian air bersih dan informasi lain yang terkait dengan perencanaan. Hasil penelitian yang didapat berupa gambar desain (DED) unit IPAL, dimensi total bangunan pengolah seluas 23.4 m^2 ($P=11.7 \text{ m}$ dan $L=2 \text{ m}$), spesifikasi bahan yang digunakan, serta rencana anggaran biaya yang dibutuhkan untuk pembangunan konstruksi unit IPAL yaitu sebesar Rp. 222,403,320.10. Perencanaan ini juga ditunjang dengan panduan dalam operasional dan perawatan unit IPAL.

Kata kunci: Air limbah domestik, Adsorpsi Karbon Aktif, Biofilter Aerobik, desain IPAL, Taman Ghanjaran

ABSTRACT

Design of Domestic Wastewater Treatment (WWTP) Instalation in Ghanjaran Tourism, Trawas, Mojokerto

Ghanjaran Park is a tourist place that has been operating since 2018. Daily activities in tourism include operational activities. Taman Ghanjaran Tourism has 6 permanent workers, 75 workers at food court facilities and an average visitor of 677 people/day which produces 13,624 m³/day of domestic waste. The domestic wastewater has the content or quality of several parameters such as total suspended solids or TSS, Chemical Oxygen Demand or COD, Biological Oxygen Demand or BOD, and Total Ammonia. The quality of these parameters were 620.5 mg/L, 1983.7 mg/L, 512 mg/L, and 117.4 mg/L. Domestic wastewater treatment is currently accommodated in septic tanks and the runoff water is channeled through drainage. Before being discharged into the environment, it is necessary to treat it first, so that there is a need for planning a domestic WWTP design, because the domestic wastewater produced has not been treated yet. In planning this design, domestic WWTP with an aerobic biofilter unit and activated carbon adsorption. The total cost required for the construction of a domestic WWTP is Rp. 222,403,320.10,-.

Keyword: Adsorption, Aerobic Biofilter, Design of IPAL, Domestic Wastewater, Ghanjaran Park

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN.....	i
PERSETUJUAN PEMBIMBING.....	ii
PENGESAHAN PENGUJI.....	iii
PERNYATAAN PUBLIKASI.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL.....	x
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	2
1.3 Rumusan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	2
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Batasan Masalah.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Definisi Air Limbah Domestik.....	4
2.2 Karakteristik Limbah Cair Domestik.....	4
2.3 Debit Air Limbah Domestik.....	29
2.4 Baku Mutu Limbah Cair Domestik.....	30
2.5 Unit Pengolahan Limbah Cair Domestik.....	10
2.6 Pemilihan Unit Bangunan Pengolahan Air Limbah Domestik.....	29
2.7 Profil Hidrolis.....	31
BAB III METODE PENELITIAN.....	34
3.1 Waktu Penelitian.....	34
3.2 Lokasi Penelitian.....	34

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Jenis Padatan	6
Tabel 2.2 Baku Mutu Limbah Cair	31
Tabel 2.3 Kriteria Desain Barscreen	11
Tabel 2.4 Kriteria Desain Bak Ekualisasi	12
Tabel 2.5 Kriteria Desain Bak Prasedimentasi	13
Tabel 2.6 Kriteria Desain untuk Kolam Stabilisasi	17
Tabel 2.7 Karakteristik Proses Pengolahan Air Limbah Secara Biologis	15
Tabel 5.1 Debit Air Limbah Domestik Wisata Taman Ghanjaran dari Data Rekening BPAM ..	54
Tabel 5.2 Perbandingan 3 Metode Pengukuran Debit Air Limbah	55
Tabel 5.3 Hasil Uji Laboratorium Mitralab	56
Tabel 5.6 Keunggulan dan Kelemahan Alternatif Pengolahan Aerated Lagoon	58
Tabel 5.7 Efisiensi Air Limbah Pada Unit IPAL Aerated Lagoon.....	59
Tabel 5.8 Keunggulan dan Kelemahan Alternatif Pengolahan Biofilter Aerob dan Adsorpsi	60
Tabel 5.9 Efisiensi Air Limbah Pada Unit IPAL Biofilter Aerobik dan Adsorpsi Karbon Aktif	61
Tabel 5.10 Keunggulan dan Kelemahan Alternatif Pengolahan Oxidation Ditch	63
Tabel 5.11 Efisiensi Air Limbah Pada Unit IPAL Oxidation Ditch.....	63
Tabel 5.12 Perbandingan Kadar Pencemar Effluen Air Limbah dari Alternatif Pengolahan	64
Tabel 5.13 Beban Removal Kadar Pencemar Pada Bak Pemisah Lemak	67
Tabel 5.14 Beban Removal Kadar Pencemar Pada Bak Ekualisasi	67
Tabel 5.15 Beban Removal Kadar Pencemar Pada Bak Pengendap Awal	68
Tabel 5.16 Beban Removal Kadar Pencemar Pada Bak Biofilter Aerob.....	68
Tabel 5.17 Beban Removal Kadar Pencemar Pada Bak Adsorpsi Karbon Aktif.....	69
Tabel 5.18 Beban Removal Kadar Pencemar Pada Bak Pengendap Akhir	69
Tabel 5.16 Pertimbangan Massa pada Bak Pemisah Lemak.....	73
Tabel 5.17 Pertimbangan Massa Pada Bak Ekualisasi	74
Tabel 5.18 Pertimbangan Massa Pada Bak Pengendap Awal	75
Tabel 5.19 Pertimbangan Massa Pada Bak Biofilter Aerob.....	76
Tabel 5.20 Pertimbangan Massa Pada Bak Adsorpsi Karbon Aktif.....	77
Tabel 5.21 Pertimbangan Massa Pada Bak Pengendap Akhir	78
Tabel 5.22 Konsentrasi dan Debit Lumpur yang Dihasilkan	79
Tabel 6.1 Rekapitulasi Waktu Tinggal Perencanaan IPAL.....	121
Tabel 6.2 Rekapitulasi Dimensi Unit Bangunan Perencanaan IPAL	121
Tabel 6.10 Hasil Perhitungan Profil Hidrolis Unit Bangunan Pengolahan.....	131

PENDAHULUAN

Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka didapatkan identifikasi masalah sebagai berikut:

Wisata Taman Ghanjaran Trawas, Mojokerto tidak memiliki instalasi pengolahan limbah cair domestik. Maka dibutuhkan adanya rencana instalasi pengolahan air limbah yang sesuai, sehingga air limbah sesuai dengan karakteristik air limbah domestik.

Wisata Taman Ghanjaran Trawas, Mojokerto belum memiliki penampungan limbah cair domestik dan saluran drainase. Limbah dari Wisata Taman Ghanjaran Trawas dialirkan ke tangki penampungan, dan limpasannya dibuang ke saluran drainase.

Pengertian Masalah

Dari latar belakang yang dipaparkan maka didapatkan rumusan masalah sebagai berikut:

Berdasarkan latar belakang diatas maka didapatkan identifikasi masalah sebagai berikut:

- ### 1.3 Rumusan Masalah

1. Berapakah debit air limbah domestik yang dihasilkan dari kegiatan operasional wisata taman Ghanjaran Trawas, Mojokerto?
2. Bagaimana kualitas air limbah domestik yang dihasilkan dari kegiatan operasional wisata taman Ghanjaran Trawas, Mojokerto?
3. Bagaimana perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) domestik yang sesuai di wisata taman Ghanjaran Trawas, Mojokerto?
4. Berapakah Rencana Anggaran Biaya (RAB) Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) domestik di wisata taman Ghanjaran Trawas, Mojokerto?

Tujuan dilakukannya penelitian ini yaitu:

Sumber: Arina, 2012

Pemahaman tentang karakteristik fisik, kimia, dan biologis air limbah sangat penting dalam desain, pengoperasian dan pengelolaan, pengolahan dan pembuangan air limbah. Sifat air limbah meliputi sifat fisik, kimia dan biologi yang bergantung pada penggunaan air di masyarakat, kontribusi industri dan komersial, cuaca, dan infiltrasi/aliran masuk. Karakteristik fisika limbah cair meliputi bau, warna, total padatan, turbidity, suhu, dan konduktivitas (Tchobanoglous, *et al.*, 2003).

Sifat bau pada limbah ditimbulkan karena terurainya zat organik dalam limbah yang mengeluarkan gas seperti sulfida yang menyebabkan bau tidak enak pada penciuman karena adanya 3 unsur yaitu nitrogen, sulfur dan fosfor yang telah tercampur dari protein yang membusuk dalam air limbah. Namun bau yang disebabkan oleh limbah merupakan proses alami, dimana bau merupakan indikasi resiko bahaya yang disebabkan oleh limbah itu sendiri dapat dihindari dengan mudah daripada limbah yang tak berbau (Riya, 2011).

Parameter fisik yang sangat mencolok pada limbah cair yang umumnya disebabkan oleh zat organik dan algae, parameter warna diperuntukkan untuk mengerti kualitas limbah cair. Indikasi bahwa air limbah tersebut baru adalah memiliki warna *brown* atau *grey*. Usia limbah cair dibawah 6 jam ditunjukkan dengan warna *brown*, sedangkan warna *grey* atau menandakan bahwa usianya lebih dari 6 jam, dimana air limbah akan membusuk oleh suatu bakteri pada keadaan (Fathul, 2016).

Limbah cair memiliki kandungan zat padatan dari material diskrit hingga material koloid. Padatan terdiri dari materi yang terlarut dalam air dan air limbah. Padatan dibagi menjadi beberapa fraksi berbeda dan konsentrasinya memberikan informasi yang berguna untuk karakterisasi air limbah dan proses pengolahan kontrol. Jenis padatan diidentifikasi pada **Tabel 2.1**. Kandungan rata-rata padatan tersuspensi dalam air limbah adalah 615,01 mg/L. Sedangkan untuk range kandungan minimal dan maksimalnya adalah 46,62 mg/L-1183,4 mg/L.

Tabel 2.1 Jenis Padatan

Kekeruhan merupakan karakteristik fisika yang timbul karena adanya zat koloid dan zat yang terurai atau tersuspensi oleh hewan, material organik, jasad renik, *sludge*, tanah, dan benda yang massanya rendah (melayang). Kekeruhan cenderung bergantung pada ukuran dan bentuk butiran, sehingga tidak dapat disambungkan dengan semua jenis zat terlarut.

Temperatur merupakan karakteristik fisika yang berpengaruh penting terhadap reaksi kimia, ekosistem dalam air, dan penggunaan air secara kontinyu. Sebagai contoh temperatur dapat mengubah spesies ikan yang ada dalam air. Umumnya suhu limbah cair lebih tinggi dari suhu udara karena adanya materi dan aktivitas yang ditambahkan.

Konduktivitas listrik pada air diidentifikasi berdasar mampunya suatu larutan dalam menghantarkan listrik. Perpindahan listrik dengan ion yang terdapat dalam larutan, sehingga konduktivitas dapat diperhitungan tergantung naiknya ion-ion. Hasil perhitungan konduktivitas dapat diaplikasikan dalam perhitungan TDS (Fathul, 2016).

A. Parameter Organik

Biological Oxygen Demand (BOD) adalah analisa empiris mendekati secara global proses-proses mikrobiologis yang terjadi dalam air. Parameter BOD adalah salah satu karakteristik kimia yang utama dalam uji air limbah dan air permukaan. Uji parameter BOD dilakukan dengan mengukur banyaknya penggunaan oksigen terlarut oleh mikro-organisme guna memudahkan penguraian bahan-bahan organik (Fathul, 2016). BOD air limbah domestik biasanya berkisar antara 100 dan 250 mg/L.

Chemical Oxygen Demand (COD) adalah besaran oksigen dari kandungan bahan organik yang sensitif terhadap oksidasi oleh oksidan kimia kuat, seperti kalium dikromat. COD adalah kadar oksigen yang dibutuhkan dan proses oksidasi bahan organik dalam limbah secara kimiawi, baik yang mudah atau sukar untuk didegradasi secara biologis (*biodegradable*) menjadi CO₂ dan H₂O. COD secara rutin dilakukan untuk operasi pengolahan air limbah setelah hubungan antara BOD₅ dan COD dikembangkan untuk instalasi pengolahan air limbah. Nilai COD biasanya lebih tinggi daripada BOD. Rasio perbandingan BOD:COD biasanya adalah 0.5:1. Nilai normal kandungan COD dalam air limbah berkisar 200-600 mg/L (Shun, 2007).

6. Phospor

2.2.3 Karakteristik Biologi Air Limbah

Kelompok utama mikroorganisme yang ditemukan dalam air limbah adalah bakteri, fungi, protozoa, tumbuhan dan hewan mikroskopis, dan virus. Sebagian besar mikroorganisme (bakteri, protozoa) bertanggung jawab dan bermanfaat untuk proses pengolahan biologis air limbah. Namun beberapa bakteri patogen, jamur, protozoa, dan virus yang ditemukan di air limbah menjadi perhatian publik. Organisme patogen biasanya dikeluarkan oleh manusia dari saluran pencernaan dan dibuang sebagai air limbah.

2.3 Unit Pengolahan Limbah Cair Domestik

Tujuan dari pengolahan air limbah adalah untuk mengurangi parameter-parameter air limbah seperti Kebutuhan Oksigen Biologis, membunuh bakteri patogen (Arina, 2012).

2.5.1 Pengolahan Pendahuluan (*Pre-Treatment*)

Tahap pengolahan pendahuluan pada air limbah secara umum berupa proses pengolahan secara fisika yang bertujuan mengurangi kadar polutan limbah agar memenuhi standar kualitas limbah.

a. Screening

$$\text{Luas Efektif Area (A)} = \frac{Q}{V} \dots\dots\dots (\text{Rumus 2.1})$$

V = Kecepatan aliran (m^2/detik)

$$\text{Luas Efektif Area (A')} = \frac{\pi d^2}{4} \dots\dots\dots (\text{Rumus 2.2})$$

d = Diameter bukaan lubang (m)

Jumlah Lubang pada Saringan (n) = $\frac{A}{A'}$ (Rumus 2.3)

No	Keterangan	Unit	Kawamura	Droste	Layla	Reynolds
1	Kecepatan	m/s	<0,6	<0,6	0,4-0,8	
2	Kemiringan	°	60			30-75
3	Barscreen	cm	1,25–2	2-5		1,25–3,8
4	Jarak Antar	cm		1:2		
5	Tebal Barscreen	cm	5–7,5	5-15	2,5-7,5	2.5-5
6	Barscreen H:L			7,5-15		

[illegible]

c. Bak Ekualisasi

Tabel 2.3 Kriteria Desain Bak Ekualisasi

Parameter	Satuan	Nilai
Kedalaman minimum	m	1.5-2
Ambang Bebas	m	1
Laju Pemompaan Udara	m ³ /m ³ -menit	0,01 – 0,015

Tahapan perhitungan bak ekualisasi:

- ## 1. Volume Bak Ekualisasi

Vbak = Debit x Td.....(Rumus 2.7)

- ## 2. Luas Area Efektif (Aef)

$$A_{ef} = V/h \dots \dots \dots (\text{Rumus 2.8})$$

3. Lebar (L) = $(Aef / H)^{0,5}$ **(Rumus 2.9)**

4. Panjang (P) = $L_{bak} \times H$(**Rumus 2.10**)

- ### 5. Volume Cek (Vcek)

$$V_{cek} = \frac{V_{ef}}{O} \times 24. \dots\dots\dots(\text{Rumus 2.11})$$

- ## 6. Ketinggian Total (H_{total})

$$H_{\text{total}} = H_{\text{air}} + F_b \dots \dots \dots (\text{Rumus 2.12})$$

- ### 7. Beban permukaan (*Surface Loading*)

$$\text{SL} = \frac{Q}{P \times L} \dots\dots\dots \text{(Rumus 2.13)}$$

8. Waktu Tinggal Jam Puncak (Asumsi jumlah limbah adalah 2x jumlah limbah rata-rata, maka TD_{peak}:

TD_{peak} = ½ x TD.....(Rumus 2.14)

Kegunaan penambahan unit ini adalah menghomogenkan kandungan organik maupun anorganik dalam air limbah. Bak ekualisasi digabungkan atau dicompare dengan bak sedimentasi guna mengendapkan material organik limbah cair, sehingga membantu menurunkan total padatan terlarut dalam limbah (TSS). Apabila bak ekualisasi sudah mencapai batas unit, maka air limbah didalamnya bisa dialirkan ke pengolahan kimia atau koagulasi.

d. Prasedimentasi

Tangki atau ruang tempat air limbah influen menetap. Padatan akan turun ke dasar; material terapung dan terkumpul di permukaan air. Air secara mekanis diolah sebelumnya. Terbawanya material kasar oleh air dari sumber secara alam dari arus air sepanjang aliran badan sungai, baik pada permukaan dinding maupun bagian bawah. Hal serupa akan terjadi jika adanya tanah yang tergerus diluar sungai sehingga material diskrit tersebut meluap saat musim penghujan. Adanya partikel diskrit memberi efek yang kurang baik jika masuk ke unit IPAL yang nantinya menjadi hambatan kerja unit tersebut.

Tabel 2.4 Kriteria Desain Bak Prasedimentasi

Parameter	Range	Tipikal
Pengendapan primer yang diikuti oleh pengolahan Sekunder		
Waktu detensi (jam)	1.5-2.5	2
Average flow	30-45	-
Peak hourly flow	80-120	100
Weir loading (m ³ /m.hari)	125-500	250
Pengendapan primer dengan waste activated-sludge Return		
Waktu detensi (jam)	1.5-2.5	2
Average flow	25-30	-
Peak hourly flow	50-70	-
Weir loading (m ³ /m.hari)	125-500	250

Sumber: Metcalf and Eddy, 1991

2.5.2 Pengolahan Primer

Koagulasi-flokulasi merupakan salah satu proses penting pengolahan air limbah. Pada proses ini, partikel koloid yang terlarut didalam air limbah akan mengalami destabilisasi setelah proses penetralan muatan akibat penambahan koagulan. Dalam proses ini akan dihasilkan agregat partikel yang tingkat kestabilannya rendah sehingga akan mengendap dalam bentuk lumpur. Lumpur yang dihasilkan semakin lama akan meningkat dengan adanya peningkatan zat-zat organik dan koloidal dalam air limbah. Jenis koagulan yang sering digunakan adalah garam aluminium seperti $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ atau garam besi ($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, FeCl_2 , $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) (Setiawan, *et al.*, 2018).

1. Bahan-bahan kimia koagulan
2. Banyaknya pembubuhan bahan kimia
3. Pengadukan bahan kimia

Tabel 2.5 Kriteria Desain Koagulasi-Flokulasi

No	Keterangan	Unit	Kawamur	Layla	Raynolds	Darma	Peavy	Montgomery
1	Td	detik	10-30	30-60	20-60	20-40	10-60	
2	pH alum optimum			4	4.5-8		5-7.5	

2.5.3 Pengolahan Sekunder atau Biologis (*Secondary Treatment*)

Tabel 2.6 Karakteristik Proses Pengolahan Air Limbah Secara Biologis

No	Jenis Pengolahan	Efisiensi <i>Removal</i> BOD	Keterangan
----	------------------	------------------------------	------------

Proses pengolahan dengan IPAL biofilter aerob ini merupakan pengembangan dari metode aerasi kontak. Pengolahan biofilter aerob memiliki efisiensi *removal* BOD sekitar 60-90 % dan penyisihan TSS sekitar 50-70 % dengan waktu tinggalnya sekitar 2-10 jam (Tchobanoglous, *et.al.*, 2003). Sedangkan menurut Lin (2007), penyisihan BOD terjadi sebesar 65-80 % dan menurut Christian (2003), penyisihan BOD dapat terjadi sebesar 65-85%. Serta menurut Said (2008), penyisihan BOD sekitar $\geq 90\%$, sedangkan waktu tinggalnya sekitar $\geq 6-8$ jam. Proses pengolahan secara aerob tersebut terbukti lebih efisien dalam menurunkan material zat organik (BOD dan COD), amoniak, detergen, padatan tersuspensi, *phospat*, dan lainnya.

19

3. Tinggi air di atas bed media (Hab)

Hab = Hefektif bed - Hbed - Hlumpur.....(**Rumus 2.19**)

4. Waktu tinggal rata-rata dalam reaktor

$$H_{rtAv} = \frac{\text{Volume Efektif}}{\text{Debit Air Limbah}} \dots\dots\dots \text{(Rumus 2.20)}$$

5. Waktu tinggal total di dalam reaktor aerob saat jam puncak

$$Hrt_{rec} = \frac{\text{waktu tinggal rata-rata}}{2} \dots\dots\dots \text{(Rumus 2.21)}$$

6. BOD *loading* per volume media

$$\text{BOD loading} = \frac{\text{Beban BOD}}{\text{Volume total media}} \dots\dots\dots (\text{Rumus 2.22})$$

7. Luas spesifik media $150 \text{ m}^2/\text{m}^3$, maka:

$$\text{BOD}_{\text{loading}} = \frac{\text{luas spesifik}}{\text{BOD loading per vol.media}} \dots\dots\dots (\text{Rumus 2.23})$$

8. Beban BOD di dalam Air Limbah

Beban BOD = Q x BOD masuk.....(Rumus 2.24)

9. Jumlah BOD yang Dihilangkan

Jumlah BOD removal = Efisiensi removal x beban BOD.....(Rumus 2.25)

10. V. media yang diperlukan

$$V_{media} = \frac{Beban\ BOD}{Beban\ BOD\ per\ V.media} \dots\dots\dots (Rumus\ 2.26)$$

11. Volume Freeboard (Vfb)

Vfb = A x Fb.....(**Rumus 2.27**)

2.5.4 Pengolahan Tersier/Lanjutan

Pengolahan tersier dilakukan jika setelah pengolahan primer dan sekunder masih terdapat zat tertentu dalam air limbah yang dapat berbahaya bagi lingkungan atau masyarakat. Pengolahan tersier bersifat khusus, artinya pengolahan disesuaikan dengan kandungan zat yang tersisa dalam air limbah. Umumnya zat yang tidak dapat dihilangkan sepenuhnya melalui proses pengolahan primer maupun sekunder adalah zat anorganik terlarut, seperti nitrat, fosfat dan garam.

a. Desinfeksi

Desinfeksi merupakan salah satu proses pengolahan yang berfungsi untuk mengurangi mikroorganisme patogen yang berpotensi terkandung di dalam air limbah domestik. Mikroorganisme patogen dapat menjadi sumber penyebab penyakit bagi manusia. Klorinasi merupakan salah satu bahan kimia yang sering digunakan sebagai desinfektan sejak tahun 1850. Penggunaan klorinasi sudah dilakukan untuk mengurangi mikroorganisme patogen baik pada air minum maupun air limbah domestik. Dalam menentukan senyawa untuk membunuh mikroorganisme, terdapat beberapa hal yang harus diperhatikan, diantaranya:

1. Daya racun zat
2. Waktu kontak yang diperlukan
3. Efektivitas zat
4. Kadar dosis yang digunakan
5. Tidak bersifat toksik
6. Tahan terhadap air
7. Biaya murah

Contoh mekanisme desinfeksi pada limbah cair yaitu penambahan klorin, penyinaran dengan ultraviolet, atau dengan ozon. Secara umum terdapat dua metode desinfeksi yang dapat digunakan dalam mengolah air limbah domestik, khususnya menyisihkan mikroorganisme patogen. Adapun dua metode tersebut yakni metode fisika dan kimia. Metode fisika dilakukan dengan memanfaatkan panas dan radiasi baik radiasi ultraviolet maupun gamma sedangkan metode kimia dapat dilakukan dengan menggunakan senyawa kimia seperti agen pengoksidasi (klorin, bromin, dan iodine), alkohol, phenol, dan lain-lain.

b. Adsorpsi

Pengolahan air limbah domestik lebih dominan menggunakan pengolahan biologis baik secara aerob maupun anaerob. Hal ini dinilai lebih efektif dari pada proses fisik dan kimia karena kemampuan mikroorganisme untuk mendegradasi kontaminan yang ada dalam air limbah. Namun tidak semua komponen pencemar dapat didegradasi oleh mikroorganisme pada proses biologis. Dalam beberapa kasus, pengobatan biologis tidak dapat mengolah air limbah secara efektif karena komponen bandel hadir dalam air limbah. Oleh karena itu, proses fisik-kimia dapat menjadi salah satu solusi yang tepat (Getzer, *et al.*, 2004). Diantara berbagai macam proses pengolahan secara fisik, adsorpsi karbon aktif paling sering digunakan untuk menyerap bahan organik *volatile* dan *bioresistant* pada air limbah. Kandungan polutan organik pada air limbah yang melewati kompartemen

Karbon aktif merupakan salah satu jenis adsorben yang paling sering digunakan dalam proses pengolahan air limbah. Hal ini disebabkan karena karbon aktif memiliki daya adsorpsi dan luas permukaan yang lebih baik jika dibandingkan jenis adsorben lainnya (Walas, 1990). Karbon aktif adalah senyawa karbon yang telah ditingkatkan daya adsorpsinya dengan proses aktivasi, yaitu terjadi penghilangan hidrogen, gas-gas dan air permukaan karbon sehingga terjadi perubahan fisik pada permukaannya. Aktivasi pada karbon aktif terjadi karena terbentuknya gugus aktif akibat adanya interaksi radial secara bebas pada permukaan karbon dengan atom-atom oksigen maupun nitrogen. Karbon aktif yang baik harus memiliki luas area permukaan yang cukup besar agar daya adsorpsinya juga besar (Sudibandriyo, *et al.*, 2003). Karbon aktif merupakan arang dengan struktur *amorphous* atau *mikrokristalin* yang sebagian besar terdiri atas karbon bebas dan memiliki *internal surface*. Kemampuan karbon aktif untuk mengadsorpsi ditentukan oleh struktur kimianya yaitu atom C, H dan O yang terikat secara kimia membentuk gugus fungsi. Aktivitas penyerapan karbon aktif tergantung dari kandungan senyawa karbon dalam bahan, umumnya terdiri dari 85-95% karbon bebas (Ramdja, 2008).

Kinetika proses adsorpsi pada karbon aktif dapat dijelaskan sebagai tingkat perpindahan molekul dari larutan ke dalam pori pori *adsorben*. Ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi kecepatan adsorpsi dan berapa banyak adsorbat yang dapat diserap oleh adsorben. Salah satu faktor tersebut adalah karakteristik

n pada lautan. Senyawa-senyawa kontaminan umumnya memiliki nilai kelarutan yang lebih kecil dan pori kontaminan lebih kecil daripada ukuran pori karbon aktif dapat masuk ke dalam pori karbon aktif juga dapat menjadi media filter melalui pori-porinya terbuka. Daya serap karbon aktif bergantung pada jenis karbon aktif itu sendiri (Hambali, 2010). Setelah air limbah melewati bak penyerapan karbon aktif kemudian air limbah mengalir ke bak pengendap akhir, air limbah sudah jernih dialirkan menuju ke bak penampungan air hasil olahan yang sudah jernih untuk dimanfaatkan sebelum dibuang ke badan air penerima (Said, 2018).

Karbon aktif yang tergabung menjadi satu bagian dengan media karbon aktif diletakkan pada jaringan

an beberapa penelitian terdahulu, proses pengaplikasian oleh Badewasta (2010) telah membuktikan bahwa titik dengan proses kombinasi dan salah satunya menggunakan pasir silika dan arang aktif didapati menggunakan pasir silika dan arang aktif didapati sebesar 99,25% dengan menggunakan karbon aktif. Penelitian karbon aktif berkisar selama $\pm 2-3$ bulan untuk menghilangkan pencemar yang terdapat pada air limbah. Proses ini dibatasi oleh kapasitas penyerapan karbon aktif itu

3. pH atau derajat keasaman

4. Waktu Kontak

Unit adsorpsi karbon aktif dirancang berdasarkan kriteria desain berikut ini:

Kriteria Desain	Nilai	Satuan
Volume <i>flowrate</i> (V)	50-400	m ³ /jam
Volume <i>Bed</i> (Vb)	10-50	m ³
Luas penampang	5-30	m ²
Panjang <i>bed</i> media	1,8-4	m
Densitas arang	350-550	kg/m ³
Kecepatan aliran <i>bed</i> (vf)	5-15	m/jam
Waktu kotak <i>bed</i> kosong	5-30	menit
Waktu kontak efektif	2-10	menit
Waktu operasi	100-600	hari

27

2.5.5 Pengolahan Lumpur (*Sludge Treatment*)

Pengolahan lumpur dalam perencanaan instalasi pengolahan limbah cair secara primer, sekunder dan tersier akan sangat dibutuhkan karena hasil dari pengolahan unitsebelumnya pasti akan menghasilkan endapan polutan berupa lumpur. Lumpur yang dihasilkan perlu adanya pengolahan terlebih dahulu. Lumpur yang mengendap akan diolah dengan cara diurai/ dicerna secara aerob (*aerob digestion*), lalu dilewatkan ke unit-unit pengolahan, kemudian dibuang menuju laut atau tempat pembuangan (*landfill*), dijadikan pupuk, atau diinsenerasi.

a. Sludge Drying Bed

Bak pengering lumpur (*Sludge Drying Bed*) adalah pengolahan yang menggunakan prinsip pengeringan melalui infiltrasi maupun evaporasi. Unit ini terdiri dari pasir atau material berpori lainnya dan lumpur. Lumpur merupakan hasil dari proses pengolahan limbah cair seperti sedimentasi, clarifier dan sebagainya. Perencanaan SDB dilaksanakan berdasarkan kriteria desain yang tertera pada tabel berikut ini:

Tabel 2.12 Kriteria Desain *Sludge Drying Bed*

Parameter	Nilai
Ukuran bak	
- Lebar	8 m
- Panjang	30 m
Area yang dibutuhkan	
SDB tanpa penutup	0,14-0,28 m ² /kapita
SDB dengan penutup	0,10-0,20 m ² /kapita
<i>Sludge loading rate</i>	
SDB tanpa penutup	100-300 kg lumpur kering/m ² .tahun
SDB dengan penutup	150-400 kg lumpur kering/m ² .tahun
<i>Sludge cake</i>	20-40% padatan
Kemiringan dasar	1:20
Kemiringan dasar pipa	1%

Sumber: Qasim, 1999

b. *Sludge Thickening*

Pemekatan lumpur dilakukan dengan tujuan untuk mengurangi kadar air di dalam lumpur. Hal ini dilakukan agar dapat mengurangi volume total lumpur yang harus diolah pada pengolahan selanjutnya. Berkurangnya volume lumpur yang harus diolah akan

$$Hf = f \times \left(\frac{L}{4R}\right) \times \left(\frac{v^2}{2g}\right) \dots\dots\dots \textbf{(Rumus)}$$

$$\text{Hf} = 1.067 \times \left(\frac{C d x L x v^2}{\psi x d x e^4 x g} \right) \dots\dots\dots \text{(Rumus)}$$

3.3.1 Tahap Persiapan

Pada tahap persiapan ini berisi mengenai pembahasan masalah dan literature yang digunakan dalam perencanaan yang akan dilaksanakan.

3.3.1.1 Rumusan Masalah

Kegiatan operasional taman ini berupa kegiatan administrasi, dapur dari beberapa kedai, kamar mandi dan mencuci. Dari beberapa kegiatan tersebut pada akhirnya menghasilkan air limbah domestik yang banyak dilihat dari banyaknya pengunjung dari awal dibukanya wisata taman ini yang mana mencapai 4.000 pengunjung perhari. Air limbah domestik dari wisata taman ini dihasilkan oleh kira-kira ribuan pengunjung wisata per harinya. *Black water* yang dihasilkan oleh Wisata Taman Ghanjaran saat ini diolah menggunakan *septic tank*. Adapun *grey water* dan limpasan air limbah dari *septic tank* dialirkan menuju saluran drainase. Pengelolaan limbah domestik tanpa pengolahan terlebih dahulu seperti inilah yang akan memicu timbulnya permasalahan. Permasalahan yang dapat ditimbulkan adalah meluapnya saluran drainase akibat penumpukan padatan yang masih terbawa oleh air limpasan septic tank, timbulnya penyakit dan kerusakan lingkungan lainnya, sehingga harus direncanakan IPAL terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan.

3.3.1.2 Studi Literatur

Studi literatur ditujukan agar lebih memahami perencanaan yang akan dilakukan. Studi literatur meliputi sumber nasional maupun international. Data yang diperlukan antara lain:

1. Pengertian Limbah Cair
2. Macam- macam parameter limbah cair domestik.
3. Perhitungan debit limbah cair domestik.
4. Acuan atau baku mutu limbah cair domestik.
5. Teknologi pengolahan

3.3.2 Tahap Pelaksanaan

Tahap pelaksanaan adalah melakukan pengambilan data sesuai dengan waktu yang dituliskan untuk mendapat data primer maupun sekunder di lapangan:

Uji kandungan Lemak dan Minyak dalam air limbah menggunakan metode gravimetri dilakukan dengan mengekstrak kandungan minyak dan lemak yang terdapat dalam sampel air limbah dengan pelarut organik yang sesuai kemudian dilakukan pengocokan dan disertai pemanasan kemudian ditimbang dan dilakukan perhitungan (SNI, 2011).

3.3.2.2 Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh diluar observasi secara langsung dilapangan. Perencanaan ini memerlukan data sekunder meliputi:

1. Jumlah Pengunjung Wisata

Data jumlah pengunjung wisata digunakan nantinya dalam perhitungan kuantitas air limbah domestik yang mana dapat diketahui berdasar banyaknya air bersih per orang per hari yang dibutuhkan dan perhitungan Q_{peak} .

2. HSPK Mojokerto tahun 2021

HSPK merupakan dokumen data harga untuk setiap pekerjaan yang terdiri dari berbagai macam komponen kegiatan yang dibutuhkan saat konstruksi sekaligus harga satuannya yang merupakan acuan perhitungan RAB (Rencana Anggaran Biaya) dan BOQ (*Bill Of Quantity*).

3. *Layout* Wisata

Gambar layout wisata diperuntukkan layout wisata dan ketersediaan lahan untuk dijadikan tempat pembangunan Instalasi Pengolahan Air Limbah. Adapun pemetaan lokasi wisata yang dilakukan menggunakan metode wawancara secara langsung mengenai bagian lokasi dan luas lokasi.

4. Ketersediaan Lahan

Data ada tidaknya lahan merupakan komponen penting yang dibutuhkan untuk pembangunan IPAL sebab setiap unit yang direncanakan akan membutuhkan lahan. Komponen ini juga dapat dijadikan acuan untuk menentukan penempatan IPAL yang direncanakan. Penentuan luas lahan yang akan dijadikan tempat pembangunan IPAL melalui pengukuran menggunakan *google earth*. Menurut pengukuran melalui *google earth* didapatkan lahan kosong yang dijadikan tempat IPAL dengan luas sekitar 1.300 m².

5. Lokasi buangan air menerima

Lokasi air buangan perlu diidentifikasi guna mengetahui peletakan pipa effluen yang akan direncanakan. Badan air penerima merupakan tempat dibuangnya air yang berupa sungai dan sejenisnya.

3.3.3 Tahap Analisa Data

Tahapan analisa adalah tahap pengolahan data dimana akan dilakukan pengolahan data sebagai berikut:

1. Kuantitas Limbah Cair Domestik (Debit)

Debit perencanaan digunakan untuk menentukan dimensi unit pengolahan dan dapat diperoleh dari hasil perhitungan jumlah pengunjung wisata Ghanjaran yaitu:

a. Debit Air Bersih

Hasil kali jumlah pengunjung wisata dan tipikal penggunaan air bersih dapat dijadikan perhitungan debit air limbah. Perhitungan debit pemakaian air bersih menggunakan rumus 2.1.

b. Debit air Limbah

Perhitungan debit air limbah dengan mengasumsi debit air limbah yaitu 80% dari debit pemakaian air bersih. Perhitungan debit air limbah domestik menggunakan rumus 2.2.

c. Perhitungan Debit Puncak (Peak)

Hasil kali debit air limbah dngan factor peak (C1) dapat dijadikan debit puncak. Perhitungan debit puncak air limbah menggunakan rumus 2.3.

2. Penentuan Karakteristik Air Limbah Domestik

Karakteristik air limbah domestik diperoleh berdasar analisis laboratorium yang akan digunakan untuk mempersiapkan rencana alternatif teknologi dan mengetahui proses serta tahapan pengolahan yang sesuai baku mutu yang ditetapkan.

3. Baku Mutu Air Limbah

Acuan yang digunakan untuk perbandingan kualitas air limbah domestik yaitu Permen LKH Republik Indonesia Nomor 68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik peruntukkan arena wisata.

4. Alternatif Pengolahan

Penentuan alternatif pengolahan dilakukan setelah dilakukan analisis data kuantitas dan kualitas air limbah domestik secara berurutan.

5. Penetapan Kriteria Desain

Penetapan kriteria desain dari beberapa buku, jurnal, SNI dan sejenisnya sesuai dengan pengolahan unit yang dipilih dan sesuai dengan karakteristik limbah.

6. Perhitungan Dimensi Unit Pengolahan

Dimensi unit pengolahan dapat diterapkan dari kriteria desain yang telah didapat yang terdiri dari ukuran unit dan hidrolika air limbah.

7. Detail Engineering Design

Pada tahap ini merupakan Penggambaran detail meliputi ukuran bangunan dan bentuknya dengan menggunakan metode analisa secara langsung berdasarkan data primer dan data sekunder yang telah diperoleh, diantaranya:

- Tata letak Instalasi Pengolahan Limbah Cair domestik
- Gambar unit IPAL Domestik
- Potongan (baik potongan memanjang maupun melintang) unit pengolahan
- Hidrolis

8. Perhitungan RAB

Perhitungan RAB berdasarkan HSPK Kabupaten Mojokerto tahun 2021. Perlu dilakukan secara teliti mengenai koefisien dan satuan pekerjaan.

9. Penyusunan SOP IPAL Domestik

Penyusunan SOP disusun ditujukan agar IPAL yang telah dibangun terawat dan beroperasi secara maksimal. Dengan adanya SOP semua yang berkaitan dengan IPAL akan lebih terstruktur.

3.3.4 Tahap Penyusunan Tugas Akhir

Tahapan ini dilakukan penulisan laporan sebagai evaluasi dan masukan kedepannya. Yang menjadi bahasan yaitu mengenai rencana IPAL domestik yang sesuai di Wisata Ghanjaran hingga pembuatan kesimpulan dan saran.

3.4 Metode Perencanaan

Perencanaan IPAL Domestik Wisata Taman Ghanjaran menggunakan metode kuantitatif sekaligus kualitatif. Metode kuantitatif dilakukan secara langsung di lokasi yang dijadikan obyek perencanaan dengan melakukan perhitungan debit yang dijadikan salah satu patokan untuk menentukan luas unit IPAL yang direncanakan dan pengujian kualitas air limbah domestik. Sedangkan metode kualitatif digunakan sebagai data sekunder dalam menentukan estimasi biaya dalam perencanaan, meliputi HSPK Kota Mojokerto.

1. Metode kuantitatif diperoleh dengan melakukan pengukuran langsung dan data sekunder mengenai BPAM dari wisata Taman Ghanjaran untuk menghitung debit yang dihasilkan dari kegiatan di wisata setiap harinya. Pengujian kualitas air limbah dilakukan di laboratorium Mitralab Buana Surabaya dengan 7 Parameter.

GAMBARAN UMUM WILAYAH PERENCANAAN



Gambar 4.1 Tampak Depan Wisata Taman Ghanjaran Trawas, Mojokerto
Sumber: Google, 2021

Wisata taman Ghanjaran merupakan salah satu wisata di Mojokerto yang berdiri sejak awal tahun 2018 hingga sekarang ini. Awal mula berdirinya wisata karena adanya tanah kas desa yang diperuntukkan untuk tambahan hasil para perangkat desa, sehingga tidak lepas dari pengelola oleh BUMdes Ketapanrame sendiri. Dalam perkembangannya wisata ini mampu mendapatkan penghargaan sebagai wisata dengan pengelolaan sampah terbaik di Mojokerto. Wisata Ghanjaran melakukan kegiatan yang mencakup kegiatan disetiap kedai makanan termasuk produksi makanan, pembersihan alat kedai, selain itu kegiatan operasional wisata termasuk pembersihan area wisata. Wisata Ghanjaran ini merupakan satu-satunya wisata dengan tingkat pengunjung hampir ribuan per hari dengan banyaknya kegiatan di area wisata selama 14 jam tiap hari.

Wisata Ghanjaran memiliki beberapa spot diantaranya spot taman untuk berfoto, spot permainan anak seperti kolam renang dan beberapa permainan anak dengan

Sebagai wisata yang mendapatkan predikat terbaik dari gubernur Mojokerto, maka wisata Ghanjaran memiliki komitmen dalam pelaksanaan tata kelola yang baik sebagai bagian dari pencapaian visi misi desa Ketapanrame. Bentuk wujud komitmen tersebut adalah Bersih, sehingga pihak wisata berusaha untuk menjamin agar kerja dan operasi kegiatan wisata ramah lingkungan sehingga tidak menghasilkan limbah berbahaya yang terbuang ke lingkungan dalam jumlah banyak, serta mengurangi adanya emisi pencemar agar efisiensi energi maksimal. Aspek lingkungan merupakan aspek utama dalam setiap kegiatan di wisata, dan tidak dihilangkan bahwasannya wisata merupakan kelola dari desa dan dekat dengan pemukiman sehingga lingkungan sangat menjadi prioritas. Dalam kenyataannya wisata telah melakukan pengelolaan yang baik terhadap limbah padat dan harus adanya keseimbangan dengan melakukan pengelolaan limbah cair di wisata agar tidak semakin melebar pencemaran lingkungan di sekitar wisata. IPAL merupakan sarana yang dibuat untuk mengolah air limbah sebagai bagian dari upaya penyehatan sanitasi. Berikut layout wisata Ghanjaran dapat dilihat pada Gambar 4.2 dibawah ini:



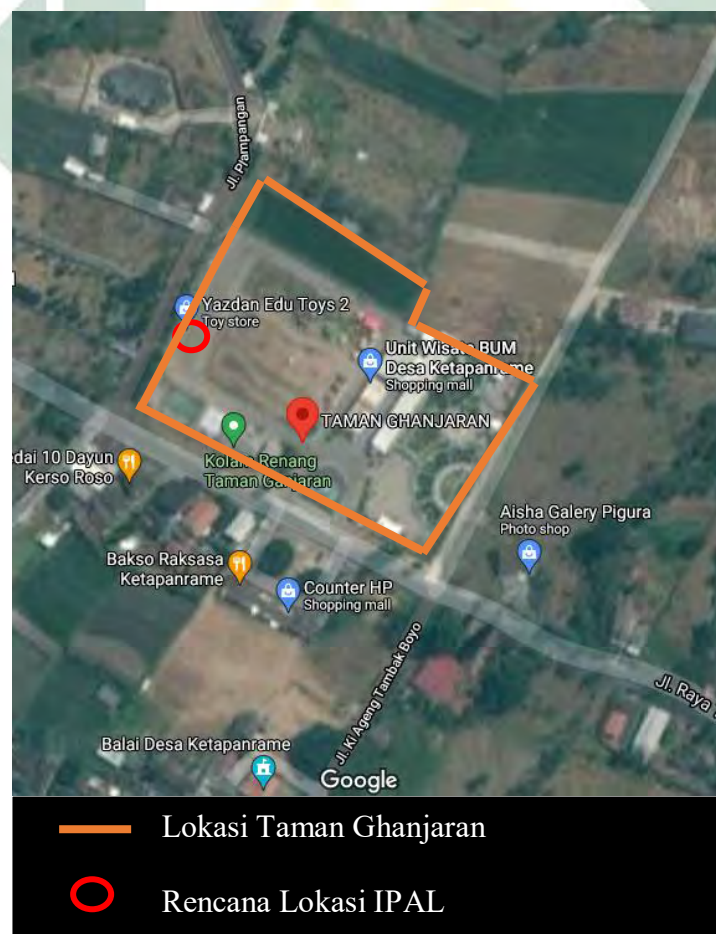
pengelolaan (BPAM) Kabupaten Mojokerto. Berdasarkan pemakaian air bersih yang digunakan oleh pengunjung pada pukul 12.00-13.00 WIB. Waktu tersebut pengunjung dan pegawai wisata melakukan ishomah, yaitu, penggunaan toilet, wastafel dan aktivitas lainnya. Sehingga dapat diperkirakan bahwa rentang waktu tersebut pegawai wisata yang berwudhu, mencuci tangan dan lain sebagainya meningkat sekitar pukul 15.00 hingga pukul 18.00. Pegawai wisata menunaikan ibadah sholat Ashar pada pukul 18.30 merupakan jam puncak pemakaian air. Pegawai wisata menunaikan ibadah sholat Maghrib, tentunya dapat mengakibatkan jumlah dan jenis pemakaian air meningkat, sehingga dapat mempengaruhi kondisi lingkungan tidak diolah secara baik.

Secara umum, aktivitas wisata Ghanjaran sama seperti wisata pada umumnya, yaitu beroperasi pada hari Minggu-Sabtu mulai dari pukul 08.00 WIB hingga pukul 22.00 WIB. Rentang waktu tersebut merupakan hari aktif wisata yang menghasilkan debit air limbah cukup besar dari pemakaian air bersih oleh pihak wisata dan pengunjung wisata. Suplai air bersih yang digunakan wisata Ghanjaran ini merupakan sepenuhnya dari Usaha BUMdes Unit Pengelolaan (BPAM) Kabupaten Mojokerto. Berdasarkan hasil wawancara pihak wisata pemakaian air bersih yang digunakan oleh pengunjung dan pegawai wisata dominan dilakukan pada pukul 12.00-13.00 WIB. Waktu tersebut merupakan saat-saat dimana para pengunjung dan pegawai wisata melakukan istirahat, sholat dan makan). Selain itu, penggunaan toilet, wastafel dan aktivitas di kamar mandi pun meningkat. Sehingga dapat diperkirakan bahwa rentang waktu tersebut banyak pegawai dan pengunjung wisata yang berwudhu, mencuci tangan dan buang air. Intensitas pemakaian air juga meningkat sekitar pukul 15.00 hingga pukul 16.00 WIB saat pengunjung dan pegawai wisata menunaikan ibadah sholat Ashar. Selanjutnya pada pukul 18.00 hingga pukul 18.30 merupakan jam puncak pemakaian air bersih karena pengunjung dan pegawai wisata menunaikan ibadah sholat Maghrib. Dengan adanya aktivitas rutin ini tentunya dapat mengakibatkan jumlah dan jenis limbah limbah yang dihasilkan terus meningkat, sehingga dapat mempengaruhi kondisi keseimbangan lingkungan jika tidak diolah secara baik.

4.3 Rencana Lokasi IPAL Domestik Wisata Taman Ghanjaran

Berada di kawasan yang dekat dengan pemukiman menjadi tuntutan bagi wisata agar tidak mencemari lingkungan yang berdampak pada kualitas tanah yang dipenuhi dengan persawahan ini, sehingga sebelum melakukan pembuangan air limbah dari wisata ke lingkungan harus adanya pengelolaan air limbah terlebih dahulu, baik black water maupun grey water yang saat ini masih mengalir melalui drainase ke badan persawahan. Sebagai bentuk komitmen wisata yang telah mendapatkan predikat pengelolaan limbah padat yang baik untuk mewujudkan lingkungan yang bersih dan sanitasi yang sehat maka perlu direncanakan pembangunan IPAL Domestik. Dalam perencanaan IPAL, salah satu faktor yang perlu diperhatikan adalah kesediaan lahan sebagai tempat lokasi IPAL rencana

Berdasarkan layout wisata diatas, tata guna lahan untuk pembangunan IPAL Domestik wisata direncanakan berlokasi di pelataran bagian barat area bermain wisata Ghanjaran. Debah lokasi penempatan IPAL Domestik dapat dilihat pada Gambar 4.3 sebagai berikut:



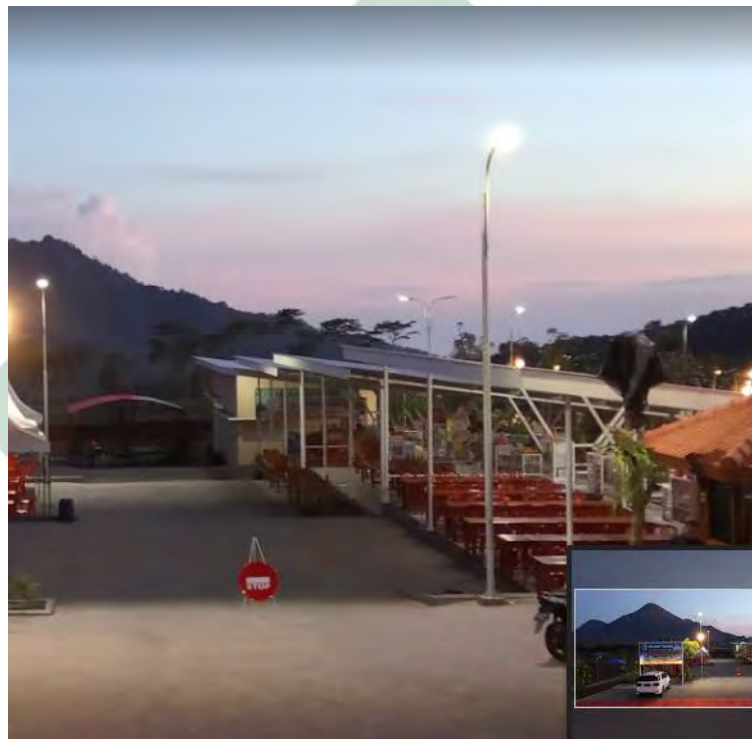
Gambar 4.3 Denah Rencana Penempatan IPAL Wisata

Sumber: Google Maps, 2021

4.4 Jenis Fasilitas Wisata

Penentuan tingkat kualitas dan kuantitas air limbah yang akan diolah bergantung pada jumlah pemakai air bersih dan peruntukkan jenis bangunan yang ada di lingkungan wisata Ghanjaran. Berdasarkan data dari wisata Ghanjaran beberapa fasilitas yang ada di sekitar wisata yang berpotensi sebagai sumber penghasil air limbah, yaitu:

- Musholla
- Gedung administrasi
- Pujasera



Gambar 4.5 Pujasera di Lingkungan Wisata Ghanjaran

Sumber: Google Maps, 2021

4.5 Kondisi Eksisting Air Limbah

Air limbah yang akan diolah di IPAL ini berasal dari aktivitas pemakaian air bersih oleh pengunjung dan pegawai wisata Ghanjaran. Berdasarkan data sekunder dari pengelola wisata, besar rata-rata pemakaian air bersih yang disuplai dari Badan Pengelola Air Minum (BPAM) Desa Ketapanrame dalam setahun terakhir adalah 511 m³ per bulan atau 17,03 m³ per hari. Pemakaian air bersih ini ditujukan untuk memenuhi beberapa fasilitas bangunan yang terdapat di lingkungan wisata Ghanjaran. Menurut penjelasan dari sekretaris pengelola wisata, ada beberapa saluran pembuangan air limbah

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah ditujukan untuk mengolah air limbah domestik yang dihasilkan dari aktivitas pegawai wisata maupun pengunjung wisata di sekitar lingkungan wisata Ghanjaran. Langkah awal yang dilakukan dalam suatu perencanaan adalah menentukan kuantitas dan kualitas air limbah yang dihasilkan. Perhitungan kuantitas air limbah digunakan sebagai dasar penentuan kapasitas pengolahan dan dimensi unit IPAL yang dirancang serta mengetahui fluktuasi debit air limbah yang masuk kedalam IPAL. Besar kecilnya debit air limbah domestik sangat bergantung pada banyaknya pemakaian air bersih di lingkungan wisata oleh pengunjung dan pegawai wisata. Penentuan debit air limbah dapat dilakukan dengan beberapa cara, yaitu: pengukuran langsung debit air limbah pada saluran *outlet*, perhitungan secara teoritis menggunakan asumsi kebutuhan air bersih per orang per hari dimana mengacu pada penelitian terdahulu dan rekening air dari BPAM Ketapanrame. Berikut beberapa cara yang dapat digunakan dalam menghitung besaran debit air limbah:

Penentuan debit air limbah dapat dilakukan dengan pengukuran secara langsung pada saluran *outlet* pembuangan air limbah domestik dengan cara menampung air limbah pada suatu wadah dengan volume tertentu selama jam operasional wisata (08.00-22.00 WIB). Penentuan nilai debit air limbah dihitung dengan membagi volume air limbah yang tertampung didalam wadah terhadap rentang waktu (lamanya waktu) tampung air limbah, sehingga didapatkan nilai volume air limbah per satuan waktu. Pengukuran langsung seperti ini sangat dianjurkan apabila saluran *outlet* pembuangan yang terhubung dalam satu saluran dengan debit yang stabil. Namun, ada beberapa kendala yang menyebabkan hasil pengukuran debit air limbah dengan cara ini menjadi kurang akurat. Beberapa faktor penyebab ketidakakuratan hasil pengukuran debit menggunakan cara ini, diantaranya: saluran pembuangan air limbah tidak terpusat pada satu *outlet*, pemantauan secara detail dilapangan saat pengukuran dan nilai debit yang tidak tentu atau bervariasi pada jam-jam tertentu. Berdasarkan beberapa pertimbangan maka penentuan debit air limbah di wisata Ghanjuran tidak menggunakan cara ini karena saluran pembuangan air limbah di wisata tidak terpusat pada satu *outlet* dan debit yang dihasilkan bervariasi pada jam-jam tertentu sehingga nilai debit tidak stabil. Sehingga dikhawatirkan mempengaruhi ketidakakuratan

ata-rata (Q_{abr})

$$\begin{aligned} &= Q_{abr} \times f_{abr} \\ &= 0,795 \text{ m}^3/\text{jam} \times 80\% \\ &= 0,636 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 15,264 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

*** f_{abr} yang dipilih 80% (50%-80%)**

air limbah Min. ($Q_{ab_{min}}$)

$$\begin{aligned} &= Q_{abr} \times f_{ab \text{ Min.}} \\ &= 0,636 \text{ m}^3/\text{jam} \times 80\% \\ &= 0,51 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 12,21 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

*** $f_{ab \text{ min}}$ yang dipilih 80% (50%-80%)**

air limbah Maks. ($Q_{ab_{maks}}$)

$$\begin{aligned} &= Q_{abr} \times f_{ab \text{ maks}} \\ &= 0,636 \text{ m}^3/\text{jam} \times 4 \end{aligned}$$

***f peak yang dipilih 1,5 (1,5-2)**

***f abr yang dipilih 80% (50%-80%)**

***f ab min yang dipilih 80% (50%-80%)**

***f ab maks yang dipilih 4**

Penentuan debit air limbah dapat dihitung berdasar kapasitas jumlah pemakai dan intensitas pemakaian air bersih oleh pengunjung wisata dan pegawai wisata. Menurut data sekunder yang diperoleh dari sekretariat wisata bahwasannya rata-rata pengunjung per hari di wisata sebanyak 677 orang, sedangkan pegawai wisata hanya 6 orang sebagai pegawai tetap dan 75 pekerja di pujasera. Dari jumlah tersebut maka dapat diketahui

***f peak yang dipilih 1,5 (1,5-2)**

Debit rata-rata (Q_{ab_r})

$$\begin{aligned} &= \text{Qam peak} \times f \text{ abr} \\ &= 0,75 \text{ m}^3/\text{jam} \times 80\% \\ &= 0,6 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 14,4 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

***f abr yang dipilih 80% (60%-80%)**

Debit air limbah Min. ($Q_{ab_{min}}$)

$$\begin{aligned} &= Q_{\text{abr}} \times f_{\text{ab Min.}} \\ &= 0,6 \text{ m}^3/\text{jam} \times 80\% \\ &= 0,48 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 11,52 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

***f ab min yang dipilih 80% (60%-80%)**

Debit air limbah Maks. ($Q_{ab_{maks}}$)

$$\begin{aligned} &= Q_{\text{abr}} \times f_{\text{ab maks}} \\ &= 0,6 \text{ m}^3/\text{jam} \times 4 \\ &= 2,4 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 57,6 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

***f ab maks yang dipilih 4**

Dari perhitungan diatas, didapatkan nilai debit air limbah yang dihitung berdasarkan teori. Nilai debit air limbah didapatkan sebesar $0.50 \text{ m}^3/\text{jam}$, nilai debit jam puncak sebesar $18 \text{ m}^3/\text{hari}$ dengan factor peak 1.5. Nilai debit rata-rata sebesar $14,4 \text{ m}^3/\text{hari}$ dengan faktor timbulan air buangan 80%. Nilai debit air limbah minimum didapatkan sebesar $11.52 \text{ m}^3/\text{hari}$, nilai ini digunakan untuk penentuan kedalaman minimum, yang berguna menentukan apakah saluran air limbah nantinya digelontor atau tidak. Sedangkan nilai debit air limbah maksimum sebesar $57.6 \text{ m}^3/\text{hari}$.

5.1.3 Perhitungan Debit Air Limbah dengan Rekening Badan Pengelola Air Minum

Penentuan debit air limbah dapat dihitung menggunakan data rekening dari sumber suplai air bersih di wisata, yaitu Badan Pengelola Air Minum (BPAM). Apabila tidak memungkinkan pengukuran secara langsung maka dapat mengacu pada data rekening pemakaian air bersih dari wisata Ghanjaran. Data penggunaan air menunjukkan angka pemakaian air seluruh fasilitas yang meliputi aktivitas MCK, penggunaan air di sarana masjid dan aktivitas penggunaan air bersih lainnya di lingkungan wisata secara keseluruhan selama 1 bulan. Berdasarkan data rekening dari BPAM Ketapanrame, data

Q air bersih = Pemakaian Air Bersih dari BPAM
 = 511 m³/bulan
 = 17,03 m³/hari
 = 0,7 m³/jam (dibulatkan menjadi 1 m³/jam)

$$\begin{aligned}\text{Debit air limbah (Q}_{\text{al}}) &= Q \text{ air bersih} \times 80\% \\ &= 17,03 \text{ m}^3/\text{hari} \times 80\% \\ &= 13.624 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 0,57 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 0,00016 \text{ m}^3/\text{detik}\end{aligned}$$
$$\begin{aligned}\text{Debit Jam Puncak (Q}_{\text{am_peak}}) &= Q \text{ air limbah} \times f_{\text{peak}} \\ &= 0,57 \text{ m}^3/\text{jam} \times 1,5 \\ &= 0,855 \text{ m}^3/\text{jam}\end{aligned}$$

***f peak yang dipilih 1,5 (1,5-2)**

$$\begin{aligned} &= \text{Qam peak} \times f_{\text{abr}} \\ &= 0,855 \text{ m}^3/\text{jam} \times 80\% \\ &= 0,684 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 16,416 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

***f abr yang dipilih 80% (60%-80%)**

37

$$\begin{aligned} &= Q_{abr} \times f_{ab} \text{ Min.} \\ &= 0,684 \text{ m}^3/\text{jam} \times 80\% \\ &= 0,55 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 13,13 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

***f ab min yang dipilih 80% (60%-80%)**

$$\begin{aligned} &= Q_{\text{abr}} \times f_{\text{ab maks}} \\ &= 0,684 \text{ m}^3/\text{jam} \times 4 \\ &= 2,736 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 65,66 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

***f ab maks yang dipilih 4**

Secara singkat data perhitungan debit air limbah domestik yang dihasilkan di lingkungan wisata Ghanjaran Trawas dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 5.1 Debit Air Limbah Domestik Wisata Taman Ghanjaran menggunakan Data Rekening Badan Pengelola Air Minum

No	Jenis Debit	Hasil	Satuan	Konversi	Satuan	Konversi	Satuan
1	Debit air bersih	0,0003	m ³ /detik	1	m ³ /jam	17,03	m ³ /hari
2	Debit air limbah	0,0002	m ³ /detik	0,6	m ³ /jam	13.624	m ³ /hari
3	Debit rata-rata	0,0002	m ³ /detik	0,684	m ³ /jam	16,416	m ³ /hari
4	Debit air limbah jam puncak	0,0012	m ³ /detik	0,855	m ³ /jam	20,52	m ³ /hari
5	Debit air limbah minimum	0,0002	m ³ /detik	0,55	m ³ /jam	13,13	m ³ /hari
6	Debit air limbah	0,0008	m ³ /detik	2,74	m ³ /jam	65,66	m ³ /hari

	maksimum						
--	----------	--	--	--	--	--	--

sampling dan uji laboratorium Mitralab didapatkan hasil kualitas air limbah di wisata Ghanjaran sebagai berikut:

Tabel 5.3 Hasil Uji Laboratorium Mitralab

No	Parameter	Satuan	Hasil Uji	Metode
1	pH	-	7,26	SNI 6989. 11-2004
2	BOD	mg/L	512	IKM/7.2.4.71/MBS (BOD Oxydirect)
3	COD	mg/L	1983,7	SNI 6989. 73-2009
4	TSS	mg/L	620,5	APHA Section 2450 D 22 nd Edition, 2012
5	Amoniak	mg/L	117,4	SNI 6989. 30-2005
6	Minyak & Lemak	mg/L	21,4	SNI 6989. 10-2011
7	Total Koliform	mg/L	11000	IKM/7.2.4.87/MBS (MPN)

*Baku Mutu berdasarkan Permen LHK Republik Indonesia Nomor 68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik

Sumber: Hasil Laboratorium, 2021

Tabel 5.4 Perbandingan Hasil Uji Laboratorium dengan Baku Mutu

No	Parameter	Hasil Uji	Baku Mutu	Kadar Pencemar	Keterangan
1	pH	7,26	6-9	-	Memenuhi
2	BOD	512	30	482	Tidak memenuhi
3	COD	1983,7	100	1883,7	Tidak memenuhi
4	TSS	620,5	30	590,5	Tidak memenuhi
5	Amoniak	117,4	10	107,4	Tidak memenuhi
6	Minyak & Lemak	21,4	-	-	Memenuhi
7	Total Koliform	11000	3000	8000	Tidak memenuhi

Sumber: Hasil Analisis 2021

Analisa parameter pencemar air limbah tersebut diambil dari dua titik pembuangan air limbah yaitu dari *septic tank* untuk *black water* dan saluran drainase untuk *grey water*. Hasil tersebut menunjukkan bahwa terdapat beberapa parameter yang melebihi baku mutu, diantaranya:

- Kadar BOD = 482 mg/L
- Kadar COD = 1883,7 mg/L
- Kadar TSS = 590,5 mg/L
- Total Amoniak = 107,4 mg/L
- Total Koliform = 8000 mg/L

Sehingga perlu adanya pengolahan lebih lanjut dengan pemilihan alternatif unit pengolahan air limbah untuk menurunkan kadar pencemar di dalam air limbah agar tidak mencemari lingkungan ketika dibuang ke badan air penerima.

5.3 Pemilihan Alternatif Pengolahan

Penentuan jenis unit bangunan pengolahan air limbah domestik didasarkan pada beberapa pertimbangan diantaranya: tingkat efisiensi pengolahan air limbah agar hasil pengolahan sesuai baku mutu yang ditetapkan. Berdasarkan pertimbangan tersebut, maka dipilih beberapa alternatif pengolahan yang tepat untuk diterapkan di wisata Taman Ghanjaran. Sebelum menentukan unit bangunan terpilih dari beberapa alternatif unit bangunan pengolahan air limbah domestik tersebut maka perlu diketahui juga untuk keunggulan dan kelemahan masing-masing unit pengolahan air limbah domestik beserta diagram alir proses pengolahannya untuk mendapatkan alternatif unit yang tepat dan sesuai. Berikut beberapa alternatif proses pengolahan air limbah untuk meremoval parameter-parameter air limbah yang melebihi baku mutu.

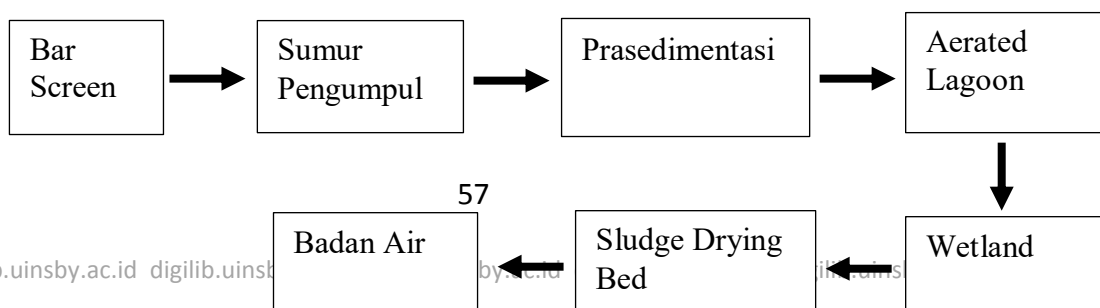
Tabel 5.5 Alternatif Pengolahan Air Limbah

No	Parameter	Alternatif Pengolahan
1	Temperatur	Aerasi
2	Kekeruhan	Koagulasi dan Flokulasi, Sedimentasi
3	Zat Organik	Koagulasi dan Flokulasi, Sedimentasi, Filtrasi
4	Amoniak	Ion Exchange, Klorinasi
5	Zat Padat	Filtrasi
6	Besi dan Mangan	Pre klorinasi, Aerasi
7	Nitrit (NO ₂)	Filtrasi

Sumber: GM Geyer, 2008

1. Alternatif Pengolahan dengan Aerated Lagoon

Alternatif pertama dipilih dengan menggunakan *primary treatment Aerated Lagoon*. *Aerated Lagoon* merupakan bak aerasi yang menggunakan peralatan aerator mekanik berupa *surface aerator* yang digunakan untuk membantu mekanisasi supply oksigen larut dalam air. Alternatif pengolahan pertama dapat dilihat pada Gambar 5.1.



Gambar 5.1 Alternatif Pengolahan 1

Pemilihan alternatif dilakukan karena pengolahan biologis optimal dalam meremoval parameter limbah cair domestik. *Bar screen* digunakan sebagai pengolahan awal yang berfungsi memisahkan zat padat kasar dalam air limbah sebelum masuk ke pengolahan selanjutnya. Sumur pengumpul berfungsi sebagai penampungan air limbah yang kedalamannya dibawah permukaan IPAL. Prasedimentasi berfungsi mengendapkan partikel diskrit. *Aerated Lagoon* digunakan untuk membantu mekanisasi supply oksigen larut dalam air. Pengolahan selanjutnya adalah wetland yang berfungsi tempat terjadinya proses fisik yaitu penurunan konsentrasi padatan air limbah. *Sludge Drying Bed* berfungsi sebagai bangunan pengolahan lumpur dengan sistem pengeringan. Berikut keunggulan dan kelemahan alternatif pengolahan pertama pada tabel 5.6.

Tabel 5.6 Keunggulan dan Kelemahan Alternatif Pengolahan Aerated Lagoon

No	Pengolahan Aerated Lagoon	
	Keunggulan	Kelemahan
1	Efisiensi Removal TSS dan BOD berkisar pada 40% - 90%	Membutuhkan area yang luas untuk tiap bangunannya
2	Penghilangan COD bisa dilakukan di Wetland saja	Termasuk dalam unit pengolahan terbuka
3	Suplai Oksigen berasal dari Aerator	
4	Mudah dalam operasional dan pemeliharannya	

Sumber: Said, 2008

Tingkat efisiensi pengolahan unit bangunan pengolah air limbah penting diperhatikan dalam perencanaan IPAL. Perhitungan efisiensi *removal* dapat mempengaruhi kinerja unit bangunan IPAL dalam proses pengolahan dan efektivitas dalam menghilangkan kadar pencemar yang terdapat dalam air limbah. Tingkat efisiensi *removal* kadar pencemar untuk masing-masing alternatif unit IPAL memiliki kemampuan yang berbeda-beda. Dengan mengacu pada studi literatur penelitian terdahulu dapat dijadikan pertimbangan khusus dalam melakukan perencanaan unit IPAL guna mengetahui tingkat efisiensi *removal* dalam proses pengolahan maupun effluen yang dihasilkan.

$$\begin{aligned}\text{Efisiensi removal BOD} &= \text{Kadar pencemar} \times \text{Prosentase removal} \\ &= 482 \text{ mg/L} \times 40\% \\ &= 192,8 \text{ mg/L}\end{aligned}$$

Dari hasil diatas menunjukkan bahwa kadar pencemar BOD di dalam air limbah sebesar 482 mg/L dengan prosentase penghilangan pencemar oleh unit bangunan bak Prasedimentasi sebesar 40%, maka dapat mereduksi kadar pencemar pada air limbah sebesar 192,8 mg/L. Sehingga effluen air limbah yang masuk kedalam unit bangunan selanjutnya sebesar 289,2 mg/L. Untuk perhitungan parameter pencemar dan unit bangunan pengolah lainnya dalam perencanaan unit IPAL dapat dilakukan seperti contoh perhitungan diatas. Untuk perhitungan lebih rinci efisiensi removal pada unit bangunan IPAL lainnya dapat dilihat di tabel 5.7 sebagai berikut:

	TSS (/L)	BOD (/L)	COD (/L)
--	-----------	-----------	-----------

Sumber: Analisis Perhitungan, 2021

```

graph LR
    A[Emulsi Minyak dan Lemak] --> B[Bak Ekualisasi]
    B --> C[Bak Pengendap Awal]
    C --> D[Biofilter Aerob]
    D --> E[Adsorpsi Karbon Aktif]
    E --> F[Bak Pengendap Akhir]
    F --> G[Badan Air]
  
```

Pemilihan alternatif dilakukan karena pengolahan biologis optimal dalam meremoval parameter limbah cair domestik. *Grease Trap* digunakan sebagai pengolahan awal yang berfungsi memisahkan kandungan minyak dan lemak pada air limbah. Bak ekualisasi berfungsi meredam fluktuasi air limbah domestik. Bak pengendap awal berfungsi menurunkan padatan tersuspensi, air limpasannya akan dialirkan ke bak aerasi secara gravitasi sehingga akan tumbuh dan berkembang biomassa dalam jumlah cukup besar. Biofilter Aerob merupakan proses pengolahan pengembangan dari metode aerasi kontak. Pengolahan biofilter aerob memiliki efisiensi *removal* BOD sekitar 60-90 % dan penyisihan TSS sekitar 50-70 % dengan waktu tinggalnya sekitar 2-10 jam. Adsorpsi Karbon Aktif berfungsi untuk membunuh mikroorganisme, menyetarakan kandungan kimia dan menyerapnya, netralisasi limbah asam maupun basa, memperbaiki proses pemisahan lumpur, memisahkan padatan yang tak terlarut, filtrasi, mengoksidasi warna dan racun, mengurangi konsentrasi minyak dan lemak serta meningkatkan efisiensi instalasi flotasi. Berikut keunggulan dan kelemahan alternatif pengolahan pertama pada tabel 5.8.

No	Pengolahan Biofilter Aerob dan Adsorpsi Karbon Aktif	
	Keunggulan	Kelemahan
1	Tahan terhadap fluktuasi air limbah dan tidak ada bulking sludge	Efluen lumpur tinja dengan kapasitas besar masih perlu pengolahan sekunder atau pembuangan lebih lanjut

$$\begin{aligned}\text{Removal NH}_3\text{-N} &= \frac{\text{Kadar NH}_3\text{-N}-\text{Baku Mutu}}{\text{Kadar NH}_3\text{-N}} \\ &= \frac{107,4-10}{107,4} \times 100\% \\ &= 91 \%\end{aligned}$$

BOD in = 482 mg/l
= 0,482 kg/m³

mBOD in = BOD in x Q_{peak}
= 0,482 kg/m³ x 20,52 m³/hari
= 9.9 kg/hari

BOD eff = BOD *Loading in* x (1 – *Removal BOD*)
= 482 mg/l x (1 – 0%)
= 482 mg/l

mBOD eff = BOD *Loading in* x (100% – *Removal BOD*)
= 9.9 kg/hari x (100% – 0%)
= 9.9 kg/hari

COD in = 1883,7 mg/l
= 1,8837 kg/m³

mCOD in = COD in x Q_{peak}
= 1,8837 kg/m³ x 20,52 m³/hari
= 38,7 kg/hari

COD eff = COD *Loading in* x (1 – *Removal COD*)

pengolah lainnya. Untuk perhitungan lebih rinci mengenai efisiensi removal pada unit bangunan lainnya dapat dilihat di tabel berikut:

Tabel 5.13 Beban Removal Kadar Pencemar Pada Bak Pemisah Lemak

Bak Pemisah Lemak				
	Uraian	Kadar		Satuan
Influent	BOD Loading	482		mg/L
		0.482		kg/m3
		9.9		kg/hari
	COD Loading	1883.7		mg/L
		1.8837		kg/m3
		38.7		kg/hari
	TSS Loading	590.5		mg/L
		0.5905		kg/m3
		12.1		kg/hari
	NH3-N Loading	107.4		mg/L
0.1074		kg/m3		
2.2		kg/hari		
Effluent	Uraian	Removal Efficiency	Kadar	Satuan
	BOD Loading	0%	482	mg/L
		47	9.9	kg/hari
	COD Loading		0%	1883.7
		38.7	kg/hari	
	TSS Loading	0%	590.5	mg/L
			12.1	kg/hari
	NH3-N Loading	0%	107.4	mg/L
			2.2	kg/hari

Sumber: Analisa Perhitungan, 2021

Tabel 5.14 Beban Removal Kadar Pencemar Pada Bak Ekualisasi

Bak Ekualisasi				
	Uraian	Kadar		Satuan
Influent	BOD Loading	482		mg/L
		9.9		kg/hari
	COD Loading	1883.7		mg/L
		38.7		kg/hari
	TSS Loading	590.5		mg/L
		12.1		kg/hari
NH3-N Loading	107.4		mg/L	
	2.2		kg/hari	
Effluent	Uraian	Removal Efficiency	Kadar	Satuan
	BOD Loading	0%	482	mg/L
			9.9	kg/hari
	COD Loading	0%	1883.7	mg/L

$$\begin{aligned} \text{removal TSS} &= 50\% \text{ (Sumber: Metclaf dan Eddy, 1991)} \\ \text{mTSS} &= \text{removal TSS} \times \text{mTSS in} \\ &= 50\% \times 12,1170 \text{ kg/hari} \\ &= 6,0585 \end{aligned}$$

4. Menghitung Penyisihan $\text{NH}_3\text{-N}$ unit Bak Pengendap Awal

$$\begin{aligned}\text{NH}_3\text{-N} &= 107,4 \text{ mg/l} \\ &= 0,1074 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{m NH}_3\text{-N inlet} &= \text{NH}_3\text{-N} \times \text{Debit air limbah} \\ &= 0,1074 \text{ kg/m}^3 \times 20,52 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 2,2038 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

removal $\text{NH}_3\text{-N}$ = 20% (Sumber: Metclaf dan Eddy, 1991)
 $m \text{ NH}_3\text{-N}$ = removal $\text{NH}_3\text{-N}$ x $m \text{ NH}_3\text{-N}$ in
 = 20% x 2,2038 kg/hari
 = 0.44

5. Menghitung Produksi Lumpur Unit Bak Pengendap Awal

Perhitungan beban lumpur yang diproduksi dalam proses pengolahan didapatkan dari penyisihan kadar padatan tersuspensi yang tertahan pada unit IPAL, dimana asumsi bahwa air limbah yang masuk ke dalam unit IPAL, kadar lumpur yang terkandung hanya sebesar 5% sedangkan 95% lainnya berupa air.

- Menghitung Massa Lumpur yang Dihasilkan

$$\text{mTSS} = 5\% \times \text{massa lumpur}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa Lumpur} &= \frac{mTSS}{5\%} \\ &= \frac{6,0585}{5\%} \\ &= 121,171 \text{ kg/hari}\end{aligned}$$

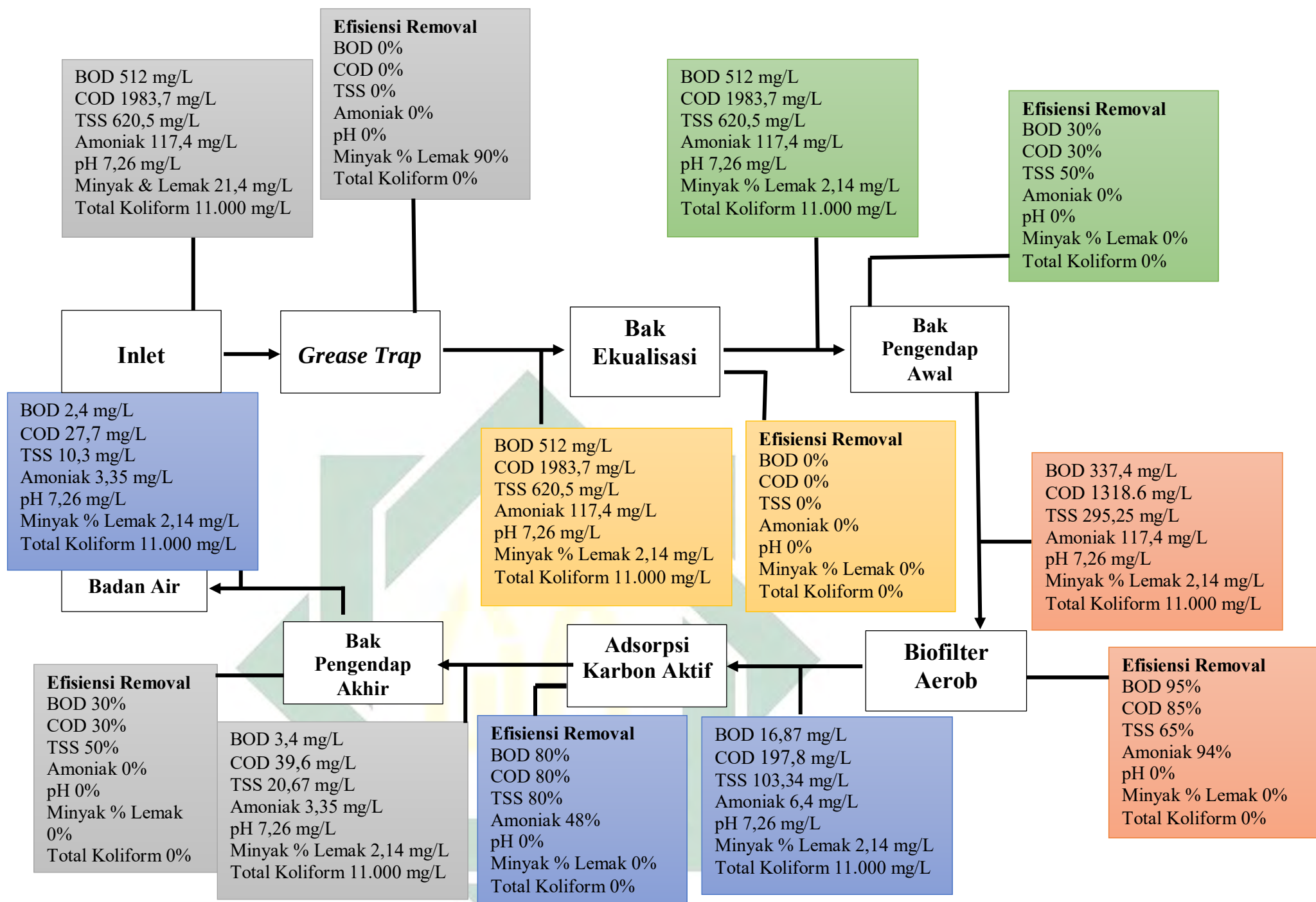
- Menghitung Debit Lumpur

$$\begin{aligned} \text{BJ Lumpur} &= 1030 \text{ kg/m}^3 \\ \text{Q lumpur} &= \frac{\text{Massa Lumpur}}{\text{BJ Lumpur}} \\ &= \frac{121,171 \text{ kg/hari}}{1030 \text{ kg/m}^3} \\ &= 0,1176 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

perhitungan yang telah dilakukan pada unit bak ekualisasi, bak pengendap awal, biofilter aerob, bak adsorpsi karbon aktif dan bak pengendap akhir dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 5.16 Pertimbangan Massa pada Bak Pemisah Lemak

Influent		
Parameter	Kadar	Satuan
BOD	482	mg/l
COD	1883.7	
TSS	590.5	
NH3-N	107.4	
Massa Kadar Pencemar		
mBOD	9.89064	kg/hari
mCOD	38.653524	
mTSS	12.11706	
mNH3-N	2.203848	
Removal		
Parameter Removal	Prosentase (%)	Sumber
BOD	0%	Metclaf dan Eddy. 1991
COD	0%	
TSS	0%	
NH3-N	0%	
Perhitungan		
Parameter	Kadar	Satuan
$mBOD = 0\% \times mBOD$	0	kg/hari
$mCOD = \% \times mCOD$	0	
$mTSS = 0\% \times mTSS$	0	
$mNH3-N = 0\% \times mNH3-N$	0	
Lumpur terdiri 95% air dan 5% TSS, sehingga:		
Parameter	Kadar	Satuan
Massa Lumpur = $mTSS/5\%$	0	kg/hari
Debit Lumpur = $Massa\ Lumpur/ BJ\ Lumpur$	0.0000	mg/l
Effluent		
$mBOD(ef) = mBOD\ (in) - mBOD\ [r]$	9.89064	kg/hari
$BOD(ef) = mBOD\ (ef) / 86,4$	0.114475	mg/l
$mCOD(ef) = mCOD\ (in) - mCOD\ [r]$	38.653524	kg/hari
$COD(ef) = mCOD\ (ef) / 86,4$	0.44737875	mg/l
$mTSS(ef) = mTSS\ (in) - mTSS\ [r]$	12.11706	kg/hari



PERENCANAAN DESAIN TEKNIS

6.1 Preliminary Design

Desain IPAL merupakan rancangan awal dalam pembangunan konstruksi IPAL yang dilakukan dengan mempertimbangkan kriteria desain pada tiap-tiap unit bangunan sesuai dengan bagan alir proses pengolahan. Bagan alir proses pada perencanaan ini menunjukkan proses pengolahan air limbah yang akan direalisasikan. Dengan adanya rancangan awal dan bagan alir proses ini, diharapkan dapat memberi kemudahan dalam mendesain bangunan, menghitung efisiensi serta kualitas effluen masing-masing unit agar desain yang diperoleh dapat dikerjakan dengan baik. Perhitungan desain IPAL terpilih dengan metode biofilter aerob dan adsorpsi karbon aktif disajikan sebagai berikut:

6.1.1 Desain Unit Pemisah Lemak/Minyak

Bak pemisah lemak atau grease removal berfungsi untuk memisahkan lemak atau minyak yang berasal dari kegiatan dapur, serta untuk mengendapkan kotoran pasir, tanah atau senyawa padatan yang tak dapat terurai secara biologis (Mubin, 2016). Berikut perhitungan teknis dimensi bak pemisah lemak yang akan direncanakan:

Direncanakan:

- Kapasitas : 20,52 m³/hari
- Waktu detensi : 30 menit
- Rasio p:l : 2:1
- Kedalaman : 1 meter
- Freeboard : 0.3 m
- Vbak : $\frac{30}{60 \times 24} \times 20,52 \text{ m}^3/\text{day}$
: 0,43 m³
- Luas permukaan bak (A) : A = V/H
= 0,43 m³/1 m
= 0.43 m²
0.43 m² = $\frac{1}{4} \times \pi \times D^2$
D² = 0.43 x 4 / 3.14
= 0.0640 m
= 60,4 mm
Pipa Pasar = 110 mm

$2 \times 0,6 \text{ m}$
 $1,2 \text{ m}$
 V/Q
 $(1,2 \text{ m} \times 0,6 \text{ m} \times 1 \text{ m}) / 20,52 \text{ m}^3/\text{hari}$
 0.035088 hari
 $50,5 \text{ menit (terpenuhi)}$
 an minyak dan lemak
 rasi influen $= 21 \text{ mg/L}$
 i Removal $= 80\% \text{ (Wongthanate, 2014)}$
 rasi Effluen $= 20\% \times \text{influen}$
 $= 20\% \times 21 \text{ mg/L}$
 $= 4,2 \text{ mg/L}$
 :

- $$\begin{aligned} A &= 2l^2 \\ l &= (A/2)^{0.5} \\ &= (0.43 \text{ m}^2 / 2)^{0.5} \\ &= 0.215 \text{ m} \\ &= 0.6 \text{ m} \end{aligned}$$

- $$\begin{aligned} P &= 2 \times 1 \\ &= 2 \times 0,6 \text{ m} \\ &= 1,2 \text{ m} \end{aligned}$$

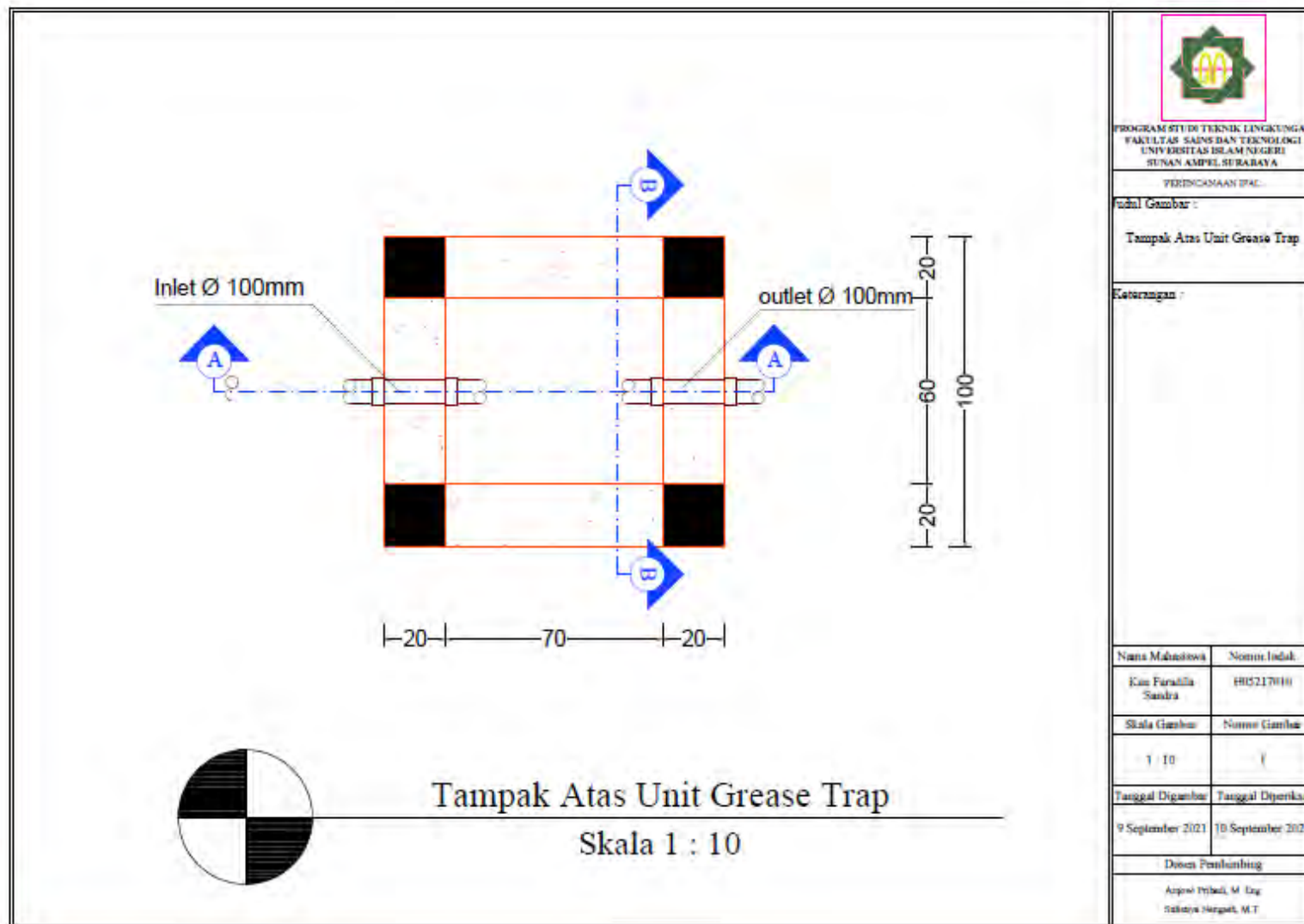
- $$\begin{aligned} T_d &= V/Q \\ &= (1,2 \text{ m} \times 0,6 \text{ m} \times 1 \text{ m}) / 20,52 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 0.035088 \text{ hari} \\ &= 50,5 \text{ menit (terpenuhi)} \end{aligned}$$

- | | |
|---------------------|---------------------------|
| Konsentrasi influen | = 21 mg/L |
| Efisiensi Removal | = 80% (Wongthanate, 2014) |
| Konsentrasi Effluen | = 20% x influen |
| | = 20% x 21 mg/L |
| | = 4,2 mg/L |

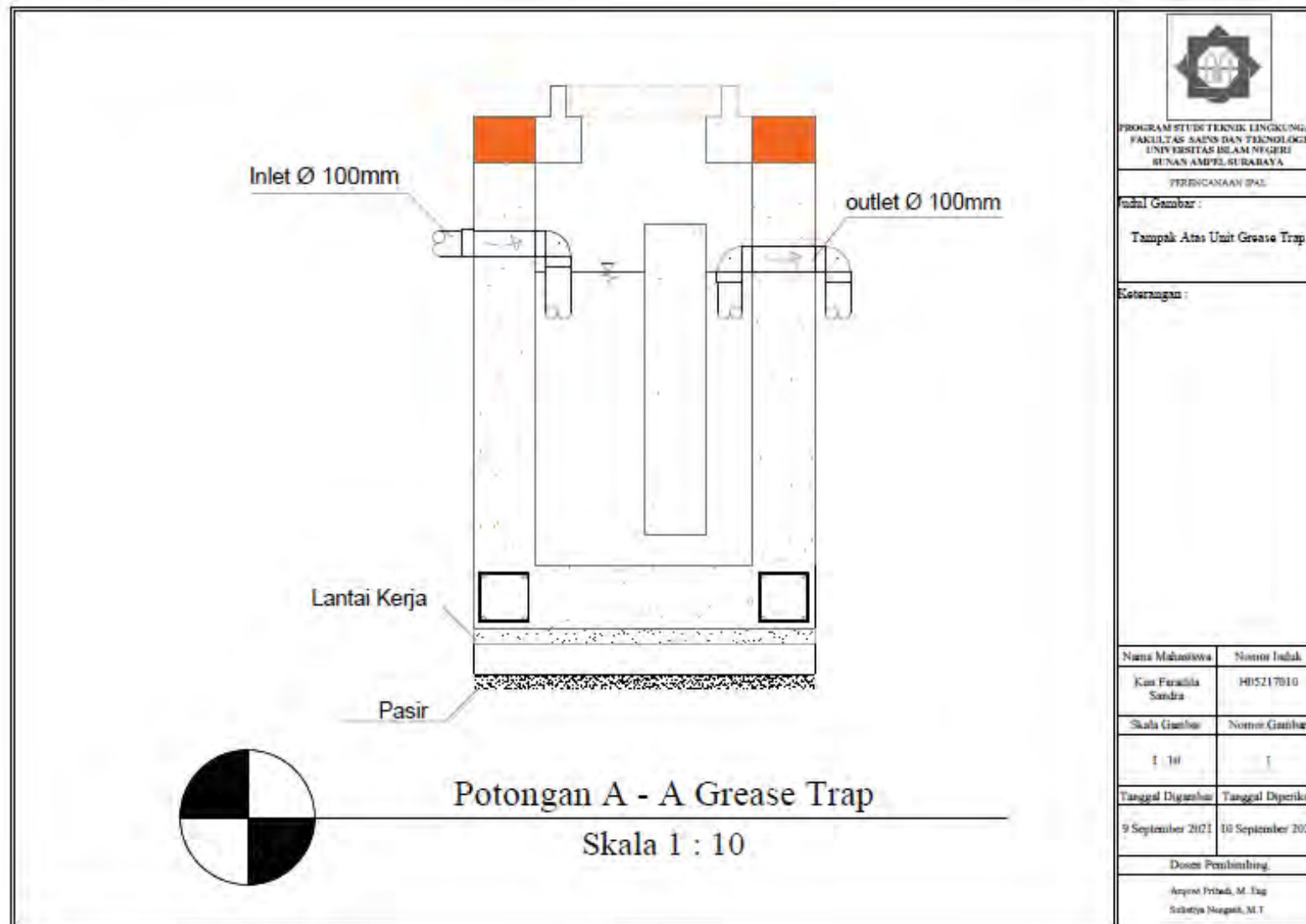
- Panjang : 1,2 m
- Panjang ruang kosong : 0.3 m
- Tebal dinding : 0.2 m
- Tebal baffle : 0.15 m
- Lebar : 0,6 m
- Tebal dinding : 0.2 m
- Kedalaman air : 1 m
- Ruang bebas : 0.3 m
- Plat bawah : 0.2 m
- Plat atas : 0.15 m

[illegible]

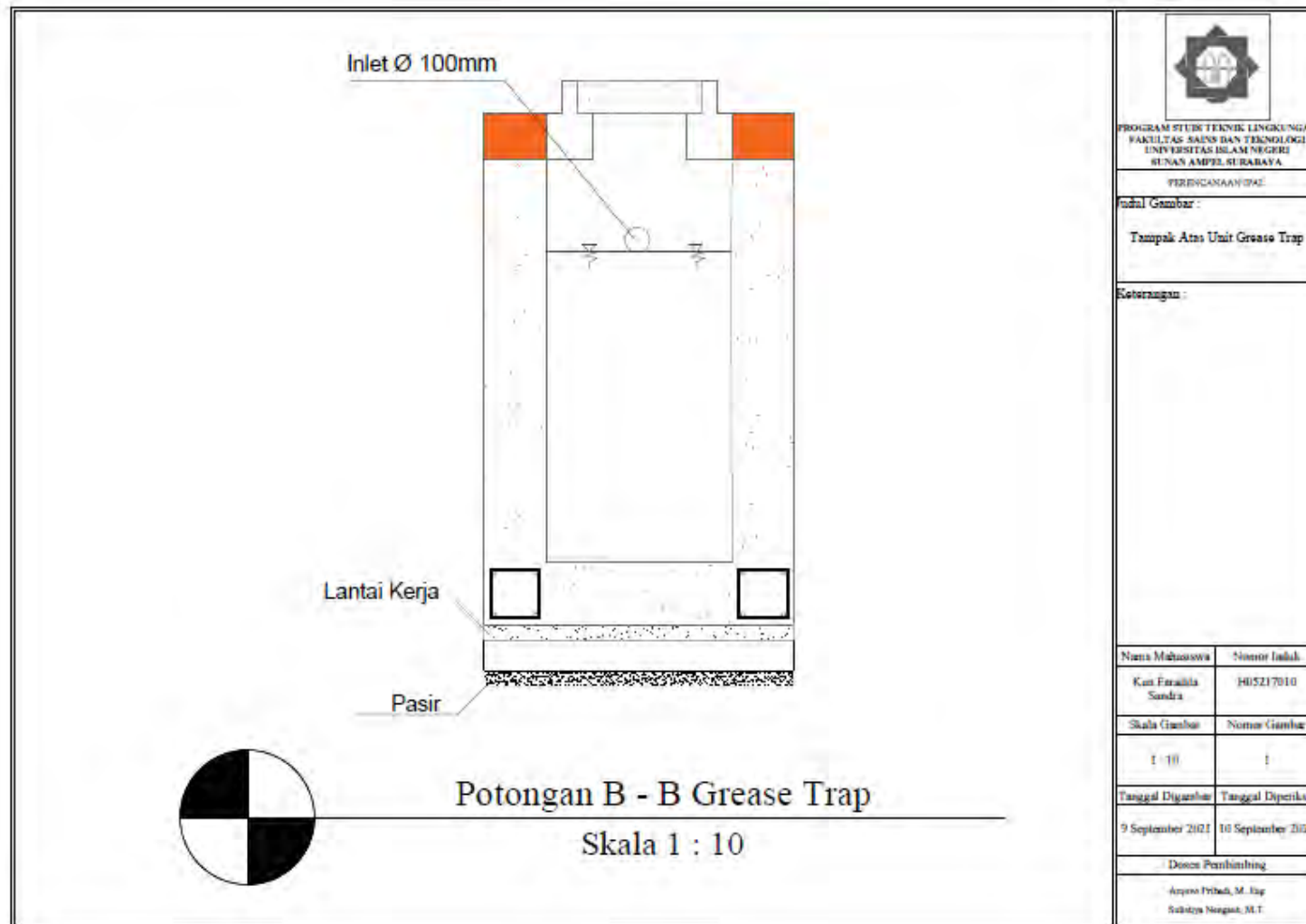
1. Grease Trap



2. Potongan A-A Grease Trap



3. Potongan B-B GreaseTrap

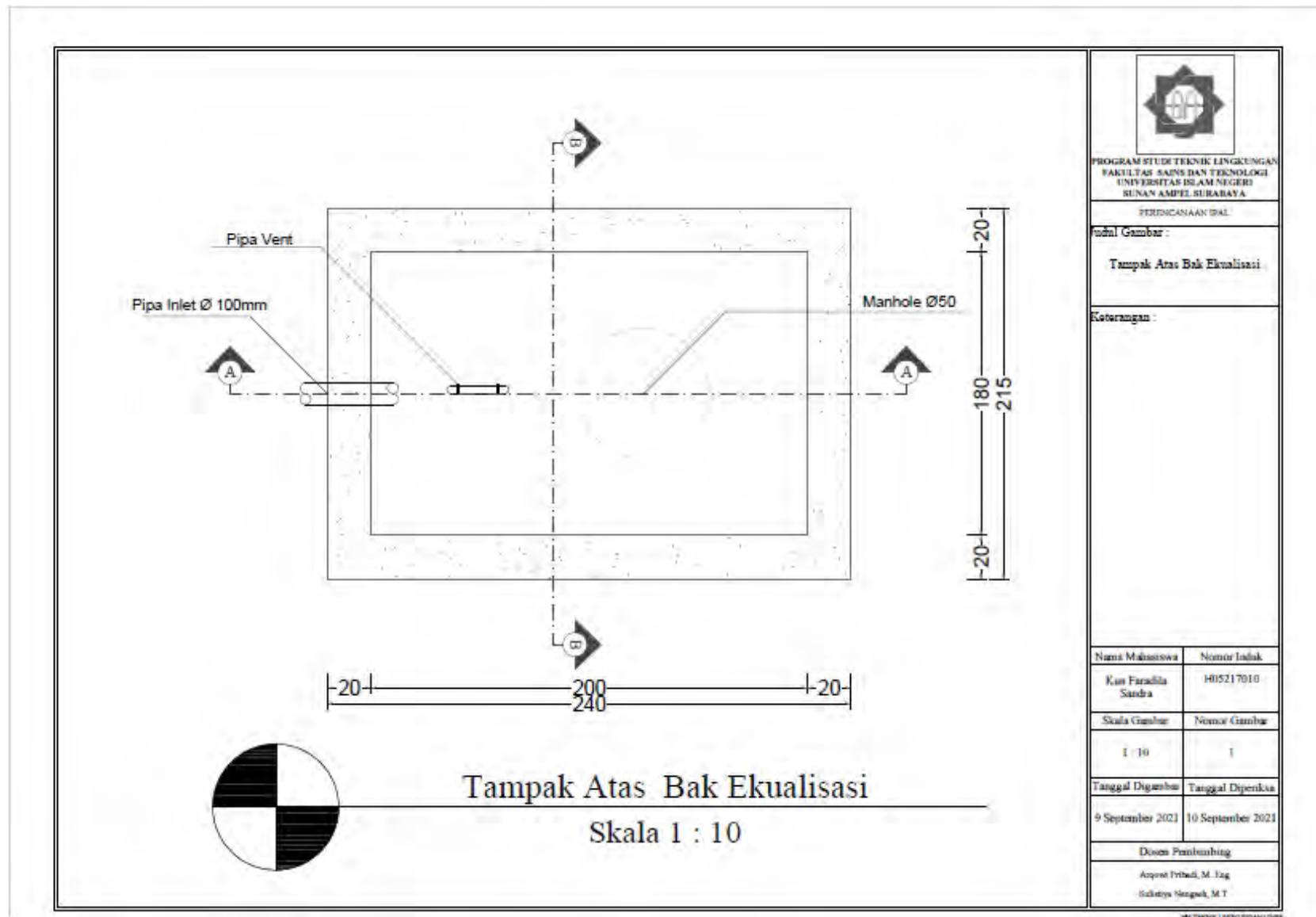


Bak ekualisasi merupakan unit IPAL yang berfungsi untuk menyeragamkan konsentrasi zat pencemar, meratakan kandungan padatan terlarut (SS). Bak ekualisasi direncanakan hanya terdiri dari 1 kompartemen yang dilengkapi dengan *submersible pump*. Pada saat pembersihan bak, aliran air limbah akan dipompakan langsung menuju ke bak pengendap awal tanpa melewati unit bak ekualisasi. Untuk menghindari *shock loading* fluktuasi air limbah maka pembersihan dilakukan pada hari libur, dimana debit air limbah relatif sedikit. Berikut kriteria desain perhitungan rencana desain unit bak ekualisasi pada pengolahan air limbah ditetapkan:

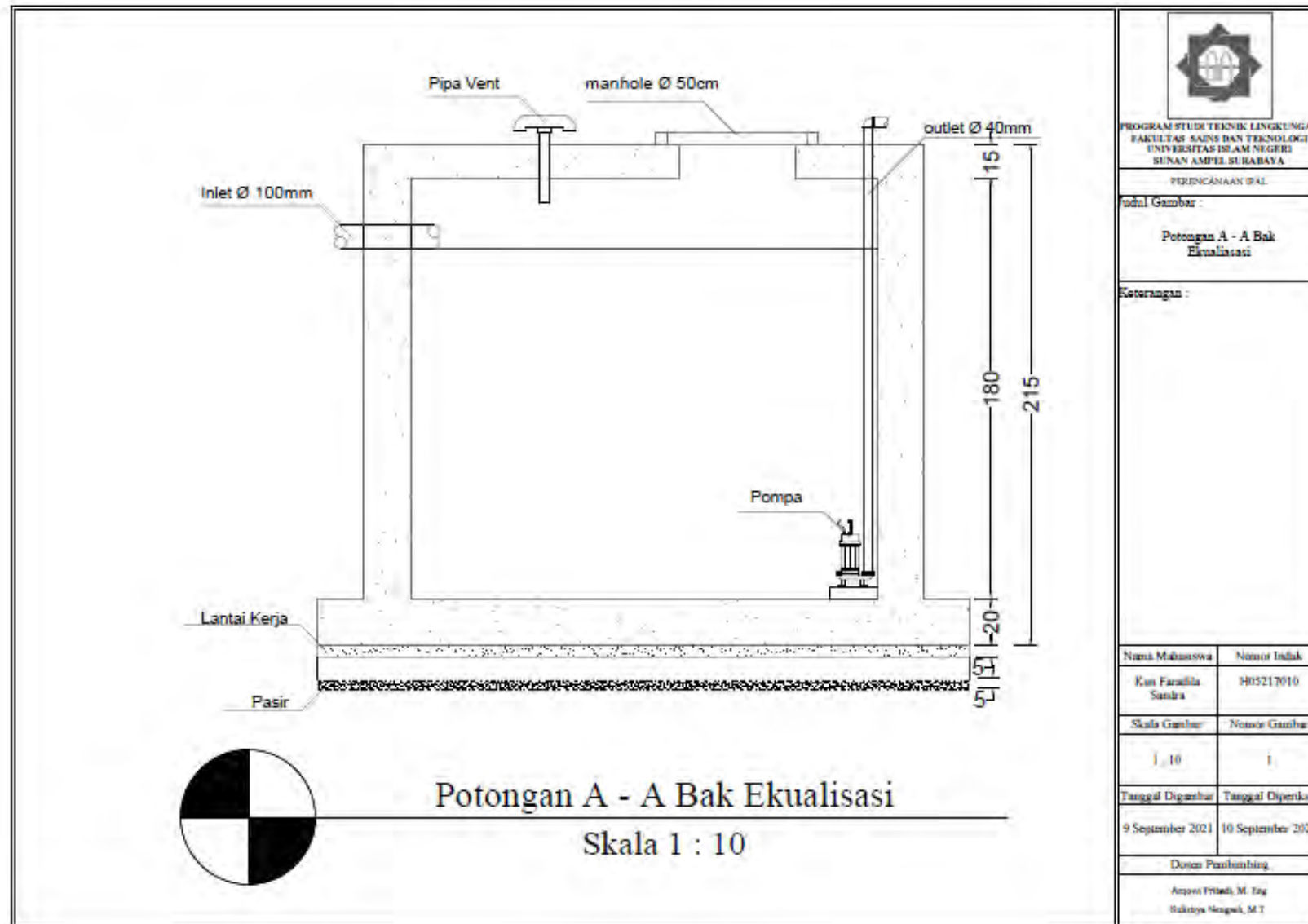
- Berikut perhitungan dimensi bak ekualisasi yang direncanakan sesuai dengan kriteria desain:

$$\begin{aligned} V_{\text{bak}} &= \text{Debit} \times T_d \\ &= \frac{20,52 \text{ m}^3/\text{hari} \times 4 \text{ jam}}{24 \text{ jam}} \\ &= 3,42 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$
$$\begin{aligned} A_{ef} &= V/h \\ &= \frac{3,42 \text{ m}^3/\text{jam}}{1,5 \text{ m}} \\ &= 2,28 \text{ m}^2 \end{aligned}$$
$$\begin{aligned}\text{Lebar (L)} &= (\text{Aef} / 1,5)^{0,5} \\ &= (2,28 \text{ m}^2 / 1,5)^{0,5} \\ &= 1,23 \text{ m}\end{aligned}$$

1. Bak Ekualisasi



2. Potongan A-A Bak Ekualisasi



PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
SUNAN AMPEL SURABAYA

PERENCANAAN DAI

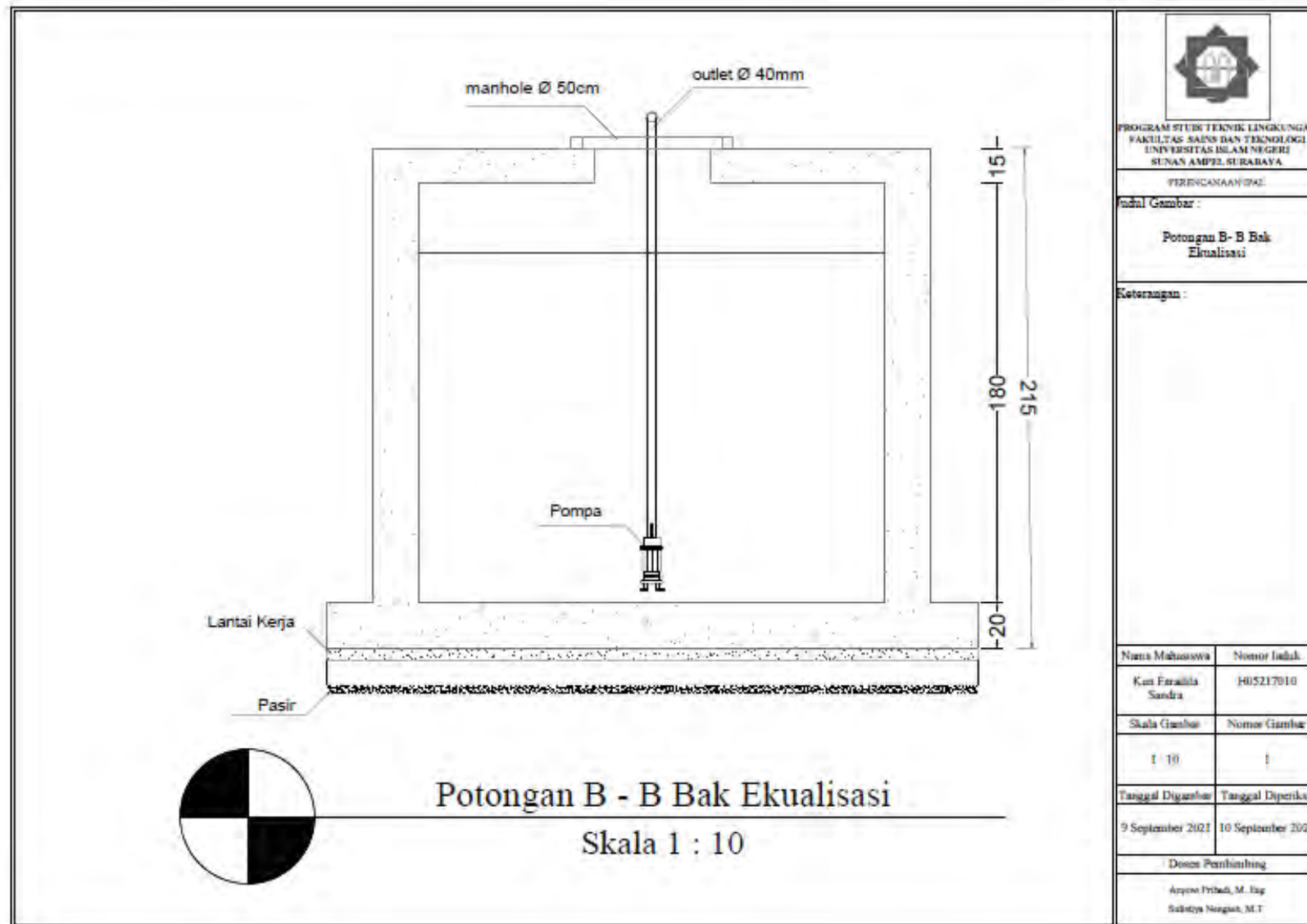
Judul Gambar :

Potongan A - A Bak
Ekualisasi

Keterangan :

Nama Mahasiswa	Nomor Induk
Kun Faradila Sandra	905217010
Skala Gambar	Nomor Gambar
1 : 10	1
Tanggal Diserahkan	Tanggal Diperiksa
9 September 2021	10 September 2021
Dosen Pembimbing	
Anwar Pratiwi, M. Eng Hikmah Nugroho, M.T	

3. Potongan B-B Bak Ekualisasi



Perhitungan pompa diperlukan untuk mengetahui karakteristik pompa dan aksesoris yang dibutuhkan dalam mengolah air limbah. Pompa air limbah berfungsi untuk mengalirkan air limbah secara konstan dari bak ekualisasi menuju ke unit IPAL selanjutnya. Pompa yang digunakan adalah pompa submersible yaitu pompa yang akan mengalami kerusakan apabila tidak terdapat air terus menerus. Pompa ini berguna untuk mendorong air ke permukaan dengan adanya perangkat impeller yang memutar dalam casingnya. Dalam perencanaan ini ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam perhitungan pompa kriteria desain, rencana desain pompa air limbah pada proses pengolahan sebagai berikut:

- Berikut perhitungan pompa air limbah:

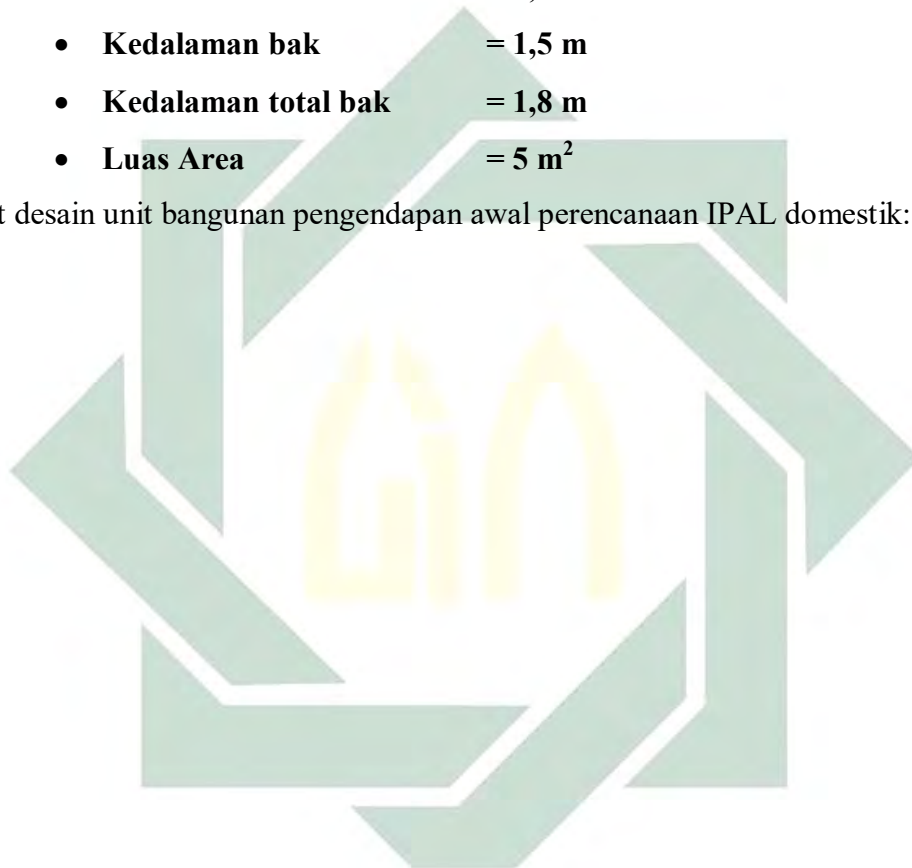
$$\begin{aligned} \text{Luas Penampang} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\ 0,00124 \text{ m}^2 &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times D^2 \end{aligned}$$

$$= 0,00124 \text{ m}^3/\text{detik}$$

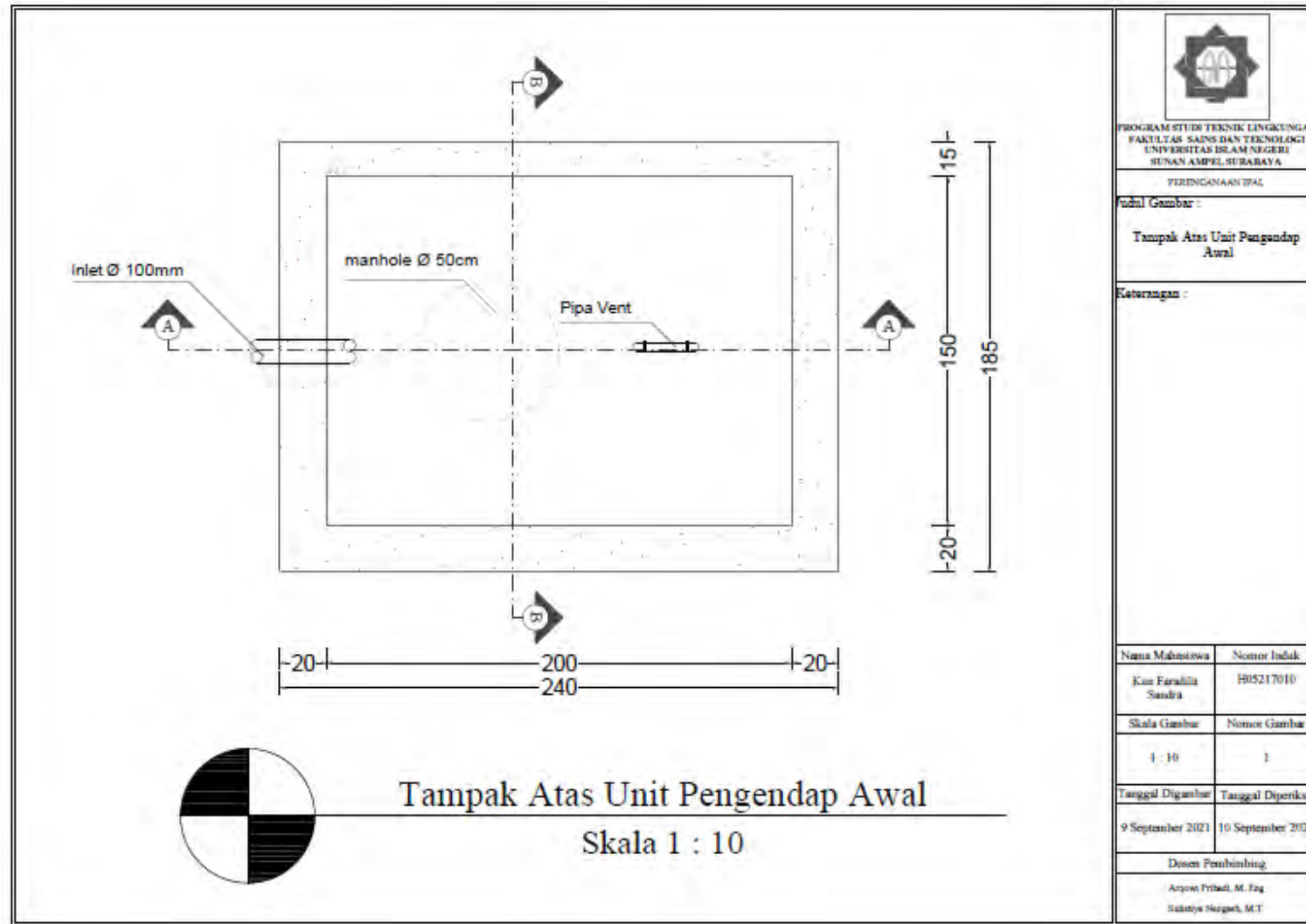
$$= 0,00249 \text{ mg/L}$$

- Panjang bak = 2 m
- Lebar bak = 1,5 m
- Kedalaman bak = 1,5 m
- Kedalaman total bak = 1,8 m
- Luas Area = 5 m²

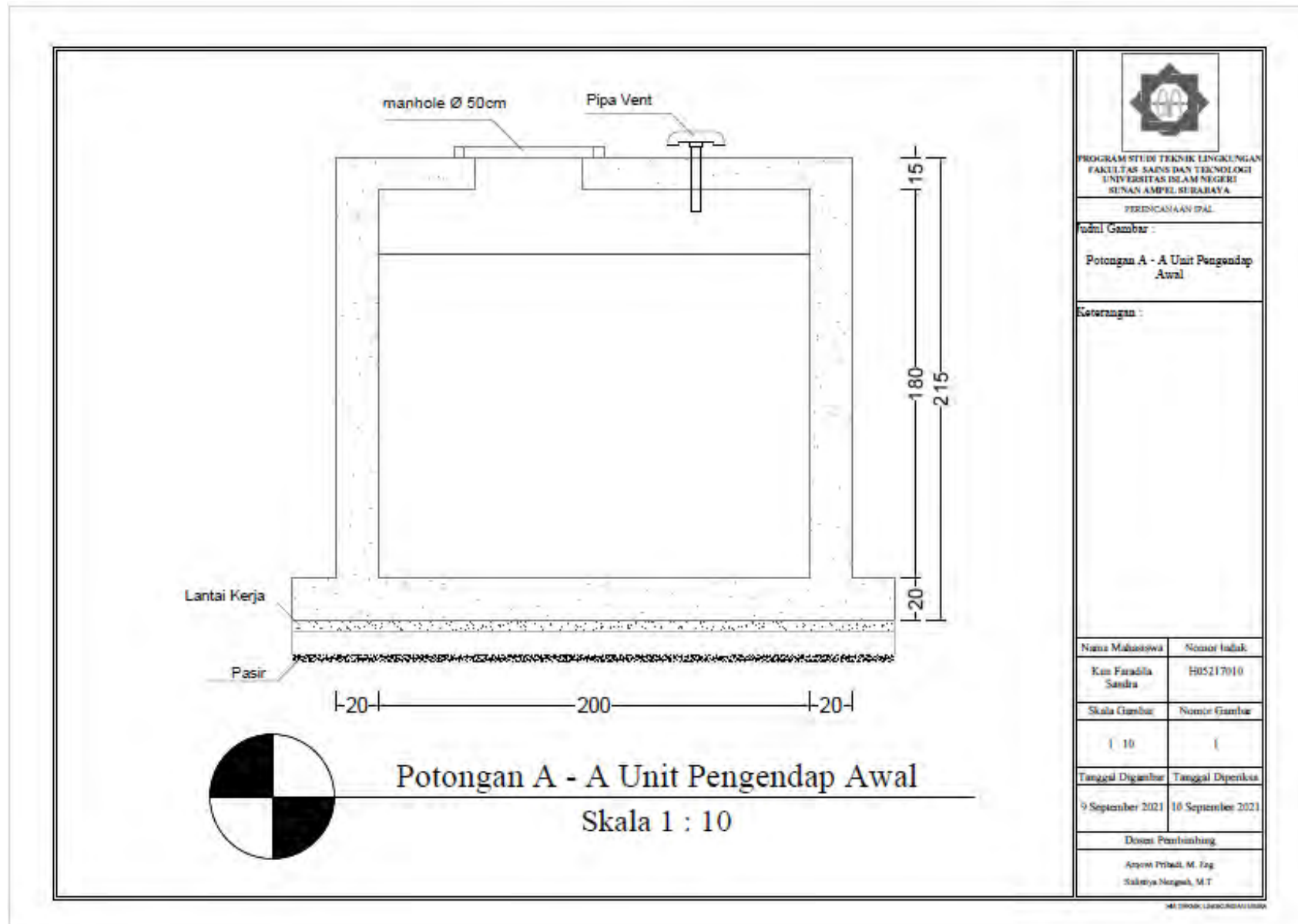
Berikut desain unit bangunan pengendapan awal perencanaan IPAL domestik:



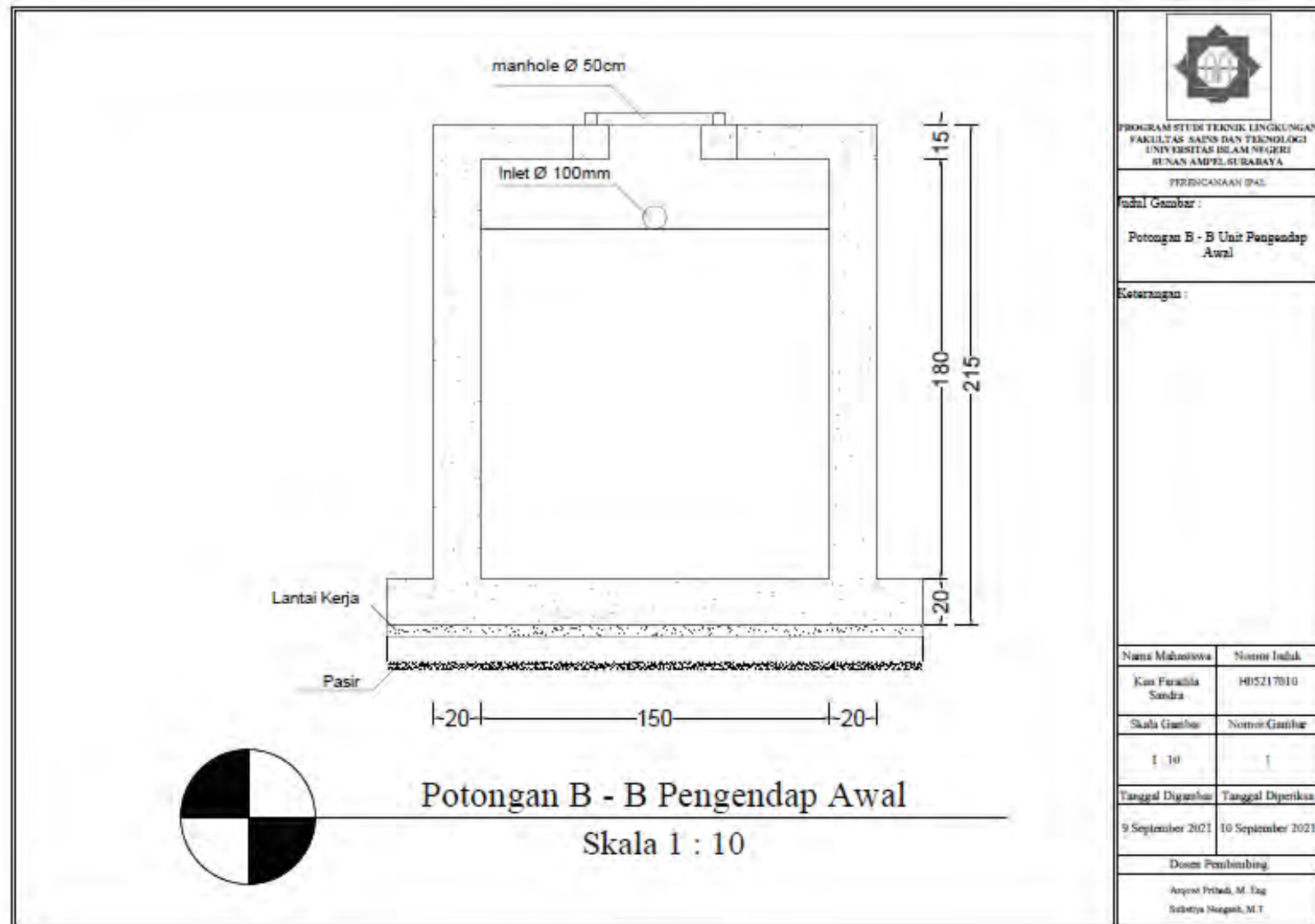
1. Bak Pengendap Awal



4. Potongan A-A Bak Pengendap Awal



5. Potongan B-B Bak Pengendap Awal



Perancangan desain unit bak biofilter aerob pada pengolahan air limbah ini menggunakan sistem aerasi kontinyu, dimana sistem ini cocok untuk mengolah air limbah dengan kapasitas kecil serta menghasilkan sedikit lumpur. Berdasarkan kriteria desain, perhitungan rencana desain bak biofilter aerobik pada proses pengolahan air limbah ditetapkan sebagai berikut:

- Berikut perhitungan dimensi bak biofilter aerob yang direncanakan sesuai dengan kriteria desain:

Lebar = 1,5 m
Panjang = 1.5 m
Kedalaman = 1 m

Lebar = 1,5 m
Panjang = 1,5 m
Kedalaman = 1 m

$$\begin{aligned} V_{ef} &= 2P \times L \times \text{Kedalamam Efektif} \\ &= 2 \times 1,5 \text{ m} \times 1,5 \text{ m} \times 1 \text{ m} \\ &= 4,5 \text{ m}^3 \end{aligned}$$
$$V_{\text{reaktor}} = \text{Panjang} \times \text{Lebar} \times \text{Tinggi media bed}$$

$$= 3 \text{ m}$$

5. Tinggi bed media pembiakan mikroba (Hbed)

Hbed = 1,2 m (**Sesuai**)

6. Tinggi ruang lumpur(Hlumpur)

Hlumpur = 0,3 m (**Sesuai**)

7. Tinggi air di atas bed media (Hab)

Hab = Hefektif bed - Hbed - Hlumpur
 = 1,5 m - 1,5 m - 0,3 m
 = 0,3 m (**Sesuai**)

8. Waktu tinggal rata-rata dalam reaktor

$$\begin{aligned} \text{Hrt}_{\text{Av}} &= \frac{\text{Volume Efektif}}{\text{Debit Air Limbah}} \\ &= \frac{4,5 \text{ m}^3}{0,855 \text{ m}^3/\text{jam}} \\ &= 5 \text{ jam} \end{aligned}$$

9. Waktu tinggal total di dalam reaktor aerob saat jam puncak

$$\begin{aligned} H_{rt_{rec}} &= \frac{\text{waktu tinggal rata-rata}}{2} \\ &= \frac{5 \text{ jam}}{2} \\ &= 2,5 \text{ jam} \end{aligned}$$

10. BOD *loading* per volume media

$$\begin{aligned} \text{BODloading} &= \frac{\text{Beban BOD}}{\text{Volume total media}} \\ &= \frac{2,49 \text{ kg/hari}}{3 \text{ m}^3} \\ &= 0,8 \text{ kg BOD/m}^3 \cdot \text{hari} \text{ (sesuai)} \end{aligned}$$

11. Luas spesifik media $150 \text{ m}^2/\text{m}^3$, maka:

$$\begin{aligned} \text{BOD loading} &= \frac{\text{luas spesifik}}{\text{BOD loading per vol.media}} \\ &= \frac{150 \text{ m}^2/\text{m}^3}{0,8 \text{ kg BOD}/\text{m}^3.\text{hari}} \\ &= 18,8 \text{ g BOD}/\text{m}^2.\text{hari} \text{ (sesuai)} \end{aligned}$$

12. Beban BOD di dalam Air Limbah

$$\begin{aligned}\text{Beban BOD} &= Q \times \text{BOD masuk} \\ &= 20,52 \times 121.464 \text{ mg/L} \\ &= 2,49 \text{ kg/hari}\end{aligned}$$

13. Jumlah BOD yang Dihilangkan

$$\begin{aligned}\text{Jumlah BOD removal} &= \text{Efisiensi removal} \times \text{beban BOD} \\ &= 30\% \times 2,49 \text{ kg/hari} \\ &= 0,7 \text{ kg/hari}\end{aligned}$$

14. Beban BOD/V.media = $0,5 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{hari}$

15. V. media yang diperlukan

$$\begin{aligned} V_{media} &= \frac{\text{Beban BOD}}{\text{Beban BOD per } V_{media}} \\ &= \frac{2,49 \text{ kg/hari}}{0,5 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \text{hari}} \\ &= 4,98 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

16. Volume reaktor Biofilter Aerob

$$\begin{aligned} V_{\text{media}} &= 50\% \times V_{\text{reaktor}} \\ V_{\text{reaktor}} &= 4,98 \text{ m}^3 / 50\% \\ &= 9,96 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

17. Volume Freeboard (Vfb)

$$\begin{aligned} V_{fb} &= A \times F_b \\ &= 2,25 \text{ m}^2 \times 0,3 \\ &= 1 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan tersebut, didapatkan dimensi Unit Bak Biofilter Aerob yang direncanakan sebagai berikut:

- Panjang bak = 1,5 m
- Lebar bak = 1,5 m
- Kedalaman bak = 1 m
- Kedalaman total bak = 1,3 m
- Luas Area = 2,25 m²

Berdasarkan perhitungan dimensi dan beban BOD di dalam air limbah tersebut, spesifikasi jenis media pembiakan media yang tepat dalam perencanaan aerob pengolahan air limbah ini adalah:

- Jenis media digunakan = Tipe Bioball
- Material bahan = PVC Sheet
- Ketebalan = 0,1 - 0,2 mm
- Ukuran modul = 30 x 25 x 30 cm
- Luas & berat spesifik = $150 \text{ m}^2/\text{m}^3$ / 20-35 kg/m^3
- Diameter lubang = 3 x 3 cm
- Warna = Bening transparan

- Porositas rongga = 0,98
- Jumlah total media = 4,98 m³

Berdasarkan perhitungan dimensi tersebut, kebutuhan diffuser oksigen dan jenis blower yang tepat dapat ditentukan sebagai berikut:

1. Secara Teoritis kebutuhan oksigen (O_2) pada reaktor aerob

Kebutuhan O₂ = Jumlah BOD yang dihilangkan
= 0,7 kg/hari

- ## 2. Faktor keamanan yang diterapkan untuk suplai Oksigen

$$\begin{aligned}\text{FkO}_2 &= \text{kutang lebih 2} \\ &= 2 \times 0,7 \text{ kg/hari} \\ &= 1,4 \text{ kg/hari}\end{aligned}$$

3. Asumsi temperatur udara rata-rata berada pada suhu 28°C dengan berat udara pada suhu 28°C $m_{\text{udara}} = 1,1725 \text{ kg/m}^3$. Sedangkan jumlah oksigen (n_{oksigen}) udara diasumsikan sebesar 23,2% = 0,232 g O₂/g.

4. Jumlah kebutuhan udara secara teoritis:

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan Udara} &= \frac{\text{Jumlah Kebutuhan Udara}}{m \text{ udara} \times n \text{ udara}} \\ &= \frac{1,4 \text{ kg/hari}}{1,1725 \text{ kg/m}^3 \times 0,232 \text{ g O}_2/\text{g}} \\ &= 5,15 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

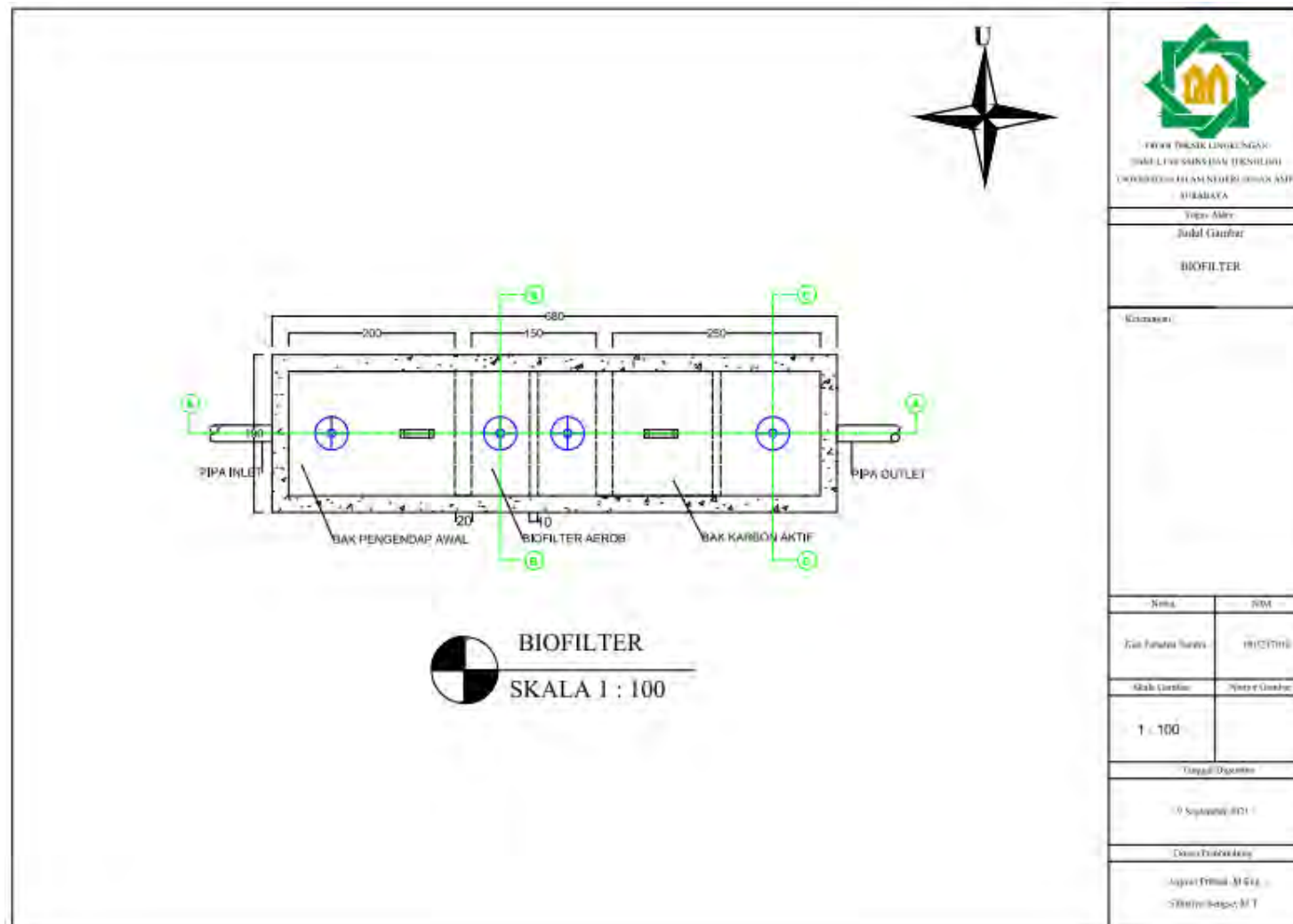
5. Efisiensi Diffuser 5% = 0,05

$$\begin{aligned} 6. \text{Kebutuhan Udara Aktual} &= \frac{\text{Jumlah kebutuhan udara}}{\text{efisiensi diffuser}} \\ &= 5,15 \text{ kg/m}^3 / 0,05 \\ &= 103 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 0,07 \text{ m}^3/\text{menit} \\ &= 70 \text{ L/menit} \end{aligned}$$

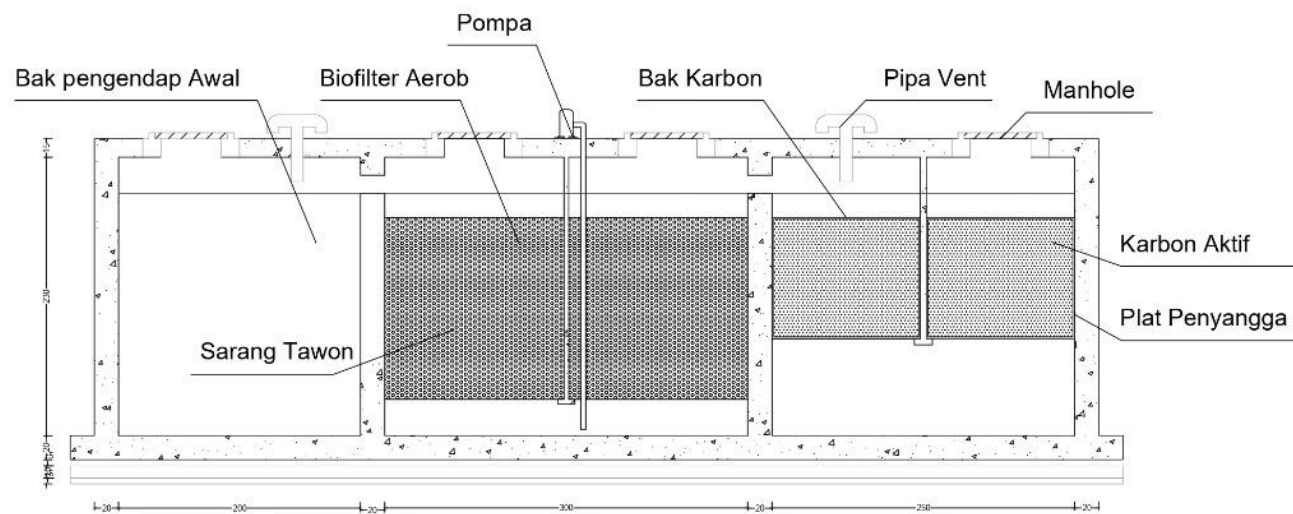
Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, jenis pompa blower udara yang cocok untuk direkomendasikan pada perencanaan ini adalah:

- a. Spesifikasi merk blower = HIBLOW 200
- b. Tipe kapasitas blower = 200 L/menit (70 L/menit)
- c. Total head = 2000 mm-aqua (1,5 meter)
- d. Jumlah blower = 2 unit
- e. Power (Output listrik) = 200 watt x 2 unit
= 400 watt
- f. Pipa outlet = ½ inchi
- g. Kelistrikan = 1 fase

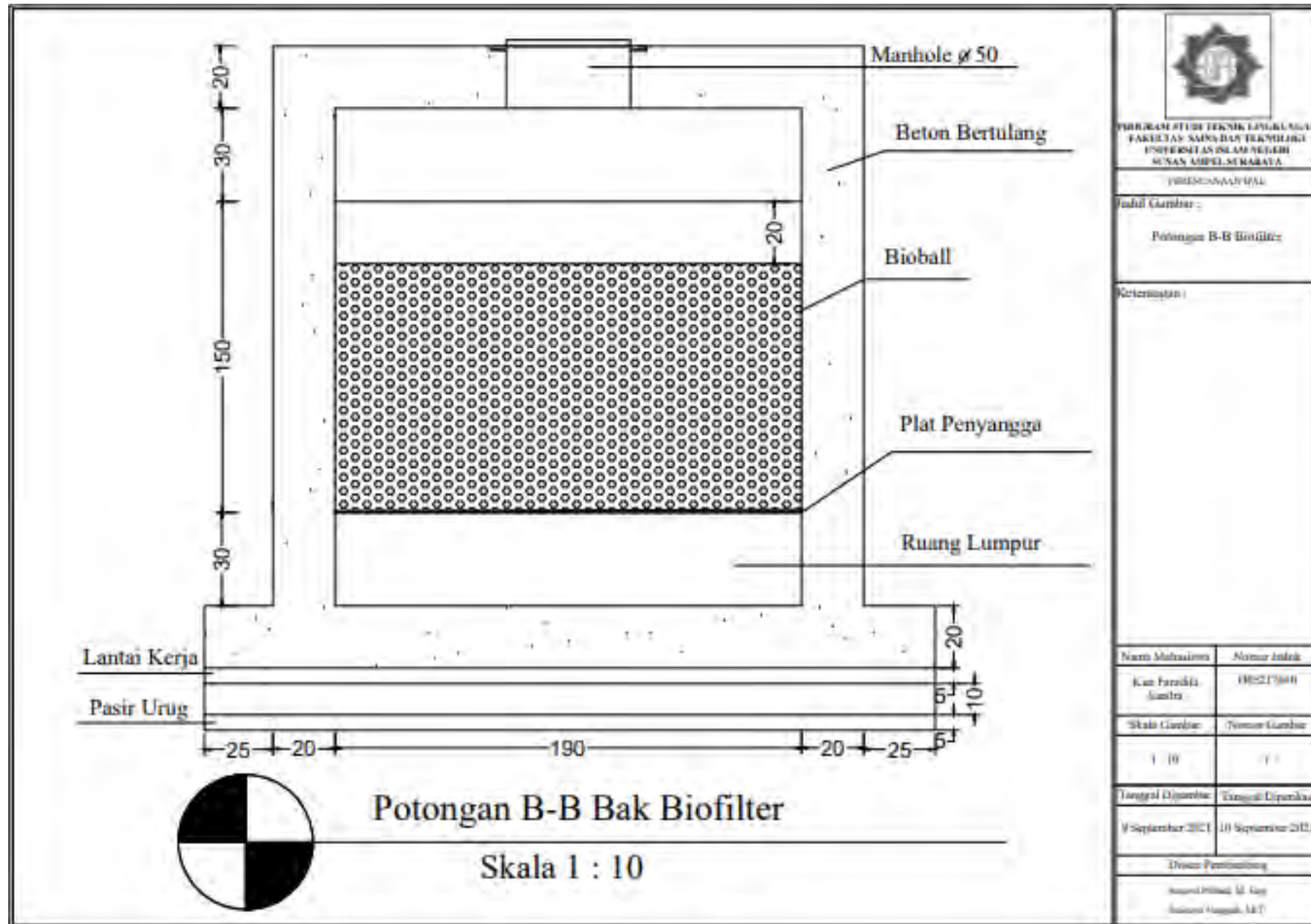
1. Bak Aerobik



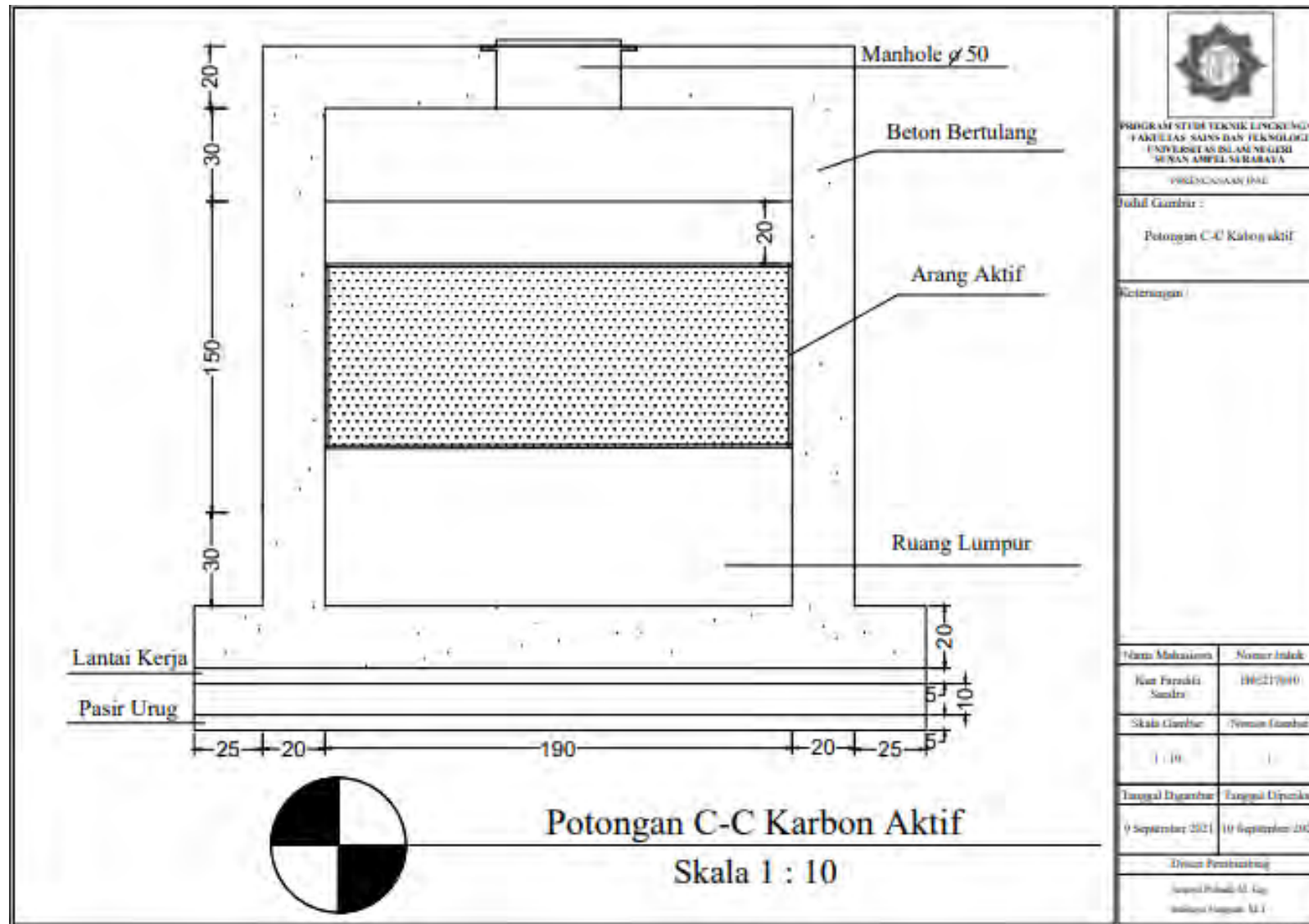
2. Potongan A-A Bak Biofilter dan Adsorpsi Karbon aktif



3. Potongan B-B Bak Biofilter dan Adsorpsi Karbon aktif



4. Potongan C-C Bak Biofilter dan Adsorpsi Karbon aktif



Perancangan unit adsorpsi karbon aktif merupakan bagian dari kombinasi unit IPAL yang berfungsi untuk menghilangkan sisa warna dan mengurangi konsentrasi zat organik yang tidak tereduksi oleh unit biofilter aerobik. Pada perancangan ini media adsorpsinya menggunakan karbon aktif jenis media arang aktif. Perhitungan rencana desain unit adsorpsi karbon aktif pada pengolahan air limbah berdasar kriteria desain ditetapkan berikut ini:

- Berikut perhitungan dimensi bak adsorpsi sesuai dengan kriteria desain diatas:

- #### 4. Lebar *bed*

$$= 5 \text{ buah}$$

aktif yang direncanakan sebagai berikut:

- Panjang bak = 2,5 m terbagi menjadi 2 bak (1,25 m)
- Lebar bak = 2 m
- Kedalaman bak = 1,5 m
- Kedalaman total bak = 1,8 m
- Luas Area = 5 m²

Berdasarkan hasil perhitungan di atas, waktu breakthrough karbon aktif adalah 105 hari (3,5 bulan). Nilai tersebut dalam perancangan ini digunakan sebagai acuan penentuan waktu recovery media karbon aktif arang. Berikut penentuan susunan reaktor yang terdapat pada media karbon aktif sesuai hasil perhitungan.

- Jumlah baris vertikal = 2 buah
- Jumlah baris horisontal = 3 buah
- Panjang total vertikal = 1,8 m
- Panjang total horisontal = 2,5 m

Berdasarkan perhitungan dimensi adsorpsi karbon aktif dengan susunan reaktor tersebut, maka dapat dihitung headloss media sebagai berikut:

- ### 1. Debit per reaktor

$$\begin{aligned} Q_{\text{reaktor}} &= \frac{Q}{\text{jumlah reaktor}} \\ &= \frac{0,00124 \text{ m}^3/\text{detik}}{5 \text{ buah}} \end{aligned}$$

$$= 0,00025 \text{ m}^3/\text{detik}$$

2. Void media = 0,42

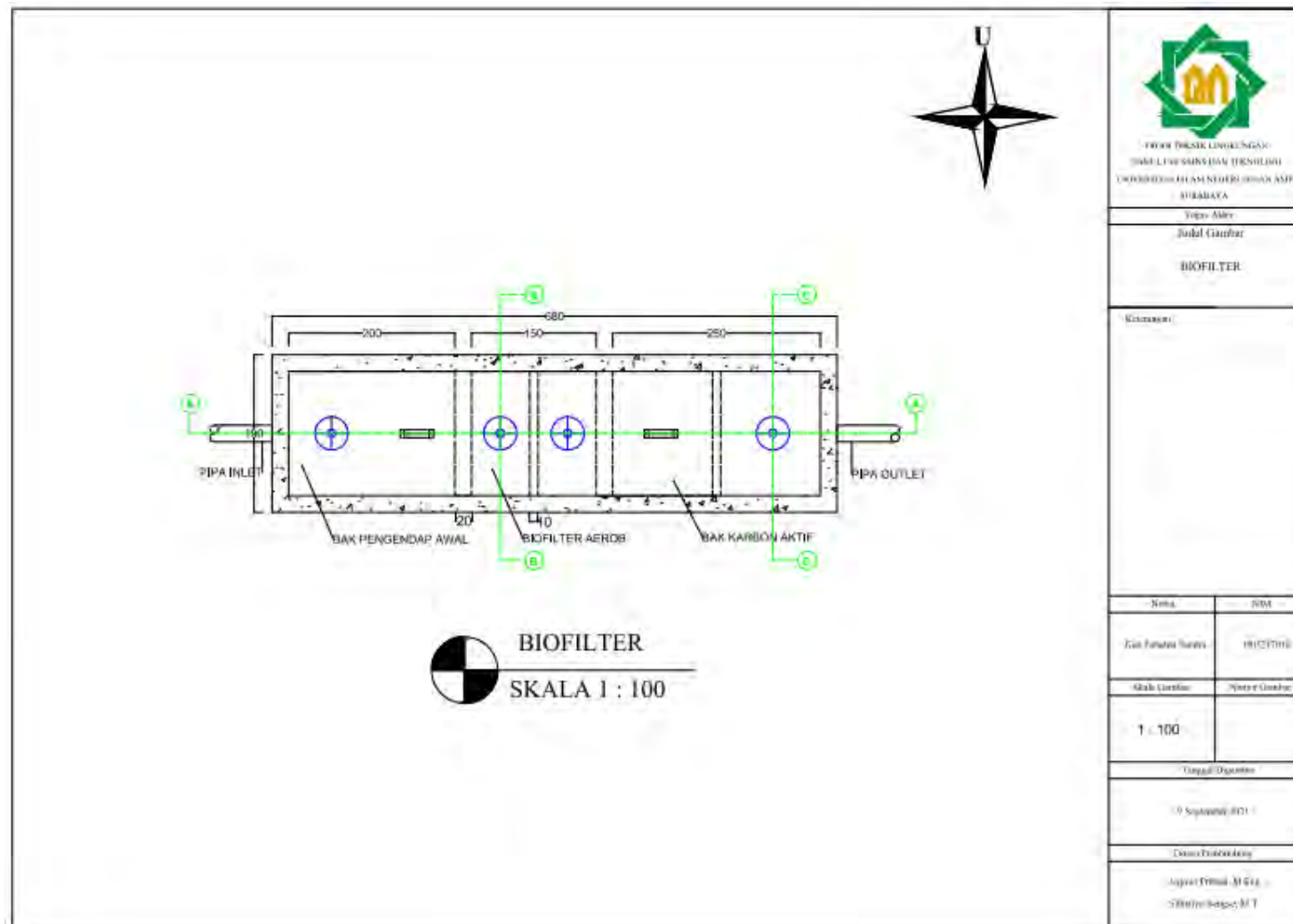
- ### 3. Kecepatan aliran

$$\begin{aligned} V &= \frac{Q_{reaktor}}{A \text{ media}} \\ &= \frac{0,00025 \text{ m}^3/\text{detik}}{0,25 \times 3,14 \times (0,25 \times 0,25) \times 0,42} \\ &= 0,0125 \text{ m/s} \end{aligned}$$

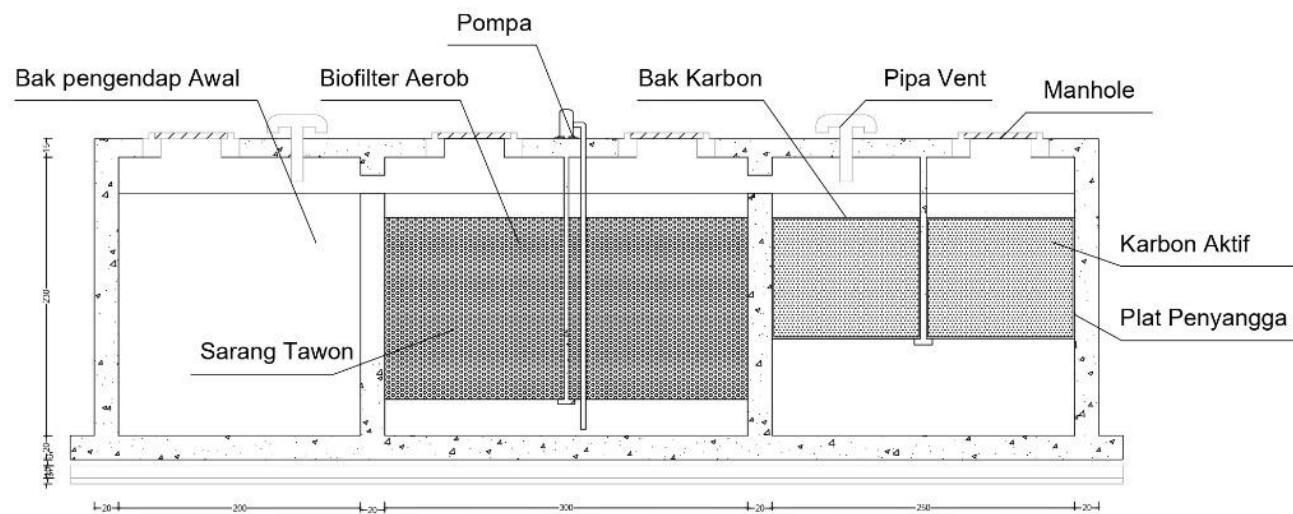
- #### 4. Headloss aliran

$$\begin{aligned}\text{Hf} &= 0,000089 \times v \times D^2 \\ &= 0,000089 \times 0,0125 \text{ m/s} \times (250)^2\end{aligned}$$

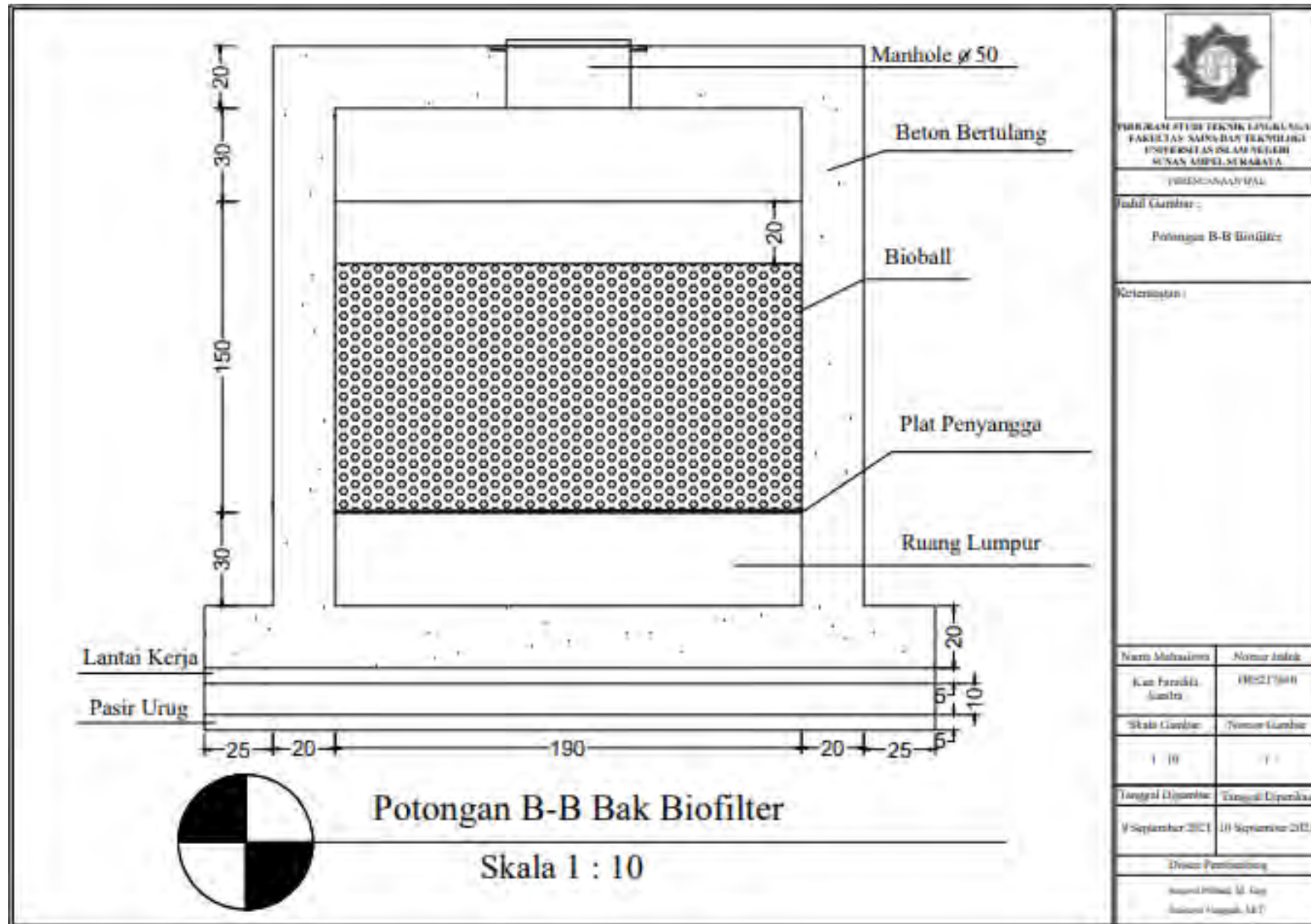
1. Bak Karbon Aktif



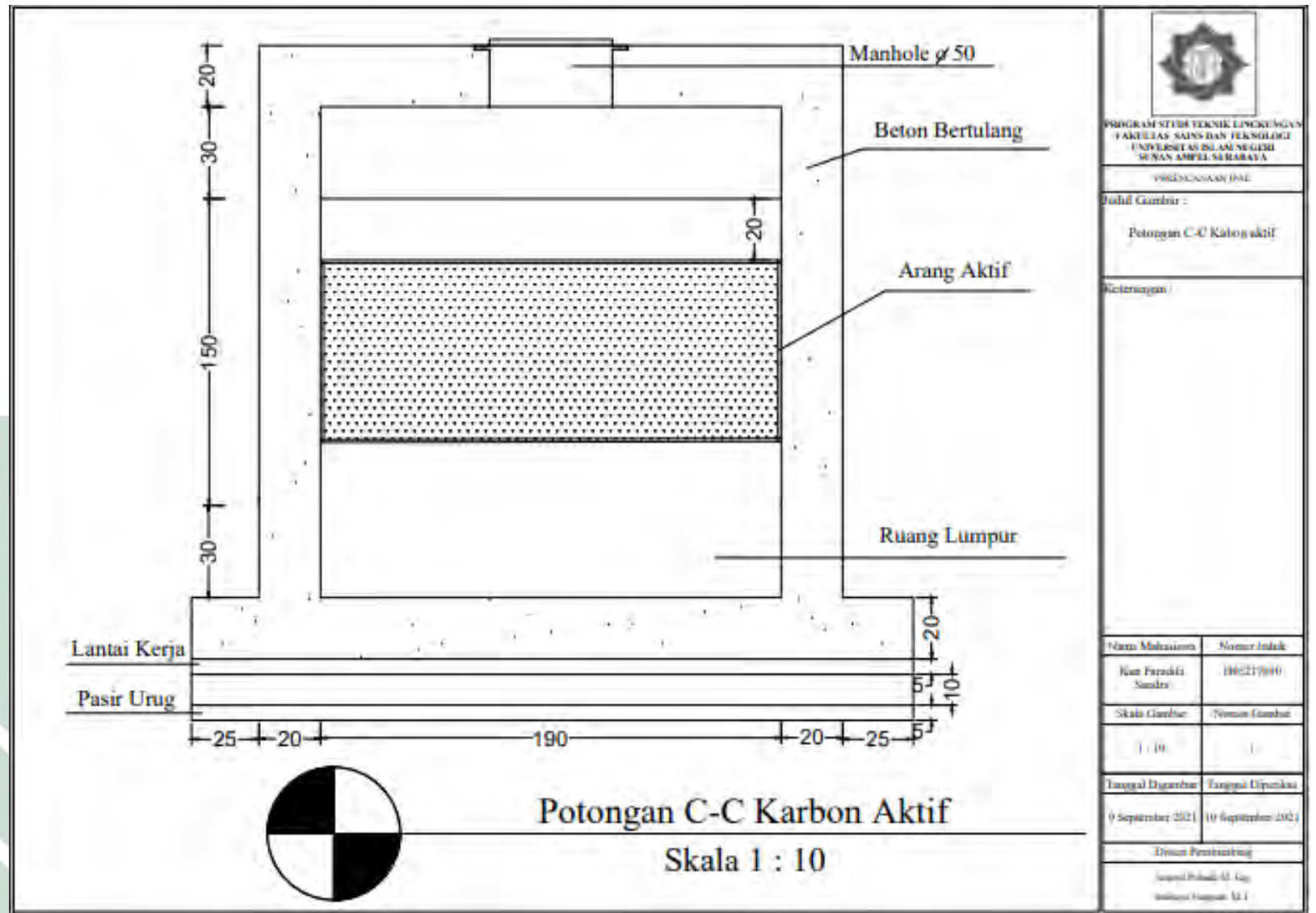
2. Potongan A-A Bak Biofilter dan Adsorpsi Karbon aktif



3. Potongan B-B Bak Biofilter dan Adsorpsi Karbon aktif



4. Potongan C-C Bak Biofilter dan Adsorpsi Karbon aktif



Kedalaman = 1,5 m

Kedalaman = 1,5 m

- Berdasarkan rasio perbandingan ($P \times L \times h$), maka dapat diketahui Volume efektif sebagai berikut:

$$\begin{aligned} V_{\text{ef}} &= P \times L \times h \\ &= 3 \text{ m} \times 1,5 \text{ m} \times 1,5 \text{ m} \\ &= 7 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

4. Luas penampang (A_x)

$$\begin{aligned} A_x &= L \times H \\ &= 1,5 \text{ m} \times 1,5 \text{ m} \\ &= 2,3 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

5. Cek OFR

OFR = Q/A_s
 = $0,855 \text{ m}^3/\text{jam}/1,07 \text{ m}^2$
 = $0,8 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{jam}$

6. Cek waktu tinggal

Td = Vbak/Q
= 1,28 m³/jam/0,855 m³/jam
= 1,5 jam **(sesuai)**

7. Ketinggian total (Htotal)

$$\begin{aligned} H_{\text{total}} &= \text{Hair} + F_b \\ &= 1,5 \text{ m} + 0,3 \text{ m} \\ &= 1,8 \text{ meter} \end{aligned}$$

8. Volume freeboard (V_{free})

$$\begin{aligned} V_{\text{free}} &= A \times f_b \\ &= 1,07 \text{ m}^2 \times 0,3 \text{ m} \\ &= 0,3 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

9. Volume total bak

$$\begin{aligned} V_{\text{total}} &= V_{\text{bak}} + V_{\text{freeboard}} \\ &= 1,28 \text{ m}^3 + 0,3 \text{ m}^3 \\ &= 2 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan tersebut, dimensi unit bak penampung akhir yang direncanakan sebagai berikut:

- Panjang bak = 3 m
- Lebar bak = 1,5 m

- Kedalaman bak = 1,5 m
- Kedalaman total bak = 1,8 m
- Luas Area = 5 m²

6.1.8 Rekapitulasi Desain

Berdasarkan perhitungan desain yang telah dilakukan, diperoleh jumlah waktu detensi dan kebutuhan luas lahan masing-masing unit pengolahan pada perencanaan instalasi pengolahan air limbah di wisata Taman Ghanjaran Trawa, Mojokerto. Luas dimensi IPAL berguna untuk menentukan kebutuhan lahan yang ada di lapangan berdasarkan pada perhitungan dimensi yang telah dilakukan. Sedangkan waktu tinggal digunakan untuk mengetahui lama waktu yang digunakan untuk mengolah air limbah di dalam IPAL. Berikut hasil perhitungan total waktu detensi unit IPAL dapat dilihat pada tabel 6.8 sebagai berikut:

Tabel 6.1 Rekapitulasi Waktu Tinggal Perencanaan IPAL

No	Unit Pengolahan	Waktu Tinggal	Satuan
1	Bak Pemisah Lemak	0,5	jam
2	Bak Ekualisasi	1,95	jam
3	Bak Pengendap Awal	5	jam
4	Bak Biofilter Aerob	5	jam
5	Bak Adsorpsi Karbon Aktif	0,5	jam
6	Bak Pengendap Akhir	1,5	jam
Total		14,5	jam

Sumber: Hasil Perhitungan, 2021

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, waktu tinggal total air limbah di dalam unit IPAL pada saat proses pengolahan bertahan selama 14,5 jam. Sedangkan kebutuhan luas lahan total yang dibutuhkan dalam pembangunan unit IPAL dapat dilihat pada tabel 6.9 sebagai berikut:

Tabel 6.2 Rekapitulasi Dimensi Unit Bangunan Perencanaan IPAL

No	Unit Pengolahan	Panjang	Lebar	Kedalaman	Satuan
1	Bak Pemisah Lemak	0,7	0,6	1	m
2	Bak Ekualisasi	2	1	1,5	m
3	Bak Pengendap Awal	2	1,5	1,5	m
4	Bak Biofilter Aerob	1,5	1,5	1	m
5	Bak Adsorpsi Karbon Aktif	2,5	2	1,5	m
6	Bak Pengendap Akhir	3	1,5	1,5	m

b. *Headloss Jatuhan (Hfh)* $= \frac{v \times n}{(R^2)^2} \times L$
 $= \frac{0.5 \times 0.013}{(0.6^2)^2} \times 1.5$
 $= \frac{0.0065}{0.171} \times 1.5$
 $= 0.01 \text{ m}$

c. *Headloss Kecepatan* $= 1.5 \times \{(0.01989 + 0.0005078)/(4 \times 0.6)\}$
 $= 0.013$

HfV $= f \times \frac{L}{4R} \times \frac{v^2}{2g}$
 $= 0.013 \times \frac{1.5}{4 \times 0.6} \times \frac{(0.5 \text{ m/s})^2}{2 \times 9.81}$
 $= 0.013 \times 0.625 \times 0.013$
 $= 0.02 \text{ m}$

d. *Headloss pipa inlet* $= S \times L$
 $= 0.01 \times 1.5$
 $= 0.015 \text{ m}$

Hf Total Pengendap awal $= 0.01 \text{ m} + 0.02 \text{ m} + 0.015 \text{ m}$
 $= 0.045 \text{ m}$

Elevasi Akhir $= \text{Elv1} - \text{Hf}$
 $= 0.23 - 0.045$
 $= +0.185 \text{ m}$

5. Bak Biofilter Aerob

Aliran air limbah pada bak pengendap awal akan mengalir secara gravitasi menuju bak biofilter aerob. Perhitungan headloss pada media *Bioball* sebagai berikut:

- Debit = 20,52 m³/hari
= 0,855 m³/jam
= 0,00124 m³/detik
- Ukuran rongga = 0.1 m
- Faktor bentuk = 1
- Porositas media = 0.98
- Massa jenis = 0.0063 kg/m³
- Viskositas Kinetika = 8,7 x 10⁻⁷ kg/m.s (pada suhu 25°C)

- Tinggi sekat (L2) = 1.5 m

[illegible]

No	Nama Bangunan	Elevasi Awal	Headloss	Elevasi Akhir
1	Grease Trap	-0.4	0.000015	-0.4
2	Bak Ekualisasi	-0.95	0.045	-0.995
3	Pompa Air Limbah	+2.03	1.8	+0.23
4	Bak Pengendap Awal	+0.23	0.045	+0.185
5	Bak Biofilter Aerob	+0.185	0.0003	+0.024
6	Bak Karbon Aktif	+0.024	0.335	-0.14
7	Bak Pengendap Akhir	-0.80	0.04	-0.84

6.2 Bill of Quantity (BOQ) dan Rencana Anggaran Biaya (RAB)

6.2.1 Bill of Quantity (BOQ)

Tabel 6.11 Uraian Tahapan Pekerjaan Konstruksi IPAL

[illegible]

I. Pekerjaan bekisting lantai dihitung dengan rumus: Luasan lantai atau Panjang total x Lebar total, sebagai berikut:

A. Bak Pemisah Lemak	$= 1 \text{ m} \times 1 \text{ m}$ $= 1 \text{ m}^2$
B. Bak Ekualisasi	$= 2.3 \text{ m} \times 1.7 \text{ m}$ $= 3.91 \text{ m}^2$
C. Bak Pengendap Awal	$= 2.3 \text{ m} \times 1.9 \text{ m}$ $= 4.37 \text{ m}^2$
D. Bak Biofilter Aerob	$= 1.8 \text{ m} \times 1.9 \text{ m}$ $= 3.42 \text{ m}^2$
E. Bak Karbon Aktif	$= 2.8 \text{ m} \times 2.4 \text{ m}$ $= 6.75 \text{ m}^2$
F. Bak Pengendap Akhir	$= 3.3 \text{ m} \times 1.9 \text{ m}$ $= 6.27 \text{ m}^2$

Sehingga luas total galian tanah perencanaan IPAL Domestik adalah **25.72 m²**.

No	Unit Bangunan	Hasil	Satuan
1	Bak Pemisal Lemak	1	m ²
2	Bak Ekualisasi	3.91	m ²
3	Bak Pengendap Awal	4.37	m ²
4	Bak Biofilter Aerob	3.42	m ²
5	Bak Karbon Aktif	6.75	m ²
6	Bak Pengendap Akhir	6.27	m ²
Total		25.72	m ²

II. Pekerjaan bekisting dinding dihitung dengan rumus: (Panjang total x Lebar total x (kedalaman + freeboard + tebal tutup bangunan)), sebagai berikut:

- 135

D. Bak Biofilter Aerob = $(2 \times 1.8) \text{ m} \times (2 \times 1.9) \text{ m} \times 1.45 \text{ m}$
= 19.84 m^2

E. Bak Karbon Aktif = $(2 \times 2.8) \text{ m} \times (2 \times 2.4) \text{ m} \times 1.95 \text{ m}$
= 52.42 m^2

F. Bak Pengendap Akhir = $(2 \times 3.3) \text{ m} \times (2 \times 1.9) \text{ m} \times 1.95 \text{ m}$
= 48.91 m^2

Tabel 6.16. Hasil Perhitungan Luas Total Pekerjaan Bekisting Lantai

No	Unit Bangunan	Hasil	Satuan
1	Bak Pemisal Lemak	5.80	m ³
2	Bak Ekualisasi	30.49	m ³
3	Bak Pengendap Awal	34.09	m ³
4	Bak Biofilter Aerob	19.84	m ³
5	Bak Karbon Aktif	52.42	m ³
6	Bak Pengendap Akhir	48.91	m ³
Total		191.55	m ³

5. Pekerjaan Konstruksi Beton K125

A. Bak Pemisah Lemak	$= 1 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 0.05 \text{ m}$ $= 0.05 \text{ m}^3$
B. Bak Ekualisasi	$= 2.3 \text{ m} \times 1.7 \text{ m} \times 0.05 \text{ m}$ $= 0.20 \text{ m}^3$
C. Bak Pengendap Awal	$= 2.3 \text{ m} \times 1.9 \text{ m} \times 0.05 \text{ m}$ $= 0.21 \text{ m}^3$
D. Bak Biofilter Aerob	$= 1.8 \text{ m} \times 1.9 \text{ m} \times 0.05 \text{ m}$ $= 0.17 \text{ m}^3$
E. Bak Karbon Aktif	$= 2.8 \text{ m} \times 2.4 \text{ m} \times 0.05 \text{ m}$ $= 0.34 \text{ m}^3$
F. Bak Pengendap Akhir	$= 3.3 \text{ m} \times 1.9 \text{ m} \times 0.05 \text{ m}$ $= 0.31 \text{ m}^3$

[illegible]

No	Unit Bangunan	Hasil	Satuan
1	Bak Pemisal Lemak	0.05	m ³
2	Bak Ekualisasi	0.20	m ³
3	Bak Pengendap Awal	0.21	m ³
4	Bak Biofilter Aerob	0.17	m ³
5	Bak Karbon Aktif	0.34	m ³
6	Bak Pengendap Akhir	0.31	m ³
Total		1.28	m ³

6. Pekerjaan Konstruksi Beton K275

- Pekerjaan lantai beton IPAL dihitung dengan cara mengalikan panjang total x lebar total x tebal plat bawah.

- | | |
|------------------------|--|
| A. Bak Pemisah Lemak | $= 1 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 0.20 \text{ m}$
$= 0.20 \text{ m}^3$ |
| B. Bak Ekualisasi | $= 2.3 \text{ m} \times 1.7 \text{ m} \times 0.20 \text{ m}$
$= 0.78 \text{ m}^3$ |
| C. Bak Pengendap Awal | $= 2.3 \text{ m} \times 1.9 \text{ m} \times 0.20 \text{ m}$
$= 0.87 \text{ m}^3$ |
| D. Bak Biofilter Aerob | $= 1.8 \text{ m} \times 1.9 \text{ m} \times 0.20 \text{ m}$
$= 0.68 \text{ m}^3$ |
| E. Bak Karbon Aktif | $= 2.8 \text{ m} \times 2.4 \text{ m} \times 0.20 \text{ m}$
$= 1.34 \text{ m}^3$ |
| F. Bak Pengendap Akhir | $= 3.3 \text{ m} \times 1.9 \text{ m} \times 0.20 \text{ m}$
$= 1.25 \text{ m}^3$ |

No	Unit Bangunan	Hasil	Satuan
1	Bak Pemisal Lemak	0.20	m ³
2	Bak Ekualisasi	0.78	m ³
3	Bak Pengendap Awal	0.87	m ³
4	Bak Biofilter Aerob	0.68	m ³
5	Bak Karbon Aktif	1.34	m ³
6	Bak Pengendap Akhir	1.25	m ³
Total		5.12	m ³

Sumber: Perhitungan, 2021

- Pekerjaan beton dinding bangunan yang direncanakan dalam konstruksi IPAL menggunakan beton dengan spesifikasi K275. Rumus perhitungan untuk menentukan volume total beton pada dinding bangunan: (Panjang total + Lebar total) x tebal dinding x (kedalaman + freeboard + tebal tutup).

A. Bak Pemisah Lemak = $(1 \text{ m} + 1 \text{ m}) \times 0.2 \text{ m} \times 1.45 \text{ m}$
 = 0.58 m^3

B. Bak Ekualisasi

$= (2.3 \text{ m} + 1.7 \text{ m}) \times 0.2 \text{ m} \times 1.95 \text{ m}$
 $= 1.56 \text{ m}^3$

C. Bak Pengendap Awal = $(2.3 \text{ m} + 1.9 \text{ m}) \times 0.2 \text{ m} \times 1.95 \text{ m}$
= 1.64 m^3

D. Bak Biofilter Aerob = $(1.8 \text{ m} + 1.9 \text{ m}) \times 0.2 \text{ m} \times 1.45 \text{ m}$
= 1.07 m^3

E. Bak Karbon Aktif = $(2.8 \text{ m} + 2.4 \text{ m}) \times 0.2 \text{ m} \times 1.95 \text{ m}$
= 2.03 m^3

F. Bak Pengendap Akhir = $(3.3 \text{ m} + 1.9 \text{ m}) \times 0.2 \text{ m} \times 1.95 \text{ m}$
= 2.03 m^3

Sehingga volume total beton dinding perencanaan IPAL Domestik adalah **8.91 m³**.

Tabel 6.19. Hasil Perhitungan Volume Total Beton Dinding

No	Unit Bangunan	Hasil	Satuan
1	Bak Pemisal Lemak	0.58	m ³
2	Bak Ekualisasi	1.56	m ³
3	Bak Pengendap Awal	1.64	m ³
4	Bak Biofilter Aerob	1.07	m ³
5	Bak Karbon Aktif	2.03	m ³
6	Bak Pengendap Akhir	2.03	m ³
Total		8.91	m ³

Sumber: Perhitungan, 2021

- Pekerjaan beton penutup bangunan yang direncanakan dalam konstruksi IPAL memiliki ketebalan 0,15 m. Rumus perhitungan untuk menentukan volume total beton untuk tutup bangunan dihitung dengan rumus: Beton dinding = Panjang x Lebar x tebal tutup.

A. Bak Pemisah Lemak = 1 m x 1 m x 0.15 m
= 0.15 m³

B. Bak Ekualisasi = 2.3 m x 1.7 m x 0.15 m
= 0.59 m³

E. Bak Karbon Aktif = 2.8 m x 2.4 m x 0.15 m
= 1.01 m³

Sehingga volume total *waterproffing* pada dinding bangunan perencanaan IPAL Domestik adalah **44.04 m³**.

No	Unit Bangunan	Hasil	Satuan
1	Bak Pemisal Lemak	1.30	m ³
2	Bak Ekualisasi	7.04	m ³
3	Bak Pengendap Awal	7.87	m ³
4	Bak Biofilter Aerob	4.45	m ³
5	Bak Karbon Aktif	12.09	m ³
6	Bak Pengendap Akhir	11.29	m ³
Total		44.04	m ³

8. Pekerjaan Pembesian dengan Besi Beton

Pembesian = volume beton x berat jenis besi
 = $16.95 \text{ m}^3 \times 150 \text{ kg/m}^3$
 = 2542.5 kg

Sehingga, berat besi yang dibutuhkan dalam perencanaan konstruksi IPAL ini adalah 2542.5 kg.

Pekerjaan pompa dihitung berdasarkan jumlah pompa yang digunakan. Pada perencanaan ini jumlah pompa air limbah yang digunakan sebanyak 3 buah, dimana 1 unit pompa air limbah yang terdapat pada bak ekualisasi dan 2 unit blower untuk aerasi. Sedangkan jumlah pipa direncanakan sebanyak 2 batang.

Berdasarkan tahapan pekerjaan di atas, maka tahapan selanjutnya adalah menentukan bahan/ material yang dibutuhkan dan upah pekerja dalam pembangunan unit IPAL. Berikut uraian bahan/ material dengan harga di pasaran per satuannya sesuai dengan HSPK Kota Mojokerto tahun 2020 pada tabel 6.20 berikut:

No	Uraian	Satuan	Analisis Harga
1	Mandor	OH	Rp. 200.000
2	Tukang	OH	Rp. 150.000

$$= \text{Rp. } 80.000$$

Tabel 6.23 Nilai HSPK Konstruksi Perencanaan IPAL

142

5	Pekerjaan Bekisting Dinding				
	Mandor	0.033	OH	Rp 200,000.00	Rp 6,600.00
	Pembantu Tukang	0.66	OH	Rp 100,000.00	Rp 66,000.00
	Tukang	0.33	OH	Rp 150,000.00	Rp 49,500.00
	Kayu meranti bekisting	0.04	m3	Rp 6,181,900.00	Rp 247,276.00
	Kayu meranti balok	0.018	m3	Rp 7,867,900.00	Rp 141,622.20
	Paku usuk	0.4	kg	Rp 14,800.00	Rp 5,920.00
	Minyak bekisting	0.2	liter	Rp 16,900.00	Rp 3,380.00
	Plywood ukuran 9 mm	0.35	lembar	Rp 163,000.00	Rp 57,050.00
Nilai HSPK					Rp 577,348.20
6	Pekerjaan Pembesian dengan Besi Beton				
	Mandor	0.0004	OH	Rp 200,000.00	Rp 80.00
	Pembantu Tukang	0.007	OH	Rp 100,000.00	Rp 700.00
	Tukang	0.007	OH	Rp 150,000.00	Rp 1,050.00
	Besi Beton Polos	1.05	kg	Rp 10,500.00	Rp 11,025.00
	Kawat Beton	0.015	kg	Rp 26,100.00	Rp 391.50
	Nilai HSPK				Rp 13,246.50
7	Pekerjaan Beton K275				
	Mandor	0.083	OH	Rp 200,000.00	Rp 16,600.00
	Pembantu Tukang	1.65	OH	Rp 100,000.00	Rp 165,000.00
	Tukang	0.275	OH	Rp 150,000.00	Rp 41,250.00
	Semen PC	406	kg	Rp 1,000.00	Rp 406,000.00
	Pasir Cor	0.489	m3	Rp 230,400.00	Rp 112,665.60
	Batu Pecah Mesin 15 mm	0.244	m3	Rp 239,600.00	Rp 58,462.40
	Biaya air	215	liter	Rp 200.00	Rp 43,000.00
Nilai HSPK					Rp 842,978.00
8	Pekerjaan Beton K125				
	Mandor	0.083	OH	Rp 200,000.00	Rp 16,600.00
	Pembantu Tukang	1.65	OH	Rp 100,000.00	Rp 165,000.00
	Tukang	0.275	OH	Rp 150,000.00	Rp 41,250.00
	Semen PC	276	kg	Rp 1,000.00	Rp 276,000.00
	Pasir Cor	0.591	m3	Rp 230,400.00	Rp 136,166.40
	Batu Pecah Mesin 15 mm	0.244	m3	Rp 239,600.00	Rp 58,462.40
	Biaya air	215	liter	Rp 200.00	Rp 43,000.00
Nilai HSPK					Rp 736,478.80
9	Pemasangan Pipa Air Buangan Diameter 4'				
	Mandor	0.004	OH	Rp 200,000.00	Rp 800.00
	Pembantu Tukang	0.081	OH	Rp 100,000.00	Rp 8,100.00
	Tukang	0.135	OH	Rp 150,000.00	Rp 20,250.00
	Pipa PVC tipe D uk. 4 inchi (pj. 4 m)	0.388	Batang	Rp 204,700.00	Rp 79,423.60
Nilai HSPK					Rp 108,573.60
10	Pelapisan Waterproofing				
	Mandor	0.075	OH	Rp 200,000.00	Rp 15,000.00
	Pembantu Tukang	0.05	OH	Rp 100,000.00	Rp 5,000.00
	Tukang	0.075	OH	Rp 150,000.00	Rp 11,250.00

Sumber: BPPKA Kota Mojokerto, 2020

Berdasarkan perhitungan *Bill of Quantity* dan analisis harga berdasar BPPKA Kota Mojokerto tahun 2020 pada tabel diatas, maka dapat dilakukan perhitungan rencana anggaran biaya untuk perencanaan pembangunan unit IPAL yang didapatkan dari hasil kali kuantitas dengan satuan harga pada HSPK. Contoh perhitungan rencana anggaran biaya pada pekerjaan penggalian tanah biasa sebagai berikut:

- Hasil perhitungan rencana anggaran biaya pada tahap pembangunan unit bangunan pengolahan lainnya dapat dilihat pada tabel 6.22 sebagai berikut:

No	Uraian Kegiatan	Satuan	Jumlah	Harga	Harga Total
1	Pembersihan Lahan dan Pembongkaran Paving	m2	26.72	Rp 7,000.00	Rp 187,040.00
2	Pengukuran dan Pemasangan <i>Bouwplank</i>	m2	26.72	Rp 132,668.12	Rp 3,544,892.14
3	Penggalian Tanah Biasa	m3	55.63	Rp 80,000.00	Rp 4,450,400.00
4	Pengangkutan Tanah dari Lubang Galian	m3	55.63	Rp 35,000.00	Rp 1,947,050.00
5	Pengurugan Pasir	m3	1.28	Rp 60,000.00	Rp 76,800.00
6	Pekerjaan <i>Bekisting</i> Lantai	m2	25.72	Rp 654,494.50	Rp 16,833,598.54
7	Pekerjaan <i>Bekisting</i> Dinding	m2	191.55	Rp 577,348.20	Rp 110,591,047.71
8	Pembesian dengan Beton	kg	2542.5	Rp 13,246.50	Rp 33,679,226.25

6. Pengurasan pada bak ekualisasi dilakukan minimal 1 tahun sekali atau bila jumlah lumpur sudah mulai terisi 1/3 dari volume bak ekualisasi.
7. Air limbah yang melimpas menuju bak kontaktor aerob akan dilakukan proses aerasi dengan menggunakan pompa blower. Proses pembiakan mikroba akan terjadi secara alami atau natural karena di dalam air limbah domestik sudah mengandung mikroorganisme yang melekat pada media filter.
8. Pengoperasian pada bak biofilter dimulai dari awal operasi (start up) sampai mencapai operasi yang stabil memerlukan waktu adaptasi (seeding) 4-8 minggu. Waktu adaptasi diperlukan untuk membiakkan mikroorganisme pengurai agar dapat tumbuh dan melekat pada permukaan media penyangga Bio Ball.
9. Pertumbuhan mikroba secara fisik dapat dilihat dari adanya lapisan lendir yang melekat pada permukaan media penyangga yang disebut biofilm.
10. Air limpasan dari bak aerob kemudian dialirkan menuju ke bak pengendap akhir. Di dalam bak ini akan dilakukan proses sirkulasi air pengotor dari bak pengendap akhir menuju ke bak pengendap awal.
11. Setelah proses operasional IPAL berjalan selama ± 2 bulan maka perlu dilakukan pemeriksaan kualitas air limbah untuk mengetahui efisiensi pengolahan.
12. Pemeriksaan kualitas air untuk mengetahui efektifitas pengolahan minimal dilakukan 2 kali dalam satu tahun.
13. Unit IPAL juga dilengkapi dengan 2 buah pompa air limbah, yaitu 1 buah pompa operasi dan 1 buah pompa cadangan yang dioperasikan secara bergantian.
14. Air olahan yang sudah melewati proses pengolahan pada unit IPAL ditampung pada bak penampung untuk dimanfaatkan kembali sesuai peruntukannya, sedangkan kelebihan dari air olahan tetap dialirkan menuju ke badan air.
15. Unit IPAL yang terpasang belum dilengkapi dengan bak pengering lumpur, maka pengurasan lumpur dilakukan oleh menggunakan mobil tangki air kotor (lumpur) dan dibuang ke tempat pengolahan air kotor atau IPLT.

6.3.2 Pengoperasian Pompa

Unit IPAL ini dilengkapi dengan empat buah pompa utama tipe HIBLOW 200 yang dioperasikan secara bersamaan dan terus menerus (kontinyu).

1. Penginjeksian udara atau proses aerasi pada unit IPAL dilengkapi dengan dua buah *blower* yang dioperasikan secara bergantian. Hal ini dimaksudkan agar ada waktu istirahat *blower* udara sehingga *life time* dapat bertahan lebih lama.
2. Pompa air limbah dilengkapi juga dua buah (satu pompa untuk operasional dan satu lagi untuk *back up*).
3. Pompa air limbah dilengkapi juga dengan radar atau pelampung yang berfungsi untuk mendeteksi tinggi muka air secara otomatis. Jika permukaan air limbah di dalam bak ekualisasi cukup tinggi maka pompa akan berhenti dengan sendirinya. Namun jika permukaan air limbah di dalam bak ekualisasi turun sampai level minimum maka pompa akan beroperasi secara kontinyu.
4. Pompa sirkulasi air limbah juga dilengkapi sebanyak 2 buah sama seperti pompa air limbah.

6.3.3 Pemberhentian Operasional IPAL

Dalam pengoperasian unit IPAL kadangkala terdapat berbagai kendala dan hambatan yang mengharuskan adanya penghentian proses pengolahan air limbah di dalam IPAL. Sebelum menghentikan pengoperasian unit IPAL terdapat beberapa tindakan yang perlu untuk dilakukan sebagai berikut:

1. Apabila pompa air limbah di dalam tangki biofilter dihentikan, maka blower udara dan pompa sirkulasi di dalam reaktor masih tetap dijalankan.
2. Air limbah yang masih berada di dalam unit pengolahan awal dipompa dan dimasukkan ke dalam reaktor selanjutnya hingga habis.
3. Setelah itu medium penyangga karbon aktif yang berada pada kompartemen ketiga dikeluarkan melalui lubang di bagian atas unit IPAL.

6.3.4 Pemeliharaan Rutin IPAL

Pengoperasian unit IPAL dilakukan secara terus menerus selama proses pengolahan air limbah, sehingga perlu diadakan pemeriksaan rutin agar operasional IPAL dapat berjalan dengan baik dan optimal. Berikut format data pemeriksaan unit IPAL sebagai upaya pemeliharaan IPAL.

Tanggal :.....

Petugas :.....

Tabel 6.25 Checklist Pemeliharaan IPAL

No	Komponen Sistem IPAL	Standar	Hasil Pemeriksaan	
			Ya	Tidak
1	Pompa IPAL	Air limbah mengalir lancar		
		Elektroda berfungsi baik		
2	Blower Udara	Pressure Gauge normal (2-2.5 bar)		
		Suara bising kuat		
		<i>Vent Belt</i> tidak retak		
		Filter udara bersih		
		<i>Lakher</i> bising		
		Oli terisi 3/4		
3	Panel Kontrol	Tegangan 380 V		
		Indikator <i>lamp</i> berfungsi baik		
		<i>Selector auto-manual</i> berfungsi baik		
		<i>Timer</i> berfungsi baik		
4	Difusser	Gelembung udara tersebar merata		
5	Pompa Sirkulasi	Pompa berfungsi secara bergantian		
6	Bak Pengendap Awal	Terdapat <i>rising sludge</i>		
		pH normal (6-9)		
7	Biofilter Aerob	Air limbah berwarna hitam		
		Terjadi <i>Short Circuit</i>		
		Gelembung udara merata		
		Tumbuh lapisan <i>biofilm</i> pada media		
		pH normal (6-9)		
		DO normal (2-4 ppm)		
8	Kompartemen Karbon Aktif	Air limbah berwarna coklat jernih		
		Tumbuh lapisan <i>biofilm</i>		
		Karbon aktif berwarna hitam		
		pH normal (6-9)		
9	Bak Pengendap Akhir	Air limbah terlihat jernih		
		Terdapat <i>rising sludge</i>		
		pH normal (6-9)		
10	Meter Air	Berfungsi dengan baik		

Sumber: Pedoman IPAL Biofilter Fasilitas Kesehatan, 2011

Perawatan unit IPAL merupakan hal yang penting dalam proses pengolahan air limbah. Namun dalam unit IPAL ini tidak terlalu membutuhkan perawatan yang khusus, tetapi terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam perawatan unit IPAL, antara lain:

- ### 6.3.6 Permasalahan yang Mungkin Timbul dan Cara Penanganannya

Dalam pengolahan air limbah tentu terdapat masalah yang mungkin timbul selama proses berlangsung, baik masalah yang diakibatkan dari unit bangunan pengolahan maupun dari aliran air limbahnya. Berikut beberapa masalah yang mungkin timbul selama proses pengolahan beserta cara penanganannya.

No	Jenis Permasalahan	Penyebab	Cara Mengatasi
----	--------------------	----------	----------------

langsung maupun tidak langsung dengan air limbah secara menyeluruh. Beberapa aspek pelaksanaan kesehatan dan keselamatan kerja yang harus dipenuhi agar pelaksana IPAL dapat bekerja dengan optimal, yaitu :

1. Perlengkapan K3 yang harus terpenuhi untuk pelaksana IPAL saat bekerja di lapangan adalah Alat Pelindung Diri (APD). Beberapa APD yang dibutuhkan antara lain : pakaian kerja, sarung tangan, masker, sepatu safety, kacamata pelindung, dan sarana cuci tangan.
2. Unit IPAL dilengkapi juga dengan Alat Pemadam Api Ringan (APAR).
3. Tersedianya alat pengangkat dan pengangkut untuk mengangkat dan mengangkut mesin-mesin dan benda-benda berat.
4. Tersedianya Prosedur Tetap (Protap) / Standar Operational Procedure (SOP) dalam bekerja dan mengoperasikan peralatan.

Selain aspek pelaksanaan kesehatan dan keselamatan kerja yang harus dipenuhi agar pelaksana IPAL dapat bekerja dengan optimal, terdapat juga jaminan kesehatan bagi pelaksana, diantaranya:

1. Pemeriksaan kesehatan bagi operator IPAL secara berkala min. 1 tahun sekali terhadap darah, telinga, kulit, saluran pernafasan, sistem pencernaan dan lain-lain. Selain itu dilengkapi Data Rekam Medik dari operator IPAL.
2. Pemberian imunisasi bagi petugas operator.

6.3.8 Sistem Tanggap Darurat IPAL

Pengoperasian dan pemeliharaan IPAL dengan kapasitas besar dapat menyebabkan resiko baik berupa kecelakaan kerja, kesehatan kerja maupun resiko kerugian ekonomi. Hal ini disebabkan oleh adanya tindakan kerja yang tidak sesuai dengan standar K3, penggunaan bahan berbahaya dan beracun maupun bahan kimia lainnya. Untuk itu, pada bangunan dan area lokasi IPAL serta manajemen pengelolaannya perlu dilengkapi dengan sistem tanggap darurat yang dapat meminimalisir resiko yang timbul. Sistem tanggap darurat yang perlu dilengkapi

- ## 1. Sistem keamanan fasilitas

Keamanan fasilitas berguna untuk menjaga fasilitas IPAL dari kemungkinan adanya risiko dan kerusakan yang terjadi saat proses pengolahan air limbah. Sistem keamanan IPAL mencakup:

- a. Sistem penjagaan maupun sistem pemantauan IPAL secara rutin dan berkala.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan yang didapat dari perencanaan instalasi pengolahan air limbah domestik di Wisata Taman Ghanjaran, Trawas, Mojokerto adalah sebagai berikut:

- ## 7.2 Saran

Berdasarkan pada uraian kesimpulan maka disarankan pada tahap perawatan unit IPAL harus dilakukan pengecekan secara berkala untuk mengetahui efektivitas penurunan kadar pencemar maupun penggantian media karbon aktif agar efluen air limbah yang dihasilkan dapat dimanfaatkan sesuai dengan peruntukannya.

Shun Dar Lin, 2007. Water And Wastewater Calculations Manual. New York: Mcgraw-Hill