

TUGAS AKHIR

**PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR
LIMBAH (IPAL) KOMUNAL DOMESTIK DENGAN
PROSES *ANAEROBIC BAFFLED REACTOR* (ABR)
PADA KAWASAN WISATA TAMAN OPAK**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan**



GANJAR TRI GITA AZHARI

17513116

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2023**

TUGAS AKHIR

**PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR
LIMBAH (IPAL) KOMUNAL DOMESTIK DENGAN
PROSES *ANAEROBIC BAFFLED REACTOR* (ABR)
PADA KAWASAN WISATA TAMAN OPAK**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan**



**GANJAR TRI GITA AZHARI
17513116**

Disetujui,

Dosen Pembimbing:


Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.ES, Ph.D.

NIK. 025100406

Tanggal: 14-7-2023

Mengetahui,*


Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII

Any Juliani, S.T., M.Sc. (Res.Eng), Ph.D

NIK. 045130401

Tanggal: 14-7-2023

HALAMAN PENGESAHAN

**PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR
LIMBAH (IPAL) KOMUNAL DOMESTIK DENGAN
PROSES *ANAEROBIC BAFFLED REACTOR* (ABR)
PADA KAWASAN WISATA TAMAN OPAK**

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

**Hari : Selasa
Tanggal : 13 Juni 2023**

Disusun Oleh:

GANJAR TRI GITA AZHARI

17513116

Tim Penguji :

Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.ES, Ph.D.

Adam Rus Nugroho, S.T., M.T., Ph.D.

Prof. Dr.-ing. Ir. Widodo Brontowiyono, M.Sc.

()
()

()

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Indonesia maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan dan perencanaan saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan Dosen Pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama penulis dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Program *software* komputer yang digunakan dalam perencanaan ini sepenuhnya menjadi tanggungjawab saya, bukan tanggungjawab Universitas Islam Indonesia.
5. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta, 14 Juni 2023

Yang membuat pernyataan,



Ganjar Tri Gita Azhari

NIM: 17513116

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah *subhanahu wa ta'ala* atas segala karunia-Nya sehingga tugas akhir ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam perencanaan yang dilaksanakan sejak bulan Januari ini ialah Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Komunal Domestik dengan Proses *Anaerobic Baffled Reactor*(ABR) Pada Kawasan Wisata Taman Opak.

Terima kasih penulis ucapkan kepada Bapak Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.ES, Ph.D. selaku pembimbing, serta Bapak Adam Rus Nugroho, S.T., M.T., Ph.D. dan Bapak Prof. Dr.-ing. Ir. Widodo Brontowiyono, M.Sc. selaku penguji yang telah banyak memberi saran. Di samping itu, penghargaan penulis sampaikan kepada Bapak Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.ES, Ph.D. ,teman-teman Teknik Lingkungan 2017 dan Bapak Heri, yang telah membantu selamapengumpulan data. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada ayah, ibu, serta seluruh keluarga, atas segala doa dan kasih sayangnya.

Semoga tugas akhir ini bermanfaat.

Yogyakarta, 14 Juni 2023

Ganjar Tri Gita Azhari

ABSTRAK

GANJAR TRI GITA AZHARI. Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Komunal Domestik Dengan Proses *Anaerobic Baffled Reactor* (ABR) Pada Kawasan Wisata Taman Opak. Dibimbing oleh Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.ES, Ph.D.

Sektor pariwisata Wisata Taman Opak di Yogyakarta merupakan salah satu penggerak ekonomi yang menyumbang pendapatan asli daerah (PAD). Hal tersebut mengakibatkan peningkatan fasilitas akomodasi wisatawan seperti homestay, hostel, restoran dan sebagainya. Peningkatan akomodasi wisata dan prasarana selain memberikan dampak positif yaitu peningkatan lapangan pekerjaan juga memberikan dampak negatif yaitu peningkatan volume air limbah yang berpotensi mencemari lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan sebuah perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) dengan unit Anaerobic Baffled Reactor (ABR) untuk mengolah limbah cair domestik yang dihasilkan di kawasan Wisata Taman Opak. Tahap perencanaan IPAL yaitu merencanakan sistem pengolahan air limbah, menghitung jumlah pemakaian air dan debit air limbah, karakteristik air limbah, menghitung dimensi unit-unit IPAL, mendesain gambar masing-masing unit, serta menghitung rencana anggaran biaya yang diperlukan. Limbah yang dihasilkan di kawasan Wisata Taman Opak berkarakteristik organik, dengan konsentrasi limbah sebelum masuk pengolahan 182,7 mg/L untuk BOD, 313,6 mg/L untuk COD, 298 mg/L untuk TSS, 6 untuk pH. Dimensi dari unit ABR bak pengendap dengan dimensi panjang = 4,7 m, lebar = 3,5 m, tinggi = 2,5 m, serta dimensi kompartemen sebanyak 3 buah dengan panjang = 2,5 m, lebar = 3,5 m, dan tinggi 2,5 m. Pada unit ABR efisiensi penurunan parameter BOD sebesar 88% yang menghasilkan kadar BOD = 21,12 mg/L, penurunan parameter COD sebesar 82% yang menghasilkan kadar COD = 57,07 mg/L dan penurunan parameter TSS sebesar 92% yang menghasilkan kadar TSS = 25,08 mg/L. Perencanaan IPAL ini membutuhkan biaya sebesar Rp. 90.197.135

Kata kunci : ABR (*Anaerobic Baffled Reactor*), IPAL, Limbah cair domestik, Perencanaan

ABSTRACT

GANJAR TRI GITA AZHARI. Planning for a Domestic Communal Wastewater Treatment Plant (WWTP) with *Anaerobic Baffled Reactor* (ABR) Process in the Opak Park Tourism Area. Supervised by Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.ES, Ph.D.

The Opak Park Tourism tourism sector in Yogyakarta is one of the economic drivers that contributes to local revenue (PAD). This resulted in an increase in tourist accommodation facilities such as homestays, hostels, restaurants and so on. The increase in tourist accommodation and infrastructure besides having a positive impact, namely increasing employment, also has a negative impact, namely an increase in the volume of wastewater that has the potential to pollute the environment. This study aims to obtain a Wastewater Treatment Installation (IPAL) plan with an Anaerobic Baffled Reactor (ABR) unit to treat domestic liquid waste produced in the Opak Park Tourism area. The WWTP planning stage includes planning the wastewater treatment system, calculating the amount of water usage and wastewater discharge, characteristics of the wastewater, calculating the dimensions of the WWTP units, designing drawings for each unit, and calculating the required budget plan. The waste generated in the Opak Park Tourism area has organic characteristics, with a waste concentration before entering processing of 182.7 mg/L for BOD, 313.6 mg/L for COD, 298 mg/L for TSS, 6 for pH. The dimensions of the ABR unit settling tank with dimensions of length = 4.7 m, width = 3.5 m, height = 2.5 m, and 3 compartment dimensions with length = 2.5 m, width = 3.5 m, and 2.5 m high. In the ABR unit, the efficiency of decreasing the BOD parameter was 88% which resulted in a BOD content of 21.12 mg/L, a decrease in the COD parameter of 82% which resulted in a COD content of 57.07 mg/L and a decrease in the TSS parameter of 92% which resulted in a TSS level = 25.08 mg/L. WWTP planning requires a fee of Rp. 90.197.135

Keywords : ABR (*Anaerobic Baffled Reactor*), Domestic Wastewater, Planning, WWTP

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR TABEL.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR LAMPIRAN.....	viii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Manfaat Perencanaan.....	3
1.5 Ruang Lingkup.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Sungai Opak.....	4
2.2 Sumber Pencemaran Sungai.....	5
2.3 Limbah Domestik.....	5
2.4 Parameter Air Limbah.....	6
2.5 Instalasi Pengolahan Air Limbah.....	6
2.5.1 Klasifikasi Metode Pengolahan Air Limbah.....	6
2.5.2 Kategori Unit Pengolah Air Limbah.....	7
2.6 Anaerobic Baffled Reactor (ABR).....	7
2.7 Kriteria Desain ABR.....	8
2.8 Kelebihan dan Kekurangan ABR.....	10
2.9 Penelitian Sebelumnya.....	10
BAB III METODE PENELITIAN.....	14
3.1 Diagram Alir Perencanaan.....	14
3.2 Waktu dan Lokasi Perencanaan.....	15
3.2.1 Waktu Perencanaan.....	15
3.2.2 Lokasi Perencanaan.....	15
3.3 Metode Pengambilan Data dan Perencanaan ABR.....	16
3.3.1 Pengambilan Data.....	16
3.3.2 Perencanaan ABR.....	16

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	24
4.1 Debit dan Kualitas Air Limbah	24
4.1.1 Perhitungan Debit Air Limbah	24
4.1.2 Kualitas dan Baku Mutu Air Limbah	25
4.2 Perhitungan Detail Engineering Design (DED)Unit Pengolahan Air Limbah	25
4.2.1 Grease Trap	25
4.2.2 Bak Ekualisasi	28
4.2.3 Anaerobic Baffled Reactor (ABR).....	31
4.2.4 Bak Kontrol	43
4.3 Perhitungan BOQ dan RAB	43
4.3.1 BOQ Perencanaan	44
4.3.2 RAB Perencanaan	45
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	47
5.1 Kesimpulan.....	47
5.2 Saran	47
DAFTAR PUSTAKA	48
LAMPIRAN	51

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Baku Mutu Air Limbah	6
Tabel 2.2 Kriteria Desain ABR	8
Tabel 2.3 Penelitian Sebelumnya	11
Tabel 4.1 Hasil analisis parameter air limbah domestik (grey water) UPT Rusunawa GBH Kota Yogya	25
Tabel 4.2 Hasil Effluen Limbah *Peraturan Daerah DIY No.7 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah	42
Tabel 4. 3 BOQ Perencanaan	44
Tabel 4. 4 RAB Pekerjaan Persiapan	45
Tabel 4. 5 RAB IPAL.....	46
Tabel 4. 6 RAB Total	46

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Anaerobic Baffled Reactor	8
Gambar 3.1 Diagram Alir Perencanaan	14
Gambar 3.2 Lokasi Perencanaan	15
Gambar 3.3 Grafik hubungan penyisihan COD terhadap Td.....	19
Gambar 3.4 Hubungan penyisihan COD dengan BOD yang tersisihkan	19
Gambar 3.5 Grafik hubungan reduksi volume berdasarkan waktu tinggal.....	20
Gambar 3.6 Grafik faktor penyisihan BOD atas Organic Overloading	21
Gambar 3.7 Grafik faktor penyisihan BOD terhadap konsentrasi BOD.....	21
Gambar 3.8 Grafik faktor penyisihan BOD terhadap temperatur	22
Gambar 3.9 Grafik faktor penyisihan BOD terhadap jumlah kompartemen	22
Gambar 3.10 Grafik faktor penyisihan BOD terhadap HRT	22
Gambar 3.11 Grafik faktor penyisihan COD berdasarkan penyisihan BOD	23
Gambar 3.12 Grafik penyisihan TSS dan BOD terhadap waktu pengendapan	23
Gambar 4.1 Skema Pengolahan dengan ABR.....	25
Gambar 4.2 Faktor HRT terhadap penyisihan COD	32
Gambar 4.3 Hubungan efisiensi penyisihan COD terhadap efisiensi penyisihan BOD	33
Gambar 4.4 Kurva hubungan laju akumulasi lumpur dengan periode pengurusan	34
Gambar 4.5 Faktor pengaruh konsentrasi COD pada penyisihan COD.....	37
Gambar 4.6 Faktor pengaruh temperatur terhadap penyisihan COD.....	38
Gambar 4.7 Faktor pengaruh HRT terhadap penyisihan COD	38
Gambar 4.8 Hubungan efisiensi penyisihan COD terhadap efisiensi penyisihan BOD	39
Gambar 4. 9 Lokasi Penempatan IPAL.....	43

DAFTAR LAMPIRAN

Gambar Teknik Perencanaan	51
---------------------------------	----

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sektor pariwisata di Yogyakarta merupakan salah satu penggerak ekonomi yang menyumbang pendapatan asli daerah (PAD). Hal tersebut menyebabkan peningkatan fasilitas akomodasi wisatawan seperti hotel, hostel, homestay, restoran dan sebagainya. Pembangunan fasilitas akomodasi pariwisata di Yogyakarta dapat memberikan dampak positif yaitu peningkatan lapangan pekerjaan. Namun sebaliknya, peningkatan akomodasi wisata dan prasarana tersebut juga dapat menyebabkan dampak negatif berupa pencemaran lingkungan yang menyebabkan terbatasnya ruang terbuka. Salah satu dampak lainnya dari perkembangan pariwisata ini adalah peningkatan volume air limbah yang berpotensi mencemari lingkungan.

Penggunaan air di kawasan Wisata Taman Opak akan menghasilkan limbah yang dapat mencemari badan air jika tidak diolah terlebih dahulu. Air limbah domestik hasil dari kegiatan operasional prasarana Wisata Taman Opak harus diolah menggunakan instalasi pengolahan air limbah (IPAL) sehingga memenuhi standar baku mutu kualitas air berdasarkan PP No. 82 Tahun 2001 sebelum dikembalikan ke lingkungan atau badan air. Air limbah yang sudah diolah dan memenuhi standar baku mutu kualitas air dapat dimanfaatkan kembali untuk kegiatan operasional yang tentunya dapat mengurangi konsumsi air bagi kegiatan operasional prasarana Wisata Taman Opak.

Setiap akomodasi wisata dan prasarana hendaknya memiliki suatu sistem pengolahan air limbah sebelum dikembalikan ke badan air. Namun tidak semua tempat akomodasi wisata dan prasarana melakukan pengolahan terhadap air limbah yang dihasilkan. Oleh karena itu, diperlukan upaya pengawasan dan penataan lingkungan oleh Badan Lingkungan Hidup (BLH). Karakteristik limbah cair dari kegiatan Wisata Taman Opak memiliki karakteristik limbah yang sama dengan limbah cair domestik dari kegiatan di permukiman. Menurut Wulandari & Puji (2014) apabila jumlah air domestik (*blackwater* dan *greywater*) yang dihasilkan serta dibuang melebihi kapasitas dan kemampuan

lingkungan dalam menerima polutan tersebut, maka terjadi penurunan kualitas terhadap lingkungan serta potensi masyarakat terkena penyakit semakin meningkat (Khairina N, 2015).

Air limbah memiliki karakteristik fisika, kimia, dan mikrobiologi, sehingga dalam menentukan sistem pengolahannya harus disesuaikan dengan karakteristik air limbah. Pengolahan limbah cair dilakukan untuk mengurangi kandungan, mikroba pathogen, padatan tersuspensi (TSS), senyawa organik (Wulandari, 2014). Pengolahan limbah cair terdapat 2 sistem, yaitu dengan sistem terpusat dan setempat. Perencanaan IPAL komunal yang akan dirancang di Wisata Taman Opak dengan sistem setempat (on-site) yaitu sistem pengolahan dimana unit instalasi pengolahan air limbah berada dalam batas tanah yang dimiliki (Simanjuntak dkk, 2014).

Perencanaan studi ini akan dirancang instalasi pengolahan air limbah dengan unit ABR untuk mengolah limbah cair domestik yang dihasilkan dari kegiatan Wisata Taman Opak. ABR memiliki keunggulan dimana memiliki efisiensi yang tinggi dalam proses pengolahan air limbah, seperti pada penelitian Abdi C, dkk (2019) efisiensi removal dengan ABR dengan total penyisihan COD 88%, total penyisihan BOD 90%, dan untuk total penyisihan TSS yaitu 89%. Perencanaan ABR di Wisata Taman Opak akan disesuaikan dengan debit air limbah, ketersediaan lahan yang ada, karakteristik air limbah yang dihasilkan berdasarkan data yang diperoleh, kemudahan dalam perawatan dan sistem operasional serta aspek finansial.

1.2 Rumusan Masalah

Berlandaskan latar belakang penelitian, maka rumusan masalah dalam penelitian tersebut adalah bagaimana perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) di kawasan Wisata Taman Opak.

1.3 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian yang dilakukan di kawasan Wisata Taman Opak diantaranya yaitu merancang Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) dengan unit ABR untuk mengolah air limbah domestik yang dihasilkan di

kawasan Wisata Taman Opak Parambanan yang akan disesuaikan dengan ketersediaan lahan yang ada.

1.4 Manfaat Perencanaan

Manfaat dari perencanaan adalah:

- a. Dapat menjadi referensi dalam pemilihan pengolahan air limbah domestik di kawasan Wisata Taman Opak dan kawasan wisata lainnya serta dengan adanya IPAL tersebut dapat digunakan untuk mengolah timbulan air limbah dari kawasan Wisata Taman Opak.
- b. Dapat memberikan edukasi pendidikan lingkungan terhadap berbagai kalangan masyarakat (pelajar maupun wisatawan).
- c. Dapat memberikan saran kepada pemerintah dalam membuat kebijakan serta pengelolaan teknis kepada masyarakat untuk mengolah timbulan air limbah di kawasan Wisata Taman Opak agar tidak mencemari lingkungan perairan.

1.5 Ruang Lingkup

Ruang lingkup dari perencanaan IPAL komunal dengan proses ABR di kawasan Wisata Taman Opak adalah:

- a. Perencanaan dilakukan di kawasan Wisata Taman Opak dengan melakukan analisis penentuan letak lokasi perencanaan IPAL komunal.
- b. Perhitungan debit limbah cair yang dihasilkan dengan asumsi sebesar 80% dari penggunaan air bersih dan jumlah wisatawan per hari maksimal yang ada di kawasan Wisata Taman Opak.
- c. Perencanaan ABR sesuai dengan penetapan kriteria desaun dari sumber pustaka.
- d. Merencanakan anggaran biaya yang diperlukan dalam perencanaan IPAL Komunal di kawasan Wisata Taman Opak berdasarkan pada Harga Satuan Pokok Kegiatan (HSPK) Kota Yogyakarta Tahun 2022.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sungai Opak

Sungai Opak adalah salah satu sungai yang berada di Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) yang mengalir melintasi Kabupaten Sleman dan Kabupaten Bantul. Sungai Opak memiliki panjang aliran sungai ± 65 km dengan luas aliran sungai $\pm 1398,18$ km². Sungai Opak mengalir dari hulu sungai yang berlokasi di daerah Kecamatan Cangkringan, Kabupaten Sleman dan mengalir ke hilir sungai yang berlokasi di daerah Kelurahan Srigading, Kecamatan Sanden, Kabupaten Bantul. Sungai Opak memiliki beberapa anak sungai diantaranya Sungai Winongo, Sungai Oyo, Sungai Gajahwong, Sungai Code, dan Sungai Tambakbayan (Wardhana, 2015).

Sungai Opak memiliki peranan penting dalam ekosistem sungai besar serta penunjang kehidupan masyarakat dan pembangunan daerah. Dalam kehidupan sehari-hari masyarakat memanfaatkan Sungai Opak untuk kegiatan memancing, menambang pasir serta mencari kayu yang dibawa arus banjir dari daerah hulu. Pengembangan potensi alam berupa aliran Sungai Opak mendorong masyarakat yang dilewati sungai tersebut untuk dikembangkan sebagai rintisan lahan wisata dan pendidikan.

Keterkaitan Sungai Opak dengan aktivitas manusia seperti prasarana Wisata Taman Opak dapat mempengaruhi kualitas air Sungai Opak. Penelitian mengenai kualitas air Sungai Opak-Oyo di Kabupaten Bantul telah dilakukan oleh Nugroho (2019) menunjukkan parameter air yang memenuhi baku mutu kelas II menurut PP. No.82 Tahun 2001 yaitu pH, DO, BOD, COD, Fosfat dan Nitrat, sedangkan parameter TSS tidak memenuhi baku mutu air tersebut.

2.2 Sumber Pencemaran Sungai

Perubahan kualitas air sungai dapat dipengaruhi oleh kondisi alami sungai maupun dari aktivitas manusia (Siregar, 2004). Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 1 Tahun 2010 tentang sumber pencemar air dibagi menjadi 2 yaitu:

a. Sumber Tertentu (*Point Sources*)

Sumber pencemar air tertentu berasal dari adanya aktivitas yang berasal dari industri maupun limbah domestik yang dibuang menggunakan pipa, selokan ke permukaan badan air (Hogan, 2010).

b. Sumber Tak Tertentu (*Diffuse Sources*)

Sumber pencemar tak tentu berasal dari adanya aktivitas peternakan, pertanian, industri kecil dan limbah domestik yang tidak terlokasi secara definitif (Hogan, 2010).

Sungai Opak memiliki sumber pencemar yang berbeda-beda berdasarkan padatnya penduduk di sekitar sungai yang berpotensi terjadinya pencemaran akibat pembuangan limbah domestik serta banyaknya lahan pertanian yang menyebabkan pencemaran akibat dari penggunaan pupuk dan pestisida yang terbangun masuk ke dalam aliran Sungai Opak (Nugroho, 2019).

2.3 Limbah Domestik

Limbah cair rumah tangga (domestik) adalah air yang telah dipergunakan atau hasil dari kegiatan yang bersumber dari rumah tangga dan pemukiman termasuk didalamnya adalah yang berasal dari tempat cuci, kamar mandi, WC serta tempat memasak (dapur) (Sugiharto, 2008). Limbah cair memiliki karakteristik fisika, kimia, dan biologi. Karakteristik fisika diantaranya bau, suhu, densitas, warna, *Total Solid (TS)*, *Total Suspended Solid (TSS)*, kekeruhan dan konduktivitas. Karakteristik kimia antara lain pH, *Biological Oxygen Demand (BOD)*, *Chemical Oxygen Demand (COD)*, protein, karbohidrat, lemak dan minyak. Karakteristik biologi yang meliputi mikroorganisme dan bakteri (Metcalf dan Eddy, 2003).

Komposisi limbah cair rata-rata mengandung bahan organik serta senyawa mineral yang berasal dari sabun, urin dan sisa makanan. Limbah rumah tangga sebagian berbentuk suspensi, dan lainnya berbentuk bahan terlarut. Misalnya di

kota besar, beban organik (*organic load*) dari limbah cair domestik dapat mencapai sekitar 70% dari beban organik total limbah cair yang ada di kota tersebut. Karakteristik limbah cair rumah tangga yaitu TSS 25-183 mg/l, COD 100-700 mg/l, BOD 47-466 mg/l, Total Coliform $56 - 8, \times 10^7$ cfu/100 ml (Li, 2009).

2.4 Parameter Air Limbah

Parameter analisis kualitas air limbah domestik didasarkan pada PERMEN LHK Nomor 68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik, yang tercantum pada Tabel 2.1

Tabel 2. 1 Baku Mutu Air Limbah

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

Sumber : Permen LHK No.68 Tahun

Parameter diatas yang akan menjadi acuan untuk melihat kualitas limbah domestik yang telah diolah melalui IPAL sebelum dibuang ke lingkungan yang biasanya berupa sungai.

2.5 Instalasi Pengolahan Air Limbah

Instalasi pengolahan air limbah (IPAL) adalah instalasi yang direncanakan dalam mengolah air limbah untuk mengurangi partikel tercampur, BOD, dan bahan yang tidak dapat didegradasikan.

2.5.1 Klasifikasi Metode Pengolahan Air Limbah

Metode-metode pengolahan air limbah (IPAL) menurut Sugiharto (2008) dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

1. Unit operasi fisik: contoh dari unit operasi yang banyak digunakan yaitu penyaringan partikel (*screening*), pengadukan (*stirring*), penyaringan (*filtration*), flokulasi, sedimentasi, pengapungan

(*flotation*), dan transfer gas.

2. Unit proses kimia: contoh unit proses kimia yang banyak digunakan yaitu adsorpsi, presipitasi, dan desinfeksi.
3. Unit proses biologis: merupakan suatu metode pengolahan yang pemisahan kontaminan terjadi atas aktivitas biologis.

2.5.2 Kategori Unit Pengolah Air Limbah

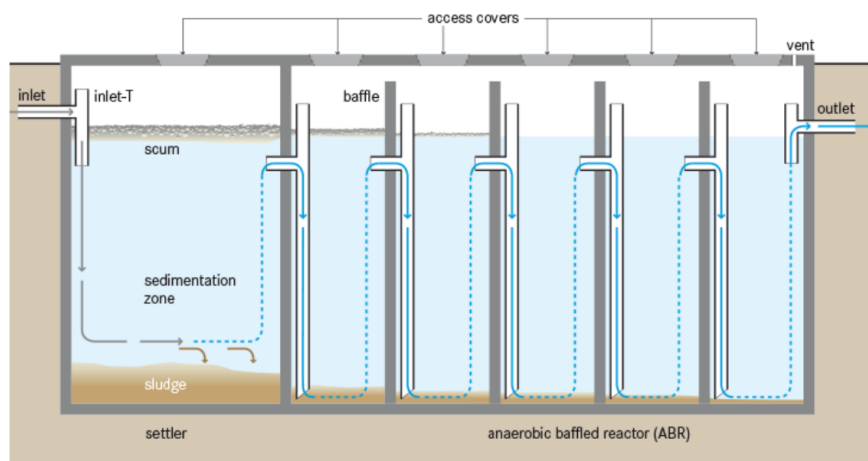
Menurut Sugiharto (2008), suatu sistem pengolahan air limbah khususnya domestik, unit-unit operasi serta proses dikombinasikan untuk mencapai suatu level (taraf) pengolahan. Dari keseluruhan proses dapat dikelompokkan sebagai berikut:

1. Pengolahan pendahuluan (*preliminary treatment*) digunakan untuk memisahkan komponen air limbah yang dapat menyebabkan masalah operasi serta pemeliharaan dalam keseluruhan sistem operasi dan pada proses pengolahannya.
2. Pengolahan pertama (*primary treatment*) digunakan untuk mengurangi beban selanjutnya pada pengolahan kedua.
3. Pengolahan kedua (*secondary treatment*) digunakan untuk memisahkan padatan tersuspensi (TS) dan bahan organik yang dapat didegradasi secara biologis.
4. Pengolahan lanjutan (*advanced treatment*) digunakan untuk memisahkan komponen tertentu misalnya nutrient.

2.6 Anaerobic Baffled Reactor (ABR)

Dalam menangani air limbah domestik, diperlukan perencanaan teknologi dalam mengolah air buangan domestik. Teknologi pengolahan air limbah domestik tergantung pada daya tampung pengolahan, ketersediaan lahan, kondisi lingkungan, serta kemampuan pemakai/pengguna dalam pengoperasian dan pemeliharannya (Herrari, 2015). Pemilihan teknologi pengolahan air limbah di kawasan Wisata Taman Opak ditentukan dengan mempertimbangkan beberapa kelebihan serta kekurangan yang dimiliki masing-masing metode. Pada perencanaan ini teknologi pengolahan air limbah yang sesuai untuk diterapkan di kawasan Wisata Taman Opak yaitu unit *Anaerobic Baffled Reactor* (ABR).

Anaerobic Baffled Reactor (ABR) adalah sebuah unit tangki septik dengan sekat tegak terpasang di dalam kompartemen yang mengakibatkan aliran air bergerak naik turun dari satu kompartemen ke kompartemen lainnya, mengakibatkan air limbah bertemu dengan dengan endapan lumpur yang mengandung mikroorganisme yang berperan dalam menguraikan bahan polutan yang terkandung didalam air limbah dalam kondisi anaerobic (Foxon *et al.*, 2004).



Gambar 2.1 Anaerobic Baffled Reactor

(Sumber : Tilley *et al.*, 2014)

Menurut Droste (1997), kelebihan dari ABR antara lain yaitu dapat memproduksi gas metana (CH_4) yang dapat dijadikan biogas. Produksi biogas pada unit ABR sekitar 30-40% karbon dioksida (CO_2) dan 60-70% metana (CH_4). Sisa gas lainnya berupa gas hidrogen sulfida (H_2S), hidrogen (H), ammonia (NH_3), uap air (H_2O) dan gas lainnya. Desain dari unit ABR yang sederhana, biaya konstruksi relatif murah serta lumpur yang dihasilkan rendah (Trilitai dkk., 2015).

2.7 Kriteria Desain ABR

Tabel 2.2 Kriteria Desain ABR

Kriteria	Nilai
<i>Up flow velocity</i>	< 2 m/jam
Jumlah kompartemen	4 - 7 buah
Panjang kompartemen	< 50% - 60% dari kedalaman kompartemen

COD removal	65 - 90%
BOD removal	70 - 95%
<i>Organic loading rate</i>	< 3 Kg COD/m ³ .hari
HRT	> 8 jam
Rasio COD/BOD	1,5 - 3,5
Rasio <i>settleable</i> SS/COD	0,35 - 0,45

Sumber : Sasse, 2009

Berikut beberapa faktor yang perlu diperhatikan dalam desain reaktor ABR antara lain :

a. Hydraulic Retention Time (HRT)

Menurut Schuner dkk (2009), nilai HRT yang terlalu kecil dapat mengakibatkan terjadinya laju pertumbuhan bakteri yang tidak cukup untuk menghilangkan polutan. Nilai HRT yang dipersyaratkan yaitu lebih dari 8 jam (Sasse, 2009). Dengan memperpanjang HRT kemungkinan terjadinya wash out menjadi semakin kecil. Perbaikan proses hidrolisis senyawa organik serta pembentukan lumpur anaerobic untuk menjadi lebih stabil dapat dilakukan dengan menambah waktu kontak antara limbah dan mikroorganisme (Pillay dkk., 2006).

b. Kecepatan aliran (V_{up})

Kecepatan aliran dalam mendesain ABR tidak boleh lebih dari 2 m³/m²/jam. Untuk mencegah hal tersebut dapat diatasi dengan mendesain ABR yang mempunyai luas penampang besar dan kedalaman dangkal (Sasse, 2009). Menurut Foxon dkk (2001), hal tersebut dilakukan agar 95% padatan tetap tinggal dalam kompartemen untuk mengurangi kemungkinan wash out serta mendukung populasi mikroba yang mampu menangani anaerobic digestion 2 fase.

c. Lebar reaktor

Lebar reaktor dianjurkan berkisar antara 0,5 – 0,6 kedalaman agar influen limbah dapat terdistribusi merata serta kontak dengan mikroorganisme efisien (Rahayu & Purnavita, 2008).

d. Organic Loading Rate (OLR)

Menurut Sasse (2009), beban organik sebaiknya < 3 kgCOD/m³.hari. beban

lebih tinggi diperbolehkan seiring dengan kenaikan substrat yang lebih mudah didegradasi dan seiring kenaikan suhu.

2.8 Kelebihan dan Kekurangan ABR

Berikut kelebihan dari pengolahan limbah domestik dengan ABR:

1. Mudah dalam membangun unit ABR serta murah dikarenakan tidak membutuhkan unit lain seperti mesin pencampur dan bagian yang bergerak (Polprasert, 1992).
2. Terbentuknya sedikit lumpur (Barber & Stuckey, 1999).
3. Tidak membutuhkan mikroorganisme dengan spesifikasi kemampuan pengendapan (Barber & Stuckey, 1999).
4. Resiko terjadinya penyumbatan kecil serta biaya operasi yang rendah (Barber & Stuckey, 1999).
5. Konstan terhadap Organic Loading Rate (Barber & Stuckey, 1999).
6. Periode pengurasan/pembuangan lumpur pada reaktor yang lama (Barber & Stuckey, 1999).

Sedangkan kekurangan dari pengolahan limbah domestik dengan ABR:

1. Pembatasan kecepatan upflow pada reaktor (V_{up}) yang rendah sehingga memerlukan volume unit reaktor yang lebih besar.
2. Waktu start up yang relatif lama
3. Sulit dalam mempertahankan distribusi merata influen (Tilche & Vieira, 1991).

2.9 Penelitian Sebelumnya

Penelitian perencanaan IPAL dengan proses ABR telah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya dengan perbedaan lokasi penelitian. Berikut beberapa penelitian sebelumnya yang dapat dilihat pada Tabel 2.4:

Tabel 2.3 Penelitian Sebelumnya

No.	Peneliti	Tahun	Judul	Tujuan	Metode	Hasil Penelitian
1	Vita Amalia Dengo, Isri Magangka, Roski Legrans	2020	Perencanaan <i>Anaerobic Baffled Reactor</i> (ABR) Sebagai Unit Pengolahan Air Limbah Peternakan Babi Di Desa Rambungan Kecamatan Sonder Kabupaten Minahasa	Merancang pengelolaan air limbah dari usaha peternakan babi dengan menggunakan ABR	Perencanaan ABR sesuai dengan penetapan kriteria desain dari sumber pustaka	1. Konstruksi ABR rencana menghasilkan BOD ₅ efluen, COD efluen dan TSS memenuhi baku mutu berdasarkan PerMen LH No.5 Tahun 2014
2	Chairul Abdi, Miftahul Khair, Titis Sofi Hanifa	2019	Perencanaan Bangunan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Komunal Domestik Dengan Proses <i>Anaerobic Baffled Reactor</i> (ABR) Pada Asrama Pon-Pes Terpadu Nurul Musthofa Di Kabupaten Tabalong Kalimantan Selatan	Merancang instalasi pengolahan air limbah dengan unit ABR sebagai unit alternatif untuk mengolah limbah cair domestik yang dihasilkan dari kegiatan di asrama	Perencanaan ABR sesuai dengan penetapan kriteria desain dari sumber pustaka	1. Ipal komunal ABR yang direncanakan mampu mengolah air limbah dengan total penyisihan COD 88%, total penyisihan BOD 90%, dan total penyisihan TSS yaitu 89%.

3	Afrikhatul Maulidiyah, Tohari	2019	Evaluasi dan Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah di Yayasan Darut Taqwa	Merencanakan pengolahan limbah domestik di Yayasan darut Taqwa dengan ABR	Perencanaan ABR sesuai dengan penetapan kriteria desain dari sumber pustaka	1. Perencanaan pengolahan limbah domestik dengan ABR di Yayasan Darut Taqwa dengan hasil perhitungan terdiri atas tangki pengendap dengan 8 kompartemen
4	Bias Agatha Permata Siswanto, Ipung Fitri Purwanti	2016	Perencanaan <i>Anaerobic Baffled Reactor</i> (ABR) Sebagai Instalasi Pengolahan Greywater di Kecamatan Rungkut Kota Surabaya	Merencanakan instalasi pengolahan greywater di Kecamatan Rungkut dengan ABR	Perencanaan ABR sesuai dengan penetapan kriteria desain dari sumber pustaka	1. Kecamatan Rungkut dapat menerapkan ABR sebagai instalasi pengolahan <i>greywater</i> dengan pelayanan 100 KK
5	Randy Septri M, Isna Apriani ST,	2012	Perancangan <i>Anaerob Baffled Reactor</i> (ABR) Untuk Pengolahan Limbah Cair	Merencanakan unit pengolahan air limbah yang dihasilkan dari	Perencanaan ABR sesuai dengan penetapan kriteria	1. Perencanaan menggunakan ABR untuk mengolah limbah

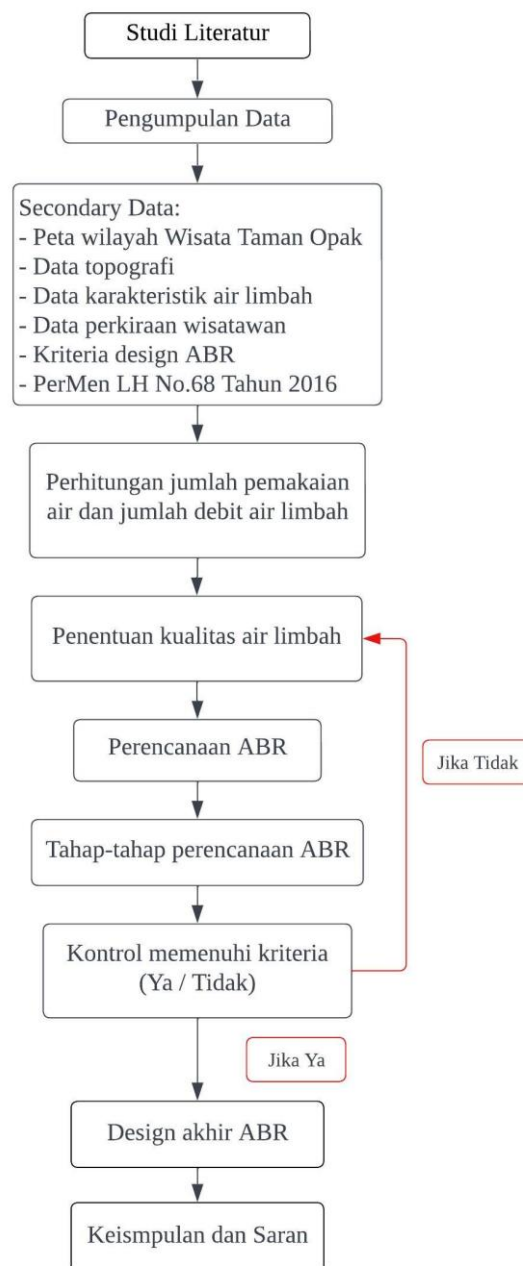
	M.Si, Winardi Yusuf ST, M.T		Pedagang Kaki Lima di Kawasan Jalan H.Agus Salim Kota Pontianak	pedagang kaki lima dengan menggunakan ABR	desain dari sumber pustaka	menghasilkan 6 untuk nilai pH, TSS = 16 mg/L, BOD = 19,5 mg/L, dan COD = 66 mg/L.
--	--------------------------------------	--	---	---	-------------------------------	---

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Perencanaan

Dalam penelitian ini terdapat beberapa langkah yang akan dilakukan, berikut merupakan diagram alir perencanaan pada Gambar 3.1:



Gambar 3.1 Diagram Alir Perencanaan

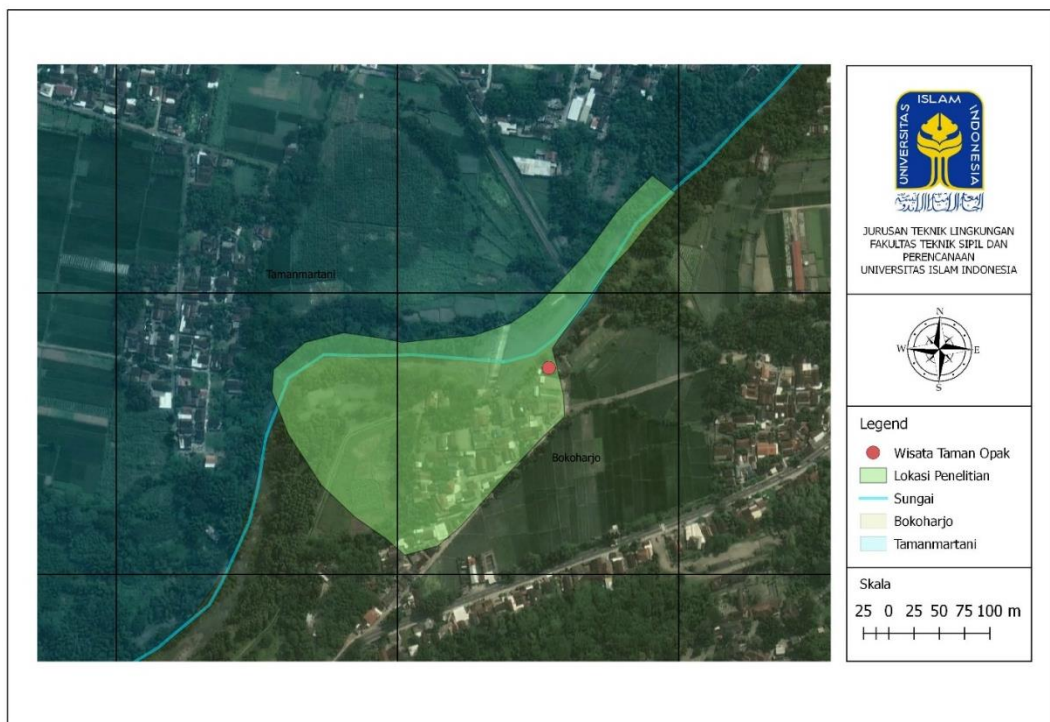
3.2 Waktu dan Lokasi Perencanaan

3.2.1 Waktu Perencanaan

Perencanaan dilakukan pada bulan Januari 2023 sampai dengan Mei 2023.

3.2.2 Lokasi Perencanaan

Lokasi perencanaan ini akan dilakukan di Wisata Taman Opak, Desa Bokoharjo, Kecamatan Prambanan, Kabupaten Sleman, Yogyakarta. Denah lokasi serta zona perencanaan ini terdapat dibawah ini.



Gambar 3.2 Lokasi Perencanaan

3.3 Metode Pengambilan Data dan Perencanaan ABR

3.3.1 Pengambilan Data

Pengambilan data diperlukan untuk mendapatkan informasi dalam menunjang proses perencanaan sehingga dapat dilakukan perencanaan berdasarkan data yang diperoleh.

a. Data Sekunder

Data sekunder yaitu data yang bukan dari hasil data pengamatan secara langsung dilapangan. Data sekunder yang diperlukan berupa data dokumen ataupun gambar. Data sekunder yang diperlukan dalam perancangan ini adalah dokumen PerMen LH No.68 Tahun 2016, data karakteristik air limbah, data perkiraan wisatawan, literatur tentang kriteria ABR serta gambar denah kawasan Wisata Taman Opak.

3.3.2 Perencanaan ABR

Data perencanaan diperoleh dari kelompok masyarakat pengelola lokasi Wisata Opak serta dilakukan proyeksi terhadap jumlah wisatawan yang ditargetkan berdasarkan data dari pengelola wisata. Dari data-data yang ada, maka dilakukan perhitungan unit-unit pengolahan limbah cair domestik berdasarkan kriteria desain serta pendekatan-pendekatan yang sesuai. Beberapa formula/rumus yang digunakan antara lain:

A. Perencanaan Debit Air Limbah

Perhitungan air limbah didasarkan pada Tata Cara Rancangan Sistem Jaringan Perpipaan Air Limbah Terpusat Departemen Pekerjaan Umum, Bab V. Perencanaan teknis yang meliputi perhitungan debit rata-rata limbah domestic, debit limbah jam maksimal (puncak) dan debit infiltrasi. Dalam perhitungan air limbah domestic yang merupakan 60 – 80% dari kebutuhan air bersih per orang.

- Debit Kebutuhan Air Bersih

Pemakaian air bersih per orang yang direncanakan sebesar 150 L/Orang/Hari

= Jumlah penduduk perencanaan × Pemakaian air bersih

- Debit Air Bersih Domestik
= Debit kebutuhan air bersih \div 1000

- Debit Air Limbah

Debit air limbah yang didapat dengan mengalikan jumlah asumsi persen 70%-80% faktor debit air limbah terhadap debit air bersih. Dalam perencanaan ini dipilih asumsi 80% sebagai faktor debit air limbah.

$$Q_r = Q_b \times 80\%$$

Dimana :

Q_r : Debit rata-rata air limbah (m^3/s)

Q_b : Debit air bersih domestic

- Debit Air Limbah Perhari
= Debit air limbah perhari \times waktu (1 hari)

- Debit Air Limbah Rata-Rata

Debit air limbah rata-rata diperoleh dengan menjumlah seluruh produksi air limbah setahun lalu dibagi debit tersebut dengan 12 bulan.

$$Q_{ave} = \frac{\Sigma Q}{12}$$

Dimana: Q_{ave} : Debit limbah rata-rata ($m^3/bulan$)

ΣQ : Jumlah debit dalam 12 bulan ($m^3/bulan$)

$$Q_{ave}(m^3/hari) = \frac{Q(m^3/bulan)}{30 \text{ hari}}$$

$$Q_{ave}(m^3/jam) = \frac{Q(m^3/hari)}{24 \text{ jam}}$$

- Debit Puncak

Debit puncak merupakan debit rata-rata (tanpa infiltrasi) dikalikan dengan faktor puncak. Dalam perencanaan ini, faktor puncak ditentukan dengan rumus Babbitt sebagai berikut :

$$Q_p = f_p \times Q_r \text{ atau } Q_p = q_p + q_i$$

$$fp = \frac{5}{\left(\frac{P}{1000}\right)^{0,167}}$$

Dimana :

Qp = Debit puncak (m³/hari)

Fp = Faktor puncak

Qr = Debit rata-rata limbah (m³/hari)

P = Jumlah penduduk perencanaan

- Debit Infiltrasi

Dalam perhitungan debit puncak total, harus mempertimbangkan debit infiltrasi yang besarnya 10% dari debit rata-rata.

$$\text{Debit infiltrasi (Qi)} = 10\% \times \text{Qr}$$

Dimana :

Qi = Debit infiltrasi (m³/hari)

Qr = Debit rata-rata (m³/hari)

B. Perencanaan Unit ABR

Berikut langkah-langkah menghitung unit ABR sebagai berikut:

1. Menghitung dimensi tangki septik

- Menghitung ukuran volume terhadap Td yang telah di tentukan

$$V = Q \times Td$$

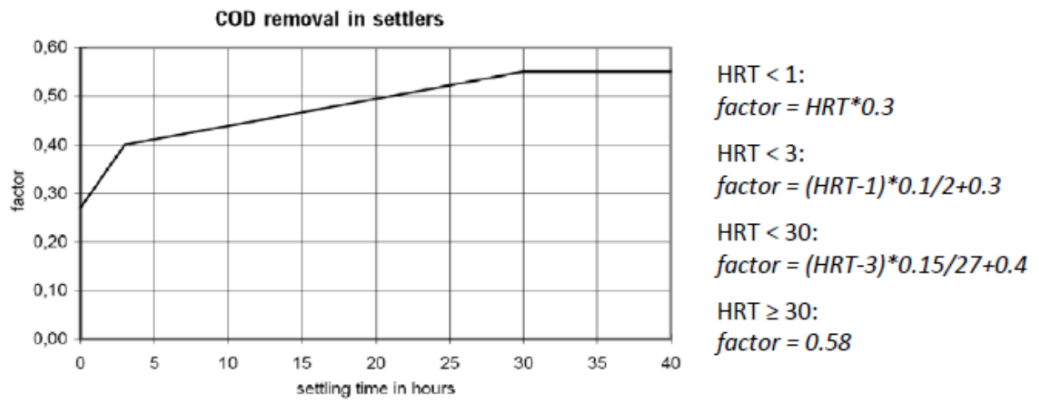
Dimana : V = Volume tangki (m³)

Q = Debit pengolahan (m³/s)

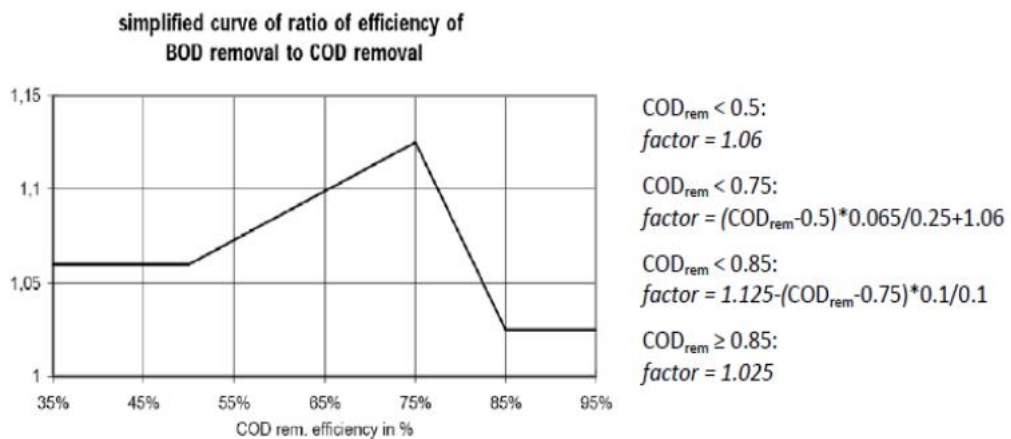
Td = Waktu tinggal (jam)

- Menghitung dimensi daerah bagian pengendapan pada unit ABR
- Menghitung daerah bagian lumpur berdasarkan produksi lumpur dan waktu pengurasan

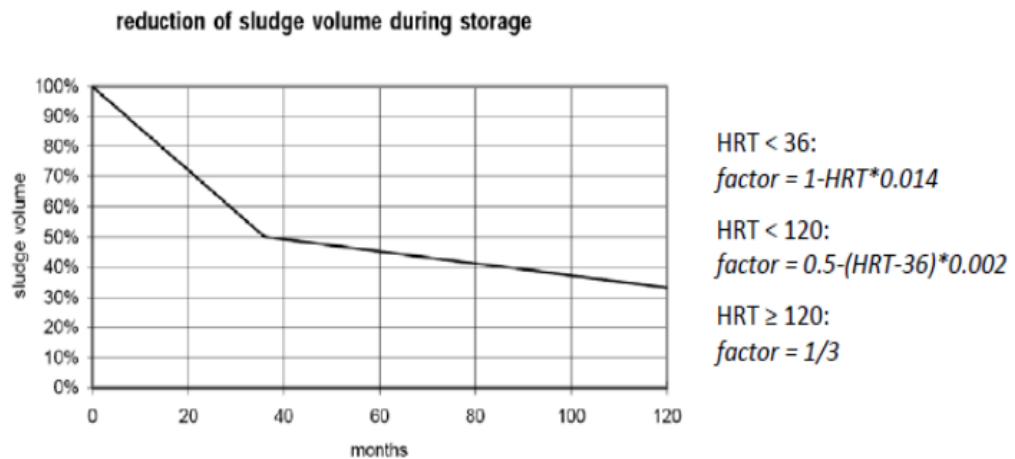
Dalam penentuan jumlah COD yang tersisihkan yang akan menjadi lumpur berikut berdasarkan Gambar 3.3 sampai Gambar 3.5 dibawah ini:



Gambar 3.3 Grafik hubungan penyisihan COD terhadap Td
(Sumber : Sasse, 2009)



Gambar 3.4 Hubungan penyisihan COD dengan BOD yang tersisihkan
(Sumber : Sasse, 2009)



Gambar 3.5 Grafik hubungan reduksi volume berdasarkan waktu tinggal
(Sumber : Sasse, 2009)

Menghitung dimensi zona lumpur berdasarkan lumpur yang dihasilkan setelah melalui proses stabilisasi.

$$H = V/A_{\text{zona settling}}$$

Dimana : H = Kedalaman zona lumpur (m)

V = Volume lumpur setelah stabilisasi (m³)

A = Luas permukaan zona pengendap (m²)

2. Menghitung Dimensi ABR

a. Menghitung ketinggian total (H_{total}) unit ABR

$$H = \text{HRT} \times V_{\text{up}}$$

Dimana H = Keetinggian ABR total (m)

HRT = Waktu tinggal hidrolis (jam)

V_{up} = Kecepatan aliran keatas (m/jam)

b. Menghitung dimensi kompartemen ABR

H kompartemen = H tangki septik

L kompartemen = L tangki septik

A kompartemen = Q/V_{up}

P kompartemen = A kompartemen / L kompartemen

c. Menentukan jumlah kompartemen ABR

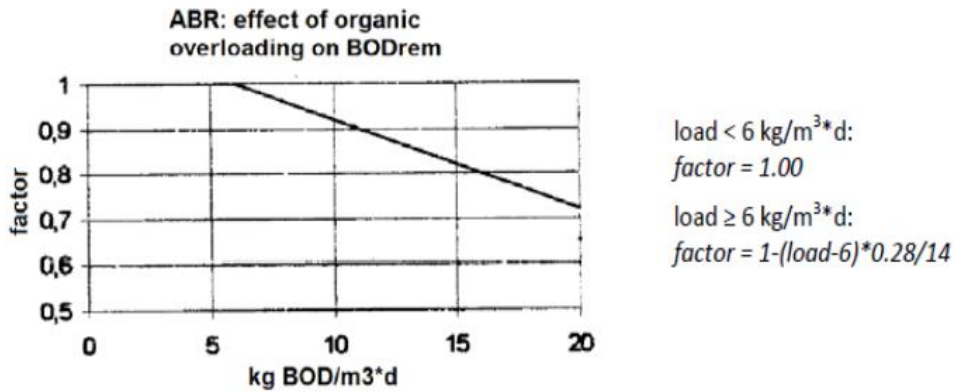
$$N = H_{\text{ABR}}/H \text{ kompartemen}$$

d. Cek V_{up} dan HRT

$$V_{up} = \frac{Q}{P_{kompartemen} \times L_{kompartemen}}$$

$$HLR = \frac{H_{kompartemen} \times L_{kompartemen} \times H_{kompartemen} \times N}{Q}$$

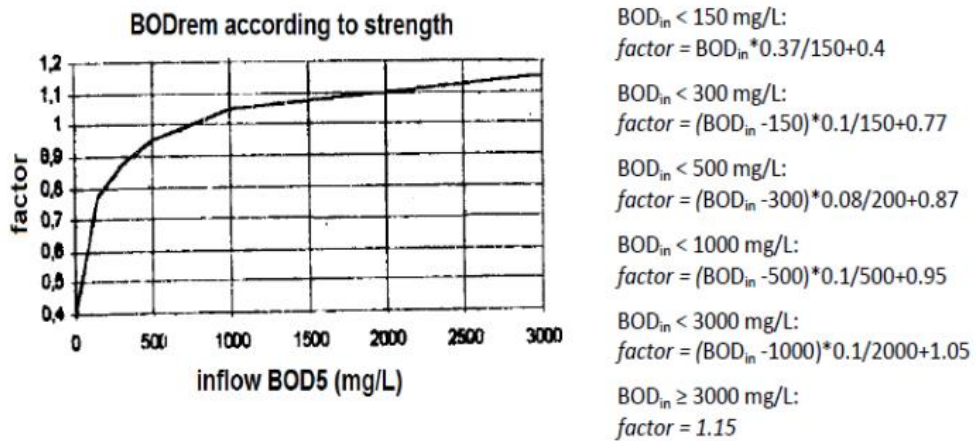
e. Penentuan efisiensi ABR



Gambar 3.6 Grafik faktor penyisihan BOD atas Organic Overloading

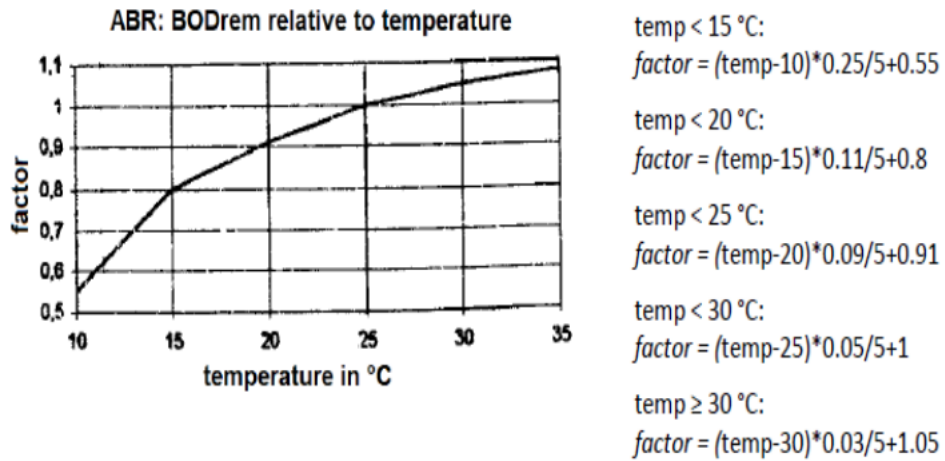
(Sumber : Sasse, 2009)

Penentuan efisiensi ABR berdasarkan pada hasil kali nilai faktor berlandaskan grafik pada Gambar 3.6 sampai Gambar 3.10:



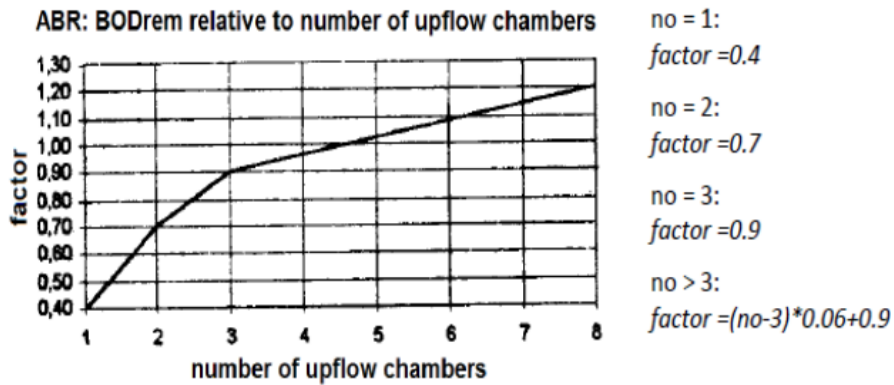
Gambar 3.7 Grafik faktor penyisihan BOD terhadap konsentrasi BOD

(Sumber : Sasse, 2009)



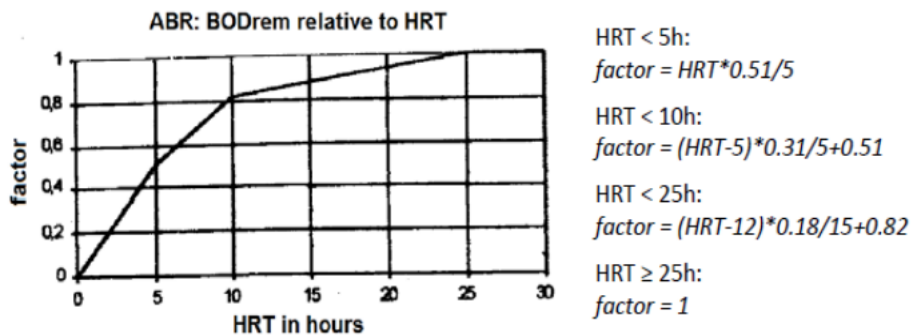
Gambar 3.8 Grafik faktor penyisihan BOD terhadap temperatur

(Sumber : Sasse, 2009)



Gambar 3.9 Grafik faktor penyisihan BOD terhadap jumlah kompartemen

(Sumber : Sasse, 2009)

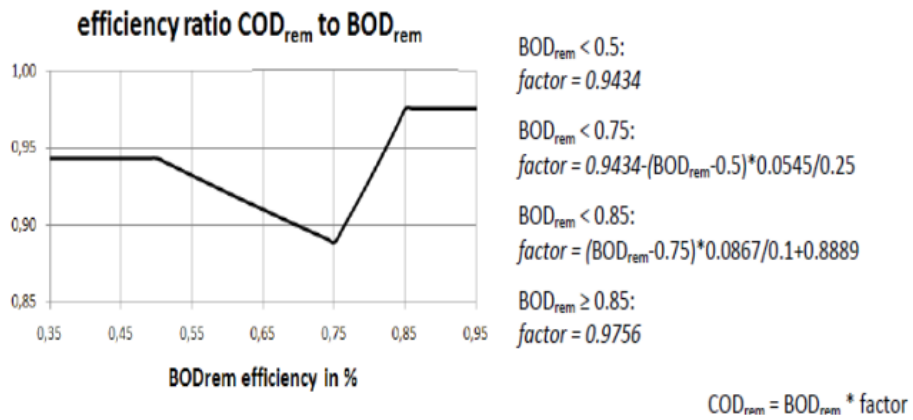


Gambar 3.10 Grafik faktor penyisihan BOD terhadap HRT

(Sumber : Sasse, 2009)

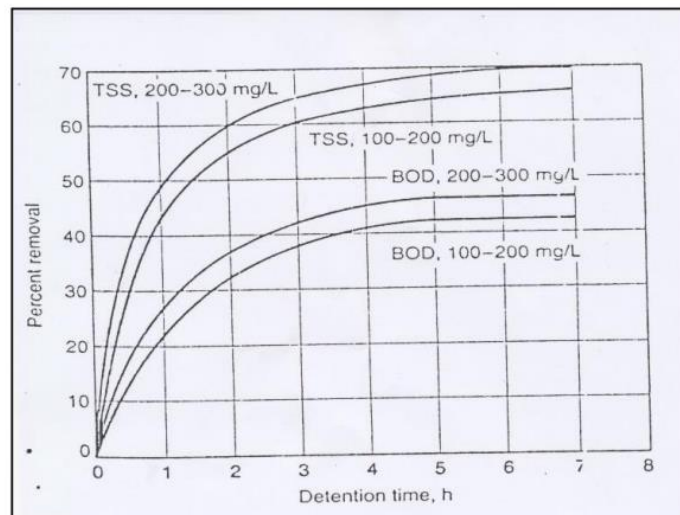
Untuk menentukan g COD didasarkan pada nilai faktor pada

Gambar 3.11



Gambar 3.11 Grafik faktor penyisihan COD berdasarkan penyisihan BOD

(Sumber : Sasse, 2009)



Gambar 3.12 Grafik penyisihan TSS dan BOD terhadap waktu pengendapan

(Sumber : Tchobanoglous *et al.*, 2003)

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Debit dan Kualitas Air Limbah

4.1.1 Perhitungan Debit Air Limbah

Dalam perhitungan air limbah domestic yang merupakan 60% - 80% dari kebutuhan air bersih perorang. Digunakan 80% untuk menghitung Q limbah perhari. Perhitungan debit limbah cair didasarkan pada Tata Cara Rancangan Sistem Jaringan Perpipaan Air Limbah Terpusat Departemen Pekerjaan Umum Bab V Perencanaan Teknis yang meliputi perhitungan debit rata-rata dan debit jam puncak (maksimal).

- Debit Kebutuhan Air Bersih

Jumlah pelayanan : 500 orang (Direncanakan)

Kebutuhan air bersih : $500 \times 150 \text{ L/org/hari}$

: 75000 L/org/hari

: 75 m³/hari

- Debit Rata-Rata Air Limbah

= $80\% \times 75 \text{ m}^3/\text{hari}$

= $60 \text{ m}^3/\text{hari} : 86400 \text{ detik}$

= $0,000694 \text{ m}^3/\text{detik}$

- Debit Rata-rata

= $0,000694 \text{ m}^3/\text{detik} \times 1000 \text{ L/m}^3$

= 0,69 L/detik

- Debit Infiltrasi

= $10\% \times 0,69 \text{ L/detik}$

= 0,069 L/detik

Untuk perhitungan debit puncak diasumsikan 2× kali debit rata-rata.

Berikut perhitungan debit rata-rata:

- Debit Puncak (L/detik) = $0,69 \text{ L/detik} \times 2 = 1,38 \text{ L/detik}$

- Debit Total (Qinf)

= $Q_{\text{peak}} + Q_{\text{inf}} = 1,38 \text{ L/detik} + 0,069 \text{ L/detik} = 1,45 \text{ L/detik}$

4.1.2 Kualitas dan Baku Mutu Air Limbah

Menurut Purnawan (2019), dalam studinya telah melakukan penelitian terkait pengolahan limbah domestik di UPT Rusunawa Graha Bina Harapan Kota Yogyakarta. Dari penelitian tersebut didapatkan kualitas limbah cair sebagai berikut:

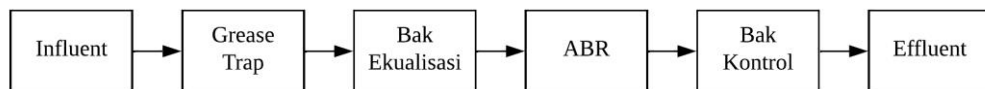
Tabel 4.1 Hasil analisis parameter air limbah domestik (grey water)
UPT Rusunawa GBH Kota Yogya

No	Parameter	Nilai Baku Mutu (Perda DIY No.7 Thn 2016) (mg/L)	Hasil Uji (mg/L)
1	BOD	75	182,7
2	COD	200	313.6
3	TDS	2000	390
4	TSS	75	298
5	Minyak & Lemak Total	10	150,4
6	Detergen	5	1,76
7	pH	6,0 – 9,0	6
8	Coliform	10.000 MPN/100 ml	$> 1600 \times 10^2$

(Sumber : Purnawan, 2019)

4.2 Perhitungan Detail Engineering Design (DED) Unit Pengolahan Air Limbah

Pada perencanaan ini berikut opsi dalam mengolah air limbah domestik kawasan Taman Opak pada Gambar 4.1:



Gambar 4.1 Skema Pengolahan dengan ABR

4.2.1 Grease Trap

Bak penangkap minyak dan lemak atau biasa dikenal *Grease trap*. Alat ini membantu untuk memisahkan minyak dari air sehingga minyak tidak menggumpal dan membeku di pipa pembuangan dan membuat pipa tersumbat. *Grease trap* dipasang untuk mengurangi penyumbatan

pada jaringan perpipaan jadi minim/kecil, sehingga pemeliharaan jaringan perpipaan secara keseluruhan akan menjadi ringan. Berikut perencanaan grease trap:

$$\text{Debit puncak} = 125,3 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{Minyak} = 150,4 \text{ mg/L}$$

$$\text{Massa jenis minyak} = 0,900 \text{ kg/L}$$

$$T_d = 30 \text{ menit}$$

Perhitungan Produksi Grease Trap

$$\text{Debit puncak} = 125,3 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 0,087 \text{ m}^3/\text{menit}$$

$$\text{Minyak dan lemak} = 150 \text{ mg/L}$$

$$= 0,15 \text{ kg/m}^3$$

Massa minyak

$$= \text{konsentrasi minyak (kg/m}^3) \times \text{debit puncak (m}^3/\text{hari)}$$

$$= 0,15 \text{ kg/m}^3 \times 125,3 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 18,8 \text{ kg/hari}$$

$$\begin{aligned} \text{Oil Volume} &= \frac{\text{oil mass } \left(\frac{\text{kg}}{\text{hari}}\right)}{\text{oil type mass } \left(\frac{\text{kg}}{\text{L}}\right)} \\ &= 18,8 \text{ kg/day} : 0,900 \text{ kg/L} \\ &= 21 \text{ L/day} \\ &= 21 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Minyak dan lemak yang terperangkap selanjutnya akan dibuang secara berkala setiap 1 hari sekali secara manual agar scum yang terkumpul mudah dibuang dan tidak mengeras.

Perhitungan Efisiensi Grease Trap

Waktu detensi (T_d) pada pengolahan awal unit *Grease Trap* adalah 30 menit (Said dan Yudo, 2006). Menurut (Wongthanate *et al.*, 2014) efisiensi *Grease Trap* mencapai 95%.

$$= 150,4 \text{ mg/L} \times (95\% \times 150,4 \text{ mg/L})$$

$$= 15,04 \text{ mg/L}$$

Perencanaan Bangunan Grease Trap

Kedalaman	= 1 m
Panjang	= lebar
Volume grease trap	= debit air limbah (m ³ /menit) × Td (menit) = 0,087 m ³ /menit × 30 menit = 2,61 m ³
Luas grease trap	= volume grease trap (m ³) / kedalaman (m) = 1,251 m ³ / 1 m = 2,61 m ²
2,61 m ²	= panjang (m) × lebar (m)
2,61 m ²	= panjang ²
Panjang	= √luas
Panjang	= 1,62 m
Lebar	= 1,62 m = 1,7 m
Panjang kompartemen 1	= 1/3 panjang grease trap = 0,6 m
Panjang kompartemen 2	= 2/3 panjang grease trap = 1,2 m

Perencanaan Pipa Grease Trap

Debit puncak	= 125,3 m ³ /hari = 0,00145 m ³ /detik
Jumlah pipa	= 1 buah
Kecepatan	= 1 m/detik
Panjang	= 1 m
Debit per pipa	= Q / jumlah pipa = 0,00145 m ³ /detik / 1 buah = 0,00145 m ³ /detik.pipa
Q per pipa	= luas (m ²) × kecepatan (m/detik)
Luas (m ²)	= Q (m ³ /detik) / kecepatan (m/detik) = 0,00145 m ³ /detik / 1 m = 0,00145 m ²

$$\begin{aligned}
\text{Luas (m}^2\text{)} &= 1/4 \times \pi \times D^2 \\
0,00145\text{m}^2 &= 1/4 \times 3,14 \times D^2 \\
D^2 &= 0,00145 \times 4 / 3,14 \\
D &= 0,04 \text{ m} \\
\text{Pipa pasar} &= 40 \text{ mm} \\
&= 1,1811 \text{ inch} \\
\text{A cek} &= 1/4 \times \pi \times D^2 \\
\text{A cek} &= 1/4 \times 3,14 \times 0,04^2 \\
&= 0,0012 \text{ m}^2 \\
\text{V cek} &= Q \text{ (m}^3\text{/detik)} / A \text{ (m}^2\text{)} \\
&= 0,00145 \text{ m}^3\text{/detik} / 0,0012 \text{ m}^2 \\
&= 1,2 \text{ m/detik}
\end{aligned}$$

Head Loss

$$\begin{aligned}
\text{Hf mayor} &= \left(\frac{\text{debit (L/detik)}}{(0,00155 \times C \times D^{2,65})} \right)^{1,85} \times \text{panjang pipa (m)} \\
&= \left(\frac{1,45 \text{ (L/detik)}}{(0,00155 \times 120 \times 4^{2,65})} \right)^{1,85} \times 1 \text{ (m)} \\
&= 0,05 \text{ m} \\
\text{Hf belokan} &= 2 \times k \times v^2 \text{ (m/detik)} / 2g \text{ (m/detik}^2\text{)} \\
\text{(2 buah, k=0,9)} &= 2 \times 0,9 \times 1,2 \text{ m}^2\text{/detik}^2 / 2 \times 9,81 \text{ m/detik}^2 \\
&= 0,13 \text{ m} \\
\text{Hf total} &= \text{Hf mayor} + \text{Hf belokan} \\
&= 0,05 \text{ m} + 0,13 \text{ m} \\
&= 0,18 \text{ m}
\end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas, didapatkan dimensi *grease trap* adalah 1,7m × 1,7m × 1m.

4.2.2 Bak Ekualisasi

Bak ekualisasi berfungsi dalam menampung air buangan dari ujung pipa induk air buangan sebelum dialirkan ke sistem pengolahan, mengatur debit limbah cair yang akan diolah, pH limbah cair agar homogen, meratakan volume limbah dan meratakan fluktuasi beban organik agar tidak terjadi *shock load* pada proses pengolahan.

Direncanakan:

Kedalaman	= 2 m
Qave	= 5,2 m ³ /jam
Q	= debit limbah + <i>over design</i> = 5,2 m ³ /jam + (10% × 5,2 m ³ /jam) = 5,72 m ³ /jam
V	= 5,72 m ³ /jam × 2 jam = 11,44 m ³ /jam
V	= A × h
11,44 m ³ /jam	= A × 2
A	= 5,72 m ²
Rasio P : L	= 1 : 1
L	= √luas = 2,4 m = 2,5 m
P	= L = 2,5 m
Fb	= 0,3 m
Kedalaman total	= 2,8 m
Cek td	= Volume bak(m ³) / debit rata-rata(m ³ /jam) = (2,5 × 2,5 × 2)m / 5,2 m ³ /jam = 2,4 jam

Spesifikasi Pompa

Panjang pipa discharge	= 4 m
Head statis	= 1,8 m
Debit puncak	= 125,3 m ³ /hari = 5,2 m ³ /jam = 0,0014 m ³ /detik = 1,4 L/detik
Jumlah pipa	= 1 buah
Kecepatan debit per pipa	= 1 m/detik
Debit per pipa	= Q / jumlah pipa = 0,0014 m ³ /detik.pipa

$$\begin{aligned} \text{Luas (m}^2\text{)} &= Q \text{ (m}^3\text{/detik)} / \text{kecepatan} \\ &= 0,0014 \text{ m}^3\text{/detik} / 1 \text{ m/detik} \\ &= 0,0014 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas (m}^2\text{)} &= 1/4 \times \pi \times D^2 \\ 0,0014 \text{ m}^2 &= 1/4 \times 3,14 \times D^2 \\ D^2 &= 0,0014 \times 4 / 3,14 \\ D &= 0,0422 \text{ m} \\ &= 42,2 \text{ mm} \\ &= 1,66 \text{ inch} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Pipa pasar} &= 50 \text{ mm} \\ &= 1,9685 \text{ inch} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas (m}^2\text{)} &= 1/4 \times 3,14 \times D^2 \\ &= 1/4 \times 3,14 \times 0,05^2 \\ &= 0,002 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V \text{ cek} &= Q \text{ (m}^3\text{/detik)} / A \text{ (m}^2\text{)} \\ &= 0,0014 \text{ (m}^3\text{/detik)} / 0,002 \text{ (m}^2\text{)} \\ &= 0,7 \text{ m/detik} \end{aligned}$$

Head Pompa

$$\begin{aligned} \text{Hf discharge} &= \left(\frac{\text{debit (L/detik)}}{(0,00155 \times C \times D(\text{cm})^{2,65})} \right)^{1,85} \times \text{panjang pipa (m)} \\ &= \left(\frac{1,4 \text{ (L/detik)}}{(0,00155 \times 120 \times 5^{2,65})} \right)^{1,85} \times 4 \text{ (m)} \\ &= 0,063 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Hf Velocity} &= v^2 \text{ (m/detik)} / 2g \text{ (m/detik}^2\text{)} \\ &= 0,7 \text{ (m/detik)}^2 / 2 \times 9,81 \text{ (m/detik}^2\text{)} \\ &= 0,036 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Hf belokan} &= 2 \times k \times v^2 \text{ (m/detik)} / 2g \text{ (m/detik}^2\text{)} \\ \text{(2 buah, k=0,9)} &= 2 \times 0,9 \times 0,7^2 \text{ (m/detik)} / 2 \times 9,81 \text{ m/detik}^2 \\ &= 0,045 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Hf total} &= \text{head statis} + \text{hf discharhe} + \text{hf velocity} + \\ &\quad \text{hf belokan} \\ &= 1,8 \text{ m} + 0,063 \text{ m} + 0,036 \text{ m} + 0,045 \text{ m} \\ &= 1,944 \text{ m} \end{aligned}$$

Power pompa

$$\begin{aligned} &= g(\text{m}^2/\text{detik}) \times Q \text{ pompa}(\text{m}^3/\text{detik}) \times H_f \text{ total (m)} \times \text{densitas}(\text{kg}/\text{m}^3) \\ &= 9,81 (\text{m}^2/\text{detik}) \times 0,0014 (\text{m}^3/\text{detik}) \times 1,944 (\text{m}) \times 1000(\text{kg}/\text{m}^3) \\ &= 26,7 \text{ watt} \\ &= 0,00267 \text{ Kw} \end{aligned}$$

Setelah dilakukan perhitungan didapatkan dimensi bak ekualisasi yaitu $2,5 \text{ m} \times 2,5 \text{ m} \times 2 \text{ m}$. Spesifikasi pompa yang dibutuhkan dalam perencanaan ini yaitu:

Merek	: Grundfos
Nama produk	: Unilift AP12.40.08.A1
Debit maksimal	: $21 \text{ m}^3/\text{jam}$
Head maksimal	: 15 m
Daya	: 1,3 kW

4.2.3 Anaerobic Baffled Reactor (ABR)

Karakteristik Air Limbah:

Debit puncak	= $125,3 \text{ m}^3/\text{hari}$ = $5,22 \text{ m}^3/\text{jam}$
Jam operasional	= 24 jam
COD in	= 313,6 mg/L
BOD in	= 182,7 mg/L
TSS in	= 298 mg/L
Temperatur	= 28 °C
Rasio COD/BOD	= 1,11
Rasio SS/COD	= 0,45 (0,35 – 0,45)

Direncanakan :

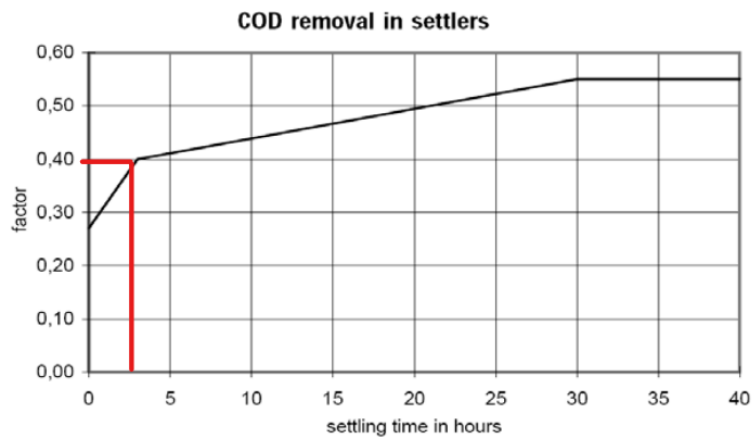
Bak pengendap

HRT	= 3 jam
Periode pengurasan	= 24 bulan
Kedalaman bak	= 2,5 m
Freeboard	= 0,3 m
COD in	= 313,6 mg/L

$$\begin{aligned} \text{BOD in} &= 182,7 \text{ mg/L} \\ \text{TSS in} &= 298 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

Perhitungan Efisiensi Bak Pengendap

1. Penentuan faktor penyisihan COD terhadap HRT. Dalam perencanaan HRT adalah 3 jam, maka didapatkan faktor penyisihan COD yaitu 0,4 berdasarkan Gambar 4.2



Gambar 4.2 Faktor HRT terhadap penyisihan COD

(Sumber : Sasse, 2009)

2. Persen removal COD

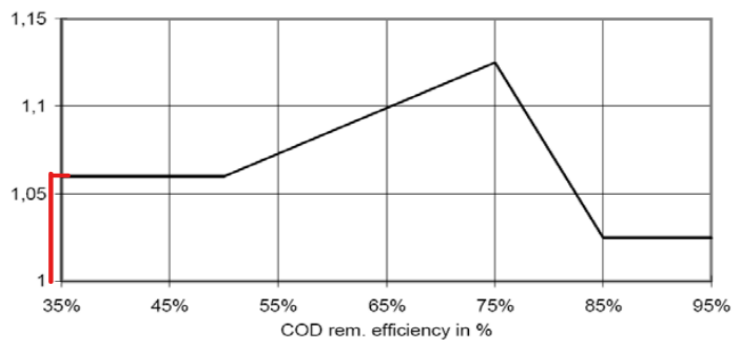
$$\begin{aligned} \text{Persentase removal COD} &= \text{rasio SS/COD} / 0,6 \times \text{Faktor COD removal} \\ &= 0,45 / 0,6 \times 0,4 \\ &= 30\% \end{aligned}$$

3. COD effluent

$$\begin{aligned} \text{COD effluent} &= \text{COD in} \times (1 - \text{COD removal rate}) \\ &= 313,6 \text{ mg/L} \times (1 - 30\%) \\ &= 219,51 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

4. Menentukan rasio efisiensi BOD oleh COD

Nilai efisiensi BOD didapatkan berdasarkan besarnya penyisihan COD (Sasse, 2009). Berikut ditunjukkan pada Gambar 4.3



Gambar 4.3 Hubungan efisiensi penyisihan COD terhadap efisiensi penyisihan BOD

(Sumber : Sasse, 2009)

Berdasarkan Gambar 4.3, faktor efisiensi BOD/COD adalah 1,06.

5. Persen Removal BOD

$$\begin{aligned} \text{Persentase removal BOD} &= \text{persen removal COD} \times \text{Faktor} \\ &= 30 \% \times 1,06 \\ &= 32 \% \end{aligned}$$

6. BOD effluent

$$\begin{aligned} \text{BOD effluent} &= \text{BOD in} \times (1 - \text{BOD removal rate}) \\ &= 182,7 \text{ mg/L} \times (1 - 32\%) \\ &= 124,236 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

7. TSS effluent

$$\begin{aligned} \text{TSS effluent} &= \text{SS/COD} \times \text{COD out (mg/L)} \\ &= 0,45 \times 219,51 \text{ mg/L} \\ &= 98,78 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

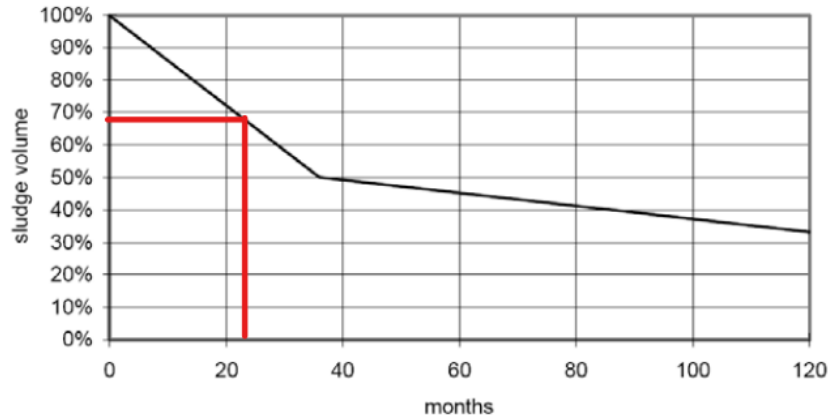
8. Persen Removal TSS

$$\begin{aligned} \text{TSS removal rate} &= (\text{TSS out} / \text{TSS in}) \times 100\% \\ &= (98,78 \text{ mg/L} / 298 \text{ mg/L}) \times 100\% \\ &= 33\% \end{aligned}$$

9. Menentukan faktor reduksi volume lumpur selama pengendapan

Dalam bak pengendap ini akan terjadi proses pengendapan partikel diskrit yang nantinya akan menjadi lumpur dengan laju akumulasi tertentu. Pada perencanaan pengurasan bak pengendap akan

dilakukan selama 24 bulan sekali. Berdasarkan Gambar 4.4 persentase reduksi volume lumpur pada periode pengurasan 24 bulan (2 tahun) adalah sebesar 68%.



Gambar 4.4 Kurva hubungan laju akumulasi lumpur dengan periode pengurasan
(Sumber : Sasse, 2009)

Perhitungan Volume Bak Pengendap

1. Volume lumpur per BOD removed

$$\begin{aligned} \text{Volume Lumpur per BOD tersisih} &= 0,005 \times \text{faktor reduksi lumpur} \\ &= 0,005 \times 68\% \\ &= 0,0034 \text{ L/g BOD removed} \end{aligned}$$

2. BOD tersisihkan

$$\begin{aligned} \text{BOD tersisihkan} &= \text{BOD in} - \text{BOD out} \\ &= 182,7 \text{ mg/L} - 124,236 \text{ mg/L} \\ &= 58,464 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

3. volume lumpur berdasarkan reduksi BOD

$$\begin{aligned} \text{Volume lumpur hasil BOD tersisihkan} &= \frac{\text{vol lumpur per BOD removal (L/g BOD removed)} \times \text{BOD removed (mg/L)}}{1000 \text{ L/m}^3} \\ &= \frac{0,0034 \text{ (L/g BOD removed)} \times 58,464 \text{ (mg/L)}}{1000 \text{ L/m}^3} \\ &= 0,0002 \text{ m}^3/\text{m}^3 \end{aligned}$$

4. Volume lumpur

Volume lumpur

$$\begin{aligned} &= \text{volume lumpur hasil BOD removed (m}^3\text{/m}^3) \times \text{periode} \\ &\text{pengurasan (bulan)} \times 30 \text{ hari/bulan} \times \text{debit puncak (m}^3\text{/hari)} \\ &= 0,0002 \text{ m}^3\text{/m}^3 \times 24 \text{ bulan} \times 30 \text{ hari/bulan} \times 125,3 \text{ m}^3\text{/hari} \\ &= 18,04 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

5. Volume air

Volume air

$$\begin{aligned} &= \text{HRT (jam)} \times \text{debit puncak (m}^3\text{/jam)} \\ &= 3 \text{ jam} \times 5,22 \text{ m}^3\text{/jam} \\ &= 15,66 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

6. Luas permukaan

luas permukaan bak

$$\begin{aligned} &= (\text{Vol.air} + \text{Vol.lumpur}) \text{m}^3 / \text{kedalaman (m)} \\ &= (15,66 + 18,04) \text{m}^3 / 2,5 \text{ m} \\ &= 13,5 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

7. volume freeboard

Volume freeboard

$$\begin{aligned} &= \text{luas permukaan} \times 0,3 \text{ m} \\ &= 13,5 \text{ m}^2 \times 0,3 \text{ m} \\ &= 4,05 \text{m}^3 \end{aligned}$$

8. Total volume bak pengendap

Total vol. bak pengendap

$$\begin{aligned} &= (\text{volume lumpur} + \text{volume air} + \\ &\quad \text{volume freeboard}) \text{ m}^3 \\ &= (18,04 + 15,66 + 4,05) \text{ m}^3 \\ &= 37,75 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

9. Penetapan Panjang Bak Pengendap

Direncanakan kedalaman bak pengendap yaitu 2,5 m dengan rasio panjang : lebar yaitu 4 : 3. Berikut panjang dan lebar dari ruang bak pengendap:

Luas permukaan

$$= \text{panjang} \times \text{lebar}$$

$$13,5 \text{ m}^2$$

$$= 4/3 L \times L$$

$$4/3 L^2$$

$$= 13,5 \text{ m}^2$$

$$L$$

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

$$= 3,5 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}\text{Panjang} &= 4/3 \times \text{lebar} \\ &= 4,7 \text{ m}\end{aligned}$$

10. Cek luas permukaan bak

$$\begin{aligned}\text{Cek luas permukaan bak} &= \text{lebar (m)} \times \text{panjang (m)} \\ &= 3,5 \text{ m} \times 4,7 \text{ m} \\ &= 16,45 \text{ m}^2\end{aligned}$$

11. Cek volume bak

$$\begin{aligned}\text{Cek volume bak} &= \text{luas permukaan (m}^2\text{)} \times (\text{kedalaman (m)} + \\ &\quad \text{freeboard (m)}) \\ &= 16,45 \text{ m}^2 \times (2,5 \text{ m} + 0,3 \text{ m}) \\ &= 46,06 \text{ m}^3\end{aligned}$$

12. Cek Vs (kecepatan pengendapan)

$$\begin{aligned}V_h &= Q \text{ (m}^3\text{/hari)} / A \text{ (m}^2\text{)} \\ &= 125,3 \text{ m}^3\text{/hari} / 16,45 \text{ m}^2 \\ &= 0,00008 \text{ m/detik}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}N_{re} &= (V_h \times R) / \nu \\ &= (0,00008 \times 1,184) / 0,8394 \times 10^{-6} \\ &= 112,84\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}C_d \text{ (koefisien drag)} &= 18,5 / N_{re}^{0,6} \\ &= 1,08\end{aligned}$$

Dengan suhu 28°C, massa jenis air (ρ_{air}) = 996,26 kg./m³, massa jenis lumpur (ρ_{lumpur}) diasumsikan = 1.024 kg/m³. Asumsi diameter partikel = 0,05 cm.

$$\begin{aligned}V_s &= (4g \times (\rho_s - \rho) / \rho) \times d / 3C_d)^{0,5} \\ &= (4 \times 9,81 \times ((1.024 - 996,26) / 996,26) \times \\ &\quad 0,0005 / (3 \times 1,08))^{0,5} \\ &= 0,013 \text{ m/detik}\end{aligned}$$

Lumpur yang mengendap tidak terangkat kembali karena nilai Vs (kecepatan mengendap) lebih besar dibanding Vh (kecepatan aliran).

Anaerobic Baffled Reactor

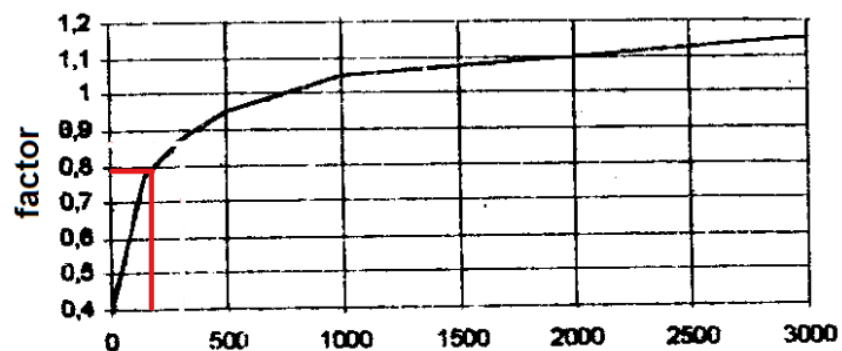
Diketahui :

HRT rencana	= 12 jam
Debit puncak	= 5,22 m ³ /jam
Kedalaman bak	= 2,5 m
Lebar bak	= lebar bak pengendap = 3,5 m
Jumlah kompartemen	= 3 buah
OLR	= < 3 kg/COD/m ³ .hari
Up flow velocity	= < 2 m/jam
Temperature	= 28°C
COD in	= 219,51 mg/L
BOD in	= 124,236 mg/L
TSS in	= 98,78 mg/L
Rasio COD/BOD	= 1,76
Rasio SS/COD	= 0,45 (0,35 – 0,45)

Perhitungan Efisiensi Anaerobic Baffle Reactor

1. Faktor efisiensi ABR terhadap konsentrasi COD

Berdasarkan data yang diperoleh konsentrasi COD in yang masuk sebesar 219,51 mg/L. Maka besar faktor efisiensi terdapat dalam Gambar 4.5 sebagai berikut:

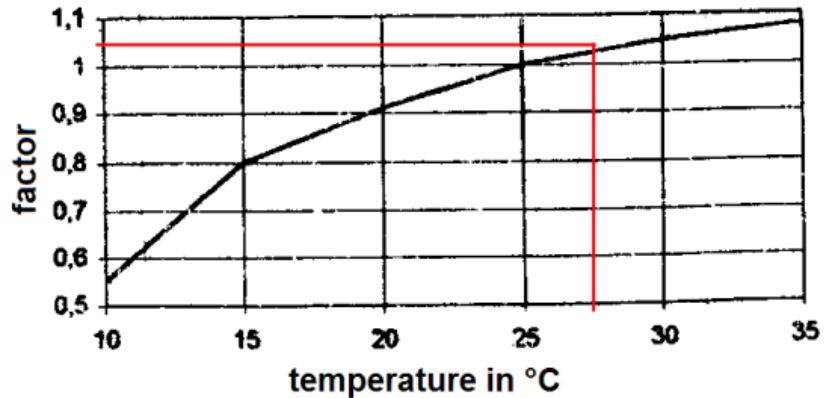


Gambar 4.5 Faktor pengaruh konsentrasi COD pada penyisihan COD

(Sumber : Sasse, 2009)

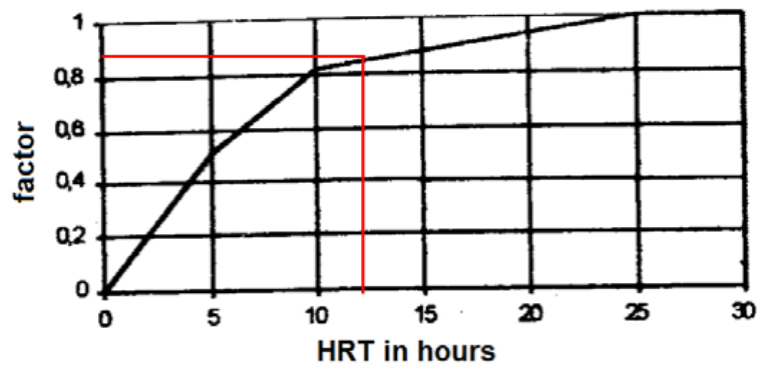
Pada Gambar 4.5 grafik menunjukkan bahwa besaran faktor konsentrasi COD terhadap penyisihan COD sebesar **0,8**.

2. Faktor Efisiensi ABR Berdasarkan Temperatur Air Limbah
Berdasarkan data yang diperoleh temperatur air yaitu 28°C. Maka besar faktor temperature yang diperoleh yaitu **1,05** sesuai dengan Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Faktor pengaruh temperatur terhadap penyisihan COD
(Sumber : Sasse, 2009)

3. Faktor Efisiensi ABR berdasarka HRT
Berdasarkan data perencanaan waktu tinggal air limbah di dalam unit ABR adalah selama 12 jam. Dari angka tersebut maka nilai faktor yang diperoleh adalah (f_{HRT}) = **86%**



Gambar 4.7 Faktor pengaruh HRT terhadap penyisihan COD
(Sumber : Sasse, 2009)

4. Faktor Efisiensi ABR Terhadap Jumlah Kompartemen

Berdasarkan Sasse (2009) jumlah kompartemen berpengaruh terhadap efisiensi pengolahan limbah pada ABR. Berikut perhitungan faktor kompartemen:

$$\begin{aligned} F_{\text{kompartemen}} &= \text{jumlah kompartemen} \times 0,04 + 0,82 \\ &= 5 \times 0,04 + 0,82 \\ &= \mathbf{1,02} \end{aligned}$$

5. Removal COD Berdasarkan Keseluruhan Faktor

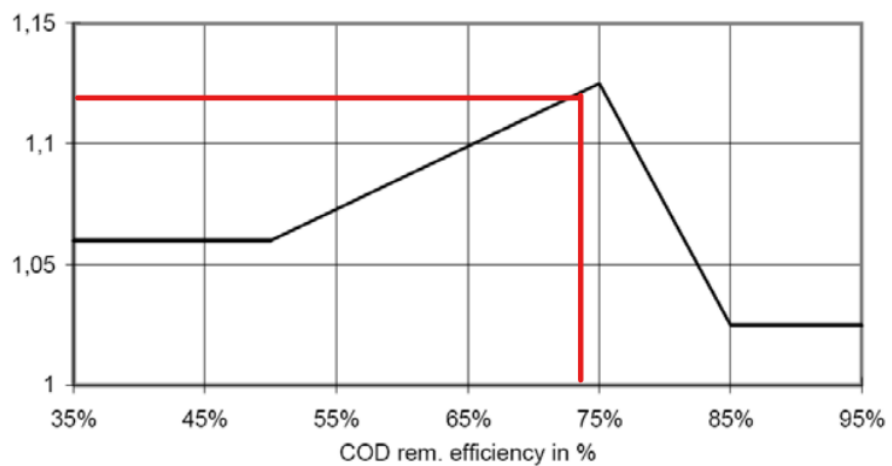
$$\begin{aligned} \text{Penyisihan COD} &= F_{\text{strenght}} \times F_{\text{temp}} \times F_{\text{HRT}} \times F_{\text{kompartemen}} \\ &= 0,8 \times 1,05 \times 0,86 \times 1,02 \\ &= 74\% \end{aligned}$$

6. COD effluent

$$\begin{aligned} \text{COD effluent} &= (1 - \% \text{penyisihan COD}) \times \text{COD in} \\ &= (1 - 74\%) \times 219,51 \text{ mg/L} \\ &= 57,07 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

7. Rasio Efisiensi BOD oleh COD

Nilai efisiensi dapat diperoleh dari besarnya efisiensi removal COD.



Gambar 4.8 Hubungan efisiensi penyisihan COD terhadap efisiensi penyisihan BOD

(Sumber : Sasse, 2009)

Berdasarkan Gambar 4.8, nilai faktor BOD/COD yaitu 1,12.
Selanjutnya dihitung persentase removal BOD.

8. Persen Removal BOD

$$\begin{aligned}\text{Removal BOD} &= \text{Removal COD} \times \text{faktor removal COD/BOD} \\ &= 74\% \times 1,12 \\ &= 83\%\end{aligned}$$

9. BOD effluent

$$\begin{aligned}\text{BOD effluent} &= (1 - \text{removal BOD}) \times \text{BOD in} \\ &= (1 - 83\%) \times 124,236 \text{ mg/L} \\ &= 21,12 \text{ mg/L}\end{aligned}$$

10. TSS effluent

$$\begin{aligned}\text{TSS effluent} &= \text{SS/COD} \times \text{COD effluent} \\ &= 0,45 \times 57,07 \text{ mg/L} \\ &= 25,08 \text{ mg/L}\end{aligned}$$

11. Penyisihan TSS

$$\begin{aligned}\text{Penyisihan TSS} &= (\text{TSS effluent} / \text{TSS effluent}) \times 100\% \\ &= (25,08 \text{ mg/L} / 98,78 \text{ mg/L}) \times 100\% \\ &= 25\%\end{aligned}$$

12. Removal COD total

$$\begin{aligned}\text{Removal COD total} &= (1 - (\text{COD out (mg/L)} / \text{COD in (mg/L)})) \times 100\% \\ &= (1 - (57,07 \text{ mg/L} / 313,6 \text{ mg/L})) \times 100\% \\ &= 82\%\end{aligned}$$

13. Removal BOD total

$$\begin{aligned}\text{Removal BOD total} &= (1 - (\text{BOD out (mg/L)} / \text{BOD in (mg/L)})) \times 100\% \\ &= (1 - (21,12 \text{ mg/L} / 182,7 \text{ mg/L})) \times 100\% \\ &= 88\%\end{aligned}$$

14. Removal TSS total

$$\begin{aligned}\text{Removal TSS total} &= (1 - (\text{TSS out (mg/L)} / \text{TSS in (mg/L)})) \times 100\% \\ &= (1 - (25,08 \text{ mg/L} / 298 \text{ mg/L})) \times 100\%\end{aligned}$$

$$= 92\%$$

15. Produksi gas

Produksi Gas

$$= (\text{COD in (mg/L)} - \text{COD out (mg/L)}) \times \text{Debit rata-rata (m}^3/\text{hari)} \times 0,35 \times 50\% / (1000 \times 70\%)$$

$$= (313,6 \text{ mg/L} - 57,07 \text{ mg/L}) \times 60 \text{ m}^3/\text{hari} \times 0,35 \times 50\% / (1000 \times 70\%)$$

$$= 3,848 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Dalam perencanaan ini gas yang dihasilkan dari pengolahan limbah dengan ABR dilepas langsung ke atmosfer melalui pipa vent dengan ketinggian pipa vent yang tidak sejajar dengan ketinggian manusia. Tujuan pemasangan pipa vent yang tidak sejajar dengan tinggi manusia agar gas yang dilepas langsung ke udara atmosfer dan agar tidak terhidup oleh manusia secara langsung.

Perhitungan Volume ABR

16. Menghitung Panjang Kompartemen ABR

$$\begin{aligned} \text{HRT 12 jam} &= \text{Volume ABR (m}^3) / \text{debit rata-rata (m}^3/\text{hari)} \\ &= (\text{P} \times \text{L} \times \text{t}) \text{ m} \times \text{jumlah kompartemen} / \text{debit puncak (m}^3/\text{hari)} \end{aligned}$$

$$12 \text{ jam} = \text{panjang (m)} \times 3,5 \text{ m} \times 2,5 \text{ m} \times 3 / 125,3 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$62,65 \text{ m}^3 = \text{panjang (m)} \times 3,5 \text{ m} \times 2,5 \text{ m} \times 3$$

$$\text{Panjang (m)} = 62,65 \text{ m}^3 / 26,25 \text{ m}^2$$

$$\text{Panjang (m)} = 2,5 \text{ m}$$

17. Menghitung volume total ABR

$$\begin{aligned} \text{Vol.tot ABR} &= \text{panjang (m)} \times \text{lebar (m)} \times \text{kedalaman (m)} \times \text{jumlah kompartemen} \\ &= 2,5 \text{ m} \times 3,5 \text{ m} \times 2,5 \text{ m} \times 3 \\ &= 65,625 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

18. Cek OLR

$$\begin{aligned} \text{Cek OLR} &= \text{Debit (m}^3/\text{hari)} \times \text{COD in (mg/L)} / \\ &(\text{Vol.total ABR (m}^3) \times 1000) \end{aligned}$$

$$= 125,3 \text{ m}^3/\text{hari} \times 219,51 \text{ mg/l} / (30 \text{ m}^3 \times 1000)$$

$$= 0,9 \text{ kg COD/m}^3 \cdot \text{hari}$$

(memenuhi < 3 kg COD/m³.hari)

19. Cek Vup flow

$$\text{Cek Vup} = \text{debit puncak (m}^3/\text{jam)} / \text{luas permukaan}$$

$$\text{kompartemen (m}^2\text{)}$$

$$= 5,22 \text{ m}^3/\text{jam} / (2,5 \text{ m} \times 3,5 \text{ m})$$

$$= 0,6 \text{ m/jam}$$

(memenuhi < 2 m/jam)

Setelah dilakukan perhitungan efisiensi *Anaerobic Baffled Reactor*, Tabel 4.2 merupakan hasil effluen air limbah di Wisata Taman Opak.

Tabel 4.2 Hasil Effluen Limbah

No	Parameter	Influen IPAL Wisata Opak (mg/L)	Effluen IPAL Wisata Opak (mg/L)	Nilai Baku Mutu (*Perda DIY No.7 Thn 2016) (mg/L)
1	BOD	182,7	21,12	75
2	COD	313,6	57,07	200
3	TDS	390	390	2000
4	TSS	298	25,08	75
5	Minyak & Lemak Total	150,4	15,04	10
6	Detergen	1,76	1,76	5
7	pH	6	6	6,0 – 9,0
8	Coliform	> 1600 × 10 ²	> 1600 × 10 ²	10.000 MPN/100 ml

*Peraturan Daerah DIY No.7 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah



Gambar 4. 9 Lokasi Penempatan IPAL

4.2.4 Bak Kontrol

Dalam perencanaan ini bak kontrol berfungsi sebagai unit pengawasan effluen air limbah yang telah diolah sebelum dibuang atau dikembalikan ke badan air. Dimensi unit bak kontrol ini direncanakan berukuran $1\text{ m} \times 1\text{ m} \times 1\text{ m}$.

4.3 Perhitungan BOQ dan RAB

Bill Of Quantity (BOQ) adalah perhitungan suatu bangunan atau bahan untuk mengetahui volume atau jumlah yang dibutuhkan. Sedangkan Rencana Anggaran Biaya (RAB) adalah perhitungan suatu bangunan atau bahan untuk mengetahui biaya yang diperlukan melalui Harga Satuan Pokok Kegiatan (HSPK) setelah diketahui BOQ.

4.3.1 BOQ Perencanaan

Perhitungan BOQ berdasarkan DED (*Detail Engineering Design*) yaitu perincian volume seluruh pekerjaan yang akan dilakukan. Tujuan dari penyusunan BOQ yaitu memudahkan rincian RAB yang meliputi biaya peralatan, material dan tenaga kerja.

Tabel 4. 3 BOQ Perencanaan

BOQ						
No.	Bangunan	Uraian			Volume	Satuan
1	Grease Trap	Jumlah			1	buah
		Penggalian :			2.89	m ³
		~ Panjang	1.7	m		
		~ Lebar	1.7	m		
		~ Kedalaman	1	m		
		Beton K-125			1.45	m ³
2	Bak Ekualisasi	Jumlah			1	buah
		Penggalian :			12.50	m ³
		~ Panjang	2.5	m		
		~ Lebar	2.5	m		
		~ Kedalaman	2	m		
		Beton K-125			6.25	m ³
3	ABR (Bak pengendap)	Jumlah			1	buah
		Penggalian :			41.13	m ³
		~ Panjang	4.7	m		
		~ Lebar	3.5	m		
		~ Kedalaman	2.5	m		
		Beton K-125			20.56	m ³
4	ABR (Kompartemen)	Jumlah			3	buah
		Penggalian :			65.6	m ³
		~ Panjang	2.5	m		
		~ Lebar	3.5	m		
		~ Kedalaman	2.5	m		
		Beton K-125			32.81	m ³
5	Bak Kontrol	Jumlah			1	buah
		Penggalian :			1.0	m ³
		~ Panjang	1	m		
		~ Lebar	1	m		
		~ Kedalaman	1	m		
		Beton K-125			0.50	m ³

4.3.2 RAB Perencanaan

Perhitungan rencana anggaran biaya dan volume pekerjaan pada desain IPAL mengacu pada Peraturan Bupati Sleman Nomor 21.1 Tahun 2022 tentang Analisis Standar Belanja. Berikut rencana anggaran biaya IPAL:

Tabel 4. 4 RAB Pekerjaan Persiapan

A. Pekerjaan Persiapan					
1. Pengukuran					
Jenis	Keterangan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Jumlah Harga
Upah	Pengawas	OH	1	Rp 150.000	Rp 150.000
	As. Ahli Ukur	OH	2	Rp 90.000	Rp 180.000
	Pekerja	OH	5	Rp 77.000	Rp 385.000
	Mandor	OH	2	Rp 110.000	Rp 220.000
Jumlah					Rp 935.000
2. Pemasangan Bowplank					
Jenis	Keterangan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Jumlah Harga
Bahan	Kayu Bangkirai	m ³	0,012	Rp 10.500.000	Rp 126.000
	Paku	kg	0,02	Rp 13.000	Rp 260
	Papan	m ³	0,007	Rp 1.000.000	Rp 7.000
Jumlah I					Rp 133.260
Upah	Tukang Kayu	OH	1	Rp 90.000	Rp 90.000
	Kepala Tukang Kayu	OH	1	Rp 120.000	Rp 120.000
	Pekerja	OH	1	Rp 77.000	Rp 77.000
	Mandor	OH	1	Rp 110.000	Rp 110.000
Jumlah II					Rp 397.000
Jumlah I + Jumlah II					Rp 530.260
3. Pekerjaan Pembersihan Lapangan					
Jenis	Keterangan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Jumlah Harga
Upah	Pekerja	OH	1	Rp 77.000	Rp 77.000
	Mandor	OH	1	Rp 110.000	Rp 110.000
Jumlah					Rp 187,000
4. Pekerjaan Papan Nama Proyek					
Jenis	Keterangan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Jumlah Harga
Bahan	Kayu Bangkirai	m ³	0.05	Rp 10,500,000	Rp 525.000
	Seng Plat	m ²	1.63	Rp 25.630	Rp 41.777
	Paku	kg	0.6	Rp 13.000	Rp 7.800
	Cat Kayu	kg	1.5	Rp 35.000	Rp 52.500
Jumlah I					Rp 627.077
Upah	Tukang Kayu	OH	1	Rp 90.000	Rp 90.000
	Tukang Cat	OH	1	Rp 120.000	Rp 120.000
	Pekerja	OH	2	Rp 77.000	Rp 154.000
	Mandor	OH	1	Rp 110.000	Rp 110.000

Jumlah II	Rp	474.000
Jumlah I + Jumlah II	Rp	1.101.077
Jumlah Pekerjaan Persiapan	Rp	2.753.330

Tabel 4. 5 RAB IPAL

No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume Pekerjaan	Harga Satuan	Jumlah
I Persiapan					
1	Pek. Pembersihan lapangan dan perataan tanah	m ²	68	11.700	795.600
2	Pek. Pemasangan Bouwplank	m	54	45.360	24449.440
II Pekerjaan Pondasi					
1	Pek. Galian tanah	m ³	78,39	86.075	6.747.419
2	Pek. Pasangan urugan pasir	m ³	5	286.543	1.432.715
3	Pek. Lantai kerja (beton K-175)	m ³	5	1.103.852	5.519.260
III Pekerjaan Struktur IPAL					
	Pek. Cor beton	m ³	16,76	1.390.609	23.306.607
	Pek. Besi	kg	975	20.721	20.202.975
	Pek. Bekisting dinding	m ³	25,56	373.700	9.551.772
	Pek. Bekisting lantai	m ³	3,44	718.154	2.470.450
IV Finishing					
	Pemasangan pipa air kotor diameter 2"	m	40	74.189	2.967.560
	Pemasangan pompa	unit	1	12.000.000	12.000.000
Jumlah					87.443.798

Tabel 4. 6 RAB Total

Jenis Pekerjaan	Jumlah	
A. Pekerjaan Persiapan	Rp	2,753,337
B. Pekerjaan IPAL	Rp	87,443,798
TOTAL	Rp	90,197,135

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari perencanaan ini adalah :

1. Hasil perhitungan *Detail Engineering Design Anaerobic Baffled Reactor*:
Dimensi unit pengolahan IPAL pada bak *grease trap* (panjang = 1,7 m, lebar = 1,7 m, tinggi = 1 m), Bak ekualisasi (panjang = 2,5 m, lebar = 2,5 m, tinggi = 2 m), ABR bak pengendap (panjang = 4,7 m, lebar = 3,5 m, tinggi = 2,5 m) dan kompartemen ABR sebanyak 3 buah (panjang = 2,5 m, lebar = 3,5 m, tinggi = 2,5 m) serta Bak kontrol (panjang = 1 m, lebar = 1 m, tinggi = 1 m).
2. Hasil perhitungan rencana anggaran biaya (RAB) unit IPAL *Anaerobic Baffled Reactor* (ABR) secara keseluruhan sebesar Rp. 90.197.135

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan dalam perencanaan ini yaitu perlu adanya data primer terkait besaran konsentrasi parameter maupun debit air limbah dan survei lokasi perencanaan secara langsung agar perencanaan instalasi pengolahan air limbah (IPAL) sesuai dengan kondisi eksisting pada lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdi, C., Khair, R.M., Hanifa, T.S. 2019. *Perencanaan Bangunan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Komunal Domestik Dengan Proses Anaerobic Baffled Reactor (ABR) Pada Asrama Pon-Pes Terpadu Nurul Musthofa Di Kabupaten Tabalong Kalimantan Selatan*. Jurnal Teknik Lingkungan, 5(1), p : 86-95.
- Barber dan Stuckey. 1999. *The Use of The Anaerobic Baffled Reactor (ABR) for Wastewater Treatment: A Review*. Journal of Wastewater Research, 33(7), p : 1559-1578.
- Foxon, K., Pillay, S., Lalbahadur, T., Rodda, N., Holder, F., & Buckley, C. 2004. *The Anaerobic Baffled Reactor (ABR) : An Appropriate Technology For on-site Sanitation*. Water South African, p : 44-50.
- Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta Peraturan Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 7 Tahun 2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah.
- Herrari, S. 2015. *Perencanaan Teknologi Sanitasi Sebagai Upaya Bebas Buang Air Besar Sembarangan di Kecamatan Tegalsari Kota Surabaya*. Surabaya : Skripsi Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan.
- Hogan, M.C. 2010. *Water Pollution*. Washington DC : National Council on Science.
- Khairina, N. 2015. *Perencanaan Teknologi Sanitasi Sebagai Upaya Bebas Buang Air Besar Sembarangan Di Kecamatan Genten*. Surabaya : Skripsi Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan ITS.
- Li, F. 2009. *Treatment of Household Grey Water for non-portable Reuses*. Hamburg : PhD Thesis Hamburg University of Technology.
- Metcalf dan Eddy. 2003. *Wastewater Engineering : Treatment, Disposal and Reuse*. USA : McGraw-Hill.
- Nugroho, A.B. 2019. *Uji Kualitas Air Sungai Opak-Oyo Di Kabupaten Bantul Berdasarkan Indeks Pencemaran*. Yogyakarta : Skripsi Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Sanata Dharma.

- Pillay, S., Foxon, S., Rodda, N., Smith, M.T., and Buckley, C.A. 2006. *Microbiological Studies of Anaerobic Baffled Reactor*. South African National Research Foundation. University Of Kwazulu-Natal.
- Polprasert, C. 1992. *Organic Waste Recycling 1st Edition*. London : John Willey And Sons.
- Purnawan., Sukmawati, P.D., Puspita, Y.C. 2019. *Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Domestik (Grey Water) di UPT Rusunawa Graha Bina Harapan Kota Yogyakarta*. Jurnal Teknologi, 12(2), p : 130-136.
- Rahayu, S.S dan Purnavita, S. 2008. *Kimia Industri Jilid 3*. Jakarta : Departemen Pendidikan Nasional.
- Sasse, L. 2009. *Desentralised Wastewater Treatment in Developing Countries*. Delhi : Bremen Overseas Research and Development Association.
- Schnurer, A., Jarvis, A. 2009. *Microbiological Handbook for Biogas Plants*. Swedia.
- Simanjuntak, E.H., Widiastuti, H., Argiono, I., Aramanda, T., Kartika, T.T., Baskoro, L.H., Subkhi, A.N., Lelowati, R., Sumartiny, E., Wicaksono, A.B., Wahyuningsih, M., Aulia, M., Khairunnisa, N. 2014. *Peluang Investasi Infrastruktur Bidang Pekerjaan Umum*. Jakarta : Kementerian Pekerja Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia.
- Siregar M.R.T., Djadjadiningrat, A., Hiskia, S.D., Idayanti, N., Widyanani. 2004. *Road Map Teknologi : Pemantauan Daerah Aliran Sungai (DAS) dan Pengolahan Limbah*. Jakarta : LIPI Press
- Sugiharto. 2008. *Dasar-Dasar Pengelolaan Air Limbah*. Jakarta : UI-Press.
- Tchobanoglous, G., Burton, F., & Stensel, H. 2003. *Wastewater Engineering Treatment and Reuse*. New York: McGraw-Hill Inc.
- Tilche, A., Vieira, S.M.M. 1991. *Discussion Report on Reactor Design of Anaerobic Filters and Sludge Bed Reactors*. Journal Wastewater Science Technology, 24(8), p : 193-206.
- Tilley, E., Ulrich, L., Luthi, C., Reymond, P., & Zurbrugg, C. 2014. *Compendium of Sanitation Systems and Technology*. Dubendorf : Euwag.

- Trilitai, N., Hendrasarie, N., & Wahjudijanto, I. 2015. *Desain Pengolahan Limbah Domestik Menggunakan ABR (Anaerobic Baffled Reactor)*. Surabaya : Seminar Nasional Teknik Kimia Soebardjo Brotohardjono UPN Veteran.
- Wardhana, P.N. 2015. *Analisis Transpor Sedimen Sungai Opak Dengan Menggunakan Program HEC-RAS 4.1.0*. Jurnal Teknisia, 20(1), p : 22-31.
- Wulandari, P.R. 2014. *Perencanaan Pengolahan Air Limbah Sistem Terpusat (Studi Kasus Di Perumahan PT. Pertamina Unit Pelayanan III Plaju – Sumatera Selatan)*. Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan, 2(3), p : 499-509.

LAMPIRAN
Gambar Teknik Perencanaan



JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2023

PERENCANAAN INSTALASI
PENGOLAHAN AIR LIMBAH KOMUNAL
DOMESTIK DENGAN PROSES *ANAEROBIC*
BAFFLED REACTOR (ABR) PADA
KAWASAN WISATA TAMAN OPAK

Mahasiswa

Ganjar Tri Gita Azhari
17513116

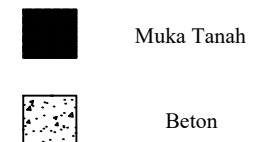
Dosen Pembimbing

Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.ES.,
Ph.D.

Judul Gambar

Grease Trap

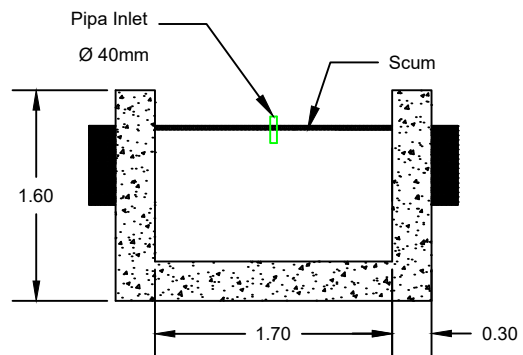
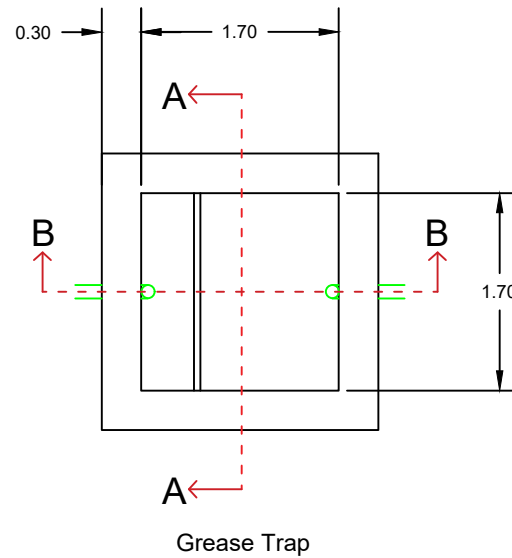
Legenda



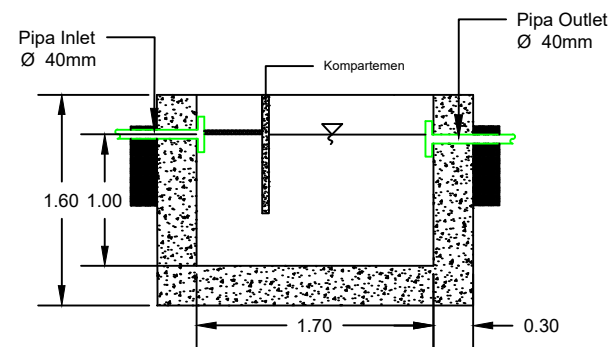
SKALA

NO. GAMBAR

1



Potongan A - A' Grease Trap



Potongan B - B' Grease Trap



JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
 PERENCANAAN
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 2023

PERENCANAAN INSTALASI
 PENGOLAHAN AIR LIMBAH KOMUNAL
 DOMESTIK DENGAN PROSES *ANAEROBIC*
BAFFLED REACTOR (ABR) PADA
 KAWASAN WISATA TAMAN OPAK

Mahasiswa

Ganjar Tri Gita Azhari
 17513116

Dosen Pembimbing

Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.ES.,
 Ph.D.

Judul Gambar

Bak Ekualisasi

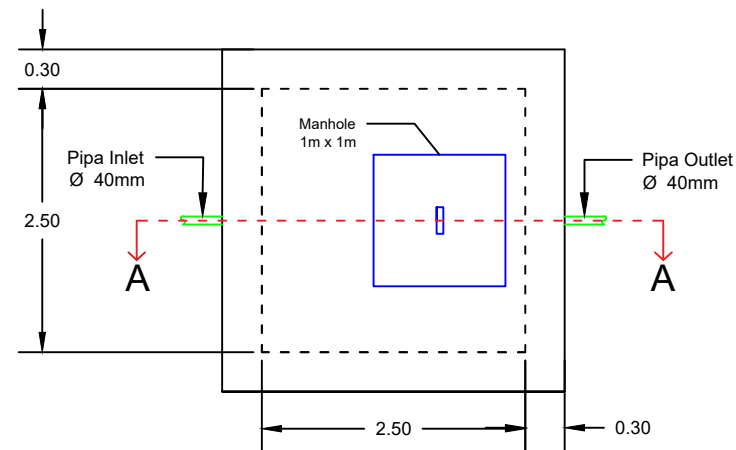
Legenda

- Muka Tanah
- Beton

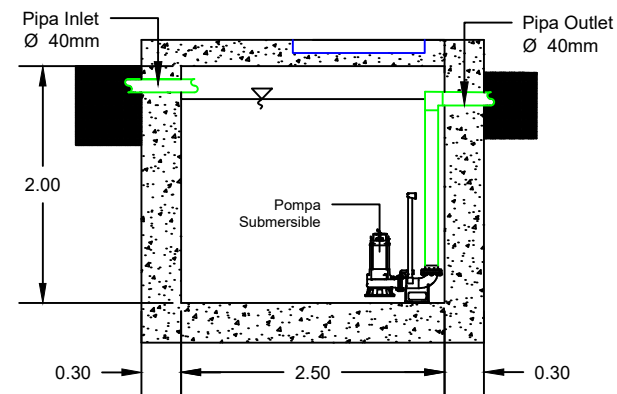
SKALA

NO. GAMBAR

2



Bak Ekualisasi



Potongan A - A' Bak Ekualisasi



JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
 PERENCANAAN
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 2023

PERENCANAAN INSTALASI
 PENGOLAHAN AIR LIMBAH KOMUNAL
 DOMESTIK DENGAN PROSES *ANAEROBIC*
BAFFLED REACTOR (ABR) PADA
 KAWASAN WISATA TAMAN OPAK

Mahasiswa

Ganjar Tri Gita Azhari
 17513116

Dosen Pembimbing

Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.ES.,
 Ph.D.

Judul Gambar

Denah Anaerobic Baffled Reactor

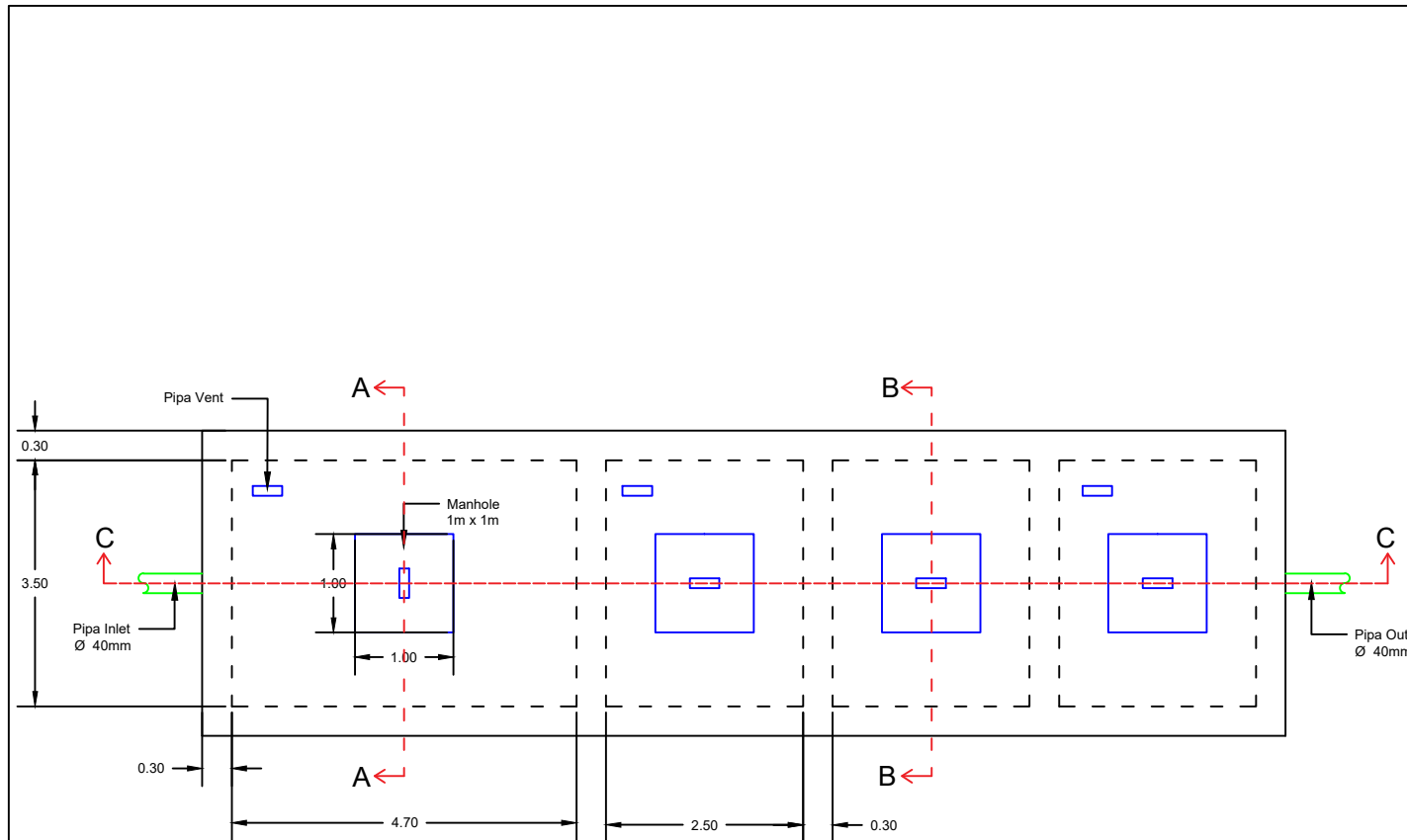
Legenda

- Muka Tanah
- Beton

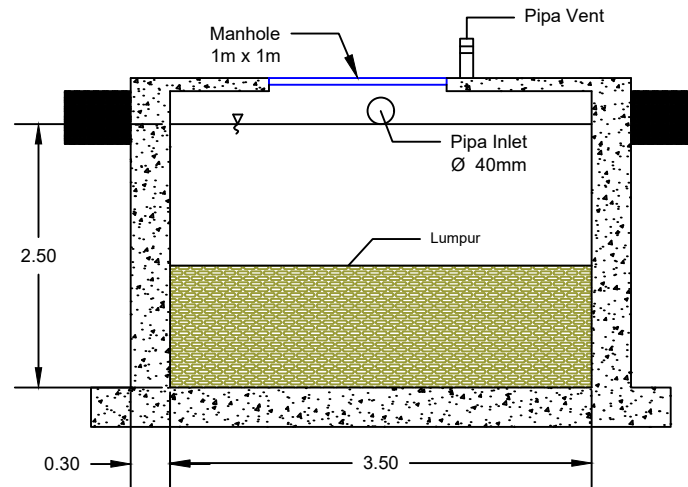
SKALA

NO. GAMBAR

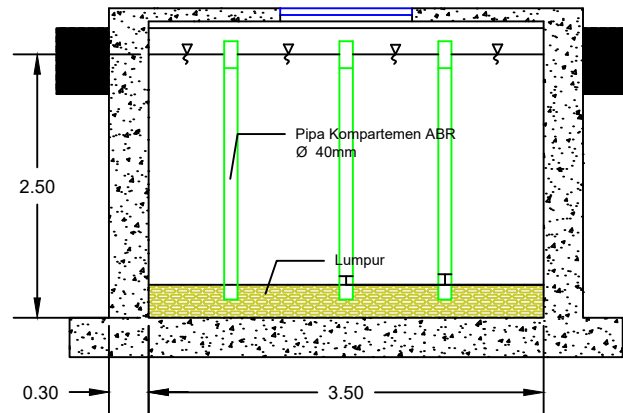
3



Denah Anaerobic Baffled Reactor



Potongan A - A' Anaerobic Baffled Reactor



Potongan B - B' Anaerobic Baffled Reactor



JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2023

PERENCANAAN INSTALASI
PENGOLAHAN AIR LIMBAH KOMUNAL
DOMESTIK DENGAN PROSES *ANAEROBIC*
BAFFLED REACTOR (ABR) PADA
KAWASAN WISATA TAMAN OPAK

Mahasiswa

Ganjar Tri Gita Azhari
17513116




Dosen Pembimbing

Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.ES.,
Ph.D.

Judul Gambar

Potongan A - A' ABR
Potongan B - B' ABR

Legenda

	Muka Tanah
	Beton
	Lumpur

SKALA

NO. GAMBAR

4



JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
 PERENCANAAN
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 2023

PERENCANAAN INSTALASI
 PENGOLAHAN AIR LIMBAH KOMUNAL
 DOMESTIK DENGAN PROSES *ANAEROBIC*
BAFFLED REACTOR (ABR) PADA
 KAWASAN WISATA TAMAN OPAK

Mahasiswa

Ganjar Tri Gita Azhari
 17513116

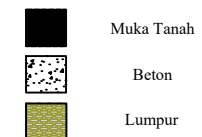
Dosen Pembimbing

Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.ES.,
 Ph.D.

Judul Gambar

Potongan C - C' ABR

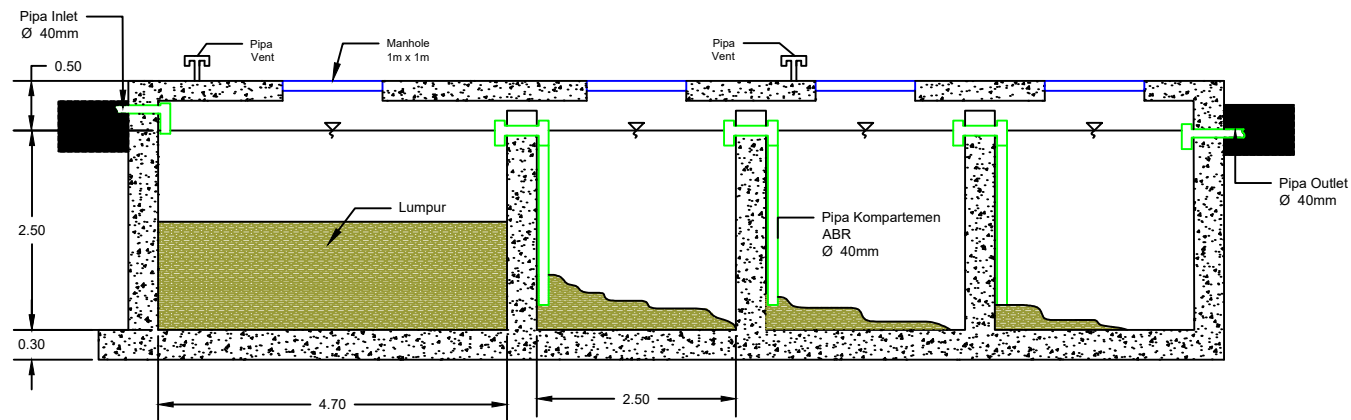
Legenda



SKALA

NO. GAMBAR

5



Potongan C - C' Anaerobic Baffled Reactor



JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
 PERENCANAAN
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 2023

PERENCANAAN INSTALASI
 PENGOLAHAN AIR LIMBAH KOMUNAL
 DOMESTIK DENGAN PROSES *ANAEROBIC*
BAFFLED REACTOR (ABR) PADA
 KAWASAN WISATA TAMAN OPAK

Mahasiswa

Ganjar Tri Gita Azhari
 17513116

Dosen Pembimbing

Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.ES.,
 Ph.D.

Judul Gambar

Control Tank

Legenda



Muka Tanah

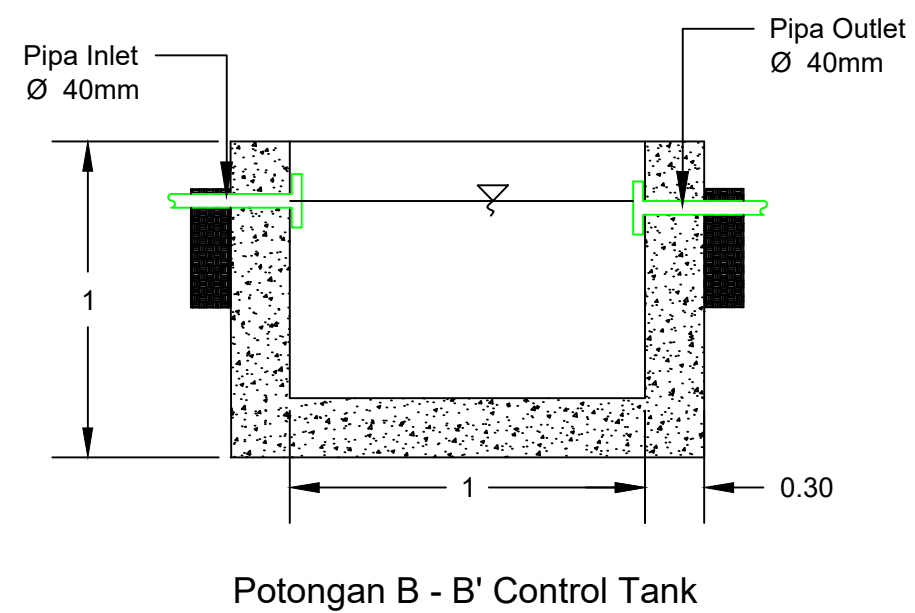
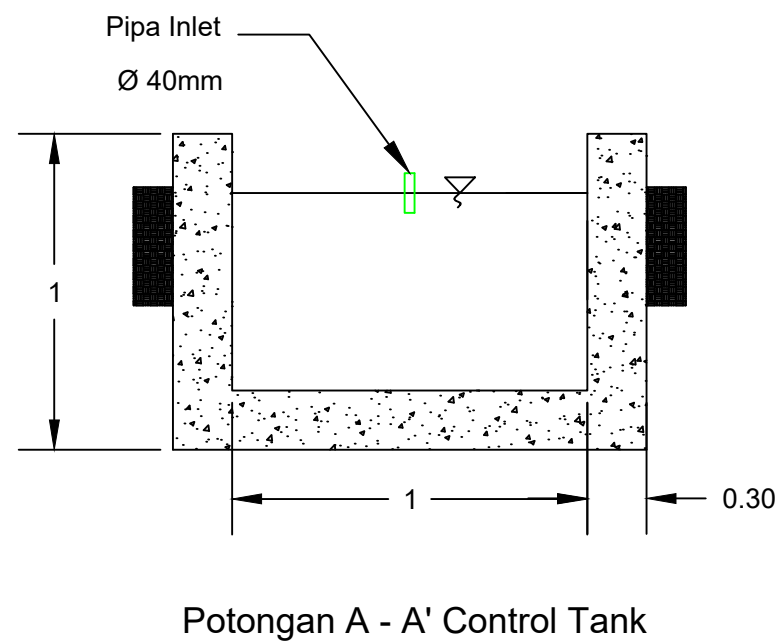
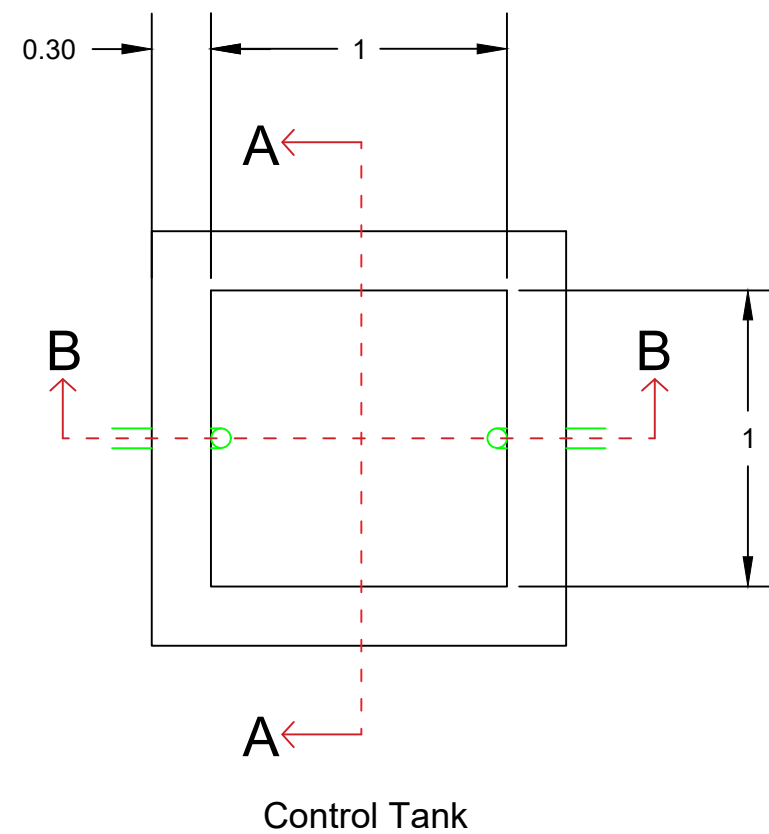


Beton

SKALA

NO. GAMBAR

6





JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
 PERENCANAAN
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 2023

PERENCANAAN INSTALASI
 PENGOLAHAN AIR LIMBAH KOMUNAL
 DOMESTIK DENGAN PROSES *ANAEROBIC
 BAFLED REACTOR (ABR)* PADA
 KAWASAN WISATA TAMAN OPAK

Mahasiswa

Ganjar Tri Gita Azhari
 17513116




Dosen Pembimbing

Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.ES.,
 Ph.D.

Judul Gambar

Denah IPAL

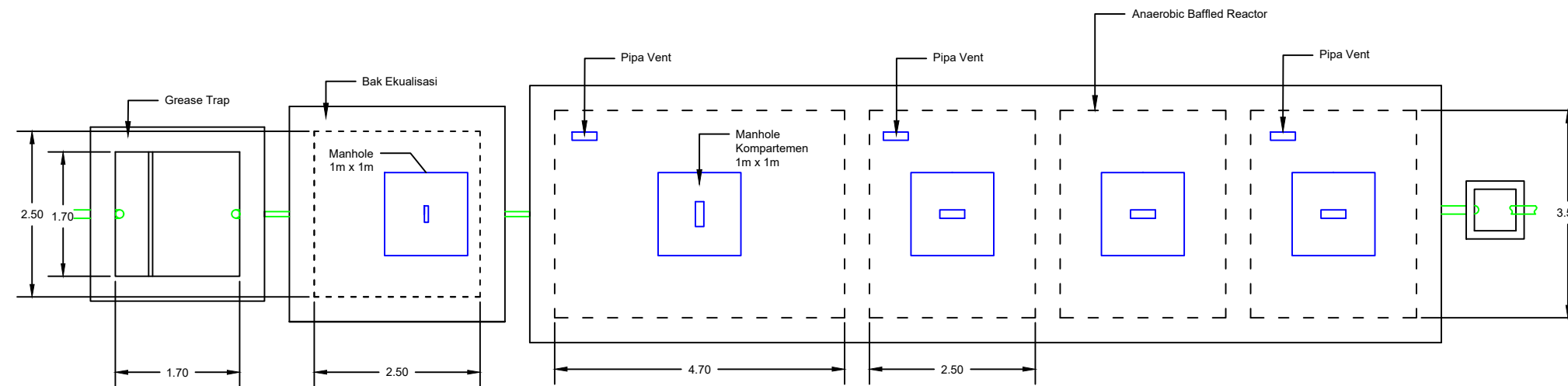
Legenda

-  Muka Tanah
-  Beton
-  Lumpur

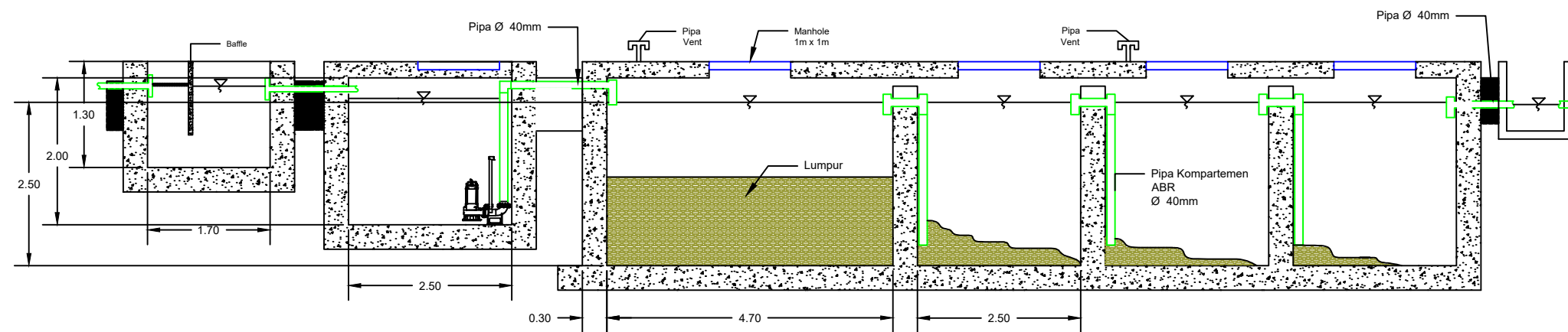
SKALA

NO. GAMBAR

7



Denah IPAL



Potongan Denah IPAL