

**PERENCANAAN DESAIN INSTALASI PENGOLAHAN AIR
LIMBAH DOMESTIK (IPAL-D)
(Studi Kasus: Pengolahan Air Limbah Hotel Mita Mulia,
Banda Aceh)**

TUGAS AKHIR

Diajukan oleh:

**SALSABILA KHALISA
NIM. 180702080
Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi
Program Studi Teknik Lingkungan**



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

**LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR
PERENCANAAN DESAIN INSTALASI PENGOLAHAN AIR
LIMBAH (IPAL) DOMESTIK
(Studi Kasus: Air Limbah Hotel Mita Mulia, Banda Aceh)**

Diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh
Sebagai Beban Studi Memperoleh Gelar Sarjana dalam Ilmu Teknik Lingkungan

Diajukan Oleh:
Salsabila Khalisa
NIM. 180702080

Mahasiswa Program Studi Teknik Lingkungan
Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry

Banda Aceh, 20 Juli 2023
Telah Diperiksa dan Disetujui Oleh:

Pembimbing I,

Pembimbing II,


Teuku Muhammad Anshari, S.T., M.Sc.
NIDN. 2002028301


Ir. Vera Viena, M.T.
NIDN.0123067802

جامعة الرانيري
A R - R A N I R Y

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


Husnawati Yahya, S.Si., M.Sc

NIP. 198311092014032002

LEMBAR PENGESAHAN

**PERENCANAAN DESAIN INSTALASI PENGOLAHAN AIR
LIMBAH DOMESTIK (IPAL-D) (Studi Kasus: Pengolahan Air
Limbah Hotel Mita Mulia)**

TUGAS AKHIR

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

Pada Hari/Tanggal: Rabu 26 Juli 2023 M

8 Muharram 1445 H

Panitia Ujian Munqasyah Skripsi

Ketua,

Sekretaris,


Teuku Muhammad Ashari, M. Sc.

NIDN. 2002028301


Ir. Vera Viena, M.T.

NIDN. 0123067802

Penguji I,

Penguji II,


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

NIDN. 2031078204


M. Faisi Ikhwal, M. Eng.

NIDN. 220044255

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


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

NID. 196210021988111001

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Salsabila Khalisa
NIM : 180702080
Program Studi : Teknik Lingkungan
Fakultas : Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh
Judul Skripsi : Perencanaan Desain Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik (IPAL-D) (Studi Kasus: Pengolahan Air Limbah Hotel Mita Mulia, Banda Aceh)

Dengan ini menyatakan bahwa dalam penulisan skripsi ini, saya:

1. Mengerjakan sendiri karya ini dan mampu bertanggung jawab atas karya ini;
2. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh maupun di perguruan tinggi lainnya;
3. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan Dosen Pembimbing;
4. Tidak melakukan plagiasi terhadap naskah karya orang lain;
5. Tidak menggunakan karya orang lain tanpa menyebutkan sumber asli atau tanpa izin pemilik karya; dan
6. Tidak memanipulasi dan memalsukan data.

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

Banda Aceh, 20 Juli 2023

Yang Menyatakan



Salsabila Khalisa

ABSTRAK

Nama : Salsabila Khalisa
Nim : 180702080
Program Studi : Teknik Lingkungan
Judul : Perencanaan Desain Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik (IPAL-D) (Studi Kasus: Pengolahan Air Limbah Hotel Mita Mulia, Banda Aceh)
Tanggal Sidang : 26 Juli 2023
Jumlah Halaman : 99
Pembimbing I : Teuku Muhammad Ashari, M. Sc.
Pembimbing II : Ir. Vera Viena, M.T.
Kata Kunci : Limbah Domestik, IPAL, Biofilter Anaerob-Aerob

Hotel Mita Mulia merupakan salah satu industri perhotelan yang terletak di lingkungan kampus terbesar di Aceh. Hal ini menyebabkan meningkatnya jumlah kebutuhan kamar pada hari besar seperti wisuda, sehingga air limbah yang dihasilkan lebih banyak pula. Hotel Mita Mulia menghasilkan sebanyak 30.000 L/hari yang dihasilkan dari kafe, dapur, penatu, kamar mandi dan wastafel. Hasil uji pendahuluan kualitas air limbah Hotel Mita Mulia parameter COD, BOD, TSS, Minyak dan Lemak serta Amoniak menunjukkan telah melewati baku mutu yang ditetapkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 68 Tahun 2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik. Salah satu teknologi pengolahan air limbah yaitu menggunakan IPAL dengan metode Biofilter Anaerob-Aerob yang dilengkapi dengan Bak Penangkap Lemak, Bak Pengendapan Awal, Bak Biofilter Anaerob, Bak Biofilter Aerob dan Bak Pengendapan Akhir. Total lahan perencanaan yang dibutuhkan yaitu 18,75 m² dengan pengerjaan BoQ dimulai dari perhitungan penggalian tanah biasa untuk konstruksi sampai dengan pekerjaan pembesian dengan besi beton (polos) yaitu bekisting lantai, dinding dan atap.

ABSTRACT

Name : *Salabila Khalisa*
Nim : *180702080*
Study Program : *Environmental Engineering*
Title : *Domestic Wastewater Treatment Plant (D-WWTP)
Design Planning (Case Study: Wastewater Treatment in
Mita Mulia Hotel, Banda Aceh)*
Session Date : *July 26th, 2023*
Number of pages : *99*
Advisor I : *Teuku Muhammad Ashari, M.Sc.*
Advisor II : *Ir. Vera Viena, M.T.*
Keywords : *Domestic Wastewater, WWTP, Anaerobic-Aerobic
Biofilter*

Mita Mulia Hotel is one of the hotels industries located within the vicinity of the largest college in Aceh. This has led to an increase in the number of room requirements during significant events such as graduation ceremonies, resulting in a higher volume of wastewater generation. Mita Mulia Hotel produces approximately 30,000 liters per day of wastewater generated from the cafe, kitchen, laundry, bathrooms, and washbasins. Preliminary water quality tests for Mita Mulia Hotel's wastewater, including parameters such as COD, BOD, TSS, Oil and Grease, and Ammonia, have shown to exceed the standards set by the Minister of Environment and Forestry Regulation Number 68 Year 2016 concerning Domestic Wastewater Quality Standards. One of the wastewater treatment technologies employed is the use of a Wastewater Treatment Plant (WWTP) using the Anaerobic-Aerobic Biofilter method, equipped with Grease Trap Tank, Initial Sedimentation Tank, Anaerobic Biofilter Tank, Aerobic Biofilter Tank, and Final Sedimentation Tank. The total planned land area required is 18.75 square meters, with the Bill of Quantities (BoQ) encompassing activities ranging from standard soil excavation for construction to reinforcement works with plain concrete steel (rebar). These include formwork for floors, walls, and roofs.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji dan syukur kehadiran Allah Yang Maha Esa atas karunia-Nya kepada penulis, sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan lancar dan tepat waktu. *Shalawat* beriring salam semoga selalu tercurahkan kepada junjungan kita yakni Rasulullah Saw. Penulis mengucapkan rasa syukur yang sangat mendalam atas selesainya Tugas Akhir ini.

Suatu kebanggaan dan kebahagiaan bagi penulis karena dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Perencanaan Desain Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik (IPAL-D) (Studi Kasus: Pengolahan Air Limbah Hotel Mita Mulia, Banda Aceh)”. Adapun Tugas Akhir ini disusun sebagai beban studi memperoleh gelar Sarjana dalam Ilmu Teknik Lingkungan. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada berbagai pihak yang telah mendukung dan membimbing penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir.

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada kedua Orang Tua yaitu Ayahanda Gupar Muladi dan Ibunda Raudhatul Jannah, A.Md. Keb., S.K.M. yang telah memfasilitasi dan memotivasi kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini. Pada kesempatan ini, penulis juga mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Ir. M. Dirhamsyah, M.T., IPU selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi.
2. Ibu Husnawati Yahya, M.Sc selaku Ketua Program Studi Teknik Lingkungan.
3. Bapak Aulia Rohendi, S.T., M.Sc selaku Sekretaris Program Studi Teknik Lingkungan.
4. Bapak Teuku Muhammad Ashari, S.T., M.Sc selaku Dosen Pembimbing I yang telah berkenan untuk mengarahkan dan membimbing penulis serta memberikan ilmu, saran dan solusi pada setiap permasalahan penulisan tugas akhir ini.

5. Ibu Ir. Vera Viena, M.T selaku Dosen Pembimbing II yang juga telah berkenan untuk mengarahkan dan membimbing penulis serta memberikan ilmu, saran dan solusi pada setiap permasalahan penulisan tugas akhir ini.
6. Bapak-bapak dan ibu-ibu dosen/staff Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Negeri Ar-Raniry yang telah berkenan memberikan informasi dan pengetahuan selama masa perkuliahan penulis.
7. Tim Bulan Agustus Garis Keras, yaitu Dian Fatziaty, Intan Fadhilah, S.T., Ira Maghfirah, S.T., Dhiya Shaphira, S.T., Della Jaswita, S.T., dan M. Fadhil Zainuddin, S.T.
8. Teman-teman seangkatan Teknik Lingkungan FST-UINAR 2018.

Penulis berharap Allah SWT. membalas segala kebaikan dari semua pihak yang telah membantu penulisan Tugas Akhir ini. Serta penulis menyadari bahwa penulisan laporan ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu saran dan kritikan yang membangun sangat diharapkan. Penulis berserah diri dan berharap bahwasanya tulisan ini dapat berguna bagi semua pihak yang membacanya. *Aamiin Allahumma Aamiin.*

Banda Aceh, 20 Juli 2023

Penulis,

Salsabila Khalisa

NIM.180702080

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR.....	i
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Air Limbah Domestik	5
2.2 Dampak Air Limbah Domestik.....	6
2.3 Air Limbah Perhotelan.....	7
2.4 Karakteristik Air Limbah Kegiatan Perhotelan	8
2.5 Parameter Kualitas Air Limbah	10
2.5.1 <i>Potential of Hydrogen</i> (pH)	10
2.5.2 <i>Biochemical Oxygen Demand</i> (BOD).....	10
2.5.3 <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD)	11
2.5.4 <i>Total Suspended Solid</i> (TSS)	11
2.5.5 Minyak dan Lemak	11
2.5.6 Amoniak.....	12
2.5.7 <i>Total Coliform</i>	12

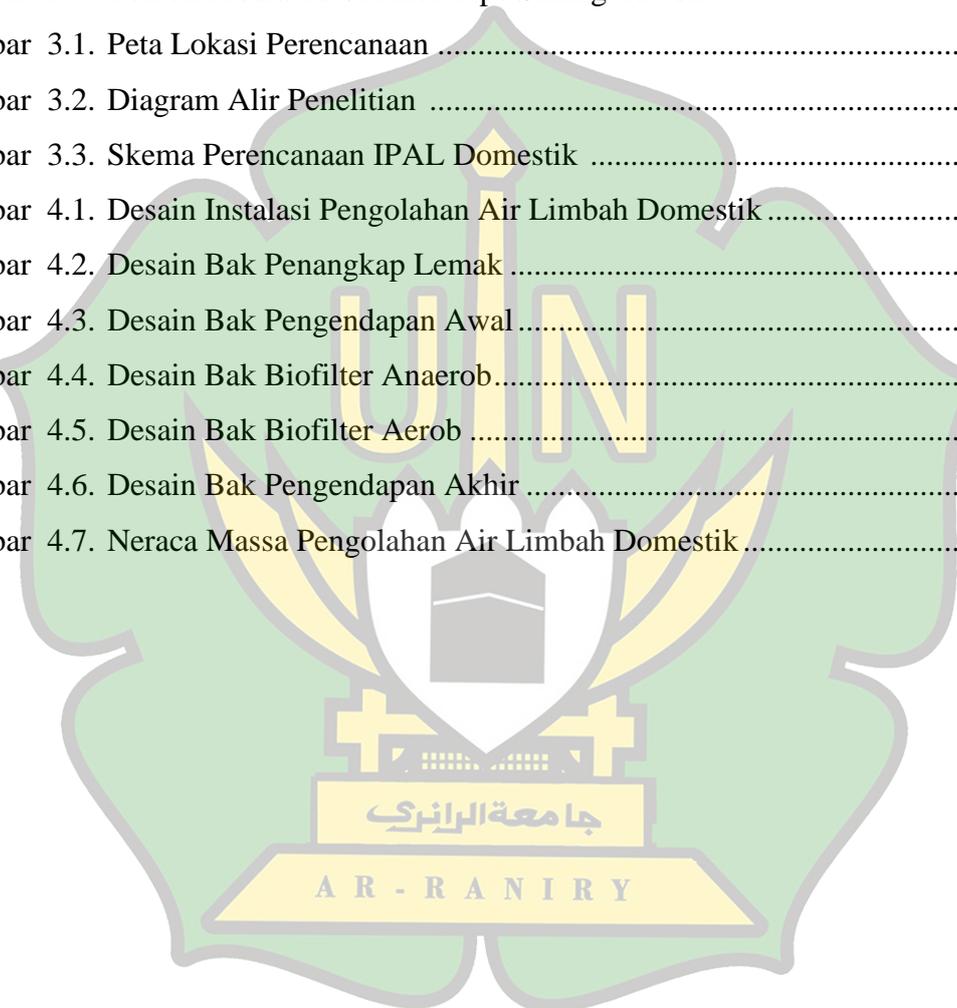
2.6 Baku Mutu Air Limbah Domestik	13
2.7 Pengolahan Air Limbah Domestik.....	14
2.8 Teknologi Pengolahan Air Limbah Domestik dengan Proses Biofilter Anaerob-Aerob	15
2.9 Perencanaan Unit-unit Pengolahan Limbah Domestik	19
2.9.1 <i>Bar Screen</i>	19
2.9.2 <i>Grease Trap</i>	20
2.9.3 Bak Ekualisasi	20
2.9.4 Bak Pengendapan Awal	20
2.9.6 Biofilter Aerob	22
2.9.7 Bak Pengendap Akhir	22
2.10 Jenis Media Biofilter	23
2.10.1 Batuan dan Kerikil	23
2.10.2 <i>Fiber Mesh Pads</i>	23
2.10.3 <i>Brillo Pads</i>	24
2.10.4 <i>Random</i> atau <i>Dumped Packing</i>	24
2.10.5 Media Terstruktur (<i>Structured Packings</i>)	25
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	31
3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian	31
3.2 Rancangan Penelitian	31
3.3 Teknik Pengumpulan Data.....	33
3.3.1 Data Primer	33
3.3.2 Data Sekunder	33
3.4 Data Administrasi	34
3.5 Pengolahan Data dan Analisis	34
3.6 Perencanaan IPAL Hotel Mita Mulia	34
3.6.1 Perhitungan Beban/Debit Air Limbah Perencanaan	34
3.6.2 Perencanaan Unit Pengolahan.....	35
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	37
4.1 Kondisi Eksisting Sistem Pengolahan Air Limbah di Hotel Mita Mulia, Banda Aceh	37

4.2 Karakteristik Air Limbah Hotel Mita Mulia	37
4.2.1 Debit Air Limbah Domestik	39
4.3 Desain IPAL Domestik untuk Hotel Mita Mulia	41
4.4 Teknologi Pengolahan Air Limbah untuk Hotel Mita Mulia.....	42
4.5 Perhitungan Dimensi Unit-Unit Pengolahan.....	43
4.5.1 Bak Penangkap Lemak.....	43
4.5.2 Bak Penampung Eksisting.....	45
4.5.3 Bak Pengendapan Awal	46
4.5.4 Bak Biofilter Anaerob	48
4.5.5 Bak Biofilter Aerob.....	53
4.5.6 Bak Pengendapan Akhir.....	60
4.6 Rekapitulasi Perencanaan IPAL Hotel Mita Mulia Banda Aceh.....	67
4.7 BoQ (<i>Bill of Quantity</i>).....	68
BAB V PENUTUP.....	78
5.1 Kesimpulan	78
5.2 Saran	78
DAFTAR PUSTAKA.....	79
Lampiran	75



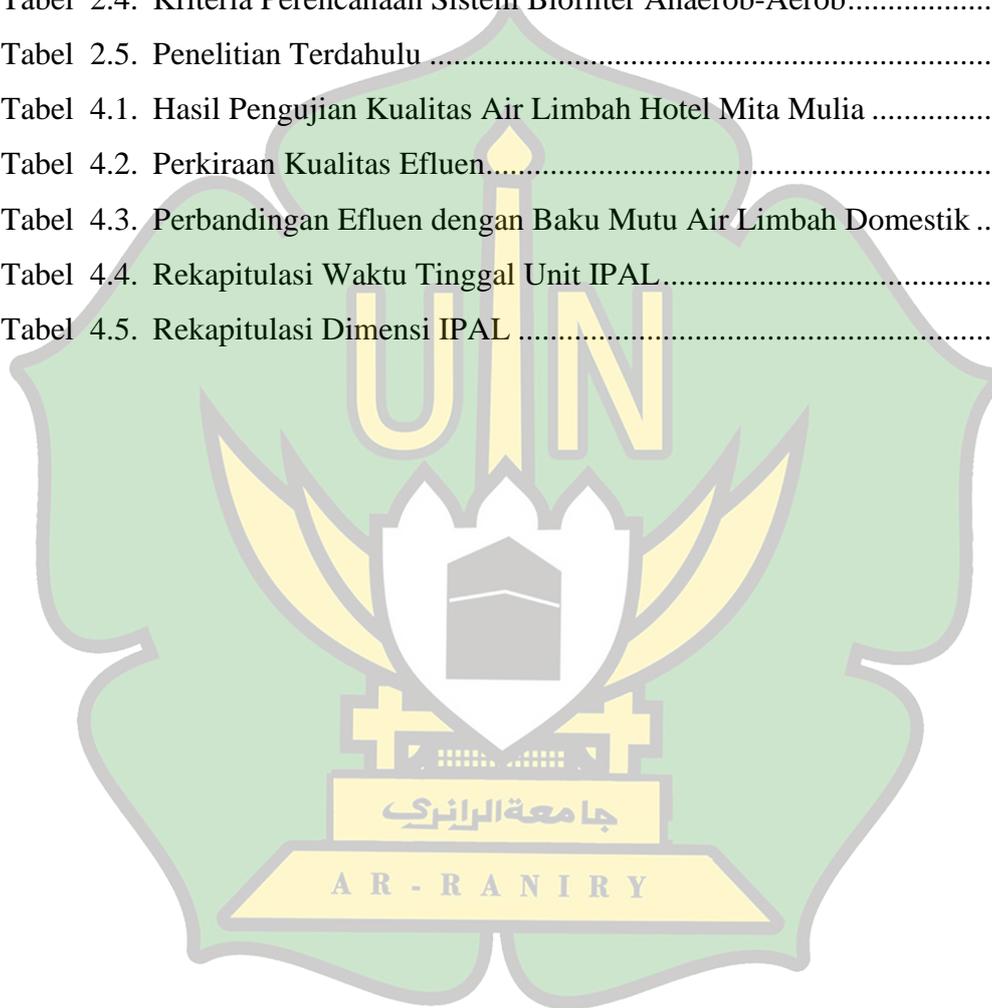
DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Proses Pengolahan Air Limbah Domestik Biofilter Anaerob-Aerob	18
Gambar 2.2. Bentuk Media Terstruktur Tipe Sarang Tawon	24
Gambar 2.3. Beberapa Contoh Media <i>Random Packing</i>	25
Gambar 2.4. Bentuk Media Terstruktur Tipe Sarang Tawon	26
Gambar 3.1. Peta Lokasi Perencanaan	31
Gambar 3.2. Diagram Alir Penelitian	32
Gambar 3.3. Skema Perencanaan IPAL Domestik	36
Gambar 4.1. Desain Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik	42
Gambar 4.2. Desain Bak Penangkap Lemak	45
Gambar 4.3. Desain Bak Pengendapan Awal	48
Gambar 4.4. Desain Bak Biofilter Anaerob	53
Gambar 4.5. Desain Bak Biofilter Aerob	59
Gambar 4.6. Desain Bak Pengendapan Akhir	62
Gambar 4.7. Neraca Massa Pengolahan Air Limbah Domestik	65



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Baku Mutu Air Limbah Domestik	13
Tabel 2.2. Kemampuan Penyisihan Beban Pencemar Biofilter Anaerob-Aerob	18
Tabel 2.3. Kelebihan dan Kekurangan Biofilter Anaerob-Aerob	19
Tabel 2.4. Kriteria Perencanaan Sistem Biofilter Anaerob-Aerob.....	26
Tabel 2.5. Penelitian Terdahulu	28
Tabel 4.1. Hasil Pengujian Kualitas Air Limbah Hotel Mita Mulia	38
Tabel 4.2. Perkiraan Kualitas Efluen.....	63
Tabel 4.3. Perbandingan Efluen dengan Baku Mutu Air Limbah Domestik	63
Tabel 4.4. Rekapitulasi Waktu Tinggal Unit IPAL.....	67
Tabel 4.5. Rekapitulasi Dimensi IPAL	67



DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG



BOD	<i>Biochemical Oxygen Demand</i>
BoQ	<i>Bill of Quantity</i>
COD	<i>Chemical Oxygen Demand</i>
CH ₄	Metana
CO ₂	Karbon Dioksida
H ₂ S	Hidrogen Sulfida
HDPE	<i>High Density Polyethylene</i>
IPAL-D	Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik
Kemenkes	Kementerian Kesehatan
mg/l	Miligram per Liter
N ₂	Nitrogen
NH ₃	Hidrogen Nitrida (Amoniak)
O ₂	Oksigen
pH	<i>Potential of Hydrogen</i> (Derajat Keasaman)
PP	<i>Polypropylene</i>
PUPR	Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat
PVC	<i>Polyvinyl Chloride</i>
rt	<i>Retention Time</i>
SPALD-T	Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik Terpusat
SS	<i>Suspended Solid</i>
TSS	<i>Total Suspended Solid</i>

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan sektor pariwisata pada masa sekarang ini berperan penting dalam pembangunan nasional maupun regional. Tidak hanya berperan dalam meningkatkan penerimaan devisa, namun juga memperluas kesempatan kerja dan kesempatan berusaha sehingga dapat mendorong peningkatan kegiatan sektor ekonomi lainnya seperti sektor angkutan, industri kecil dan rumah tangga, termasuk perhotelan dan akomodasi. (Ekaningrum, 2016). Industri pariwisata khususnya perhotelan menjadi salah satu pendukung perekonomian di Indonesia, hal ini menyebabkan pertumbuhan hotel di Indonesia semakin tinggi (Mubarak dkk., 2018). Seiring dengan berkembangnya industri perhotelan maka muncul pula berbagai perspektif yang berasal dari masyarakat salah satunya adalah permasalahan dampak negatif pada lingkungan akibat operasional hotel tersebut (Riskiyanto, 2019).

Pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh air limbah kegiatan perhotelan akan semakin meningkat apabila pembuangan air limbah kegiatan hotel dilakukan secara langsung tanpa pengolahan terlebih dahulu. Jenis kegiatan yang dilakukan akan berpengaruh pada kualitas air limbah yang akan dihasilkan oleh perhotelan, sehingga perlu penyesuaian penggunaan teknologi pengolahan air limbah (Setiyono, 2009). Hal ini dipengaruhi oleh sumber-sumber penghasil air limbah pada fasilitas yang ada di hotel, sedangkan debit air limbah hotel diperkirakan dari jumlah kamar hotel, persentase okupansi, jumlah karyawan dan fasilitas penunjang yang ada (Siswanto dkk, 2015).

Proses pengolahan air limbah khususnya yang mengandung polutan senyawa organik, teknologi yang digunakan sebagian besar menggunakan aktifitas mikroorganisme untuk menguraikan senyawa polutan organik tersebut. Proses

pengolahan air limbah dengan aktifitas mikroorganisme biasa disebut “proses biologis”. Proses pengolahan air limbah secara biologis tersebut dapat dilakukan pada kondisi aerobik (dengan oksigen), kondisi anaerobik (tanpa oksigen) atau kombinasi anaerobik dan aerobik (Said, 2000). Proses biologis aerobik biasanya digunakan untuk pengolahan air limbah dengan beban BOD yang tidak terlalu besar, sedangkan proses biologis anaerobik digunakan untuk pengolahan air limbah dengan beban BOD yang sangat tinggi. Pengolahan air limbah biologis secara garis besar dapat dibagi menjadi tiga, yaitu proses biologis dengan biakan tersuspensi (*suspended culture*), proses biologis dengan biakan melekat (*attached culture*) dan proses pengolahan dengan sistem *lagoon* atau kolam (Tilley dkk., 2008).

Berdasarkan observasi yang telah dilakukan di Hotel Mita Mulia, didapati jumlah kamar hotel secara keseluruhan 48 kamar tidur dengan pembagian *Twin bed* sebanyak 15 kamar, *Single bed* sebanyak 20 kamar, *Family room* sebanyak 10 kamar dan *Deluxe* sebanyak 3 kamar dengan rata-rata tamu menginap terdapat 28 orang dan pemakaian kamar terdapat 14 kamar setiap harinya. Sumber air limbah Hotel Mita Mulia yaitu *laundry*, kamar mandi, wastafel, kantin dan *septic tank*. Pada Hotel Mita Mulia tidak ada pengolahan khusus untuk air buangnya melainkan hanya ditampung di bak penampungan berkapasitas 4m x 2m dengan ketinggian 1,8m sebelum air buangan diambil oleh pihak ketiga. Hal ini menjadi permasalahan penanganan air limbah yang harusnya dilakukan pengolahan khusus sebelum dibuang ke badan penerima air.

Tujuan utama pengolahan air limbah adalah mengurangi kandungan bahan pencemar terutama senyawa organik, padatan tersuspensi, mikroba *pathogen*, dan senyawa organik yang tidak dapat diuraikan oleh mikroorganisme secara alami. Selain itu, pengolahan air limbah dilakukan untuk mengurangi dan menghilangkan pengaruh buruk air limbah bagi kesehatan manusia dan lingkungannya serta meningkatkan mutu lingkungan hidup melalui pengolahan, pembuangan dan atau pemanfaatan air limbah untuk kepentingan hidup manusia dan lingkungannya (Wulandari, 2014). Untuk menghindari dampak yang merugikan dari pembuangan air limbah domestik tersebut, maka diperlukan

desain instalasi pengolahan air limbah domestik yang berfungsi menurunkan konsentrasi zat-zat pencemar sebelum air limbah tersebut dialirkan ke badan air penerima (Riyanda dan Kemala, 2019).

Berdasarkan hasil uji pendahuluan pada air limbah Hotel Mita Mulia di Laboratorium Teknik Lingkungan dan Laboratorium Teknik Penguji Kualitas Lingkungan Universitas Syiah Kuala, didapatkan hasil dari parameter COD yaitu 336 mg/L, TSS yaitu 128 mg/L, pH yaitu 7,4, BOD yaitu 236 mg/L, amoniak yaitu 11,25 mg/L, dan Minyak dan Lemak yaitu 3,55 mg/L. Mengacu pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia No. 68 Tahun 2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik, hasil pengukuran parameter BOD, COD, TSS, dan Amonia menunjukkan telah melewati baku mutu air limbah yang ditetapkan untuk kegiatan domestik, maka dari itu perlu dilakukan pengolahan dengan teknologi Biofilter anaerob-aerob yang terdapat pada IPAL-D sebagai solusi dari permasalahan air limbah tersebut agar tidak mencemari badan air dan lingkungan di sekitar bangunan hotel.

1.2 Rumusan Masalah

Dari uraian di atas, permasalahan tersebut perlu diselesaikan dengan rumusan masalah, yaitu:

1. Berapa volume debit air limbah yang dihasilkan oleh Hotel Mita Mulia?
2. Bagaimana perencanaan desain unit-unit pengolahan dengan metode kombinasi Biofilter Anaerob dan Aerob?
3. BoQ (*Bill of Quantity*) yang dibutuhkan dalam pembangunan IPAL yang direncanakan?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam melakukan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui volume debit air limbah yang dihasilkan oleh Hotel Mita Mulia.
2. Merencanakan desain unit-unit pengolahan dengan metode kombinasi Biofilter Anaerob dan Aerob.

3. Membuat BoQ dalam pembangunan IPAL-D yang direncanakan.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan rekomendasi desain instalasi pengolahan air limbah domestik yang efektif.
2. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi pertimbangan dalam pemeliharaan pengolahan air limbah di Hotel Mita Mulia atau hotel lainnya pada masa yang akan datang.

1.5 Batasan Penelitian

Untuk membatasi ruang lingkup dalam penelitian ini, terdapat batasan masalah sebagai berikut:

1. Uji kualitas air limbah dengan parameter COD, Minyak dan Lemak, BOD, pH, TSS dan Amoniak dengan acuan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 68 Tahun 2016 Tentang Baku Mutu Limbah Cair Domestik.
2. Perhitungan yang dilakukan sebatas perhitungan volume pekerjaan yang terdiri dari: perhitungan penggalian tanah biasa untuk konstruksi, perhitungan pengurangan pasir dengan pemadatan, perhitungan pekerjaan Beton K-225, perhitungan beton dinding bangunan, perhitungan beton tutup bangunan, perhitungan pembesian dengan besi beton polos, perhitungan bekisting dinding, lantai dan atap.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air Limbah Domestik

Air limbah domestik terbagi menjadi dua jenis yaitu *Grey water* dan *Black water*. *Grey water* adalah air limbah domestik yang berasal dari kegiatan mencuci piring atau air bekas cucian piring, mandi dan mencuci pakaian. Sedangkan *Black water* adalah limbah cair yang berasal dari toilet dan *septic tank* (Natsir dkk., 2021). Air limbah/buangan adalah gabungan dari cairan dan sampah-sampah cair yang bersumber dari daerah pemukiman, perkotaan, perdagangan dan industri, bersama-sama dengan air tanah, air permukaan, dan air hujan yang mungkin ada. (Rahmat dan Mallongi, 2018). Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 68 Tahun 2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik, air limbah domestik adalah air limbah yang bersumber dari usaha dan/atau kegiatan pemukiman, rumah makan, perkantoran, perniagaan, apartemen, dan asrama dan menurut penelitian Nainggolan, dkk (2016) menyatakan besar volume rata-rata aliran limbah dari daerah permukiman berkisar antara 150 – 380 liter per orang setiap harinya.

Pencemaran air merupakan salah satu penyebab polusi dan kerusakan lingkungan seperti yang dapat kita lihat saat ini kebanyakan Negara berkembang terutama Indonesia memiliki masalah pencemaran air karena kurangnya Instalasi Pengolahan Air Limbah atau sistem *sewerage* untuk pengolahan air limbah. Pada akhirnya, air limbah domestik yang mengandung senyawa organik mengalir ke lingkungan tanpa adanya pengolahan sehingga mempercepat pencemaran air yang berpotensi menimbulkan Eutrofikasi (Vandith dkk., 2018). Secara nasional, baku mutu limbah domestik di Indonesia mengacu kepada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 68 Tahun 2016. Dalam keputusan ini yang dimaksud dengan air limbah domestik adalah air buangan yang berasal dari aktifitas hidup

sehari-hari manusia yang berhubungan dengan pemakaian air. Beberapa kegiatan domestik tersebut antara lain rumah susun, penginapan, asrama,

pelayanan kesehatan, permukiman, industri, IPAL Kawasan, IPAL Permukiman, IPAL Perkotaan, pelabuhan, bandara, stasiun kereta api, terminal dan lembaga permasyarakatan (Hartaja, 2018).

2.2 Dampak Air Limbah Domestik

Menurut Amanda dkk (2019) menyatakan bahwa limbah merupakan sisa hasil kegiatan yang tidak memiliki nilai sehingga dibuang, oleh karena itu harus diolah terlebih dahulu agar tidak menimbulkan dampak negatif. Berikut beberapa dampak negatif yang ditimbulkan oleh limbah

2.2.1 Faktor Kesehatan

Banyak limbah yang mengandung bakteri *pathogen* yang memungkinkan timbulnya gangguan kesehatan pada manusia, limbah juga menjadi media dalam penularan berbagai penyakit. Di samping itu, bakteri pada limbah juga dapat menyebabkan iritasi, bau serta suhu yang tinggi (Nurjanah dkk., 2017).

Contoh penyakit yang disebabkan oleh mikrobiologi dalam air, antara lain:

1. Tifoid, disebabkan oleh kuman *Salmonella Thyposa*.
2. Kolera, disebabkan oleh *Vibrio Cholerae*.
3. Leptospirosis, disebabkan oleh *Spirochaeta*.
4. Giardiasis, dapat menimbulkan diare yang disebabkan oleh sejenis protozoa.
5. Disentri, disebabkan oleh *Entamoeba Histolytica*.

2.2.2 Faktor Kehidupan Biotik

Berbagai macam kandungan zat pada air limbah yang menyebabkan kadar oksigen terlarut dalam air menurun sehingga mengganggu ekosistem perairan. Suhu air limbah yang tinggi dapat mengganggu kehidupan pada ekosistem akuatik dan bakteri yang berpengaruh terhadap penjernihan air dan kualitas air menjadi menurun sebagai akibat dari masuknya berbagai limbah, baik limbah cair maupun padat ke dalam aliran air (Anwariyani, 2019).

2.2.3 Faktor Keindahan dan Estetika

Kandungan limbah seperti ampas, lemak dan minyak akan menimbulkan aroma tidak sedap, selain itu juga wilayah sekitar menjadi licin dan tumpukan-

tumpukan ampas tersebut mengganggu estetika lingkungan (Amanda dkk., 2019). Sumber pencemaran air sangat dipengaruhi oleh jenis kegiatan serta pemanfaatan sumber daya air oleh manusia yang berada di sekitar air tersebut. Kualitas air menjadi menurun sebagai akibat dari masuknya berbagai jenis limbah baik limbah cair maupun limbah padat ke dalam aliran air (Anwariani, 2019). Air limbah domestik yang mengandung kadar BOD, COD, TSS, *Turbidity* dan pH yang tinggi menjadi salah satu penyebab pencemaran air sehingga perlu dilakukan pengolahan lebih lanjut sebelum dibuang ke sungai atau badan air (Sa'diyah dkk., 2018).

2.3 Air Limbah Perhotelan

Menurut (Ekaningrum, 2016), klasifikasi hotel berdasarkan ukuran dan jumlah kamar yang dibedakan menjadi:

- a. Hotel kecil, yaitu hotel dengan kapasitas kurang dari 150 kamar
- b. Hotel menengah, yaitu hotel dengan kapasitas 150 – 300 kamar
- c. Hotel di atas rata-rata, yaitu hotel dengan kapasitas 300 – 600 kamar
- d. Hotel besar, yaitu hotel dengan kapasitas lebih dari 600 kamar.

Hotel adalah salah satu jenis akomodasi dikelola secara komersil dengan menyediakan pelayanan makanan, minuman dan fasilitas kamar untuk tidur kepada orang-orang yang melakukan perjalanan dan mampu membayar dengan jumlah yang sesuai dengan pelayanan yang diterima. Fasilitas dan aktifitas di dalam hotel, maka akan menghasilkan limbah berupa limbah cair dan padat yang harus dilakukan diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke badan air karena dapat mencemari lingkungan (Assidiqy, 2017). Limbah cair perhotelan adalah limbah dalam bentuk cair yang dihasilkan oleh kegiatan hotel yang dibuang ke lingkungan dan diprediksi dapat menurunkan kualitas lingkungan. Karena aktifitas yang ada di hotel relatif sama seperti layaknya pemukiman, maka sumber limbah yang ada juga relatif sama seperti pada pemukiman dan beban pencemar lainnya (Sitompul dkk., 2013).

Dalam melaksanakan kegiatannya, industri perhotelan menghasilkan air buangan yang dapat digolongkan sebagai air limbah domestik karena aktifitasnya

relatif serupa dengan kegiatan di perumahan. Air buangan yang tidak ditanganin secara khusus apabila langsung dibuang ke saluran air akan mencemari lingkungan dan kesehatan masyarakat yang bermukim di sekitar hotel tersebut (Neshart dkk., 2021). Beban pencemar yang terkandung dalam air buangan tersebut akan menyebabkan kemampuan *self-purification* (penguraian diri) pada badan air terlewati sehingga jika terjadi secara berkelanjutan, hal ini dapat menyebabkan kelangkaan sumber air bersih dan terjadinya eutrofikasi (pencemaran pada ekosistem air tawar) yang menyebabkan kandungan oksigen terlarut dalam air berkurang sehingga membahayakan ekosistem akuatik (Siswanto dkk, 2015).

2.4 Karakteristik Air Limbah Kegiatan Perhotelan

Karakteristik air limbah kegiatan perhotelan kurang lebih memiliki karakteristik yang sama dengan air limbah kegiatan domestik karena aktivitasnya yang relatif sama dengan aktivitas rumah sehari-hari.

2.4.1 Kuantitas Air Limbah

Menurut (Prabowo, 2017) untuk menentukan debit air limbah suatu kegiatan perhotelan, perlu diketahui okupansi atau jumlah kamar dari hotel tersebut. Debit air limbah yang dihasilkan dapat diketahui dari penggunaan air bersihnya, pada umumnya 80% dari penggunaan air bersih yang berpotensi menjadi air limbah. Berikut asumsi penggunaan air bersih:

- Hotel Bintang 1 = 150 L/orang/hari
- Hotel Bintang 2 = 300 L/orang/hari
- Hotel Bintang 3 = 500 L/orang/hari
- Hotel Bintang 4 dan 5 = 750 L/orang/hari
- Hotel Melati dan Pondok Wisata = 150 L/orang/hari

2.4.2 Kualitas Air Limbah

Menurut (Riskiyanto, 2019), karakteristik air limbah diklasifikasikan menjadi tiga yaitu fisik, kimia dan biologis. Karakteristik fisik yang paling penting adalah kandungan TSS yang terdiri dari material yang mengapung,

mengendap dan terlarut. Bagian lain yang termasuk dalam karakteristik fisik antara lain:

1. *Total Suspended Solid* (TSS) yang merupakan zat-zat tertinggal sebagai residu dari penguapan pada temperatur 103°C - 105°C .
2. Suhu atau Temperatur. Pada umumnya suhu air limbah lebih tinggi daripada air bersih karena adanya penambahan air dengan suhunya lebih hangat yang berasal dari aktivitas rumah tangga dan industri. Suhu memberikan efek penting diantaranya reaksi kimia dan laju reaksi, kehidupan di dalam air dan pemanfaatan air sesuai dengan fungsinya.
3. Warna. Air limbah yang masih segar biasanya berwarna abu-abu kecoklatan. Namun, apabila waktu tinggalnya semakin lama di dalam sistem pengumpulan dan kondisi anaerobik yang semakin meningkat, warna air limbah akan berubah menjadi hitam yang biasanya disebut dengan septik.
4. Bau atau aroma yang timbul dari air limbah domestik disebabkan adanya gas yang terbentuk dari proses penguraian bahan organik. Aroma khas dari air limbah adalah H_2S yang diproduksi oleh mikroorganisme anaerobik dengan mengubah sulfat menjadi sulfida.

Ditinjau dari segi kimia, terdapat tiga jenis karakteristik air limbah diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Senyawa Organik yang tersusun dari beberapa komponen diantaranya Protein 40% - 60%, Karbohidrat 25% - 50% serta Minyak dan Lemak 8% - 12%. Selain senyawa tersebut, biasanya juga ditemukan beberapa jenis material sintetik organik dengan struktur yang sederhana hingga kompleks.
2. Senyawa Anorganik yang terdiri atas pH, Klorida, Alkalinitas, Fosfor, Logam berat dan senyawa beracun.
3. Gas, yang umumnya terdapat pada air limbah adalah Nitrogen (N_2), Oksigen (O_2) dan Karbon Dioksida (CO_2) yang dapat ditemukan pada atmosfer dan semua air yang kontak dengan udara, asam sulfat (H_2S), Ammonia (NH_3), dan Metana (CH_4) yang terbentuk dari hasil penguraian material organik.

Apabila ditinjau dari aspek biologis, karakteristik air limbah terbagi menjadi tiga kelompok yaitu sebagai berikut:

- Kelompok tumbuh-tumbuhan
- Kelompok hewan, dan
- Kelompok virus

2.5 Parameter Kualitas Air Limbah

2.5.1 *Potential of Hydrogen (pH)*

Potential of Hydrogen (pH) atau derajat keasaman adalah indikator untuk menunjukkan air limbah tersebut bersifat asam atau basa. Skala pH berkisar antara 1 – 14, kisaran air limbah dengan pH di bawah 4 – 5 (asam) dan di atas 9 (basa) sulit untuk diolah. Diperlukan bak netralisasi untuk menambahkan larutan penyangga dan menetralkan pH (Gazali dkk., 2013). Proses fisika, kimia dan biologi dari mikroorganisme perairan sangat berpengaruh pada perubahan pH pada air. Daya racun bahaya pencemaran dan kelarutan beberapa zat dalam air dapat memengaruhi derajat keasaman serta menentukan bentuk zat di dalam air. Derajat keasaman mengindikator perlu atau tidaknya gangguan pada proses pengolahan limbah cair secara konvensional, maka dari itu dapat dikatakan bahwa pH air limbah domestik adalah mendekati normal (Ramadani dkk., 2021).

2.5.2 *Biochemical Oxygen Demand (BOD)*

BOD merupakan banyaknya oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk mengoksidasi material karbon (bahan organik), dimana ketersediaan oksigen yang cukup menyebabkan dekomposisi bahan organik dapat berlangsung secara aerobik hingga semua bahan organik terdegradasi (Nurjanah dkk., 2017). BOD digunakan sebagai indikator terjadinya pencemaran dalam suatu perairan yang apabila nilainya tinggi atau melebihi baku mutu mengindikasikan bahwa perairan tersebut sudah tercemar (Riyanda dan Kemala, 2019). Nilai BOD tidak mengindikator jumlah bahan organik yang sebenarnya, melainkan hanya mengukur jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mendekomposisi bahan organik tersebut, air yang tidak terpolusi biasanya mempunyai BOD 2 mg/l, air yang menerima buangan limbah mempunyai BOD > 10 mg/l khususnya di dekat *intake*, air limbah mempunyai kadar BOD sekitar 600

mg/l, limbah yang telah dilakukan pengolahan dengan baik mempunyai kadar BOD sekitar 20 mg/l (Andika dkk., 2020).

2.5.3 Chemical Oxygen Demand (COD)

COD merupakan indikator yang menunjukkan kadar oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi suatu bahan organik secara kimiawi, baik *biodegradable* maupun *non-biodegradable*. Kandungan COD umumnya selalu lebih besar dari BOD, karena COD menggambarkan jumlah total bahan organik yang ada dalam air. Hal ini karena bahan organik yang ada sengaja diurai secara kimia dengan menggunakan oksidator kuat pada kondisi asam (Agustiningsih dan Sasongko, 2012). Tipikal rasio BOD/COD untuk air limbah domestik yang belum diolah adalah 0,3 hingga 0,8. Apabila rasio di bawah 0,3 atau dalam kadar yang tinggi dan melewati batas baku mutu, berarti air limbah tersebut mengandung komponen toksik atau diperlukan penyesuaian mikroorganisme untuk stabilisasi air limbah sebelum diolah. Apabila tidak dilakukan penanganan khusus sebelum dibuang ke badan air, maka akan menyebabkan gangguan ekosistem biota laut dan menghalangi masuknya oksigen ke dalam laut sehingga ekosistem laut mengalami pengurangan kadar oksigen (Nurjanah dkk., 2017).

2.5.4 Total Suspended Solid (TSS)

TSS merupakan residu dari padatan total yang tertahan oleh saringan dengan ukuran partikel maksimal atau lebih besar dari ukuran partikel koloid. Bagian yang termasuk TSS adalah lumpur, tanah liat, logam oksida, sulfida, ganggang, bakteri dan jamur. Padatan tersuspensi berhubungan positif dengan kekeruhan, semakin tinggi nilai padatan tersuspensi, maka nilai kekeruhan juga semakin tinggi (Dewi dan Buchori, 2016). Kandungan TSS memiliki hubungan erat dengan kecerahan perairan sehingga keberadaan padatan tersuspensi dapat menghalangi masuknya cahaya ke dalam perairan dan dapat mengganggu proses fotosintesis biota laut (Gazali dkk., 2013).

2.5.5 Minyak dan Lemak

Minyak dan lemak adalah senyawa yang tidak larut dalam air berdasarkan sifat dan fisiknya, akan tetapi akan larut apabila dalam suatu larutan non-polar. Berat jenis yang terdapat pada minyak memiliki massa yang lebih kecil dari pada

air sehingga akan membentuk lapisan tipis pada permukaan air dan mengurangi konsentrasi oksigen dalam air karena fiksasi oksigen bebas terhambat (Sunardi dan Mukimin, 2014). Minyak dan lemak menjadi parameter penting selain ke 4 parameter di atas, dimana minyak dan lemak sifatnya mengapung di permukaan air dan membentuk lapisan yang sangat tipis di atas permukaan air yang mengakibatkan terbatasnya oksigen masuk ke dalam perairan (Maulani dan Widodo, 2016)

2.5.6 Amoniak

Amonia dapat diindikasikan sebagai pencemar udara pada bentuk kebauan. Ammonia merupakan senyawa kimia dengan rumus NH_3 yang diperlukan sebagai sumber energi dalam proses nitrifikasi bakteri aerobik yaitu ammonia bebas atau tidak terionisasi (NH_3). Ammonia yang tidak terionisasi bersifat racun dan akan menurunkan kadar oksigen dalam perairan (Puspitasari, 2021). Nitrogen merupakan komponen penting dalam sintesis protein, data konsentrasi nitrogen dibutuhkan untuk memperkirakan kemungkinan pengolahan air limbah dengan proses biologis. Apabila nitrogen tidak cukup, maka dibutuhkan penambahan zat nitrogen agar air limbah dapat diolah. Namun, untuk mengontrol pertumbuhan alga pada badan air, diperlukan penyisihan nitrogen pada efluen pengolahan sebelum dibuang (Nurjanah dkk., 2017). Apabila melebihi toleransi, amoniak dapat menghambat pertumbuhan organisme akuatik dan bahkan mengakibatkan kematian karena senyawa tersebut mengganggu pengikatan oksigen dalam darah, mengubah pH darah dan mempengaruhi reaksi enzimatik dan stabilitas membrane pada organisme akuatik (Royan dkk., 2019).

2.5.7 Total Coliform

Coliform termasuk dalam bakteri *pathogen* yang dapat menyebabkan penyakit karena *coliform* merupakan indikator bakteri terpenting yang dipertimbangkan dalam bakteriologis pemeriksaan air (Wahyuni, 2015). Bakteri *Coliform* digunakan untuk memantau tingkat keamanan pemasokan air berdasarkan kesadaran bahwa keberadaan bakteri *coliform* dalam air merupakan indikator potensi kontaminasi tinja manusia dan oleh karena itu kemungkinan adanya patogen enterik yang terdapat pada saluran pencernaan manusia maupun

hewan. Identifikasi bakteri dalam perairan dapat berfungsi sebagai evaluasi efektivitas metode desinfeksi air (Fatemeh dkk., 2014). Semakin tinggi tingkat kontaminasi bakteri *coliform* maka semakin tinggi pula kandungan bakteri *pathogen* lainnya dan kehadiran bakteri ini di dalam air merupakan indikator proses desinfeksi yang tidak memadai dan juga kontaminasi air yang baru-baru ini dan sering dengan kotoran manusia dan hewan (Natalia dkk., 2014).

2.6 Baku Mutu Air Limbah Domestik

Air limbah yang berasal dari kegiatan perhotelan dapat digolongkan menjadi air limbah kegiatan domestik karena aktivitasnya yang relatif sama dengan kegiatan perumahan (Riskiyanto, 2019). Efluen pengolahan IPAL yang dialirkan ke saluran umum atau badan air harus sesuai dengan standar baku mutu kualitas air limbah yang ditetapkan pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik yang ditampilkan pada tabel di bawah ini.

Tabel 2.1 Baku Mutu Air Limbah Domestik

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

Sumber: Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 68 Tahun 2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik

Standar baku mutu pada tabel 2.1 hanya berlaku untuk debit air limbah dengan kadar maksimum 100 L/orang/hari. Apabila melewati debit maksimum diperlukan perhitungan baku mutu untuk air limbah.

2.7 Pengolahan Air Limbah Domestik

Pengolahan air limbah dilakukan dengan tujuan memperbaiki kualitas air limbah serta mengurangi kadar BOD, COD dan TSS serta memperbaiki estetika lingkungan. Pengolahan limbah dapat dilakukan dengan cara alamiah atau bantuan peralatan yang dilakukan pada Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) yang secara umum bahan yang tersuspensi berukuran besar dan mudah mengendap disisihkan terlebih dahulu sebelum dilakukan pengolahan terhadap air limbah (Sitompul dkk., 2013). Menurut tingkatan prosesnya, pengolahan limbah dapat digolongkan menjadi 5 (lima) tingkatan. Namun, bukan berarti bahwa semua tingkatan harus dilalui karena pilihan tingkatan proses tetap tergantung pada kondisi air limbah yang telah dilakukan uji pendahuluan lalu ditetapkan jenis pengolahan apa yang akan digunakan. Berikut beberapa tahapan pengolahan air limbah menurut tingkatan perlakuan (Armus dkk., 2022):

1. Pra Pengolahan (*Pre-treatment*)

Pada tahap pra pengolahan ini dilakukan upaya-upaya untuk memproteksi alat-alat yang ada pada instalasi pengolahan air limbah dan dalam tahapan ini dilakukan penyaringan, penghancuran atau pemisahan air dari partikel-partikel yang dapat merusak alat-alat pengolahan air limbah seperti pasir, kayu, sampah, plastik dan lain-lain.

2. Pengolahan Primer (*Primary Treatment*)

Pada tahap ini dilakukan penyaringan terhadap padatan halus atau zat warna terlarut maupun tersuspensi yang masih tersisa dari pengolahan *pretreatment*. Terdapat dua metode utama yang dapat dilakukan yaitu pengolahan secara kimia dan pengolahan secara fisika yaitu sedimentasi.

3. Pengolahan Sekunder (*Secondary Treatment*)

Pada tahap ini menggunakan metode pengolahan biologi dengan tujuan untuk menyisihkan beban pencemar organik melalui proses oksidasi biokimia

sehingga dalam proses biologis ini banyak menggunakan reaktor lumpur aktif, *tricking filter* dan kombinasi Biofilter Anaerob-Aerob.

4. Pengolahan Tersier (*Tertiary Treatment*)

Pada proses pengolahan tersier ini merupakan tahapan pengolahan tingkat lanjut yang ditujukan terutama untuk penyisihan senyawa organik maupun anorganik. Pada proses tingkat lanjut ini dilakukan melalui proses fisik yaitu filtrasi, destilasi, pengapungan, dan pembekuan, proses kimia yaitu absorbs karbon aktif, pengendapan kimia, pertukaran ion, elektrokimia, oksidasi dan reduksi dan proses biologi yaitu pembusukan oleh bakteri dan nitrifikasi alga.

5. Pengolahan Lanjutan (*Advanced Treatment*)

Pengolahan lanjutan diperlukan untuk membuat komposisi air limbah sesuai dengan yang dikehendaki misalnya untuk menyisihkan kadar fosfor ataupun kadar ammonia dari air limbah.

2.8 Teknologi Pengolahan Air Limbah Domestik dengan Proses Biofilter Anaerob-Aerob

Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) merupakan suatu rangkaian proses yang dilakukan untuk menghilangkan zat organik dan anorganik dari air sisa kegiatan sehingga tidak mencemari lingkungan. Kriteria untuk menentukan teknologi proses pengolahan air limbah Hotel didasarkan atas beberapa faktor, yaitu (Ekaningrum, 2016):

1. Efisiensi pengolahan dapat mencapai standar baku mutu lingkungan,
2. Pengelolaannya harus mudah,
3. Lahan yang diperlukan tidak terlalu besar,
4. Konsumsi energi sebisa mungkin rendah,
5. Biaya pengoperasian rendah,
6. Lumpur yang dihasilkan sebisa mungkin kecil,
7. Dapat digunakan untuk air limbah dengan beban pencemar BOD yang cukup besar,
8. Dapat menghilangkan padatan tersuspensi dengan baik,
9. Perawatannya mudah dan sederhana.

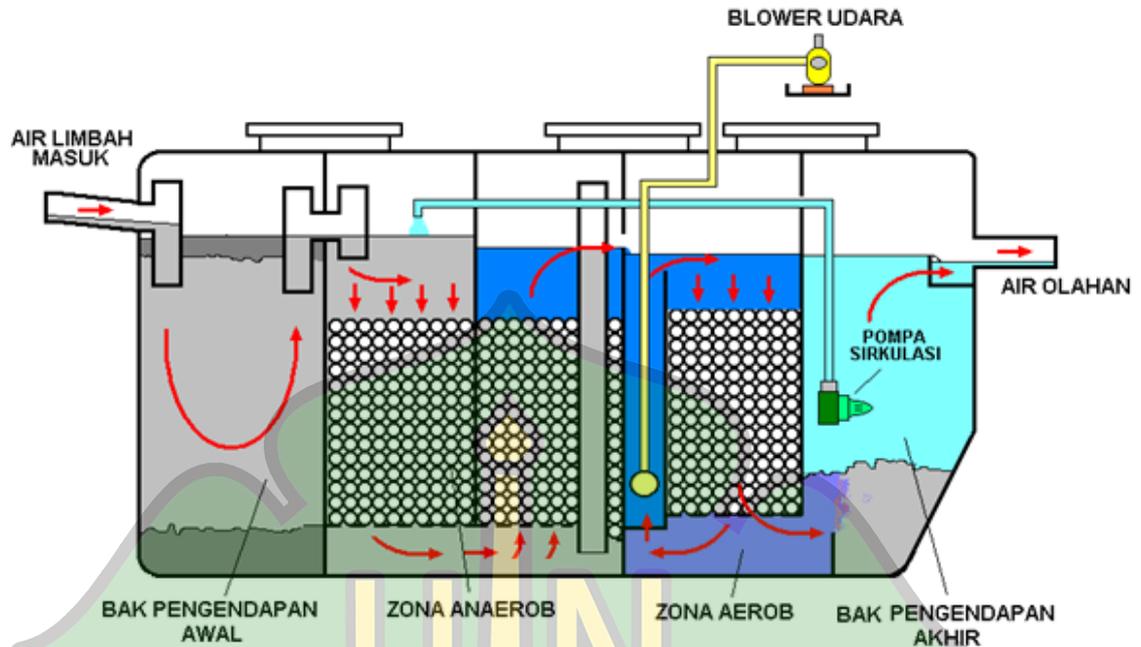
Berdasarkan kriteria tersebut di atas untuk pengolahan air limbah hotel yang tepat digunakan adalah kombinasi proses biofilter anaerob dan aerob. Perencanaan teknologi pengolahan air limbah hotel berdasarkan kriteria tersebut di atas akan dilakukan metode kombinasi biofilter anaerob dan aerob. Pada pengolahan biofilter anaerob, polutan organik yang terdapat pada air limbah akan terurai menjadi gas karbon dioksida dan metana tanpa menggunakan energi, akan tetapi kandungan ammonia dan gas hidrogen sulfida (H_2S) tidak terurai. Maka dari itu tidak cukup apabila hanya menggunakan proses biofilter anaerob saja karena hanya menurunkan polutan organik BOD, COD dan padatan tersuspensi (TSS) (Wulandari, 2014). Agar hasil air olahan dapat memenuhi standar baku mutu maka air olahan dari proses biofilter anaerob selanjutnya diproses menggunakan biofilter aerob. Pada proses biofilter aerob polutan organik yang masih tersisa akan terurai menjadi gas karbondioksida (CO_2) dan air (H_2O), ammonia akan teroksidasi menjadi nitrit selanjutnya akan menjadi nitrat atau biasa disebut dengan proses nitrifikasi, sedangkan gas H_2S akan diubah menjadi sulfat. Dengan menggunakan proses biofilter anaerob dan aerob akan dihasilkan air olahan dengan kualitas yang baik (Said, 2017).

Air limbah domestik yang akan diolah di IPAL berasal dari penatu, kamar mandi, wastafel, limpasan septik tank dan dari kantin. Air limbah dari bak pengumpul mula-mula dipompa menuju ke bagian bak pemisah lemak dan minyak, langkah selanjutnya dari bak pemisah lemak air limbah dialirkan ke bak ekualisasi yang berfungsi untuk menampung air limbah sementara dan mengatur debit ke IPAL yang dilakukan dengan pompa celup (*submersible pump*). Air limbah dialirkan masuk ke dalam bak pengendap awal pada unit IPAL untuk mengendapkan partikel lumpur, pasir dan kotoran organik tersuspensi. Selain itu, bak pengendapan ini berfungsi sebagai bak pengurai senyawa organik yang berbentuk padatan, *sludge digestion* (pengurai lumpur) dan penampung lumpur (Neshart dkk., 2021).

Air limbah dari pengendap awal selanjutnya dialirkan ke bak biofilter anaerob yang diisi dengan media khusus dari bahan plastik tipe sarang tawon dengan jumlah dua buah ruangan (kompartemen). Penguraian zat-zat organik

yang ada dalam air limbah dilakukan oleh bakteri anaerobik atau organisme aerobik. Setelah beberapa hari beroperasi, pada permukaan media filter akan tumbuh lapisan film mikroorganisme yang akan menguraikan zat organik yang belum sempat terurai pada bak pengendap awal (Setiyono, 2009). Air limbah dari bak biofilter anaerob dialirkan ke bak biofilter aerob yang diisi dengan media khusus dari bahan plastik tipe sarang tawon, sambil diaerasi atau dihembus dengan udara sehingga mikroorganisme yang dihasilkan akan menguraikan zat organik yang ada dalam air limbah kemudian tumbuh dan menempel pada permukaan media. Dengan demikian air limbah akan kontak dengan mikroorganisme yang tersuspensi dalam air maupun yang menempel pada permukaan media yang mana hal tersebut akan meningkatkan efisiensi penguraian zat organik dan juga mempercepat proses penurunan kadar ammonia (nitrifikasi). Proses ini sering disebut Aerasi Kontak (*Contact Aeration*) (Armus, 2022).

Dari bak aerasi, air mengalir ke bak pengendap akhir. Lumpur aktif mengandung mikroorganisme yang terdapat di dalam bak pengendap akhir ini diendapkan dan sebagian air dipompa kembali ke bak pengendap awal dengan pompa sirkulasi lumpur apabila masih terdapat beban pencemar di dalamnya. Sebagian air di bak pengendap akhir akan mengalir melalui bendungan (*weir*) menuju ke bak indikator melewati *flow meter* di luar unit-unit IPAL. Dari bak penampung *outlet* sementara ini air dialirkan menuju bak biokontrol (Ekaningrum, 2016). Gambar diagram proses pengolahan air limbah menggunakan pengolahan kombinasi Biofilter Anaerob-Aerob dapat dilihat pada gambar 2.1 di bawah ini.



Gambar 2.1 Diagram Proses Pengolahan Air Limbah Biofilter Anaerob dan Aerob

Sumber: (Said, 2017)

Dengan kemampuan penyisihan beban pencemar pada pengolahan kombinasi Biofilter Anaerob-Aerob sebagai berikut:

Tabel 2.2 Kemampuan penyisihan beban pencemar Biofilter Anaerob dan Aerob

Parameter	Kemampuan Penyisihan (%)
BOD	90 – 96
COD	95 – 98
TSS	94,1 – 95
Amonia	94,1

Sumber: (Said, 2017)

Pengolahan dengan proses biofilter anaerob dan aerob dapat diterapkan dalam berbagai jenis pengolahan air limbah, seperti yang berasal dari pemukiman, pasar, rumah sakit, penginapan, RPH (Rumah Potong Hewan) dan industri makanan. Semakin besar beban pencemar organik yang terkandung dalam air limbah yang diolah, maka semakin tinggi efisiensi pengolahan yang didapatkan (Said, 2017). Kekurangan dan kelebihan dalam proses pengolahan kombinasi

Biofilter Anaerob-Aerob beserta kriteria desain unit-unit pengolahan dapat dilihat pada tabel 2.3 dan 2.4 di bawah ini.

Tabel 2.3 Kelebihan dan Kekurangan Biofilter Anaerob dan Aerob

Kelebihan	Kekurangan
<ul style="list-style-type: none"> • Biaya operasional rendah • Pengelolaannya sangat mudah • Tidak memerlukan lahan yang luas • Removal COD, BOD dan TSS tinggi • Dapat menghilangkan nitrogen dan fosfor yang dapat menyebabkan eutrofikasi. 	<ul style="list-style-type: none"> • Membutuhkan desain dan konstruksi dari tenaga ahli • Membutuhkan pencucian media secara berkala • Limbah padat yang terbuang di media ini dapat menyumbat dan menyebabkan sistem tidak dapat bekerja secara optimal.

Sumber: (Siswanto dkk, 2015)

2.9 Perencanaan Unit-unit Pengolahan Limbah Domestik

Adapun perencanaan unit-unit pengolahan yang didesain dengan acuan karakteristik air limbah, debit air limbah, dimensi bangunan dan ketersediaan lahan tempat perencanaan IPAL yang akan digunakan. Unit-unit tersebut diuraikan di bawah ini.

2.9.1 Bar Screen

Bar Screen atau bak penyaringan merupakan unit pengolahan pertama sebelum air limbah dialirkan ke bak penampungan awal yang berfungsi untuk memisahkan macam-macam benda padat seperti plastik, daun dan kayu yang terikut bersamaan dengan air limbah agar tidak mengganggu proses pengolahan pada unit-unit selanjutnya dan tidak merusak sistem perpipaan (Hidayati dkk., 2017). *Bar Screen* adalah penyaringan yang terbuat dari besi-besi searah dan membentuk sekat lalu dipasang miring terhadap sebuah kerangka melintang. Beberapa hal harus diperhatikan dalam perencanaan bak penyaringan di antaranya ialah kecepatan atau kapasitas rencana, jarak antar bar dan ukuran bar/batang (Audia, 2022).

2.9.2 Grease Trap

Grease Trap atau bak penangkap lemak merupakan bak indikator yang berfungsi sebagai pemisah minyak dan lemak yang terapung di atas permukaan air limbah agar dapat dikumpulkan dan didegradasi dengan mudah. Bak penangkap lemak dilengkapi dengan penutup anti bau dan juga pipa tee pada *inlet* dan *outlet* untuk mencegah terjadinya turbulensi di permukaan air limbah dan memisahkan komponen yang mengapung karena massa jenisnya yang lebih kecil dari pada air sehingga akan naik ke permukaan air limbah (Tilley dkk., 2014). Bak penangkap lemak dapat dipasang langsung di bawah *bar screen* pada bak penampungan awal sebelum proses sedimentasi untuk menghindari terjadinya penggumpalan pada sistem penyaluran air limbah (Metcalf dan Eddy, 2003).

2.9.3 Bak Ekualisasi

Bak ekualisasi merupakan bak pengumpul air limbah yang berfungsi untuk menampung air limbah dalam waktu sementara dan mengatur debit air limbah menuju unit pengolahan selanjutnya dalam IPAL guna menghindari atau meminimalisir *shock loading*. Manfaat lainnya dari aplikasi bak ekualisasi adalah dapat mengencerkan zat penghambat dan stabilisasi pH. Kekurangan dari bak ekualisasi yaitu memerlukan area atau lokasi yang relatif luas, operasi dan pemeliharaan tambahan diperlukan serta biaya yang meningkat (Metcalf dan Eddy, 2004). Dimensi bak ekualisasi dapat dihitung dengan rumus:

$$\frac{rt}{24 \text{ jam}} \text{ hari} \times Q$$

$$\dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana:

rt = *retention time* (waktu tinggal)

Q = debit air limbah

2.9.4 Bak Pengendapan Awal

Bak pengendap awal adalah bak indikator yang berfungsi menghilangkan padatan tersuspensi berupa lumpur anorganik yang tidak dapat terurai secara biologis, padatan tersuspensi ini kemudian akan mengendap di bagian dasar bak pengendapan melalui proses sedimentasi dengan waktu tinggal rata-rata ialah 3 –

5 jam (Said, 2017). Selama waktu tinggal 3 – 5 jam diperkirakan pertikel-partikel yang terdapat dalam air limbah akan mengendap ke dasar bak pengendap dengan proses gravitasi. Tujuan utama sedimentasi awal adalah untuk menghilangkan *settleable solid* dan material mudah mengambang. Rancangan dan pengoperasian yang efisien dari tangki sedimentasi primer harus menghilangkan 50 – 70% kandungan padatan tersuspensi dan 25 – 40% kandungan BOD dalam air limbah (Batubara, 2019). Dimensi bak pengendapan awal dapat dihitung dengan rumus:

$$\frac{rt}{24 \text{ jam}} \text{ hari} \times Q \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana:

rt = *retention time* (waktu tinggal)

Q = debit air limbah

2.9.5 Biofilter Anaerob

Biofilter Anaerob adalah bak kontrol yang diisi dengan media khusus dari bahan plastik tipe sarang tawon dengan ukuran dengan ukuran Panjang 120 cm x Lebar 50 cm x Tinggi 60 cm atau sesuai kriteria desain yang digunakan. Jumlah bak biofilter anaerob terdiri dari 2 buah kompartemen dan penguraian zat organik dilakukan oleh bakteri anaerobik atau fakultatif aerobik dengan waktu tinggal total rata-rata 6 – 8 jam. Setelah beberapa hari operasi, pada permukaan media akan tumbuh lapisan film mikroorganisme yang akan mempercepat proses penguraian zat organik yang belum terurai pada bak pengendapan awal (Mubin, 2016). Dimensi media yang diperlukan untuk biofilter anaerob dapat dihitung dengan rumus:

$$\frac{\text{BOD masuk}}{\text{BOD standar}} \dots\dots\dots(2.3)$$

2.9.6 Biofilter Aerob

Pada bak control aerob ini diisi dengan media khusus dari bahan plastik tipe sarang tawon dengan ukuran yang sama seperti kriteria desain. Proses yang terjadi pada bak kontrol ini adalah proses suplai oksigen sebagai makanan bakteri pengurai zat organik yang terdapat pada air limbah lalu tumbuh dan menempel di permukaan media sehingga mempercepat proses nitrifikasi atau proses perubahan nitrit menjadi nitrat. Waktu tinggal rata-rata 6 – 8 jam dan tinggi ruang lumpur 0,5 meter atau sesuai kriteria desain (Said, 2017). Dimensi media yang diperlukan untuk biofilter aerob dapat dihitung dengan rumus:

$$\frac{\text{BOD masuk}}{\text{BOD beban}} \dots\dots\dots(2.4)$$

2.9.7 Bak Pengendap Akhir

Pada bak pengendap akhir diharapkan air limbah telah bebas dari beban pencemar organik yang dapat merusak lingkungan melalui proses pengolahan pada unit-unit IPAL sebelumnya. Di dalam bak ini, lumpur aktif yang mengandung mikroorganisme diendapkan dan sebagian air di permukaan dipompa kembali ke bagian bak pengendapan awal dengan pompa sirkulasi lumpur (Said, 2006). Pada bak pengendapan akhir selanjutnya air diinjeksi klorin untuk membunuh mikroorganisme patogen. Air limbah yang keluar dari bak klorinasi dapat langsung dibuang ke sungai atau saluran umum karena telah melewati proses anaerob-aerob dimana pada proses ini dapat menurunkan beban pencemar organik (BOD dan COD), ammonia, padatan tersuspensi (SS) dan phospat (Said, 2018). Dimensi bak pengendapan akhir dapat dihitung dengan rumus:

$$\frac{rt}{24 \text{ jam}} \text{ hari} \times Q \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana:

rt = *retention time* (waktu tinggal)

Q = debit air limbah

2.10 Jenis Media Biofilter

Media biofilter yang digunakan secara umum dapat berupa bahan material organik atau bahan material anorganik misalnya dalam bentuk tali, bentuk jaring, bentuk butiran tidak teratur, bentuk papan (plate), bentuk sarang tawon dan lain-lain. Sedangkan untuk media dari bahan anorganik misalnya batu pecah (*split*), kerikil, batu marmer, batu tembikar, batu bara (kokas) dan lain-lain.

2.10.1 Batuan dan Kerikil

Batuan dan kerikil dapat dipakai baik untuk biofilter tercelup ataupun trickling filter dan dapat juga digunakan untuk keperluan akuarium, akuakultur dan pengolahan air limbah rumah tangga. Batu dan kerikil bersifat inert dan tidak pecah dengan kekuatan mekanis yang baik, serta bahan tersebut mempunyai sifat kebasahan yang baik. Salah satu kelemahan media dari kerikil adalah fraksi volume rongganya sangat rendah dan berat yang mengakibatkan terjadinya penyumbatan. Selain itu media kerikil merupakan media biofilter permanen, dan sulit untuk dipindahkan sehingga biaya pemeliharaan menjadi besar dan biaya konstruksi menjadi lebih mahal. Oleh karena itu, media kerikil kurang cocok untuk dipakai untuk media biofilter skala komersial. Salah satu contoh media kerikil atau batu pecah untuk media biofilter dapat dilihat pada Gambar 2.2 berikut.



Gambar 2.2 Media kerikil dan batu pecah

2.10.2 Fiber Mesh Pads

Fiber Mesh Pads merupakan bantalan saringan serat yang menggunakan serat tipis menyerupai filter pendingin udara, namun dibentuk sedemikian rupa

menjadi bantalan yang berat dan tebal. Bahan ini dapat berperan baik sebagai filter fisik maupun sebagai filter biologis karena beratnya cukup ringan dan mempunyai luas permukaan per unit volume yang lebih besar dibanding jenis media yang lain. Media ini mempunyai kelemahan yang sama dengan media kerikil yaitu diameter celah bebas sangat kecil dan cenderung cepat tersumbat sehingga efektivitas pengolahan berkurang.

2.10.3 Brillo Pads

Jenis media atau *packing* yang sama dengan *mesh pad* adalah “*ribbon bundle*” atau *packing* jenis “*brillo pad*”. *Packing* ini ringan dan relatif mempunyai luas permukaan besar dengan harga yang murah. Walaupun *ribbon* tidak serapat seperti *fiber mesh pad*, namun mempunyai beberapa kekurangan sama seperti pada *mesh pads* salah satu kekurangannya ialah kekuatan mekanisnya kecil. Tidak mungkin untuk menumpuk *packing* ini tanpa menekan lapisan bawah karena pada saat lapisan tertekan, maka akan menahan laju air menjadi mudah tersumbat. *Brillo pads* dan *mesh pads* kedua-duanya berhasil dalam penerapan untuk akuarium kecil, namun untuk kapasitas yang besar untuk produksi akuakultur sulit dan tidak ekonomis.

2.10.4 Random atau Dumped Packing

Media jenis ini ditiru dari *packing* yang digunakan pada industri kimia. Terdapat bermacam jenis yang berbeda dari cetakan plastik yang berbeda dari cetakan plastik yang tersedia dalam berbagai luas permukaan spesifik. Media jenis ini dimasukkan secara acak ke dalam reaktor sehingga dinamakan *random packing*. Umumnya media ini mempunyai fraksi rongga yang baik dan relatif tahan terhadap penyumbatan dibandingkan *mesh pads* atau batu kerikil, karena setiap bagian media dapat disesuaikan pada setiap bentuk tangki atau vessel. Beberapa contoh jenis media ini dapat dilihat pada Gambar 2.3 berikut.



Gambar 2.3 Beberapa contoh media *random packing*

2.10.5 Media Terstruktur (*Structured Packings*)

Media terstruktur dapat digunakan untuk berbagai keperluan selain biofilter. Media ini memiliki semua karakteristik yang ada pada media “ideal”. Media terstruktur sudah digunakan pada biofilter selama lebih dari 25 tahun untuk pengolahan air limbah domestik maupun air limbah industri. Salah satu jenis media terstruktur yang sering digunakan adalah media dari bahan plastik tipe sarang tawon yang terbuat dari bahan PVC dengan sifat mekanis yang lebih baik dibandingkan dengan PP atau HDPE. PVC pada awalnya bersifat hidrofobik namun biasanya menjadi basah atau mempunyai sifat kebasahan yang baik dalam waktu 1 sampai 2 minggu. Contoh spesifikasi media sarang tawon dapat dilihat pada Gambar 2.4 berikut.



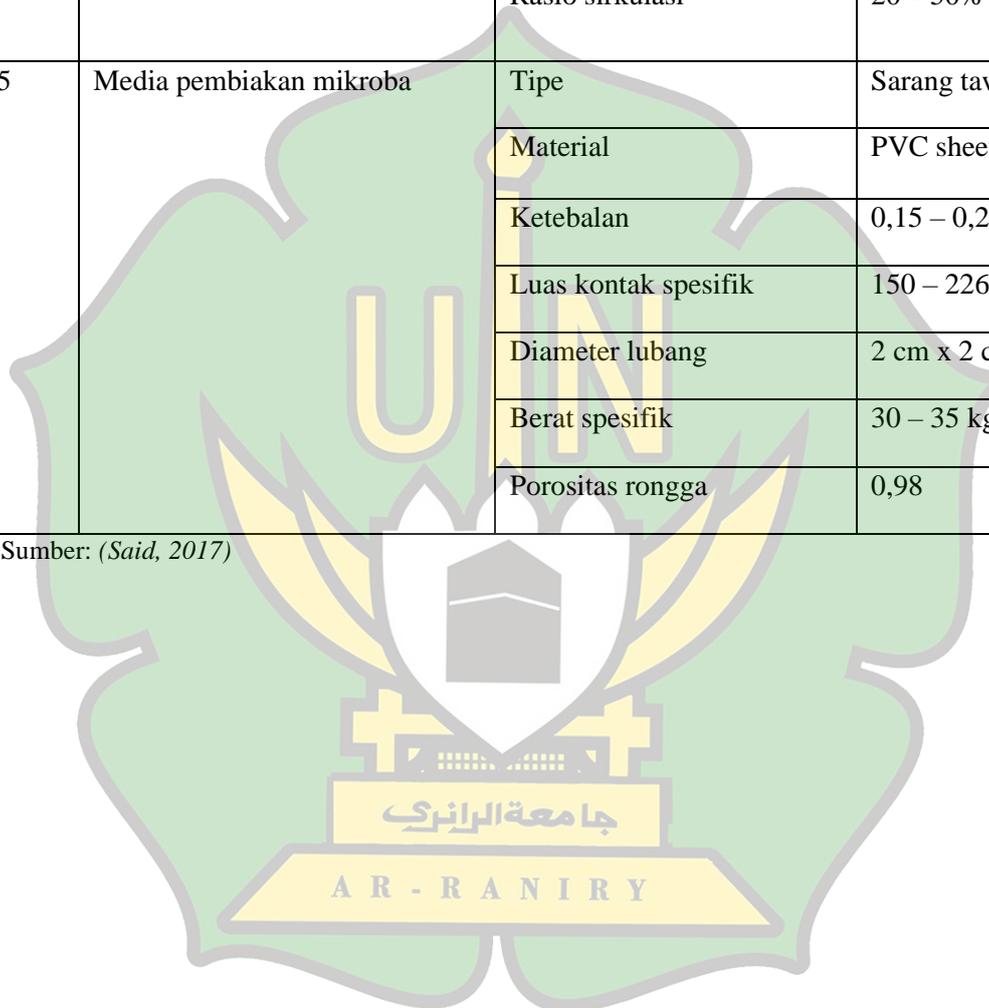
Gambar 2.4 Bentuk media terstruktur tipe sarang tawon

Tabel 2.4 Kriteria Perencanaan Sistem Biofilter Anaerob dan Aerob.

No.	Parameter Perencanaan	Keterangan	
1	Bak pengendapan awal	Waktu tinggal rata-rata	3 – 5 jam
		Beban Permukaan	20 – 50 m ³ /m ² .hari
2	Biofilter Anaerob	Beban BOD per satuan permukaan media (L _A)	5 – 30 g BOD/m ² .hari
		Beban BOD	0,5 – 4 kg BOD per m ³ media
		Waktu tinggal total rata-rata	6 – 8 jam
		Tinggi ruang lumpur	0,5 m
		Tinggi bed media pembiakan mikroba	0,9 – 1,5 m
		Tinggi air di atas bed media	20 cm
3	Biofilter Aerob	Beban BOD per satuan permukaan media (L _A)	5 – 30 g BOD/m ² .hari
		Beban BOD	0,5 – 4 kg BOD per m ³ media
		Waktu tinggal total rata-rata	6 – 8 jam
		Tinggi ruang lumpur	0,5 m
		Tinggi bed media pembiakan mikroba	1,2 m
		Tinggi air di atas bed media	20 cm
4	Bak pengendap akhir	Waktu tinggal (<i>Retention time</i>) rata-rata	2 – 5 jam
		Beban permukaan (<i>surface</i>)	10 m ³ /m ² .hari

		<i>loading</i>) rata-rata	
		Beban permukaan	20 – 50 m ³ /m ² .hari
		Waktu tinggal rata-rata	2 – 5 jam
		Rasio sirkulasi	20 – 50%
5	Media pembiakan mikroba	Tipe	Sarang tawon (<i>crowflow</i>)
		Material	PVC sheet
		Ketebalan	0,15 – 0,23 mm
		Luas kontak spesifik	150 – 226 m ² /m ³ .hari
		Diameter lubang	2 cm x 2 cm
		Berat spesifik	30 – 35 kg/m ³
		Porositas rongga	0,98

Sumber: (Said, 2017)



2.11 Penelitian Terdahulu

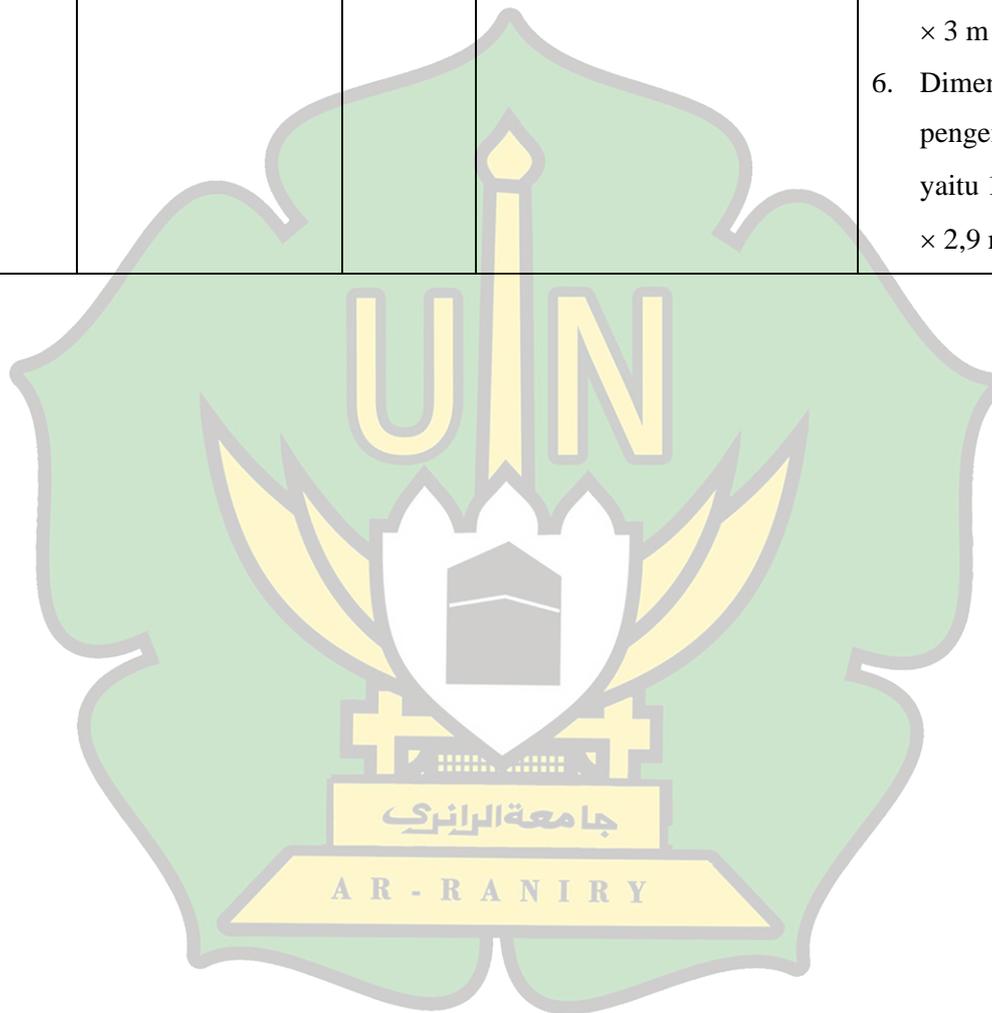
Pada tugas akhir ini akan ditinjau beberapa hasil dari penelitian terdahulu untuk dijadikan sebagai referensi yang berkaitan dengan penelitian tugas akhir ini. Penelitian terdahulu didapatkan melalui studi literatur, jurnal dan hasil tugas akhir terdahulu yang dapat dilihat pada tabel 2.5 di bawah ini.

Tabel 2.5 Penelitian Terdahulu

No.	Nama Peneliti	Tahun	Judul	Hasil Penelitian
1	Putri Husada Batubara	2019	Evaluasi Desain Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) di Hotel Madani, Medan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Hasil debit air limbah yaitu 1000 m³/hari 2. Menggunakan teknologi <i>Activated Sludge</i> (Lumpur Aktif) 3. Bak ekualisasi dengan ukuran 5,5 m × 6 m × 1,5 m 4. Bak sedimentasi awal dengan ukuran 2 m × 1,6 m × 2,5 m 5. Bak aerasi dengan ukuran 5 m × 1,6 m × 1,5 m 6. Bak sedimentasi akhir dengan ukuran 3,5 m × 1,6 m × 1,5 m 7. Bak desinfeksi dengan ukuran 2 m × 1,6 m × 1,5 m
2	Neshart, Rosdiana,	2021	Perencanaan Desain Instalasi	<ol style="list-style-type: none"> 1. Debit air limbah

	Dwipayogo Wibowo dan Ahmad Syarif Sukri		Pengolahan Air Limbah dengan Metode Anaerob- aerob	<p>7,88 m³/hari</p> <p>2. Volume efektif bak control yaitu 0,50 m × 0,50 m × 0,40 m</p> <p>3. Dimensi biofilter anaerob ialah 1 m × 1 m × 0,83 m</p> <p>4. Dimensi bak pengendap akhir I dan bak pengendap akhir II adalah 1,7 m × 1 m × 1 m</p>
3	Setiyono	2009	Desain Perencanaan Instalasai Pengolahan Air Limbah (IPAL) dan <i>Reuse</i> Air di Lingkungan Perhotelan	<p>1. Debit air limbah adalah 115 m³/hari</p> <p>2. Total biaya listrik yaitu 25,6 Kwh</p> <p>3. Biaya perawatan Rp. 20.000/hari</p> <p>4. Biaya tenaga kerja 2 orang operator dengan total Rp. 83.333/hari</p>
4	Oktavina G. LP Manulangga dan Anna A M Solo	2023	Rancangan Instalasi Pengolahan Air Limbah Hotel X di Kota Kupang	<p>1. Debit air limbah yaitu 68,64 m³/hari</p> <p>2. Dimensi <i>Grease trap</i> yaitu 0,5 m × 0,3 m × 1,25 m</p> <p>3. Dimensi bak pengendap awal yaitu 1,5 m × 3 m</p>

				× 2,9 m
				4. Dimensi biofiter anaerob yaitu 2,8 m × 1,5 m × 1,5 m
				5. Dimensi bak aerasi yaitu 2,11 m × 3 m × 1,8 m
				6. Dimensi bak pengendap akhir yaitu 1,5 m × 3 m × 2,9 m



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini membutuhkan waktu selama dimulai dari bulan Desember 2022 yang dimulai dari tahap penyusunan proposal hingga tahap penyusunan tugas akhir selesai. Penelitian ini berlokasi di Hotel Mita Mulia, Jl. T. Nyak Arief, Kopelma Darussalam, Kota Banda Aceh, berikut ditampilkan peta lokasi titik pengumpulan data.

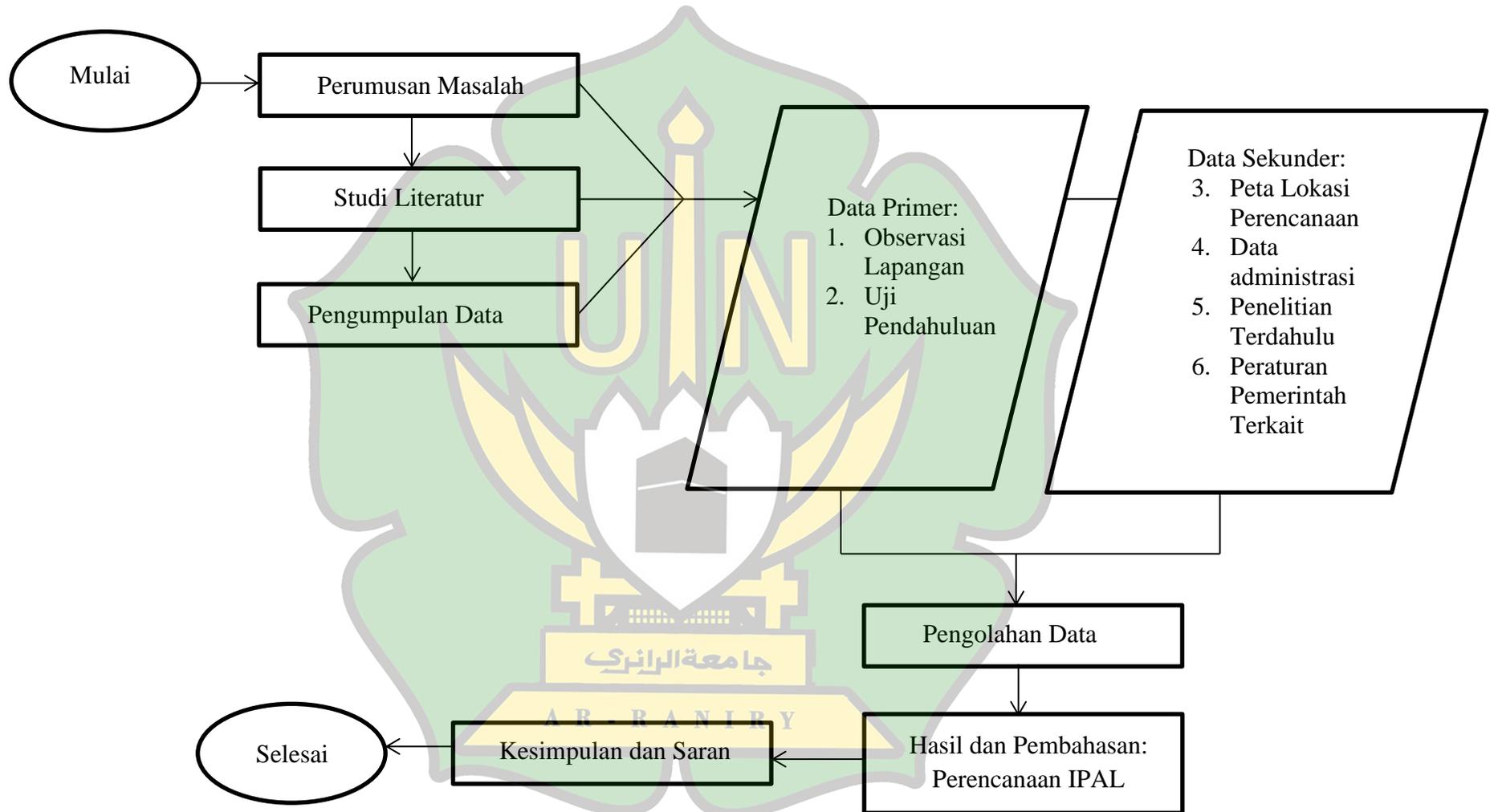


Gambar 3.1 Peta Lokasi Penelitian

(Sumber: Dokumen Pribadi)

3.2 Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian dibuat melalui kerangka penelitian yang berfungsi untuk memudahkan dalam berpikir dan melakukan perencanaan sesuai dengan tahapan yang telah dibuat. Tahapan kerangka perencanaan diantaranya dapat dilihat pada gambar diagram alir penelitian berikut:



Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian

3.3 Teknik Pengumpulan Data

Data yang digunakan pada tugas akhir ini meliputi dari data dan data sekunder yang diuraikan sebagai berikut.

3.3.1 Data Primer

Data primer adalah data yang diperoleh berdasarkan hasil pengujian sampel limbah cair pada outlet penampungan limbah cair, observasi/pengamatan langsung dan wawancara dengan pengelola Hotel Mita Mulia.

a. Wawancara

Wawancara dilakukan dengan tanya jawab perihal pengolahan limbah cair di Hotel Mita Mulia, wawancara yang ditujukan kepada Pengelola/Manager Hotel Mita Mulia. Adapun pertanyaan yang diajukan terhadap pihak terkait yaitu sebagai berikut:

- Bagaimana sistem pengolahan air limbah Hotel Mita Mulia?
- Bagaimana kondisi bak penampungan eksisting air limbah Hotel Mita Mulia?

b. Observasi Lapangan

Observasi lapangan dilakukan dengan peninjauan dan pengamatan langsung terhadap lokasi sumber dihasilkannya air limbah dengan menyertakan dokumentasi saat observasi berlangsung. Berikut beberapa objek yang diobservasi:

- Sistem penampungan air limbah Hotel Mita Mulia
- Tangki penyimpanan sementara air limbah Hotel Mita Mulia

3.3.2 Data Sekunder

Data sekunder adalah data tidak langsung yang merupakan sumber informasi pada pengolahan air limbah Hotel Mita Mulia, sumber informasi yang berasal dari buku, jurnal, penelitian terdahulu dan peraturan yang berkaitan tentang pengolahan limbah cair domestik. Berikut peraturan yang berkaitan dengan limbah cair domestik dan limbah cair kegiatan hotel:

- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 68 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik.

- Pedoman Perencanaan Teknik Terinci Sistem Pengolahan Air Limbah Domestik Terpusat (SPALD-T) Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Tahun 2018.

3.4 Data Administrasi

Data yang dibutuhkan termasuk dalam data administrasi Hotel Mita Mulia adalah sebagai berikut:

- a. Jumlah tempat tidur Hotel Mita Mulia
- b. Jumlah karyawan Hotel Mita Mulia
- c. Jumlah aula dan kapasitas maksimum aula Hotel Mita Mulia
- d. Jumlah mesin cuci pada fasilitas penatu Hotel Mita Mulia.
- e. Jumlah dapur dan kafetaria yang menyediakan *breakfast* Hotel Mita Mulia.

3.5 Pengolahan Data dan Analisis

Pada tahap pengolahan data, dilakukan berdasarkan data-data yang telah dikumpulkan melalui observasi lapangan. Setelah data diolah, perencanaan melakukan analisis dari hasil wawancara dan pengumpulan data yang terlihat mengganjal dan perlu dilakukan evaluasi. Uji sampel dari air limbah dilakukan di laboratorium untuk menentukan dan membandingkan kebenaran data yang telah dikumpulkan. Metode yang digunakan pada pengolahan ini adalah kombinasi metode Biofilter Anaerob dan Aerob.

3.6 Perencanaan IPAL Hotel Mita Mulia

3.6.1 Perhitungan Beban/Debit Air Limbah Perencanaan

Debit perencanaan diperoleh berdasarkan data dari pemakaian air di setiap aktivitas dan fasilitas yang ada di hotel. Hotel Mita Mulia memiliki fasilitas penunjang seperti aula sebanyak 2 ruangan dengan masing-masing ruangan terdapat 1 kamar mandi dan berkapasitas 80 sampai dengan 100 orang pada masing-masing ruangan, namun ruangan aula digunakan paling tidak hanya 1 kali dalam sebulan sehingga perhitungan debit diasumsikan sesuai jam pemakaian, Hotel Mita Mulia mempunyai fasilitas penatu dengan jumlah 2 mesin cuci dan 1 mesin pengering pakaian yang juga akan diasumsikan sesuai jam pemakaian.

Perhitungan beban/debit air limbah berdasarkan klasifikasi jumlah kasur menggunakan asumsi tingkat penggunaan air bersih untuk perhotelan sebanyak 150 L/orang/hari (PUPR, 2017) dengan jumlah air bersih yang berpotensi menjadi air limbah diperkirakan mencapai 70% - 80% (Rosidi, 2017) dengan persamaan:

$$Q_{\text{air limbah}} = 80\% \times Q_{\text{air bersih}} \quad (3.1)$$

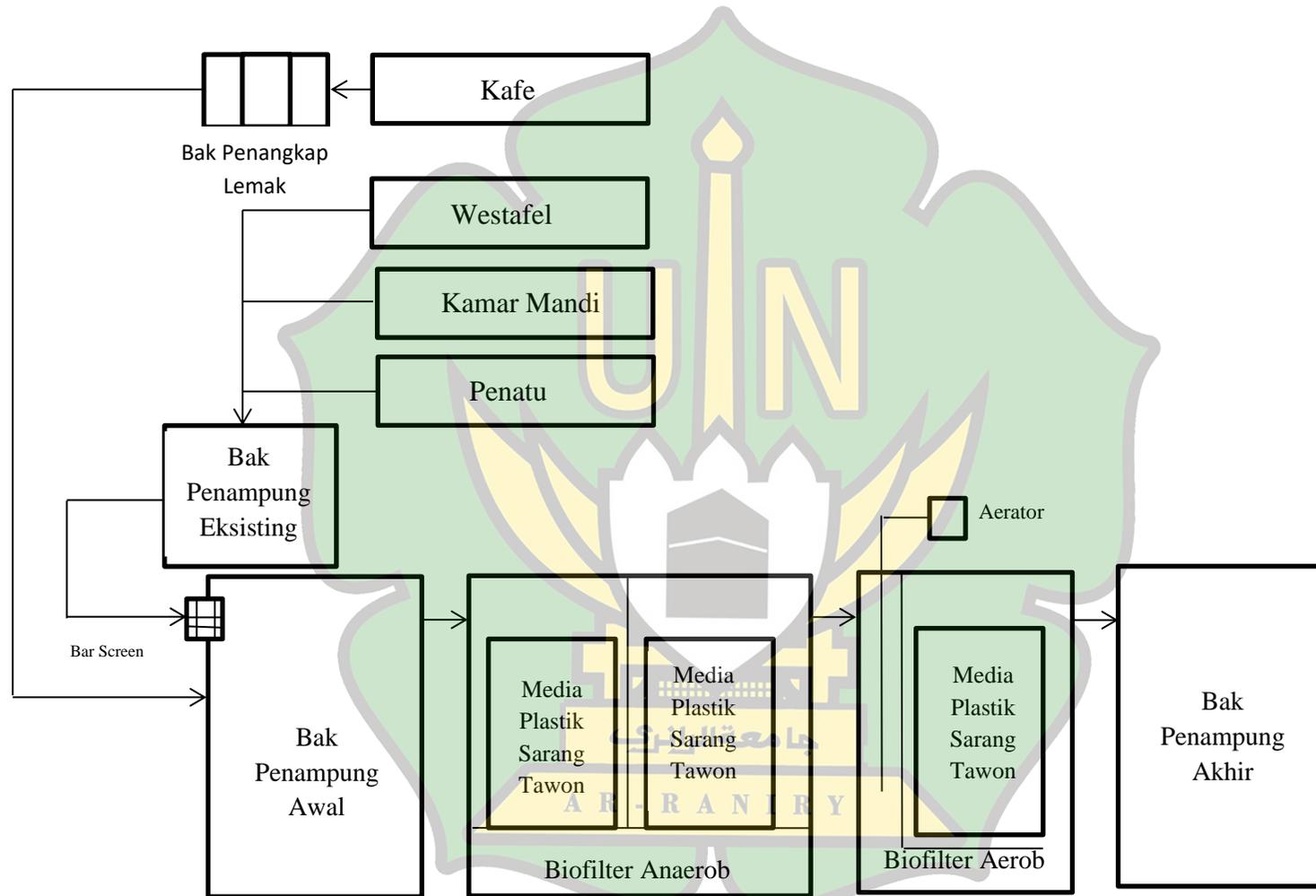
Debit yang diperoleh selanjutnya dikonversi baik dalam satuan m³/hari maupun dalam satuan m³/jam. Cara mengkonversi debit dihitung dalam persamaan berikut (Batubara, 2019):

$$Q_{\text{average}} (\text{m}^3/\text{jam}) = Q (\text{m}^3/\text{jam}) 24 \text{ jam} \quad (3.2)$$

3.6.2 Perencanaan Unit Pengolahan

Detail unit perencanaan unit pengolahan air limbah meliputi hal-hal berikut ini:

1. Perhitungan detail dimensi unit pengolahan. Perhitungan ini untuk menentukan dimensi setiap unit pengolahan agar berfungsi secara optimal yang disesuaikan dengan kriteria desain.
2. Gambar detail unit pengolahan. Gambar detail setiap unit pengolahan yang dibuat dengan menggunakan *software* AutoCAD dengan menyesuaikan hasil perhitungan detail dimensi unit pengolahan.
3. *Bill of Quantity* (BoQ). BOQ adalah estimasi biaya dalam satuan proyek konstruksi biasanya disajikan dalam 3 hal pokok yaitu deskripsi pekerjaan, volume dan unit harga suatu pekerjaan. BoQ sering digunakan untuk mengajukan penawaran harga kontrak kerja pada industri konstruksi yang disiapkan dalam bentuk dokumen oleh *Quantity Surveyor* dengan melampirkan daftar rancangan pekerjaan yang terdiri dari perhitungan dan jumlah volume yang digunakan.



Gambar 3.3 Skema Pengolahan IPAL

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kondisi Eksisting Sistem Pengolahan Air Limbah di Hotel Mita Mulia, Banda Aceh

Sebelum akhirnya Hotel Mita Mulia masuk kategori hotel bintang 1, menurut Badan Pusat Statistik (2016) Hotel Mita Mulia masih dalam kategori penginapan melati atau wisma apabila ditinjau dari aspek jumlah kamar, luas lahan dan fasilitasnya. Semenjak penaikan tingkatan kelas hotel pada tahun 2005 tersebut, Hotel Mita Mulia menjalankan sistem pengolahan air buangnya menggunakan tempat penampungan sementara dengan total 2 buah bak penampungan masing-masing dengan Panjang 4 meter, Lebar 2 meter dan Tinggi 1,80 meter berkapasitas 14.400 Liter yang diletakkan di belakang dan di depan bangunan hotel, jika bak penampungan yang di belakang sudah hampir melebihi kapasitas, maka akan dialirkan ke bak penampungan depan melalui pipa untuk diambil air limbahnya oleh pihak ketiga.

Kondisi penampungan sementara air limbah tidak sanggup menampung air limbah yang telah melebihi kapasitas pada jam puncak, sehingga tidak ada pengolahan yang dilakukan. Hal ini mengakibatkan sering terjadinya luapan saat hujan dan timbulnya bau saat kemarau karena adanya endapan yang belum disedot. Berdasarkan permasalahan tersebut, maka perlu dilakukan pengolahan lebih lanjut menggunakan IPAL untuk mengurangi biaya operasional perawatan dengan menggabungkan 2 jenis air limbah yaitu *grey water* dan *black water* yang akan direncanakan pada penelitian ini.

4.2 Karakteristik Air Limbah Hotel Mita Mulia

Jenis air limbah yang diuji pada penelitian ini adalah *grey water* dan *black water* yang berasal dari aktivitas dapur dan kloset kamar mandi. Sampel yang diambil yaitu pada bak penampungan bagian depan bangunan hotel sebagai titik pengumpulan akhir air limbah sebelum diserahkan ke pihak ketiga. Pengambilan

sampel air limbah dilakukan pukul 10.00 WIB sebagai uji pendahuluan sebelum melakukan penelitian. Sampel air limbah kemudian dilakukan pengujian ke Laboratorium Teknik Lingkungan Universitas Islam Negeri Ar-Raniry dan Laboratorium Teknik Penguji Kualitas Lingkungan Universitas Syiah Kuala dengan parameter pH, Minyak dan Lemak, COD, BOD, TSS dan Amoniak dengan acuan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 68 Tahun 2016 tentang standar baku mutu air limbah domestik. Setelah air limbah diuji kadar beban pencemarnya, selanjutnya dilakukan perbandingan antara hasil uji pendahuluan dengan standar baku mutu air limbah domestik sebagai salah satu syarat kriteria desain yang dapat dilihat pada tabel 4.1 di bawah ini.

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Kualitas Air Limbah Hotel Mita Mulia

No.	Parameter	Satuan	Hasil Uji Pendahuluan	Kadar Maksimum	Keterangan
1	pH	-	7,4	6 – 9	Sesuai baku mutu*
2	COD	mg/L	336	100	Melewati baku mutu
3	BOD	mg/L	236	30	Melewati baku mutu
4	TSS	mg/L	128	30	Melewati baku mutu
5	Minyak dan Lemak	mg/L	3,55	5	Sesuai baku mutu
6	Amoniak	mg/L	11,25	10	Melewati baku mutu

Sumber: (Hasil Uji Laboratorium Teknik Penguji Kualitas Lingkungan, 2022)

*Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 68 Tahun 2016

Berdasarkan hasil uji pendahuluan di atas, perlu diperhatikan beberapa parameter telah melewati standar baku mutu yang ditetapkan dan perlu dilakukan pengolahan terlebih dahulu sebelum dibuang ke badan penerima air. Perbandingan beban pencemar COD, BOD dan TSS menentukan pemilihan proses yang akan digunakan dalam pengolahan air limbah. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Neshart (2021), faktor yang mempengaruhi kadar BOD yang tinggi pada air

limbah ialah kandungan bahan organik yang terdapat di dalam air, suhu, densitas plankton nilai pH oksigen terlarut dan keberadaan mikroba dapat mengakibatkan penipisan oksigen terlarut melalui proses dekomposisi bahan organik dalam kondisi aerob dan penurunan nilai pH di perairan. Parameter TSS sangat berhubungan erat dengan kekeruhan pada air yang disebabkan oleh kandungan zat padat tersuspensi misalnya pasir halus, tanah liat dan lumpur alami yang merupakan bahan anorganik atau bisa juga berupa bahan organik yang terapung di perairan. Oleh karena itu, perlu direncanakan pembangunan IPAL untuk mengolah air limbah Hotel Mita Mulia agar kualitas air limbah yang dihasilkan ramah lingkungan.

4.2.1 Debit Air Limbah Domestik

Perhitungan debit air limbah dilakukan berdasarkan kapasitas maksimum jumlah tamu hotel sebagai berikut

Diketahui :

Jumlah kamar keseluruhan	: 48 kamar
Kapasitas maksimum	: 202 orang
Jumlah karyawan	: 11 orang
Potensi air limbah	: 80% dari penggunaan air bersih (Said,2017)

Perhitungan debit:

$$\begin{aligned} \text{Volume pemakaian air bersih oleh tamu} &= 202 \text{ orang} \times 150 \text{ L/orang/hari} \\ &= 30.300 \text{ L/hari} \\ &= 30,3 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume pemakaian air bersih karyawan} &= 11 \text{ orang} \times 75 \text{ L/orang/hari} \\ &= 825 \text{ L/hari} \\ &= 0,825 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume pemakaian air} &= 30,3 \text{ m}^3/\text{hari} + 0,825 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 31,125 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 31.125 \text{ L/hari} + 20\% \\ &= 37.350 \text{ L/hari} \\ &= 3.735 \text{ L/orang/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume limbah yang dihasilkan} &= 37.350 \text{ m}^3/\text{hari} \times 80\% \\
 &= 29,88 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= 30 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= 30.000 \text{ L/hari} \\
 &= 3.000 \text{ L/jam}
 \end{aligned}$$

Untuk menentukan waktu tinggal pada setiap unit-unit pengolahan dalam IPAL, maka perlu dilakukan perhitungan parameter beban pencemar yang dihasilkan perhari.

Diketahui:

$$\begin{aligned}
 \text{Kadar TSS} &= 128 \text{ mg/L} \\
 Q_{\text{air limbah}} &= 30.000 \text{ L/hari} \\
 \text{TSS/hari} &= \text{TSS} \times Q_{\text{air limbah}} \\
 &= 128 \times 30.000 \\
 &= 3.840 \text{ mg/hari} \\
 &= 3,84 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

Diketahui:

$$\begin{aligned}
 \text{Kadar BOD} &= 236 \text{ mg/L} \\
 Q_{\text{air limbah}} &= 30.000 \text{ L/hari} \\
 \text{BOD/hari} &= \text{BOD} \times Q_{\text{air limbah}} \\
 &= 236 \text{ mg/L} \times 30.000 \text{ L/hari} \\
 &= 7.080 \text{ mg/hari} \\
 &= 7,08 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

Diketahui:

$$\begin{aligned}
 \text{Kadar COD} &= 336 \text{ mg/L} \\
 Q_{\text{air limbah}} &= 30.000 \text{ L/hari} \\
 \text{COD/hari} &= \text{COD} \times Q_{\text{air limbah}} \\
 &= 336 \text{ mg/L} \times 30.000 \text{ L/hari} \\
 &= 10.080 \text{ mg/hari}
 \end{aligned}$$

$$= 10,08 \text{ kg/hari}$$

Diketahui:

$$\text{Kadar Amonia} = 11,25 \text{ mg/L}$$

$$Q_{\text{air limbah}} = 30.000 \text{ L/hari}$$

$$\text{NH}_3/\text{hari} = \text{NH}_3 \times Q_{\text{air limbah}}$$

$$= 11,25 \text{ mg/L} \times 30.000 \text{ L/hari}$$

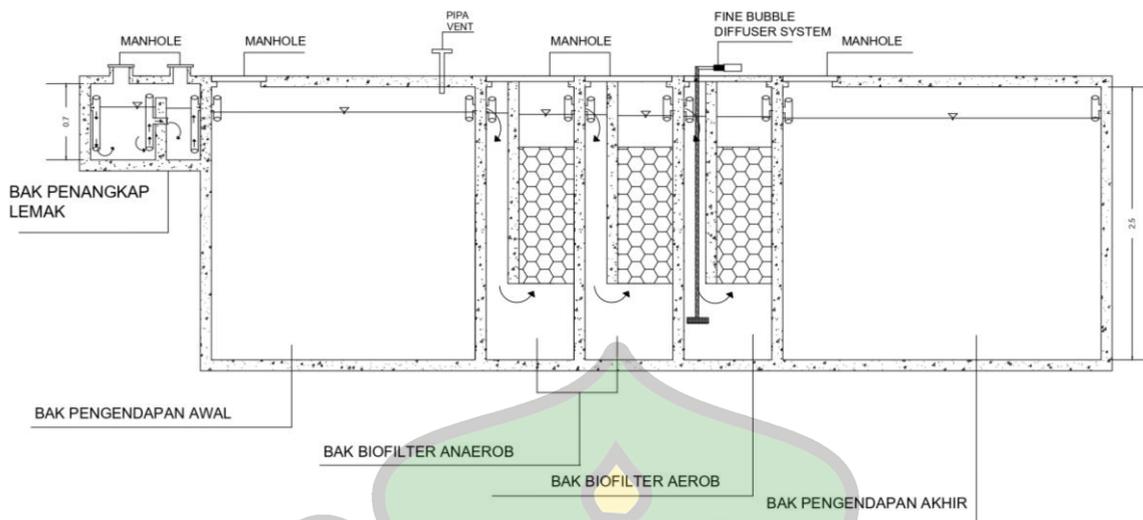
$$= 337,5 \text{ mg/hari}$$

$$= 0,33 \text{ kg/hari}$$

Parameter pH dan minyak & lemak tidak diperhitungkan dalam perencanaan ini dikarenakan kedua parameter tersebut masih di bawah standar baku mutu air limbah yang telah ditetapkan.

4.3 Desain IPAL Domestik untuk Hotel Mita Mulia

Parameter yang diuji pada air limbah domestik yang dihasilkan oleh Hotel Mita Mulia beberapanya ada yang melewati standar baku mutu, sehingga perlu dilakukan penanganan guna mencegah terjadinya pencemaran di sekitar gedung perhotelan. Tidak maksimalnya kondisi eksisting sistem pengolahan air limbah mengakibatkan lingkungan tercemar karena kandungan beban organik yang ada di dalamnya. Teknologi pengolahan air limbah salah satunya ialah IPAL dengan proses kombinasi Biofilter Anaerob-Aerob aliran sesuai gravitasi. Air limbah yang mengalir dari kegiatan perhotelan dialirkan ke dalam bak ekualisasi untuk mengatur debit air limbah sehingga mencegah terjadinya *shock loading* atau debit air limbah yang meningkat secara tiba-tiba. Pengolahan selanjutnya yaitu air limbah mengalir melewati *bar screen* guna perangkap limbah padat yang ikut mengalir dengan air limbah sehingga mencegah terjadinya gangguan proses pengolahan yang terjadi di dalam unit-unit IPAL, setelah melewati *bar screen* air limbah dialirkan ke bak penangkap lemak guna memisahkan minyak yang mengapung di atas permukaan air limbah sehingga menghindari terjadinya penggumpalan yang membuat pipa tersumbat. Desain proses pengolahan air limbah domestik dapat dilihat pada Gambar 4.1 berikut.



Gambar 4.1 Desain Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik

Langkah selanjutnya air limbah langsung dialirkan ke dalam unit IPAL yaitu bak pengendapan awal sehingga proses sedimentasi lebih optimal. Setelah melewati proses pengendapan air limbah dialirkan ke unit Biofilter Anaerob berjumlah 2 kompartemen dengan 2 media plastik sarang tawon berukuran Panjang 120cm × Lebar 50cm × Tinggi 60cm yang didesain sesuai kebutuhan beban pencemar air limbah. Pengolahan selanjutnya yaitu air limbah dialirkan ke Biofilter Aerob yang menggunakan oksigen sebagai suplai untuk memenuhi kebutuhan bakteri aerob dalam proses pengolahan bahan organik yang lebih baik. Tahap selanjutnya air limbah dialirkan ke bak pengendapan akhir sebagai proses sedimentasi akhir sebelum dibuang ke badan air. Desain IPAL berpedoman pada Peraturan Kementerian PUPR (2018) Buku A dan pembuatan BoQ pada Buku E.

4.4 Teknologi Pengolahan Air Limbah untuk Hotel Mita Mulia

Berdasarkan latar belakang dan kualitas air limbah Hotel Mita Mulia, maka ditetapkan teknologi pengolahan air limbah pada IPAL yang direncanakan dengan sistem Biofilter Anaerob dan Aerob yang dilengkapi dengan media plastik sarang tawon dengan sistem *up and down flow* atau mengikuti gaya gravitasi. Air limbah akan melewati *bar screen* dan bak penangkap minyak dan lemak sebelum dialirkan ke dalam unit-unit IPAL dengan waktu tinggal yang telah ditetapkan

berdasarkan beban pencemar. Biofilter anaerob dan aerob mampu menurunkan beban pencemar atau mempunyai *removal* BOD sebesar 90 – 96%, COD sebesar 95 – 98%, TSS sebesar 94,1 – 95% dan ammonia sebesar 94,1% (Said, 2017). Setelah melewati tahap penguraian bahan organik, air limbah dialirkan ke bak indikator sebagai pengolahan terakhir sebelum dibuang ke badan air untuk memastikan air limbah sudah layak dibuang ke badan penerima air, sehingga diharapkan hasil air limbah yang jernih dan terbebas dari bahan organik yang dapat mencemari lingkungan sekitar bangunan perhotelan.

Proses pengolahan secara aerobik umumnya digunakan untuk pengolahan air limbah dengan beban pencemar yang tidak terlalu besar, sedangkan proses pengolahan secara anaerobik umumnya digunakan untuk air limbah dengan beban pencemar yang sangat tinggi. Maka dari itu pada penelitian ini menggunakan teknologi pengolahan kombinasi biofilter anaerob-aerob untuk mengantisipasi beban pencemar yang sewaktu-waktu akan meningkat karena debit air limbah yang juga meningkat pada hari besar misalnya acara wisuda.

4.5 Perhitungan Dimensi Unit-Unit Pengolahan

4.5.1 Bak Penangkap Lemak

Bak penangkap lemak berfungsi sebagai penyisihan minyak dan lemak pada air limbah agar tidak mengganggu proses pengolahan dalam unit IPAL. Berikut perhitungan dimensi bak penangkap lemak:

Diketahui

- Debit air limbah (Q) = 30 m³/hari
- Waktu tinggal (rt) = 0,5 – 2 jam
- Kedalaman = 0,5 m
- Lebar = 0,5 m
- Dimensi bak yang diperoleh
 - Panjang = 1 m
 - Lebar = 0,5 m
 - Kedalaman air = 0,5 m
 - Ruang bebas = 0,2 m

Tinggi = 0,7 m

Perhitungan produksi minyak pada bak penangkap lemak

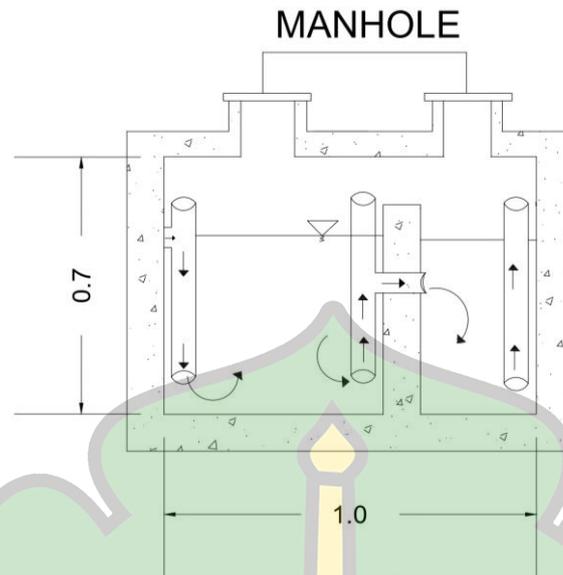
Diketahui

- Debit rata-rata = 30 m³/hari
- Konsentrasi minyak = 3,55 mg/L
= 3,55 mg/L × 10⁻³ kg/m³
- Massa jenis minyak = 0,900 kg/l
- rt = 60 menit

Perhitungan

- Massa minyak (m³/hari) = konsentrasi minyak (kg/m³) × debit rata-rata (m³/hari)
= 3,55 mg/L × 10⁻³ kg/m³ × 30 m³/hari
= 106,5 kg/hari
- Volume minyak (kg/l) = massa minyak (kg/hari) / massa jenis minyak
= $\frac{106,5 \text{ kg/hari}}{0,900 \text{ kg/l}}$
= 0,1183 m³

Minyak dan lemak yang terperangkap selanjutnya akan dibuang secara berkala dengan cara manual selama 3 hari sekali dengan pertimbangan dikhawatirkannya *scum* atau sampah yang terbentuk akan mengeras sehingga sulit dibuang. Desain gambar bak penangkap lemak dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4.2 Desain Bak Penangkap Lemak

4.5.2 Bak Penampung Eksisting

Bak penampung eksisting di Hotel Mita Mulia akan direncanakan sebagai bak penampung sementara sebelum air limbah dipompa ke dalam unit-unit IPAL dengan Panjang 4 meter, Lebar 2 meter dan Tinggi 1,8 meter. Untuk mengetahui kapasitas volume yang tertampung pada bak penampung sementara yang dimiliki Hotel Mita Mulia, maka dilakukan perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Volume} &= \text{Panjang} \times \text{Lebar} \times \text{Tinggi} \\
 &= 4,00 \text{ m} \times 2,00 \text{ m} \times 1,80 \text{ m} \\
 &= 14,4 \text{ m}^3 \\
 &= 14,400 \text{ L}
 \end{aligned}$$

Berarti debit maksimum yang dapat ditampung oleh bak penampungan sementara sebesar 14,400 Liter.

Spesifikasi pompa yang dibutuhkan didesain berdasarkan besar debit air limbah yang akan dipompa setiap hari. Pompa digunakan untuk mengalirkan air limbah dari bak ekualisasi menuju bak pengendapan awal dengan debit air limbah 20,83 L/menit adalah sebagai berikut:

- Tipe = Pompa celup/*submersible pump*

- Kapasitas = 3000 L/jam
- Head max = 3,6 m
- Power = 26 Watt
- Kabel = 1,7 m
- Dimensi = 159 × 99 × 104
- Rekomendasi = Sunsun JTP 3000

4.5.3 Bak Pengendapan Awal

Bak pengendapan awal direncanakan digabungkan dengan unit ekualisasi. Desain bak pengendapan awal dapat dilihat pada lampiran gambar. Pada bak pengendapan awal hanya terjadi proses pengendapan atau sedimentasi dengan waktu tinggal yang akan direncanakan sebagai berikut:

a. Influent

$$Q_{\text{air limbah}} = 30 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{BOD}_{\text{influen}} = 236 \text{ mg/L}$$

$$\text{COD}_{\text{influen}} = 336 \text{ mg/L}$$

$$\text{TSS}_{\text{influen}} = 128 \text{ mg/L}$$

$$\text{NH}_3_{\text{influen}} = 11,25 \text{ mg/L}$$

b. Perhitungan dimensi

$$\text{Waktu tinggal (rt)} = 5 \text{ jam (Said dkk., 2011)}$$

$$V_{\text{pengendap awal}} = \frac{5 \text{ jam}}{24 \text{ jam}} \times 30 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 6,25 \text{ m}^3$$

Dimensi yang dibutuhkan

$$V_{\text{pengendap awal}} = A \times h$$

$$6,25 \text{ m}^3 = A \times 2 \text{ m}$$

$$A = \frac{6,25 \text{ m}^3}{2 \text{ m}}$$

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

$$\text{Rasio P:L} = 2:1$$

$$2L^2 = 3,1 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned}
 L^2 &= \sqrt{1,5} \\
 L &= 1,2 \text{ m} \\
 P &= 2 \times L \\
 &= 2,4 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Maka dimensi yang ditetapkan

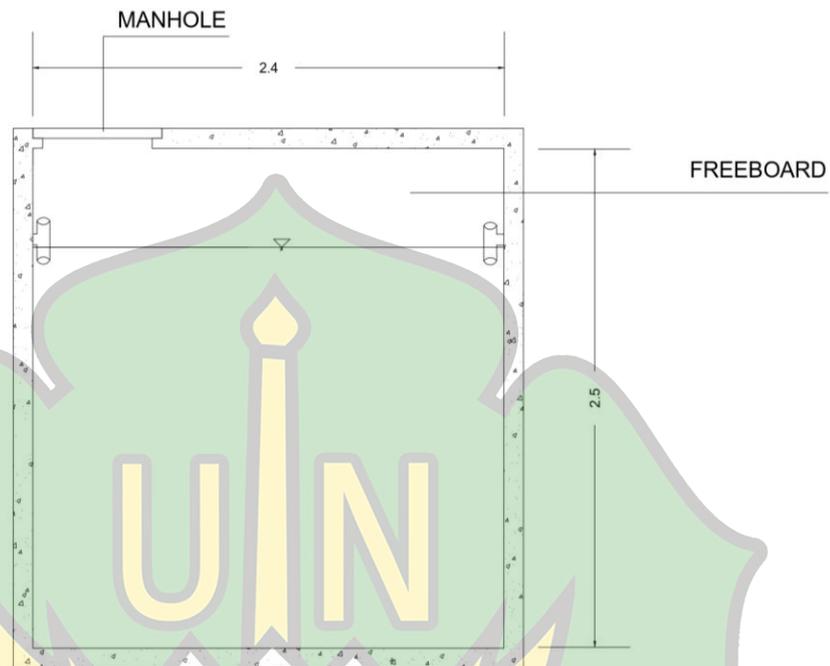
$$\begin{aligned}
 \text{Dimensi} &= \text{Panjang} \times \text{Lebar} \times \text{Kedalaman} \\
 &= 2,4 \text{ m} \times 1,2 \text{ m} \times 2 \text{ m} \\
 &= 5,7 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

c. Efluen

Pada pengolahan pertama di bak pengendap awal tidak terjadi penyisihan BOD dan COD yang signifikan, sehingga konsentrasi *effluent* dianggap sama dengan konsentrasi *influentnya*. Sedangkan TSS terjadi penyisihan dengan efisiensi sebesar 80% (Hidayati, 2017), maka kadar senyawa *effluent* air limbah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{TSS}_{\text{removal}} &= 80\% \times \text{TSS}_{\text{influen}} \\
 &= 80\% \times 128 \text{ mg/L} \\
 &= 102,4 \text{ mg/L} \\
 \text{TSS}_{\text{effluen}} &= \text{TSS}_{\text{influen}} - \text{TSS}_{\text{removal}} \\
 &= 128 \text{ mg/L} - 102,4 \text{ mg/L} \\
 &= 25,4 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

Desain Bak Pengendapan Awal dapat dilihat pada Gambar 4.3 di bawah ini.



Gambar 4.3 Desain Bak Pengendapan Awal

4.5.4 Bak Biofilter Anaerob

Berikut dilakukan perhitungan dimensi bak biofilter anaerob, waktu tinggal dan perhitungan kadar beban pencemar organik. Desain bak biofilter anaerob dapat dilihat pada lampiran gambar.

a. Influen

- $Q_{\text{air limbah}} = 30 \text{ m}^3/\text{hari}$
- $\text{BOD}_{\text{influen}} = 236 \text{ mg/L}$
- $\text{COD}_{\text{influen}} = 336 \text{ mg/L}$
- $\text{TSS}_{\text{influen}} = 25,6 \text{ mg/L}$
- $\text{Amonia} = 11,25 \text{ mg/L}$

b. Perhitungan dimensi

- Beban BOD dan COD dalam air limbah (kg/hari)

$$\text{Total beban BOD} = Q \times \text{BOD}_{\text{in}}$$

$$= 30 \text{ m}^3/\text{hari} \times 236 \text{ mg/L}$$

$$= 7.080 \text{ g/hari}$$

$$= 7,08 \text{ kg/hari}$$

$$\text{Total beban COD} = Q \times \text{COD}_{\text{in}}$$

$$= 30 \text{ m}^3/\text{hari} \times 336 \text{ mg/L}$$

$$= 10.080 \text{ g/hari}$$

$$= 10,08 \text{ kg/hari}$$

Standar beban BOD dengan *packing material* berupa plastik adalah 0,6 – 3,2 kg BOD/m³.hari (Metcalf & Eddy, 2003), maka ditetapkan beban BOD yang digunakan yaitu 3 kg BOD/m³.hari.

$$\begin{aligned} - V_{\text{media biofilter}} &= \frac{\text{Total Beban BOD}}{\text{BOD standar}} \\ &= \frac{7,08 \text{ kg/hari}}{3,0 \text{ kg/m}^3} \\ &= 2,36 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - V_{\text{reaktor diperlukan}} &= \frac{100}{60} \times 2,36 \text{ m}^3 \\ &= 3,93 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Direncanakan terdapat 2 ruang, sehingga:

$$\begin{aligned} - V_{\text{reaktor setiap ruang}} &= 3,93 : 2 \\ &= 1,97 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Beban COD 12 – 30 kg/m³.hari dan temperature rata-rata yaitu pada suhu 36°C dengan waktu tinggal 3 – 8 jam (Metcalf dan Eddy, 2003). Maka waktu tinggal yang diperlukan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} - rt &= \frac{V_{\text{reaktor}}}{\text{debit air limbah}} \times 24 \text{ jam/hari} \\ &= \frac{1,97 \text{ m}^3}{30 \text{ m}^3} \times 24 \text{ jam/hari} \\ &= 1,58 \text{ jam} \end{aligned}$$

– Dimensi yang diperlukan:

$$V_{\text{bak anaerob}} = A \times h$$

$$3,39 \text{ m}^3 = A \times 2 \text{ m}$$

$$A = \frac{3,39 \text{ m}^3}{2 \text{ m}}$$

$$= 1,6 \text{ m}^2$$

$$\text{Rasio P:L} = 2:1$$

$$2L^2 = \sqrt{0,8 \text{ m}^2}$$

$$\text{Lebar} = 0,8 \text{ m}$$

$$\text{Panjang} = 2 \times \text{Lebar}$$

$$= 1,6 \text{ m}$$

Maka dimensi yang ditetapkan

$$\text{Dimensi} = \text{Panjang} \times \text{Lebar} \times \text{Kedalaman}$$

$$= 1,6 \text{ m} \times 0,8 \text{ m} \times 2 \text{ m}$$

$$= 2,5 \text{ m}^3 \text{ (volume yang diperlukan)}$$

Tinggi ruang bebas yang direncanakan yaitu 0,5 m sehingga total kedalaman bak yang diperlukan sebesar 2,5 m.

– Cek waktu tinggal

$$t = \frac{2,5 \text{ m}^3}{1,26 \text{ m}^3/\text{hari}}$$

$$= 2 \text{ jam}$$

Tinggi ruang lumpur yaitu 0,5 m, tinggi bed media pembiakan mikroba 1,2 m dan tinggi air di atas bed media yaitu 20 cm. maka volume total media biofilter anaerob yaitu:

$$- V_{\text{total media biofilter anaerob}} = 1,2 \text{ m} \times 0,8 \text{ m} \times 1,6 \text{ m}$$

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

$$- \text{BOD}_{\text{loading per v media}} = \frac{7,08 \text{ BOD kg/hari}}{1,5 \text{ m}^3}$$

$$= 4,7 \text{ BOD kg/m}^3 \cdot \text{hari}$$

– Perencanaan media biofilter

Volume media biofilter adalah 60% untuk bak pertama kemudian 40% untuk bak selanjutnya sehingga volume media yang digunakan adalah sebesar:

– Ruang pertama:

$$\begin{aligned} V &= 40\% \times V_{\text{bak anaerob}} \text{ (m}^3\text{)} \\ &= 40\% \times 2,36 \text{ m}^3 \\ n &= 0,94 / 0,36 \\ &= 2,61 \approx 3 \text{ buah} \end{aligned}$$

– Ruang kedua:

$$\begin{aligned} V &= 60\% \times V_{\text{bak anaerob}} \text{ (m}^3\text{)} \\ &= 60\% \times 2,36 \text{ m}^3 \\ n &= 1,41 / 0,36 \\ &= 3,91 \approx 4 \text{ buah} \end{aligned}$$

– Dimensi ruang biofilter:

$$\begin{aligned} \text{Perbandingan Volume} &= \text{ruang 1 : ruang 2} \\ &= 40\% : 60\% \\ &= 2 : 3 \end{aligned}$$

Ruang 1:

$$\begin{aligned} \text{Panjang} &= 2/5 \times P \\ &= 2/5 \times 1,6 \text{ m} \\ &= 0,6 \text{ m} \end{aligned}$$

Ruang 2:

$$\begin{aligned} \text{Panjang} &= 3/5 \times P \\ &= 3/5 \times 1,6 \text{ m} \\ &= 0,9 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lebar} &= \text{Lebar dimensi : 2} \\ &= 0,8 \text{ m : 2} \\ &= 0,4 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\text{Kedalaman} = 2 \text{ m}$$

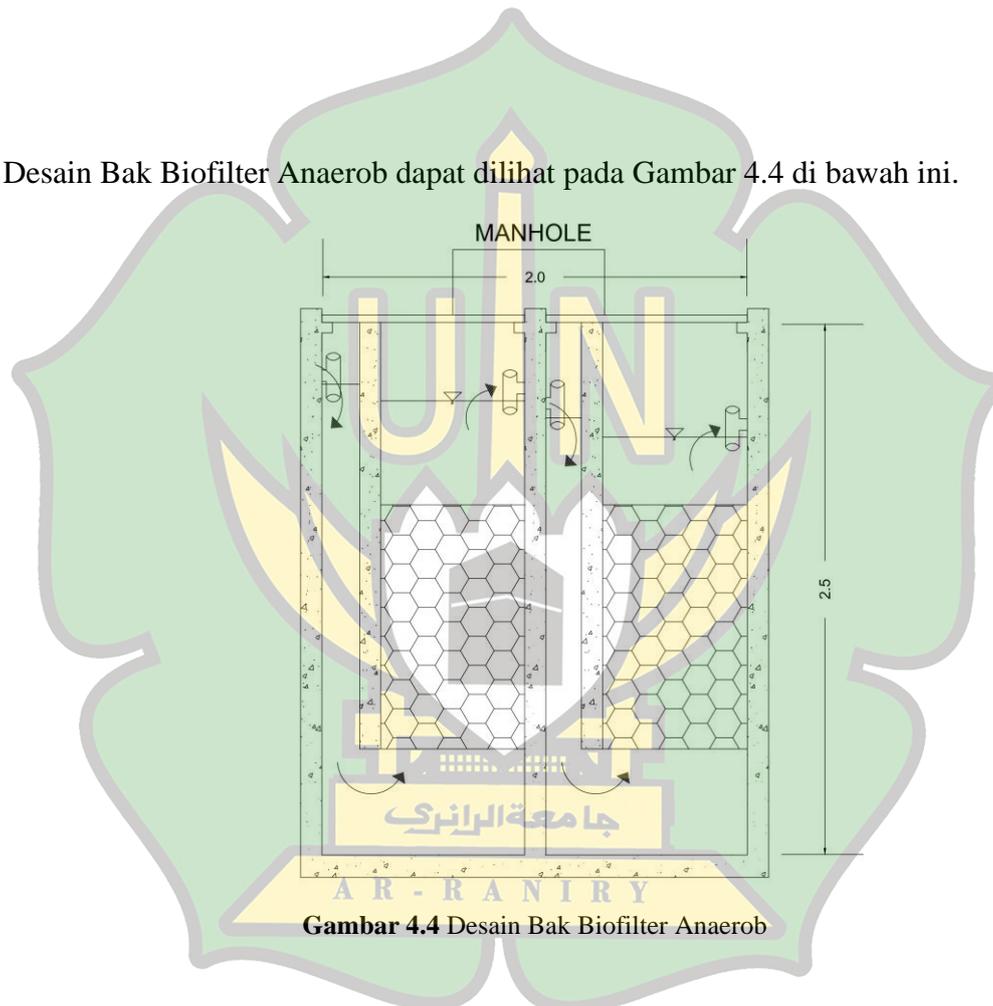
$$\text{Tinggi ruang bebas} = 0,5 \text{ m}$$

c. Perhitungan kadar bahan organik

Media yang digunakan dalam perencanaan ini yaitu material plastik sarang tawon (*honeycomb*) dengan efisiensi penyisihan BOD yaitu berkisar 90 – 96% (Said, 2017), maka efisiensi penyisihan BOD, COD dan TSS yang ditetapkan berturut-turut sebesar 90%, 90% dan 94%. Maka kadar senyawa efluen air limbah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 - \text{BOD}_{\text{removal}} &= 90\% \times \text{BOD}_{\text{influen}} \\
 &= 90\% \times 236 \text{ mg/L} \\
 &= 212,4 \text{ mg/L} \\
 - \text{BOD}_{\text{efluen}} &= \text{BOD}_{\text{influen}} - \text{BOD}_{\text{removal}} \\
 &= 236 \text{ mg/L} - 212,4 \text{ mg/L} \\
 &= 23,6 \text{ mg/L} \\
 - \text{COD}_{\text{removal}} &= 90\% \times \text{COD}_{\text{influen}} \\
 &= 90\% \times 336 \text{ mg/L} \\
 &= 302,4 \text{ mg/L} \\
 - \text{COD}_{\text{efluen}} &= \text{COD}_{\text{influen}} - \text{COD}_{\text{removal}} \\
 &= 336 \text{ mg/L} - 302,4 \text{ mg/L} \\
 &= 33,6 \text{ mg/L} \\
 - \text{TSS}_{\text{removal}} &= 94\% \times \text{TSS}_{\text{influen}} \\
 &= 94\% \times 25,4 \text{ mg/L} \\
 &= 23,87 \text{ mg/L} \\
 - \text{TSS}_{\text{efluen}} &= \text{TSS}_{\text{influen}} - \text{TSS}_{\text{removal}} \\
 &= 25,4 \text{ mg/L} - 23,87 \text{ mg/L} \\
 &= 1,53 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

Desain Bak Biofilter Anaerob dapat dilihat pada Gambar 4.4 di bawah ini.



Gambar 4.4 Desain Bak Biofilter Anaerob

4.5.5 Bak Biofilter Aerob

Bak biofilter aerob dilengkapi dengan media biofilter yang sama dengan kolam biofilter anaerob dan dilengkapi dengan blower udara yang berfungsi sebagai aerator. Desain bak biofilter aerob dapat dilihat pada lampiran gambar.

a. Ifluen

- Debit yang masuk ke bak pengendap awal sebesar:

$$Q_{\text{air limbah}} = 30 \text{ m}^3/\text{hari}$$

- Kadar senyawa organik yang masuk ke bak dengan parameter:

$$\text{BOD}_{\text{influen}} = 23,6 \text{ mg/L}$$

$$\text{COD}_{\text{influen}} = 16,8 \text{ mg/L}$$

$$\text{TSS}_{\text{influen}} = 1,53 \text{ mg/L}$$

$$\text{NH}_{3\text{influen}} = 11,25 \text{ mg/L}$$

b. Perhitungan dimensi

- Beban BOD dan COD dalam air limbah (kg/hari)

$$\begin{aligned} \text{Total beban BOD} &= Q_{\text{air limbah}} \times \text{BOD}_{\text{in}} \\ &= 30 \text{ m}^3/\text{hari} \times 23,4 \text{ mg/L} \\ &= 702 \text{ g/hari} \\ &= 0,70 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total beban COD} &= Q_{\text{air limbah}} \times \text{COD}_{\text{in}} \\ &= 30 \text{ m}^3 \times 16,8 \text{ mg/L} \\ &= 504 \text{ g/hari} \\ &= 0,50 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

- Volume media berdasarkan pada besar beban BOD. Untuk pengolahan air limbah dengan proses biofilter standar beban BOD per volume media yaitu 0,6 – 3,2 kg BOD/m³.hari (Kemenkes, 2011) ditetapkan beban BOD yang akan digunakan sebesar 1,5 kg BOD/m³.hari.

$$\begin{aligned} V_{\text{media biofilter}} &= \frac{\text{Total beban BOD}}{\text{BOD standar}} \\ &= \frac{0,70 \text{ kg/hari}}{1,5 \text{ kg/m}^3} \\ &= 0,46 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- Volume media biofilter aerob sebesar 40% dari total volume reaktor (Kemenkes, 2011) sehingga:

$$\begin{aligned} V_{\text{reaktor diperlukan}} &= \frac{100}{40} \times V_{\text{media biofilter}} \\ &= \frac{100}{40} \times 0,46 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$= 1,15 \text{ m}^3 \approx 2 \text{ m}^3$$

- Waktu tinggal dalam reaktor yang ditetapkan adalah 6 – 8 jam (Kemenkes, 2011) dengan cek waktu tinggal sebagai berikut:

$$\begin{aligned} r_t &= \frac{V_{reaktor}}{Q_{air limbah}} \times 24 \text{ jam/hari} \\ &= \frac{1 \text{ m}^3}{30 \text{ m}^3} \times 24 \text{ jam/hari} \\ &= 0,8 \text{ jam} \end{aligned}$$

- Dimensi yang dibutuhkan:

$$\begin{aligned} V_{bak aerob} &= A \times h \\ 1 \text{ m}^3 &= A \times 2 \text{ m} \\ A &= 1 \text{ m}^3 / 2 \text{ m} \\ &= 0,5 \text{ m}^2 \\ \text{Rasio P:L} &= 2:1 \\ 2L^2 &= 0,5 \text{ m}^2 \\ L^2 &= \sqrt{0,2} \\ L &= 0,4 \text{ m} \\ P &= 2 \times L \\ &= 2 \times 0,4 \text{ m} \\ &= 0,8 \text{ m} \end{aligned}$$

Maka dimensi yang ditetapkan

$$\begin{aligned} V_{ruang aerasi} &= \text{Panjang} \times \text{Lebar} \times \text{Kedalaman} \\ &= 0,8 \text{ m} \times 0,4 \text{ m} \times 2 \text{ m} \\ &= 0,6 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- Dimensi yang dibutuhkan untuk ruang media:

$$\text{Lebar} = 0,4 \text{ m}$$

$$\text{Kedalaman} = 2 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang} &= \frac{\text{Volume}}{\text{Lebar} \times \text{Kedalaman}} \\ &= \frac{1-0,96}{0,4 \times 2} \end{aligned}$$

$$= \frac{0,04}{0,8}$$

$$= 0,05 \text{ m}$$

$$V_{\text{ruang media}} = \text{Panjang} \times \text{Lebar} \times \text{Kedalaman}$$

$$= 0,05 \text{ m} \times 0,4 \text{ m} \times 2 \text{ m}$$

$$= 0,04 \text{ m}^3$$

$$\text{Maka total volume efektif} = 0,4 \text{ m} \times 2,64 \times 2 \text{ m}$$

$$= 2,1 \text{ m}^3 \approx 3 \text{ m}^3$$

$$\text{– Waktu tinggal rata-rata} = \frac{3 \text{ m}^3}{30 \text{ m}^3/\text{hari}} \times 24 \text{ jam/hari}$$

$$= 2,4 \text{ jam}$$

Tinggi ruang lumpur yaitu 0,5 m dan tinggi *bed* media biofilter 1,2 m, maka volume total media biofilter aerob yaitu:

$$\text{– } V_{\text{total media biofilter aerob}} = 0,4 \text{ m} \times 0,8 \text{ m} \times 1,2 \text{ m}$$

$$= 0,3 \text{ m}^3$$

$$\text{– } BOD_{\text{loading}} \text{ per volume media} = \frac{0,70 \text{ kg BOD/hari}}{0,3 \text{ m}^3}$$

$$= 2,3 \text{ g BOD/m}^3 \cdot \text{hari}$$

$$= 0,0023 \text{ kg BOD/m}^3 \cdot \text{hari}$$

c. Efluen

Efluen penyisihan untuk BOD, COD, TSS dan Amonia berturut-turut sebesar 90%, 95%, 94% dan 94% (Said, 2017), maka kadar senyawa efluen air limbah sebagai berikut:

$$\text{– } BOD_{\text{removal}} = 90\% \times BOD_{\text{influen}}$$

$$= 90\% \times 23,6 \text{ mg/L}$$

$$= 21,24 \text{ mg/L}$$

$$\text{– } BOD_{\text{efluen}} = BOD_{\text{influen}} - BOD_{\text{removal}}$$

$$= 23,6 - 21,24 \text{ mg/L}$$

$$= 2,36 \text{ mg/L}$$

$$\text{– } COD_{\text{removal}} = 95\% \times COD_{\text{influen}}$$

$$= 95\% \times 16,8 \text{ mg/L}$$

$$= 15,96 \text{ mg/L}$$

$$\begin{aligned} - \text{COD}_{\text{effluen}} &= \text{COD}_{\text{influen}} - \text{COD}_{\text{effluen}} \\ &= 16,8 \text{ mg/L} - 15,9 \text{ mg/L} \\ &= 0,9 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - \text{TSS}_{\text{removal}} &= 94\% \times \text{TSS}_{\text{influen}} \\ &= 94\% \times 1,53 \text{ mg/L} \\ &= 1,43 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - \text{TSS}_{\text{effluen}} &= \text{TSS}_{\text{influen}} - \text{TSS}_{\text{effluen}} \\ &= 1,53 \text{ mg/L} - 1,43 \text{ mg/L} \\ &= 0,1 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - \text{NH}_3_{\text{removal}} &= 94\% \times \text{NH}_3_{\text{influen}} \\ &= 94\% \times 11,25 \text{ mg/L} \\ &= 10,57 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - \text{NH}_3_{\text{effluen}} &= \text{NH}_3_{\text{influen}} - \text{NH}_3_{\text{effluen}} \\ &= 11,25 \text{ mg/L} - 10,57 \text{ mg/L} \\ &= 0,68 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

d. Blower udara

Dalam menentukan blower udara, didasarkan dari kebutuhan oksigen yang diperlukan untuk menghilangkan beban BOD.

- Kebutuhan oksigen ditetapkan efisiensi biofilter aerob yaitu sebesar 90% (Hidayati, 2017) dengan beban BOD yang telah dihitung.

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan teoritis} &= 90\% \times \text{beban BOD} \\ &= 90\% \times 0,70 \text{ kg/hari} \\ &= 0,63 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

- Faktor keamanan dapat ditentukan untuk *packing* berupa *plastic crossflow* maka digunakan faktor keamanan sebesar 1,6 (Metcalf dan Eddy, 2003). Kebutuhan oksigen dapat dihitung sebagai berikut:

$$\text{Kebutuhan oksigen} = \text{Faktor keamanan} \times \text{Kebutuhan}$$

teoritis

$$= 1,6 \times 0,63 \text{ kg/hari}$$

$$= 1,00 \text{ kg/hari}$$

- Kebutuhan udara teoritis yaitu untuk menentukan kapasitas blower. Dapat ditentukan persentase oksigen dalam udara (Metcalf dan Eddy, 2003).

$$\text{Persentase oksigen dalam udara} = 23,18\%$$

$$\text{Suhu udara rata-rata} = 30 \text{ }^\circ\text{C}$$

- Massa jenis udara pada suhu 30 °C dapat dihitung dengan rumus: (Metcalf dan Eddy, 2003)

Diketahui:

$$P = \text{Tekanan atmosfer } 1,01325 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$$

$$M = \text{Mol udara } 28,97 \text{ kg/kg-mol.K}$$

$$R = \text{Konstanta gas universal } 8314 \text{ N.m/kg-mol.K}$$

$$T = \text{Temperatur (Kelvin } 273,15 + 30 \text{ }^\circ\text{C) K}$$

Perhitungan

$$\rho_a = \frac{P \times M}{R \times T}$$

$$= \frac{\left(\frac{1,01325 \cdot 10^5 \text{ N}}{\text{m}^2}\right) \times \left(28,97 \frac{\text{kg}}{\text{kg}} \text{-mol}\right)}{\left(8314 \text{ N} \cdot \frac{\text{m}}{\text{kg}} \text{-mol.K}\right) \times (273,15 + 30) \text{ K}}$$

$$= 1,165 \text{ kg/m}^3$$

- Kemudian dihitung jumlah kebutuhan udara yaitu sebagai berikut:

$$\text{Jumlah kebutuhan udara} =$$

$$\frac{\text{kebutuhan oksigen}}{\text{massa jenis udara} \times \text{persentase oksigen dalam udara}}$$

$$= \frac{1,00 \text{ kg/hari}}{1,165 \text{ kg/m}^3 \times 23,18\%}$$

$$= 0,03 \text{ m}^3/\text{hari}$$

- Kebutuhan udara aktual

Efisiensi blower udara antara 9 – 12% untuk tipe *rigid porous*

tubes, single spiral roll (Metcalf dan Eddy, 2003) maka ditetapkan efisiensi sebesar 10% sehingga kebutuhan udara aktual dapat dihitung dengan sebagai rumus:

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan udara aktual} &= \frac{\text{jumlah kebutuhan teoritis}}{\text{efisiensi blower}(\%)} \\ &= \frac{0,03 \text{ m}^3/\text{hari}}{0,1} \\ &= 0,3 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 0,0002 \text{ m}^3/\text{menit} \\ &= 0,2 \text{ Liter}/\text{menit} \end{aligned}$$

Diperoleh kebutuhan udara sebesar 0,2 liter/menit spesifikasi blower udara yang dibutuhkan adalah:

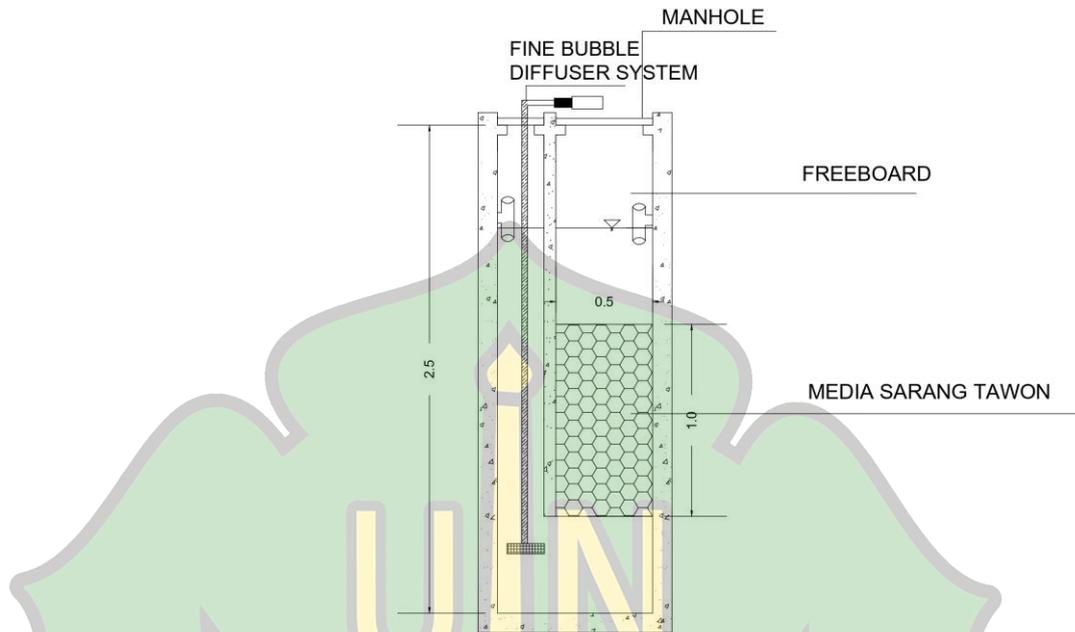
$$\begin{aligned} \text{Kapasitas} &= 200 - 250 \text{ liter}/\text{menit} \\ \text{Head} &= 2 \text{ m} \\ \text{Jumlah} &= 2 \text{ unit (pemakaian secara bergantian)} \\ \text{Rekomendasi} &= \text{Blower GF-180} \\ \text{Daya} &= 180 \text{ Watt} \times 2 \\ &= 360 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Untuk spesifikasi *diffuser* udara yang digunakan adalah:

$$\begin{aligned} \text{Tipe} &= \text{Fine bubble tube diffuser} \\ \text{Diameter} &= 10 \text{ Inch} \\ \text{Flow rate} &= 60 \text{ liter}/\text{menit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah yang diperlukan} &= \frac{\text{jumlah blower udara}}{\text{flow rate diffuser}} \\ &= \frac{250 \text{ liter}/\text{menit}}{60 \text{ liter}/\text{menit}} \\ &= 4 \text{ buah} \end{aligned}$$

Desain Bak Biofilter Aerob dapat dilihat pada Gambar 4.5 di bawah ini.



Gambar 4.5 Desain Bak Biofilter Aerob

4.5.6 Bak Pengendapan Akhir

Pada bak pengendapan akhir diharapkan air limbah sudah jernih dan pada bagian atas bisa langsung dialirkan ke luar unit IPAL atau efluen.

a. Influen

– $Q_{\text{air limbah}} = 30 \text{ m}^3/\text{hari}$ atau $3 \text{ m}^3/\text{jam}$

– Kadar senyawa organik yang masuk ke bak dengan parameter:

$BOD_{\text{influen}} = 2,36 \text{ mg/L}$

$COD_{\text{influen}} = 0,9 \text{ mg/L}$

$TSS_{\text{influen}} = 0,1 \text{ mg/L}$

$NH_{3\text{influen}} = 0,68 \text{ mg/L}$

b. Perhitungan dimensi

– Waktu tinggal dalam reaktor umumnya berkisar 2 – 5 jam (Kemenkes, 2011), maka direncanakan sebesar 2 jam.

$$\begin{aligned} - V &= Q \times rt \\ &= 3 \text{ m}^3/\text{jam} \times 2 \text{ jam} \\ &= 6 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- Dimensi yang dibutuhkan

$$\begin{aligned} V_{\text{bak aerob}} &= A \times h \\ 6 \text{ m}^3 &= A \times 2 \text{ m} \\ A &= 6 \text{ m}^3 / 2 \text{ m} \\ &= 3 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Rasio P:L} = 2:1$$

$$2L^2 = 3 \text{ m}^2$$

$$L^2 = \sqrt{1,5}$$

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

$$\begin{aligned} \text{Panjang} &= 2 \times L \\ &= 2 \times 1,2 \text{ m} \\ &= 2,4 \text{ m} \end{aligned}$$

Maka dimensi yang ditetapkan:

$$\begin{aligned} \text{Dimensi} &= \text{Panjang} \times \text{Lebar} \times \text{Kedalaman} \\ &= 2,4 \text{ m} \times 1,2 \text{ m} \times 2 \text{ m} \\ &= 5,76 \text{ m}^3 \approx 6 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Tinggi ruang bebas yang direncanakan yaitu 0,5 m sehingga total kedalaman bak yang diperlukan sebesar 2,5 m.

- Cek waktu tinggal rata-rata:

$$\begin{aligned} r_t &= \frac{V_{\text{total}}}{Q_{\text{air limbah}}} \\ &= \frac{5,76 \text{ m}^3}{3 \text{ m}^3/\text{jam}} \\ &= 2 \text{ jam} \end{aligned}$$

- Beban permukaan rata-rata

$$\begin{aligned} V_o &= \frac{Q}{A} \\ &= \frac{3 \text{ m}^3/\text{jam}}{2,4 \text{ m} \times 1,2 \text{ m}} \\ &= 1,04 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{jam} \end{aligned}$$

- c. Spesifikasi pompa

$$\text{Tipe} = \text{Pompa celup}$$

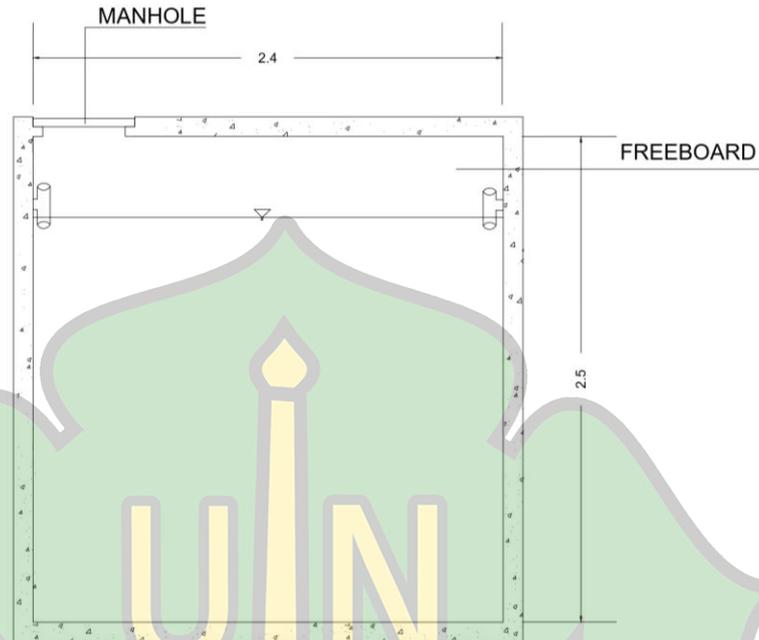
Kapasitas	= 200 – 250 liter/menit
Head	= 2 m
Jumlah	= 2 unit (pemakaian secara bergantian)
Rekomendasi	= Blower GF-180
Daya	= 180 Watt

d. Efluen

Efisiensi penyisihan untuk BOD, COD dan TSS berturut-turut sebesar 10%, 5% dan 6%, maka kadar senyawa efluen air limbah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 - \text{BOD}_{\text{removal}} &= 10\% \times \text{BOD}_{\text{influen}} \\
 &= 10\% \times 2,36 \text{ mg/L} \\
 &= 0,23 \text{ mg/L} \\
 - \text{BOD}_{\text{efluen}} &= \text{BOD}_{\text{influen}} - \text{BOD}_{\text{removal}} \\
 &= 2,36 \text{ mg/L} - 0,23 \text{ mg/L} \\
 &= 2,13 \text{ mg/L} \\
 - \text{COD}_{\text{removal}} &= 5\% \times \text{COD}_{\text{influen}} \\
 &= 5\% \times 0,9 \text{ mg/L} \\
 &= 0,045 \text{ mg/L} \\
 - \text{COD}_{\text{efluen}} &= \text{COD}_{\text{influen}} - \text{COD}_{\text{removal}} \\
 &= 0,9 \text{ mg/L} - 0,045 \text{ mg/L} \\
 &= 0,855 \text{ mg/L} \\
 - \text{TSS}_{\text{removal}} &= 6\% \times \text{TSS}_{\text{influen}} \\
 &= 6\% \times 0,1 \text{ mg/L} \\
 &= 0,006 \text{ mg/L} \\
 - \text{TSS}_{\text{efluen}} &= \text{TSS}_{\text{influen}} - \text{TSS}_{\text{removal}} \\
 &= 0,1 \text{ mg/L} - 0,006 \text{ mg/L} \\
 &= 0,094 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

Desain Bak Pengendapan Akhir dapat dilihat pada Gambar 4.6 di bawah ini.



Gambar 4.6 Desain Bak Pengendapan Akhir

Pada setiap unit pengolahan terdapat efisiensi yang diperkirakan akan menurunkan kandungan organik yang ada pada air limbah Hotel Mita Mulia. Perkiraan kualitas efluen dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Perkiraan Kualitas Efluen

No	Unit IPAL	Parameter			
		BOD (mg/l)	COD (mg/l)	TSS (mg/l)	NH ₃ (mg/l)
	Influen	236	336	128	11,25
1.	Pengendapan awal	0%	0%	80%	0%
		236	336	25,4	11,25
2.	Biofilter Anaerob	90%	95%	94%	0%
		23,6	16,8	1,53	11,25
3.	Biofilter Aerob	90%	95%	94%	94%
		2,36	0,9	0,1	0,68
4.	Pengendapan Akhir	10%	5%	6%	0%
		2,13	0,855	0,094	0,68
	Efluen	2,12	0,8	0,01	0,68

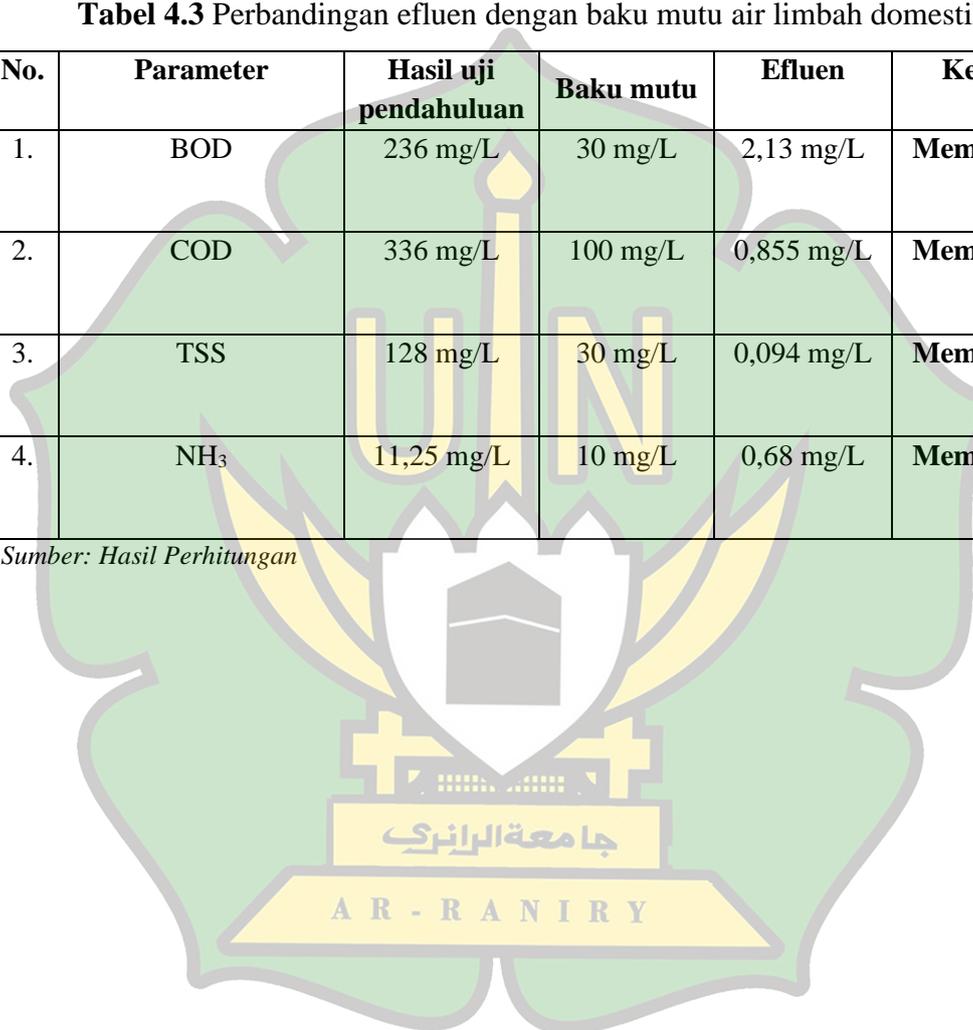
Sumber: Hasil Perhitungan

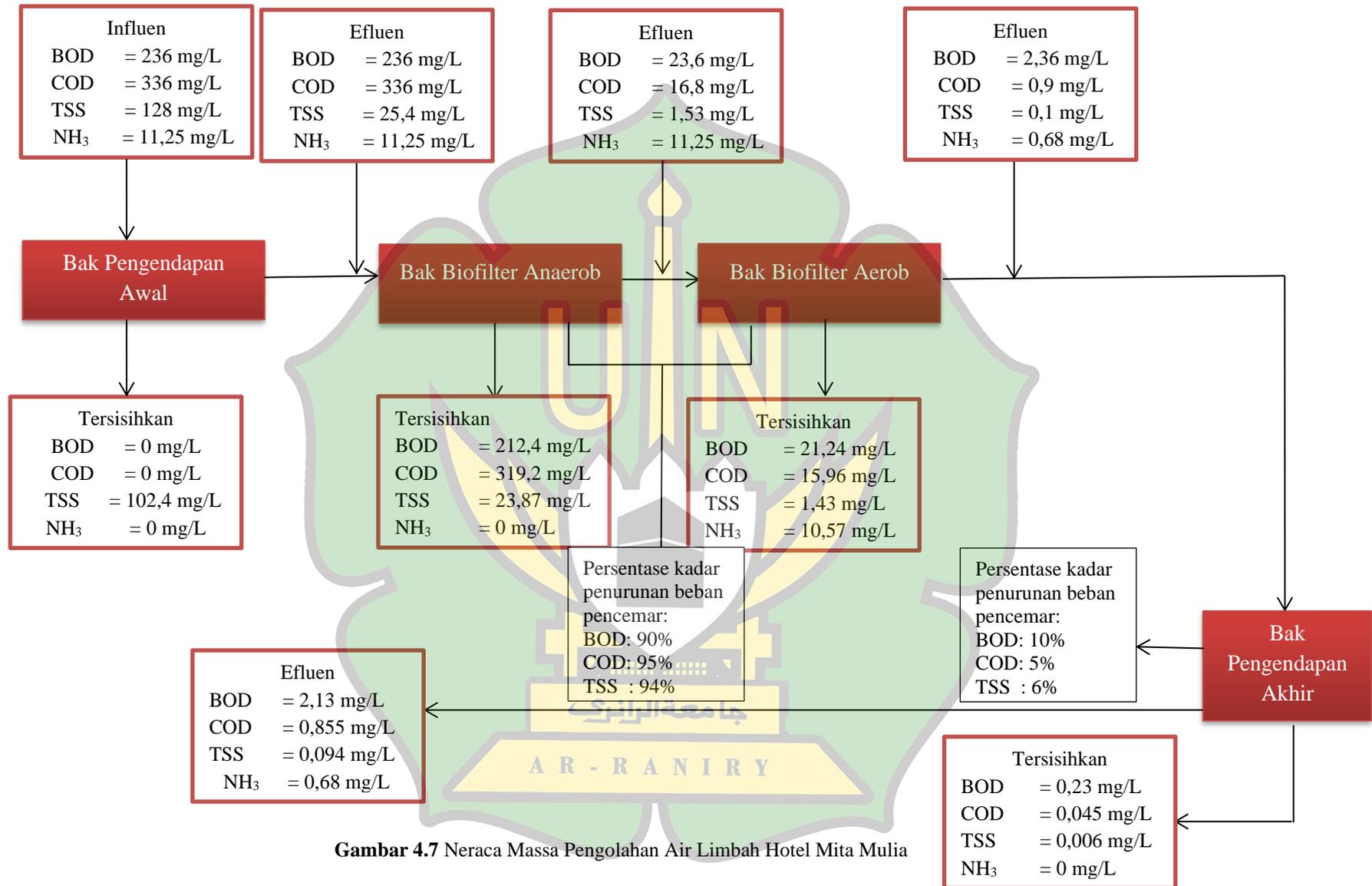
Berdasarkan estimasi kualitas efluen yang dihasilkan dari proses pengolahan IPAL kemudian hasilnya akan dibandingkan dengan standar baku mutu air limbah yang telah ditetapkan yaitu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No.68 Tahun 2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik yang dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 Perbandingan efluen dengan baku mutu air limbah domestik

No.	Parameter	Hasil uji pendahuluan	Baku mutu	Efluen	Keterangan
1.	BOD	236 mg/L	30 mg/L	2,13 mg/L	Memenuhi baku mutu
2.	COD	336 mg/L	100 mg/L	0,855 mg/L	Memenuhi baku mutu
3.	TSS	128 mg/L	30 mg/L	0,094 mg/L	Memenuhi baku mutu
4.	NH ₃	11,25 mg/L	10 mg/L	0,68 mg/L	Memenuhi baku mutu

Sumber: Hasil Perhitungan





Gambar 4.7 Neraca Massa Pengolahan Air Limbah Hotel Mita Mulia

4.6 Rekapitulasi Perencanaan IPAL Hotel Mita Mulia Banda Aceh

Rekapitulasi dilakukan agar memudahkan dalam menganalisis hasil rancangan dari perhitungan desain yang didapatkan. Jumlah waktu detensi air limbah dan dimensi dari masing-masing IPAL di Hotel Mita Mulia dapat dilihat pada tabel 4.4 dan tabel 4.5 sebagai berikut.

Tabel 4.4 Rekapitulasi Waktu Tinggal Unit IPAL

No.	Unit IPAL	Waktu Tinggal	Satuan
1.	Bak Pengendap Awal	5	Jam
2.	Bak Biofilter Anaerob	2	Jam
3.	Bak Biofilter Aerob	2,5	Jam
4.	Bak Pengendap Akhir	2	Jam
Total		11,5	Jam

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.5 Rekapitulasi Dimensi IPAL

No.	Unit IPAL	Panjang (m)	Lebar (m)	Tinggi (m)	Total (m)
1.	Bak Penangkap Lemak	1,0	0,5	0,7	0,35
2.	Bak Pengendap Awal	2,4	1,2	2,5	7,2
3.	Bak Biofilter Anaerob	1,6	0,8	2,5	3,2
4.	Bak Biofilter Aerob	0,8	0,4	2,5	0,8
5.	Bak Pengendap Akhir	2,4	1,2	2,5	7,2
Luas total lahan perencanaan IPAL					18,75 m²

Sumber: Hasil Perhitungan

Media pembiakan mikroba yang digunakan pada pengolahan air limbah Hotel Mita Mulia adalah media dari bahan plastik yang ringan, tahan lama dan mempunyai luas spesifik yang besar serta mempunyai volume rongga yang besar sehingga resiko kebuntuan media sangat kecil (Said, 2017).

Spesifikasi media biofilter:

Tipe	: Sarang Tawon
Material	: PVC sheet
Ketebalan	: 0,15 – 0,23 mm
Luas kontak spesifik	: 150 – 226 m ² /m ³
Diameter lubang	: 3 cm × 3 cm
Berat spesifik	: 30 – 35 kg/m ³
Porositas rongga	: 0,98

4.7 BoQ (*Bill of Quantity*)

Perhitungan BOQ pada perencanaan ini meliputi tanah biasa untuk konstruksi dan pengurangan pasir dengan pemadatan. Termasuk pekerjaan Beton K-225, pengurangan tanah kembali untuk konstruksi, pekerjaan pembesian dengan besi beton (polos), pekerjaan bekisting lantai dan dinding. Pekerjaan lain adalah pemasangan pipa air kotor dan aksesoris. Berikut perhitungan BOQ perencanaan IPAL untuk Hotel Mita Mulia.

Perhitungan penggalian tanah biasa untuk konstruksi:

Rumus = $P \times L \times (\text{Kedalaman bangunan yang digali} + \text{Tebal Pasir} + \text{Freeboard} + \text{Tebal Lantai Kerja} + \text{Tebal Tutup})$

Tebal pasir = 0,1 m

Tebal lantai kerja = 0,1 m

Freeboard = 0,5 m

Tebal tutup = 0,1 m

Perhitungan:

– Bak pemisah minyak dan lemak

Panjang = 1,0 m

Lebar = 0,5 m

Tinggi = 0,7 m

Volume = 1,0 m × 0,7 m × 1,5 m

$$= 1,05 \text{ m}^3$$

– Bak pengendapan awal

Panjang = 2,4 m

Lebar = 1,2 m

Tinggi = 2,5 m

Volume = $2,4 \text{ m} \times 1,4 \text{ m} \times 3,3 \text{ m}$

$$= 11 \text{ m}^3$$

– Bak biofilter anaerob

Panjang = 1,6 m

Lebar = 0,8 m

Tinggi = 2,5 m

Volume = $1,6 \text{ m} \times 1,0 \text{ m} \times 3,3 \text{ m}$

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

– Bak biofilter aerob

Panjang = 0,8 m

Lebar = 0,4 m

Tinggi = 2,5 m

Volume = $0,8 \text{ m} \times 0,6 \text{ m} \times 3,3 \text{ m}$

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

– Bak pengendapan akhir

Panjang = 2,4 m

Lebar = 1,2 m

Tinggi = 2,5 m

Volume = $2,4 \text{ m} \times 1,4 \text{ m} \times 3,3 \text{ m}$

$$= 11 \text{ m}^3$$

Jadi, total volume galian tanah yaitu sebesar 30 m^3

Perhitungan pengurangan pasir dengan pemadatan

Rumus = Panjang \times Lebar \times Tebal pasir

Perhitungan:

- Bak pemisah lemak

Panjang = 1,0 m

Lebar = 0,5 m

Volume = 1,0 m \times 0,5 m \times 0,1 m
= 0,05 m³

- Bak pengendapan awal

Panjang = 2,4 m

Lebar = 1,2 m

Volume = 2,4 m \times 1,2 m \times 0,1 m
= 0,3 m³

- Bak biofilter anaerob

Panjang = 1,6 m

Lebar = 0,8 m

Volume = 1,6 m \times 0,8 m \times 0,1 m
= 0,1 m³

- Bak biofilter aerob

Panjang = 0,8 m

Lebar = 0,4

Volume = 0,8 m \times 0,4 m \times 0,1 m
= 0,03 m³

- Bak pengendapan akhir

Panjang = 2,4 m

Lebar = 1,2 m

Volume = 2,4 m \times 1,2 m \times 0,1 m
= 0,3 m³

Jadi, total volume pengurangan dengan pemadatan adalah 0,8 m³

Perhitungan pekerjaan Beton K-225

Beton lantai bangunan dengan rumus = Panjang \times Lebar \times (Tebal lantai kerja + Tebal lantai bak) = 0,1 m + 0,1 m yaitu sebesar 0,2 m

Perhitungan:

- Bak pemisah minyak dan lemak

Panjang = 1,0 m

Lebar = 0,5 m

Lantai bak + lantai kerja = 0,2 m

Volume = 0,1 m³

- Bak pengendapan awal

Panjang = 2,4 m

Lebar = 1,2 m

Lantai bak + lantai kerja = 0,2 m

Volume = 0,5 m³

- Bak biofilter anaerob

Panjang = 1,6 m

Lebar = 0,8 m

Lantai bak + lantai kerja = 0,2 m

Volume = 0,2 m³

- Bak biofilter aerob

Panjang = 0,8 m

Lebar = 0,4 m

Lebar bak + lantai kerja = 0,2 m

Volume = 0,06 m³

- Bak pengendapan akhir

Panjang = 2,4 m

Lebar = 1,2 m

Lantai bak + lantai kerja = 0,2 m

$$\text{Volume} = 0,5 \text{ m}^3$$

Jadi, total volume beton lantai bangunan yaitu $1,36 \text{ m}^3$

Perhitungan beton dinding bangunan dengan rumus = (Panjang total + Lebar total) \times Tebal dinding \times (Kedalaman + *freeboard*)

Perhitungan:

- Bak pemisah minyak dan lemak

$$\begin{aligned}\text{Panjang} &= 1,0 \text{ m} \\ \text{Lebar} &= 0,5 \text{ m} \\ \text{Kedalaman + fb} &= 0,7 \text{ m} \\ \text{Volume} &= (2 + 1) \text{ m} \times 0,1 \text{ m} \times 0,7 \text{ m} \\ &= 0,2 \text{ m}^3\end{aligned}$$

- Bak Pengendapan Awal

$$\begin{aligned}\text{Panjang} &= 2,4 \text{ m} \\ \text{Lebar} &= 1,2 \text{ m} \\ \text{Kedalaman + fb} &= 2,5 \text{ m} \\ \text{Volume} &= (4,8 + 2,4) \text{ m} \times 0,1 \text{ m} \times 2,5 \text{ m} \\ &= 1,8 \text{ m}^3\end{aligned}$$

- Bak Biofilter Anaerob

$$\begin{aligned}\text{Panjang} &= 1,6 \text{ m} \\ \text{Lebar} &= 0,8 \text{ m} \\ \text{Kedalaman + fb} &= 2,5 \text{ m} \\ \text{Volume} &= (3,2 + 1,6) \text{ m} \times 0,1 \text{ m} \times 2,5 \text{ m} \\ &= 1,2 \text{ m}^3\end{aligned}$$

- Bak Biofilter Aerob

$$\begin{aligned}\text{Panjang} &= 0,8 \text{ m} \\ \text{Lebar} &= 0,4 \text{ m} \\ \text{Kedalaman + fb} &= 2,5 \text{ m} \\ \text{Volume} &= (1,6 + 0,8) \text{ m} \times 0,1 \text{ m} \times 2,5 \text{ m}\end{aligned}$$

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

- Bak Pengendapan Akhir

Panjang = 2,4 m

Lebar = 1,2 m

Kedalaman + fb = 2,5 m

Volume = $(4,8 + 2,4) \text{ m} \times 0,1 \text{ m} \times 2,5 \text{ m}$

$$= 14,1 \text{ m}^3$$

Jadi, total volume beton dinding bangunan yaitu $21,5 \text{ m}^3$

Perhitungan beton tutup bangunan dengan rumus = Panjang \times Lebar \times (Tebal tutup). Tebal tutup bak adalah 0,1 m

Perhitungan:

- Bak pemisah minyak dan lemak

Panjang = 1,0 m

Lebar = 0,5 m

P + tebal dinding = 1,1 m

L + tebal dinding = 0,6 m

Volume = $0,06 \text{ m}^3$

- Bak pengendapan awal

Panjang = 2,4 m

P + tebal dinding = 2,5 m

L + tebal dinding = 1,3 m

Volume = $0,3 \text{ m}^3$

- Bak Biofilter Anaerob

Panjang = 1,6 m

Lebar = 0,8 m

P + tebal dinding = 1,8 m

L + tebal dinding = 1,0 m

Volume = $0,1 \text{ m}^3$

- Bak biofilter Aerob

Panjang	= 0,8 m
Lebar	= 0,4 m
P + tebal dinding	= 0,9 m
L + tebal dinding	= 0,5 m
Volume	= 0,04 m ³

- Bak pengendapan akhir

Panjang	= 2,4 m
Lebar	= 1,2 m
P + tebal dinding	= 2,5 m
L + tebal dinding	= 1,3 m
Volume	= 0,3 m ³

Jadi, total volume tutup bangunan yaitu 0,8 m³

Volume pekerjaan beton didapatkan dari akumulasi volume pekerjaan lantai, dinding dan tutup beton.

Volume beton lantai bangunan	= 1,36 m ³
Volume beton dinding bangunan	= 21,5 m ³
Volume beton tutup bangunan	= 0,8 m ³
Volume beton total	= 23,4 m ³

BOQ pekerjaan pembesian dengan besi beton (polos)

BOQ Bekisting Lantai

Rumus = (Panjang total × Lebar total)

Perhitungan:

- Bak pemisah minyak dan lemak

Panjang	= 1,0 m
Lebar	= 0,5 m
Luas	= 1,0 m × 0,5 m
	= 0,5 m ²

- Bak pengendapan awal
 Panjang = 2,4 m
 Lebar = 1,2 m
 Luas = 2,8 m²

- Bak Biofilter Anaerob
 Panjang = 1,6 m
 Lebar = 0,8 m
 Luas = 1,3 m²

- Bak Biofilter Aerob
 Panjang = 0,8 m
 Lebar = 0,4 m
 Luas = 0,3 m²

- Bak pengendapan akhir
 Panjang = 2,4 m
 Lebar = 1,2 m
 Luas = 3 m²

Jadi, total luas bekisting lantai yaitu 8 m²

BOQ bekisting dinding

Rumus = (Panjang total + Lebar total) × Tinggi

Perhitungan:

- Bak pemisah minyak dan lemak
 Panjang = 1,0 m
 Lebar = 0,5 m
 Kedalaman + fb = 0,7 m
 Luas = (2,0 + 1,0) m × 0,7 m
 = 2,1 m²

- Bak pengendapan awal
 Panjang = 2,4 m
 Lebar = 1,2 m
 Kedalaman + fb = 2,5 m

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= (4,8 + 2,4) \text{ m} \times 2,5 \text{ m} \\ &= 18 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

– Bak Biofilter Anaerob

$$\text{Panjang} = 1,6 \text{ m}$$

$$\text{Lebar} = 0,8 \text{ m}$$

$$\text{Kedalaman + fb} = 2,5 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= (3,2 + 1,6) \text{ m} \times 2,5 \text{ m} \\ &= 12 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

– Bak Biofilter Aerob

$$\text{Panjang} = 0,8 \text{ m}$$

$$\text{Lebar} = 0,4 \text{ m}$$

$$\text{Kedalaman + fb} = 2,5 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= (1,6 + 0,8) \text{ m} \times 2,5 \text{ m} \\ &= 6 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

– Bak pengendapan akhir

$$\text{Panjang} = 2,4 \text{ m}$$

$$\text{Lebar} = 1,2 \text{ m}$$

$$\text{Kedalaman + fb} = 2,5 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= (4,8 + 2,4) \text{ m} \times 2,5 \text{ m} \\ &= 18 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Jadi, total luas bekisting dinding yaitu $56,1 \text{ m}^2$

BOQ Bekisting Atap

Beton tutup bangunan dengan rumus = Panjang total \times Lebar total \times (Tebal tutup). Tebal tutup ialah 0,1 m

Perhitungan:

– Bak pemisah minyak dan lemak

$$\text{Panjang} = 1,0 \text{ m}$$

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

$$\text{Volume} = 0,05 \text{ m}^3$$

- Bak pengendapan awal
 - Panjang = 2,4 m
 - Lebar = 1,2 m
 - Volume = 0,28 m³
- Bak Biofilter Anaerob
 - Panjang = 1,6 m
 - Lebar = 0,8 m
 - Volume = 0,12 m³
- Bak Biofilter Aerob
 - Panjang = 0,8 m
 - Lebar = 0,4 m
 - Volume = 0,03 m³
- Bak pengendapan akhir
 - Panjang = 2,4 m
 - Lebar = 1,2 m
 - Volume = 0,03 m³

Jadi, total volume bekisting atap bangunan yaitu 0,51 m³



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan desain IPAL domestik untuk Hotel Mita Mulia, dapat disimpulkan bahwa:

1. Perhitungan debit air limbah yang telah dilakukan berdasarkan data primer, sekunder dan administrasi, didapatkan debit air limbah yang dihasilkan Hotel Mita Mulia adalah 30.000 Liter/hari. Penggunaan air bersih selama 10 jam/hari sehingga menghasilkan debit 3.000 Liter/orang/jam.
2. Teknologi pengolahan air limbah yang dapat diterapkan di Hotel Mita Mulia yaitu menggunakan sistem Biofilter Anaerob dan Aerob yang terdiri dari 5 kompartemen yaitu Bak Penangkap Lemak, Bak Pengendapan Awal, Bak Biofilter Anaerob, Bak Biofilter Aerob dan Bak Pengendapan Akhir dengan total luas lahan perencanaan yaitu 18,75 m³.
3. *Bill of Quantity* (BoQ) pekerjaan yang akan direncanakan ialah penggalian tanah, pengurugan pasir dengan pemadatan, pekerjaan beton K-225, pekerjaan beton dinding bangunan, pekerjaan beton tutup bangunan. Terdapat pula pekerjaan pembesian dengan besi beton (polos), pekerjaan bekisting lantai, pekerjaan bekisting dinding dan pekerjaan bekisting atap.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan untuk tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Perbanyak literasi penelitian terdahulu atau Peraturan Pemerintah terkait sebagai perluasan wawasan tentang Ilmu Perencanaan dan Desain IPAL.
2. Kepada pelaku usaha agar melakukan pengolahan air limbah sebelum dibuang ke badan air menggunakan salah satu metode pengolahan air limbah yaitu dengan IPAL sesuai dengan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 22 Tahun 2021 Lampiran V.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustiningsih, Dyah, dan Setia Budi Sasongko. 2012. "Analisis Kualitas Air Dan Strategi Pengendalian Pencemaran Air Sungai Blukar Kabupaten Kendal." *Jurnal Presipitasi* 9(2):64-71-71.
- Amanda, Yessinta Trizna, Isa Marufi, dan Anita Dewi Moelyaningrum. 2019. "Pemanfaatan Biji Trembesi (Samanea Saman) sebagai Koagulan Alami untuk Menurunkan BOD, COD, TSS dan Kekeruhan pada Pengolahan Limbah Cair Tempe." *Jurnal Berkala Ilmiah Pertanian* 2(3):92.
- Andika, B., P. Wahyuningsih, dan R. Fajri. 2020. "Penentuan Nilai BOD dan COD sebagai Parameter Pencemaran Air dan Baku Mutu Air Limbah di Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS) Medan." *QUIMICA: Jurnal Kimia Sains dan Terapan* 2(1):14-22.
- Anwariani, Destari. 2019. "Pengaruh Air Limbah Domestik Terhadap Kualitas Sungai." *Jurnal Ilmiah Indonesia* Vol 82:12.
- Assidiqy, Affan Maulana. 2017. "Perencanaan Bangunan Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik dengan Proses Anaerobic Baffled Reactor dan Anaerobik Filter pada Hotel Bintang 5 di Surabaya." *Tugas Akhir Departemen Teknik Lingkungan FTSL ITS.*
- Audia, Hijrika. (2022). "Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) di Pasar Induk Lambaro Kabupaten Aceh Besar." *Tugas Akhir Program Studi Teknik Lingkungan FST-UINAR.*
- Batubara, Husada Putri. 2019. "Evaluasi Desain Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) di Hotel Madani Medan." *Tugas Akhir Program Studi Teknik Lingkungan FT USU, Medan.*

- Dewi, Y. S., dan Y. Buchori. 2016. "Penurunan COD, TSS pada Penyaringan Air Limbah Tahu Menggunakan Media Kombinasi Pasir Kuarsa, Karbon Aktif, Sekam Padi dan Zeolit." *Jurnal Ilmiah Satya Negara Indonesia* 9(1):74–80.
- Dewi, Yashinta Kumala, Nurul Pratiwi, dan Muhammad Yamin Jinca. 2020. "Konsep Pengelolaan Air Limbah Kawasan Industri Makassar (KIMA)." *Jurnal Penelitian Engineering* 24(1):1–10.
- Ekaningrum, Yuniawati. 2016. "*Manajemen Hotel*." Politeknik NSC Surabaya: NSC Press.
- Fatemeh, Dehghan, Zolfaghari Mohammad Reza, Arjomandzadegan Mohammad, Kalantari Salomeh, Ahmari Gholam Reza, Sarmadian Hossein, Sadriana Maryam, Ahmadi Azam, Shojapoor Mana, Najarian Negin, Kasravi Alii Reza, dan Falahat Saeed. 2014. "Rapid Detection of Coliforms in Drinking Water of Arak City Using Multiplex PCR Method in Comparison with the Standard Method of Culture (Most Probable Number)." *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine* 4(5):404–9.
- Gazali, Imam, Bambang Rahadi Widiatmono, dan Ruslan Wirosedarmo. 2013. "Evaluasi Dampak Pembuangan Limbah Cair Pabrik Kertas Terhadap Kualitas Air Sungai Klinter Kabupaten Nganjuk." *Jurnal Keteknik Perairan Tropis dan Biosistem* 1(2):1–8.
- Hartaja, Dinda Rita Krishumartani. 2018. "Desain Instalasi Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit Kapasitas 40 M³/Hari." *Jurnal Rekayasa Lingkungan* 10(2):99–113.
- Hidayati Sausan Shafiya, Harisuseno Donny dan Sayekti Wahyu Rini. (2017). "Studi Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Pabrik Tahu FIT Malang dengan Digester Anaerobik dan Biofilter Anaerobik-Aerobik". *Jurnal Universitas Brawijaya*.

- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Direktorat Jenderal Cipta Karya 2018: Direktorat Pengembangan Penyehatan Lingkungan Permukiman. Pedoman Perencanaan Teknik Terinci Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik Terpadu (SPALD-T).
- Maulani, Dian Ika, dan Edy Widodo. 2016. "Analisis Pengaruh BOD, TSS, dan Minyak Lemak Terhadap COD dengan Pendekatan Regresi Linear Berganda PT.X Di Tangerang." *Seminar Nasional Pendidikan Matematika Ahmad Dahlan* 1:244–248.
- Metcalf dan Eddy. (2003). *Wastewater Engineering Treatment and Reuse (4th ed)*. Fourth Edition International Edition. New York: McGraw-Hill
- Metcalf dan Eddy, Inc., Tchobanoglous, G., Burton, F.L., dan Stensel, H.D. (2004). *Wastewater Engineering Treatment and Reuse (4th ed)*. Mc. Graw Hill. Singapore.
- Mubarak, A., A. Huma, F. Ahmad, K. Ahmad, Inamul Haq, dan B. Tech. 2018. "Konsep Zero Discharge Di Hotel Bintang Lima – Studi Kasus." *Jurnal Penelitian dan Penerapan Teknik* 8:13–20.
- Mubin, Fathul, Alex Binilang dan Fuad Halim. (2016). "Perencanaan Sistem Pengolahan Air Limbah Domestik di Kelurahan Istiqlal Kota Manado". *Jurnal Sipil Statistik*: Vol 4 No. 3 (211-233).
- Nainggolan, Rizki, Ardeneline Larayana Pratama, Ita Lopang, dan Elly Kusumawati. 2016. "Menggunakan Tanah Gambut dan Tanaman Air Domestik Wastewater Treatment Using Peat Soil." *Jurnal Teknik dan Ilmu Komputer*: 183–189.
- Natalia, Lidya Ayu, Siti Harninabintari, dan Dewi Mustikaningtyas. 2014. "Kajian Kualitas Bakteriologis Air Minum Isi Ulang di Kabupaten Blora." *Unnes Journal of Life Science* 3(1):31–38.
- Natsir, Muh., Fajaruddin, Amaludin, Astisa Anggi Liani, Anzakiyah Dwi Fahsa.

2021. "Analisis Kualitas BOD, COD, dan TSS Limbah Cair Domestik (Grey water) pada Rumah Tangga di Kabupaten Maros 2021." *Jurnal Nasional Ilmu Kesehatan (JNIK)* Vol. 4: 1.

Neshart, Rosdiana Rosdiana, Dwipayogo Wibowo, dan Ahmad Syarif Sukri. 2021. "Perencanaan Desain Instalasi Pengolahan Air Limbah dengan Metode Biofilter Anaerob – Aerob." *Jurnal TELUK: Teknik Lingkungan UM Kendari* 1(1):14–19.

Nurjanah, Siti, Badrus Zaman, dan Abdul Syukur. 2017. "Penyisihan BOD dan COD Limbah Cair Industri Karet dengan Sistem Biofilter Aerob dan Plasma Dielectric Barrier Discharge (DBD)." *Jurnal Teknik Lingkungan* 6(1):1–17.

Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor: P.68/Menlhk/Setjen/Kum.1/8/2016. Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik

Puspitasari, Cindy. 2021. "Penurunan Kadar Amonia (NH_3) pada Limbah Cair Industri Pemindangan Ikan Menggunakan Adsorben Ampas Tebu sebagai Sumber Belajar Biologi." Tugas Akhir Program Studi Pendidikan Biologi UMM.

Rahmat, B., dan Anwar Mallongi. 2018. "Studi Karakteristik dan Kualitas BOD dan COD Limbah Cair." *Jurnal Nasional Ilmu Kesehatan (JNIK)* 1(69):1–16.

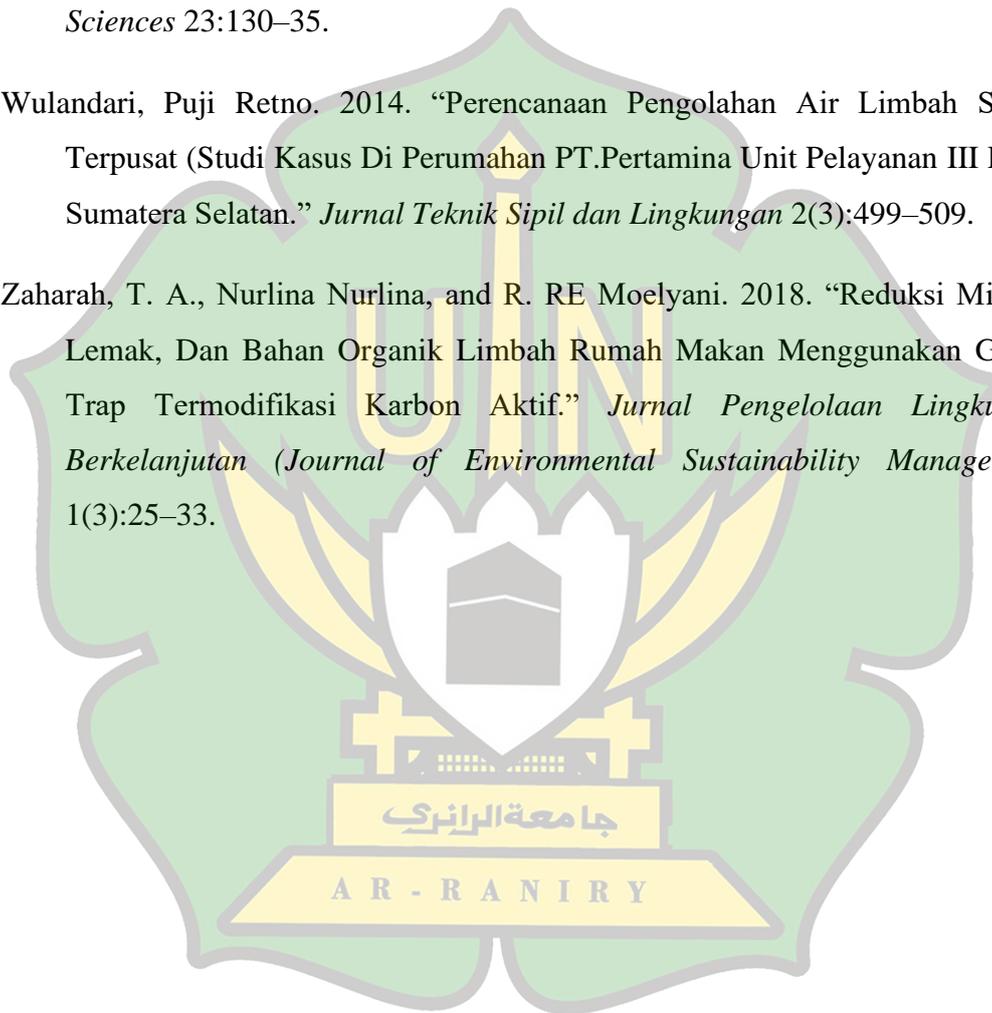
Ramadani, Randy, Sigit Samsunar, dan Maisari Utami. 2021. "Analisis Suhu, Derajat Keasaman (pH), Chemical Oxygen Demand (COD), dan Biological Oxygen Demand (BOD) dalam Air Limbah Domestik di Dinas Lingkungan Hidup Sukoharjo." *Indonesian Journal of Chemical Research* 6(1):12–22.

Ridwan, Andry. 2014. "Studi Analisis Kebutuhan Air Sektor Nondomestik Kategori Hotel di Wilayah Kecamatan Ujung Pandang ." Tugas Akhir Jurusan Sipil Fakultas Teknik Unhas Makassar.

- Riskiyanto Frengky Mochamad. 2019. "*Pengolahan Limbah Cair Perhotelan*". Tugas Akhir Program Studi Kepariwisata/Bina Wisata Departemen Bisnis UNAIR Surabaya.
- Riyanda Agustira, Kemala Sari Lubis, Jamilah. 2019. "Kajian Karakteristik Kimia Air, Fisika Air dan Debit Sungai pada Kawasan DAS Padang Akibat Pembuangan Limbah Tapioka." *Jurnal Online Agroekoteknologi* 3(2):58–66.
- Royan, M. R., M. H. Solim, dan M. B. Santanumurti. 2019. "Ammonia-Eliminating Potential of *Gracilaria* Sp. and Zeolite: A Preliminary Study of the Efficient Ammonia Eliminator in Aquatic Environment." *Journal of IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 236(1).
- Rukminasari, Nita, Nadiarti, dan Khaerul Awaluddin. 2014. "Pengaruh Derajat Keasaman (pH) Air Laut Terhadap Konsentrasi Kalsium dan Laju Pertumbuhan *Halimeda* Sp The Effect of Acidic Level of Media on Calcium Concentration and Growth of *Halimeda* Sp." *Jurnal Ilmu Kelautan* 24(1):28–34.
- Sa'diyah, Khalimatus, Muchamad Syarwani, dan S. Sigit Udjiana. 2018. "Pengolahan Air Limbah Domestik Menggunakan Kombinasi Settlement Tank dan Fixed-Bed Coloumn :Up-Flow." *Jurnal Teknik Kimia dan Lingkungan* 2(2):84.
- Said, Nusa Idaman. 2000. "Teknologi Pengolahan Air Limbah Dengan Proses Biofilm Tercelup." *Jurnal Teknologi Lingkungan* 1(2):101–13.
- Said, Nusa Idaman dan Satmoko Yudo. (2006). "Rancang Bangun Instalasi Pengolahan Air Limbah Rumah Potong Hewan (RPH) Ayam dengan Proses Biofilter". *Kelompok Teknologi Pengelolaan Air Bersih dan Limbah Cair, Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Lingkungan, BPPT*.
- Said, Nusa Idaman. 2017. "*Teknologi Pengolahan Air Limbah: Teori dan Aplikasi*. Jakarta: Erlangga.

- Said, Nusa Idaman. (2018). "Teknologi Biofilter Anaerob-Aerob untuk Pengolahan Air Limbah Domestik (Perkantoran, Rumah Sakit, Hotel dan Domestik Industri)". *Prosiding Seminar Nasional dan Konsultasi Teknologi Lingkungan*.
- Setiyono. 2009. Desain Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah dan Re-Use di Lingkungan Perhotelan. *Journal of Accounting and Investment* Vol. 5: 2
- Siswanto, Darmayanti, Lita., Handayani, Yohana Lilis., dan Ridwan, Mohammad 2015. "Petunjuk Teknis Pengelolaan Limbah Cair Kegiatan Perhotelan." Dinas Lingkungan Hidup Pemerintah Kota Surabaya.
- Sitompul, Debora F., Mumu Sutisna, dan Kancrita Pharmawati. 2013. "Pengolahan Limbah Cair Hotel Aston Braga City Walk dengan Proses Fitoremediasi Menggunakan Tumbuhan Eceng Gondok." *Jurnal Institut Teknologi Nasional* 1(2):1–10.
- Sugiharto. 1987. "Dasar-Dasar Pengelolaan Air Limbah." Jakarta : UI-Press.
- Sunardi, Setyani Hardiani, dan Aris Mukimin. 2014. "Pengembangan Metode Analisis Parameter Minyak dan Lemak pada Contoh Uji Air." *Jurnal Riset Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri* 5(1):1–6.
- Tilley, Elizabeth, Christoph Lüthi, Antoine Morel, Chris Zurbrugg, dan Roland Schertenleib. 2008. "Compendium of Sanitation Systems and Technologies." Swiss Agency for Development and Cooperation SDC.
- Tilley, E., Ulrich, L., Luthi, C., Reymond, P., Zurburg, C. (2014). *Compendium of Sanitation System and Technologies. 2nd Revised Edition*. The Sustainable Sanitation Alliance (SuSanA) and The International Water Association (IWA)
- Rosidi, Muhammad. 2017. "Perancangan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Pabrik Kertas Halus PT. X Sidoarjo." Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan FTSP ITS Surabaya.

- Vandith, Va, Ahmad Soleh Setiyawan, Prayatni Soewondo, Pom Bophann, dan Hardjono. 2018. "Kinetics of Nutrient Removal in an On-Site Domestic Wastewater Treatment Facility." *MATEC Web of Conferences* 147:1–7.
- Wahyuni, Eva Ari. 2015. "The Influence of PH Characteristics on the Occurance of Coliform Bacteria in Madura Strait." *Journal of Procedia Environmental Sciences* 23:130–35.
- Wulandari, Puji Retno. 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):499–509.
- Zaharah, T. A., Nurlina Nurlina, and R. RE Moelyani. 2018. "Reduksi Minyak, Lemak, Dan Bahan Organik Limbah Rumah Makan Menggunakan Grease Trap Termodifikasi Karbon Aktif." *Jurnal Pengelolaan Lingkungan Berkelanjutan (Journal of Environmental Sustainability Management)* 1(3):25–33.



Lampiran I.

Hasil uji laboratorium



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

LEMBAR HASIL UJI

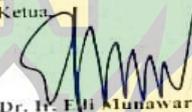
Nomor: 334/JTK-USK/LTPKL/2022

Nama Pelanggan : Salsabila Khalisa
Alamat Pelanggan : Darussalam-Banada Aceh
Tanggal di Terima : 18 Juli 2022
Jenis Contoh Uji : Limbah Cair Domestik
Tanggal di Analisa : 20 Juli 2022 s/d 25 Juli 2022
Untuk Keperluan : Penelitian Mahasiswa
Baku Mutu : Lampiran 1 Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor P.68 Tahun 2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik

No.	Parameter Uji	Satuan	Baku Mutu	Hasil Analisa	Ket.
1.	Kebutuhan Oksigen Biokimiawi (BOD)	mg/l	30	236	
2.	Amoniak (sebagai N)	mg/l	10	11,25	
3.	Minyak dan Lemak	mg/l	5	3,55	

Darussalam, 25 Juli 2022

Ketua


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

جامعة الرانيري

AR - RANIRY

