

**PERENCANAAN DESAIN INSTALASI PENGOLAHAN AIR
LIMBAH (IPAL) PADA HOTEL LADING BANDA ACEH**

TUGAS AKHIR

Diajukan oleh:

DIAN FATZIATY

NIM. 180702087

**Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi
Program Studi Teknik Lingkungan**



**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY
DARUSSALAM – BANDA ACEH
2023 M / 1443 H**

LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR

PERENCAHAAN DESAIN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH (IPAL) PADA HOTEL LADING BANDA ACEH

TUGAS AKHIR

Diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri (UIN) Ar-Raniry Banda Aceh
Sebagai salah satu Persyaratan Memperoleh Gelar Sarjana Teknik (S1)
dalam Ilmu Teknik Lingkungan

Oleh:

DIAN FATZIATY

NIM. 180702087

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

Disetujui untuk dimunaqasyahkan Oleh:

Pembimbing I



Teuku Muhammad Ashari, M.Sc
NIDN. 2002028301

Pembimbing II



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

AR - RANIRY

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Lingkungan



Husnawati Yahya, M.Sc
NIDN. 2009118301

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

PERENCANAAN DESAIN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH (IPAL) PADA HOTEL LADING BANDA ACEH

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 Persyaratan Kelulusan Program Sarjana Teknik (S-1)
dalam Ilmu Teknik Lingkungan

Pada Hari/Tanggal: Kamis/ 21 Desember 2023
Kamis/ 8 Jumadil Akhir 1445

Panitia Ujian Munqasyah Skripsi

Ketua

Sekretaris

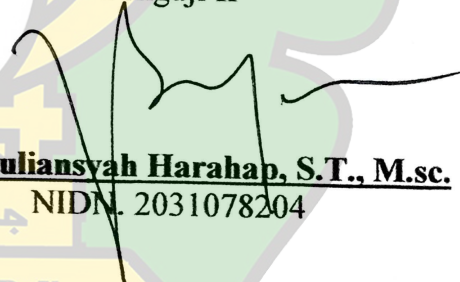


Teuku Muhammad Ashari, S.T., M.Sc.
NIDN. 2002028301

Ir. Vera Viena, M.T.
NIDN.01232067802

Penguji I

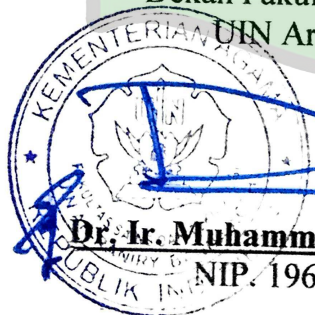
Penguji II



Dr. Irhamni, S.T., M.T, IPM
NIDN. 0102107101

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

Mengetahui,
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Ar-Raniry Banda Aceh



Dr. Ir. Muhammad Dirhamsvah, MT., IPU
NIP. 196210021988111001

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Dian Fatziaty
NIM : 180702087
Program Studi : Teknik Lingkungan
Fakultas : Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh
Judul Skripsi : Perencanaan Desain Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL)
Pada Hotel Lading Banda Aceh

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

Banda Aceh, 21 Desember 2023

Yang membuat pernyataan,




Dian Fatziaty
180702087

ABSTRAK

Nama : Dian Fatziaty
NIM : 180702087
Program Studi : Teknik Lingkungan
Judul : Perencanaan Desain Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Pada Hotel Lading Banda Aceh
Tanggal Sidang : 21 Desember 2023
Jumlah Halaman :
Pembimbing I : Teuku Muhammad Ashari, M. Sc.
Pembimbing II : Ir. Vera Viena, M.T.
Kata Kunci : Hotel Lading , air limbah domestik, perencanaan desain, IPAL

Hotel Lading merupakan salah satu industri perhotelan yang memiliki lokasi strategis di pusat kota Banda Aceh. Hotel Lading menghasilkan air limbah domestik sebanyak 95.000 L/hari yang dihasilkan dari kegiatan dapur, *laundry*, kamar mandi, dan kafe. Hasil pendahuluan air limbah menunjukkan parameter COD 381 mg/L dan TSS 371 mg/L telah melebihi baku mutu yang telah ditetapkan pemerintah. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk melakukan perencanaan desain Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) di Hotel Lading. Tahapan teknologi pengolahan yang dipilih dalam penelitian ini terdiri dari bak ekualisasi, bak sedimentasi dengan tambahan aerasi dari blower, bak biofilter anaerobik dan CW tipe aliran bawah permukaan. Tahapan perencanaan meliputi pengumpulan data, pengolahan data, perencanaan desain, pembuatan BoQ dan penarikan kesimpulan. Hasil perhitungan dimensi untuk gambar desain yaitu: bak ekualisasi berdimensi 3,5 m x 3 m x 3 m (10,5 m²), bak aerasi berdimensi 2 m x 1,4 m x 3 m (2,8 m²) bak sedimentasi berdimensi 3,6 m x 1,8 m x 3 m (6,48 m²), bak biofilter anaerob berdimensi 2,4 m x 1,2 m x 3 m (2,88 m²), dan lahan basah tipe aliran bawah permukaan berdimensi 4 m x 1 m x 1 m (4 m²). Total luas lahan yang dibutuhkan untuk perencanaan desain IPAL adalah 26,66 m².

ABSTRACT

Name : Dian Fatziaty
NIM : 180702087
Study Program : Environmental Engineering
Title : Design Planning of Wastewater Treatment Plant (WWTP) At Lading Hotel Banda Aceh
Session Date : December 21th, 2023
Number of pages :
Advisor I : Teuku Muhammad Ashari, M.Sc.
Advisor II : Ir. Vera Viena, M.T.
Keywords : Lading Hotel, domestic wastewater, design planning, WWTP

Lading Hotel is one of the hospitality industries that has a strategic location in the city center of Banda Aceh. Hotel Lading produces 95,000 L/day of domestic wastewater generated from kitchen, laundry, bathroom and cafe activities. Preliminary results of wastewater show that the COD parameter 381 mg/L and TSS 371 mg/L have exceeded the quality standards set by the government. To overcome these problems, this study aims to conduct design planning for the Wastewater Treatment Plant (WWTP) at Lading Hotel. The stages of processing technology selected in this study consist of equalization basins, sedimentation basins with additional aeration from blowers, anaerobic biofilter basins and subsurface flow type CW. The planning stages include data collection, data processing, design planning, making BoQ and drawing conclusions. The results of dimensional calculations for design drawings are: equalization basin dimensioned 3.5 m x 3 m x 3 m (10.5 m²), aeration basin dimensioned 2 m x 1.4 m x 3 m (2.8 m²) sedimentation basin dimensioned 3.6 m x 1.8 m x 3 m (6.48 m²), anaerobic biofilter basin dimensioned 2.4 m x 1.2 m x 3 m (2.88 m²), and subsurface flow type wetland dimensioned 4 m x 1 m x 1 m (4 m²). The total land area required for the WWTP design planning is 26.66 m².

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur kehadirat Allah Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan lancar. *Shalawat* beiring salam 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 (IPAL) Pada Hotel Lading Banda Aceh”. Adapun Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan kurikulum pada Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh untuk dapat mencapai gelar Sarjana 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 Drs. Yusriadi, M. Si dan Ibunda Fatmawati M. Yunus, A. Md. yang telah memfasilitasi dan memotivasi kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini dan tidak lupa pula penulis 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 dan Pembimbing Akademik.
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 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. BPGS (Barisan Para Gadis Sukses), yaitu Cut Geubrina Putri, S.E., Nada Nadhifa, Siti Annisa Saidida, S.Pd., dan Syifa Nashirah, S.Pd.
8. Trio Bondol, Yaitu Astri Mulia Ariza, S.Pd., dan Cut Maulidina Almaas, A. Md
9. Tim Bulan Agustus Garis Keras, yaitu Salsabila Khalisa, S.T., Intan Fadhilah, S.T., Ira Maghfirah, S.T., Dhiya Shaphira, S.T., Della Jaswita, S.T., dan M. Fadhil Zainuddin, S.T.
10. 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 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, 14 Desember 2023
Penulis,

Dian Fatziaty

NIM. 180702087

DAFTAR ISI

| | |
|---|-------------|
| ABSTRAK | i |
| ABSTRACT | ii |
| KATA PENGANTAR | iii |
| DAFTAR ISI | v |
| DAFTAR GAMBAR | viii |
| DAFTAR TABEL | ix |
| DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG | x |
| 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 Limbah Cair | 5 |
| 2.2 Karakteristik Limbah Cair Perhotelan | 5 |
| 2.3 Parameter Limbah Cair Perhotelan | 6 |
| 2.4 Baku Mutu Air Limbah Domestik | 9 |
| 2.5 Perencanaan Unit Pengolahan Air Limbah Hotel..... | 9 |
| 2.5.1 <i>Grease Removal</i> | 10 |
| 2.5.2 Bak Ekualisasi | 10 |
| 2.5.3 Bak Aerasi | 11 |
| 2.5.4 Bak Sedimentasi | 11 |
| 2.5.5 Biofilter Anaerob..... | 12 |
| 2.5.6 <i>Constructed Wetland (CW)</i> | 12 |
| 2.6 Jenis Media Biofilter..... | 13 |
| 2.6.1 Batuan dan Kerikil..... | 13 |

| | |
|---|-----------|
| 2.6.2 <i>Fiber Mesh Pads</i> | 14 |
| 2.6.3 <i>Brillo Pads</i> | 15 |
| 2.6.4 <i>Random</i> atau <i>Dumped Packing</i> | 15 |
| 2.6.5 Media Terstruktur | 16 |
| 2.7 Penelitian Terdahulu | 17 |
| BAB III METODE PENELITIAN | 21 |
| 3.1 Lokasi Penelitian..... | 21 |
| 3.2 Rancangan Penelitian..... | 22 |
| 3.3 Teknik Pengumpulan Data..... | 23 |
| 3.3.1 Teknik Pengumpulan Data Primer | 23 |
| 3.3.2 Data Sekunder | 23 |
| 3.4 Data Administrasi | 24 |
| 3.5 Pengolahan Data dan Analisis | 24 |
| 3.6 Perencanaan IPAL Hotel Lading | 24 |
| 3.6.1 Perhitungan Beban/Debit Air Limbah Perencanaan..... | 24 |
| 3.6.2 Perencanaan Unit Pengolahan | 25 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN | 28 |
| 4.1 Kondisi Eksisting Sistem Pengolahan Air Limbah Hotel Lading | 28 |
| 4.2 Kualitas Air Limbah Pada Hotel Lading Banda Aceh..... | 28 |
| 4.3 Debit Air Limbah Pada Hotel Lading Banda Aceh | 29 |
| 4.4 Desain IPAL untuk Hotel Lading Banda Aceh..... | 31 |
| 4.5 Perhitungan Dimensi Unit-Unit Pengolahan | 32 |
| 4.5.1 Bak Penangkap Lemak | 32 |
| 4.5.2 Bak Ekualisasi | 33 |
| 4.5.3 Bak Aerasi | 35 |
| 4.5.4 Bak Sedimentasi | 39 |
| 4.5.5 Bak Biofilter Anaerob | 41 |
| 4.5.6 CW | 46 |
| 4.6 Rekapitulasi Perencanaan IPAL Hotel Lading Banda Aceh..... | 49 |

| | |
|---|-----------|
| 4.7 BoQ (<i>Bill of Quantity</i>) | 50 |
| BAB V PENUTUP | 58 |
| 5.1 Kesimpulan | 58 |
| 5.2 Saran | 58 |



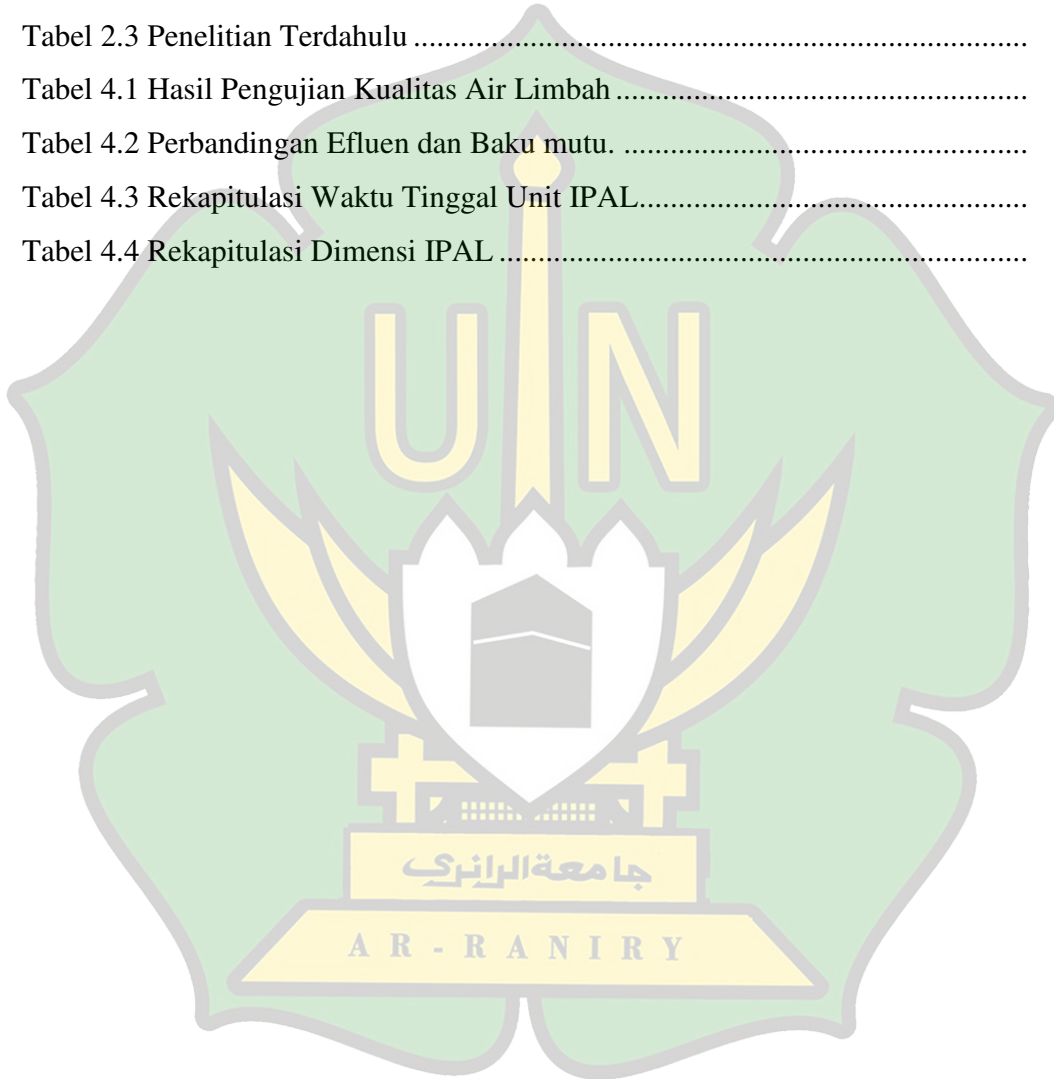
DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|----|
| Gambar 2.1 Media kerikil dan batu pecah | 14 |
| Gambar 2.2 <i>Fiber mesh pads</i> | 15 |
| Gambar 2.3 media <i>random packing</i> | 16 |
| Gambar 2.4 bentuk sarang tawon..... | 17 |
| Gambar 3.1 Peta Lokasi Penelitian | 21 |
| Gambar 3.2 Tahapan Kerangka Penelitian..... | 22 |
| Gambar 3.3 Skema Alir Air Limbah..... | 27 |
| Gambar 4.1 Desain Bak Penangkap Lemak dan Bak Ekualisasi | 35 |
| Gambar 4.2 Desain Bak Aerasi..... | 39 |
| Gambar 4.3 Bak Sedimentasi..... | 41 |
| Gambar 4.4 Bak Biofilter Anaerob | 45 |
| Gambar 4.5 CW..... | 47 |
| Gambar 4.6 Neraca Massa Pengolahan Air Limbah Hotel Lading..... | 48 |

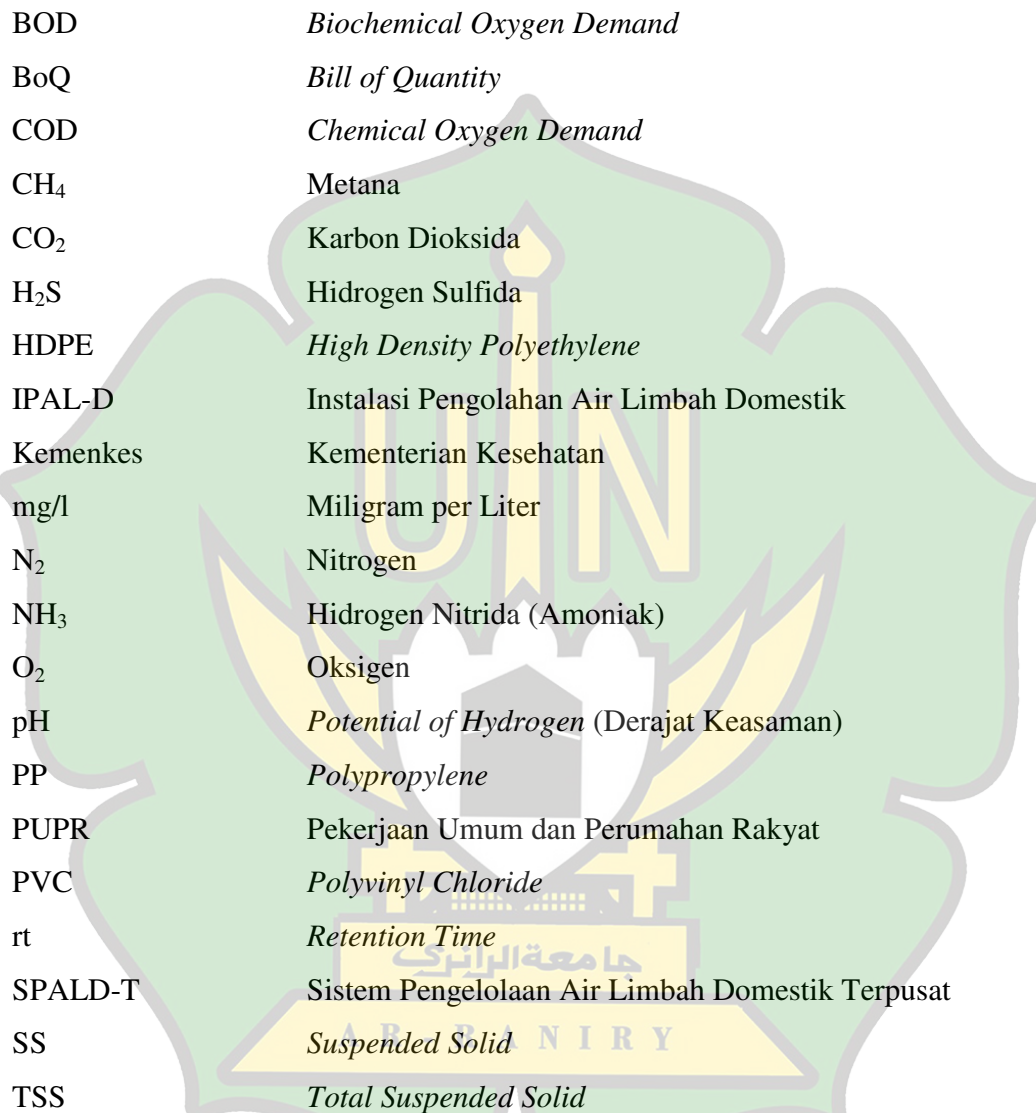


DAFTAR TABEL

| | |
|---|----|
| Tabel 2.1 Baku Mutu Air Limbah Domestik | 9 |
| Tabel 2. 2 Contoh spesifikasi media tipe sarang tawon | 16 |
| Tabel 2.3 Penelitian Terdahulu | 17 |
| Tabel 4.1 Hasil Pengujian Kualitas Air Limbah | 29 |
| Tabel 4.2 Perbandingan Efluen dan Baku mutu. | 49 |
| Tabel 4.3 Rekapitulasi Waktu Tinggal Unit IPAL..... | 49 |
| Tabel 4.4 Rekapitulasi Dimensi IPAL | 50 |



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 |
| Kemendes | 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 terus mengalami peningkatan dari tahun ke tahun yang menyebabkan pembangunan fasilitas akomodasi pariwisata juga terus meningkat, salah satunya ialah hotel. Seiring berkembang industri perhotelan, pembangunan hotel dapat memberikan dampak positif berupa peningkatan lapangan pekerjaan. Namun sebaliknya, peningkatan akomodasi wisata dan prasarana pendukung ini juga dapat berdampak negatif pada penurunan kualitas lingkungan, hal ini dikhawatirkan dapat menyebabkan terbatasnya ruang terbuka. Selain itu, dampak negatif lainnya dari perkembangan pariwisata ialah meningkatnya volume limbah cair kegiatan perhotelan yang berpotensi mencemari badan air jika tidak diolah dengan baik.

Hotel adalah tempat yang menyediakan sarana tempat tinggal sementara atau akomodasi bagi umum, yaitu untuk orang-orang yang datang dengan berbagai ragam tujuan serta keperluan ke daerah dimana hotel berdomisili. Hotel memilih domisilinya di tempat-tempat atau di lingkungan daerah yang memiliki potensi ramai dikunjungi seperti panorama, adat istiadat masyarakat, sosial, budaya, sebagai pusat pemerintahan, pusat perdagangan, keagamaan, pusat kegiatan spiritual dan lain-lain (Ridwan, 2014). Berdasarkan observasi yang telah dilakukan di sekitar Hotel Lading, Hotel Lading memiliki lokasi yang sangat strategis karena letak hotel tersebut berada di pusat kota Banda Aceh dan Hotel Lading juga berhadapan dengan sungai Krueng Aceh.

Berdasarkan wawancara yang telah dilakukan di Hotel Lading, dimana pada Hotel Lading memiliki jumlah kamar keseluruhan 42 kamar dengan 22 *Family room*, 2 *Flashdisk room*, dan 18 lainnya ialah *Deluxe room*. Pada gedung A terdapat 20 kamar dengan jumlah 10 *twin bed* dan 10 *single bed*. Pada gedung B di lantai pertama

memiliki 33 *single bed* dan pada lantai kedua gedung B memiliki 41 *single bed*. Selain itu Hotel Lading juga memiliki fasilitas lainnya seperti 5 *meeting room*, penatu dapur dan *coffee shop*. Sumber air limbah Hotel Lading berasal dari kamar mandi, penatu, wastafel, dapur dan *coffee shop*. Pada air limbah yang dihasilkan oleh Hotel Lading tidak adanya pengolahan khusus, yakni dimana *blackwater* pada Hotel Lading di ambil oleh pihak ketiga, sedangkan untuk *greywater* langsung dialirkan ke badan air. Hal ini menjadi permasalahan dalam pengelolaan air buangan dari kegiatan Hotel Lading.

Pada industri perhotelan, penggunaan air diperlukan untuk memenuhi kebutuhan kamar, penatu, siram taman serta untuk memenuhi keperluan di dapur. Perlu adanya suatu bentuk pengelolaan hotel dengan penggunaan sumber daya air yang efisien serta menjaga lingkungan agar tidak tercemar akibat dari pembuangan limbah (Parhani, 2020). Kegiatan penggunaan air akan menghasilkan air limbah yang dapat mencemari badan air apabila tidak diolah terlebih dahulu (Ayu dan Sukma, 2019). Salah satu teknologi yang telah banyak diterapkan di Indonesia adalah teknologi Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL).

IPAL merupakan sistem yang digunakan untuk mengolah limbah domestik dari kegiatan perkantoran, industri, rumah sakit, maupun perumahan agar limbah cair yang dihasilkan lebih aman pada saat dibuang ke lingkungan dan sesuai dengan baku mutu lingkungan (Karyadi, 2010). Pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia No. 68 Tahun 2016 menyatakan setiap industri atau setiap usaha atau kegiatan yang menghasilkan air limbah domestik wajib melakukan pengolahan air limbah domestik yang dihasilkan. Pengolahan air limbah dapat dilakukan dengan membangun suatu IPAL dengan menyesuaikan pada karakteristik air limbah dan beban pencemar. Pengolahan dapat dilakukan secara individu maupun secara terpadu (Yudo dan Setiyono, 2008).

Air limbah perhotelan adalah limbah hasil dari kegiatan hotel yang dibuang ke lingkungan dan dapat menurunkan kualitas lingkungan. Sumber air limbah kegiatan perhotelan berasal dari kamar mandi, penatu, dapur, *over flow* tangki septik, air bekas

wudhu dan lain lain (Anwariani, 2019). Penggunaan air hotel akan menghasilkan air limbah yang dapat mencemari badan air apabila tidak diolah terlebih dahulu (Dewi dkk, 2020). Salah satu upaya pengolahan air limbah hasil kegiatan operasional hotel yaitu dengan menggunakan IPAL sehingga dapat memenuhi baku mutu (Assidiqy, 2017).

Berdasarkan hasil uji pendahuluan pada air buangan Hotel Lading didapatkan hasil dari parameter COD yaitu 381 mg/L, TSS yaitu 371 mg/L, pH yaitu 6,3, Amoniak yaitu 7,58 mg/L dan Minyak dan Lemak yaitu 0,210 mg/L. Mengacu pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia No. 68 Tahun 2016 Tentang Limbah Cair Domestik, hasil pengukuran tersebut menunjukkan bahwa COD dan TSS telah melewati baku mutu limbah cair yang ditetapkan untuk kegiatan domestik. Pada uraian di atas, peneliti tertarik untuk melakukan penelitian mengenai perencanaan desain IPAL yang dihasilkan dari Hotel Lading Banda Aceh agar sesuai dengan baku mutu air limbah yang telah ditetapkan oleh Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No. 68 Tahun 2016 Tentang Limbah Cair Domestik.

1.2 Rumusan Masalah

Dari uraian tersebut, permasalahan diatas perlu diselesaikan dengan rumusan yaitu:

1. Berapa jumlah debit limbah cair yang dihasilkan oleh Hotel Lading?
2. Bagaimana perencanaan desain instalasi pengolahan air limbah untuk Hotel Lading?
3. *Bill Of Quantity* (BOQ) yang dibutuhkan dalam perencanaan sistem pengolahan air limbah di Hotel Lading.

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui jumlah debit limbah cair yang dihasilkan oleh Hotel Lading

2. Merencanakan desain unit-unit instalasi pengolahan air limbah Hotel Lading
3. Membuat *Bill Of Quantity* (BOQ) yang akan digunakan dalam perencanaan instalasi pengolahan air limbah di Hotel Lading

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Memberikan rekomendasi desain instalasi pengolahan air limbah yang efektif untuk Hotel Lading.
2. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan bagi pihak-pihak terkait dan dapat menjadi pertimbangan dalam pemeliharaan pengolahan limbah cair di Hotel Lading pada masa yang akan datang.

1.5 Batasan Penelitian

Penelitian ini hanya sebatas pada:

1. Limbah cair yang dijadikan sampel uji pada penelitian ini hanya limbah cair yang dihasilkan dari *greywater* pada Hotel Lading.
2. Parameter yang diuji dalam penelitian ini terdiri dari pH, COD, TSS, Amoniak, Minyak dan Lemak dengan acuan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 68 Tahun 2016 Tentang Baku Mutu Limbah Cair Domestik.
3. 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 Limbah Cair

Suatu zat atau buangan yang dihasilkan dari berbagai proses kegiatan manusia ialah limbah. Limbah cair adalah sisa dari suatu hasil usaha atau kegiatan dalam wujud cair. Segala jenis limbah yang berbentuk cairan berupa air serta buangan yang tercampur maupun terlarut dalam air. Limbah cair berdasarkan sumbernya terbagi menjadi 2:

1. Limbah domestik

Domestik adalah hasil buangan kegiatan rumah tangga, perkantoran, hotel, atau penginapan. Air limbah yang berasal dari suatu usaha, pemukiman, rumah makan, perkantoran, perniagaan, rumah tangga, apartemen, dan asrama (Hajimi dkk, 2020).

2. Limbah non domestik

Non domestik adalah hasil buangan dari usaha atau kegiatan tertentu seperti pembuangan industri, pertambangan, dan medis. Limbah industri dapat menjadi limbah yang sangat berbahaya bagi manusia dan lingkungan hidup itu sendiri karena sifat dan karakteristik yang dimilikinya (Dewi dan Ilham, 2015).

2.2 Karakteristik Limbah Cair Perhotelan

Karakteristik limbah dari perhotelan relatif sama seperti limbah domestik dari pemukiman karena aktivitas yang ada di hotel relatif sama seperti aktivitas yang ada di lingkungan pemukiman. Pada limbah cair domestik memiliki karakteristik fisika, kimia, dan biologi. Karakteristik fisika mencakup suhu, bau warna, densitas. *Total Suspended Solid (TSS)*, *Total Solid (TS)*, konduktivitas serta kekeruhan. Pada karakteristik kimia terdapat *Biological Oxygen Demand (BOD)*, *Chemical Oxygen Demand (COD)*, lemak, protein, minyak, derajat keasaman (pH) dan karbohidrat. Pada karakteristik biologi terdapat bakteri dan mikroorganisme (Filliazati, 2013).

Kuantitas dan kualitas air limbah dipengaruhi juga oleh banyaknya pengunjung hotel yang menginap, jumlah karyawan dan juga fasilitas-fasilitas yang ada pada hotel tersebut. Air limbah hotel dapat dikategorikan sebagai air limbah domestik, karena air limbah bersumber dari kegiatan sehari-hari manusia. Besar kecilnya konsentrasi air limbah yang dihasilkan berbanding lurus dengan jumlah kegiatan yang ada di hotel. Menurut Prabowo (2017), dalam menentukan debit air limbah industri perhotelan, perlu diketahui jumlah kamar dari hotel tersebut. Debit air limbah yang dihasilkan dapat diketahui dari pemakaian air bersihnya, umumnya 80% dari penggunaan air bersih akan menjadi air limbah. Asumsi penggunaan air bersih pada suatu hotel sesuai dengan kualitas bintang hotel tersebut, berikut adalah 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

2.3 Parameter Limbah Cair Perhotelan

Parameter yang digunakan untuk kualitas air limbah dalam perancangan ini meliputi *Total Suspended Solid (TSS)*, *Biochemical Oxygen Demand (BOD)*, *Chemical Oxygen Demand (COD)*, pH, amoniak, *total coliform*, minyak dan lemak.

1. *Total Suspended Solid (TSS)*

TSS ialah material halus yang terdapat didalam air yang mengandung lanau, bahan organik, mikroorganisme, limbah industri, limbah industri dan limbah rumah tangga yang dapat diketahui beratnya setelah disaring dengan kertas filter ukuran 0,042 mm. Nilai konsentrasi TSS yang tinggi menurunkan aktivitas fotosintesis dan penambahan panas di permukaan air sehingga oksigen yang dilepaskan tumbuhan air menjadi berkurang dan mengakibatkan ikan-ikan menjadi mati (Hariyanto dan Budianto, 2018).

2. *Biochemical Oxygen Demand (BOD)*

Analisa empiris yang mencoba mendekati secara global proses-proses mikrobiologis yang benar-benar terjadi dalam air. Angka BOD adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bakteri (aerobik) yang mengurai atau mengoksidasi hampir semua zat organik yang terlarut dan sebagian zat-zat organik yang tersuspensi dalam air. Parameter BOD adalah parameter yang paling banyak digunakan dalam pengujian air limbah dan air permukaan. Penentuan ini melibatkan pengukuran oksigen terlarut yang digunakan oleh mikroorganisme untuk menguraikan bahan-bahan organik (Mubin dan Binilang, 2016).

3. *Chemical Oxygen Demand (COD)*

Analisis COD adalah menentukan banyaknya oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi senyawa organik secara kimiawi. Kebutuhan Oksigen Kimia (KOK) ialah jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik dalam 1 liter sampel air, dimana pengoksidasi kalium dikromat ($K_2Cr_2O_7$) digunakan sebagai sumber oksigen. Angka COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat-zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasikan melalui proses mikrobiologis dan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut didalam air (Mubin dan Binilang, 2016).

4. pH

Potential of Hydrogen (pH) adalah derajat keasaman yang digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau kebasaaan yang dimiliki oleh suatu larutan. pH didefinisikan sebagai kologaritma aktifitas ion hidrogen (H^+) yang terlarut. Koefisien aktivitas ion hidrogen tidak dapat diukur secara eksperimental, sehingga nilainya didasarkan pada perhitungan teoritis. Skala pH bukan skala absolut. Hal ini bersifat relatif terhadap sekumpulan larutan standar yang pHnya ditentukan berdasarkan persetujuan internasional. Nilai pH merupakan ukuran untuk konsentrasi ion hidrogen dalam larutan akuatik. Nilai pH menentukan suatu larutan yaitu bersifat basa, netral atau asam. Jika pH 1 sangat asam, pH 7

netral, dan pH 14 sangat basa. Nilai pH dapat di tentukan dengan elektrometrik atau dengan indikator warna (Zulius, 2017).

5. Amonia

Nitrogen dalam air pada umumnya terdapat dalam bentuk organik dan bakteri berubah menjadi nitrogen amonia. Amonia yang terukur di perairan berupa amonia total (NH_3 dan NH_4^+). Amonia merupakan hasil tambahan penguraian atau pembusukan protein tanaman atau hewan serta kotorannya. Pupuk buatan juga mengaduk amonia dan senyawanya, sehingga hasil rembesan dari pupuk yang terbawa air dapat terurai dan berkemungkinan menambah kandungan amonia dalam air (Sastrawijaya, 2000).

6. *Total Coliform*

Bakteri *coliform* merupakan bakteri indikator kehadiran bakteri patogen dan memiliki ketahanan paling besar terhadap desinfektan. Bakteri *coliform* yang dinyatakan sebagai nilai *total coliform* dapat digunakan karena berbanding lurus dengan pencemaran air semakin sedikit kandungan *coliform* artinya kualitas air semakin baik (Sari dan Sutrisno, 2018).

7. Minyak dan Lemak

Minyak dan lemak memiliki sifat cair. Keduanya memiliki komponen utama karbon dan hidrogen yang bisa larut di dalam air. Bahan-bahan ini dapat ditemukan di banyak makanan. Manusia dan bahkan pada tumbuhan sebagai minyak nabati. Sifat lainnya relatif stabil, tidak mudah terurai oleh bakteri. (Mubin dan Binilang, 2016).

Minyak dan lemak merupakan senyawa yang dapat menyebabkan pencemaran di suatu perairan, sehingga konsentrasinya harus dibatasi. Minyak memiliki berat jenis yang lebih rendah daripada air sehingga membentuk lapisan tipis pada permukaan air. Kondisi ini dapat menurunkan konsentrasi oksigen bebas menjadi terhambat. Minyak yang menutupi permukaan air juga akan menghalangi penetrasi sinar matahari ke dalam air, sehingga mengganggu

ketidakseimbangan rantai makanan. Minyak dan lemak merupakan bahan organik yang bersifat permanen dan sulit diurai oleh bakteri. (Andreozzi dkk, 2000).

2.4 Baku Mutu Air Limbah Domestik

Efluen pengolahan IPAL yang dibuang ke badan air harus memenuhi standar kualitas air yang ditetapkan pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik, dapat di lihat pada Tabel 2.1

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

Baku mutu pada tabel hanya berlaku untuk debit air limbah maksimum 100 L/orang/hari. Diperlukan perhitungan baku mutu untuk air limbah yang melebihi debit maksimum tersebut.

2.5 Perencanaan Unit Pengolahan Air Limbah Hotel

Penentuan pilihan pengolahan air limbah, diperlukan kesesuaian antara karakteristik air limbah yang diolah dengan jenis pengolahan yang digunakan. Umumnya jenis pengolahan yang digunakan yaitu secara fisik ataupun biologis. BOD dan COD ratio merupakan salah satu parameter yang digunakan dalam menentukan

pilihan jenis pengolahan air limbah. Batas BOD dan COD ratio untuk pengolahan biologis adalah lebih dari 0,1 dan apabila BOD dan COD ratio dari air limbah yang diolah kurang dari 0,1 maka pengolahan fisik lebih cocok digunakan. Air limbah yang memiliki BOD dan COD ratio kurang dari 0,1 akan bersifat toksik terhadap mikroorganisme sehingga pengolahan biologis tidak cocok digunakan (Samudro, 2010).

2.5.1 Grease Removal

Grease removal/bak pemisah lemak, berfungsi untuk menangkap minyak dan lemak yang ada pada air limbah serta mencegah terjadinya pengumpulan pada sistem penyaluran air limbah. Bak pemisah lemak memakai prinsip bahwasanya, minyak dan lemak mempunyai massa jenis yang lebih kecil dari pada air dan akan naik pada permukaan air. Untuk menghilangkan minyak dan lemak, dapat dilakukan menggunakan bak pemisah minyak dan lemak sederhana secara gravitasi. Untuk merancang bak pemisah minyak dan lemak sederhana, waktu tinggal di dalam bak pemisah lemak umumnya antara 0,5-2 jam (Metcalf & Eddy, 2003).

2.5.2 Bak Ekualisasi

Pada bak ekualisasi atau bak penampungan ini berfungsi untuk menampung air limbah dalam waktu sementara dan mengatur debit air limbah menuju unit pengolahan selanjutnya. Hal ini juga berguna untuk menghindari atau meminimalisir adanya *shock loading*. Manfaat lainnya dari bak ekualisasi ini ialah dapat menstabilkan pH dan mengencerkan zat penghambat.

$$\frac{rt}{24 \text{ jam}} \text{ hari} \times Q \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana:

rt = *retention time* (waktu tinggal)

Q = debit air limbah

2.5.3 Bak Aerasi

Aerasi adalah penambahan oksigen ke dalam air sehingga oksigen terlarut di dalam air semakin tinggi. Aerasi termasuk pengolahan secara fisika, karena lebih mengutamakan unsur mekanisasi dari pada unsur biologi. Prinsip aerasi ialah mencampurkan air dengan udara dengan tujuan meningkatkan kandungan oksigen dalam air, dengan meningkatnya oksigen zat-zat mudah menguap seperti hidrogen sulfida dan metana yang mempengaruhi rasa dan bau dapat dihilangkan. Mineral yang larut seperti besi dan mangan akan teroksidasi membentuk endapan yang dapat dihilangkan dengan sedimentasi dan filtrasi (Yuniarti dkk, 2019).

Efektifitas dari aerasi tergantung dari seberapa luas dari permukaan air yang bersinggungan langsung dengan udara. Proses aerasi sangat penting terutama pada pengolahan limbah yang proses pengolahannya biologinya memanfaatkan bakteri aerob. Bakteri aerob adalah kelompok bakteri yang mutlak memerlukan oksigen yang mencukupi selama proses biologi, maka bakteri-bakteri tersebut dapat bekerja dengan optimal. Hal ini akan bermanfaat dalam penurunan konsentrasi zat organik di dalam air limbah (Bary, 2013).

Aerasi dapat dilakukan secara alami, difusi, maupun mekanik. Aerasi alami merupakan kontak antara air dan udara yang terjadi karena pergerakan air secara alami. Beberapa metode yang cukup banyak digunakan untuk meningkatkan aerasi antara lain menggunakan *cascade aerator*, *watefalls*, maupun *cone tray aerator*.

2.5.4 Bak Sedimentasi

Tujuan pada bak sedimentasi untuk menghilangkan zat padat yang tersuspensi, seperti partikel tertentu atau material yang mudah mengambang dan dengan demikian mengurangi kandungan padatan tersuspensi. Selama waktu 3-5 jam diperkirakan partikel atau padatan yang terdapat didalam air akan mengendap ke dasar bak karena adanya proses gravitasi (Said, 2017). Efisiensi tersebut berpengaruh langsung oleh faktor kecepatan permukaan atau *overflow rate* dan waktu detensi.

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

Dimana:

rt = *retention time* (waktu tinggal)

Q = debit air limbah

2.5.5 Biofilter Anaerob

Biofiltrasi merupakan proses dimana pengolahan yang dilakukan secara biologi dengan memanfaatkan mikroorganisme yang berfungsi sebagai pengurai pada air limbah. Mikroorganisme akan melekat pada suatu media sebagai tempat untuk berkembang biak mikroorganisme tersebut. Salah satu kelebihan pada proses ini ialah lumpur biologis yang dihasilkan jauh lebih sedikit dibandingkan dengan proses aerob.

Pada bak anaerob ini akan diisi dengan media khusus dari bahan plastik tipe sarang tawon dengan ukuran yang sesuai dengan kebutuhan kriteria desain. Penguraian zat organik dilakukan oleh bakteri anaerobik dengan waktu tinggal rata-rata 6 – 8 jam. Setelah beberapa hari, pada permukaan media akan tumbuh lapisan film mikroorganisme yang akan mempercepat proses penguraian zat organik yang belum terurai pada bak pengendapan awal (Mubin, 2016).

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

2.5.6 Constructed Wetland (CW)

CW merupakan cekungan dangkal yang diisi dengan substrat seperti kerikil atau pasir, dan ditanami dengan vegetasi yang toleran terhadap kondisi jenuh. CW dirancang khusus untuk pengolahan air limbah, sehingga CW lebih efisien daripada lahan alami (Sudarsan dkk., 2015). Prinsip dasar CW yaitu proses respirasi tanaman hidrofit yang mampu dalam mengisap oksigen dari udara melalui daun, batang dan

akarnya kemudian dilepaskan kembali pada daerah sekitar perakaran dan tanaman yang dapat hidup pada kondisi anaerob (Kasman dkk., 2018).

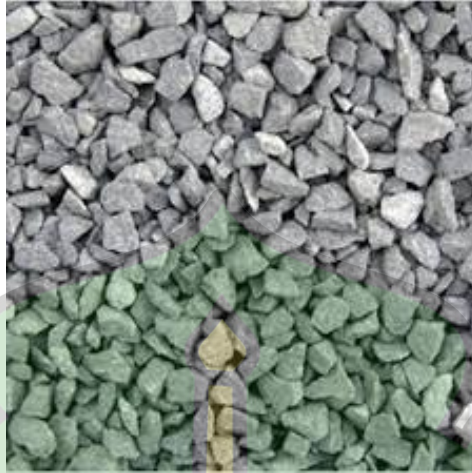
Proses penyisihan polutan yang terjadi pada CW yaitu sedimentasi, filtrasi dan pengolahan biologis. Pada CW aliran dirancang dengan kecepatan yang rendah sehingga terjadi pengendapan partikel pada air limbah. Kecepatan aliran juga memperpanjang waktu kontak permukaan CW dan air limbah, sehingga vegetasi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

2.6 Jenis Media Biofilter

Media biofilter ialah media yang digunakan untuk proses biologi dengan biakan melekat. Pada proses ini dimana mikroorganisme tumbuh dan berkembang menempel pada permukaan media. Influen air limbah dimasukkan ke dalam reaktor yang di dalamnya diisi dengan media biofilter. Efektifitas proses biofilter dipengaruhi oleh jenis serta media yang digunakan. Secara umum media biofilter yang digunakan berupa bahan material organik atau bahan anorganik misalnya dalam bentuk tali, bentuk jaring, bentuk butiran tidak teratur, bentuk papan (plate), bentuk sarang tawon dan lainnya. Sedangkan untuk media dari bahan anorganik misalnya batu pecah, kerikil, batu marmer, batu tembikar dan lainnya.

2.6.1 Batuan dan Kerikil

Batu dan kerikil bersifat inert dan tidak pecah dengan kekuatan mekanikal yang baik, serta batu dan kerikil mempunyai sifat kebasahan yang baik. Media batu dan kerikil merupakan media biofilter permanen, dan sulit untuk dipindahkan sehingga pemeliharaan menjadi besar dan biaya konstruksi menjadi lebih mahal. Oleh karena itu media kerikil kurang cocok untuk dipakai media biofilter skala komersial.



Gambar 2. 1 Media kerikil dan batu pecah

2.6.2 *Fiber Mesh Pads*

Fiber mesh pads ialah bantakan saringan serat tipis yang menyerupai filter pendingin udara, namun dibentuk menjadi bantalan yang berat dan tebal. Bahan ini dapat berperan baik sebagai filter fisik maupun sebagai filter biologis. Beratnya cukup ringan dan mempunyai luas permukaan setiap unit volume yang lebih besar dibanding jenis media yang lainnya. Saringan *fiber* ini juga memiliki kelemahan yang sama seperti media kerikil, dimana bahan ini mempunyai diameter celah bebas sangat kecil dan cenderung cepat tersumbat. Akibat sumbatan akan mengurangi efektifitas pengolahan, selanjutnya diperparah dengan sulitnya proses pembersihan dan regenerasi bantalan. Umumnya bantalan saringan serat memerlukan tenaga kerja yang banyak untuk proses pembersihan.



Gambar 2. 2 *Fiber mesh pads*

2.6.3 *Brillo Pads*

Jenis media ini ringan dan relatif mempunyai luas permukaan besar dengan harga yang murah. Walau permukaannya lebih besar dari pada *fiber mesh pad*, namun mempunyai beberapa kekurangan. Salah satu kekurangannya adalah kekuatan mekanikalnya kecil, tidak mungkin untuk menumpuk packing ini tanpa menekan lapisan bawah. Pada saat lapisan bawah tertekan, maka akan menahan laju alir menjadi tersumbat. *Brillo pad* dan *mesh pads* kedua-duanya berhasil dalam penerapan untuk akuarium kecil, namun untuk kapasitas yang besar untuk produksi akuakultur sulit dan tidak ekonomis.

2.6.4 *Random atau Dumped Packing*

Media jenis ini ditiru dari *packing* yang digunakan pada industri kimia. Terdapat bermacam jenis yang berbeda dari cetakan plastik yang tersedia dalam berbagai luas permukaan spesifik. Media jenis ini dimasukkan secara acak ke dalam reaktor sehingga dinamakan *random packing*. Umumnya media ini mempunyai faksi rongga yang baik dan relatif tahan terhadap penyumbatan dibandingkan *mesh pads* atau unggun kerikil.

Media tipe *random packing* harus dipasang di atas penyangga jenis *grid* atau *screen*. *Packing* ini harus memakai wadah karena tidak mempunyai kekuatan struktur

dasar. Walaupun *random packing* relatif ringan, namun sulit untuk dipindahkan dari vessel besar apabila sudah terpasang. Hal ini karena untuk mengeluarkan *packing* harus di keruk. Pembersihan harus dilakukan ditempat. Pemasangan *random packing* juga sulit, apabila pemasangan unggun kurang hati-hati maka terjadi beberapa hal yang tidak sesuai pada kerapatan *packing* di seluruh unggun. Unggun tersebut akan cenderung turun dan merapat.



Gambar 2. 3 media *random packing*

2.6.5 Media Terstruktur

Media terstruktur dapat digunakan untuk berbagai keperluan selain biofilter. Media terstruktur telah digunakan pada biofilter selama lebih dari 25 tahun untuk pengolahan air buangan rumah tangga maupun air limbah industri. Salah satu jenis media terstruktur yang sering digunakan adalah media dari bahan plastik tipe sarang tawon. Salah satu contoh spesifikasi media terstruktur tipe sarang tawon dapat dilihat pada tabel 2.2

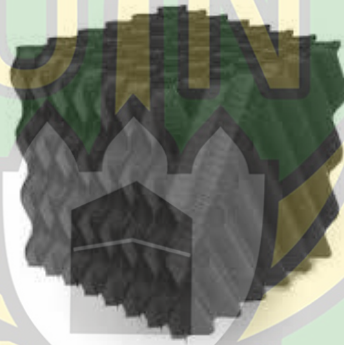
Tabel 2. 2 Contoh spesifikasi media tipe sarang tawon

| | |
|---------------|----------------------------------|
| Tipe | : Sarang Tawon, <i>crossflow</i> |
| Material | : PVC |
| Ukuran Modul | : 30cm × 25cm × 30cm |
| Ukuran Lubang | : 2 cm × 2 cm |
| Ketebalan | : 0,5 mm |

| | |
|------------------|--|
| Luas Spesifikasi | : 150-220 m ² /m ³ |
| Berat | : 30-35 kg/m ³ |
| Porositas Ronga | :0,98 |
| Warna | : bening transparan atau hitam |

Sumber : (Said dan Ruliasih,2005)

Lembaran-lembaran PVC disambung membentuk blok segi-empat, beberapa media mempunyai saluran. Hampir semua media terstruktur digunakan untuk biofilter adalah jenis aliran silang atau *crossflow*. Media terstruktur misalnya media tipe sarang tawon *crossflow* mempunyai luas permukaan spesifik yang bervariasi tergantung dari diameter celah bebas atau volume rongganya.



Gambar 2. 4 bentuk sarang tawon

2.7 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 2.3 dibawah ini.

Tabel 2.3 Penelitian Terdahulu

| No. | Nama Peneliti | Tahun | Judul | Hasil Penelitian |
|-----|--------------------------|-------|--|---|
| 1 | Putri Husada Batubara | 2019 | Evaluasi Desain Instalasi Pengolahan Air Limbah | 1. Hasil debit air limbah yaitu 1000 |

| | | | | |
|---|--|--------|--|---|
| | | | (IPAL) di Hotel Madani, Medan | <p>m³/hari</p> <ol style="list-style-type: none"> 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, Dwipayogo Wibowo dan Ahmad Syarif Sukri | A 2021 | Perencanaan Desain Instalasi Pengolahan Air Limbah dengan Metode Anaerob-aerob | <ol style="list-style-type: none"> 1. Debit air limbah 7,88 m³/hari 2. Volume efektif bak control yaitu 0,50 m × 0,50 m × 0,40 m 3. Dimensi biofilter anaerob ialah 1 m |

| | | | | |
|---|--|------|---|---|
| | | | | <p>× 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 Instalasi 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 Manulanga 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 × 2,9 m</p> <p>4. Dimensi biofiter anaerob yaitu 2,8 m × 1,5 m × 1,5 m</p> |

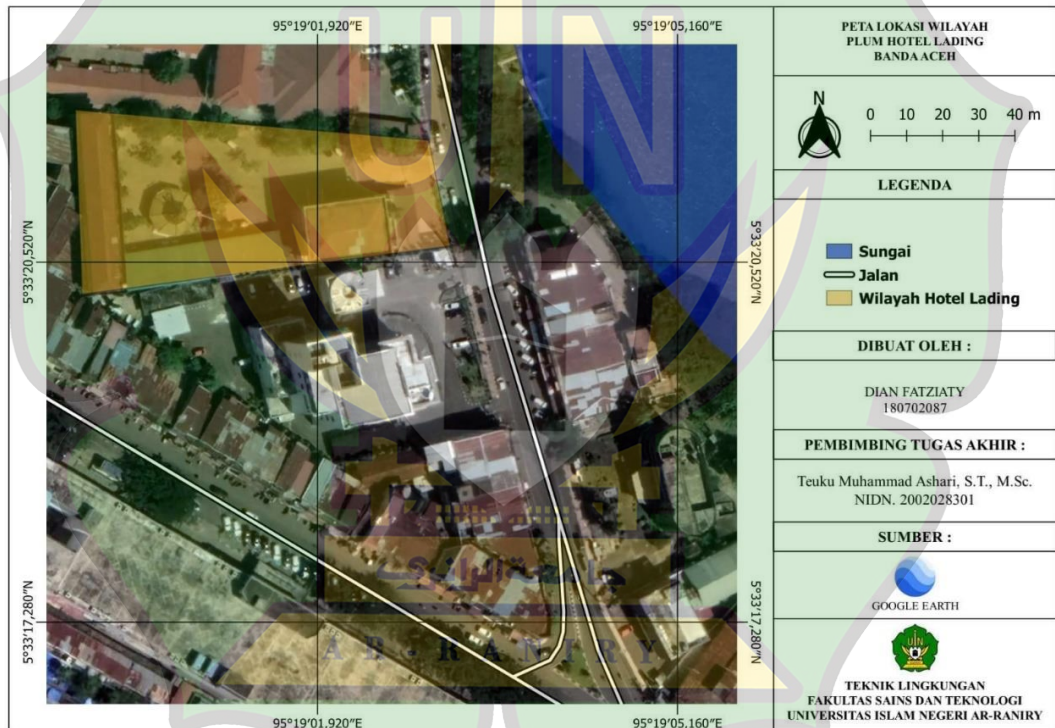
| | | | | |
|----|-------------|------|---|--|
| | | | | <p>5. Dimensi bak aerasi yaitu 2,11 m × 3 m × 1,8 m</p> <p>6. Dimensi bak pengendap akhir yaitu 1,5 m × 3 m × 2,9 m</p> |
| 5. | Raihan Rani | 2021 | Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Komunal Pada Gampong Jeulingke Kota Banda Aceh | <p>1. Kuantitas mampu menampung dan mengolah air limbah yang berada di bawah persyaratan baku mutu PerMenLHK No.68 Tahun 2016 untuk parameter BOD, COD, TSS dan <i>total coliform</i></p> <p>2. Dimensi ABR 10,4 m × 5 m × 3,5 m</p> <p>3. Dimensi unit CW 51 m × 10,2 m × 1 m</p> |

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini membutuhkan waktu dimulai dari bulan Desember 2022 yang dimulai dari tahap penyusunan proposal hingga tahap penyusunan tugas akhir selesai. Penelitian ini berlokasi di Hotel Lading Jalan Meutia No.19, Kp. Baru, Kec. Baiturahman, Kota Banda Aceh, berikut ditampilkan peta lokasi titik pengumpulan data.

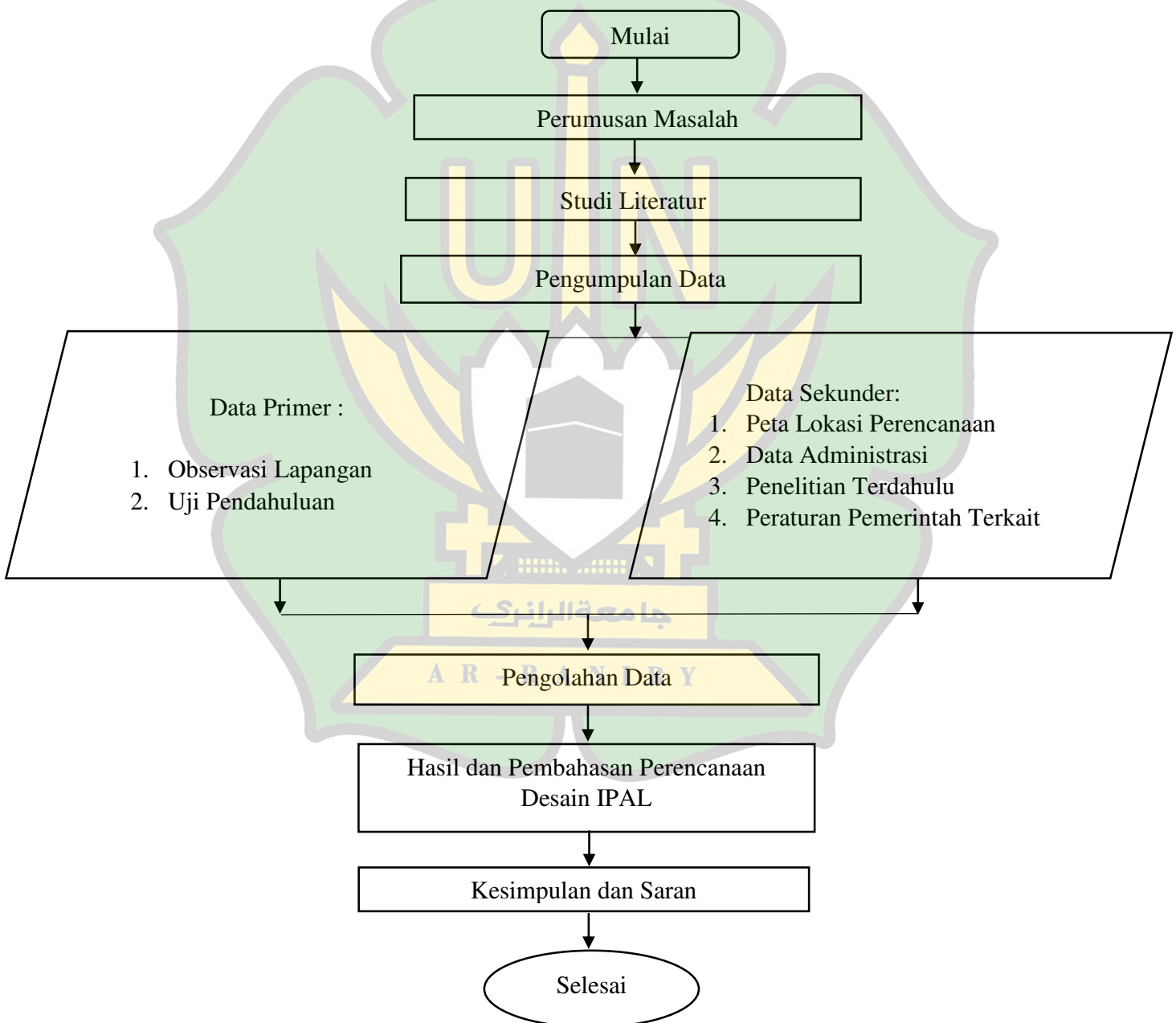


Gambar 3. 1 Peta Lokasi Penelitian

(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 Tahapan Kerangka Penelitian

3.3 Teknik Pengumpulan Data

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

3.3.1 Teknik Pengumpulan 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 Lading.

a. Wawancara

Wawancara dilakukan dengan tanya jawab perihal penampungan atau pengolahan limbah cair di Hotel Lading. Wawancara yang ditujukan kepada Manager Hotel Lading dan Ketua Engineering Hotel Lading. Adapun pertanyaan yang di ajukan terhadap pihak terkait yaitu sebagai berikut:

- Air apa yang digunakan untuk kegiatan Hotel Lading?
- Bagaimana pengumpulan air limbah Hotel Lading?
- Bagaimana kondisi eksisting air limbah Hotel Lading?

b. Observasi Lapangan

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

- Sistem penampungan air buangan Hotel Lading
- Karakteristik limbah cair yang dihasilkan Hotel Lading

3.3.2 Data Sekunder

Data sekunder merupakan data tidak langsung yang merupakan sumber informasi pada pengelolaan limbah cair Hotel Lading. Sumber informasi yang berasal dari buku jurnal, penelitian terdahulu dan peraturan yang berkaitan tentang pengolahan limbah cair domestik dan limbah cair kegiatan hotel:

- a. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No.68 Tahun 2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik.
- b. Pedoman Perencanaan Teknik Terinci Sistem Pengolahan Air Limbah Domestik Terpusat (SPALD-T) Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat 2018.
- c. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup: Lampiran V.

3.4 Data Administrasi

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

- a. Jumlah tempat tidur Hotel Lading
- b. Jumlah karyawan Hotel Lading
- c. Jumlah aula dan kapasitas maksimum aula Hotel Lading
- d. Jumlah mesin cuci pada fasilitas penatu Hotel Lading

3.5 Pengolahan Data dan Analisis

Pada tahapan ini dilakukan pengolahan data dari data-data yang telah dikumpulkan melalui observasi dilapangan. Setelah data diolah, perencanaan melakukan analisis dari hasil wawancara dan pengumpulan 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 Anaerob Biofilter dan CW.

3.6 Perencanaan IPAL Hotel Lading

3.6.1 Perhitungan Beban/Debit Air Limbah Perencanaan

Debit perencanaan diperoleh berdasarkan data pemakaian air dari setiap aktivitas dan fasilitas yang ada di hotel. Hotel Lading memiliki berbagai fasilitas penunjang seperti memiliki aula sebanyak 4 ruangan dengan kapasitas ± 100 orang

pada masing-masing ruangan. Namun ruangan aula cenderung sesekali saja di gunakan sehingga perhitungan diasumsikan sesuai jam pemakaian. Pada Hotel Lading juga memiliki fasilitas penatu dengan jumlah 2 mesin cuci yang juga akan diasumsikan sesuai jam pemakaian, dan juga Hotel Lading memiliki *Coffee shop* dengan jam operasionalnya di mulai dari jam 7 pagi sampai dengan jam 11 malam dengan kapasitas maksimum 60 orang. Perhitungan beban/debit air limbah menggunakan asumsi tingkat penggunaan air bersih untuk perhotelan sebanyak 150L/orang/hari 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 m^3/hari maupun dalam satuan m^3/jam . Cara mengkonversi debit dihitung dalam persamaan berikut (Batubara, 2019):

$$Q_{\text{average}} (\text{m}^3/\text{hari}) = Q (\text{m}^3/\text{bulan}) / 30 \text{ hari} \quad (3.2)$$

$$Q_{\text{average}} (\text{m}^3/\text{jam}) = Q (\text{m}^3/\text{jam}) / 24 \text{ jam} \quad (3.3)$$

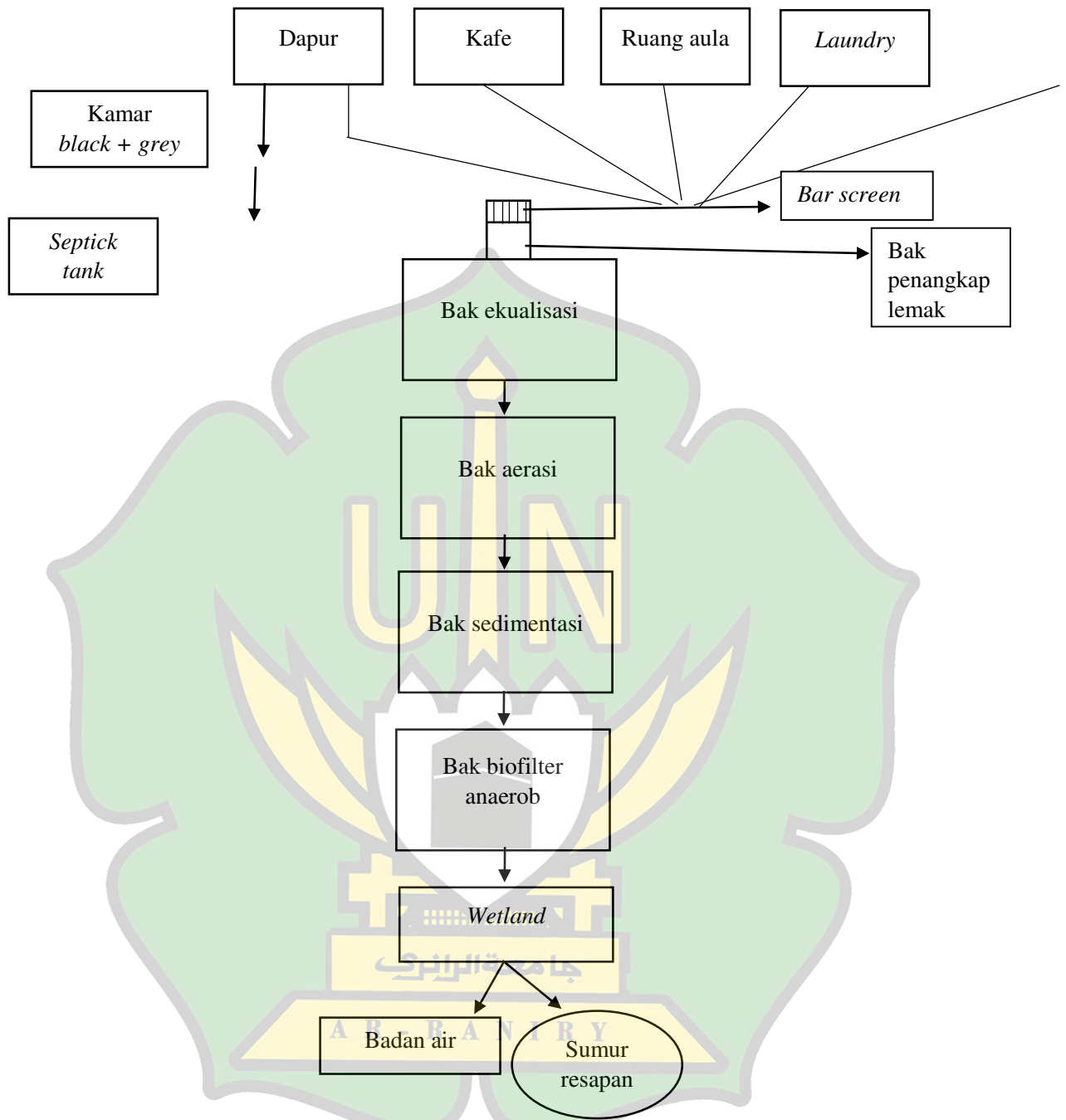
3.6.2 Perencanaan Unit Pengolahan

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

1. Perhitungan detail dimensi unit pengolahan. Perhitungan ini untuk menentukan demensi setiap uni pengolahan agar berfungsi secara optimal yang disesuaikan dengan kriteria desain
2. Gambar detail unit pengolahan. Dambar detail setiap unit pengolahan yang dibuat dengan menggunakan *software* AutoCAD dengan menyesuaikan hasil perhirtungan detail dimensi unti pengolahan.
3. *Bill of Quantity* (BOQ) adalah estimasi biaya dalam satuan proyek kontruksi biasanya disajikan dalam 3 hal pokok yaitu deskripsi pekerjaan, volume dan

unit harga dan 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 Alir Air Limbah

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kondisi Eksisting Sistem Pengolahan Air Limbah di Hotel Lading Banda Aceh

Pada tahun 2021, Hotel Lading yang awalnya berbintang melati telah *upgrade* menjadi hotel bintang 3, hal ini dikarenakan semakin banyaknya fasilitas yang disediakan oleh hotel, seperti adanya pemanas air pada kamar mandi di setiap kamar, lahan parkir yang luas, memiliki 4 aula dengan kapasitas setiap aula 100 orang, adanya *coffe shop*, dan penatu. Setelah Hotel Lading *upgrade*, sistem pengolahan air limbah yang digunakan ialah sumur resapan. Pada tahun 2022 sumur ini ditambah sehingga total sumur resapan yang dimiliki oleh Hotel Lading saat ini adalah 5 sumur resapan oleh karena itu perlu penambahan IPAL untuk pengolahan lanjutan air limbah. Kedalaman sumur yang baru ditambahkan berbeda dengan 4 sumur yang sudah ada, yaitu 4 sumur resapan memiliki 9 cincin sumur sedangkan sumur yang ke 5 memiliki 6 cincin sumur. Pada perhitungan jumlah daya tampung sumur resapan yang telah hitung yaitu 31.500 Liter atau 31,5 m³.

4.2 Kualitas Air Limbah Pada Hotel Lading Banda Aceh

Jenis air limbah yang diuji pada penelitian ini adalah greywater yang berasal dari aktifitas dapur dan kamar mandi. Sampel yang diambil yaitu pada saluran sebelum memasuki sumur resapan. Pengambilan sampel air limbah dilakukan pada 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 berikut ini:

Tabel 4. 1 Hasil Pengujian Kualitas Air Limbah

| No. | Parameter | Satuan | Hasil Uji Pendahuluan | Baku Mutu | Keterangan |
|-----|------------------|--------|-----------------------|-----------|---------------------------|
| 1 | pH | - | 6,3 | 6 – 9 | Sesuai baku mutu |
| 2 | COD | mg/L | 381 | 100 | Melewati baku mutu |
| 3 | BOD | mg/L | - | 30 | - |
| 4 | TSS | mg/L | 371 | 30 | Melewati baku mutu |
| 5 | Minyak dan Lemak | mg/L | 0,210 | 5 | Sesuai baku mutu |
| 6 | Amoniak | mg/L | 7,58 | 10 | Sesuai 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 yang terlihat pada tabel 4.1, perlu diperhatikan beberapa parameter yang telah melewati standar baku mutu yang ditetapkan dan perlu dilakukan pengolahan terlebih dahulu sebelum dibuang ke badan air.

4.3 Debit Air Limbah Pada Hotel Lading Banda Aceh

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

Diketahui :

Jumlah kamar keseluruhan : 44 kamar

Kapasitas maksimum : - Tamu hotel : 172 orang
 - Aula : 400 orang
 - *caffé shop* : 60 orang

Jumlah karyawan : 17 orang

Potensi air limbah : 80% dari penggunaan air bersih (Said, 2017)

Perhitungan debit:

Volume pemakaian air bersih oleh tamu = 632 orang \times 150 L/orang/hari
 = 94.800 L/hari
 = 94,8 m³/hari

Volume pemakaian air bersih karyawan = 17 orang \times 75 L/orang/hari
 = 1.275 L/hari
 = 1,275 m³

Volume pemakaian air = 94,8 m³/ hari+ 1,275 m³/hari
 = 96,075 m³/hari
 = 96.075 L/hari + 20%
 = 115.290 L/hari

A R - R A \cong 4.804 L/orang/jam

Volume limbah yang dihasilkan = 115,29 m³/hari \times 80%
 = 92,232 m³/hari
 = 92.232 L/hari
 = 3.843 L/orang/jam

Seperti yang dilihat pada tabel 4.1, bahwasanya paramter yang melewati standar baku mutu yang telah ditetapkan ialah TSS dan COD. Untuk menentukan

waktu tinggal pada setiap unit-unit pengolahan dalam IPAL, maka perlu dilakukan perhitungan parameter beban pencemar TSS dan COD yang dihasilkan Hotel Lading perhari.

Diketahui:

$$\begin{aligned} \text{Kadar TSS} &= 371 \text{ mg/L} \\ Q_{\text{air limbah}} &= 95.000 \text{ L/hari} \\ \text{TSS/hari} &= \text{TSS} \times Q_{\text{air limbah}} \\ &= 371 \times 95.000 \\ &= 35.245.000 \text{ mg/hari} \\ &= 35,245 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

Diketahui:

$$\begin{aligned} \text{Kadar COD} &= 381 \text{ mg/L} \\ Q_{\text{air limbah}} &= 95.000 \text{ L/hari} \\ \text{COD/hari} &= \text{COD} \times Q_{\text{air limbah}} \\ &= 381 \times 95.000 \\ &= 36.195.000 \text{ mg/hari} \\ &= 36,195 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

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

4.4 Desain IPAL untuk Hotel Lading Banda Aceh

Parameter yang diuji pada *greywater* yang dihasilkan oleh Hotel Lading beberapanya ada yang melewati standar baku mutu sehingga perlu dilakukan penanganan guna mencegah terjadinya pencemaran badan air yang ada didekat hotel lading. Air limbah yang mengalir dari kegiatan perhotelan dialirkan ke bak ekualisasi dimana terdapat bak penangkap lemak di awal bak untuk memisahkan minyak dan lemak yang mengapung di permukaan air limbah sehingga terhindar dari gumpalan-

gumpalan yang menyumbat pipa. Pada bak ekualisasi juga berfungsi untuk mencegah terjadinya *shock loading* atau debit air limbah yang meningkat secara tiba-tiba.

Air limbah dari bak ekualisasi dialirkan ke unit selanjutnya yaitu bak sedimentasi, pada bak sedimentasi ini dilengkapi dengan blower untuk membantu proses aerasi sehingga membantu menurunkan TSS dan COD. Setelah melewati proses sedimentasi, air limbah dialirkan ke unit Biofilter Anaerobik dengan media sarang tawon berukuran yang didesain sesuai dengan kebutuhan beban pencemar air limbah. Terakhir, air akan dialirkan ke CW, di dalam CW aliran akan didesain dengan kecepatan rendah agar terjadi pengendapan partikel pada air limbah. Kecepatan ini juga untuk memperpanjang waktu kontak permukaan CW dan air limbah, sehingga tanaman akar wangi dan organisme menggunakan senyawa organik sebagai nutrisi dan dapat mengurangi patogen dalam air limbah.

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) = 95 m³/hari
- Waktu tinggal (rt) = 1-2 jam
- Kedalaman = 0,6 m
- Lebar = 0.6 m
- Dimensi bak yang diperoleh

| | |
|---------------|---------|
| Panjang | = 0,6 m |
| Lebar | = 0,6 m |
| Kedalaman air | = 0.6 m |
| Ruang bebas | = 0,3 m |

$$\text{Tinggi} = 0,9 \text{ m}$$

Perhitungan produksi minyak pada bak penangkapan lemak

Diketahui

- Debit rata-rata = $95 \text{ m}^3/\text{hari}$
- Konsentrasi minyak = $0,210 \text{ mg/L}$
= $0,210 \text{ mg/L} \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3$
- Massa jenis minyak = $0,900 \text{ kg/l}$
- rt = 1 jam

Perhitungan

- Massa minyak = konsentrasi minyak (kg/m^3) \times debit rata-rata (m^3/hari)
= $0,210 \text{ mg/L} \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3 \times 95 \text{ m}^3/\text{hari}$
= $19,95 \text{ kg/hari}$
- Volume minyak = massa minyak (kg/hari) / massa jenis minyak (kg/l)
= $\frac{19,95 \text{ kg/hari}}{0,900 \text{ kg/l}}$
= $0,02216 \text{ m}^3$

Minyak dan lemak yang terperangkap selanjutnya akan dibuang secara berkala dengan cara manual selama 2 hari sekali dengan pertimbangan dikhawatirkannya *scum* atau sampah yang terbentuk akan mengeras sehingga sulit dibuang.

4.5.2 Bak Ekualisasi A R - R A N I R Y

Perhitungan dimensi bak ekualisasi:

Diketahui :

a. Influent

$$Q_{\text{air limbah}} = 95 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{COD}_{\text{influent}} = 381 \text{ mg/L}$$

$$\text{TSS}_{\text{influent}} = 371 \text{ mg/L}$$

b. Perhitungan dimensi

Untuk desain bak ekualisasi, waktu tinggal di dalam bak (HRT) = 8 jam, maka

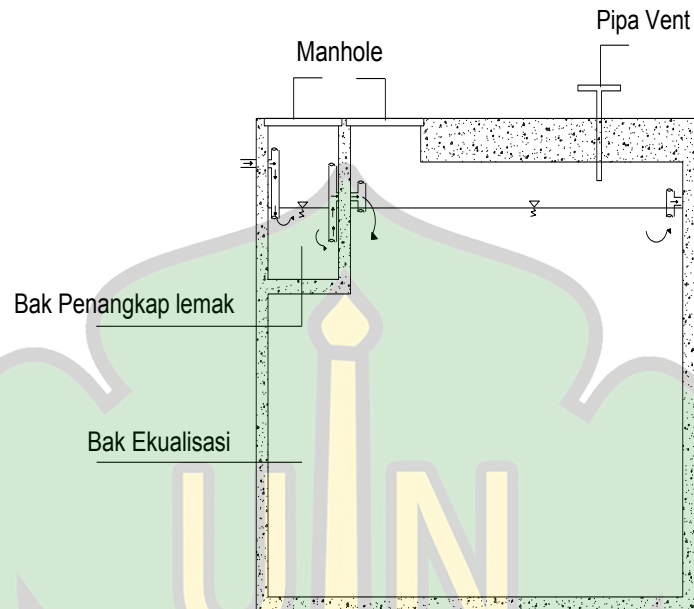
$$\text{volume bak yang diperlukan} = \frac{8 \text{ jam}}{24 \text{ jam}} \times 95 \text{ m}^3/\text{hari} = 31,6 \text{ m}^3$$

- Debit air limbah = 95 m³/hari
- Waktu tinggal = 8 jam
- H rencana = 3 m
- Lebar = 3 m
- Panjang = 3,5 m
- V_Q = 31,5 m³
- Ruang bebas = 0,3 m

c. Effluent

- TSS_{removal} = 50 % × TSS_{influent}
 = 50 % × 371 mg/L
 = 185,5 mg/L
- TSS_{effluent} = TSS_{influent} - TSS_{removal}
 = 371 mg/L - 185,5 mg/L
 = 185,5 mg/L





Gambar 4.1 Desain Bak Penangkap Lemak dan Bak Ekuilisasi

4.5.3 Bak Aerasi

a. Influent

$$Q_{\text{air limbah}} = 95 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{COD}_{\text{influent}} = 381 \text{ mg/L}$$

$$\text{TSS}_{\text{influent}} = 185,5 \text{ mg/L}$$

b. Perhitungan dimensi

Untuk desain bak aerasi, waktu tinggal di dalam bak (HRT) = 2 jam, maka

$$\text{volume bak yang diperlukan} = \frac{2 \text{ jam}}{24 \text{ jam}} \times 95 \text{ m}^3/\text{hari} = 8 \text{ m}^3$$

- Debit air limbah = 95 m³/hari
- Waktu tinggal = 2 jam
- H rencana = 3 m
- Lebar = 2 m

- Panjang = 1,4 m
- V_Q = 8,4 m³
- Ruang bebas = 0,4 m

c. Efluen

- COD_{removal} = 60,75 % \times COD_{influent}
 = 60,75 % \times 381 mg/L
 = 231,5 mg/L
- COD_{effluent} = COD_{influent} - COD_{removal}
 = 381 mg/L - 231,5 mg/L
 = 149,5 mg/L

d. Blower udara

Penentuan blower udara didasarkan dari kebutuhan oksigen yang diperlukan untuk menghilangkan beban COD

Kebutuhan oksigen ditetapkan efisiensi aerobik yaitu sebesar 90% (Hidayati, 2017) dengan beban COD yang telah dihitung :

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan teoritis} &= 90\% \times \text{beban COD} \\ &= 90\% \times 36,195 \text{ kg/hari} \\ &= 32,5755 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

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:

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan oksigen} &= \text{Faktor keamanan} \times \text{Kebutuhan teoritis} \\ &= 1,6 \times 32,5755 \text{ kg/hari} \\ &= 52,1208 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

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

Diketahui:

- P = Tekanan atmosfer $1,01325 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$
 M = Mol udara $28,97 \text{ kg/kg-mol.K}$
 R = Konstanta gas universal $8314 \text{ N.m/kg-mol.K}$
 T = Temperatur (Kelvin $273,15 + 30 \text{ }^\circ\text{C}$) K

Perhitungan:

$$\begin{aligned} p_a &= \frac{P \times M}{R \times T} \\ &= \frac{\left(\frac{1,01325 \cdot 10^5 \text{ N}}{\text{m}^2}\right) \times (28,97 \frac{\text{kg}}{\text{kg}} - \text{mol})}{\left(8314 \text{ N} \cdot \frac{\text{m}}{\text{kg}} - \text{mol.K}\right) \times (273,15 + 30) \text{ K}} \\ &= 1,165 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Kemudian dihitung jumlah kebutuhan udara yaitu sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Jumlah kebutuhan udara} &= \frac{\text{kebutuhan oksigen}}{\text{massa jenis udara} \times \text{persentase oksigen dalam udara}} \\ &= \frac{52,1208 \frac{\text{kg}}{\text{hari}}}{1,165 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 23,18\%} \\ &= 193,006 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Kebutuhan udara aktual

Efisiensi blower udara antara 9-12% untuk tipe *riqid porous tubes*, *single spiral roll* (Metcalf dan Eddy, 2003) maka ditetapkan efisiensi sebesar 10% sehingga kebutuhan udara aktual dapat dihitung dengan sebagai rumus:

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan udara aktual} &= \frac{\text{jumlah kebutuhan teoritis}}{\text{efisiensi blower}(\%)} \\ &= \frac{193,006 \text{ m}^3/\text{hari}}{0,1} \end{aligned}$$

= 1.930,06 m³/hari

= 80,42 m³/menit

= 80.420 liter/detik

Spesifikasi blower udara yang dibutuhkan adalah:

Kapasitas = 220 Liter/Menit

Dimensi = 27,5 cm × 27,5 cm × 28 cm

Jumlah = 1 unit

Rekomendasi = Blower GF-250

Daya = 250 Watt

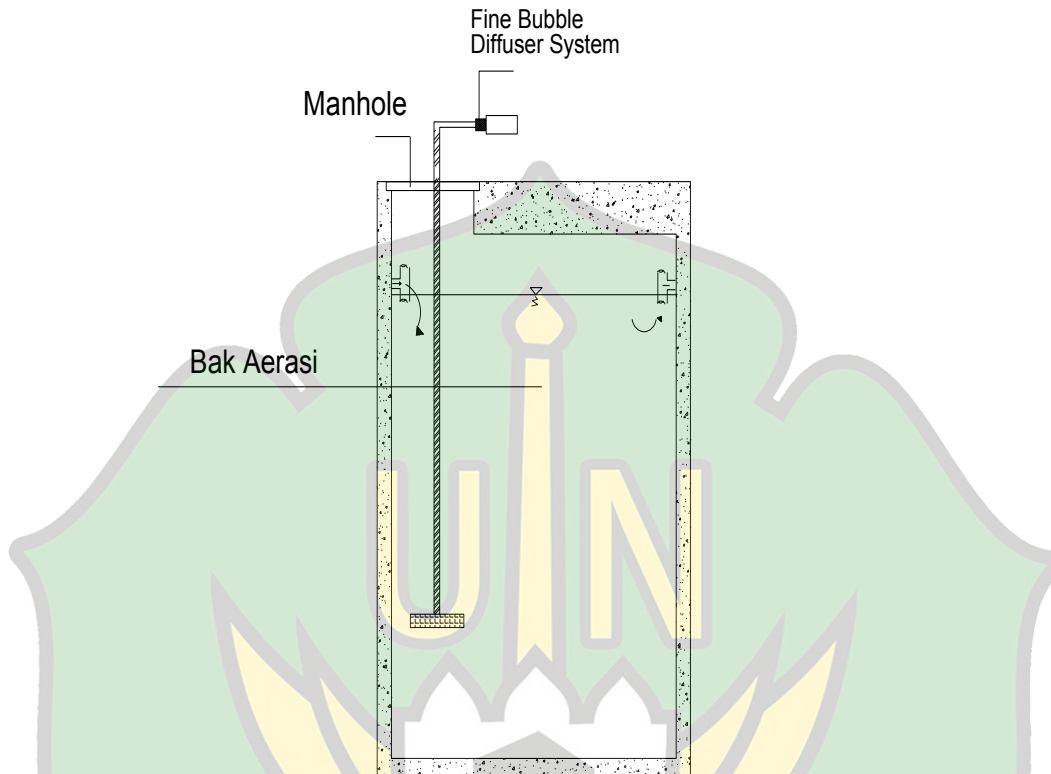
Untuk spesifikasi diffuser udara yang digunakan adalah :

Tipe = *Fine bubble tube diffuser*

Diameter = 10 inci

Flow rate = 60 liter/menit





Gambar 4. 2 Desain Bak Aerasi

4.5.4 Bak Sedimentasi

a. Influent

$$Q_{\text{air limbah}} = 95 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{COD}_{\text{influent}} = 149,5 \text{ mg/L}$$

$$\text{TSS}_{\text{influent}} = 185,5 \text{ mg/L}$$

b. Perhitungan dimensi

- Debit air limbah = $95 \text{ m}^3/\text{hari}$

- Waktu tinggal (rt) = 5 jam (Said dkk, 2011)

$$V_{\text{sedimentasi}} = \frac{5 \text{ jam}}{24 \text{ jam}} \times 95 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 19,8 \text{ m}^3$$

- Dimensi yang dibutuhkan

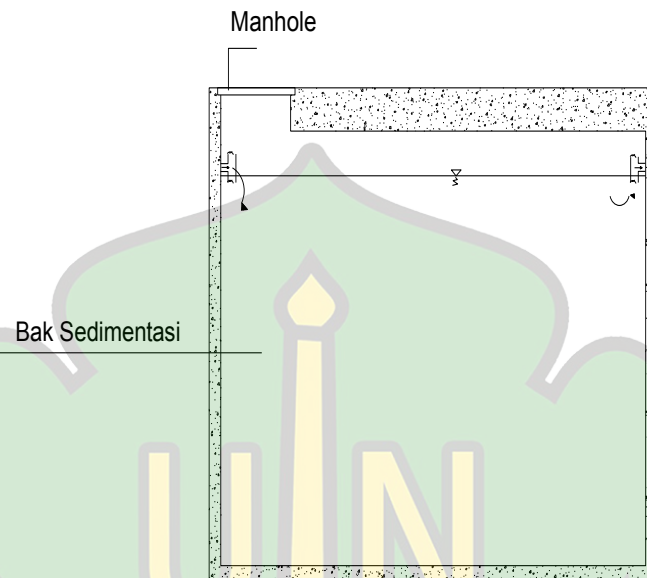
$$\begin{aligned} V_{\text{sedimentasi}} &= A \times h \\ 19,8 &= A \times 31,032 \\ A &= \frac{19,8}{3} \\ &= 6,6 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- Rasio P:L = 2:1

$$\begin{aligned} 2L^2 &= 6,6 \text{ m}^2 \\ L^2 &= \frac{6,6}{2} \\ &= 3,3 \\ L &= \sqrt{3,3} \\ &= 1,8 \text{ m} \\ P &= 2 \times L \\ &= 2 \times 1,8 \\ &= 3,6 \text{ m} \end{aligned}$$

c. Effluent

- $TSS_{\text{removal}} = 80 \% \times TSS_{\text{influent}}$
 $= 80 \% \times 185,5 \text{ mg/L}$
 $= 148,4 \text{ mg/L}$
- $TSS_{\text{effluent}} = TSS_{\text{influent}} - TSS_{\text{removal}}$
 $= 185,5 \text{ mg/L} - 148,4 \text{ mg/L}$
 $= 37,1 \text{ mg/L}$



Gambar 4.3 Bak Sedimentasi

4.5.5 Bak Biofilter Anaerob

Bak biofilter anaerob dilengkapi dengan media biofilter sarang tawon.

a. Influent

- Debit yang masuk ke bak sedimentasi sebesar:

$$Q_{\text{air limbah}} = 95 \text{ m}^3$$

- Kadar senyawa organik yang masuk ke bak dengan parameter:

$$\text{COD}_{\text{influent}} = 149,5 \text{ mg/L}$$

$$\text{TSS}_{\text{influent}} = 37,1 \text{ mg/L}$$

b. Perhitungan dimensi

- Beban COD dalam air limbah (kg/hari)

$$\text{Total beban COD} = Q_{\text{air limbah}} \times \text{COD}_{\text{influent}}$$

$$= 95 \text{ m}^3 \times 149,5 \text{ mg/L}$$

$$= 14.203 \text{ g/hari}$$

$$= 14,203 \text{ kg/hari}$$

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

$$\begin{aligned}
 V_{\text{media biofilter}} &= \frac{\text{Total beban COD}}{\text{COD standar}} \\
 &= \frac{14,203 \text{ kg COD/hari}}{3 \text{ kg/m}^3} \\
 &= 4,8 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

- Volume media biofilter anaerob sebesar 60% dari total volume reaktor (Kemenkes, 2011) sehingga:

$$\begin{aligned}
 V_{\text{reaktor diperlukan}} &= \frac{100}{60} \times V_{\text{media biofilter}} \\
 &= \frac{100}{60} \times 4,8 \text{ m}^3 \\
 &= 7,99 \text{ m}^3 \approx 8 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 R_t &= \frac{V_{\text{reaktor}}}{Q_{\text{air limbah}}} \times 24 \text{ jam/hari} \\
 &= \frac{8 \text{ m}^3}{95 \text{ m}^3} \times 24 \text{ jam/hari} \\
 &= 2,04 \text{ jam} \approx 2,5 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

- Dimensi yang dibutuhkan

$$\begin{aligned}
 V_{\text{bak aerob}} &= A \times h \\
 8 \text{ m}^3 &= A \times 3 \\
 A &= \frac{8 \text{ m}^3}{3 \text{ m}} \\
 &= 2,6 \text{ m}^2 \\
 \text{Rasio P:L} &= 2:1 \\
 2L^2 &= 2,6 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$L^2 = \sqrt{1,3}$$

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

$$P = 2 \times L$$

$$= 2 \times 1,2$$

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

- Maka dimensi yang ditetapkan

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

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

$$= 8,64 \text{ m}^3$$

- Dimensi yang dibutuhkan untuk ruang media:

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

$$\text{Kedalaman} = 3 \text{ m}$$

$$\text{Panjang} = \frac{\text{Volume}}{\text{Lebar} \times \text{Kedalaman}}$$

$$= \frac{8}{1,2 \times 3}$$

$$= \frac{8}{3,33}$$

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

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

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

$$= 7,40 \text{ m}^3$$

$$\text{Total volume efektif} = 1,2 \text{ m} \times 2,64 \times 3 \text{ m}$$

$$= 9,504 \text{ m}^3 \approx 10 \text{ m}^3$$

- Waktu tinggal rata-rata = $\frac{10 \text{ m}^3}{95 \text{ m}^3/\text{hari}} \times 24 \text{ jam/hari}$
- = 2,5 jam

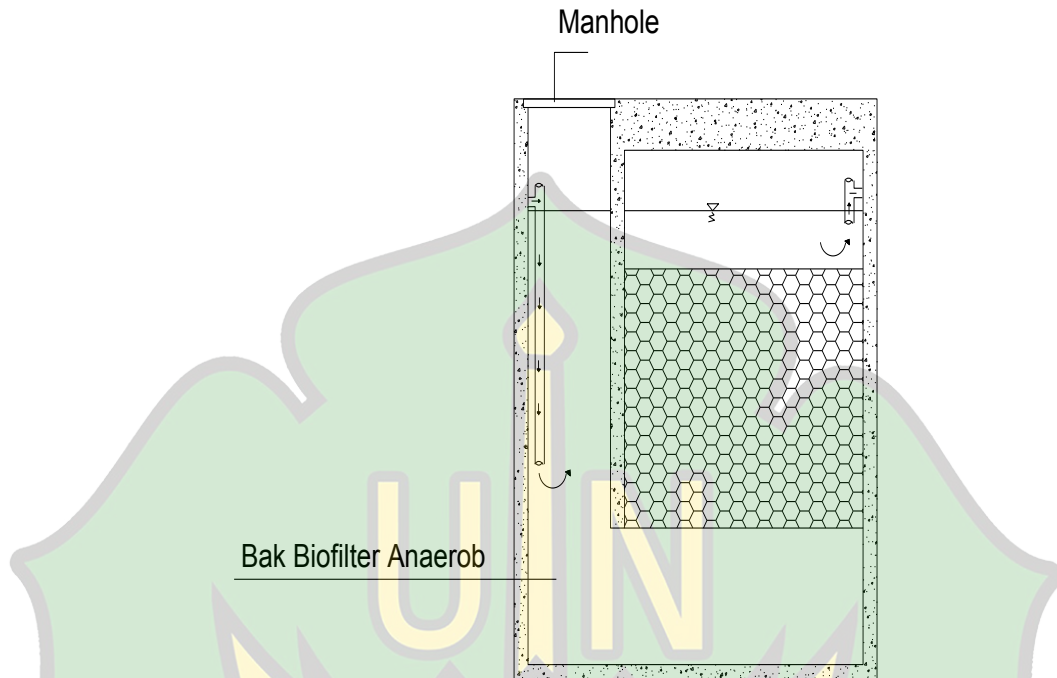
Tinggi ruang lumpur yaitu 0,5 m dan tinggi *bed* media biofilter 1,2 m, maka volume total media biofilter aerob yaitu:

$$\begin{aligned}
 - V_{\text{total media biofilter aerob}} &= 2,4 \text{ m} \times 1,2 \text{ m} \times 1,2 \text{ m} \\
 &= 3,456 \text{ m}^3 \\
 - \text{COD}_{\text{loading per volume media}} &= \frac{14,203 \text{ kg COD/hari}}{3,456 \text{ m}^3} \\
 &= 4,1096 \text{ g COD/m}^3 \cdot \text{hari} \\
 &= 0,0041096 \text{ kg COD/m}^3 \cdot \text{hari}
 \end{aligned}$$

c. Efluen

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

$$\begin{aligned}
 - \text{COD}_{\text{removal}} &= 95\% \times \text{COD}_{\text{influen}} \\
 &= 95\% \times 149,5 \text{ mg/L} \\
 &= 142,1 \text{ mg/L} \\
 \text{COD}_{\text{efluen}} &= \text{COD}_{\text{influen}} - \text{COD}_{\text{removal}} \\
 &= 149,5 \text{ mg/L} - 142,1 \text{ mg/L} \\
 &= 7,4 \text{ mg/L} \\
 - \text{TSS}_{\text{removal}} &= 94\% \times \text{TSS}_{\text{influen}} \\
 &= 94\% \times 37,1 \text{ mg/L} \\
 &= 34,9 \text{ mg/L} \\
 \text{TSS}_{\text{efluen}} &= \text{TSS}_{\text{influen}} - \text{TSS}_{\text{removal}} \\
 &= 37,1 \text{ mg/L} - 34,9 \text{ mg/L} \\
 &= 2,2 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$



Gambar 4. 4 Bak Biofilter Anaerob

Media pembiakan mikro yang digunakan pada pengolahan air limbah Hotel Lading Banda Aceh 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, <i>crossflow Y</i> |
| Material | : PVC <i>sheet</i> |
| 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 |

4.5.6 CW

a. Influen

- $Q_{\text{air limbah}} = 95 \text{ m}^3/\text{hari}$
- Kadar senyawa organik yang masuk ke bak dengan parameter:
 - $\text{COD}_{\text{influen}} = 7,4 \text{ mg/L}$
 - $\text{TSS}_{\text{influen}} = 2,2 \text{ mg/L}$

b. Perhitungan dimensi

- Debit air limbah $= 95 \text{ m}^3/\text{hari}$
- $Rt = \frac{V}{Q_{\text{air limbah}}} \times 24 \text{ jam/hari}$

$$= \frac{4 \text{ m}^3}{95 \text{ m}^3} \times 24 \text{ jam/hari}$$

$$= 1,032 \approx 2 \text{ jam/hari}$$

- Dimensi yang dibutuhkan

Rasio panjang : Lebar = 4 : 1

$3L \times L = \text{Luas permukaan}$

$4L^2 = 4 \text{ m}^2$

$L^2 = \frac{4}{4}$

$= 1 \text{ m}$

$L = 1 \text{ m}$

$P = 4 \times 1$

$= 4 \text{ m}$

- Kerapatan tanaman (akar wangi)

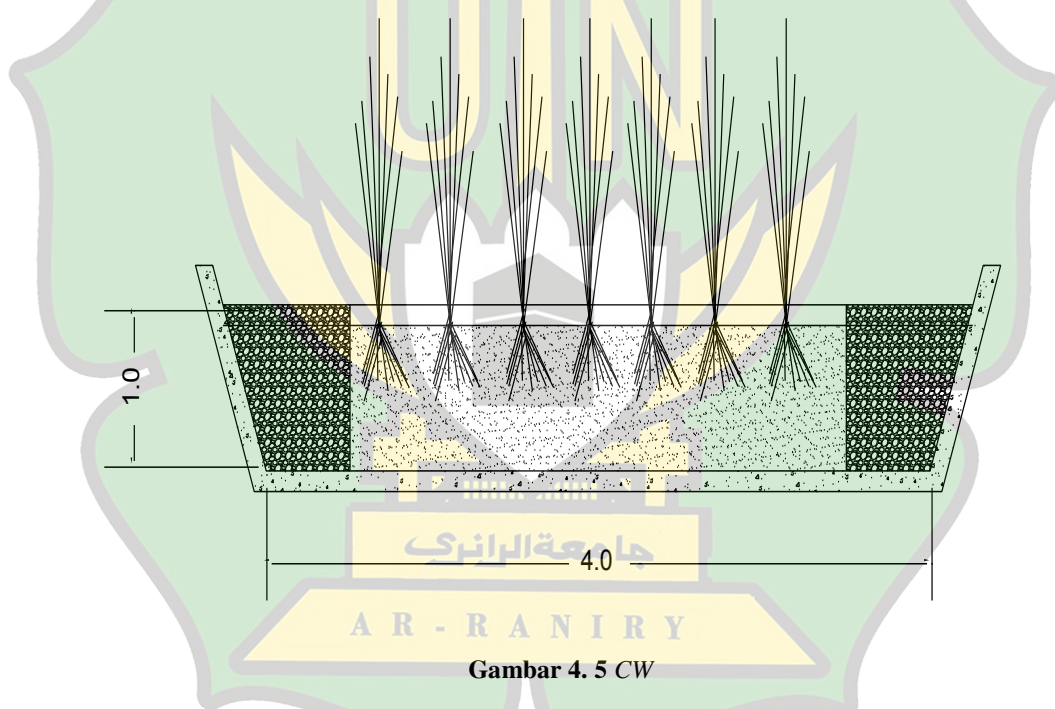
Luas media taman \times kerapatan tanaman

$= 4 \text{ m}^2 \times 10 \text{ tanaman/m}^2$

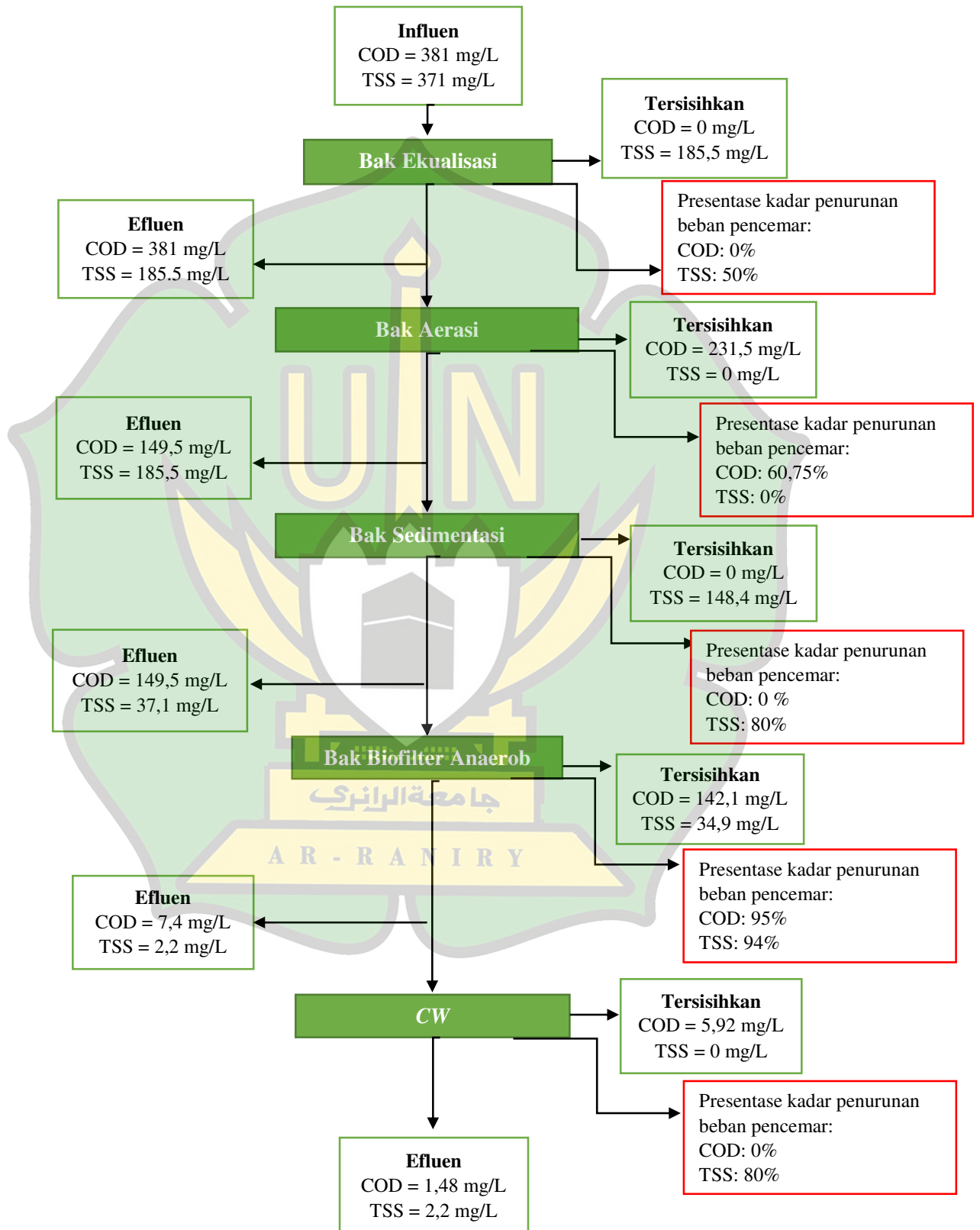
$= 40 \text{ tanaman akar wangi}$

c. Efluen

$$\begin{aligned}
 - \text{COD}_{\text{removal}} &= 80\% \times \text{COD}_{\text{influen}} \\
 &= 80\% \times 7,4 \text{ mg/L} \\
 &= 5,92 \text{ mg/L} \\
 - \text{COD}_{\text{effluen}} &= \text{COD}_{\text{influen}} - \text{COD}_{\text{removal}} \\
 &= 7,4 \text{ mg/L} - 5,92 \text{ mg/L} \\
 &= 1,48 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$



Pada setiap unit pengolahan terdapat efisiensi yang diperkirakan akan menurunkan kandungan organik yang ada pada air limbah Hotel Lading Banda Aceh. Perkiraan kualitas efluen dapat dilihat pada neraca massa pada gambar 4.6



Gambar 4. 6 Neraca Massa Pengolahan Air Limbah Hotel Lading

Berdasarkan estimasi kualitas efluen yang di hasilkan 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.

Tabel 4. 2 Perbandingan Efluen dan Baku mutu.

| No. | Parameter | Hasil uji pendahuluan | Baku mutu | Efluen | Keterangan |
|-----|-----------|-----------------------|-----------|-----------|---------------------------|
| 1. | COD | 381 mg/L | 100 mg/L | 1,48 mg/L | Memenuhi baku mutu |
| 2. | TSS | 371 mg/L | 30 mg/L | 2,2 mg/L | Memenuhi baku mutu |

Sumber: Hasil Perhitungan

4.6 Rekapitulasi Perencanaan IPAL Hotel Lading 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 Lading dapat dilihat pada tabel 4.3 dibawah ini.

Tabel 4. 3 Rekapitulasi Waktu Tinggal Unit IPAL

| No. | Unit IPAL | Waktu Tinggal | Satuan |
|-------|---------------------|---------------|--------|
| 1. | Bak Penangkap Lemak | 1 | Jam |
| 2. | Bak Ekualisasi | 8 | Jam |
| 3. | Bak Aerasi | 2 | Jam |
| 4. | Bak Sedimentasi | 5 | Jam |
| 5. | Bak Biofilter Aerob | 2,5 | Jam |
| 6. | Wetland | 2 | Jam |
| Total | | 21,5 | Jam |

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4. 4 Rekapitulasi Dimensi IPAL

| No. | Unit IPAL | Panjang (m) | Lebar (m) | Tinggi (m) | Total (m) |
|--|-----------------------|-------------|-----------|------------|-------------------------|
| 1. | Bak Penangkap Lemak | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,216 |
| 2. | Bak Ekualisasi | 3,5 | 3 | 3 | 31,5 |
| 3. | Bak Aerasi | 2 | 1,4 | 3 | 8,4 |
| 4. | Bak Sedimentasi | 3,6 | 1,8 | 3 | 19,44 |
| 5. | Bak Biofilter Anaerob | 2,4 | 1,2 | 3 | 8,64 |
| 6. | <i>Wetland</i> | 4 | 1 | 1 | 4 |
| Luas total lahan perencanaan IPAL | | | | | 72 m² |

Sumber: Hasil Perhitungan

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 dindin. Pekerjaan lain adalah pemasangan pipa air kotor dan aksesoris. Berikut perhitungan BoQ perencanaan IPAL untuk Hotel Lading.

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 = 0,3 m

Perhitungan:

- Bak penangkap lemak

Panjang = 0,6 m

Lebar = 0,6 m

Tinggi = 0,6 m

Volume = $0,6 \text{ m} \times 0,6 \text{ m} \times 0,6 \text{ m}$
 $= 0,216 \text{ m}^3$

- Bak Ekualisasi

Panjang = 3,5 m

Lebar = 3 m

Tinggi = 3 m

Volume = $3,5 \text{ m} \times 3 \text{ m} \times 4 \text{ m}$
 $= 42 \text{ m}^3$

- Bak Aerasi

Panjang = 2 m

Lebar = 1,4 m

Tinggi = 3 m

Volume = $2 \text{ m} \times 1,4 \text{ m} \times 4 \text{ m}$
 $= 11,2 \text{ m}^3$

- Bak Sedimentasi

Panjang = 3,6 m

Lebar = 1,8 m

Tinggi = 3 m

Volume = $3,6 \text{ m} \times 1,8 \text{ m} \times 4 \text{ m}$
 $= 25,92 \text{ m}^3$

- Bak Biofilter Anaerob

Panjang = 2,4 m

Lebar = 1,2 m

Tinggi = 3 m

$$\begin{aligned}\text{Volume} &= 2,4 \text{ m} \times 1,2 \text{ m} \times 4 \text{ m} \\ &= 11,52 \text{ m}^3\end{aligned}$$

- *Wetland*

$$\begin{aligned}\text{Panjang} &= 4 \text{ m} \\ \text{Lebar} &= 1 \text{ m} \\ \text{Tinggi} &= 1 \text{ m} \\ \text{Volume} &= 4 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 1,7 \text{ m} \\ &= 6,8 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Jadi total volume galian tanah yaitu sebesar $97,7 \text{ m}^3$

Perhitungan pengurangan pasir dengan pemadatan

Rumus = Panjang \times Lebar \times Tebal pasir

Perhitungan :

- Bak Penangkap lemak

$$\begin{aligned}\text{Panjang} &= 0,6 \text{ m} \\ \text{Lebar} &= 0,6 \text{ m} \\ \text{Volume} &= 0,6 \text{ m} \times 0,6 \text{ m} \times 0,1 \text{ m} \\ &= 0,036 \text{ m}^3\end{aligned}$$

- Bak Ekualisasi

$$\begin{aligned}\text{Panjang} &= 3,5 \text{ m} \\ \text{Lebar} &= 3 \text{ m} \\ \text{Volume} &= 3,5 \text{ m} \times 3 \text{ m} \times 0,1 \text{ m} \\ &= 1,05 \text{ m}^3\end{aligned}$$

- Bak Aerasi

$$\begin{aligned}\text{Panjang} &= 2 \text{ m} \\ \text{Lebar} &= 1,4 \text{ m} \\ \text{Volume} &= 2 \text{ m} \times 1,4 \text{ m} \times 0,1 \text{ m} \\ &= 0,28 \text{ m}^3\end{aligned}$$

- Bak Sedimentasi
 - Panjang = 3,6 m
 - Lebar = 1,8 m
 - Volume = $3,6 \text{ m} \times 1,8 \text{ m} \times 0,1 \text{ m}$
= $0,648 \text{ m}^3$
- Bak Biofilter Anaerobik
 - Panjang = 2,4 m
 - Lebar = 1,2 m
 - Volume = $2,4 \text{ m} \times 1,2 \text{ m} \times 0,1 \text{ m}$
= $0,288 \text{ m}^3$
- Wetland
 - Panjang = 4 m
 - Lebar = 1 m
 - Volume = $4 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 0,1 \text{ m}$
= $0,4 \text{ m}^3$

Jadi total volume pengurangan dengan pemadatan yaitu sebesar $2,7 \text{ m}^3$

Perhitungan pekerjaan Beton K-225

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

Perhitungan:

- Bak penangkap lemak
 - Panjang = 0,6 m
 - Lebar = 0,6 m
 - Lantai bak + lantai kerja = 0,2 m
 - Volume = $0,6 \text{ m} \times 0,6 \text{ m} \times 0,2 \text{ m}$
= $0,072 \text{ m}^3$

- Bak ekualisasi
 - Panjang = 3,5 m
 - Lebar = 3 m
 - Lantai bak + lantai kerja = 0,2 m
 - Volume = $3,5 \text{ m} \times 3 \text{ m} \times 0,2 \text{ m}$
= $2,1 \text{ m}^3$
- Bak aerasi
 - Panjang = 2 m
 - Lebar = 1,4 m
 - Lantai bak + lantai kerja = 0,2 m
 - Volume = $2 \text{ m} \times 1,4 \text{ m} \times 0,2 \text{ m}$
= $0,56 \text{ m}^3$
- Bak sedimentasi
 - Panjang = 3,6 m
 - Lebar = 1,8 m
 - Lantai bak + lantai kerja = 0,2 m
 - Volume = $3,6 \text{ m} \times 1,8 \text{ m} \times 0,2 \text{ m}$
= $1,3 \text{ m}^3$
- Bak biofilter anaerob
 - Panjang = 2,4 m
 - Lebar = 1,2 m
 - Lantai kerja + lantai bak = 0,2 m
 - Volume = $2,4 \text{ m} \times 1,2 \text{ m} \times 0,2 \text{ m}$
= $0,576 \text{ m}^3$
- Wetland
 - Panjang = 4 m
 - Lebar = 1 m
 - Lantai kerja + lantai bak = 0,2 m

$$\begin{aligned}\text{Volume} &= 4 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 0,2 \text{ m} \\ &= 0,8 \text{ m}^3\end{aligned}$$

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

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

Perhitungan:

- Bak penangkap lemak

$$\begin{aligned}\text{Panjang} &= 0,6 \text{ m} \\ \text{Lebar} &= 0,6 \text{ m} \\ \text{Kedalaman + fb} &= 0,6 \text{ m} \\ \text{Volume} &= (1,2 + 1,2) \text{ m} \times 0,1 \text{ m} \times 0,6 \text{ m} \\ &= 0,144 \text{ m}^3\end{aligned}$$

- Bak ekualisasi

$$\begin{aligned}\text{Panjang} &= 3,5 \text{ m} \\ \text{Lebar} &= 3 \text{ m} \\ \text{Kedalaman + fb} &= 3 \text{ m} + 0,5 \text{ m} \\ \text{Volume} &= (7 + 6) \text{ m} \times 0,1 \text{ m} \times 3,5 \text{ m} \\ &= 4,55 \text{ m}^3\end{aligned}$$

- Bak aerasi

$$\begin{aligned}\text{Panjang} &= 2 \text{ m} \\ \text{Lebar} &= 1,4 \text{ m} \\ \text{Kedalaman + fb} &= (4 + 2,8) \text{ m} \times 0,1 \text{ m} \times 3,5 \text{ m} \\ \text{Volume} &= 2,38 \text{ m}^3\end{aligned}$$

- Bak sedimentasi

$$\begin{aligned}\text{Panjang} &= 3,6 \text{ m} \\ \text{Lebar} &= 1,8 \text{ m} \\ \text{Kedalaman + fb} &= 3 \text{ m} + 0,5 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume} &= (7,2 + 3,6) \text{ m} \times 0,1 \text{ m} \times 3,5 \text{ m} \\ &= 3,78 \text{ m}^3\end{aligned}$$

- Bak biofilter anaerob

$$\begin{aligned}\text{Panjang} &= 2,4 \text{ m} \\ \text{Lebar} &= 1,2 \text{ m} \\ \text{Kedalaman + fb} &= 3 \text{ m} + 0,5 \text{ m} \\ \text{Volume} &= (4,8 + 2,4) \text{ m} \times 0,1 \text{ m} \times 3,5 \text{ m} \\ &= 2,52 \text{ m}^3\end{aligned}$$

- Wetland

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

Jadi total volume beton dinding bangunan yaitu $14,9 \text{ m}^3$

Perhitungan beton tutup bangunan dengan rumus = Panjang \times Lebar \times (Tebal tutup).

Tebal tutup bak adalah 0,3 m

Perhitungan:

- Bak penangkap lemak

$$\begin{aligned}\text{Panjang} &= 0,6 \text{ m} + 0,1 \\ \text{Lebar} &= 0,6 \text{ m} + 0,1 \\ \text{Volume} &= 0,7 \text{ m} \times 0,7 \text{ m} \times 0,3 \text{ m} \\ &= 0,15 \text{ m}^3\end{aligned}$$

- Bak ekualisasi

$$\begin{aligned}\text{Panjang} &= 3,5 \text{ m} + 0,1 \\ \text{Lebar} &= 3 \text{ m} + 0,1\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume} &= 3,6 \text{ m} \times 3,1 \text{ m} \times 0,3 \text{ m} \\ &= 3,348 \text{ m}^3\end{aligned}$$

- Bak aerasi

$$\begin{aligned}\text{Panjang} &= 2 \text{ m} + 0,1 \\ \text{Lebar} &= 1,4 \text{ m} + 0,1 \\ \text{Volume} &= 2,1 \text{ m} \times 1,5 \text{ m} \times 0,3 \text{ m} \\ &= 0,945 \text{ m}^3\end{aligned}$$

- Bak sedimentasi

$$\begin{aligned}\text{Panjang} &= 3,6 \text{ m} + 0,1 \\ \text{Lebar} &= 1,8 \text{ m} + 0,1 \\ \text{Volume} &= 3,7 \text{ m} \times 1,9 \text{ m} \times 0,3 \text{ m} \\ &= 2,1 \text{ m}^3\end{aligned}$$

- Bak biofilter anaerob

$$\begin{aligned}\text{Panjang} &= 2,4 \text{ m} + 0,1 \\ \text{Lebar} &= 1,2 \text{ m} + 0,1 \\ \text{Volume} &= 2,5 \text{ m} \times 1,3 \text{ m} \times 0,3 \text{ m} \\ &= 0,97 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Jadi total volume beton tutup bangun yaitu sebesar $7,5 \text{ m}^3$

A R - R A N I R Y

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan desain IPAL domestik untuk Hotel lading Banda Aceh, dapat disimpulkan bahwa:

1. Perhitungan debit air limbah yang telah dilakukan berdasarkan data primer, sekunder dan administrasi, didapatkan debit air limbah yang dihasilkan Hotel Lading Banda Aceh adalah 95.000 Liter/hari. Penggunaan air bersih selama 10 jam/hari sehingga menghasilkan debit 9.500 Liter/orang/jam.
2. Desain teknologi pengolahan air limbah yang dapat diterapkan di Hotel Lading yaitu melalui 5 tahapan yang dimulai dari Bak Penangkap Lemak, Bak Ekualisasi, Bak Aerasi, Bak Sedimentasi, Bak Biofilter Anaerob dan terakhir CW dengan total luas lahan perencanaan yaitu 72 m²
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

DAFTAR PUSTAKA

- Andreozzi R, Caprio V, Insola A, Maritta R, dan S. R. (2000). Advanced oxidation processes for the treatment of mineral oilcontaminated wastewater. *Water Resource*, 34(2), 620–628.
- Anwariani, D. (2019). *Pengaruh Air Limbah Domestik Terhadap Kualitas Sungai*.
- Assidiqy, A. M. (2017). *Perencanaan Bangunan Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik Dengan Proses Anaerobic Baffled Reactor Dan Anaerobic Filter Pada Hotel Bintang 5 Di Surabaya*. 143.
- Ayu, S., & Sukma, I. N. (2019). *Pengelolaan Air Limbah Hotel Dan Pemanfaatannya Dalam Pembangunan Pariwisata Berkelanjutan : Studi Kasus Pada Pengelolaan Air Limbah Lagoon , Itdc , Nusa Dua*. 7(2), 339–343.
- Dewi, O., dan Ilham, M. (2015). Sistem Pengolahan Limbah Padat dan Limbah Cair Serta Analisis Efluen Pabrik Perekat Kayu Lapis di Kota Langsa. *Jurnal Lingkungan*, 2–8.
- Dewi, Y. K., Pratiwi, N., & Jinca, M. Y. (2020). Konsep Pengelolaan Air Limbah Kawasan Industri Makassar (KIMA). *Jurnal Penelitian Engineering*, 24(1), 1–10.
- Hajimi, H., Salbiah, S., dan Susilawati, S. (2020). Penggunaan Serat Kelapa Untuk Pengolahan Limbah Cair Domestik. *Jurnal Dan Aplikasi Kesehatan Lingkungan.*, 17(2), 81.
- Hariyanto, T., & Budianto, S. (2018). Analisis Sebaran Total Suspended Solids (Tss) Dampak Bencana Lumpur Sidoarjo Menggunakan Citra Landsat Multi Temporal (Studi Kasus : Sungai Porong, Sidoarjo). *Geoid*, 13(1), 93.
- Karyadi L. (2010). *Partisipasi Masyarakat Dalam Program Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Komunal Di RT 30 RW 07 Kelurahan Warungboto, Kecamatan Umbulharjo, Kota Yogyakarta*.
- 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).

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.

Mubin F, Binilang A, dan H. F. (2016). Perencanaan sistem pengolahan air limbah domestik di Kelurahan Istiqlal Kota Manado. . . *Jurnal Sipil Statik*, 4(3)(Perencanaan sistem pengolahan air limbah domestik di Kelurahan Istiqlal Kota Manado), 211–223.

Parhani, I. (2020). Pengolahan Limbah Perhotelan. *Universitas Lambung Masyarakat Banjarmasin*, 5–7.

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

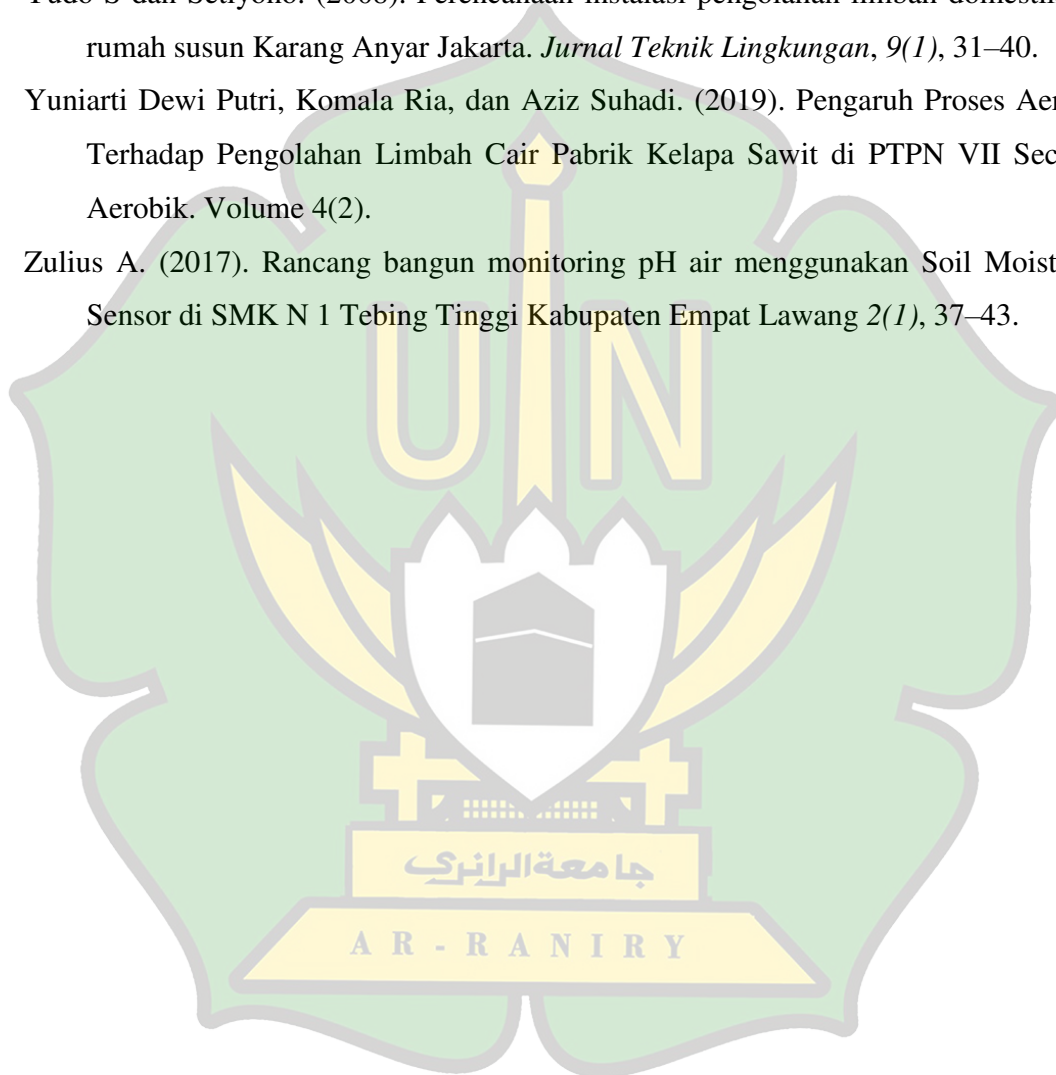
Ridwan, A. (2014). “ *Studi Analisis Kebutuhan Air Sektor Nondomestik Kategori Hotel Di Wilayah Kecamatan Ujung Pandang* .”

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*.

Samudro, Ganjar, Mangkoediharjo, S. (2010). Review on BOD, COD, and BOD/COD Ratio : A Triangle Zone for Toxic, Biodegradable and Stable Levels. *International Journal of Academic Research*, 2, 235–239.

- Sari S.F dan Sutrisno J. (2018). Penurunan total coliform pada air tanah menggunakan membran keramik. *Jurnal Teknik*, 16(1), 30–38.
- Sastrawijaya A.T. (2000). *Pencemaran Lingkungan*. Rineka Cipta.
- Yudo S dan Setiyono. (2008). Perencanaan instalasi pengolahan limbah domestik di rumah susun Karang Anyar Jakarta. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 9(1), 31–40.
- Yuniarti Dewi Putri, Komala Ria, dan Aziz Suhadi. (2019). Pengaruh Proses Aerasi Terhadap Pengolahan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit di PTPN VII Secara Aerobik. Volume 4(2).
- Zulius A. (2017). Rancang bangun monitoring pH air menggunakan Soil Moisture Sensor di SMK N 1 Tebing Tinggi Kabupaten Empat Lawang 2(1), 37–43.



Lampiran I

Untuk mengetahui kapasitas volume yang tertampung pada kondisi eksisting sumur resapan air limbah yang ada pada Hotel Lading. Hotel Lading memiliki 5 sumur resapan, 4 di antaranya memiliki ukuran yang sama namun 1 sumur sedikit lebih dangkal dari 4 sumur lainnya, maka dilakukan perhitungan sebagai berikut:

Diketahui :

Diameter cincin sumur 90 cm = 0,9 m

Tinggi cincin sumur 50 cm = 0,5 m

Jumlah cincin pada sumur 1, 2, 3 dan 4 = 9 cincin

Jumlah cincin pada sumur ke 5 = 6 cincin

Perhitungan Volume:

- Sumur 1, 2, 3 dan 4

$$\begin{aligned} \text{Volume (V)} &= \pi \times \text{Jari-jari (r}^2\text{)} \times \text{Tinggi (t)} \\ &= 3,14 \times 0,45 \text{ m}^2 \times (0,5 \times 9) \text{ m} \\ &= 1,5 \text{ m}^2 \times 4,5 \text{ m} \\ &= 6,75 \text{ m}^3 \\ &= 6.750 \text{ L} \end{aligned}$$

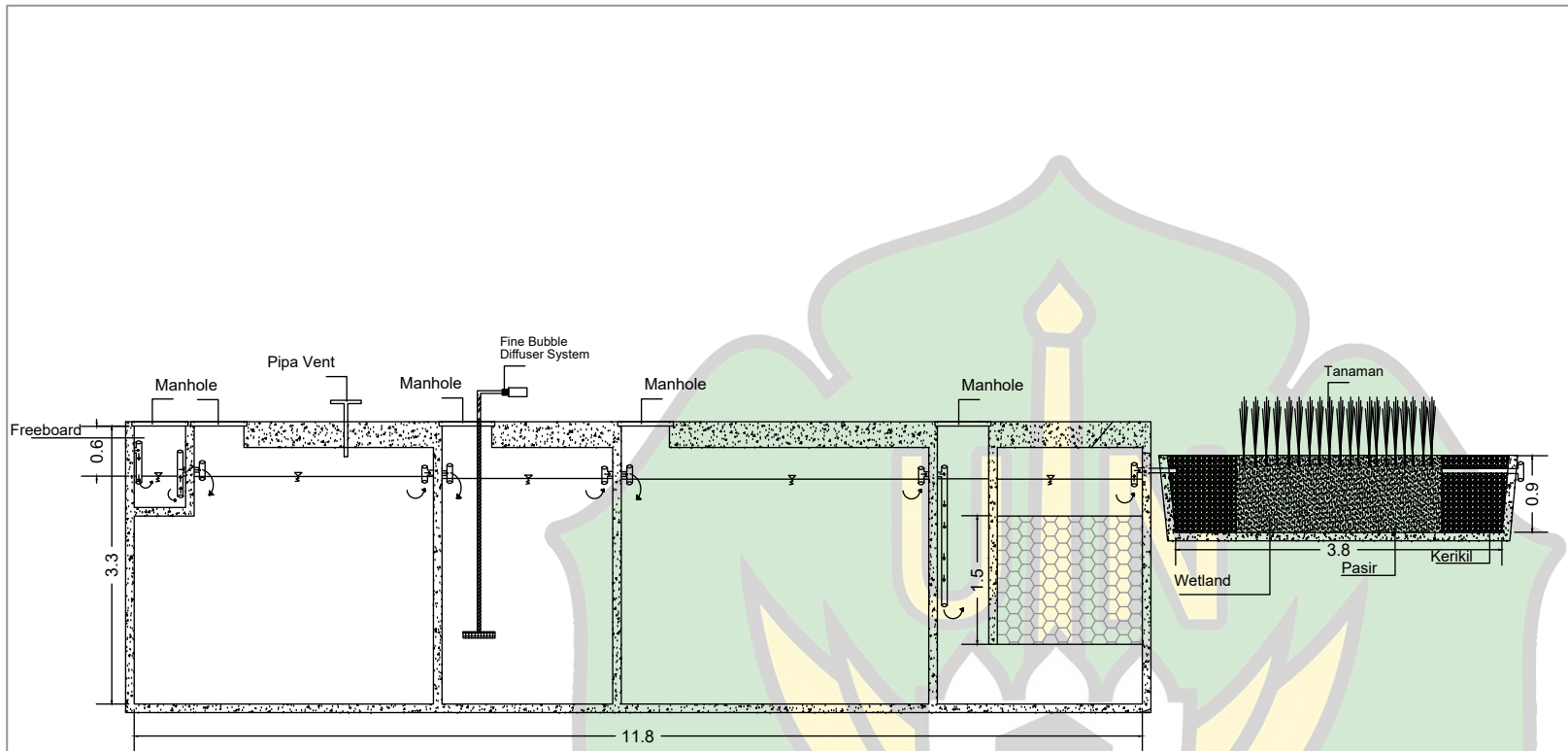
Volume pada masing-masing sumur resapan 1, 2, 3, dan 4 ialah 6.750 L

- Sumur 5

$$\begin{aligned} \text{Volume (V)} &= \pi \times \text{Jari-jari (r}^2\text{)} \times \text{Tinggi (t)} \\ &= 3,14 \times 0,45 \text{ m}^2 \times (0,5 \times 6) \text{ m} \\ &= 1,5 \text{ m}^2 \times 3 \text{ m} \\ &= 4,5 \text{ m}^3 \\ &= 4.500 \text{ L} \end{aligned}$$

Volume pada sumur resapan 5 ialah 4.500 L

Total volume pada semua sumur resapan ialah 31.500 Liter.








INSTALASI PENGOALAHAN AIR LIMBAH

SKALA 1:100

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN DESAIN
INSTALASI PENGOLAHAN AIR
LIMBAH (IPAL) PADA HOTEL
LADING BANDA ACEH

LEGENDA

-  Beton
-  Batas Air
-  Pipa Air
-  Sarang Tawon
-  Fine Bubble Diffuser

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

JUDUL GAMBAR

INSTALASI
PENGOLAHAN
AIR LIMBAH
DOMESTIK

DOSEN PEMBIMBING I

Teuku Muhammad Ashari, M.Sc
NIDN. 2002028301

DOSEN PEMBIMBING II

Ir. Vera Viena, M.T
NIDN. 0123067802

DIGAMBAR OLEH

DIAN FATZIATY
180702087

SKALA

1 : 100

NO.GAMBAR

JLH. GAMBAR

1






6

AR - RANIRY

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN DESAIN
 INSTALASI PENGOLAHAN AIR
 LIMBAH (IPAL) PADA HOTEL
 LADING BANDA ACEH

LEGENDA

-  Beton
-  Batas Air
-  Pipa Air
-  Sarang Tawon
-  Fine Bubble Diffuser

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

JUDUL GAMBAR

BAK
 EKUALISASI

DOSEN PEMBIMBING I

Teuku Muhammad Ashari, M.Sc
 NIDN. 2002028301

DOSEN PEMBIMBING II

Ir. Vera Viena, M.T
 NIDN. 0123067802

DIGAMBAR OLEH

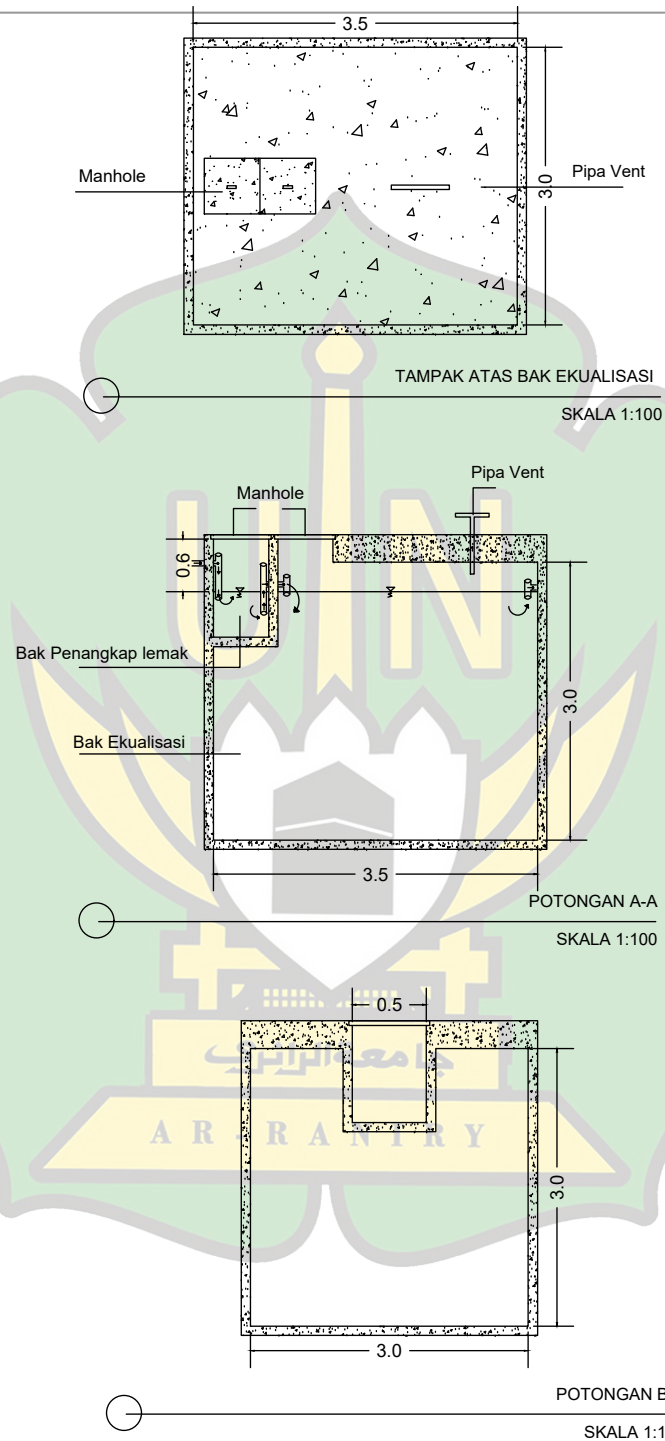
DIAN FATZIATY
 180702087

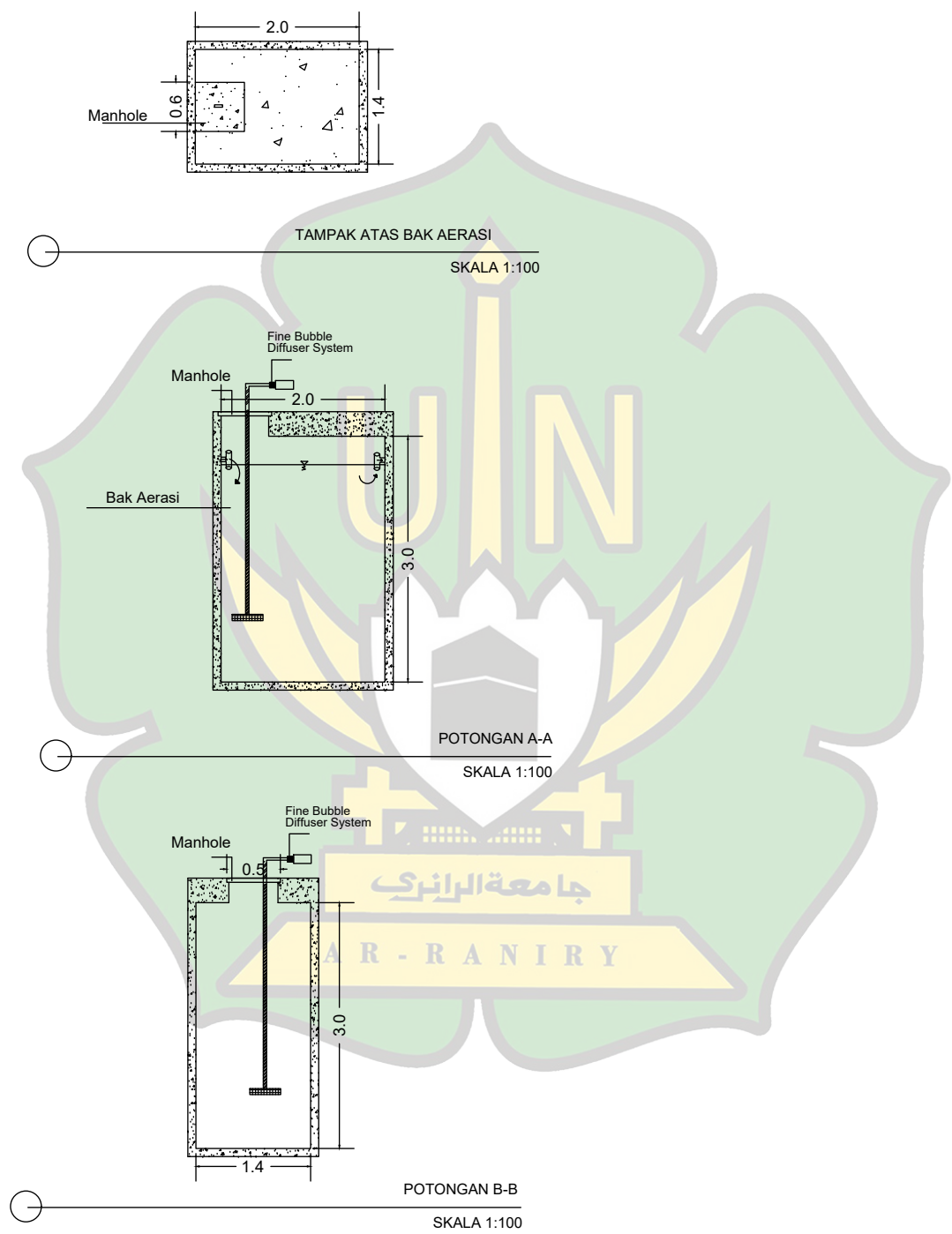
SKALA

1 : 100

| NO.GAMBAR | JLH. GAMBAR |
|-----------|-------------|
|-----------|-------------|

| | |
|---|---|
| 2 | 6 |
|---|---|










TUGAS AKHIR

PERENCANAAN DESAIN
INSTALASI PENGOLAHAN AIR
LIMBAH (IPAL) PADA HOTEL
LADING BANDA ACEH

LEGENDA

-  Beton
-  Batas Air
-  Pipa Air
-  Sarang Tawon
-  Fine Bubble Diffuser

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

JUDUL GAMBAR

BAK AERASI

DOSEN PEMBIMBING I

Teuku Muhammad Ashari, M.Sc
NIDN. 2002028301

DOSEN PEMBIMBING II

Ir. Vera Viena, M.T
NIDN. 0123067802

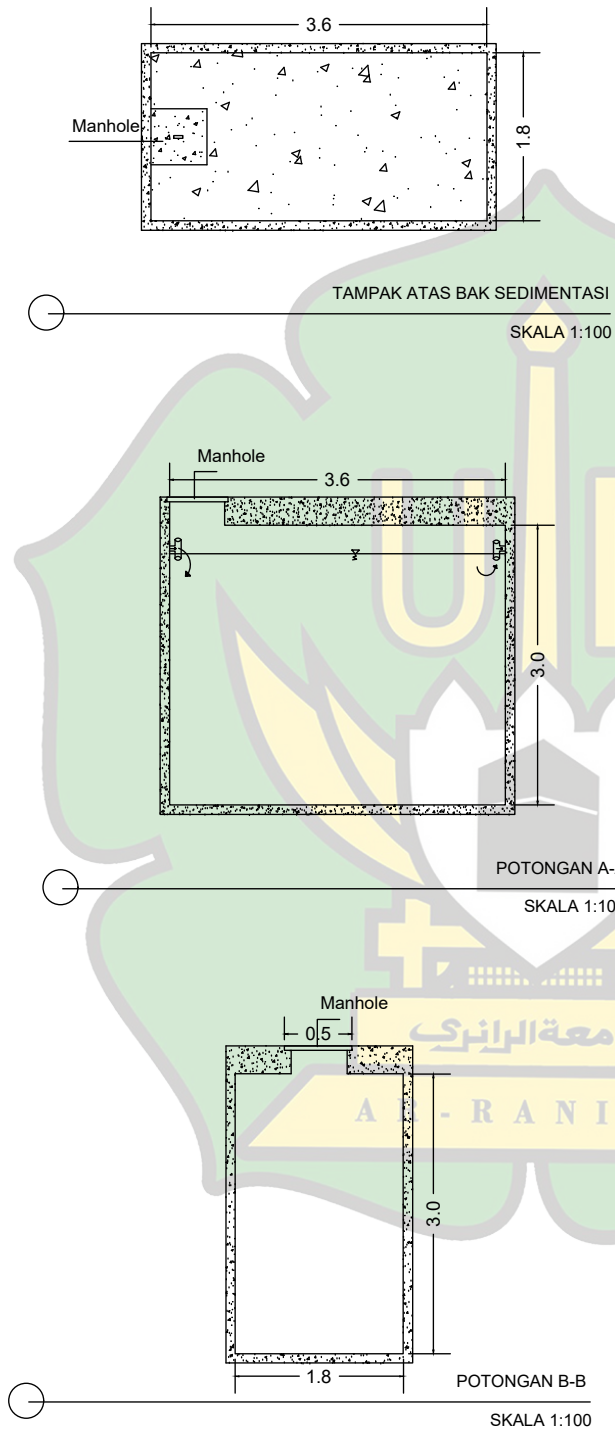
DIGAMBAR OLEH

DIAN FATZIATY
180702087

SKALA

1 : 100






| NO.GAMBAR | JLH. GAMBAR |
|-----------|-------------|
| 3 | 6 |



TUGAS AKHIR

PERENCANAAN DESAIN
INSTALASI PENGOLAHAN AIR
LIMBAH (IPAL) PADA HOTEL
LADING BANDA ACEH

LEGENDA

-  Beton
-  Batas Air
-  Pipa Air
-  Sarang Tawon
-  Fine Bubble Diffuser

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

JUDUL GAMBAR

BAK
SEDIMENTASI

DOSEN PEMBIMBING I

Teuku Muhammad Ashari, M.Sc
NIDN. 2002028301

DOSEN PEMBIMBING II

Ir. Vera Viena, M.T
NIDN. 0123067802

DIGAMBAR OLEH

DIAN FATZIATY
180702087

SKALA






1 : 100

| NO.GAMBAR | JLH. GAMBAR |
|-----------|-------------|
| 4 | 6 |

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN DESAIN
INSTALASI PENGOLAHAN AIR
LIMBAH (IPAL) PADA HOTEL
LADING BANDA ACEH

LEGENDA

-  Beton
-  Batas Air
-  Pipa Air
-  Sarang Tawon
-  Fine Bubble Diffuser

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

JUDUL GAMBAR

BAK
EKUALISASI

DOSEN PEMBIMBING I

Teuku Muhammad Ashari, M.Sc
NIDN. 2002028301

DOSEN PEMBIMBING II

Ir. Vera Viena, M.T
NIDN. 0123067802

DIGAMBAR OLEH

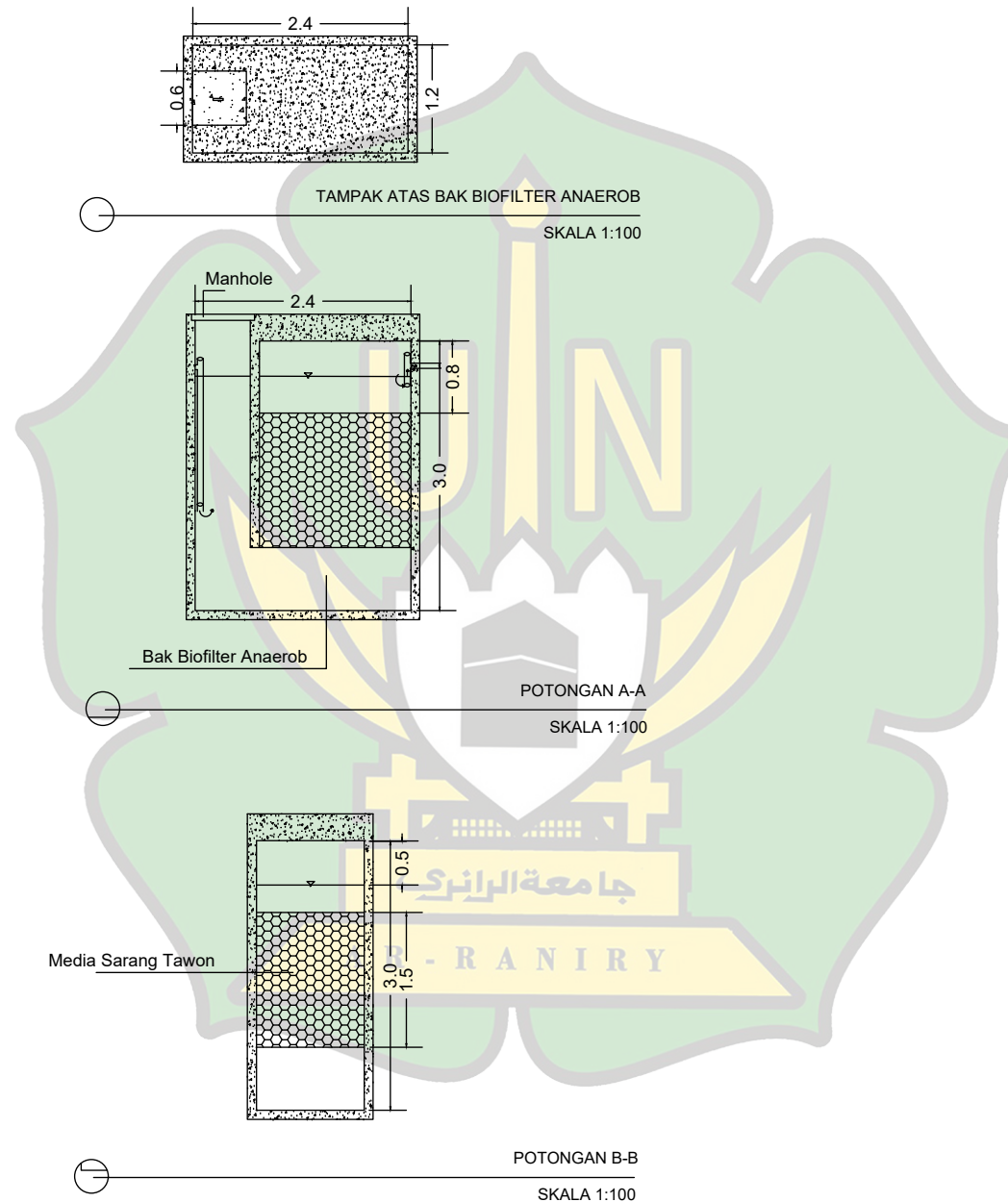
DIAN FATZIATY
180702087

SKALA

1 : 100

| NO.GAMBAR | JLH. GAMBAR |
|-----------|-------------|
|-----------|-------------|






| | |
|---|---|
| 5 | 6 |
|---|---|



TUGAS AKHIR

PERENCANAAN DESAIN
INSTALASI PENGOLAHAN AIR
LIMBAH (IPAL) PADA HOTEL
LADING BANDA ACEH

LEGENDA

-  Beton
-  Batas Air
-  Pipa Air
-  Sarang Tawon
-  Fine Bubble Diffuser

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

JUDUL GAMBAR

BAK
EKUALISASI

DOSEN PEMBIMBING I

Teuku Muhammad Ashari, M.Sc
NIDN. 2002028301

DOSEN PEMBIMBING II

Ir. Vera Viena, M.T
NIDN. 0123067802

DIGAMBAR OLEH

DIAN FATZIATY
180702087

SKALA

1 : 100

| NO.GAMBAR | JLH. GAMBAR |
|-----------|-------------|
| 6 | 6 |

