

**PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH (IPAL)
DOMESTIK PADA PETERNAKAN SAPI POTONG PONDOK
PESANTREN KH. KHOLIL MUSTAJIB KABUPATEN GRESIK**

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk melengkapi syarat mendapatkan gelar Sarjana Teknik (S.T) pada
Program Studi Teknik Lingkungan



Disusun oleh

ABDAN ALIMANSYAH
NIM. H75217024

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

2022

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Abdan Alimansyah
NIM : H75217024
Program Studi : Teknik Lingkungan
Angkatan : 2017

Menyatakan bahwa tidak melakukan plagiasi pada penulisan tugas akhir saya yang berjudul “Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Domestik pada Peternakan Sapi Potong Pondok Pesantren KH.Kholil Mustajib, Kabupaten Gresik”. Apabila suatu saat nanti terbukti saya melakukan tindakan plagiasi, maka saya akan menerima sanksi yang telah ditentukan.

Surabaya 18 Juli 2022

Yang menyatakan



(Abdan Alimansyah)
H75217024

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir Oleh,

NAMA : Abdan Alimansyah


NIM : H75217024

JUDUL : PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH (IPAL)
DOMESTIK PADA PETERNAKAN SAPI POTONG PONDOK
PESANTREN KH.KHOLIL MUSTAJIB, KABUPATEN GRESIK

Ini telah diperiksa dan disetujui untuk diujikan.


Surabaya, 14 Juni 2022

Dosen Pembimbing 1



(Ardwani Pribadi, M.Eng)
NIP. 198701032014031001

Dosen Pembimbing II



(Yusrianti, MT)
NIP. 198210222014032001

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir Oleh

Nama : Abdan Alimansyah

NIM : H75217024

Judul : Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Domestik Pada
Peternakan Sapi Potong Pondok Pesantren KH. Kholil Mustajib
Kabupaten Gresik

Telah dipertahankan di depan tim penguji skripsi
Surabaya, 11 Juli 2022

Mengetahui,
Dosen Penguji,

Dosen Penguji I



Arqowi Pribadi, M.Eng
NIP.198701032014031001

Dosen Penguji II



Yusrianti, M.T
NIP.198210222014031001

Dosen Penguji III



Teguh Taruna Utama, M.T
NIP.201603319

Dosen Penguji IV



Sulistiya Nengse, M.T
NIP.199010092020122019

Mengetahui,

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Sultan Ampel Surabaya



Hamdani, M.Pd.
NIP.1965073122000031002



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
PERPUSTAKAAN

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

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : ABDAN ALIMANSYAH
NIM : H75217024
Fakultas/Jurusan : SAIHS DAN TEKNOLOGI / TEKNIK LINGKUNGAN
E-mail address : abdanalimansyah29@gmail.com

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

Sekripsi Tesis Desertasi Lain-lain (.....)
yang berjudul :

PERENCANAAN INSTALASI PETIGOLAHAN AIR LIMBAH (PAL) DOMESTIK
PADA PETERNAKAN SAPI POTONG POTOK PESANTREN KH. KHOLIL
MUSTAJIB KABUPATEN GRESIK

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

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

Demikian pernyataan ini yang saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, 18 Juli 2022

Penulis

(**ABDAN ALIMANSYAH**)
nama terang dan tanda tangan

ABSTRAK

Usaha peternakan sapi potong adalah usaha yang memerlukan penanganan terhadap limbah yang dihasilkan. Limbah yang dihasilkan oleh jenis usaha ini adalah limbah padat berupa sisa pakan, limbah cair berupa urine dan air bekas pembersihan kandang. Peternakan yang tidak mempunyai sistem pengolahan limbah akan membuang limbah mereka langsung ke lingkungan tanpa pengolahan, terutama limbah cair. Limbah cair peternakan sapi akan mengakibatkan pencemaran air jika langsung dibuang ke badan air, hal tersebut dikarenakan limbah cair sapi mengandung bahan organik tinggi. Peternakan Ponpes KH. Kholil Mustajib merupakan peternakan yang tidak mempunyai sistem IPAL dalam pengolahan limbah cair, mereka membuang limbah cair mereka ke bak penampung yang apabila penuh, akan meluap ke badan air. Dari permasalahan tersebut maka diperlukan perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah pada peternakan Ponpes KH. Kholil Mustajib. Parameter yang digunakan pada perencanaan ini adalah COD, BOD, TSS, pH, dan Amoniak. Pengukuran parameter berpedoman pada PERGUB Jatim No. 72 Tahun 2013, dan perhitungan dimensi unit pengolahan berdasarkan Panduan Perencanaan Teknik Terinci Bangunan Pengolahan Lumpur Tinja, Dirjen Cipta Karya. Unit pengolahan yang digunakan pada IPAL ini adalah Bak Ekualisasi dengan dimensi (1,8 m x 0,6 m x 1,8 m) kemudian Kolam Fakultatif dengan dimensi (11,25 m x 3,6 x 1,8 m) dan terakhir adalah Kolam Maturasi dengan dimensi (8,72 m x 4,36 m x 1,3 m). Nilai anggaran biaya yang dibutuhkan untuk merencanakan unit tersebut di atas adalah sebanyak Rp. 278.800.000 (pembulatan), dengan uraian biaya untuk pembangunan unit Bak Ekualisasi (Rp. 12.721.850), unit Kolam Fakultatif (Rp. 141.735.406), dan unit Kolam Maturasi (Rp. 124.249.518).

Kata Kunci : *Air Limbah Peternakan, IPAL Peternakan, Desain Anaerobic Baffle Reactor.*

ABSTRACT

Beef cattle farming is a business that requires handling of the waste generated. The waste generated by this type of business is solid waste in the form of leftover feed, liquid waste in the form of urine and water used to clean the cage. Farms that do not have a sewage treatment system will dispose of their waste directly into the environment without treatment, especially liquid waste. In general, cow farm liquid waste will cause water pollution if it is directly discharged into water bodies, this is because cow liquid waste contains high organic matter. KH. Kholil Mustajib is a farm that does not have an WWTP system for treating liquid waste, they dispose of their liquid waste into a reservoir which, when full, will overflow into a body of water. From these problems, it is necessary to plan a Wastewater Treatment Plant on the KH Islamic Boarding School's farm. Khalil Mustajib. The parameters used in this plan are COD, BOD, TSS, Ph, and Ammonia. Parameter measurement is guided by the East Java Governor Regulation No. 72 of 2013, and the calculation of the dimensions of the processing unit based on the Detailed Engineering Planning Guidelines for Sludge Treatment Buildings, Director General of Human Settlements. The treatment unit used in this Wastewater Treatment Plant is the Equalization Tank with dimensions (1.8 m x 0.6 m x 1.8 m) then the Facultative Pool with dimensions (11.25 m x 3.6 x 1.8 m) and the last is a Maturation Pool with dimensions (8.72 m x 4.36 m x 1.3 m). The value of the budget needed to plan the unit above is as much as IDR. 278.800.000 (rounded up), with a description of the costs for the construction of the Equalization Tub unit (IDR. 12,721,850), the Facultative Pond unit (IDR. 141,735,406), and the Maturation Pond unit (IDR. 124,249,518).

Keywords: Livestock Wastewater, Animal Husbandry Wastewater Treatment Plant, Maturation Facultative Pond Design

DAFTAR ISI

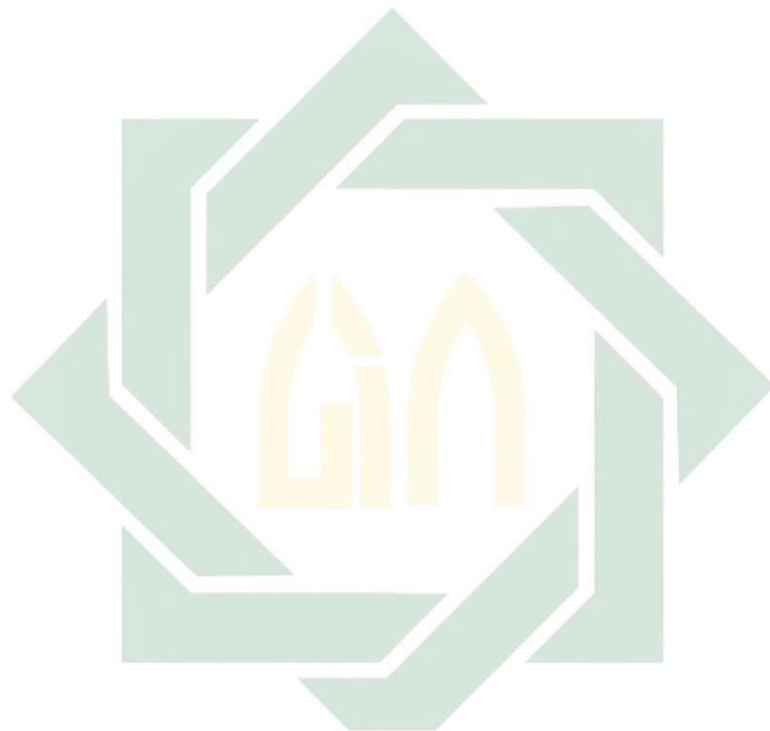
LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH	iii
HALAMAN MOTTO	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batasan Masalah	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Limbah Cair	5
2.2 Karakteristik Limbah Cair	5
2.3 Limbah Cair Peternakan Sapi	8
2.4 Pengolahan Air Limbah Peternakan Sapi	9
2.5 Integrasi Keislaman Pengolahan Air	10
2.6 Pemilihan Teknologi Yang Sesuai Jenis Kontaminan Air Limbah	10
2.7 Unit Pengolahan Air Limbah.....	12
2.8 Baku Mutu Air Limbah Peternakan Sapi	20

2.9	Profil Hidrolis	22
2.10	Penelitian Terdahulu.....	24
BAB III METODE PERENCANAAN		33
3.1	Waktu Perencanaan	33
3.2	Lokasi Perencanaan	33
3.3	Tahapan Perencanaan	34
3.4	Metode Perencanaan.....	39
BAB IV GAMBARAN UMUM WILAYAH PERENCANAAN.....		43
4.1	Sejarah Singkat Peternakan KH.Kholil Mustajib	43
4.2	Letak Geografis Obyek Perencanaan	43
4.3	Kondisi Eksisting Peternakan.....	43
4.4	Kegiatan di Peternakan.....	46
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN		47
5.1	Integrasi Keislaman Dalam Pengolahan Air Limbah	47
5.2	Perhitungan Debit Air Limbah	47
5.3	Analisis Kualitas Air Limbah	48
5.4	Pemilihan Alternatif Pengolahan.....	49
5.5	Detail Engineering Design (DED).....	66
5.6	Profil Hidrolis	70
5.7	Rencana Anggaran Biaya	74
5.8	Petunjuk Operasional dan Perawatan IPAL.....	81
BAB VII PENUTUP.....		85
7.1	Kesimpulan	85
7.2	Saran	86
DAFTAR PUSTAKA		87
LAMPIRAN 1.....		91

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Jenis Kontaminan dan Teknologi Pengolahan Air Limbah	11
Tabel 2. 2 Kriteria Desain Bak Ekualisasi	12
Tabel 2. 3 Kriteria Desain Kolam Fakultatif	14
Tabel 2. 4 Kriteria Desain Kolam Maturasi	16
Tabel 2. 5 Kekurangan dan Kelebihan Anaerobic Filter	17
Tabel 2. 6 Kriteria Desain Unit Clarifier	18
Tabel 2. 7 Kriteria Desain Kolam Aerasi	18
Tabel 2. 8 Kriteria Desain SDB	20
Tabel 2. 9 Baku Mutu Usaha atau Kegiatan Peternakan Sapi dan Babi.....	20
Tabel 5. 1 Hasil Uji Laboratorium.....	48
Tabel 5. 2 Kelebihan dan Kekurangan Alternatif Pengolahan I	50
Tabel 5. 3 Rekapitulasi Efisiensi Removal Alternatif I.....	50
Tabel 5. 4 Kelebihan dan Kekurangan Alternatif Pengolahan II	52
Tabel 5. 5 Rekapitulasi Hasil Efisiensi Removal Alternatif Pengolahan II	52
Tabel 5. 6 Kelebihan dan Kekurangan Alternatif Pengolahan III	53
Tabel 5. 7 Rekapitulasi Hasil Efisiensi Removal Unit Alternatif III.....	54
Tabel 5. 8 Efisiensi Removal Bak Ekualisasi.....	56
Tabel 5. 9 Efisiensi Removal Kolam Fakultatif	57
Tabel 5. 10 Efisiensi Removal Kolam Maturasi.....	59
Tabel 5. 11 Perhitungan Pertimbangan Massa Bak Ekualisasi	62
Tabel 5. 12 Perhitungan Pertimbangan Massa Kolam Fakultatif	63
Tabel 5. 13 Perhitungan Pertimbangan Massa Kolam Maturasi	64
Tabel 5. 14 Konsentrasi dan Debit Lumpur yang Dihasilkan	65
Tabel 5. 15 Perhitungan Profil Hidrolis Unit Pengolahan.....	74
Tabel 5. 16 Bahan-bahan Konstruksi IPAL Peternakan KH. Kholil Mustajib	75
Tabel 5. 17 Harga Satuan Pekerja	75
Tabel 5. 18 Perhitungan Volume Bangunan Bak Ekualisasi.....	77
Tabel 5. 19 Rencana Anggaran Biaya Bak Ekualisasi	78
Tabel 5. 20 Perhitungan Volume Kolam Fakultatif	79

Tabel 5. 21 Rencana Anggaran Biaya Kolam Fakultatif.....	80
Tabel 5. 22 Perhitungan Volume Kolam Maturasi.....	80
Tabel 5. 23 Rencana Anggaran Biaya Kolam Maturasi	81
Tabel 5. 24 Rekapitan Anggaran Biaya IPAL Peternakan KH. Kholil Mustajib ...	81
Tabel 5. 25 Contoh Formulir Pemeliharaan Harian atau Bulanan	83



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Konsep Pengolahan Kolam Fakultatif	13
Gambar 2. 2 Diagram Elevasi Strata dan Operasi Laguna Fakultatif.....	13
Gambar 3. 1 Lokasi Peternakan Sapi Potong	33
Gambar 3. 2 Tahapan Pelaksanaan	35
Gambar 4. 1 Peternakan Sapi Pondok Pesantren KH.Kholil Mustajib	44
Gambar 4. 2 Saluran Air Limbah Peternakan.....	44
Gambar 4. 3 Bak Penampung Air Limbah Peternakan.....	45
Gambar 4. 4 Lahan Rencana Yang Akan Digunakan untuk IPAL Peternakan ...	45
Gambar 5. 1 Alternatif Pengolahan I.....	49
Gambar 5. 2 Alternatif Pengolahan II.....	51
Gambar 5. 3 Alternatif Pengolahan III.....	53



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

BAB I

PENDAHULUAN

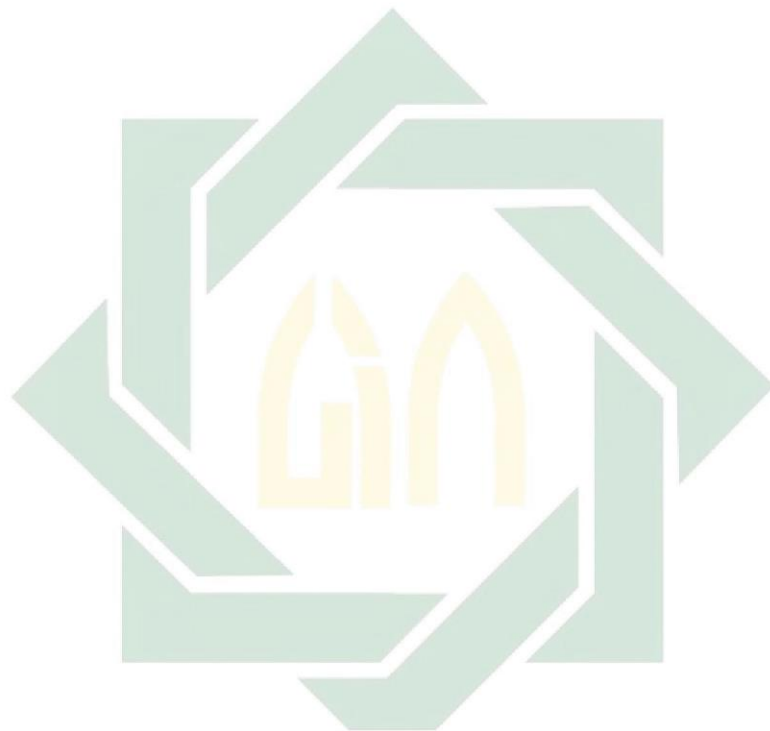
1.1 Latar Belakang

Minat masyarakat terhadap daging sapi sebagai salah satu protein hewani, yang meningkat menyebabkan semakin banyaknya usaha peternakan sapi potong. Hal ini mengakibatkan limbah cair yang dihasilkan dari jenis usaha ini semakin meningkat dan semakin banyak pula limbah cair yang dibuang ke lingkungan tanpa pengolahan terlebih dahulu (Bintang, *et al.*, 2019). Limbah yang dihasilkan oleh jenis usaha ini adalah limbah padat (sisa pakan dan fases) dan juga limbah cair (urine, air bekas mandian sapi, dan air bekas pembersihan kandang).

Pencemaran air yang ditimbulkan karena pemilik usaha membuang limbah cair mereka secara langsung ke lingkungan, yang dapat menyebabkan pencemaran air tanah dan sumber air. Menurut (Bintang, *et al.*, 2019) pada umumnya, limbah cair dari peternakan sapi dapat menyebabkan pencemaran air dikarenakan limbah cair sapi masih mengandung bahan organik yang tinggi. Bahan organik yang terkandung dalam limbah cair peternakan sapi selain menyebabkan pencemaran, juga menyebabkan bau dan mengganggu kenyamanan masyarakat. Usaha peternakan sapi potong adalah usaha yang perlu ditangani, terkhusus pada limbah yang dihasilkan.

Berdasarkan survei pendahuluan, saat ini sapi yang ada di peternakan Pondok Pesantren KH. Kholil Mustajib berjumlah 20 ekor sapi dengan air yang dibutuhkan untuk memandikan sapi rata-rata 10 m³/hari. Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 menjelaskan bahwa jumlah maksimum air yang diperlukan untuk 1 ekor sapi adalah 200 liter/ekor/hari. Pada proses memandikan sapi, air buangan yang dihasilkan akan tercampur dengan fases dan urine, sebagian ditampung pada bak penampung (sumur resapan), tetapi apabila bak sudah penuh maka air limbah dibuang langsung ke saluran air.

Dari permasalahan di atas, maka pencemaran yang ditimbulkan adalah pencemaran air tanah dan pencemaran air permukaan. Selain mencemari air, limbah cair peternakan sapi di pondok pesantren KH.Kholil Mustajib juga



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

menghasilkan bau yang mengganggu. Para santri mengeluhkan hal tersebut pada saat mengaji rutin di pondok pesantren dan juga warga yang mempunyai rumah di dekat penampungan limbah cair tersebut. Bau yang dihasilkan akan sangat menyengat pada saat musim hujan, karena air limbah tercampur oleh air hujan dan baunya terbawa oleh angin.

Pencemaran air yang diakibatkan oleh limbah cair peternakan sapi merupakan wujud kerusakan lingkungan, atau merupakan wujud ulah manusia dalam merusak ciptaan Allah. Dalam Al Qur'an Surat Al Qashash ayat 77, Allah telah tegas melarang manusia untuk membuat kerusakan :

وَأَبْنِعْ فِيمَا آتَاكَ اللَّهُ الدَّارَ الْآخِرَةَ وَلَا تَنْسَ نَصِيبَكَ مِنَ الدُّنْيَا وَأَحْسِنْ كَمَا
أَحْسَنَ اللَّهُ إِلَيْكَ وَلَا تَبْغِ الْفُسَادَ فِي الْأَرْضِ إِنَّ اللَّهَ لَا يُحِبُّ الْمُفْسِدِينَ

Artinya : *“Dan carilah pada apa yang telah Allah anugerahkan kepadamu (kebahagiaan) negeri akhirat, dan janganlah kamu melupakan bahagiamu dari (kenikmatan) duniawi dan berbuat baiklah (kepada orang lain) sebagaimana Allah telah berbuat baik kepadamu, dan janganlah kamu berbuat kerusakan di (muka) bumi. Sesungguhnya Allah tidak menyukai orang-orang yang berbuat kerusakan”*.

Untuk menangani masalah tersebut, maka diperlukan suatu pengolahan limbah cair yang efektif, sehingga limbah yang dibuang ke lingkungan sudah memenuhi persyaratan yang berlaku. Oleh karena itu, tujuan dari perencanaan ini adalah merencanakan desain instalasi pengolahan air limbah dengan unit-unit pengolahan tertentu, yang akan disesuaikan dengan karakteristik limbah cair dari peternakan sapi potong di PonPes KH.Kholil Mustajib. Instalasi pengolahan air limbah ini diharapkan dapat mengolah air limbah peternakan sapi dengan baik, sehingga air yang dibuang dapat memenuhi baku mutu yang berlaku dan tidak terjadi pencemaran terus menerus dan juga untuk mengantisipasi kedepannya apabila ada rencana perluasan peternakan. Parameter air limbah yang akan diukur pada perencanaan kali ini adalah COD, BOD, TSS, dan pH.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang dibahas pada perencanaan kali ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana kualitas dan karakteristik air limbah yang dihasilkan dari peternakan sapi potong pondok pesantren KH.Kholil Mustajib, Kabupaten Gresik?
2. Bagaimana perencanaan IPAL untuk mengolah limbah cair peternakan sapi potong Pondok Pesantren KH.Kholil Mustajib, Kabupaten Gresik?
3. Berapa *Bill of Quantity* (BOQ) dan Rencana Anggaran Biaya (RAB) yang dibutuhkan untuk membangun IPAL Peternakan Pondok Pesantren KH.Kholil Mustajib?
4. Bagaimana Standar Operasional dan Pemeliharaan (SOP) yang digunakan pada IPAL Peternakan Pondok Pesantren KH.Kholil Mustajib?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari perencanaan ini adalah sebagai berikut:

1. Memahami kualitas dan karakteristik air limbah yang dihasilkan dari peternakan sapi potong pondok pesantren KH.Kholil Mustajib, Kabupaten Gresik
2. Merencanakan Instalasi Pengolahan Air Limbah untuk mengolah limbah cair peternakan sapi potong Pondok Pesantren KH.Kholil Mustajib, Kabupaten Gresik
3. Mengestimasi *Bill of Quantity* (BOQ) dan Rencana Anggaran Biaya (RAB) yang dibutuhkan untuk membangun IPAL Peternakan Pondok Pesantren KH.Kholil Mustajib
4. Mendesain Standar Operasional dan Pemeliharaan (SOP) yang digunakan pada IPAL Pondok Pesantren KH.Kholil Mustajib

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang dihasilkan dari penelitian ini ada sebagai berikut :

1. **Bagi mahasiswa**

- a. Merupakan ragam pembelajaran guna mendalami ilmu perencanaan instalasi pengolahan air limbah, khususnya air limbah dari peternakan sapi potong, yang secara langsung dilakukan di lapangan

2. Bagi pemilik peternakan

- a. Sebagai rujukan apabila akan dibangun IPAL untuk pengolahan air limbah yang dihasilkan dari peternakan

1.5 Batasan Masalah

Pembatasan masalah dalam penelitian ini dilakukan agar penelitian ini dapat lebih terarah dalam konsep dan pembahasan sehingga tujuan dari penelitian ini dapat tercapai dengan baik. Batasan masalah ini sangat penting karena batasan masalah dapat menghindari kerancuan dalam pembahasan atau hasil penelitian.

Ruang lingkup dalam penelitian ini yaitu merencanakan instalasi pengolahan air limbah untuk peternakan sapi potong di Pondok Pesantren KH. Kholil Mustajib, Desa Ngepung, Kecamatan Kedamean, Kabupaten Gresik. Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Perencanaan dilaksanakan di peternakan sapi potong pondok pesantren KH. Kholil Mustajib, Desa Ngepung, Kecamatan Kedamean, Kabupaten Gresik
2. Menguji karakteristik air limbah yang dihasilkan oleh peternakan
3. Materi yang akan dibahas: hasil uji karakteristik air limbah, penentuan alternatif unit pengolahan, perhitungan efisiensi removal, perhitungan DED dan perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB) berdasarkan HSPK Kabupaten Gresik 2021.
4. Gambar desain, meliputi:
 - a. Gambar layout IPAL
 - b. Gambar potongan dan detail unit pengolahan

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Limbah Cair

Limbah cair adalah limbah dalam wujud cair yang dihasilkan oleh kegiatan industri atau kegiatan usaha lainnya yang dibuang ke lingkungan yang diduga dapat menurunkan kualitas lingkungan (Keputusan Gubernur Jawa Timur No. 45 Tahun 2002). Berdasarkan (Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya, 2013) limbah cair adalah sisa dari suatu hasil usaha dan atau kegiatan yang berwujud cair yang dibuang ke lingkungan dan diduga dapat menurunkan kualitas lingkungan.

Menurut Yang, *et al.*, (2008) dalam Gede Ratna Juliasih & Fadlya Amha, (2019) limbah cair merupakan limbah yang mengandung bahan organik dan senyawa asam berbahaya yang paling berdampak terhadap lingkungan. Limbah cair ini jika dibuang langsung ke lingkungan akan menyebabkan menurunkan oksigen terlarut sumber air (Gede Ratna Juliasih & Fadlya Amha, 2019). Limbah cair merupakan air hasil dari suatu proses produksi baik industri atau domestik (rumah tangga) yang dibuang ke lingkungan yang mengandung padatan tersuspensi. Untuk mengurangi kandungan berbahaya dalam air limbah dan memenuhi baku mutu, maka diperlukan pengolahan air limbah untuk mengubah karakteristik dan komposisi yang terkandung dalam air limbah (Pasetia, *et al.*, 2020).

2.2 Karakteristik Limbah Cair

Berdasarkan karakteristiknya limbah cair dibedakan menjadi tiga yaitu karakteristik fisika, kimia dan biologis. Karakter fisika biasanya berupa padatan, warna, kekeruhan,, bau, dan rasa. Karakter kimia biasanya ditentukan dengan kandungan bahan yang membentuk sifat kimia, seperti COD, pH, BOD, logam berat, dan lainnya. Karakter biologi ditentukan dengan organisme atau bakteri yang terkandung dalam limbah cair

2.2.1 Karakteristik Fisika

Karakteristik fisik merupakan perubahan fisik pada air limbah yang disebabkan oleh kandungan polutan yang ada dalam air limbah. Perubahan pada limbah cair dapat dilihat dan dirasakan secara langsung dengan pancaindra. Perubahan yang terjadi akibat kandungan polutan dalam air limbah adalah bau, suhu, kekeruhan, dan warna. Karakteristik fisik limbah cair sebagai berikut : (Sari, 2018)

1. Padatan total

Padatan total ini biasanya berupa pasir atau lumpur, dan padatan total ini terdiri dari padatan terlarut (TDS) dan juga padatan terendapkan (TSS).

2. Bau

Bau pada air limbah dihasilkan oleh pembusukan bahan organik yang terkandung dalam air limbah. Air limbah yang mengandung bahan organik yang terlalu tinggi, berpotensi menghasilkan bau, seperti limbah cair peternakan, limbah cair industri dll.

3. Warna

Warna adalah karakteristik air limbah yang sangat mudah untuk ditentukan. Warna pada air disebabkan oleh bahan-bahan pencemar yang terlarut dalam air.

4. Kekeruhan

Kekeruhan pada air limbah diakibatkan oleh zat organik, lumpur, tanah liat yang terlarut dalam air.

5. Suhu

Suhu pada air limbah cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan suhu air limbah. Suhu pada air menentukan aktivitas biologis yang ada pada air oleh spesies biologi. Suhu menjadi satu parameter yang cukup penting dalam karakteristik air.

2.2.1 Karakteristik Kimia

Karakteristik kimia dalam air limbah disebabkan oleh kandungan bahan kimia (*chemical*). Kandungan kimia tersebut pada umumnya terlarut dalam bentuk ion-ion dan tersuspensi dalam bentuk senyawanya. Air limbah

memiliki karakteristik kimia berupa zat organik dan zat anorganik (Sari, 2018).

1. Zat Organik

Mengukur kandungan zat organik pada suatu air limbah harus ditentukan baik secara kualitas maupun kuantitas. Senyawa organik yang biasanya terkandung dalam air limbah adalah, minyak dan lemak, karbohidrat, protein, pestisida, surfaktan. COD dan BOD adalah parameter yang pada umumnya digunakan untuk menentukan kandungan zat organik pada air limbah.

a. COD

Parameter COD merupakan pengukuran kandungan oksigen dalam air dengan bentuk lain. COD merupakan jumlah oksigen yang berguna untuk membantu proses pengoksidasian zat-zat organik dan anorganik yang terkandung dalam air limbah seperti halnya BOD.

b. BOD

Pemeriksaan BOD merupakan pemeriksaan oksidasi oleh sejumlah bakteri dalam air limbah terhadap zat-zat organik dengan memanfaatkan oksigen yang terkandung dalam air limbah. Parameter BOD sendiri merupakan jumlah kandungan oksigen yang membantu bakteri untuk mengoksidasi kandungan organik terlarut yang terkandung dalam air limbah menjadi kandungan organik yang sederhana.

2. Zat Anorganik

Parameter anorganik yang terkandung dalam limbah cair adalah sebagai berikut :

a. ph

ph normal pada air yaitu antara 6 sampai dengan 8, sedangkan ph dalam air limbah bervariasi tergantung dari jenis air limbahnya. Pada umumnya air limbah yang dapat menyebabkan korosif pada baja ataupun pipa besi, adalah ph dengan konsentrasi rendah.

b. Alkalinitas

Alkalinitas disebabkan oleh adanya kandungan hidroksida, karbonat dan bikarbonat dalam air limbah

c. Logam

Apabila kandungan logam dalam air limbah mempunyai konsentrasi yang rendah, maka logam dapat dimanfaatkan oleh mikroorganisme, dan apabila kandungan logam pada air limbah tinggi, maka itu akan berbahaya bagi mikroorganisme.

2.2.2 Karakteristik Biologis

Dalam air limbah biasanya terdapat mikroorganisme yang berperan penting dalam proses pengolahan air limbah secara biologi. Mikroorganisme yang terkandung dalam air limbah adalah sebagai berikut : (Sari, 2018)

1) Bakteri

Pada umumnya bakteri tidak mempunyai warna dan memiliki sel tunggal, bentuk dari bakteri bervariasi yaitu spiral, batang, dan bulat.

2) Jamur

Selain mempunyai fungsi dalam memecah materi organik, jamur juga tidak berfotosintesis dan tumbuh di daerah dengan pH rendah.

3) Algae

Dalam air, algae dapat mengakibatkan timbulnya rasa dan bau yang menyengat.

2.3 Limbah Cair Peternakan Sapi

Peternakan sapi adalah usaha yang berpotensi besar untuk dikembangkan. Sebagai salah satu protein hewani, daging sapi saat semakin banyak dipilih dan dikonsumsi oleh masyarakat, oleh karenanya usaha peternakan sapi potong semakin banyak berkembang di setiap daerah-daerah di Indonesia (Novita *et al.*, 2018). Hal tersebut menyebabkan semakin banyak terjadinya pencemaran air tanah atau air permukaan yang disebabkan oleh air limbah dari peternakan. Limbah peternakan adalah hasil buangan dari proses pengolahan usaha

peternakan atau buangan proses metabolisme yang bersifat tidak ramah lingkungan. Peternakan kecil maupun peternakan besar selalu menghasilkan limbah yang berupa limbah padat, cair, dan juga limbah gas (Fauziyah, 2017). Menurut Bintang, *et al.*, (2019) Pencemaran air yang disebabkan oleh limbah cair sapi sering terjadi karena limbah cair langsung dibuang ke saluran drainase atau sungai tanpa pengolahan terlebih dahulu. Pada umumnya limbah cair tersebut masih mengandung bahan organik tinggi yang dapat mempengaruhi bagi kualitas air tanah (Saputra, 2013).

Berdasarkan (Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya, 2013) setiap harinya satu ekor sapi menghasilkan air limbah maksimum sebesar 200 liter air, dan menurut Bintang *et al.*, (2019) jumlah urine yang dikeluarkan satu ekor sapi dengan berat rata-rata 400 kg sebanyak 15 liter/hari.

2.4 Pengolahan Air Limbah Peternakan Sapi

Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) adalah serangkaian peralatan atau kombinasi unit pengolahan yang lengkap, yang dirancang untuk mengolah air limbah, agar air limbah tersebut layak untuk dibuang langsung ke lingkungan (Hastutiningrum & Purnawan, 2017). Tujuan pembuatan IPAL adalah untuk menyaring dan membersihkan cairan yang sudah tercemar baik oleh pencemar organik atau kimia industri.

Air limbah peternakan sapi mempunyai kandungan organik dan juga kadar kekeruhan yang tinggi, apabila air limbah tersebut langsung dibuang ke lingkungan maka dapat mengakibatkan pencemaran air tanah ataupun pencemaran air permukaan. Oleh karena itu diperlukan unit pengolahan air limbah untuk mengolah air limbah agar sesuai dengan ambang batas yang telah ditentukan, dan aman saat dibuang ke lingkungan. Untuk menentukan desain unit pengolahan yang efektif mengolah air limbah peternakan, maka diperlukan beberapa alternatif desain untuk menentukan yang paling efektif meremoval kandungan pencemar pada air limbah (Blum, *et al.*, 2020)

Pengolahan air limbah dapat dilakukan secara fisik-kimia maupun secara biologis. Pada pengolahan fisik-kimia, alternatif pengolahan yang biasa digunakan adalah proses sedimentasi, koagulasi-flokulasi, oksidasi kimia dll. Secara proses biologi, alternatif yang digunakan adalah proses degradasi bakteri dengan proses aerob maupun anaerobik. Karakteristik air limbah sangat mempengaruhi pemilihan alternatif pengolahan yang akan digunakan (Rosidi & Razif, 2017).

2.5 Integrasi Keislaman Pengolahan Air

Pengolahan air dan penggunaan air kembali sudah menjadi pembahasan para ulama fiqih zaman dahulu. Para ahli fiqih sepakat bahwa dapat menggunakan hukum demi kemaslahatan masyarakat dimana air yang sudah terkena najis dapat direkayasa dengan teknologi menjadi air yang bersih (*tahir muthahhir*) dan tidak ada dalil dan ijma' yang menjadi solusi masalah pengolahan air. Dengan pandangan para fuqaha tersebut maka pengolahan air limbah boleh dilakukan dengan syarat proses pengolahannya sesuai dengan Peraturan Menteri Kesehatan dan ketentuan fiqih (Harahap, 2020).

Ketentuan fiqih yang dimaksud dapat dilakukan dengan salah satu cara berdasarkan fatwa MUI tentang daur ulang air limbah yaitu *Thariqah Taghyir*. *Thariqah Taghyir* yaitu cara mengolah air yang sudah terkena najis menggunakan alat bantu atau teknologi yang dapat mengembalikan kondisi air tersebut agar menjadi air yang bersih. Dengan demikian, penggunaan teknologi dalam pengolahan air limbah dapat dilakukan dengan syarat-syarat yang ditentukan oleh agama maupun kesehatan (Harahap, 2020).

2.6 Pemilihan Teknologi Yang Sesuai Jenis Kontaminan Air Limbah

Setiap air limbah mempunyai karakteristik yang berbeda-beda, begitu juga dengan teknologi pengolahan yang digunakan, karena pemilihan teknologi pengolahan sangat bergantung pada karakteristik air limbah yang akan diolah. Semakin kompleks kandungan pencemar yang terkandung dalam air limbah, maka semakin kompleks pula jenis teknologi yang digunakan (Rose, 1999). Untuk mengolah air limbah, ada 3 klasifikasi jenis pengolahan, yaitu pengolahan secara kimia, fisika, dan biologi. Berdasarkan kebutuhannya,

teknologi pengolahan dibedakan menjadi 2 yaitu konvensional dan juga advance (modern). Berikut dapat dilihat pada **Tabel 2.1** jenis kontaminan dan jenis teknologi pengolahan yang dapat digunakan.

Tabel 2. 1 Jenis Kontaminan dan Teknologi Pengolahan Air Limbah

KONTAMINAN	TEKNOLOGI PENGOLAHAN	KLASIFIKASI
Padatan Tersuspensi	Screening dan communiton	F
	Sedimentasi	F
	Flotasi	F
	Filtrasi	F
	Koagulasi/sedimentasi	K/F
	Land treatment	F
Biodegradable Organics	Lumpur aktif	B
	Trickling filter	B
	Rotating biological contanctors	B
	Aerated lagoons (kolam aerasi)	B
	Saringan pasir	F/B
	Land treatment	B/K/F
Pathogens	Khlorinasi	K
	Ozonisasi	K
	Land treatment	F
Nitrogen	Suspended-growth nitrification and denitrification	B
	Fixed-film nitrification and denitrification	B
	Ammonia stripping	K/F
	Ion Exchange	K
	Breakpoint klorinasi	K
	Land treatment	B/K/F
Phospor	Koagulasi garam logam/sedimentasi	K/F
	Koagulasi kapur/sedimentasi	K/F
	Biological/Chemical phosphorus removal	B/K
	Land treatment	K/F
Refractory Organics	Adsoprsi karbon	F
	Tertiary ozonation	K
	Sistem land treatment	F
Logam Berat	Pengendapan kimia	K
	Ion Exchange	K
	Land treatment	F
Padatan Inorganik Terlarut	Ion Exchange	K
	Reserve Osmosis	F
	Elektrodialisis	K

Sumber : (Said, 2006) (Keterangan : B : biologi, K : kimia, F : fisika)

2.7 Unit Pengolahan Air Limbah

Pemilihan teknologi pengolahan air limbah sangat bergantung pada karakteristik air limbah yang akan diolah. Pada umumnya, teknologi atau unit pengolahan yang digunakan untuk mengolah air limbah terdiri dari pengolahan pendahuluan, pengolahan primer, pengolahan sekunder, dan pengolahan lumpur (Simanjuntak, 2020).

2.7.1 Unit Pengolahan pendahuluan

A. Bak Ekualisasi

Bak ekualisasi merupakan bak yang berfungsi untuk menyamaratakan konsentrasi limbah cair sebelum masuk ke unit pengolahan utama dan menurunkan besar debit yang masuk ke sistem pengolahan. Bak ekualisasi biasanya diletakkan sebelum unit pengolahan primer pada instalasi pengolahan limbah cair. Pada bak ekualisasi, proses pemerataan konsentrasi dapat dilakukan menggunakan *baffle*, aerator, atau turbin. Proses pemerataan tersebut juga dapat mengurangi beban organik dan meningkatkan kandungan DO pada limbah cair (Dirjen Cipta karya, 2013)

Tabel 2. 2 Kriteria Desain Bak Ekualisasi

Parameter	Satuan	Nilai
Kedalaman air minimum	m	1,5-2
Kemiringan	-	3:1 sampai 2:1
<ul style="list-style-type: none"> - Untuk air limbah dengan padatan tersuspensi ≥ 210 mg/l, diperlukan pengaduk $0,004 - 0,008$ kW/m³ - Untuk menjaga kondisi aerobik, dibutuhkan suplai udara $0,01 - 0,015$ m³/m³.menit 		

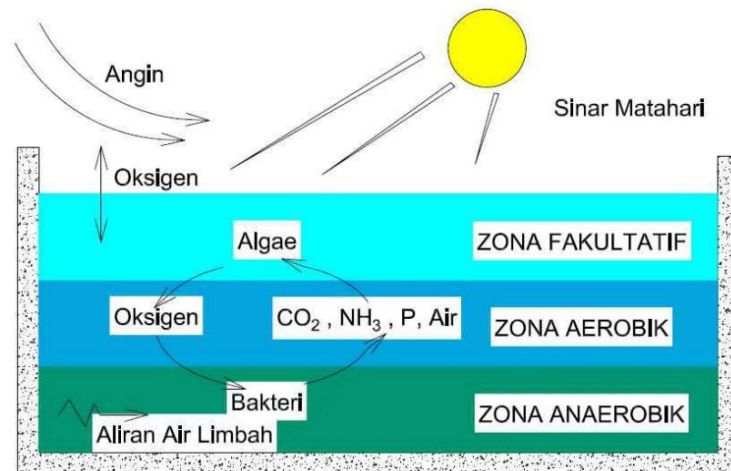
Sumber : (Metcalf & Eddy, 2003)

2.5.2 Unit Pengolahan Primer

A. Kolam Fakultatif

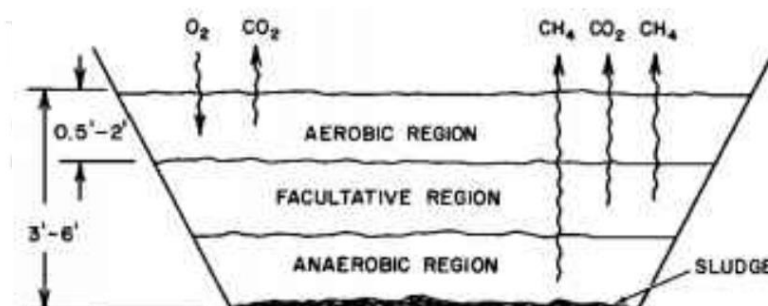
Kolam fakultatif merupakan kolam yang berfungsi menurunkan kandungan bahan organik dalam air limbah yang belum terurai dari unit sebelumnya. Dalam kolam fakultatif terdapat 3 lapisan dengan kondisi yang berbeda, lapisan pertama atau zona aerobik adalah zona yang mengandung banyak oksigen. Lapisan berikutnya yaitu lapisan tengah yang disebut zona fakultatif, dan yang terakhir adalah lapisan paling bawah yaitu zona

anaerobik. Zona aerobik adalah zona paling bawah dari kolam fakultatif yang sudah tidak ditemukan lagi oksigen (Mulyani & Solikhin, 2021)



Gambar 2. 1 Konsep Pengolahan Kolam Fakultatif
Sumber: Mulyani & Solikhin, 2021

Asam organik dan gas yang dihasilkan pada saat proses penguraian bahan organik pada zona anaerobik akan diubah menjadi makanan bagi organisme yang berada pada zona aerobik. Hubungan khusus yang terjadi pada zona aerobik antara bakteri dan alga, adalah bakteri mengonsumsi oksigen untuk mengurai zat organik dalam air limbah menjadi produk lain seperti CO_2 , NO_3^- , dan PO_4 . Alga menggunakan produk tersebut menjadi energi untuk proses metabolisme dan menghasilkan oksigen serta produk akhir lainnya (Said, 2008)



Gambar 2. 2 Diagram Elevasi Strata dan Operasi Laguna Fakultatif
Sumber: Beyond Discovery, 2022

Kolam fakultatif mempunyai 2 jenis yaitu kolam fakultatif sebagai pengolah primer dan kolam fakultatif sebagai pengolah sekunder. Kolam

fakultatif sebagai pengolah sekunder biasanya diletakkan setelah kolam pengolahan lain. Untuk BOD dengan konsentrasi rendah (100 – 400 kgBOD/ha.hari) dapat menggunakan kolam fakultatif karena kolam ini didesain untuk menyisihkan air limbah dengan beban BOD rendah. Kriteria desain kolam fakultatif adalah seperti pada Tabel 2.4.

Tabel 2. 3 Kriteria Desain Kolam Fakultatif

Parameter	Besaran	Satuan
Waktu detensi	≥ 4	hari
Efisiensi penurunan BOD	70-90	%
Kedalaman	1,5-2,5	m
Rasio panjang : lebar	(2-3) : 1	-
Pengurasan	5-10	tahun

Sumber : (Dirjen Cipta karya, 2013)

Perencanaan kolam fakultatif ditentukan berdasarkan *Surface loading rate* (beban BOD permukaan). Perhitungan beban BOD permukaan dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\lambda_s = 350 (1,07 - 0,002T)^{(T-25)}$$

Setelah menghitung beban BOD permukaan, untuk menentukan luas permukaan dan waktu detensi pada kolam fakultatif dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

- a. Menghitung luas area kolam fakultatif

$$A_f = \frac{\text{Konsentrasi BOD masuk} \times \text{debit masuk}}{\text{beban BOD permukaan}}$$

- b. Menghitung waktu detensi kolam fakultatif

$$\phi_f = \frac{2A_f D_f}{2Q_i - 0,001eA_f}$$

Ket : ϕ_f = waktu retensi hidraulik (hari)

D_f = kedalaman kolam (m)

Q_i = debit masuk (m^3 /hari)

e = jumlah laju evaporasi (mm/hari)

B. Kolam Maturasi

Kolam maturasi atau disebut juga kolam pematangan adalah kolam yang mengolah air limbah dari kolam fakultatif. Kolam maturasi mempunyai fungsi utama untuk menghilangkan mikroorganisme patogen yang terkandung dalam air limbah dengan perubahan yang cepat dan pH yang tinggi. Kolam maturasi juga mampu menurunkan BOD dan padatan tersuspensi meskipun terletak pada akhir pengolahan aerobik (PERMEN PUPR No. 04/PRT/M/2017).

Kolam maturasi didesain dangkal sekitar 1-2 meter karena memiliki fungsi utama mereduksi organisme patogen dalam air limbah. Dengan didesain dangkal maka efisiensi penghilangan organisme patogen akan semakin meningkat dengan bantuan penetrasi cahaya. Adapun beberapa faktor yang dapat mempengaruhi efisiensi penyisihan organisme patogen pada kolam maturasi, yaitu suhu, radiasi, sinar matahari, senyawa beracun (untuk penyisihan bakteri dan virus) dan sedimentasi (untuk penyisihan telur cacing) (Dirjen Cipta karya, 2013).

Perencanaan jumlah bak maturasi pada dasarnya disesuaikan dengan kebutuhan pencapaian baku mutu, terutama pada penyisihan total bakteri fekal koliform. Untuk menghitung perencanaan penyisihan bakteri koliform yang terkandung dalam air limbah pada kolam maturasi, maka dapat menggunakan formulasi sebagai berikut:

- a. Jika kolam maturasi berjumlah 1
- Penyisihan bakteri koliform

$$N_e = \frac{N_i}{1 + K_b(T) \phi_m}$$

Ket :

N_e = Jumlah bakteri E coli setiap 100 ml efluen kolam maturasi

N_i = Jumlah bakteri E coli setiap 100 ml efluen kolam fakultatif

ϕ_f = Waktu tinggal hidraulik kolam maturasi

- Nilai K_b dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut

$$K_{b(T)} = 2,6 (1,19)^{T-20}$$

- b. Jika jumlah maturasi > 1 menggunakan rumus sebagai berikut

- Penyisihan bakteri kolirom

$$N_e = \frac{N_i}{[(1 + K_b \phi_a)(1 + K_b \phi_f)(1 + K_b \phi_m)]^n}$$

Ket :

N_e = Jumlah bakteri E coli setiap 100 ml efluen kolam maturasi

K_b = konstanta laju orde pertama penyisihan E coli

N_i = Jumlah bakteri E coli setiap 100 ml efluen kolam fakultatif

ϕ_a = Waktu tinggal hidraulik kolam anaerobik

ϕ_f = Waktu tinggal hidraulik kolam fakultatif

ϕ_m = Waktu tinggal hidraulik kolam maturasi

N = jumlah kolam maturasi

Tabel 2. 4 Kriteria Desain Kolam Maturasi

Parameter	Besaran	Satuan
Waktu detensi	3	hari
Efisiensi penurunan BOD	>60	%
Kedalaman	1-2	m
Rasio panjang : lebar	Sampai 10:1	-
Beban BOD volumetrik	40-60	grBOD/m ³ .hari

Sumber : (Dirjen Cipta karya, 2013)

2.5.3 Unit Pengolahan Sekunder

A. Anaerobic Filter

Anaerobic Filter merupakan unit pengolah bilogis, yang mempunyai kesamaan bak pengendap dan kompartemen dengan unit ABR (Anaerobic Baffle Filter). Namun pada kompartemen Anaerobic Filter terdapat satu atau lebih bak filter yang dirangkai seri. Media pada bak filter ini akan mendegradasi partikel-partikel dan bahan organik yang terkandung dalam air limbah. Teknologi filtrasi yang digunakan pada unit ini mampu

meremoval TSS dan BOD hingga 90% (Dinas Lingkungan Hidup Kota Surabaya, 2015).

Bak filter pada Anaerobic Filter mempunyai beberapa lapisan media filter yang berfungsi sebagai melekatnya bakteri-bakteri yang akan mencerna bahan organik dalam air limbah (Mahatyanta, 2016). Media filter yang baik digunakan adalah media yang mempunyai luas permukaan 90 – 300 m² setiap m³ volume reactor. Ketinggian air harus menutupi media filter setidaknya 0,3 m untuk menjamin aliran yang merata. Waktu retensi hidraulik (HRT) adalah parameter desain terpenting yang memengaruhi kinerja filter. HRT yang direkomendasikan adalah 12 hingga 36 jam. Bahan media yang biasa digunakan antara lain kerikil, batu pecah atau batu bata, abu, batu apung, atau plastik yang dibentuk khusus potongan, tergantung pada ketersediaan lokal. Koneksi antara ruang dapat dirancang baik dengan pipa vertikal atau baffle (Tilley et al., 2014).

Tabel 2. 5 Kekurangan dan Kelebihan Anaerobic Filter

Kelebihan	Kekurangan
<ul style="list-style-type: none"> - Tidak diperlukan energi listrik - Biaya operasi rendah - Umur panjang - Removal BOD dan TSS tinggi - Produksi lumpur rendah (lumpur distabilkan) - Dapat dibangun di bawah tanah 	<ul style="list-style-type: none"> - Membutuhkan desain dan konstruksi ahli - Lumpur memerlukan pengolahan lanjut - Risiko penyumbatan pada media filter - Pembersihan media filter yang tersumbat dinilai rumit

Sumber: (Tilley et al., 2014)

B. Clarifier

Unit clarifier mempunyai fungsi untuk mengendapkan zat padat yang terbentuk dari gaya tarik menarik antar partikel hingga menjadi flok yang lebih berat, yang berasal dari proses pengolahan biologis oleh bakteri. Unit clarifier pada umumnya didesain berbentuk silinder, persegi panjang, maupun segi empat. Dalam proses pengolahan air limbah pada unit ini, terjadi pengadukan lambat menggunakan piringan berlubang secara hidrolis. Pengadukan secara lambat bertujuan agar partikel-partikel yang sudah menggumpal menjadi padat terpisah (Anhar et al., 2021)

Tabel 2. 6 Kriteria Desain Unit Clarifier

Parameter	Nilai	Satuan
Waktu detensi pengendapan, td	2(puncak) 4,5-6 (rata-rata)	jam
Konsentrasi BOD	10.000	mg/l
Solid loading, SS	25-50	Kg SS/m ² .hari
Surface loading (Q/A)	20-35	m ³ /m ² .hari
Kedalaman bak pengendap dari weir minimal, h	3	m
Beban pelimpah	100-254	m ³ /m.hari

Sumber : (PERMEN PUPR No. 04/PRT/M/2017)

C. Kolam Aerasi

Kolam aerasi merupakan unit pengolahan air limbah berupa kolam terbuka yang dilengkapi dengan aerator untuk memenuhi kebutuhan oksigen. Untuk memaksimalkan suplai oksigen dalam kolam aerasi, maka perlu dipastikan aerator yang digunakan mampu menyuplai oksigen ke seluruh unit aerasi. Pada unit aerasi tidak ada lumpur yang dikembalikan, oleh karena itu tidak memerlukan sistem resirkulasi lumpur. Lumpur pada kolam aerasi dibiarkan mengendap dan setelah itu akan dialirkan dan akan diolah pada unit pengering lumpur (PERMEN PUPR No. 04/PRT/M/2017).

Kelebihan dari Kolam Aerasi ini adalah memiliki ketahanan yang baik terhadap *shock loading*, tidak memiliki masalah yang berarti terhadap serangga dan bau, kemampuan mereduksi bakteri patogen tinggi dan kebutuhan lahan dan biaya operasional lebih rendah. Kekurangan untuk unit ini adalah lumpur yang dihasilkan memerlukan pengolahan lanjutan, membutuhkan waktu operasional full time, membutuhkan energi listrik yang terus menerus, dan membutuhkan desain dari seorang ahli konstruksi (Dirjen Cipta karya, 2013).

Tabel 2. 7 Kriteria Desain Kolam Aerasi

Parameter	Nilai	Satuan
BOD	5,0	Kg/m ³
SS	20	Kg/m ³
VSS Loading	0,5	Kg VSS/hari/m ³
Solid Retention Time	21	Hari
Hidrolis Retention Time	21	Hari
Rasio Panjang dan Lebar	2:1	-
Kedalaman	1-6	meter

Sumber : (PERMEN PUPR No. 04/PRT/M/2017)

D. Biofilter Aerob-anaerob

Unit pengolahan biofilter aerob-anaerob merupakan pengolahan biologis yang menggabungkan proses aerob dan anaerob yang mudah dan tidak memerlukan biaya operasional yang tinggi. Pengolahan menggunakan kombinasi unit biofilter aerob-anaerob efektif dalam menurunkan kandungan organik dalam air limbah seperti BOD, COD, TSS, fosfat, amonia, dan total *coliform*. Pada pengolahannya, unit biofilter aerob-anaerob menggunakan bantuan mikroorganisme untuk mendegradasi bahan organik dalam air limbah (Hariyani & Sarto, 2018).

Pengolahan menggunakan biofilter anaerob merupakan pengolahan biologis yang bertujuan untuk menguraikan kandungan organik dalam air limbah yang tidak membutuhkan oksigen dalam prosesnya. Pada pengolahan anaerob ini proses penguraian bahan organik dibantu oleh mikroorganisme. Kemudian proses aerobik merupakan proses pengolahan dengan beban lebih rendah dari proses anaerob, sehingga proses ini ditempatkan setelah proses anaerob. Pada proses aerob ini, akan mengubah bahan organik yang masih tersisa dari proses anaerob menjadi bakteri baru oleh sel bakteri dengan oksigen yang cukup (Rahayu & JAR, 2019)

2.5.4 Unit Pengolahan Lumpur

Pada setiap unit pengolahan air limbah pasti akan menghasilkan endapan, endapan yang dihasilkan pada proses pengolahan air limbah ini berupa lumpur dan pasir. Tujuan dari pengolahan lumpur ini adalah untuk mengurangi kadar air yang terkandung dalam lumpur, sehingga volume lumpur yang dihasilkan akan semakin sedikit. Berikut adalah dua cara sederhana dalam pengolahan lumpur.

A. Sludge Drying Bed

Sludge Drying Bed berfungsi memisahkan kandungan air dengan lumpur yang berasal dari endapan unit pengolahan air limbah. Dimensi unit sludge drying bed ini biasanya berpatokan dengan unit pengolahan yang paling besar, tujuannya agak SDB mampu menampung endapan lumpur dari

unit pengolahan terbesar. Proses pengeringan lumpur di SDB ini tidak memerlukan waktu tinggal, karena pada proses ini membutuhkan panas matahari sebagai pengeringan lumpur (Aji, 2013).

Tabel 2. 8 Kriteria Desain SDB

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

Sumber : (Qasim, 1999)

2.8 Baku Mutu Air Limbah Peternakan Sapi

Menurut Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya, 2013 parameter yang harus diperhatikan yaitu BOD, COD, TSS, NH₃-N dan pH.

Tabel 2. 9 Baku Mutu Usaha atau Kegiatan Peternakan Sapi dan Babi

Parameter	Kadar maksimum (mg/L)	Beban pencemar maksimum (liter/ekor/hari)	
		Sapi	Babi
BOD	100	20	4
COD	200	40	8
TSS	100	20	4
NH ₃ -N	25	5	1
pH	6 sampai 9		
Kuantitas Air Limbah Maksimum		Sapi : 200 liter/ekor/hari	
		Babi : 40 liter/ekor/hari	

Sumber : (Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya, 2013)

Penjelasan parameter-parameter di atas yang tercantum di (Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya, 2013) adalah sebagai berikut :

A. BOD (*Biochemical Oxygen Demand*)

BOD adalah banyaknya oksigen yang diperlukan untuk menguraikan zat - zat organik oleh mikroorganisme dalam air limbah dalam kondisi aerobik. Zat organik yang sesungguhnya ditunjukkan dengan nilai BOD yang terkandung dalam air limbah tersebut (Hastutiningrum & Purnawan, 2017). Pada (Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya, 2013) untuk BOD batas maksimal yang diperbolehkan adalah 100 mg/L.

B. COD (*Chemical Oxygen Demand*)

COD atau kebutuhan oksigen kimiawi merupakan banyaknya oksigen yang diperlukan untuk menguraikan zat-zat organik dalam air menjadi CO₂ dan H₂O, atau kebutuhan oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan pencemar dalam air dengan reaksi kimiawi (Hastutiningrum & Purnawan, 2017). Pada (Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya, 2013) untuk COD batas maksimal yang diperbolehkan adalah 200 mg/L.

C. TSS (*Total Suspended Solid*)

TSS merupakan padatan yang terlarut dalam larutan namun tidak terlarut, tetapi menyebabkan larutan menjadi keruh, dan tidak dapat mengendap pada dasar larutan. Pada (Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya, 2013) untuk TSS batas maksimal yang diperbolehkan adalah 100 mg/L.

D. NH₃-N

Amonia (NH₃) merupakan senyawa nitrogen yang berupa cairan, ada dua bentuk amonia yaitu amonia bebas (NH₃) dan dalam bentuk ion

amoniam (NH_4^+). Amoniam bebas tidak dapat terionisasi sedangkan amonium (NH_4^+) dapat terionisasi (Kurniawan, 2017). Pada (Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya, 2013) untuk TSS batas maksimal yang diperbolehkan adalah 25 mg/L.

E. pH

pH merupakan derajat keasaman yang digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau kebasahan yang dimiliki suatu larutan. Pada (Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya, 2013) untuk pH batas maksimal yang diperbolehkan adalah 6–9

2.9 Profil Hidrolis

Perhitungan profil hidrolis merupakan cara untuk menghitung kehilangan tekanan yang diakibatkan oleh aliran unit-unit IPAL, untuk mendapatkan posisi vertikal setiap unit dan untuk menentukan elevasi setiap unit pada IPAL. Pada dasarnya profil hidrolis juga ditentukan berdasarkan penurunan muka air pada unit IPAL yang disebabkan oleh belokan, jatuhan, dan kecepatan aliran pada proses pengolahan. Perhitungan kehilangan tekanan yang disebabkan belokan dan jatuhan pada proses pengolahan dapat dihitung berdasarkan persamaan *Manning* sebagai berikut:

$$H_f = \left(\frac{v \cdot n}{R^2} \right)^2 \times L$$

Dimana:

- v = Kecepatan aliran, m/detik
- n = Koefisien kekasaran
- R = Jari-jari hidrolis, m
- L = Panjang jatuhan/belokan

Kemudian kehilangan tekanan pada proses pengolahan juga diakibatkan gesekan aliran pada unit. Perhitungan kehilangan tekanan akibat gesekan aliran dapat ditentukan berdasarkan persamaan *Darcy-Weibach* sebagai berikut:

$$(H_f) = f \times \left(\frac{L}{4R}\right) \times \left(\frac{v^2}{2g}\right)$$

Dimana:

$$f = 1,5 (0,01989 + 0,0005078 / 4R)$$

$$v = \text{Kecepatan aliran, m/detik}$$

$$g = \text{Gravitasi, m/s}^2$$

$$R = \text{Jari-jari hidrolis, m}$$

$$L = \text{Panjang jatuhan/belokan}$$



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

2.10 Penelitian Terdahulu

No.	Nama	Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
1	Rahani Yunanda Kusumadewi dan Arseto Yekti Bagastyo, 2017	Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah Kegiatan Peternakan Sapi Perah dan Industri Tahu	Merencanakan instalasi pengolahan air limbah untuk peternakan sapi dan industri tahu di Dusun Klagen, Krian, Kabupaten Sidoarjo	1. Pengumpulan data 2. Analisis dan Pengolahan data	Berdasarkan hasil perhitungan dari perencanaan di dapatkan dimensi dari masing-masing unit IPAL adalah (P x L x T) 1. Bak ekualisasi : 5,9 m x 5,9 m x 4,5 m 2. UASB : 3,3 m x 6,6 m x 8 m 3. Tiap kompartemen kombinasi unit anaerob-aerob filter : 7,8 m x 3 m x 3,3 m Dari dimensi yang didapatkan, jumlah biaya yang di perlukan sebesar Rp. 1.663.183.000
2	Yunita Kusuma Bintang , Dian Chandrasasi , Riyanto Haribowo, 2019	Studi Efektifitas Dan Kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah (Ipal) Pada Peternakan Sapi Skala Rumah Tangga	Tujuan penelitian ini adalah merencanakan desain IPAL yang akan digunakan untuk mengolah limbah cair dari peternakan sapi di Desa Argosari, agar limbah cair sesuai dengan baku mutu yang telah ditetapkan	1. Pengumpulan data 2. Analisis dan Pengolahan data	Dengan sampel yang digunakan pada penelitian ini, didapatkan unit-unit yang dapat digunakan untuk mengolah limbah cair sapi adalah bak pengendap awal, bak biofilter aerob, dan bak pengendap akhir. 1. Bak pengendap awal : volume rencana sebesar 0,275 m ³ 2. Bak biofilter aerob : volume rencana sebesar 0,78 m ³

No.	Nama	Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
					<p>3. Bak pengendap akhir : volume rencana sebesar 0,275 m³</p> <p>Dengan pengolahan menggunakan unit tersebut, limbah cair sapi sudah memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan.</p>
3	Sri Hastutiningrum, Hadi Prasetyo Suseno, Anggita Ratnasari, 2017	Alternatif Pra Rancangan Instalasi Pengolahan Air Limbah (Ipal) Industri Rumah Potong Hewan (Studi kasus rumah potong hewan Giwangan, Umbulharjo, Yogyakarta)	Tujuan dari penelitian ini untuk membuat rancangan pengolahan air buangan dari industri Rumah Potong Hewan (RPH)	Pada pra rancangan ini metode yang digunakan adalah : 1. Pengumpulan data 2. Pengolahan data 3. Pembuatan DED Perhitungan RAB	Limbah cair yang dihasilkan masih belum sesuai dengan baku mutu yang telah ditetapkan Unit yang digunakan untuk mengolah limbah cair adalah kombinasi antara tangki imhoff, bak pengendap, dan biofilter aerob dan anaerob Dengan menggunakan unit-unit tersebut, biaya yang diperlukan adalah sebesar Rp. 717.129.718,10
4	Elena Afita Yolanda Ari Putri, 2019	Analisis Sebaran Air Limbah Aktifitas Peternakan Sapi Terhadap Kualitas Air Sungai Di Desa Babadan, Kecamatan Pace, Kabupaten Nganjuk	Mengetahui pengaruh sebaran limbah peternakan terhadap kualitas air sungai di Desa Babadan, Kecamatan Pace, Kabupaten Nganjuk	Pengumpulan data berupa sampel, yang kemudian di ujikan secara insitu di Laboratorium BARISTAND Surabaya	1. Sebaran limbah yang diakibatkan oleh aktivitas peternakan sapi potong menunjukkan pada titik B1 jumlah BOD, COD, TSS, dan Amoniak meningkat secara drastis Ketika sungai mengalami self purification nilai BOD, COD, TSS,

No.	Nama	Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
					dan Amoniak pada B1 berangsur menurun
5	Langgeng Saputra, 2017	Pengaruh Limbah Peternakan Sapi Terhadap Kualitas Air Tanah Untuk Kebutuhan Air Minum (Studi Kasus Di Desa Singosari Kecamatan Mojosongo Kabupaten Boyolali Tahun 2017)	Mengetahui pengaruh limbah peternakan sapi terhadap kualitas air tanah di Desa Singosari Kecamatan Mojosongo Kabupaten Boyolali	Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode survei.	Kondisi air tanah di Desa Singosari Kecamatan Mojosongo Kabupaten Boyolali sudah tidak dapat lagi digunakan sebagai air baku untuk air minum yang diakibatkan oleh pengaruh limbah peternakan sapi, hal tersebut dikarenakan nilai COD, BOD, dan TSS di atas ambang batas yang telah ditentukan.
6	Elida Novita, Ida Bagus Suryaningrat, Ega Daniati, 2018	Potensi Penerapan Produksi Bersih Di Peternakan Sapi Perah Cv. Margo Utomo Kecamatan Kalibaru Kabupaten Banyuwangi	Menerapkan pengelolaan lingkungan yang preventif dan terpadu dengan penerapan produksi bersih pada peternakan sapi CV. MARGO UTOMO Kecamatan Kalibaru Kabupaten Banyuwangi	Metode yang digunakan adalah observasi, pengumpulan data, dan analisis data	Karakteristik limbah cair peternakan adalah sebagai berikut : a. Suhu : 23° b. Ph : 8,1 c. TDS : 1307 d. TSS : 508,4 e. COD : 2134 f. BOD : 1203,3 g. Kekeruhan 476,8 Penerapan lingkungan bersih yang dilakukan adalah pembuatan biogas dan daur ulang air
7	Kristianus Octavianus Magnus Prima Putra Nanga, 2017	Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Kelurahan Lemahputro Dan Kelurahan	1. Merencanakan SPAL dan IPAL komunal Menghitung rencana anggaran biaya untuk	1. Pengumpulan data 2. Studi literatur Pengolahan data	1. Perencanaan SPAL Diameter pipa yang digunakan : a. Untuk kelurahan Lemahputro : 100 mm, 150

No.	Nama	Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
		Sidokare Kecamatan Sidoarjo Kabupaten Sidoarjo	membangun IPAL tersebut		<p>mm, dan 200 mm</p> <p>b. Untuk kelurahan Sidokare : 100 mm, 150 mm, 200 mm, dan 250 mm</p> <p>Menhole yang digunakan adalah menhole lurus, menhole belokan, menhole pertigaan, dan menhole perempatan.</p> <p>2. Perencanaan IPAL Sistem IPAL yang digunakan dari segi kualitas pengolahan mampu menghasilkan effluent dibawah baku mutu PERMEN LHK 68 Tahun 2016 untuk TSS, BOD, COD, Minyak dan Lemak, Amonia dan Total Coliform.</p>
8	Fina Fauziyah, 2017	Uji pengaruh limbah cair peternakan sapi terhadap tanah dan tanaman jagung (<i>Zea mays L</i>) yang dialiri limbah (Studi kasus pada PT. GREENFIELDS INDONESIA)	1. Mengetahui pengaruh limbah cair peternakan sapi terhadap tanah Mengetahui pengaruh limbah cair peternakan sapi terhadap pertumbuhan tanaman jagung	Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimen. Penelitian ini mencari pengaruh sesuatu tertentu dengan yang lain dalam kondisi terkendali	1. Hasil uji kualitas tanah dari ketiga dusun menunjukkan hasil yang cenderung meningkat pada parameter PH, H ₂ O, PH KCl, P, K, Na, dan KTK pada 2x pemberian limbah cair Pengaruh perlakuan limbah cair terhadap komponen pertumbuhan tanaman jagung meningkat pada 2x pemberian limbah cair

No.	Nama	Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
9	I Komang Adi Putra, Nieke Karnaningroem, dan Mas Agus Mardiyanto, 2017	Desain Bangunan Pengolahan Limbah Cair Peternakan Babi dan Pemanfaatan Kembali Hasil Pengolahannya	Merencanakan bangunan pengolahan limbah cair peternakan babi	Metode yang digunakan adalah metode pengumpulan data dan metode pengolahan data (berupa perhitungan desain bangunan)	Unit-unit pengolahan yang digunakan pada desain ini adalah : <ol style="list-style-type: none"> 1. Septik tank : 2 m x 1,8 m x 1,5 m 2. ABR : 3,4 m x 1 m x 0,8 m 3. Bak penampung : 1,2 m x 1,2 m x 2 m Dari dimensi unit yang telah ditentukan, maka biaya yang diperlukan sebesar Rp. 80.800.000,00
10	Pieter Leuvanggi Hutagalung, 2020	Desain Instalasi Pembuangan Air Limbah (Ipal) Peternakan Babi Instalasi Bahal Batu	Merencanakan desain instalasi pengolahan air limbah peternakan babi	Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah pengumpulan data primer dan sekunder, dan pengolahan data berupa perhitungan desain	Unit-unit pengolahan yang digunakan pada desain ini adalah : <ol style="list-style-type: none"> 1. Septik tank : 2 m x 1,8 m x 1,5 m 2. ABR : 3,4 m x 1 m x 0,8 m 3. Bak penampung : 1,2 m x 1,2 m x 2 m Dari dimensi unit yang telah ditentukan, maka biaya yang diperlukan sebesar Rp 50.452.568,31.
11	Alfan Purnomo dan Nafidzah Khairina, 2017	Planning of Desentralised Wastewater Treatment in RW 9 Genteng subdistrict, Surabaya City	Menjelaskan teknologi sanitasi yang paling tepat untuk diterapkan di RW 9 Kelurahan Genteng. Perencanaan yang akan dilakukan dengan memilih teknologi sanitasi serta biaya	I. Mengumpulkan data Analisis Data	Berdasarkan hasil survei 43% responden di RW 9 Kecamatan Genteng memilih IPAL khususnya ABR sebagai teknologi sanitasi yang paling tepat untuk diterapkan di RW 9 Kecamatan Genteng.

No.	Nama	Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
			<p>pembuatan RW 9 Kecamatan Genteng menjadi kawasan bebas BAB sembarangan juga akan diperhitungkan</p>		<p>Alasan lain mengapa ABR menjadi teknologi yang paling cocok adalah karena warga tidak memiliki cukup ruang untuk membuat septic tank di setiap rumah, tidak hanya itu, limbah dari instalasi pengolahan air limbah juga lebih baik dari pada septic tank. Biaya pembangunan ABR, bangunan pelengkap dan perpipaan di RW 9 Kecamatan Genteng Rp. 289.452.236</p>
12	Christian Blum, Marta Verdaguer, Hèctor Monclús, and Manel Poch, 2020	A new optimization model for wastewater treatment planning with a temporal component	<p>Menyajikan model optimasi baru untuk merencanakan aliran air limbah dari IPAL secara konsisten. Secara khusus, penyertaan komponen temporal untuk kontribusi air limbah ke IPAL adalah tujuan utama dari pekerjaan ini. Setiap aktivitas industri memiliki tangki penyimpanan tersendiri untuk air limbahnya. Kami mempertimbangkan kapasitas yang berbeda untuk tangki penahan ini, serta jarak yang berbeda dari</p>	<p>1. Model pengoptimalan 2. Evaluasi eksperimental</p>	<p>Penelitian ini telah menunjukkan bahwa sistem pengoptimalan online yang disajikan dapat berhasil berkontribusi pada pemeliharaan keefektifan instalasi pengolahan air limbah melalui perencanaan yang tepat dan realistis dari kontribusi air limbah untuk pengaruh. Selain itu, penerapan metodologi untuk memecahkan masalah lain yang serupa dalam domain lingkungan juga dibahas. Secara umum penggunaan metodologi yang terkait dengan internet of things ditampilkan sebagai alat yang dapat</p>

No.	Nama	Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
			kegiatan industri dari IPAL		berkontribusi pada kelestarian lingkungan.
13	Joanna Boguniewicz-Zablocka, Iwona Klosok-Bazan, Andrea G. Capodaglio, and Joanna Ploskonka, 2018	Planning the optimal solution for wastewater management in rural areas – case study	Untuk menyajikan kemungkinan pemecahan masalah pengelolaan air limbah di pedesaan, bersama dengan pemaparan metode pengolahan air limbah di komune Pietrowice Wielkie menggunakan apa yang disebut instalasi pengolahan limbah biologis domestik (DBSTP) dan analisis keuntungan dan kerugian dari sistem yang diusulkan oleh pemerintah kota. Tujuan dari pekerjaan ini adalah untuk mempresentasikan dan menganalisis efektivitas sistem pengolahan air limbah yang diterapkan di kotamadya.	Analisis Pengelolaan air limbah yang diterapkan di komunitas Pietrowice Wielkie	Komunitas Pietrowice Wielkie, setelah melakukan analisis, dengan mempertimbangkan kekhususan pembangunan perkotaan yang tersebar yang ada di wilayahnya, dan setelah membandingkan biaya konstruksi dan penggunaan bentuk alternatif pengolahan air limbah (WWT) dan biaya pembangunan saluran air limbah sanitasi jaringan bersama dengan instalasi pengolahan limbah, memilih varian menggunakan sistem pengolahan air limbah individu. Di dalam wilayah komune Pietrowice Wielkie, 1.170 buah instalasi pengolahan limbah rumah tangga DSTP dipasang dengan bantuan NFEPWM, di mana lebih dari 511,56 m ³ limbah diolah per hari (secara total, DSTP ada di komune lebih dari 1.300 buah.).

No.	Nama	Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
14	Junping Lv, Yang Liu, Jia Feng, Qi Liu, Fangru Nan, Shulian Xie, 2018	Nutrients removal from undiluted cattle farm wastewater by the two-stage process of microalgae-based wastewater treatment	Dalam penelitian ini, lima spesies mikroalga hijau yang umum digunakan, <i>C. vulgaris</i> , <i>Chlorococcum sp. GD</i> , <i>Parachlorella kessleri TY</i> , <i>S. obliquus</i> dan <i>S. quadricauda</i> , dibudidayakan di air limbah peternakan sapi yang tidak diencerkan dengan mode batch untuk mengevaluasi potensi mereka untuk menghilangkan nutrisi dari air limbah peternakan yang tidak diencerkan. Hal baru dari penelitian ini adalah bahwa proses gabungan pertama kali digunakan untuk pengolahan air limbah peternakan sapi yang tidak diencerkan dengan zat organik dan konsentrasi nitrogen yang tinggi.	1. Analytical Methods a. Determination of microalgal growth b. Determination of water quality c. Determination of chlorophyll fluorescence Statistical analysis	Dibandingkan dengan <i>Chlorococcum sp. GD</i> , <i>P. kessleri TY</i> , <i>S. obliquus</i> dan <i>S. quadricauda</i> , <i>C. vulgaris</i> menunjukkan potensi yang baik dalam pertumbuhan dan penghilangan nutrisi dari air limbah peternakan yang tidak diencerkan. <i>C. vulgaris</i> kemudian diseleksi dan dibudidayakan melalui proses dua tahap. Jelas ditemukan bahwa banyak nutrisi telah dihilangkan dari air limbah peternakan yang tidak diencerkan setelah 3-5 hari perawatan. Akibatnya, <i>C. vulgaris</i> dianggap sebagai spesies yang menjanjikan untuk menghilangkan unsur hara dan proses dua tahap penelitian ini merupakan strategi yang baik untuk meningkatkan efisiensi penyisihan unsur hara dari air limbah dengan zat organik tinggi dan konsentrasi nitrogen.
15	Orla Williams, Ian Clark, Rachel L. Gomes, Tania Pehinec, Jon L. Hobman,	Removal of copper from cattle footbath wastewater with layered double hydroxide	Studi ini mengeksplorasi potensi untuk menghilangkan tembaga dari bak mandi kaki ternak	1. Analisis Logam 2. Studi penyerapan logam 3. Studi adsorpsi limbah footbath	Studi telah menunjukkan bahwa <i>Ca₂A₁-EDTA LDHs</i> memiliki potensi untuk secara efektif menghilangkan

No.	Nama	Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
	Dov J. Stekel, Robert Hyde, Chris Dodds, Edward Lester, 2019	adsorbents as a route to antimicrobial resistance mitigation on dairy farms	<p>dan menyajikan penyelidikan sukses pertama dalam penghilangan tembaga dan seng dari larutan campuran bubuk alas kaki ternak yang tersedia secara komersial. Analisis isothermal dan kinetik penghilangan tembaga dari air limbah simulasi dilakukan dengan menggunakan Ca²⁺-Al EDTA LDHs. Terakhir, makalah ini menyajikan implikasi dan aplikasi dunia nyata dari pekerjaan tersebut, dan bagaimana hal ini dapat diterapkan untuk membantu ketahanan logam AMR dan mitigasi coselection di peternakan sapi perah.</p>		<p>tembaga dan seng dalam jumlah besar dari larutan bak mandi ternak tanpa harus mengubah pH lingkungan dari larutan. Mengingat bahwa hampir 400 juta L limbah bak cuci kaki ternak dibuang setiap tahun ke tangki lumpur di Inggris saja, ada peluang signifikan untuk mengakses aliran limbah tembaga dan seng yang berharga untuk produksi tembaga sekunder, serta menghilangkan jalur potensial Co-selection AMR dan ketahanan logam pada peternakan sapi perah.</p>

BAB III

METODE PERENCANAAN

3.1 Waktu Perencanaan

Perencanaan ini dilaksanakan selama 7 bulan, yaitu bulan Desember 2021 hingga bulan Juni 2022. Pada bulan Januari dilakukan penelitian pendahuluan dan bulan selanjutnya dilakukan penelitian lanjut

3.2 Lokasi Perencanaan

Perencanaan ini dilakukan di Peternakan sapi potong di Pondok Pesantren KH. Kholil Mustajib, Desa Ngepung RT 01 RW 01, Kecamatan Kedamean, Kabupaten Gresik. Peternakan berdekatan dengan beberapa rumah warga, makan keramat desa, dan waduk desa. Berikut **Gambar 3.1** adalah gambar lokasi perencanaan berdasarkan google maps.



Gambar 3. 1 Lokasi Peternakan Sapi Potong

Sumber : Dokumentasi penulis 2021

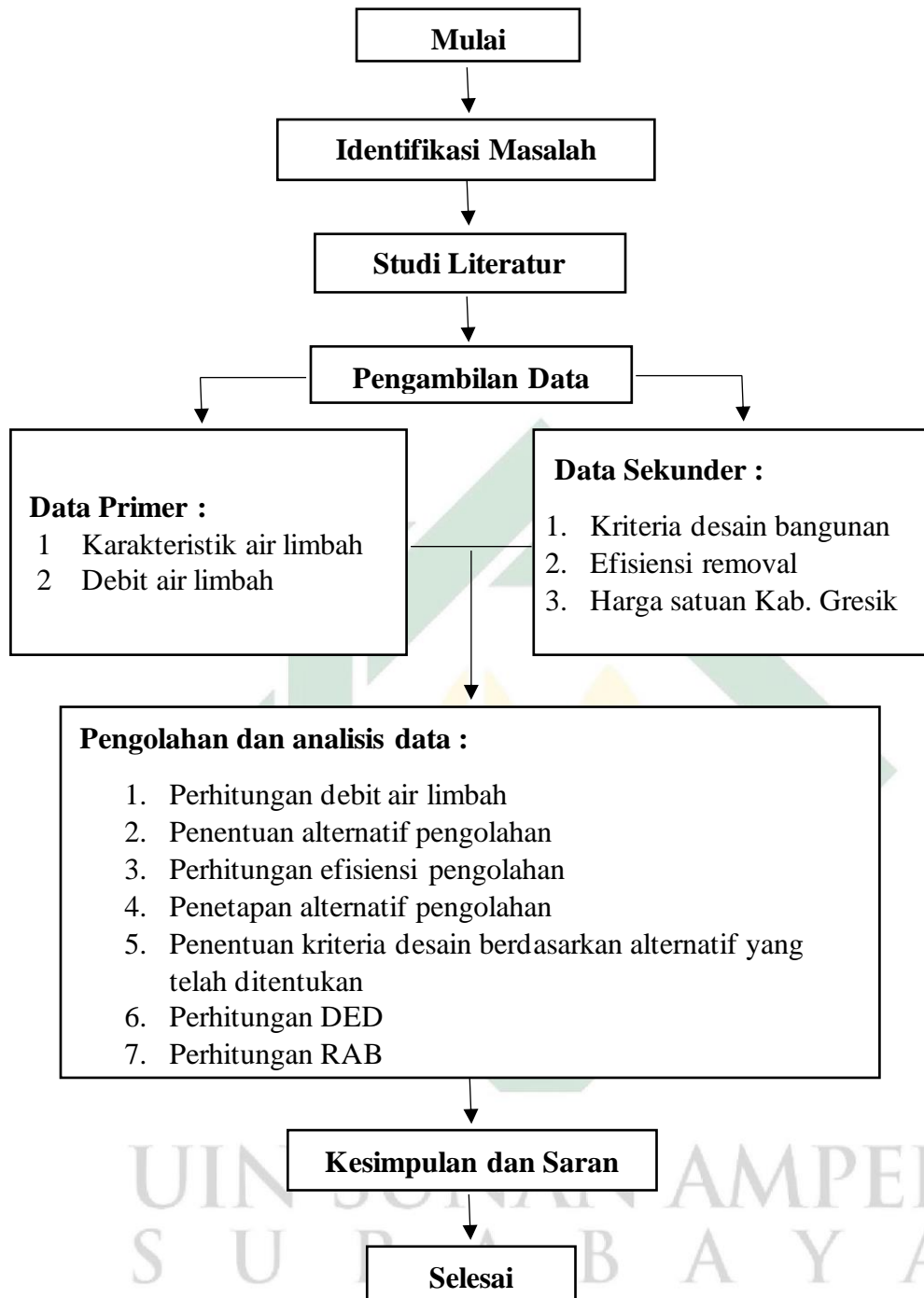
Berdasarkan observasi lapangan dan hasil wawancara dengan pemilik peternakan, luas lahan yang akan digunakan sebagai perencanaan IPAL yaitu 30 meter x 15 meter. Secara administratif lahan yang akan digunakan merupakan lahan milik pihak peternakan sendiri dan masih dalam satu lokasi dengan peternakan dan pondok pesantren. Lahan seluas ini memungkinkan untuk dibangun IPAL dengan kapasitas volume air limbah 10 m³/hari dan memungkinkan apabila beberapa waktu ke depan akan dilakukan penambahan kapasitas pengolahan IPAL.

Sebelah selatan dari lahan tersebut, terdapat akses jalan yang nantinya dapat digunakan sebagai akses keluar masuk untuk melakukan pengoperasian dan pemeliharaan IPAL. Lahan rencana IPAL ini terletak kurang lebih 20 meter dari rumah warga yang berada di sekitar lahan.

3.3 Tahapan Perencanaan

Tahap perencanaan ini dimulai dengan identifikasi masalah yang terjadi di lapangan, kemudian melakukan studi literatur, pengambilan data, kemudian dilakukan analisis dan pengolahan data, dan yang terakhir adalah pembahasan, kesimpulan dan saran. Tahapan perencanaan dapat dilihat pada **Gambar 3.2**

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A



Gambar 3. 2 Tahapan Pelaksanaan

3.2.1 Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah adalah proses menemukan masalah yang akan digunakan sebagai bahan penelitian. Pada proses ini harus jelas dan rinci, masalah apa saja yang akan diteliti lebih dalam dari kenyataan di lapangan. Identifikasi masalah dapat dilakukan dengan cara studi literatur, perbandingan kondisi, atau langsung observasi di lapangan.

Proses identifikasi masalah pada perencanaan ini adalah mencari masalah apa yang terjadi yang perlu dilakukan penelitian lebih lanjut pada peternakan sapi di pondok pesantren KH. Kholil Mustajib, Desa Ngepung, Kecamatan Kedamean, Kabupaten Gresik. Masalah lingkungan yang terjadi pada peternakan tersebut adalah limbah cair yang dihasilkan oleh peternakan tersebut ditampung dan dibuang ke lingkungan saja tanpa adanya pengolahan. Oleh karena ini, perlu dilakukan pengkajian lebih lanjut, guna untuk merencanakan instalasi pengolahan yang sesuai dengan limbah cair peternakan tersebut.

3.2.2 Studi Literatur

Studi literatur adalah kegiatan pengumpulan data pustaka dari berbagai sumber tertulis baik itu buku, artikel, jurnal ataupun dokumen-dokumen yang relevan dengan penelitian yang sedang dikaji. Informasi yang didapatkan dari sumber-sumber tersebut akan dijadikan sumber rujukan untuk argumentasi-argumentasi yang ada.

3.2.3 Pengambilan Data

Pengumpulan data yang dilakukan pada perencanaan ini adalah data primer dan data sekunder. Data primer berasal dari pengamatan langsung dari lapangan dan kemudian data sekunder didapatkan dari studi literatur.

1. Data primer

Pengumpulan data primer yang pertama adalah kualitas air limbah yang dihasilkan oleh peternakan. Untuk mengetahui kualitas air limbah yang dihasilkan adalah dengan cara melakukan sampling secara langsung (*grab sampling*) dari saluran air peternakan dan kemudian melakukan uji laboratorium. Parameter-parameter yang dianalisis

adalah kandungan TSS, COD, BOD, Ammonia Total dan pH yang terdapat pada air limbah peternakan. Pengujian parameter-parameter air limbah peternakan ini dilakukan di laboratorium PT Mitralab Buana, Surabaya.

Data primer selanjutnya yang dibutuhkan adalah volume air bersih yang digunakan dan ketersediaan lahan di lapangan. Untuk mengetahui volume air limbah yang dihasilkan adalah merujuk pada (Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya, 2013) yaitu kuantitas air maksimum yang dihasilkan sapi per harinya adalah 200 L/ekor/hari, kemudian dikalikan dengan jumlah sapi yang ada pada peternakan. Kemudian ketersediaan lahan dapat dilihat langsung di lapangan, dan untuk penetapan lahan yang digunakan adalah milik pihak pondok pesantren sendiri.

2. Data sekunder

Data sekunder yang diperlukan pada perencanaan ini adalah berasal dari studi literatur dari jurnal, ebook, peraturan lingkungan, dan juga pedoman dari pemerintah mengenai perencanaan IPAL.

Berikut adalah data sekunder yang dibutuhkan :

- a. Harga dasar bahan dan pekerjaan Kabupaten Gresik
- b. Jumlah hewan ternak

3.2.4 Perencanaan dan Analisis Data

Pada penelitian kali ini, data yang akan diolah adalah berupa data campuran antara data primer dengan data sekunder. Maksudnya adalah, data primer yang akan diolah kemudian di cocokkan dengan data sekunder yang ada, seperti contoh, hasil uji karakteristik air limbah digunakan sebagai bahan untuk menghitung beberapa alternatif pengolahan yang akan digunakan, untuk mengetahui keefektivasannya. Adapun beberapa pengolahan data yang akan dilakukan pada perencanaan ini adalah sebagai berikut :

1. Perhitungan debit air limbah

Berdasarkan (Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya, 2013) kuantitas maksimum air limbah yang dihasilkan sapi setiap harinya adalah 200 liter/ekor/hari. Pada perhitungan debit air limbah ini, kuantitas air limbah yang dihasilkan per ekor sapi per harinya akan dikalikan dengan jumlah sapi keseluruhan yang ada pada peternakan.

2. Penentuan alternatif pengolahan

Penentuan alternatif pengolahan ini dimaksudkan untuk mencari jenis teknologi pengolahan yang lebih efektif untuk mengolah suatu air limbah dengan karakteristik tertentu. Pada penentuan alternatif pengolahan ini, akan digunakan beberapa alternatif dan kemudian dilakukan perhitungan untuk mengetahui bagaimana keefektifitasan dari alternatif pengolahan tersebut dalam mengolah air limbah peternakan sapi pada perencanaan kali ini.

3. Perhitungan efisiensi pengolahan

Setiap unit pengolahan air mempunyai presentase efisiensi untuk meremoval kandungan pencemar yang terkandung dalam air yang berbeda-beda. Semakin tinggi efisiensi removal unit pengolahan yang dipilih, maka semakin sederhana pula instalasi pengolahan yang digunakan. Tujuan dari perhitungan efisiensi pengolahan atau efisiensi removal ini adalah untuk menentukan kombinasi teknologi pengolahan apa yang dapat mengolah limbah cair peternakan dengan maksimal, berdasarkan karakteristik yang terkandung dalam air limbah.

4. Penetapan alternatif pengolahan

Penetapan alternatif pengolahan didapatkan ketika sudah menghitung semua alternatif yang direncanakan. Penetapan alternatif pengolahan ini dipilih berdasarkan kombinasi teknologi pengolahan yang mempunyai hasil output yang maksimal dalam pengolahan air limbah peternakan.

5. Penentuan kriteria desain

Penentuan kriteria desain ini ditentukan berdasarkan pedoman yang ada untuk pengolahan air limbah. Penentuan kriteria desain ini dapat menyesuaikan dengan kondisi lahan yang ada digunakan sebagai tempat pembangunan IPAL. Seperti contohnya adalah pembangunan unit prasedimentasi, unit prasedimentasi ini dibangun satu unit namun lebih panjang ataukah dibangun dengan dua unit atau lebih namun tidak terlalu memanjang. Tentunya hal tersebut dilakukan dengan tidak mengabaikan karakteristik air limbah yang akan diolah.

6. Perhitungan DED

DED (Detail Engineering Design) dalam pekerjaan konstruksi digunakan untuk membuat perencanaan suatu gambar kerja atau gambar detail bangunan. Pada perencanaan kali ini perhitungan DED dimaksudkan untuk menentukan dimensi unit-unit yang akan dirancang sebagai instalasi pengolahan air limbah. Perhitungan DED ini dilakukan sesuai dengan kriteria desain rencana yang sudah ditentukan. Selain berfungsi sebagai perencanaan gambar detail suatu bangunan atau gambar kerja, DED juga dapat digunakan sebagai pedoman perawatan atau perbaikan sebuah bangunan.

7. Perhitungan BOQ dan RAB

Perhitungan BOQ (Bill Of Quantity) dan RAB (Rencana Anggaran Biaya) pada perencanaan kali ini berdasarkan pedoman harga satuan jasa dan material Kabupaten Gresik. Namun jika material atau jasa yang dibutuhkan pada perencanaan kali ini tidak tersedia pada pedoman Kabupaten Gresik, maka pedoman lain yang akan digunakan adalah harga satuan jasa dan material dari kota lain sekitar Kabupaten Gresik. Pada perencanaan kali ini, anggaran yang direncanakan adalah dari mulai proses pengurukan tanah sampai dengan proses pembangunan IPAL.

3.4 Metode Perencanaan

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode pengumpulan data dan metode pengolahan data. Data yang dikumpulkan adalah data primer

dan data sekunder, data primer yang digunakan adalah sampel air, data uji kualitas air limbah, dan ketersediaan lahan. Untuk data sekunder yang digunakan adalah baku mutu air limbah peternakan sapi dan kriteria desain unit pengolahan air limbah.

3.2.5 Metode Perhitungan Estimasi Debit

Berdasarkan (Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya, 2013), satu ekor sapi menghasilkan air limbah maksimum sebesar 200 lt/ekor/hari. Peternakan pondok pesantren KH. Kholil Mustajib mempunyai kapasitas kandang yang dapat memuat 30 ekor sapi, namun akan diperluas hingga mampu memuat 50 ekor sapi. Pengukuran debit pada perencanaan ini adalah dengan mengalikan jumlah sapi total dengan air limbah maksimum yang dihasilkan per ekor sapi dalam satu hari. Jumlah debit air limbah yang dihasilkan dari peternakan pondok pesantren KH. Kholil Mustajib yaitu sebesar 10.000 liter/hari atau 10 m³/hari.

3.2.6 Metode Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel dilakukan pada tanggal 30 Maret 2021, pukul 08.00 WIB, di peternakan sapi potong pondok pesantren KH. Kholil Mustajib. Metode pengambilan sampel yang digunakan adalah *Grav Sampling*. Pengambilan sampel diambil dari dua tempat yaitu saluran air limbah dan bak pengumpul air limbah peternakan. Sampel yang diambil sebanyak 5 liter, dari saluran air limbah sebanyak 2,5 liter dan dari bak pengumpul air limbah 2,5 liter.

3.2.7 Metode Uji Sampel

Uji sampel dilakukan pengujian di PT. Mitralab Buana Surabaya. Parameter yang diuji untuk air limbah peternakan sapi pondok pesantren KH. Kholil Mustajib adalah BOD, COD, TSS, Ammonia Total dan Ph. Melalui wawancara dengan penguji lab di PT. Mitralab Buana, BOD diuji dengan metode Spektrofotometri, COD diuji dengan metode titrasi bikromatometri, TSS diuji dengan metode Gravimetri, dan pH diuji dengan menggunakan alat pH meter. Pengukuran parameter tersebut didasarkan pada Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 tahun 2013 tentang baku mutu air limbah

peternakan sapi dan babi, karena hingga saat ini, hanya peraturan tersebut masih digunakan sebagai pedoman baku mutu air limbah peternakan.

A. Pengukuran BOD

BOD menggambarkan banyak oksigen yang telah digunakan aktivitas mikroba dalam beberapa waktu tertentu (Djoharoma et al., 2018). Banyaknya bahan organik yang mencemari air, maka nilai BOD yang terkandung juga semakin besar, dan sebaliknya semakin kecil nilai BOD yang terkandung pada air tersebut, maka semakin kecil juga nilai BOD yang terkandung.

Pengukuran kandungan BOD dilakukan dengan menggunakan metode spektrofotometri. Spektrofotometri adalah metode yang ada pada analisis kimia yang digunakan untuk mengukur suatu sampel secara kuantitatif, yang didasari dengan interaksi cahaya dengan objek yang diteliti. Cahaya yang diserap oleh objek yang diteliti biasanya disebut dengan Transmittans dan atau Absorbans.

B. Pengukuran COD

COD adalah kebutuhan oksigen yang digunakan untuk mengoksidasi zat-zat organik yang ada pada air. Pada pengukuran COD ini, metode yang digunakan adalah titrasi bikromatometri. Metode ini menggunakan kalium bikromat atau $K_2Cr_2O_7$ untuk mengoksidasi bahan buangan organik dalam suasana asam (Hasanah et al., 2019).

C. Pengukuran TSS

TSS adalah partikel tersuspensi yang mempunyai ukuran diameter pori sebesar $0,45 \mu m$. TSS ini biasanya terdiri dari pasir dan lumpur yang terbawa oleh air akibat kikisan tanah yang terbawa ke badan air. TSS atau bahan-bahan tersuspensi ini, termasuk partikel yang sulit untuk diendapkan dengan metode pengendapan secara konvensional.

Pengujian parameter TSS menggunakan metode Gravimetri. Metode gravimetri adalah teknik pengukuran suatu bahan atau senyawa yang paling tua untuk menentukan kadar terutama pada senyawa-senyawa organik.

D. Pengukuran Ammonia Total NH₃-N

Pengukuran Ammonia (NH₃-N) pada uji parameter ini menggunakan metode spektrofotometri dengan menggunakan alat Spektrofotometer UV-Vis. Prinsip pengukuran menggunakan metode spektrofotometri adalah dengan berdasarkan absorpsi cahaya dan panjang gelombang tertentu melalui suatu larutan kontaminan yang akan ditentukan konsentrasinya.

E. Pengukuran pH

Pengukuran pH dilakukan pengukuran langsung menggunakan alat digital yaitu pH meter.



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

BAB IV

GAMBARAN UMUM WILAYAH PERENCANAAN

4.1 Sejarah Singkat Peternakan KH.Kholil Mustajib

Peternakan Pondok Pesantren KH.Kholil Mustajib ini berdiri sejak tahun 2014, namun pada waktu itu peternakan masih berisi beberapa ekor kambing dan tidak begitu besar. Awal berdirinya peternakan KH.Kholil ini, hewan yang ditenak masih sedikit dan hanya beternak kambing. Kemudian pada awal tahun 2015 – 2016 peternakan KH.Kholil ini semakin luas dan sudah ada kurang lebih 50 ekor kambing.

Pada tahun 2017 menjelang Idul Adha atau hari raya kurban, pemilik peternakan mulai mengisi kandang dengan beberapa ekor sapi. Hingga tahun 2021 ini, peternakan KH.Kholil Mustajib mempunyai kapasitas kurang lebih 50 ekor kambing dan 30 ekor sapi, dan berdasarkan wawancara yang telah dilakukan, peternakan akan diperluas sampai dapat menampung 50 ekor sapi.

4.2 Letak Geografis Obyek Perencanaan

Peternakan Pondok Pesantren KH.Kholil Mustajib terletak di Desa Ngepung RT 01 RW 01, Kecamatan Kedamean, Kabupaten Gresik.

Adapun batas-batas wilayah peternakan KH.Kholil Mustajib adalah sebagai berikut :

- a. Sebelah Utara berbatasan langsung dengan Pabrik Rotan (Industri rumahan)
- b. Sebelah Selatan berbatasan dengan Waduk Desa Ngepung I
- c. Sebelah Barat berbatasan dengan rumah warga dan perkebunan
- d. Sebelah Timur berbatasan dengan makam Keramat Desa Ngepung

4.3 Kondisi Eksisting Peternakan

Berdasarkan observasi lapangan yang telah dilakukan, kondisi peternakan KH.Kholil Mustajib adalah seperti pada gambar-gambar di bawah ini :



Gambar 4. 1 Peternakan Sapi Pondok Pesantren KH.Kholil Mustajib

Pada saat observasi lapangan dilakukan, jumlah sapi pada peternakan terdapat kurang lebih sebanyak 15 ekor. Namun berdasarkan wawancara yang dilakukan kapasitas kandang akan penuh apabila mendekati Idul Adha atau hari raya kurban. Dan dari kapasitas sekarang, peternakan akan diperluas hingga mampu menampung 50 ekor sapi dan 50 ekor kambing.



Gambar 4. 2 Saluran Air Limbah Peternakan



Gambar 4. 3 Bak Penampung Air Limbah Peternakan

Selama peternakan berdiri, air limbah yang dihasilkan hanya ditampung pada bak penampung seperti pada gambar di atas. Bak penampung ini dibiarkan terbuka seperti itu setiap harinya, oleh karena itu terkadang dari bak penampung tersebut menghasilkan bau yang sangat mengganggu. Pada saat bak penampung ini sudah penuh, maka air limbah dari peternakan langsung dibuang ke saluran air yang ada di dekat bak penampung.



Gambar 4. 4 Lahan Rencana Yang Akan Digunakan untuk IPAL Peternakan

4.4 Kegiatan di Peternakan

1. Kegiatan pagi hari

Proses memandikan sapi-sapi biasanya dilakukan pada pagi hari setelah sapi-sapi makan sekitar pukul 08.00 WIB. Makanan pada pagi hari yang diberikan ke sapi adalah campuran antara kangkung kering yang sudah dicacah, ampas tahu, serbuk padi, dan garam.

2. Kegiatan siang hari

Kegiatan pada siang hari di peternakan KH. Kholil Mustajib adalah memberikan makan yang kedua, namun makanan yang diberikan adalah rumput hijau, dan memberi minum campuran air dengan garam.

3. Kegiatan sore hari

Proses memandikan sapi-sapi di peternakan dilakukan sore hari sekitar pukul 16.00 WIB. Setelah memandikan sapi, sapi-sapi di peternakan diberikan makan, makanan yang diberikan berupa jerami atau rerumputan kering.



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Integrasi Keislaman Dalam Pengolahan Air Limbah

Zaman akhir seperti sekarang ini manusia sudah semakin banyak dan cerdas, oleh karena itu mereka semakin menguasai dan seenaknya dengan alam, sehingga terjadi banyak kerusakan di darat maupun di lautan. Sebagaimana Firman Allah dalam surat Ar Rum ayat 41 yang artinya “*Telah tampak kerusakan di daratan dan lautan sebagai akibat dari ulah tangan manusia*”. Bukan hanya kerusakan alam yang terjadi karena ulah manusia yang serakah dalam mengeruk alam, tapi juga karena ulah manusia yang merusak alam dengan cara membuang limbah mereka tanpa pengolahan terlebih dahulu.

Dalam Al Qur'an Allah sudah menegaskan tentang larangan-larangan manusia berbuat kerusakan di muka bumi. Seperti contohnya dalam surat Al Qashash ayat 77 yang artinya “*Janganlah kalian membuat kerusakan di bumi, Sesungguhnya Allah tidak menyukai orang-orang yang berbuat kerusakan*” dan Allah juga menegaskan dalam surat lain yaitu surat Al Baqarah ayat 11 yang artinya “*Janganlah kalian berbuat kerusakan di bumi*”. Berdasarkan Ushul Fiqih, segala sesuatu yang dilarang artinya haram, oleh karena itu jika kedua ayat di atas dimaknai berdasarkan Ushul Fiqih maka berbuat kerusakan terhadap alam adalah suatu hal yang haram, karena sudah dilarang oleh Allah dalam Al Qur'an. Oleh karena itu pengolahan limbah sangat diperlukan agar manusia tidak membuang limbah mereka langsung ke alam tanpa pengolahan, yang dapat menyebabkan kerusakan

5.2 Perhitungan Debit Air Limbah

Perencanaan IPAL ditujukan untuk pengolahan air limbah yang berasal dari Peternakan KH. Kholil Mustajib, yang terletak di Desa Ngepung, Kecamatan Kedamean, Kabupaten Gresik. Langkah awal dalam merencanakan IPAL adalah melakukan analisis debit dan kualitas air limbah yang dihasilkan. Debit dan kualitas air limbah mempengaruhi perhitungan dimensi unit yang akan digunakan untuk melakukan pengolahan. Debit air limbah peternakan

didapatkan dari perkalian antara jumlah maksimal sapi yang ada pada peternakan dan kebutuhan air maksimal sapi per harinya. Berdasarkan Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 menjelaskan bahwa jumlah maksimum air yang diperlukan untuk 1 ekor sapi adalah 200 liter/ekor/hari.

Diketahui:

- Jumlah total sapi : 50 ekor
- Timbulan air limbah : 200 lt/ekor/hari

Sehingga = Total sapi x Timbulan air limbah

Total debit = 50 eko x 200 lt/ekor/hari

= 10.000 lt/hari atau 10 m³/hari

5.3 Analisis Kualitas Air Limbah

Uji kandungan limbah cair Peternakan KH. Kholil Mustajib ini dilakukan di Laboratorium PT. Mitralab Buana Surabaya, dan pengambilan sampel dilakukan pada tanggal 5 April 2021. Parameter yang diuji sesuai dengan Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 tahun 2013. Hasil uji parameter limbah cair Peternakan KH. Kholil Mustajib dapat dilihat pada **Tabel 5.1**

Tabel 5. 1 Hasil Uji Laboratorium

No.	Parameter	Satuan	Hasil uji	Baku Mutu (berdasarkan PERGUB JATIM No. 72 Tahun 2013)	Ket	Selisih
A.	Physical					
1.	TSS	mg/l	283.0	300	Memenuhi	
B.	Chemical					
1.	Ph	-	7.13	-	-	
2.	BOD ⁵	mg/l	147	100	Tidak Memenuhi	47
3.	COD	mg/l	525.9	200	Tidak Memenuhi	325,9
4.	Amonia total (NH ₃ -N)	mg/l	9.85	25	Memenuhi	

Sumber : Hasil Uji 2021

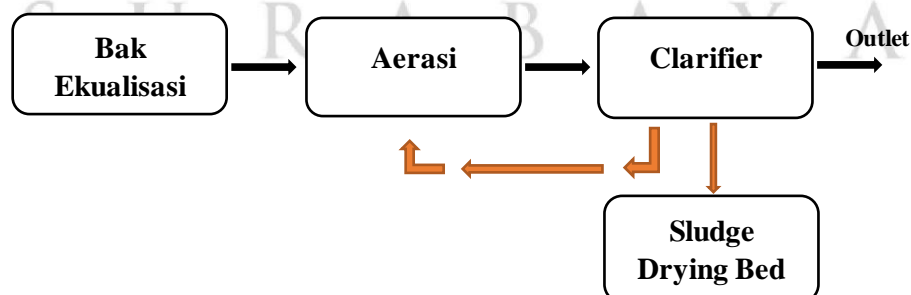
Berdasarkan Peraturan Gubernur No. 72 Tahun 2013, tabel hasil uji laboratorium limbah cair peternakan sapi KH. Kholil Mustajib menunjukkan bahwa nilai BOD dan COD masih di atas baku mutu. Nilai BOD pada air limbah peternakan KH. Kholil Mustajib adalah sebesar 147 mg/l dan COD sebesar 525,9 mg/l, sedangkan batas maksimum BOD dan COD air limbah peternakan berdasarkan baku mutu adalah 100 mg/l untuk BOD dan 200 mg/l untuk COD. Berdasarkan masalah tersebut maka perlu dilakukan pengolahan untuk mereduksi kandungan BOD pada air limbah peternakan KH. Kholil Mustajib sebesar 47 mg/l dan mereduksi COD sebesar 325,9 mg/l.

5.4 Pemilihan Alternatif Pengolahan

Penentuan alternatif pengolahan dilakukan untuk mendapatkan unit yang paling efektif untuk digunakan dalam pengolahan air limbah. Penentuan alternatif pengolahan juga harus disesuaikan dengan air limbah yang akan diolah, agar mendapatkan unit yang mampu mengolah dengan tepat dan sesuai.

1. Alternatif Pengolahan 1

Pemilihan alternatif I menggunakan unit pengolahan biologis kolam aerasi, pemilihan pengolahan tersebut dikarenakan banyak digunakan karena membutuhkan lahan yang lebih kecil dari pada proses anaerobik, dan proses pengolahan yang dibutuhkan tidak lama. Untuk menjaga efektivitas pengolahan dan produksi lumpur aerasi, maka perlu diperhatikan rasio F/M (*Food per Microorganism*) pada proses aerasi. Lumpur dari proses aerasi memerlukan proses lanjutan seperti pada **Gambar 5.1**.



Gambar 5. 1 Alternatif Pengolahan I

Pada alternatif pengolahan ini, bak ekualisasi berfungsi sebagai peredam fluktuasi air limbah peternakan. Kemudian *Aerasi* dan *Clarifier* berfungsi sebagai unit pengolah air limbah yang utama, dan yang terakhir adalah unit pengolah lumpur yaitu *Sludge Dying Bed*. Berikut di bawah ini adalah kelebihan dan kekurangan dari alternatif pengolahan yang pertama:

Tabel 5. 2 Kelebihan dan Kekurangan Alternatif Pengolahan I

Kelebihan	Kekurangan
Kebutuhan lahan lebih rendah dibandingkan dengan pengolahan anaerobic	Membutuhkan energi listrik terus menerus saat IPAL beroperasi
Biaya operasi aerasi yang dibutuhkan lebih rendah dari unit lumpur aktif lainnya	Membutuhkan pemantauan dari seorang ahli
Efisiensi removal BOD tinggi	

Sumber: (Dirjen Cipta karya, 2013)

Berikut di bawah ini adalah contoh perhitungan efisiensi removal BOD pada unit Aerasi:

$$\begin{aligned}
 \text{Efisiensi removal} &= \text{kadar pencemar (BOD)} \times \text{presentase removal} \\
 &= 147 \text{ mg/l} \times 47\% \\
 &= 69,09 \text{ mg/l}
 \end{aligned}$$

Perhitungan efisiensi removal diatas menunjukkan bahwa unit kolam fakultatif mampu meremoval BOD sebesar 69,09 mg/l dengan efisiensi removal 47%. Dengan meremoval 69,09 mg/l BOD, maka kandungan BOD dalam air limbah yang masuk ke unit selanjutnya sebesar 77,91 mg/l. Perhitungan efisiensi removal parameter untuk unit lainnya dapat dihitung dengan cara di atas. Berikut adalah rekapitulasi efisiensi removal unit pada alternatif III, seperti pada **Tabel 5.3**

Tabel 5. 3 Rekapitulasi Efisiensi Removal Alternatif I

No.	Unit	BOD		COD		TSS	
		Kadar	Efisiensi	Kadar	Efisiensi	Kadar	Efisiensi
1	Bak Ekualisasi	147	0%	525,9	0%	283	0%
2	Aerasi	147	47%	525,9	40%	283	50%

No.	Unit	BOD		COD		TSS	
		Kadar	Efisiensi	Kadar	Efisiensi	Kadar	Efisiensi
3	Clarifier	77,91	30%	315,54	30%	141,5	60%
	Outlet	54,5 mg/l		220,8 mg/l		56,6 mg/l	

Sumber: Analisis Perhitungan 2022

2. Alternatif Pengolahan II

Alternatif kedua menggunakan kolam fakultatif dan maturasi karena kolam fakultatif adalah kolam yang digunakan untuk penyisihan BOD dengan beban permukaan yang rendah, dan kolam maturasi digunakan untuk mereduksi jumlah bakteri patogen yang terkandung dalam air limbah.

Kolam fakultatif didesain untuk melakukan penyisihan BOD dengan beban permukaan yang rendah yaitu sekitar 100-400 kgBOD/ha.hari, dengan bantuan alga yang tumbuh secara alami pada permukaan kolam. Proses fotosintesis alga yang menghasilkan oksigen akan membantu penyisihan BOD pada kolam fakultatif. Kolam maturasi mempunyai fungsi utama yaitu mereduksi jumlah bakteri patogen, oleh karena itu kedalaman unit ini didesain lebih dangkal dibandingkan dengan kolam anaerobik lainnya yaitu 1-2 meter. Kolam maturasi di desain dangkal agar penyisihan bakteri patogen lebih efisien melalui penetrasi cahaya, semakin dangkal kolam maka penyisihan bakteri patogen akan semakin efisien.



Gambar 5. 2 Alternatif Pengolahan II

Berdasarkan kelebihan dan kekurangannya kolam fakultatif dan maturasi mempunyai kesamaan, namun pada proses mereduksi padatan dan BOD, kolam maturasi cenderung lebih lambat. Kolam fakultatif mempunyai efisiensi removal BOD sebesar 70-90 %, dan kolam maturasi sebesar 15%.

Kelebihan dan kekurangan dari alternatif pengolahan kedua dapat dilihat pada **Tabel 5.4**.

Tabel 5. 4 Kelebihan dan Kekurangan Alternatif Pengolahan II

Kelebihan	Kekurangan
<ul style="list-style-type: none"> - Konstruksi sederhana - Biaya operasional rendah karena tidak membutuhkan energi listrik 	<ul style="list-style-type: none"> - Membutuhkan lahan yang luas/besar

Sumber: (Dirjen Cipta karya, 2013)

Berikut di bawah ini adalah contoh efisiensi removal BOD pada kolam Fakultatif:

$$\begin{aligned}
 \text{Efisiensi removal} &= \text{kadar pencemar (BOD)} \times \text{presentase removal} \\
 &= 147 \text{ mg/l} \times 80\% \\
 &= 117,6 \text{ mg/l}
 \end{aligned}$$

Perhitungan efisiensi removal diatas menunjukkan bahwa unit kolam fakultatif mampu meremoval BOD sebesar 117,2 mg/l dengan efisiensi removal 80%. Dengan meremoval 117,2 mg/l BOD, maka kandungan BOD dalam air limbah yang masuk ke unit selanjutnya sebesar 29,4 mg/l. Perhitungan efisiensi removal parameter lainnya dapat dihitung dengan cara di atas. Efisiensi removal unit pada alternatif pengolahan II ini dapat dilihat pada **Tabel 5.5**

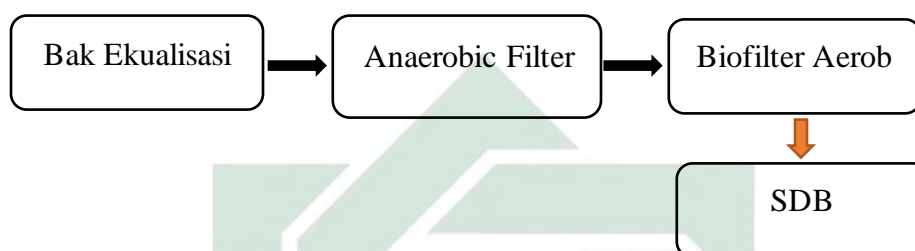
Tabel 5. 5 Rekapitulasi Hasil Efisiensi Removal Alternatif Pengolahan II

No	Unit Pengolahan	BOD		COD		TSS	
		Kadar	Efisiensi	Kadar	Efisiensi	Kadar	Efisiensi
1	Bak Ekualisasi	147	0%	525,9	0%	283	0%
2	Kolam Fakultatif	147	80%	525,9	80%	283	85%
3	Kolam Maturasi	29,4	70%	105,18	50%	42,45	80%
4	Outlet	8,82 mg/l		52,59 mg/l		8,49 mg/l	

Sumber: Analisis Perhitungan 2022

3. Alternatif Pengolahan III

Pemilihan Anaerobic Filter pada alternatif pengolahan ketiga karena unit ini mempunyai efisiensi removal BOD yang tinggi. Unit ini juga bersifat fleksibel dalam konstruksinya, yaitu dapat dibangun di atas tanah ataupun dapat dibangun di bawah tanah. Skema pengolahan pada alternatif III ini dapat dilihat pada **Gambar 5.3**



Gambar 5.3 Alternatif Pengolahan III

Bak Ekualisasi pada alternatif III ini berfungsi menyamaratakan debit air limbah yang akan masuk ke unit anaerobic filter. Unit *Anaerobic Filter* berfungsi sebagai pengolah utama yang akan meremoval kandungan organik dalam air limbah dengan bantuan bakteri. Kemudian unit Biofilter Aerob ditempatkan setelah proses anaerobik untuk mengubah zat organik dan nutrisi yang masih terkandung dalam air limbah menjadi sel bakteri baru, hidrogen maupun karbondioksida oleh sel bakteri dengan keadaan yang cukup oksigen. Kelebihan dan kekurangan dari alternatif pengolahan III adalah seperti pada **Tabel 5.6**

Tabel 5.6 Kelebihan dan Kekurangan Alternatif Pengolahan III

Kelebihan	Kekurangan
<ul style="list-style-type: none"> - Kebutuhan lahan rendah - Removal BOD dan TSS tinggi - Kemampuan mereduksi bakteri patogen tinggi 	<ul style="list-style-type: none"> - Membutuhkan tenaga listrik terus menerus (Aerasi) - Lumpur memerlukan pengolahan lanjutan

Sumber: (Tilley et al., 2014)

Berikut di bawah ini adalah contoh perhitungan efisiensi removal BOD oleh unit Anaerobic Filter:

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi removal} &= \text{kadar pencemar (BOD)} \times \text{presentase removal} \\ &= 147 \text{ mg/l} \times 90\% \\ &= 132,3 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

Perhitungan efisiensi removal diatas menunjukkan bahwa unit anaerobic filter mampu meremoval BOD sebesar 132,3 mg/l dengan efisiensi removal 90%. Dengan meremoval 132,3 mg/l BOD, maka kandungan BOD dalam air limbah yang masuk ke unit selanjutnya sebesar 14,7 mg/l. Perhitungan efisiensi removal parameter dan unit lainnya dapat dihitung dengan cara di atas. Berikut adalah rekapitulasi efisiensi removal unit pada alternatif III, seperti pada **Tabel 5.7**

Tabel 5.7 Rekapitulasi Hasil Efisiensi Removal Unit Alternatif III

No.	Unit	BOD		COD		TSS	
		Kadar	Efisiensi	Kadar	Efisiensi	Kadar	Efisiensi
1	Bak Ekualisasi	147	0%	525,9	0%	283	0%
2	Anaerobic Filter	147	80%	525,9	40%	283	80%
3	Biofilter Aerob	29,4	47%	315,54	40%	56,6	50%
Outlet		15,6 mg/l		189,3 mg/l		28,3 mg/l	

Sumber: Analisis Perhitungan 2022

Dari perhitungan dan perbandingan tiga alternatif di atas, dapat dilihat bahwa parameter COD pada Alternatif I masih belum memenuhi baku mutu, dan Alternatif II dan III sudah memenuhi baku mutu, baik COD maupun BOD. Meskipun Alternatif II dan III sama-sama memenuhi baku mutu, dari kedua alternatif ini mempunyai kelebihan dan kekurangan masing-masing. Berdasarkan hasil removal, kelebihan, dan kekurangan pada Alternatif II dan III, yang dinilai cocok untuk digunakan pada Peternakan KH.Kholil Mustajib yang merupakan peternakan skala rumah tangga adalah Alternatif II yaitu pengolahan menggunakan Kolam Fakultatif dan Maturasi. Kolam Fakultatif dan Maturasi mempunyai kelebihan dan kekurangan yang sama, yaitu biaya operasional rendah, konstruksi sederhana, membutuhkan lahan

yang luas (sesuai desain). Selain itu, hasil effluen yang dihasilkan oleh Alternatif II relatif lebih kecil, yaitu BOD 24,99 mg/l dan COD 52,59 mg/l. Efisiensi penyisihan didapatkan pada kriteria desain yang berdasarkan pada Buku Panduan Perencanaan Teknik Terinci Bangunan Pengolahan Lumpur Tinja – Direktorat Jendral Cipta Karya. Berikut contoh detail perhitungan removal unit bak ekualisasi pada IPAL Peternakan KH. Kholil Mustajib :

a. Kemampuan Removal Pada Bak Ekualisasi

$$\begin{aligned}
 \text{BOD in} &= 147 \text{ mg/l} \\
 &= 0,147 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{mBOD in} &= \text{BOD in} \times \text{Debit air limbah} \\
 &= 0,147 \text{ kg/m}^3 \times 10 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= \mathbf{1,47 \text{ kg/hari}} \\
 \text{BOD Ef} &= \text{BOD Loading in} \times (1 - \text{Removal BOD}) \\
 &= 147 \text{ mg/l} \times (1 - 0\%) \\
 &= \mathbf{147 \text{ mg/l}} \\
 \text{mBOD Ef} &= \text{mBOD in} \times (100\% - \text{Removal BOD}) \\
 &= 1,47 \text{ kg/hari} \times (100\% - 0\%) \\
 &= \mathbf{1,47 \text{ kg/hari}} \\
 \text{COD} &= 525,9 \text{ mg/l} \\
 &= 0,5259 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{mCOD in} &= \text{COD} \times \text{Debit air limbah} \\
 &= 0,5259 \text{ kg/m}^3 \times 10 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= \mathbf{5,26 \text{ kg/hari}} \\
 \text{COD Ef} &= \text{COD Loading in} \times (1 - \text{Removal COD}) \\
 &= 525,9 \text{ mg/l} \times (1 - 0\%) \\
 &= \mathbf{525,9 \text{ mg/l}} \\
 \text{mCOD Ef} &= \text{mCOD in} \times (100\% - \text{Removal COD}) \\
 &= 5,26 \text{ kg/hari} \times (100\% - 0\%) \\
 &= \mathbf{5,26 \text{ kg/hari}} \\
 \text{TSS} &= 283 \text{ mg/l} \\
 &= 0,283 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{mTSS in} &= 0,283 \text{ kg/m}^3 \times 10 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \mathbf{2,83 \text{ kg/hari}} \\
 \text{TSS Ef} &= \text{TSS Loading in} \times (1 - \text{Removal TSS}) \\
 &= 283 \text{ mg/l} \times (1 - 0\%) \\
 &= \mathbf{283 \text{ mg/l}} \\
 \text{mTSS Ef} &= \text{mTSS in} \times (100\% - \text{Removal TSS}) \\
 &= 2,83 \text{ kg/hari} \times (100\% - 0\%) \\
 &= \mathbf{2,83 \text{ kg/hari}}
 \end{aligned}$$

Tabel 5. 8 Efisiensi Removal Bak Ekualisasi

	Uraian	Kadar		Satuan
Influen	BOD Load	147		mg/l
		0,147		Kg/m ³
		1,47		Kg/hari
	COD Load	525,9		mg/l
		0,5259		Kg/m ³
		5,26		Kg/hari
	TSS Load	283		mg/l
		0,283		Kg/m ³
		2,83		Kg/hari
	Uraian	Efisiensi Removal	Kadar	Satuan
Effluen	BOD	0%	147	mg/l
			1,47	Kg/hari
	COD	0%	525,9	mg/l
			5,26	Kg/hari
	TSS	0%	283	mg/l
			2,83	Kg/hari

Sumber: Analisis Penulis 2022

b. Kemampuan Removal Pada Kolam Fakultatif

$$\begin{aligned}
 \text{BOD} &= 147 \text{ mg/l} \\
 &= 0,147 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{mBOD in} &= \text{BOD} \times \text{Debit air limbah} \\
 &= 0,147 \text{ kg/m}^3 \times 10 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= \mathbf{1,47 \text{ kg/hari}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{BOD Ef} &= \text{BOD Loading in} \times (1 - \text{Removal BOD}) \\
 &= 147 \text{ mg/l} \times (1 - 80\%) \\
 &= \mathbf{29,4 \text{ mg/l}} \\
 \text{mBOD Ef} &= \text{mBOD in} \times (100\% - \text{Removal BOD}) \\
 &= 1,47 \text{ kg/hari} \times (100\% - 80\%) \\
 &= \mathbf{0,294 \text{ kg/hari}} \\
 \text{COD} &= 525,9 \text{ mg/l} \\
 &= 0,526 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{mCOD in} &= \text{COD} \times \text{Debit air limbah} \\
 &= 0,526 \text{ kg/m}^3 \times 10 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= \mathbf{5,26 \text{ kg/hari}} \\
 \text{COD Ef} &= \text{COD Loading in} \times (1 - \text{Removal COD}) \\
 &= 525,9 \text{ mg/l} \times (1 - 80\%) \\
 &= \mathbf{105,18 \text{ mg/l}} \\
 \text{mCOD Ef} &= \text{mCOD in} \times (100\% - \text{Removal COD}) \\
 &= 5,26 \text{ kg/hari} \times (100\% - 80\%) \\
 &= \mathbf{1,052 \text{ kg/hari}} \\
 \text{TSS} &= 283 \text{ mg/l} \\
 &= 0,283 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{mTSS in} &= 0,283 \text{ kg/m}^3 \times 10 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= 2,83 \text{ kg/hari} \\
 \text{TSS Ef} &= \text{TSS Loading in} \times (1 - \text{Removal TSS}) \\
 &= 283 \text{ mg/l} \times (1 - 85\%) \\
 &= \mathbf{42,45 \text{ mg/l}} \\
 \text{mTSS Ef} &= \text{mTSS in} \times (100\% - \text{Removal TSS}) \\
 &= 2,83 \text{ kg/hari} \times (100\% - 85\%) \\
 &= \mathbf{0,4245 \text{ kg/hari}}
 \end{aligned}$$

Tabel 5.9 Efisiensi Removal Kolam Fakultatif

	Uraian	Kadar	Satuan
Influen	BOD Load	147	mg/l
		0,147	Kg/m ³
		1,47	Kg/hari

	Uraian	Kadar	Satuan	
	COD Load	525,9	mg/l	
		0,526	Kg/m ³	
		5,26	Kg/hari	
	TSS Load	283	mg/l	
		0,283	Kg/m ³	
		2,83	Kg/hari	
	Uraian	Efisiensi Removal	Kadar	Satuan
Effluen	BOD	80%	29,4	mg/l
			0,294	Kg/hari
	COD	80%	105,18	mg/l
			1,0518	Kg/hari
	TSS	85%	42,45	mg/l
			0,566	Kg/hari

Sumber: Analisis Penulis 2022

c. Kemampuan Removal Pada Kolam Maturasi

$$\text{BOD} = 29,4 \text{ mg/l}$$

$$= 0,0294 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{mBOD in} = \text{BOD} \times \text{Debit air limbah}$$

$$= 0,0294 \text{ kg/m}^3 \times 10 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= \mathbf{0,294 \text{ kg/hari}}$$

$$\text{BOD Ef} = \text{BOD Loading in} \times (1 - \text{Removal BOD})$$

$$= 29,4 \text{ mg/l} \times (1 - 70\%)$$

$$= \mathbf{5,88 \text{ mg/l}}$$

$$\text{mBOD Ef} = \text{mBOD in} \times (100\% - \text{Removal BOD})$$

$$= 0,294 \text{ kg/hari} \times (100\% - 70\%)$$

$$= \mathbf{0,0588 \text{ kg/hari}}$$

$$\text{COD} = 105,18 \text{ mg/l}$$

$$= 1,0518 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{mCOD in} = \text{COD} \times \text{Debit air limbah}$$

$$= 1,0518 \text{ kg/m}^3 \times 10 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= \mathbf{10,518 \text{ kg/hari}}$$

$$\text{COD Ef} = \text{COD Loading in} \times (1 - \text{Removal COD})$$

$$= 105,18 \text{ mg/l} \times (1 - 50\%)$$

$$= \mathbf{52,59 \text{ mg/l}}$$

mCOD Ef = mCOD in x (100% - Removal COD)

$$= 10,518 \text{ kg/hari} \times (100\% - 50\%)$$

$$= \mathbf{5,26 \text{ kg/hari}}$$

TSS = 42,45 mg/l

$$= 0,04245 \text{ kg/m}^3$$

mTSS in = 0,04245 kg/m³ x 10 m³/hari

$$= 0,4245 \text{ kg/hari}$$

TSS Ef = TSS Loading in x (1 - Removal TSS)

$$= 42,45 \text{ mg/l} \times (1 - 80\%)$$

$$= \mathbf{8,49 \text{ mg/l}}$$

mTSS Ef = mTSS in x (100% - Removal TSS)

$$= 0,4245 \text{ kg/hari} \times (100\% - 80\%)$$

$$= \mathbf{0,085 \text{ kg/hari}}$$

Tabel 5. 10 Efisiensi Removal Kolam Maturasi

	Uraian	Kadar	Satuan	
Influen	BOD Load	29,4	mg/l	
		0,0294	Kg/m ³	
		0,294	Kg/hari	
	COD Load	105,18	mg/l	
		1,0518	Kg/m ³	
		10,518	Kg/hari	
	TSS Load	56,6	mg/l	
0,0566		Kg/m ³		
		0,566	Kg/hari	
	Uraian	Efisiensi Removal	Kadar	Satuan
Effluen	BOD	70%	5,88	mg/l
			0,0588	Kg/hari
	COD	50%	52,59	mg/l
			5,26	Kg/hari
	TSS	80%	8,49	mg/l
0,085			Kg/hari	

Sumber: Analisis Penulis 2022

8.4 Perhitungan Pertimbangan Massa Unit Pengolahan

Perhitungan pertimbangan massa berfungsi untuk mengetahui beban masa pencemar, konsentrasi dan debit lumpur yang tersisihkan pada saat proses pengolahan IPAL. Berikut adalah contoh perhitungan pertimbangan massa (*mass balance*) unit bak ekualisasi:

1. Perhitungan removal BOD pada bak ekualisasi

$$\begin{aligned} \text{BOD} &= 147 \text{ mg/l} \\ &= 0,147 \text{ kg/m}^3 \\ \text{mBOD in} &= \text{BOD} \times \text{debit air limbah} \\ &= 0,147 \text{ kg/m}^3 \times 10 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 1,47 \text{ kg/hari} \\ \text{mBOD}_R &= \text{efisiensi removal BOD} \times \text{mBOD in} \\ &= 40\% \times 1,47 \text{ kg/hari} \\ &= 0,588 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

2. Perhitungan removal COD pada bak ekualisasi

$$\begin{aligned} \text{COD} &= 525,9 \text{ mg/l} \\ &= 0,5259 \text{ kg/m}^3 \\ \text{mCOD in} &= \text{COD} \times \text{debit air limbah} \\ &= 0,5259 \text{ kg/m}^3 \times 10 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 5,259 \text{ kg/hari} \\ \text{mCOD}_R &= \text{efisiensi removal COD} \times \text{mCOD in} \\ &= 40\% \times 5,259 \text{ kg/hari} \\ &= 2,103 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

3. Perhitungan removal TSS pada bak ekualisasi

$$\begin{aligned} \text{TSS} &= 283 \text{ mg/l} \\ &= 0,283 \text{ kg/m}^3 \\ \text{mTSS in} &= \text{TSS} \times \text{debit air limbah} \\ &= 0,283 \text{ kg/m}^3 \times 10 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 2,83 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 mTSS_R &= \text{efisiensi removal TSS} \times mTSS_{in} \\
 &= 40\% \times 2,83 \text{ kg/hari} \\
 &= 1,132 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

4. Perhitungan produksi lumpur pada bak ekualisasi

Perhitungan produksi lumpur menggunakan asumsi bahwa air limbah yang masuk ke dalam sistem IPAL adalah 5% lumpur dan 95% air.

- Perhitungan massa lumpur

$$\begin{aligned}
 mTSS &= 5\% \times \text{masa lumpur} \\
 \text{Massa lumpur} &= \frac{mTSS}{5\%} \\
 &= \frac{1,132 \text{ kg/hari}}{5\%} = 22,64 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

- Perhitungan debit lumpur

$$\begin{aligned}
 \text{Berat jenis lumpur} &= 1030,3 \text{ kg/m}^3 \\
 Q_{\text{Lumpur}} &= \frac{\text{Massa lumpur}}{\text{Berat jenis lumpur}} \\
 &= \frac{22,64 \text{ kg/hari}}{1030,3 \text{ kg/m}^3} = 0,022 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

5. Perhitungan efluen BOD bak ekualisasi

$$\begin{aligned}
 mBOD_{ef} &= mBOD_{in} - mBOD_R \\
 &= 1,47 \text{ kg/hari} - 0,588 \text{ kg/hari} \\
 &= 0,882 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 BOD_{efluen} &= mBOD_{ef} / 86,4 \\
 &= 0,882 \text{ kg/hari} / 86,4 \\
 &= 0,01 \text{ mg/l}
 \end{aligned}$$

6. Perhitungan efluen COD bak ekualisasi

$$\begin{aligned}
 mCOD_{ef} &= mCOD_{in} - mCOD_R \\
 &= 5,259 \text{ kg/hari} - 2,103 \text{ kg/hari} \\
 &= 3,156 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 COD_{efluen} &= mCOD_{ef} / 86,4 \\
 &= 3,156 \text{ kg/hari} / 86,4
 \end{aligned}$$

$$= 0,0365 \text{ mg/l}$$

7. Perhitungan efluen TSS bak ekualisasi

$$\begin{aligned} mTSS_{ef} &= mTSS_{in} - mTSS_R \\ &= 2,83 \text{ kg/hari} - 1,132 \text{ kg/hari} \\ &= 1,69 \text{ kg/hari} \\ TSS_{efluen} &= mTSS_{ef} / 86,4 \\ &= 1,69 \text{ kg/hari} / 86,4 \\ &= 0,0196 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

Perhitungan pertimbangan massa pada kolam fakultatif dan kolam maturasi dilakukan seperti perhitungan di atas dan dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 5. 11 Perhitungan Pertimbangan Massa Bak Ekualisasi

Influen		
Parameter	Kadar	Satuan
BOD	147	mg/l
COD	525,9	
TSS	283	
Massa Kadar Pencemar		
Parameter	Kadar	Satuan
mBOD	1,47	kg/hari
mCOD	5,26	
mTSS	2,83	
Removal		
Parameter	Efisiensi	Sumber
BOD	40%	(Said, INI., 2008)
COD	40%	
TSS	40%	
Perhitungan		
Parameter	Kadar	Satuan
MBOD = 40% x mBOD	0,588	kg/hari
MCOD = 40% x mCOD	2,104	
MTSS = 40% x mTSS	1,132	
Menghitung Produksi Lumpur		
Asumsi kandungan air limbah : 95% air dan 5% lumpur		
Parameter	Kadar	Satuan
Massa lumpur = MTSS / 5%	22,64	kg/hari
Debit Lumpur = Massa lumpur / Berat jenis lumpur	0,022	m ³ /hari

<i>Efluen</i>		
Parameter	Kadar	Satuan
mBOD ef = BOD in - BOD r	0,882	kg/hari
mCOD ef = COD in - COD r	3,156	
mTSS ef = TSS in - TSS r	1,698	
BOD ef = mBOD ef / 86,4	0,0102	mg/l
COD ef = mCOD ef / 86,5	0,0365	
TSS ef = mTSS ef / 86,6	0,0197	

Sumber : Analisis Perhitungan, 2022

Tabel 5. 12 Perhitungan Pertimbangan Massa Kolam Fakultatif

<i>Influen</i>		
Parameter	Kadar	Satuan
BOD	88,2	mg/l
COD	315,54	
TSS	169,8	
Massa Kadar Pencemar		
Parameter	Kadar	Satuan
mBOD	0,882	kg/hari
mCOD	3,1554	
mTSS	1,698	
Removal		
Parameter	Efisiensi	Sumber
BOD	80%	(Dirjen Cipta Karya)
COD	80%	
TSS	85%	
Perhitungan		
Parameter	Kadar	Satuan
MBOD = 80% x mBOD	0,706	kg/hari
MCOD = 80% x mCOD	2,524	
MTSS = 85% x mTSS	1,443	
Menghitung Produksi Lumpur		
Asumsi kandungan air limbah : 95% air dan 5% lumpur		
Parameter	Kadar	Satuan
Massa lumpur = MTSS / 5%	28,866	kg/hari
Debit Lumpur = Massa lumpur / Berat jenis lumpur	0,028	m ³ /hari

<i>Efluen</i>		
Parameter	Kadar	Satuan
mBOD ef = BOD in - BOD r	0,1764	kg/hari
mCOD ef = COD in - COD r	0,63108	
mTSS ef = TSS in - TSS r	0,2547	
BOD ef = mBOD ef / 86,4	0,0020	mg/l
COD ef = mCOD ef / 86,5	0,0073	
TSS ef = mTSS ef / 86,6	0,0029	

Sumber : Analisis Perhitungan, 2022

Tabel 5. 13 Perhitungan Pertimbangan Massa Kolam Maturasi

<i>Influen</i>		
Parameter	Kadar	Satuan
BOD	17,64	mg/l
COD	63	
TSS	25,47	
Massa Kadar Pencemar		
Parameter	Kadar	Satuan
mBOD	0,1764	kg/hari
mCOD	0,63	
mTSS	0,255	
Removal		
Parameter	Efisiensi	Sumber
BOD	70%	(Dirjen Cipta Karya)
COD	50%	
TSS	80%	
Perhitungan		
Parameter	Kadar	Satuan
MBOD = 70% x mBOD	0,123	kg/hari
MCOD = 50% x mCOD	0,315	
MTSS = 80% x mTSS	0,204	
Menghitung Produksi Lumpur		
Asumsi kandungan air limbah : 95% air dan 5% lumpur		
Parameter	Kadar	Satuan
Massa lumpur = MTSS / 5%	4,08	kg/hari
Debit Lumpur = Massa lumpur / Berat jenis lumpur	0,004	m ³ /hari

<i>Efluen</i>		
Parameter	Kadar	Satuan
$mBOD_{ef} = BOD_{in} - BOD_r$	0,053	kg/hari
$mCOD_{ef} = COD_{in} - COD_r$	0,315	
$mTSS_{ef} = TSS_{in} - TSS_r$	0,051	
$BOD_{ef} = mBOD_{ef} / 86,4$	0,0006	mg/l
$COD_{ef} = mCOD_{ef} / 86,5$	0,0036	
$TSS_{ef} = mTSS_{ef} / 86,6$	0,0006	

Sumber : Analisis Perhitungan, 2022

Tabel 5. 14 Konsentrasi dan Debit Lumpur yang Dihasilkan

No.	BOD (mg/l)	COD (mg/l)	TSS (mg/l)	Massa Lumpur (kg/hari)	Debit Lumpur (m ³ /hari)
1	Influen air limbah ↓				
	147	525,9	283	56,6	0,055
2	Bak Ekualisasi ↓				
	88,2	315,54	169,8	22,64	0,022
3	Kolam Fakultatif ↓				
	17,64	63,1	25,47	28,866	0,028
4	Kolam Maturasi ↓				
	5,29	31,55	5,09	4,08	0,004
5	Efluen ↓				
	5,3	31,55	5,1	4,08	0,004

Sumber : Perhitungan Penulis, 2022

5.5 Detail Engineering Design (DED)

A. Bak Ekualisasi

Direncanakan kriteria desain bak ekualisasi :

- Debit = $10 \text{ m}^3/\text{hari} = 0,417 \text{ m}^3/\text{jam}$
- Jumlah bak = 1 bak
- Kedalaman = 1,5 m
- Freeboard = 0.3 m
- Rasio panjang:lebar = 3:1
- Td = 2 jam

Perhitungan :

- a. Volume bak = Debit x td
 $= 0,417 \text{ m}^3/\text{jam} \times 2 \text{ jam}$
 $= 0,833 \text{ m}^3$
- b. Luas permukaan = $\frac{\text{Volume bak}}{\text{Kedalaman}}$
 $= \frac{0,832 \text{ m}^3}{1,5 \text{ m}} = 0,56 \text{ m}^2$
- c. Rasio panjang : lebar (3:1, maka $P = 3L$)
 $(3L)(L) = 0,56 \text{ m}^2$
 $3L^2 = 0,56 \text{ m}^2$
 $L^2 = 0,185 \text{ m}^2$
 $L = 0,43 \text{ m}$
 $P = 1,3 \text{ m}$
- d. Cek td = $\frac{\text{kedalaman} \times \text{lebar} \times \text{panjang}}{0,416 \text{ m}^3/\text{jam}}$
 $= \frac{1,5 \text{ m} \times 0,4 \text{ m} \times 1,3 \text{ m}}{0,416 \text{ m}^3/\text{jam}} = 1,8 \sim 2 \text{ jam (Sesuai)}$

B. Kolam Fakultatif

Influen Kolam Fakultatif :

- Debit influen rata-rata : $10 \text{ m}^3/\text{hari}$
- BOD₅ : 147 mg/l

- COD : 525,9 mg/l
- TSS : 283 mg/l
- T (rata-rata suhu dingin) : 27°C
- Laju eavporasi, e : 5 mm/hari

Kriteria desain yang digunakan :

- Kedalaman : 1,5 meter (Freeboard 0,3 m)

Kriteria kedalaman kolam fakultatif adalah 0,9-2,5 meter, pada kedalaman ini masih mendukung pertumbuhan algae dan juga cukup untuk mencapai kondisi anaerobik pada dasar kolam fakultatif. Batas minimal kedalaman zona yang terbentuk pada kolam fakultatif, yaitu zona aerobik 0,5-2 m, zona fakultatif 0,5-2 m, dan zona anaerobik 0,5-2 m, dapat dilihat pada **Gambar 2.2**

Perhitungan desain Kolam Fakultatif

Tahap 1 : Perhitungan luas kolam fakultatif

- a. Beban BOD permukaan

$$\begin{aligned} \Lambda_s &= 350 (1,07 - 0,002T)^{T-25} \\ &= 350 [1,07 - (0,002 \times 27)]^{(27-25)} \\ &= 361,3 \text{ g/m}^2 \cdot \text{hari} \end{aligned}$$

- b. Luas permukaan kolam fakultatif

$$\begin{aligned} A_f &= \frac{\text{Konsentrasi BOD masuk} \times \text{debit masuk}}{\text{beban BOD permukaan}} \\ &= \frac{\frac{147 \text{ g}}{\text{m}^3} \times 10 \text{ m}^3}{361,3 \frac{\text{g}}{\text{m}^2} \cdot \text{hari}} = 4,1 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- c. Rasio panjang dan lebar (3:1 maka, $P = 3$)

$$\begin{aligned} (3L)(L) &= 4,1 \text{ m}^2 \\ 3L^2 &= 4,1 \text{ m}^2 \\ L &= 1,2 \text{ m} \\ P &= 3,6 \text{ m} \\ A &= 4,3 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Tahap 2 : Menghitung HRT (waktu retensi hidraulik)

a. Waktu retensi hidraulik

$$\phi_f = \frac{2A_f D_f}{2Q_i - 0,001eA_f}$$

Ket : ϕ_f = waktu retensi hidraulik (hari)

D_f = kedalaman kolam (m)

Q_i = debit masuk (m^3 /hari)

e = jumlah laju evaporasi (mm/hari)

Maka

$$\phi_f = \frac{2 \times 4,3 \text{ m}^2 \times 1,8 \text{ m}}{\left(2 \times 10 \frac{m^3}{\text{hari}}\right) - \left(0,001 \times 5 \frac{mm}{\text{hari}} \times 4,3 \text{ m}^3\right)}$$

$$\phi_f = 0,8 \text{ hari}$$

Berdasarkan kriteria desain kolam fakultatif, waktu retensi hidraulik (ϕ_f) di atas tidak sesuai dikarenakan kurang dari 7 hari. Maka dari itu harus dilakukan perhitungan ulang untuk luas kolam fakultatif yang dibutuhkan dengan menggunakan $\phi_f = 7$ hari

$$\begin{aligned} \text{Maka,} &= \frac{2Q\phi_f}{2D_f - 0,001e\phi_f} \\ &= \frac{2 \times 10 \text{ m}^3 \times 7 \text{ hari}}{\left(2 \times 1,8 \text{ m}\right) - \left(0,001 \times 5 \frac{mm}{\text{hari}} \times 7 \text{ hari}\right)} = 39,27 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

b. Perhitungan ulang rasio panjang lebar (3:1 maka, $P = 3L$)

$$(3L)(L) = 39,27 \text{ m}^2$$

$$3L^2 = 39,27 \text{ m}^2$$

$$L = 3,6 \text{ m}$$

$$P = 10,8 \text{ m}$$

$$A' = 38,88 \text{ m}^2$$

c. Cek ulang kesesuaian waktu retensi hidraulik

$$= \frac{2 \times 38,88 \text{ m}^2 \times 1,8 \text{ m}}{\left(2 \times 10 \frac{m^3}{\text{hari}}\right) - \left(0,001 \times 5 \frac{mm}{\text{hari}} \times 38,88 \text{ m}^3\right)} = 7,07 \text{ hari (OK} \geq 7 \text{ hari)}$$

C. Kolam Maturasi

Influen Kolam Maturasi :

- Debit influen rata-rata : 10 m³/hari
- BOD₅ : 29,4 mg/l
- COD : 105,18 mg/l
- TSS : 42,45 mg/l
- Telur cacing Helminth : 4/liter
- Bakteri *E coli* : 3.260 MPN/100 ml
- T (rata-rata suhu dingin) : 27°C
- Laju eavporasi, *e* : 5 mm/hari

Kriteria desain yang digunakan :

- Kedalaman : 1 meter (Freeboard 0,3 m)

Pada kedalaman ini diharapkan sinar matahari mampu masuk sampai ke dasar kolam, agar air dapat berubah menjadi panas sehingga proses penghilangan bakteri patogen bisa maksimal.

Perhitungan desain kolam Maturasi

Tahap 1 : Menentukan jumlah kolam maturasi

- Nilai konstanta penyisihan *E coli* ($K_{b(T)}$)

$$K_{b(T)} = 2,6 (1,19)^{T-20}$$

$$= 2,6 (1,19)^{27-20} = 8,8 \text{ hari} \approx 9 \text{ hari}$$
- Jumlah kolam maturasi 1, maka jumlah efluen bakteri *E coli* adalah

$$N_e = \frac{N_i}{1 + K_{b(T)} \phi_m}$$

Ket :

N_e = Jumlah bakteri *E coli* setiap 100 ml efluen kolam maturasi

N_i = Jumlah bakteri *E coli* setiap 100 ml efluen kolam fakultatif

ϕ_f = Waktu tinggal hidraulik kolam maturasi

Tahap 2 : Perhitungan dimensi kolam maturasi

- Menghitung luas permukaan kolam

$$= \frac{2Q_{avg} \phi_m}{2D_m + e\phi_m}$$

$$= \frac{2 \times 10 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}} \times 5 \text{ hari}}{2 \times 1,3 \text{ m} + (0,005 \frac{\text{m}}{\text{hari}} \times 5 \text{ hari})} = 38,1 \text{ m}^2$$

- Rasio panjang lebar (2:1 maka, $P = 2L$)
 - $(2L) (L) = 38,1 \text{ m}^2$
 - $2L^2 = 38,1 \text{ m}^2$
 - $L = 4,36 \text{ m}$
 - $P = 8,72 \text{ m}$
 - $A' = 38,01 \text{ m}^2$

5.6 Profil Hidrolis

Perhitungan profil hidrolis perlu dilakukan untuk mengetahui kemiringan unit pengolahan air limbah yang dipengaruhi oleh terjadinya kehilangan tekanan. Perhitungan profil hidrolis ditentukan berdasarkan, belokan, jatuhan, kecepatan aliran air yang terjadi pada bangunan (Assidiqy, 2017). Berikut adalah perhitungan profil hidrolis untuk IPAL pada perencanaan ini :

5.6.1 Unit Bak Ekualisasi

Kehilangan tekanan pada bak ekualisasi diakibatkan oleh belokan, jatuhan, dan gesekan oleh aliran. Perhitungannya berdasarkan kriteria sebagai berikut:

- Panjang (b) : 1,8 m
- Tinggi (y) : 1,8 m
- Kedalaman (H_i) : 1,5 m
- Kecepatan aliran (v) : 0,3 m/detik
- Koefisien kekasaran (n) : 0,013
- Tinggi sekat (L) : 1,8 m
- Gravitasi (g) : 9,8 m/det²

1. *Headloss* Jatuhan

$$\begin{aligned} \text{a. Jari - jari hidrolis (R)} &= \frac{b \times y}{b + 2y} \\ &= \frac{1,8 \text{ m} \times 1,8 \text{ m}}{1,8 \text{ m} + 2 (1,8 \text{ m})} = 0,6 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. } \textit{Headloss} \text{ jatuhan (H}_{f_h}\text{)} &= \left(\frac{v \cdot n}{R^{\frac{2}{3}}} \right)^2 \times L \\ &= \left(\frac{0,3 \times 0,013}{0,6^{\frac{2}{3}}} \right)^2 \times 1,8 \text{ m} = 0,00005 \text{ m} \end{aligned}$$

2. *Headloss* Kecepatan

a. *Headloss* kecepatan (H_{fv})

$$\begin{aligned} - \text{ Koefisien Kekasaran} &= 1,5 (0,01989 + 0,0005078 / 4R) \\ &= 1,5 (0,01989 + 0,0005078 / 4(0,6)) \\ &= 0,013 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - (H_f) &= f \times \frac{L}{4R} \times \frac{v^2}{2g} \\ &= 0,013 \times \frac{1,8}{4(0,6)} \times \frac{(0,3 \frac{\text{m}}{\text{detik}})^2}{2(9,8 \frac{\text{m}}{\text{det}^2})} = 0,000045 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3. \text{ *Headloss* pipa inlet} &= S \times L \\ &= 0,01 \times 1,8 = 0,018 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 4. \text{ *Headloss* total bak ekualisasi} &= 0,00005 + 0,000045 + 0,018 \\ &= 0,018095 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Elevasi awal} &= H_{\text{air}} - H_{\text{total bak}} + \text{tebal tutup beton} \\ &= 1,5 \text{ m} - 1,8 \text{ m} + 0,1 \text{ m} \\ &= -0,2 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Elevasi akhir} &= \text{elevasi awal} - \text{*headloss* total} \\ &= (-0,2) - 0,018095 \\ &= -0,22 \text{ m} \end{aligned}$$

5.6.2 Unit Kolam Fakultatif

IPAL pada perencanaan ini, beda elevasi unit didesain turun 0,25 meter setiap unit. Maka perhitungan elevasi kolam fakultatif adalah sebagai berikut:

- Panjang (b) : 11,25 m
- Tinggi (y) : 1,8 m
- Kedalaman (H_i) : 1,5 m
- Kecepatan aliran (v) : 1 m/detik
- Koefisien kekasaran (n) : 0,013
- Tinggi sekat (L) : 1,8 m
- Gravitasi (g) : 9,8 m/det²

5. *Headloss* Jatuhan

$$\begin{aligned} \text{c. Jari-jari hidrolis (R)} &= \frac{b \times y}{b + 2y} \\ &= \frac{11,25 \text{ m} \times 1,8 \text{ m}}{11,25 \text{ m} + 2 (1,8 \text{ m})} = 1,36 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{d. Headloss jatuhnya (Hf}_h) &= \left(\frac{v \cdot n}{R^3} \right)^2 \times L \\ &= \left(\frac{1 \times 0,013}{1,36^3} \right)^2 \times 1,8 \text{ m} \\ &= 0,000112 \text{ m} \end{aligned}$$

6. Headloss Kecepatan

b. Headloss kecepatan (Hf_v)

$$\begin{aligned} - \text{ Koefisien Kekasaran} &= 1,5 (0,01989 + 0,0005078 / 4R) \\ &= 1,5 (0,01989 + 0,0005078 / 4(1,36)) \\ &= 0,0056 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - \text{ (Hf)} &= f \times \frac{L}{4R} \times \frac{v^2}{2g} \\ &= 0,0056 \times \frac{1,8}{4(1,36)} \times \frac{\left(1 \frac{\text{m}}{\text{detik}}\right)^2}{2 \left(9,8 \frac{\text{m}}{\text{det}^2}\right)} = 0,00009 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{7. Headloss pipa inlet} &= S \times L \\ &= 0,01 \times 1,8 = 0,018 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{8. Headloss total kolam fakultatif} &= 0,000112 + 0,00009 + 0,018 \\ &= 0,0182 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Elevasi akhir} &= \text{elevasi awal} - (\text{headloss total} + 0,25) \\ &= (-0,22) - (0,0182 + 0,25) \\ &= -0,49 \text{ m} \end{aligned}$$

5.6.3 Unit Kolam Maturasi

IPAL pada perencanaan ini, beda elevasi unit didesain turun 0,25 meter setiap unit. Maka perhitungan elevasi kolam maturasi adalah sebagai berikut:

$$- \text{ Panjang (b)} \quad : 8,72 \text{ m}$$

- Tinggi (y) : 1,3 m
- Kedalaman (H_i) : 1 m
- Kecepatan aliran (v) : 1 m/detik
- Koefisien kekasaran (n) : 0,013
- Tinggi sekat (L) : 1,3 m
- Gravitasi (g) : 9,8 m/det²

9. *Headloss* Jatuhan

$$\begin{aligned}
 \text{e. Jari – jari hidrolis (R)} &= \frac{b \times y}{b + 2y} \\
 &= \frac{8,72 \text{ m} \times 1,3 \text{ m}}{8,72 \text{ m} + 2 (1,3 \text{ m})} = 0,5 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{f. } \textit{Headloss} \text{ jatuhan (H}_{f_h}\text{)} &= \left(\frac{v \cdot n}{R^{\frac{2}{3}}} \right)^2 \times L \\
 &= \left(\frac{1 \times 0,013}{0,5^{\frac{2}{3}}} \right)^2 \times 1,3 \text{ m} \\
 &= 0,000554 \text{ m}
 \end{aligned}$$

10. *Headloss* Kecepatan

c. *Headloss* kecepatan (H_{f_v})

$$\begin{aligned}
 \text{- Koefisien Kekasaran} &= 1,5 (0,01989 + 0,0005078 / 4R) \\
 &= 1,5 (0,01989 + 0,0005078 / 4(0,5)) \\
 &= 0,0153 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{- (H}_f\text{)} &= f \times \frac{L}{4R} \times \frac{v^2}{2g} \\
 &= 0,0153 \times \frac{1,3}{4(0,5)} \times \frac{(1 \frac{\text{m}}{\text{detik}})^2}{2(9,8 \frac{\text{m}}{\text{det}^2})} = 0,000507 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{11. } \textit{Headloss} \text{ pipa inlet} &= S \times L \\
 &= 0,01 \times 1,3 = 0,013 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{12. } \textit{Headloss} \text{ total kolam maturasi} &= 0,000554 + 0,000507 + 0,013 \\
 &= 0,014 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\text{Elevasi akhir} = \text{elevasi awal} - (\textit{headloss} \text{ total} + 0,25)$$

$$= (-0,49) - (0,014 + 0,25)$$

$$= - 0,754 \text{ m}$$

Tabel 5. 15 Perhitungan Profil Hidrolis Unit Pengolahan

No.	Bangunan	Elevasi awal	Headloss	Elevasi akhir
1	Bak Ekualisasi	-0,2	0,018095	-0,22
2	Kolam Fakultatif	-0,22	0,0182	-0,49
3	Kolam Maturasi	-0,49	0,014	-0,754

Sumber: Analisis Perhitungan, 2022

5.7 Rencana Anggaran Biaya

Total biaya pada rencana anggaran biaya ditentukan dari perkalian antara total volume pekerjaan dengan harga satuan pokok kerja (HSPK). Harga Satuan Kerja yang digunakan pada perencanaan ini disesuaikan dengan Standar Harga Satuan Bahan Bangunan/Material, Upah Kerja Dan Sewa Alat Serta Pedoman Analisa Harga Satuan Pekerjaan Dan Harga Satuan Bangunan Gedung Negara, Kabupaten Gresik Semester II Tahun Anggaran 2021 (Gresik, 2021)

Rencana anggaran biaya dimulai dari menentukan jumlah barang dan jasa yang dibutuhkan. Harga barang dan jasa didapatkan dari HSPK kota yang ditempati konstruksi, perencanaan ini terletak di Kabupaten Gresik sehingga HSPK yang dipakai adalah Harga Satuan Kerja Kabupaten Gresik. Tempat atau lahan yang digunakan untuk konstruksi juga sangat berpengaruh pada jumlah biaya pada RAB, konstruksi pada lahan kosong membutuhkan biaya yang lebih rendah dari konstruksi di sebuah jalan atau lahan yang ditempati bangunan.

Berikut di bawah ini adalah rencana anggaran biaya yang didapatkan dari perhitungan volume unit yang ada dengan harga satuan kerja untuk wilayah Gresik tahun anggaran 2021.

5.7.1 Daftar Harga Bahan Yang Dibutuhkan

Daftar bahan terdiri dari semua bahan yang dibutuhkan pada saat pembangunan berlangsung. Daftar bahan didapatkan dari analisa sipil yang digunakan, yang berdasarkan pada (Kementrian Pekerjaan Umum, 2011)

Peraturan Kementerian Pekerjaan Umum No.11/PRT/M/2013. Berikut ini adalah daftar bahan yang dibutuhkan :

Tabel 5. 16 Bahan-bahan Konstruksi IPAL Peternakan KH. Kholil Mustajib

Bahan			
No.	Nama barang	Satuan	Harga
1	Pasir Cor ex Lumajang	m ³	Rp 85.000
2	Agregat Kelas A (Kerikil)	m ³	Rp 210.000
3	Semen 40 kg	Zak	Rp 75.000
4	Besi Beton Ulir	Kg	Rp 10.811
5	Besi Beton Polos ø12	Kg	Rp 14.071
6	Kawat Beton	Kg	Rp 25.000
9	Pipa PVC AW 1"	Btg	Rp 47.700
10	Kayu Meranti Usuk (5/7)	m ³	Rp 4.700.000
11	Triplek 9 mm	Lbr	Rp 133.000
12	Kayu Papan	m ³	Rp 4.800.000
13	Paku Reng/Usuk	Kg	Rp 26.900
14	Paku Triplek	Kg	Rp 30.000
15	Gebalan Rumput	m ³	Rp 27.000
16	Air	m ³	Rp 22.500
17	Kayu kelas I	m ³	Rp 12.000.000
18	Kayu kelas II	m ³	Rp 7.500.000
19	Kayu kelas III	m ³	Rp 4.700.000
20	Kayu dolken	Btg	Rp 25.000

Sumber : Analisis Penulis 2021

5.7.2 Daftar Harga Pekerja

Penentuan Harga Pekerja ini didasarkan pada HSP Gresik tahun anggaran 2021. Satuan harga pekerja ada 2 yaitu, OH untuk satuan orang per hari dan OJ untuk satuan orang per jam. Berikut pada **Tabel 5.15** adalah harga satuan pekerja yang dibutuhkan pada perencanaan IPAL Peternakan ini.

Tabel 5. 17 Harga Satuan Pekerja

No.	Uraian	Satuan	Upah Kerja Tertinggi (Rp)
1	MANDOR	Orang	Rp 150.000
2	KEPALA TK. GALI TANAH	Orang	Rp 150.000
3	KEPALA TK. BATU	Orang	Rp 150.000
4	KEPALA TK. KAYU	Orang	Rp 150.000
5	KEPALA TK. BESI	Orang	Rp 150.000

No.	Uraian	Satuan	Upah Kerja Tertinggi (Rp)
6	KEPALA TK. CAT	Orang	Rp 150.000
7	KEPALA TK. LISTRIK	Orang	Rp 150.000
8	KEPALA TK. PIPA	Orang	Rp 150.000
9	TUKANG GALI TANAH	Orang	Rp 150.000
10	TUKANG BATU	Orang	Rp 125.000
11	TUKANG KAYU	Orang	Rp 125.000
12	TUKANG BESI	Orang	Rp 125.000
13	TUKANG CAT	Orang	Rp 125.000
14	TUKANG PLITUR	Orang	Rp 100.000
15	TUKANG ASPAL	Orang	Rp 100.000
16	TUKANG PIPA	Orang	Rp 100.000
17	TUKANG LISTRIK	Orang	Rp 100.000
18	TUKANG LAS	Orang	Rp 100.000
19	TUKANG BEBAS	Orang	Rp 100.000
20	PEKERJA	Orang	Rp 110.000
21	OPERATOR EXCAVATOR DAN BULDOZER	Orang	Rp 250.000
22	MEKANIK	Orang	Rp 150.000
23	PENGEMUDI/SOPIR	Orang	Rp 125.000
24	PENJAGA MALAM	Orang	Rp 150.000
25	JURU UKUR	Orang	Rp 140.000

Sumber : Analisis Penulis 2021

5.7.3 Analisis Harga Satuan Pekerjaan

Analisis harga satuan pekerjaan ini berdasarkan pada Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.11/PRT/M/2013. Pekerjaan yang tertera pada **Lampiran 1** didapatkan dari analisis semua pekerjaan apa saja yang dibutuhkan untuk membangun IPAL Peternakan ini. Dalam menyusun Harga Satuan Pekerjaan diperlukan 3 komponen yaitu harga satuan bahan, harga satuan pekerja, dan harga satuan alat.

Langkah-langkah dalam menyusun harga satuan pekerjaan adalah sebagai berikut :

1. Menentukan satuan yang digunakan untuk melakukan satu satuan pekerjaan, misalkan Hari untuk satuan sewa alat, Kg untuk satuan bahan, dan OH untuk satuan pekerja.

2. Menentukan jumlah dan koefisien bahan, alat dan pekerja yang dibutuhkan untuk memproduksi satu satuan pekerjaan
3. Tentukan harga satuan bahan, alat, dan pekerja sesuai dengan daerah yang ditempati untuk konstruksi
4. Kalikan antara harga satuan dengan masing-masing koefisien agar bisa mendapatkan harga suatu pekerjaan tertentu

Analisis harga satuan pekerjaan pada perencanaan IPAL Peternakan yang berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.11/PRT/M/2013 adalah terdapat pada **Lampiran I**

5.7.4 Perhitungan Volume Bangunan

Perhitungan volume ini dimaksudkan untuk mengetahui jumlah biaya yang digunakan untuk membangun suatu unit. Volume yang dihitung adalah seperti penggalian tanah, kebutuhan lantai beton, kolom beton, dinding beton, penutup beton dan pemasangan-pemasangan aksesoris yang lainnya. Contoh untuk menghitung volume dinding beton adalah dengan mengalikan antara tinggi dinding, ketebalan dinding dan panjang dinding, maka akan didapatkan volume beton yang dibutuhkan.

Pada perencanaan IPAL Peternakan ini, unit Bak Ekualisasi menggunakan penutup beton, agar proses pengolahan tidak terganggu dengan kontaminan dari luar. Sedangkan untuk unit Kolam Fakultatif dan Maturasi tidak menggunakan penutup beton dikarenakan proses yang terjadi dalam unit ini membutuhkan oksigen. Perhitungan volume untuk kebutuhan Rencana Anggaran Biaya pada perencanaan IPAL Peternakan ini adalah sebagai berikut :

Tabel 5. 18 Perhitungan Volume Bangunan Bak Ekualisasi

PEKERJAAN KONSTRUKSI BAK EKUALISASI				
No.	Pekerjaan	Dimensi	Ukuran (m)	Total Volume
1	Land Clearing	Panjang	1.6	1.12
		Lebar	0.7	
2	Bowplank	Panjang	1.6	5
		Lebar	0.7	
3	Penggalian Tanah	Panjang	1.6	2.2

PEKERJAAN KONSTRUKSI BAK EKUALISASI				
No.	Pekerjaan	Dimensi	Ukuran (m)	Total Volume
		Lebar	0.7	
		Kedalaman	2	
4	Pekerjaan Lantai IPAL	Panjang	1.3	0.1
		Lebar	0.4	
		Ketebalan	0.2	
5	Pekerjaan Lantai Kerja	Panjang	1.3	0.05
		Lebar	0.4	
		Ketebalan	0.1	
6	Pekerjaan Kolom Beton Bertulang	Panjang	0.25	0.14375
		Lebar	0.25	
		Tinggi	2.3	
7	Pekerjaan Dinding Beton Bertulang	Memanjang	0.972	1.3
		Melintang	0.32	

Sumber : Perhitungan Penulis 2022

1. Land Clearing = $1,6 \text{ m} \times 0,7 \text{ m} = 1,12 \text{ m}^2$
2. Bowplank = $1,6 \text{ m} + 0,7 \text{ m} + 1,6 \text{ m} + 0,7 \text{ m} = 5 \text{ m}$
3. Penggalian tanah = $1,6 \text{ m} \times 0,7 \text{ m} \times 2 \text{ m} = 2,2 \text{ m}^3$
4. Pekerjaan lantai kerja = $1,3 \text{ m} \times 0,4 \text{ m} \times 0,1 \text{ m} = 0,05 \text{ m}^3$
5. Pekerjaan lantai IPAL = $1,3 \text{ m} \times 0,4 \text{ m} \times 0,2 \text{ m} = 0,1 \text{ m}^3$
6. Pekerjaan kolom = $0,25 \text{ m} \times 0,25 \text{ m} \times 2,3 \text{ m} = 0,144 \text{ m}^3$
7. Pekerjaan dinding = $(1,8 \times 0,15 \times 1,8) \times (0,6 \times 0,15 \times 1,8) = 1,3 \text{ m}^3$

Tabel 5. 19 Rencana Anggaran Biaya Bak Ekualisasi

Tahap Persiapan					
No.	Pekerjaan	Satuan	Harga	Kebutuhan	Total Harga
1	Land Clearing	m ²	Rp 115.173	1.12	Rp 128.993
2	Pekerjaan <i>Bowplank</i>	m	Rp 133.731	4.6	Rp 615.164
Tahap Pekerjaan Utama					
1	Penggalian Tanah	m ³	Rp 121.613	2.240	Rp 272.412
2	Pekerjaan Lantai Kerja	m ³	Rp 1.419.529	0.05	Rp 73.816
3	Pekerjaan Lantai IPAL	m ³	Rp 1.394.016	0.10	Rp 144.978
4	Pekerjaan Kolom Beton Bertulang	m ³	Rp 8.929.177	0.14375	Rp 1.283.569
5	Pekerjaan Dinding Beton Bertulang	m ³	Rp 8.619.351	1.3	Rp 11.170.679

Total Biaya	Rp 13.689.610
--------------------	---------------

Sumber : Perhitungan Penulis 2022

Tabel 5. 20 Perhitungan Volume Kolam Fakultatif

PEKERJAAN KONSTRUKSI KOLAM FAKULTATIF				
No.	Pekerjaan	Dimensi	Ukuran (m)	Total Volume
1	Land Clearing	Panjang	11.75	48.18
		Lebar	4.1	
2	Bowplank	Panjang	11.75	31.7
		Lebar	4.1	
3	Penggalian Tanah	Panjang	11.75	96.35
		Lebar	4.1	
		Kedalaman	2	
4	Pekerjaan Lantai IPAL	Panjang	11.25	10.13
		Lebar	3.6	
		Ketebalan	0.25	
5	Pekerjaan Lantai Kerja	Panjang	11.25	4.05
		Lebar	3.6	
		Ketebalan	0.1	
6	Pekerjaan Kolom Beton Bertulang	Panjang	0.25	0.13125
		Lebar	0.25	
		Tinggi	2.1	
7	Pekerjaan Dinding Beton Bertulang	Memanjang	10.125	13.365
		Melintang	3.24	

Sumber : Perhitungan Penulis 2022

1. Land Clearing = $11,75 \text{ m} \times 4,1 \text{ m} = 48,18 \text{ m}^2$
2. Bowplank = $11,75 \text{ m} + 4,1 \text{ m} = 15,85 \text{ m}$
3. Penggalian tanah = $11,75 \text{ m} \times 4,1 \text{ m} \times 2 \text{ m} = 96,35 \text{ m}^3$
4. Pekerjaan lantai kerja = $11,25 \text{ m} \times 3,6 \text{ m} \times 0,1 \text{ m} = 4,05 \text{ m}^3$
5. Pekerjaan lantai IPAL = $11,25 \text{ m} \times 3,6 \text{ m} \times 0,25 \text{ m} = 10,13 \text{ m}^3$
6. Pekerjaan kolom = $0,25 \text{ m} \times 0,25 \text{ m} \times 2,1 \text{ m} = 0,13125 \text{ m}^3$
7. Pekerjaan dinding = $(11,25 \times 0,25 \times 1,8) \text{ m} \times (3,6 \times 0,25 \times 1,8) \text{ m}$
= $10,125 \text{ m} \times 3,24 \text{ m} = 13,365 \text{ m}^3$

Tabel 5. 21 Rencana Anggaran Biaya Kolam Fakultatif

Tahap Persiapan					
No.	Pekerjaan	Satuan	Harga	Kebutuhan	Total Harga
1	Land Clearing	m ²	Rp 115.173	48.18	Rp 5.548.435
2	Pekerjaan <i>Bowplank</i>	m	Rp 133.731	31.7	Rp 4.239.279
Tahap Pekerjaan Utama					
1	Penggalian Tanah	m ³	Rp 121.613	96.35	Rp 11.717.364
2	Pekerjaan Lantai IPAL	m ³	Rp 1.394.016	10.13	Rp 14.114.414
3	Pekerjaan Lantai Kerja	m ³	Rp 1.419.529	4.05	Rp 5.749.092
4	Pekerjaan Kolom Beton Bertulang	m ³	Rp 8.929.177	0.525	Rp 4.687.818
5	Pekerjaan Dinding Beton Bertulang	m ³	Rp 8.619.351	13.365	Rp 115.197.629
Total Biaya					Rp 161.254.032

Sumber : Perhitungan Penulis 2022

Tabel 5. 22 Perhitungan Volume Kolam Maturasi

PEKERJAAN KONSTRUKSI KOLAM MATURASI				
No.	Pekerjaan	Dimensi	Ukuran (m)	Total Volume
1	Land Clearing	Panjang	9.22	44.81
		Lebar	4.86	
2	Bowplank	Panjang	9.22	28.16
		Lebar	4.86	
3	Penggalian Tanah	Panjang	9.22	67.21
		Lebar	4.86	
		Kedalaman	1.5	
4	Pekerjaan Lantai IPAL	Panjang	8.72	9.50
		Lebar	4.36	
		Ketebalan	0.25	
5	Pekerjaan Lantai Kerja	Panjang	8.72	3.80
		Lebar	4.36	
		Ketebalan	0.1	
6	Pekerjaan Kolom Beton Bertulang	Panjang	0.25	0.84375
		Lebar	2.25	
		Tinggi	1.5	
7	Pekerjaan Dinding Beton Bertulang	Memanjang	5.668	8.502
		Melintang	2.834	

Sumber : Perhitungan Penulis 2022

1. Land Clearing = $9,22 \text{ m} \times 4,86 \text{ m} = 44,81 \text{ m}^2$
2. Bowplank = $9,22 \text{ m} + 4,86 \text{ m} = 14,08 \text{ m}$
3. Penggalian tanah = $9,22 \text{ m} \times 4,86 \text{ m} \times 1,5 \text{ m} = 67,21 \text{ m}^3$
4. Pekerjaan lantai kerja = $8,72 \text{ m} \times 4,36 \text{ m} \times 0,1 \text{ m} = 3,80 \text{ m}^3$
5. Pekerjaan lantai IPAL = $8,72 \text{ m} \times 4,36 \text{ m} \times 1,25 \text{ m} = 9,5 \text{ m}^3$
6. Pekerjaan kolom = $0,25 \text{ m} \times 0,25 \text{ m} \times 1,5 \text{ m} = 0,844 \text{ m}^3$
7. Pekerjaan dinding = $(8,72 \times 0,25 \times 1,3) \text{ m} \times (4,36 \times 0,25 \times 1,3) \text{ m}$
= $5,668 \text{ m} \times 2,834 \text{ m} = 8,502 \text{ m}^3$

Tabel 5. 23 Rencana Anggaran Biaya Kolam Maturasi

Tahap Persiapan					
No.	Pekerjaan	Satuan	Harga	Kebutuhan	Total Harga
1	Land Clearing	m ²	Rp 115.173	44.81	Rp 5.160.788
2	Pekerjaan <i>Bowplank</i>	m	Rp 133.731	28.16	Rp 3.765.871
Tahap Pekerjaan Utama					
1	Penggalian Tanah	m ³	Rp 121.613	67.21	Rp 8.174.038
2	Pekerjaan Lantai Kerja	m ³	Rp 1.419.529	3.80	Rp 5.396.936
3	Pekerjaan Lantai IPAL	m ³	Rp 1.394.016	9.50	Rp 13.249.845
4	Pekerjaan Kolom Beton Bertulang	m ³	Rp 8.929.177	3.375	Rp 30.135.973
5	Pekerjaan Dinding Beton Bertulang	m ³	Rp 8.619.351	8.502	Rp 73.281.724
Total Biaya					Rp 139.165.174

Sumber : Perhitungan Penulis 2022

Tabel 5. 24 Rekapitulasi Anggaran Biaya IPAL Peternakan KH. Kholil Mustajib

No.	Unit	Biaya
1	Bak Ekualisasi	Rp 13.689.610
2	Kolam Fakultatif	Rp 161.254.032
3	Kolam Maturasi	Rp 139.165.174
Jumlah		Rp 314.108.816
Total Pembulatan		Rp 314.110.000

Sumber : Perhitungan Penulis 2022

5.8 Petunjuk Operasional dan Perawatan IPAL

5.8.1 Pengoperasian IPAL

Baik dan benarnya operasional suatu unit IPAL disebabkan oleh efektivitas pengolahannya, oleh karena itu diperlukan pedoman cara pengoperasian untuk mengolah air limbah. Adapun beberapa poin penting yang harus diperhatikan dalam pengoperasian IPAL, sebagai berikut:

1. Pada saat awal pengoperasian IPAL (*Start up*) kolam harus terisi penuh oleh air limbah
2. Debit yang masuk ke unit IPAL harus disesuaikan dengan kapasitas dengan cara mengatur debit melalui inlet
3. Air limbah yang masuk ke sistem IPAL akan diterima oleh bak ekualisasi
4. Air limbah dari bak ekualisasi akan masuk ke kolam fakultatif. Periode pengendapan pada kolam fakultatif disesuaikan dengan desain yang ada
5. Lakukan pengecekan terhadap kedalaman kolam fakultatif apakah sudah sesuai dengan desain, saluran influen dan efluen kolam fakultatif apakah letaknya sudah sesuai dengan desain
6. Proses adaptasi dari dimulainya (*start up*) pengoperasian IPAL adalah selama 3 sampai 4 minggu. Selama proses adaptasi, unit tidak boleh diisi dengan air baru kecuali terjadi kebocoran pada kolam
7. Selama waktu adaptasi, setiap minggu lakukan sampling untuk mengecek kandungan organik dalam air limbah yang masuk dan keluar dari kolam fakultatif, untuk memastikan unit sudah berfungsi sesuai desain
8. Setelah melalui kolam fakultatif, air limbah akan masuk ke kolam maturasi untuk pengolahan selanjutnya
9. Pada tahap awal, kolam maturasi dioperasikan bersamaan dengan kolam fakultatif
10. Cek kesesuaian kedalaman kolam maturasi dengan kriteria desain dan cek letak jalur *inlet* dan *outlet* apakah sudah benar sesuai dengan desain
11. Sebelum dioperasikan, isi penuh kolam maturasi dengan air bersih bukan air limbah dan diamkan selama 3-4 minggu untuk proses adaptasi. Pada waktu adaptasi ini, jangan tambahkan air kecuali terjadi kebocoran pada kolam

12. Selama proses adaptasi, lakukan analisis kandungan organik dalam air limbah pada influen dan efluen, untuk memastikan kolam sudah berfungsi sesuai desain dan dapat dioperasikan secara normal

5.8.2 Pemeliharaan IPAL

Pemeliharaan IPAL dilakukan secara rutin agar operasional IPAL mencapai hasil yang maksimal. Berikut adalah contoh format tabel catatan harian dalam upaya pemeliharaan IPAL :

Tabel 5. 25 Contoh Formulir Pemeliharaan Harian atau Bulanan

No.	Hari/Tgl/Bln	Kegiatan Pemeliharaan Yang Dilakukan Pada Kolam Fakultatif	Dilakukan	Mengetahui
			Paraf/Tanggal	Paraf/Tanggal
1				
2				
3				
4				
5				

Sumber: (Dirjen Cipta Karya, 2018)

5.8.2 Perawatan Unit IPAL

A. Bak Ekualisasi

1. Lakukan pengukuran debit secara rutin untuk memastikan debit yang masuk ke dalam bak ekualisasi sesuai dengan kapasitas desain
2. Pengurasan lumpur pada bak ekualisasi dilakukan 1 kali dalam setahun atau pada saat lumpur pada bak ekualisasi sudah mencapai batas maksimal

B. Kolam Fakultatif – Maturasi

1. Cek pada saluran *inlet* dan *outlet* setiap hari 2 kali pada saat unit sudah beroperasi secara normal, untuk memastikan tidak ada sampah yang berukuran besar yang akan masuk ke kolam
2. Membersihkan lapisan *scum* pada kolam fakultatif dan maturasi karena lapisan *scum* akan menghambat proses fotosintesis
3. Bersihkan semua tumbuhan yang berada di sekitar kolam yang dapat menghalangi sinar matahari

4. Cek secara rutin keadaan kolam, apabila terjadi kerusakan, segera lakukan perbaikan darurat dan lakukan perbaikan permanen
5. Pengukuran debit air limbah yang masuk ke dalam kolam dilakukan setiap satu bulan sekali dan harus tercatat
6. Analisis kualitas air limbah yang masuk dan keluar kolam dilakukan setiap satu minggu sekali
7. Waktu pengurasan kolam fakultatif dilakukan selama 3-5 tahun sekali, dan apabila lumpur sudah mencapai sepertiga dari kapasitas kolam, maka lakukan pengurasan lumpur
8. Pengurasan lumpur pada kolam fakultatif sebaiknya tidak dilakukan dengan cara mengeringkan kolam atau menggunakan alat berat seperti ekskavator



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

BAB VII

PENUTUP

7.1 Kesimpulan

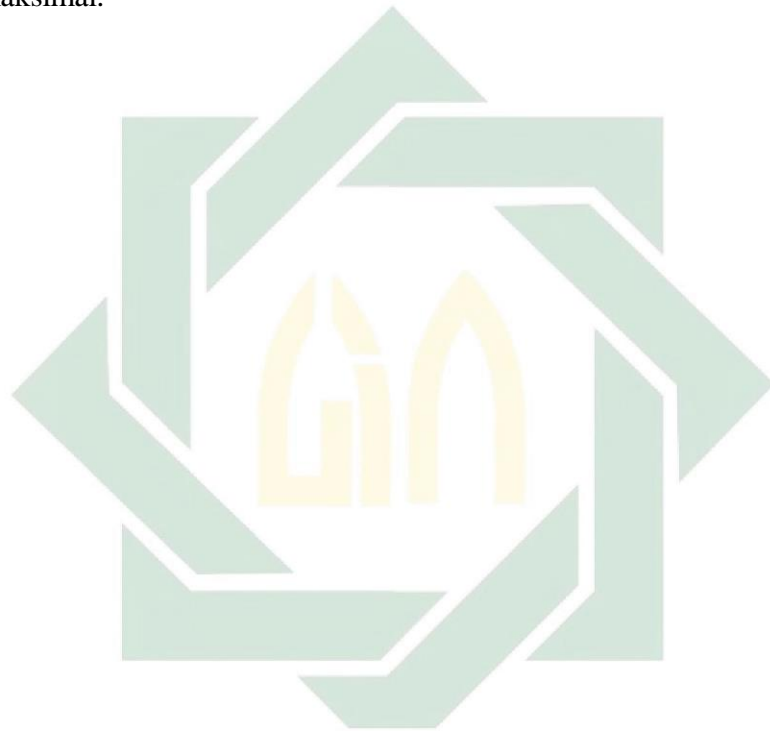
Dari uraian pembahasan dan analisis di atas dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut di bawah :

1. Uji kualitas air limbah peternakan tersebut dilakukan di PT Mitralab Buana Surabaya, dan menghasilkan hasil uji yaitu, COD = 525,9 mg/l, BOD = 147 mg/l, TSS = 283 mg/l, Ph = 7,13, dan Amonia 9,85 mg/l. Berdasarkan uji laboratorium tersebut, parameter masih di atas baku mutu air limbah peternakan adalah COD dan BOD. Berdasarkan sampel yang digunakan, karakteristik fisik air limbah peternakan Pondok Pesantren KH. Kholil Mustajib mempunyai bau yang tidak sedap dan berwarna coklat pekat.
2. Berdasarkan hasil perhitungan perbandingan alternatif pengolahan, unit pengolah yang digunakan pada peternakan Pondok Pesantren KH. Kholil Mustajib dengan debit 10 m³/hari yaitu Bak Ekualisasi, Kolam Fakultatif, dan Kolam Maturasi
3. Rencana anggaran biaya yang dibutuhkan pada perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah Peternakan KH. Kholil Mustajib adalah Rp. 13.689.610 untuk unit bak ekualisasi, Rp. 161.254.032 untuk kolam fakultatif, Rp. 139.165.174 untuk kolam maturasi, dan total keseluruhan sebesar Rp. 314.108.816.
4. Pada saat awal pengoperasian IPAL, kolam fakultatif diisi penuh dengan air limbah mentah, kolam maturasi diisi penuh dengan air bersih bukan air limbah. Dipastikan tidak ada tanaman di sekitar kolam fakultatif-maturasi. Proses adaptasi awal kolam fakultatif-maturasi 3-4 minggu, selama proses ini dilakukan analisis kandungan organik dalam air limbah setiap minggu, untuk memastikan kolam fakultatif maturasi siap dioperasikan secara normal. Pengurasan lumpur pada bak ekualisasi dilakukan pada saat lumpur sudah pada kapasitas maksimal, pengurasan kolam fakultatif dilakukan 3-5 tahun sekali. Proses

pengurusan lumpur kolam fakultatif sebaiknya tidak menggunakan alat berat seperti ekskavator

7.2 Saran

Berdasarkan uraian di atas, awal pengoperasian IPAL perlu diperhatikan poin penting yang dapat mempengaruhi efektivitas operasional. Kemudian pada proses perawatan dan pemeliharaan IPAL, harus dilakukan secara rutin untuk mencapai operasional IPAL yang maksimal.



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

DAFTAR PUSTAKA

- Aji, D. W. (2013). Evaluasi Dan Perencanaan Ulang Sistem Pengolahan Air Limbah RSUD DR Harjono Ponorogo.
- Anhar, A., Dewi, E., & Purnamasari, I. (2021). Proses Pengolahan Air Pada Tangki Klarifier ditinjau dari Laju Alir dan Konsentrasi Koagulan di PLTG Borang. *Jurnal Pendidikan Dan Teknologi Indonesia*, 1(8), 315–320. <https://doi.org/10.52436/1.jpti.77>
- 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.
- Beyond Discovery. (2022). Stabilization Ponds - WasteWater Treatment. <https://www.beyonddiscovery.org/wastewater-treatment/stabilization-ponds.html>
- Bintang, Y. K., Chandrasasi, D., & Haribowo, R. (2019). Studi Efektifitas Dan Kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah (Ipal) Pada Peternakan Sapi Skala Rumah Tangga. *Jurnal Teknik Pengairan*, 10(1), 51–58. <https://doi.org/10.21776/ub.pengairan.2019.010.01.5>
- Blum, C., Verdaguer, M., Monclús, H., & Poch, M. (2020). A new optimization model for wastewater treatment planning with a temporal component. *Process Safety and Environmental Protection*, 136, 157–168. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2019.12.034>
- Dinas Lingkungan Hidup Kota Surabaya. (2015). Petunjuk Teknis Pengelolaan Limbah Cair Kegiatan Perhotelan PEMERINTAH KOTA SURABAYA. *Dinas Lingkungan Hidup Kota Surabaya*.
- Dirjen Cipta karya. (2013). Buku a Panduan Perencanaan Teknik Terinci Bangunan Pengolahan Lumpur Tinja. 1–237.
- Dirjen Cipta Karya. (2018). Penjelasan Umum Sop Administrasi Uptd Pengelola Air Limbah Domestik (UPTD PALD).

- Djoharama, V., Rianib, E., & Yanic, M. (2018). Analisis kualitas Air Dan Daya Tampung Beban Pencemaran Sungai Pesanggrahan Di Wilayah Provinsi DKI Jakarta. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam Dan Lingkungan*, 8(1), 127–133. <https://doi.org/10.29244/jpsl.8.1.127-133>
- Fauziyah, F. (2017). Uji Pengaruh Limbah Cair Peternakan Sapi Terhadap Tanah Dan Tanaman Jagung (*Zea Mays L*) Yang Dialiri Limbah (Studi Kasus Pada Pt. Greenfields Indonesia) Oleh: *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952.
- Gede Ratna Juliasih, N. L., & Fadlya Amha, R. (2019). Analisis Cod, Do, Kandungan Posfat Dan Nitrogen Limbah Cair Tapioka. *Analit: Analytical and Environmental Chemistry*, 4(01), 65–72. <https://doi.org/10.23960/aec.v4.i1.2019.p65-72>
- Gresik, D. P. (2021). Standar Harga Satuan Bahan Bangunan/Material, Upah Kerja Dan Sewa Alat Serta Pedoman Analisa Harga Satuan Pekerjaan Dan Harga Satuan Bangunan Gedung Negara, Kabupaten Gresik Semester II Tahun Anggaran 2021. 251.
- Harahap, R. H. (2020). Hukum Pengolahan Air Tinja Menggunakan Teknologi Menjadi Layak Konsumsi Menurut Fatwa MUI (Studi Kasus PDAM Tirtanadi Cabang Tuasan Medan).
- Hariyani, N., & Sarto, S. (2018). Evaluasi penggunaan bio filter anaerob-aerob untuk meningkatkan kualitas air limbah rumah sakit Evaluasi penggunaan bio filter anaerob-aerob to increase the quality of hospital wastewater. *Berita Kedokteran Masyarakat*, 34(5), 199–204.
- Hasanah, U., Mukaromah, A. H., & Sitomurni, D. H. (2019). Perbandingan Metode Analisis Permanganometri Dan Bikromatometri Pada Penentuan Kadar Chemical Oxygen Demand (COD). *Prosiding Mahasiswa Seminar Nasional Unimus*, 2, 59–62.
- Hastutiningrum, S., & Purnawan. (2017). Pra-Rancangan Instalasi Pengolahan Air Limbah (Ipal) Industri Batik (Studi Kasus Batik Sembung, Sembungan Rt.31/Rw.14, Gulurejo, Lendah, Kulonprogo). *Eksergi*, 14(2), 52–62.

<https://doi.org/10.31315/e.v14i2.2148>

- Kementrian Pekerjaan Umum. (2011). Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 11/PRT/M/2013 tentang Pedoman Analisis Harga Satuan Pekerjaan Bidang Pekerjaan Umum. *11*, 679.
- Kurniawan, A. (2017). Analisa Kadar Amonia (NH₃) pada Limbah Cair Outlet Pabrik Karet Secara Salisilat Menggunakan Spektrofotometer Visible Portabel DR/2010. Universitas Sumatera Utara Medan.
- Mahatyanta, A. (2016). Perencanaan Desain Alternatif Ipal Dengan Teknologi Anaerobic Baffled Reactor Dan Anaerobic Filter Untuk Dengan Teknologi Anaerobic Baffled.
- Metcalf, & Eddy, I. (2003). *Wastewater Engineering : Treatment and Reuse* (4th Editio). McGraw-Hill Companies, Inc.
- Mulyani, N., & Solikhin, M. (2021). Perencanaan Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (Iplt) Babakan Karet Kabupaten Cianjur Menggunakan Kolam Stabilisasi Tahun 2017. *Jurnal Teknologi Dan Pengelolaan ...*, 5(September), 24–39. <https://www.jurnal.pelitabangsa.ac.id/index.php/jtpl/article/view/488>
- Novita, E., Suryaningrat, I. B., Daniati, E., Pertanian, J. T., Pertanian, F. T., & Jember, U. (2018). *Potensi Penerapan Produksi Bersih di Peternakan Sapi Perah... Jurnal Agroteknologi Vol. 12 No. 02 (2018). 12(02).*
- Pasetia, A. T., Nurkhasanah, S. D., Sudarminto, H. P., Kimia, J. T., Malang, P. N., Soekarno, J., & No, H. (2020). *PROSES PENGOLAHAN DAN ANALISA AIR LIMBAH INDUSTRI DI INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH (IPAL)*. 6(9), 491–498.
- Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya. (2013). *Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya.*
- PERMEN PUPR No. 04/PRT/M/. (2017). Penyelenggaraan Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik.

- Qasim, S. R. (1999). *Wastewater Treatment Plants*. Technomic Publishing.
- Rahayu, D., & JAR, N. R. (2019). Penurunan Kadar Cod, Tss, Dan $\text{NH}_3\text{-N}$ Pada Air Limbah Rumah Potong Hewan Dengan Proses Biofilter Anaerob-Aerob Menggunakan Media Bioball. *Jurnal Purifikasi*, 19(1), 25–36.
- Rose, G. D. (1999). Community-Based Technologies for Domestic Wastewater Treatment and Reuse: Options for Urban Agriculture. *Cities Feeding People Series, XXVI*, 82.
- Rosidi, M., & Razif, M. (2017). Perancangan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Industri Kertas Halus. *Jurnal Teknik ITS*, 6(1), 40–43. <https://doi.org/10.12962/j23373539.v6i1.21802>
- Said, N. I. (2006). Daur Ulang Air Limbah (Water Recycle) Ditinjau Dari Aspek Teknologi, Lingkungan Dan Ekonomi. *Jurnal Air Indonesia*, 2(2), 100–131. <https://doi.org/10.29122/jai.v2i2.2300>
- Said, N. I. (2008). Pengolahan Air Limbah Domestik Di Jakarta. *Paper Knowledge . Toward a Media History of Documents*.
- Saputra, L. (2017). Pengaruh Limbah Peternakan Sapi Terhadap Kualitas Air Tanah Untuk Kebutuhan Air Minum (Studi Kasus Di Desa Singosari Kecamatan Mojosongo Kabupaten Boyolali Tahun 2017). *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.
- Sari, E. D. A. (2018). Kandungan Limbah Cair Berdasarkan Parameter Kimia di Inlet dan Outlet Rumah Potong Hewan (Studi di Rumah Potong Hewan Kecamatan Kaliwates Kabupaten Jember). Universitas Jember.
- Simanjuntak, N. A. M. B. (2020). Perancangan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Pada Industri Pembuatan Tahu. 1–50.
- Tilley, E., Ulrich, L., Lüthi, C., Reymond, P., & Zurbrügg, C. (2014). *Compendium of Sanitation Systems and Technologies*. 2nd Revised Edition. February 2016, 180. www.sandec.ch/compendium