OPTIMALISASI INSTALASI *MODULAR SEWAGE SYSTEM* 6000 KELURAHAN MERGOSONO KECAMATAN KEDUNGKANDANG KOTA MALANG

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk melengkapi syarat mendapatkan gelar sarjana Teknik (S.T) pada program studi Teknik Lingkungan

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

Disusun Oleh:

Muhammad Jauhar F. A

H75217059

PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA

2022

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : Muhammad Jauhar Firmansyah Arifin

NIM : H75217059

Program Studi : Teknik Lingkungan

Angkatan : 2017

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan plagiat dalam penulisan tugas akhir saya yang berjudul "OPTIMALISASI INSTALASI *MODULAR SEWAGE SYSTEM 6000* KELURAHAN MERGOSONO KECAMATAN KEDUNGKANDANG KOTA MALANG". Apabila suatu saat ini terbukti saya telah melakukan tindakan plagiat, maka saya bersedia menerima sanksi yang telah ditetapkan.

Demikian pernyataan keaslian ini saya buat dengan sebenar benarnya.

Surabaya, 17 Januari 2022

Yang menyatakan

(Muhammad Jauhar F. A)

NIM H75217059

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir Oleh,

NAMA : Muhammad Jauhar Firmansyah Arifin

NIM : H75217059

JUDUL : Optimalisasi *Modular Sewage System 6000* Kelurahan Mergosono Kecamatan Kedungkandang Kota Malang

Ini telah diperiksa dan disetujui untuk diujikan.

Surabaya, 30 Desember 2021

Dosen Pembimbing I	**Dosen Pembimbing II**
(Dyah Ratri Nurmaningsih, M.T)	(Sulistiya Nengse, M.T)
NIP. 198503222014032003	NIP. 199010092020122019

PENGESAHAN TIM PENGUJI TUGAS AKHIR

Tugas Akhir Muhammad Jauhar Firmansyah Arifin ini telah dipertahankan di depan Tim Penguji Tugas Akhir

Surabaya, 13 Januari 2022

Mengesahkan
Dewan Penguji

Dosen Penguji I	Dosen Penguji II
Dyah Ratri Nurmaningsih, M.T	**Sulistiya Nengse, M.T**
NIP. 198503222014032003	NIP. 199010092020122019

Dosen Penguji III	Dosen Penguji IV
Arqowi Pribadi, M.Eng	**Teguh Taruna Utama, ST, MT**
NIP. 198701032014031001	NIP. 201603319

Mengetahui,
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sunan Ampel Surabaya

Prof. Dr. Hj. Evi Fatimatur Rusydiyah, M. Ag
NIP. 197312272005012003

KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
PERPUSTAKAAN
Jl. Jend. A. Yani 117 Surabaya 60237 Telp. 031-8431972 Fax.031-8413300
E-Mail: perpus@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 : Muhammad Jauhar Firmansyah Arifin
NIM : H75217059
Fakultas/Jurusan : Sains dan Teknologi/Teknik Lingkungan
E-mail address : jauhararif12@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 :
Optimalisasi Instalasi *Modular Sewage System 6000* Kelurahan Mergosono Kecamatan Kedungkandang Kota Malang

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

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

Demikian pernyataan ini yang saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, 17 Januari 2022
Penulis

(Muhammad Jauhar F. A)

ABSTRAK

OPTIMALISASI INSTALASI *MODULAR SEWAGE SYSTEM 6000* KELURAHAN MERGOSONO KECAMATAN KEDUNGKANDANG KOTA MALANG.

Pengolahan air limbah harus sesuai dengan peruntukannya, jika peruntukan awal tidak sesuai dengan kondisi lapangan yang berjalan dapat diindikasikan bahwa pengolahan tidak berjalan optimal, banyak faktor yang menjadi penentu tidak optimalnya suatu pengolahan seperti faktor sosial, budaya, ekonomi dan regulasi. Salah satu instalasi pengolahan yang tidak berjalan optimal ialah *modular sewage system 6000* Kelurahan Mergosono Kecamatan Kedungkandang Kota Malang. Hasil uji parameter yang dilakukan oleh penulis menunjukkan bahwa e*ffluent* air limbah dari instalasi *modular sewage system* 6.000 di atas baku mutu PERMEN LHK No 68 Tahun 2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik. Parameter yang masih di atas baku mutu antara lain: kadar BOD (*Biological Oxygen Demand)* sebesar 163,9 mg/l, kadar COD *(Chemical Oxygen Demand)* sebesar 162,3 mg/l. Dari angka tersebut perlu dilakukan evaluasi dan analisis terhadap masing-masing unit pada IPAL MSS 6000 kemudian dilakukan optimalisasi unit pengolahan pada unit yang tidak sesuai peruntukannya agar kinerja pengolahan dapat berjalan secara optimum. Optimalisasi yang dilakukan oleh penulis ialah penambahan *blower* air atau *aerator* pada unit UASB sehingga dalam unit UASB terjadi proses pengolahan kombinasi *anaerob-aerob* sehingga efisiensi *removal* berjalan optimal dengan waktu detensi 55,2 jam. Batas jumlah penduduk yang dilayani sebesar 1560 jiwa. Nilai *effluent* BOD dan COD setelah optimalisasi dengan penambahan *aerator* sebesar 30 mg/l dan 95,4 mg/l dimana nilai tersebut sudah memenuhi standar baku mutu PERMEN LHK No 68 Tahun 2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik dimana *effluent* BOD tidak lebih dar 30 mg/l dan *effluent* COD tidak lebih dari 100 mg/l.

Kata Kunci: Air Limbah Domestik, *Upflow anaerobic sludge blanket*, *Aerator*

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

ABSTRACT

OPTIMIZATION OF INSTALLATION OF MODULAR SEWAGE SYSTEM 6000 MERGOSONO URBAN VILLAGE, KEDUNGKANDANG DISTRICT, MALANG CITY.

Wastewater treatment must be in accordance with its designation, if the initial designation is not in accordance with current field conditions, it can be indicated that the treatment is not running optimally, many factors determine the non-optimal treatment of a treatment such as social, cultural, economic and regulatory factors. One of the processing installations that are not running optimally is the modular sewage system 6000, Mergosono Village, Kedungkandang District, Malang City. The results of parameter tests carried out by the authors show that the effluent of wastewater from the modular sewage system installation is 6,000 above the quality standard of PERMEN LHK No 68 of 2016 concerning Domestic Wastewater Quality Standards. Parameters that are still above the quality standard include: BOD (Biological Oxygen Demand) level of 163.9 mg/l, COD (Chemical Oxygen Demand) level of 162.3 mg/l. From this figure, it is necessary to evaluate and analyze each unit in the MSS 6000 WWTP and then optimize the processing unit on the unit that is not in accordance with its designation so that the processing performance can run optimally. The optimization carried out by the author is the addition of a water blower or aerator in the UASB unit so that the anaerobic-aerobic combination processing occurs in the UASB unit so that the removal efficiency runs optimally with a detention time of 55.2 hours. The limit on the number of people served is 1560 people. BOD and COD effluent values after optimization with the addition of aerators of 30 mg/l and 95.4 mg/l where these values already meet the quality standards of PERMEN LHK No 68 of 2016 concerning Domestic Wastewater Quality Standards where the effluent BOD is not more than 30 mg /l and effluent COD not more than 100 mg/l.

Keywords: *Domestic Wastewater, Upflow Anaerobic Sludge Blanket, Aerator*

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN i

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING ii

LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI iii

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI iv

ABSTRAK v

DAFTAR ISI vii

DAFTAR TABEL x

BAB I PENDAHULUAN 1

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Identifikasi Masalah 4

1.3 Pembatasan Masalah 4

1.4 Rumusan masalah 5

1.5 Tujuan Penelitian 5

1.6 Manfaat Penelitian 6

BAB II TINJAUAN PUSTAKA 7

2.1 Pengertian Air Limbah 7

2.2 Sumber Air Limbah 8

2.2.1 Kegiatan Rumah Tangga 8

2.2.2 Industri 9

2.3 Sistem Penyaluran Pada Air Limbah Domestik 9

2.3.1 Sistem Pengolahan Air Limbah Setempat 9

2.3.2 Sistem Pengolahan Air Limbah Terpusat 10

2.4 Instalasi Pengolahan Air Limbah 12

2.4.1 Pengolahan Fisik 12

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

2.4.2 Pengolahan Biologi 17
2.4.3 Pengolahan Kimiawi 26
2.5 Penelitian Terdahulu 29
BAB III METODOLOGI PELAKSANAAN 38
3.1 Waktu Pelaksanaan 38
3.2 Lokasi Pelaksanaan 38
3.3 Kerangka Pikir 40
3.4 Tahapan dan Metode Penelitian 41
3.4.1 Tahapan Persiapan 42
3.4.2 Tahapan Pelaksanaan 42
3.4.3 Tahapan Pengolahan Data 44
BAB IVGAMBARAN UMUM 49
4.1 Gambaran Umum *Modular Sewage System 6000* 49
4.2 Gambaran Rencana Lokasi 50
4.3 Fasilitas Penunjang 54
4.4 Kondisi Existing 54
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN 56
5.1 Kualitas Effluent IPAL MSS 6000 56
5.1.1 Hasil Analisis Laboratorium Karateristik Air limbah *influent mss 6000 / influent* unit *upflow anaerobic sludge blanket* (UASB) 56
5.1.2 Hasil Analisis Laboratorium karateristik Air limbah *Effluent mss 6000 / Effluent* unit *Cascade Aeration* 58
5.1.3 Efisiensi Pengolahan IPAL MSS 6000 60
5.2 Evaluasi Kinerja Pengolahan IPAL MSS 6000 75
5.3 Optimalisasi IPAL *Modular Sewage System 6000* 82

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

5.3.1 Perhitungan Debit air limbah 82
5.3.2 Alternatif Optimalisasi Unit Pengolahan UASB 84
5.3.3 Mass Balance 89
BAB VI KESIMPULAN 91
6.1 Kesimpulan 91
6.2 Saran 92
DAFTAR PUSTAKA 93
LAMPIRAN I 96
LAMPIRAN II 101
LAMPIRAN III 119

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kriteria Desain *Bar Screen* 13
Tabel 2. 2 Kriteria Desain *Grit Chamber* 14
Tabel 2. 3 Kriteria Desain Bak Sedimentasi Primer 15
Tabel 2. 4 Kriteria Desain *Sludge Drying Bed* 17
Tabel 2. 5 Persentase Efisiensi Perpindahan Gas Berdasarkan Tinggi Undakan. 19
Tabel 2. 6 Kriteria desain *Tricking Filter* 19
Tabel 2. 7 Kriteria Desain Kolam Anaerobik 21
Tabel 2. 8 Kriteria desain *Anaerobic Baffled Reactor* 21
Tabel 2. 9 Kriteria Desain *Upflow anaerobic sludge blanket* 23
Tabel 2. 10 Kriteria Desain *Upflow Anaerobic Baffled Filter* 25
Tabel 3. 1 Metode Pengumpulan Data Sekunder 42
Tabel 3. 2 Metode Pengumpulan Data Primer 43
Tabel 5. 1 Hasil Uji Karakteristik Air Limbah *Influent MSS 6000/Influent UASB* 56
Tabel 5. 2 Hasil Uji Karakteristik Air Limbah *Effluent UASB* 57
Tabel 5. 3 Hasil Uji Karakteristik Air Limbah *Effluent MSS 6000* 59
Tabel 5. 4 Efisiensi *removal* Ph Pada Tiap Unit 63
Tabel 5. 5 Efisiensi *Removal* BOD Tiap Unit 64
Tabel 5. 6 *Efisiensi Removal* COD Tiap Unit 66
Tabel 5. 7 *Efisiensi Removal* TSS Tiap Unit 69
Tabel 5. 8 *Efisiensi Removal* Amonia Tiap Unit 71
Tabel 5. 9 *Efisiensi Removal* Minyak & Lemak Tiap Unit 72
Tabel 5. 10 Total Coliform Tiap Unit 75
Tabel 5. 11 Evaluasi Kriteria Desain Bar screen 76
Tabel 5. 12 Evaluasi Kriteria Desain *Upflow anaerobic sludge blanket* 78
Tabel 5. 13 Evaluasi Kriteria Desain *Cascade Aerator* 80
Tabel 5. 14 *Mass Balance* Optimalisasi Ipal MSS 6000 89

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 *Bar Screen* 14
Gambar 2. 2 *Unit Upflow anaerobic sludge blanket* 24
Gambar 2. 3 Faktor Utama dalam Penyisihan Mikroorganisme Patogen Dalam Unit Desinfeksi 28
Gambar 3. 1 Lokasi Perencanaan 39
Gambar 3. 2 Diagram Kerangka Pikir Perencanaan 40
Gambar 3. 3 Diagram Alir Pelaksanaan 41
Gambar 3. 4 Nilai Faktor Puncak Air Buangan 44
Gambar 3. 5 Nilai Infiltrasi Pucak 45
Gambar 4. 2 Layout Instalasi 53
Gambar 5. 1 *Nilai pH Influent Modular Sewage System 6000* 61
Gambar 5. 2 *Nilai pH Effluent Upflow anaerobic sludge blanket* 61
Gambar 5. 3 *Nilai pH Effluent Modular Sewage System 6000* 61
Gambar 5. 4 *Nilai pH MSS 6000* 62
Gambar 5. 5 *Konsentrasi BOD MSS 6000* 64
Gambar 5. 6 Konsentrasi COD MSS 6000 66
Gambar 5. 7 Konsentrasi TSS MSS 6000 68
Gambar 5. 8 Konsentrasi Amonia (NH3) MSS 6000 70
Gambar 5. 9 Konsentrasi Minyak dan Lemak MSS 6000 72
Gambar 5. 10 Konsentrasi *Total Coliform* MSS 6000 74

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air Limbah Domestik menurut Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan tahun melalui Peraturan Pemerintah Tahun 2016 adalah air buangan atau residu yang bersumber dari berbagai aktivitas atau kegiatan rumah tangga. Sumber air limbah domestik antara lain kakus, urin, cuci pakaian, kamar mandi peralatan dapur dan peralatan makanan dan minuman yang mengandung residu. Penduduk Indonesia pada umumnya menggunakan sistem pengolahan air limbah rumah tangga setempat atau lebih dikenal dengan istilah *on site* berupa tangki septik. Dalam pengaplikasiannya tangki septik kerap tidak memenuhi standar teknis sehingga sering terjadi kebocoran tangki septik yang mengakibatkan tercemarnya lingkungan sekitar. Untuk mengontrol dan mengawasi program sanitasi, pemerintah melakukan upaya dengan sistem pengolahan terpusat (*off* site) yang terbagi menjadi 3 macam yakni skala permukiman, skala perkotaan dan skala kawasan tertentu (Direktorat Pengembangan Penyehatan Lingkungan, 2016).

Perlu perlakuan khusus untuk pengolahan air limbah domestik apabila ternyata ada kandungan senyawa pencemar yang dapat menyebabkan kerusakan sehingga kualitas lingkungan sekitar menurun. Sama halnya dengan limbah domestik, jika pengolahan limbah domestik tidak tepat dengan kebutuhan maka akan mengakibatkan potensi pencemar pada lingkungan terutama badan air dikarenakan air buangan yang dibuang masih belum memenuhi standar baku mutu yang dikeluarkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Perhutanan melalui Peraturan Menteri Nomor 68 Tahun 2016 Tentang baku mutu air limbah domestik. Kualitas air limbah dapat menunjukan spesifikasi air limbah yang diukur dari jumlah kandungan bahan pencemar. Semakin kecil konsentrasi parameter maka peluang pencemaran lingkungan semakin kecil (Pratiwi, 2019). Hal tersebut merupakan upaya agar kualitas

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

suatu lingkungan tidak tercemar, hal ini sesuai dengan ayat Al-Quran dibawah ini:

وَلَا تُطِيعُوٓاْ أَمۡرَ ٱلۡمُسۡرِفِينَ
ٱلَّذِينَ يُفۡسِدُونَ فِي ٱلۡأَرۡضِ وَلَا يُصۡلِحُونَ

Arti dari surat Asy-Syu'ara ayat 151-152 ialah "Dan janganlah kalian menaati perintah orang-orang yang melewati batas yang membuat kerusakan di muka bumi dan tidak mengadakan perbaikan."

Pemerintah telah melakukan upaya peningkatan kualitas permukiman, salah satu upaya yang dilakukan ialah dengan adanya sarana pelayanan Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) yang berfungsi untuk mengolah air limbah tinja domestik maupun non domestik agar permasalahan lingkungan dapat diminimalisir, pengolahan lumpur tinja domestik dibagi menjadi dua yakni pengolahan setempat atau *on site* dan pengolahan terpusat atau *off site*. Pengolahan dengan sistem setempat umumnya menggunakan tangki septik, dalam tangki septik terjadi pengolahan secara biologis oleh bakteri pengurai akan tetapi pengolahan dari tangki septik masih belum memenuhi baku mutu (Singga, 2019) oleh sebab itu perlu adanya layanan IPLT, layanan penyedotan lumpur tinja biasanya melayani dari unit pengolahan limbah tinja misalnya tangki septik dan cubluk tunggal atau endapan lumpur dari *underflow* unit pengolahan lainnya, sedangkan pengolahan terpusat umumnya menggunakan jaringan pipa dan unit pengolahan air limbah. *Effluent* dari pengolahan adalah air dan lumpur, air *effluent* yang memenuhi baku mutu dapat dibuang secara langsung ke badan air atau dapat dimanfaatkan sebagai irigasi sedangkan lumpur umumnya diolah menjadi lumpur kering atau istilah lainnya ialah *cake*, lumpur kering mengandung nutrisi yang bagus untuk tanaman sehingga pemanfaatan yang disarankan ialah sebagai pupuk tanaman (Direktorat Jenderal Cipta Karya, 2017)

Jumlah penduduk Kota Malang pada tahun 2020 sebesar 874.890 jiwa dengan pertumbuhan penduduk sebesar 4,3% pertahunnya (BPS Kota malang,

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

2020). Dengan populasi penduduk yang meningkat setiap tahunnya maka jumlah limbah domestik yang dihasilkan dapat disimpulkan berbanding lurus dengan peningkatan jumlah penduduk, pemerintah Kota Malang melalui Dinas Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat sudah mempunyai instalasi pengolahan air limbah tinja sejak tahun 1998 dan dua instalasi *Modular Sewage System* yang bertempat di Kecamatan Mergosono dengan kapasitas 6.000 kepala keluarga dan 10.000 kepala keluarga.

Pengolahan air limbah harus sesuai dengan peruntukannya, jika peruntukan awal tidak sesuai dengan kondisi lapangan yang berjalan dapat diindikasikan bahwa pengolahan tidak berjalan optimal, banyak faktor yang menjadi penentu tidak optimalnya suatu pengolahan seperti faktor sosial, budaya, ekonomi dan regulasi. Salah satu instalasi pengolahan yang tidak berjalan optimal ialah *modular sewage system 6000* Kelurahan Mergosono Kecamatan Kedungkandang Kota Malang. Hasil uji parameter yang dilakukan oleh Dinas Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Kota Malang (2020) menunjukkan bahwa nilai e*ffluent* air limbah dari instalasi *modular sewage system* 6.000 masih melebihi standar baku mutu yang dikeluarkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup melalui Peraturan Menteri No 68 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik. Parameter tersebut antara lain: kadar BOD (*Biological Oxygen Demand)* sebesar 61,93 mg/l, kadar COD *(Chemical Oxygen Demand)* sebesar 212,9 mg/l, dan amonia (NH3) sebesar 18,61 mg/l. Berdasarkan hal tersebut, dapat ditarik kesimpulan bahwa kinerja instalasi *modular sewage system* 6.000 Kelurahan Mergosono Kecamatan Kedungkandang Kota Malang belum optimal, kesimpulan tersebut diperkuat oleh Hendriarianti tahun 2015 yang menyatakan bahwa unit *upflow anaerobic sludge blanket* (UASB) menyisihkan removal BOD dan COD sebesar 18,35% dan 33,74% yang seharusnya me-*removal* sebesar 50-80% sesuai dengan panduan Direktorat Jenderal Cipta Karya, 2017. Oleh sebab itu, penulis merasa perlu adanya evaluasi lanjut untuk mengetahui apakah tiap unit di instalasi berjalan optimal sehingga dapat menjadi judul perencanaan Optimalisasi Instalasi *Modular Sewage System* 6.000 Kelurahan Mergosono Kecamatan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Kedungkandang Kota Malang agar e*ffluent* air limbah dari instalasi memenuhi baku mutu.

1.2 Identifikasi Masalah

Identifikasi permasalahan yang diteliti dalam penyusunan tugas akhir antara lain:

1. Hasil uji yang dilakukan oleh Dinas Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Kota Malang diketahui bahwa kadar BOD (*Biological Oxygen Demand)* sebesar 61,93 mg/l, kadar COD *(Chemical Oxygen Demand)* sebesar 212,9 mg/l, dan amonia (NH3) sebesar 18,61 mg/l masih melebihi standar baku mutu yang dikeluarkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan melalui Peraturan Menteri No 68 tentang baku mutu air limbah domestik.
2. Unit pengolahan air limbah domestik pada instalasi *modular sewage system 6000* belum optimal, dapat dilihat dari beberapa parameter air limbah domestik masih melebihi standar baku mutu. Sehingga perlu adanya evaluasi efektivitas sistem IPAL yang telah berjalan dan menjadi bahan pertimbangan untuk optimalisasi instalasi *Modular Sewage System* 6000 Kelurahan Mergosono Kecamatan Kedungkandang Kota Malang.

1.3 Pembatasan Masalah

Pembatasan masalah pada tugas akhir ini mengevaluasi sistem *Modular Sewage System* 6000 Kelurahan Mergosono Kecamatan Kedungkandang Kota Malang sebagai berikut:

1 Uji Parameter air limbah antara lain: pH, COD, BOD, Minyak lemak, Total *Coliform*, dan Amonia.

2 Uji parameter dilakukan pada unit *influent* UASB, *influent cascade aeration*, dan *effluent* IPAL.

3 Evaluasi dilakukan terhadap seluruh unit di *Modular Sewage System* 6000 Kelurahan Mergosono Kecamatan Kedungkandang Kota Malang, antara lain: unit *bar screen*, *filter anaerob*, *cascade aeration*, dan bak pengering.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

4 Optimalisasi meliputi perhitungan daya *aerator* yang digunakan dalam unit yang tidak optimal.

1.4 Rumusan masalah

Rumusan masalah didapatkan melalui analisa dari uraian pembatasan masalah sehingga rumusan masalah didapat sebagai berikut:

1. Bagaimana kualitas *effluent* dari unit instalasi *Modular Sewage System* 6000 Kelurahan Mergosono Kecamatan Kedungkandang Kota Malang kemudian dibandingkan dengan standar baku mutu yang dikeluarkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan melalui Peraturan Menteri No 68 tentang baku mutu air limbah domestik?
2. Bagaimana evaluasi kinerja unit instalasi *Modular Sewage System* 6000 Kelurahan Mergosono Kecamatan Kedungkandang Kota Malang?
3. Bagaimana optimalisasi *Modular Sewage System* 6000 Kelurahan Mergosono Kecamatan Kedungkandang Kota Malang?

1.5 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui kualitas *effluent* dari unit instalasi *modular sewage system 6000* Kelurahan Mergosono Kecamatan Kedungkandang Kota Malang kemudian dibandingkan dengan standar baku mutu yang dikeluarkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan melalui Peraturan Menteri No 68 tentang baku mutu air limbah domestik.
2. Mengevaluasi kinerja unit instalasi *modular sewage system 6000* Kelurahan Mergosono Kecamatan Kedungkandang Kota Malang
3. Mengetahui hasil optimalisasi *modular sewage system* 6000 Kelurahan Mergosono Kecamatan Kedungkandang Kota Malang.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

1.6 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan beragam manfaat seperti berikut:

1. Manfaat Teoritis

   Harapan dari penelitian ini ialah untuk memberikan manfaat atau sumbangsih untuk penelitian-penelitian selanjutnya yang selaras dengan tema penelitian demi pengembangan ilmu pengetahuan.

2. Manfaat Praktis

   a. Bagi Penulis

      Menambah wawasan mengenai hal yang berhubungan dengan teori di bangku perkuliahan dan penerapannya di lapangan.

   b. Bagi Instansi Terkait

      Pedoman melaksanakan kegiatan operasional instalasi *modular sewage system* 6000 Kelurahan Mergosono Kecamatan Kedungkandang Kota Malang yang sesuai untuk meningkatkan kinerja instalasi.

   c. Bagi Masyarakat

      Menambah pemahaman terkait pentingnya instalasi pengolahan lumpur tinja yang berjalan saat ini.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Air Limbah

Air limbah ialah cairan residu yang berasal dari beragam sumber seperti: rumah tangga, industri maupun tempat umum lainnya yang berpotensi menurunkan kualitas lingkungan sehingga membahayakan keberlangsungan hidup manusia mapupun mahluk hidup lainnya, hal tersebut dikarenakan kandungan dari air limbah bersifat merugikan jika tidak diolah dengan baik dan benar sesuai dengan kebutuhan (Pratiwi, 2019). Sedangkan menurut Asadiya (2018) menyatakan bahwa air limbah ialah residu dari aktivitas mahluk hidup. Sedangkan, menurut PERMEN RI No. 82 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air dijelaskan bahwa air limbah ialah residu atau sisa berupa cairan dari segala bentuk aktivitas atau kegiatan rumah tangga. Dalam KEPMEN LH No 112 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik Tahun 2003 disebutkan bahwa pengertian air limbah domestik ialah air sisa yang berasal dari segela bentuk usaha atau kegiatan permukiman, perkantoran, pemukiman, asrama, apartemen dan perkantoran.

Paradigma masyarakat tentang air limbah perlahan menuju pada sisi positif yakni menganggap air limbah sebagai sumber air, dikarenakan kandungan dari air limbah sebagian besar adalah air. Di masa yang akan datang sumber daya air, distribusi konvensional maupun non konvensional, air limbah akan direncanakan melalui pengolahan terpusat atau lebih dikenal dengan istilah *off site* (Salgot & Folch, 2018). Akan tetapi kekhawatiran akan kesehatan masyarakat dan proteksi lingkungan masih menjadi permasalahan di beberapa daerah di Indonesia, sehingga hal tersebut menjadi persoalan pemerintah maupun perorangan untuk pengolahan limbah yang baik dan tepat, paradigma tentang limbah adalah sisa buangan yang harus dibuang adalah keliru, nyatanya dewasa ini banyak teknologi yang memanfaatkan limbah sebagai bahan baku produksinya, seperti contohnya limbah lumpur tinja yang dimanfaatkan sebagai pupuk atau sumber daya air untuk produksi pertanian.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Oleh karena itu dengan pemilihan teknologi yang tepat tidak menutup kemungkinan untuk meresirkulasi limbah sebagai sumber daya yang berpotensi (Stazi & Tomei, 2018).

2.2 Sumber Air Limbah

Data mengenai sumber air limbah berguna untuk menentukan jumlah rata-rata air limbah dari beragam sumber seperti perumahan, industri dan aliran tanah yang ada disekitar. Perkiraan jumlah rata-rata air limbah dari berbagai sektor harus diperhitungkan terlebih dahulu agar saat pembangunan instalasi pengolahan air limbah sesuai dengan kebutuhan suatu sektor. Sumber air limbah beragam tergantung pada fungsi tempat yang dihuni, hal tersebut mengakibatkan perhitungan perkiraan kebutuhan air limbah berbeda-beda, berikut ialah sumber air limbah:

2.2.1 Kegiatan Rumah Tangga

Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 68 Tahun 2016, air limbah domestik ialah residu dari kegiatan sehari-hari manusia yang berhubungan dengan pemakaian air. Sedangkan menurut Sugiharto (1987) adalah residu dari pemakaian air pemukiman atau rumah tangga yang berasal dari beragam sumber antara lain kamar mandi, kakus, tempat memasak dan tempat mencuci peralatan dapur. Volume dari air limbah domestik dapat diketahui dari 80% pemakaian air bersih rata-rata suatu daerah. Sebagai contoh jika pemakaian rata-rata air bersih suatu daerah sebesar 150 l/orang/hari, maka volume air limbah dapat diperkirakan sebesar 120 l/orang/hari. Volume dari air limbah domestik relatif besar sehingga pengolahan air limbah domestik harus dikelola dengan baik dan tepat sasaran sesuai kebutuhan. Air limbah domestik dikelompokkan menjadi 2 (dua) macam yakni *black water* dan *grey water*. Pengertian dari air limbah *black water* ialah residu pemakaian air yang berasal dari buangan hasil metabolisme manusia yang tidak dibutuhkan seperti kakus dan *urine*. Kakus manusia pada dasarnya

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

mengandung mikroba patogen yang berpotensi dapat menurunkan kualitas lingkungan sedangkan urine mengandung nitrogen (n) dan fosfor. Sedangkan pengertian *grey water* ialah residu dari pemakaian air dari rumah tangga seperti air cuci peralatan dapur, wastafel, dan kamar mandi (Darojat, 2018).

2.2.2 Industri

Jumlah air limbah yang berasal dari industri beragam, hal tersebut bergantung pada jenis dan skala industri, penggunaan air bersih, pengawasan pada proses industri dan pengolahan air limbah yang ada. Untuk penentuan jumlah air limbah dapat juga menggunakan pertimbangan bahwa 85-95% dari jumlah air bersih yang digunakan dalam industri ialah air limbah, akan tetapi jika industri memanfaatkan kembali sebagian air limbah yang telah melalui proses pengolahan maka jumlah air limbah dapat dikatakan lebih kecil (Gea, 2018).

2.3 Sistem Penyaluran Pada Air Limbah Domestik

Pengaplikasian sistem penyaluran pada air limbah domestik dibagi menjadi dua, yakni pengolahan setempat atau *on site* dan pengolahan secara terpusat atau *off site*.

2.3.1 Sistem Pengolahan Air Limbah Setempat

Sistem pengolahan air limbah setempat ialah sistem pembuangan dimana air limbah terkumpul pada tangki septik sampai kapasitas dari tangki penuh kemudian dilakukan penyedotan oleh pihak terkait untuk diolah kembali pada instalasi pengolahan lumpur tinja. Dari kedua sistem penyaluran air limbah tersebut terdapat kelebihan dan kekurangan dari masing-masing sistem. Berikut keuntungan dan kekurangan dari sistem pengolahan setempat: (Arsyad, 2015)

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Keuntungan dari sistem pengolahan air limbah setempat:

1. Biaya investasi relatif murah
2. Dapat direncanakan oleh setiap sektor atau pribadi.
3. Teknologi relatif sederhana sehingga memudahkan dalam perencanaan.
4. Biaya operasi dan pemeliharaan umumnya pribadi.

Kekurangan dari sistem pengolahan air limbah setempat:

1. Umumnya limbah dapur, kamar mandi dan cuci pakaian tidak terlayani.
2. Dapat menjadi sumber pencemar jika syarat-syarat teknis tangki septik tidak sesuai dengan kebutuhan

2.3.2 Sistem Pengolahan Air Limbah Terpusat

Sistem Pengolahan Air Limbah (SPAL) terpusat (*off site*) ialah sistem yang rangkaian pengolahannya membutuhkan pipa agar air limbah dapat tersalurkan dari rumah menuju instalasi pengolahan air limbah. SPAL umumnya terbagi menjadi 2 (dua) pelayanan yakni pelayanan yang melayani limbah *black water* dan pelayanan yang melayani limbah *grey water*, SPAL yang melayani limbah *black water* berasal dari air buangan seperti urine dan kakus sedangkan SPAL yang melayani limbah *grey water* berasal dari air buangan bekas cucian, kamar mandi, wastafel dan cuci dapur. Berikut keuntungan dan kekurangan dari sistem pengolahan terpusat (*off site)*: (Arsyad, 2015)

Keuntungan dari pengolahan air limbah dengan sistem terpusat adalah:

1. Umumnya menampung semua air limbah domestik.
2. Sesuai dengan daerah yang kepadatan penduduknya tinggi.
3. Dapat meminimalisir pencemaran air tanah.
4. Umur dari instalasi relatif lama.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Kerugian dari pengolahan air limbah dengan sistem terpusat adalah:

1. Memerlukan biaya investasi yang relatif tinggi
2. Memerlukan biaya operasinal dan pemeliharaan yang relatif tinggi
3. Perencanaanya tidak dapat dilakukan oleh individu.

Sistem Penyaluran Air Limbah ialah rangkaian sistem IPAL yang berfungsi sebagai sebagai penyalur air limbah yang berasal dari suatu kawasan rumah tangga atau industri. Sistem penyaluran air limbah umumnya mengaplikasikan penyaluran dengan sistem tertutup dengan serangkaian pipa yang menuju instalasi pengolahan air limbah. pembangunan instalasi pengolahan air limbah harus menyesuaikan dengan daerah pelayanan sehingga efisiensi pengolahan instalasi dapat berjalan optimal dan tepat sesuai kebutuhan (Octavianus & Slamet, 2017)

Menurut Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Kabupaten PIEDIE JAYA, 2008. Hal yang menjadi perhatian dalam mempertimbankan perencanaan *Detail Engineering Design* (DED) sistem penyaluran air limbah antara lain:

1. Sistem dari perpipaan direncanakan saluran tertutup, hal tersebut berguna agar terhidar dari berbagai macam gangguan di lingkungan sekitar.
2. Waktu pengaliran antara titik terjauh dengan lokasi pengolahan tidak lebih dari 18 jam, untuk menghindari proses terjadinya dekomposisi di dalam saluran.
3. Penyaluran mengandalkan sistem gravitasi, akan tetapi jika kontur daerah penyaluran beragam dapat memakai pompa bertekanan.
4. Daerah pelayanan harus dilalui jaringan sistem penyaluran.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

2.4 Instalasi Pengolahan Air Limbah

Proses dari pengolahan air limbah merupakan rangkaian instalasi yang terdiri dari komponen atau unit-unit yang bertjuan untuk mengolah kandungan organik atau anorganik pada air limbah sehingga hasil dari pengolahan air limbah layak dibuang ke lingkungan (Rahmawati, 2014). Sedangkan menurut PERMEN PUPR No 04 tentang Penyelenggaraan Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik tahun 2017, IPAL ialah bangunan air yang berfungsi sebagai pengolahan air limbah dari aktivitas atau kegiatan rumah tangga. Dalam proses pengolahan air limbah menjadi air yang layak dibuang ke lingkungan, proses yang terjadi adalah pengolahan fisik, biologi dan kimiawi. Berikut merupakan tahapan pengolahan fisik yang terdiri dari penyaringan, pengendapan, pengendapan dan pengeringan (*dewatering*) pada IPAL. Pengolahan biologi terbagi menjadi tiga bagian yakni pengolahan *aerob, anaerob,* dan pengolahan kombinasi antara *aerob* dan *anaerob*. Sedangkan pengolahan kimiawi merupakan pengolahan lanjutan yang berfungsi sebagai membunuh bakteri patogen dan stabilisasi lumpur tinja (Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2018).

2.4.1 Pengolahan Fisik

A. Penyaringan

Penyaringan merupakan proses awal pengolahan secara fisik yang bertujuan untuk menyisihkan padatan yang ikut terbawa dalam aliran air limbah berupa sampah, pasir, batu, krikil dan padatan tersuspensi lainnya. Beberapa teknologi yang biasanya diaplikasikan antara lain *bar screen* dan bak penyisih pasir (*grit chamber*).

1. Bar Screen

Bar screen merupakan unit pendahuluan dalam proses pengolahan air limbah, *bar screen* berfungsi sebagai penyaring sampah yang masuk dalam air limbah. *Bar screen* pada umumnya merupakan rangkaian baja yang didesain berjajar

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

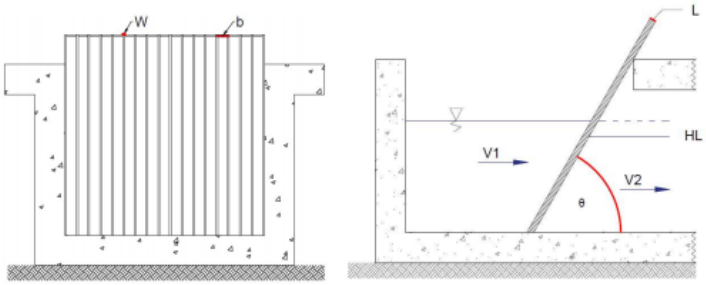
pada suatu aliran dengan jarak antara baja satu dengan lainnya (kisi) berkisar pada 20-50 mm dan memiliki kemiringan 45-60˚, ketebalan kisi antara 10-25 mm. Jenis bar screen dibedakan menjadi tiga macam yakni *bar screen* kasar, *bar screen* sedang dan *bar screen* halus, perbedaan antara ketiga jenis tersebut terletak pada jarak antar kisinya seperti contohnya *bar screen* halus (*fine screen*) memiliki jarak antar kisi sekitar 1,5 – 13 mm sedangkan *bar screen* sedang (*medium screen*) jarak antar kisi 13 – 25 mm dan *bar screen* kasar (*coarse screen*) jarak antar kisi 32 – 100 mm. *Bar screen* dengan jenis halus terbagi menjadi dua macam seperti *fixed screen* dan *movable screen* dimana jenis *bar screen* ini dapat menyisihkan padatan yang tersuspensi, lemak dan dapat meningkatan kadar oksigen yang terlarut *(Dissolve Oxygen level*) pada kandungan air limbah (Lestari, 2019). Kriteria desain dan gambar unit *bar screen* dapat dilihat pada Tabel 2.1 dan Gambar 2.1 berikut: (Direktorat Jenderal Cipta Karya, 2018)

Tabel 2. 1 Kriteria Desain *Bar Screen*

Parameter	Satuan	Nilai
Kemiringan *barr*	Derajat	45 – 60
Jarak antar kisi	mm	25 - 50
Kecepatan aliran pada bukaan	m/detik	0,3 - 0,6
Kehilangan tekanan	mm	150
Kehilangan tekanan max	mm	800

Sumber: Direktorat Jenderal Cipta Karya, 2018

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



Gambar 2. 1 *Bar Screen*
Sumber: Direktorat Jenderal Cipta Karya, 2017

2. *Grit Chamber*

Merupakan bangunan yang ditujukan untuk memisahkan padatan anorganik dan meminimalisir terjadinya akumulasi material anorganik pada proses pengolahan, meminimalisir penggunaan pompa yang berlebih, dapat menambah efisiensi penyisihan pada unit pemisah padatan dan cair lumpur. Jenis *Grit chamber* pada umumnya antara lain *aerated grit chamber, grit chamber, horizontal flow* dan *vortex grit chamber* (Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2018). Kriteria desain unit *horizontal-flow grit chamber* dapat dilihat pada Tabel 2.2 berikut:

Tabel 2. 2 Kriteria Desain *Grit Chamber*

Parameter	Satuan	Nilai
Kecepatan horizontal, Vs	m/detik	0,24-0,4
Specific gravity material grit	-	1,3-2,7
Persentase *head loss* dalam bak kontrol terhadap kedalaman saluran	%	30-40
Waktu detensi, td	detik	45-90
Kecepatan pengendapan, Vs		
- Diameter 0,15 mm	m/menit	0,6-0,9
- Diameter 0,21 mm	m/menit	1,0-1,3
Overflow rate debit maksimum, OR	$m^3/m^2 \cdot$detik	0,021-0,023

Sumber: Metcalf & Eddy, 2003

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

B. Pengendapan

Unit pengendapan didesain untuk menyisihkan padatan yang bersifat diskrit melalui proses pengendapan yang bekerja secara gravitasi, menggunakan prinsip kerja apabila massa yang lebih besar akan mengendap kebawah sehingga terpisah dengan cairan yang memiliki massa lebih kecil. Teknologi yang pada umumnya digunakan adalah bak sedimentasi primer.

1. Bak Sedimentasi Primer

Merupakan unit pengolahan air limbah yang bertujuan untuk memisalkan partikel diskrit dan cairan dengan proses pengendapan. Desain bak sedimentasi menyesuaikan kebutuhan pengolahan, desain bak sedimentasi antara lain berbentuk segi empat atau lingkaran dengan aliran yang bersifat radia, horizontal, ke atas (*upward*). Kecepatan aliran dalam bak sedimentasi didesain dengan kecepatan aliran rendah agar dapat mengendapkan padatan tersuspensi lebih optimal sehingga padatan tersuspensi berbentuk lumpur, sedangkan partikel dengan massa jenis dibawah massa jenis air akan mengapung membentuk *scum*. Kriteria desain pada bak sedimentasi primer dapat dilihat pada tabel 2.3 berikut:

Tabel 2. 3 Kriteria Desain Bak Sedimentasi Primer

Parameter	Satuan	Nilai
Beban permukaan		
Persegi panjang	m^3/m^2.hari	30-45
Aliran ke atas	m^3/m^2.hari	±30
Aliran radial	m^3/m^2.hari	30-45
Dimensi		
Persegi panjang		
a. Rasio P:L		02.01
Kedalaman	m	3
b. Rasio P:L		04.01
Kedalaman	m	1,5
Aliran radial		
Kedalaman	m	1/6–1/10 diameter
Aliran ke atas		

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Parameter	Satuan	Nilai
b. Sudut bangunan kerucut	derajat	45
a. Sudut bangunan piramid	derajat	60
Beban pelimpah		
Persegi panjang	m^3/m^2.hari	300
Aliran ke atas	m^3/m^2.hari	*V-notch weir* di sisi luar
Penyisihan SS	%	50-70
Waktu Detensi	jam	0,5-3
Penyisihan BOD	%	25-40
Aliran radial	m^3/m^2.hari	*V-notch weir* di sisi luar
Kemiringan Dasar	%	1-2

Sumber: Direktorat Jenderal Cipta Karya, 2017

C. Pengeringan (*Dewatering*)

Merupakan proses pengolahan air limbah yang bertujuan untuk mengeringkan lumpur yang sudah terstabilitasi. Proses pengeringan lumpur berguna untuk meningkatkan konsentrasi padatan dan mengurangi kelembapan pada lumpur sehingga hasil pengeringan pada lumpur cocok dimanfaatkan untuk pupuk pada tanaman. Alternatif teknologi yang digunakan untuk unit *dewatering* pada umumnya yakni *filter press, sludge drying bed* dan *belt filter press* (Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2018).

1. Sludge Drying Bed (SDB)

Pemasangan bak pengering berguna untuk stabilisasi dan pengeringan lumpur tinja yang telah tersaring pada bak *Solid Speration Chamber*, kandungan organik dan nutrisi pada pengolahan lumpur tinja lebih besar dibandingkan kandungan pada pengolahan air limbah industry atau semacamnya, maka dari itu lumpur tinja yang kering sering dijadikan kompos untuk pertumbuhan tanaman (Gueye,

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

2016). Kriteria desain *Sludge Drying Bed* dapat dilihat pada Tabel 2.4 berikut:

Tabel 2. 4 Kriteria Desain *Sludge Drying Bed*

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

Sumber: Direktorat Jenderal Cipta Karya, 2017

2.4.2 Pengolahan Biologi

Pengolahan biologi terdiri dari proses pengolahan secara anaerob, aerob, dan kombinasi antara anaerob dan aerob. *Secondary sedimentation* bertujuan untuk mengendapkan padatan atau *biofolk* yang telah terbentuk melalui proses dekomposisi oleh. Pengolahan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

biologi juga dapat dikelompokkan berdasarkan pertumbuhan pada mikoorganisme yakni sistem pengolahan biologi dengan pertumbuhan mikroorganisme dengan sistem terlekat (*attached growth microbe*) dan pertumbuhan mikroorganisme dengan sistem terlarut (*Suspended Growth*).

A. Sistem Terlekat

Merupakan sistem pengolahan biologi yang memanfaatkan media sebagai tempat pertumbuhan mikroorganisme yang dapat mendekomposisikan material organik. Contoh pengolahan biologi dengan sistem terlekat adalah media cakram pada *rotating biological contactor*, media *bioball atau batu pada trickling filer*, MBRR dan lain-lain.

1. Cascade Aeration

*Cascade aerati*on adalah unit pengolahan air limbah dengan prinsip pengolahan menggunakan gaya gravitasi. Unit ini menggunakan turunan seperti tangga untuk memasukan oksigen yang terdapat pada udara terbuka. Pengolahan ini termasuk pada pengolahan aerobik. Pemindahan gas, udara atau oksigen berlangsung ketika melewati undakan. Pencapaian efisiensi pegolahan dengan *cascade aerator* berpengaruh pada jumlah undakan yang dimiki unit tersebut. Penyisihan CH4 pada umunya menggunakan undakan yang berjumlah 4-5 kompartemen dan ketinggian antara 4-5 m. Aerasi merupakan proses penyisihan hidrogen sulfida (H2S), karbon dioksida (CO2), metan (CH4) dan senyawa organik untuk bisa meningkatkan produksi oksigen. CH4 bertujuan untuk meningkatkan pertumbuhan bakteri. Jika kandungan H2S berlebih dapat menimbulkan bau tidak sedap. Pada Tabel 2.3 dapat dilihat bahwa tinggi undakan mempengaruhi efisiensi perpindahan gas dengan air limbah. Efisiensi penyisihan CO2 pada unit ini

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

sebesar 20-45% sedangkan penyisihan H2S sebesar 35%. Presentase efisiensi perpindahan gas berdasarkan undakan pada *cascade aeration* dapat dilihat pada Tabel 2.5 berikut:

Tabel 2. 5 Persentase Efisiensi Perpindahan Gas Berdasarkan Tinggi Undakan

Persentase efisiensi, %	**Tinggi anak tangga, m**					
	0,2	**0,4**	**0,6**	**0,8**	**1**	**1,2**
kCO2	14	14	15	15	15	15
kO2	14	25	36	46	51	55
kCH4	14	27	37	48	56	62

Sumber: Mara, 2003

2. *Tricking Filter*

Merupakan pengolahan biologi dengan sistem aerob dimana dalam unit tersebut terdapat media untuk pertumbuhan mikroorganisme yang bertujuan untuk mendekomposisi bakteri, media tersebut ialah batu dan *bioball*. Untuk menjaga agar mikroorganisme pada media berkembang biak perlu adanya proses operasional pada bangunan *tricking filter* dengan cara penyiraman bangunan bagian atas menuju bak dengan bantuan pipa yang berlubang dan bergerak memutar secara horizontal. Saat pengaliran dilakukan, mikroorganisme secara bertahap membentuk lapisan biologis (*biofilm)* dengan cara melekatkan pada area permukaan media pertumbuhan bakteri. Setelah lapisan biologis (*biofilm)* terbentuk maka selanjutnya material organik yang ada pada air limbah dapat diadsorbsi oleh mikroorganisme aerobik. Kriteria desain *tricking filter* dapat dilihat pada Tabel 2.6 berikut:

Tabel 2. 6 Kriteria desain *Tricking Filter*

Parameter	Satuan	Nilai
Jenis media filter	-	Batu
Beban organik	kgBOD/m^3.hari	0,07 - 0,22

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Parameter	Satuan	Nilai
Beban hidraulik	m^3/m^2.hari	1 - 4
Efisiensi penyisihan BOD	%	80-90
Rasio resirkulasi		0
Kedalaman media filter	m	1,8 - 2,4
Efisiensi penyisihan BOD	%	80-90
Daya listrik dibutuhkan	$kW/10^3m^3$	2 - 4
Kualitas Efluen	-	Ternitrifikasi dengan baik

Sumber: Direktorat Jenderal Cipta Karya, 2018

B. Sistem Terlarut

Sistem terlarut pada umumnya menggunakan kolam anerobik, *Anaerobic Baffled Reactor (*ABR*), Upflow anaerobic sludge blanket* (UASB).

1. Kolam Anaerobik

Kolam anaerobik merupakan unit pengolahan air limbah yang menggunakan mikroorganisme anaerob untuk proses dekomposisi material organik dalam air limbah sehingga kandungan organik pada air limbah dapat berkurang. Dalam pengaplikasiannya kolam anerobik dapat digunakan secara tunggal ataupun seri bersamaan dengan kolam-kolam lainnya seperti contohnya kolam fakultatif atau maturasi. Skenario metode pengolahan secara seri yang menggunakan kolam anaerobik, fakultatif dan maturasi secara berurutan disebut sebagai kolam stabilisasidisebut sebagai kolam stabilisasi. Proses pengolahan air limbah pada kolam anaerobik disarankan memiliki suhu diatas atas 15°C dikarenakan sifat bakteri anaerobik ialah sensitif terhadap keasaman, sedangkan pH optimum pada pengolahan anaerobik diatas 6,2. Jika kadar keasaman pada air limbah kurang dari 6,2 maka perlu adanya proses netralisir sebelum masuk pada kolam anaerobik agar pengolahan pada kolam anaerobik berjalan dengan optimal. Kriteria Desain Kolam Anaerobik dapat dilihat pada Tabel 2.7 berikut:

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Tabel 2. 7 Kriteria Desain Kolam Anaerobik

Parameter	Satuan	Nilai
Waktu detensi, θa	hari	≥ 1
Kedalaman	m	2 - 5
Rasio panjang dan lebar, P:L		(2-3):1
Rasio talud		1:3

Sumber: Direktorat Jenderal Cipta Karya, 2017

2. *Anaerobic Baffled Reactor* (*ABR*)

Anaerobic Baffle Reactor (ABR) ialah pengolahan pengolahan *suspended growth* yang bekerja dengan memanfaatkan sekat (*baffle*) dalam proses pengadukan yang bertujuan untuk terjadinya kontak antara mikroorganisme dengan material organik dalam air limbah domestik. Unit *anaerobic baffle reactor* merupakan unit pengolahan yang biaya operasional dan perbaikannya relatif murah dikarenakan tidak perlu menggunakan energi listrik untuk menyisihkan material organik dan memiliki efisiensi removal material organik yang tinggi. Akan tetapi penyisihan bakteri patogen dan nutrient dalam unit ini relatif rendah sehingga diperlukan proses pengolahan lanjutan dari unit ABR. Aliran air limbah pada unit ABR merupakan aliran yang bekerja secara *upflow* dan *downflow*. Unit ABR memiliki kelebihan dalam satu sistem yakni dapat menyisihkan material organik dan dapat mengendapkan material organik. Kriteria desain *Anaerobic Baffled Reactor* (ABR) dapat dilihat pada Tabel 2.8 berikut:

Tabel 2. 8 Kriteria desain *Anaerobic Baffled Reactor*

Parameter	Satuan	Nilai
Debit desain	m3/hari	2-200
Waktu retensi hidraulik	jam	48-72
Kecepatan upflow	m/jam	< 0,6
Jumlah kompartemen	buah	3 - 6
Kebutuhan lahan	m2/m3	1
Beban organik	kgCOD/m3.hari	< 3

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Sumber: Direktorat Jenderal Cipta Karya, 2018

3. *Upflow Anaerobic SludgeBlanket* (UASB)

Upflow anaerobic sludge blanket (UASB) adalah unit pengolahan yang bekerja dengan bantuan bakteri *anaerob.* Reaktor UASB dinilai memiliki tingkat efektivitas tinggi dibanding unit pengolahan *aeaerobic* lainnya, dikarenakan mampu mampu menumbuhkan agregat bakteri yang tebal dan juga pekat (Marlena, Syahroni, Sartamtomo, & Zen, 2016), pertumbuhan agregat yang tebal dan pekat tersebut berguna untuk keberlangsungan bakteri *anerobic* sehingga proses dekomposisi bahan organik air limbah dapat berjalan optimal. Namun tidak menutup kemungkinan kinerja reaktor UASB tidak sesuai peruntukannya, salah satu faktor kinerja reaktor UASB tidak berjalan lancar ialah tidak kurang pengawasan pada proses operasional dan *maintanance.*

Unit UASB umumnya berbentuk tabung yang terdiri dari ruang pengendapan sekaligus ruang filtrasi, cara kerja unit UASB ialah dengan mengalirkan air limbah dari bawah kemudian terjadi pembentukan selimut lumpur pada tengah tangki dan terjadi pengendapan oleh partikel yang dibawa oleh aliran yang keatas, hal tersebut dikarenakan kecepatan aliran yang perlahan, tetapi aliran juga diatur agar tidak terlalu lambat, hal tersebut bertujuan untuk menghindari pengendapan di dasar unit UASB. Oleh karena itu perlu adanya pengaturan aliran yang konstan dalam unit UASB, pengaturan aliran dapat dengan menambahkan unit pelengkap sistem *buffer* untuk penampungan sementara sebelum masuk ke unit UASB (Direktorat Jenderal Cipta Karya, 2018).

Salah satu kelebihan Unit UASB ialah dapat menyisihkan *biological oxygen demand* (BOD) tinggi dengan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

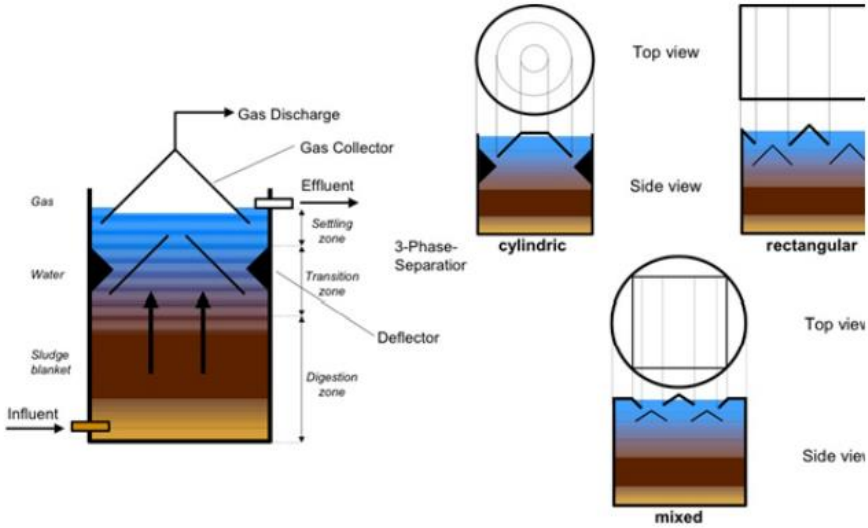
prosentasi mencapai 85% sedangkan untuk penyisihan *chemical oxygen demand* (COD) relatif rendah dengan prosentasi maximal 78%. Kriteria desain dan gambar dari *Upflow anaerobic sludge blanket* (UASB) dapat dilihat pada Tabel 2.9 dan Gambar 2.2 berikut:

Tabel 2. 9 Kriteria Desain *Upflow anaerobic sludge blanket*

Parameter	Satuan	Nilai
Waktu retensi hidraulik	Jam	8-10
Solid retention time	Hari	30-50
Konsentrasi *sludge blanket*	Kg VSS/m^3	15-30
Beban organik dalam *sludge blanket*	kgCOD/kg VSS.hari	0,3-1
Volumetric organic loading	kgCOD/m^3.hari	1-3
Kecepatan *upflow*	m/jam	0,5-1,2
Produksi lumpur	Kg/TS/ m^3	0,15-0,25
Produksi gas	m^3/kg COD tersisihkan	0,1-0,3
Kedalaman reaktor	m	4,5-5
Diameter	m	10-12
Efisiensi penyisihan		
BOD	%	75-85
COD	%	74-78
Nitrogen & fosfor	%	5-10

Sumber: Direktorat Jenderal Cipta Karya, 2018

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



Gambar 2. 2 *Unit Upflow anaerobic sludge blanket*
Sumber: Direktorat Jenderal Cipta Karya, 2018

4. *Upflow Anaerobic Baffled Filter* (UABF)

Desain dan sistem pengolahan dari unit *Upflow Anaerobic Baffled Filter* (UABF) memiliki kemiripan dengan desain dan sistem pengolahan pada unit *anaerobic baffled reactor* (ABR). *Upflow Anaerobic Baffled Filter* (UABF) terdiri dari tangki pengendap pada awal filter dan kompartmen bersekat (*baffled area)* yang bertujuan untuk mengalirkan air limbah secara *downflow* dan *upflow*.

Upflow Anaerobic Baffled Filter (UABF) memilikii fungsi untuk mengendapkan padatan serta untuk menyisihkan material organik yang berada dalam satu sistem. *Upflow Anaerobic Baffled Filter* (UABF) memiliki kelebihan antara lain *Upflow Anaerobic Baffled Filter* (UABF) tahan terhadap kondisi *shock loading* organik dan hidraulik, tidak memerlukan energi berupa listrik, tidak berbau sehingga tidak mengundang kedatangan vektor (lalat) yang merugikan jika dilakukan pengoperasian dan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

pemeliharaan dengan benar, memiliki efisiensi penyesihan material organik seperti BOD dan padatan tinggi.

Kekurangan dari *Upflow Anaerobic Baffled Filter* (UABF) antara lain *Upflow Anaerobic Baffled Filter* (UABF) membutuhkan aliran air yang konstan, dapat mereduksi pathogen serta nutrient rendah, dan memerlukan desain dan konstruksi dari ahli yang telah berpengalaman, dan *Upflow Anaerobic Baffled Filter* (UABF) ini memerlukan start-up yang lama.

Kompartemen pada *Upflow Anaerobic Baffled Filter* (UABF) dirancang dengan menggunakan pipa vertical mapupun sekat. Filter pada *Upflow Anaerobic Baffled Filter* (UABF) umumnya menggunakan batuan ataupun material yang berbahan dasar plastik yang memiliki diameter 12 – 55 mm. Umumnya, luas permukaan pada media filter memiliki luas sebesar 90 – 300 m^2, semakin besar luas permukaan media pada UABF maka akan menghasilkan kontak yang tinggi antara mikroorganisme dengan material organik sehingga efisiensi penyisihan organik semakin tinggi. Kriteria desain *upflow anaerobic sbaffled filter* dapat dilihat pada tabel 2.10 berikut:

Tabel 2. 10 Kriteria Desain *Upflow Anaerobic Baffled Filter*

Parameter	Satuan	Nilai
Waktu retensi hidraulik	Jam	12 – 96
Beban organik	kgCOD / m3.hari	0,2 – 15

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Parameter	Satuan	Nilai
Luas permukaan media filter	m2 / m3	90 – 300
Diameter media filter	mm	12 – 55
Kedalaman media filter	m	0,9 – 1,5
Tinggi air di atas media	m	≥ 0,2
Jarak plat penyangga media dengan dasar bak	m	0,5-0,6
Efisiensi penyisihan BOD TSS Nitrogen	 % % %	 50 – 90 50 – 80 ≤ 15

Sumber: Direktorat Jenderal Cipta Karya, 2018

2.4.3 Pengolahan Kimiawi

Bahan kimia dapat dicampur dengan lumpur tinja untuk meningkatkan proses pengolahan fisik (contoh: penambahan polimer kation untuk meningkatkan efisiensi flokulasi dan pengendapan), atau untuk mematikan bakteri patogen dan stabilisasi lumpur tinja. Namun, penambahan bahan kimia dapat menambah biaya pengolahan yang signifikan sehingga penggunaannya perlu dipertimbangkan Kembali dan diperhitungkan secara menyeluruh, berikut merupakan unit pengolahan secara kimiawi dalam instalasi pengolahan air limbah :

A. Koagulasi Flokulasi

Merupakan salah satu metode pengolahan air limbah yang bertujuan untuk mengendapkan material tersuspensi dan terlarut. Koagulasi sendiri didefinisikan sebagai proses destabilisasi partikel koloid tersuspensi dengan bantuan bahan kimia yang disebut koagulan. Proses pencampuran koagulan pada air limbah

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

dilakukan dengan kondisi aliran yang turbulen sehingga akan mempermudah proses pencampuran koagulan tersebut dengan air limbah yang akan diolah.

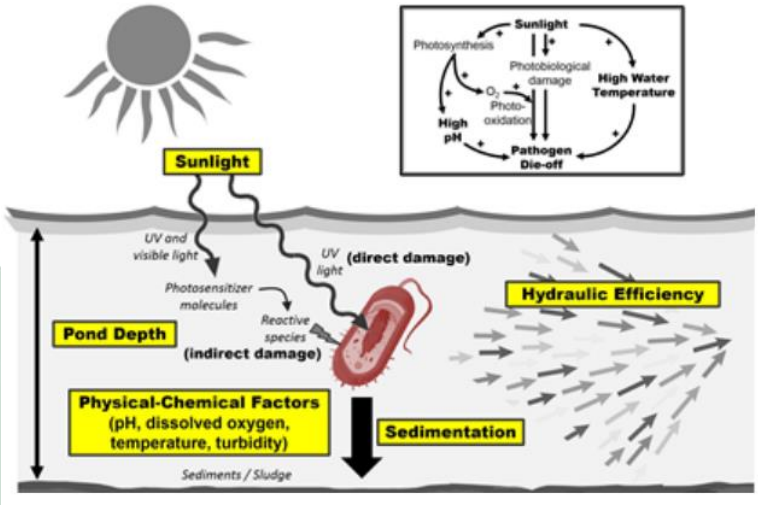
Sedangkan flokulasi ialah proses mendestabilisasi agregat yang lebih memiliki ukuran partikel yang lebih besar dari proses koagulasi. Destabilisasi pada flokulasi bertujuan untuk meningkatkan ikatan antar partikel sehingga dapat membentuk ukuran dan massa yang lebih besar dan lebih mudah untuk diendapkan dengan gaya gravitasi. Pengadukan pada proses flokulasi dilakukan dengan aliran turbulen yang rendah untuk mendapatkan destabilisasi yang sempurna. Dalam proses koagulasi-flokulasi penentuan dosis polimer menjadi kunci penting pengolahan dikarenakan polimer tersebut yang akan bekerja untuk mengikat partikel pada air limbah, sehingga penentuan polimer pada proses koagulasi-flokulasi harus disesuaikan dengan kondisi eksisting suatu daerah (Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2018).

B. Desinfeksi

Desinfeksi merupakan proses pengolahan kimiawi yang bertujuan untuk mengurangi mikroorgansime patogen yang terkandung dalam air limbah sehingga *effluent* dari IPAL diharapkan tidak mengandung bakteri patogen yang dapat menyebabkan kerusakan pada lingkungan. Klorin merupakan salah satu bahan kimia yang sering digunakan dalam unit desinfeksi, penggunaan klorin ditujukan untuk mengurangi mikroorganisme yang bersifat patogen baik dalam proses pengolahan air minum dan proses pengolahan air limbah dosemstik. Perlu dosis yang tepat dalam pembubuhan klorin dikarenakan sifat dari klorin ialah karsinogenik yang berpotensi dapat membentuk *chlorinated hydrocarbon* (Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Rakyat, 2018). Faktor utama dalam penyisihan mikroorganisme patogen dalam unit desinfeksi dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2. 3 Faktor Utama dalam Penyisihan Mikroorganisme Patogen Dalam Unit Desinfeksi
Sumber: Verbyla, Sperling, & Maiga, 2017

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

2.5 Penelitian Terdahulu

Acuan untuk menentukan optimalisasi pada instalasi pengolahan air limbah *modular sewage system 6000* mengacu pada penelitian terdahulu sebagai referensi dalam penelitian ini

No	Nama Peneliti	Tahun	Judul Penilitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
1	Ridlo Barkah Jembar Pinanggih	2020	Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik Dengan Kombinasi Unit Biofilter Aerobik dan Adsorpsi Karbon Aktif di Kantor Pusat PT. Pertamina *Marketing Operation Region* (MOR) V Surabaya	Metode yang digunakan dalam penelitian ini ialah pengumpulan data kualitafif berupa data sekunder yang didapatkan melalui data dari perusahaan mengenai debit rata-rata pemakaian air bersih, kualitas dari air limbah, layout dari perusahaan serta informasi lainnya yang bersangkuan dengan perencanaan	Hasil yang didapatkan berupa *Detail Enginering Desain* (DED) pengolahan limbah domestik kantor pusat PT. Pertamina *Marketing Operation Region* (Mor) V Surabaya.

No	Nama Peneliti	Tahun	Judul Penilitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
2	Reynaldo Purba, Monik Kasman dan Peppy Herawati	2020	Evaluasi dan Optimalisasi Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) Talang Bakung Kota Jambi	Dilakukan evaluasi terhadap tiap unit pada Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) Talang Bakung Kota Jambi berupa analisa data primer dan sekunder.	Kinerja IPLT dari instalasi Talang Bakung Jambi tidak bekerja secara optimal sehingga efisiensi *removal* untuk materi organik seperti BOD, COD dan TSS tidak sesuai dengan peruntukannya. Hal tersebut dikarenakan proses dari operasional dan pemeliharaan pada IPLT tidak berjalan sesuai dengan aturan yang ditetapkan. Kemudian Purba dkk melakukan optimalisasi untuk proses operasional dan pemeliharaan yang disesuaikan dengan kondisi eksisting IPLT tersebut.

No	Nama Peneliti	Tahun	Judul Penilitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
3	Luthfiaqmar Rizky Pratiwi	2019	*Re*-Desain Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja Duri Kosambi.	Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah deskriptif, Yakni dengan mendeskripsikan hasil penelitian secara sistematis, faktual dan akurat dari data kualitatif berupa data primer dan sekunder melalui survei di lapangan	3. Dilakukan optimalisasi berupa perbaikan atau redesain. 4. Perbaikan pada aspek antara lain: desain ulang terhadap instalasi pengolahan lumpur tinja Duri Kosambi sehingga air hasil olahan memenuhi baku mutu PermenLHK No 68
4	Raden Wulan Dewi Lestari	2019	Perancangan Ulang Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) Cikundul	1. Metode yang digunakan dalam penelitian ini ialah mengevaluasi parameter dan kriteria desain unit IPLT.	1. Mengetahui parameter dan kesesuaian kriteria desain tiap unit IPLT 2. Mengetahui alternatif pengolahan yang tepat dan

No	Nama Peneliti	Tahun	Judul Penilitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
				2. Menentukan besarnya Koefisien Penting Faktor (KPF) dan Koefisien Penting Alternatif (KPA) untuk mengetahui alternatif pemilihan unit pengolahan	sesuai dengan kebutuhan IPLT Cikundul Sukabumi.
5	Amelia Gita Felicia Klau	2018	Perbandingan Efektivitas Sistem Pengolahan Lumpur Tinja Secara Konvensional dan Secara Mekanikal Pada Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja Duri Kosambi	Pada penelitian ini dilakukan pengumupulan data melalui metode kualitatif yakni melalui kegiatan observasi, wawancara, pengukuran lapangan dan analisa laboratorium agar dapat diketahui pengolahan yang efektif	Dari analisis laboratorium pengolahan secara konvensional memiliki efektivitas pengolahan *removal* diatas 50% sedangkan pada sistem pengolahan secara mekanikal memiliki efektivitas pengolahan *removal* diatas 80%.

No	Nama Peneliti	Tahun	Judul Penilitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
6	Hafizhul Hidayat, Aryo Sasmita, dan Muhammad Reza	2017	Perencanaan Pembangunan Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) Di Kecamatan Tampan Kota Pekanbaru	1. Menentukan proyeksi penduduk menggunakan data sekunder untuk mendapatkan jumlah penduduk kecamatan tampan kemudian dapat menentukan debit air limbah untuk menentukan kapasitas IPLT 15 tahun kedepan 2. Penentuan alternatif unit pengolahan berdasarkan karakteristik lumpur tinja dari hasil pengujian di lab. Pemilihan alternatif pengolahan berdasarkan pada kelebihan dan	1. Jumlah debit lumpur tinja sampai dengan tahun 2030 di Kecamatan Tampan sebesar 135 m3 /hari. 2. Pemilihan alternatif teknologi menggunakan pengolahan secara fisik dengan unit *Sludge Separation Chamber* (SSC) pengolahan secara biologis dengan dan 2 unit *Anaerobic Baffle Reaktor* (ABR). 3. *Effluent* dari pengolahan instalasi yang direncanakan sudah memenuhi baku mutu air limbah menurut Permen

No	Nama Peneliti	Tahun	Judul Penilitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
				kekurangan teknologi yang dianalisis.	LH No. 5 Tahun 2014 dengan nilai BOD 36 mg/liter dan nilai TSS adalah 155 mg/liter.
7	Dedy Sukma Ramadhani	2016	Desain Umum Perencaan Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja di Kecamatan Tenggarong	1. Proyeksi penduduk kecamatan tenggarong dengan menggunakan data jumlah penduduk yang dibutuhkan untuk penentuan perkiraan jumlah debit air limbah. 2. Peta Rencana Tata Ruang Wilayah yang dilayani di Dinas Pekerjaan Umum (PU) dan di Dinas Badan Perencanaan Pembangunan	1. Perkiraan jumlah penduduk yang dilayani pada tahun 2039 sebesar 158.023 jiwa, dan untuk debit lumpur tinja yang akan di olah oleh IPLT pada tahun 2019 sebanyak 87 m^3 /hari. 2. Didapatkan hasil perhitungan perencanaan (Kapasitas dan Dimensi Unit-unit IPLT yang akan direncanakan)

No	Nama Peneliti	Tahun	Judul Penilitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
				Daerah (BAPPEDA) Kabupaten Kuitai Kertanegara.	
8	Amadou Gueye, Mbaye Mbeguere, Seydou Niang, Cheikh Diop, Linda Strande	2016	*Novel plant species for faecal sludge drying beds: Survival, biomass response and forage quality*	3. Metode yang digunakan ialah menguji parameter pada unit *Sludge Drying Beds* kemudian mengevaluasi hasil uji dengan standar baku mutu Negara Afrika.	4. Didapatkan parameter air limbah domestik pada unit *Sludge Drying Beds.*

No	Nama Peneliti	Tahun	Judul Penilitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
9	Nastiti Sri Fatmawati, Joni Hermana dan Agus Slamet	2016	Optimasi Kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah Industri Penyamakan Kulit Magetan.	3. Metode yang digunakan dalam penelitian ini ialah mengumpulkan data sekunder maupun primer, kemudian mengevalusi parameter dan kriteria desain dengan baku mutu dan standar teknis pengolahan di Indonesia	Optimalisasi instalasi dengan teknologi lumpur aktif dan biofilter untuk keperluan pengoptimalan penyisihan pada parameter BOD, COD, dan TSS

No	Nama Peneliti	Tahun	Judul Penilitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
10	Evy Hendriarianti, I Nyoman Sudiasa,	2015	Model Optimalisasi Instalasi Pengolahan Air Limbah Komunal Menggunakan Pemrograman Dinamis	Dilakukan evaluasi kinerja pada Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja	membuat pilot test IPAL komunal dan membuat model untuk memodifikasi operasi dan proses.

BAB III
METODOLOGI PELAKSANAAN

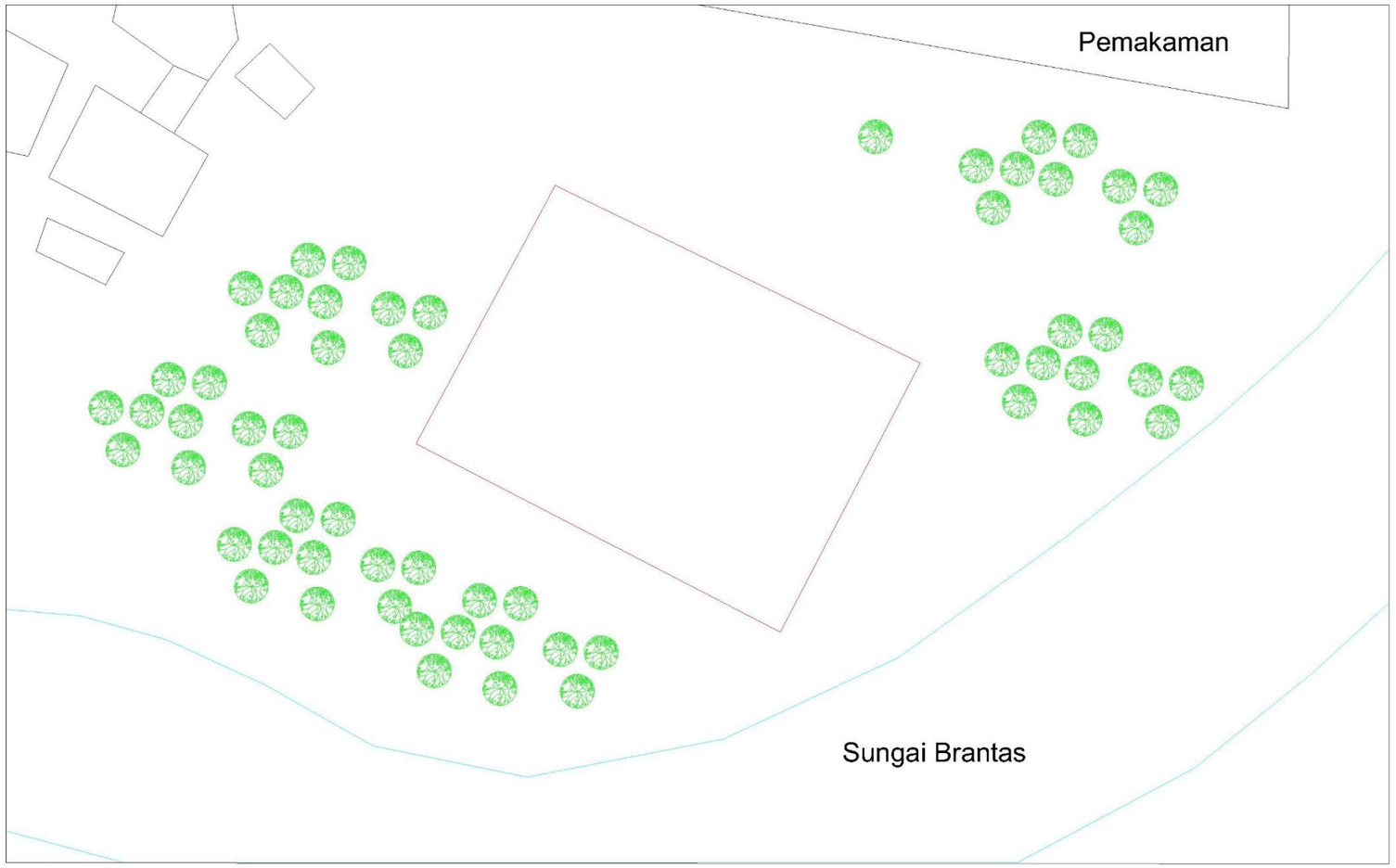
3.1 Waktu Pelaksanaan

Waktu pelaksanaan penelitian meliputi sampling dan dokumentasi dilakukan pada bulan Februari hingga Juli 2021 sedangkan waktu penyusunan dokumen Tugas Akhir dilakukan pada bulan Februari 2021 hingga 13 januari 2022

3.2 Lokasi Pelaksanaan

Lokasi Instalasi *Modular Sewage System* 6000 terletak di Kecamatan Kedungkandang, Kelurahan Mergosono, Kota Malang, Jawa Timur. Lokasi instalasi secara detail dapat dilihat pada Gambar 3.1:

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



Lokasi Perencanaan

1 : 10.000

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

Judul Gambar

Gambar 3. 1 Lokasi Perencanaan

Keterangan

Pohon

Pemukiman

Lokasi Perencanaan

Nama Mahasiswa	Nomor Induk
MUHAMMAD JAUHAR FIRMANSYAH ARIFIN	H75217059

Skala Gambar

1 : 10.000

Tanggal Digambar

30 November 2021

Dosen Pembimbing

Dyah Ratri Nurmaningsih, MT
Sulistiya Nengse, M.T

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

3.3 Kerangka Pikir

Penyusunan diagram kerangka pikir bertujuan untuk menentukan arah dalam membuat metodologi penelitian, penyusunan kerangka pikir bertujuan untuk mendapatkan data yang optimal saat melakukan penelitian. Pelaksanaan dilakukan di Instalasi *Modular Sewage System* 6000 Kelurahan Mergosono Kecamatan Kedungkandang Kota Malang kemudian dianalisis dan mengkaji proses pengolahan berdasarkan literatur. Kemudian mengevaluasi kinerja pada lokasi penelitian secara teknis agar dapat dilakukan analisis permasalahan. Setelah dilakukan analisis permasalahan kemudian dilakukan upaya optimalisasi pada instalasi untuk mengatasi pemasalahan yang terjadi. Diagram kerangka pikir perencanaan dapat dilihat pada Gambar 3.2:

Kondisi *Eksisting* Instalasi MSS 6000:

1. Pengolahan air limbah domestik menggunakan unit *bar screen, filter anaerob, cascade aerator, SDB*
2. Pembuangan air hasil olahan langsung pada badan air

↓

Permasalahan yang terjadi

1. Hasil uji laboratorium UPT PALD DPUPRKP Kota Malang pada Instalasi *Modular Sewage System* 6000 Kelurahan Mergosono Kecamatan Kedungkandang Kota Malang menunjukkan bahwasannya parameter COD sebesar 212,9 mg/l, BOD sebesar 61,93 mg/l dan Minyak Lemak sebesar 18,61 mg/l dimana nilai tersebut masih diatas standar baku mutu PERMEN LHK no 68 tahun 2016 dengan nilai *effluent* COD tidak lebh dari 100 mg/l, BOD tidak lebih dari 30 mg/l dan Minyak lemak tidak lebih dari 5 mg/l.
2. Perlu adanya evaluasi efektivitas sistem instalasi pengolahan air limbah yang telah berjalan dan menjadi bahan pertimbangan untuk penentuan optimalisasi instalasi *Modular Sewage System* 6000 Kelurahan Mergosono Kecamatan Kedungkandang Kota Malang yang diharapkan menjadi solusi dari permasalahan yang ada.

↓

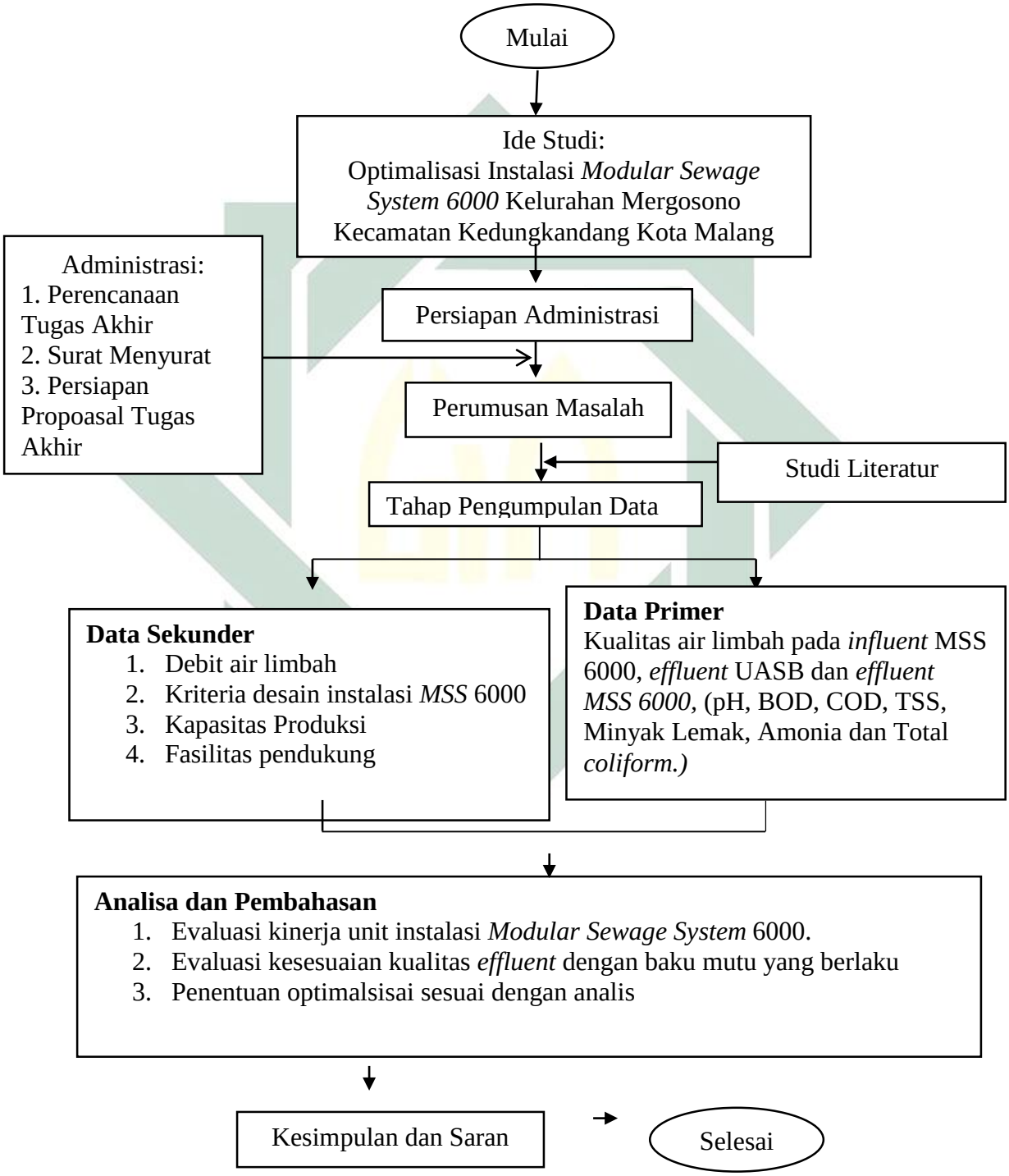
Optimalisasi Instalasi *Modular Sewage System* 6000 Kelurahan Mergosono Kecamatan Kedungkandang Kota Malang dengan *output* penambahan *aerator* pada unit yang bermasalah.

Gambar 3. 2 *Diagram Kerangka Pikir Perencanaan*

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

3.4 Tahapan dan Metode Penelitian

Diagram alir pelaksanaan menjelaskan tahapan pelaksanan yang disusun secara sistematis dalam perencanaan optimalisasi untuk memperoleh alternatif yang sesuai dengan literatur yang diacu:



Gambar 3. 3 Diagram Alir Pelaksanaan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

3.4.1 Tahapan Persiapan

Tahap persiapan adalah tahap pertama dalam perencanaan optimalisasi MSS 6000. Hal yang dilakukan dalam proses tahap persiapan adalah sebagai berikut:

1. Studi Literatur

   Jurnal, tesis, skripsi, buku, peraturan terkait digunakan untuk studi literatur dalam proses penyusunan tugas akhir mengenai optimalisasi MSS 6000 ini.

2. Persiapan Administrasi

   Persiapan administrasi merupakan hal yang penting dalam penyusunan tugas akhir Optimalisasi Instalasi *Modular Sewage System* 6000. Data administrasi yang diperlukan umunya surat menyurat untuk memenuhi syarat dari instansi terkait untuk pengambilan data atau lainnya. Penyusunan tugas akhir untuk memenuhi syarat penyusunan laporan tugas akhir.

3.4.2 Tahapan Pelaksanaan

Data yang dibutuhkan pada proses Optimalisasi Instalasi *Modular Sewage System* 6000 meliputi data primer dan data sekunder dari instansi maupun literatur. Rencana pengumpulan data sekunder dapat dilihat lebih Tabel 3.1 sedangkan metode pengumulan data primer dapat dilihat pada Tabel 3.2 berikut:

Tabel 3. 1 Metode Pengumpulan Data Sekunder

No	Data yang Diambil	Sumber Data
1.	Debit air limbah	Kantor administrasi UPTPALD DPUPRKP Kota Malang.
2.	Kriteria Desain instalasi MSS 6000	Kantor administrasi UPTPALD DPUPRKP Kota Malang.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

No	Data yang Diambil	Sumber Data
3.	Kapasitas produksi	Kantor administrasi UPTPALD DPUPRKP Kota Malang.
4.	Fasilitas yang mendukung sistem pengolahan lumpur tinja di Instalasi *Modular Sewage System* 6000 Seperti: *Spiner*, selang air, kran air, dll.	Kantor administrasi UPTPALD DPUPRKP Kota Malag

Tabel 3. 2 Metode Pengumpulan Data Primer

No	Parameter	Metode	Lokasi Uji Karakteristik
1	pH	Pengukuran dengan Menggunakan pH meter	Instalasi *Modular Sewage System 6000* Kota Malang Kelurahan Kedungkandang Kecamatan Mergosono
2	BOD	APHA.5210 B-2017	Laboratorium Perum Jasa Tirta I Kota Malang
3	COD	SNI 6989.2:2009	Laboratorium Perum Jasa Tirta I Kota Malang
4	TSS	APHA.2540 D-2017	Laboratorium Perum Jasa Tirta I Kota Malang
5	Amonia (NH3)	APHA.4500-NH3-F2017(phemat)	Laboratorium Perum Jasa Tirta I Kota Malang
6	Minyak Lemak	APHA.5520 B-2017	Laboratorium Perum Jasa Tirta I Kota Malang
7	Total *coliform*	APHA.9211-B&E-2017(Tabung Ganda)	Laboratorium Perum Jasa Tirta I Kota Malang

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

3.4.3 Tahapan Pengolahan Data

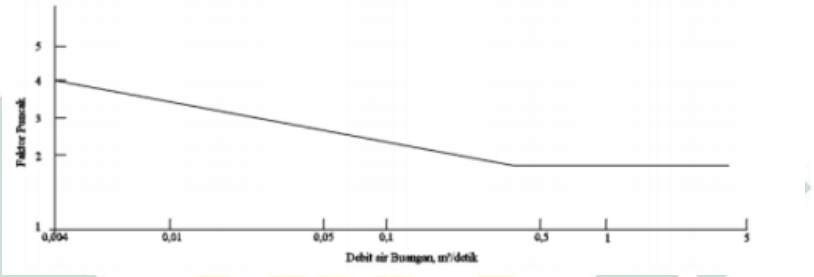
1. Penentuan debit air limbah

   Perhitungan debit air limbah dapat diketahui melalui rata-rata konsumsi air bersih setiap orang dikarenakan air limbah berasal dari 70% sampai 80% penggunaan air bersih. Estimasi debit air limbah diperoleh dengan persamaan berikut: (Tchobanoglous, 2003)

   a. Debit air limbah (Qal)

      Qal = (70-80%) x jumlah penduduk x Q air minum .. (1)

   b. Debit puncak air buangan (Qpeak)



Gambar 3. 4 *Nilai Faktor Puncak Air Buangan*
Sumber: Tchobanoglous 2003

      Qpeak = Qal x Fpeak abr ..... (2)

      Keterangan:

      Qal = debit air limbah (m^3/detik)

      Fpeak abr = faktor puncak air buangan

   c. Debit rata-rata air limbah (Qabr)

      Qabr = qpeak x fabr(70-80%)..... (3)

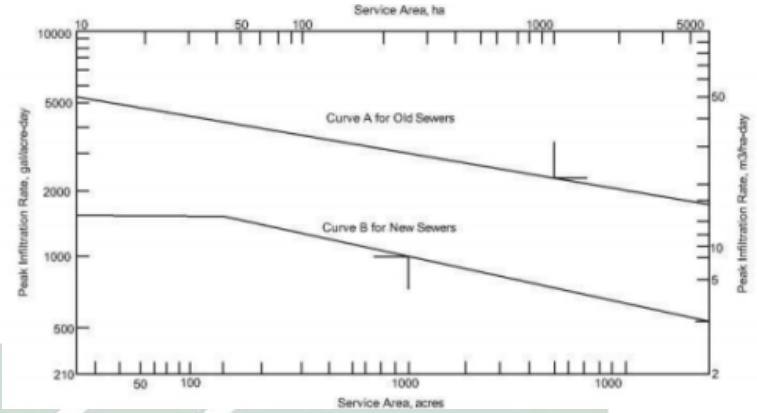
      Keterangan:

      Qpeak = jam puncak

      Fabr = faktor air buangan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

d. Debit Infiltrasi ..... (4)



Gambar 3. 5 *Nilai Infiltrasi Pucak*
Sumber: Tchobanoglous 1981

$Q_{Inf\ peak} = (F_{inf\ peak} \times A)$ ..... (5)

Keterangan:

$F_{inf\ peak}$ = faktor peak infiltrasi

A = luas area direncanakan

e. Debit minimum

Qmin = fmin x Qabr ..... (6)

Keterangan:

Qmin = Debit minimum (m^3/detik)

fmin = Faktor minimum (0,3 - 0,5)

Qabr = Debit rata-rata (m^3/detik)

f. Debit total

Qab total = Qpeak x Qinf peak ..... (7)

Keterangan:

Qpeak = debit puncak (m^3/detik)

Qinf peak = debit infitrasi (m^3/detik)

2. Penentuan optimalisasi

Penentuan optimalisasi pada instalasi bertujuan untuk menjawab permasalahan yang ada sehingga pemilihan optimalisasi pada instalasi harus disesuaikan dengan permasalahan yang ada.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Penentuan optimalisasi pada Tugas Akhir ini ialah dengan penambahan *blower* air atau *aerator* agar efisiensi removal pada unit yang tidak tidak optimal dapat bertambah sehingga nilai *effluent* dari IPAL MSS 6000 dibawah standar baku mutu menurut PERMEN LHK no 68 tahun 2016. Penentuan daya *blower* air atau *aerator* dapat dicari menggunakan persamaan berikut:

1. Mengasumsikan perhitungan BOD *effluent*
   - Konsentrasi BOD *effluent :*

     $S_e = \frac{Li}{1+KT\theta}$ ..... (8)

     Keterangan:

     S_e = BOD terlarut *effluent* (mg/l)

     Li = konsentrasi BOD *influent* (mg/l)

     KT = konstanta laju orde pertama untuk penyisihan BOD (hari)

     ɵ = waktu retensi (hari)
   - Menentukan nilai KT pada suhu rata-rata

     $KT = 2{,}5\ (1{,}06)^{(30-20)}$ ..... (9)
   - Konsentrasi sel bakteri

     $X = \frac{Y(Li-se)}{1+b\theta}$ ..... (10)

     Keterangan:

     X = konsentrasi sel bakteri (mg/l)

     Y = koefisien *yield* (biasanya 0,6-0,7)

     B = laju autolisis (0,007 / hari)

     S_e = BOD terlarut *effluent* (mg/l)

     L_i = konsentrasi BOD *influent* (mg/l)
   - Total Konsentrasi BOD *effluent*

     $L_e = S_e + 0{,}94X$ ..... (11)

     Keterangan:

     S_e = BOD terlarut *effluent* (mg/l)

     X = konsentrasi sel bakteri (mg/l)

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

2. Mengasumsikan perhitungan COD *effluent*
   - Konsentrasi COD yang dapat didekomposisi*:*

     bCOD = 1,6 x BOD *effluent*..... (12)

     Keterangan:

     bCOD = konsentrasi COD yang dapat didekomposisi
3. Menghitung kebutuhan oksigen & daya *aerator*
   - Estimasi kebutuhan oksigen untuk penyisihan BOD

     $R_{O2} = [(1,5(L_i - S_e)Q - 1,42XQ)10^{-3}/24]$..... (13)

     Keterangan:

     R_{O2} = Kebutuhan oksigen

     L_i = konsentrasi BOD *influent* (mg/l)

     S_e = BOD terlarut *effluent* (mg/l)

     Q = Debit (m^3)

     X = konsentrasi sel bakteri (mg/l)
   - Estimasi kebutuhan daya untuk aerator

     Asumsi standar aerator sebesar 1,8 kgO2/kWh

     Diasumsikan aerator memiliki standar 1,8 kgO_2/kWh

     $O_L = O_0a(1,024)^{T-20}(\frac{\beta Cs(TA)-CL}{CS(20,0)})$..... (14)

     Keterangan:

     O_L = laju transfer oksigen

     O0 = laju transfer oksigen ketika pengujian

     a = rasio laju transfer oksigen dalam air limbah (umumnya a = 0,8)

     β = rasio konsentrasi kelarutan oksigen pada air limbah untuk air yang terdestilasi (umumnya β = 0,95)

     $Cs_{(T,A)}$ = konsentrasi kelarutan oksigen pada air yang terdistilasi pada suhu tertentu (T) dan altitude (A=7,57 mg/l)

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

$Cs_{(20,0)}$ = konsentrasi kelarutan oksigen pada air yang terdisilasi dengan suhu suhu 20 oC dan pada ketinggian permukaan laut tertentu (altitude = 9,08 mg/l)

Cl = konsentrasi disolved oxygen dalam unit pengolahan (1-2 mg/l)

- Daya yang dibutuhkana *aerator* untuk oksidasi

P = $Ro_2 : O_L$ ..... (15)

Keterangan:

R_{O2} = Kebutuhan oksigen

O_L = laju transfer oksigen

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

BAB IV
GAMBARAN UMUM

4.1 Gambaran Umum *Modular Sewage System 6000*

Modular Sewage System 6000 (MSS 6000) merupakan instalasi pengolahan air limbah domestik dibawah naungan Unit Pelaksana Teknis Pengolahan Air Limbah Domestik Dinas Pekerjaan Umum Penataan Ruang Perumahan dan Kawasan Permukiman Kota Malang (UPTPALD DPUPRKPKP). UPTPALD DPUPRKP Kota Malang bukan instansi pertama yang menanungi *Modular Sewage System 6000* (MSS 6000) sejak awal beroperasi pada tahun 1998, sebelumnya dinaungi oleh Dinas Kebersihan Kota Malang kemudian serah terima oleh UPTPALD DPUPRKP Kota Malang pada tahun 2018 Sesuai dengan kebijakan pemerintah kota malang yang baru.

Pemerintah Kota Malang telah mengupayakan untuk mencapai sanitasi yang layak sesuai dengan *Suistanable Development Goals* (SDGs) pilar ke enam yakni *Clean Water and Sanitation* dengan peningkatan layanan sanitasi. Layanan sanitasi kota malang antara lain instalasi pengolahan air limbah komunal pada delapan kelurahan (Tlogomas, Jodipan, Kota lama, Mergosono, gadang, Balearjosari, Pisang Candi dan Janti), Sistem pengolahan air limbah setempat (*on site*) dengan layanan lumpur tinja terjdwal dan sistem pengolahan air limbah terpusat (*off site*) pada beberapa kelurahan. Salah satu pengolahan *off site* ialah *Modular Sewage System 6000*, sesuai dengan namanya *Modular Sewage System 6000* (MSS 6000) ialah rancangan instalasi yang berfungsi sebagai pengolahan air limbah (domestik), sedangan angka 6000 ialah kapasitas instalasi yang direncanakan mencapai 6000 kepala keluarga.

Modular Sewage System 6000 (MSS 6000) merupakan instalasi pengolahan air limbah domestik yang melayani *black water* dan *grey water*. *Black water* ialah air limbah domestik yang berasal dari limbah kakus dan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

urin sedangkan *grey water* ialah air limbah domestik yang berasal dari limbah dapur, kamar mandi dan cuci pakaian.

4.2 Gambaran Rencana Lokasi

Modular Sewage System 6000 (MSS 6000) terletak pada koordinat 8°00'06.3 Lintang Selatan, 112°38'08.3 Bujur Timur. Lokasi instalasi terletak di jalan Kolonel Sugiono Kelurahan Mergosono Kecamatan Kedungkandang Kota Malang dengan batas wilayah sebagai berikut :

- Sebelah Utara : berbatasan dengan Kelurahan Kota Lama
- Sebelah Selatan : berbatasan dengan Kelurahan Bumiayu
- Sebelah Barat : berbatasan dengan Kelurahan Ciptomulyo
- Sebelah Timur : berbatasan dengan Kelurahan Buring

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Gambar 4.1 Batas Lokasi
1 : 10.000

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

Judul Gambar

Gambar 4.1 Batas Lokasi

Keterangan

Lokasi Perencanaan

Batas Lokasi

Nama Mahasiswa	Nomor Induk
MUHAMMAD JAUHAR FIRMANSYAH ARIFIN	H75217059

Skala Gambar

1 : 10.000

Tanggal Digambar

30 November 2021

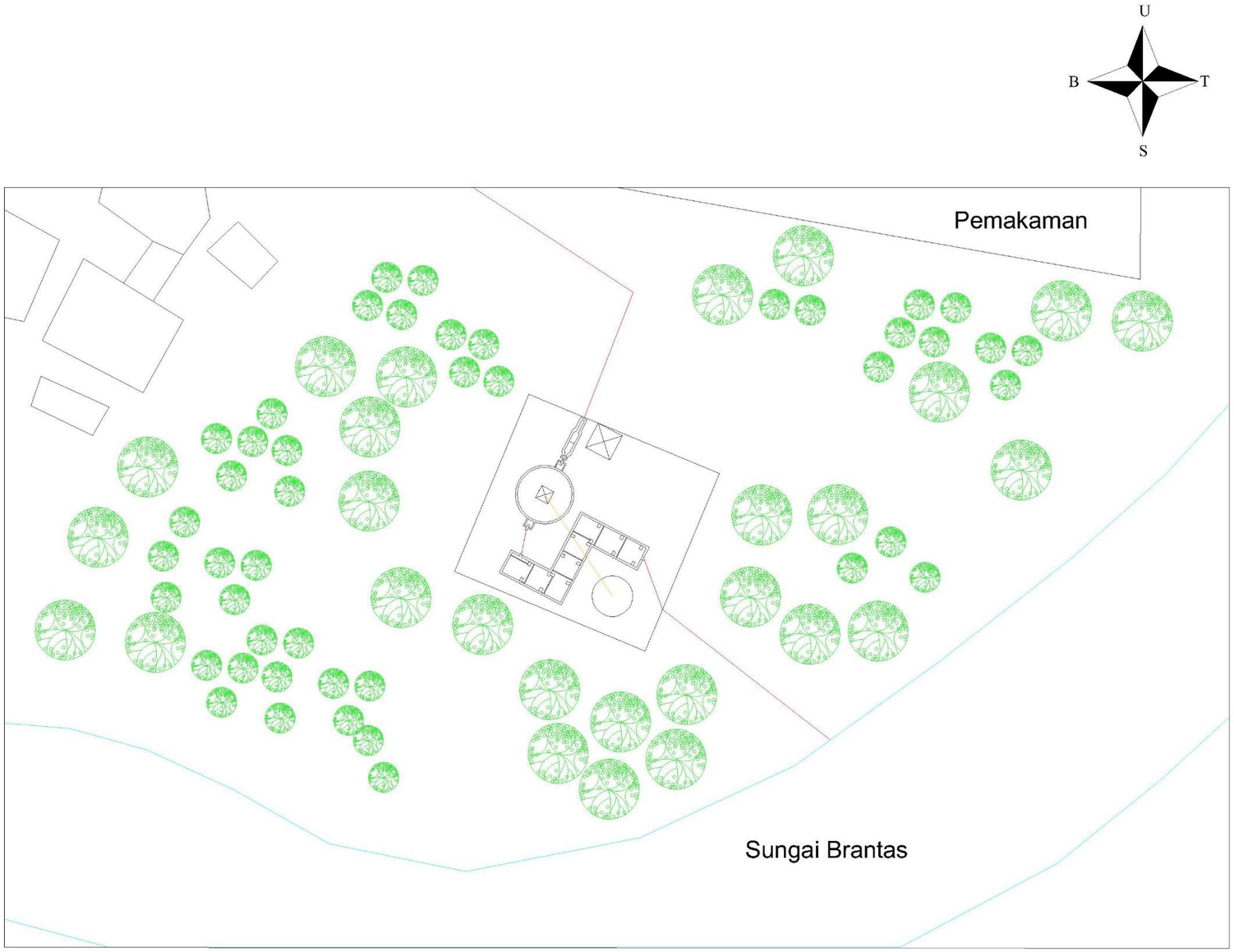
Dosen Pembimbing

Dyah Ratri Nurmaningsih, MT
Sulistiya Nengse, M.T

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Lokasi instalasi telah memenuhi beberapa kriteria desain instalasi air limbah dikarenakan berdekatan dengan sungai berantas sehingga *effluent* yang dihasilkan dapat langsung dialirkan menuju sungai tersebut. Sungai berantas bermata air di Desa Sumber Berantas pada Kecamatan Bumiaji Kota Batu kemudian aliran sungai menuju Malang, Blitar Tulungagung, Kediri, Jombang dan Mojokerto. Layout dari instalasi dapat dilihat pada gambar 4.2 berikut:

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



Gambar 4.2 *Layout* Instalasi

1 : 10.000

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

Judul Gambar

Gambar 4.2 *Layout* Instalasi

Keterangan

- Pohon
- Pemukiman
- Gudang
- *Barscreen*
- *UASB*
- *Cascade aeration*
- SDB

Nama Mahasiswa	Nomor Induk
MUHAMMAD JAUHAR FIRMANSYAH ARIFIN	H75217059

Skala Gambar

1 : 10.000 (mm)

Tanggal Digambar

30 November 2021

Dosen Pembimbing

Dyah Ratri Nurmaningsih, MT
Sulistiya Nengse, M.T

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

4.3 Fasilitas Penunjang

Untuk menjaga kinerja instalasi *Modular Sewage System 6000* (MSS 6000) tetap dalam keadaan baik diperlukan fasilitas penunjang, fasilitas penunjang berpengaruh pada saat instalasi beroperasi maupun dalam keadaan *Maintanance.* Berikut fasilitas penunjang pada instalasi *Modular Sewage System 6000* (MSS 6000) :

- Gudang permanen ukuran 4 x 3 (meter)
- *Water spiner*
- Sapu ijuk
- Saringan
- Meteran
- Pemotong rumput
- Sekop

4.4 Kondisi Existing

Modular Sewage System 6000 (MSS 6000) merupakan IPAL domestik yang melayani Kelurahan Mergosono Kecamatan Kedungkandang Kota Malang dengan kapasitas instalasi 6000 kepala keluarga. Sumber air limbah pada IPAL MSS 6000 berasal dari residu aktivitas atau kegiatan rumah tangga seperti air bekas cucian, dapur, kamar mandi (*grey water)* dan limbah kakus dan urin (*black water*), air limbah disalurkan melaui sambungan rumah ke pipa sekunder kemudian ke pipa primer yang berakhir di instalasi *Modular Sewage System 6000* (MSS 6000). Saat ini *Modular Sewage System 6000* (MSS 6000) masih melayani kurang lebih 300 Sambungan rumah, jika diasumsikan satu sambungan rumah satu kepala keluarga maka kapasitas instalasi masih jauh memenuhi perencanaan awal, akan tetapi beberapa parameter air limbah sudah diatas standar baku mutu yang dikeluarkan Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan melaui Peraturan Menteri No 68 tentang baku mutu air limbah domestik tahun 2016.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

UPTPALD DPUPRKP Kota Malang bekerjasama dengan kelompok swadaya masyarakat Kelurahan Mergosono untuk opersional dan *maintanance*. Kelompok swadaya masyarakat memiliki peran penting untuk tercapainya kinerja instalasi optimal. Agar warga mau untuk dipasang sambungan rumah perlu pendekatan *persuasif*, cara ini akan lebih efisien jika dilakukan oleh warga sekitar sehingga terbentuk kerjasama antara UPT DPUPRKP dengan Kelompok swadaya masyarakat. Kelompok swadaya masyarakat memiliki tugas antara lain mendata sambungan rumah yang akan dipasang atau telah dipasang, wadah aspirasi bagi warga dan sebagai bahan evaluasi untuk instalasi *Modular Sewage System 6000* (MSS 6000).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

BAB V
HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Kualitas Effluent IPAL MSS 6000

5.1.1 Hasil Analisis Laboratorium Karateristik Air limbah *influent mss 6000 / influent* unit *upflow anaerobic sludge blanket* (UASB)

Efektivitas pengolahan pada ipal *modular sewage system 6000* dapat diketahui dengan cara melakukan uji laboratorium pada *influent mss 6000* / *influent* UASB. Uji karakteristik air limbah dianalisis di laboratorium Perum Jasa Tirta I kota Malang pada tanggal 7 april 2021. Parameter yang dianalisis antara lain *chemical oxygen demand* (COD), *biological oxygen demand* (BOD), *total suspended solid* (TSS), amonia (NH3), minyak lemak dan total coliform. Untuk pH dianalisa menggunakan pH meter yang telah dikalibrasi oleh UPTPALD DPUPRKP Kota Malang. Hasil analisa dapat dilihat pada tabel 5.1 berikut :

Tabel 5. 1 Hasil Uji Karakteristik Air Limbah *Influent MSS 6000/Influent UASB*

No	Parameter	Satuan	Baku mutu	Hasil	Keterangan
1	pH	-	6-9	6,7	Memenuhi
2	BOD	mg/L	< 30	550	Tidak memenuhi
3	COD	mg/L	< 100	281,8	Tidak memenuhi
4	TSS	Mg/L	< 30	61,1	Tidak memenuhi
5	Amonia (NH3)	mg/L	< 10	8,471	Tidak memenuhi
6	Minyak dan Lemak	mg/L	< 5	5,1	Tidak memenuhi

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

No	Parameter	Satuan	Baku mutu	Hasil	Keterangan
7	Total Coliform	MPN/1000 ml	< 3000	2200	Memenuhi

Sumber: Hasil Penelitian, 2021

Pemeriksaan pada *influent MSS 6000* bertujuan untuk mengetahui kondisi awal kandungan parameter air limbah instalasi *modular sewage system 6000* dan untuk mengetahui efektivitas penyisihan pada unit *uplflow anaerobic sludge blanket* (UASB), nilai parameter dari *influent mss 600/influent uasb* relatif besar yakni BOD 550 mg/l, COD 281,8 mg/l, TSS 61,1 mg/l, Amonia 8,471 mg/l, Minyak dan Lemak 5,1 mg/l sedangak untuk total *coliform* dan pH sudah dibawah standar baku mutu dengan nilai berturut-turut 2200 MPN/1000 ml dan 6,7. Dengan nilai tersebut maka perlu adanya pengolahan air limbah domestik yang sesuai agar kualitas *effluent* IPAL *mss 6000* aman untuk lingkungan. Untuk mengetahui efektivitas penyisihan diperlukan uji analisa pada *effluent* unit UASB

Efektivitas unit UASB dapat diketahui dengan uji kualitas air pada *influent* dan *effluent* unit tersebut, pada tabel 5.1 telah diketahui kualitas *influent upflow anaerobic sludge blanket* (UASB), untuk *effluent upflow anaerobic sludge blanket* (UASB) titik pengambilan dilakukan di *effluent upflow anaerobic sludge blanket* (UASB) atau *influent cascade aeration*, karena *effluent upflow anaerobic sludge blanket* (UASB) dialirkan langsung menuju *influent cascade aeration*, hasil analisa dapat dilihat pada tabel 5.2 berikut:

Tabel 5. 2 Hasil Uji Karakteristik Air Limbah *Effluent UASB*

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

No	Parameter	Satuan	Baku mutu	Hasil	Keterangan
1	pH	-	6-9	7	Memenuhi
2	BOD	mg/L	< 30	327,8	Tidak memenuhi
3	COD	mg/L	< 100	233,6	Tidak memenuhi
4	TSS	Mg/L	< 30	29,5	Memenuhi
5	Amonia (NH3)	mg/L	< 10	7,677	Memenuhi
6	Minyak dan Lemak	mg/L	< 5	2,5	Memenuhi
7	Total Coliform	MPN/1000 ml	< 3000	1600	Memenuhi

Sumber: Hasil Penelitian, 2021

Setelah mendapatkan data uji kualitas air *effluent upflow anaerobic sludge blanket* (UASB) dapat dianalisa lebih lanjut untuk mengetahui penyisihan removal. Berdasarkan data tersebut, beberapa parameter sudah dibawah standar baku mutu yang dikeluarkan Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan melaui Peraturan Menteri No 68 tentang baku mutu air limbah domestik tahun 2016 antara lain pH 7 , *total suspended solid* (TSS) 29,5 mg/l, amonia 7,67 mg/l, minyak lemak 2,5 mg/l dan total *coliform* 1600 MPN/1000 ml. Sedangkan untuk parameter BOD dan COD masih melebihi standar baku mutu yakni sebesar 327,8 mg/l dan 233,6 mg/l sehingga perlu adanya pengolahan lanjutan, pengolahan lanjutan setelah unit UASB ialah unit *cascade aeration.*

5.1.2 Hasil Analisis Laboratorium karateristik Air limbah *Effluent mss 6000 / Effluent* unit *Cascade Aeration*

Uji kualitas air limbah pada *effluent modular sewage system 6000 / effluent cascade aeration* bertujuan untuk mengetahui efektivitas penyisihan removal pada unit *case cade aeration.* Uji

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

parameter air limbah domestik dilakukan pada laboratorium Perum Jasa Tirta I kota Malang pada tanggal 7 april 2021 antara lain *chemical oxygen demand* (COD), *biological oxygen demand* (BOD), *total suspended solid* (TSS), amonia (NH3), minyak lemak dan total coliform dianalisa di laboratorium, Untuk pH dianalisa menggunakan pH meter yang telah dikalibrasi oleh UPTPALD DPUPRKP Kota Malang. Hasil analisa dapat dilihat pada tabel 5.3 berikut:

Tabel 5. 3 Hasil Uji Karakteristik Air Limbah *Effluent MSS 6000*

No	Parameter	Satuan	Baku mutu	Hasil	Keterangan
1	pH	-	6-9	7,4	Memenuhi
2	BOD	mg/L	< 30	163,9	Tidak memenuhi
3	COD	mg/L	< 100	162,3	Tidak memenuhi
4	TSS	Mg/L	< 30	19	Memenuhi
5	Amonia (NH3)	mg/L	< 10	3,736	Memenuhi
6	Minyak dan Lemak	mg/L	< 5	3	Memenuhi
7	Total Coliform	MPN/1000 ml	< 3000	350	Memenuhi

Sumber: Hasil Penelitian, 2021

Hasil uji karakteristik air limbah pada 7 april 2021 menunjukkan bahwa beberapa parameter masih melebihi standar baku mutu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No 68 tentang baku mutu air limbah domestik, parameter tersebut antara lain *biological oxygen demand* (BOD), *chemical oxygen demand* (COD) dengan nilai sebesar 163,9 mg/l dan 162,3 mg/l sedangkan untuk parameter lainnya sudah dibawah standar baku mutu

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

PERMEN LHK No 68 tahun 2016, parameter tersebut antara lain pH sebesar 7,4, *total suspended solid* sebesar 19 mg/l, amonia sebesar 3,736 mg/l, minyak lemak sebesar 3 mg/l dan total *coliform* sebesar 350 MPN/1000 ml. Hasil uji karakteristik pada *effluent mss 6000 / effluent cascade aeration* dapat dijadikan sebagai dasar penulis untuk menganalisis unit pada ipal mss 6000 dan untuk penentuan optimalisasi yang yang optimal berdasarkan kondisi tersebut.

5.1.3 Efisiensi Pengolahan IPAL MSS 6000

A. *Efisiensi Removal* Parameter pH

Menurut Zulius (2017) *puissance de hydrogen* ialah derajat keasaman suatu larutan yang digunakan untuk mengidentifikasi tingkat derajat pada suatu larutan yang bersifat asam atau basa, larutan yang memiliki nilai pH 7 maka larutan tersebut bersifat netral akan tetapi jika larutan memiliki nilai pH dibawah 7 maka dapat disimpulkan larutan tersebut bersifat asam, jika nilai diatas 7 dan dibawah 14 maka larutan tersebut bersifat basa.

Pengolahan secara biologis oleh mikroorganisme umumnya dapat berjalan optimal dengan nilai pH antara 6,5 – 8,5 (Direktorat Jenderal Cipta Karya, 2017). Untuk mengukur nilai pH pada unit instalasi *modular sewage system 6000* digunakan pH meter , nilai pH pada *influent modular sewage system 6000* (MSS 6000), *effluent upflow anaerobic sludge blanket* (UASB) dan *effluent modular sewage system 6000* (MSS 6000) dapat dilihat pada Gambar 5.1 Gambar 5.2 Gambar 5.3 berikut:

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Gambar 5. 1 *Nilai pH Influent* Modular Sewage System 6000
Sumber: Dokumentasi, 2021

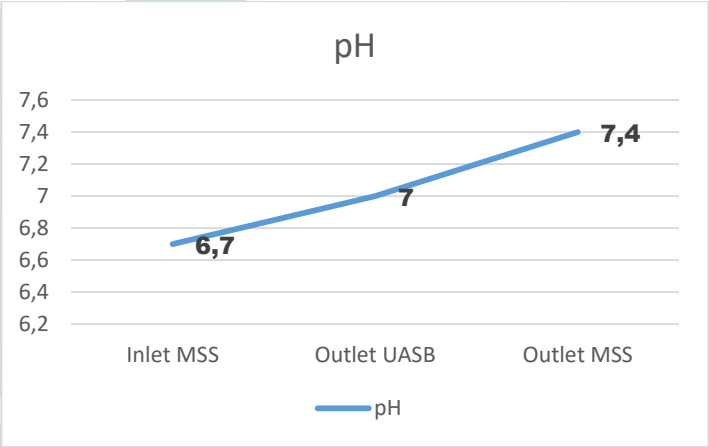
Gambar 5. 2 *Nilai pH Effluent Upflow anaerobic sludge blanket*
Sumber: Dokumentasi, 2021

Gambar 5. 3 *Nilai pH Effluent* Modular Sewage System 6000
Sumber: Dokumentasi, 2021

Nilai pH mempengaruhi aktivitas mikroorganisme dalam pengolahannya, nilai pH dari masing-masing unit pada instalasi *modular sewage system 6000* sesuai dengan ketentuan dari Direktorat Jenderal Cipta Karya (2017) yang menyatakan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

nilai optimum pH pada pengolahan biologis berkisar antara 6,5-8,5. Nilai pH pada masing-masing unit antara lain 6,7 untuk *influent mss/influent uasb,* 7 untuk *effluent uasb/influent cascade aeration* dan 7,4 untuk *effluent mss 6000/effluent cascade aeration.* Grafik nilai pH dan efektivitas nilai Ph pada tiap unit instalasi *modular sewage system 6000* dapat dilihat pada Gambar 5.4 dan Tabel 5.4 berikut:



Gambar 5. 4 *Nilai pH MSS 6000*
Sumber: Hasil Penelitian, 2021

Untuk menghitung efisiensi *removal* pada masing-masing unit dan contoh dalam menghitung efisiensi *removal* pada salah satu unit dapat diketahui melalui persamaan berikut:

Efisiensi *removal* $= \left(\frac{influent - effluent}{influent}\right) x\ 100\%$

Efisiensi *removal uasb* $= \left(\frac{6{,}7 - 7}{6{,}7}\right) x\ 100\%$

Efisiensi *removal uasb* = 4,47 %

Efisiensi *removal* pada masing-masing unit dapat dilihat melalui tabel 5.4 berikut:

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Tabel 5. 4 Efisiensi *removal* Ph Pada Tiap Unit

Unit	*Influent*	*Effluent*	Hasil Efisiensi (%)
Influent MSS	6,7	-	-
Effluent UASB	6,7	7	+4,47
Effluent MSS	7	7,4	+5,71

Sumber: Hasil Penelitian, 2021

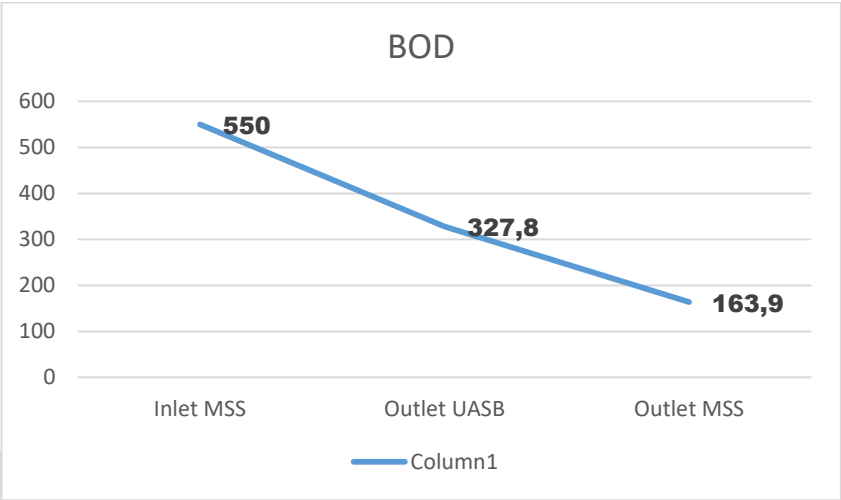
Berdasarkan tabel efisiensi *removal* pH pada tiap unit terjadi kenaikan nilai pH pada masing-masing unit, akan tetapi kenaikan tersebut masih dibawah standar baku mutu menurut PERMEN LHK No 68 tahun 2016 tentang baku mutu air limbah domestik sehingga *effluent* dari parameter tersebut aman jika dialirkan pada badan air.

B. Efisiensi *Removal* Parameter *Biologycal Oxygen Demand* (BOD)

Biological oxygen demand (BOD) merupakan salah satu indikator pencemaran organik pada air limbah domestik, *biological oxygen demand* (BOD) ialah tingkat kebutuhan oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk proses dekomposisi atau menguraikan zat organik yang terkandung dalam air limbah (Hardi, 2015).

Analisis kandungan *biological oxygen demand* (BOD) pada instalasi *modular sewage system 6000* dilakukan di laboratorium Perum Jasa Tirta I Malang pada tanggal 7 april 2021, kadar *biological oxygen demand* (BOD) tiap unit pada instalasi *modular sewage system 6000* dapat dilihat pada Gambar 5.5:

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



Gambar 5. 5 *Konsentrasi BOD MSS 6000*
Sumber: Hasil Penelitian, 2021

Untuk menghitung efisiensi *removal* pada masing-masing unit dan contoh dalam menghitung efisiensi *removal* pada salah satu unit dapat diketahui melalui persamaan berikut:

Efisiensi *removal* $= \left(\frac{influent - effluent}{influent}\right) x\ 100\%$

Efisiensi *removal uasb* $= \left(\frac{550 - 327{,}8}{550}\right) x\ 100\%$

Efisiensi *removal uasb* = 40,4 %

Efisiensi *removal* pada masing-masing unit dapat dilihat melalui tabel 5.5 berikut:

Tabel 5. 5 Efisiensi *Removal* BOD Tiap Unit

Unit	*Influent (mg/l)*	*Effluent (mg/l)*	Efisiensi (%)
Influent MSS	550	-	-
Effluent UASB	550	327,8	40,4
Effluent MSS	327,8	163,9	50

Sumber: Hasil Penelitian, 2021

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

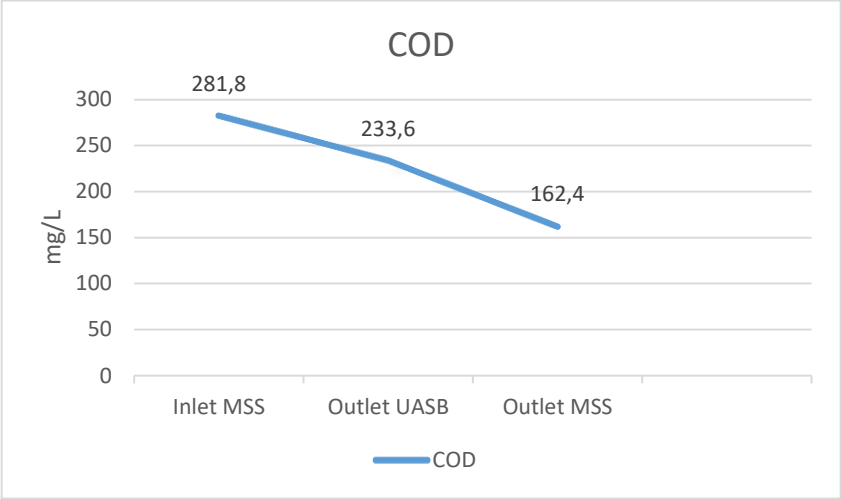
Berdasarkan tabel efisiensi *removal* BOD tiap unit terjadi penurunan pada tiap unitnya, akan tetapi hasil akhir atau *effluent mss 6000* masih melebihi standar baku mutu menurut PERMEN LHK No 68 tahun 2016 tantang baku mutu air limbah domestik dimana nilai BOD dari *effluent mss 6000* sebesar 163,9 mg/l sedangkan untuk baku mutu ialah tidak lebih dari 30 mg/l. Hasil efisiensi *removal* BOD pada tiap unit dijadikan penulis sebagai dasar penentuan optimalisasi pada ipal mss 6000.

C. Efisiensi *Removal* Parameter *Chemical Oxygen Demand (COD)*

Cemichal oxygen demand ialah jumlah kebutuhan oksigen yang tedapat dalam air, jumlah oksigen tersebut berguna pada proses kimia untuk mereduksi atau menguraikan pencemar dalam air. *Cemichal oxygen demand* dinyatakan dalam ppm (*part per million*) atau ml O2/ liter. *Cemichal demand oxygen* merupakan parameter umum yang digunakan untuk mengetahui tingkat pencemar pada air. Semakin tinggi nilai *Cemichal oxygen demand* maka tingkat pencemar yang dihasilkan dapat berpotensi merusak lingkungan atau mahluk hidup sekitar (Hardi, 2015).

Analisis kandungan *cemichal oxygen demand*) pada instalasi *modular sewage system 6000* dilakukan di laboratorium Perum Jasa Tirta I Malang pada tanggal 7 april 2021, kadar *Cemichal oxygen demand* dan efisiensi removal tiap unit pada instalasi *modular sewage system 6000* dapat dilihat pada Gambar 5.6 berikut:

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



Gambar 5. 6 Konsentrasi COD MSS 6000

Sumber: Hasil Penelitian, 2021

Untuk menghitung efisiensi *removal* COD pada masing-masing unit dan contoh dalam menghitung efisiensi *removal* pada salah satu unit dapat diketahui melalui persamaan berikut:

Efisiensi *removal* $= \left(\frac{influent - effluent}{influent}\right) x\ 100\%$

Efisiensi *removal* cod *uasb* $= \left(\frac{281{,}8 - 233{,}6}{281{,}8}\right) x\ 100\%$

Efisiensi *removal* cod *uasb* = 17,1 %

Efisiensi *removal* pada masing-masing unit dapat dilihat melalui tabel 5.6 berikut:

Tabel 5. 6 *Efisiensi Removal* COD Tiap Unit

Unit	*Influent* (mg/l)	*Effluent* (mg/l)	Efisiensi (%)
Influent MSS	281,8	-	-
Effluent UASB	281,8	233,6	17,1
Effluent MSS	233,6	162,4	30,5

Sumber: Hasil Penelitian, 2021

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Berdasarkan tabel 5.6 *chemical oxygen demand* menunjukkan hasil konsentrasi tiap unit pada instalasi *modular sewage system 6000*. Konsentrasi *chemical oxygen demand influent mss 6000 sebesar* 281,8 mg/L kemudian terjadi penurunan pada *effluent uasb* sehingga konsentrasi COD menjadi 233,6 mg/l dan *effluent* mss 6000 menjadi 162,4 mg/l setelah melalui proses pengolahan pada unit *cascade aeration*. Konsentrasi *chemical oxygen demand* pada tiap unit pengolahan mengalami penurunan, akan tetapi penurunan tersebut tidak optimal sesuai dengan peruntukan unitnya, tidak optimalnya penurunan konsentrasi dapat disebabkan tidak adanya pengawasan dan pemeliharaan instalasi yang terjadwal, tingginya konsentrasi *chemical oxygen demand* dapat disebabkan oleh pengenceran air hujan yang bersifat asam, asam dari air hujan jika melebihi kapasitasnya dapat membunuh mikroorganisme yang berfungsi sebagai pengolahan air limbah (Hardi, 2015).

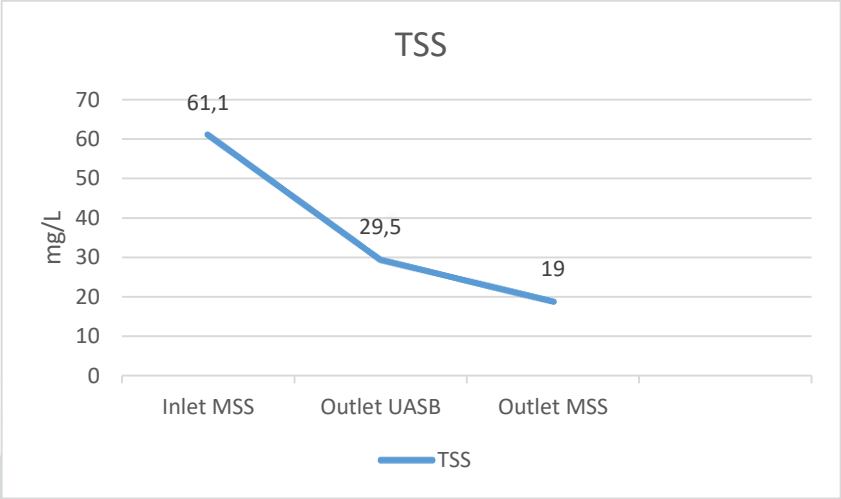
Tingginya konsentrasi *chemical oxygen demand* pada instalasi *modular sewage system 6000* dapat mempengaruhi keseimbangan ekosistem pada daerah sekitar instalasi, tingginya konsentrasi *chemical oxygen demand* dapat menjadi indikasi tingginya kadar zat organik dalam air limbah tersebut sedangkan standar baku mutu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No 68 tentang baku mutu air limbah domestik untuk *chemical oxygen demand* yang diperbolehkan ialah sebesar 100 mg/L.

D. Efisiensi *Removal* Parameter *Total Suspended Solid (TSS)*

Total suspended solid atau padatan tersuspensi ialah padatan yang dapat menyebabkan kekeruhan pada air sehingga padatan tidak dapat terlarut dan tidak langsung mengendap dengan optimal. Padatan tersuspensi umumnya terdiri dari partikel yang lebih kecil ukuran dan beratnya dibandingkan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

sedimen. konsentrasi padatan tersuspensi berguna untuk mengetahui tingkat pencemar pada air limbah domestik (Asadiya, 2018). Konsentrasi padatan tersuspensi (TSS) pada masing-masing unit instalasi *modular sewage system 6000* dapat dilihat pada Gambar berikut:



Gambar 5. 7 Konsentrasi TSS MSS 6000
Sumber: Dokumentasi, 2021

Untuk menghitung efisiensi *removal* TSS pada masing-masing unit dan contoh dalam menghitung efisiensi *removal* pada salah satu unit dapat diketahui melalui persamaan berikut:

Efisiensi *removal* $= \left(\frac{influent - effluent}{influent}\right) x\ 100\%$

Efisiensi *removal* tss *uasb* $= \left(\frac{61{,}1 - 29{,}5}{61{,}1}\right) x\ 100\%$

Efisiensi *removal* tss *uasb* = 51,7 %

Efisiensi *removal* TSS pada masing-masing unit dapat dilihat melalui tabel 5.7 berikut:

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Tabel 5. 7 *Efisiensi Removal* TSS Tiap Unit

Unit	***Influent*** **(mg/l)**	***Effluent*** **(mg/l)**	**Efisiensi (%)**
Influent MSS	61,1	-	-
Effluent UASB	61,1	29,5	51,7
Effluent MSS/*effluent cascade*	29,5	19	35,5

Sumber: Hasil Penelitian, 2021

Hasil analisis konsentrasi *total suspended solid* (TSS) pada instalasi *modular sewage system 6000* menunjukkan penurunan dari awal pengolahan sampai akhir pengolahan. Pada *influent* MSS 6000 konsentrasi TSS sebesar 61,1 mg/L, kemudian turun menjadi 29,5 mg/L setelah melalui pengolahan *upflow anaerobic sludge blanket* (UASB), selisih perbedaan sebesar 31,6 mg/L. Kemudian pada hasil akhir pengolahan MSS 6000 konsentrasi TSS sebesar 19 mg/L, terjadi penurunan sebesar 12,6 mg/L, hal tersebut dikarenakan terjadi proses pengolahan pada *cascade aeratio*. Jika dibandingkan dengan standar baku mutu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No 68 tentang baku mutu air limbah domestik, konsentrasi *total suspended solid* pada *effluent modular sewage system 6000* telah memenuhi baku mutu dengan nilai standar parameter sebesar 30 mg/l.

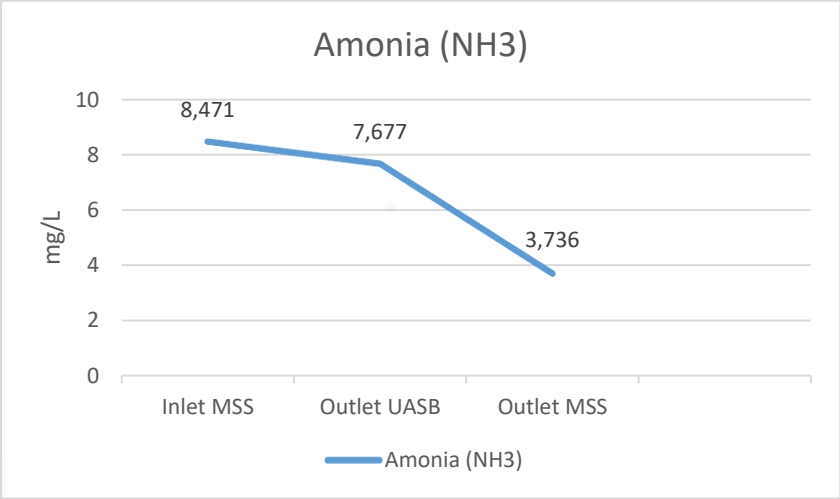
E. Efisiensi *Removal* Parameter *Amonia* (NH3)

Amonia (NH3) ialah senyawa nitrogen yang berasal dari penguraian zat organik oleh secara biologis oleh mikroorganisme. Pada air limbah domestik, amonia berasal dari tinja, air seni dan zat organik yang teroksidasi oleh mikroorganisme. konsentrasi amonia dapat mempengaruhi kondisi sekitar, jika konsentrasi amonia (NH3) tinggi dapat menyebabkan bau yang menggangu, tingginya konsentrasi amonia (NH3) juga dapat menyebabkan pertumbuhan lumut

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

atau mikroalga, pertumbuhan lumut atau mikroalga disebut proses *eutrifikasi* (Pratiwi, 2019).

Konsentrasi amonia (NH3) pada masing-masing unit *modular sewage system 6000* dapat dilihat pada Gambar berikut:



Gambar 5. 8 Konsentrasi Amonia (NH_3) MSS 6000
Sumber: Hasil Penelitian, 2021

Untuk menghitung efisiensi *removal Amonia* (NH_3) pada masing-masing unit dan contoh dalam menghitung efisiensi *removal* pada salah satu unit dapat diketahui melalui persamaan berikut:

Efisiensi *removal* $= \left(\frac{influent - effluent}{influent}\right) x\ 100\%$

Efisiensi *removal* NH_3 *uasb* $= \left(\frac{8{,}471 - 7{,}677}{8{,}471}\right) x\ 100\%$

Efisiensi *removal* NH_3 *uasb* = 9,3 %

Efisiensi *removal* TSS pada masing-masing unit dapat dilihat melalui tabel 5.8 berikut:

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Tabel 5. 8 *Efisiensi Removal* Amonia Tiap Unit

Unit	*Influent* (mg/l)	*Effluent* (mg/l)	Efisiensi (%)
Influent MSS	8,471	-	-
Effluent UASB	8,471	7,677	9,3
Effluent MSS	7,677	3,736	51,3

Sumber: Hasil Penelitian, 2021

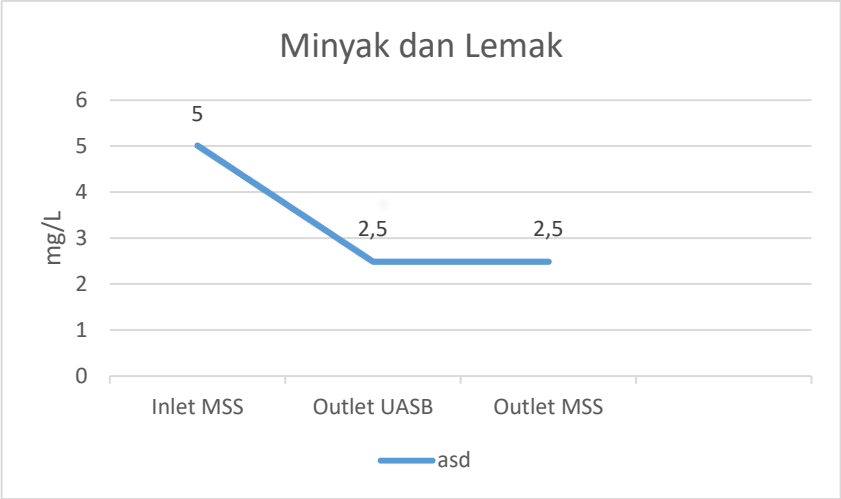
Hasil analisis konsentrasi amonia (NH_3) pada masing-masing unit instalasi *modular sewage system 6000* mengalami penurunan dari proses awal pengolahan sampai akhir pengolahan. Konsentrasi pada *influent modular sewage system 6000* sebesar 8,471 mg/L, kemudian turun menjadi 7,677 setelah melalui pengolahan pada *upflow anaerobic sludge blanket* (UASB), kemudian terjadi pengolahan pada unit *cascade aeration,* konsentrasi amonia (NH3) setelah melalui proses pada *cascade aeration* sebesar 3,736. konsentrasi amonia (NH3) pada *effluent* berada dibawah Standar baku mutu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No 68 tentang baku mutu air limbah domestik, baku mutu untuk amonia (NH_3) sebesar 10 mg/L, hal tersebut menunjukkan konsentrasi amonia (NH3) pada instalasi *modular sewage system 6000* tidak berbahaya bagi ekosistem atau biota sekitar.

F. Efisiensi Removal Parameter Minyak dan Lemak

Minyak dan lemak merupakan parameter pencemar air limbah domestik, minyak dan lemak dalam air limbah berasal dari *greywater, greywater* ialah limbah domestik yang berasal dari aktivitas manusia seperti cuci pakaian, cuci alat dapur dan kamar mandi. Minyak dan lemak dalam pengolahannya tergolong dalam bahan organik yang sukar didekomposisikan oleh bakteri pengurai. Konsentrasi minyak dan lemak pada

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

masing-masing unit instalasi *modular sewage system 6000* dapat dilihar pada Gambar berikut:



Gambar 5. 9 Konsentrasi Minyak dan Lemak MSS 6000
Sumber: Dokumentasi, 2021

Untuk menghitung efisiensi *removal* minyak dan lemak pada masing-masing unit dan contoh dalam menghitung efisiensi *removal* pada salah satu unit dapat diketahui melalui persamaan berikut:

Efisiensi *removal* $= \left(\frac{influent - effluent}{influent}\right) x\ 100\%$

Efisiensi *removal* minyak lemak *uasb* $= \left(\frac{8{,}471 - 7{,}677}{8{,}471}\right) x\ 100\%$

Efisiensi *removal* minyak lemak *uasb* = 9,3 %

Efisiensi *removal* minyak lemak pada masing-masing unit dapat dilihat melalui tabel 5.9 berikut:

Tabel 5. 9 *Efisiensi Removal* Minyak & Lemak Tiap Unit

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Unit	*Influent* (mg/l)	*Effluent* (mg/l)	Efisiensi (%)
Influent MSS	5	-	-
Effluent UASB	5	2,5	50
Effluent MSS	2,5	2,5	-

Sumber: Hasil Penelitian, 2021

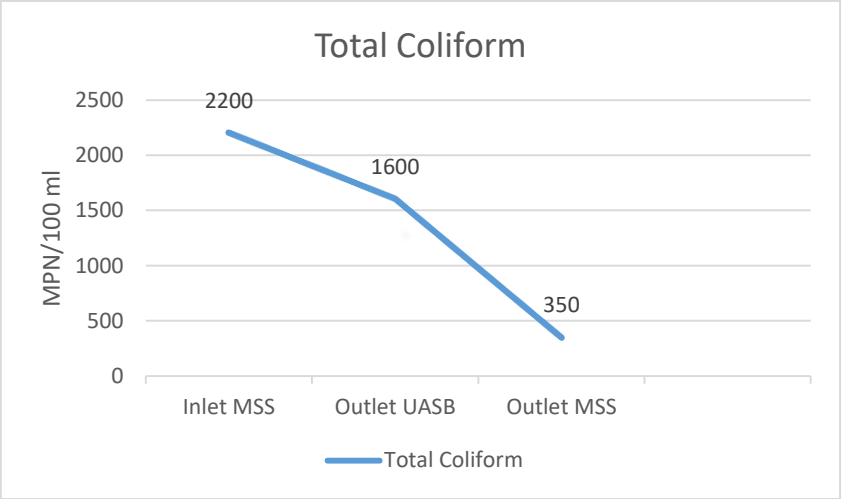
Hasil analisis konsentrasi minyak dan lemak pada masing- masing unit instalasi *modular sewage system 6000* menunjukkan penurunan dan kenaikan pada masing-masing unit, konsentrasi awal sebelum terjadi proses pengolahan sebesar 5 mg/L kemudian terjadi penurunan sebesar 2,5 mg/L setelah melalui proses pengolahan pada unit *upflow anaerobic sludge blanket* (UASB), kemudian pengolahan terjadi pada unit *cascade aeration*. Konsentrasi pada *effluent* masih dibawah Standar baku mutu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No 68 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik, standar baku mutu yang ditetapkan ialah sebesar 5 mg/L.

G. Efisiensi Removal Parameter Total *Coliform*

Total coliform ialah kumpulan bakteri yang digunakan sebagai indikator pencemar pada air limbah domestik. Bakteri tersebut tergolong dalam bakteri *coliform* yang dapat hidup dalam tinja manusia maupun hewan. total *coliform* dibagi menjadi dua golongan, golongan yang pertama ialah *coliform fekal*, salah satu bakteri golongan tersebut ialah *eshercia coli*, golongan selanjutnya ialah *coliform non fekal* seperti *aerobacter* dan *klebsiella, coliform non fekal* tidak berasal dari tinja manusia melainkan dari tinja hewan atau tanaman yang sudah mati (Pakpahan, 2015).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Hasil analisis total *coliform* pada masing-masing unit instalasi *modular sewage system 6000* dapat dilihat pada Gambar berikut:



Gambar 5. 10 Konsentrasi *Total Coliform* MSS 6000
Sumber: Dokumentasi, 2021

Untuk menghitung efisiensi *removal* total *coliform* pada masing-masing unit dan contoh dalam menghitung efisiensi *removal* pada salah satu unit dapat diketahui melalui persamaan berikut:

Efisiensi *removal* $= \left(\frac{influent - effluent}{influent}\right) x\ 100\%$

Efisiensi *removal* total *coliform uasb* $= \left(\frac{2200 - 1600}{2200}\right) x\ 100\%$

Efisiensi *removal* total *coliform uasb* = 27,3 %

Efisiensi *removal* minyak lemak pada masing-masing unit dapat dilihat melalui tabel 5.10 berikut:

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Tabel 5. 10 Total Coliform Tiap Unit

Unit	*Influent* (MPN/100 ml)	*Effluent* (MPN/100ml)	Efisiensi (%)
Influent MSS	2200	-	-
Effluent UASB	2200	1600	27,3
Effluent MSS	1600	350	78,1

Sumber: Hasil Penelitian, 2021

Hasil analisis total *coliform* pada masing-masing unit instalasi *modular sewage system 6000* mengalami penurunan dari *influent* pengolahan sampai *effluent modular sewage system 6000.* Sebelum proses pengolahan total *coliform* sebesar 2200 MPN/100 ml kemudian setelah terjadi proses pengolahan secara biologis pada unit *upflow anaerobic sludge blanket* (UASB) konsentrasi total *coliform* menjadi 1600 MPN/100 ml, setelah melalui proses biologis pada unit *upflow anaerobic sludge blanket* proses pengolahan selanjutnya ialah *cascade aeration,* setelah melalui proses pengolahan pada unit *cascade aeration* konsentrasi total *coliform* mengalami penurunan sebesar 1250 sehingga kosentrasi pada *effluent* instalasi *modular sewage system 6000* menjadi 350 MPN/100 ml. Konsentrasi tersebut telah berada dibawah Standar baku mutu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No 68 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik sehingga tidak berpotensi mencemari ekosistem sekitar.

5.2 Evaluasi Kinerja Pengolahan IPAL MSS 6000

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

5.2.1 Evaluasi Kinerja Pengolahan unit *Bar screen*

Bar screen merupakan unit pengolahan yang penting pada tahapan awal proses pengolahan air limbah domestik yang berfungsi sebagai penyaring padatan atau sampah berukuran lebih dari 20 mm yang terbawa pada aliran air limbah sehingga memudahkan proses pengolahan selanjutnya. Padatan atau sampah yang sering ditemukan dalam unit *bar screen* antara lain plastik, kain, kayu, krikil dan lain sebagainya (Direktorat Jenderal Cipta Karya, 2017). Padatan atau sampah yang tersaring pada *bar screen* harus dibersihkan rutin atau berkala agar menghindari menumpuknya padatan atau sampah yang dapat menyebabkan proses selanjutnya tidak efisien. Pembersihan unit *bar screen* biasanya menggunakan sikat besi yang jarak antara gigi disesuaikan dengan lebar antar kisi unit *bar screen.* Untuk mengetahui kesesuaian unit *bar screen* pada IPLT MSS 6000 perlu adanya evaluasi kesesuaian dengan membandingkan kondisi eksisting dengan pedoman atau referensi kriteria desain terkait.

Dikarenakan data mengenai kehilangan tekan tidak terarsipkan di UPTPALD DPUPRKP Kota Malang maka kehilangan tekan dapat dicari melalui rumus berikut :

$$Hl = \beta(\frac{\omega}{b})^{\frac{4}{3}} hv * \sin \emptyset$$

Keterangan :
β = faktor tipe batang (2,42)
ω = jumlah batang
b = jarak bukaan
h_v = *velocity head* aliran melalui bukaan ($\frac{v^2}{2.g}$)
∅ = sudut kemiringan

Maka :

$$Hl = 2{,}42(\frac{29 * 10mm}{30 * 10mm})^{\frac{4}{3}} (\frac{0.3m/detik^2}{2.9{,}81m/detik}) * \sin 50$$

Hl = 0,0018 m =1,8 mm

Tabel 5. 11 Evaluasi Kriteria Desain Bar screen

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Parameter	Satuan	PUPR (*)	Metcalf (**)	Kondisi Eksisting (***)	Sesuai/ Tidak Sesuai
Lebar bar	mm	-	5-15	15	√
Panjang bar	Mm	-	25-38	30	√
Kecepatan aliran	m/detik	0,3-0,6	0,3-0,6	0,4	√
Jarak bukaan	mm	25-50	25–50	30	√
Kemiringan	°	45-60	30-45	50	√
Kehilangan Tekanan	mm	< 150	150	1,8	√

Sumber: *. Buku A Panduan Panduan Perhitungan Bangunan Lumpur Tinja (2017).

**Metcalf(2003).

***Hasil Penelitian (2021).

Keterangan : √ = Sesuai

X = Tidak Sesuai

Dari hasil evaluasi kesesuaian kondisi eksisting dengan beberapa referensi kriteria desain *bar screen* dapat disimpulkan bahwa unit *bar screen* pada IPAL MSS 6000 memenuhi standar kriteria desain dari Kementerian Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat Direktorat Jenderal Cipta Karya tentang Pedoman Perencanaan Teknik Terinci Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja tahun 2017 dan buku dari Metcalf & edy yang berjudul *Wastewater Enginering Treatment and Reuse* tahun 2003.

5.2.2 Evaluasi Pengolahan Unit *Upflow anaerobic sludge blanket*

Upflow anaerobic sludge blanket (UASB) adalah unit pengolahan yang bekerja dengan bantuan bakteri *anaerob.* Reaktor *Upflow anaerobic sludge blanket* (UASB) dinilai memiliki tingkat efektivitas tinggi dibanding unit pengolahan *aeaerobic* lainnya. UASB mampu menumbuhkan agregat bakteri yang tebal dan juga pekat (Marlena,2016). Pertumbuhan agregat yang tebal dan pekat tersebut berguna untuk keberlangsungan bakteri *anerobic* sehingga

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

proses dekomposisi bahan organik air limbah dapat berjalan optimal. Pengolahan air limbah domestik di MSS 6000 menggunakan UASB menjadi bangunan pengolahan yang meremoval beberapa parameter seperti COD, BOD, TSS. Dalam proses evaluasi diperlukan tahapan dalam menyesuaikan kondisi eksisting dengan kriteria desain UASB. Hasil kesesuaian kondisi eksisting dengan kriteria desain UASB dapat dilihat pada Tabel 5.12 berikut ini:

Tabel 5. 12 Evaluasi Kriteria Desain *Upflow anaerobic sludge blanket*

Parameter	*PUPR	**Metcalf	***Kondisi Eksisting	Sesuai/ Tidak Sesuai
COD removal	74-78%	90-95%	17,1%	x
Hydraulic Retention Time (HRT)	8-10 jam	4-8 jam	10 jam	√
TSS removal	-	60-85%	51,7%	x
BOD removal	75-85%	-	20,4%	x
Solid Retention Time (SRT)	30-50 hari	-	21 hari	x
Produksi Lumpur	0,15-0,25 Kg /m3	-	0,0786 Kg.TS/m^3	x
Kedalaman reaktor	4,5-5,0 m	-	5 m	√
Lebar atau diameter	10–12 m	-	8 m	x

Sumber: *. Buku A Panduan Panduan Perhitungan Bangunan Lumpur Tinja (2017).

**Metcalf(2003).

***Hasil Penelitian (2021).

Keterangan : √ = Sesuai

X = Tidak Sesuai

Proses evaluasi kondisi eksisting dengan kriteria desain menujukkan bahwa beberapa indikator tidak sesuai. Indikator tersebut diantaranya ialah *chemical oxygen deman,* berdasarkan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

tabel 5.6 efisisensi *removal* COD yang tersisisihkan sebesar 7,1% sedangkan kriteria desain menurut Buku B Pedoman Pembangunan Sub Perencanaan SPALD-T PUPR bahwa penyisihan UASB sebesar 74 - 78%, sedangkan menurut Metcalf Eddy sebesar 90-95 dari kedua sumber acuan tersebut, penyisihan COD di unit UASB MSS 6000 tidak sesuai.

Penyisihan BOD di unit UASB pada tabel 5.5 sebesar 40,4% sedangkan menurut PUPR melalui kriteria desain dari Buku B Pedoman Pembanguna Sub Perencanaan SPALD-T PUPR bahwa penyisihan BOD UASB sebesar 75 - 85%.

Penyisihan *removal* TSS di unit UASB sebesar 51,7% (tabel5.7) tidak sesuai dengan kriteria desain menurut Metcalf (2003) yakni sebesar 60-85%. Kondisi eksisting seperti produksi lumpur sebesar 0,0786 Kg.TS/m^3 tidak sesuai dengan kriteria desain menurut Buku B Pedoman Pembanguna Sub Perencanaan SPALD-T PUPR. Parameter selanjutnya yaitu *Solids Retention Time* dimana waktu rata-rata padatan lumpur *sludge* berada dalam unit selama 21 hari, dimana waktu tersebut kurang dari/tidak sesuai dengan kriteria desain menurut Buku B Pedoman Pembangunan Sub Perencanaan SPALD-T PUPR (2017), diameter unit berukuran 8 meter juga tidak sesuai dengan kriteria desain menurut Buku B Pedoman Pembangunan Sub Perencanaan SPALD-T PUPR (2017) yakni sebesar 10-12 m.

5.2.3 Evaluasi Pengolahan Unit *Cascade Aerator*

Cascade Aerator merupakan sistem aerasi yang menggunakan sistem gravitasi sehingga air limbah diterjunkan melalui undakan pada *cascade aerator* sehingga akan menyebabkan kontak antara udara dengan air limbah yang menyebabkan perpindahan gas. Tinggi dan julah undakan pada *cascade aerator* dapat mempengaruhi efisiensi perpindahan gas tersebut, semakin

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

dan banyak jumlah undakan akan menyebabkan efisiensi perpindahan gas dalam air semakin besar (Direktorat Jenderal Cipta Karya, 2017). Dalam perencanaannya, unit *cascade aerator* harus sesuai dengan kriteria desain pedoman perencanaan teknik IPLT atau pedoman lainnya yang selaras agar efisiensi penyisihan dapat bekerja sesuai peruntukannya. Jadi perlu adanya evaluasi kesesuaian kondisi eksisting unit *cascade aerator* pada IPAL MSS 6000 dengan kriteria desain menurut pedoman, evaluasi kesesuaian kondisi eksisting dengan kriteria desain menurut pedoman dapat dilihat pada tabel 5.13 berikut:

Tabel 5. 13 Evaluasi Kriteria Desain *Cascade Aerator*

Parameter	*PUPR	**Metcalf	*** Hasimi	****Kondisi Eksisting	Sesuai/ Tidak Sesuai
Jumlah Undakan	3–6 (umumnya)	-	-	8	X
Tinggi Undakan	0,2 - 1,2 m	2–5 m	-	10 jam	√
Kecepatan Aliran Pada Saluran Pengumpul	0,6–0,9 m^2/detik	-	-	0,8 m^2/detik	√
Efisiensi Removal BOD			36 – 51%	50 %	√

Sumber: *. Buku A Panduan Panduan Perhitungan Bangunan Lumpur Tinja (2017).
**Metcalf (2003).
***Hasimi (2018)
***Hasil Penelitian (2021).

Keterangan : √ = Sesuai
X = Tidak Sesuai

Hasil evaluasi kesesuaian kondisi eksisting dengan beberapa referensi kriteria desain *cascade aerator* menunjukkan bahwa unit *cascade aerator* pada IPAL MSS 6000 sesuai dengan peruntukannya

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

walaupun jumlah undakan melebihi standar dari referensi tersebut. Akan tetapi menurut Kementerian Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat Direktorat Jenderal Cipta Karya tentang Pedoman Perencanaan Teknik Terinci Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja tahun 2017 dijelaskan bahwa semakin banyak jumlah undakan pada *cascade aerator* maka semakin besar efisiensi perpindahan gas antara air limbah dengan udara.

5.2.4 Evaluasi Kinerja Pengolahan Unit IPAL MSS 6000

Evaluasi kinerja pengolahan unit dapat diketahui melalui perbandingan antara referensi terkait dengan kondisi eksisting ipal *modular sewage system 6000* Kota Malang dimana referensi yang digunakan dari Direktorat Jenderal Cipta Karya tahun 2017 dengan judul Buku A Panduan Perencanaan Teknik Terinci Bangunan Pengolahan Lumpur Tinja Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat dan buku dari Metcalf & edy yang berjudul *Wastewater Enginering Treatment and Reuse* tahun 2003.

Evaluasi kinerja pengolahan unit menunjukkan adanya ketidaksesuaian antara referensi terkait dengan kondisi eksisting, unit yang dimaksud ialah *upflow anaerobic sludge blanket.* Ketidaksesuaian tersebut dapat mempengaruhi kualitas pengolahan air limbah domestik yang menyebabkan tidak tercapainya nilai *effluent* mss 6000 berdasarkan standar baku mutu parameter air limbah yang telah ditetapkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup Dan Kehutanan tahun 2016 dalam Peraturan Pemerintah No 68 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik.

Dikarenakan adanya ketidaksesuaian antara referensi terkait dengan kondisi eksisting unit *uplfow anaerobic sludge blanket* maka perlu adanya optimalisasi pada unit tersebut. Optimalisasi yang dimaksud ialah dengan penambahan blower air atau *aerator* pada unit

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

upflow anaerobic sludge blunket untuk meningkatkan efisiensi *removal* material organik.

5.3 Optimalisasi IPAL *Modular Sewage System 6000*

5.3.1 Perhitungan Debit air limbah

Perhitungan debit air limbah dapat diketahui melalui rata-rata konsumsi air bersih setiap orang dikarenakan air limbah berasal dari 70-80% penggunaan air bersih (Tchobanoglous, 2003). Untuk menghitung estimasi debit air limbah untuk optimalisasi IPAL maka perlu diperhatikan volume unit UASB dan jumlah penduduk yang direncanakan, jumlah penduduk yang direncanakan mengacu pada volume unit UASB dan waktu retensi yang direncakanan. Berikut estimasi debit air limbah untuk optimalisasi IPAL:

Diketahui:

Volume UASB $= \pi \times r^2 \times t$

$= 3{,}14 \times 4^2 \times 5$

$= 251{,}2\ m^3$

Waktu Retensi = 2,3 hari ~ 55,2 jam

Debit max / hari $= 251{,}2\ m^3 : 2{,}3$ hari

$= 109{,}2\ m^3$

Dari perhitungan tersebut maka dapat diketahui debit maximal perhari sebesar 109,2 m^3 maka jumlah penduduk yang terlayani dapat dihitung melalui persamaan berikut:

Jumlah terlayani = 1200 orang (eksisting)

Keb.air bersih/orang = 100 l/orang (Tchobanoglous, 2003)

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

- Debit air limbah eksisting

  Q_{al} = (70-80%) x jumlah penduduk x Q air minum

  Q_{al} = 70% x 1200 x 100 l/orang.hari

  Q_{al} = 84.000 l/orang.hari

  Q_{al} = 84 m^3/hari

  Q_{al} = 3,5 m^3/jam

  Q_{al} = 0,0009 m^3/detik

- Jumlah penduduk maximal yang terlayani:

  Diketahui:

  1200 jiwa = 84 m^3

  X jiwa = 109,2 m^3

  Jawab:

  X jiwa = 1200 x 109,2 : 84

  X jiwa = 1560 jiwa

b. Debit puncak air buangan

   F_{peak} = 4 (gambar 3.4)

   $Q_{peak} = Q_{al} \times F_{peak\ abr}$

   Q_{peak} = 109,2 m^3/hari x 4

   Q_{peak} = 436,8 m^3/hari

   Q_{peak} = 18,2 m^3/jam

   Q_{peak} = 0,005 m^3/detik

c. Debit rata-rata air limbah

   $Q_{abr} = Q_{peak} \times f_{abr}$(70-80%)

   Q_{abr} = 436,8 m^3/hari x 70%

   Q_{abr} = 305,7 m^3/hari

   Q_{abr} = 12,7 m^3/jam

   Q_{abr} = 0,0035 m^3/detik

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

5.3.2 Alternatif Optimalisasi Unit Pengolahan UASB

Untuk menentukan alternatif optimalisasi unit pengolahan pada UASB IPAL MSS 6000, penulis menyarankan adanya penambahan *aerator* agar pengolahan pada unit UASB lebih optimal, penambahan *aerator* didasarkan pada nilai parameter *influent* BOD yang tidak terlalu tinggi yakni 550 mg/l. Menurut Direktorat Pengembangan Penyehatan Lingkungan Permukiman unit UASB umumnya diaplikasikan dengan kondisi konsentrasi BOD diatas 1000 mg/l. Untuk menentukan jumlah oksigen yang dibutuhkan dan daya *aerator* yang dibutuhkan dapat dketahui melalui perhitungan berikut:

Diketahui

BOD *influent*	= 550 mg/l
Efisiensi removal anaerob	= 40,4%
BOD setelah proses anaerob	= 327,8 mg/l
COD *influent*	= 281,8 mg/l
Efisiensi removal anaerob	= 17,1%
COD setelah proses anaerob	= 231,4 mg/l

Dalam unit *uplfow anaerobic sludge blanket* terjadi proses dekomposisi oleh mikroorganisme anaerob akan tetapi proses dekomposisi tersebut tidak sesuai dengan efisisensi *removal* referensi terkait, perlu adanya optimalisasi berupa penambahan *aerator* agar proses dekomposisi material organik dapat dibantu dengan mikroorganisme *aerob* sehingga dalam unit UASB terjadi proses pengolahan kombinasi *anaerob* dan *aerob*.

Perhitungan

Untuk mencapai nilai *effluent* ipal yang sesuai dengan standar baku mutu maka perhitungan kebutuhan oksigen *aerator* dibutuhkan tiga kali pengulangan. Berikut perhitungan mencari kebutuhan oksigen pada *aerator*:

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

1. Mengasumsikan perhitungan BOD *effluent*

- Perhitungan BOD pertama

- Menentukan nilai $_{KT}$ pada suhu rata-rata kota malang (30˚c)

  $_{KT}$ = 2,5 $(1,06)^{(30-20)}$ = 4,4/hari (berdasarkan persamaan 9)

  ɵ = diasumsikan 2,3 hari

- Konsentrasi BOD *effluent :*

  $S_e = \frac{Li}{1+KT\theta}$ (berdasarkan persamaan 8)

  $S_e = \frac{327,8}{1+4,4\ x\ 2,3}$

  S_e = 29 mg/l

- Konsentrasi sel bakteri

  $X = \frac{Y(Li-se)}{1+b\theta}$ (berdasarkan persamaan 10)

  $X = \frac{0,6\ (327,8mg/l - 29\ mg/l)}{1+0,07\ hari\ x\ 2,3\ \ hari}$

  X = 167,2 mg/l

- Total Konsentrasi BOD *effluent*

  $L_e = S_e + 0,94X$ (berdasarkan persamaan 11)

  L_e = 29 mg/l + 0,94 * 167,2 mg/l

  L_e = 186,2 mg/l

- Perhitungan pengulangan BOD kedua

- Konsentrasi BOD *effluent:*

  $S_e = \frac{Li}{1+KT\theta}$

  $S_e = \frac{186,2}{1+4,4\ x\ 2,3}$

  S_e = 16,4 mg/l

- Konsentrasi sel bakteri

  $X = \frac{Y(Li-se)}{1+b\theta}$

  $X = \frac{0,6\ (186,2\ mg/l - 16,4\ mg/l)}{1+0,07\ hari\ x\ 2,3\ \ hari}$

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

X = 95 mg/l

- Total Konsentrasi BOD *effluent*

L_e = S_e + 0,94X

L_e = 16,4 mg/l + 0,94 * 95 mg/l

L_e = 105,8 mg/l

- Perhitungan pengulangan BOD ketiga

- Konsentrasi BOD *effluent:*

$S_e = \frac{Li}{1+KT\theta}$

$S_e = \frac{105,3}{1+4,4\ x\ 2,3}$

S_e = 9,3 mg/l

- Konsentrasi sel bakteri

$X = \frac{Y(Li-se)}{1+b\theta}$

$X = \frac{0,6\ (105,3\ mg/l - 9,3\ mg/l)}{1+0,07\ hari\ x\ 2,3\ \ hari}$

X = 54 mg/l

- Total Konsentrasi BOD *effluent*

L_e = S_e + 0,94X

L_e = 9,3 mg/l + 0,94 * 54 mg/l

L_e = 60 mg/l

2. Mengasumsikan perhitungan COD *effluent*

- Konsentrasi COD yang dapat didekomposisi*:*

bCOD = 1,6 x BOD *effluent* (berdasarkan persamaan 12)

bCOD = 1,6 x 60 mg/l

bCOD = 96,2 mg/l

- Konsentrasi COD *effluent* UASB:

COD = COD *influent* – (COD anaerob – bCOD)

COD = 281,8 mg/l – (233,6 – 96,2)

COD = 137,3 mg/l

3. Menghitung kebutuhan oksigen & daya *aerator*

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

- Estimasi kebutuhan oksigen

- Estimasi kebutuhan oksigen untuk penyisihan BOD perhitungan pertama

  R_{O2} = [(1,5(L_i - S_e)Q - 1,42XQ)10^{-3}/24] (berdasarkan persamaan 13)

  R_{O2} = [(1,5(327,8 - 29)109,2 m^3 - 1,42 x 167,2 x 109,2 m^3)10^{-3}/24]

  R_{O2} = 0,095 kg/jam

- Estimasi kebutuhan oksigen untuk penyisihan BOD perhitungan pengulangan kedua

  R_{O2} = [(1,5(L_i - S_e)Q - 1,42XQ) 10^{-3}/24]

  R_{O2} = [(1,5(186,2 – 16,4)109,2 m^3 - 1,42 x 95 x 109,2 m^3) 10^{-3}/24]

  R_{O2} = 0,054 kg/jam

- Estimasi kebutuhan oksigen untuk penyisihan BOD perhitungan pengulangan kedua

  R_{O2} = [(1,5(L_i - S_e)Q - 1,42XQ) 10^{-3}/24]

  R_{O2} = [(1,5(105,8 – 9,3)109,2 m^3 - 1,42 x 54 x 109,2 m^3) 10^{-3}/24]

  R_{O2} = 0,03 kg/jam

- Total kebutuhan oksigen

  = 0,095 kg/jam + 0,054 kg/jam + 0,03 kg/jam

  = 0,179 kg/jam

- Estimasi kebutuhan daya untuk aerator

  Asumsi standar aerator sebesar 1,8 kgO2/kWh

  Diasumsikan aerator memiliki standar 1,8 kgO_2/kWh

- Daya *aerator* dibutuhkan

  O_L $=O_0a(1,024)^{T-20}(\frac{\beta Cs(TA)-CL}{CS(20,0)})$ (berdasarkan persamaan 14)

  O_L $= 1,8kgO_2/kWh \times 0,8 \times (1,024)^{30-20}(\frac{(0,95x7,57mgl)-1}{9.08\ mg/l})$

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

O_L = 1,24 kgO_2/kWh

- Daya yang dibutuhkana *aerator* untuk oksidasi

  = Ro_2 : O_L (berdasarkan persamaan 15)

  = 0,179 kg/jam : 1,24 kgO_2/kWh

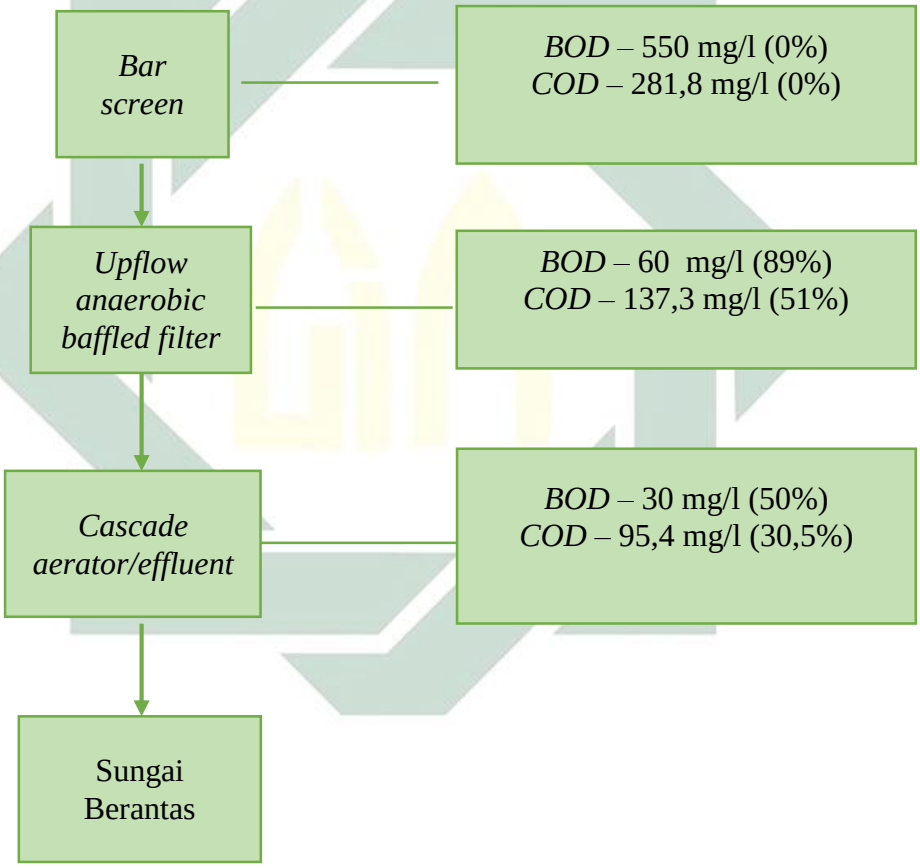
  = 0,14 kW~140 W

Daya *aerator* yang dibutuhkan untuk meningkatkan efisiensi *removal* ialah sebesar 140 Watt, dengan daya tersebut diharapkan dapat memenuhi kebutuhan bio-oksidasi sehingga *effluent* IPAL sesuai dengan standar baku mutu Permen LHK no 68 tentang baku mutu air limbah domestik. Untuk mengetahui nilai *effluent* IPAL MSS 6000 dapat diketahui melalui *mass balance* pengolahan IPAL MSS 6000.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

5.3.3 Mass Balance

Mass balance bertujuan untuk mengetahui hasil *effluent* dari parameter BOD dan COD instalasi pengolahan air limbah *modular sewage system 6000* yang telah dilakukan optimalisasi degan penambahan *aerator* agar efisiensi *removal* pada UASB dapat berjalan dengan optimum. Hasil *effluent* dapat dilihat pada gambar berikut:



Tabel 5. 14 *Mass Balance* Optimalisasi Ipal MSS 6000
Sumber: Hasil Penelitian, 2021

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Dari hasil optimalisasi berupa penambahan aerator pada unit *upflow anaerobic sludge blanket* dengan daya 140 Watt, didapatkan *effluent* pada instalasi pengolahan air limbah domestik *modular sewage system 6000* Kelurahan Mergosono Kecamatan Kedungkandang Kota Malang telah memenuhi standar baku mutu yang dikeluarkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan melalui Peraturan Menteri No 68 tentang baku mutu air limbah domestik Tahun 2016.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

BAB VI
KESIMPULAN

6.1 Kesimpulan

Kesimpulan pada Tugas Akhir yang berjudul Optimaliasi Instalasi Pengolahan Air Limbah *Modular Sewage System 6000* Kelurahan Mergosono Kecamatan Kedungkandang Kota Malang sebagai berikut:

1. Kondisi *eksisting* kualitas air limbah *mss 6000* berdasarkan hasil uji laboratorium menunjukkan bahwa 2 (dua) parameter telah melebihi standar baku mutu PERMEN LHK No 68 Tahun 2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik, parameter tersebut ialah *BOD* sebesar 163,9 mg/l dan *COD) sebesar* 162,3 mg/l .
2. Hasil evaluasi kinerja unit IPAL *modular sewage system 6000* menunjukkan bahwa unit UASB tidak memenuhi kriteria desain berdasarkan Buku A Panduan Perencanaan Teknik Terinci Bangunan Pengolahan Lumpur Tinja. Kementerian PUPR dan buku Metcalf & edy yang berjudul *Wastewater Enginering Treatment and Reuse* tahun 2003.
3. Optimalisasi yang dilakukan oleh penulis ialah penambahan *blower* air atau *aerator* pada unit UASB sehingga dalam unit UASB terjadi proses pengolahan kombinasi *anaerob-aerob* agar efisiensi removal berjalan optimal dengan waktu detensi 55,2 jam. batas jumlah penduduk yang dilayani sebesar 1560 jiwa. Nilai *effluent* BOD dan COD setelah optimalisasi dengan penambahan *aerator* sebesar 30 mg/l dan 95,4 mg/l dimana nilai tersebut sudah memenuhi standar baku mutu PERMEN LHK No 68 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

6.2 Saran

Berdasarkan pada uraian kesimpulan maka disarankan adanya pemambahan *aerator* untuk meningkatkan efisiensi *removal* material organik dan dilakukan operasional dan perawatan tiap unit berdasarkan SOP yang berlaku.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

DAFTAR PUSTAKA

Arsyad, A. (2015). Perencanaan Sistim Perpipaan Air Limbah Kawasan Pemukiman Penduduk. Jurnal Ilmiah Media Engineering. 6(1).

Asadiya. (2018). *Pengolahan Air Limbah Domestik Menggunakan Proses Aerasi, Pengendapan dan Filtrasi Media Zeolit - Arang Aktif*.

Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Kabupaten PIDIE JAYA(2015). Penyusunan Detailed Enginering Design (DED) Jaringan Pemipaan Ipal Komunal/Sanimas Kabupten PIDIE JAYA.

Badan Pusat Statistik Kota Malang. 2020. *Kota Malang dalam Angka 2020*. Malang: Badan Pusat Statistik Kota Malang

Blackett, F. M., & Tayler, k. (2014). *Asessing On-Site System And Sludge Acumlation Rates To understand Pit Emptying In Indonesia. 37 th WEDC International Conference* .

Darojat, Z. (2018). *Evaluasi Pelayanan IPLT Kota Blitar*.

Direktorat Jenderal Cipta Karya (2017). *Buku A Panduan Perencanaan Teknik Terinci Bangunan Pengolahan Lumpur Tinja*. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Jakarta. 237 hal.

Direktorat Jenderal Cipta Karya (2018). *Buku B Panduan Perencanaan Teknik Terinci Sub-Sistem Pengolahan Terpusat*. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Jakarta. 140 hal.

Direktorat Penyehatan Lingkungan (2016). *Buku 3 Sistem Pengolahan Air Limbah Domestik - Terpusat Skala Permukiman.* Direktorat Jendral Cipta Karya Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Jakarta. 62 hal.

Gea, Y. A. (2018). *Analisis Kebutuhan Prasarana Pengolahan Air Limbah di Kecamatan Nguter Kabupaten Sukoharjo*.

Ginting. (2007). Sistem Pengelolaan Lingkungan dan Limbah Industri. Bandung : Yrama Widya.

Gueye, A. (2016). *Novel Plant Species For Faecal Sludge Drying Beds: Survival, Biomass Response and Forage Quality*. Ecological Enginering 94, 617 - 621.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Hardi, I. (2015). Processing and waste water quality in arya duta makassar hotel. Higiene, Volume 1 no 2.

Hartati. (2010). Metode Geometri, Metode Aritmatika dan Metode Eksponensial Untuk Memproyeksikan Penduduk Provinsi Sumatera Selatan. Prosiding Seminar Nasional Sains Matematika Informatika dan Aplikasinya IV, 2086 – 2342 Vol. 4 Buku 4.

Hasimi, M. (2018). Reduction of Pollutant from Grey Water Using Modified Hydraulic Structure Case Study: Multi – Layer Cascade Weir. *Civil and Environmental Research. ISN 2224-5790.*

Hendriarianti, E., & Sudiasa, I. N. (2015). Model Optimalisasi Instalasi Pengolahan Air Limbah Komunal Menggunakan Pemrograman Dinamis.

Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (2016). *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan P.68/Menlhk/Setjen/Kum.1/82016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik.*

Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 112 Tahun 2003 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik

Direktorat Pembangunan Permukiman. (2018). *Pedoman Teknik Terperinci Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT).* Jakarta: Direktorat Jendral Cipta Karya.

Mara, D. (2003). Domestic Wastewater Treatment in Developing Countries. *UK: Eartscan*.

Marlena, B., Syahroni, C., Sartamtomo, & Zen, N. (2016). Pegolahan Limbah Organik dengan Upflow Anerobic Sludge Blanket (UASB) di Industri Kecap. *JRTPPI*, 7 (2).

Octavianus, & Slamet, A. (2017). Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Domestik Skala Kawasan Di Kota Sidoarjo. *Jurnal Teknik ITS*, 6(2).

Pakpahan, R. S. (2015). Cemaran Mikroba Escherichia Coli dan Total Bakteri Koliform Pada Air Minum Isi Ulang

Peraturan Pemerintah RI Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 16/ PRT/M/2008 Tentang Kebijakan Dan Strategi Nasional Pengembangan Sistem Pengolahan air limbah permukiman

Pratiwi, L. A. (2019). Re-Design Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja Duri Kosambi. *Universitas Bakri*.

Purba, R., Kasman, M., & Herawati, P. (2020). Evaluasi dan Optimalisasi Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) Talang Bakung Jambi. *Daur Lingkungan*, 33 - 37.

Ramadhani, D. S. (2016). Desain Umum Perencanaan Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja di Kecamatan Tenggarong.

Ratnawati, R., & Talarima, A. (2017). Subsurface (SSF) Constructe Wetland Untuk Pengolahan Air Limbah Laundry. Teknik Waktu Volume 15 Nomor 02, 1412-1867

Salgot, & Folch. (2018). Waste Water Treatment and Water Reuse. *Environmental Science & Health,*, 67 - 74.

Singga, S. (2019). Kombinasi Metode Anaerob dan Aerob Pada Septiktank Untuk Menurunkan Kadar BOD, TSS dan Coliform Pada Limbah Cair Rumah Tangga. *The Journal Of Environmental Health Research*, 180-184.

Sofia, E., Riduan, R., & Abdi, C. (2015). Evaluasi Keberadaan Sisa Klor Bebas Di Jaringan Distribusi Ipa Sungai Lulut PDAM Bandarmasih. *teknik lingkungan*, 33 - 52.

Stazi, V., & Tomei, M. C. (2018). Enhancing anaerobic treatment of domestic wastewater: State of the art, innovative technologies and future perspectives. *Science Of The Total Environment* , 78 - 91.

Sugiharto. (1987). Dasar-dasar Pengelolaan Air Limbah. *UI Press : Jakarta*.

Wulandari, D. (2018). Pemisahan Padatan Lumpur Tinja Pada Unit Solid Speration Chamber (SSC).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id