

TUGAS AKHIR - RE 184804

**KAJIAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH
DOMESTIK TERPUSAT DI INDONESIA**

CATHRINE GABRIELA BAKKARA
03211840000008

Dosen Pembimbing
Alfan Purnomo S.T., M.T.
NIP. 19830304 200604 1 002

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, PERENCANAAN DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2022



TUGAS AKHIR - RE 184804

**KAJIAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH
DOMESTIK TERPUSAT DI INDONESIA**

CATHRINE GABRIELA BAKKARA
03211840000008

Dosen Pembimbing
Alfan Purnomo S.T., M.T.
NIP. 19830304 200604 1 002

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPI, PERENCANAAN DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2022

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



FINAL PROJECT - RE 184804

A REVIEW OF OFF-SITE DOMESTIK WASTE WATER TREATMENT PLANT IN INDONESIA

CATHRINE GABRIELA BAKKARA
03211840000008

Advisor
Alfan Purnomo S.T., M.T.
NIP. 19830304 200604 1 002

DEPARTEMEN OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING
FACULTY OF SIPIL, PLANNING, AND GEO ENGINEERING
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2022

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



LEMBAR PENGESAHAN



LEMBAR PENGESAHAN

KAJIAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK TERPUSAT DI INDONESIA

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat
memperoleh gelar Sarjana Teknik pada
Program Studi S-1 Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh: **CATHRINE GABRIELA BAKKARA**

NRP. 0321184000008

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

1. Alfian Purnomo S.T., M.T.
2. Ir. Eddy Setiadi Soedjono Dipl. SE, M.Sc, Ph.D
3. Dr. Ir. Agus Slamet M.Sc
4. Ipung Fitri Purwanti S.T., M.T., Ph.D

Pembimbing

Penguji

Penguji

Penguji



“Halaman ini sengaja dikosongkan”



LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS



PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama mahasiswa / NRP : Cathrine Gabriela Bakkara / 0321184000008
Departemen : Teknik Lingkungan
Dosen Pembimbing / NIP : Alfian Purnomo S.T., M.T. / 19830304 200604 1 002

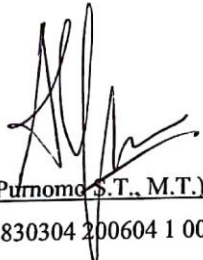
Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul "Kajian Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik Terpusat di Indonesia" adalah hasil karya sendiri, bersifat orisinal, dan ditulis dengan mengikuti kaidah penulisan ilmiah.


Bilamana di kemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Surabaya, 19 Juli 2022

Mahasiswa,

Mengetahui
Dosen Pembimbing


(Alfian Purnomo S.T., M.T.)
NIP. 19830304 200604 1 002


(Cathrine Gabriela Bakkara)
NRP. 0321184000008

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KAJIAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK TERPUSAT DI INDONESIA

Nama Mahasiswa / NRP : Cathrine Gabriela Bakkara / 0321184000008
Departemen : Teknik Lingkungan FTSPK - ITS
Dosen Pembimbing : Alfian Purnomo S.T., M.T.

Abstrak

Air limbah domestik adalah air limbah yang berasal dari usaha dan/atau kegiatan pemukiman, rumah makan, perkantoran, perniagaan, apartemen, dan asrama. Idealnya air limbah tersebut harus diolah sebelum dibuang ke badan air agar memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan oleh pemerintah dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 68 Tahun 2016. Namun, kenyataannya seringkali air limbah domestik tidak diolah terlebih dahulu karena belum diketahui teknologi pengolahan yang sesuai dengan karakteristik air limbah domestik yang dihasilkan sehingga badan air tercemar.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, dikumpulkan data kualitas air limbah domestik di berbagai kab/kota di Indonesia kemudian membaginya menjadi 3 (tiga) kategori kualitas air limbah domestik tercemar. Dari setiap kategori kadar pencemar air limbah domestik dapat di rekomendasikan jenis-jenis teknologi yang sesuai dengan kebutuhan dengan mempertimbangkan kemampuan teknologi untuk meremoval bahan pencemar di dalamnya. Selain itu, turut mempertimbangkan kebutuhan lahan, biaya investasi serta biaya operasionalnya.

Dari 59 kab/kota di Indonesia, air limbah domestik dibagi menjadi air limbah domestik dengan kadar pencemar rendah, sedang dan tinggi. Air limbah domestik dengan kadar pencemar rendah memiliki rentang BOD 30-81 mg/L, COD 100-157 mg/L, TSS 30-45 mg/L, minyak dan lemak 5-7 mg/L, amonia 10-17 mg/L, total coliform 3000-11500 MPN/100mL. Air limbah domestik dengan kadar pencemar sedang memiliki rentang BOD 82-128 mg/L, COD 158-212 mg/L, TSS 46-123 mg/L, minyak dan lemak 8-11 mg/L, amonia 18-26 mg/L, total coliform 1501-14050 MPN/100mL. Air limbah domestik dengan kadar pencemar tinggi memiliki rentang BOD 129-178 mg/L, COD 213-314 mg/L, TSS 124-186 mg/L, minyak dan lemak 12-18 mg/L, amonia 27-51 mg/L, total coliform 14051-88050 MPN/100mL. Berdasarkan rentang tersebut, air limbah domestik dengan kadar pencemar rendah direkomendasikan diolah dengan alternatif 1 dengan rangkaian bak pengumpul – barscreen – grease trap – bak ekualisasi – bak pengendap 1 – bak biofilter anaerob – bak biofilter aerob – bak pengendap 2 – bak klorinasi – bak effluent – sludge drying bed dan alternatif 3 dengan rangkaian bak pengumpul – barscreen – grease trap – bak ekualisasi – lumpur aktif – bak pengendap – bak klorinasi – bak effluent – sludge drying bed apabila lahan yang tersedia terbatas. Apabila lahan yang tersedia cukup luas direkomendasikan menggunakan alternatif 2 dengan rangkaian bak pengumpul – barscreen – bak kontrol – grease trap – bak pengendap 1 – RBC – bak pengendap 2 - bak klorinasi – bak effluent – sludge drying bed untuk mendapatkan effluent total coliform yang lebih baik. Untuk air limbah domestik dengan kadar pencemar sedang direkomendasikan diolah dengan alternatif 1 jika lahan yang tersedia terbatas. Apabila lahan yang tersedia cukup luas dapat menggunakan alternatif 5 dengan rangkaian bak pengumpul – barscreen – grease trap – oxidation ditch – bak pengendap 2 – disinfeksi ultraviolet – bak effluent – sludge drying bed untuk mendapatkan effluent total coliform yang lebih baik. Untuk air limbah domestik dengan kadar pencemar tinggi direkomendasikan dengan alternatif 1 jika lahan yang tersedia terbatas. Apabila lahan yang tersedia cukup luas dapat menggunakan alternatif 4 dengan rangkaian bak pengumpul – barscreen – grease trap - bak pengendap 1 – oxidation ditch – bak pengendap 2 – disinfeksi ultraviolet – bak effluent – sludge drying bed untuk mendapatkan effluent total coliform yang lebih baik.

Kata kunci : *Air Limbah Domestik, Baku Mutu, Karakteristik, Pengolahan Air Limbah*

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

A Review Of Off-Site Domestik Waste Water Treatment Plant In Indonesia

Student Name / NRP : Cathrine Gabriela Bakkara / 03211840000008
Department : Environmental Engineering FTSPK - ITS
Advisor : Alfian Purnomo S.T., M.T.

Abstract

Domestic wastewater means the wastewater coming from residential or business activities, restaurants, offices, commerce, apartments, and dormitories. On ideal way, wastewater should be treated before being discharged to environment in order to fulfill the quality standards set by the government in Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 68 Tahun 2016. However, in reality, oftenly the domestic wastewater is not being treated first because the treatment technology which is not appropriate to the domestic wastewater characteristics makes water bodies are polluted.

To overcome these problems, on this research has been collected the quality of domestic wastewater data from various districts/cities in Indonesia and then divided into 3 (three) of polluted domestic wastewater quality. From each category of pollutant levels of domestic wastewater, it is possible to recommend the types of technology suits the needs with considering the ability of technology to remove contaminants in it. Beside it, this result will make the consideration of land requirements, investment costs and operational costs.

From 59 regencies/cities in Indonesia, domestic wastewater is divided into domestic wastewater with low, medium and high pollutant levels. Domestic wastewater with low pollutant content has a range of BOD 30-81 mg/L, COD 100-157 mg/L, TSS 30-45 mg/L, oil and grease 5-7 mg/L, ammonia 10-17 mg/L, total coliform 3000-11500 MPN/100mL. Domestic wastewater with medium pollutant content has a range of BOD 82-128 mg/L, COD 158-212 mg/L, TSS 46-123 mg/L, oil and grease 8-11 mg/L, ammonia 18-26 mg/L, total coliform 1501-14050 MPN/100mL. Domestic wastewater with high pollutant content has a range of BOD 129-178 mg/L, COD 213-314 mg/L, TSS 124-186 mg/L, oil and grease 12-18 mg/L, ammonia 27-51 mg/L, total coliform 14051-88050 MPN/100mL. Based on this range, domestic wastewater with low pollutant levels is recommended to be treated with alternative 1 with a series of collection tank – barscreen – grease trap - equalization tank - sedimentation tank - anaerobic biofilter tank - aerob biofilter tank – clarifier – chlorine disinfection – effluent tank - sludge drying bed and alternative 3 with a series of collection tank – barscreen - grease trap - equalization tank – activated sludge – clarifier – chlorine disinfection – effluent tank - sludge drying bed if the available land is limited. If the available land is wide enough it is recommended to use alternative 2 with a series of collection tank – barscreen – control tank - grease trap - sedimentation tank – RBC – clarifier – chlorine disinfection – effluent tank - sludge drying bed in order to get a better total coliform effluent. For domestic wastewater with medium pollutant levels, it is recommended to be treated with alternative 1 if the available land is limited. If the available land is wide enough it is recommended to use alternative 5 with a series of collection tank – barscreen - grease trap – oxidation ditch - clarifier – UV disinfection – effluent tank - sludge drying bed in order to get a better total coliform effluent. For domestic wastewater with high pollutant levels, alternative 1 is recommended if the available land is limited. If the available land is wide enough, alternative 4 can be used with a series of collection tank – barscreen - grease trap – sedimentation tank - oxidation ditch - clarifier – UV disinfection – effluent tank - sludge drying bed in order to get a better total coliform effluent.

Keywords : *Characteristics, Domestic Waste Water, Quality Standard, Waste Water Treatment*

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas limpahan Rahmat, Hidayah, dan Karunia-Nya, laporan Tugas Akhir ini dapat diselesaikan tepat pada waktunya. Penulisan Tugas Akhir yang berjudul **“Kajian Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik Terpusat di Indonesia”** dalam rangka menyelesaikan Pendidikan S1 Program Sarjana Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

Penulisan Laporan Tugas Akhir dapat terlaksana dengan baik atas bantuan dan bimbingan dari pihak-pihak yang terkait dalam pelaksanaannya. Oleh karena itu, perkenankan penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Alfian Purnomo S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing yang telah sabar dan menyediakan banyak waktu, tenaga, dan pikiran dalam memberikan arahan, bimbingan, dan saran dalam penyusunan tugas akhir ini.
2. Bapak Ir. Eddy Setiadi Soedjono Dipl. SE, M.Sc, Ph.D dan Dr. Ir. Agus Slamet M.Sc selaku Dosen Penguji yang memberikan arahan, saran, dan kritik yang membangun dalam penyusunan tugas akhir ini.
3. Ibu Ipung Fitri Purwanti S.T., M.T., Ph.D selaku Dosen Penguji Tamu yang memberikan arahan, saran, dan kritik yang membangun dalam penyusunan tugas akhir ini.
4. Bapak Dr. Ir. R. Irwan Bagyo Santoso, M.T. selaku Dosen Wali yang telah banyak membimbing dan mengarahkan selama di bangku perkuliahan.
5. Bapak Dr.Eng. Arie Dipareza Syafei, S.T., MEPM. selaku Kepala Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan, ITS, Surabaya yang telah banyak membantu kelancaran dalam pembuatan laporan tugas akhir ini.
6. Orang tua serta keluarga besar atas segala bentuk doa, kepercayaan, dukungan, dan bantuannya baik dari segi material maupun spiritual.
7. Syamsa, Riesa, Widia, Najah, Yusita, Parulian dan Boba atas kepercayaan dan dukungan selama penyusunan tugas akhir ini.
8. Semua pihak yang membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini.

Penulisan laporan ini telah diusahakan semaksimal mungkin namun sebagaimana manusia biasa tentunya masih terdapat kesalahan, untuk itu kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan.

Surabaya, 19 Juli 2022

Penulis

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

Abstrak	i
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	1
1.3 Tujuan	2
1.4 Ruang Lingkup	2
1.5 Manfaat	2
BAB II KAJIAN PUSTAKA	3
2.1 Air Limbah Domestik	3
2.2 Dampak Air Limbah Domestik Tanpa Pengolahan.....	3
2.3 Karakteristik Air Limbah Domestik	3
2.4 Baku Mutu Air Limbah Domestik	5
2.5 Pengolahan Air Limbah	5
2.5.1 Pengolahan Fisik	6
2.5.2 Pengolahan Biologis	7
2.5.3 Pengolahan Lumpur.....	7
BAB III METODE STUDI	9
3.1 Umum	9
3.2 Kerangka Studi	9
3.3 Rangkaian Kegiatan Studi	18
3.3.1 Ide studi	18
3.3.2 Rumusan Masalah	19
3.3.3 Tujuan.....	19
3.3.4 Studi Pustaka dan Pengumpulan Data Sekunder.....	19
3.3.5 Analisis Data dan Pembahasan.....	19
3.3.6 Kesimpulan.....	19
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	21
4.1 Penentuan Status Mutu Air Limbah Domestik di Berbagai Provinsi di Indonesia....	21
4.2 Pengkategorian Kualitas Limbah.....	27

4.3	Rekomendasi Rangkaian Pengolahan Air Limbah Domestik Terpusat Berdasarkan Kategori Kadar Pencemar Air Limbah Domestik.....	30
4.3.1	Alternatif Pengolahan Air Limbah Domestik.....	32
4.3.2	Rekomendasi Rangkaian Pengolahan Air Limbah Domestik Terpusat	42
4.4	Penerapan Sistem Pengolahan Air Limbah Secara Terpusat.....	47
BAB V KESIMPULAN		49
5.1	Kesimpulan	49
5.2	Saran	49
DAFTAR PUSTAKA.....		51
LAMPIRAN 1 PERCOBAAN % REMOVAL.....		59
LAMPIRAN 2 PERHITUNGAN LUAS LAHAN		63
LAMPIRAN 3 BERITA ACARA.....		77
LAMPIRAN 4 LEMBAR ASISTENSI.....		81
BIODATA PENULIS.....		83

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Kerangka Studi	18
Gambar 4. 1 Bagan Alir Alternatif 1	32
Gambar 4.2 Skema Proses Pengolahan Air Limbah Biofilter Anaerob-Aerob.....	34
Gambar 4. 3 Bagan Alir Alternatif 2	35
Gambar 4. 4 Skema Prasarana RBC.....	36
Gambar 4. 5 Bagan Alir Alternatif 3	37
Gambar 4. 6 Sistem Kerja Lumpur Aktif (<i>Activated Sludge</i>).....	38
Gambar 4.7 Bagan Alir Alternatif 4	39
Gambar 4. 8 Skema Pengelolaan Limbah Dengan Metode Parit Oksidasi (<i>Oxidation Ditch</i>).....	40
Gambar 4. 9 Bagan Alir Alternatif 5	41
Gambar 4. 10 Grease Trap.....	42

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Baku Mutu Air Limbah	5
Tabel 4.1 Data Kualitas Air Limbah Domestik di Indonesia	21
Tabel 4.2 Baku Mutu Air Limbah	24
Tabel 4.3 Rekapitulasi Status Mutu Kualitas Air Limbah Domestik di Indonesia	24
Tabel 4.4 Banyak Data Kualitas Air Limbah Domestik Tercemar Pada Setiap Parameter	27
Tabel 4.5 Posisi Kuartil Pada Setiap Parameter	28
Tabel 4.6 Urutan Data Kualitas Air Limbah Domestik Tercemar Pada Setiap Parameter	28
Tabel 4.7 Nilai Kuartil Bawah (Q1), Kuartil Tengah (Q2) dan Kuartil Atas (Q3) Setiap Parameter	30
Tabel 4.8 Nilai Rentang Kualitas Air Limbah Domestik Tercemar Pada Setiap Parameter	30
Tabel 4.9 Nilai Parameter Berdasarkan Kadar Pencemar Air Limbah Domestik	31
Tabel 4.10 Persen Removal Unit Pengolahan	31
Tabel 4. 11 Nilai Effluent Pada Pengolahan Air Limbah Domestik Terpusat Dengan Kadar Pencemaran Rendah	43
Tabel 4. 12 Keunggulan dan Kelemahan Alternatif Pengolahan Air Limbah Dengan Kadar Pencemar Rendah	44
Tabel 4. 13 Nilai Effluent Pada Pengolahan air Limbah Domestik Terpusat Dengan Kadar Pencemaran Sedang	45
Tabel 4. 14 Keunggulan dan Kelemahan Teknologi Pengolahan Air Limbah Dengan Kadar Pencemar Sedang	45
Tabel 4. 15 Nilai Effluent Pada Pengolahan air Limbah Domestik Terpusat Dengan Kadar Pencemaran Tinggi	46
Tabel 4. 16 Keunggulan dan Kelemahan Teknologi Pengolahan Air Limbah	47
Tabel 1 Percobaan % Removal Rekomendasi Rangkaian Pengolahan Untuk Kualitas Air Limbah Domestik Dengan Kadar Pencemar Rendah	59
Tabel 2 Percobaan % Removal Rekomendasi Rangkaian Pengolahan Untuk Kualitas Air Limbah Domestik Dengan Kadar Pencemar Sedang	60
Tabel 3 Percobaan % Removal Rekomendasi Rangkaian Pengolahan Untuk Kualitas Air Limbah Domestik Dengan Kadar Pencemar Tinggi	61
Tabel 4 Tabel Perhitungan Luas Lahan Untuk Tiap Teknologi Yang Digunakan	63

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air limbah merupakan air sisa dari kegiatan atau suatu usaha yang terbagi menjadi dua yaitu air limbah domestik dan non domestik. Air limbah domestik adalah air limbah yang berasal dari usaha dan/atau kegiatan pemukiman, rumah makan, perkantoran, perniagaan, apartemen, dan asrama. (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 4 Tahun 2017). Air limbah domestik terbagi menjadi dua yaitu kakus yang berasal dari *septic tank* dan non kakus yang berasal dari kegiatan rumah tangga. Sering kali air limbah domestik langsung dibuang ke badan air tanpa pengolahan lebih lanjut, padahal belum tentu air limbah tersebut sudah memenuhi baku mutu air limbah yang ditetapkan. Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021, baku mutu air limbah ialah ukuran batas atau kadar unsur pencemar atau jumlah unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam air limbah yang akan dibuang ke dalam media air dan tanah dari suatu usaha dan/atau kegiatan.

Air limbah yang melebihi baku mutu dapat mencemari lingkungan sekitar seperti badan air menjadi berwarna coklat dan mengeluarkan bau busuk, kematian pada ikan, hingga penyebaran sumber penyakit. Untuk itu, diperlukan pengolahan agar air limbah domestik aman dilepas ke lingkungan dan dapat dimanfaatkan kembali sebagai bentuk efisiensi penggunaan air seperti digunakan untuk menyiram tanaman, mencuci kendaraan dan lainnya. Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 4 Tahun 2017, sistem pengelolaan air limbah domestik ialah serangkaian kegiatan pengelolaan air limbah domestik dalam satu kesatuan dengan prasarana dan sarana pengelolaan air limbah domestik. Dalam pelaksanaannya, sistem pengolahan air limbah domestik harus dipisah dengan saluran drainase paling lambat 10 (sepuluh) tahun untuk Kota Metropolitan dan Kota Besar serta 20 (dua puluh) tahun untuk Kota Sedang dan Kota Kecil.

Sebelum menentukan teknologi pengolahan yang tepat untuk air limbah domestik, perlu dilakukan analisis karakteristik air terlebih dahulu. Analisis karakteristik ini berguna untuk menentukan teknologi pengolahan apa saja yang dibutuhkan agar air buangan memenuhi baku mutu yang ditetapkan dan dapat dibuang ke badan air. Ketersediaan lahan, biaya operasional dan *maintance* serta biaya investasi turut menjadi pertimbangan dalam pemilihan teknologi yang digunakan. Oleh karena itu, pada studi ini, penulis akan mengkaji sistem pengolahan air limbah domestik terpusat di Indonesia.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang telah diuraikan, dapat dirumuskan beberapa permasalahan. Rumusan masalah dalam studi ini adalah:

1. Apakah karakteristik dari air limbah domestik yang dihasilkan oleh pemukiman penduduk sudah memenuhi baku mutu di Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 68 Tahun 2016?
2. Apa teknologi pengolahan yang sesuai dengan karakteristik air limbah domestik yang dihasilkan oleh pemukiman penduduk?

1.3 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah, tujuan dari studi ini adalah :

1. Mengkaji karakteristik air limbah domestik yang dihasilkan oleh pemukiman penduduk berdasarkan baku mutu di Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 68 Tahun 2016.
2. Mengkaji teknologi pengolahan yang sesuai dengan karakteristik air limbah domestik yang dihasilkan oleh pemukiman penduduk.

1.4 Ruang Lingkup

1.4.1 Lingkup Materi

Materi dalam studi ini ialah instalasi pengolahan air limbah domestik terpusat namun tidak termasuk penyaluran dan perpipaan.

1.4.2 Lingkup Sasaran

Sasaran studi ini ialah karakteristik air limbah domestik yang belum diolah dan teknologi pengolahannya.

1.5 Manfaat

Manfaat dari studi ini adalah :

1. Memberikan informasi terkait kualitas air limbah domestik yang dihasilkan oleh pemukiman penduduk di Indonesia.
2. Memberikan informasi terkait teknologi pengolahan yang sesuai dengan karakteristik air limbah domestik yang dihasilkan oleh pemukiman penduduk.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Air Limbah Domestik

Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 09 Tahun 2015 tentang Penggunaan Sumber Daya Air, air limbah adalah sisa dari suatu usaha dan/atau kegiatan yang berwujud cair yang dibagi menjadi dua yaitu air limbah domestik dan non domestik. Air limbah domestik adalah air limbah yang berasal dari usaha dan/atau kegiatan pemukiman, rumah makan, perkantoran, perniagaan, apartemen, dan asrama. (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 4 Tahun 2017). Berdasarkan asalnya, air limbah domestik dibagi menjadi dua, yaitu kakus dan non kakus. Kakus berasal dari urine, tinja, kertas toilet dan air bilasan (Knerr *et al.*, 2011) sedangkan non kakus yang merupakan 55% - 75% dari air limbah domestik yang dihasilkan dari proses domestik seperti mencuci piring, mencuci pakaian dan mandi (Shaikh *et al.*, 2015).

2.2 Dampak Air Limbah Domestik Tanpa Pengolahan

Dampak dari air limbah domestik yang tidak diolah ialah :

1. Kualitas air limbah domestik yang mengandung organik tinggi menyebabkan air tidak dapat disimpan dalam waktu lebih dari 24 jam. Bila penyimpanan lebih dari 24 jam akan menimbulkan bau yang tidak sedap.
2. Kualitas air limbah domestik yang mengandung sabun akan mempengaruhi alkalinitas tanah dan membunuh tanaman bila digunakan untuk menyiram tanaman.
3. Kualitas air yang buruk menjadi tempat perkembangan bibit penyakit sehingga air limbah domestik perlu diolah agar dapat dimanfaatkan secara maksimal.

2.3 Karakteristik Air Limbah Domestik

Pengolahan limbah yang efektif membutuhkan informasi terkait karakteristik limbah yang dihasilkan agar hasil pengolahan limbah memenuhi baku mutu yang berlaku. Karakteristik air limbah domestik dibagi menjadi tiga, yaitu fisik, kimia, & biologi. Yang termasuk karakteristik fisik ialah bau, warna, suhu, & padatan tersuspensi.

1. Bau

Bau pada air limbah disebabkan oleh gas yang dihasilkan dari penguraian mikroorganisme atau pengolahan aerob.

2. Warna

Air limbah segar umumnya berwarna abu-abu kecoklatan. Kemudian akan berubah warna menjadi abu-abu gelap hingga hitam jika terlalu lama disimpan pada kondisi aerob (Tchobanoglous *et al.*, 2003). Timbulnya warna pada air limbah biasanya disebabkan oleh kehadiran materi-materi dissolved, suspended, & senyawa-senyawa koloid, yang mempengaruhi spectrum warna (Siregar, 2005).

3. Suhu

Air limbah umumnya memiliki suhu yang lebih tinggi dari pada air bersih yaitu berkisar 18 – 30°C. Suhu akan mempengaruhi pertumbuhan bakteri dan kelarutan CaCO₃ sehingga dapat menimbulkan pengendapan di sistem perpipaan dan tangki penyimpanan (Morel dan Diener, 2006).

4. Padatan Tersuspensi (TSS)

Padatan tersuspensi menyatakan kandungan bahan tersuspensi di dalam air limbah seperti pasir dan lumpur. Kandungan TSS yang tinggi akan mempengaruhi proses fotosintesis karena bahan tersuspensi menghalangi sinar matahari masuk ke perairan (Fitriyanti, 2020). Konsentrasi tertinggi padatan tersuspensi secara umum dapat ditemukan dalam air limbah dapur (Morel dan Diener, 2006).

Karakteristik kimia antara lain ialah pH dan alkalinitas, Biochemical Oxygen Demand (BOD) dan Chemical Oxygen Demand (COD), minyak dan lemak, amoniak serta deterjen.

1. pH dan Alkalinitas

pH atau derajat keasaman yang berfungsi untuk menyatakan tingkat keasaman/kebasaan yang dimiliki oleh air limbah. Untuk menghindari pencemaran tanah dan kehidupan tanaman maka pH air limbah domestik yang diizinkan berkisar antara 6,5 hingga 8,4 (US EPA, 2004). Air limbah dengan konsentrasi yang tidak netral akan menyulitkan proses biologis yang berdampak pada proses penjernihan (Sugiharto, 2008). Alkalinitas sendiri merupakan ukuran kemampuan air limbah untuk dinetralisasi (Siregar, 2005). Alkalinitas air limbah berkisar antara 20 hingga 340 mg/L (Ledin *et al.* 2001).

2. *Biological Oxygen Demand*

Banyaknya oksigen yang dibutuhkan mikroorganisme untuk menguraikan bahan organik di perairan dikenal dengan *Biological Oxygen Demand* (BOD). Tingginya nilai BOD menunjukkan tingginya zat organik terlarut di perairan tersebut (Fitriyanti, 2020). Apabila air tercemar oleh zat organik maka bakteri di dalam air limbah dapat menghabiskan oksigen terlarut di dalam air selama proses oksidasi berlangsung. Hal tersebut dapat mengakibatkan kematian pada biota air dan lingkungan berubah menjadi anaerob yang mengakibatkan timbulnya bau tidak sedap (Salmin, 2005).

3. *Chemical Oxygen Demand*

Chemical Oxygen Demand (COD) merupakan jumlah total oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan organik secara kimiawi, baik yang *biodegradable* maupun *non biodegradable* menjadi CO₂ dan H₂O (Effendi, 2003).

4. Minyak dan Lemak

Minyak dan lemak merupakan salah satu komponen yang sulit diuraikan oleh mikroba. Tertutupnya permukaan air dengan minyak dan lemak menyebabkan terhalangnya oksigen masuk ke perairan sehingga berakibat pada kematian biota air (Ganefati, 2011).

5. Amoniak

Amoniak dalam air limbah berasal dari pemecahan nitrogen organik dan anorganik. Amoniak bersifat toksik terhadap biota air, dimana tingkat toksitas ini akan semakin tinggi apabila terjadi penurunan kadar oksigen terlarut, pH, & suhu (Effendi, 2003).

6. Deterjen

Bahan-bahan yang terkandung dalam deterjen ialah Linear Alkalybensene Sulfonate (LAS), Surfaktan, Clorin, MBAS dan golongan ammonium kuartener. Golongan ammonium kuartener bersifat karsinogenik, iritasi pada kulit, & dapat menyebabkan katarak. Kandungan fosfat dapat menimbulkan eutrofikasi atau *alga bloom* di perairan sedangkan busa yang dihasilkan akan menghalangi oksigen masuk ke dalam air dan menghalangi sinar matahari sehingga terganggunya fotosintesis dan kematian pada biota air (Purnama dan Purnama dkk, 2015).

Karakteristik biologis ialah total coliform.

1. Total Coliform

Total coliform menunjukkan adanya bakteri *Coliform* di dalam air limbah. Bakteri *Coliform* merupakan organisme nonspora yang motil atau nonmotil, berbentuk batang, & mampu memfermentasi laktosa untuk menghasilkan asam dan gas pada temperatur 37°C dalam waktu inkubasi 48 jam (Abdullah *et al.*, 2019). Tingginya kadar total coliform dalam air meningkatkan penyebaran penyakit melalui perantara media air (water diseases) (Pratiwi *et al.*, 2018).

2.4 Baku Mutu Air Limbah Domestik

Berdasarkan Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 15 Tahun 2011, baku mutu air limbah adalah ukuran batas atau kadar unsur pencemar dan atau jumlah unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam air limbah yang akan dibuang atau dilepas ke dalam sumber air dari suatu usaha dan atau kegiatan. Baku mutu yang digunakan mengacu pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah dan Peraturan Daerah Surabaya Nomor 2 Tahun 2004.

Tabel 2. 1 Baku Mutu Air Limbah

Nomor	Parameter	Baku Mutu
1	pH*	6-9
2	BOD*	30 mg/L
3	COD*	100 mg/L
4	TSS*	30 mg/L
5	Minyak dan Lemak*	5 mg/L
6	Amoniak*	10 mg/L
7	Total Coliform*	3000 / 100 mL
8	Deterjen (MBAS)**	200 µg /liter

Sumber : *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 68 Tahun 2016

** Peraturan Daerah Surabaya Nomor 2 Tahun 2004

2.5 Pengolahan Air Limbah

Unit-unit pengolahan air limbah pada dasarnya dikategorikan ke dalam 3 proses pengolahan, yaitu pengolahan fisik, biologis, & pengolahan lumpur.

2.5.1 Pengolahan Fisik

Merupakan proses penghilangan partikel diskrit, partikel-partikel mineral yang berat seperti pasir atau kerikil, partikel tersuspensi, koloid, hingga minyak dan lemak. Partikel yang dihilangkan adalah partikel tersuspensi yang berukuran besar dan dapat membentuk flok-flok. Pengolahan ini penting karena jika partikel ini terbawa ke unit berikutnya akan mengganggu kinerja unit selanjutnya. Adapun unit-unit yang termasuk pengolahan fisi ialah Sumur Pengumpul dengan Saluran Pembawa, Penyaring Kasar atau *Bar Screen*, Penghilang Butiran Kasar (*Grit Chamber*) dan Bak Pengendap I dan Bak Pengendap II (*Clarifier*).

a. Saluran Pembawa

Saluran pembawa berfungsi untuk mengalirkan air limbah dari sumur pengumpul menuju unit selanjutnya atau menyalurkan air limbah antar unit pengolahan.

b. Sumur Pengumpul

Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 04/PRT/M/2017 tentang Penyelenggaraan Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik, unit sumur pengumpul adalah bangunan pengolahan pendahuluan, berfungsi sebagai penampung air limbah domestik dari jaringan pengumpulan air limbah domestik yang memiliki elevasi lebih rendah dari IPALD. Sumur pengumpul dapat dilengkapi dengan pompa dan bak penangkap lemak. Sumur pengumpul terdiri dari sumur basah dan sumur kering. Sumur basah menggunakan pompa submersible atau suspended yang dipasang terendam dalam sumur. Sumur kering menggunakan *selfpriming/suction lift centrifugal pump* yang dipasang dalam kompartemen terpisah dengan air yang dihisap.

c. *Bar screen*

Bar screen berfungsi untuk mencegah masuknya sampah atau benda berukuran besar, seperti botol plastik, daun, & lainnya ke dalam unit pengolahan air limbah. Jika sampah atau benda berukuran besar masuk dalam unit pengolahan maka akan mengakibatkan gangguan seperti timbulnya kerusakan atau penyumbatan (*clogging*) pada saluran dan pompa.

d. *Grit Chamber*

Grit chamber (unit bak penangkap pasir) berfungsi untuk mengendapkan kandungan pasir secara gravitasi dari aliran air limbah domestik dengan kecepatan horizontal. Unit *grit chamber* dirancang untuk memiliki kecepatan aliran tertentu sehingga dapat mengendapkan pasir.

e. Bak Pengendap I

Unit ini berfungsi untuk mengendapkan partikel diskrit melalui pengendapan bebas dan pengurangan konsentrasi BOD/COD dari air limbah domestik.

f. *Clarifier*

Clarifier (unit bak pengendapan II) berfungsi sebagai tempat terjadinya pengendapan material *flocculant* (hasil proses flokulasi atau proses sintesa oleh

bakteri). Unit bak pengendapan II merupakan pengendapan terakhir yang disebut juga *final sedimentation*.

2.5.2 Pengolahan Biologis

Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 04/PRT/M/2017 tentang Penyelenggaraan Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik, pengolahan biologis merupakan pengolahan beban organik yang terkandung dalam air limbah domestik dengan memanfaatkan bakteri, sehingga beban organik tersebut menjadi unsur-unsur yang lebih sederhana sehingga aman untuk dibuang ke lingkungan. Pengolahan limbah secara biologis memanfaatkan kerja mikroorganisme. Dalam pengolahan ini, bahan pencemar organik yang mudah diuraikan dapat dihilangkan karena merupakan makanan bagi bakteri. Pemilihan metode pengolahan yang akan digunakan tergantung tingkat pencemaran yang harus dihilangkan, besaran beban pencemaran, beban hidrolis dan standard buang (effluent) yang diperkenankan. Secara biologis ada tiga prinsip pengolahan biologis yaitu pengolahan secara aerob (dengan melibatkan oksigen), pengolahan secara anaerob (tanpa melibatkan oksigen), & pengolahan anoxic (pengolahan biologis yang menggunakan oksigen terikat). Unit pengolahan yang termasuk pengolahan biologis ialah :

a. *Sequence Batch Reactor* (SBR) – Aerob

Sequence Batch Reactor merupakan salah satu pengembangan dari proses pengolahan lumpur aktif yang dilakukan dengan mengisi dan mengosongkan reaktor. Proses aerasi dan pengendapan berlangsung di dalam tangki yang sama. Unit ini tidak memerlukan clarifier untuk mengendapkan lumpur hasil pengolahan, karena mode operasinya bersifat diskontinu, maka equalisasi aliran, pengolahan dan pengendapan dapat dicapai dalam satu reaktor (Nocross, 1992).

b. *Oxidation Ditch* – Aerob

Oxidation Ditch berfungsi untuk menurunkan konsentrasi BOD, COD, & nutrient dalam air limbah domestik. Air limbah yang masuk dialirkan berputar mengikuti saluran sirkular yang cukup panjang dengan tujuan terjadinya proses aerasi.

2.5.3 Pengolahan Lumpur

Lumpur yang dihasilkan dari unit pengolahan air limbah masih perlu diolah agar aman bagi lingkungan. Lumpur hasil pengolahan air limbah domestik skala kecil cukup dengan disalurkan ke *drying bed* (pengering lumpur) kemudian dibuang. Sedangkan untuk pengolahan air limbah skala besar perlu di tambahkan unit pengolahan lumpur agar lumpur tidak mencemari lingkungan. Salah satu unit pengolahan lumpur yang dapat digunakan adalah *Sludge Drying Bed*, dikarenakan air limbah yang diolah berasal dari kawasan skala kecil.

Sludge drying bed berfungsi untuk mengeringkan lumpur yang telah stabil. Lumpur yang telah dikeringkan diharapkan sudah memiliki kandungan padatan yang tinggi (70% solid).

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III METODE STUDI

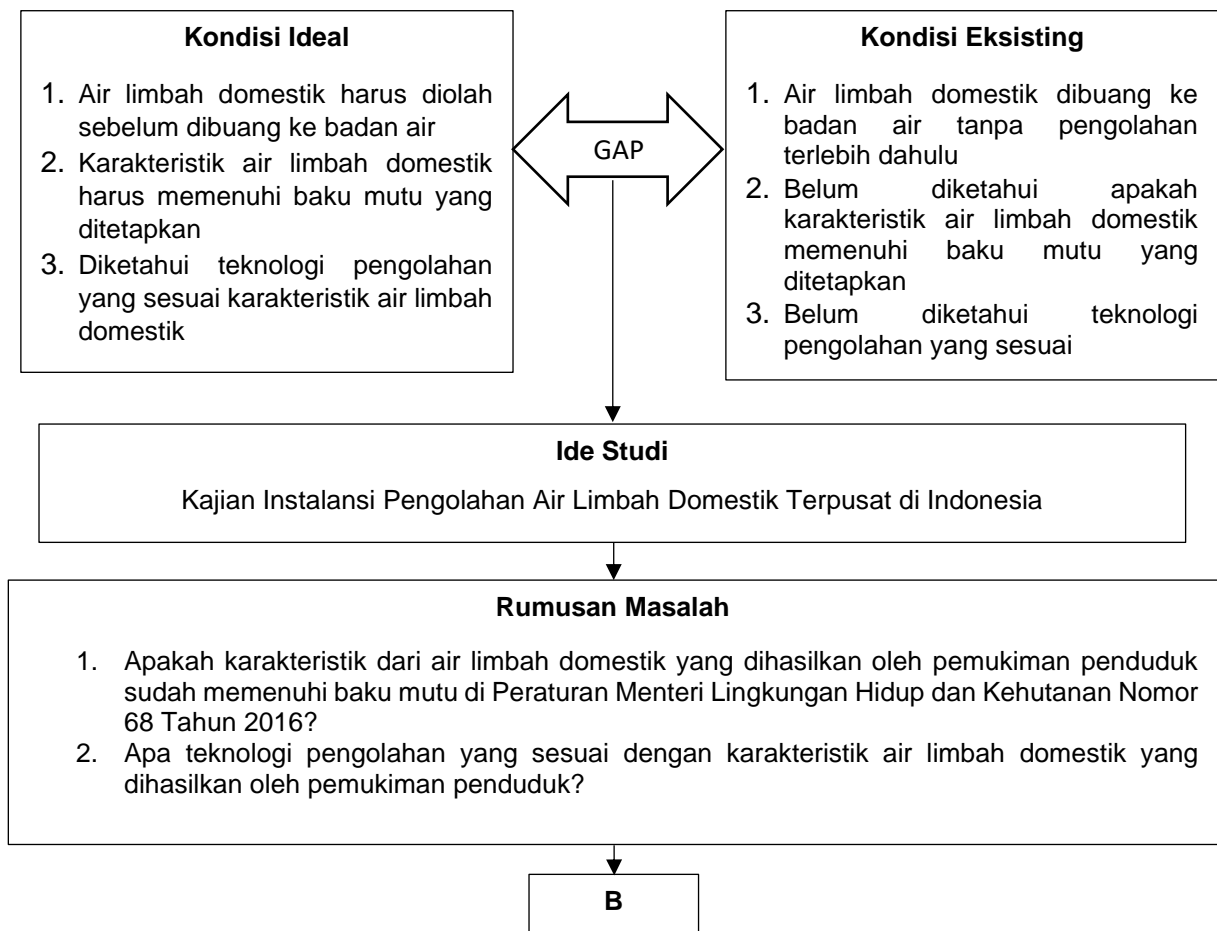
3.1 Umum

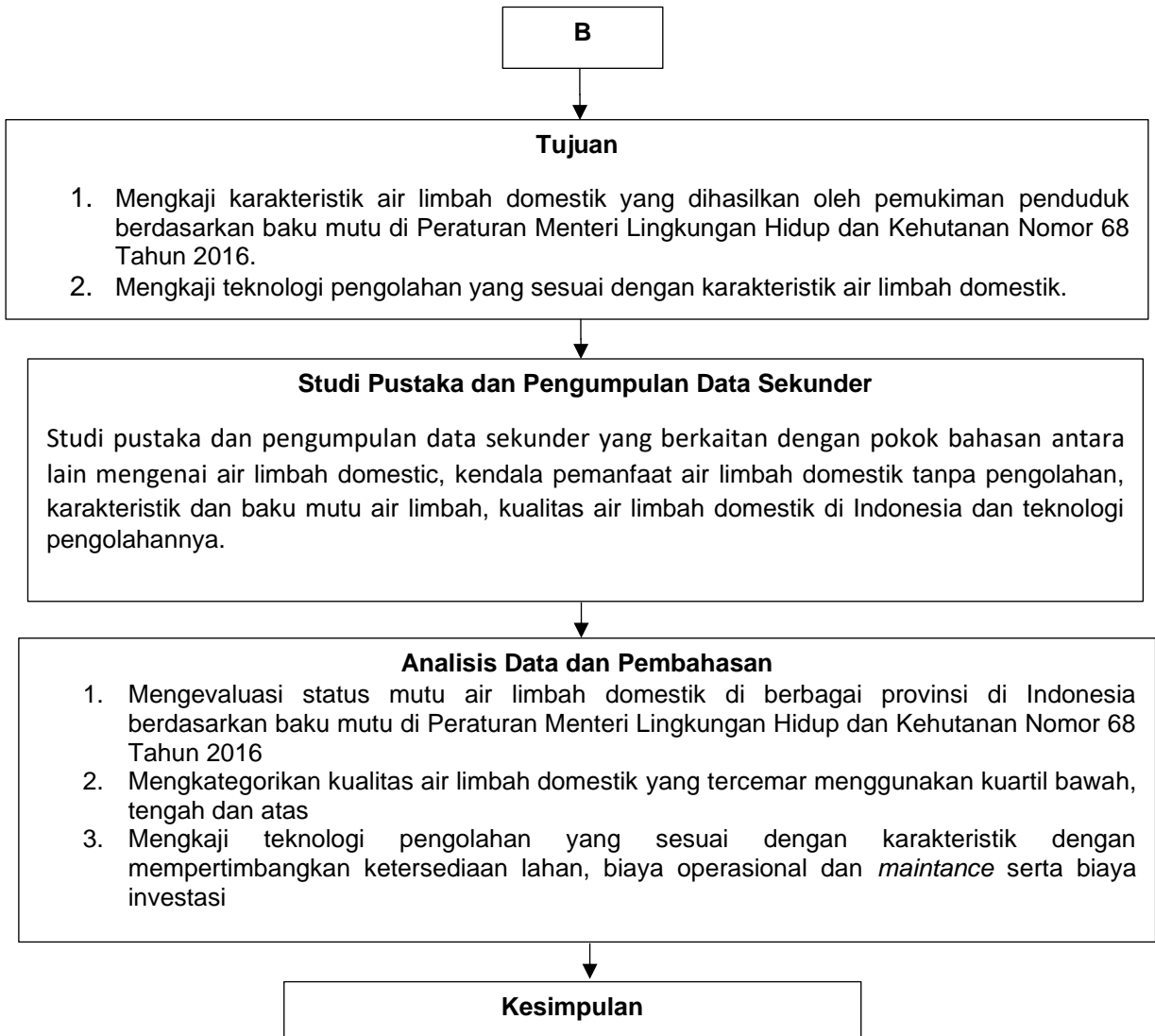
Metode studi yang digunakan bertujuan untuk memberikan arahan mengenai kajian yang akan dilakukan. Studi ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik dari air limbah domestik agar dapat direncanakan teknologi pengolahan yang sesuai. Manfaat yang didapat dari metode studi ini, antara lain :

- a. Sebagai arahan dan acuan selama proses studi.
- b. Memberikan gambaran pasti urutan tahapan kerja yang harus dilakukan selama proses studi sehingga tidak terjadi kebingungan bagi penulis.
- c. Memperkecil kesalahan yang terjadi agar studi berjalan sistematis.

3.2 Kerangka Studi

Kerangka studi disusun untuk mengetahui tahapan kegiatan yang dilaksanakan dalam mencapai tujuan studi secara sistematis. Tujuan pembuatan kerangka studi ini adalah sebagai acuan proses pengambilan jurnal, pengumpulan dan analisis data, sehingga proses akan berjalan sistematis dan terencana. Tahapan dalam kerangka studi harus dibuat sedetail mungkin, untuk mempermudah dan memperkecil kesalahan selama proses berlangsung. Penentuan tahapan studi dimulai dari asal muasal ide studi yang diperoleh berdasarkan gap yang ada, kemudian dilanjutkan dengan perumusan masalah, pengumpulan data hingga pengolahan data. Setiap tahapan yang ada dalam kerangka studi akan dijelaskan pada Gambar 3.1.





Gambar 3. 1 Kerangka Studi

3.3 Rangkaian Kegiatan Studi

Rangkaian kegiatan studi terdiri dari penjelasan tahapan-tahapan kegiatan yang dilakukan selama pelaksanaan. Rangkaian kegiatan studi yang dilakukan adalah

3.3.1 Ide studi

Ide studi ini didapatkan dari kondisi eksisting air limbah domestik di pemukiman penduduk. Air limbah domestik di perumahan sering kali langsung dibuang ke badan air tanpa diolah terlebih dahulu. Padahal karakteristik dari air limbah domestik tersebut belum diketahui apakah sudah sesuai dengan baku mutu yang ditetapkan oleh pemerintah dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 68 tahun 2016. Oleh karena itu, didapatkan ide studi yaitu Kajian Instalansi Pengolahan Air Limbah Domestik Terpusat di Indonesia.

3.3.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang timbul adalah ketidaksesuaian antara kondisi eksisting dan kondisi ideal. Pada kondisi ideal, air limbah domestik tidak langsung dibuang ke badan air akan tetapi diolah terlebih dahulu. Sebelum direncanakan teknologi pengolahannya, karakteristik dari air limbah domestik sudah diketahui sehingga teknologi pengolahan yang dipilih dapat sesuai dan efektif. Sedangkan pada kondisi eksisting, karakteristik air limbah domestik tidak diketahui dan langsung dibuang ke badan air tanpa ada pengolahan.

3.3.3 Tujuan

Tujuan akan menjawab rumusan masalah yang telah ditetapkan. Dimana tujuan dari tugas akhir ini ialah mengkaji karakteristik air limbah domestik yang dihasilkan oleh pemukiman penduduk berdasarkan baku mutu di Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 68 Tahun 2016, mengkategorikan kualitas air limbah domestik yang tercemar menggunakan kuartil bawah, tengah dan atas serta mengkaji teknologi pengolahan yang sesuai dengan karakteristik air limbah domestik.

3.3.4 Studi Pustaka dan Pengumpulan Data Sekunder

Studi pustaka dibutuhkan sebagai landasan teori dalam mengkaji yang bertujuan untuk mendukung dan meningkatkan pemahaman terhadap ide studi. Studi Pustaka dan data sekunder yang dikumpulkan merupakan data kualitas air limbah domestik di berbagai kabupaten atau kota di Indonesia yang didapatkan dari artikel dan jurnal ilmiah, undang-undang maupun peraturan pemerintah yang berlaku, tugas akhir hingga disertasi yang berhubungan dengan topik yang dibahas.

3.3.5 Analisis Data dan Pembahasan

Penentuan status mutu dengan cara membandingkan data kualitas air yang dimiliki dengan baku mutu yang terdapat di Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 68 Tahun 2016. Setelah itu, data kualitas air limbah domestik yang dikumpulkan dibagi menjadi 3 (tiga) kategori yaitu air limbah domestik dengan kadar pencemar rendah, sedang, dan tinggi dengan menggunakan metode kuartil. Kemudian akan dikaji teknologi pengolahan yang sesuai dengan karakteristik dengan mempertimbangkan ketersediaan lahan, biaya operasional dan maintenance serta biaya investasi.

3.3.6 Kesimpulan

Kesimpulan pada tugas akhir diperoleh dari hasil pengumpulan dan analisa data yang merupakan tujuan dari studi, yaitu hasil kajian karakteristik air limbah domestik yang dihasilkan oleh pemukiman penduduk berdasarkan baku mutu di Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 68 Tahun 2016 serta teknologi pengolahan yang sesuai dengan karakteristik air limbah domestik.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Penentuan Status Mutu Air Limbah Domestik di Berbagai Provinsi di Indonesia

Untuk mengetahui status mutu air limbah domestik di suatu daerah, dibutuhkan data kualitas air limbah domestik daerah tersebut. Berikut ini ialah data kualitas air limbah domestik di berbagai provinsi di Indonesia.

Tabel 4.1 Data Kualitas Air Limbah Domestik di Indonesia

No	Provinsi	Kab/Kota	Parameter								
			pH	BOD (mg/L)	CO D (mg/L)	TSS (mg/L)	Min yak dan Lem ak (mg/L)	Amonia k (mg/L)	Total Colifor m (MPN/100 mL)	Dete rjen (MB AS) (µg/lite r)	
1	Nanggroe Aceh Darussalam	^a Kota Banda Aceh	7,08	56	157,7	16	0,1	0,864	1.100	-	
		^b Kota Banda Aceh	7,09	42,3	179,9	26	0,1	0,896	1.100	-	
		^a Kabupaten Aceh Besar	8	-	-	-	-	-	-	-	6,15
		^a Kota Banda Aceh	7,18	40	-	-	0,2	1,26	1.100	-	
2	Sumatera Utara	^a Kota Medan	7	25	100	16,6	-	-	-	-	
		^b Kota Medan	6	75	180	60	15	-	-	3	
		^c Kota Medan	-	-	-	-	-	6,6	-	-	
		^d Kota Binjai	6,74	180,25	406,23	235	8,83	53	540	-	
3	Kepulauan Riau	^a Tanjungpinang	-	80	-	37,77	31,33	-	-	7,71	
		^b Tanjungpinang	6	-	70	6,3	-	-	1100	-	
		^c Tanjungpinang	-	-	-	-	-	18,37	-	-	
		^d Tanjungpinang	-	128	-	54	23	-	-	5,08	
4	Kalimantan Selatan	^a Kabupaten Tabalong	7	167	469	209	-	-	1600	-	
		^b Kota Banjarmasin	7,09	20,4	-	38	11	0,87	16100	-	
		^b Kota Banjarmasin	7,03	10,1	54	41	14	0,69	-	-	
		^b Kota Banjarmasin	6,78	10	64	9	9	0,34	2800	-	
		^c Kota Banjarmasin	-	-	-	-	-	-	-	-	200

Tabel 4.1 Data Kualitas Air Limbah Domestik di Indonesia

5	Banten	^a Tangerang Selatan	7,36	83,2	312	34	-	226	-	-
		^b Tangerang	6,7	66	123	33	15	-	-	8,8
		^b Tangerang	8,2	86	167	14	6	-	-	22
		^c Kabupaten Serang	7,6	12,75	19,8	84	-	-	-	-
6	DKI Jakarta	^a Jakarta Selatan	7,79	140,45	284,604	130	12,125	15,225	-	0,953
		^b Jakarta	6,06	27,61	136,68	17	0,8	12,5	-	0,18
		^c Jakarta Pusat	7,46	20,6	48,4	31,6	0,32	8,12	-	-
		^d Jakarta Selatan	7,3	103	297	141	0,5	16,3	-	1,03
7	Jawa Barat	^a Bogor	6,91	495,39	-	48,33	7,39	-	-	4
		^b Kabupaten Garut	6,92	389	627	115	-	-	-	-
		^c Bekasi	8,5	558	867	238	-	-	-	0,12
		^d Bogor	-	-	206,96	342	8	16,426	-	-
		^e Depok	-	30	59	-	-	-	-	4,7
		^e Depok	-	115	216	-	-	-	-	0,16
8	Jawa Tengah	^a Kota Semarang	6,73	107	155	104	6,3	-	-	-
		^b Kota Semarang	7,13	357	-	136	5,26	-	-	-
		^c Kota Semarang	-	-	186	-	-	-	-	25
		^d Kota Semarang	7,26	-	-	-	-	143	-	-
		^e Surakarta	-	-	-	-	-	-	12000	-
9	DI Yogyakarta	^a Kabupaten Gunung Kidul	7,59	80,61	121,85	132	-	-	-	-
		^b Kabupaten Bantul	7	484	154	672	-	38	-	-
		^c Kabupaten Bantul	-	142	204	123	-	-	-	-
		^d Sleman	6,08	175,2	254,6	262	13,4	-	-	-
		^e Kabupaten Bantul	7,06	178	265	123	-	-	160000	2,66
		^e Kabupaten Bantul	7,24	80	239	333	-	-	160000	1,81
10	Jawa Timur	^a Jombang	7,9	135,6	315,3	-	5,5	-	-	-
		^b Sidoarjo	6,95	162	268	210	20	48,57	-	-
		^c Surabaya	6,85	81,9	160	150	-	-	-	-
		^d Probolinggo	7,52	11,01	-	12,2	1,08	-	-	-

Tabel 4.1 Data Kualitas Air Limbah Domestik di Indonesia

		^e Surabaya	7,7	7,8	17	24	1,9	-	240	0,028
		^e Surabaya	6,9	5,25	22	19	1,9	-	210	0,034
11	Bali	^a Denpasar	7,58	169,83	-	93	0,65	19,5	-	0,34
		^b Denpasar	8,03	178,2	379,7	34	6,3	1,043	-	-
		^c Badung	-	-	-	-	-	-	11000	-
		^d Denpasar	-	86,99	141,99	-	-	39,06	-	-
12	Sumatera Selatan	^a Palembang	6,21	95	147	163	5,8	3,6	-	-
		^b Palembang	7,11	43	135,3	2	2,8	25,41	-	-
13	Riau	^a Pekanbaru	6,9	-	-	29	-	-	-	-
		^b Kampar	6	15,8	25,8	-	-	-	239,88	-
14	Kalimantan Timur	Bontang	5,71	145	1495	141	26,6	1,14	2419,6	-
15	Sulawesi Barat	Kota Manado	-	30	100	30	-	-	50	-
16	Kalimantan Utara	Kota Tarakan	-	210,68	320	40	90,8	2,494	240000	-

Sumber: ^{1a} Sugesti, 2020; ^{1b} Rumi, 2021; ^{2a} Marantiah, 2019; ^{2b} Pangesti, 2021; ^{2c} Panjaitan, 2019; ^{2d} Siagian, 2021; ^{3a} Fitriani, 2015; ^{3b} Simbolondkk, 2019; ^{3c} Tunjung Murti Pratiwidkk, 2019; ^{3d} Fitriani dkk, 2016; ^{4a} Abdi dkk, 2019; ^{4b} Ramadhani, 2018; ^{4c} Fajriah, 2020; ^{5a} Sulistia&Septisya, 2019; ^{5b} South & Nazir, 2016; ^{5c} Ayu dkk, 2021; ^{6a} Said dan Utomo, 2007; ^{6b} Widayat, 2009; ^{6c} Saputra dkk, 2016; ^{6d} Ikkal, 2016; ^{7a} Cordova, 2008; ^{7b} Iriani dan Medawaty, 2019; ^{7c} Nurhodoyanti dkk, 2021; ^{7d} Susanthi dkk, 2018; ^{7e} Aryanti dkk, 2017; ^{8a} Novitasari dkk, 2013; ^{8b} Ulum dkk, 2015; ^{8c} Ardiantor dan Yuniar, 2015; ^{8d} Adisuasono dkk, 2014; ^{8e} Hardanik, 2013; ^{9a} Hafidh dkk, 2016; ^{9b} Wijayaningrat, 2018; ^{9c} Praditya, 2016; ^{9d} Ranudi, 2018; ^{9e} Savitri, 2019; ^{10a} Sumule, dkk., 2021; ^{10b} Nanga, 2017; ^{10c} Asadiya, 2018; ^{10d} Afandi, dkk., 2013; ^{10e} Dokumen Informasi Kinerja Lingkungan Hidup Daerah Provinsi Jawa Timur, 2017; ^{11a} Rarasari, dkk., 2019; ^{11b} Suryawan, 2018; ^{11c} Widiantara, 2019; ^{11d} Sulihingtyas, dkk., 2010; ^{12a} Imron dkk., 2019; ^{12b} Fitriyanti, 2020; ^{13a} Masturak, dkk., 2014; ^{13b} Lusiana, dkk., 2020; ¹⁴ Busyairi, dkk., 2020; ¹⁵ Turangan, dkk., 2021; ¹⁶ Rizal dan Weliyadi, 2014

Dari data tersebut, akan ditentukan status mutu air limbah domestik di berbagai daerah di Indonesia dengan membandingkan data kualitas air yang dimiliki dengan baku mutu yang terdapat di Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 68 Tahun 2016 serta Peraturan Daerah Surabaya Nomor 2 Tahun 2004. Berikut ini ialah baku mutu yang terdapat di Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 68 Tahun 2016 serta Peraturan Daerah Surabaya Nomor 2 Tahun 2004.

Tabel 4.2 Baku Mutu Air Limbah

Nomor	Parameter	Baku Mutu
1	pH*	6-9
2	BOD*	30 mg/L
3	COD*	100 mg/L
4	TSS*	30 mg/L
5	Minyak dan Lemak*	5 mg/L
6	Amoniak*	10 mg/L
7	Total Coliform*	3000 MPN / 100 mL
8	Deterjen (MBAS)**	200 µg /liter

Sumber : *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 68 Tahun 2016

** Peraturan Daerah Surabaya Nomor 2 Tahun 2004

Apabila terdapat parameter yang memiliki nilai diatas baku mutu yang berlaku maka air limbah domestik yang dihasilkan dianggap tercemar. Berikut ini ialah rekapitulasi status mutu kualitas air limbah domestik di Indonesia.

Tabel 4.3 Rekapitulasi Status Mutu Kualitas Air Limbah Domestik di Indonesia

No	Provinsi	Kab/Kota	Status Mutu
1	Nanggroe Aceh Darussalam	Kota Banda Aceh	Tidak Memenuhi Baku Mutu
		Kota Banda Aceh	Tidak Memenuhi Baku Mutu
		Kabupaten Aceh Besar	Memenuhi Baku Mutu
		Kota Banda Aceh	Tidak Memenuhi Baku Mutu
2	Sumatera Utara	Kota Medan	Memenuhi Baku Mutu
		Kota Medan	Tidak Memenuhi Baku Mutu
		Kota Medan	Tidak Memenuhi Baku Mutu
		Kota Binjai	Tidak Memenuhi Baku Mutu
3	Kepulauan Riau	Tanjungpinang	Tidak Memenuhi Baku Mutu
		Tanjungpinang	Memenuhi Baku Mutu
		Tanjungpinang	Tidak Memenuhi Baku Mutu

Tabel 4. 3 Rekapitulasi Status Mutu Kualitas Air Limbah Domestik di Indonesia

		Tanjungpinang	Tidak Memenuhi Baku Mutu
4	Kalimantan Selatan	Kabupaten Tabalong	Tidak Memenuhi Baku Mutu
		Kota Banjarmasin	Tidak Memenuhi Baku Mutu
		Kota Banjarmasin	Tidak Memenuhi Baku Mutu
		Kota Banjarmasin	Tidak Memenuhi Baku Mutu
		Kota Banjarmasin	Tidak Memenuhi Baku Mutu
5	Banten	Tangerang Selatan	Tidak Memenuhi Baku Mutu
		Tangerang	Tidak Memenuhi Baku Mutu
		Tangerang	Tidak Memenuhi Baku Mutu
		Kabupaten Serang	Tidak Memenuhi Baku Mutu
6	DKI Jakarta	Jakarta Selatan	Tidak Memenuhi Baku Mutu
		Jakarta	Tidak Memenuhi Baku Mutu
		Jakarta Pusat	Tidak Memenuhi Baku Mutu
		Jakarta Selatan	Tidak Memenuhi Baku Mutu
7	Jawa Barat	Bogor	Tidak Memenuhi Baku Mutu
		Kabupaten Garut	Tidak Memenuhi Baku Mutu
		Bekasi	Tidak Memenuhi Baku Mutu
		Bogor	Tidak Memenuhi Baku Mutu
		Depok	Memenuhi Baku Mutu
		Depok	Tidak Memenuhi Baku Mutu
8	Jawa Tengah	Kota Semarang	Tidak Memenuhi Baku Mutu
		Kota Semarang	Tidak Memenuhi Baku Mutu
		Kota Semarang	Tidak Memenuhi Baku Mutu
		Kota Semarang	Tidak Memenuhi Baku Mutu

Tabel 4. 3 Rekapitulasi Status Mutu Kualitas Air Limbah Domestik di Indonesia

		Surakarta	Tidak Memenuhi Baku Mutu
9	DI Yogyakarta	Kabupaten Gunung Kidul	Tidak Memenuhi Baku Mutu
		Kabupaten Bantul	Tidak Memenuhi Baku Mutu
		Kabupaten Bantul	Tidak Memenuhi Baku Mutu
		Sleman	Tidak Memenuhi Baku Mutu
		Kabupaten Bantul	Tidak Memenuhi Baku Mutu
		Kabupaten Bantul	Tidak Memenuhi Baku Mutu
10	Jawa Timur	Jombang	Tidak Memenuhi Baku Mutu
		Sidoarjo	Tidak Memenuhi Baku Mutu
		Surabaya	Tidak Memenuhi Baku Mutu
		Probolinggo	Memenuhi Baku Mutu
		Surabaya	Memenuhi Baku Mutu
		Surabaya	Memenuhi Baku Mutu
11	Bali	Denpasar	Tidak Memenuhi Baku Mutu
		Denpasar	Tidak Memenuhi Baku Mutu
		Badung	Tidak Memenuhi Baku Mutu
		Denpasar	Tidak Memenuhi Baku Mutu
12	Sumatera Selatan	Palembang	Tidak Memenuhi Baku Mutu
		Palembang	Tidak Memenuhi Baku Mutu
13	Riau	Pekanbaru	Memenuhi Baku Mutu
		Kampar	Memenuhi Baku Mutu
14	Kalimantan Timur	Bontang	Tidak Memenuhi Baku Mutu
15	Sulawesi Barat	Kota Manado	Memenuhi Baku Mutu
16	Kalimantan Utara	Kota Tarakan	Tidak Memenuhi Baku Mutu

Sumber : Perhitungan Penulis

Dari 59 kab/kota pada tabel 4.1, terdapat 49 kab/kota yang memiliki air limbah domestik yang tidak memenuhi baku mutu yang berlaku. Hal ini dikarenakan masih minimnya pengolahan air limbah domestik sebelum dibuang ke badan air terdekat.

Minimnya pengolahan ini terjadi karena berbagai alasan seperti belum diketahui kualitas air limbah domestik pemukiman tersebut, belum adanya sosialisasi atau gerakan pemerintah setempat untuk menyadarkan dan mengajak masyarakat mengenai pentingnya membangun pengolahan air limbah domestik serta minimnya informasi masyarakat mengenai jenis-jenis teknologi pengolahan yang dapat dipilih (Said & Yudo, 2019).

4.2 Pengkategorian Kualitas Limbah

Berdasarkan data kualitas air limbah domestik yang telah dikumpulkan, air limbah domestik yang tercemar dapat dikategorikan menjadi tiga yaitu air limbah domestik dengan kadar pencemar rendah, sedang dan tinggi. Penentuan rentang dari setiap kategori menggunakan kuartil yang merupakan pembagian kelompok data menjadi empat bagian yang sama besar sehingga terdapat tiga kuartil, yaitu kuartil bawah (Q1), tengah (Q2) dan atas (Q3). Adapun rumus untuk mencari posisi kuartil sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Kuartil Bawah (Q1)} &= \frac{1}{4}(n + 1) \\ \text{Kuartil Tengah (Q2)} &= \frac{1}{2}(n + 1) \\ \text{Kuartil Atas (Q3)} &= \frac{3}{4}(n + 1) \end{aligned}$$

Dimana :

n = jumlah data air limbah domestik tercemar

Adapun banyak data kualitas air limbah domestik yang tercemar pada setiap parameter dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.4 Banyak Data Kualitas Air Limbah Domestik Tercemar Pada Setiap Parameter

Parameter	Jumlah Data
pH	0
BOD	35
COD	32
TSS	32
Minyak dan Lemak	21
Amoniak	13
Total Coliform	4
Deterjen	0

Sumber : Perhitungan Penulis

Berikut ini ialah contoh penentuan posisi kuartil pada parameter BOD :

1. Kuartil Bawah (Q1) $= \frac{1}{4}(n + 1)$
 $= \frac{1}{4}(35 + 1)$
 $= 9$
2. Kuartil Tengah (Q2) $= \frac{1}{2}(n + 1)$
 $= \frac{1}{2}(35 + 1)$
 $= 18$

$$\begin{aligned}
 3. \text{ Kuartil Atas (Q3)} &= \frac{3}{4}(n + 1) \\
 &= \frac{3}{4}(35 + 1) \\
 &= 27
 \end{aligned}$$

Adapun posisi kuartil pada parameter lain dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.5 Posisi Kuartil Pada Setiap Parameter

Kuartil	Data ke-							
	pH	BOD	COD	TSS	Minyak dan Lemak	Amoniak	Total Coliform	Deterjen
Q1	-	9	8,25	8,25	5,5	3,5	1,25	-
Q2	-	18	16,5	16,5	11	7	2,5	-
Q3	-	27	24,75	24,75	16,5	10,5	3,75	-

Sumber : Perhitungan Penulis

Kemudian untuk mengetahui nilai dari setiap posisi kuartil pada setiap parameter, data kualitas air limbah domestik yang tercemar perlu diurutkan terlebih dahulu dari yang terkecil hingga terbesar. Berikut ini ialah urutan data kualitas air limbah domestik yang tercemar pada setiap parameter :

Tabel 4.6 Urutan Data Kualitas Air Limbah Domestik Tercemar Pada Setiap Parameter

Urutan	BOD (mg/L)	COD (mg/L)	TSS (mg/L)	Minyak dan Lemak (mg/L)	Amoniak (mg/L)	Total Coliform (MPN/100mL)
1	40	121,85	31,6	5,26	12,5	11000
2	42,3	123	33	5,5	15,225	12000
3	43	135,3	34	5,8	16,3	16100
4	56	136,68	34	6	16,426	160000
5	66	141,99	37,77	6,3	18,37	160000
6	75	147	38	6,3	19,5	240000
7	80	154	40	7,39	25,41	-
8	80	155	41	8	38	-
9	80,61	157,7	48,33	8,83	39,06	-
10	81,9	160	54	9	48,57	-
11	83,2	167	60	11	53	-
12	86	179,9	84	12,125	143	-
13	86,99	180	93	13,4	226	-
14	95	186	104	14	-	-
15	103	204	115	15	-	-
16	107	206,96	123	15	-	-
17	115	216	123	20	-	-
18	128	239	130	23	-	-
19	135,6	254,6	132	26,6	-	-
20	140,45	265	136	31,33	-	-
21	142	268	141	90,8	-	-
22	145	284,604	141	-	-	-

Tabel 4.6 Urutan Data Kualitas Air Limbah Domestik Tercemar Pada Setiap Parameter

23	162	297	150	-	-	-
24	167	312	163	-	-	-
25	169,83	315,3	209	-	-	-
26	175,2	320	210	-	-	-
27	178	379,7	235	-	-	-
28	178,2	406,23	238	-	-	-
29	180,25	469	262	-	-	-
30	210,679	627	333	-	-	-
31	357	867	342	-	-	-
32	389	1495	672	-	-	-
33	484	-	-	-	-	-
34	495,39	-	-	-	-	-
35	558	-	-	-	-	-

Sumber : Perhitungan Penulis

Selanjutnya dapat ditentukan nilai Q1, Q2, & Q3 dari setiap parameter. Berikut ini ialah contoh penentuan nilai Q1, Q2 dan Q3.

1. Parameter BOD

- Kuartil Bawah (Q1)
 - ➔ Data ke-9, maka
 - ➔ Q1 = 80,61 mg/L
= 81 mg/L
- Kuartil Tengah (Q2)
 - ➔ Data ke-18, maka
 - ➔ Q3 = 128 mg/L
- Kuartil Atas (Q3)
 - ➔ Data ke-27, maka
 - ➔ Q3 = 178 mg/L

2. Parameter COD

- Kuartil Bawah (Q1)
 - ➔ Data ke-8,25, maka Q1 merupakan rata-rata dari data ke-8 dan 9
 - ➔ Q1 = $\frac{155+157,7}{2}$
= 156,3 mg/L
= 157 mg/L
- Kuartil Tengah (Q2)
 - ➔ Data ke-16,5, maka Q2 merupakan rata-rata dari data ke-16 dan 17
 - ➔ Q2 = $\frac{206,96 + 216}{2}$
= 211,48 mg/L
= 212 mg/L
- Kuartil Atas (Q3)
 - ➔ Data ke-24,75, maka Q3 merupakan rata-rata dari data ke-24 dan 25
 - ➔ Q3 = $\frac{312 + 315,3}{2}$
= 313,65 mg/L
= 314 mg/L

Adapun nilai kuartil bawah (Q1), kuartil tengah (Q2) dan kuartil atas (Q3) pada parameter lain dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 4.7 Nilai Kuartil Bawah (Q1), Kuartil Tengah (Q2) dan Kuartil Atas (Q3) Setiap Parameter

Kuartil	pH	BOD (mg/L)	COD (mg/L)	TSS (mg/L)	Minyak dan Lemak (mg/L)	Amoniak (mg/L)	Total Coliform (MPN/100 mL)	Deterjen (MBAS) (μg /liter)
Q1	-	81	157	45	7	17	11500	-
Q2	-	128	212	123	11	26	14050	-
Q3	-	178	314	186	18	51	88050	-

Sumber : Perhitungan Penulis

Selanjutnya, dapat ditentukan rentang dari setiap kategori kadar air limbah domestik tercemar dengan menggunakan nilai kuartil yang telah didapatkan. Untuk air limbah domestik dengan pencemar kadar rendah memiliki rentang dari baku mutu hingga kuartil bawah (Q1), untuk air limbah domestik dengan kadar pencemar sedang memiliki rentang dari kuartil bawah (Q1) hingga kuartil tengah (Q2), sedangkan untuk air limbah domestik dengan kadar pencemar tinggi memiliki rentang dari kuartil tengah (Q2) hingga kuartil atas (Q3). Adapun rentang dari setiap kategori air limbah domestik tercemar pada setiap parameter dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.8 Nilai Rentang Kualitas Air Limbah Domestik Tercemar Pada Setiap Parameter

Air Limbah Tercemar	pH	BOD (mg/L)	COD (mg/L)	TSS (mg/L)	Minyak dan Lemak (mg/L)	Amoniak (mg/L)	Total Coliform (MPN/100 mL)	Deterjen (μg /liter)
Kadar Rendah	-	30-81	100-157	30-45	5-7	10-17	3000-11500	-
Kadar Sedang	-	82-128	158-212	46-123	8-11	18-26	11501-14050	-
Kadar Tinggi	-	129-178	213-314	124-186	12-18	27-51	14051-88050	-

Sumber : Perhitungan Penulis

4.3 Rekomendasi Rangkaian Pengolahan Air Limbah Domestik Terpusat Berdasarkan Kategori Kadar Pencemar Air Limbah Domestik

Dari setiap kategori kadar pencemar air limbah domestik dapat di rekomendasikan jenis-jenis teknologi yang sesuai dengan kebutuhan. Untuk mengetahui kemampuan *removal* setiap teknologi maka dilakukan perhitungan dengan menggunakan rentang teratas dari setiap parameter. Adapun nilai setiap parameter yang digunakan untuk mengetahui *removal* dari setiap teknologi sebagai berikut:

Tabel 4.9 Nilai Parameter Berdasarkan Kadar Pencemar Air Limbah Domestik

No	Parameter	Satuan	Air Limbah Domestik dengan Kadar Pencemar		
			Rendah	Sedang	Tinggi
1	pH		-	-	-
2	BOD	mg/L	81	128	178
3	COD	mg/L	157	212	314
4	TSS	mg/L	45	123	186
5	Minyak dan Lemak	mg/L	7	11	18
6	Amoniak	mg/L	17	26	31
7	Total Coliform	MPN/mL	11500	14050	88050
8	Deterjen	µg /liter	-	-	-

Sumber : Perhitungan Penulis

Adapun persen removal dari setiap unit pengolahan yang digunakan dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.10 Persen Removal Unit Pengolahan

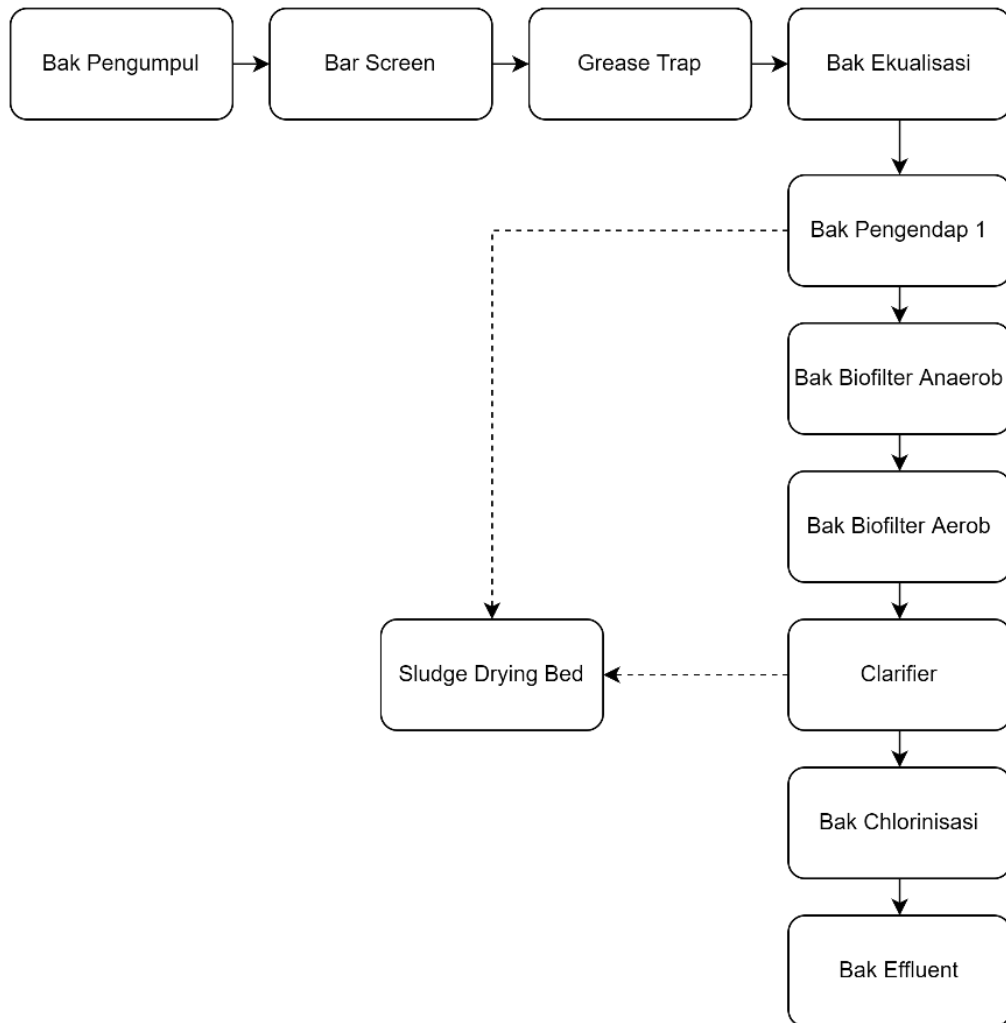
Unit Pengolahan	Parameter (%)					
	BOD	COD	TSS	NH3	Minyak dan Lemak	Total Coliform
Biofilter Aerob	^b 40,6-96,5	^c 86,5	^b 79,2	^b 91,9-97	-	-
Biofilter Anaerob	^b 85,68	^c 80	^b 82,6-98,4	-	-	^c 99
Rotating Biological Contactor (RBC)	^g 80-95	^h 60-90	^h 84-95	^h 53	^h 66	ⁱ 98,95
Lumpur Aktif	^g 85-95	^h 80-85	^h 80-90	^j 98,9	-	^h 86,96
Oxidation Ditch	^a 80-95	^a 80-90	^a 70-90	-	^a 78	-
Grease Trap	-	-	-	-	^d 90-99	-
Membran Bio Reactor (MBR)	^f 85-95	^f 85-95	^h 90	^e 99,2	-	-
Aerator Lagon	^g 60-80	^e 60-80	^e 50-80	-	-	-
Bak Pengendap 1	^k 30-40	^k 30-40	^k 50-65	-	-	-
Bak Klorinasi	-	-	-	-	-	^l 70,14-89,89
Disinfektan dengan Ultraviolet	-	-	-	^m 78	-	^m 99,98-99,99

Sumber : ^aChen dkk, 2010; ^bHidayat dkk, 2019; ^cWardiha & Prihandono, 2015; ^dNisola dkk, 2009; ^ePermen PUPR, 2017; ^fDLH, 2019; ^gDirektorat Bina Pelayanan Penunjang Medik Dan Sarana Kesehatan, 2011; ^hHutagalung, Riyan Fernades, 2018; ⁱDenis Resel, dkk, 2019; ^jHeraningsih, Tati, 2014; ^kQasim, 1985; ^lDiyanti dkk,2012; ^mWinarti,2020

4.3.1 Alternatif Pengolahan Air Limbah Domestik

Pemilihan alternatif yang direkomendasikan berdasarkan kemampuan untuk meremoval bahan pencemar di dalamnya. Selain itu, turut mempertimbangkan kebutuhan lahan, biaya investasi serta biaya operasionalnya. Berdasarkan data removal diatas dan hasil perhitungan pada lampiran 1 maka, alternatif yang dapat digunakan pada studi literatur ini, yaitu :

1. Alternatif 1



Gambar 4. 1 Bagan Alir Alternatif 1

Biofilter merupakan salah satu alternatif pengolahan limbah air dengan memanfaatkan mikroorganisme yang tumbuh dan berkembang melekat pada permukaan media yang membentuk dan menghasilkan lapisan biofilm (Rusmaya, 2021). Biofilter anaerob dan aerob adalah suatu proses pengolahan air limbah secara biologis dengan sistem menggabungkan proses biofilter anaerob dan proses biofilter anaerob, serta memanfaatkan mikroorganisme (Said, 2018).

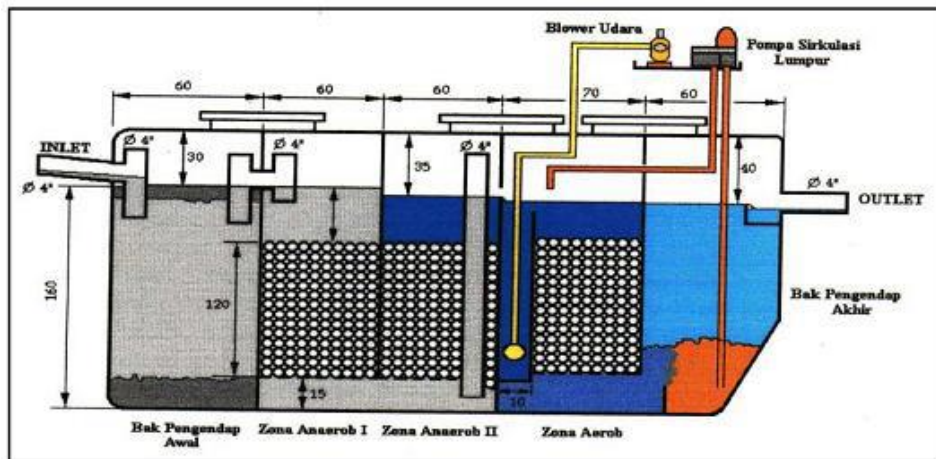
Proses pengolahan air limbah dengan sistem ini yaitu, seluruh air limbah yang berasal dari aktivitas masyarakat sehari-hari dialirkan masuk ke bak pengumpul. Kemudian air akan melewati bar screen yang berfungsi untuk mencegahnya

sampah atau benda berukuran besar, seperti botol plastik, daun, & lainnya ke dalam unit pengolahan air limbah. Jika sampah atau benda berukuran besar masuk dalam unit pengolahan maka akan mengakibatkan gangguan seperti timbulnya kerusakan atau penyumbatan (*clogging*) pada saluran. Selanjutnya, air limbah akan masuk ke unit grease trap untuk memisahkan minyak dan lemak yang terdapat di dalam air limbah domestik. Setelah itu air limbah dialirkan ke bak ekualisasi yang berfungsi untuk mengatur debit air limbah serta menyeragamkan konsentrasi zat pencemarnya agar homogen sehingga proses pengolahan dapat berjalan dengan stabil (Direktorat Bina Pelayanan Penunjang Medik Dan Sarana Kesehatan, 2011). Selanjutnya, dari bak ekualisasi air limbah dipompa ke bak pengendap awal. Hal ini dilakukan agar dapat mengendapkan partikel lumpur, pasir dan kotoran organik tersuspensi. Selain berfungsi sebagai bak pengendapan, juga berfungsi sebagai bak pengontrol aliran, serta bak pengurai senyawa organik yang berbentuk padatan, pengurai lumpur (*sludge digestion*) dan penampung lumpur (Dinas Lingkungan Hidup Pemerintah Kota Surabaya, 2019).

Air hasil dari bak pengendap awal, dialirkan ke reaktor biofilter anaerob. Pada reaktor biofilter anaerob ini telah diisi dengan media sebagai tempat bertumbuh dan berkembangnya mikroorganisme. Media biofilter yang digunakan cukup beragam. Secara umum terdiri atas bahan material organik dan bahan material anorganik. Untuk media biofilter dari bahan organik dapat berbentuk tali, bentuk jaring, bentuk butiran tak teratur (*random packing*), bentuk papan (*plate*), bentuk sarang tawon dan lain-lain. Sedangkan untuk media dari bahan anorganik berupa batu pecah (*split*), kerikil, batu marmer, batu tembikar, batu bara (kokas) dan lainnya (Direktorat Bina Pelayanan Penunjang Medik Dan Sarana Kesehatan, 2011).

Pada reaktor biofilter anaerob terdapat dua buah ruangan. Ruangan- ruangan ini digunakan sebagai penguraian zat-zat organik yang ada dalam air limbah. Penguraian zat - zat ini dilakukan oleh bakteri anaerobik atau fakultatif aerobik. Setelah beberapa hari operasi, pada permukaan media filter akan tumbuh lapisan film mikroorganisme. Mikroorganisme inilah yang akan menguraikan zat organik yang belum sempat terurai pada bak pengendap. Air limpasan dari reaktor biofilter anaerob dialirkan ke reaktor biofilter aerob. Dalam reaktor biofilter aerob juga terdapat media penumbuh mikroorganisme. Bak reaktor aerob diberikan aerasi atau dihembus dengan udara sehingga mikro organisme yang ada akan menguraikan zat organik yang ada dalam air limbah serta untuk tumbuh dan menempelnya mikroorganisme pada permukaan media sehingga dapat meningkatkan efisiensi penguraian zat organik, deterjen serta mempercepat proses nitrifikasi, menyebabkan penghilangan efisiensi amonia meningkat (Said, 2018).

Skema proses pengolahan air limbah dengan sistem biofilter anaerob-aerob dapat dilihat pada gambar 4.2 :



Gambar 4.2 Skema Proses Pengolahan Air Limbah Biofilter Anaerob-Aerob
 Sumber : Direktorat Bina Pelayanan Penunjang Medik Dan Sarana Kesehatan, 2011

Selanjutnya air dari bak aerob dialirkan ke bak pengendap akhir atau clarifier yang berfungsi sebagai tempat terjadinya pengendapan material. Dalam bak pengendap akhir air limbah sebagian dipompa kembali ke bagian pintu pemasukan bak aerasi (bak aerob) dengan pompa sirkulasi lumpur. Sedangkan air limpasan (*over flow*) dialirkan ke bak kontaklor untuk proses disinfeksi. Pada bak kontaklor khlor ini air limbah dikontakkan dengan senyawa khlor untuk membunuh mikroorganisme patogen (Direktorat Bina Pelayanan Penunjang Medik Dan Sarana Kesehatan, 2011).

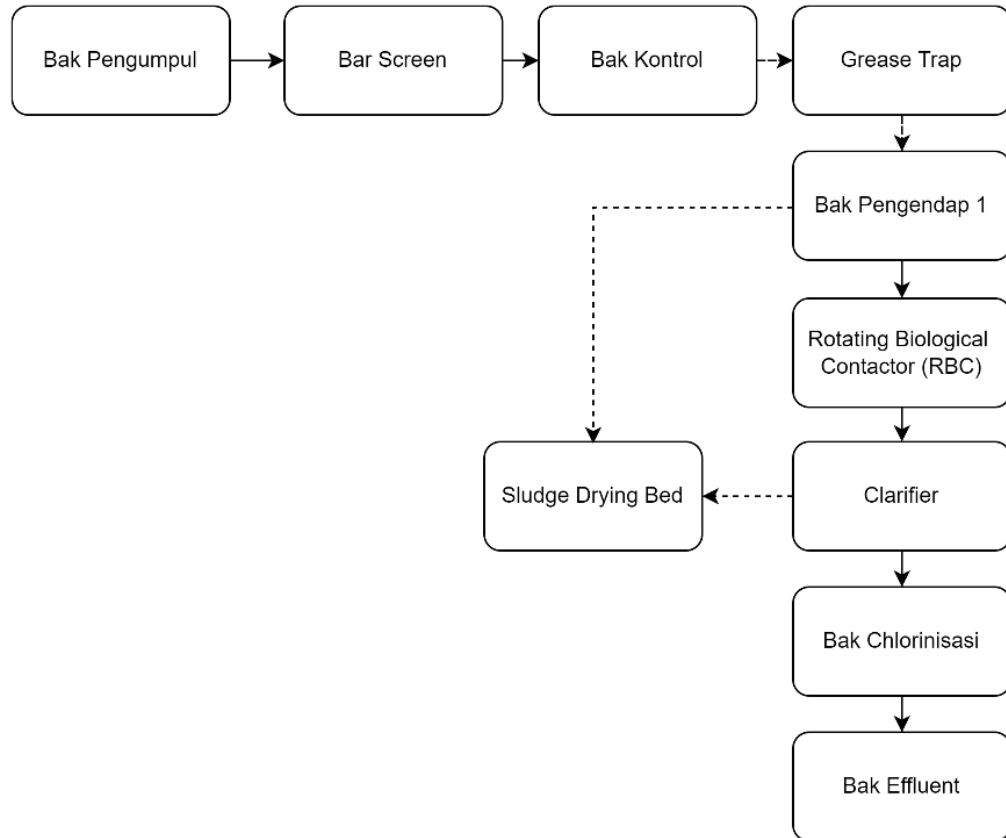
Air olahan/efluen setelah proses khlorinasi dapat ditampung di bak effluent atau langsung dibuang ke sungai atau saluran umum sedangkan lumpur hasil pengolahan yang berasal dari bak pengendap 1 dan clarifier dapat disalurkan ke sludge drying bed. Unit SDB (sludge drying bed) berfungsi untuk membantu proses pengeringan lumpur dengan penguapan alamiah oleh sinar matahari (Dian dan Herumurti, 2016). Biasanya unit ini berbentuk persegi panjang, yang terdiri dari kerikil, lapisan pasir serta pipa drain untuk mengalirkan air dari lumpur yang sudah dikeringkan. Waktu pengeringan dipengaruhi oleh cuaca, terutama sinar matahari (Metcalf dan Eddy, 2003). Sludge Drying Bed dilengkapi dengan filter cloth serta lapisan pasir sehingga air yang terkandung dalam lumpur akan masuk atau meresap melewati filter dan pasir. Sedangkan untuk partikel padatan akan tertahan di permukaan lapisan pasir dan mengalami proses pengeringan (Hamonangan *et al.*, 2017).

Proses kombinasi sistem biofilter anaerob dan aerob ini dapat menurunkan zat organik (BOD, COD), amonia, deterjen, padatan tersuspensi (SS), phospat dan lainnya (Praptiwi, 2017). Beberapa keunggulan proses pengolahan air limbah dengan proses biofilter aerob anaerob yaitu (Said, 2006):

1. Pengoperasiannya mudah
2. Biaya operasi rendah
3. Lumpur yang dihasilkan sedikit
4. Dapat menghilangkan nitrogen dan phospor yang menyebabkan eutropikasi
5. Suplai udara untuk aerasi relatif kecil
6. Dapat digunakan untuk air limbah dengan beban BOD yang cukup tinggi
7. Pengaruh penurunan suhu terhadap efisiensi pengolahan kecil
8. Dapat menghilangkan padatan tersuspensi (SS) dengan baik

Biofilter aerob anerob ini juga memiliki beberapa kekurangan yaitu, waktu *start up* relatif lama (menunggu hingga biofilm terbentuk), tidak memperhitungkan jumlah dan jenis mikroorganisme pada media, & kontrol bakteri tidak dilakukan (Tato, 2013). Pada alternatif ini memerlukan luas lahan sebesar 1075 m² (Lampiran 2).

2. Alternatif 2



Gambar 4. 3 Bagan Alir Alternatif 2

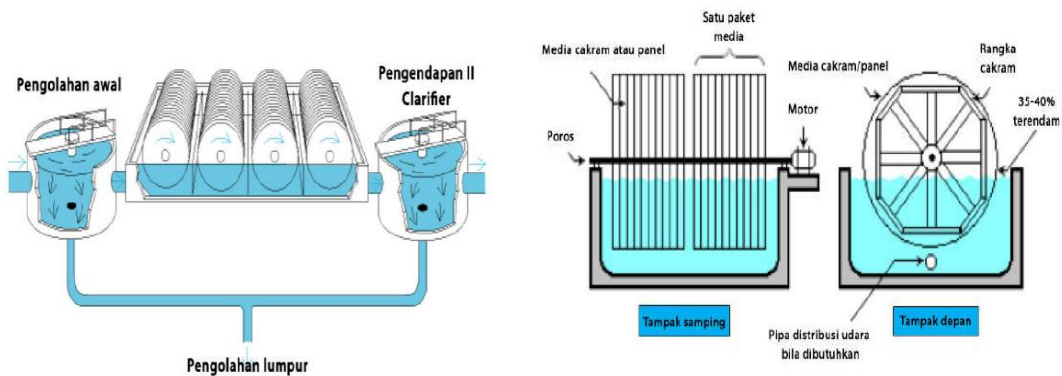
Proses pengolahan air limbah dengan sistem ini yaitu, seluruh air limbah yang berasal dari aktivitas masyarakat sehari-hari dialirkan masuk ke bak pengumpul. Kemudian air akan melewati bar screen yang berfungsi untuk mencegah masuknya sampah atau benda berukuran besar, seperti botol plastik, daun, & lainnya ke dalam unit pengolahan air limbah. Jika sampah atau benda berukuran besar masuk dalam unit pengolahan maka akan mengakibatkan gangguan seperti timbulnya kerusakan atau penyumbatan (*clogging*) pada saluran. Selanjutnya, air limbah akan masuk ke bak kontrol. Bak kontrol memiliki fungsi yang penting karena berfungsi sebagai tempat untuk memantau kondisi aliran air limbah dalam perpipaan. Pada bak kontrol, sampah yang berhasil melewati bar screen akan tertahan di dalamnya dan dapat diangkat supaya tidak masuk ke dalam sistem perpipaan yang dapat menyumbat aliran. Bak kontrol harus dibersihkan secara rutin, yaitu minimal sekali dalam satu minggu atau sesering mungkin untuk menghindari terjadinya penyumbatan oleh sampah padat (Rachman, 2019). Kemudian air limbah akan masuk ke unit grease trap untuk memisahkan minyak dan lemak yang terdapat di dalam air limbah domestik lalu air limbah dipompa ke bak pengendap awal. Hal ini dilakukan agar dapat mengendapkan partikel lumpur, pasir dan kotoran organik tersuspensi. Selain berfungsi sebagai bak pengendapan, juga berfungsi

sebagai bak pengontrol aliran, serta bak pengurai senyawa organik yang berbentuk padatan, pengurai lumpur (*sludge digestion*) dan penampung lumpur (Dinas Lingkungan Hidup Pemerintah Kota Surabaya, 2019).

Selanjutnya air limbah akan masuk ke Rotating Biological Contactor (RBC) yang sering disebut sebagai proses bio-disc. Proses bio disc ini merupakan suatu teknologi pengolahan air limbah domestik dengan memanfaatkan mikroorganisme yang melekat pada suatu media. Media yang digunakan berupa seri cakram atau piringan fiber/HDPE. Piringan ini akan terendam 40% di dalam air dan disusun vertikal pada suatu poros secara horizontal. Media piringan tersebut terbuat dari lembaran plastik yang berdiameter 2 – 4 m dengan tebal 0,8 mm. Jarak pemasangan piringan cakram yaitu 30 – 40 mm. Hal ini dilakukan agar air limbah dan udara bisa masuk ke ruangnya (Buku B SPLDT,2018).

95% dari permukaan piringan cakram akan tercelup dalam air limbah secara bergantian. Piringan cakram diputar dengan kecepatan 3 - 6 rpm, yang mana memberikan kesempatan pada setiap sisi cakram bergantian untuk berkontak dengan air dan oksigen. Pemutaran cakram ini dilakukan untuk menjaga suplai oksigen pada bakteri yang terdapat dipiringan, & juga berfungsi membilas lapisan lendir mikroorganisme yang terbentuk berlebihan pada piringan cakram sehingga tidak terjadinya penyumbatan. Teknologi RBC ini umumnya diterapkan untuk melayani 1000 s/d 10.000 jiwa (Permen PUPR, 2017).

Selanjutnya air dari RBC akan dialirkan ke bak pengendap akhir atau clarifier yang berfungsi sebagai tempat terjadinya pengendapan material kemudian dialirkan ke bak kontaklor khlor untuk proses disinfeksi. Pada bak kontaklor khlor ini air limbah dikontakkan dengan senyawa khlor untuk membunuh mikroorganisme patogen (Direktorat Bina Pelayanan Penunjang Medik Dan Sarana Kesehatan, 2011). Air olahan/efluen setelah proses khlorinasi dapat ditampung di bak effluent atau langsung dibuang ke sungai atau saluran umum sedangkan lumpur hasil pengolahan yang berasal dari bak pengendap 1 dan clarifier dapat disalurkan ke sludge drying bed. Unit SDB (*sludge drying bed*) berfungsi untuk membantu proses pengeringan lumpur dengan penguapan alamiah oleh sinar matahari (Dian dan Herumurti, 2016).



Gambar 4. 4 Skema Prasarana RBC

Gambar 4.5 Ilustrasi Rincian RBC

Sumber : Permen PUPR, 2017

Berdasarkan Permen PUPR, 2017 kelebihan sistem RBC pada pengolahan air limbah, yaitu :

1. Lahan yang dibutuhkan tidak terlalu besar;
2. Tahan terhadap beban kejut (shock loading) organik dan hidrolis;
3. Peluruhan biomassa lebih aktif;
4. Kebutuhan energi listrik rendah;

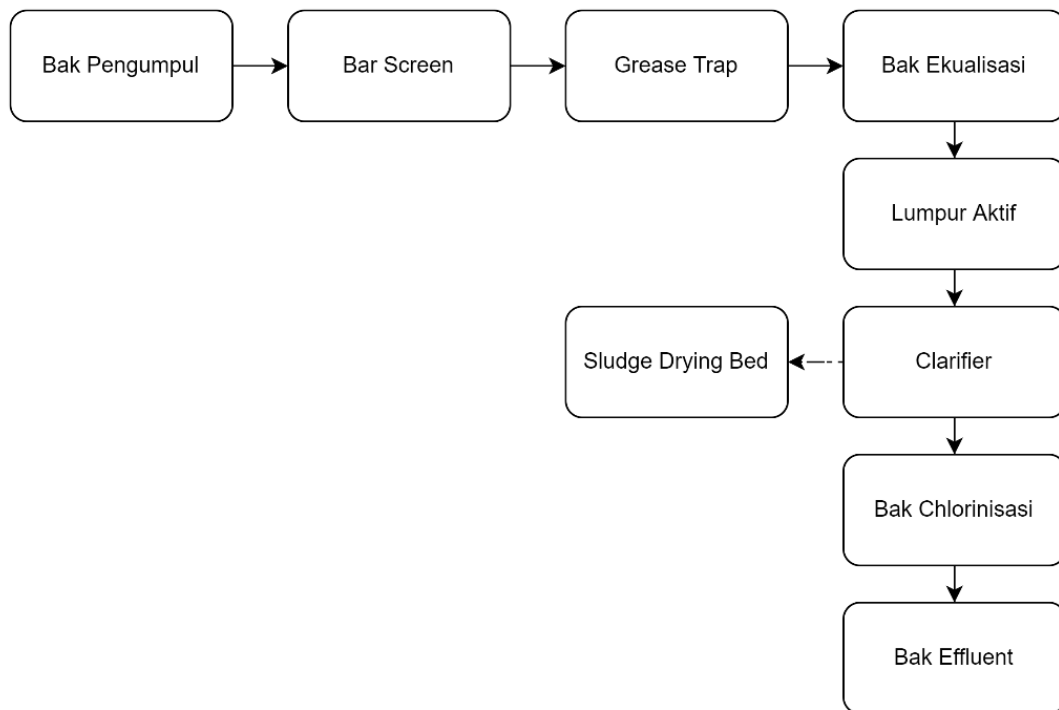
5. Efisiensi penyisihan beban organik tinggi;
6. Dapat mengolah air limbah yang mengandung senyawa beracun, besi, sianida, selenium dan lain-lain.

Kekurangan penggunaan RBC antara lain:

1. Biaya investasi pemasangan RBC mahal
2. ASP per debit per kualitas air limbah yang setara
3. Apabila oksigen terlarutnya rendah dan terdapat sulfida di dalam air limbah domestik, dapat memicu pertumbuhan bakteri pengganggu seperti Beggiatoa akan tumbuh di media RB
4. Biaya investasinya akan meningkat dengan peningkatan debit air limbah yang melekat

Pengolahan air limbah menggunakan alternatif ini memerlukan luasan lahan sebesar 5168 m² (Lampiran 2).

3. Alternatif 3

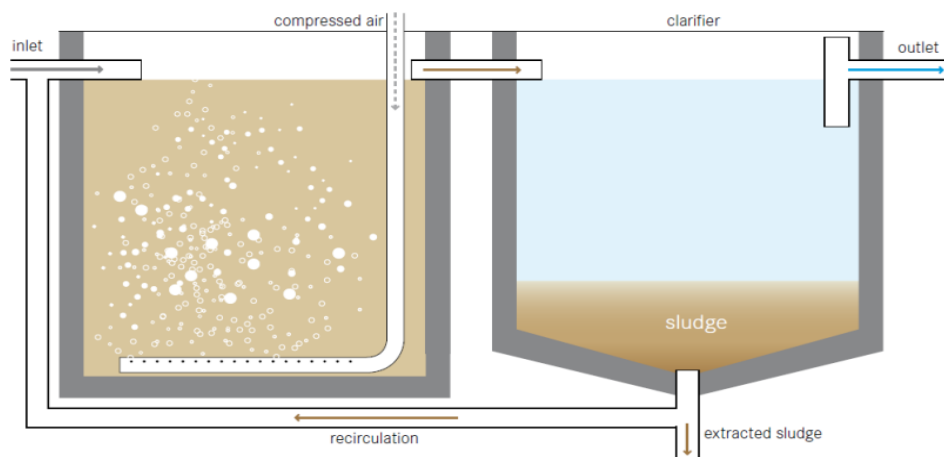


Gambar 4. 5 Bagan Alir Alternatif 3

Proses pengolahan air limbah dengan sistem ini yaitu, seluruh air limbah yang berasal dari aktivitas masyarakat sehari- hari dialirkan masuk ke bak pengumpul. Kemudian air akan melewati bar screen yang berfungsi untuk mencegah masuknya sampah atau benda berukuran besar, seperti botol plastik, daun, & lainnya ke dalam unit pengolahan air limbah. Jika sampah atau benda berukuran besar masuk dalam unit pengolahan maka akan mengakibatkan gangguan seperti timbulnya kerusakan atau penyumbatan (*clogging*) pada saluran. Kemudian air limbah akan masuk ke unit grease trap untuk memisahkan minyak dan lemak yang terdapat di dalam air limbah domestik. Selanjutnya, air limbah akan masuk ke bak ekualisasi yang berfungsi untuk mengatur

debit air limbah serta menyeragamkan konsentrasi zat pencemarnya agar homogen sehingga proses pengolahan dapat berjalan dengan stabil (Direktorat Bina Pelayanan Penunjang Medik Dan Sarana Kesehatan, 2011).

Air limbah tersebut kemudian dialirkan ke lumpur aktif yang merupakan salah satu teknologi pengolahan air limbah secara biologi. Lumpur aktif juga dapat diartikan menjadi seluruh lumpur yang tersuspensi dan diberi oksigen sehingga seluruh mikroorganisme aerobik yang ada dan melekat dengan lumpur menjadi sangat aktif. Ada berbagai macam desain lumpur aktif yang sering digunakan, tetapi pada prinsipnya semua proses lumpur aktif terdiri dari tiga komponen utama. Ketiga komponen tersebut terdiri dari sebuah bak atau tangki aerasi, yang berfungsi sebagai reaktor biologis, sebuah bak atau tangki pengendapan akhir (*final clarifier*) untuk pemisahan padatan dari lumpur aktif dan air limbah dan air limbah yang telah diolah, serta peralatan sirkulasi lumpur aktif (*return activated sludge, RAS*) yang berfungsi untuk mentransfer lumpur aktif yang mengendap di bak pengendapan akhir ke influen dari bak aerasi (Hutagalung, Riyan Fernades, 2018).



Gambar 4. 6 Sistem Kerja Lumpur Aktif (*Activated Sludge*)

Sumber : Tilley *et al.*, 2014

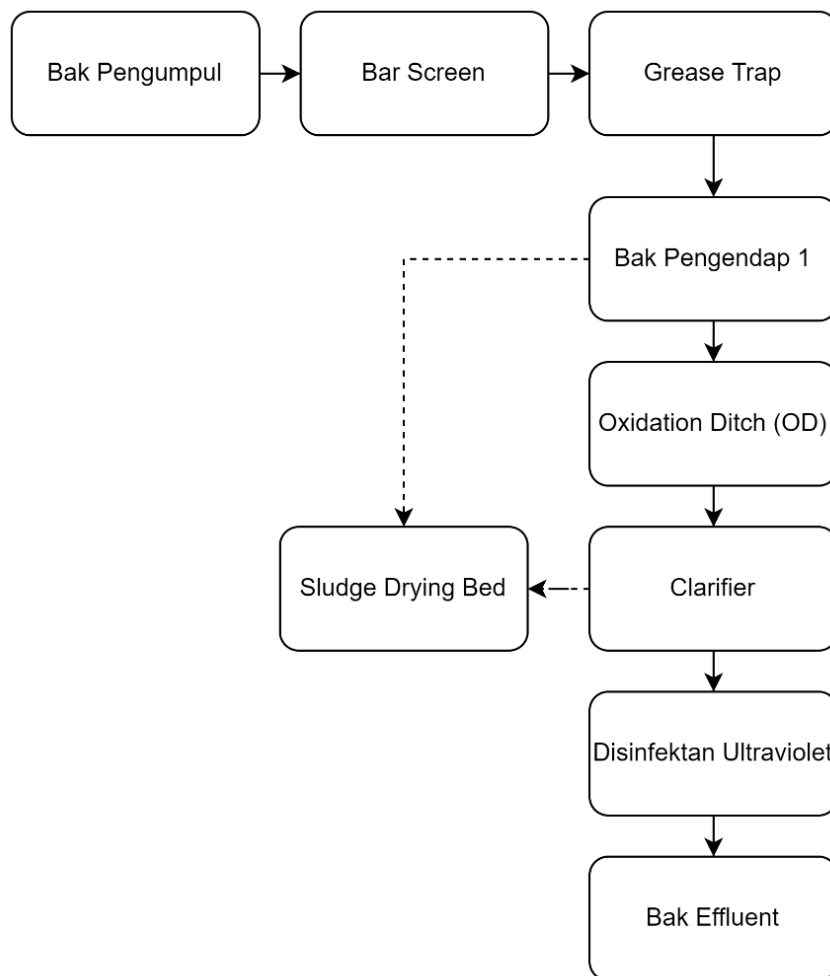
Pada unit lumpur aktif, reaktor tangki aerasi dan tangki pengendap menggunakan mikroorganisme aerobik untuk menghilangkan beban organik dalam air limbah domestik dan menghasilkan air limbah olahan yang berkualitas tinggi. Aerator dan blower digunakan sebagai alat untuk pasokan oksigen yang konstan. Hal ini untuk mempertahankan kondisi aerobik dan menjaga biomassa aktif. Peralatan tersebut juga diperlukan untuk melakukan pengadukan sempurna di dalam reaktor (Permen PUPR, 2017).

Kelebihan dari teknologi lumpur aktif yaitu, daya larut oksigen dalam air limbah lebih besar dari pada aerated lagoon, efisiensi proses tinggi, sesuai untuk pengolahan air limbah dengan debit kecil untuk polutan organik yang sudah terdegradasi. Sedangkan kekurangannya membutuhkan lahan yang luas, proses operasionalnya rumit (membutuhkan pengawasan yang cukup ketat seperti kondisi suhu dan bulking control proses), membutuhkan energi yang besar, membutuhkan operator yang terampil dan disiplin dalam mengatur jumlah massa mikroba dalam reaktor, serta membutuhkan penanganan lumpur lebih lanjut (Permen PUPR, 2017).

Selanjutnya air dari unit lumpur aktif akan dialirkan ke bak pengendap akhir atau clarifier yang berfungsi sebagai tempat terjadinya pengendapan material kemudian dialirkan ke bak kontaklor untuk proses disinfeksi. Pada bak kontaklor ini

air limbah dikontakkan dengan senyawa khlor untuk membunuh mikroorganismenya patogen (Direktorat Bina Pelayanan Penunjang Medik Dan Sarana Kesehatan, 2011). Air olahan/efluen setelah proses khlorinasi dapat ditampung di bak effluent atau langsung dibuang ke sungai atau saluran umum sedangkan lumpur hasil pengolahan yang bersal dari clarifier dapat disalurkan ke sludge drying bed. Unit SDB (sludge drying bed) berfungsi untuk membantu proses pengeringan lumpur dengan penguapan alamiah oleh sinar matahari (Dian dan Herumurti, 2016). Alternatif ini memerlukan luas lahan yang digunakan sebesar 2352 m² (Lampiran 2).

4. Alternatif 4

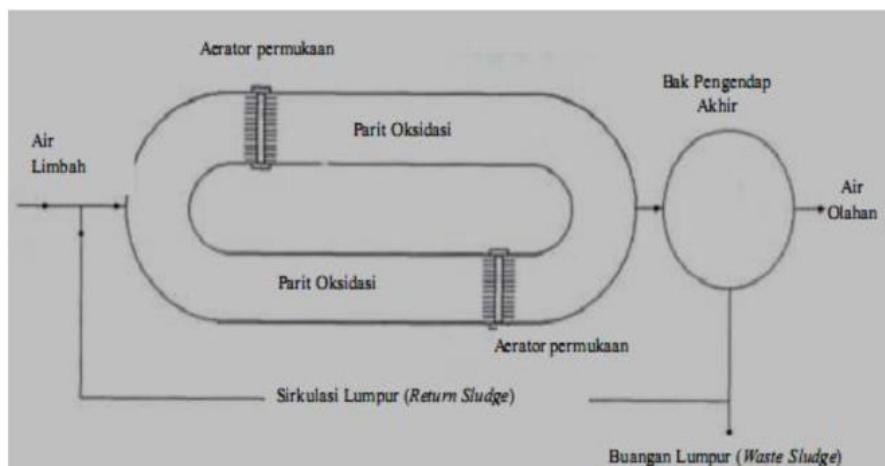


Gambar 4.7 Bagan Alir Alternatif 4

Proses pengolahan air limbah dengan sistem ini yaitu, seluruh air limbah yang berasal dari aktivitas masyarakat sehari-hari dialirkan masuk ke bak pengumpul. Kemudian air akan melewati bar screen yang berfungsi untuk mencegah masuknya sampah atau benda berukuran besar, seperti botol plastik, daun, & lainnya ke dalam unit pengolahan air limbah. Jika sampah atau benda berukuran besar masuk dalam unit pengolahan maka akan mengakibatkan gangguan seperti timbulnya kerusakan atau penyumbatan (*clogging*) pada saluran. Selanjutnya, air limbah akan masuk ke unit grease trap untuk memisahkan minyak dan lemak yang terdapat di dalam air limbah domestik. Setelah itu air limbah dialirkan ke bak pengendap awal. Hal ini dilakukan agar dapat mengendapkan partikel lumpur, pasir dan kotoran organik tersuspensi. Selain berfungsi

sebagai bak pengendapan, juga berfungsi sebagai bak pengontrol aliran, serta bak pengurai senyawa organik yang berbentuk padatan, pengurai lumpur (*sludge digestion*) dan penampung lumpur (Dinas Lingkungan Hidup Pemerintah Kota Surabaya, 2019). Kemudian air limbah masuk ke unit oxidation ditch.

Parit oksidasi (Oxidation Ditch) merupakan unit pengolahan yang merupakan pengembangan metode pengolahan extended aeration. Yang mana sistem pengolahan air limbah ini diterapkan pada saluran sirkular dengan kedalaman 1 s/d 1.5 m, dibangun dengan pasangan batu. Oxidation ditch memiliki fungsi sebagai penurunan konsentrasi BOD, COD, & nutrisi dalam air limbah domestik. Air limbah yang masuk dialirkan berputar mengikuti saluran sirkular. Saluran sirkular ini cukup panjang dengan tujuan agar terjadinya proses aerasi. Umumnya alat aerasi yang digunakan yaitu, alat mekanik rotor berbentuk tabung dengan sikat baja. Kelebihan parit oksidasi yaitu kemampuan mengolah beban organik dengan biaya operasional dan perawatan rendah. Selain itu, menghasilkan lumpur yang lebih sedikit daripada proses biologis lainnya. Kekurangan reaktor ini adalah membutuhkan lahan yang luas dan konsentrasi TSS pada effluent masih tergolong tinggi jika dibandingkan dengan proses pengolahan activated sludge (Permen PUPR, 2017).



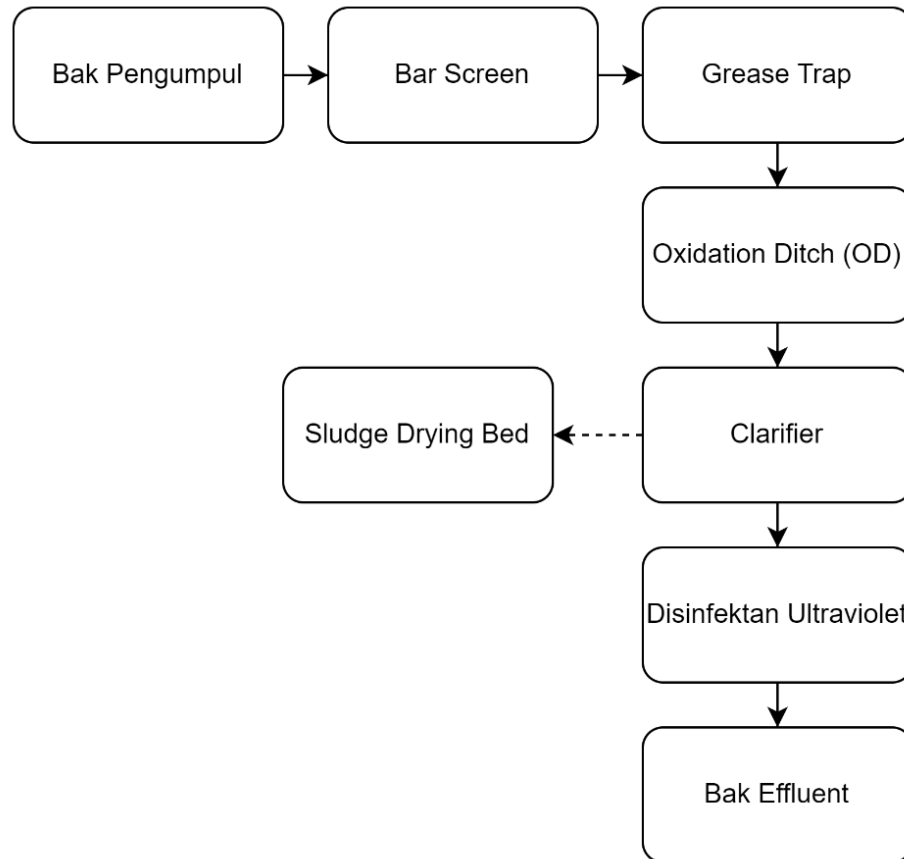
Gambar 4. 8 Skema Pengelolaan Limbah Dengan Metode Parit Oksidasi (Oxidation Ditch)

Sumber : Hermana, 2012

Selanjutnya air dari unit oxidation ditch akan dialirkan ke bak pengendap akhir atau clarifier yang berfungsi sebagai tempat terjadinya pengendapan material kemudian dialirkan ke bak disinfeksi. Pada bak disinfeksi ini air limbah akan dipaparkan sinar ultraviolet. Radiasi sinar ultra violet merupakan radiasi elektromagnetik dengan panjang gelombang yang lebih pendek yaitu spektrum antara 5 – 400 nm, yang dapat menyebabkan kematian pada mikroorganisme dan tidak meninggalkan sisa radiasi sehingga tidak ada sisa bahan kimia disinfeksi pada air. Radiasi sinar ultraviolet dihasilkan oleh lampu merkuri yang ketika menembus dinding sel mikroorganisme akan merusak materi genetik sel tersebut sehingga sel tidak dapat bereproduksi (Droste, 1997). Air olahan/effluent setelah proses disinfeksi dapat ditampung di bak effluent atau langsung dibuang ke sungai atau saluran umum sedangkan lumpur hasil pengolahan yang berasal dari bak pengendap 1 dan clarifier dapat disalurkan ke sludge drying bed. Unit SDB (*sludge drying bed*) berfungsi untuk membantu proses pengeringan lumpur dengan penguapan alamiah oleh sinar matahari (Dian dan Herumurti, 2016).

Pengolahan air limbah menggunakan alternatif ini memerlukan luasan lahan sebesar 6351 m² (Lampiran 2).

5. Alternatif 5



Gambar 4. 9 Bagan Alir Alternatif 5

Proses pengolahan air limbah dengan sistem ini yaitu, seluruh air limbah yang berasal dari aktivitas masyarakat sehari-hari dialirkan masuk ke bak pengumpul. Kemudian air akan melewati bar screen yang berfungsi untuk mencegah masuknya sampah atau benda berukuran besar, seperti botol plastik, daun, & lainnya ke dalam unit pengolahan air limbah. Jika sampah atau benda berukuran besar masuk dalam unit pengolahan maka akan mengakibatkan gangguan seperti timbulnya kerusakan atau penyumbatan (*clogging*) pada saluran. Selanjutnya, air limbah akan masuk ke unit grease trap untuk memisahkan minyak dan lemak yang terdapat di dalam air limbah domestik.

Grease trap adalah alat yang dikenal sebagai pre-treatment. Alat ini merupakan alat penahan minyak dan lemak untuk mencegah minyak dan lemak sampai ke tempat pembuangan limbah. Beroperasi dengan memanfaatkan sejumlah ruang penyekat agar aliran limbah melambat saat melintasi alat ini. Hal tersebut membuat waktu retensi air limbah maksimal sehingga memungkinkan padatan untuk mengendap pada bagian bawah perangkat serta minyak dan lemak terkoagulasi dengan air dan mengambang ke permukaan. Jika hal tersebut terjadi, minyak dan lemak akan mudah untuk dipisahkan. Alat ini membuat minyak terpisah dari air sehingga minyak tidak menggumpal dan membeku di pipa pembuangan yang dapat menyebabkan pipa tersumbat (Zahara dkk, 2017). Selanjutnya air limbah dialirkan ke unit oxidation ditch lalu ke bak pengendapan

akhir atau clarifier yang berfungsi sebagai tempat terjadinya pengendapan material kemudian dialirkan ke bak disinfeksi. Pada bak disinfeksi ini air limbah akan dipaparkan sinar ultraviolet yang dapat menyebabkan kematian pada mikroorganisme. Air olahan/efluen setelah proses disinfeksi dapat ditampung di bak effluent atau langsung dibuang ke sungai atau saluran umum sedangkan lumpur hasil pengolahan yang berasal dari clarifier dapat disalurkan ke sludge drying bed. Unit SDB (sludge drying bed) berfungsi untuk membantu proses pengeringan lumpur dengan penguapan alamiah oleh sinar matahari (Dian dan Herumurti, 2016). Pengolahan pada alternatif ini mirip dengan alternatif 4, yang membedakan hanya tidak terdapat bak pengendap awal. Hal ini dikarenakan pada air limbah dengan kadar pencemar yang lebih rendah atau pada pengkategorian air limbah di dalam tugas akhir ini, untuk parameter TSS dibawah 123 mg/L sudah cukup untuk diolah oleh alternatif ini.

Pengolahan air limbah menggunakan alternatif ini memerlukan luasan lahan sebesar 6111 m² (Lampiran 2).



Gambar 4. 10 Grease Trap
Sumber : Zahara dkk, 2017

4.3.2 Rekomendasi Rangkaian Pengolahan Air Limbah Domestik Terpusat

Rekomendasi rangkaian pengolahan ini dilakukan berdasarkan data effluent air limbah domestik. Data effluent ini merupakan hasil perhitungan nilai removal pada tiap unit teknologi yang direkomendasikan. Nilai removal yang digunakan merupakan nilai interval dengan presentase tertinggi sehingga menghasilkan nilai effluent yang sesuai dengan baku mutu. Berikut rekomendasi rangkaian teknologi pengelolaan air limbah domestik terpusat sesuai dengan kadar pencemar air limbah pada tabel berikut.

Dari hasil perhitungan Effluent pada Tabel 4.11 diatas, maka dapat dilihat bahwa terdapat 5 (lima) alternatif teknologi yang dapat digunakan untuk mengolah air limbah dengan kadar pencemar rendah agar sesuai dengan baku mutu yang telah ditetapkan oleh pemerintah. Alternatif pengolahan air limbah ini memiliki keunggulan dan kekurangannya masing-masing, dapat dilihat pada Tabel 4.12 :

Tabel 4. 12 Keunggulan dan Kelemahan Alternatif Pengolahan Air Limbah Dengan Kadar Pencemar Rendah

Kriteria	Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3	Alternatif 4	Alternatif 5
Kualitas Effluent	Baku mutu yang dihasilkan paling baik dibandingkan alternatif lain	Memenuhi baku mutu	Memenuhi baku mutu	Memenuhi baku mutu	Memenuhi baku mutu
Kebutuhan Lahan	Kebutuhan lahan 1075 m ²	Kebutuhan lahan yang luas 5168 m ²	Kebutuhan lahan 2352 m ²	Kebutuhan lahan yang luas 6351 m ²	Kebutuhan lahan yang luas 6111 m ²
Maintenance & Operati ons	Biaya operasional rendah dan mudah dioperasikan (Direktorat Bina Pelayanan Penunjang Medik Dan Sarana Kesehatan, 2011)	Operasi serta konstruksinya sederhana (Scholichin, 2012)	Proses operasionalnya rumit (membutuhkan pengawasan yang cukup ketat seperti kondisi suhu dan bulking control proses) (Scholichin, 2012)	Biaya operasional dan pemeliharaan rendah (Scholichin, 2012)	Biaya operasional dan pemeliharaan rendah (Scholichin, 2012)
Biaya Investasi	Relatif mahal yaitu berkisar 350 juta (Firmansyah, 2016)	Relatif mahal yaitu berkisar 400 juta (Firmansyah, 2016)	Relatif mahal (lebih mahal dibandingkan alternatif 1)	Paling mahal dibandingkan alternatif lain	Relatif mahal namun lebih murah dibandingkan alternatif 4

Dari kelima alternatif teknologi tersebut dengan mempertimbangkan kelebihan dan kekurangannya, maka alternatif yang baik digunakan yaitu alternatif 1 dan 3 dibandingkan tiga alternatif lainnya. Hal ini dikarenakan alternatif 1 dan 3 memiliki kadar removal yang lebih baik dan dilihat dari penggunaan lahan yang dibutuhkan dibawah 5000 m². Selain itu, biaya operasional serta perawatannya juga murah untuk alternatif 1. Namun, apabila memiliki lahan yang cukup luas dan biaya investasi yang dimiliki besar, direkomendasikan menggunakan alternatif 2 agar mendapatkan kualitas effluent yang lebih baik untuk parameter coliform dibandingkan alternatif 3. Berdasarkan tingkat kadar removalnya, alternatif teknologi yang digunakan dapat diurutkan menjadi alternatif 1 – 3 – 2 – 4 – 5.

4.3.2.2 Alternatif Rangkaian Pengolahan Air Limbah Domestik Terpusat Yang Memiliki Kadar Pencemar Sedang

Tabel 4. 13 Nilai Effluent Pada Pengolahan air Limbah Domestik Terpusat Dengan Kadar Pencemaran Sedang

1 Alternatif 1																			
No	Unit Pengolahan	BOD			COD			TSS			Minyak dan Lemak			Amonia			Total Caliform		
		%R	Ifluen (mg/L)	Efluen (mg/L)	%R	Ifluen (mg/L)	Efluen (mg/L)	%R	Ifluen (mg/L)	Efluen (mg/L)	%R	Ifluen (mg/L)	Efluen (mg/L)	%R	Ifluen (mg/L)	Efluen (mg/L)	%R	Ifluen (MPN/ml)	Efluen (MPN/ml)
1	Bak Pengumpul	0	128	128	0	212	212	0	123	123	0	11	11	0	26	26	0	14050	14050
2	Bar Screen	0	128	128	0	212	212	0	123	123	0	11	11	0	26	26	0	14050	14050
3	Grease Trap	0	128	128	0	212	212	0	123	123	91,6	11	0,924	0	26	26	0	14050	14050
4	Bak Ekualisasi	0	128	128	0	212	212	0	123	123	0	0,924	0,924	0	26	26	0	14050	14050
5	Bak Pengendap 1	40	128	76,8	40	212	127,2	65	123	43,05	0	0,924	0,924	0	26	26	0	14050	14050
6	Bak Anaerob	85,68	76,8	10,998	80	127,2	25,44	93,01	43,05	3,0092	0	0,924	0,924	0	26	26	99	14050	140,5
7	Bak Aerob	96,9	10,9978	0,3409	86,5	25,44	3,4344	79,2	3,0092	0,62591	0	0,924	0,924	94,1	26	1,534	0	140,5	140,5
8	Clarifier	0	0,34093	0,3409	0	3,4344	3,4344	0	0,62591	0,62591	0	0,924	0,924	0	1,534	1,534	0	140,5	140,5
9	Bak Chlorinasi	0	0,34093	0,3409	0	3,4344	3,4344	0	0,62591	0,62591	0	0,924	0,924	0	1,534	1,534	75	140,5	35,125
10	Bak Effluent	0	0,34093	0,3409	0	3,4344	3,4344	0	0,62591	0,62591	0	0,924	0,924	0	1,534	1,534	0	35,125	35,125
11	Sludge Drying Bed	0	0,34093	0,3409	0	3,4344	3,4344	0	0,62591	0,62591	0	0,924	0,924	0	1,534	1,534	0	35,125	35,125
4 Alternatif 4																			
No	Unit Pengolahan	BOD			COD			TSS			Minyak dan Lemak			Amonia			Total Caliform		
		%R	Ifluen (mg/L)	Efluen (mg/L)	%R	Ifluen (mg/L)	Efluen (mg/L)	%R	Ifluen (mg/L)	Efluen (mg/L)	%R	Ifluen (mg/L)	Efluen (mg/L)	%R	Ifluen (mg/L)	Efluen (mg/L)	%R	Ifluen (MPN/ml)	Efluen (MPN/ml)
1	Bak Pengumpul	0	128	128	0	212	212	0	123	123	0	11	11	0	26	26	0	14050	14050
2	Bar Screen	0	128	128	0	212	212	0	123	123	0	11	11	0	26	26	0	14050	14050
3	Grease Trap	0	128	128	0	212	212	0	123	123	95	11	0,55	0	26	26	0	14050	14050
4	Bak Pengendapan 1	40	128	76,8	40	212	127,2	65	123	43,05	0	0,55	0,55	20	26	20,8	0	14050	14050
5	Oxidation Ditch	95	76,8	3,84	90	127,2	12,72	80	43,05	8,61	0	0,55	0,55	85	20,8	3,12	0	14050	14050
6	Clarifier	0	3,84	3,84	0	12,72	12,72	0	8,61	8,61	0	0,55	0,55	0	3,12	3,12	0	14050	14050
7	Disinfektan ultraviolet	0	3,84	3,84	0	12,72	12,72	0	8,61	8,61	0	0,55	0,55	78	3,12	0,6864	99	14050	140,5
8	Bak Effluen	0	3,84	3,84	0	12,72	12,72	0	8,61	8,61	0	0,55	0,55	0	0,6864	0,6864	0	140,5	140,5
9	Sludge Drying Bed	0	3,84	3,84	0	12,72	12,72	0	8,61	8,61	0	0,55	0,55	0	0,6864	0,6864	0	140,5	140,5
5 Alternatif 5																			
No	Unit Pengolahan	BOD			COD			TSS			Minyak dan Lemak			Amonia			Total Caliform		
		%R	Ifluen (mg/L)	Efluen (mg/L)	%R	Ifluen (mg/L)	Efluen (mg/L)	%R	Ifluen (mg/L)	Efluen (mg/L)	%R	Ifluen (mg/L)	Efluen (mg/L)	%R	Ifluen (mg/L)	Efluen (mg/L)	%R	Ifluen (MPN/ml)	Efluen (MPN/ml)
1	Bak Pengumpul	0	128	128	0	212	212	0	123	123	0	11	11	0	26	26	0	14050	14050
2	Bar Screen	0	128	128	0	212	212	0	123	123	0	11	11	0	26	26	0	14050	14050
3	Grease Trap	0	128	128	0	212	212	0	123	123	95	11	0,55	0	26	26	0	14050	14050
4	Oxidation Ditch	95	128	6,4	90	212	21,2	80	123	24,6	0	0,55	0,55	85	26	3,9	0	14050	14050
5	Clarifier	0	6,4	6,4	0	21,2	21,2	0	24,6	24,6	0	0,55	0,55	0	3,9	3,9	0	14050	14050
6	Disinfektan ultraviolet	0	6,4	6,4	0	21,2	21,2	0	24,6	24,6	0	0,55	0,55	78	3,9	0,858	99	14050	140,5
7	Bak Effluen	0	6,4	6,4	0	21,2	21,2	0	24,6	24,6	0	0,55	0,55	0	0,858	0,858	0	140,5	140,5
8	Sludge Drying Bed	0	6,4	6,4	0	21,2	21,2	0	24,6	24,6	0	0,55	0,55	0	0,858	0,858	0	140,5	140,5

Sumber : Perhitungan Penulis

Berdasarkan kemampuan removalnya, yang dapat digunakan pada pengolahan air limbah dengan kadar pencemar sedang terdiri dari 3 (tiga) alternatif. Kelebihan dan kekurangan dari masing-masing alternatif dapat dilihat pada tabel 4.14.

Tabel 4. 14 Keunggulan dan Kelemahan Teknologi Pengolahan Air Limbah Dengan Kadar Pencemar Sedang

Kriteria	Alternatif 1	Alternatif 4	Alternatif 5
Kualitas Effluent	Baku mutu yang dihasilkan paling baik dibandingkan alternatif lain	Memenuhi baku mutu	Memenuhi baku mutu
Kebutuhan Lahan	Kebutuhan lahan 1075 m ²	Kebutuhan lahan yang luas 6351 m ²	Kebutuhan lahan yang luas 6111 m ²

Tabel 4. 14 Keunggulan dan Kelemahan Teknologi Pengolahan Air Limbah Dengan Kadar Pencemar Sedang

Maintenance & Operations	Biaya operasional rendah dan mudah dioperasikan (Direktorat Bina Pelayanan Penunjang Medik Dan Sarana Kesehatan, 2011)	Biaya operasional dan pemeliharaan rendah (Scholichin, 2012)	Biaya operasional dan pemeliharaan rendah (Scholichin, 2012)
Biaya Investasi	Relatif mahal yaitu berkisar 350 juta (Firmansyah, 2016)	Paling mahal dibandingkan alternatif lain	Relatif mahal namun lebih murah dibandingkan alternatif 4

Dari data tabel 4.14, alternatif yang direkomendasikan digunakan ialah alternatif 1, dibandingkan dua alternatif lainnya. Hal ini dikarenakan alternatif 1 memiliki kadar removal yang lebih baik dan dilihat dari penggunaan lahan yang dibutuhkan dibawah 5000 m², biaya operasional serta perawatannya juga murah untuk alternatif 1. Namun, apabila memiliki lahan yang cukup luas, direkomendasikan menggunakan alternatif 5 agar mendapatkan kualitas effluent yang lebih baik untuk parameter coliform. Berdasarkan tingkat kadar removalnya, alternatif teknologi yang digunakan dapat diurutkan menjadi alternatif 1 – 4 – 5.

4.3.2.3 Alternatif Rangkaian Pengolahan Air Limbah Domestik Terpusat Yang Memiliki Kadar Pencemar Tinggi

Tabel 4. 15 Nilai Effluent Pada Pengolahan air Limbah Domestik Terpusat Dengan Kadar Pencemaran Tinggi

1 Alternatif 1																			
No	Unit Pengolahan	BOD			COD			TSS			Minyak dan Lemak			Amonia			Total Caliform		
		%R	Ifluen (mg/L)	Efluen (mg/L)	%R	Ifluen (mg/L)	Efluen (mg/L)	%R	Ifluen (mg/L)	Efluen (mg/L)	%R	Ifluen (mg/L)	Efluen (mg/L)	%R	Ifluen (mg/L)	Efluen (mg/L)	%R	Ifluen (MPN/ml)	Efluen (MPN/ml)
1	Bak Pengumpul	0	178	178	0	314	314	0	186	186	0	18	18	0	51	51	0	88050	88050
2	Bar Screen	0	178	178	0	314	314	0	186	186	0	18	18	0	51	51	0	88050	88050
3	Grease Trap	0	178	178	0	314	314	0	186	186	91,6	18	1,512	0	51	51	0	88050	88050
4	Bak Ekuialisasi	0	178	178	0	314	314	0	186	186	0	1,512	1,512	0	51	51	0	88050	88050
5	Bak Pengendap I	40	178	106,8	40	314	188,4	65	186	65,1	0	1,512	1,512	0	51	51	0	88050	88050
6	Bak Anaerob	85,68	106,8	15,294	80	188,4	37,68	93,01	65,1	4,55049	0	1,512	1,512	0	51	51	99	88050	880,5
7	Bak Aerob	96,9	15,2938	0,4741	86,5	37,68	5,0868	79,2	4,55049	0,9465	0	1,512	1,512	94,1	51	3,009	0	880,5	880,5
8	Clarifier	0	0,47411	0,4741	0	5,0868	5,0868	0	0,9465	0,9465	0	1,512	1,512	0	3,009	3,009	0	880,5	880,5
9	Bak Chlorinisasi	0	0,47411	0,4741	0	5,0868	5,0868	0	0,9465	0,9465	0	1,512	1,512	0	3,009	3,009	75	880,5	220,125
10	Bak Effluent	0	0,47411	0,4741	0	5,0868	5,0868	0	0,9465	0,9465	0	1,512	1,512	0	3,009	3,009	0	220,125	220,125
11	Sludge Drying Bed	0	0,47411	0,4741	0	5,0868	5,0868	0	0,9465	0,9465	0	1,512	1,512	0	3,009	3,009	0	220,125	220,125
4 Alternatif 4																			
No	Unit Pengolahan	BOD			COD			TSS			Minyak dan Lemak			Amonia			Total Caliform		
		%R	Ifluen (mg/L)	Efluen (mg/L)	%R	Ifluen (mg/L)	Efluen (mg/L)	%R	Ifluen (mg/L)	Efluen (mg/L)	%R	Ifluen (mg/L)	Efluen (mg/L)	%R	Ifluen (mg/L)	Efluen (mg/L)	%R	Ifluen (MPN/ml)	Efluen (MPN/ml)
1	Bak Pengumpul	0	178	178	0	314	314	0	186	186	0	18	18	0	51	51	0	88050	88050
2	Bar Screen	0	178	178	0	314	314	0	186	186	0	18	18	0	51	51	0	88050	88050
3	Grease Trap	0	178	178	0	314	314	0	186	186	95	18	0,9	0	51	51	0	88050	88050
4	Bak Pengendapan I	40	178	106,8	40	314	188,4	65	186	65,1	0	0,9	0,9	20	51	40,8	0	88050	88050
5	Oxidation Ditch	95	106,8	5,34	90	188,4	18,84	80	65,1	13,02	0	0,9	0,9	85	40,8	6,12	0	88050	88050
6	Clarifier	0	5,34	5,34	0	18,84	18,84	0	13,02	13,02	0	0,9	0,9	0	6,12	6,12	0	88050	88050
7	Disinfektan ultraviolet	0	5,34	5,34	0	18,84	18,84	0	13,02	13,02	0	0,9	0,9	78	6,12	1,3464	99	88050	880,5
8	Bak Effluent	0	5,34	5,34	0	18,84	18,84	0	13,02	13,02	0	0,9	0,9	0	1,3464	1,3464	0	880,5	880,5
9	Sludge Drying Bed	0	5,34	5,34	0	18,84	18,84	0	13,02	13,02	0	0,9	0,9	0	1,3464	1,3464	0	880,5	880,5

Sumber : Perhitungan Penulis

Berdasarkan data perhitungan effluen pada tabel 4.15 diatas, terdapat dua alternatif yang memenuhi standar baku mutu dan yang dapat digunakan untuk meremoval air limbah dengan kadar pencemar tinggi, yaitu alternatif 1 dan 4. Kelebihan dan kekurangan dari masing-masing alternatif dapat dilihat pada tabel 4.16.

Tabel 4. 16 Keunggulan dan Kelemahan Teknologi Pengolahan Air Limbah

Kriteria	Alternatif 1	Alternatif 4
Kualitas Effluent	Kualitas effluent lebih baik dari alternatif 4	Memenuhi baku mutu
Kebutuhan Lahan	Kebutuhan lahan 1075 m ²	Kebutuhan lahan yang luas 6351 m ²
Maintenance & Operations	Biaya operasional rendah dan mudah dioperasikan (Direktorat Bina Pelayanan Penunjang Medik Dan Sarana Kesehatan, 2011)	Biaya operasional dan pemeliharaan rendah (Scholichin, 2012)
Biaya Investasi	Relatif mahal yaitu berkisar 350 juta (Firmansyah, 2016)	Paling mahal dibandingkan alternatif lain

Alternatif 1 dan 4 mampu meremoval air limbah dengan kadar pencemar tinggi. Dilihat dari kebutuhan lahan, kedua alternatif ini memiliki kebutuhan yang berbeda yaitu luasan alternatif 1 lebih kecil dari pada luasan lahan alternatif 4. Kedua alternatif ini memiliki kesamaan pada biaya investasi yaitu relatif mahal dan biaya operasional yang rendah. Dapat disimpulkan alternatif 1 lebih direkomendasikan apabila lahan yang dimiliki terbatas. Sedangkan alternatif 4 lebih direkomendasikan apabila memiliki lahan yang luas serta memiliki biaya investasi yang besar.

4.4 Penerapan Sistem Pengolahan Air Limbah Secara Terpusat

Umumnya kota-kota di Indonesia masih banyak yang belum memiliki sistem pengelolaan air limbah secara terpusat. Pada saat ini sistem pengelolaan air limbah terpusat hanya berada di 11 (sebelas) kota saja dengan cakupan pelayanan yang masih rendah. Beberapa kendala dalam pengelolaan air limbah permukiman secara terpusat di Indonesia, antara lain disebabkan peraturan perundangan belum mendukung seluruh daerah memiliki pengolahan terpusat, peran serta masyarakat masih kurang, faktor pembiayaan yang cukup tinggi sehingga membutuhkan investasi atau dana dari pemerintah yang cukup besar serta lembaga/institusi pengelola yang masih tumpang tindih (Said & Yudo, 2019). Hal tersebut menyebabkan instalasi pengolahan air limbah setempat (On Site Sistem) lebih sering di Indonesia.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Dari studi literatur yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari data air limbah domestik di 59 kab/kota di Indonesia, air limbah domestik dapat dikategorikan menjadi 3 (tiga) yaitu air limbah domestik dengan kadar pencemar rendah, sedang dan tinggi. Air limbah domestik dengan kadar pencemar rendah memiliki rentang BOD 30-81 mg/L, COD 100-157 mg/L, TSS 30-45 mg/L, minyak dan lemak 5-7 mg/L, amonia 10-17 mg/L, total coliform 3000-11500 MPN/100mL. Air limbah domestik dengan kadar pencemar sedang memiliki rentang BOD 82-128 mg/L, COD 158-212 mg/L, TSS 46-123 mg/L, minyak dan lemak 8-11 mg/L, amonia 18-26 mg/L, total coliform 1501-14050 MPN/100mL. Air limbah domestik dengan kadar pencemar tinggi memiliki rentang BOD 129-178 mg/L, COD 213-314 mg/L, TSS 124-186 mg/L, minyak dan lemak 12-18 mg/L, amonia 27-51 mg/L, total coliform 14051-88050 MPN/100mL.
2. Berdasarkan rentang tersebut, air limbah domestik dengan kadar pencemar rendah direkomendasikan diolah dengan alternatif 1 dengan rangkaian bak pengumpul – barscreen – grease trap – bak ekualisasi – bak pengendap 1 – bak biofilter anaerob – bak biofilter aerob – bak pengendap 2 – bak klorinasi – bak effluent – sludge drying bed dan alternatif 3 dengan rangkaian bak pengumpul – barscreen – grease trap – bak ekualisasi – lumpur aktif – bak pengendap – bak klorinasi – bak effluent – sludge drying bed apabila lahan yang tersedia terbatas. Apabila lahan yang tersedia cukup luas direkomendasikan menggunakan alternatif 2 dengan rangkaian bak pengumpul – barscreen – bak kontrol – grease trap – bak pengendap 1 – RBC – bak pengendap 2 - bak klorinasi – bak effluent – sludge drying bed untuk mendapatkan effluent total coliform yang lebih baik. Untuk air limbah domestik dengan kadar pencemar sedang direkomendasikan diolah dengan alternatif 1 jika lahan yang tersedia terbatas. Apabila lahan yang tersedia cukup luas dapat menggunakan alternatif 5 dengan rangkaian bak pengumpul – barscreen – grease trap – oxidation ditch – bak pengendap 2 – disinfeksi ultraviolet – bak effluent – sludge drying bed untuk mendapatkan effluent total coliform yang lebih baik. Untuk air limbah domestik dengan kadar pencemar tinggi direkomendasikan dengan alternatif 1 jika lahan yang tersedia terbatas. Apabila lahan yang tersedia cukup luas dapat menggunakan alternatif 4 dengan rangkaian bak pengumpul – barscreen – grease trap - bak pengendap 1 – oxidation ditch – bak pengendap 2 – disinfeksi ultraviolet – bak effluent – sludge drying bed untuk mendapatkan effluent total coliform yang lebih baik.

5.2 Saran

Saran dari tugas akhir ini ialah

1. Lebih baik menggunakan data air limbah domestik yang mewakili setiap provinsi di Indonesia serta merupakan data kualitas terbaru agar lebih akurat.
2. Instalasi Pengolahan Air Limbah Terpusat masih sulit terealisasikan di Indonesia karena adanya keterbatasannya sumber pendanaan pemerintah untuk investasi maupun pengembangan, yang membuat sistem pengolahan setempat (On Site Sistem) lebih sering diterapkan di Indonesia. Untuk itu, perlu ada kajian lanjutan

mengenai rangkaian pengolahan air limbah yang tepat untuk sistem pengolahan setempat (On Site Sistem).

DAFTAR PUSTAKA

- Abdi, C., Khair, R.M., & Hanifa, T.S. 2019. Perencanaan Bangunan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Komunal Domestik dengan Proses Anaerobic Baffled Reactor (ABR) pada Asrama Pon-Pes Terpadu Nurul Musthofa di Kabupaten Tabalong Kalimantan Selatan. *Jurnal Teknik Lingkungan* Vol.5 No.1.
- Abdullah, M., Umboh, J.M.L., & Bernadus, J. 2019. Gambaran Kualitas Limbah Cair di Rumah Sakit Umum Daerah Bitung (RSUD) Tahun 2015. *Community Health* Vol.4 No.1.
- Adisuasono, R.T., Wardana, I.W., & Sutrisno, E. 2014. Penurunan Konsentrasi Amoniak Dalam Limbah Cair Domestik dengan Teknologi Kolam (Pond)-Biofilm Menggunakan Media Biofilter Pipa Pvc Sarang Tawon Dan Bata Ringan. *Teknik Lingkungan* Vol.3 No.4.
- Afandi, Y.V., Sunoko, H.R., & Kismartini. 2013. Status Keberlanjutan Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik Komunal Berbasis Masyarakat di Kota Probolinggo. *Jurnal Ilmu Lingkungan* Vol.11 No.2
- Ahmad, A., & Yelmida, I.F. 2011. Penyisihan Minyak Lemak yang Terkandung dalam Limbah Cair Industri Minyak Sawit dengan Bioreaktor Hibrid Anaerob Bermedia Cangkang Sawit. In *Pengembangan Teknologi Kimia untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia*. Yogyakarta.
- Ardiyanto, P., & Yuniar, M.G.C. 2015. Analisis Limbah Laundry Informal dengan Tingkat Pencemaran Lingkungan di Kelurahan Muktiharjo Kidul Kecamatan Pedurungan Semarang Tahun 2015. Semarang: Universitas Dian Nuswantoro.
- Aryantie, M.H., Purwati, S.U., & Pitalokasari, O.D. 2017. Kualitas Limbah Domestik dan Partisipasi Masyarakat Yang Peduli Lingkungan di Perumahan Permata Depok Klaster Mirah 1 dan 2. Seminar Nasional Teknologi Pengelolaan Limbah XV tahun 2017 : Pusat Teknologi Limbah Radioaktif.
- Asadiya, A. 2018. *Pengolahan Air Limbah Domestik Menggunakan Proses Aerasi, Pengendapan, & Filtrasi Media Zeolit-Arang Aktif*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Ayu, W.F.G., & Pangesti, F.S.P. 2021. Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Domestik dengan Metode Constructed Wetland di Perumahan Bumi Ciruas Permai 1 Kabupaten Serang. *Jurnal Lingkungan dan Sipil* Vol.4 No.2.
- Bestari, O.F., Utomo, K.P., & Umar. 2017. Daur Ulang *Grey Water* Untuk Keperluan Siram WC dan Urinal pada Rumah Sakit Pendidikan Universitas Tanjungpura. Pontianak: Universitas Tanjungpura.
- Busyairi, M., Adriyanti, N., Kahar, A., Nurcahya, D., & Sariyadi, S. 2020. Efektivitas Pengolahan Air Limbah Domestik Grey Water dengan Proses Biofilter Anaerob dan Biofilter Aerob (Studi Kasus: IPAL INBIS Permata Bunda, Bontang). *Jurnal Serambi Engineering* Vol.5 No.4.
- Cordova, M. R. 2008. *Kajian Air Limbah Domestik di Perumahan Bantar Kemang, Kota Bogor dan Pengaruhnya pada Sungai Ciliwung*. Bogor : Institut Pertanian Bogor.
- Dian, G., Herumurti, W. 2016. Evaluasi Kinerja Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) Keputih, Surabaya. *Jurnal Teknik ITS* Vol. 5 No. 1.
- Dinas Lingkungan Hidup Pemerintah Kota Surabaya. 2019. *Petunjuk Teknis Pengelolaan Limbah Cair Kegiatan Klinik*. Surabaya.
- Direktorat Bina Pelayanan Penunjang Medik Dan Sarana Kesehatan. 2011. *Seri Sanitasi Lingkungan Pedoman Teknis Instalasi Pengolahan Air Limbah dengan Sistem Biofilter Anaerob Aerob Pada Fasilitas Pelayanan Kesehatan*. Jakarta.

- Droste, R. L. 1997. Theory Practice of Water and Wastewater Treatment. Jhon Wiley & Sons Inc Singapore.
- Effendi, H. 2003. Telaah Kualitas Air : Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan. Yogyakarta: Kanisius.
- Elfiana. 2016. Metode Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) Sebagai Sistem Pengolahan Air Limbah Organik Industri Kecil. Jurnal Sains dan Teknologi Reaksi Vol.2 No.1.
- Fajriah, N., Alawiyah, T., & Wusko, I.U. 2020. Analisis Kadar Surfaktan Anionik (Deterjen) pada Air Sungai Barito Menggunakan Metode Spektrofotometri Visible. Journal of Pharmaceutical Care and Sciences Vol.1 No.1.
- Firmansyah, Y. R., & Razid, M. 2016. Perbandingan Desain IPAL Anaerobic Biofilter dengan Rotating Biological Contactor Untuk Limbah Cair Tekstil di Surabaya. Jurnal Teknik ITS Vol.5 No.2.
- Fitriani, I., Melani, T.R., & Reza, T.S. 2016. Kajian Air Limbah Domestik di Perumahan Pantai Impian Kecamatan Tanjungpinang Barat Kota Tanjungpinang Provinsi Kepulauan Riau. Tanjungpinang: Universitas Maritim Raja Ali Haji.
- Fitriyanti, R. 2020. Karakteristik Limbah Domestik di Lingkungan Mess Karyawan Pertambangan Batubara. Jurnal Redoks Vol.5 No.2.
- Ganefati, S. 2011. Pengaruh Perasan Blimbing Wuluh Terhadap Penurunan Kadar Lemak dan Angka Kuman Dalam Pengolahan Limbah Cair Dapur. Yogyakarta: Poltekes Kemenkes.
- Hafidh, R., Kartika, F., & Farahdiba, A.U. 2016. Keberlanjutan Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik (IPAL) Berbasis Masyarakat, Gunung Kidul, Yogyakarta. Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan Vol.8 No.1.
- Hamonangan, S.P., Handayani, N.U., & Bakhtiar, A. 2017. Evaluasi Dampak Proses Produksi dan Pengolahan Limbah Minuman Isotonik Mizone Terhadap Lingkungan dengan Metode Life Cycle Assessment. Semarang : Universitas Diponegoro.
- Hamid, N.S.A., Malek, N.A.C., Mokhtar, H., Mazlan, W.S., & Tajuddin, R.M. 2015. Removal of Oil and Grease From Wastewater Using Natural Adsorbents. Jurnal Teknologi (Sciences & Engineering) Vol.78.
- Handoko, J.P.S. 2016. Jurnal Optimalisasi Pemanfaatan *Grey Water* pada Bangunan Rumah Susun sebagai Upaya Mewujudkan Sustainable Architecture, Yogyakarta. Universitas Islam Indonesia Vol.5 No.2.
- Hani, M.F., Mochtar, H., & Muhammad, A.K. 2016. Penurunan Kadar COD, BOD, & TSS pada Limbah Cair Industri MSG (Monosodium Glutamat) dengan Biofilter Anaerob Media Bioball. Jurnal Teknik Lingkungan Vol 5. No 1.
- Hermana, Joni. 2012. Teknologi Pengolahan Air Limbah Domestik. Manajemen Asset Infrastruktur Program Pascasarjana Teknik Sipil. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Hutagalung, Riyan Fernandes. 2018. Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) di Kawasan Pelabuhan PT. Pelindo I Cabang Belawan, Kota Medan. Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik. Medan : Universitas Sumatera Utara.
- Ikbal, I. 2016. Peningkatan Kinerja IPAL Lumpur Aktif dengan Penambahan Unit Biofilter (Studi Kasus IPAL Pasaraya Blok M, Kapasitas 420 m³/hari). Jurnal Air Indonesia Vol.9 No.1.
- Imron, Sriyani, N., Dermiyati, Suroso, E., & Yuwono, S.B. 2019. Fitoremediasi dengan Kombinasi Gulma Air untuk Memperbaiki Kualitas Air Limbah Domestik. Jurnal Ilmu Lingkungan Vol.17 No.1.

- Indriyati, S.J.P. 2009. Pengolahan Limbah Cair Industri Minuman Ringan. *Jurnal Teknik Lingkungan* Vol.10 No.1.
- Iriani, L.Y., & Medawaty, I. 2019. Keberterimaan Masyarakat pada Penerapan Teknologi Instalasi Pengolahan Air Limbah Sistem Vermibiofilter Studi Kasus Kabupaten Garut Provinsi Jawa Barat. Bandung: Seminar Nasional Pendidikan Biologi dan Saintek.
- Knerr, H., Rechenburg, A., Kistemann, T., & Schmitt, T.G. 2011. Performance Of A MBR For The Treatment Of Blackwater. *Wat Scien and Tech* Vol.63 No.6.
- Ledin, A., Eriksson, E., & Henze, M. 2001. Aspects of Groundwater Recharge Using Grey Wastewater. In: P. Lens, G. Zeemann and G. Lettinga (Editors). *Decentralised Sanitation and Reuse*. London: Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag).
- Lusiana, M., Nasution, S., & Anita, S. 2020. Evaluasi Pengolahan Air Limbah Domestik dengan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Komunal di Desa Siabu Kecamatan Salo Kabupaten Kampar. Pekanbaru: Universitas Riau.
- Lusiana, U. 2011. Efisiensi Pengolahan Air Limbah Deterjen Menggunakan Sistem Upflow Anaerobic Filter dengan Aklimatisasi Lumpur Aktif. *Biopropal Industri* Vol.2 No.1.
- Marantiah, D. 2019. Penentuan Beberapa Parameter Mutu Air Limbah Domestik Di Instalasi Pengolahan Air Limbah Perusahaan Daerah Air Minum Tirtanadi Cemara Medan. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Masturah, A., Darmayanti, L., & Lilis, Y. 2014. Pengolahan Air Limbah Domestik Menggunakan Tanaman Alisma Plantago Dalam Sistem Lahan Basah Buatan Aliran Bawah Permukaan (SSF Wetland). Pekanbaru: Universitas Riau.
- Metcalf dan Eddy. 2004. *Wastewater Engineering, Treatment and Reuse*. Inc. Fourth Edition, International Edition. McGraw - Hill Companies, Inc. New York.
- Morel, A. dan Diener, S. 2006. *Grey water Management in Low and Middle-Income Countries*. Review of Different Treatment Systems for Households or Neighbourhoods. Dübendorf: Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag).
- Mubin, F., Binilang, A., & Halim, F. 2016. Perencanaan Sistem Pengolahan Air Limbah Domestik Kota Manado. *Jurnal Sipil Statik* Vol.4 No.3.
- Nabila, L.E, & Rusmini. 2019. Pengaruh Waktu Kontak Karbon Aktif dari Kulit Durian terhadap Kadar COD, BOD, & TSS pada Limbah Cair Industri Tahu. *CHEMICA: Jurnal Teknik Kimia* Vol.6 No.2.
- Nanga, K. 2017. Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Kelurahan Lemahputro dan Kelurahan Sidokare Kecamatan Sidoarjo Kabupaten Sidoarjo. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Ningrum, I.H. (2018). Studi Penurunan COD dan Amonia pada Limbah Cair Tinja Menggunakan Biofilter Anaerob Media Sarang Tawon. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Nisola, G.M., Cho, E.S., Shon, H.K., Tian, D., Chun, D.J., Gwon, E.M., & Chung, W.J. 2009. Cell Immobilized FOG-Trap Sistem for Fat, Oil, and Grease Removal from Restaurant Wastewater. *Journal of Environmental Engineering* Vol.135 No.9.
- Novitasari, I., Syafrudin, & Sudarno. 2013. Pengaruh Variasi Konsentrasi Influen dan Hydraulic Loading Rate (HLR) Terhadap Penyisihan Parameter BOD dan COD pada Pengolahan Air Limbah Domestik Artificial (Grey Water) Menggunakan Reaktor UASB. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Nurhidayanti, N. (2020). Pemanfaatan Karbon Aktif Dari Tempurung Kelapa Dalam Menurunkan Kadar Amonia Total Dalam Air Limbah Industri. *Pelita Teknologi* Vol.15 No.1.

- Nurhidayanti, N., Ardiatma, D., & Tarnita, T. (2021). Studi Pengolahan Limbah Greywater Domestik Menggunakan Sistem Hidroponik dengan Filter Ampas Kopi. *Jurnal Tekno Insentif* Vol.15 No.1.
- Pangesti, A.W.M. 2021. Analisis Karakteristik Limbah Cair Laundry di Kecamatan Medan Selayang Kota Medan Tahun 2020. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Panjaitan, R. 2019. Analisa Kadar Amonia (NH₃) Pada Air Limbah Domestik Di IPAL PDAM Tirtanadi Cemara. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Pemerintah Indonesia. 2004. Peraturan Daerah Surabaya Nomor 2 Tahun 2004 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Surabaya.
- Pemerintah Indonesia. 2016. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik. Jakarta: Sekretariat Negara.
- Pemerintah Indonesia. 2017. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 04 tahun 2017 tentang Penyelenggaraan Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik. Jakarta: Sekretariat Negara.
- Pemerintah Indonesia. 2021. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Jakarta: Sekretariat Negara.
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat RI Nomor.04/PRT/M/2017. Penyelenggaraan Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik. Jakarta.
- Praditya, R.K. 2016. Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah Komunal di Kampung Seni Nitiprayan, Desa Ngestiharjo, Kecamatan Kasihan, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta. Yogyakarta: Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia.
- Pratiwi, A.D., Widyorini, N., & Rahman A. 2019. Analisis Kualitas Perairan Berdasarkan Total Bakteri Coliform di Sungai Plumbon Semarang. *Journal of Maquares* Vol.8 No.3.
- Pratiwi, N.T.M., Hariyadi, S., Ayu, I.P., Apriadi, T., Iswantari, A., & Wulandari, D.Y. 2019. Pengelolaan Kandungan Bahan Organik pada Limbah Cair Laboratorium Proling MSP-IPB dengan Berbagai Kombinasi Agen Bioremediasi. *Jurnal Biologi Indonesia* Vol.15 No.1.
- Praptiwi, R. E. 2017. Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah dan Sistem Daur Ulang Air Hotel Budget Kota Surabaya. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Purnama, I.G.H, & Purnama, S.G. 2015. Pengolahan Air Limbah Binatu (Laundry) Dengan Menggunakan Metode Lahan Basah Buatan. Denpasar: Universitas Udayana.
- Qasim. 1985. *Wastewater Treatment Plants: Planning, Design, and Operations*, 2nd Edition. CRC Press: New York.
- Rachman, D. N. 2019. Analisa Infrastruktur Saluran Pembuangan Air Limbah Eksisting di Kelurahan 2 Ilir Kecamatan Ilir Timur II Kota Palembang. *Jurnal Teknik Sipil UNPAL* Vol. 9 No. 1.
- Ramadhani, M.A. (2018). Air Limbah di Kecamatan Banjarmasin Selatan Kota Banjarmasin. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Ranudi, R.S.E. 2018. Evaluasi Pengelolaan IPAL Komunal di Kabupaten Sleman. Yogyakarta: Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia.
- Rarasari, D.M.G., Restu, I.W., & Ernawati, N.M. 2019. Efektivitas Pengolahan Limbah Domestik di Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Suwung-Denpasar, Bali. *Journal of Marine and Aquatic Sciences* Vol.5 No.2.
- Rattanapan, C., Sawain, A., Suksaraj, T., & Suksaraj, C. 2011. Enhanced Efficiency of Dissolved Air Flotation for Biodiesel Wastewater Treatment by Acidification and Coagulation Processes. *Desalination* Vol.280 No.1-3.

- Rizal, & Weliyadi, E. 2014. Efektivitas Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Domestik Sistem Rotating Biological Contractor (RBC) Kelurahan Sebengkok Kota Tarakan. *Jurnal Harpodon Borneo* Vol.7 No.2.
- Rochim, Z.J.N., Fariha, N.F., & Abadi, A.M. 2017. Sistem Kendali Fuzzy Pengolahan Air Limbah UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket). Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- Rumi, S. 2021. Penyisihan Polutan pada Limbah Binatu Menggunakan Adsorben Arang Bambu Aktif. Banda Aceh: Universitas Islam Negeri (UIN) Ar-Raniry.
- Rusmaya, D, & Astri W. H. 2016. Analisa Kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik di Kota Cimahi. Bandung : Universitas Pasundan.
- Said, N. I. 2018. Aplikasi Teknologi Pengolahan Air Limbah Domestik Menggunakan Kombinasi Biofilter Aerobik Media Plastik Sarang Tawon Dan Biofilter Media Kerikil Dengan Aliran Ke Atas. *Jurnal Air Indonesia* Vol. 10 No.2.
- Said, N. I., & Utomo, K. 2007. Pengolahan Air Limbah Domestik dengan Proses Lumpur Aktif yang Diisi dengan Media Bioball. *Jurnal Air Indonesia* Vol.3 No.2.
- Salmin. 2005. Oksigen Terlarut DO dan Kebutuhan Oksigen Biologi (BOD) Sebagai Salah Satu Indikator Untuk Menentukan Kualitas Perairan. *Oseana* Vol.30 No.3.
- Saputra, M., Hartati, E., & Halomoan, N. 2016. Evaluasi Kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) di Waduk Melati, Kota Jakarta Pusat. *Jurnal Teknik Lingkungan* Vol.22 No.2.
- Savitri, M.Z. 2019. Analisis Bakteri Coliform Sebagai Indikator Pencemaran Perairan Pada Instalasi Pengolahan Air Limbah Komunal Pendukuhan di Bantul. Yogyakarta: Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga.
- Sekretariat Dewan Perwakilan Rakyat Daerah D.I Yogyakarta. 2017. Laporan Kajian Evaluasi Peraturan Daerah Pemantauan Pelaksanaan Peraturan Daerah Nomor 2 Tahun 2013 Tentang Pengelolaan Air Limbah Domestik. Yogyakarta.
- Shaikh, Sameer, S.K., & Younus, S.K. 2015. Grey Water Reuse: A Sustainable Solution Of Water Crisis In Pusad City In Maharashtra, India. *International Journal on Recent and Innovation Trends in Computing and Communication* Vol.3 No.2.
- Sholichin, M. 2012. Pengolahan Air Limbah : Proses Pengolahan Air Limbah Dengan Biakan Tersuspensi. Malang : Universitas Brawijaya.
- Siagian, J.D.L. 2021. Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik di Kecamatan Binjai Utara Kota Binjai. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Sihombing, D.N.S.BR. 2018. Perancangan Bioreaktor Upflow Anaerobic Sludge Blanket-Hollow Centered Packed Bed (UASB-HCPB) Untuk Mengolah Limbah Cair Menjadi Biogas. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Simbolon, V.A., Armada, R., & Daswito, R. 2019. Modification of the Bubble Aerator and Filtration Method in Reducing TSS and COD Levels on Domestik Liquid Waste in Pemuda Street , Tanjungpinang City in 2019. *Jurnal Kesehatan Terpadu (Integrated Health Journal)* Vol.10 No.2.
- Siregar, A.S. 2005. Instalasi Pengolahan Air Limbah. Yogyakarta: Kanisius.
- South, A.E., & Nazir, E. 2016. Karakteristik Air Limbah Rumah Tangga (Grey Water) pada Salah Satu Perumahan Menengah Keatas Yang Berada di Kelurahan Kademangan Kota Tangerang. *Jurnal Ecolab* Vol.10 No.2.
- Suastuti, N.G.A.M.D.A., Suarsa, I.W., & Putra, D.K. 2015. Pengolahan Larutan Deterjen Dengan Biofilter Tanaman Kangkungan (*Ipomoea crassicaulis*) Dalam Sistem Batch (Curah) Teraerasi. *Jurnal Kimia* Vol.9 No.1.

- Sugesti, C.S. 2020. Evaluasi Kualitas Efluen Program Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Komunal Di Gampong Tibang Kota Banda Aceh. Doctoral Dissertation. Banda Aceh: Universitas Islam Negeri (UIN) Ar-Raniry.
- Sulihingtyas, W.D., Suyasa, I.W.B., & Wahyuni, N.M.I. 2010. Efektivitas Sistem Pengolahan Instalasi Pengolahan Air Limbah Suwung Denpasar terhadap Kadar BOD, COD, & Amonia. *Jurnal kimia* Vol.4 No.2.
- Sulistia, S., & Septisya, A.C. 2019. Analisis Kualitas Air Limbah Domestik Perkantoran. *Jurnal Rekayasa Lingkungan* Vol.12 No.1.
- Sulistiyawati, I. 2019. Kuantitas Total Bakteri Coliform pada Instalasi Pengolahan Limbah Cair Medis Laboratorium Klinik. *Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi* Vol.19 No.3.
- Sumule, A., Yuliani, E., & Prayogo, T.B. 2021. Studi Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Domestik di Rest Area Kedungmlati Jalan Tol Jombang-Mojokerto Kabupaten Jombang Provinsi Jawa Timur. *Jurnal Teknologi dan Rekayasa Sumber Daya Air* Vol.1 No.2.
- Suryanti, T., Ambarwati, D.A, Udayani, K., & Purwaningsih, D.Y. 2019. Penurunan Kadar TSS dan COD pada Limbah Cair Industri Batik dengan Metode Gabungan Koagulasi Dan Adsorbs. *Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan VII 2019*.
- Suryawan, I.W.K. 2018. Fitoremediasi COD, Fosfat, & Ammonia Air Limbah Domestik Bersalinitas dengan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*). *Jurnal Riset Kajian Teknologi Dan Lingkungan* Vol.1 No.2.
- Susanthi, D., Purwanto, M.Y.J., & Suprihatin. 2018. Kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Komunal di Kota Bogor. *Jurnal Permukiman* Vol.13 No.1.
- Tarigan, A.R., Subagia, I.D.G, & Komaladewi, A.S. 2019. Eksperimental Adsorpsi dan Absorpsi Air Permukaan Menggunakan Komposit Hibrida Batu Basalt/ Moringa oleifera/ Tepung Lengket. *Jurnal Energi dan Manufaktur* Vol.12 No.1.
- Tato, S. 2013. Penggunaan Biofilter Anaerobic-Aerobic Pada Limbah Cair Rumah Sakit. De Lacoste PUNNA.
- Tchobanoglous, G., Burton, F.L., & Stensel, H.D. 2003. *Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery*, 4th Edition. New York: McGraw Hill.
- Turangan, K.A., Mangangka, I.R., & Legrans, R.R.I. 2021. Tinjauan Kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah Metode Biofilter di Kelurahan Malendeng Kecamatan Paal 2 Kota Manado. *Tekno* Vol.19 No.77.
- Ulum, G.H., Suherman, & Syafrudin. 2015. Kinerja Pengelolaan IPAL Berbasis Masyarakat Program USRI Kelurahan Ngijo, Kecamatan Gunung Pati, Kota Semarang. *Jurnal Ilmu Lingkungan* Vol.12 No.2.
- US EPA. 2004. *Guidelines for Water Reuse*. Washington DC: U.S. Environmental Protection Agency.
- Utomo, W.P., Nugraheni, Z.V., Rosyidah, A., Shafwah, O.M., Naashihah, L.K., Nurfitriya, N., & Ullfindrayani, I.F. 2018. Penurunan Kadar Surfaktan Anionik dan Fosfat dalam Air Limbah Laundry di Kawasan Keputih, Surabaya menggunakan Karbon Aktif. *Akta Kimia Indonesia* Vol.3 No.1.
- Widayat, W. 2009. Daur Ulang Air Limbah Domestik Kapasitas 0,9 m³/jam Menggunakan Kombinasi Reaktor Biofilter Anaerob Aerob dan Pengolahan Lanjutan. *Jurnal Air Indonesia* Vol.5 No.1.
- Widiantara, I.K. 2019. Analisis Kualitas Air Sungai Ukian Desa Mengwi Ditinjau Dari Aspek Lingkungan. Denpasar: Universitas Mahasaraswati Denpasar.

- Wijyaningrat, A.T.P. 2018. Evaluasi Kinerja IPAL Komunal di Kecamatan Banguntapan dan Bantul, Kabupaten Bantul, DI Yogyakarta Ditinjau dari Parameter Fisik dan Kimia. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia.
- Winarti, C. 2020. Penurunan Bakteri Total Coliform Pada Air Limbah Rumah Sakit Terhadap Pengaruh Lama Waktu Penyinaran dengan Sinar Ultra Violet. Jurnal Rekayasa Lingkungan Vol.20 No.1.
- Wiryo, 2013. Pengantar Ilmu Lingkungan. Pertelon Media. Bengkulu.
- Zaharah, T. A., Nurlina, Moelyani, R. R. E. 2017. Reduksi Minyak, Lemak, & Bahan Organik Limbah Rumah Makan Menggunakan Grease Trap Termodifikasi Karbon Aktif. Pontianak: Jurnal Pengelolaan Lingkungan Berkelanjutan Vol. 1 No.3.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN 2 PERHITUNGAN LUAS LAHAN

Debit air limbah yang digunakan untuk perhitungan luas lahan merupakan asumsi yang berasal dari kuantitas air limbah domestik Kota Manado yaitu sebesar 360 L/det (Mubin dkk, 2016).

Tabel 4 Tabel Perhitungan Luas Lahan Untuk Tiap Teknologi Yang Digunakan

1. Alternatif 1

BAK PENGUMPUL					
Direncanakan :			Perhitungan :	Satuan :	Ket.
Jumlah bak	=	1 buah	1	buah	
Debit rencana (Q peak)	=	360 l/det	0,360	m ³ /det	
Waktu detensi (td)	=	5 Menit (< 10 menit)	300	det	
Volume sumur (Vol)	=	Q peak x td	108	m ³	
Rencanakan ke dalaman (h)	=		4	m	
Assumsi Panjang : Lebar	=		2		
Lebar Sumur	=	SQRT(Volume/ h / 2)	3,674234614	m	
	=		4	m	
Panjang sumur	=	Lebar X 2	7,348469228	m	
	=		8	m	
Check td	=	Pjg X Lbr X h / Q peak	5,92	menit	OK
	=		6	menit	
Lahan utk sumur pengumpul	=	Pjg x Lbr x Jml bak	32	m ²	
BAR SCREEN					
Direncanakan :			Perhitungan :	Satuan :	Ket.
Kecepatan aliran	=	(antara 0,3 -0,6 m/det)	0,5	m/det	
Debit rencana (Q peak)	=	360 l/det	0,360	m ³ /det	
A-cross saluran	=	Q peak / kecepatan	0,72	m ²	
Assumsi Tinggi : Lebar	=	Lebar saluran	2,5		
Lebar saluran	=	SQRT(A cross/2,5)	0,54	m	
Tinggi saluran	=	2,5 x Lebar	1,25	m	
Check V	=	Q peak / (lebar x tinggi)	0,6	m/det	OK
Rencanakan panjang saluran	=		3	m	
Luas lahan yang diperlukan	=	Panjang x lebar	1,62	m ²	
GREASE TRAP					
Direncanakan :			Perhitungan :	Satuan :	Ket.
Debit rencana (Q peak)	=	360 l/det	0,360	m ³ /det	
Waktu detensi (td)	=	17 menit	1.020	detik	
Lebar	=	(2 kompartemen)	8	meter	
Tinggi bak	=		2,5	meter	
Volume bak	=	Qpeak x td	367,2	m ³	
Luas bak	=	Volume bak / tinggi bak	146,88	m ²	
BAK EKUALISASI					

Direncanakan :			Perhitungan :	Satuan :	Ket.
Jumlah bak	=	2 buah	2	buah	
Waktu tinggal di dalam bak (HRT)	=	2 - 24 jam	24	jam	
Waktu tinggal (td)	=		8	Jam	
Kapasitas pengolahan	=		2877,32	m ³ per hari	
Volume bak	=	td/HRT x kapasitas pengolahan/ jumlah bak	479,5533333	m ³	
Tinggi bak	=		3	m	
Luas bak	=	Volume bak / tinggi bak	159,85	m ²	
Lebar Bak	=	luas bak/2 x B2	8,9	m	
Panjang bak	=	Luas bak / lebar bak	17,96	m	
Luas lahan yang diperlukan	=	Panjang x lebar x jmlh bak	160	m ²	
BAK PENGENDAPAN 1					
Direncanakan :			Perhitungan :	Satuan :	Ket.
Jumlah BP I	=	2 buah	2	buah	
Debit rencana (Q peak)	=	360 l/det	2877,320	m ³ /hari	
Waktu detensi	=	3 - 5 jam	3	jam	
Ke dalaman air	=		3	meter	
Volume bak	=	Qpeak x td	359,665	m ³	
Luas bak	=	Volume bak / tinggi bak	119,89		
Lebar Bak	=	luas bak/2 x B2	7,7		
Panjang bak	=	Luas bak / lebar bak	15,57		
Luas lahan yang diperlukan	=	Panjang x lebar x jmlh bak	119,9	m ²	
BAK ANAEROB					
Direncanakan :			Perhitungan :	Satuan :	Ket.
Debit Limbah	=		2877,32	m ³ /hari	
Volume media	=		192,48	m ³	
Volume reaktor	=		320,8	m ³	
Tinggi	=		3	m	
Luas bak	=	Volume bak / tinggi bak	106,9333	m ²	
Lebar Bak	=	luas bak/2 x B2	8	m	
Panjang bak	=	Luas bak / lebar bak	14,000	m	
Luas lahan yang diperlukan	=	Panjang x lebar x jmlh bak	112,00	m ²	
BAK AEROB					
Direncanakan :			Perhitungan :	Satuan :	Ket.
Debit (Q)	=		2877,32	m ³ /hari	
Waktu pengaliran	=		24	jam	
Jumlah bak	=		2	buah	
Ke dalaman air (Hair)	=		3	m	
Volume bak (Vbak)	=		287,73	m ³	

Luas bak	=	Volume bak / tinggi bak	95,91	m ²	
Lebar Bak	=	luas bak/2 x B2	8	m	
Panjang bak	=	Luas bak / lebar bak	12	m	
Luas lahan yang diperlukan	=	Panjang x lebar x jmlh bak	192	m ²	
CLARIFIER					
Direncanakan :			Perhitungan :	Satuan :	Ket.
Jumlah BP II	=	2 bak	2	buah	
Debit rencana	=		2877,32	m ³ /hari	
Waktu pengaliran	=		24	jam	
Waktu detensi	=	3 - 5 jam	3	jam	
Ke dalam air (Hair)	=		3	m	
Volume bak (Vbak)	=		359,67	m ³	
Luas bak	=	Volume bak / tinggi bak	119,89	m ²	
Lebar Bak	=	luas bak/2 x B2	8	m	
Panjang bak	=	Luas bak / lebar bak	15	m	
Luas lahan yang diperlukan	=	Panjang x lebar x jmlh bak	240	m ²	
BAK KLORINISASI					
Direncanakan :			Perhitungan :	Satuan :	Ket.
Waktu kontak	=	(15 -45)Menit	20	menit	
Ketinggian total	=		3	m	
Perbandingan panjang:lebar	=		2		
Debit rencana	=	Q effluent	0,1773	m ³ /det	
Volume	=	Q x td	212,74	m ³	
Luas Permukaan (Asurface)	=	Volume / ketinggian	70,91	m ²	
Lebar bak	=	SQRT(A surface / 2)	5,95	m	
Panjang bak	=	2 x lebar	11,91	m	
Check td	=	pjg x lbr x tinggi/Q	20	menit	OK
Luas lahan yang diperlukan	=	pjg x lbr x jml bak	70,9	m ²	

LUAS LAHAN YANG DIBUTUHKAN PADA PENGOLAHAN AIR LIMBAH MENGGUNAKAN ALTERNATIF 1

Bak pengumpul	=	32	m ²
Bar screen	=	1,62	m ²
Grease Trap	=	146,88	m ²
Bak Ekualisasi	=	160	m ²
Bak Pengendap 1	=	119,9	m ²
Bak Anaerob	=	112,00	m ²
Bak Aerob	=	192	m ²
Bak Clarifier	=	240	m ²
Bak Chlorinisasi	=	70,9	m ²
Luas lahan total	=	1075	m²

2. Alternatif 2

BAR SCREEN						
Direncanakan :			Perhitungan :	Satuan :	Ket.	
Kecepatan aliran	=	(antara 0,3 -0,6 m/det)	0,5	m/det	OK	
Debit rencana (Q peak)	=	360 l/det	0,360	m ³ /det		
A-cross saluran	=	Q peak / kecepatan	0,72	m ²		
Assumsi Tinggi : Lebar	=	Lebar saluran	2,5			
Lebar saluran	=	SQRT(A cross/2,5)	0,54	m		
Tinggi saluran	=	2,5 x Lebar	1,25	m		
Check V	=	Q peak / (lebar x tinggi)	0,6	m/det		
Rencanakan panjang saluran	=		3	m		
Luas lahan yang diperlukan	=	Panjang x lebar	1,62	m ²		
BAK PENGENDAPAN AWAL						
Direncanakan :			Perhitungan :	Satuan :	Ket.	
Jumlah BP I	=	2 buah	2	buah		
Debit rencana (Q peak)	=	360 l/det	2877,320	m ³ /hari		
Waktu detensi	=	3 - 5 jam	3	jam		
Ke dalam air	=		3	meter		
Volume bak	=	Qpeak x td	359,665	m ³		
Luas bak	=	Volume bak / tinggi bak	119,89			
Lebar Bak	=	luas bak/2 x B2	7,7			
Panjang bak	=	Luas bak / lebar bak	15,57			
Luas lahan yang diperlukan	=	Panjang x lebar x jmlh bak	119,9	m ²		
BAK KONTROL						
Direncanakan :			Perhitungan :	Satuan :	Ket.	
Debit Limbah	=		2877,32	m ³ /hari		
Volume media	=		192,48	m ³		
Volume reaktor	=		320,8	m ³		
Tinggi	=		3	m		
Luas bak	=	Volume bak / tinggi bak	106,9333	m ²		
Lebar Bak	=	luas bak/2 x B2	8	m		
Panjang bak	=	Luas bak / lebar bak	14,000	m		
Luas lahan yang diperlukan	=	Panjang x lebar x jmlh bak	112,00	m ²		
BAK RBC						
Direncanakan :			Perhitungan :	Satuan :		Ket.
Volumetrik BOD flux	=		3,3	kg/m ³ /Hari		
Q peak	=		45	m ³ /hari		
BOD masuk	=		20	mg/ltr		
BOD keluar	=		10	mg/ltr		
Diameter Rotor	=		1 – 3.6	m		

BOD Removal		$(0.2 - 0,1) \text{ kg/ m}^3 \times 45 \text{ m}^3/\text{hari}$	4,5	kg/hari	
Volume BOD Flux RBC			3,3	kg/ltr	
Volume Rotor			1,36	m^3	
tinggi			1	m	
Volume bak			1,3	m^3	
Luas bak	=	Volume bak / tinggi bak	1,3	m^2	
Lebar Bak	=	luas bak/2 x B2	1	m	
Panjang bak	=	Luas bak / lebar bak	1	m	
Luas lahan yang diperlukan	=	Panjang x lebar x jmlh bak	3,9	m^2	
BAK PENGENDAPAN AKHIR					
Direncanakan :			Perhitungan :	Satuan :	Ket.
Jumlah BP II	=	2 bak	2	buah	
Debit rencana	=		2877,32	m^3/hari	
Waktu pengaliran	=		24	jam	
Waktu detensi	=	3 - 5 jam	3	jam	
Ke dalaman air (Hair)	=		3	m	
Volume bak (Vbak)	=		359,67	m^3	
Luas bak	=	Volume bak / tinggi bak	119,89	m^2	
Lebar Bak	=	luas bak/2 x B2	8	m	
Panjang bak	=	Luas bak / lebar bak	15	m	
Luas lahan yang diperlukan	=	Panjang x lebar x jmlh bak	240	m^2	
BAK KLORINISASI					
Direncanakan :			Perhitungan :	Satuan :	Ket.
Waktu kontak	=	(15 -45)Menit	20	menit	
Ketinggian total	=		3	m	
Perbandingan panjang:lebar	=		2		
Debit rencana	=	Q effluent	0,1773	m^3/det	
Volume	=	Q x td	212,74	m^3	
Luas Permukaan (Asurface)	=	Volume / ketinggian	70,91	m^2	
Lebar bak	=	SQRT(A surface / 2)	5,95	m	
Panjang bak	=	2 x lebar	11,91	m	
Check td	=	pjg x lbr x tinggi/Q	20	menit	OK
Luas lahan yang diperlukan	=	pjg x lbr x jml bak	141,7	m^2	
BAK PENGOLAHAN LUMPUR					
Direncanakan :			Perhitungan :	Satuan :	Ket.
Qlumpur	=	$(0,5*Q \text{ BP I})+(0,1*Q \text{ BP II})$	132,1	m^3/hari	
Kadar air pd sludge cake (awal)	=		96,0	%	
Kadar air pd sludge cake (akhir)	=		75,0	%	

Volume cake kering (V ck)	=	$Q \text{ lumpur} * (1-96\%) / (1-75\%)$	21,13	m ³ /hari
Dimensi Bed:	=			
Rencana jumlah bed	=		20,0	bed
Renc. waktu pengeringan (tk)	=		10,0	hari
Rencana tebal cake (tbl)	=		0,3	
Luas permukaan bed	=	$Q_{\text{lump}} * tk / \text{jml bed} / \text{tbl}$	220,08	m ²
Lebar bed	=		10,0	m
Panjang bed	=	$\text{Luas perm} / \text{lebar bed}$	22,0	m
Luas lahan yang diperlukan	=	$(\text{pjpg} * \text{lbr} * \text{jml}) \text{ bed}$	4402,0	m ²

LUAS LAHAN YANG DIBUTUHKAN PADA PENGOLAHAN AIR LIMBAH MENGGUNAKAN ALTERNATIF 2

Bak Pengumpul	=	32	m ²
Bar screen	=	1,62	m ²
Bak Pengendapan Awal	=	119,9	m ²
Grease Trap	=	146,88	m ²
Bak Kontrol	=	112,00	m ²
Bak RBC	=	3,9	m ²
Bak Pengendapan akhir	=	240	m ²
Bak Chlorinasi	=	141,7	m ²
Bak Pengolahan Lumpur	=	4402,0	m ³
Luas lahan total	=	5168	m²

3. Alternatif 3

BAR SCREEN					
Direncanakan :			Perhitungan :	Satuan :	Ket.
Kecepatan aliran	=	(antara 0,3 -0,6 m/det)	0,5	m/det	
Debit rencana (Q peak)	=	360 l/det	0,360	m ³ /det	
A-cross saluran	=	Q peak / kecepatan	0,72	m ²	
Assumsi Tinggi : Lebar	=	Lebar saluran	2,5		
Lebar saluran	=	$\text{SQRT}(A \text{ cross} / 2,5)$	0,54	m	
Tinggi saluran	=	2,5 x Lebar	1,25	m	
Check V	=	Q peak / (lebar x tinggi)	0,6	m/det	OK
Rencanakan panjang saluran	=		3	m	
Luas lahan yang diperlukan	=	Panjang x lebar	1,62	m ²	
GREASE TRAP					
Direncanakan :			Perhitungan :	Satuan :	Ket.
Debit rencana (Q peak)	=	360 l/det	0,360	m ³ /det	
Waktu detensi (td)	=	17 menit	1.020	detik	
Lebar	=	(2 kompartemen)	8	meter	

Tinggi bak	=		2,5	meter	
Volume bak	=	$Q_{peak} \times t_d$	367,2	m^3	
Luas bak	=	Volume bak / tinggi bak	146,88	m^2	
BAK EKUALISASI					
Direncanakan :			Perhitungan :	Satuan :	Ket.
Jumlah bak	=	2 buah	2	buah	
Waktu tinggal di dalam bak (HRT)	=	2 - 24 jam	24	jam	
Waktu tinggal (td)	=		8	Jam	
Kapasitas pengolahan	=		2877,32	m^3 per hari	
Volume bak	=	$t_d/HRT \times \text{kapasitas pengolahan} / \text{jumlah bak}$	479,5533333	m^3	
Tinggi bak	=		3	m	
Luas bak	=	Volume bak / tinggi bak	159,85	m^2	
Lebar Bak	=	$\text{luas bak}/2 \times B_2$	8,9	m	
Panjang bak	=	Luas bak / lebar bak	17,96	m	
Luas lahan yang diperlukan	=	Panjang x lebar x jmlh bak	160	m^2	
BAK AEROB					
Direncanakan :			Perhitungan :	Satuan :	Ket.
Debit (Q)	=		2877,32	m^3/hari	
Waktu pengaliran	=		24	jam	
Jumlah bak	=		2	buah	
Ke dalaman air (Hair)	=		3	m	
Volume bak (Vbak)	=		287,73	m^3	
Luas bak	=	Volume bak / tinggi bak	95,91	m^2	
Lebar Bak	=	$\text{luas bak}/2 \times B_2$	8	m	
Panjang bak	=	Luas bak / lebar bak	12	m	
Luas lahan yang diperlukan	=	Panjang x lebar x jmlh bak	192	m^2	
BAK LUMPUR AKTIF					
Direncanakan :			Perhitungan :	Satuan :	Ket.
Jumlah AS	=	2 bak	2	buah	
Debit rencana (Qmaks)	=	310 l/det	0,31	m^3/det	
Debit masing-masing bak	=	$Q_{maks} / \text{jml bak}$	0,155	m^3/det	
Ke dalaman, h	=		4	m	
Mean cell retention time, θ_c	=		10	hari	
Y	=		0,5	kg VSS/kg BOD5	
kd	=		0,05	l/hr	
MLSS, X	=	2 kg/l	2000	mg/l	
Rasio p/L	=	1	1		
BOD in	=		142,5	mg/l	
BOD eff	=		14,25	mg/l	
Volume tiap bak	=		3324,24	m^3	

Luas lahan tiap AS	=		831,06	m ²	
A	=	L2			
L	=		28,8	m	
P	=		28,8	m	
Luas lahan total untuk tiap AS	=		1662,1	m ²	

BAK PENGENDAPAN AKHIR

Direncanakan :		Perhitungan :	Satuan :	Ket.	
Jumlah BP II	=	2 bak	2	buah	
Debit rencana	=		2877,32	m ³ /hari	
Waktu pengaliran	=		24	jam	
Waktu detensi	=	3 - 5 jam	3	jam	
Ke dalaman air (Hair)	=		3	m	
Volume bak (Vbak)	=		359,67	m ³	
Luas bak	=	Volume bak / tinggi bak	119,89	m ²	
Lebar Bak	=	luas bak/2 x B2	8	m	
Panjang bak	=	Luas bak / lebar bak	15	m	
Luas lahan yang diperlukan	=	Panjang x lebar x jmlh bak	240	m ²	

BAK KLORINISASI

Direncanakan :		Perhitungan :	Satuan :	Ket.	
Waktu kontak	=	(15 -45)Menit	20	menit	
Ketinggian total	=		3	m	
Perbandingan panjang:lebar	=		2		
Debit rencana	=	Q effluent	0,1773	m ³ /det	
Volume	=	Q x td	212,74	m ³	
Luas Permukaan (Asurface)	=	Volume / ketinggian	70,91	m ²	
Lebar bak	=	SQRT(A surface / 2)	5,95	m	
Panjang bak	=	2 x lebar	11,91	m	
Check td	=	pjg x lbr x tinggi/Q	20	menit	OK
Luas lahan yang diperlukan	=	pjg x lbr x jml bak	141,7	m ²	

LUAS LAHAN YANG DIBUTUHKAN PADA PENGOLAHAN AIR LIMBAH MENGGUNAKAN ALTERNATIF 3

Bak Pengumpul	=	32	m ²
Bar screen	=	1,62	m ²
Grease Trap	=	146,88	m ²
Bak Ekualisasi	=	160	m ²
Bak Lumpur aktif	=	1662,1	m ²
Bak Pengendapan akhir	=	240	m ²
Bak Chlorinisasi	=	141,7	m ²
Luas lahan total	=	2352	m²

4. Alternatif 4

BAK PENGUMPUL					
Direncanakan :			Perhitungan :	Satuan :	Ket.
Jumlah bak	=	1 buah	1	buah	
Debit rencana (Q peak)	=	360 l/det	0,360	m ³ /det	
Waktu detensi (td)	=	5 Menit (< 10 menit)	300	det	
Volume sumur (Vol)	=	Q peak x td	108	m ³	
Rencanakan ke dalaman (h)	=		4	m	
Assumsi Panjang : Lebar	=		2		
Lebar Sumur	=	SQRT(Volume/ h / 2)	3,674234614	m	
	=		4	m	
Panjang sumur	=	Lebar X 2	7,348469228	m	
	=		8	m	
Check td	=	Pjg X Lbr X h / Q peak	5,92	menit	OK
	=		6	menit	
Lahan utk sumur pengumpul	=	Pjg x Lbr x Jml bak	32	m ²	
BAR SCREEN					
Direncanakan :			Perhitungan :	Satuan :	Ket.
Kecepatan aliran	=	(antara 0,3 -0,6 m/det)	0,5	m/det	
Debit rencana (Q peak)	=	360 l/det	0,360	m ³ /det	
A-cross saluran	=	Q peak / kecepatan	0,72	m ²	
Assumsi Tinggi : Lebar	=	Lebar saluran	2,5		
Lebar saluran	=	SQRT(A cross/2,5)	0,54	m	
Tinggi saluran	=	2,5 x Lebar	1,25	m	
Check V	=	Q peak / (lebar x tinggi)	0,6	m/det	OK
Rencanakan panjang saluran	=		3	m	
Luas lahan yang diperlukan	=	Panjang x lebar	1,62	m ²	
GREASE TRAP					
Direncanakan :			Perhitungan :	Satuan :	Ket.
Debit rencana (Q peak)	=	360 l/det	0,360	m ³ /det	
Waktu detensi (td)	=	17 menit	1.020	detik	
Lebar	=	(2 kompartemen)	8	meter	
Tinggi bak	=		2,5	meter	
Volume bak	=	Qpeak x td	367,2	m ³	
Luas bak	=	Volume bak / tinggi bak	293,76	m ²	
BAK PENGENDAPAN AWAL					
Direncanakan :			Perhitungan :	Satuan :	Ket.
Jumlah BP I	=	2 buah	2	buah	
Debit rencana (Q peak)	=	360 l/det	2877,320	m ³ /hari	
Waktu detensi	=	3 - 5 jam	3	jam	
Ke dalaman air	=		3	meter	
Volume bak	=	Qpeak x td	359,665	m ³	

Luas bak	=	Volume bak / tinggi bak	119,89		
Lebar Bak	=	luas bak/2 x B2	7,7		
Panjang bak	=	Luas bak / lebar bak	15,57		
Luas lahan yang diperlukan	=	Panjang x lebar x jmlh bak	239,8	m ²	
BAK OXIDATION DITCH					
Direncanakan :			Perhitungan :	Satuan :	Ket.
Debit Limbah	=		35825	m ³ /hari	
Volume bak	=		1950,1	m ³	
Tinggi	=		1,95	m	
Lebar Bak	=		8,85	m	
Panjang bak	=		113,000	m	
Luas lahan yang diperlukan	=	Panjang x lebar x jmlh bak	1000,05	m ²	
BAK CLARIFIER					
Direncanakan :			Perhitungan :	Satuan :	Ket.
Jumlah BP II	=	2 bak	2	buah	
Debit rencana	=		2877,32	m ³ /hari	
Waktu pengaliran	=		24	jam	
Waktu detensi	=	3 - 5 jam	3	jam	
Ke dalaman air (Hair)	=		3	m	
Volume bak (Vbak)	=		359,67	m ³	
Luas bak	=	Volume bak / tinggi bak	119,89	m ²	
Lebar Bak	=	luas bak/2 x B2	8	m	
Panjang bak	=	Luas bak / lebar bak	15	m	
Luas lahan yang diperlukan	=	Panjang x lebar x jmlh bak	240	m ²	
BAK DISINFECTAN					
Direncanakan :			Perhitungan :	Satuan :	Ket.
Waktu kontak	=	(15 -45)Menit	20	menit	
Ketinggian total	=		3	m	
Perbandingan panjang:lebar	=		2		
Debit rencana	=	Q effluent	0,1773	m ³ /det	
Volume	=	Q x td	212,74	m ³	
Luas Permukaan (Asurface)	=	Volume / ketinggian	70,91	m ²	
Lebar bak	=	SQRT(A surface / 2)	5,95	m	
Panjang bak	=	2 x lebar	11,91	m	
Check td	=	pjg x lbr x tinggi/Q	20	menit	OK
Luas lahan yang diperlukan	=	pjg x lbr x jml bak	141,7	m ²	
BAK SLUDGE DRYING BED					
Direncanakan :			Perhitungan :	Satuan :	Ket.
Qlumpur	=	(0,5*Q BP I)+(0,1*Q BP II)	132,1	m ³ /hari	

Kadar air pd sludge cake (awal)	=		96,0	%
Kadar air pd sludge cake (akhir)	=		75,0	%
Volume cake kering (V ck)	=	$Q \text{ lumpur} * (1-96\%) / (1-75\%)$	21,13	m ³ /hari
Dimensi Bed:	=			
Rencana jumlah bed	=		20,0	bed
Renc. waktu pengeringan (tk)	=		10,0	hari
Rencana tebal cake (tbl)	=		0,3	
Luas permukaan bed	=	$Q_{\text{lump}} * tk / \text{jml bed} / \text{tbl}$	220,08	m ²
Lebar bed	=		10,0	m
Panjang bed	=	Luas perm / lebar bed	22,0	m
Luas lahan yang diperlukan	=	$(\text{pjpg} * \text{lbr} * \text{jml}) \text{ bed}$	4402,0	m ²

LUAS LAHAN YANG DIBUTUHKAN PADA PENGOLAHAN AIR LIMBAH MENGGUNAKAN ALTERNATIF 4

Bak pengumpul	=	32	m ²
Bar screen	=	1,62	m ²
Grease Trap	=	293,76	m ²
Bak Pengendapan Awal	=	239,8	m ²
Bak Oxidation Ditch	=	1000,05	m ²
Bak Clarifier	=	240	m ²
Bak Disinfektan	=	141,7	m ²
Sludge drying bed	=	4402,0	m ³
Luas lahan total	=	6351	m²

5. Alternatif 5

BAK PENGUMPUL					
Direncanakan :			Perhitungan :	Satuan :	Ket.
Jumlah bak	=	1 buah	1	buah	
Debit rencana (Q peak)	=	360 l/det	0,360	m ³ /det	
Waktu detensi (td)	=	5 Menit (< 10 menit)	300	det	
Volume sumur (Vol)	=	$Q \text{ peak} * td$	108	m ³	
Rencanakan ke dalaman (h)	=		4	m	
Assumsi Panjang : Lebar	=		2		
Lebar Sumur	=	$\text{SQRT}(\text{Volume} / h / 2)$	3,674234614	m	
	=		4	m	
Panjang sumur	=	Lebar X 2	7,348469228	m	
	=		8	m	
Check td	=	$\text{Pjpg} * \text{Lbr} * h / Q \text{ peak}$	5,92	menit	OK
	=		6	menit	

Lahan utk sumur pengumpul	=	Pjg x Lbr x Jml bak	32	m ²	
BAR SCREEN					
Direncanakan :			Perhitungan :	Satuan :	Ket.
Kecepatan aliran	=	(antara 0,3 -0,6 m/det)	0,5	m/det	OK
Debit rencana (Q peak)	=	360 l/det	0,360	m ³ /det	
A-cross saluran	=	Q peak / kecepatan	0,72	m ²	
Assumsi Tinggi : Lebar	=	Lebar saluran	2,5		
Lebar saluran	=	SQRT(A cross/2,5)	0,54	m	
Tinggi saluran	=	2,5 x Lebar	1,25	m	
Check V	=	Q peak / (lebar x tinggi)	0,6	m/det	
Rencanakan panjang saluran	=		3	m	
Luas lahan yang diperlukan	=	Panjang x lebar	1,62	m ²	
GREASE TRAP					
Direncanakan :			Perhitungan :	Satuan :	Ket.
Debit rencana (Q peak)	=	360 l/det	0,360	m ³ /det	
Waktu detensi (td)	=	17 menit	1.020	detik	
Lebar	=	(2 kompartemen)	8	meter	
Tinggi bak	=		2,5	meter	
Volume bak	=	Qpeak x td	367,2	m ³	
Luas bak	=	Volume bak / tinggi bak	293,76	m ²	
BAK OXIDATION DITCH					
Direncanakan :			Perhitungan :	Satuan :	Ket.
Debit Limbah	=		35825	m ³ /hari	
Volume bak	=		1950,1	m ³	
Tinggi	=		1,95	m	
Lebar Bak	=		8,85	m	
Panjang bak	=		113,000	m	
Luas lahan yang diperlukan	=	Panjang x lebar x jmlh bak	1000,05	m ²	
BAK CLARIFIER					
Direncanakan :			Perhitungan :	Satuan :	Ket.
Jumlah BP II	=	2 bak	2	buah	
Debit rencana	=		2877,32	m ³ /hari	
Waktu pengaliran	=		24	jam	
Waktu detensi	=	3 - 5 jam	3	jam	
Ke dalam air (Hair)	=		3	m	
Volume bak (Vbak)	=		359,67	m ³	
Luas bak	=	Volume bak / tinggi bak	119,89	m ²	
Lebar Bak	=	luas bak/2 x B2	8	m	
Panjang bak	=	Luas bak / lebar bak	15	m	
Luas lahan yang diperlukan	=	Panjang x lebar x jmlh bak	240	m ²	


BAK DISINFECTAN					
Direncanakan :			Perhitungan :	Satuan :	Ket.
Waktu kontak	=	(15 -45)Menit	20	menit	
Ketinggian total	=		3	m	
Perbandingan panjang:lebar	=		2		
Debit rencana	=	Q effluent	0,1773	m ³ /det	
Volume	=	Q x td	212,74	m ³	
Luas Permukaan (Asurface)	=	Volume / ketinggian	70,91	m ²	
Lebar bak	=	SQRT(A surface / 2)	5,95	m	
Panjang bak	=	2 x lebar	11,91	m	
Check td	=	pjg x lbr x tinggi/Q	20	menit	OK
Luas lahan yang diperlukan	=	pjg x lbr x jml bak	141,7	m ²	
BAK SLUDGE DRYING BED					
Direncanakan :			Perhitungan :	Satuan :	Ket.
Qlumpur	=	(0,5*Q BP I)+(0,1*Q BP II)	132,1	m ³ /hari	
Kadar air pd sludge cake (awal)	=		96,0	%	
Kadar air pd sludge cake (akhir)	=		75,0	%	
Volume cake kering (V ck)	=	Q lumpur*(1-96%)/(1-75%)	21,13	m ³ /hari	
Dimensi Bed:	=				
Rencana jumlah bed	=		20,0	bed	
Renc. waktu pengeringan (tk)	=		10,0	hari	
Rencana tebal cake (tbl)	=		0,3		
Luas permukaan bed	=	Qlump * tk / jml bed / tbl	220,08	m ²	
Lebar bed	=		10,0	m	
Panjang bed	=	Luas perm / lebar bed	22,0	m	
Luas lahan yang diperlukan	=	(pjg * lbr * jml) bed	4402,0	m ²	

LUAS LAHAN YANG DIBUTUHKAN PADA PENGOLAHAN AIR LIMBAH MENGGUNAKAN ALTERNATIF 5

Bak pengumpul	=	32	m ²
Bar screen	=	1,62	m ²
Grease Trap	=	293,76	m ²
Bak Oxidation Ditch	=	1000,05	m ²
Bak Clarifier	=	240	m ²
Bak Disinfektan	=	141,7	m ²
Sludge drying bed	=	4402,0	m ³
Luas lahan total	=	6111	m²

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN 3 BERITA ACARA

 PROGRAM SARJANA DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, PERENCANAAN DAN KEBUMIHAN - ITS
Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111. Telp: 031-5948686, Fax: 031-5926387

UTA-S1-TL-02 TUGAS AKHIR Kode/SKS : RE184804 (0/6/0)
Periode: Genap 2021/2022 No. Revisi: 01

FORMULIR TUGAS AKHIR UTA-02
Formulir Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing
Ujian Tugas Akhir

Hari, tanggal : Selasa, 12 Juli 2022 Nilai TOEFL 493
Pukul : 16.00 - 17.15 WIB
Lokasi : TL-101
Judul : Kajian Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik Terpusat di Indonesia

Nama : Cathrine Gabriela Bakkara Tanda Tangan
NRP. : 03211840000008
Topik : Studi Literatur

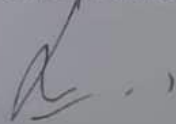
No./Hal.	Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing Ujian Tugas Akhir
1.	Bagan alir : SDB menerima ^{Lumpur} dari BP 1 & Clarifier
2.	Kesimpulan diperbaiki

Dosen Pembimbing akan menyerahkan formulir UTA-02 ke Sekretariat Program Sarjana
Formulir ini harus dibawa mahasiswa saat asistensi kepada Dosen Pembimbing
Formulir dikumpulkan bersama revisi buku setelah mendapat persetujuan Dosen Pembimbing

Berdasarkan hasil evaluasi Dosen Penguji dan Dosen Pembimbing, dinyatakan mahasiswa tersebut:

1. Lulus Ujian Tugas Akhir
2. harus mengulang Ujian Tugas Akhir semester berikutnya
3. Tugas Akhir dinyatakan gagal atau harus mengganti Tugas Akhir (lebih dari 2 semester)

Dosen Pembimbing
Alfan Purnomo S.T., M.T.





UTA-S1-TL-03 TUGAS AKHIR
Periode: Genap 2021/2022

Kode/SKS : RE184804 (0/6/0)
No. Revisi: 01

FORMULIR TUGAS AKHIR UTA-03
Formulir Pertanyaan dan Saran Dosen Penguji
Ujian Tugas Akhir

Hari, tanggal : Selasa, 12 Juli 2022
Pukul : 16.00 - 17.15 WIB
Lokasi : TL-101
Judul : Kajian Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik Terpusat di Indonesia

Nama : Cathrine Gabriela Bakkara
NRP. : 03211840000008
Topik : Studi Literatur

No./Hal.	Pertanyaan dan Saran Dosen Penguji Ujian Tugas Akhir
①	Penulisan → lihat & buku
②	Bagaimana menentukan biaya operasional & pemeliharaan (tabel 4.12)

Formulir UTA-03 diserahkan kepada Dosen Pembimbing setelah sesi Seminar Kemajuan selesai.
Dosen Pembimbing akan menyerahkan formulir UTA-03 ke Sekretariat Program Sarjana
Formulir ini harus mahasiswa dibawa saat asistensi kepada Dosen Penguji
Formulir dikumpulkan bersama revisi buku setelah mendapat persetujuan Dosen Penguji dan Dosen Pembimbing

Dosen Penguji Ipung Fitri Purwanti, ST, MT, Ph.D

()

Dosen Pembimbing Alfan Purnomo S.T., M.T.

()



UTA-S1-TL-03 TUGAS AKHIR
Periode: Genap 2021/2022

Kode/SKS : RE184804 (0/6/0)
No. Revisi: 01

FORMULIR TUGAS AKHIR UTA-03
Formulir Pertanyaan dan Saran Dosen Penguji
Ujian Tugas Akhir

Hari, tanggal : Selasa, 12 Juli 2022
Pukul : 16.00 - 17.15 WIB
Lokasi : TL-101
Judul : Kajian Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik Terpusat di Indonesia

Nama : Cathrine Gabriela Bakkara
NRP. : 0321184000008
Topik : Studi Literatur

No./Hal.	Pertanyaan dan Saran Dosen Penguji Ujian Tugas Akhir
1.	Abstrak → perbaiki definisi air limbah.
2.	3 alinea atau 1 alinea unt abstrak.
3.	Isi dari bab 3 skg metode ditajamkan/
4.	Penulisan Daftar Isi diperbaiki.
5.	Kesimpulan dalam bentuk naratif.

Formulir UTA-03 diserahkan kepada Dosen Pembimbing setelah sesi Seminar Kemajuan selesai.
Dosen Pembimbing akan menyerahkan formulir UTA-03 ke Sekretariat Program Sarjana
Formulir ini harus mahasiswa dibawa saat asistensi kepada Dosen Penguji
Formulir dikumpulkan bersama revisi buku setelah mendapat persetujuan Dosen Penguji dan Dosen Pembimbing

Dosen Penguji Ir. Eddy Setiadi Soedjono, MSc., PhD

Dosen Pembimbing Alfian Purnomo S.T., M.T.



UTA-S1-TL-03 TUGAS AKHIR
Periode: Genap 2021/2022

Kode/SKS : RE184804 (0/6/0)
No. Revisi: 01

FORMULIR TUGAS AKHIR UTA-03
Formulir Pertanyaan dan Saran Dosen Penguji
Ujian Tugas Akhir

Hari, tanggal : Selasa, 12 Juli 2022
Pukul : 16.00 - 17.15 WIB
Lokasi : TL-101
Judul : Kajian Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik Terpusat di Indonesia

Nama : Cathrine Gabriela Bakkara
NRP. : 0321184000008
Topik : Studi Literatur

No./Hal.	Pertanyaan dan Saran Dosen Penguji Ujian Tugas Akhir
1	Penulisan abstrak di sempurnakan dulu membuat 3 paragraf. Paragraf 1. latar belakang & tujuan, paragraf 2. metode studi untuk mencapai tujuan. paragraf 3. hasil dari penelitian.
2.	Penulisan kesimpulan di sempurnakan. dibuat lebih ringkas.
3.	Cek penulisan. salah ketik, foto latar all.

Formulir UTA-03 diserahkan kepada Dosen Pembimbing setelah sesi Seminar Kemajuan selesai.
Dosen Pembimbing akan menyerahkan formulir UTA-03 ke Sekretariat Program Sarjana
Formulir ini harus mahasiswa dibawa saat asistensi kepada Dosen Penguji
Formulir dikumpulkan bersama revisi buku setelah mendapat persetujuan Dosen Penguji dan Dosen Pembimbing

Dosen Penguji Dr. Ir. Agus Slamet, MSc

Dosen Pembimbing Aifan Purnomo S.T., M.T.

()

Aifan Purnomo S.T., M.T.

LAMPIRAN 4 LEMBAR ASISTENSI




DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERENCANAAN DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

FORM FTA-03

KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR

Nama : Cathrine Gabriela Bakara
NRP : 03211840000008
Judul : Kajian Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik Terpusat Di Indonesia

No	Tanggal	Keterangan Kegiatan / Pembahasan	Paraf
1	1 Agustus 2021	Pembahasan rancangan proposal yang telah dibuat	<i>An</i>
2	2 Agustus 2021	Revisi bab 1 (judul, latar belakang, tujuan, rumusan masalah)	<i>An</i>
3	8 Agustus 2021	Revisi kerangka studi	<i>An</i>
4	11 Agustus 2021	Revisi bab 2 (tinjauan pustaka) serta jadwal kegiatan	<i>An</i>
5	30 Agustus 2021	Mendiskusikan hasil revisi sidang proposal	<i>An</i>
6	27 November 2021	Revisi data sekunder kualitas air limbah domestik di berbagai provinsi	<i>An</i>
7	29 November 2021	Terkait tabel perhitungan storet yang harus disatukan (tidak dibuat per provinsi) dan memindahkan tabel perhitungan ke lampiran	<i>An</i>
8	2 Desember 2021	Perbaiki penulisan tabel % removal dan penambahan alasan pemilihan teknologi	<i>An</i>
9	28 Desember 2021	Perhitungan STORET tidak tepat sehingga diubah menjadi kuartil bawah, tengah, atas	<i>An</i>
10	5 Januari 2022	Diskusi terkait teknologi pengolahan terpilih	<i>An</i>
11	7 Januari 2022	Teknologi IPAL Terpusat dan alasan jarang terrealisasi di Indonesia	<i>An</i>
12	4 Juni 2022	Perubahan subbab 4.3	<i>An</i>

13	7 Juni 2022	Perbaiki tabel removal, BOD harus lebih kecil atau sama dengan COD. Penambahan penjelasan mengenai apa yang dimaksud dengan relatif mahal	
----	-------------	---	---

Surabaya, 23 Juli 2022
Dosen Pembimbing


Allan Pomoro S.T., M.T.

BIODATA PENULIS



Cathrine Gabriela Bakkara, merupakan seorang putri yang lahir di Pontianak pada tanggal 7 Maret 2000. Penulis merupakan anak kedua (dua bersaudara) dari pasangan Henri Bakkara dan Rohana Sihombing. Penulis menyelesaikan pendidikan formal di TK Suster Pontianak tahun 2006. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan di SD Suster Pontianak (2006–2012), SMP Santo Petrus Pontianak (2012–2015), dan SMA Negeri 1 Pontianak (2015–2018). Selepas lulus pada tahun 2018, penulis memasuki jenjang S-1 di Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya pada tahun 2018 dan terdaftar dengan NRP 03211840000008. Semasa menjalani pendidikannya di perguruan tinggi, penulis merupakan mahasiswa yang cukup aktif di organisasi dan kegiatan

kemahasiswaan, antara lain sebagai Staff Divisi Pengembangan Sumber Daya Anggota KOPMA dr. Angka ITS (2018-2019), Staff Departemen Hubungan Luar ITS Badminton Community (2019), Staff Divisi Public Relation ITS Material Advantage Chapter (2019- 2020), Kepala Departemen Hubungan Luar ITS Badminton Community (2020).

Pengalaman di lapangan yang dimiliki penulis yaitu mengikuti program magang Kampus Merdeka x PT. Rexic dengan tema “Black Soldier Fly” pada bulan September hingga bulan Desember 2021. Selain itu, mengikuti program Magang dan Studi Independen Bersertifikat di PT. United Tractors di EHS (Enviro, Health and Safety) Dept. Selama 6 (enam) bulan, terhitung sejak februari hingga juli 2022. Berbagai pelatihan serta seminar nasional dan internasional di bidang Teknik Lingkungan juga telah diikuti dalam rangka untuk pengembangan diri. Bila terdapat kritik dan saran yang membangun ataupun segala bentuk komunikasi dengan penulis mengenai tugas akhir ini dapat melalui email catrinebakkara@yahoo.com.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

