

TA/TL/2022/1415

TUGAS AKHIR

**PENGARUH WAKTU TINGGAL 24 JAM DENGAN
BEBAN PENGOLAHAN LOW-STRENGTH PADA
PILOT SCALE ANAEROBIK-AEROBIK ON SITE
WASTE WATER TREATMENT**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Derajat Sarjana Satu (S1) Teknik Lingkungan**



**MUHAMMAD IRVAN FIRDAUS
14513053**

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2022**

TUGAS AKHIR

PENGARUH WAKTU TINGGAL 24 JAM DENGAN BEBAN PENGOLAHAN LOW-STRENGTH PADA PILOT SCALE ANAEROBIK-AEROBIK ON SITE WASTE WATER TREATMENT

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu (S1) Teknik Lingkungan



Muhammad Irvan Firdaus
14513053

Disetujui,
Dosen Pembimbing:


Dr. Andi Yulianto, S.T., M.T.
NIK.025100407
Tanggal: 03 Februari 2022


Dr. Joni Aidilla Fajri, S.T., M.Eng
NIK. 165131306
Tanggal: 03 Februari 2022

Mengetahui:

Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII,


Eko Siswono, S.T., M.Sc ES., Ph.D
NIK.025100406
Tanggal : 04 Februari 2022

HALAMAN PENGESAHAN

PENGARUH WAKTU TINGGAL 24 JAM DENGAN BEBAN PENGOLAHAN LOW-STRENGTH PADA PILOT SCALE ANAEROBIK-AEROBIK ON SITE WASTE WATER TREATMENT

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

**Hari : Kamis
Tanggal : 3 Februari 2022**

Disusun Oleh:

**MUHAMMAD IRVAN FIRDAUS
14513053**

Tim Penguji :

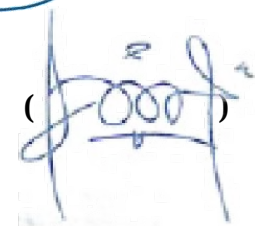
Dr. Andik Yulianto, S.T., M.T.

()

Dr. Joni Aldilla Fajri, S.T., M.Eng

()

Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.ES., Ph.D

()

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Indonesia maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan Dosen Pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama penulis dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Program *software* komputer yang digunakan dalam penelitian ini sepenuhnya menjadi tanggungjawab saya, bukan tanggungjawab Universitas Islam Indonesia.
5. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta, 18 November 2021

Yang membuat pernyataan,



Muhammad Irvan Firdaus

NIM: 14513053

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarokatuh

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT. atas segala rahmat dan hidayah-Nya serta shalawat kepada Nabi Muhammad SAW. yang telah memberikan petunjuk dan kemudahan sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Efektivitas Pengolahan Air Limbah Domestik Gedung Kuliah Fakultas Teknik Industri UII Dengan Menggunakan Sistem Anaerobik-Aerobik”.

Penyusunan laporan tugas akhir ini bertujuan untuk memenuhi syarat akademik untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada jenjang studi Strata Satu (S1) Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia .

Dalam penyusunan tugas akhir ini penulis banyak mendapatkan semangat, dukungan, dorongan dan bimbingan serta bantuan dari berbagai pihak, sehingga pada kesempatan ini perkenankan penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT yang selalu memberikan kemudahan dan kelancaran dalam menyelesaikan proposal tugas akhir ini.
2. Orang tua tercinta, Bapak Ajuddin dan Mama Ismiati yang senantiasa memberikan dukungan moral, materil, dan juga doa sepenuh hati bagi penulis
3. Ketua Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Islam Indonesia, Bapak Eko Siswoyo, ST., M.Sc.ES., Ph.D.
4. Bapak Andik Yulianto, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan waktu, ilmu dan arahannya dalam penyusunan tugas akhir ini sekaligus dosen yang penulis panuti.
5. Bapak Dr. Joni Aldilla Fajri, S.T., M.Eng, selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan waktu, biaya, ilmu dan bimbingan dalam penyusunan tugas akhir ini.
6. Sahabat-sahabat saya anggota “MAKELAR”, Akhid, Arga, Hafiz, Rudi, Rifqi, Surya dan Rizky.

7. Teman-teman kontrakan seperjuangan dari Balikpapan, Kadar (kepala suku), Arieska (babe), Bimo (patul), Zul (doyok), Ridho, yang saling menyemangati
8. Teman-teman “Generasi Micin” Afiat Dzulfiqar Kristinanda, Damar Wahyu, Zhugara Anggara Yogga, Tommy Budi Kusuma, Rizal Kartika Wardhana, Vegi Alviando Nantaris yang selalu memberi motivasi dan dukungan dalam pembuatan tugas akhir ini.
9. Teman-teman KKN unit 305, Abiyyu Dzaky Rizq, Mora Sukma Rizkiyani, Heggi Wirawan Prayudha, Inka Sukma Faradilla, Faza Maghfuri, Atikah, Antisa Kurnia Hayatri, dan Ikrimah Anggita Basthiani.
10. Teman-teman seperjuangan di Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia khususnya Angkatan 2014.
11. Adik tingkat Teknik Lingkungan 2015, Gilang, Sayyid, Damai, dan Diva yang telah banyak membantu dalam proses penelitian dalam tugas akhir ini.
12. Pihak-pihak terkait yang tidak bisa disebutkan satu-persatu.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan tugas akhir ini masih banyak terdapat berbagai kekurangan. Oleh sebab itu kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan demi menyempurnakan tugas akhir ini. Penulis berharap semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi para pembacanya dan dapat ditindak lanjuti dengan pengimplementasian saran.

Wassalamualaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh

Yogyakarta, 18 November 2021

Muhammad Irvan Firdaus

ABSTRAK

MUHAMMAD IRVAN FIRDAUS. Pengaruh Waktu Tinggal 24 Jam Dengan Beban Pengolahan Low-Strenght Pada Pilot Scale Anaerobik-Aerobik On Site Wate Water Treatment. Dibimbing oleh ANDIK YULIANTO, S.T., M.T. dan Dr. Joni Aldilla Fajri, S.T., M.Eng.

Dalam beraktivitas sehari-hari manusia tak lepas dari penggunaan dan pemanfaatan air. Dari penggunaan air tersebut dihasilkan buangan berupa air limbah. Pengolahan air limbah merupakan salah satu upaya untuk dapat mengurangi dampak buruk yang ditimbulkan dari kandungan air limbah terhadap lingkungan. Gedung Fakultas Teknik Industri, Universitas Islam Indonesia merupakan salah satu gedung yang berada di lingkungan kampus terpadu Universitas Islam Indonesia Yogyakarta. Terdapat alternatif pengolahan air limbah setempat dimana menggabungkan dua proses pengolahan yaitu anaerobik-aerobik. Pengolahan air limbah kombinasi seperti ini telah ada dan diterapkan di Jepang, yaitu *Johkasou*. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh yang diperoleh terhadap kualitas air limbah domestik gedung FTI yang diolah secara anaerobik-aerobik selama 24 jam dan mengetahui efisiensi penurunan yang diperoleh dari hasil pengolahan air limbah domestik gedung FTI dengan menggunakan pengolahan anaerobik-aerobik terhadap parameter COD, amonia, nitrit, dan nitrat. Berdasarkan penelitian yang dilakukan, dapat diketahui pengaruh yang diperoleh terhadap kualitas air limbah domestik gedung FTI yang diolah secara anaerobik-aerobik selama 24 jam dan efisiensi penurunan yang diperoleh dari hasil pengolahan air limbah domestik gedung FTI dengan menggunakan pengolahan anaerobik-aerobik terhadap parameter COD, amonia, nitrit, dan nitrat yaitu sebagai berikut: COD 14,74%; Amonia 94,44%; Nitrit 47,83%; dan Nitrat 97,26%.

Kata kunci: Air limbah domestik, kualitas air, *low-strenght*, pengolahan anaerobik-aerobik

ABSTRAC

MUHAMMAD IRVAN FIRDAUS. *The Impact Of 24 Hours Detention Time With Low-Strenght Processing Load On Anaerobic-Aerobic Pilot Scale On Site Wastewater Treatment. Supervised by ANDIK YULIANTO, S.T., M.T. dan Dr. Joni Aldilla Fajri, S.T., M.Eng.*

In daily activities, humans cannot be separated from the use and utilization of water. From the use of this water, wastewater is produced. Waste water treatment is one of the efforts to reduce the adverse effects arising from the waste water content on the environment. The Industrial Engineering Faculty Building, Indonesian Islamic University is one of the buildings located in the integrated campus environment of Yogyakarta Islamic University, Yogyakarta. There is an alternative to local wastewater treatment which combines two treatment processes, namely anaerobic-aerobic. Combination wastewater treatment like this already exists and is implemented in Japan, namely Johkasou. The purpose of this study is to determine the effect obtained on the quality of domestic wastewater in anaerobic-aerobic building for 24 hours and to determine the efficiency of the reduction obtained from the domestic wastewater treatment results of the FTI building using anaerobic-aerobic treatment of COD parameters ammonia, nitrites and nitrates. Based on the research conducted, it can be seen the effect obtained on the quality of domestic wastewater FTI buildings anaerobic-aerobic treated for 24 hours and the efficiency of the reduction obtained from the domestic wastewater treatment results of FTI buildings by using anaerobic-aerobic treatment of COD, ammonia parameters, nitrite, and nitrate are as follows: COD 14.74%; Ammonia 94.44%; Nitrite 47.83%; and 97.26% Nitrate.

Keywords: Domestic wastewater, water quality, low-strenght, anaerobic-aerobic treatment

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN.....	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Ruang Lingkup	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Air Limbah	5
2.2 Baku Mutu	6
2.3 Sistem Pengolahan Anaerobik dan Aerobik.....	7
2.4 Lumpur Aktif.....	8
2.5 Media Biofilm	8
2.6 COD (Chemical Oxygen Demand)	9
2.7 Nitrogen.....	9
2.7.1 Amonia (NH ₃)	10
2.7.2 Nitrit (NO ₂).....	10
2.7.3 Nitrat (NO ₃).....	10
2.8 Studi Terdahulu Pengolahan Anaerobik-Aerobik	11
BAB III METODE PENELITIAN.....	13
3.1 Tahapan Penelitian	13
3.2 Lokasi Penelitian	14
3.3 Objek Penelitian	14

3.4	Variabel Penelitian	14
3.4.1	Variabel Bebas	14
3.4.2	Variabel Kontrol.....	14
3.4.3	Variabel Terikat	14
3.5	Rancangan Reaktor Pengolahan.....	15
3.5.1	Volume Efektif Reaktor Anaerobik-Aerobik.....	15
3.5.2	Volume Media Bioball dalam Reaktor	16
3.5.3	Debit Alir Pengolahan (<i>Hydraulic Retention Time</i>).....	16
3.5.4	Suplai Udara di Unit Aerobik	16
3.5.5	Media Biofilm Bioball	17
3.6	Sampling Lumpur Aktif dan Seeding.....	20
3.7	Sampling Air Limbah.....	21
3.8	Pengujian Sampel	21
3.9	Analisis Data	22
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....		23
4.1	Uraian Proses Pengolahan	23
4.2	Analisa Hasil Penyisihan Dengan Variasi Waktu Tinggal 24 Jam	24
4.2.1	Kondisi Fisik Air Limbah	24
4.2.2	Analisa Kandungan DO	28
4.3	Analisa Penyisihan COD.....	24
4.4	Analisa Penyisihan Amonia	32
4.5	Analisa Penyisihan Nitrit dan Nitrat	34
4.6	Total Inorganik Nitrogen (TIN).....	38
4.7	Pengendapan Lumpur.....	39
BAB V SIMPULAN DAN SARAN.....		42
5.1	Kesimpulan.....	42
5.2	Saran	42
DAFTAR PUSTAKA		43
LAMPIRAN.....		48

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kandungan Umum Air Limbah Domestik yang Belum Terolah.....	6
Tabel 2.2 Baku Mutu Limbah Domestik.....	7
Tabel 2.3 Perbandingan Luas Permukaan Spesifik Media Biofilter.....	9
Tabel 3.1 Spesifikasi Media Bioball.....	17
Tabel 3.2 Data Perencanaan Rancangan Reaktor Anaerobik-Aerobik.....	18
Tabel 3.3 Parameter Uji dan Metode Pengujian	21
Tabel 4. 1 Karakteristik Air Limbah Domestik.....	23
Tabel 4. 2 Data Hasil Analisis Kondisi Fisik Air Limbah	24
Tabel 4. 3 Persentase Penyisihan COD.....	31
Tabel 4. 4 Data Hasil Analisis Parameter Amonia	32
Tabel 4. 5 Persentase Penyisihan Amonia	33
Tabel 4. 6 Data Hasil Analisis Parameter Nitrit.....	34
Tabel 4. 7 Persentase Peningkatan Nitrit	35
Tabel 4. 8 Data Hasil Analisis Parameter Nitrat	36
Tabel 4. 9 Persentase Peningkatan Nitrat	37
Tabel 4. 10 Perhitungan Total Inorganik Nitrogen (TIN).....	38

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Skema Pengelompokan Bahan yang Terkandung di Dalam Air Limbah.....	6
Gambar 3. 1 Tahapan Penelitian	13
Gambar 3. 2 Rancangan Pilot Pengolahan Air Limbah Anaerobik-Aerobik.....	19
Gambar 3.3 Tahapan Seeding Bakteri.....	20
Gambar 4.1 Grafik Perubahan pH pada Reaktor Pengolahan.....	25
Gambar 4.2 Grafik Perubahan Suhu pada Reaktor Pengolahan.....	26
Gambar 4.3 Grafik Perubahan Total Dissolved Solid pada Reaktor Pengolahan....	27
Gambar 4.4 Grafik Perubahan Konsentrasi <i>Dissolved Oxygen</i> pada Tangki Pengolahan.....	28
Gambar 4.5 Grafik Perubahan Konsentrasi COD pada Tangki Pengolahan.....	30
Gambar 4.6 Grafik Perubahan Konsentrasi Amonia pada Tangki Pengolahan	32
Gambar 4.7 Grafik Perubahan Konsentrasi Nitrit pada Tangki Pengolahan	35
Gambar 4.8 Grafik Perubahan Konsentrasi Nitrat pada Tangki Pengolahan	37
Gambar 4.9 Grafik MLSS.....	39
Gambar 4.10 Grafik SVI.....	41

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam beraktivitas sehari-hari manusia tak lepas dari penggunaan dan pemanfaatan air. Penggunaan dan pemanfaatan air bagi manusia sangat beragam, selain untuk dikonsumsi juga digunakan untuk kegiatan mandi, mencuci, dan aktivitas lain yang memerlukan air. Dari penggunaan air tersebut dihasilkan buangan berupa air limbah. Air limbah adalah air bekas penggunaan yang berasal dari rumah, gedung perkantoran, perkotaan, industri, dan pertanian (Metcalf and Eddy, 2014).

Pengolahan air limbah merupakan salah satu upaya untuk dapat mengurangi dampak buruk yang ditimbulkan dari kandungan air limbah terhadap lingkungan. Pengelolaan air limbah antara lain diatur dalam Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 4 Tahun 2017 tentang Penyelenggaraan Sistem Pengolahan Air Limbah Domestik, di mana sistem pengelolaan air limbah dapat dikelompokkan menjadi sistem setempat dan sistem terpusat. Pengolahan air limbah yang dilakukan setempat biasanya akibat dari belum tersedianya jaringan pipa *sewerage* yang dapat menghubungkan menuju Instalasi Pengolahan Air Limbah terpusat. Efektifitas pengolahan air limbah yang dilakukan setempat terkadang belum mampu memberikan hasil yang maksimal pada air hasil keluaran. Penyebab dari kurang maksimalnya keluaran pengolahan disebabkan oleh jenis pengolahan yang dilakukan secara anaerobik dengan menggunakan tangki septik. Konsentrasi BOD dari proses pengolahan air limbah secara anaerobik berada sekitar 50 hingga 150 mg/l yang dikarenakan keberadaan dari residu volatil asam lemak dan penghancuran padatan (Metcalf and Eddy, 2014). Angka ini masih cukup tinggi apabila air dari tangki septik dibuang langsung ke badan air atau lingkungan. Sementara menurut Surya dkk (2015), efektifitas tangki septik dalam menghilangkan kandungan zat pencemar masih berkualitas rendah, dikarenakan

prinsip kerja tangki septik adalah hanya dengan proses pengendapan dan penguraian.

Gedung Fakultas Teknik Industri, Universitas Islam Indonesia merupakan salah satu gedung yang berada di lingkungan kampus terpadu Universitas Islam Indonesia Yogyakarta. Dalam pemanfaatannya, gedung ini digunakan sebagai penunjang aktivitas akademis bagi lima program studi yang terdiri atas program studi teknik mesin, program studi teknik elektronika, program studi teknik kimia, program studi teknik informatika, dan program studi teknik industri. Dengan cukup banyaknya civitas akademik yang beraktivitas, potensi akan limbah yang dihasilkan semakin banyak terutama limbah cair yang berasal dari aktivitas toilet pada gedung tersebut. Menurut Noerbambang dan Morimura (2005), pemakaian air rata-rata per orang setiap hari pada jenis bangunan SLTA dan lebih tinggi mencapai 80 liter air bersih dengan jangka waktu pemakaian air rata-rata sehari selama 6 jam. Sementara untuk pengolahan air limbah yang terdapat pada gedung kampus FTI merupakan jenis pengolahan anaerobik berupa tangki septik.

Terdapat alternatif pengolahan air limbah setempat dimana menggabungkan dua proses pengolahan yaitu anaerobik-aerobik. Pengolahan air limbah kombinasi seperti ini telah ada dan diterapkan di Jepang, yaitu *Johkasou*. Prinsip yang dimiliki pengolahan *johkasou* ialah mengolah air limbah domestik dengan bantuan mikrobiologi dengan pertumbuhan melekat secara anaerobik-aerobik. Pada salah satu jenis *johkasou* yaitu *gappei-shori*, hasil pengolahan tanpa diikuti resirkulasi rata-rata menghasilkan 14,9 mg/l BOD (Yang et al., 2001).

Keberadaan kampus Universitas Islam Indonesia khususnya gedung kampus FTI yang tidak dapat dijangkau oleh pengolahan limbah terpusat dan dengan jumlah air limbah yang dikeluarkan cukup banyak, maka perlu dilakukan pengembangan terhadap sistem pengolahan air limbah yang ada pada gedung kampus Fakultas Teknik Industri dengan adanya alternatif pengolahan air limbah setempat yang lebih kompleks, agar air limbah yang dikeluarkan nantinya dapat memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan dan aman bagi lingkungan di sekitar.

1.2 Perumusan Masalah

Dari latar belakang yang telah dikemukakan, maka rumusan masalah yang dapat disusun sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh waktu tinggal selama 24 jam terhadap pengolahan air limbah gedung FTI secara anaerobik-aerobik dan efisiensi yang diperoleh dari pengolahan terhadap penurunan kadar COD, amonia, nitrit, dan nitrat dalam air limbah domestik gedung FTI

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menganalisis pengaruh yang diperoleh terhadap kualitas air limbah domestik gedung FTI yang diolah secara anaerobik-aerobik selama 24 jam serta menganalisis efisiensi penurunan yang diperoleh dari hasil pengolahan tersebut terhadap parameter COD, amonia, nitrit, dan nitrat.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang akan didapatkan dari penelitian ini yaitu:

1. Bagi Penulis
Implementasi dari ilmu pengetahuan yang telah diperoleh selama masa studi di Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Islam Indonesia.
2. Bagi Kampus
Hasil penelitian dapat digunakan sebagai dasar acuan pengembangan sistem pengolahan air limbah di gedung FTI dan evaluasi terhadap sistem pengolahan air limbah yang telah ada.

1.5 Ruang Lingkup

Adapun ruang lingkup pada penelitian ini adalah:

1. Sampel yang akan diuji berasal dari limbah cair domestik gedung Fakultas Teknik Industri , Universitas Islam Indonesia.
2. Pengujian air limbah dengan menggunakan pilot pengolahan anaerobik-aerobik.

3. Parameter yang diuji pada air limbah yang diolah adalah *Chemical Oxygen Demand* (COD), amonia (NH_3), Nitrit (NO_2), dan nitrat (NO_3)
4. Penelitian ini menggunakan waktu tinggal hidraulik 1 hari



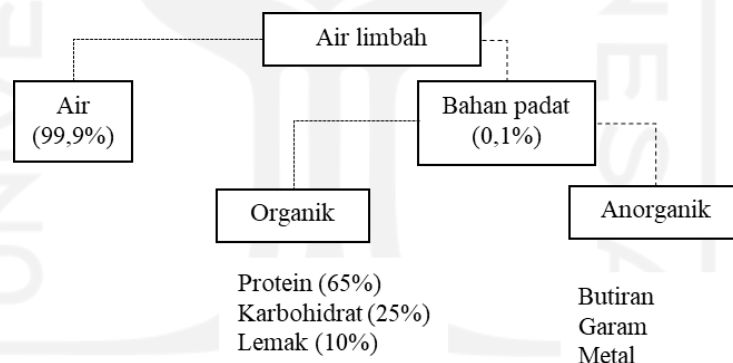
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air Limbah

Dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 68 Tahun 2016, dijelaskan bahwa air limbah adalah air sisa dari suatu hasil usaha dan/atau kegiatan. Air limbah awal mula berasal dari limbah rumah tangga, limbah dari manusia dan hewan, air limbah industri, limpasan air hujan, dan infiltrasi air tanah. Pada dasarnya, air limbah merupakan air bekas yang berasal dari penduduk (Lin, 2007).

Air limbah mempunyai komposisi yang sangat bervariasi dari setiap tempat dan setiap saat. Secara garis besar zat-zat yang terdapat di dalam air limbah dapat dikelompokkan seperti pada skema berikut ini (Sugiharto, 2008).



Gambar 2. 1 Skema Pengelompokan Bahan yang Terkandung di Dalam Air Limbah

Sementara Metcalf dan Eddy (2014) memisahkan karakteristik air limbah domestik yang belum terolah menjadi tiga jenis sebagai berikut.

Tabel 2. 1 Kandungan Umum Air Limbah Domestik yang Belum Terolah

Constituent	Unit	Concentration ^b		
		Low strength	Medium strength	High strength
Solids, total (TS)	mg/L	537	806	1612
Dissolved, total (TDS)	mg/L	374	560	1121
Fixed	mg/L	224	336	672
Volatile	mg/L	150	225	449
Suspended solids, total (TSS)	mg/L	130	195	389
Fixed	mg/L	29	43	86
Volatile	mg/L	101	152	304
Settleable solids	mL/L	8	12	23
Biochemical oxygen demand, 5-d, 20°C BOD	mg/L	133	200	400
Total organic carbon (TOC)	mg/L	109	164	328
Chemical oxygen demand (COD)	mg/L	339	508	1016
Nitrogen (total as N)	mg/L	23	35	69
Organic	mg/L	10	14	29
Free ammonia	mg/L	1.4	20	41
Nitrites	mg/L	0	0	0
Nitrates	mg/L	0	0	0
Phosphorus (total as P)	mg/L	3.7	5.6	11.0
Organic	mg/L	2.1	3.2	6.3
Inorganic	mg/L	1.6	2.4	4.7
Potassium	mg/L	11	16	32
Chlorides ^c	mg/L	39	59	118
Sulfate ^c	mg/L	24	36	72
Oil and grease	mg/L	51	76	153
Volatile organic compounds (VOCs)	µg/L	<100	100–400	>400
Total coliform	No./100 mL	10 ⁴ –10 ⁶	10 ⁷ –10 ⁹	10 ⁷ –10 ¹⁰
Fecal coliform	No./100 mL	10 ³ –10 ⁵	10 ⁴ –10 ⁶	10 ⁵ –10 ⁸
Cryptosporidium oocysts	No./100 mL	10 ⁻¹ –10 ¹	10 ⁻¹ –10 ²	10 ⁻¹ –10 ³
Giardia lamblia cysts	No./100 mL	10 ⁻¹ –10 ²	10 ⁻¹ –10 ³	10 ⁻¹ –10 ⁴

2.2 Baku Mutu

Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 68 tahun 2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik, 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. Dalam hal ini pemerintah melalui peraturan ini menetapkan standar baku mutu yang harus di taati pada air limbah domestik yang akan dibuang ke lingkungan, berikut ini merupakan standar yang ditetapkan.

Tabel 2. 2 Baku Mutu Limbah Domestik

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

2.3 Sistem Pengolahan Anaerobik dan Aerobik

Untuk mengolah air limbah dapat dilakukan dengan cara biologis dan pada prosesnya terdapat cara dengan penggunaan udara (aerobik), pengolahan tanpa udara (anaerobik), dan atau gabungan antara proses penggunaan udara-tanpa udara . Proses pengolahan air limbah dengan beban BOD rendah dapat dilakukan secara biologis dengan bantuan udara, sedangkan dengan beban BOD tinggi proses pengolahan dapat dilakukan secara tanpa udara. (Said, 2017).

Penggunaan pengolahan anaerobik-aerobik juga dapat unggul terhadap faktor pengurangan biaya dipengoperasian ketika dibandingkan dengan hanya pengolahan aerobik sendiri (Vera et al., 1999). Keuntungan dari pengolahan anaerobik-aerobik telah diidentifikasi oleh Frostell (1983) dan Cervanets et al., (2006), diantaranya:

1. Potensi yang baik pada pemulihan sumber daya
2. Efisiensi rata-rata pengolahan tinggi
3. Sedikit endapan lumpur
4. Penggunaan energi yang rendah
5. Ketika senyawa organik mudah menguap terdapat pada air limbah, senyawa mudah menguap terdegradasi di pengolahan anaerobik sehingga menghilangkan kemungkinan penguapan di pengolahan aerobik.

2.4 Lumpur Aktif

Proses lumpur aktif adalah pengolahan biologis yang melibatkan konversi dari bahan organik dan atau bahan lain di dalam air limbah menjadi gas dan jaringan sel dengan jumlah mikroorganisme aerobik yang besar dalam suspensi oleh pencampuran dan aerasi (Metcalf and Edy, 2014).

Proses biologis yang terjadi dalam lumpur aktif terjadi secara aerobik. Udara atmosfer atau oksigen murni dihembuskan ke dalam air limbah pada bak aerasi, dengan oksigen tersebut di dalam air maka polutan organik akan diuraikan oleh mikroorganisme yang terdapat di dalam air limbah dan diubah menjadi biomassa atau flok biologis yang disebut lumpur aktif. Efisiensi penghilangan dipengaruhi oleh beberapa faktor berbeda seperti waktu tinggal hidraulik di dalam bak aerasi, beban influen (konsentrasi zat organik BO, COD), konsentrasi amonia, suplai udara atau oksigen, dan pengaruh suhu.

Sistem lumpur aktif memiliki beberapa keunggulan sebagai berikut:

1. Kualitas olahan terutama pH dan kandungan oksigen yang lebih baik.
2. Kebutuhan lahan untuk IPAL relatif kecil.
3. Cocok bagi polutan organik (BOD, COD) yang tidak terlalu tinggi (dibawah 3000 mg/l).
4. Konsentrasi BOD pada air hasil olahan dapat mencapai lebih rendah dari 25 mg/l.

2.5 Media Biofilm

Random atau *dumped packing* adalah salah satu jenis media biofilter yang ditiru dari *packing* yang digunakan pada industri kimia. Penggunaan media jenis ini ialah dengan cara memasukan secara acak ke dalam reaktor. Umumnya media ini memiliki fraksi rongga yang baik dan relatif tahan terhadap penyumbatan dibandingkan dengan pecahan krikil. Jenis media ini harus dipasang di atas penyangga jenis grid atau *screen* dan harus memakai wadah dikarenakan tidak memiliki kekuatan struktur dasar. Salah satu jenis dari media ini adalah bioball. Media bioball mempunyai keunggulan antara lain memiliki luas spesifik yang cukup besar, pemasangannya mudah (*random*), tidak memerlukan manhole yang

besar sehingga sesuai untuk paket Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) (Said, 2005).

Tabel 2.3 Perbandingan Luas Permukaan Spesifik Media Biofilter

No	Jenis Media	Luas Permukaan Spesifik (m^2/m^3)
1	Trickling Filter dengan batu pecah	100-200
2	Modul sarang tawon	150-240
3	Tipe jaring	50
4	RBC	80-150
5	Bio-ball (<i>random</i>)	200-240

2.6 COD (Chemical Oxygen Demand)

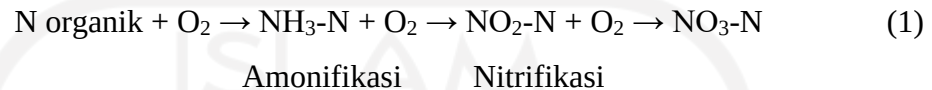
Chemical Oxygen Demand adalah banyaknya oksigen dalam ppm atau miligram per liter yang dibutuhkan dalam kondisi khusus untuk menguraikan bahan organik secara kimiawi (Sugiharto, 2008). Nilai COD akan selalu lebih besar daripada BOD karena kebanyakan senyawa lebih mudah teroksidasi secara kimia daripada secara biologi. Jika korelasi antara BOD dan COD sudah diketahui, kondisi air limbah dapat diketahui (Siregar, 2005). Uji COD mengoksidasi secara kimia sebagian besar senyawa-senyawa organik yang terdapat dalam air limbah menjadi karbon dioksida, air, dan senyawa-senyawa nonorganik seperti NH_3 . Larutan asam dikromat ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) digunakan untuk mengoksidasi bahan organik pada suhu tinggi (Jenie dan Rahayu, 1993).

2.7 Nitrogen

Nitrogen dalam perairan terbagi atas nitrogen organik dan nitrogen anorganik. Nitrogen anorganik terdiri atas amonia (NH_3), amonium (NH_4), nitrit (NO_2), nitrat (NO_3), dan molekul nitrogen (N_2). Sedangkan pada nitrogen organik terdiri atas protein, asam amino, dan urea (Effendi, 2003). Dalam air limbah yang dingin dan segar, biasanya kandungan nitrogen organik relatif lebih tinggi daripada nitrogen amonia dan sebaliknya. Nitrit dan nitrat terdapat dalam air limbah dalam konsentrasi yang sangat rendah (Siregar, 2005).

2.7.1 Amonia (NH₃)

Sumber utama amonia di perairan adalah pemecahan nitrogen organik (protein dan urea) dan nitrogen anorganik yang terdapat di dalam tanah dan air, yang berasal dari dekomposisi bahan organik oleh mikroba dan jamur. Proses ini dikenal dengan istilah amonifikasi, ditunjukkan dengan persamaan reaksi berikut:



Amonia yang terukur dalam perairan berupa amonia total (NH₃ dan NH₄⁺). Amonia bebas tidak dapat terionisasi dan sebaliknya pada amonium (NH₄⁺) dapat terionisasi. Amonia yang tak terionisasi yang bersifat toksik terdapat dalam jumlah yang lebih banyak (Novonty dan Olem, 1994). Amonia bebas yang tidak terionisasi bersifat toksik terhadap organisme akuatik. Peningkatan toksisitas amonia terjadi apabila terjadi penurunan kadar oksigen terlarut, pH, dan suhu. Pada perairan alami biasanya kadar amonia kurang dari 0,1 mg/liter (McNeely et al., 1979).

2.7.2 Nitrit (NO₂)

Nitrit dalam perairan alami biasanya ditemukan dalam jumlah yang sedikit akibat dari adanya oksigen sehingga keberadaannya tidak stabil. Nitrit adalah bentuk peralihan antara amonia dan nitrat, dan antara nitrat dan gas nitrogen. Ion nitrit berperan sebagai sumber nitrogen bagi tanaman. Kadar nitrit pada perairan relatif sangat kecil sekitar 0,001 mg/liter. Pada perairan kadar nitrit jarang melebihi 1 mg/liter (Sawyer dan McCarty, 1978). Menurut Moore (1991), kadar nitrit yang lebih dari 0,05 mg/liter dapat bersifat toksik bagi organisme perairan yang sangat sensitif dan untuk keperluan air minum, WHO merekomendasikan kadar nitrit sebaiknya tidak lebih dari 1 mg/liter.

2.7.3 Nitrat (NO₃)

Nitrat adalah bentuk utama nitrogen di perairan alami dan merupakan nutrisi utama bagi pertumbuhan tanaman dan algae. Senyawa ini dibentuk dari proses nitrifikasi dimana proses oksidasi sempurna senyawa nitrogen di perairan. Proses oksidasi yang terjadi dilakukan oleh bakteri *Nitrosomonas* untuk menjadikan

nitrit, kemudian bakteri *Nitrobacter* mengoksidasi menjadi nitrat. Proses tersebut dapat dilihat pada persamaan berikut (Novotny dan Olem, 1994).



Pada perairan yang tidak tercemar, kadar nitrat tidak lebih tinggi dari amonium yaitu tidak lebih dari 0,1 mg/liter. Apabila kadar nitrat lebih dari 5 mg/liter menggambarkan terjadinya pencemaran antropogenik akibat aktivitas manusia dan hewan. Nitrat dengan kadar lebih dari 0,2 mg/liter dapat mengakibatkan eutrifikasi perairan. Keberadaan nitrat dapat digunakan dalam pengelompokkan tingkat kesuburan perairan diantaranya perairan oligotrofik 0-1 mg/liter, mesotrofik 1-5 mg/liter, dan eutrofik 5-50 mg/liter (Vollenweider, 1969 dalam Wetzel, 1975). Bagi organisme akuatik, kadar nitrat tidak bersifat toksik dan sedangkan bagi manusia keberadaan nitrat yang tinggi pada air yang dikonsumsi dapat menyebabkan penurunan kapasitas darah dalam mengikat oksigen terutama pada bayi yang berumur kurang dari lima bulan. Bagi bayi keadaan ini disebut dengan *blue baby disease*, dimana kulit bayi akan berwarna kebiruan (Mason, 1993).

2.8 Studi Terdahulu Pengolahan Anaerobik-Aerobik

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Sya'bani (2013) yang melakukan pengolahan air limbah domestik dengan menggunakan metode *Moving Bed Biofilm Reactor* (MBBR) dan variasi waktu tinggal diperoleh hasil yang sangat baik dengan efisiensi pengolahan terhadap NH_3 rerata di atas 80% dan terdapat peningkatan kadar NO_2 dan NO_3 dengan kisaran 1-32 mg/l. Pada penelitian lain yang dilakukan oleh Ginting (2014) pada air limbah rumah pemotongan hewan diperoleh efektivitas pengolahan dengan menggunakan anaerobik-aerobik diperoleh hasil efektivitas pengurangan NO_3 sebesar 83,21% dan pada fosfat sebesar 81,16% serta terjadi peningkatan pada DO dan pH.

Hasil yang baik juga diperoleh dari hasil pengujian pada air limbah domestik di perkantoran dengan proses biologis anaerob-aerob menggunakan *moving bed system contact*. Dimana beberapa paramater uji yaitu BOD, COD, TSS, serta minyak dan lemak memiliki rerata evektifitas sebesar 90,77% (Casban dan Dewi, 2018)

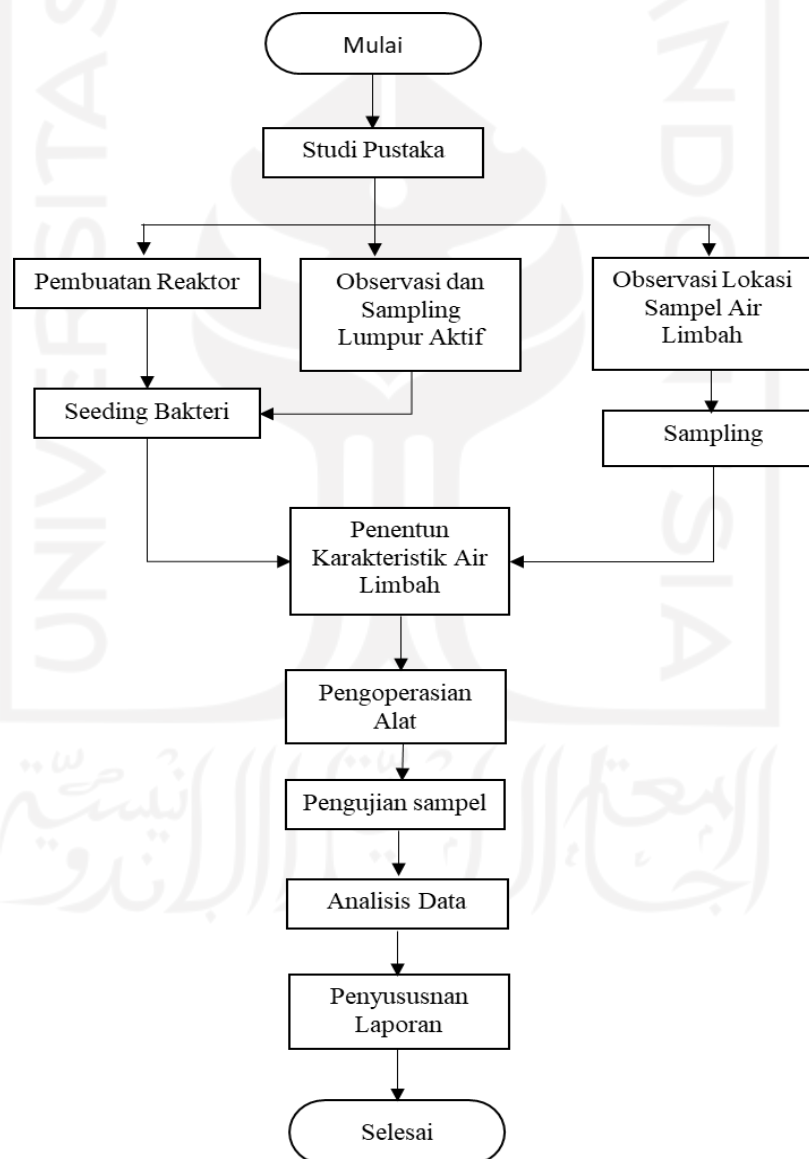


BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Tahapan Penelitian

Tahapan kegiatan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 3.1 berikut:



Gambar 3. 1 Tahapan Penelitian

3.2 Lokasi Penelitian

Pelaksanaan penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia

3.3 Objek Penelitian

Objek yang menjadi penelitian ini adalah air limbah domestik yang berasal dari aktivitas toilet di gedung Kampus Fakultas Teknik Industri, Universitas Islam Indonesia yang tertampung di tangki septick.

3.4 Variabel Penelitian

Variabel pada penelitian ini terdiri atas variabel bebas, variabel kontrol, dan variabel terikat.

3.4.1 Variabel Bebas

Pada variabel bebas komponen yang masuk di dalamnya ialah waktu tinggal air limbah pada reaktor di mana dilakukan selama 24 jam.

3.4.2 Variabel Kontrol

Beberapa pengontrolan yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Laju udara yang disuplai ke dalam reaktor aerobik diatur dengan kontrol volume udara pada aerator.
2. Debit air limbah yang akan diolah pada reaktor dijaga alirannya dengan menggunakan *infuse* agar tetap stabil
3. Ketersediaan sumber energi listrik yang digunakan untuk dapat digunakan blower dalam memasok udara.

3.4.3 Variabel Terikat

Variabel terikat pada penelitian ini terdiri atas parameter uji yaitu Total Dissolve Solid (TDS), suhu, pH *Chemical Oxygen Demand* (COD), amoniak (NH_3), nitrit (NO_2), nitrat (NO_3) dan MLSS.

3.5 Rancangan Reaktor Pengolahan

Reaktor alat yang akan dibuat dan dioperasikan untuk mengolah limbah domestik ini terdiri atas tangki anaerobik dan aerobik. Kedua reaktor ini memiliki ukuran dan dimensi yang sama, dirancang sedemikian rupa dan terhubung dengan pipa penyalur air limbah dari tangki anaerobik menuju tangki aerobik. Terdapat pula satu wadah penampung air limbah yang letaknya terpisah dan letaknya lebih tinggi yang berfungsi sebagai wadah tampungan limbah dan dihubungkan dengan selang infuse untuk dapat mengalirkan air limbah secara terus-menerus dengan debit yang konstan menuju reaktor anaerobik. Detail perencanaan pilot reaktor anaerobik-aerobik untuk pengolahan disajikan pada Tabel 3.2.

3.5.1 Volume Efektif Reaktor Anaerobik-Aerobik

Untuk dapat mengetahui volume efektif dari reaktor maka dicari dengan persamaan berikut (Sya'bani, 2013).

$$V_{\text{Efektif reaktor}} = \frac{1}{4} \pi d^2 \times h_{\text{saluran output}} \dots \dots \dots (3.1)$$

Keterangan:

π = Konstanta luas lingkaran

d = Diameter (m)

h = Tinggi saluran output dalam reaktor (m)

Dari data pengukuran terhadap reaktor diketahui sebagai berikut:

$$d_{\text{reaktor}} = 32 \text{ cm}$$

$$h_{\text{saluran output}} = 34 \text{ cm}$$

$$V_{\text{Efektif reaktor}} = \frac{1}{4} \pi (32 \text{ cm})^2 \times 34 \text{ cm}$$

$$= 27330,56 \text{ cm}^3$$

$$= 27,33 \text{ liter} \rightarrow \text{dibulatkan menjadi 27 liter}$$

Satu tangki reaktor mampu mengolah sebanyak 27 liter air limbah.

3.5.2 Volume Media Bioball dalam Reaktor

Pada perencanaan tangki aerobik, media tumbuh bakteri berupa *bioball* direncanakan mengisi $\frac{1}{4}$ dari volume efektif reaktor pengolahan. Sehingga volume total media adalah:

$$\begin{aligned} V_{\text{media}} &= \text{volume porositas media} \times \text{volume tangki aerobik} \times \frac{1}{4} \\ &= 0,92 \times 27 \text{ liter} \times \frac{1}{4} \\ &= 6,21 \text{ liter} \end{aligned}$$

3.5.3 Debit Alir Pengolahan (*Hydraulic Retention Time*)

Untuk menyesuaikan debit limbah yang akan diolah agar mampu tertampung pada reaktor pengolahan dan dapat memenuhi waktu tinggal maka dilakukan perhitungan dengan persamaan sebagai berikut:

$$Q = \left(\frac{V_{\text{efektif}}}{HRT} \right) \dots \dots \dots (3. 2)$$

Keterangan:

Q = Debit aliran (l/jam)

V_{Efektif reaktor} = Volume efektif dalam reaktor (liter)

HRT = Waktu tinggal (jam)

Data perencanaan untuk pengolahan sebagai berikut:

V_{Efektif reaktor} = 27 liter

HRT = 24 jam

$$\begin{aligned} Q &= \left(\frac{27 \text{ liter}}{24 \text{ jam}} \right) \\ &= 1,125 \text{ l/jam} \end{aligned}$$

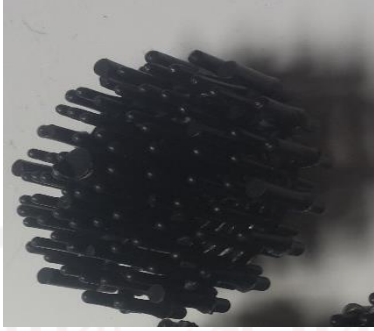
3.5.4 Suplai Udara di Unit Aerobik

Suplai udara yang akan diberikan pada pengolahan aerobik diberikan melalui bantuan aerator. Aerator tersebut nantinya akan diatur laju udara yang akan dikeluarkan untuk mencukupi kebutuhan udara bagi mikroorganisme.

3.5.5 Media Biofilm Bioball

Sebagai media melekatnya bakteri, digunakan media berupa *bioball*. Media ini berbahan dasar *thermoplastic*. Berikut ini spesifikasi media *bioball* yang disajikan pada Tabel 3.1 (Said, 2005).

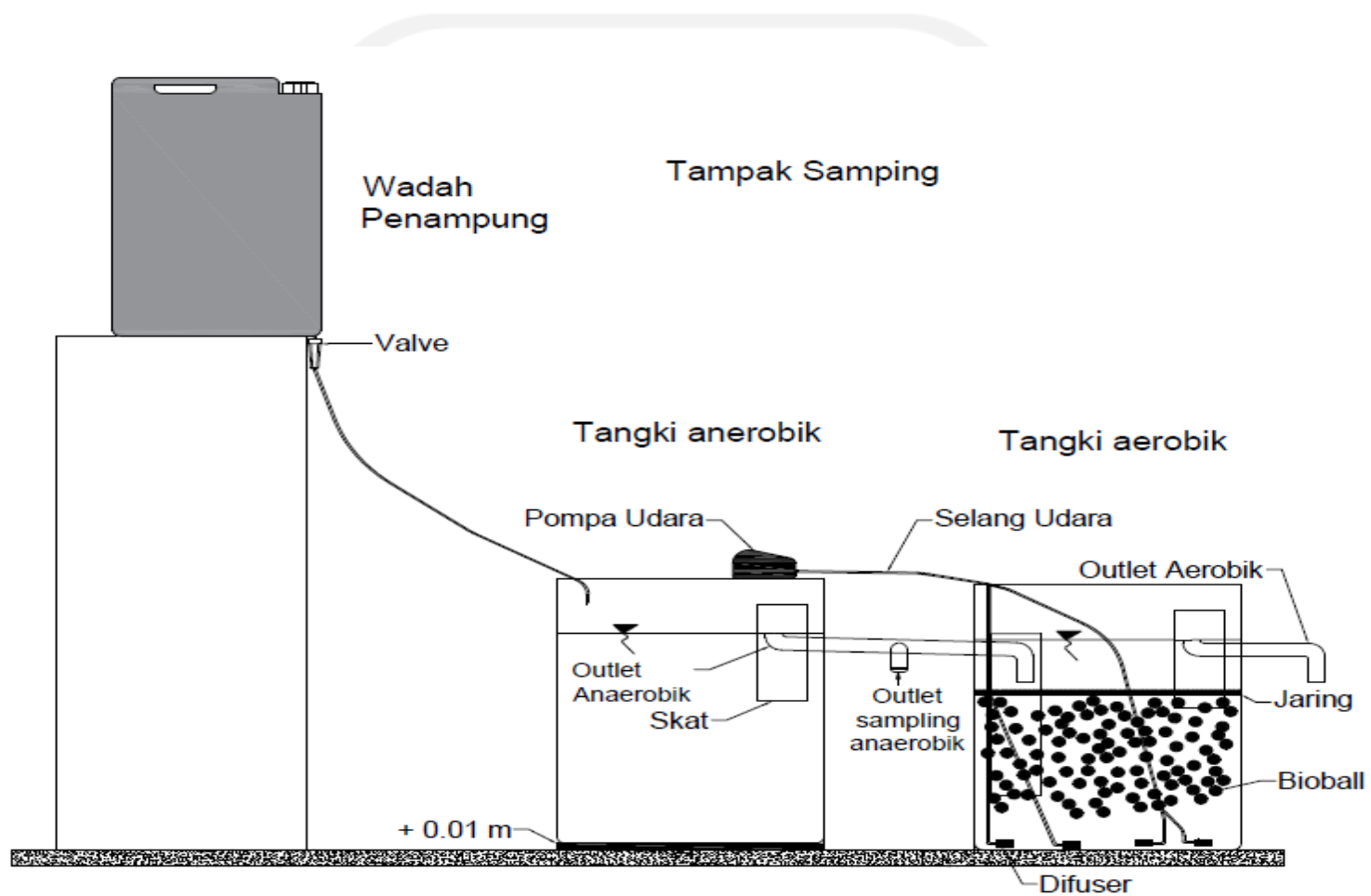
Tabel 3. 1 Spesifikasi Media Bioball

Tipe	Bio-ball
Material	PVC
Bentuk	Bulat dengan rongga-rongga
Ukuran	Diameter 4 cm
Tipe	Bio-ball
Luas Spesifik	$\pm 230 \text{ m}^2/\text{m}^3$
Warna	Hitam
Porositas Rongga	0,92
	

Selain *bioball*, terdapat pula jaring sebagai media penahan *bioball* agar tidak mencapai permukaan air dan memberikan ruang bagi air hasil olahan yang telah jernih.

Tabel 3. 2 Data Perencanaan Rancangan Reaktor Anaerobik-Aerobik

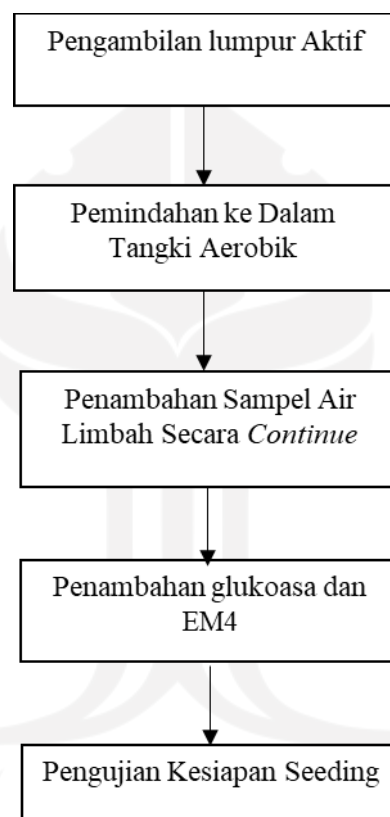
NO	Komponen	Tipe/Material	Spesifikasi Ukuran		Spesifikasi Rancangan	
1	Tangki anaerobik	Tangki plastik	Volume tampungan	35 liter	Volume efektif	27 liter
			Tinggi efektif	41 cm	Tinggi saluran <i>output</i>	30,5 cm
			Diameter tutup dan alas	30 cm	Tipe aliran <i>output</i>	<i>Upflow</i>
			Diameter tangki	32 cm	menuju aerobik	
			Tinggi muka air	31 cm		
2	Tangki aerobik	Tangki plastik	Volume tampungan	35 liter	Volume efektif	27 liter
			Tinggi efektif	41 cm	Tinggi saluran <i>output</i>	30,5 cm
			Diameter tutup dan alas	30 cm	Tipe aliran <i>input</i> menuju	<i>Downflow</i>
			Diameter tangki	32 cm	tangki	
			Tinggi muka air	31 cm	Tipe aliran <i>output</i>	<i>Upflow</i>
3	Wadah penampung air limbah	Jerigen plastik	Volume tampungan	25 liter	Output aliran air	<i>Downflow</i> dengan menggunakan selang dan infuse sebagai pengatur debit keluaran air
			Tinggi	40 cm		
			Lebar	18,5 cm		
			Panjang	25 cm		
4	Media <i>bioball</i>	PVC	Material	PVC		
			Bentuk	Sarang tawon		
			Ukuran	Diameter 4 cm		
			Porositas Rongga	0,92		
5	Aerator	Sun-sun	Debit udara maksimum	8 liter/menit		
			Difuser	4 buah		
			Tegangan	220v		



Gambar 3. 2 Rancangan Pilot Pengolahan Air Limbah Anaerobik-Aerobik

3.6 Sampling Lumpur Aktif dan Seeding

Lumpur aktif yang digunakan dalam pengolahan diambil dari Instalasi Pengolahan Air Limbah terpusat Sewon (IPAL Sewon) Yogyakarta. Pemilihan lumpur aktif dari IPAL Sewon berdasarkan kesamaan jenis air limbah yang akan diolah. Sehingga diharapkan bakteri starter tersebut dapat dengan cepat berkembang biak dan menyesuaikan pada lingkungannya yang baru di dalam reaktor pengujian. Tahapan dalam Seeding sebagai berikut.



Gambar 3. 3 Tahapan Seeding Bakteri

Dalam penelitian Filliazati dkk (2015) *Seeding* dilakukan untuk membenihkan dengan cara memasukkan kedalam air limbah yang akan dilakukan pengolahan supaya media mampu melakukan oksidasi pada zat pencemar organik pada air limbah tersebut dan menumbuhkan atau mengembangkan mikroorganisme agar dikondisikan dengan tempat beradaptasinya lingkungan awal, untuk tempat berkembang biaknya mikroorganisme yang akan di ujikan direaktor.

Setelah proses seeding dilakukan aklimatisasi atau pergantian limbah baru di dalam reaktor. Tujuannya untuk mendapatkan suatu kultur yang bagus dan mikroorganisme yang mampu beradaptasi dengan air limbah.

3.7 Sampling Air Limbah

Dasar acuan pengambilan sampel untuk air limbah menggunakan SNI 6968.57-2008 Tentang Metode Pengambilan Contoh Air Permukaan. Metode yang digunakan dalam pengambilan sampel air limbah dari bak septik gedung FTI ini adalah grab sampling, dimana pengambilan sampel dengan metode ini dilakukan langsung pada titik tertentu.

3.8 Pengujian Sampel

Air limbah yang telah melalui proses pengolahan dilakukan pengujian terhadap beberapa parameter uji. Pengujian dilakukan pada karakteristik awal air limbah yang akan diolah, outlet Anaerobik dan aerobik. Berikut merupakan parameter yang diuji serta metode yang digunakan.

Tabel 3. 3 Parameter Uji dan Metode Pengujian

No	Parameter	Acuan Pengujian	Metode
Fisik			
1	TDS	IK.5.4.1.2a	TDS meter
2	Suhu	SNI 06-6989.23-2005	Termometer
3	pH	SNI 06-6989.11-2004	pH meter
Kimia			
1	COD	SNI 6989.2-2009	Refluks Tertutup secara Spektrofotometri
2	DO	SNI 06-6989.14-2004	Titration secara Yodometri (Modifikasi Azida)
3	Amonia (NH ₃)	SNI 06-6989.30-2005	Spektrofotometri (fenat)
4	Nitrit (NO ₂)	SNI 06-6989.9-2004	Spektrofotometri
5	Nitrat (NO ₃)	SNI 6989.79-2011	Spektrofotometri
Lumpur			
1	MLSS	SNI 06-6989.26-2005	Gravimetri

2	SVI	SNI 06-6989.26-2005	Gravimetri
---	-----	---------------------	------------

3.9 Analisis Data

Dari hasil pengujian sampel air limbah yang telah diolah diperoleh data pada beberapa parameter uji. Data tersebut kemudian dianalisis untuk mengetahui pengaruh dari waktu tinggal terhadap konsentrasi tiap parameter pada sampel air limbah. Selain itu dianalisis pula persentase removal yang diperoleh dari hasil pengujian, baik pada tangki anaerobik maupun aerobik untuk mengetahui kinerja reaktor dalam mendegradasi bahan-bahan organik dalam air limbah yang diolah. Analisa terhadap lumpur aktif dilakukan untuk mengetahui pertumbuhan dan perubahan pada lumpur yang dihasilkan. Analisa juga dilakukan terhadap faktor nitrifikasi akibat dari pemberian udara pada reaktor aerobik.

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Uraian Proses Pengolahan

Sampel air limbah domestik yang digunakan dalam penelitian berasal dari gedung Fakultas Teknik Industri (FTI) Universitas Islam Indonesia (UII). Karakteristik sampel dianalisis terlebih dahulu sebelum dilakukan pengolahan untuk mengetahui tingkat efektivitas pengolahan. Hasil analisis karakteristik air limbah dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Karakteristik Air Limbah Domestik Gedung FTI-UII

Parameter	Konsentrasi	Baku Mutu	Satuan
pH	7,2	6-9	-
TDS	489,0	-	mg/l
Suhu	25,6	-	°C
COD	339,3	100	mg/l
BOD5	70,7	30	mg/l
Nitrat	1,2	-	mg/l
Nitrit	3,6	-	mg/l
Amonia	25,2	10	mg/l

Karakteristik tersebut dianggap sebagai data primer dan mewakili rata-rata *influen* dari limbah septik-tank gedung FTI-UII pada saat berlangsungnya penelitian. Dari hasil pengujian untuk karakteristik diketahui bahwa hasil yang diperoleh untuk parameter COD dan amonia memiliki konsentrasi yang tinggi dan di atas baku mutu peraturan Nomor 68 tahun 2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik dimana baku mutu COD pada air limbah, yaitu sekitar 339,3 mg/l untuk COD dan 25,2 untuk amonia.

Proses pengolahan yang dilakukan pada penelitian ini ialah dengan memanfaatkan dua sistem pengolahan yaitu anaerobik-aerobik yang dirancang pada sebuah pilot reaktor dengan aliran air *continue*. Mula-mula dilakukan *seeding* pada

reaktor aerobik dengan memasukkan lumpur aktif yang telah diambil dari IPAL Sewon. Sejumlah 5 Liter lumpur aktif di masukkan ke dalam tangki reaktor yang di dalamnya terdapat media *bioball* yang difungsikan sebagai tempat bakteri untuk tinggal dan berkembang biak. Waktu *seeding* yang diberikan ialah selama tujuh hari. Selama *seeding* tersebut dilakukan pengujian terhadap parameter COD yang bertujuan untuk mengetahui perkembangan-biakan bakteri yang ditempatkan pada reaktor aerobik dimana diketahui dengan terjadinya penurunan kadar COD pada air sampling secara *continue*.

Sampling pada reaktor pengolahan dilakukan pada *effluen* tangki aerobik dan kran pada pipa penghubung antara tangki anaerobik-aerobik. Proses pengujian dilakukan selama enam hari. Untuk pengujian sampel dilakukan pada hari ke 1, 3, dan 5. Hal ini diasumsikan bahwa proses pengolahan air limbah yang dilakukan akan berlangsung selama satu hari.

4.2 Analisa Hasil Penyisihan Dengan Variasi Waktu Tinggal 24 Jam

Setelah proses *seeding* berjalan selama tujuh hari, maka air limbah domestik dimasukkan ke dalam reaktor untuk dilakukan pengolahan dan pengujian. Air limbah yang telah dimasukkan ke dalam reaktor kemudian dianalisis setiap dua hari sekali dalam kurun enam hari untuk melihat apakah terjadi pengolahan secara baik atau tidak.

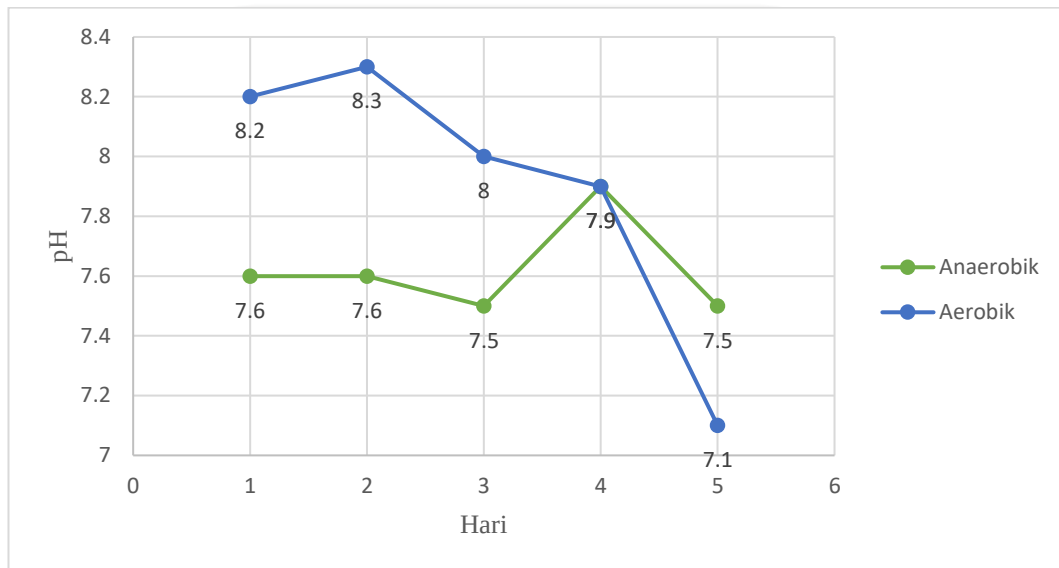
4.2.1 Kondisi Fisik Air Limbah

Berikut merupakan data hasil pengujian karakteristik fisik air limbah pada reaktor pengolahan.

Tabel 4. 2 Data Hasil Analisis Kondisi Fisik Air Limbah

Hari ke	Anaerobik			Aerobik		
	pH	TDS (mg/l)	Suhu (°C)	pH	TDS (mg/l)	Suhu (°C)
0	7,2	489	25,6	-	-	-
1	7,6	510	26,2	8,2	444	26,0
2	7,6	505	26,0	8,3	438	25,9
3	7,5	499	25,1	8	426	25,1

Hari ke	Anaerobik			Aerobik		
	pH	TDS (mg/l)	Suhu (°C)	pH	TDS (mg/l)	Suhu (°C)
4	7,9	483	27,5	7,9	396	28,0
5	7,5	495	26,4	7,1	398	26,1

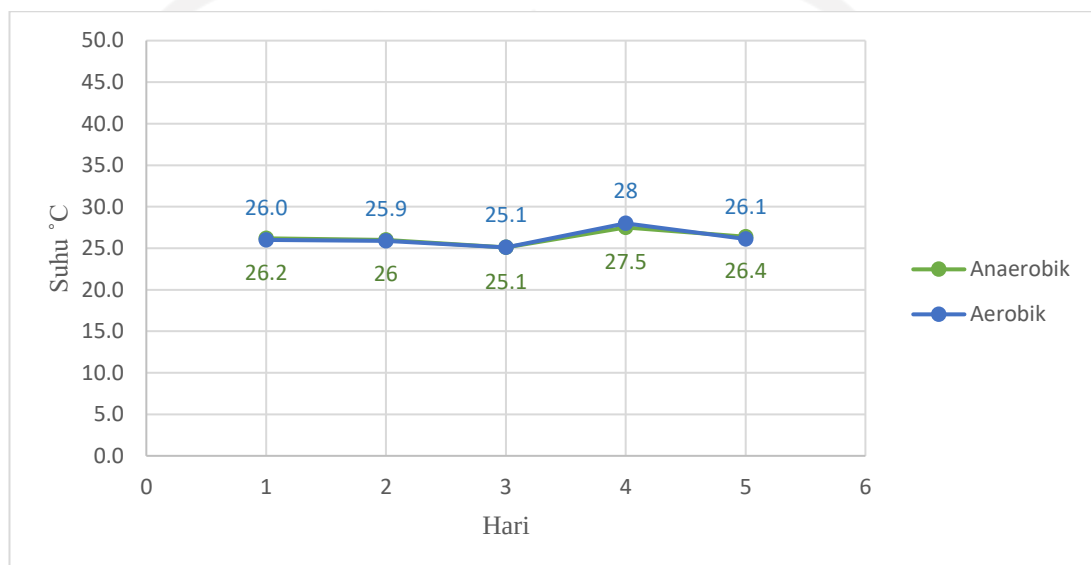


Gambar 4. 1 Grafik Perubahan pH pada Reaktor Pengolahan

Berdasarkan hasil pengukuran pH yang dilakukan pada penelitian ini, pH air limbah yang masuk ke dalam reaktor pengolahan selalu berada pada kondisi basa ($\text{pH} > 7$) dan berada di batas aman baku mutu limbah domestik yang telah ditetapkan. Nilai pH influen akan mempengaruhi jenis mikroorganisme yang hidup di dalam reaktor. Mikroorganisme perombak akan melekat pada permukaan media dan juga tersuspensi di air limbah dan selanjutnya mengurai polutan pencemar. Apabila pH air limbah bersifat asam maka akan mempengaruhi aktivitas dari mikroorganisme perombak dalam aktivitasnya dimana dibutuhkan pH sekitar 6,3-7,8 (Sanjaya dkk, 2017). Menurut Cyio, (2008) akibat dari aktivitas perombakan yang dilakukan mikroorganisme mengakibatkan atom OH^- menjadi bertambah sehingga pH air limbah juga menjadi bertambah.

Selain itu, terdapatnya senyawa amoniak (NH_3) dalam kondisi pH dan temperatur yang memadai, serta aerasi yang cukup baik akan sangat memungkinkan terjadinya proses nitrifikasi yang optimal. Menurut Bitton, (1994) kecepatan

pertumbuhan bakteri nitrifikasi berada pada kisaran pH 7,5-8,5. Ini mengindikasikan bahwa selama pengolahan yang telah dilakukan terjadi reaksi nitrifikasi yang cukup baik karena berada pada kondisi pH yang optimal, sehingga nantinya akan berdampak langsung terhadap amonia.

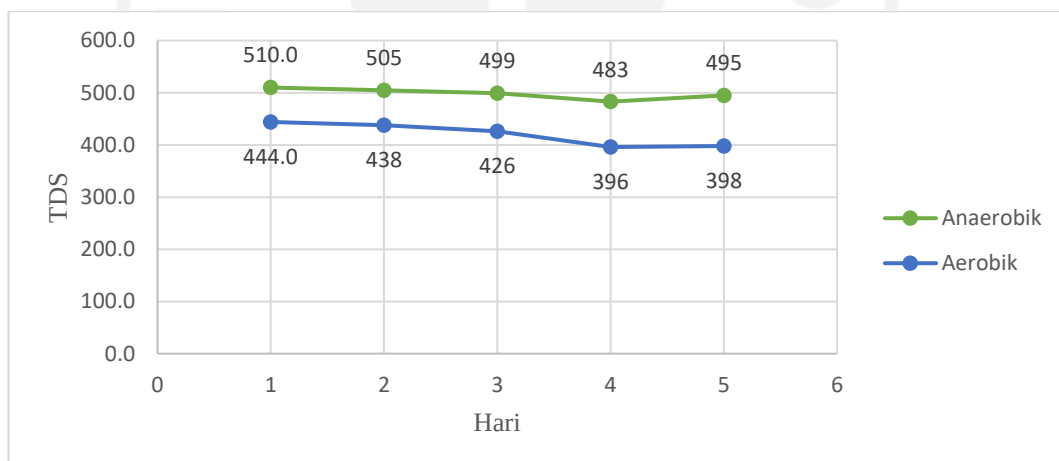


Gambar 4. 2 Grafik Perubahan Suhu pada Reaktor Pengolahan

Sama seperti pH, kondisi suhu berpengaruh terhadap jenis mikroorganisme yang hidup dalam reaktor. Suhu memegang peranan penting dalam keberlangsungan proses pengolahan secara biologis di dalam reaktor. Dari hasil pengukuran suhu selama pengolahan berlangsung fluktuatif, baik pada influen, efluen maupun pada reaktor aerasi. Suhu yang terukur berada pada rentang 25-28°C. dan dapat dikatakan selalu dalam kondisi yang stabil pada suhu yang optimal yakni 26°C. Dalam penelitian Sanjaya dkk., (2017) mengatakan bahwa oksigen terlarut yang terkandung dalam air limbah dapat menurun akibat peningkatan suhu. Apabila terjadi kenaikan suhu 1°C maka kebutuhan oksigen pada mikroorganisme mengalami kenaikan sebesar 10 mg/l.

Effendi, (2002) menyatakan bahwa terdapat faktor eksternal dan internal perbedaan suhu. Dimana kondisi iklim makro dan mikro keberadaan limbah menjadi faktor eksternal sedangkan laju aktivitas mikroorganisme dalam merombak

material organik menjadi faktor internalnya. Temperatur memberikan pengaruh pada pertumbuhan bakteri pada saat bekerja memecah enzim yang berperan dalam sintesis material organik di dalam air limbah. Pertumbuhan bakteri optimal pada proses lumpur aktif berkisar 32-36 °C (Hammaer, 2012). Yang terjadi pada hasil uji coba yang dilakukan temperatur diperoleh tidak mencapai angka 32-36 °C karena kondisi tempat reaktor yang berada di luar ruangan terbuka sehingga pengaruh udara luar memberikan dampak yang cukup besar terhadap temperatur reaktor setiap harinya. Menurut pernyataan Mustami dkk, (2015) rentang proses anaerobik berada pada suhu 25-40°C (mesofilik) dan 55-60 °C (termofilik) sehingga dari hasil pengujian pada tangki anaerob mikroorganisme tidak optimum pertumbuhannya karena tidak ada direntang tersebut.

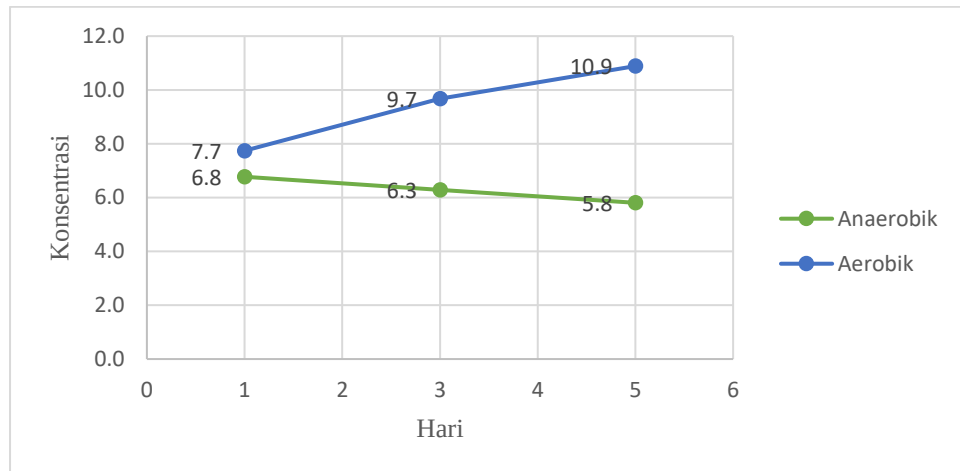


Gambar 4. 3 Grafik Perubahan *Total Dissolved Solid* pada Reaktor Pengolahan

Terjadi penurunan kadar *Total Dissolved Solid* (TDS) pada reaktor anaerobik dan aerobik. Penurunan kadar TDS tertinggi terjadi pada hari ke-1 hingga ke-4 dari tangki anaerobik ke tangki aerobik, tetapi mengalami kenaikan kembali pada hari ke-5. Hal ini diakibatkan karena mikroorganisme yang ada di dalam sel lumpur aktif tidak membentuk flok yang cukup besar, tetapi terdispersi menjadi flok yang sangat kecil atau merupakan sel tunggal sehingga sulit mengendap (Said, 2017). Pada sistem anaerob-aerobik biofilter, kadar TDS yang menurun juga disebabkan oleh lapisan media yang dapat berupa kerikil, pasir, dan ijuk (Febrianda, 2018)

4.2.2 Analisa Kandungan DO

Dari hasil analisa karakteristik air limbah domestik yang akan diolah, berikut hasil penelitian untuk parameter DO pada reaktor anaerobik dan aerobik:



Gambar 4. 4 Grafik Perubahan Konsentrasi *Dissolved Oxygen* pada Tangki Pengolahan

Berdasarkan data hasil pengamatan di atas, proses pemberian oksigen ke dalam reaktor aerobik berjalan dengan baik. Hal ini dibuktikan dengan terjadinya peningkatan nilai DO dari proses anaerobik ke aerobik dari nilai 6,8 mg/l pada hari pertama menjadi 7,7 mg/l. Pada hari ke lima terjadi peningkatan yang sangat signifikan pada nilai DO pada proses anaerobik ke aerobik dari nilai 5,8 mg/l menjadi 10,9 mg/l. Dalam penelitiannya Sanjaya, dkk. (2017) mengatakan bahwa DO dapat digunakan sebagai indikator yang peka untuk proses kimia maupun biologi selain itu juga dapat berfungsi mengetahui gerakan massa air.

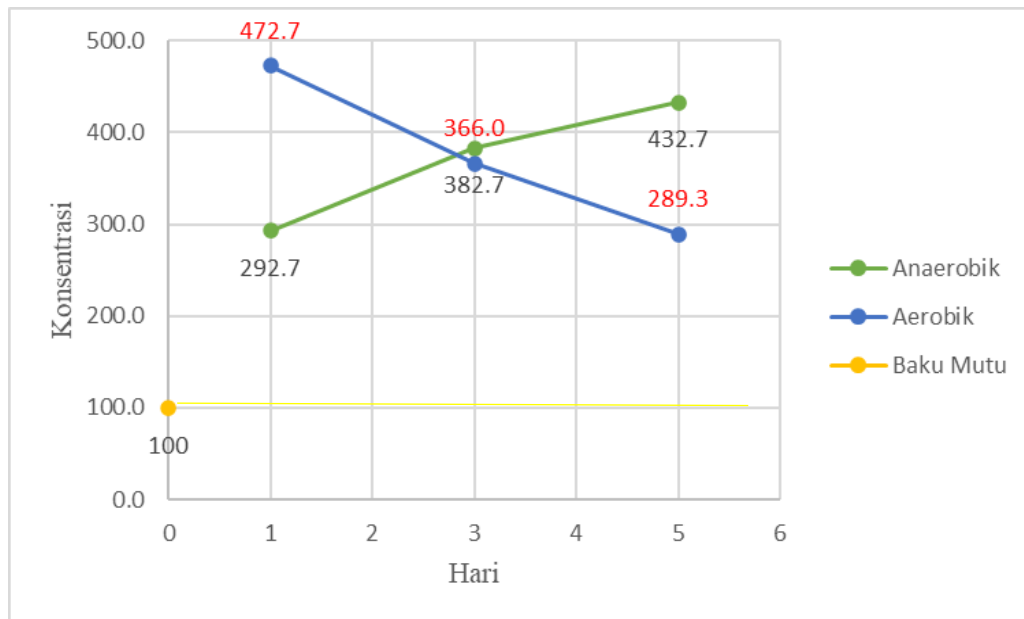
Pada tangki anaerobik konsentrasi DO selama masa pengolahan terjadi penurunan, sehingga dapat disimpulkan bahwa keadaan tanpa oksigen bisa dapat tercapai dari waktu ke waktu pengolahan meski pada awal pengujian diketahui memiliki kadar oksigen yang cukup tinggi. Dalam penelitian yang dilakukan Sanjaya, dkk (2017) fluktuasi DO yang terjadi pada tangki anaerob setiap hari dipengaruhi oleh pencampuran dan pergerakan massa air, jumlah dan aktivitas mikroorganisme, serta respirasi dalam air limbah. Dengan tingginya konsumsi oksigen yang digunakan mikroorganisme menyebabkan DO menjadi rendah. Kadar oksigen yang cukup tinggi pada tangki anaerob yang dilakukan selama masa

pengujian bisa saja disebabkan oleh kontak udara yang mengalir pada sambungan pipa dari tangki aerob ke tangki anaerob pada awal mula dilakukannya pengujian, hal ini disebabkan oleh debit air yang mengalir dari tangki penyimpanan menuju pengolahan tidak besar sehingga memungkinkannya terdapat sisa rongga pada tiap sambungan pipa.

Penggunaan aerator memberikan dampak dalam menaikkan kadar DO pada air limbah yang diuji. Udara yang dimasukkan ke dalam reaktor aerobik dari aerator sebesar 4 liter/menit melalui empat difuser yang masing-masing menyuplai 1 liter/menit pada tangki aerob dan suplai udara ini selalu diawasi setiap harinya agar tidak terjadi perubahan pemberian udara dan tetap terkontrol. Kebutuhan DO tinggi pada pengolahan air limbah memiliki fungsi sebagai pasokan udara bagi mikroorganisme aerob dalam mengurai kandungan organik yang terdapat dalam air limbah. Dalam penelitian Tururaja dan Moge (2012) mengatakan bahwa lumpur aktif yang diberikan oksigen menimbulkan biosintesis dan biodegradasi. Dari proses biosentris ini lumpur aktif menjadi bertambah dan bahan organik terurai menjadi CO_2 , NO_3 , SO_4 , dan PO_4 . Kebutuhan DO yang semakin bertambah oleh mikroorganisme menandakan terjadi peningkatan aktivitas pendegradasian nutrisi dalam air limbah oleh mikroorganisme (Sari. dkk, 2013) Dengan kandungan DO yang tercukupi nantinya akan berdampak pada hasil proses pengolahan pada air limbah.

4.3 Analisa Penyisihan COD

Dari hasil analisa karakteristik air limbah domestik yang akan diolah, yakni berdasarkan perhitungan rata-rata influen yang masuk ke dalam reaktor pengolahan, parameter COD yang melebihi baku mutu air limbah domestik. Berikut hasil penelitian untuk parameter COD pada reaktor anaerobik dan aerobik:



Gambar 4.5 Grafik Perubahan Konsentrasi COD pada Tangki Pengolahan

Dari hasil pengujian selama lima hari tersebut dapat dilihat bahwa terjadi penurunan konsentrasi COD dimana pada karakteristik awal air limbah memiliki konsentrasi sebesar 339,3 mg/l dan mengalami penurunan sebesar 289,3 mg/l. Menurut Fatha (2007), penyebab terjadinya nilai COD tinggi pada air limbah domestik penyebab sebagian besar berasal dari senyawa protein, karbohidrat, dan lemak, namun dengan proses aerasi dapat menurunkan konsentrasinya. Hal ini sesuai dengan pernyataan dalam penelitian yang dilakukan Sari, dkk (2013) bahwa lumpur aktif dan aerasi yang diberikan secara terus-menerus dapat membuat konsentrasi COD turun namun tidak bergantung pada kualitas penambahan lumpur aktif yang diberikan.

Meskipun terjadi penurunan tetapi ada kenaikan konsentrasi COD pada pengujian sampel hari pertama di tangki aerob dimana seharusnya dengan penyuplaian udara yang lebih, konsentrasi COD diharapkan di bawah konsentrasi pada bak anaerob. Penyebab hal ini adalah karena pada saat hari pertama pengujian sampel air limbah yang menetap pada tangki aerob memiliki waktu tinggal dan kontak yang lebih sedikit dari pada air limbah yang berada pada tangki anaerob, dikarenakan pada tangki aerob awalnya telah diisi oleh lumpur aktif dan dilakukan *seeding* dimana dalam proses ini dilakukan pemberian air limbah terlebih dahulu

sebagai makanan bagi mikroorganisme pengurai yang ada pada lumpur aktif. Sehingga jika dilihat pada grafik, konsentrasi COD anaerob hari pertama lebih rendah yaitu 292,7 mg/l sedangkan pada aerob 472,7 mg/l. Namun seiring waktu pengolahan konsentrasi COD pada tangki aerob terjadi penurunan sedangkan pada tangki anaerob konsentrasi COD mengalami kenaikan sehingga dapat diduga bahwa pengolahan yang terjadi dan dilakukan oleh bakteri yang berada di tangki anaerob tidak berjalan dengan baik. Dalam penelitian lain yang telah dilakukan oleh Ningrum, (2018) hasil yang diperoleh dari pengujian dengan variasi waktu 24 jam diperoleh efisiensi COD terbesar dengan metode anaerobik sebesar 95,75%. Hasil yang berbeda ini dapat diakibatkan oleh hasil seeding yang dilakukan kurang maksimal sehingga pada pengujian yang telah dilakukan tidak dapat mencapai penyisihan optimal pada tangki anaerobik yang dibuat.

Hasil penyisihan yang terjadi selama proses pengolahan berlangsung selama lima hari ternyata hanya mampu menurunkan konsentrasi COD sebesar 289,3 mg/l sedangkan baku mutu yang ditetapkan sebesar 100 mg/l sehingga hasil tersebut masih jauh di atas baku mutu yang telah ditetapkan.

Tabel 4. 3 Persentase Penyisihan COD

Hari Ke-	Anaerobik	Aerobik	Efisiensi Penyisihan %
1	292,7	472,7	-61,50
3	382,7	366,0	4,36
5	432,7	289,3	33,14

Berdasarkan hasil pengamatan efisiensi diatas, pengolahan yang coba dilakukan belum berjalan dengan baik dan maksimal. Ini dibuktikan dengan efisiensi penyisihan COD yang kurang dari 50 %. Pengurangan konsentrasi COD yang rendah pada kondisi anaerob bisa diakibatkan oleh jangka waktu yang kurang bagi mikroorganisme untuk adaptasi, baik mikroorganisme dari air limbah maupun lumpur aktif (Sanjaya, dkk. 2017).

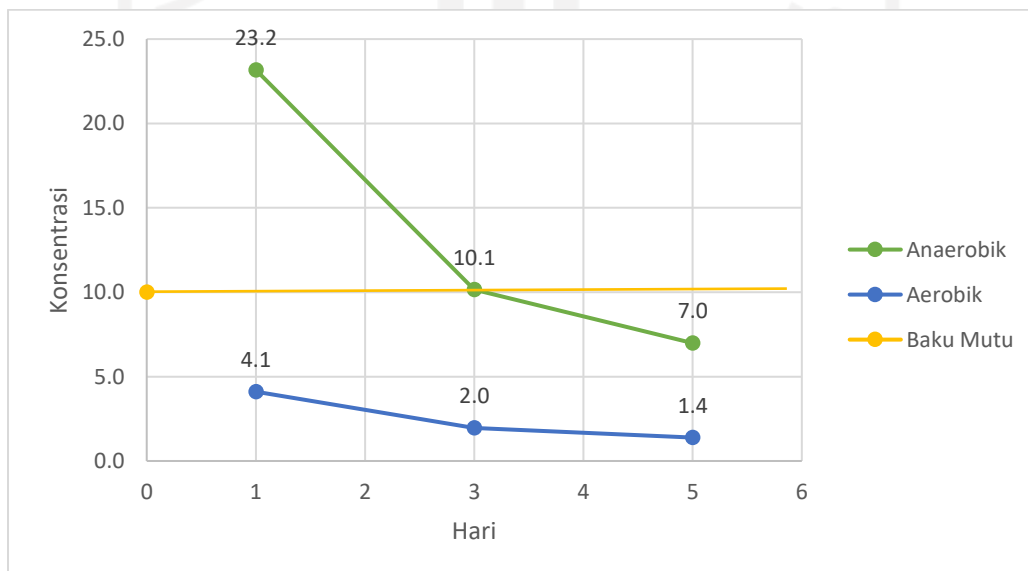
4.4 Analisa Penyisihan Amonia

Dari hasil analisa karakteristik air limbah domestik yang akan diolah, yakni berdasarkan perhitungan rata-rata influen yang masuk ke dalam reaktor pengolahan parameter amonia yang melebihi baku mutu air limbah domestik. Berikut hasil penelitian untuk parameter amonia pada reaktor anaerobik dan aerobik:

Tabel 4. 4 Data Hasil Analisis Parameter Amonia

Hari Ke-	Anaerobik (mg/l)	Aerobik (mg/l)
0	25,2	-
1	23,2	4,1
3	10,1	2,0
5	7,0	1,4

Konsentrasi amonia yang diperoleh setelah melalui proses pengujian berlangsung sebesar 1,4 mg/l pada hari ke 6. Hasil tersebut sangat signifikan penurunannya jika dibandingkan dengan konsentrasi awal karakteristik air limbah yang akan diolah pada reaktor yang memiliki nilai 25,2 mg/l.



Gambar 4. 6 Grafik Perubahan Konsentrasi Amonia pada Tangki Pengolahan

Dalam grafik yang ditunjukkan pada gambar di atas dapat dilihat bahwa kedua reaktor pengolahan yaitu anaerobik-aerobik mampu bekerja menurunkan

konsentrasi amonia yang terkandung di dalam air limbah. Pada tangki reaktor anaerobik, amonia mampu diturunkan konsentrasinya dari 23,2 mg/l menjadi 7 mg/l selama selang waktu pengujian, dimana konsentrasi ini telah memenuhi standar baku mutu yang ditetapkan. Sedangkan pada tangki reaktor aerobik proses penurunan konsentrasi amonia juga memberikan hasil yang sangat baik. Reaktor dapat dikatakan bekerja dengan baik dalam menurunkan kadar amonia dalam air limbah.

Tabel 4. 5 Persentase Penyisihan Amonia

Hari Ke-	Anaerobik	Aerobik	Efisiensi Penyisihan %
1	23,2	4,1	82,33
3	10,1	2	80,19
5	7	1,4	80

Berdasarkan tabel diatas, diketahui bahwa pada waktu tinggal 1 hari merupakan efisiensi terbesar penurunan konsentrasi amonia, dimana konsentrasi amonia turun dari 23,2 mg/l menjadi 4,1 mg/l dengan efisiensi yang diperoleh sebesar 82,33%. Sedangkan pada keseluruhan waktu pengujian sampel diperoleh kestabilan efisiensi penurunan konsentrasi amonia sekitar 80%. Pada penelitian sebelumnya oleh Farahdiba dkk, (2019) penggunaan media *bioball* dalam menurunkan kadar amonia dapat mencapai 75,16% menggunakan jenis bola dan rambut dan pada kondisi anaerob. Konsentrasi rerata pada tangki aerob telah mampu memenuhi baku mutu limbah domestik dengan kadar maksimum yang telah ditentukan yaitu sebesar 10 mg/l. Penurunan konsentrasi amonia di dalam reaktor ini disebabkan karena adanya aktivitas penguraian nitrogen organik dan nitrogen anorganik yang berasal dari bahan organik oleh mikroorganisme, lalu ditambah dengan bantuan dari penambahan oksigen yang diberikan melalui aerator cukup membuktikan bahwa pengolahan air limbah dengan proses anaerob-aerob ini mampu diandalkan dalam menurunkan konsentrasi amonia dalam air limbah domestik.

Kandungan amonia (NH_3^+) dan amonium (NH_4^+) dalam air limbah dapat memberikan gambaran tingkat keasaman pada air limbah. Jika material ammonium

(NH_4^+) dominan terhadap air limbah maka mengabarkan bahwa air limbah memiliki pH rendah. Apabila kandungan Ammonia (NH_3^+) yang lebih tinggi pada air limbah maka pH air limbah tinggi (Amin et al. 2016). Selain itu menurut Farahdiba dkk, (2019) kandungan amonia dapat berdampak pada iritasi saluran pernapasan, kulit, mata dan bahkan kematian.

4.5 Analisa Penyisihan Nitrit dan Nitrat

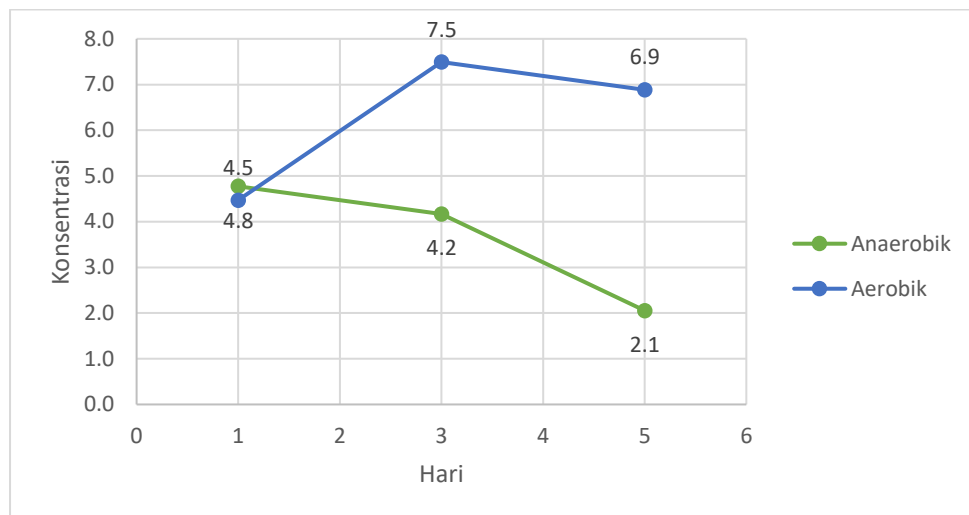
Dari hasil analisa karakteristik air limbah domestik yang akan diolah, yakni berdasarkan perhitungan rata-rata influen yang masuk ke dalam reaktor pengolahan, parameter nitrit dan nitrat yang melebihi baku mutu air limbah domestik. Berikut hasil penelitian untuk parameter nitrit dan nitrat pada reaktor anaerobik dan aerobik.

Tabel 4. 6 Data Hasil Analisis Parameter Nitrit

Hari Ke-	Anaerobik (mg/l)	Aerobik (mg/l)
0	3,6	-
1	4,8	4,5
3	4,2	7,5
5	2,1	6,9

Dari data yang diperoleh dalam hasil pengujian diketahui bahwa pada pengujian konsentrasi nitrit di tangki anaerob mengalami fluktuasi pada hari pertama mengalami kenaikan sebesar 4,8 mg/l sedangkan konsentrasi awal air limbah masuk diperoleh hasil 3,6 mg/l. kenaikan yang terjadi seharusnya sulit terjadi karena kondisi yang diharapkan pada tangki anaerob adalah kondisi yang minim oksigen, namun hal ini dapat dikaitkan dengan keberadaan konsentrasi DO yang diperoleh dari pengujian hari pertama sebesar 6,8 mg/l sehingga reaksi nitrifikasi juga terjadi pada tangki anaerob. Selain itu menurut Said dan Hartaja, (2015) kondisi pH yang terdapat pada limbah jika basa membuat konsentrasinya cenderung tinggi dan umumnya nilainya lebih besar dari inlet. Dapat diperhatikan pula pada hari terakhir pengujian konsentrasi nitrit mengalami penurunan, hal ini berbanding lurus dengan keberadaan konsentrasi DO yang ikut menurun pada hari ke-5. Sedangkan pada tangki aerob, pemberian oksigen memberikan efek kenaikan

hingga dua kali lipat dari tangki anaerob, dimana pada hari ke enam mengalami peningkatan konsentrasi nitrit sebesar 6,9 mg/l dari semula konsentrasi pada tangki anaerobik sebesar 2,1 mg/l.



Gambar 4. 7 Grafik Perubahan Konsentrasi Nitrit pada Tangki Pengolahan

Pada gambar grafik di atas dapat dilihat jika proses pembentukan nitrit mengalami lonjakan yang cukup tinggi pada tangki aerob dan terjadi penurunan cukup signifikan pada tangki anaerob selama berlangsungnya proses pengolahan air limbah. Proses nitrifikasi yang hanya sampai pada orde pertama (nitrit) biasanya disebabkan oleh tingginya konsentrasi amonia, namun hal ini dapat berlangsung baik apabila didukung pH dan suhu optimal (Sya'bani, 2013).

Tabel 4.7 Persentase Peningkatan Nitrit

Hari Ke-	Anaerobik	Aerobik	Persentase Peningkatan (%)
1	4,8	4,5	-6.67
3	4,2	7,5	44
5	2,1	6,9	69,57

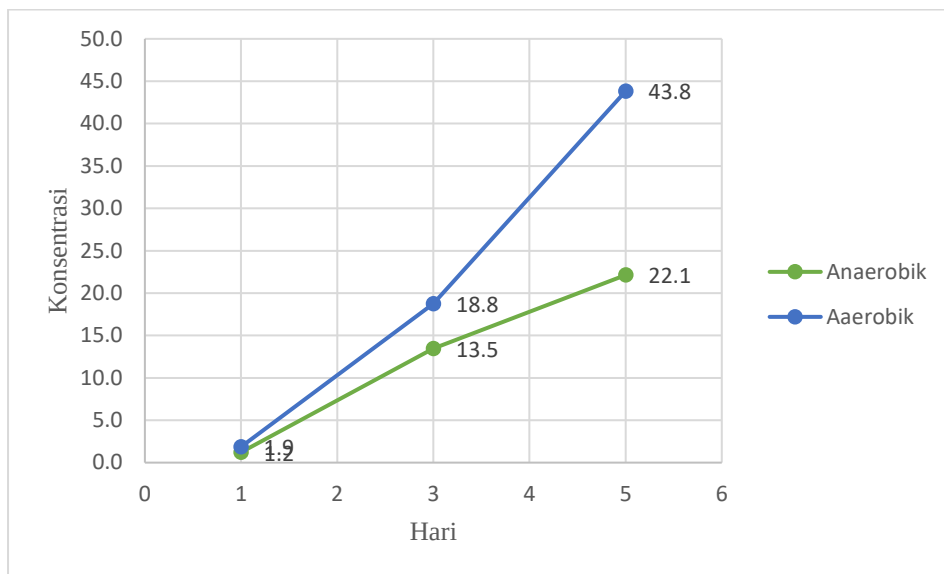
Selama proses pengujian berlangsung diketahui bahwa pada hari ke lima konsentrasi nitrit mengalami kenaikan yang lebih besar yaitu sekitar 69,57%. Beberapa faktor dapat mempengaruhi proses nitrifikasi terjadi yaitu amonia,

oksigen yang terlarut, suhu, pH dan lamanya waktu kontak yang berlangsung. Ion amonia selain sebagai sumber energi untuk proses nitrifikasi juga dapat menghambat proses tersebut apabila berlebih karena ia bersifat menghambat pertumbuhan bakteri *Nitrobacter* (Jenie & Rahayu, 1993). Namun yang terjadi pada hari pertama persentase pembentukan nitrit bernilai negatif, padahal konsentrasi oksigen terlarut yang ada dalam air limbah lebih besar yaitu sekitar 7,7 mg/l, meskipun perbedaan tidak cukup jauh antara konsentrasi pada anaerob dan aerob. Hal ini mungkin terjadi karena proses awal penyesuaian yang dilakukan bakteri *nitrosomonas* dalam melakukan oksidasi amonia. Keberadaan nitrit yang tinggi di lingkungan dapat menyebabkan dampak pada manusia yaitu penurunan kapasitas darah (Sya'bani, 2013).

Tabel 4. 8 Data Hasil Analisis Parameter Nitrat

Hari ke	Anaerobik (mg/l)	Aerobik (mg/l)
0	1,3	-
1	1,2	1,9
3	13,5	18,8
5	22,1	43,8

Data hasil dari pengujian pada parameter nitrat diperoleh konsentrasi pengujian hari pertama sebesar 1,2 mg/l pada tangki anaerob dan mengalami kenaikan hingga pada hari terakhir pengujian sebesar 22,1 mg/l. Jika dilihat pada proses pembentukan nitrit yang terjadi pada tangki anaerob maka seharusnya nilai konsentrasi nitrat yang dihasilkan tidak terlampau jauh. Dapat dilihat bahwa pada proses nitrifikasi sebelumnya konsentrasi cenderung menurun sampai akhir pengujian namun hasil yang diperoleh dari proses oksidasi nitrit menjadi nitrat menghasilkan nilai yang lebih besar. Berbeda pada tangki aerob, dimana konsentrasi nitrat sebanding dengan kenaikan yang terjadi pada proses pembentukan nitrit sebelumnya pada tangki aerob dengan konsentrasi sebesar Nitrat sebesar 43,8 mg/l. Konsentrasi tinggi pada nitrat di lingkungan dapat berdampak terjadinya eutrofikasi dalam badan air meski senyawa ini tidak meracuni organisme air (Sya'bani, 2013)



Gambar 4. 8 Grafik Perubahan Konsentrasi Nitrat pada Tangki Pengolahan

Grafik di atas menggambarkan bahwa pada tiap waktu pengujian yang berlangsung selalu terjadi kenaikan konsentrasi nitrat pada air yang diolah. Dengan demikian oksidasi nitrit oleh bakteri *Nitrobacter* telah dilakukan dengan sempurna. Meskipun ada kenaikan yang juga terjadi pada tangki anaerob terhadap konsentrasi nitrat.

Tabel 4. 9 Persentase Peningkatan Nitrat

Hari Ke-	Anaerobik	Aerobik	Persentase Peningkatan (%)
1	1,2	1,9	36,84
3	13,5	18,8	28,19
5	22,1	43,8	49,54

Pada tabel di atas ditunjukkan persentase peningkatan yang terjadi dari proses sempurna nitrifikasi. Peningkatan konsentrasi nitrit optimal terjadi pada hari ke lima dengan hampir mencapai 50%. Namun juga terjadi penurunan konsentrasi ketika dilakukan pengujian pada hari ke tiga yang hanya mampu meningkatkan konsentrasi sebesar 28,19%. Peningkatan kadar nitrit dan nitrat ini berbanding terbalik dengan penurunan kadar amoniak, hal ini dikarenakan nitrit dan nitrat

merupakan produk yang dihasilkan dari proses oksidasi amoniak, sehingga jika terjadi penurunan signifikan pada kadar amoniak maka akan terjadi peningkatan pada kadar nitrit dan nitrat.

4.6 Total Inorganik Nitrogen (TIN)

Kenaikan senyawa nitrit dan nitrat yang terjadi selama proses penelitian berlangsung, bersamaan dengan peningkatan efisiensi penyisihan senyawa amoniak, menunjukkan terjadinya perubahan struktur kandungan nitrogen di dalam air limbah selama proses pengolahan berlangsung. Penyisihan total inorganik nitrogen ini menunjukkan berlangsungnya reaksi nitrifikasi maupun denitrifikasi. Dengan semakin tingginya oksidasi amoniak yang menghasilkan nitrit dan nitrat, didukung pula oleh proses denitrifikasi yang mengubah senyawa nitrit menjadi N₂ mengindikasikan penyisihan total nitrogen semakin tinggi, begitu juga sebaliknya.

Untuk mengetahui perubahan tersebut, dilakukan analisa perhitungan total inorganik nitrogen (TIN) dalam air limbah sebelum dan sesudah diolah. Analisa total inorganik nitrogen dihitung dengan menggunakan Persamaan 4.1. (Said, 2013)

$$TIN = (0,82 \times [NH_3]) + (0,30 \times [NO_2]) + (0,23 \times [NO_3]) \dots\dots\dots(4. 1)$$

Keterangan :

[NH₃] = Konsentrasi amoniak (mg/l)

[NO₂] = Konsentrasi nitrit (mg/l)

[NO₃] = Konsentrasi nitrat (mg/l)

0,82 = Faktor perbandingan berat massa atom N dalam senyawa ammonium

0,30 = Faktor perbandingan berat massa atom N dalam senyawa nitrit

0,23 = Faktor perbandingan berat massa atom N dalam senyawa nitrat

Dengan menggunakan persamaan diatas, didapatkan perbandingan total inorganik nitrogen di dalam air limbah sebelum dan sesudah memasuki pengolahan.

Tabel 4. 10 Perhitungan Total Inorganik Nitrogen (TIN)

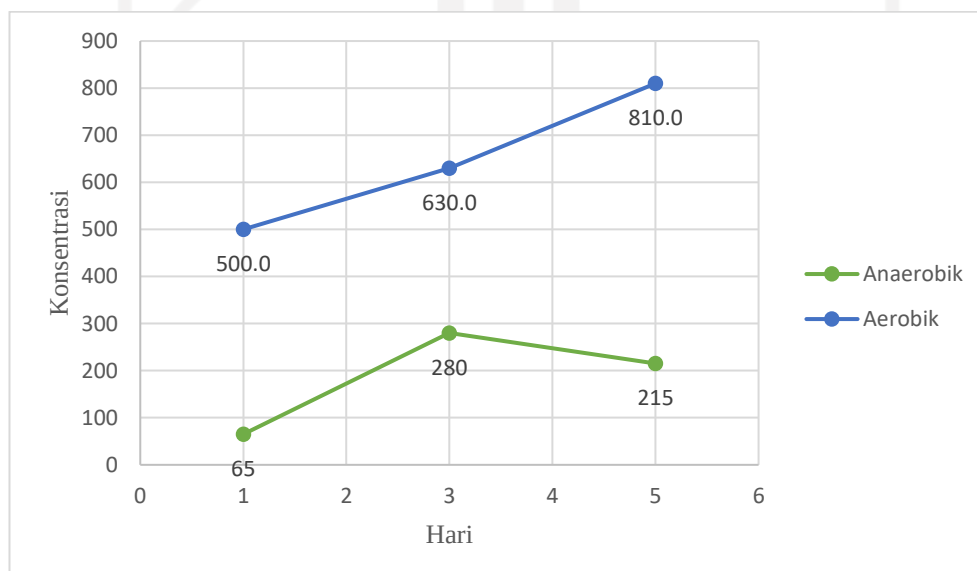
Hari ke	Waktu Tinggal	Anaerobik (mg/l)	Aerobik (mg/l)	Efisiensi (%)
0	24 jam	22,04	-	-
1		20,74	5,15	75,17

Hari ke		Anaerobik (mg/l)	Aerobik (mg/l)	Efisiensi (%)
3		12,65	8,21	35,05
5		11,45	13,29	-16,06

Menurut Sya'bani (2013) Penyisihan nitrogen di bawah 50% pada proses nitrifikasi masih belum sempurna dan berada pada reaksi orde pertama ($\text{NH}_4 \rightarrow \text{NO}_2$). Berdasarkan tabel di atas menunjukkan penyisihan nitrogen pada hari pertama dan ketiga berturut-turut sebesar 75,17% dan 35,05%, sehingga proses sempurna nitrifikasi terjadi pada hari pertama. Sedangkan proses denitrifikasi terjadi pada hari ke-5 dengan dibuktikan nilai persentase efisiensi yang bernilai negatif sebesar 16,06%. Penyisihan Total Inorganik Nitrogen (TIN) ini menggambarkan bahwa telah terjadi proses fiksasi nitrogen (pembentukan senyawa kompleks nitrogen) dari reaksi nitrifikasi amoniak yang menghasilkan senyawa nitrit dan nitrat.

4.7 Pengendapan Lumpur

Pengukuran konsentrasi *mixed liquor suspended solids* (MLSS) dilakukan dalam penelitian ini sebanyak 3 kali, yakni pada hari ke-1, ke-3, dan ke-5. Proses pengolahan yang dilakukan dengan waktu tinggal selama 24 jam. Data pengukuran MLSS dapat dilihat dalam gambar 4.9 dibawah ini:

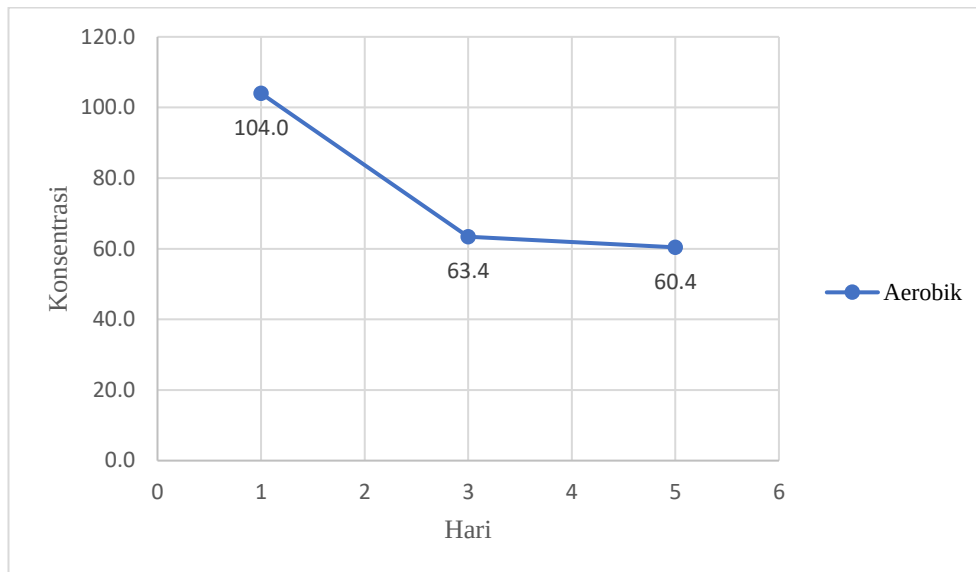


Gambar 4. 9 Grafik MLSS

Melihat tabel diatas, konsentrasi MLSS menunjukkan peningkatan selama pengolahan berlangsung pada bak aerobik. Hal ini mengindikasikan kuantitas lumpur maupun biofilm semakin besar dan menumpuk dari hari ke hari. Waktu tinggal sel rata-rata dan waktu tinggal hidrolis saling berkaitan dengan MLSS, dimana apabila terjadi kondisi waktu tinggal hidrolis sama dengan waktu regenerasi sel mikroorganisme maka dapat menyebabkan *wash out* atau mikroorganisme keluar reaktor sebelum terjadi pertumbuhan dan MLSS menjadi berkurang akibat dari proses yang tidak berlangsung di reaktor.

Dikarenakan dalam penelitian ini tidak dilakukan pengukuran MLVSS dan BOD, maka tidak bisa dipastikan berapa konsentrasi mikroorganisme yang hidup di dalam jumlah lumpur yang terbentuk. Namun dilihat dari efisiensi peningkatan yang cukup tinggi, menunjukkan bahwa ada peran mikroorganisme baik yang tersuspensi maupun melekat di biofilm. Konsentrasi akhir yang diperoleh dari hasil pengujian sebesar 810 mg/l. Pada penelitian yang dilakukan oleh Nusanthary dkk (2012) telah diperoleh hasil efisiensi penggunaan MLSS sekitar 1000 mg/liter dapat mengolah air limbah rumah tangga secara efisien.

MLSS berfungsi agar padatan tersuspensi pada larutan di dalam bak/tangki aerasi dapat diketahui kuantitasnya. Nilai MLSS mempengaruhi proses perombakan bahan organik pada limbah (Sari, dkk. 2013). Jika nilai MLSS tinggi, maka mikroorganisme pada lumpur aktif juga akan semakin banyak, sehingga diharapkan nilai MLSS pada pengolahan kontinyu semakin bertambah. Untuk mendapatkan kondisi tersebut maka membutuhkan proses aerasi dan pemenuhan nutrisi yang baik bagi pertumbuhan dan perkembangbiakkan mikroorganisme lumpur aktif. Sudaryati, dkk. (2007) menyatakan jika untuk berkembangbiak mikroorganisme membutuhkan waktu yang cukup serta komponen pendukung lainnya tersedia.



Gambar 4. 10 Grafik SVI

Sludge Volume Index adalah ukuran umum yang digunakan untuk mengetahui kualitas lumpur. Dalam proses pengolahan air limbah, lumpur dengan kualitas baik umumnya akan menghasilkan limbah yang memenuhi nilai baku mutu. SVI mempertimbangkan konsentrasi padatan larutan tersuspensi padat (MLSS) dan volume yang digunakan sejumlah lumpur tertentu. Secara umum, kualitas lumpur yang baik memiliki SVI pada kisaran 50-150 ml/gram (Ningtyas,2015).

Semakin tinggi SVI, semakin lambat lumpur mengendap. Jika lumpur mengendap terlalu lambat, ini dapat menyebabkan hilangnya padatan tersuspensi di atas bendung penjernih. Jika SVI mengendap terlalu cepat, dan SVI <50 ini bisa disebabkan *pin floc*, yang umumnya (tetapi tidak selalu) disebabkan oleh lumpur tua (Jenkins, 2017). Menurut Said dan Utomo, (2007) pada pengolahan lumpur aktif nilai SVI dengan MLSS < 3500 mg/l yang normal berada pada 50-150 ml/gr. Sehingga nilai SVI yang telah diuji masih berada dalam batas normal meski trend yang terjadi adalah nilai SVI di hari ke empat dan lima menurun.

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

Dalam bab ini membahas tentang kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan serta saran yang diperlukan sebagai bahan evaluasi dan pertimbangan pada penelitian berikutnya.

5.1 Kesimpulan

1. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan dengan proses *pilot scale* anaerobik-aerobik dan waktu tinggal satu hari, dapat memberikan pengaruh terhadap penurunan konsentrasi COD sebesar 33,14% meskipun belum mampu memenuhi baku mutu air limbah yang telah ditentukan dengan keluaran sebesar 289,3 mg/l. Pada amonia (NH_3) dapat memberikan penyisihan sebesar 82,33% dengan keluaran akhir sebesar 1,4 mg/l. Pada proses nitrifikasi pengaruhnya pada konsentrasi nitrit akhir sebesar 6,9 mg/l dengan efisiensi kenaikan sebesar 69,57%, dan pada nitrat memberikan pengaruh kenaikan 49,54% dengan keluaran akhir 43,8 mg/l.
2. Proses oksidasi amonia sempurna terjadi pada hari pertama dengan efisiensi 75,17%.

5.2 Saran

1. Menambahkan waktu pengujian dan pengambilan data menjadi 30 hari, sehingga dapat ditentukan waktu optimum yang dibutuhkan reaktor untuk *removal* kontaminan hingga mencapai baku mutu.
2. Menambahkan parameter pengujian sehingga didapatkan data yang lebih lengkap untuk bisa dianalisa lebih mendalam kinerja reaktor anaerobik-aerobik menggunakan media *bioball biofilm*.
3. Pembuatan tangki anaerob harus dibuat dengan baik agar mencegah terjadinya udara masuk ke dalam sehingga mempengaruhi kinerja pengolahan secara anaerob.

DAFTAR PUSTAKA

- Amin, A., Sitorus, S., & Yusuf, B. (2016). ***Pemanfaatan Limbah Tongkol Jagung (Zea mays L.) Sebagai Arang Aktif Dalam Menurunkan Kadar Amonia, Nitrit dan Nitrat Pada Limbah Cair Industri Tahu Menggunakan Teknik Celup***. Jurnal Kimia Mulawarman. 13(2). 78-84.
- Arsawan, M., Suyasa, I. W. B. dan Suarna, W. 2007. ***Pemanfaatan Metode Aerasi Dalam Pengolahan Limbah Berminyak***. Ecotrophic. 2 (2). Hal 1-9.
- Badan Standarisasi Nasional Indonesia. 2008. ***Metoda Pengambilan Contoh Air Permukaan***. SNI 6989.57- 2008. Jakarta: BSN.
- Casban dan Dewi, A. P. 2018. ***Analisis Efektivitas Teknologi Proses Biologis Anaerob-Aerob Dengan Menggunakan Moving Bed System Contact Media Pada Pengolahan Air Limbah Domestik Di Perkantoran***. Seminar Nasional Sains dan Teknologi 2018. ISSN: 2407-1846.
- Cervantes, F. J., Pavlostathis, S.G. And van Haandel, A. C. 2006. ***Advanced Biological Treatment Processes for Industrial Wastewaters: Principles and Applications***, IWA Publishing.
- Cyio, M. B. (2008). ***Efektivitas Bahan Organik dan Tinggi Genangan Terhadap Perubahan Eh, Ph, dan Status Fe, P, Al Terlarut Pada Tanah Ultisol***. Jurnal Agroland. 15(4). Hal 257-263.
- Effendi, M. S. (2002). ***Kinetika fermentasi asam asetat (vinegar) oleh bakteri Acetobacter aceti B 127 dari etanol hasil fermentasi limbah cair pulp kakao***. Jurnal Teknologi dan Industri Pangan. 13(2). Hal 125-135.
- Effendi, H. 2003. ***Telaah kualitas air Bagi pengelolaan Sumber daya dan lingkungan perairan***. Yogyakarta: Kansius.
- Farahdiba, A. U., Latifah, E. J., dan Mirwan, M. 2019. ***Penurunan Ammonia Pada Limbah Cair Rumah Pemotongan Hewan (RPH) Dengan Menggunakan Upflow Anaerobic Filter***. Jurnal Envirotek. Vol 11 No 1
- Fatha, A. 2007. ***Pemanfaatan Zeolit Aktif untuk Menurunkan BOD dan COD Limbah Tahu***. Skripsi. Universitas Negeri Semarang, Fakultas

- Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Semarang.
- Filliazati, M., Apriani, I., dan Zahara, T. A. 2015. ***Pengolahan Limbah Cair Domestik Dengan Biofilter Aerob Menggunakan Media Bioball dan Tanaman Kiambang***. Universitas Tanjungpura, Pontianak.
- Frostell, B. 1983. ***Anaerobic–Aerobic Biological Treatment of Starch Industry Waste Waters***. Starch—Stärke 35 (1983) 185–189.
- Ginting, R. V. 2018. ***Efektivitas Penggunaan Biofilter Sistem Anaerob dan Aerob Untuk Menurunkan Kadar Nitrat dan Fosfat Pada Limbah Rumah Potong Hewan (RPH) Sebagai Media Hidup Haemotococcus pluvialis***. Skripsi. Universitas Riau. Pekanbaru.
- Hammer, M.J. (2012). ***Water and Wastewater Technology 7th edition***. United States: Pearson Prentice Hall, Upper Saddle River
- Jenie, B. S. L. dan Rahayu, W. P. 1993. ***Penanganan Limbah Industri Pangan***. Yogyakarta: Kansius.
- Lin, S. D. 2007. ***Water and Wastewater calculation manual. Second edition***. New york: McGraw Hill.
- Magfirah, F. 2010. ***Pengaruh Waktu Retensi Aerasi terhadap Nilai BOD3, TSS, Amonia dan pH Efluen Limbah Cair Tahu pada Sistem Lumpur Aktif***. Skripsi. Universitas Lambung Mangkurat: Banjarmasin.
- Mason, C. F. 1993. ***Biology of Freshwater Pollution. Second edition***. New York: Longman Scientific and Technical.
- McNeely, R. N., Nelmanis, V. P., and Dawyer, L. 1979. ***Water Quality Source Book, A Guide to Water Quality Parameter***. Inland Waters Directorate, Water Quality Branch, Ottawa.
- Metcalf & Eddy. 2014. ***Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery (5th edition)***. New York: McGraw Hill.
- Mustami, K.H., Risma, Ainun, S., dan Hartati, E. 2015. ***Karakteristik Substrat Dalam Proses Anaerob menggunakan Biodigester***. Jurnal Reka Lingkungan No 2, Vol. 3.
- Ningrum, I. H. 2018. ***Studi Penurunan COD dan Amonia Pada Limbah Cair Tinja Menggunakan Biofilter Anaerob Media Sarang Tawon***. Skripsi.

Universitas Sumatera Utara. Medan

- Noerbambang, S. M. dan Morimura, T. 2005. ***Perencanaan dan Pemeliharaan Sistem Plambing***. Jakarta: PT Pradnya Paramita.
- Novonty, V. and Olem, H. 1994. ***Water Quality, Prevention, Identification, and Management of Diffuse Pollution***. New York: Van Nostrans Reinhold.
- Nugroho, Rudi. 2010. ***Pengembangan Teknologi Untuk Mengolah Senyawa Nitrogen Dalam Air Limbah Dengan Menggunakan Reaktor Berbahan Isian Batu Belerang dan Batu Kapur***. Pusat Teknologi Lingkungan-BPPT.
- Nusanthary, D. L., Colby, E. R., dan Santosa, H. 2012. ***Pengolahan Air Limbah Rumah Tangga Secara Biologis Dengan Media Lumpur Aktif Suatu Usaha Pemanfaatan Kembali Air Limbah Rumah Tangga Untuk Kebutuhan Mandi dan Cuci***. Jurnal Teknologi Kimia dan Industri Vol. 1, No. 1, Tahun 2012 Hal. 454-460
- Pemerintah Republik Indonesia. 2001. ***Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 68 Tahun 2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik***. Jakarta.
- Pemerintah Republik Indonesia. 2001. ***Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 4 Tahun 2017 Tentang Penyelenggaraan Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik***. Jakarta.
- Purwanti, I. F., Yoedihanto, G. dan Masduqi, A. 2003. ***Kinerja Digester Aerobik dan Pengering Lumpur dalam Mengolah Lumpur Tinja***. Jurnal Purifikasi. 4 (1). 25-30.
- Sari, F. R., Annissa, R., dan Tuhuloula, A. .2013. ***Perbandingan limbah dan Lumpur Aktif Terhadap Pengaruh Sistem Aerasi Pada Pengolahan Limbah CPO***. EISSN: 2541-3481. Volume 2 No 1, hal 39-44
- Said, N. I. 2005. ***Aplikasi Bio-Ball untuk Media Biofilter Studi Kasus Pengolahan Air Limbah Pencucian Jean***. Jurnal Air Indonesia Vol. 1 , No.1. Hal 1-11
- Said, N. I. dan Utomo, Kristianti. 2007. ***Pengolahan Air Limbah Domestik Dengan Proses Lumpur Aktif Yang Diisi Dengan Media Bioball***. JAI. Vol 3. No 2.

- Said, N. I., dan Hartaja, D. R. K. 2015. ***Pengolahan Air Lindi Dengan Proses Biofilter Anaerob-Aerob dan Denitrifikasi***. JAI. Vol 8. No 1.
- Said, N. I. 2017. ***Teknologi Pengolahan Air Limbah, Teori dan Aplikasi***. Jakarta: Erlangga.
- Sanjaya, R., Subiantoro, R., dan Supriyatdi, D. 2017. ***Efektivitas Kombinasi Lumpur Aktif dan Natrium Bikarbonat (NaHCO₃) Dalam Pengelolaan Limbah Cair Industri Tebu (Saccharum officinarum L.)***. Jurnal AIP Volume 5 No. 1. Hal 39-56
- Siregar, S. A. 2005. ***Instalasi Pengolahan Air Limbah***. Yogyakarta: Kansius.
- Sugiharto. 2008. ***Dasar dasar pengelolaan air limbah***. Jakarta: UI Press.
- Sudaryati, N. L. G., Kasa, I. W., & Suyasa, I. W. B. (2007). ***Pemanfaatan Sedimen Perairan Tercemar Sebagai Bahan Lumpur Aktif Dalam Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu***. Ecotrophic: Jurnal Ilmu Lingkungan, 3(1), 21-29
- Surya, A. S., Adhia, R. P. W., Hakim, L., dan Siswoyo, E. 2015. ***Perencanaan Pengelolaan Air Limbah di Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia (UII) Yogyakarta***. Prosiding Seminar Nasional Innovation in Environment Management. Universitas Diponegoro dan Universitas Queensland. ISBN 978-602-71228-3-3.
- Sya'bani, M. R. 2013. ***Pengaruh Variasi Waktu Tinggal Hidraulik Terhadap Efisiensi Penyisihan Amoniak (NH₃) Dalam Air Limbah Domestik Pada Sistem Moving Bed Biofilm Reactor***. Skripsi. Universitas Mulawarman: Samarinda.
- Tururaja, T., Moge, R. (2012). ***Bakteri Coliform di Perairan Teluk Doreri, Manokwari Aspek Pencemaran Laut dan Identifikasi Species***. Ilmu Kelautan: Indonesian Journal of Marine Sciences. 15 (1). 47-52
- Wetzel, R. G. 1975. ***Limnology***. Pennsylvania: W.B. Saunders Co.
- Yang, X. M., Yahashi, T., Kuniyasu, K. and Ohmori, H. 2001. ***On-site Systems for Domestic Wastewater Treatment (johkasous) in Japan. In Decentralised Sanitation and Reuse-Concepts, Systems and Implementation***. London: IWA.

LAMPIRAN



(a)

Gambar a. Pilot pengolahan anaerobik-aerobik



(a)

(b)

Gambar a. Tampak samping pilot pengolahan anaerobik-aerobik

Gambar b. Tampak atas tangki aerobik



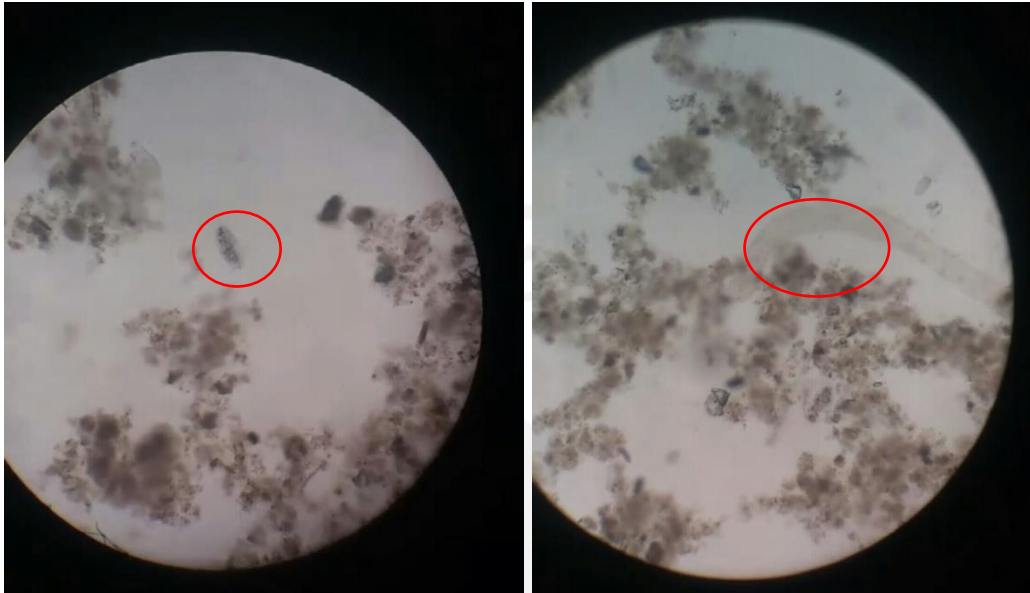
(a)

Gambar a. Pompa aerator pada tangki aerobik



(a)

Gambar a. Media *bioball* pada tangki aerobik



(a)

(b)

Gambar a dan b. Bakteri dan mikroorganisme yang terdapat pada tangki aerobik