



TUGAS AKHIR - RE 184804

**PENGOLAHAN LIMBAH CAIR RUMAH MAKAN
MENGUNAKAN KOMBINASI SURFAKTAN DAN
AKTIVATOR DENGAN SISTEM KERJA LUMPUR AKTIF**

AZARY' RUTH PERPETUA
0321154000106

DOSEN PEMBIMBING
DR. IR. AGUS SLAMET, MSC.

Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019



TUGAS AKHIR - RE 184804

**PENGOLAHAN LIMBAH CAIR RUMAH MAKAN
MENGUNAKAN KOMBINASI SURFAKTAN DAN
AKTIVATOR DENGAN SISTEM KERJA LUMPUR AKTIF**

AZARY' RUTH PERPETUA
03211540000106

DOSEN PEMBIMBING
DR. IR. AGUS SLAMET, MSC.

Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya, 2019



FINAL PROJECT - RE 184804

**TREATMENT OF RESTAURANT WASTEWATER USING
SURFACTANT AND ACTIVATOR COMBINATION WITH
ACTIVATED SLUDGE SYSTEM**

AZARY' RUTH PERPETUA
0321154000106

ADVISOR
DR. IR. AGUS SLAMET, MSC.

Department of Environmental Engineering
Faculty of Civil Environmental and Geo Engineering
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya, 2019

LEMBAR PENGESAHAN

**Pengolahan Limbah Cair Rumah Makan Menggunakan
Kombinasi Surfaktan dan Aktivator dengan Sistem Kerja
Lumpur Aktif**

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik
pada
Program Studi S-1 Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

Oleh:

AZARY RUTH PERPETUA
NRP. 03211540000106

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir



Dr. Ir. Agus Slamet, Msc.
NIP. 19590811 198701 1 001



Pengolahan Limbah Cair Rumah Makan menggunakan Kombinasi Surfaktan dan Aktivator dengan Sistem Kerja Lumpur Aktif

Nama Mahasiswa : Azary' Ruth Perpetua
NRP : 03211540000106
Departemen : Teknik Lingkungan
Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Agus Slamet, Msc

ABSTRAK

Peningkatan jumlah rumah makan di Kota Surabaya merupakan salah satu penyebab meningkatnya sumber pencemaran bahan organik di dalam badan air. Pada umumnya kandungan bahan organik yang terdapat dalam air buangan adalah 40-60% adalah protein, 25-50% berupa karbohidrat serta 10% lainnya berupa lemak atau minyak. Oleh karena itu, harus dilakukan pengolahan terhadap air limbah sebelum dibuang ke badan air. Salah satu alternatif pengolahannya adalah dengan menerapkan sistem kerja SBR. Metode pengolahan biologis dalam penelitian ini dilakukan dengan mengombinasikan surfaktan dan aktivator untuk meningkatkan penyisihan bahan organik.

Pada penelitian awal digunakan tiga variasi konsentrasi COD yaitu 500 mg/L; 1000 mg/L; dan 2000 mg/L yang masing-masing akan ditambahkan dengan variasi konsentrasi surfaktan, yaitu 25 mg/L; 75 mg/L; 100 mg/L; 175 mg/L; dan 250 mg/L. Setelah ditemukan dosis surfaktan optimum, dilakukan pengombinasian surfaktan dan aktivator dengan penerapan sistem kerja SBR. Variasi aktivator yang ditambahkan adalah 10 gram; 20 gram; dan 30 gram. Proses penelitian dilakukan selama tahap aklimatisasi. Dilakukan analisis parameter utama setiap hari dari awal hingga akhir masa penelitian. Parameter utama yang dianalisis adalah nilai permanganat, konsentrasi minyak, dan COD. Selain itu dilakukan pula analisis parameter tambahan yang berupa MLSS, MLVSS, pH, dan DO.

Setelah dilakukan penelitian selama kurang lebih 14 hari, didapatkan hasil bahwa bahan organik termasuk minyak dapat didegradasi oleh bibit bakteri yang berasal dari aktivator walaupun ada kehadiran surfaktan. Selain itu, penelitian menunjukkan bahwa

limbah cair rumah makan dapat diolah dengan menggunakan SBR dan dapat menghasilkan kualitas effluen yang cukup baik bila operasionalnya berjalan secara optimal. Dalam kondisi tanpa penambahan surfaktan, penambahan aktivator sebanyak 30 gram mampu menurunkan konsentrasi minyak sebesar 37,23% dan COD hingga 86,14%. Sedangkan dalam kondisi penambahan surfaktan dengan konsentrasi 75 mg/L, penyisihan minyak terbesar terjadi di dalam reaktor dengan penambahan aktivator 20 gram, yaitu 32,91% dan penyisihan COD terjadi di dalam reaktor dengan penambahan aktivator 30 gram, yaitu sebesar 73,39%. Selama 14 hari penelitian, proses penyisihan bahan organik terus mengalami fluktuasi dikarenakan oleh kondisi substrat dan mikroorganisme yang berbeda setiap harinya. Berdasarkan hasil penelitian ini, penambahan surfaktan berdampak pada penurunan efisiensi penyisihan bahan organik di dalam badan air.

Kata kunci: Aktivator, Bahan Organik, Biodegradasi, Lumpur aktif, Surfaktan.

Treatment of Restaurant Wastewater using Surfactants and Activator Combination With Activated Sludge System

Student Name : Azary' Ruth Perpetua
NRP : 03211540000106
Department : Environmental Engineering
Supervisor : Dr. Ir. Agus Slamet, Msc

ABSTRACT

The development of restaurants in the city of Surabaya is one of the sources of organic materials including oil and grease pollutants in water bodies. In general, organic materials contained in waste water are 40-60% protein, 25% carbohydrate, and the other 10% consists of fat and oil. Therefore, waste water treatment should be carried out before being discharged into the water body. One alternative process of waste water treatment is to implement the SBR work system. The biological treatment method in this study was carried out by combining surfactants and activators to increase the organic matter removal.

In the initial research, three variations of COD concentrations were used which are 500 mg/L; 1000 mg/L; and 2000 mg/L. Each of which will be added to the variation of the surfactant concentration, which are 25 mg/L; 75 mg/L; 100 mg/L; 175 mg/L; and 250 mg/L. After finding the optimum dose of surfactant concentration, combining surfactant and activator will be carried out by applying the SBR work system. The variations of activator are 10 gram; 20 gram; and 30 gram. The main research was observed during the acclimatization stage. All of parameters were analyzed every day from beginning to the end of research period. The main parameters are permanganate value, COD, and oil concentration. And the additional parameters are MLSS, MLVSS, pH, and DO.

After 14 days of research, the results showed that organic materials including fat and oil could be degraded by bacterial seeds from activator despite the presence of surfactant. In addition, research shows the restaurant waste water can be processed using SBR and could produce a good quality effluent if the

operation runs optimally. In condition without the addition of surfactant, the addition of 30 grams of activator could reduce the oil concentration by 37,23% and COD to 86,14%. Whereas in the condition of adding surfactant with a concentration of 75 mg/L, the largest oil allowance occurred in the reactor with the addition of 20 gram activator, which was 32,91% and COD removal occurred in the reactor with the addition of 30 gram activator, which amounted to 73,39%. During the 14 days of research, the process of organic matter removal continued to fluctuate due to the different conditions of substrate and microorganisms every day. Based on the results of this study, the addition of surfactant has an impact on reducing the efficiency removal of organic matter in the water body.

Keywords: Activated sludge, Activator, Biodegradation, Organic Materials, Surfactant.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya kepada kita semua, khususnya pada penulis sehingga dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir yang berjudul **“Pengolahan Limbah Cair Rumah Makan Menggunakan Kombinasi Surfaktan dan Aktivator dengan Sistem Kerja Lumpur Aktif”**. Laporan ini disusun untuk memenuhi persyaratan kelulusan dari mata kuliah “Tugas Akhir (TA)” yang mempunyai bobot 6 sks dan harus ditempuh oleh setiap mahasiswa Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini, penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Agus Slamet, MSc. selaku dosen pembimbing Tugas Akhir (TA), terima kasih atas bimbingan dan kesabarannya dalam membimbing saya untuk penyelesaian tugas ini
2. Bapak Dr. Ir. Ali Masduqi, ST., MT., Bapak Adhi Yuniarto, ST., MT., Ph.D., dan Bapak Alfian Purnomo, S.T.,M.T., selaku dosen pengarah
3. Teman-Teman Teknik Lingkungan 2015 atas bantuan dan motivasinya selama proses pelaksanaan tugas akhir ini
4. Bapak Totok selaku perwakilan dari Rumah Makan Padang Sederhana yang telah mengizinkan saya untuk mengambil sampel air limbah secara rutin.
5. Seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu atas dukungan serta kerjasama yang telah diberikan

Serta tak lupa saya ucapkan terima kasih sebanyak-banyaknya kepada kedua orang tua, abang, dan kakak yang telah membantu saya dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini. Penyusunan Tugas Akhir ini telah diusahakan semaksimal mungkin, namun sebagaimana manusia biasa tentunya masih terdapat kesalahan. Untuk itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan.

Surabaya, Juni 2019
Penulis

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Ruang Lingkup.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Limbah Cair Rumah Makan.....	5
2.2 Pengolahan Limbah Cair.....	6
2.3 Pengolahan Limbah Cair secara Biologis	7
2.3.1 Fase Pertumbuhan Bakteri.....	8
2.3.2 Faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan Bakteri..	9
2.4 Aktivator	11
2.5 Surfaktan	12
2.5.1 Critical Micelle Concentration (CMC).....	13
2.5.2 Tween 80.....	15
2.6 Sequencing Batch Reactor (SBR).....	15
2.6.1 Kriteria Desain SBR.....	20
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	21
3.1 Umum.....	21
3.2 Kerangka Studi	21
3.3 Ide Penelitian.....	24
3.4 Studi Literatur	24
3.5 Penentuan Variabel bebas dan Variabel terikat	24
3.6 Persiapan Penelitian	24
3.7 Penelitian Pendahuluan	26
3.8 Penelitian Utama	27
3.9 Pelaksanaan Penelitian.....	28
3.10 Metode Analisis Parameter	30
3.11 Kesimpulan dan Saran.....	31
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	33
4.1 Karakteristik Awal Air Limbah.....	33
4.2 Pengujian Dosis Surfaktan	34

4.2.1 Pengaruh Surfaktan pada Konsentrasi Minyak.....	35
4.2.2 Pengaruh Surfaktan pada Konsentrasi COD.....	37
4.3 Proses Seeding Lumpur Aktif.....	38
4.4 Proses Aklimatisasi Lumpur Aktif.....	40
4.5 Penelitian Utama.....	45
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	57
5.1. Kesimpulan.....	57
5.2 Saran.....	57
DAFTAR PUSTAKA.....	59

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Ilustrasi Pembentukan Misel	14
Gambar 2. 2 <i>Critical Micelle Concentration</i>	15
Gambar 2. 3 Rumus molekul Tween 80	15
Gambar 2. 4 Skema <i>Sequencing Batch Reactor</i> (SBR).....	16
Gambar 3. 1 Kerangka Studi Penelitian.....	23
Gambar 3. 2 Skema Reaktor Penelitian	25
Gambar 3. 3 Reaktor Penelitian	25
Gambar 3. 4 Skema <i>Kerja Sequencing Batch Reactor</i>	30
Gambar 4. 1 Pengaruh Dosis Surfaktan terhadap Konsentrasi Minyak.....	36
Gambar 4. 2 Pengaruh Dosis Surfaktan terhadap Konsentrasi COD	37
Gambar 4. 3 Pertumbuhan Biomassa dalam Konsentrasi COD 2000 mg/L	39
Gambar 4. 4 Pertumbuhan Biomassa dalam Konsentrasi COD 1000 mg/L	39
Gambar 4. 5 Perubahan Nilai Permanganat dalam Konsentrasi COD 1000 mg/L.....	41
Gambar 4. 6 Perubahan Nilai Permanganat dalam Konsentrasi COD 2000 mg/L.....	41
Gambar 4. 7 Penyisihan Minyak dalam Reaktor COD 2000 mg/L	43
Gambar 4. 8 Penyisihan Minyak dalam Reaktor COD 1000 mg/L	44
Gambar 4. 9 Penyisihan Nilai COD saat Proses Aklimatisasi...45	
Gambar 4. 10 Perubahan Nilai PV pada Reaktor COD 2000 mg/L tanpa Penambahan Surfaktan.....	47
Gambar 4. 11 Perubahan Nilai PV pada Reaktor COD 2000 mg/L dengan Penambahan Surfaktan.....	47
Gambar 4. 12 Penurunan Konsentrasi Minyak pada Proses Lumpur Aktif tanpa Penambahan Surfaktan	48
Gambar 4. 13 Penurunan Konsentrasi Minyak pada Proses Lumpur Aktif dengan Penambahan Surfaktan	49
Gambar 4. 14 Pertumbuhan Biomassa pada Reaktor dengan Penambahan Surfaktan	50
Gambar 4. 15 Pertumbuhan Biomassa pada Reaktor tanpa Penambahan Surfaktan	50

Gambar 4. 16 Kondisi pH dalam Reaktor	53
Gambar 4. 17 Konsentrasi Dissolved Oxygen dalam Reaktor....	52
Gambar 4. 18 Penyisihan Nilai COD pada Hari ke-7 Proses Aklimatisasi	53
Gambar 4. 19 Penyisihan Nilai COD pada Hari ke- 12 Proses Aklimatisasi	54

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Konsentrasi COD air limbah beberapa jenis rumah makan	5
Tabel 2. 2 Hubungan antara Temperatur dan HRT	10
Tabel 2. 3 Parameter Desain Tipikal untuk SBR.....	20
Tabel 2. 4 Kriteria Desain SBR.....	20
Tabel 3. 1 Susunan Variasi Dosis Surfaktan.....	27
Tabel 3. 2 Susunan Variasi Dosis Aktivator dan Surfaktan	29
Tabel 3. 3 Susunan Variasi Dosis Aktivator dan Surfaktan	29
Tabel 3. 4 Metode Analisis Parameter.....	30
Tabel 4. 1 Konsentrasi PV, TS, dan COD air limbah per 2 jam ..	33
Tabel 4. 2 Karakteristik Limbah Cair Rumah Makan	34

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertumbuhan usaha rumah makan masih tercatat sebagai pertumbuhan usaha yang cukup pesat seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk dan kebutuhan masyarakat akan makanan. Menurut Wiwiek Widayati, kenaikan jumlah rumah makan di Surabaya berkisar sekitar 15-20% setiap tahunnya (Anonim, 2011). Menjamurnya rumah makan di Surabaya ternyata merupakan salah satu faktor tingginya pencemaran di badan air. Hal ini disebabkan oleh kegiatan operasional rumah makan, yakni proses mempersiapkan bahan makanan, proses pengolahan makanan, serta proses pembersihan peralatan memasak dan peralatan makan. Limbah cair rumah makan mengandung bahan organik yang salah satunya adalah minyak dan lemak (Zahra, 2015) dengan persentase sebanyak 14-36% (Widyaningsih, 2011).

Minyak mengandung senyawa volatil yang mudah menguap. Karena minyak tidak dapat larut dalam air, maka sisa minyak yang tidak menguap akan tetap mengapung di permukaan air. Minyak yang menutupi permukaan air akan menghalangi penetrasi sinar matahari ke dalam air dan mengurangi konsentrasi oksigen terlarut dalam air karena fiksasi oksigen bebas menjadi terhambat. Akibatnya ikan-ikan akan mati, timbul bau tidak sedap, dan secara keseluruhan akan menurunkan kualitas perairan (Becker, et al., 1999).

Beberapa penelitian terdahulu telah menemukan metode degradasi minyak dan lemak, baik metode fisika maupun kimia. Adsorpsi (karbon aktif, *organoclay*, kopolimer, zeolit dan resin), *sandfilter*, *cyclones* dan evaporasi adalah metode secara fisik sedangkan oksidasi, proses elektro-kimia, fotokatalisis, proses fenton, ozonisasi, cairan ionik pada suhu kamar dan pemisahan emulsi adalah metode secara kimia (Situmorang, 2016). Metode fisika dan kimia umumnya memerlukan biaya yang tinggi dan berpotensi untuk menghasilkan produk sekunder seperti lumpur (Robinson et al., 2001).

Metode biologis merupakan metode alternatif yang lebih menguntungkan karena lebih sederhana, murah, ramah lingkungan, dan tidak menghasilkan produk sekunder dalam

jumlah besar (Rofifah, 2018). Salah satunya melalui proses biodegradasi. Biodegradasi adalah pemecahan senyawa kimia (organik) melalui aktivitas metabolik mikroorganisme. Biodegradasi umumnya terjadi karena senyawa tersebut dapat dimanfaatkan sebagai sumber makanan (substrat) (Sarhini, 2012). Penambahan inokulum pada limbah cair menandakan ada penambahan sejumlah mikroorganisme ke dalam sistem pengolahan limbah cair yang dapat meningkatkan efektivitas pengolahannya. Inokulum mengandung beberapa mikroorganisme yang dapat menurunkan kadar bahan organik misalnya penurunan konsentrasi *Biological Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), padatan tersuspensi (TSS), fosfat, nitrat, nitrit, dan *E. coli* (Siregar 2001). Bioaktivator adalah inokulum campuran berbagai jenis mikroorganisme selulolitik dan lignolitik untuk mempercepat laju degradasi senyawa organik. Dalam bioaktivator ini terdapat berbagai macam mikroorganisme fermentasi dan dekomposer. Mikroorganisme tersebut dapat bekerja secara efektif dalam memfermentasi dan menguraikan bahan organik (Susilo, 2012).

Dalam waktu 3-7 hari sebanyak 25% volume minyak akan menguap dan sisanya akan mengalami emulsifikasi (Fardiaz, 1992). Emulsi adalah suatu sistem dispersi yang terdiri dari dua fase tak saling campur (Aserin, 2008). Emulsi minyak dalam air akan terdegradasi melalui oksidasi, baik secara fotooksidasi maupun menggunakan mikroba. Perombakan oleh mikroba membutuhkan waktu 3-4 bulan dan masih menyisakan 15-20% volume minyak pencemar di perairan (Manik, 2003). Maka dari itu, dibutuhkan surfaktan yang dapat meningkatkan kelarutan minyak dalam air dan meningkatkan ketersediaannya untuk didegradasi oleh bakteri (Joshi et al., 2008).

Dalam penelitian ini akan dilakukan kombinasi penggunaan surfaktan dan aktivator dalam mengolah limbah cair rumah makan dengan sistem kerja lumpur aktif. Metode lumpur aktif merupakan salah satu metode pengolahan limbah yang sederhana dan ekonomis. Lumpur aktif merupakan suatu padatan organik yang telah mengalami peruraian secara hayati sehingga terbentuk biomassa yang aktif dan mampu merombaknya kemudian membentuk massa yang mudah mengendap. Dalam lumpur aktif terkandung bakteri-bakteri yang dapat mencapai 1000 juta per mili

liter. Dalam proses lumpur aktif terdapat dua proses penting yaitu pertumbuhan mikroorganisme dalam lumpur dan penambahan oksigen (aerasi) untuk mendukung kehidupan bakteri (Cisterna, 2017).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka rumusan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Bagaimana efektivitas surfaktan dalam membantu proses degradasi minyak dan lemak?
2. Bagaimana kemampuan kombinasi bakteri dari bioaktivator dan surfaktan dalam mengolah bahan organik yang terkandung dalam limbah cair rumah makan?

1.3 Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Menentukan dosis surfaktan yang paling efektif dalam membantu proses degradasi kandungan minyak dan lemak dalam air limbah.
2. Mengkaji kemampuan kombinasi surfaktan dan bakteri dari aktivator dalam mendegradasi bahan organik dalam limbah cair rumah makan.

1.4 Ruang Lingkup

Ruang Lingkup yang merupakan pembatasan permasalahan dan pembahasan pada penelitian ini adalah:

1. Limbah cair yang digunakan cair diambil dari grease trap rumah makan dan dilakukan *Range Finding Test* untuk menentukan variasi konsentrasi COD.
2. Proses penelitian dilakukan dalam skala laboratorium dengan reaktor berukuran 20x20x20 cm berbahan acrylic yang dilengkapi dengan pompa aerator dan sistem operasinya adalah sistem *batch*.
3. Aktivator yang digunakan adalah bioHS dan surfaktan yang digunakan adalah *Tween 80*.
4. Variasi yang digunakan adalah:
Variasi konsentrasi COD: 500 mg/L; 1000 mg/L; dan 2000 mg/L.

Variasi dosis surfaktan: 25 mg/L; 75 mg/L, 100 mg/L; 175 mg/L; dan 250 mg/L.

5. Parameter yang diukur dalam penelitian ini terbagi atas parameter utama dan parameter pendukung. Parameter utama adalah nilai permanganat, konsentrasi minyak, dan COD. Serta parameter pendukung adalah MLSS, MLVSS, DO, dan pH.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Limbah Cair Rumah Makan

Kontaminan utama limbah cair rumah makan berasal dari proses pencucian alat masak dan makan, serta proses pengolahan makanan dan minuman. Berdasarkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 112 Tahun 2003, air limbah yang berasal dari kegiatan usaha rumah makan wajib memenuhi baku mutu air limbah cair domestik.

Diantara beberapa jenis polutan, kandungan bahan organik merupakan kandungan paling umum yang sering dijumpai di badan air. Pada umumnya zat organik berisikan kombinasi dari karbon, hidrogen, dan oksigen bersama-sama dengan nitrogen. Elemen lainnya yang penting seperti belerang, fosfor, dan besi dapat juga dijumpai. Pada umumnya kandungan bahan organik yang dalam air buangan adalah 40-60% adalah protein, 25-50% berupa karbohidrat serta 10% lainnya berupa lemak atau minyak. Kandungan bahan organik yang sangat tinggi memungkinkan terjadinya proses oksidasi bahan organik oleh mikroorganisme dalam badan air. Proses tersebut akan menggunakan oksigen terlarut dalam badan air, sehingga pada akhirnya ketersediaan oksigen bagi kehidupan di lingkungan tersebut berkurang. Hal ini dapat membawa bahaya kematian makhluk hidup di dalamnya (Tchobanoglous, 1991). Pada tabel 2.1 dapat dilihat kandungan bahan organik rata-rata yang terkandung dalam beberapa air limbah beberapa jenis rumah makan

Tabel 2. 1 Konsentrasi COD air limbah beberapa jenis rumah makan

Jenis Rumah Makan	Konsentrasi COD (mg/L)
Nasi goreng	1340
Warung Padang	2340
Pangsit mie	880
Warung tegal	2580
Ayam penyet	2860

Soto	3100
Seafood	3580
Chinesse food	3020
Gado-gado & rujak	1160
Tahu campur	1240

Menurut Polprasert (1989), karakteristik limbah cair sangat bervariasi tergantung pada keadaan lokasi pengolahan, waktu (tiap jam dalam sehari, tiap hari dalam seminggu), musim, dan tipe saluran pembuangan. Kekuatan limbah cair tergantung pada derajat pengenceran, proses produksi, jumlah tahapan produksi dan jumlah penggunaan air dalam setiap tahap produksi. Berdasarkan derajat pengenceran, maka kekuatan limbah cair dibagi menjadi tiga yaitu konsentrasi kuat, sedang dan lemah. Limbah cair dengan konsentrasi kuat ($BOD_5 = 400 - 500 \text{ mg/l}$) merupakan campuran yang keruh dan kotor (*black liquor*), sedangkan limbah cair dengan konsentrasi lemah ($BOD_5 = 100 \text{ mg/l}$) tampak tidak keruh dan agak jernih (*white liquor*).

2.2 Pengolahan Limbah Cair

Tahapan pengolahan limbah cair yang umum digunakan adalah pengolahan pendahuluan (*pretreatment*), pengolahan primer (*primary treatment*), pengolahan sekunder (*secondary treatment*) dan pengolahan tersier (*tertiary treatment*). Pengolahan pendahuluan bertujuan untuk membersihkan limbah cair dari benda-benda yang dapat menghambat proses pengolahan lanjut. Pengolahan primer bertujuan untuk menghilangkan zat padatan tercampur melalui pengendapan atau pengapungan. Pengolahan sekunder mencakup proses biologis untuk mengurangi bahan-bahan organik melalui mikroorganisme yang ada di dalamnya. Pada tahap ini biasanya digunakan lumpur aktif (*activated sludge*) untuk mempercepat proses biologis yaitu penguraian atau degradasi bahan-bahan organik. Selanjutnya pengolahan tersier merupakan kelanjutan dari pengolahan-pengolahan terdahulu yang akan dipergunakan apabila banyak terkandung zat-zat berbahaya dan merupakan pengolahan secara khusus sesuai

dengan kandungan zat-zat yang terbanyak dalam limbah cair (Sugiharto, 1987)

2.3 Pengolahan Limbah Cair secara Biologis

Pengolahan limbah cair secara biologis merupakan proses biokimia yang dapat berlangsung dalam dua lingkungan utama, yaitu lingkungan aerobik dan lingkungan anaerobik. Proses aerobik adalah proses yang mempertemukan bahan organik dengan mikroba pencemar aerob dalam suasana atau lingkungan beroksigen, sehingga mikroba dapat mencerna bahan organik dan mempergunakan hasil pencernaannya untuk berkembang biak. Proses anaerobik mempertemukan mikroba anaerob dengan bahan organik di dalam suatu lingkungan tanpa oksigen. Dua hal penting yang perlu diperhatikan dalam proses biologis adalah sebagai berikut:

1. Proses Penambahan Oksigen

Proses penambahan oksigen merupakan salah satu cara unyuk menurunkan konsentrasi zat pencemar organik di dalam limbah cair atau bahkan menghilangkannya sama sekali. Dua cara penambahan oksigen (aerasi) yaitu dengan memasukkan udara bersih ke dalam limbah cair dan dengan memaksa limbah cair ke atas untuk dapat kontak dengan oksigen atau udara

Memasukkan udara atau oksigen murni ke dalam limbah cair dilakukan melalui benda porous atau nozzle. Apabila *nozzle* diletakkan di tengah-tengah, maka akan meningkatkan kecepatan kontak gelembung udara dengan limbah cair, sehingga proses pemberian oksigen akan berjalan lebih cepat. Oleh karena itu, biasanya *nozzle* ini diletakkan pada dasar bak aerasi. Udara yang dimasukkan adalah berasal dari udara luar yang dipompakan ke dalam limbah cair oleh pompa tekan (*aerator*).

Memasukkan limbah cair ke atas dilakukan dengan cara mengontakkan limbah cair dengan oksigen melalui pemutaran baling-baling yang diletakkan pada permukaan limbah cair. Akibat dari pemutaran ini, limbah cair akan terangkat ke atas dan mengadakan kontak langsung dengan udara sekitarnya (Sugiharto, 1987).

2. Proses Pertumbuhan Bakteri

Bakteri diperlukan untuk menguraikan bahan organik yang ada di dalam limbah cair. Oleh karena itu, diperlukan jumlah bakteri yang cukup untuk menguraikan bahan-bahan tersebut. Bakteri akan berkembang biak apabila jumlah makanan yang terkandung di dalamnya cukup tersedia sehingga pertumbuhan bakteri dapat dipertahankan secara konstan. Akan tetapi, mikroorganisme sangat sensitif terhadap perubahan lingkungan seperti suhu, pH, oksigen terlarut, cara pencampuran unsur ataupun senyawa toksik dan karakteristik serta jumlah bahan organiknya. (Sugiharto, 1987).

2.3.1 Fase Pertumbuhan Bakteri

Pertumbuhan mikroorganisme sangat tergantung pada tersedianya substrat dan karbon sebagai sumber energi. Kecepatan pertumbuhan mikroorganisme dalam suatu medium bergantung dengan kondisi yang seimbang antara populasi mikroorganisme dengan substrat yang tersedia, artinya apabila mikroorganisme mendapat substrat yang cukup populasi akan berkembang dan tumbuh dengan cepat, sebaliknya apabila jumlah substrat yang tersedia terbatas. Maka, energi yang diperoleh hanya cukup untuk mempertahankan hidupnya. Karbon yang tersedia pada hidrokarbon minyak bumi akan dimanfaatkan oleh mikroorganisme untuk aktivitas pertumbuhannya. Selain karbon, kebutuhan unsur lain yang esensial adalah: nitrogen, fosfor, oksigen, belerang, kalium, magnesium, dan besi.

Fardiaz (1992) menyatakan bahwa pertumbuhan organisme seluler merupakan pertambahan massal sel yang juga berarti pertambahan jumlah sel. Bakteri merupakan sel prokariotik yang tumbuh dengan cara pembelahan biner. Menurut Pelczar (1986) pertumbuhan bakteri dapat dibagi dalam empat fase pertumbuhan yaitu fase perumbuhan lambat/lag, fase eksponensial, fase stasioner, dan fase kematian. Pertumbuhan mikroorganisme dicirikan sebagai waktu yang dibutuhkan untuk menggandakan massa sel atau jumlah sel.

Fase pertumbuhan awal atau fase lag merupakan awal pertumbuhan mikroba ketika bakteri baru menyesuaikan diri dengan lingkungannya. Fase ini ditandai dengan perubahan komposisi kimiawi sel, penambahan ukuran, substansi seluler, dan

waktu generasinya relatif panjang. Fase selanjutnya adalah fase pertumbuhan eksponensial atau fase log yang merupakan fase pertumbuhan sel paling cepat dan paling aktif. Pada fase ini, metabolisme sel paling aktif, sintesis bahan sel sangat cepat dengan jumlah konstan hingga nutrisi habis. Fase log sangat dipengaruhi oleh suhu dan komposisi media pertumbuhan. Fase optimum pertumbuhan bakteri ini memungkinkan dalam mempelajari enzim dan komponen bakteri lainnya, termasuk metabolit primer (Rahman 1992). Setelah nutrisi pada media pertumbuhan sudah habis, pertumbuhan sel mulai terhambat, kecepatan pembelahan sel berkurang, dan jumlah sel yang mati mulai bertambah, serta mulai dihasilkannya metabolit sekunder. Pada fase ini, jumlah sel hidup konstan seperti tidak terjadi pertumbuhan, sehingga disebut sebagai fase stasioner. Berikutnya, nutrisi dari media pertumbuhan sudah tidak tersedia lagi dan terjadi penimbunan hasil metabolisme yang bersifat toksik yang mengakibatkan penurunan jumlah populasi bakteri secara drastis. Fase ini disebut sebagai fase kematian.

2.3.2 Faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan Bakteri

Parameter dalam proses penguraian harus dikendalikan untuk meningkatkan aktivitas mikroba dan meningkatkan efisiensi sistem degradasi aerobik. Beberapa parameter ini dibahas dalam bagian berikut.

1. Substrat

Semua bakteri membutuhkan substrat sebagai sumber karbon dan energi. Karbon diperlukan untuk pertumbuhan sel dan reproduksi. Sumber karbon dari bakteri adalah senyawa organik. Senyawa organik sebagian terasimilasi ke dalam substansi sel dan sebagian dioksidasi untuk memperoleh energi. Bakteri juga memerlukan mineral-mineral dan zat pelengkap lainnya yang disebut suplemen. Pada dasarnya kebutuhan nutrisi bakteri hampir sama dengan komposisi dari sel-sel bakteri tersebut. Struktur kimia bakteri diperkirakan mendekati $C_5H_7O_2N$. Karbon diperoleh dari senyawa organik seperti glukosa, tetapi ada juga beberapa yang menggunakan senyawa anorganik, seperti karbonat dan bikarbonat sebagai sumber karbon. Hidrogen dan oksigen diperoleh dari air. Nitrogen, fosfor, dan sulfur diperoleh dari senyawa organik dan anorganik (Sarhini, 2012).

2. Temperatur

Proses digestasi anaerobik dapat dioperasikan dalam 3 range temperatur yang berbeda, yaitu psikrofil (dibawah 25°C), mesofil (25°C-40°C), dan termofil (45°C-60°C) (Trihadiningrum, 2012). Ada dua rentang suhu yang memberikan kondisi pencernaan yang optimal untuk produksi metana, yaitu rentang mesofil dan termofil. Berikut adalah tabel hubungan langsung antara temperatur dan HRT (Seadi et al., 2008):

Tabel 2. 2 Hubungan antara Temperatur dan HRT

Tahapan Termal	Temperatur Proses	HRT Minimum
Psikrofil	< 25°C	70-80 hari
Mesofil	25°C – 40°C	30-40 hari
Termofil	45°C – 60°C	15-20 hari

Sumber :Trihadiningrum, 2012

3. Derajat keasaman

Derajat keasaman (pH) merupakan salah satu faktor lingkungan yang berpengaruh terhadap pertumbuhan dan aktivitas bakteri (Broughton, 2009). Kisaran pH optimum untuk kebanyakan mikroorganisme adalah 6,5-7,5, dengan batas minimum dan maksimum 4-9 (Trihadiningrum, 2012). Nilai pH biakan mikroorganisme dapat berubah akibat terbentuknya produk metabolisme, yang dapat bersifat asam atau basa. Perubahan pH ini dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme. Hal tersebut dapat diatasi dengan menambahkan larutan penyangga (buffer) ke dalam media tumbuh mikroorganisme (Trihadiningrum, 2012).

4. Rasio C:N:P

Setiap unsur nutrisi mempunyai peran tersendiri dalam fisiologi sel. Nutrisi sebagai bahan makanan yang digunakan oleh sel aktif dalam lumpur aktif dapat berfungsi sebagai sumber energi, bahan pembangun sel, dan sebagai akseptor elektron atau donor elektron. Secara garis besar bahan makanan terbagi menjadi tujuh golongan yakni air, sumber energi, sumber karbon, sumber akseptor electron, sumber mineral, factor tumbuh, dan sumber nitrogen. Menurut Ammary (2004), pengolahan limbah yang efisien akan terjadi apabila rasio C:N:P adalah 100:5:1, dimana nilai C mewakili nilai COD yang terkandung, sedangkan nilai N dan P merupakan nilai nitrogen dan phosphor yang harus disediakan

kedalam lingkungan pengolahan limbah agar bakteri mampu bekerja optimum.

5. Oksigen

Menurut Trihadiningrum (2012), kelompok mikroorganisme berdasarkan kebutuhan oksigennya terdiri atas:

- Mikroorganisme aerobik, yaitu kelompok mikroorganisme yang memerlukan O₂ untuk melangsungkan respirasi seluler
- Mikroorganisme anaerobik obligat, yaitu kelompok mikroorganisme yang tidak dapat hidup dan berkembang biak dalam lingkungan yang mengandung O₂
- Mikroorganisme anaerobik fakultatif, yaitu kelompok mikroorganisme yang dapat hidup dengan atau tanpa kehadiran O₂
- Mikroorganisme mikroaerofilik, yaitu mikroorganisme aerobik yang hanya memerlukan tekanan O₂ rendah.

Mikroorganisme yang dapat menggunakan oksigen bebas (aerobik) dapat ditumbuhkan di laboratorium dalam tabung reaksi atau labu erlenmeyer bersumbat kapas dalam suasana atmosferik yang normal. Aerasi dapat dilakukan melalui pengocokan biakan secara terus menerus dengan *rotary shaker*, atau dengan mengalirkan udara steril ke dalam biakan (Trihadiningrum, 2012).

2.4 Aktivator

Aktivator adalah inokulum campuran berbagai jenis mikroorganisme selulolitik dan lignolitik untuk mempercepat laju degradasi senyawa organik. Dalam bioaktivator ini terdapat berbagai macam mikroorganisme fermentasi dan dekomposer. Mikroorganisme tersebut dapat bekerja secara efektif dalam memfermentasi dan menguraikan bahan organik (Susilo, 2012). Jenis bakteri yang terdapat dalam aktivator adalah:

- Bakteri selulolitik, yaitu bakteri yang mempunyai kemampuan untuk memecah selulosa.
- Bakteri proteolitik, yaitu bakteri yang memiliki kemampuan untuk memecah protein, asam amino, dan peptide lain menjadi ammonia.
- Bakteri lipolitik, yaitu bakteri yang dapat menghidrolisis lemak menjadi gliserol dan asam lemak. Hal ini dapat berlangsung karena adanya enzim lipase yang dapat memecah lemak.
- Bakteri lignolitik, yaitu bakteri yang dapat merombak lignin.

Menurut Wahyono (2010), bioaktivator bukan merupakan pupuk, melainkan bahan yang mengandung mikroorganisme efektif yang secara aktif dapat berfungsi untuk membantu mendekomposisi dan memfermentasi limbah organik dan limbah ternak, menghambat pertumbuhan hama dan penyakit tanaman dalam tanah, membantu meningkatkan kapasitas fotosintesis tanaman, menyediakan nutrisi bagi tanaman serta membantu proses penyerapan dan penyaluran hara, meningkatkan kualitas bahan organik, memperbaiki kualitas tanah, meningkatkan kualitas pertumbuhan vegetatif dan generatif tanaman, dan menghasilkan energi, misalnya pada pembuatan biogas.

Kelebihan penggunaan bioaktivator yaitu bioaktivator mengandung strain terpilih berdaya adaptasi tinggi dan dikemas dalam bahan pembawa alami sehingga dapat mempertahankan daya hidup mikroba hingga satu tahun, tidak mencemari lingkungan, mempercepat proses degradasi, lebih mudah, lebih murah dan tidak memerlukan bahan tambahan lain (Sutoro, 2010).

2.5 Surfaktan

Surfaktan merupakan suatu molekul organik yang mempunyai dua gugus yaitu gugus hidrofilik dan gugus lipofilik sehingga dapat mempersatukan campuran yang terdiri dari air dan minyak. Surfaktan adalah bahan aktif permukaan. Aktifitas surfaktan diperoleh karena sifat ganda dari molekulnya. Molekul surfaktan memiliki bagian polar yang suka akan air (hidrofilik) dan bagian non polar yang suka akan minyak/lemak (lipofilik). Bagian polar molekul surfaktan dapat bermuatan positif, negatif atau netral. Sifat rangkap ini yang menyebabkan surfaktan dapat diadsorpsi pada antar muka udara-air, minyak-air dan zat padat-air, membentuk lapisan tunggal dimana gugus hidrofilik berada pada fase air dan rantai hidrokarbon ke udara, dalam kontak dengan zat padat ataupun terendam dalam fase minyak. Umumnya bagian non polar (lipofilik) adalah merupakan rantai alkil yang panjang, sementara bagian yang polar (hidrofilik) mengandung gugus hidroksil. (Jatmika, 1998)

Gugus hidrofilik pada surfaktan bersifat polar dan mudah bersenyawa dengan air, sedangkan gugus lipofilik bersifat non polar dan mudah bersenyawa dengan minyak. Di dalam molekul surfaktan, salah satu gugus harus lebih dominan jumlahnya.

Gugus hidrofobik di dalam air contohnya adalah hidrokarbon, fluorocarbon, dan polimer rantai pendek dengan ukuran yang sesuai untuk memproduksi karakteristik kelarutan yang diinginkan ketika berikatan pada gugus hidrofilik yang sesuai

Penambahan surfaktan dalam larutan akan menyebabkan turunnya tegangan permukaan larutan. Setelah mencapai konsentrasi tertentu, tegangan permukaan akan konstan walaupun konsentrasi surfaktan ditingkatkan. Bila surfaktan ditambahkan melebihi konsentrasi ini maka surfaktan mengagregasi membentuk misel. Konsentrasi terbentuknya misel ini disebut *Critical Micelle Concentration* (CMC). Tegangan permukaan akan menurun hingga CMC tercapai. Setelah CMC tercapai, tegangan permukaan akan konstan yang menunjukkan bahwa antar muka menjadi jenuh dan terbentuk misel yang berada dalam keseimbangan dinamis dengan monomernya (Genaro, 1990).

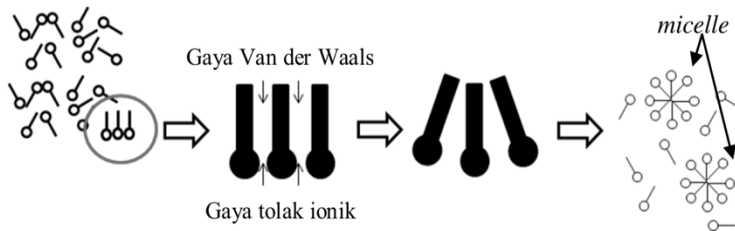
Klasifikasi surfaktan berdasarkan muatannya dibagi menjadi empat golongan yaitu:

- Surfaktan anionik yaitu surfaktan yang bagian alkilnya terikat pada suatu anion. Contohnya adalah garam alkana sulfonat, garam olefin sulfonat, garam sulfonat asam lemak rantai panjang.
- Surfaktan kationik yaitu surfaktan yang bagian alkilnya terikat pada suatu kation. Contohnya garam alkil trimetil ammonium, garam dialkil-dimethyl ammonium dan garam alkil dimethyl benzil ammonium.
- Surfaktan nonionik yaitu surfaktan yang bagian alkilnya tidak bermuatan. Contohnya ester gliserin asam lemak, ester sorbitan asam lemak, ester sukrosa asam lemak, polietilena alkil amina, glukamina, alkil poliglukosida, mono alkanol amina, dialkanol amina dan alkil amina oksida.
- Surfaktan amfoter yaitu surfaktan yang bagian alkilnya mempunyai muatan positif dan negatif. Contohnya surfaktan yang mengandung asam amino, betain, fosfobetain.

2.5.1 Critical Micelle Concentration (CMC)

Critical Micelle Concentration merupakan salah satu sifat penting surfaktan yang menunjukkan batas konsentrasi krisis surfaktan dalam suatu larutan. Diatas konsentrasi tersebut akan

terjadi pembentukan *micelle* atau agregat. Pada prakteknya dosis optimum surfaktan ditetapkan disekitar harga CMC. Pada konsentrasi yang cukup tinggi, molekul-molekul surfaktan akan beragregat membentuk sebuah struktur melingkar yang disebut misel, sedangkan gugus hidrofilik berorientasi keluar misel. Agregasi molekul surfaktan didorong oleh adanya gaya Van der Waals yang terjadi sepanjang ekor lipofilik dan gaya tolak ionik dari gugus hidrofilik. Ilustrasi pembentukan misel dapat dilihat pada Gambar 2.1.

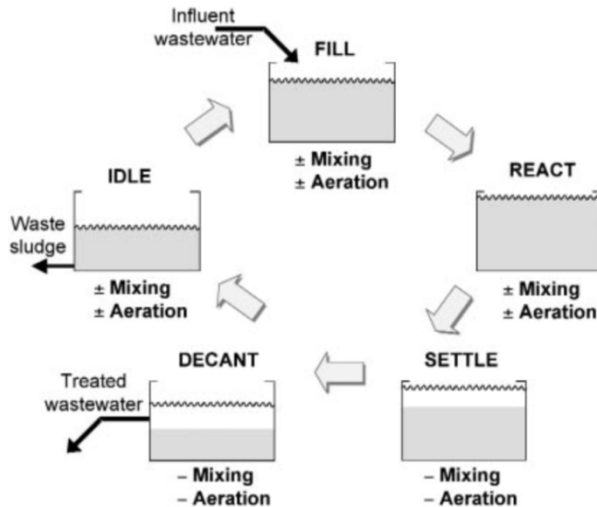


Gambar 2. 1 Ilustrasi Pembentukan Misel

Sumber: Hargreaves, 2003

Pada kondisi tersebut konsentrasi surfaktan disebut dengan critical micelle concentration (CMC). Pada konsentrasi surfaktan di bawah CMC, tegangan permukaan dan antar muka turun dengan meningkatnya konsentrasi, namun pada saat konsentrasi mencapai taraf CMC atau lebih tinggi dari itu, tidak terjadi penurunan tegangan permukaan dan antar muka atau penurunannya sangat rendah (Schueller, 1998). Grafik hubungan antara konsentrasi surfaktan dengan tegangan permukaan dan antar muka cairan disajikan pada Gambar 2.2.

memiliki kelebihan dengan sistem lumpur aktif konvensional karena proses ekualisasi, pengolahan biologis, dan pengendapan terjadi dalam satu tangki dengan waktu yang berurutan (Metcalf & Eddy, 2003). Skema tahapan yang terjadi dalam SBR dapat dilihat pada gambar 2.4 berikut:



Gambar 2. 4 Skema Sequencing Batch Reactor (SBR)

Sumber : Metcalf & Eddy, 2003

1. *Fill* (Pengisian)

Pada tahap pengisian ini, bak reaktor menerima air limbah yang masuk sebagai influen. Di dalam air limbah tersebut terkandung makanan atau substrat yang dibutuhkan oleh mikroorganisme di dalam lumpur aktif, sehingga akan menciptakan kondisi yang ideal untuk terjadinya reaksi biokimia. Mixing dan aerasi bisa divariasikan selama tahap pengisian dengan tujuan untuk menciptakan tiga kondisi yang berbeda, antara lain:

 - a. *Static Fill* (Pengisian Statis).

Tidak dilakukan proses pengadukan maupun aerasi selama pengisian reaktor oleh air limbah pada tahap pengisian statis ini. Dengan tidak dilakukannya proses pengadukan dan aerasi, maka tidak akan terjadi proses nitrifikasi maupun denitrifikasi. Selain itu juga akan

- mengurangi penggunaan energi karena pengaduk (mixer) dan aerator berada dalam keadaan mati.
- b. *Mixed Fill* (Pengisian Teraduk).
Dilakukan proses pengadukan tanpa proses aerasi, dengan kata lain pengaduk (mixer) tetap menyala tetapi aerator berada dalam keadaan mati. Pengondisian ini menyebabkan terciptanya kondisi anoxic yang memicu terjadinya proses denitrifikasi. Tetapi tidak menutup kemungkinan terciptanya kondisi anaerobik yang akan menyebabkan terlepasnya senyawa fosfor selama tahap pengisian teraduk ini.
 - c. *Aerated Fill* (Pengisian Teraerasi)
Pada tahap pengisian teraerasi ini dilakukan proses aerasi dan pengadukan selama pengisian air limbah influen ke dalam reaktor. Pada tahap ini akan tercipta kondisi yang sepenuhnya aerobik. Tidak ada pengaturan untuk siklus pengisian teraerasi yang dibutuhkan agar tercapai kondisi dimana terjadi proses nitrifikasi maupun penurunan zat organik. Dissolved Oxygen (DO) harus dijaga agar tetap di atas 2 mg/L, agar kondisi aerobik tetap terjaga.
2. *React* (Reaksi)
Pada tahap ini tidak ada air limbah influen yang masuk ke dalam reaktor, sehingga tidak ada penambahan volume dan beban organik (organic loadings) ke dalam reaktor. Proses pengadukan dan aerasi tetap berjalan selama tahap ini yang akan menyebabkan laju penyisihan zat organik meningkat secara pesat. Pada tahap ini terjadi penyisihan carbonaceous BOD dan nitrifikasi jika pengasukan dan aerasi dilakukan secara menerus. Denitrifikasi mayoritas terjadi pada tahap pengisian teraduk, selain itu juga terjadi pelepasan senyawa fosfor.
 3. *Settle* (Pengendapan)
Pada tahap ini juga tidak ada debit air limbah yang masuk ke dalam reaktor. Selain itu juga tidak dilakukan pengadukan dan aerasi, selama tahap ini lumpur aktif dibiarkan untuk mengendap dalam kondisi tenang. Lumpur aktif cenderung untuk mengendap sebagai massa

flokulan. Akan terbentuk massa flokulan berupa granular aerob jika setiap pada setiap tahap dilakukan pengondisian dan perlakuan yang menunjang untuk terbentuknya granular aerob. Tahap ini merupakan tahap yang sangat penting, karena jika ada padatan yang tidak bisa mengendap secara cepat, maka padatan tersebut dapat ikut tertarik keluar pada tahap decant, sehingga akan menurunkan kualitas effluen.

4. *Draw* (Dekantasi)

Setelah tahap pengendapan selesai, sinyal akan dikirim ke decanter sehingga valve untuk effluent-discharge (pengaliran effluen) dibuka. Pada tahap ini dilakukan penyisihan effluen supernatan dengan menggunakan decanter. Ada dua jenis decanter, yaitu decanter terapung dan fixed-arm. Dengan adanya volume pengisian dan penarikan (fill and draw) yang berfluktuatif, maka lebih baik digunakan decanter jenis terapung. Karena decanter terapung bisa menjaga orifice inlet agar tetap berada di bawah permukaan air. Tujuannya adalah untuk meminimalkan penyisihan padatan pada effluen tersisihkan selama tahap dekantasi. Sedangkan decanter jenis fixed-arm lebih baik digunakan jika volume fill and draw tidak terlalu berfluktuatif. Jarak vertikal decanter dari bawah reaktor harus optimum agar tidak terjadi turbulensi pada endapan.

5. *Idle*

Fase *idle* digunakan oleh sistem multitangki untuk menyediakan waktu untuk salah satu reaktor untuk menyelesaikan pengisiannya sebelum dilanjutkan ke fase berikutnya. Karena idle bukan merupakan fase yang penting, biasanya fase ini dihilangkan

(NEIWPACC, 2005).

Istilah *sequencing* berarti bahwa fase-fase yang berbeda dalam proses SBR dilakukan secara berurutan (*sequence*), yaitu satu fase dimulai setelah fase sebelumnya berakhir. Sedangkan batch menggambarkan model operasional reaktor, yaitu selama

proses biologis berlangsung reaktor tertutup terhadap aliran masuk maupun keluar reaktor (EPA, 1999).

Pembuangan lumpur termasuk langkah yang penting dalam sistem SBR sebab sangat besar pengaruhnya terhadap performansi reaktor. Pembuangan tidak termasuk salah satu dari kelima fase dasar yang telah disebutkan, sebab tidak ada periode waktu tertentu di dalam siklus yang khusus ditujukan untuk pembuangan. Jumlah dan frekuensi pembuangan lumpur ditentukan oleh kebutuhan performansi, seperti halnya di sistem aliran kontinu konvensional. Di dalam operasional SBR, pembuangan lumpur biasanya terjadi selama fase react sehingga dapat diperoleh buangan padatan yang uniform (termasuk bahan halus dan partikel flok yang besar). Karakteristik khusus dari SBR adalah tidak dibutuhkannya sistem pengembalian lumpur. Karena aerasi dan klarifikasi berlangsung di tempat yang sama, tidak ada lumpur yang hilang di fase react dan tidak ada juga yang harus dikembalikan untuk menjaga kandungan padatan di dalam reaktor (Metcalf & Eddy, 2003).

Menurut Hegg (2000), salah satu keuntungan utama dari teknologi SBR adalah fleksibilitasnya dilihat dari kemungkinan penambahan durasi dari berbagai fase. Selain itu, keuntungan lainnya adalah:

- Ekualisasi, sedimentasi primer (dalam kasus tertentu), pengolahan biologis dan sedimentasi kedua dapat dilakukan di satu tempat.
- Fleksibilitas dalam operasional dan kontrol.
- Membutuhkan lahan yang tidak luas.
- Membutuhkan anggaran yang lebih kecil, karena tidak dibutuhkannya clarifier dan perlengkapan lainnya.

Sedangkan kerugiannya adalah:

- Tingkat kerumitannya lebih tinggi bila dibandingkan dengan sistem konvensional, terutama untuk sistem yang lebih besar, yaitu kontrolnya.
- Pemeliharaan yang rumit, terutama sehubungan dengan kontrol *valve* otomatis
- Dibutuhkannya ekualisasi sesudah SBR guna mengontrol aliran, bila di sistem sesudah SBR membutuhkan aliran kontinu.

2.6.1 Kriteria Desain SBR

Pada perencanaan unit SBR, terdapat beberapa kriteria desain yang digunakan sebagai acuan untuk membuat desain unit SBR. Di dalam membuat unit desain SBR, nilai kriteria desain yang diambil juga harus disesuaikan dengan karakteristik influen serta effluen air limbah yang akan diolah. Pada tabel 2.3 berikut adalah parameter desain tipikal yang digunakan sebagai acuan dalam perencanaan unit SBR

Tabel 2. 3 Parameter Desain Tipikal untuk SBR

Parameter	Nilai
SRT (hari)	10 - 30
F/M (kg BOD/kg MLVSS.hari)	0,04 - 0,10
Volumetric Loading (kg BOD/m ³ .hari)	0,1 - 0,3
MLSS (mg/L)	2000 - 5000
Total T (jam)	15 - 40

Sumber: Metcalf & Eddy, 2003

Dalam operasional SBR, waktu di dalam satu siklus untuk tahap pengisian, pengendapan, dan dekantasi merupakan hal yang sangat penting dalam perencanaan. Selain itu, konsentrasi oksigen yang akan disuplai ke dalam reaktor juga perlu diperhatikan di dalam operasional SBR. Pada tabel 2.4 berikut adalah kriteria desain tipikal untuk pengolahan lumpur aktif model SBR.

Tabel 2. 4 Kriteria Desain SBR

Parameter	Nilai
BOD load (g/hari/m ³)	80 - 240
Waktu siklus (jam)	
Fill	1 - 3
Settle	0,7 - 1
Draw	0,5 - 1,5
MLSS (mg/L)	2300 - 5000
MLVSS (mg/L)	1500 - 3500
HRT (jam)	15 - 40
F/M (kg BOD/kg MLVSS.hari)	0,04 - 0,10

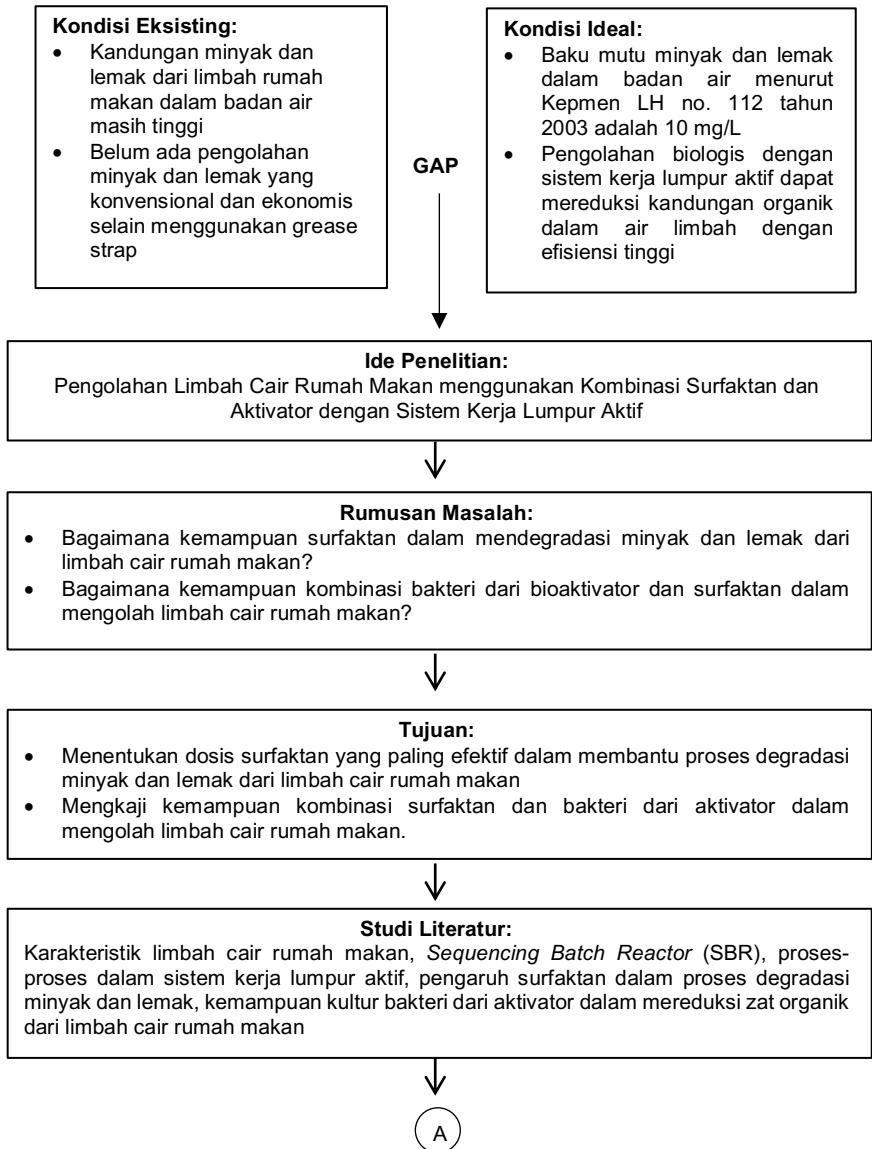
BAB III METODOLOGI PENELITIAN

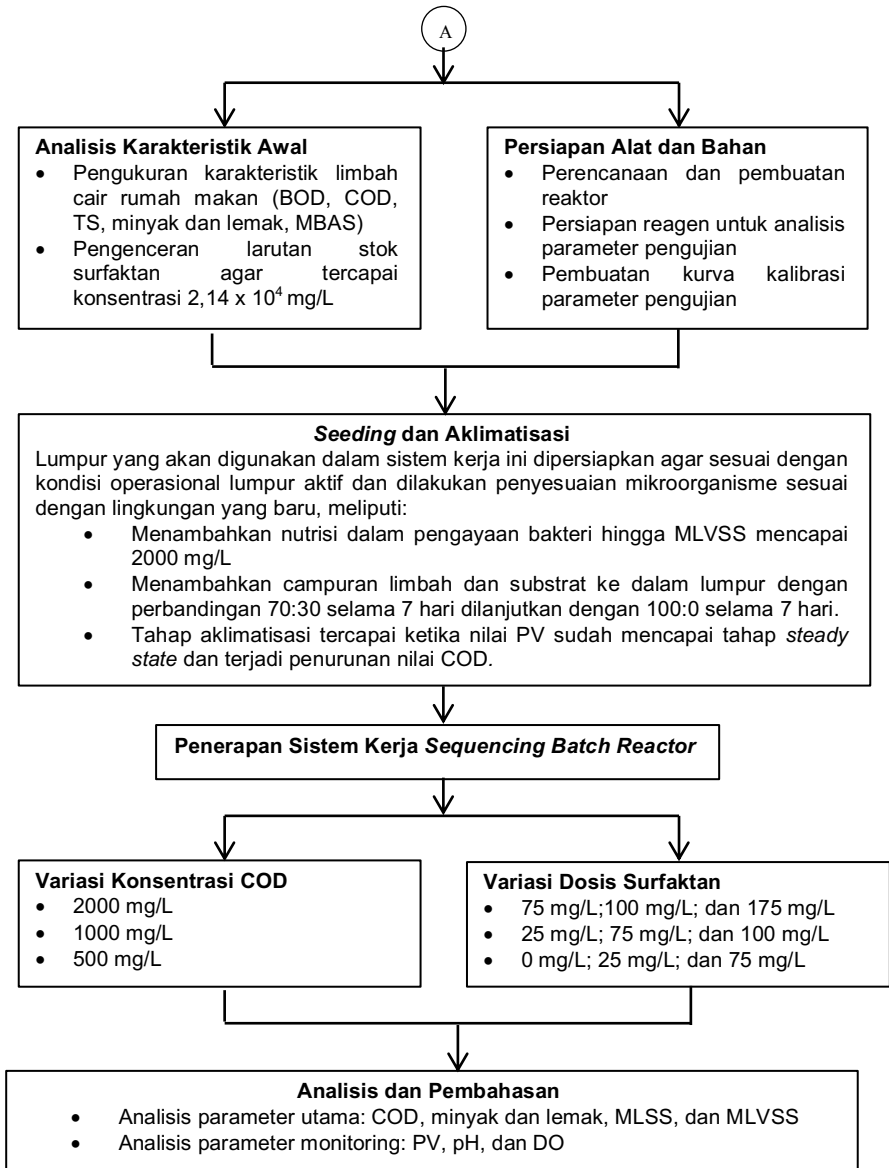
3.1 Umum

Penelitian ini bertujuan untuk mengurangi kandungan minyak dan lemak pada air limbah dengan melakukan proses biologis menggunakan kombinasi surfaktan dan aktivator dengan menerapkan sistem kerja lumpur aktif. Sistem yang terjadi dalam reaktor adalah sistem *batch* dimana tidak ada debit yang masuk dan keluar selama proses reaksi. Pada penelitian ini parameter utama yang diukur adalah konsentrasi minyak dan lemak dalam air limbah dengan metode soxhlet, COD dengan metode open reflux, MLSS dan MLVSS dengan metode gravimetri. Sedangkan parameter pendukung yang diukur adalah BOD, PV, DO, dan pH.

3.2 Kerangka Studi

Kerangka studi disusun untuk mengetahui tahapan kegiatan yang dilaksanakan dalam mencapai tujuan studi secara sistematis. Tahapan dalam kerangka studi harus dibuat sedetail mungkin, untuk mempermudah dan memperkecil kesalahan selama proses studi. Penentuan tahap 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 tercantum dalam Gambar 3.1.





Gambar 3. 1 Kerangka Studi Penelitian

3.3 Ide Penelitian

Berdasarkan Kepmen LH No. 112 Tahun 2003 ditetapkan bahwa baku mutu minyak dan lemak dalam badan air adalah 10 mg/liter. Untuk mencapai baku mutu tersebut, telah dilakukan berbagai macam penelitian untuk menemukan metode pengolahan yang paling efisien. Metode fisika dan kimia pada umumnya memerlukan biaya yang sangat tinggi serta berpotensi menghasilkan produk seperti lumpur pada prosesnya (Robinson et al., 2001). Keberadaan unsur lain pada air pun dapat menghambat proses pengolahan air (Zee dan Villaverde, 2005).

3.4 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mendukung jalannya penelitian dimulai dari awal hingga tahap penyusunan laporan. Literatur yang digunakan meliputi buku teks, jurnal, prosiding, serta tugas akhir terdahulu.

3.5 Penentuan Variabel bebas dan Variabel terikat

Dalam penelitian ini digunakan variabel sebagai berikut:

a. Variabel bebas

Variabel bebas merupakan variabel yang dibuat bervariasi dengan besar nilai tertentu. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah variasi konsentrasi COD dan variasi dosis surfaktan.

b. Variabel terikat

Variabel terikat merupakan variabel yang terjadi akibat adanya variabel bebas. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah konsentrasi minyak dan lemak dalam air limbah, COD, MLSS, dan MLVSS

3.6 Persiapan Penelitian

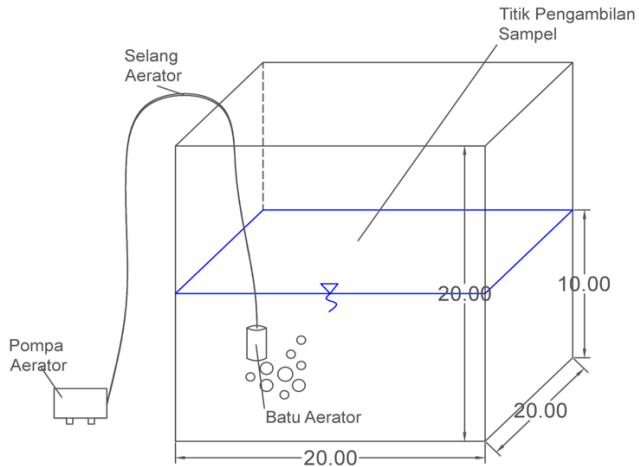
a. Pembuatan Kurva Kalibrasi

Pembuatan kurva kalibrasi dilakukan dengan membuat larutan dengan beberapa konsentrasi tertentu dan diukur dengan panjang gelombang optimum hingga didapatkan nilai $R^2 \geq 0,99$

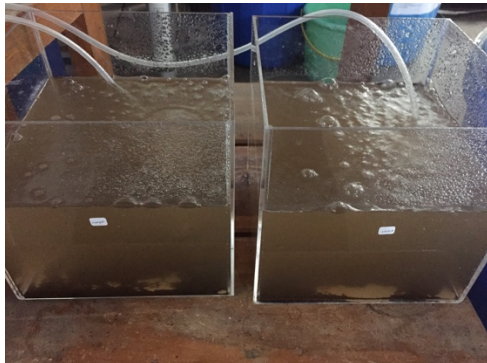
b. Pembuatan Reaktor

Reaktor sequencing batch reactor terbuat dari bahan acrylic dengan dimensi 20x20x20 cm. Kapasitas total reaktor adalah

8 L, dengan volume efektif operasional dalam penelitian ini adalah 4 L. Dalam pengujian ini reaktor dilengkapi dengan pompa aerator. Aerator digunakan untuk menciptakan kondisi aerobik dengan memberikan suplai oksigen. Pompa aerator yang digunakan pada penelitian ini memiliki debit suplai udara maksimal sebesar 3 L/menit.



Gambar 3. 2 Skema Reaktor Penelitian



Gambar 3. 3 Reaktor Penelitian

3.7 Penelitian Pendahuluan

1. Penentuan waktu untuk *composite sampling*
Pengambilan sampel dilakukan tiap 2 jam sekali dari grease trap rumah makan dan segera diuji PV, COD, dan Total Solidnya. Dari ketiga parameter tersebut diambil 2 waktu yang mempunyai konsentrasi hasil uji parameter tertinggi dari kedua periode jam tersebut dan akan di kompositkan.
2. Uji karakteristik limbah awal
Uji karakteristik limbah awal dilakukan untuk mendapatkan BOD, COD, minyak dan lemak, TS, dan MBAS. Pada uji karakteristik limbah awal akan didapatkan konsentrasi COD yang dapat menjadi acuan bagi peneliti untuk menentukan range variasi konsentrasi COD selama proses penelitian. Dari range finding test tersebut, didapatkan variasi konsentrasi COD dalam penelitian ini adalah 500 mg/L; 1000 mg/L; dan 2000 mg/L dengan konsentrasi minyak dan lemak yang menyesuaikan. Pembuatan variasi konsentrasi COD dilakukan dengan melakukan pengenceran sampel air limbah asli dengan ditambahkan aquades hingga mencapai variasi konsentrasi yang diinginkan.
3. Penentuan Dosis Surfaktan
Dosis surfaktan yang diuji dalam penelitian pendahuluan ini adalah 25 mg/L; 75 mg/L; 100 mg/L; 175 mg/L; dan 250 mg/L. Penentuan dosis surfaktan dilakukan pada ketiga variasi konsentrasi COD, yaitu 500 mg/L; 1000 mg/L; dan 2000 mg/L. Pada penelitian ini dilakukan uji COD awal untuk mempermudah proses pengenceran agar mendapatkan konsentrasi COD yang diinginkan. Kemudian tiap-tiap dosis surfaktan dimasukkan ke dalam erlenmeyer 250 mL berisi sampel sesuai dengan perhitungan yang terdapat dalam lampiran 3. Setelah itu larutan campuran di shaker selama 1 jam dengan kecepatan 150 rpm agar larutan teraduk sempurna dan homogen. Setelah itu dilakukan pengujian konsentrasi COD dan minyak dari hasil penambahan surfaktan secara duplo. Berikut adalah tabel susunan variabel yang digunakan

Tabel 3. 1 Susunan Variasi Dosis Surfaktan

Dosis (mg/L)	Variasi Konsentrasi COD (mg/L)		
	2000	1000	500
0 (kontrol)	2000; 0	1000; 0	500; 0
25	2000; 25	1000; 25	500; 25
75	2000; 75	1000; 75	500; 75
100	2000; 100	1000; 100	500; 100
175	2000; 175	1000; 175	500; 175
250	2000; 250	1000; 250	500; 250

3.8 Penelitian Utama

Penelitian yang akan dilakukan ini pada dasarnya menggunakan sistem aerobik, yaitu menggunakan sistem kerja *Sequencing Batch Reactor* (SBR) dan bakteri aktivator sebagai pembentuk lumpur aktif. Proses degradasi minyak dan lemak dibantu dengan kehadiran surfaktan yang ditambahkan dengan berbagai macam dosis. Adapun media yang diolah adalah limbah cair rumah makan yang berasal dari *grease trap*. Penelitian diawali dengan proses *seeding* dan dilanjutkan dengan tahap aklimatisasi dan degradasi.

a. *Seeding*

Seeding dilakukan dengan menggunakan metode sequencing batch yang meliputi tahap *fill* (pengisian), *react* (aerasi), *settle* (sedimentasi), dan *draw* (dekantasi). Bahan yang diperlukan untuk proses ini adalah:

- Substrat, yaitu aquades yang telah ditambah zat organik dan nutrien sehingga mencapai nilai perbandingan antara COD:N:P adalah 100:5:1. Sebagai sumber zat organik digunakan sukrosa ($C_6H_{12}O_6$), sumber N dari pupuk urea, dan unsur P diperoleh dari pupuk TSP.
- Bubuk aktivator.

Proses *seeding* dilakukan dengan mengalirkan udara ke dalam reaktor berisi pembibitan bakteri. Parameter kontrol yang dianalisa selama *seeding* adalah MLSS dan DO. MLSS dan DO dianalisis dari lumpur aktif yang masih

tercampur homogen. Nilai DO dijaga agar tetap lebih dari 2 mg/L untuk mempertahankan kondisi di dalam reaktor agar tetap aerob (Metcalf & Eddy, 2003). Aerasi dilakukan hingga mencapai nilai MLSS yang diinginkan (> 2000 mg/L). Bila konsentrasi MLSS yang diinginkan telah tercapai, maka segera dilakukan proses aklimatisasi.

b. Aklimatisasi

Aklimatisasi dilakukan untuk mengkondisikan hasil *seeding* sesuai dengan kondisi air limbah cair yang akan diolah, agar didapatkan kultur mikroorganisme yang dapat menyesuaikan diri dengan air limbah secara cepat. Aklimatisasi dilakukan dengan metode *sequencing batch* yang meliputi tahap *fill* (pengisian), *react* (aerasi), *settle* (sedimentasi), dan *draw* (dekantasi). Pengisian dilakukan secara statis, yaitu tanpa disertai dengan aerasi maupun pengadukan selama 15 menit. Kemudian dilanjutkan dengan fase *react* (aerasi) selama 24 jam dan sedimentasi selama 1 jam. Selanjutnya dilakukan proses dekantasi dan dimulai kembali proses pengisian untuk siklus selanjutnya. Jumlah substrat yang diisikan ke dalam reaktor adalah sebanding dengan jumlah yang terdekantasi.

Parameter kontrol yang dianalisis selama aklimatisasi adalah MLVSS, PV, minyak, dan DO. Aklimatisasi dilakukan hingga tercapai nilai VSS yang diinginkan dan stabil serta nilai PV yang stabil pula (*steady state*) yaitu fluktuasi perubahannya kurang dari 10%.

3.9 Pelaksanaan Penelitian

Penelitian dilakukan dengan menggunakan variasi dosis surfaktan serta variasi dosis aktivator. Kedua variasi tersebut dilakukan pada penelitian utama dengan pemilihan tiga variasi dosis surfaktan yang paling optimum dalam mereduksi minyak dan lemak dalam penelitian pendahuluan. Penelitian utama dilakukan untuk mengetahui kemampuan kombinasi antara surfaktan dan aktivator dalam mengolah limbah cair rumah makan terutama dalam mereduksi kandungan minyak dalam air limbah. Penelitian dilakukan selama 14 hari dengan melakukan tahap pengisian (*fill*), reaksi (*react*), pengendapan (*settle*), dan pengurasan (*decant*) setiap harinya. Pengisian dilakukan secara berkelanjutan setiap

setelah akhir siklus dengan menambahkan air limbah rumah makan sebanyak air limbah yang terdekanasi.

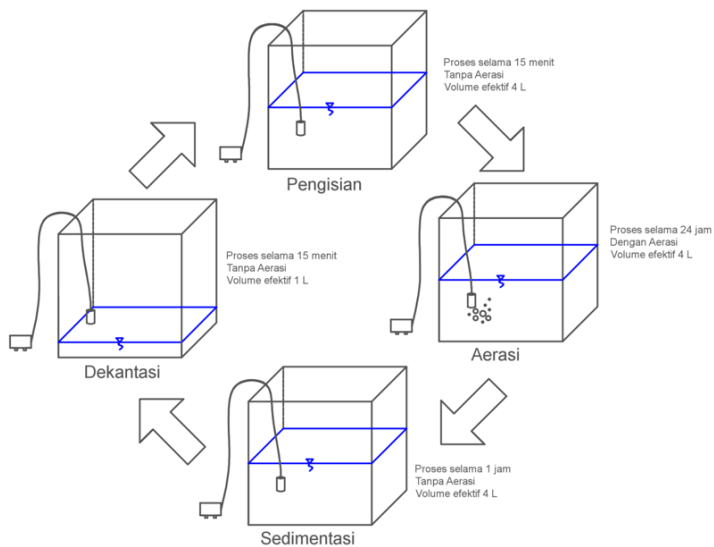
Pada tahap pengisian, dimasukkan 3 liter air limbah rumah makan kedalam reaktor yang berisi 1 liter lumpur aktif dari pengurasan siklus sebelumnya. Tahap pengisian pada penelitian ini digunakan sistem *static fill*, yaitu pengisian tanpa adanya proses aerasi maupun pencampuran (*mixing*). Susunan reaktor untuk masing-masing variasi dosis surfaktan dan aktivator dapat dilihat pada tabel 3.2 dan 3.3 serta skema kerja penelitian pendahuluan dengan sistem *Sequencing Batch Reactor* dapat dilihat pada gambar 3.4.

Tabel 3. 2 Susunan Variasi Dosis Aktivator dan Surfaktan

COD	Aktivator (gram)	Surfaktan (mg/L)
2000	10	75
		100
		175
1000	10	25
		75
		100

Tabel 3. 3 Susunan Variasi Dosis Aktivator dan Surfaktan

COD	Surfaktan (mg/L)	Aktivator (gram)
2000	0 (kontrol)	10
		20
		30
2000	75	10
		20
		30



Gambar 3. 4 Skema Kerja Sequencing Batch Reactor

3.10 Metode Analisis Parameter

Parameter yang dianalisis dalam penelitian ini terdiri dari parameter utama dan parameter tambahan. Metode analisis yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 3.4

Tabel 3. 4 Metode Analisis Parameter

Analisis	Tujuan	Metode	Standar
Chemical Oxygen Demand (COD)	Menentukan banyaknya zat organik di dalam sampel yang dapat dioksidasi oleh $K_2Cr_2O_7$	Metode <i>closed reflux</i>	SNI 6989.73:2009
Minyak dan Lemak	Menentukan konsentrasi minyak dan lemak yang terkandung dalam air	Metode gravimetri	SNI 06-6989.10-2004

MLSS	Menganalisis kecukupan biomassa dalam lumpur	Metode gravimetri	SNI 06-6989.03-2004
Biological Oxygen Demand (BOD)	Mengetahui tingkat biodegradabilitas sampel (Rasio BOD/COD)	Metode yodometri (Winkler)	SNI 6989.72:2009
Dissolved Oxygen (DO)	Mengetahui kecukupan oksigen dalam reaktor	Metode elektrometrik menggunakan DO meter	SNI 06-6989.14-2004
Permanganate Value (PV)	Menentukan kandungan bahan organik dalam air	Metode titrimetri	SNI 06-6989.22-2004
Amonium	Mengetahui kandungan nitrogen dalam sampel	Metode spektrofotometri (Nessler)	SNI 06-6989.30-2005
Fosfat	Mengetahui kandungan fosfat dalam sampel	Metode spektrofotometri	SNI 06-6989.31-2005

Analisa data dan pembahasan dilakukan pada data yang dihasilkan selama proses penelitian berlangsung. Hasil analisis dibahas dan diverifikasi kembali dengan tinjauan pustaka, sehingga dapat memberikan kesimpulan. Analisis dan pembahasan dalam penelitian ini akan dibuat dalam bentuk tabel, grafik, dan interpretasi yang diperkuat dengan analisis statistik deskriptif.

3.11 Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan berisi tentang hasil akhir yang diperoleh dari hasil pengukuran dan pembahasan selama penelitian yang akan menjawab dari tujuan penelitian. Saran akan memuat mengenai masukan-masukan dalam penelitian ini. Hal ini dimaksudkan untuk memberikan rekomendasi bagi penelitian selanjutnya.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakteristik Awal Air Limbah

Analisis karakteristik awal air limbah merupakan salah satu penelitian pendahuluan yang bertujuan untuk mengetahui karakteristik sampel yang digunakan. Karakterisasi berguna untuk mengetahui kondisi sampel sebelum terolah sehingga nantinya dapat dibandingkan dengan kondisi setelah diolah. Metode pengambilan air limbah rumah makan dilakukan secara *composite sampling* untuk mendapatkan hasil yang respresentatif. Untuk menentukan periode waktu *composite sampling*, dilakukan pengambilan sampel setiap 2 jam sekali selama satu hari dan diukur nilai COD, PV, dan TS secara duplo untuk mendapatkan dua periode waktu yang mempunyai konsentrasi organik tertinggi. Hasil analisis dapat dilihat pada Tabel 4.1

Tabel 4. 1 Konsentrasi PV, TS, dan COD air limbah per 2 jam

Waktu	PV	TS	COD
10.00	495,13	1399	1760
12.00	564,63	1630	2420
14.00	484,90	1485	1860
16.00	434,20	1461	1880
18.00	528,55	1993	2040
20.00	542,77	2176	2360
22.00	530,14	2123	2200

Dari tabel diatas, dapat dilihat bahwa konsentrasi PV dan COD tertinggi berada pada pukul 12.00 dan 20.00. Sedangkan konsentrasi TS tertinggi berada pada pukul 20.00 dan 22.00. Karena tolak ukur dari penelitian ini adalah kemampuan kombinasi surfaktan dan aktivator untuk menyisihkan bahan organik, maka waktu pengambilan *composite sampling* dilakukan pada dua periode waktu pengambilan sampel dengan konsentrasi COD terbesar. Karakteristik awal limbah cair rumah makan dapat dilihat pada Tabel 4.2

Tabel 4. 2 Karakteristik Limbah Cair Rumah Makan

Parameter	Satuan	Hasil
BOD	mg/L	1919,07
COD	mg/l	2400
Total Solid	mg/l	2004
Minyak dan Lemak	mg/l	1724
MBAS	mg/l	31,29
Fosfor	mg/L	3,34
Nitrogen	mg/L	34,74

Dari data karakteristik awal sampel didapatkan bahwa rasio BOD/COD dari limbah cair rumah makan adalah 0,79. Menurut Samudro (2010), rasio BOD/COD dapat mengukur kemampuan biodegradabilitas air limbah secara alami di alam dengan batas nilai yang berada di antara 0,1 hingga 1,0 dan semakin rendah rasio BOD/COD menunjukkan bahwa air limbah akan semakin sulit didegradasi melalui pengolahan biologis.

4.2 Pengujian Dosis Surfaktan

Adanya selisih tingkat reduksi minyak mengindikasikan adanya pengaruh penambahan surfaktan terhadap tingkat degradasi. Keberadaan surfaktan mampu meningkatkan kelarutan minyak dalam limbah cair sehingga dapat meningkatkan bioavailabilitas, mobilitas, dan biodegradasi minyak tersebut. Surfaktan mampu meningkatkan kelarutan minyak melalui penurunan tegangan antar fase antar muka minyak dan air (Okoliegbe, 2012). Selain itu, penambahan surfaktan juga memungkinkan untuk meningkatkan dispersi minyak dalam air sehingga molekul minyak dapat lebih mudah dijangkau oleh mikroorganisme (Makkar & Rockne, 2003).

Sifat hidropilik dan hidropobik dalam satu molekul menyebabkan surfaktan dapat berikatan dengan komponen baik bersifat hidropobik maupun hidropilik. Interaksi gugus hidropobik dan gugus hidropilik dengan fluida, menyebabkan surfaktan dapat menurunkan tegangan permukaan antar fase. Surfaktan dalam jumlah sedikit apabila ditambahkan ke dalam suatu campuran dua

fase yang tidak saling bercampur seperti minyak dan air dapat mengemulsikan kedua fase tersebut menjadi emulsi yang stabil (Purwadayu, 2009).

Pada penelitian ini dilakukan pengujian efisiensi 5 dosis surfaktan yang berbeda terhadap degradasi minyak dan lemak dalam air. Variasi dosis surfaktan tersebut adalah 25 mg/L; 75 mg/L; 100 mg/L; 175 mg/L; dan 250 mg/L. Pada penelitian Purwadayu (2009) dikemukakan bahwa dosis optimum surfaktan dalam mereduksi PAH adalah 175 mg/L dan dapat mereduksi kandungan minyak dalam air hingga mencapai 33,56% dengan laju pengadukan 150 rpm. Berikut adalah hasil dari pengujian dosis surfaktan terhadap 3 variasi COD (2000 mg/L; 1000 mg/L; dan 500 mg/L).

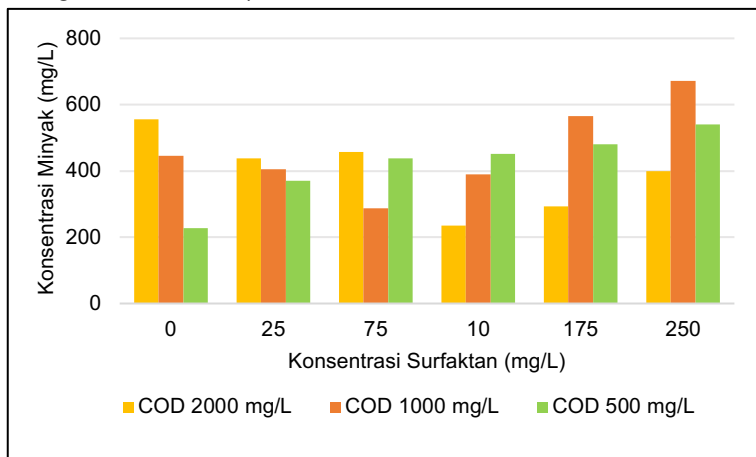
4.2.1 Pengaruh Surfaktan pada Konsentrasi Minyak

Saat konsentrasi COD 2000 mg/L, dosis surfaktan yang paling optimum dalam mereduksi minyak dalam limbah adalah 100 mg/L. Sedangkan saat konsentrasi COD 1000 mg/L, dosis surfaktan yang paling optimum terjadi pada saat penambahan dosis surfaktan sebesar 75 mg/L. Penambahan surfaktan dengan dosis 100 mg/L pada konsentrasi COD 2000 mg/L mampu menurunkan konsentrasi minyak dari 556 mg/L menjadi 235 mg/L dengan efisiensi penyisihan minyak sebesar 57,73% dan pada penambahan dosis 75 mg/L dalam air limbah dengan konsentrasi COD 1000 mg/L kandungan minyak dalam air limbah dapat berkurang dari 445 mg/L menjadi 287 mg/L dengan efisiensi penyisihan minyak sebesar 35,5%.

Penambahan surfaktan dengan dosis 25 mg/L dan 75 mg/L pada reaktor COD 2000 mg/L juga memiliki pengaruh terhadap penurunan konsentrasi minyak berturut-turut sebanyak 21,4% dan 17,6%. Akan tetapi pada kondisi tersebut, belum tercapai kondisi konsentrasi misel kritis sehingga molekul surfaktan yang teradsorpsi pada antar muka minyak-air masih dapat ditingkatkan dengan penambahan konsentrasi. Hal tersebut terjadi pula pada penambahan surfaktan dengan konsentrasi 25 mg/L ke dalam reaktor COD 1000 mg/L dan mampu menurunkan konsentrasi minyak sebanyak 8,9%.

Konsentrasi minyak optimum tercapai saat surfaktan telah mencapai konsentrasi misel kritis. Pada saat mencapai

konsentrasi misel kritis, emulsi minyak dalam air sudah dapat dikatakan stabil (Jaya, 2005). Apabila konsentrasi optimum tersebut ditambah, maka tegangan antarmuka minyak-air akan jenuh dan terbentuk misel yang menyebabkan molekul surfaktan yang teradsorpsi pada antarmuka minyak-air juga lebih sedikit. Akibatnya, kemampuan dalam menurunkan tegangan antarmuka lebih kecil atau tidak mampu lagi menurunkan tegangan antarmuka (Georgiou et al., 1992).



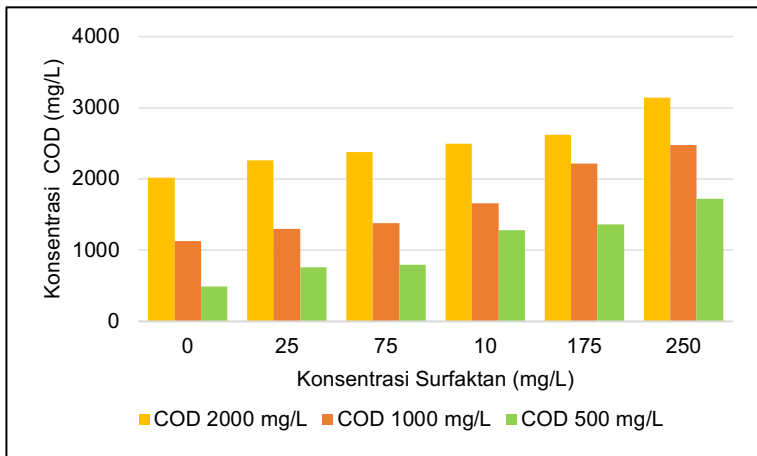
Gambar 4. 1 Pengaruh Dosis Surfaktan terhadap Konsentrasi Minyak

Penambahan konsentrasi surfaktan diatas konsentrasi optimum mengakibatkan terjadinya proses reemulsifikasi dimana molekul surfaktan tidak dapat lagi diadsorpsi oleh muka air dan cenderung mengakibatkan molekul membentuk misel. Terbukti dengan penambahan konsentrasi surfaktan 175 mg/L dan 250 mg/L pada reaktor COD 2000 mg/L menyebabkan peningkatan pada konsentrasi minyak sebesar 20% dari 235 mg/L menjadi 294 mg/L dan sebesar 41,25% dari 235 mg/L menjadi 400 mg/L dimana 235 mg/L adalah konsentrasi minyak yang dicapai saat penambahan konsentrasi surfaktan optimum. Berbeda dengan konsentrasi COD 2000 mg/L dan 1000 mg/L, penambahan surfaktan ke dalam air limbah dengan konsentrasi COD 500 mg/L tidak mengakibatkan penyisihan minyak dalam air. Hal ini terjadi akibat kandungan minyak yang sangat sedikit dalam air, sehingga

penambahan surfaktan sudah melebihi nilai konsentrasi misel kritis dan menyebabkan konsentrasi minyak bertambah seiring dengan peningkatan dosis surfaktan (Dipura, 2012).

4.2.2 Pengaruh Surfaktan pada Konsentrasi COD

COD merupakan salah satu cara untuk menghitung kandungan bahan organik total (APHA, 1999). Pengukuran nilai COD dalam penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan surfaktan terhadap jumlah senyawa organik yang terdapat dalam limbah rumah makan. Surfaktan tergolong sebagai senyawa organik karena sifat hidrofilik dan hidrofobiknya yang ditimbulkan oleh adanya gugus ester oksigen dan gugus hidrokarbon. Gugus hidrokarbon terdiri dari ikatan karbon (C-C) dan ikatan karbon-hidrogen (C-H) (Yunira, 2019). Penambahan surfaktan ke dalam air limbah tentu akan berpengaruh terhadap jumlah bahan organik dalam air dan akan mempengaruhi nilai COD.



Gambar 4. 2 Pengaruh Dosis Surfaktan terhadap Konsentrasi COD

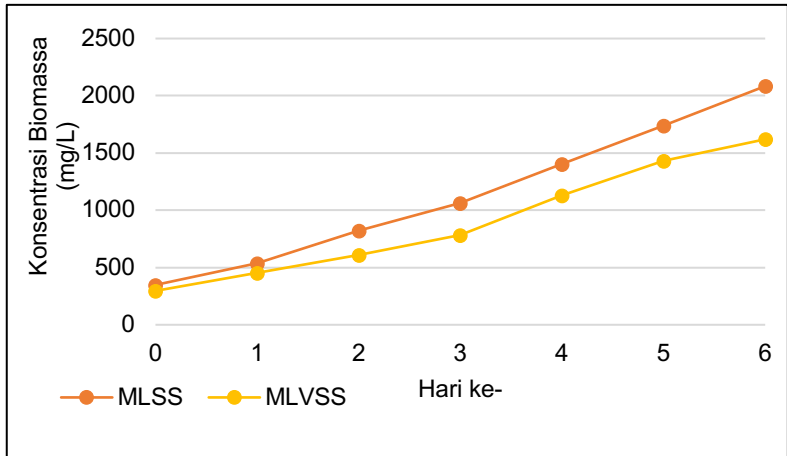
Pada grafik 4.2 dapat diamati bahwa penambahan konsentrasi surfaktan berdampak kepada penambahan konsentrasi COD. Hal ini disebabkan oleh gugus hidrofobik surfaktan yang terdiri dari rantai hidrokarbon (Anaukwu, 2016). Tren grafik yang selalu meningkat saat terjadi penambahan konsentrasi surfaktan menyimpulkan bahwa semakin tinggi konsentrasi surfaktan yang

dimasukkan maka semakin tinggi kadar bahan organik dalam air yang terukur sebagai konsentrasi COD.

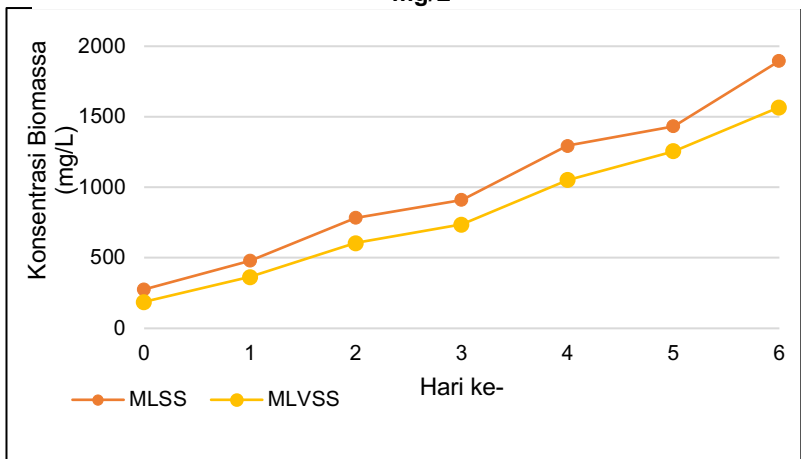
4.3 Proses *Seeding* Lumpur Aktif

Proses *seeding* bertujuan untuk mempersiapkan lumpur aktif yang akan digunakan untuk mengolah limbah cair rumah makan. Proses *seeding* dilakukan untuk menumbuhkan mikroorganisme sehingga mencapai konsentrasi biomassa yang diinginkan yang dinyatakan sebagai konsentrasi MLSS. Proses *seeding* dilakukan dengan memberikan substrat buatan kepada bubuk bakteri aktivator yaitu berupa sukrosa, pupuk urea, dan pupuk TSP. Substrat buatan tersebut dikondisikan dengan beban organik yang menyerupai kondisi limbah sebenarnya. Penambahan glukosa dilakukan hingga diperoleh nilai COD sekitar 2000 mg/L dan 1000 mg/L. Adapun pupuk urea dan pupuk TSP ditambahkan hingga diperoleh perbandingan COD:N:P adalah 100:5:1 dengan nilai COD sebagai acuan (Ammary, 2004).

Proses *seeding* diamati setiap hari. Apabila warna air dalam reaktor telah berubah menjadi semakin gelap dan mulai muncul lapisan biofilm yang menempel pada batu aerator, maka dapat dipastikan bahwa telah terjadi pertumbuhan mikroorganisme dalam reaktor (Metcalf dan Eddy, 2003). Menurut Benefield (1980), lumpur aktif mampu merubah limbah cair organik menjadi sumber tenaga, karbon dioksida, dan bahan seluler baru (biomassa). Pertumbuhan biomassa diukur dengan parameter MLSS yang merupakan campuran antara air limbah dengan biomassa serta padatan tersuspensi lainnya. Pada variasi konsentrasi COD 2000 mg/L perubahan konsentrasi MLSS mengalami peningkatan sebanyak 81,72% hingga mencapai 2084 mg/L dalam waktu 6 hari. Sedangkan pada variasi konsentrasi COD 1000 mg/L perubahan konsentrasi MLVSS meningkat sebanyak 88% hingga mencapai 1896 mg/L dalam waktu 6 hari.



Gambar 4. 3 Pertumbuhan Biomassa dalam Konsentrasi COD 2000 mg/L



Gambar 4. 4 Pertumbuhan Biomassa dalam Konsentrasi COD 1000 mg/L

Seiring penambahan waktu *seeding* kadar MLSS akan meningkat. Peningkatan waktu kontak antara mikroorganisme dalam lumpur dan substrat dari air limbah akan menghasilkan pertumbuhan mikroba yang cukup untuk menghilangkan polutan berkadar organik tinggi. Akan tetapi, kadar MLSS dapat mengalami

penurunan apabila terjadi persaingan internal antar populasi untuk mempertahankan hidup sehingga laju kematian bakteri akan lebih tinggi dibandingkan laju pertumbuhannya (Metcalf & Eddy, 2003).

Pertumbuhan mikroorganismenya sangat tergantung pada tersedianya substrat dan karbon sebagai sumber energi. Kecepatan pertumbuhan mikroorganismenya dalam suatu medium bergantung dengan kondisi yang seimbang antara populasi mikroorganismenya dengan substrat yang tersedia, artinya apabila mikroorganismenya mendapat substrat yang cukup populasi akan berkembang dan tumbuh dengan cepat.

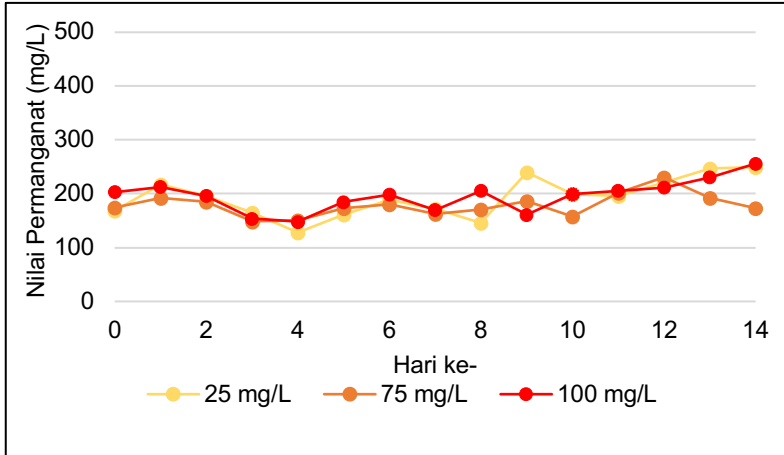
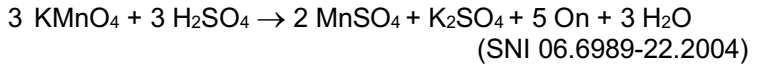
4.4 Proses Aklimatisasi Lumpur Aktif

Proses aklimatisasi terjadi dengan total volume 4 L yang merupakan campuran dari limbah cair rumah makan serta lumpur aktif hasil aklimatisasi. Proses aklimatisasi dimulai dengan memasukkan air limbah dengan perbandingan 70:30 dan dilanjutkan dengan perbandingan 100:0 masing-masing selama 7 hari. Setelah melalui proses aerasi selama 24 jam dan sedimentasi selama 1 jam, sampel kemudian diambil untuk diuji parameternya setiap harinya. Setelah proses sedimentasi, dilakukan proses dekantasi dengan meninggalkan lumpur aktif sebanyak 1 L dalam reaktor sebagai sumber biomassa bagi substrat baru yang akan diolah (Moysa, 2011).

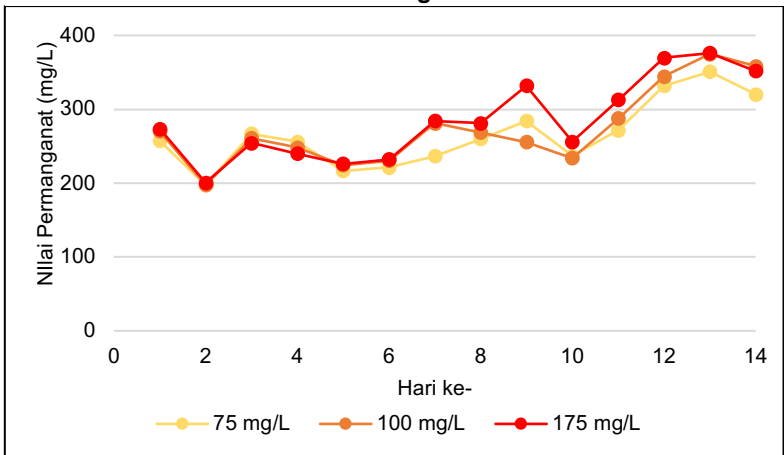
Pada proses aklimatisasi lumpur aktif dilakukan penelitian dengan konsentrasi COD 1000 mg/L dan 2000 mg/L yang dicampurkan dengan 3 dosis surfaktan yang mempunyai nilai paling optimum dalam mereduksi minyak dan lemak dari penelitian pendahuluan. Air limbah dengan konsentrasi COD 2000 mg/L akan dicampurkan dengan surfaktan dengan konsentrasi 75 mg/L; 100 mg/L; dan 175 mg/L dalam 3 reaktor yang berbeda dan air limbah dengan konsentrasi COD 1000 mg/L akan dicampurkan dengan surfaktan dengan konsentrasi 25 mg/L; 75 mg/L; dan 100 mg/L dalam 3 reaktor yang berbeda.

Selama proses aklimatisasi dilakukan analisa zat organik dengan menggunakan pendekatan nilai permanganat, dengan tujuan untuk menentukan waktu tercapainya kondisi tunak (*steady state*) lumpur aktif. Prinsip pengujian nilai permanganat adalah zat organik dalam air dioksidasi dengan KMnO_4 dan direduksi oleh asam oksalat berlebih. Kemudian, kelebihan asam oksalat akan

dititrasi kembali oleh KMnO_4 . Reaksi oksidasi KMnO_4 dalam suasana asam adalah sebagai berikut:



Gambar 4. 5 Perubahan Nilai Permanganat dalam Konsentrasi COD 1000 mg/L



Gambar 4. 6 Perubahan Nilai Permanganat dalam Konsentrasi COD 2000 mg/L

Perubahan nilai permanganat selama tahap aklimatisasi pada reaktor dengan konsentrasi COD 1000 mg/L dan 2000 mg/L dapat dilihat pada gambar 4.5 dan gambar 4.6. Pada gambar tersebut, nilai permanganat bersifat fluktuatif setiap harinya berdasarkan kondisi substrat serta kemampuan mikroorganisme untuk mendegradasi bahan organik.

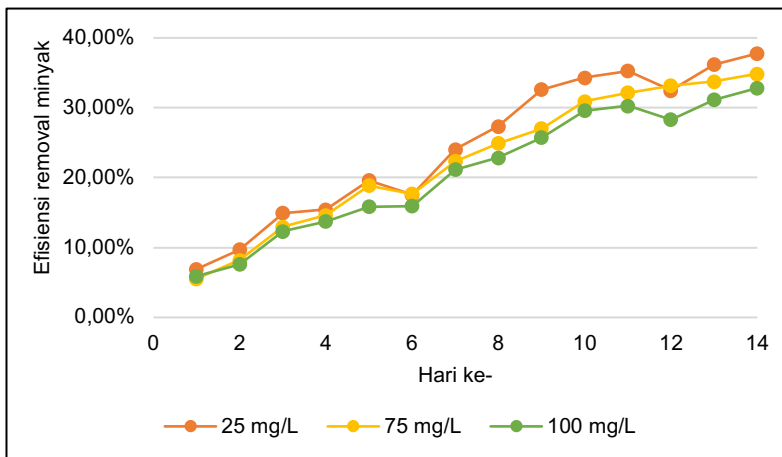
4.4.1 Penyisihan Minyak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penurunan konsentrasi minyak yang dapat tercapai dengan penggunaan kombinasi surfaktan dan aktivator. Pada proses pengolahan limbah, bakteri mengalami kesulitan dalam mendegradasi lipid karena prosesnya yang lambat. Jika limbah mengandung bahan yang bersifat tidak larut dalam air, maka diperlukan suatu medium yang mengandung suatu pengemulsi sehingga mengurangi tegangan permukaan agar minyak dapat tercampur dengan air dan digunakan oleh bakteri untuk nutrisi pertumbuhan dan juga sebagai pengemulsi untuk meningkatkan biodegradasi lipid (Swandi, 2015). Pada penelitian ini digunakan dua variasi COD limbah cair rumah makan yang masing-masing akan dicampurkan dengan tiga konsentrasi surfaktan paling optimum dalam mereduksi minyak dan lemak. Pada konsentrasi COD 2000 mg/L dilakukan penambahan surfaktan dengan dosis 75 mg/L; 100 mg/L; dan 175 mg/L dan diamati konsentrasi minyak awal serta konsentrasi minyak setelah proses aerasi selama 24 jam. Hal serupa juga diterapkan pada reaktor konsentrasi COD 1000 mg/L yang akan ditambahkan surfaktan dengan variasi konsentrasi 25 mg/L; 75 mg/L; dan 100 mg/L. Pengambilan sampel dilakukan setiap hari pada tahap pengisian, dan pada tahap dekantasi. Pengukuran minyak dan lemak dilakukan setiap hari saat sampel belum mengalami aerasi (t_0) dan sesudah aerasi (t_{24}). Konsentrasi awal minyak akan bersifat fluktuatif dikarenakan pengisian sampel yang karakteristiknya berbeda setiap harinya tergantung dari kondisi COD air limbah pada saat pengambilan sampel.

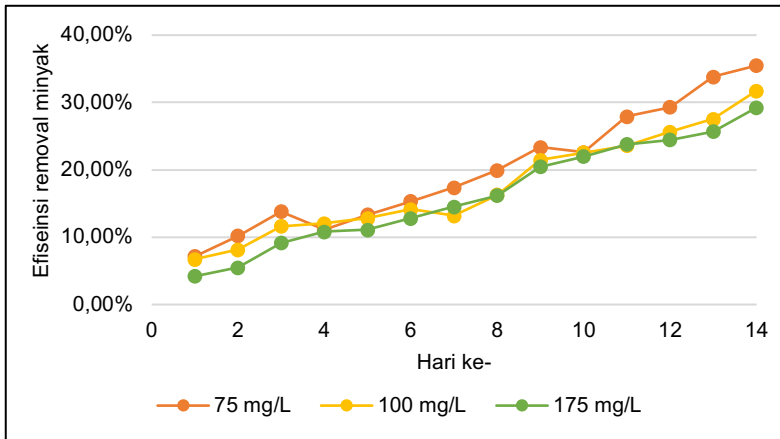
Penambahan surfaktan yang berbeda berpengaruh terhadap konsentrasi awal minyak dan lemak sebelum proses aerasi. Pada reaktor COD 2000 mg/L penambahan surfaktan

dengan konsentrasi 75 mg/L membuat konsentrasi minyak awal berada dalam kisaran 1218 mg/L-1664 mg/L, konsentrasi 100 mg/L berada dalam kisaran 1184 mg/L-1484 mg/L, dan konsentrasi 175 mg/L berada dalam kisaran 1276 mg/L-1572 mg/L. Pada reaktor COD 1000 mg/L penambahan surfaktan dengan konsentrasi 25 mg/L membuat konsentrasi minyak awal berada dalam kisaran 658 mg/L-1048 mg/L, konsentrasi 75 mg/L berada dalam kisaran 602 mg/L-1022 mg/L, dan konsentrasi 100 mg/L berada dalam kisaran 644 mg/L-1102 mg/L.

Gambar 4.7 menunjukkan pengaruh penambahan surfaktan dengan konsentrasi 75 mg/L, 100 mg/L, dan 175 mg/L ke dalam reaktor COD 2000 mg/L. Dari ketiga gambar tersebut terlihat bahwa penyisihan minyak akibat aktivitas mikroorganisme sebagian besar mengalami peningkatan setiap harinya hingga mencapai hari ke-14. Pada hari ke-14 konsentrasi surfaktan 75 mg/L; 100 mg/L dan 175 mg/L dapat menyisihkan minyak hingga mencapai 35,48%; 31,74%; dan 29,24%. Semakin besar konsentrasi surfaktan dalam air limbah mengakibatkan semakin kecil penyisihan minyak dalam air. Hal ini diakibatkan oleh bertambahnya bahan organik dalam air yang harus dioksidasi oleh mikroorganisme.



Gambar 4. 7 Penyisihan Minyak dalam Reaktor COD 2000 mg/L



Gambar 4. 8 Penyisihan Minyak dalam Reaktor COD 1000 mg/L

Gambar 4.8 menunjukkan pengaruh penambahan surfaktan dengan konsentrasi 25 mg/L, 75 mg/L, dan 100 mg/L ke dalam reaktor COD 1000 mg/L. Dari ketiga gambar tersebut terlihat bahwa penyisihan minyak akibat aktivitas mikroorganisme sebagian besar juga mengalami peningkatan setiap harinya hingga mencapai hari ke-14. Pada hari ke-14 konsentrasi surfaktan 25 mg/L; 75 mg/L dan 100 mg/L dapat menyisihkan minyak hingga mencapai 37,77%; 34,87%; dan 32,82%.

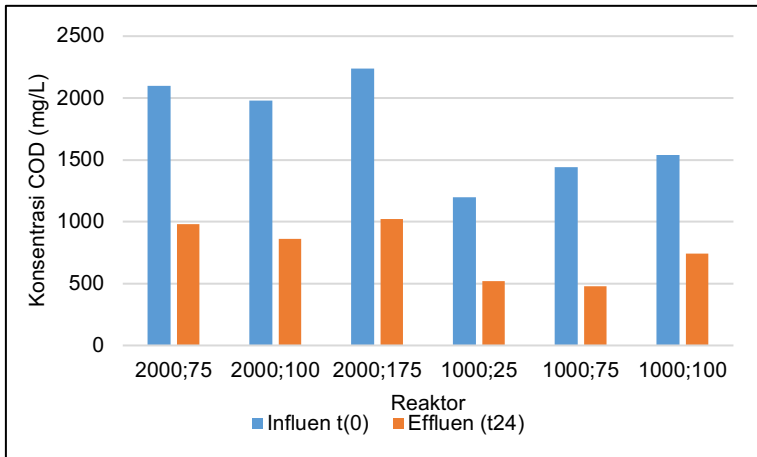
Salah satu bakteri yang terdapat dalam aktivator adalah bakteri lipolitik. Bakteri lipolitik merupakan penghasil enzim lipase dalam menghidrolisis lipid menjadi asam lemak dan gliserol (Nurdini, 2010).

4.4.2 Penyisihan COD

Penurunan konsentrasi minyak dalam air akibat penambahan surfaktan dan aktivator tentu akan berpengaruh terhadap jumlah bahan organik yang terdapat dalam air limbah. Untuk mengetahui efektivitas dari sistem lumpur aktif tersebut dilakukan pengujian COD pada hari ke-14 dan pengambilan sampel dilakukan pada proses pengisian dan proses dekantasi.

Penurunan nilai COD pada reaktor COD 2000 mg/L tidak memiliki perbedaan yang sangat signifikan. Penambahan surfaktan dengan konsentrasi 75 mg/L; 100 mg/L; dan 175 mg/L berturut-turut mampu menyisihkan nilai COD sebesar 53,33%;

56,57%; dan 54,46%. Sedangkan pada reaktor COD 1000 mg/L, penambahan surfaktan dengan konsentrasi 25 mg/L; 75 mg/L; dan 100 mg/L mampu menyisihkan konsentrasi COD sebesar 56,67%; 66,67%; dan 51,95%.



Gambar 4. 9 Penyisihan Nilai COD saat Proses Aklimatisasi

4.5 Penelitian Utama

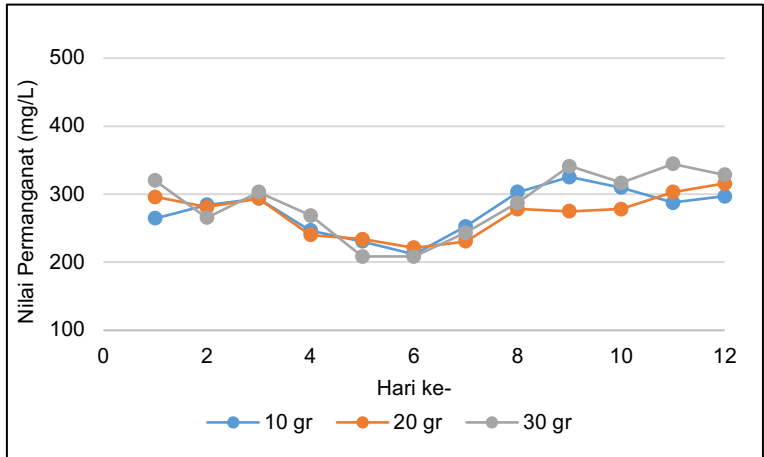
Setelah mendapatkan dosis surfaktan yang paling optimum dalam mendegradasi minyak dan lemak, maka dilakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui perbandingan kemampuan mikroorganisme dalam mereduksi minyak dengan ada dan tidak adanya surfaktan. Penelitian ini menggunakan air limbah dengan konsentrasi COD 2000 mg/L dengan dua kondisi surfaktan yang berbeda, yaitu tidak ada penambahan surfaktan dan penambahan surfaktan dengan konsentrasi 75 mg/L. Penambahan surfaktan dengan konsentrasi 75 mg/L berpacu pada penelitian sebelumnya dimana dari ketiga variasi konsentrasi surfaktan pada kondisi air limbah dengan konsentrasi COD 2000 mg/L, penurunan minyak tertinggi dalam proses aklimatisasi selama 14 hari mencapai 35,48% dan penurunan nilai COD mencapai 53,33%. Pada penelitian ini dilakukan variasi penambahan aktivator, yaitu 10 gram, 20 gram, dan 30 gram. Penelitian dimulai dengan melakukan proses *seeding* bubuk aktivator dengan menggunakan limbah asli rumah makan dan

disertai dengan penambahan nutrisi dari pupuk urea dan TSP agar tercapai kondisi COD:N:P optimal dalam pengolahan air limbah yaitu 100:5:1. Proses *seeding* dilakukan hingga tercapai konsentrasi MLSS dari masing-masing reaktor mencapai 2000 mg/L.

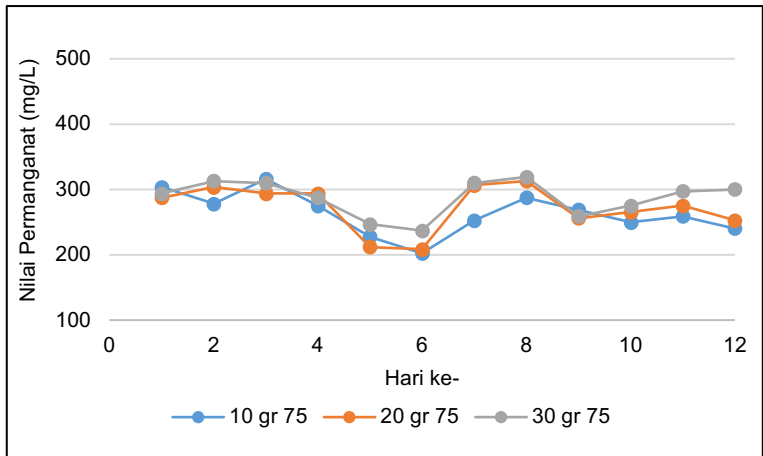
Kemudian dilakukan proses aklimatisasi bakteri dengan memasukkan 1 L bakteri hasil *seeding* kedalam reaktor dan dicampurkan dengan 3 L limbah cair rumah makan dengan persentase awal 70:30. Limbah cair dicampur dengan substrat buatan (sukrosa) agar tetap mencapai konsentrasi COD 2000 mg/L. Hal ini dilakukan sebagai bentuk dari penyesuaian mikroorganisme terhadap substrat. Proses aklimatisasi dilakukan hingga nilai PV mencapai kondisi stabil dan terjadi penurunan COD hingga mencapai 50%. Selama proses aklimatisasi, dilakukan proses pengukuran konsentrasi minyak awal dan setelah mengalami proses 24 jam, nilai permanganat, konsentrasi MLSS dan MLVSS dengan tetap menjaga kondisi DO dan pH di dalam reaktor.

Permanganometri merupakan metode titrasi yang dilakukan berdasarkan reaksi oleh Kalium Permanganat (KMnO_4). Zat organik dapat dioksidasi dengan menggunakan KMnO_4 dalam suasana asam dengan pemanasan. Sisa KMnO_4 akan direduksi oleh asam oksalat dan kelebihan asam oksalat akan dititrasi kembali oleh KMnO_4 (Apriyanti, 2018). Walaupun KMnO_4 tidak dapat mengoksidasi semua zat organik yang ada, namun cara ini sangat praktis dan tepat pengerjaannya. Analisis nilai permanganat dilakukan hingga mencapai kondisi stabil dimana fluktuasi perubahannya tidak mencapai 10%.

Gambar 4.10 dan 4.11 menggambarkan kondisi nilai permanganat setiap harinya selama 12 hari. Pada tahap awal aklimatisasi terlihat bahwa nilai permanganate masih fluktuatif dikarenakan mikroorganisme dalam lumpur aktif juga masih di dalam tahap penyesuaian dengan kondisi substrat. Namun mendekati hari ke- 12 dapat terlihat bahwa grafik mulai terlihat stabil dan dapat dinyatakan bahwa proses aklimatisasi telah selesai



Gambar 4. 10 Perubahan Nilai PV pada Reaktor COD 2000 mg/L tanpa Penambahan Surfaktan

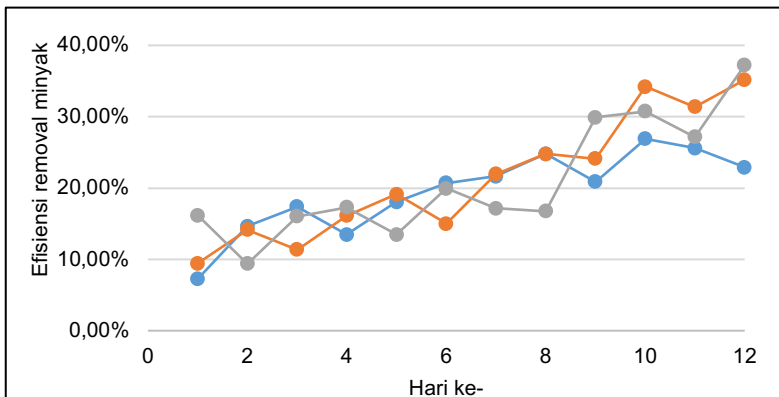


Gambar 4. 11 Perubahan Nilai PV pada Reaktor COD 2000 mg/L dengan Penambahan Surfaktan

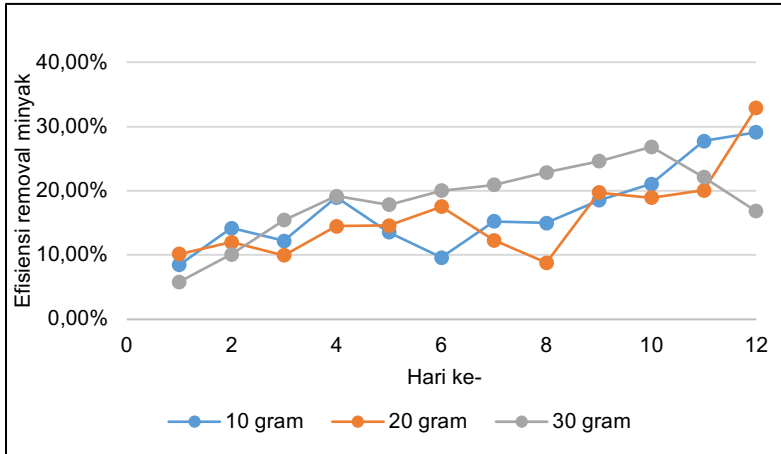
4.5.1 Penyisihan Minyak

Proses aerasi dapat meningkatkan kontak antara mikroorganisme dan substrat sehingga terjadi proses degradasi senyawa organik. Pada penelitian ini, terdapat dua kondisi awal sampel yang berbeda, yaitu sampel dengan COD 2000 mg/L tanpa penambahan surfaktan dan sampel dengan konsentrasi COD 2000 mg/L dengan penambahan surfaktan 75 mg/L. Konsentrasi minyak awal bersifat fluktuatif setiap harinya sesuai dengan kondisi pengambilan sampel dari rumah makan. Selama 12 hari penelitian, konsentrasi awal minyak berada dalam rentang 722 mg/L hingga 1370 mg/L dimana penambahan surfaktan akan menghasilkan konsentrasi minyak lebih rendah dibandingkan dengan reaktor tanpa penambahan surfaktan.

Proses degradasi minyak diawali dengan proses glikolisis, dimana enzim lipase akan memecah struktur molekul minyak menjadi asam lemak yang lebih sederhana sehingga dapat diurai oleh mikroorganisme (Masry, 2004). Asam-asam lemak akan mengalami proses β -oksidasi, dimana setiap kalinya terjadi pengurangan 2 atom C dengan pematangan ikatan kimia pada atom C untuk pembentukan asetil-KoA (Trihadiningrum, 2012). Proses aklimatisasi biomassa sangat diperlukan sebagai bentuk adaptasi mikroorganisme dengan substrat yang nantinya akan memodifikasi bentuk sel DNA dan menimbulkan karakteristik baru pada sel (Cisterna, 2014).



Gambar 4. 12 Penurunan Konsentrasi Minyak pada Proses Lumpur Aktif tanpa Penambahan Surfaktan



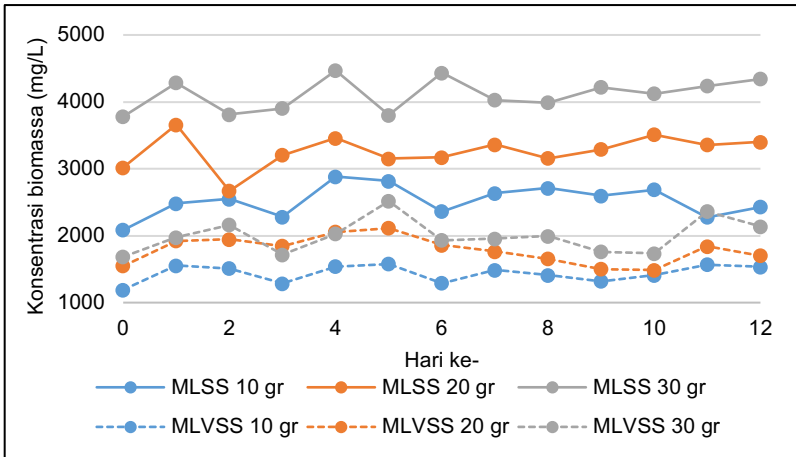
Gambar 4. 13 Penurunan Konsentrasi Minyak pada Proses Lumpur Aktif dengan Penambahan Surfaktan

Pada gambar 4.12 dan 4.13 dapat dilihat bahwa konsentrasi minyak setelah proses aerasi selama 24 jam mengalami penurunan apabila dibandingkan dengan konsentrasi minyak awal. Hal ini menandakan bahwa bibit bakteri yang berasal dari aktivator dapat tumbuh dan beradaptasi dengan substrat. Pada hari ke-12 efisiensi penyisihan minyak dengan aktivator 10 gram; 20 gram; dan 30 gram pada reaktor tanpa penambahan surfaktan adalah 22,92%; 35,18%; dan 37,23%. Sedangkan pada reaktor dengan penambahan surfaktan penyisihan minyak yang terjadi sebesar 29,09%; 32,91%; dan 16,85%. Tren dari kedua grafik tersebut menunjukkan peningkatan sehingga dapat disimpulkan apabila waktu aklimatisasi diperpanjang, maka efisiensi penyisihan minyak dalam air limbah dapat meningkat.

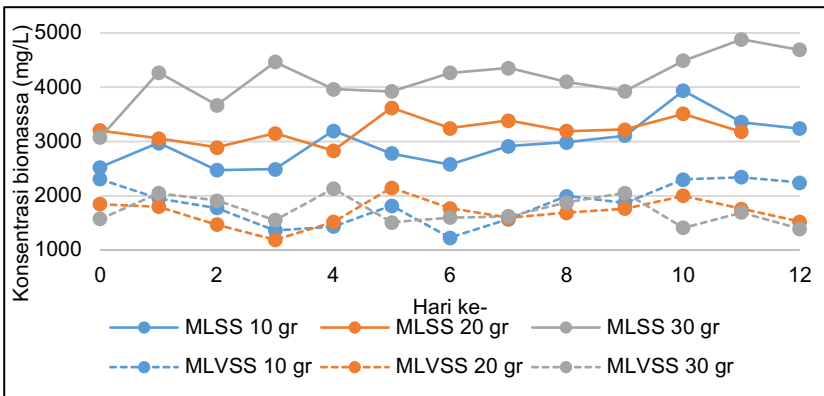
4.5.2 Analisis MLSS dan MLVSS

Mixed Liquor Suspended Solid (MLSS) dan *Mixed Liquor Volatile Suspended Solid (MLVSS)* dianalisis menggunakan metode gravimetri. Analisis ini dilakukan setiap hari dengan tujuan

untuk mengetahui dan menjaga laju pertumbuhan jumlah mikroorganisme. Analisis MLVSS juga dilakukan untuk mengetahui nilai rasio F/M setiap reaktor. Nilai MLSS dan MLVSS ini merupakan konsentrasi padatan tersuspensi yang terkandung di dalam sampel. Konsentrasi MLSS dan MLVSS ini didapatkan dari analisis sampel campuran antara lumpur aktif dan air limbah yang dikeluarkan pada tahap *idle*.



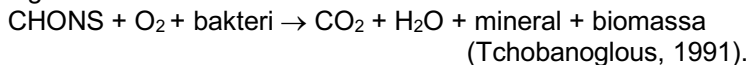
Gambar 4. 15 Pertumbuhan Biomassa pada Reaktor tanpa Penambahan Surfaktan



Gambar 4. 14 Pertumbuhan Biomassa pada Reaktor dengan Penambahan Surfaktan

Sesuai tren grafik pada gambar 4.14 dan gambar 4.15, dapat dilihat laju penambahan maupun penurunan konsentrasi MLSS untuk setiap reaktornya. Semua nilai konsentrasi MLSS pada setiap reaktor masih sesuai dengan rentang tipikal kriteria desain untuk konsentrasi MLSS pada SBR, yaitu berkisar antara 2000 mg/L hingga 5000 mg/L (Metcalf and Eddy, 2003). Nilai MLSS yang terukur tidak hanya mewakili padatan organik, namun juga mencakup padatan inorganik yang tersuspensi. Padatan inorganik tersebut dapat berupa pasir, tanah, kerikil, butiran makanan maupun sampah, atau bahkan senyawa mineral dan garam yang terkandung dalam air. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Kumar (2014), mikroorganisme yang masih aktif biasanya dinyatakan di dalam konsentrasi MLSS. Akan tetapi, MLSS bukan merupakan konsentrasi mikroorganisme yang hidup, melainkan nilai yang mengindikasikan keberadaan mikroorganisme di dalam sistem.

Peningkatan nilai MLSS yang terjadi pada gambar 4.14 dan 4.15 terjadi akibat kandungan bahan organik yang tersedia telah mencukupi kebutuhan mikroorganisme untuk mengalami sintesis sel. Dalam limbah cair, bahan organik dapat berupa protein, karbohidrat dan hidrokarbon. Degradasi senyawa karbon terjadi ketika senyawa-senyawa organik diuraikan dan dioksidasi oleh mikroorganisme heterotrof pada proses aerasi. Mikroorganisme heterotrof akan menggunakan sumber karbon untuk sintesis sel menghasilkan sel baru sesuai dengan reaksi sebagai berikut:

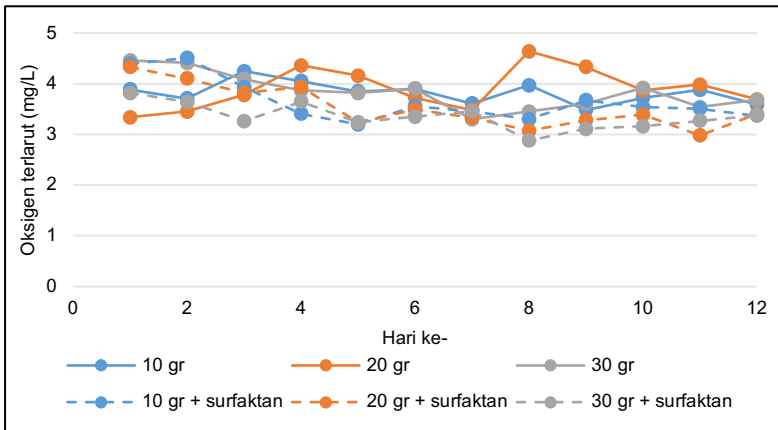


Selain pengukuran konsentrasi MLSS, dilakukan juga pengukuran terhadap konsentrasi MLVSS. MLVSS mengindikasikan adanya padatan tersuspensi yang dapat menguap selama proses analisis. Padatan tersuspensi yang dapat teruapkan tersebut adalah senyawa organik, dimana senyawa inorganik tidak akan ikut menguap. Sebagian besar konsentrasi MLVSS pada setiap reaktor selama masa operasional juga sesuai dengan rentang tipikal desain untuk konsentrasi MLVSS pada pengolahan SBR, yaitu sebesar 1500 mg/L hingga 3500 mg/L (Wang et al, 2009).

4.5.3 Analisis Dissolved Oxygen (DO) dan pH

Nilai DO pada setiap reaktor menunjukkan kecenderungan yang relatif stabil dengan kisaran rata-rata nilai antara 2,98 mg/L hingga 4,64 mg/L yang memenuhi batas syarat minimum 2 mg/L (Metcalf and Eddy, 1991). Menurut Asegab (2010), kandungan oksigen terlarut yang kurang dari 1,5 mg/L akan mengakibatkan terbentuknya bakteri berfilamen yang akan menurunkan pengendapan lumpur. Nilai DO pada tiap reaktor dapat dilihat pada Gambar 4.16

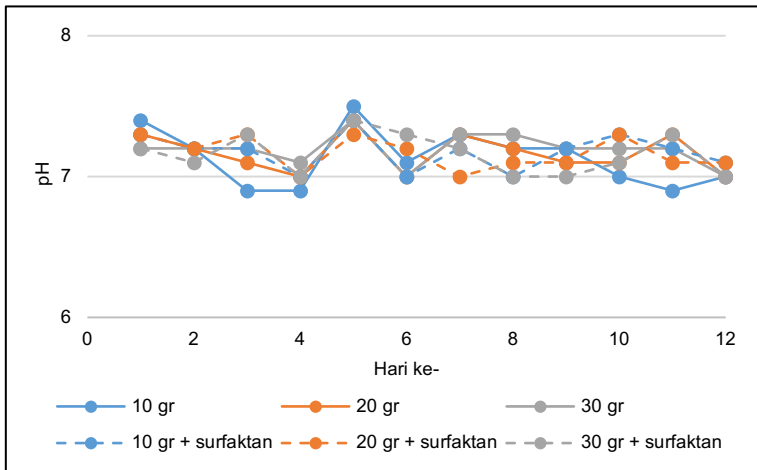
Menurut Moussaoui (2017), mikroorganisme membutuhkan oksigen untuk dapat menggunakan bahan organik yang terkandung dalam limbah. Bahan organik tersebut dioksidasi untuk penyediaan energi dalam rangka pemeliharaan fungsi sel dan sintesa sel (pertumbuhan). Dengan hal ini, oksigen berfungsi sebagai akseptor elektron yang dilepaskan pada saat reaksi pembentukan energi.



Gambar 4. 16 Konsentrasi Dissolved Oxygen dalam Reaktor

Selain pengukuran oksigen terlarut, pH merupakan parameter tambahan di dalam penelitian ini. Pengukuran pH dilakukan untuk mengetahui apakah proses yang terjadi dalam reaktor sudah berada dalam kondisi pH optimum. Kisaran pH yang normal dalam pengoperasian lumpur aktif adalah 6,5-7,5 (Metcalf & Eddy, 2003). Nilai pH dalam limbah dapat mencerminkan

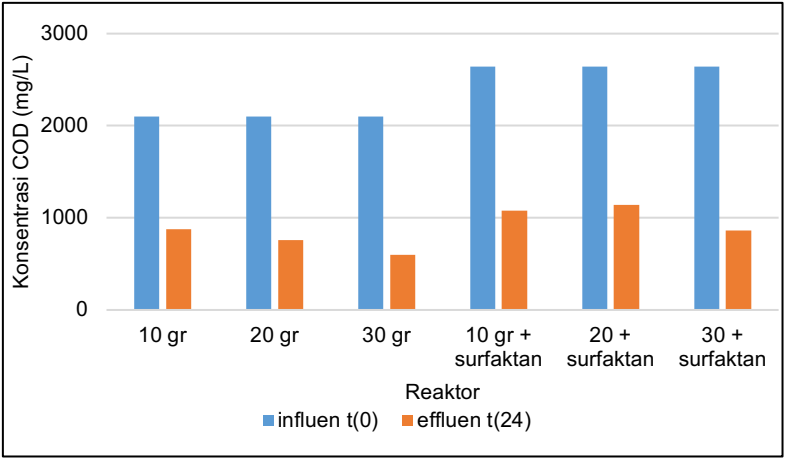
keseimbangan antar asam dan basa dalam limbah tersebut. Limbah domestik biasanya mempunyai pH yang mendekati normal (Doraja, 2012).



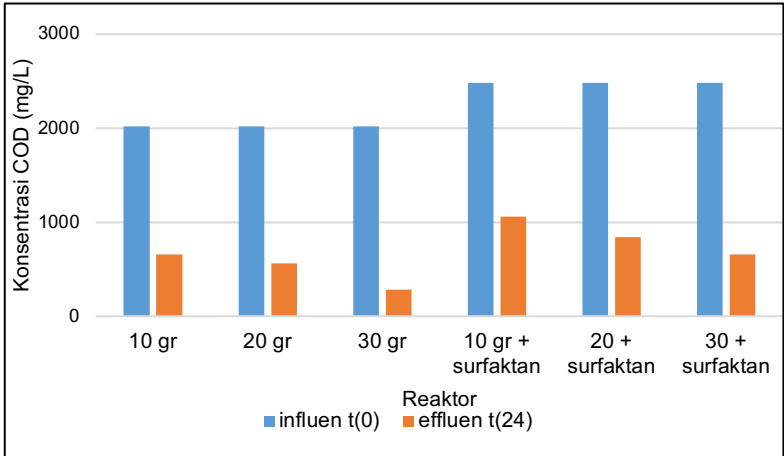
Gambar 4. 17 Kondisi pH dalam Reaktor

4.5.4 Penyisihan COD

Penyisihan nilai COD menandakan bahwa mikroorganisme sudah dapat menyesuaikan diri dengan keadaan substrat yang baru dan DNA sel telah tereplika dengan karakteristik yang dibutuhkan sebagai organisme pengurai (Cisterna, 2014). Dari gambar 4.18 dan 4.19 dapat disimpulkan bahwa efisiensi penyisihan COD pada reaktor tanpa penambahan surfaktan menghasilkan nilai yang lebih besar dibandingkan dengan reaktor yang ditambahkan dengan surfaktan. Pengukuran nilai COD juga dilakukan pada hari terakhir proses aklimatisasi dimana kondisi lumpur aktif telah mencapai kondisi steady state. Menurut Widyaningsih (2011), proses aklimatisasi dapat dikatakan selesai apabila kandungan COD limbah cair dapat berkurang hingga mencapai 50% dan fluktuasi konsentrasi organik yang diwakili oleh nilai permanganat tidak melebihi 10%. Penyisihan nilai COD pada hari ke- 12 telah mengalami peningkatan apabila dibandingkan dengan penyisihan COD pada hari ke- 7.



Gambar 4. 18 Penyisihan Nilai COD pada Hari ke- 7 Proses Aklimatisasi



Gambar 4. 17 Penyisihan Nilai COD pada Hari ke- 12 Proses Aklimatisasi

Salah satu faktor yang dapat menyebabkan penyisihan pada nilai COD adalah waktu aerasi yang lama sehingga kebutuhan oksigen bagi pertumbuhan isolat bakteri dalam air limbah tercukupi. Susilo (2013) dalam penelitiannya menyatakan, bahwa semakin lama waktu tinggal pengolahan limbah, maka semakin besar jumlah suplai oksigen dalam air limbah. Suplai oksigen yang besar memberikan peluang semakin besar terjadi reaksi oksidasi atau kontak terhadap oksigen oleh bakteri dalam melakukan dekomposisi. Setelah mengalami proses aklimatisasi bakteri, reaktor dengan penambahan aktivator 10 gram; 20 gram; dan 30 gram tanpa dikombinasikan dengan surfaktan mampu menyisihkan konsentrasi COD dalam air limbah hingga mencapai 67,33%; 72,28%; dan 86,14%. Sedangkan penambahan surfaktan 75 mg/L ke dalam masing-masing reaktor yang berisi aktivator 10 gram; 20 gram; dan 30 gram mengakibatkan penurunan pada nilai efisiensi penyisihan COD, yaitu 57,26%; 66,13%; dan 73,39%.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan analisa yang dilakukan, maka dapat disimpulkan:

1. Dari kelima variasi konsentrasi surfaktan, yaitu 25 mg/L; 75 mg/L; 100 mg/L; 175 mg/L; dan 250 mg/L, penambahan surfaktan kedalam reaktor COD 2000 mg/L dengan konsentrasi 100 mg/L merupakan konsentrasi surfaktan optimum karena dapat menurunkan konsentrasi minyak hingga 57,73%. Pada reaktor COD 1000 mg/L, konsentrasi surfaktan sebesar 75 mg/L mampu menurunkan konsentrasi minyak sebesar 35,5%. Sedangkan pada reaktor COD 500 mg/L, penambahan konsentrasi tidak menyebabkan reduksi pada konsentrasi minyak dikarenakan sedikit penambahan surfaktan telah melampaui konsentrasi misel kritis dan menyebabkan terjadinya proses reemulsifikasi.

2. Penggunaan kombinasi surfaktan dan aktivator dapat menurunkan konsentrasi bahan organik yang terdapat dalam limbah cair rumah makan. Penambahan dosis aktivator sebanyak 10 gram; 20 gram; dan 30 gram disertai dengan penambahan surfaktan dengan konsentrasi 75 mg/L mampu mereduksi konsentrasi minyak secara berturut-turut sebesar 29,09%; 32,91%; dan 16,85% dan konsentrasi COD sebesar 57,26%; 66,13%; dan 73,39%. Akan tetapi jika dibandingkan dengan reaktor kontrol tanpa penambahan surfaktan, dosis activator sebanyak 10 gram; 20 gram; dan 30 gram dapat mereduksi konsentrasi minyak sebesar 22,92%; 35,28%; dan 37,23% dan konsentrasi COD sebesar 67,33%; 72,28%; dan 86,14%.

5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan dan kekurangan yang ada dalam penelitian ini, diperlukan adanya saran untuk penelitian selanjutnya, yaitu:

1. Perlu dilakukan analisis setiap parameter dalam setiap tahapan pengisian agar diketahui efisiensi penyisihan setiap parameter dalam satu siklus dan dapat ditentukan rasio F/M yang tepat.
2. Perlu dilakukan analisis Nitrogen dan Fosfat untuk mengetahui efektivitas proses SBR dalam mereduksi kedua komponen yang turut berperan penting dalam pengolahan air limbah secara biologis.

DAFTAR PUSTAKA

- Alade, A.O., Jameel, A.T., Muyubi, S.A., Abdul Karim, M.I., dan Alam, M.Z. 2011. Removal of Oil and Grease as Emerging Pollutants of Concern (Epc) In Wastewater Stream. *IJUM Engineering Journal: Special Issue on Biotechnology* Vol 12(4): 161-169.
- Ammary, B. Y. 2004. Nutrients Requirements in Biological Industrial Wastewater Treatment. *African Journal of Biotechnology* Vol.3(4).
- Anaukwu, C. G. dan Ezemba, C. C. 2016. Influence of Anionic, Cationic, and Non-ionic Surfactants On Growth of Hydrocarbon Utilizing Bacteria. *American Journal of Current Microbiology* Vol 4: 10-16.
- Anonim. 2011. Ambisi Jadi Kota Wisata Kuliner. (<https://surabayapost.co.id/2011/11/31/ambisi-jadi-kota-wisata-kuliner/>, diakses 20 Januari 2019).
- APHA, AWWA, dan WEF. 1999. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 22nd edition. Washington DC: American Public Health Association.
- Apriyanti dan Apriyani, E. M. 2018. Analisis Kadar Zat Organik pada Air Sumur Warga Sekitar TPA dengan Metode Titrasi Permanganometri. *Jurnal Ilmu Kimia dan Terapan* Vol. 2(2).
- Aserin, A. dan Lutz, R. 2008. *Multiple Emulsions Stabilized by Biopolymer*. New Jersey: A John Wiley & Sons, Inc.
- Becker, P., Köster, D., Popov, M., Markossian, S., Antranikian, G., dan Märkl, H. 1999. The biodegradation of olive oil and the treatment of lipid-rich wool scouring wastewater under aerobic thermophilic conditions. *Water Research* Vol 33(3): 653-660.
- Benefield, L. D. dan Randall, C. W. 1980. *Biological Process Design for Waste Water Treatment*. New York: Prentice Hall Inc.
- Broughton, A. D. 2009. Hydrolysis and Acidogenesis of Farm Dairy Effluent For Biogas Production Ambient Temperatures. *Thesis*. Massey University. New Zealand.

- Cisterna, P. 2014. Biological Treatment by Active Sludge with High Biomass Concentration at Laboratory Scale for Mixed Inflow of Sunflower Oil and Saccharose. *Journal of Environments* Vol 4(69): 1-13.
- Daverey, A. dan Pakshirajan, K. 2011. Recent Advances in Bioremediation of Contaminated Soil and Water Using Microbial Surfactants. *Microbes and Microbial Technology: Agricultural and Environmental Applications*: 207-228.
- Dipura, Y. S. 2012. Pengaruh Penambahan Surfaktan Tween 80 terhadap Proses Biodegradasi Pyrena oleh *Bacillus Subtilis* C19. *Skripsi*. Universitas Indonesia. Depok.
- Doraja, P. H., Shovitri, M., dan Kuswyasari, N. D. 2012. Biodegradasi Limbah Domestik dengan Menggunakan Inokulum Alami dari Tangki Septik. *Jurnal Sains dan Seni ITS* Vol 1(1).
- Fardiaz, S. 1992. *Polusi Udara dan Air*. Yogyakarta: Penerbit Kanisius.
- Genaro. 1990. *Rhemington's Pharmaceutical Science*. Edisi XVIII. Easton: Mack Printing Company.
- Georgiou, G., Lsung, C., dan Shara, M. M. 1992. Surface Active Compounds from Microorganisms. *Bio/Technology* 10(1): 60-65.
- Jatmika, A. 1998. Aplikasi Enzim Lipase dalam Pengolahan Minyak Sawit dan Minyak Inti Sawit untuk Produk Pangan. *Warta Pusat Penelitian Kelapa Sawit* Vol 6(1): 31-37.
- Jaya, H. S. 2005. Profil Stabilitas Emulsi Fraksi Ringan Minyak Bumi dalam Air dengan Penambahan Surfaktan Nonionik. *Skripsi*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Joshi, S., Bharucha, C., Jha, S., Yadav, S., Nerurkar, A., dan Desai, A. J. 2008. Biosurfactant production using molasses and whey under thermophilic conditions. *Bioresource Technology* Vol 99 (1): 195–199.
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 112 Tahun 2003 *Baku Mutu Air Limbah Domestik*. 10 Juli 2003. Jakarta.

- Kumar, K., Singh, G. K., Dastidar, M. G., dan Sreerishnan, T.R. 2014. Effect of Mixed Liquor Volatile Suspended Solids (MLVSS) and Hydraulic Retention Time (HRT) on the Performance of Activated Sludge Process during the Biotreatment of Real Textile Wastewater. *Water Resources and Industry* Vol 5: 1-8.
- NEIWPC. 2005. *Sequencing Batch Reactor Design and Operational Considerations*. New York: The Environmental Outreach Group.
- Makkar, R. S. dan Rockne, K. J. 2003. Comparison of Synthetic Surfactant and Biosurfactant in Enhancing Biodegradation of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons. *Environmental Toxicology and Chemistry* Vol. 22(10): 2280-2292.
- Manik, K. E. S. 2003. *Pengelolaan Lingkungan Hidup*. Jakarta: Djambatan.
- Metcalf and Eddy. 2003. *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*. Edisi IV. New York: Mc Graw Hill Inc.
- Moysa, E. L. 2011. Effect of municipal wastewater containing oils on activated sludge under aerobic conditions.
- Okoliegbe, I. N. dan Agarry, O. O. 2012. Application of Microbial Surfactant (A Review). *Scholarly Journals of Biotechnology* Vol 1(1): 15-23.
- Pelczar, M. J., Chen, N. R. dan Krieg, N. R. 1986. *Microbiology*. Edisi IV. Singapore: Mc Graw Hill Inc.
- Polprasert, C. 1989. *Organic Waste Recycling*. Chicester: John Willey and Sons.
- Purwadayu, A. S. 2009. Profil Kelarutan Limbah Minyak Bumi dalam Air Akibat Pengaruh Surfaktan Nonionik dan Laju Pengadukan. *Skripsi*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Putra, S. A. 2018. Peran Biosurfaktan dari Proses Composting untuk Desorpsi Hidrokarbon pada Tanah Terkontaminasi Minyak Bumi. *Tesis*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Quintero, J.C., Moreira, M.T., dan Feijoo, G. 2005. Effect of surfactant on the soil desorption of hexacyclohexane (HCH) isomers and their anaerobic biodegradation. *J Chem Technol Biotechnol* 80:1005-1015.

- Rahman, A. 1992. *Teknologi Fermentasi*. Bogor: Arcan.
- Robinson, T., McMullan, G., Marchant, R., dan Nigam, P. 2001. Remediation of dyes in textile effluent: a critical review on current treatment technologies with a proposed alternative. *Bioresource Technology* Vol. 77 (3): 247-255
- Rofifah, K. 2018. Pengolahan Air Limbah Tekstil Menggunakan Tanaman Air dan Bioaugmentasi Bakteri. *Skripsi*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Rowe, R.C., Sheskey, P.J., dan Quinn M., E. 2009. *Handbook of Pharmaceutical Excipients*. Lexi-Comp: American Pharmaceutical Association, Inc.
- Sarbini, K. 2012. Biodegradasi Pyrena Menggunakan Bacillus Subtilis C19. *Skripsi*. Universitas Indonesia. Depok.
- Sawyer, C.N., McCarty, P.L., dan Parkin, G.F. (2003). *Chemistry for Environmental Engineering and Science*. Edisi V. New York: McGraw-Hill Companies, Inc.
- Schueller, R. dan Romanousky, P. 1998. *Cosmetics and Toiletries Magazine: Understanding Emulsions*. Illinois: Allured Publishing Corp.
- Seadi, T. A., Rutz, D., Prassl, H., Kottner, M., Finsterwalder, T., Volk, S., dan Janssen, R. 2008. *Biogas Handbook*. Denmark: University of Southern Denmark.
- Situmorang, R. F. 2016. Pemisahan Emulsi Minyak dari Air Menggunakan Teknologi Membran. *Skripsi*. Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Sugiharto. 1987. *Dasar-dasar pengolahan Limbah Cair*. Jakarta: UI Press.
- Susilo, H. 2012. *Fisiologi Tanaman Budidaya*. Jakarta: UI Press.
- Sutoro dan Kharismasari, A. 2010. Kapang Pereduksi Fosfat Dari Berbagai Bioaktivator. *Undergraduate Thesis*. Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya.
- Tchobanoglous, G. dan Burton, F. L. 1991. *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*. Edisi VI. Singapore: Mc Graw Hill Inc.
- Trihadiningrum, Y. 2012. *Mikrobiologi Lingkungan*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

- Tzirita, M. 2012. A Characterisation of Bioaugmentation Products for The Treatment of Waste Fats, Oils and Grease (FOG). *Thesis*. Dublin City University. Dublin.
- Widyaningsih, V. 2011. Pengolahan Limbah Cair Kantin Yongma FISIP UI. *Skripsi*. Universitas Indonesia. Depok.
- Zahra, L. Z. dan Purwanti, I. F. 2015. Pengolahan Limbah Rumah Makan dengan Proses Biofilter Aerobik. *Jurnal Teknik ITS* Vol 4 (1): 35-39.
- Zee, F. P. dan Villaverde, S. 2005. Combined anaerobic-aerobic Treatment of Azo Dyes-A Short Review of Bioreactor Studies. *Water Research* Vol. 39(8): 1425-1440

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN 1

PENENTUAN PANJANG GELOMBANG DAN KURVA KALIBRASI

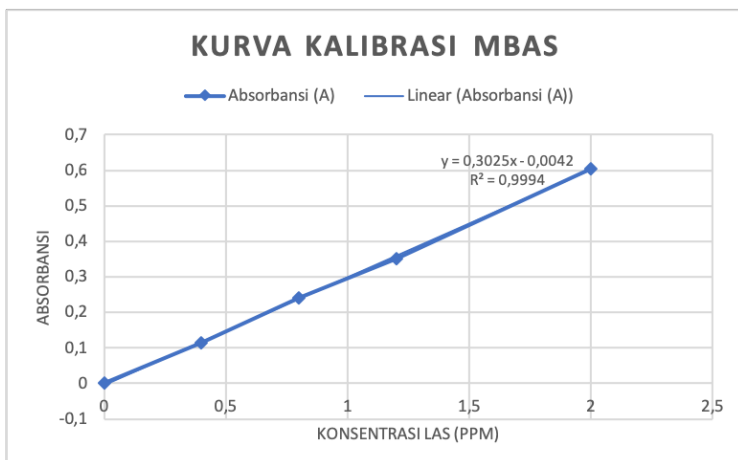
A. Methyl Blue Active Surfactant

Penentuan panjang gelombang maksimum:

Panjang gelombang (nm)	Absorbansi (A)
610	0,036
620	0,041
630	0,055
640	0,076
650	0,107
652	0,111
654	0,113
656	0,113
658	0,111
660	0,103

Penentuan persamaan kurva kalibrasi:

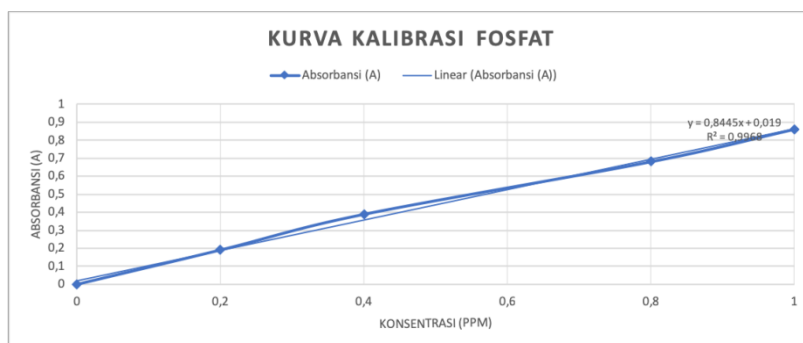
Konsentrasi (ppm)	Absorbansi (A)
0	0
0,4	0,113
0,8	0,241
1,2	0,351
2	0,605



B. Fosfat

Penentuan persamaan kurva kalibrasi:

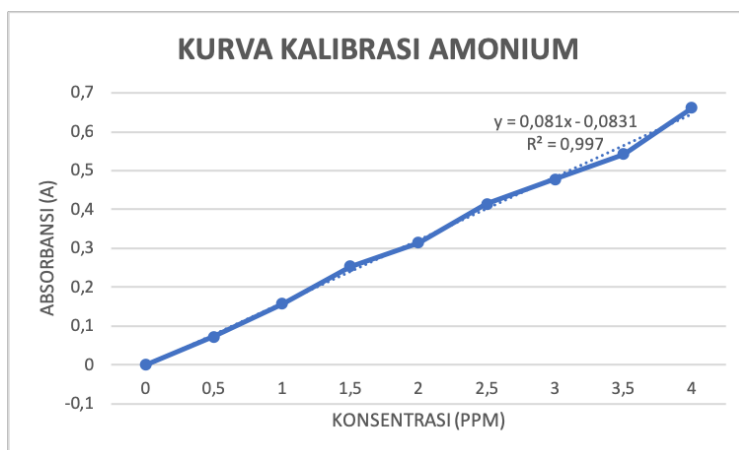
Konsentrasi (ppm)	Absorbansi (A)
0	0
0,2	0,191
0,4	0,389
0,8	0,681
1	0,861



C. Amonium

Penentuan persamaan kurva kalibrasi:

Konsentrasi (ppm)	Absorbansi (A)
0	0
0,5	0,073
1	0,158
1,5	0,254
2	0,314
2,5	0,414
3	0,478
3,5	0,543
4	0,662



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN 2

PERHITUNGAN STOIKIOMETRI

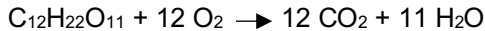
A. Perhitungan kebutuhan nutrisi yang diperlukan

Keadaan yang diinginkan:

$$\text{COD} = 2000 \text{ mg/L}$$

$$\text{COD} : \text{N} : \text{P} = 100 : 10 : 1$$

- Kebutuhan sukrosa dalam air limbah = $\frac{100}{100} \times 2000 \text{ mg/L}$



$$\text{Mr C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11} = 342$$

$$\text{Mr } 12 \text{ O}_2 = 384$$

$$\text{Kadar COD C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11} = \frac{\text{Mr O}_2}{\text{Mr C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}} = 1,12 \text{ mg O}_2 / \text{mg C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$$

Sehingga massa sukrosa yang dibutuhkan:

$$\frac{1 \text{ mg C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}}{x \text{ mg C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}} = \frac{1,12 \text{ mg O}_2}{2000 \text{ mg O}_2}$$

$$x \text{ mg C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11} = 1,785 \text{ gram (untuk tiap liter)}$$

- Kebutuhan Fosfor dalam air limbah (P_x) = $\frac{1}{100} \times 2000 \text{ mg/L}$

Dosis pupuk TSP untuk memenuhi unsur P (P sebagai P_2O_5 46%)

$$= \left(\frac{\text{Mr P}_2\text{O}_5}{\text{Ar P}} \right) \times \left(\frac{100\%}{46\%} \right) \times P_x$$

$$= \left(\frac{141,94 \text{ gr/mol}}{30,97 \text{ gr/mol}} \right) \times \left(\frac{100\%}{46\%} \right) \times 20 \text{ mg/L}$$

= 0,199 gram (untuk tiap liter)

- Kebutuhan N dalam air limbah (N_x) = $\frac{10}{100} \times 2000 \text{ mg/L}$

Dosis pupuk urea untuk memenuhi unsur N (N dalam urea 46%)

$$= \left(\frac{100\%}{46\%} \right) \times 200 \text{ mg/L}$$

= 0,434 gram (untuk tiap liter)

B. Perhitungan Penambahan Dosis Surfaktan

- Volume total larutan = 250 mL
 - Konsentrasi surfaktan = $2,14 \times 10^4 \text{ mg/L}$
1. Penambahan dosis surfaktan 25 mg/L
 - $M_1V_1 = M_2V_2$
 - $2,14 \cdot 10^4 \text{ mg/L} \times V_1 = 25 \text{ mg/L} \times 250 \text{ mL}$
 - $V_1 = 0,29 \text{ mL}$
 2. Penambahan dosis surfaktan 75 mg/L
 - $M_1V_1 = M_2V_2$
 - $2,14 \cdot 10^4 \text{ mg/L} \times V_1 = 75 \text{ mg/L} \times 250 \text{ mL}$
 - $V_1 = 0,87 \text{ mL}$
 3. Penambahan dosis surfaktan 100 mg/L
 - $M_1V_1 = M_2V_2$
 - $2,14 \cdot 10^4 \text{ mg/L} \times V_1 = 100 \text{ mg/L} \times 250 \text{ mL}$
 - $V_1 = 1,17 \text{ mL}$
 4. Penambahan dosis surfaktan 175 mg/L
 - $M_1V_1 = M_2V_2$
 - $2,14 \cdot 10^4 \text{ mg/L} \times V_1 = 175 \text{ mg/L} \times 250 \text{ mL}$
 - $V_1 = 2,04 \text{ mL}$
 5. Penambahan dosis surfaktan 250 mg/L
 - $M_1V_1 = M_2V_2$
 - $2,14 \cdot 10^4 \text{ mg/L} \times V_1 = 250 \text{ mg/L} \times 250 \text{ mL}$
 - $V_1 = 2,92 \text{ mL}$

LAMPIRAN 3

HASIL ANALISIS LABORATORIUM

A. Penentuan Dosis Optimum Surfaktan

1. Konsentrasi COD = 2000 mg/L

Dosis (mg/L)	COD	Minyak	Total Solid
0 (kontrol)	2020	556	1042,5
25	2260	437	1227,5
75	2380	458	947,5
100	2500	235	892,5
175	2620	294	1115
250	3140	400	1195

2. Konsentrasi COD = 1000 mg/L

Dosis (mg/L)	COD	Minyak	Total Solid
0 (kontrol)	1130	445	442,5
25	1300	405	455
75	1380	287	547,5
100	1660	390	595
175	2220	565	697,5
250	2480	671	807,5

3. Konsentrasi COD = 500 mg/L

Dosis (mg/L)	COD	Minyak	Total Solid
0 (kontrol)	490	227	342,5
25	760	370	377,5
75	800	437	402,5

100	1280	452	520
175	1360	480	575
250	1720	540	612,5

B. Pertumbuhan Biomassa selama *Seeding*

1. Konsentrasi COD = 2000 mg/L

hari ke-	MLSS	MLVSS
0	348	296
1	536	452
2	820	612
3	1064	784
4	1404	1128
5	1740	1432
6	2084	1620

2. Konsentrasi COD = 100mg/L

hari ke-	MLSS	MLVSS
0	276	188
1	480	364
2	784	604
3	912	736
4	1294	1052
5	1432	1256
6	1896	1568

C. Konsentrasi Minyak pada Proses SBR

- COD 2000 mg/L; penambahan surfaktan 75 mg/L

Hari ke-	Konsentrasi Minyak		Efisiensi Penyisihan
	t(0)	t(24)	
1	1538	1428	7,15%
2	1664	1494	10,22%
3	1348	1162	13,80%
4	1422	1264	11,11%
5	1262	1094	13,31%
6	1488	1260	15,32%
7	1498	1238	17,36%
8	1264	1012	19,94%
9	1498	1148	23,36%
10	1346	1042	22,59%
11	1576	1136	27,92%
12	1352	956	29,29%
13	1218	806	33,83%
14	1426	920	35,48%

- COD 2000 mg/L; penambahan surfaktan 100 mg/L

Hari ke-	Konsentrasi Minyak		Efisiensi Penyisihan
	t(0)	t(24)	
1	1484	1384	6,74%
2	1274	1170	8,16%
3	1288	1138	11,65%
4	1396	1228	12,03%
5	1248	1088	12,82%

6	1426	1224	14,17%
7	1440	1250	13,19%
8	1228	1028	16,29%
9	1306	1026	21,44%
10	1278	990	22,54%
11	1432	1094	23,60%
12	1326	986	25,64%
13	1184	858	27,53%
14	1342	916	31,74%

- COD 2000 mg/L; penambahan surfaktan 175 mg/L

Hari ke-	Konsentrasi Minyak		Efisiensi Penyisihan
	t(0)	t(24)	
1	1572	1506	4,20%
2	1308	1236	5,50%
3	1314	1194	9,13%
4	1444	1288	10,80%
5	1368	1216	11,11%
6	1454	1268	12,79%
7	1528	1306	14,53%
8	1336	1120	16,17%
9	1428	1136	20,45%
10	1392	1086	21,98%
11	1540	1174	23,77%
12	1472	1112	24,46%
13	1276	948	25,71%
14	1402	992	29,24%

- COD 1000 mg/L; penambahan surfaktan 25 mg/L

Hari ke-	Konsentrasi Minyak		Efisiensi
	t0	t24	
1	926	862	6,91%
2	1048	946	9,73%
3	898	764	14,92%
4	842	712	15,44%
5	674	542	19,58%
6	798	658	17,54%
7	682	536	21,41%
8	832	632	24,04%
9	658	478	27,36%
10	736	496	32,61%
11	734	482	34,33%
12	890	576	35,28%
13	782	528	32,48%
14	826	514	37,77%

- COD 1000 mg/L; penambahan surfaktan 75 mg/L

Hari ke-	Konsentrasi Minyak		Efisiensi Penyisihan
	t0	t24	
1	902	852	5,54%
2	1022	938	8,22%
3	864	752	12,96%
4	808	690	14,60%
5	614	498	18,89%

6	826	680	17,68%
7	814	632	22,36%
8	602	452	24,92%
9	732	534	27,05%
10	750	518	30,93%
11	746	506	32,17%
12	772	516	33,16%
13	646	428	33,75%
14	694	452	34,87%

- COD 1000 mg/L; penambahan surfaktan 100 mg/L

Hari ke-	Konsentrasi Minyak		Efisiensi Penyisihan
	t0	t24	
1	982	924	5,91%
2	1102	1018	7,62%
3	926	812	12,31%
4	814	702	13,76%
5	644	542	15,84%
6	852	716	15,96%
7	878	692	21,18%
8	718	554	22,84%
9	784	582	25,77%
10	764	538	29,58%
11	858	598	30,30%
12	820	588	28,29%
13	732	504	31,15%
14	786	528	32,82%

D. Penyisihan COD pada proses aklimatisasi hari ke-14

Reaktor	COD Awal	COD Akhir	Efisiensi removal
2000;75	2100	980	53,33%
2000;100	1980	860	56,57%
2000;175	2240	1020	54,46%
1000;25	1200	520	56,67%
1000;75	1160	480	58,62%
1000;100	1440	740	48,61%

E. Nilai Permanganat proses aklimatisasi penelitian utama

Hari ke-	10 gram	20 gram	30 gram	10 gram*	20 gram*	30 gram*
1	264,65	296,25	319,95	303,36	287,56	293,88
2	284,4	281,24	265,44	278,08	303,36	312,84
3	293,88	293,88	303,36	316	293,88	309,68
4	246,48	240,16	268,6	274,92	293,88	287,56
5	230,68	233,84	208,56	227,52	211,72	246,48
6	211,72	221,2	208,56	202,24	208,56	237
7	252,8	230,68	243,32	252,8	306,52	309,68
8	303,36	278,08	287,56	287,56	312,84	319,16
9	325,48	274,92	341,28	268,6	255,96	259,12
10	309,68	278,08	316,632	249,64	265,44	274,92
11	287,56	303,36	344,44	259,12	274,92	297,04
12	297,04	316	328,64	240,16	252,8	300,2

*dengan penambahan surfaktan 75 mg/L

**F. Penyisihan Minyak pada SBR saat tahap aklimatisasi
tanpa penambahan surfaktan**

Hari ke-	Konsentrasi Awal	Jenis Reaktor			Efisiensi Penyisihan		
		10 gram	20 gram	30 gram	10 gram	20 gram	30 gram
1	1186	1100	1074	994	7,25%	9,44%	16,19%
2	1174	1002	1008	1064	14,65%	14,14%	9,37%
3	898	742	796	754	17,37%	11,36%	16,04%
4	1202	1040	1008	994	13,48%	16,14%	17,30%
5	1098	900	888	950	18,03%	19,13%	13,48%
6	1334	1058	1134	1068	20,69%	14,99%	19,94%
7	980	768	765	812	21,63%	21,94%	17,14%
8	1242	934	934	1034	24,80%	24,80%	16,75%
9	1040	823	789	729	20,87%	24,13%	29,90%
10	1298	949	854	899	26,89%	34,21%	30,74%
11	1274	948	874	928	25,59%	31,40%	27,16%
12	1370	1056	888	860	22,92%	35,18%	37,23%

**G. Pertumbuhan Biomassa pada reaktor tanpa
penambahan surfaktan**

Hari ke	10 gram		20 gram		30 gram	
	MLSS	MLVSS	MLSS	MLVSS	MLSS	MLVSS
0	2084	1192	3016	1548	3780	1684
1	2484	1556	3660	1920	4284	1976
2	2548	1512	2668	1944	3812	2160
3	2280	1288	3204	1844	3904	1716
4	2884	1540	3460	2056	4468	2028
5	2816	1576	3152	2112	3800	2516

6	2360	1292	3172	1860	4432	1932
7	2634	1485	3362	1762	4026	1954
8	2712	1411	3154	1654	3988	1992
9	2598	1320	3292	1501	4220	1760
10	2688	1408	3512	1488	4124	1736
11	2276	1568	3356	1840	4236	2364
12	2428	1533	3401	1701	4344	2136

H. Penyisihan Minyak pada SBR saat tahap aklimatisasi dengan penambahan surfaktan

Hari ke-	Konsentrasi Awal	Jenis Reaktor			Efisiensi Penyisihan		
		10 gram	20 gram	30 gram	10 gram	20 gram	30 gram
1	1064	974	956	1002	8,46%	10,15%	5,83%
2	832	714	732	748	14,18%	12,02%	10,10%
3	802	704	722	678	12,22%	9,98%	15,46%
4	1022	828	874	826	18,98%	14,48%	19,18%
5	988	854	844	812	13,56%	14,57%	17,81%
6	958	866	790	766	9,60%	17,54%	20,04%
7	722	612	633	571	15,24%	12,33%	20,91%
8	840	714	766	648	15,00%	8,81%	22,86%
9	944	854	758	712	18,53%	19,70%	24,58%
10	1040	821	843	761	21,06%	18,94%	26,83%
11	1176	850	940	916	27,72%	20,07%	22,11%
12	1258	892	844	1046	29,09%	32,91%	16,85%

I. Pertumbuhan biomassa pada reaktor dengan penambahan surfaktan

Hari ke	10 gram		20 gram		30 gram	
	MLSS	MLVSS	MLSS	MLVSS	MLSS	MLVSS
0	2524	2308	3204	1848	3076	1572
1	2976	1952	3056	1800	4272	2044
2	2472	1776	2892	1468	3672	1912
3	2488	1364	3152	1188	4468	1548
4	3196	1432	2832	1516	3964	2132
5	2776	1816	3624	2148	3924	1512
6	2580	1228	3244	1772	4264	1596
7	2914	1566	3386	1594	4356	1624
8	2986	1994	3192	1688	4102	1878
9	3110	1870	3218	1762	3928	2052
10	3936	2300	3512	2000	4488	1412
11	3356	2340	3180	1760	4884	1692
12	3241	2239	3457	1523	4690	1390

J. Penyisihan COD pada hari ke-7 dan hari ke-12 tahap aklimatisasi

Reaktor	Hari ke-7			Hari ke-12		
	COD awal	COD akhir	Efisiensi penyisihan	COD awal	COD akhir	Efisiensi Penyisihan
10 gr; 0 mg/L	2100	880	58,10%	2020	660	67,33%
20 gr; 0 mg/L	2100	760	63,81%	2020	560	72,28%
30 gr; 0 mg/L	2100	600	71,43%	2020	280	86,14%
10 gr; 75 mg/L	2640	1080	59,09%	2480	1060	57,26%
20 gr; 75 mg/L	2640	1140	56,82%	2480	840	66,13%
30 gr; 75 mg/L	2640	860	67,42%	2480	660	73,39%

K. Konsentrasi Oksigen Terlarut dalam reaktor selama tahap aklimatisasi

Hari ke-	10 gram	20 gram	30 gram	10 gram*	20 gram*	30 gram*
1	3,89	3,34	4,46	4,39	4,33	3,82
2	3,71	3,45	4,41	4,51	4,1	3,64
3	4,25	3,78	4,09	3,93	3,82	3,26
4	4,05	4,36	3,87	3,41	3,93	3,65
5	3,85	4,16	3,82	3,2	3,24	3,24
6	3,9	3,72	3,9	3,56	3,49	3,35
7	3,61	3,48	3,3	3,45	3,33	3,46
8	3,97	4,64	3,45	3,3	3,07	2,88
9	3,48	4,33	3,61	3,67	3,28	3,11
10	3,72	3,87	3,92	3,54	3,39	3,16
11	3,88	3,98	3,54	3,51	2,98	3,27
12	3,59	3,69	3,68	3,37	3,4	3,38

L. pH dalam reaktor selama tahap aklimatisasi

Hari ke-	10 gram	20 gram	30 gram	10 gram*	20 gram*	30 gram*
1	7,4	7,3	7,2	7,3	7,3	7,2
2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,1
3	6,9	7,1	7,2	7,2	7,3	7,3
4	6,9	7	7,1	7	7	7
5	7,5	7,4	7,4	7,4	7,3	7,4
6	7,1	7	7	7	7,2	7,3
7	7,3	7,3	7,3	7,2	7	7,2
8	7,2	7,2	7,3	7	7,1	7
9	7,2	7,1	7,2	7,2	7,1	7
10	7	7,1	7,2	7,3	7,3	7,1

11	6,9	7,3	7,2	7,2	7,1	7,3
12	7	7	7	7,1	7,1	7

LAMPIRAN 4

PROSEDUR ANALISIS LABORATORIUM

A. Prosedur Analisis COD Menggunakan Metode Titrimetri

1. Tuangkan 2,5 mL air sampel dan 2,5 mL air aquades (sebagai blanko) ke dalam masing-masing tabung COD
2. Tambahkan 0,15 mL larutan Kalium Dikromat ($K_2Cr_2O_7$) 0,25 N
3. Tambahkan 2,5 mL larutan campuran Ag_2SO_4 dan H_2SO_4
4. Panaskan pada alat pemanas digester selama 2 jam hingga suhu $148^\circ C$ dan angkat saat suhu mejadi $100^\circ C$
5. Dinginkan hingga bersuhu ruang
6. Tuangkan ke dalam Erlenmeyer 100 mL dan tambahkan 2 tetes indikator feroin
7. Titrasi sampel dan blanko dengan larutan standar FAS 0,0125 N hingga warna menjadi merah bata atau kecoklatan
8. Hitung COD sampel dengan rumus:

$$COD \text{ (mg } O_2/L) = \frac{(a-b) \times N \times 8000}{\text{volume sampel}} \times P$$

Dimana:

- a = mL FAS titrasi blanko
- b = mL FAS titrasi sampel
- N = normalitas larutan FAS
- P = pengenceran

B. Prosedur Analisis BOD Menggunakan Metode Winkler

1. Menentukan besarnya pengenceran dari angka $KMnO_4$ dengan rumus berikut:

$$P = \frac{\text{Angka } KMnO_4}{3 \text{ atau } 5}$$

2. Tuangkan sampel sesuai pengenceran ke dalam labu takar 500 mL dan tambahkan air pengencer sampai batas labu

3. Tuangkan air sampel ke dalam botol Winkler 300 mL dan botol Winkler 150 mL sampai tumpah dan tutup dengan rapat
4. Tuangkan air pengencer ke botol Winkler 300 mL dan botol Winkler 150 mL sebagai blanko, sampai tumpah dan tutup dengan rapat
5. Masukkan botol Winkler 300 mL ke dalam inkubator 20°C selama 5 hari
6. Analisis oksigen terlarut air dalam botol Winkler 150 mL dengan prosedur sebagai berikut
 - a. Tambahkan 1 mL larutan $MnCl_2$
 - b. Tambahkan 1 mL pereaksi oksigen
 - c. Tutup botol dan pastikan tidak ada gelembung udara, lalu bolak-balikkan beberapa kali
 - d. Biarkan gumpalan mengendap selama 5-10 menit
 - e. Tambahkan 1 mL H_2SO_4 , tutup rapat dan bolak-balikkan
 - f. Tuangkan 100 mL larutan ke dalam erlenmeyer 250 mL
 - g. Titrasikan dengan larutan Natrium Thiosulfat 0,0125 N sampai warna coklat muda
 - h. Tambahkan 3 tetes indikator amilum dan titrasikan dengan Natrium Thiosulfat hingga warna biru hilang
7. Setelah 5 hari, analisis larutan dalam botol Winkler 300 mL dengan analisa oksigen terlarut
8. Hitung oksigen terlarut dan BOD dengan rumus:

$$OT \text{ (mg } O_2/L) = \frac{a \times N \times 8000}{\text{volume sampel}}$$

$$BOD_{5^{20}} \text{ (mg/L)} = \frac{[(X_0 - X_5) - (B_0 - B_5)]}{P}$$

$$P = \frac{\text{volume sampel yang ditambahkan}}{\text{volume hasil pengenceran (500 mL)}}$$

Dimana:

X_0 = oksigen terlarut sampel pada hari-0

X_5 = oksigen terlarut sampel pada hari-5

B_0 = oksigen terlarut blanko pada hari-0

B_5 = oksigen terlarut blanko pada hari-5

- P = derajat pengenceran
a = volume titran (mL)
N = Normalitas Natrium Thiosulfat

C. Prosedur Analisis Total Solid Menggunakan Metode Gravimetri

1. Membakar cawan porselin dalam furnace dengan suhu 550°C selama 1 jam, kemudian masukkan ke dalam oven 105°C selama 15 menit
2. Masukkan kertas saring ke oven 105°C selama 1 jam
3. Timbang cawan dengan neraca analitik (A g)
4. Menuangkan 25 mL ke dalam cawan yang telah ditimbang (C mL)
5. Masukkan cawan porselen ke dalam oven 105°C selama 24 jam
6. Dinginkan cawan dalam desikator selama 15 menit
7. Timbang cawan pada neraca analitik (B g)
8. Hitung jumlah zat padatan total (TS) dengan rumus berikut:

$$TS \text{ (mg/L)} = \frac{(B-A)}{C} \times 1000 \text{ mg/g} \times 1000 \text{ mL/L}$$

D. Prosedur Analisis Minyak dan Lemak Menggunakan Metode Soxhlet

1. Masukkan labu destilasi kosong ke dalam oven selama 1 jam, kemudian masukkan ke dalam desikator selama 15 menit
2. Timbang labu destilasi dengan neraca analitik (A g)
3. Saring 50 mL sampel dengan menggunakan kertas saring (C mL)
4. Masukkan larutan hasil saringan ke dalam corong pemisah
5. Tambahkan 25 mL kloroform ke dalam corong pemisah
6. Corong pemisah ditutup, dikocok, dibuang tekanan melalui kran dan dikocok kembali, diamkan hingga terbentuk 2 lapisan

7. Keluarkan lapisan bawah (minyak+kloroform) dan masukkan ke dalam labu destilasi yang telah ditimbang
8. Tambahkan kembali 25 mL kloroform ke dalam corong pemisah yang masih berisi sampel dan dilakukan pengocokan serta pemisahan. Pengocokan dan pemisahan dilakukan hingga 3 kali.
9. Lipat kertas saring hingga rapat dan masukkan ke dalam timbel.
10. Letakkan labu destilasi berisi minyak + kloroform di atas penangas air dan dirangkai Bersama dengan soxhlet dan timbel berisi kertas saring
11. Labu destilasi dipanaskan hingga 2 jam atau minimal 10 siklus
12. Masukkan labu destilasi ke dalam oven selama 1 jam dilanjutkan dengan desikator selama 15 menit
13. Timbang labu destilasi + residu (B g)
14. Hitung konsentrasi minyak dengan rumus:

$$\text{O\&G (mg/L)} = \frac{(B-A)}{c} \times 1000 \text{ mg/g} \times 1000 \text{ mL/L}$$

E. Prosedur Analisis Surfaktan Anionik

1. Mengambil 100 mL sampel dan dimasukkan ke dalam corong pemisah 250 mL.
2. Menambahkan larutan biru metilen sebanyak 25 mL
3. Menambahkan kloroform sebanyak 10 mL, dan dikocok dengan kuat dengan sesekali membuka tutup corong untuk mengeluarkan gas
4. Mendinginkan larutan hingga terjadi pemisahan fasa, kemudian pisahkan lapisan bawah (fasa kloroform) dan tampung dalam corong pemisah yang lain
5. Melakukan ekstraksi kembali fasa air dalam corong pisah pertama dengan mengulangi langkah 3 dan 4 sebanyak 2 kali dan satukan semua fasa kloroform
6. Menambahkan 50 mL larutan pencuci ke dalam fasa kloroform gabungan dan dikocok kuat selama 30 detik

7. Mendinginkan larutan hingga terjadi pemisahan fasa, kemudian keluarkan lapisan bawah (fasa kloroform) dan ditampung pada labu ukur
8. Menambahkan 10 mL kloroform ke dalam fasa air yang tersisa dalam corong kemudian di kocok kuat selama 30 detik
9. Mengeluarkan fasa kloroform dan ditampung ke dalam labu pada langkah 7
10. Mengulangi langkah 8 dan 9 dan satukan semua fasa kloroform pada labu ukur pada langkah 7
11. Menepatkan isi labu ukur dengan menambahkan kloroform hingga mencapai tanda tera
12. Mengukur panjang gelombang larutan dengan menggunakan spektrofotometer.

F. Prosedur Analisis MLSS Menggunakan Metode Gravimetri

1. Membakar cawan porselin dalam furnace dengan suhu 550°C selama 1 jam, kemudian masukkan ke dalam oven 105°C selama 15 menit
2. Masukkan kertas saring ke oven 105°C selama 1 jam
3. Timbang cawan (A g) dan kertas saring dengan neraca analitik (B g)
4. Menuangkan 25 mL campuran air dan lumpur ke atas kertas saring yang diletakkan dalam *vacuum pump*
5. Menyaring campuran air dan lumpur hingga tersisa padatan di atas kertas saring
6. Masukkan cawan porselen berisi kertas saring hasil *vacuum pump* ke dalam oven 105°C selama 1 jam
7. Dinginkan cawan dan kertas saring dalam desikator selama 15 menit
8. Timbang cawan pada neraca analitik (C g)
9. Hitung MLSS dengan rumus berikut:

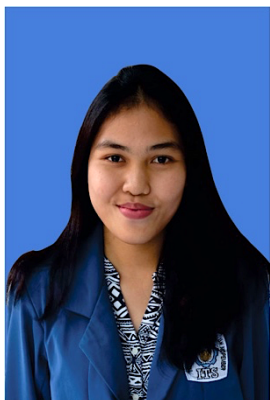
$$\text{MLSS (mg/L)} = \frac{(C - (A + B))}{25 \text{ mL}} \times 1000 \text{ mg/g} \times 1000 \text{ mL/L}$$

G. Prosedur Analisis MLVSS Menggunakan Metode Gravimetri

1. Memasukkan cawan porselin hasil pengukuran MLSS ke dalam furnace dengan suhu 550°C selama 1 jam, kemudian masukkan ke dalam oven 105°C selama 15 menit
2. Memasukkan cawan ke dalam desikator selama 15 menit
3. Timbang cawan pada neraca analitik (D g)
4. Hitung MLVSS dengan rumus berikut:

$$\text{MLVSS (mg/L)} = \frac{(D-A)}{25 \text{ mL}} \times 1000 \text{ mg/g} \times 1000 \text{ mL/L}$$

BIODATA PENULIS



Azary' Ruth Perpetua adalah anak ketiga dari 3 bersaudara dari Bapak E.L. Parulian Marpaung dan Ibu Josephine Silalahi. Penulis lahir pada tanggal 3 April 1996 di Soroako, Sulawesi Timur. Penulis memulai pendidikan formalnya di SDK Ora et Labora BSD, dilanjutkan ke jenjang sekolah menengah pertama SMPK Ora et Labora BSD dan dilanjutkan ke jenjang sekolah menengah atas Santa Ursula BSD. Setelah lulus dari sekolah menengah atas tahun 2014, penulis melanjutkan jenjang S1 di Departemen

Teknik Lingkungan, Fakultas Teknologi Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya pada tahun 2015 dan terdaftar sebagai mahasiswa aktif dengan NRP 04311440000106. Selama di bangku perkuliahan penulis aktif mengikuti kepanitiaan dan keorganisasian. Salah satu keorganisasian yang pernah diikuti penulis adalah Badan Eksekutif Mahasiswa Institut Teknologi Sepuluh Nopember dan sempat menjadi Direktorat Jenderal Relasi Media di Kementerian Komunikasi dan Informatika BEM ITS. Pada tahun 2018, penulis sempat menjadi finalis 13 besar dalam lomba karya tulis internasional yang dilaksanakan di Universitas Indonesia dalam acara PGD UI 2018. Pada Tahun 2018 penulis pernah melakukan kerja praktek di PT Pertamina EP Asset 3, Subang *Field* di *Divisi Health, Safety, Security, and Environment (HSSE)*. Pada tahun 2019, penulis telah menyelesaikan tugas akhir yang berjudul **“Pengolahan Limbah Cair Rumah Makan Menggunakan Kombinasi Surfaktan dan Aktivator dengan Sistem Kerja Lumpur Aktif”**. Jika pembaca berminat mengetahui tentang tugas akhir yang telah dikerjakan dan ingin menanyakan lebih lanjut tugas akhir ini, pembaca dapat menghubungi melalui *e-mail* azarymarpaung@gmail.com.

KTA-S1-TL-03 TUGAS AKHIR

Kode/SKS : RE141581 (0/6/0)

Periode: Genap 2018/2019

No. Revisi: 01


FORMULIR TUGAS AKHIR KTA-02
Formulir Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing
Seminar Kemajuan Tugas Akhir

Hari, tanggal : Kamis, 9 Mei 2019
Pukul : 09.00-10.00
Lokasi : TL 102
Judul : Pengolahan Limbah Cair Rumah Makan Menggunakan Kombinasi Surfaktan dan Aktivator dengan Sistem Kerja Lumpur Aktif
Nama : Azary' Ruth Perpetua
NRP. : 3211540000106
Topik : Penelitian

Nilai TOEFL : 470

Tanda Tangan



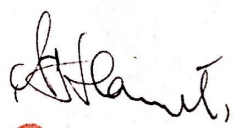
No./Hal.	Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing Seminar Kemajuan Tugas Akhir
	<p>uji lanjutan yg limbah kls dan varian aktivator.</p> <p>29/5 2019</p> 

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

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

1. Dapat melanjutkan ke Tahap Ujian Tugas Akhir
2. Tidak dapat melanjutkan ke Tahap Ujian Tugas Akhir

Dosen Pembimbing
Dr. Ir. Agus Slamet, MSc





KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR

Nama : Azzoni Ruth Peretue
NRP : 032159000106
Judul : Pengolahan limbah cair rumah makan dengan menggunakan kombinasi keaktifan dan aktivator dengan sistem kerja lumpur aktif.

No	Tanggal	Keterangan Kegiatan / Pembahasan	Paraf
	11/01/2019	Pemilihan penggunaan vanas keaktifan dan pada jenis bakteri → bakteri bius diuji secara kuantitatif dengan anggapan tidak paling efektif karena mengandung banyak jenis bakteri keaktifan → Tween 80 / Bny 35, nomunik dan hipotermi biodegradable	
	23/01/2019	powerpoint dipegel dan kurangin bagian mistake Asisten + koang proposal	
	11/04/2019	pembibitan bakteri dengan penambahan N dan P, dan sumber N dan P NPK atau pupuk TSP/Urea? KHP4?	
	12/04/2019	Pumpa diganti dengan ceatir seeding hari I diukur DO, pH, MLSS dan mVSS Diukur mva utk tau apakah bakteri tumbuh / tidak	
	15/04/2019	seeding hari ke-4 timbul katang pada bak ceatir yang menghalangi oksigen sehingga DO rendah. sakit pembibitan, jangan pakai bahan kimia top pupuk P → TSP, N → NH ₄ Cl, C → AKROSC kurus dan ulang sechp seeding	
	24/04/2019	seeding 3 ketahi karena bakteri tumbuh dan MLSS mencapai 200 mg/L, maka sechp aktivasi (mula dengan 9:30) agar bakteri tidak keget (ukur minyak sechp hari, 100 hari terakhir)	
	26/05/2019	uangi penelitian dengan vanas doas aktivator karena lebih penting (ambil jch konsentrasi keaktifan paling baik dan penelitian sebelumnya).	
	11/07/2019	Asisten hari akhir dan pekapian maju sidang akhir tingg F/M? konsentrasi awal P? Tidak diukur mva	

Surabaya, 25-07-2019.....
Dosen Pembimbing



UTA-S1-TL-02 TUGAS AKHIR
Periode: Genap 2018-2019

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

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

Hari, tanggal : Jumat, 12 Juli 2019

Nilai TOEFL 470

Pukul : 09.00 - 11.00

Lokasi : TL 105

Judul : Pengolahan Limbah Cair Rumah Makan Menggunakan Kombinasi Surfaktan dan Aktivator dengan Sistem Lumpur Aktif

Nama : Azary' Ruth Perpetua

Tanda Tangan

NRP. : 03211540000106

Topik : Penelitian

No./Hal.	Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing Ujian Tugas Akhir
1	Paragraf ke tiga dalam abstrak disempurnakan penulisannya. Pada paragraf ini, tuliskan secara langsung hasil penelitian dari hasil riset. Misal dasar surfaktan yang bisa di kolerasikan oleh mikroba dan efisiensi kemurnaan yang sangat di capai.
2	Penelitian hasil uji puluan lebih di tem parakan.
3	Penelitian abstrak lebih di sempurnakan supaya lebih informatif.

25 2019
07

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

Dr. Ir. Agus Slamet, MSc



FORMULIR PERBAIKAN LAPORAN TUGAS AKHIR


Nama : Alcy Ruth Pepena
NRP : 03211540006106
Judul Tugas Akhir : Pengelolaan Limbah Cair Rumah Makan Menggunakan Kumbinah Surfaktan dan Aktivator dengan Sistem Keaja Lumpur Aktif

No	Saran Perbaikan (sesuai Form UTA-02)	Tanggapan / Perbaikan (bila perlu, sebutkan halaman)
1	Abstrak disimpulkan dan dituliskan inih garis besar	
2	Kesimpulan diperdehankan dan ditambah dengan penyisihan (03)	
3	Tampilan grafik diperbaiki agar mudah dimengerti	
4	Dasar teori dengan surfaktan dan aktivator ditambah	

Dosen Pembimbing,


Dr. Ir. Agus Slamet, M.Eng.

Mahasiswa Ybs.,


Alcy Ruth Pepena