



TUGAS AKHIR - RE 141581

PENGOLAHAN LIMBAH RUMAH MAKAN DENGAN PROSES BIOFILTER AEROBIK

**LAILY ZORAYA ZAHRA
3310 100 042**

**DOSEN PEMBIMBING
IPUNG FITRI PURWANTI, S.T., M.T., Ph.D**

**JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2015**



FINAL PROJECT - RE 141581

RESTAURANT WASTEWATER TREATMENT with AEROBIC BIOFILTER PROCESS

**LAILY ZORAYA ZAHRA
3310 100 042**

**SUPERVISOR
IPUNG FITRI PURWANTI, S.T., M.T., Ph.D**

**BACHELOR PROGRAM
DEPARTEMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING AND PLANNING
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2015**

LEMBAR PENGESAHAN

Pengolahan Limbah Rumah Makan dengan Proses Biofilter Aerobik

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

Program Studi S-1 Jurusan Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

LAILY ZORAYA ZAHRA

NRP. 3310 100 042

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:


Ipung Fitri Purwanti S.T., M.T., Ph.D

NIP : 197111142003122001

SURABAYA, JANUARI 2015



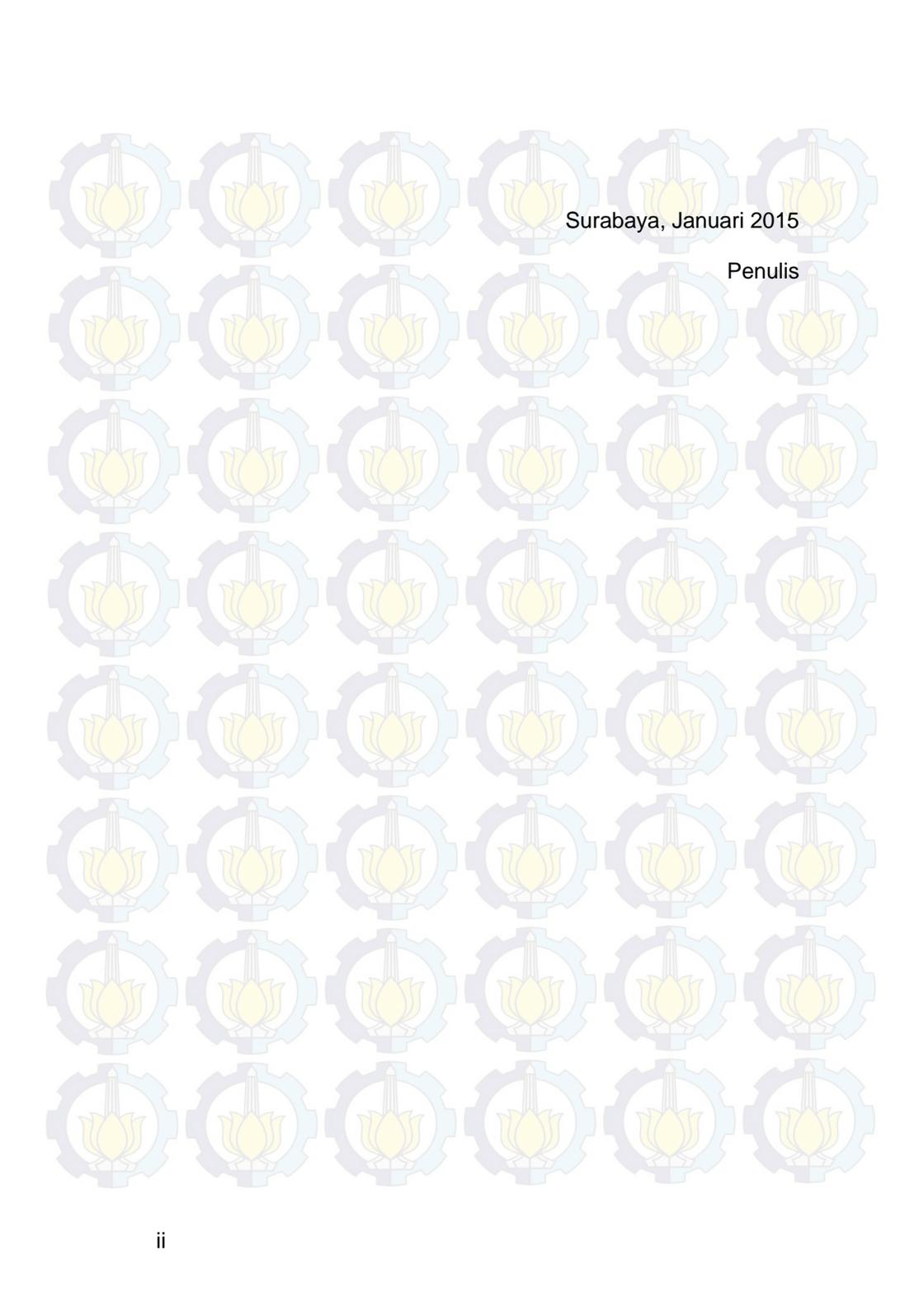
KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas selesainya tugas akhir yang berjudul “Pengolahan Limbah Rumah Makan dengan Proses Biofilter Aerobik” ini dapat diselesaikan tepat pada waktunya.

Dalam penyusunan tugas akhir ini, penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Ibu Ipung Fitri Purwanti ST., MT., Ph.D. selaku dosen pembimbing yang telah dengan sabar membimbing dan memberikan banyak masukan kepada penulis.
2. Ibu Bieby Voijant Tangahu, ST., MT, Ph.D dan Bapak Alfan Purnomo, ST., MT. selaku dosen penguji yang telah memberikan banyak masukan untuk kebaikan penulis.
3. Ibu I D A A Warmadewanthi ST., MT., Ph.D selaku dosen wali yang telah banyak membantu penulis selama menempuh pendidikan di Jurusan Teknik Lingkungan ITS
4. Mas-Mas karyawan rumah makan terkait yang telah membantu perijinan serta pengambilan air limbah .
5. Ibu, Ayah dan adik saya yang selalu memberikan cinta, doa tak terkira, bantuan moril maupun materil serta semangat dalam bentuk apapun.
6. Dea Nathisa, Tania Ratnasari, dan Narega Hermaniar yang selalu memberikan semangat, canda, motivasi, bantuan tidak terduga dalam suka maupun duka meskipun telah terpisah jarak.
7. Prasyda, Edya, Made, Irfan, Natalia, Silfi, Rezi, Chaidir, Togar, Bonita, dan Bariqul yang telah banyak membantu demi kelancaran tugas akhir ini.
8. sahabat-sahabat saya LLMF (Elika, Yohanes, Hanif, Michael, Galang, Adhika, Fakhri, Diefa, Bakar, Ganezha, Bagir, Ade, Roffan di, Rossi, Gagah, Aryudha, Shandy, Zinda, Hana, Ika, Nadia) serta Riris, Ayu, Ana, Mayang dan Dilla. Kalian istimewa
9. Teman-teman mahasiswa Teknik Lingkungan ITS khususnya angkatan 2010 yang telah memberikan bantuan dan dukungan.

Akhir kata semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pihak-pihak yang memerlukan.



Surabaya, Januari 2015

Penulis

PENGOLAHAN LIMBAH RUMAH MAKAN DENGAN PROSES BIOFILTER AEROBIK

Nama : Laily Zoraya Zahra
NRP : 3310100042
Pembimbing : Ipung Fitri Purwanti, S.T., M.T., Ph.D

Abstrak

Berkembangnya rumah makan/*restaurant* yang semakin pesat dapat dipastikan akan turut menambah buangan air limbah domestik dengan kadar organik yang tinggi dalam jumlah tidak sedikit yang dibuang ke badan air. Pada penelitian ini digunakan limbah cair rumah makan/*restaurant* yang diambil di kawasan Keputih, Surabaya yang mana di rumah makan tersebut belum terdapat pengolahan lebih lanjut. Tingginya kadar organik dalam limbah domestik rumah makan akan menyebabkan aroma yang tidak sedap jika tidak ada pengolahan terlebih dahulu.

Penelitian dilakukan dengan proses biofilter aerobik bermedia kerikil dan batu alam. Variabel dalam penelitian ini yaitu media biofilter berupa kerikil dan batu alam serta waktu tinggal di dalam reaktor/*Hydraulic Retention Time* (HRT) yaitu 6 jam dan 8 jam dengan aliran *downflow* dan menggunakan sistem *intermitten*. Sedangkan parameter yang akan dianalisa yaitu BOD, COD dan TSS. Metode yang digunakan untuk menentukan kandungan BOD dalam air limbah adalah metode *5-day BOD test*, untuk analisis COD menggunakan metode *closed reflux titimetric method*. Sedangkan untuk analisis TSS menggunakan metode gravimetri.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa efisiensi removal BOD sebesar 94,83%, sedangkan untuk COD sebesar 92,95%, dan TSS sebesar 95% terjadi pada reaktor biofilter aerobik HRT 8 jam dengan media kerikil. Hasil rasio BOD/COD sebesar 0,36-0,49 dimana air limbah telah berada pada kondisi stabil dan bersifat biodegradabel.

Kata Kunci: *Biofilter Aerobik, Downflow, Intermitten, Limbah rumah makan*



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

RESTAURANT WASTEWATER TREATMENT with AEROBIC BIOFILTER PROCESS

Name : Laily Zoraya Zahra
NRP : 3310100042
Advisor : Ipung Fitri Purwanti, S.T., M.T., Ph.D

Abstract

The expansion of the restaurants that are becoming more rapidly are bound to exiles also increase emissions domestic waste water with organic levels that is high in the number of a fair number of those disposed into a body of water. In this research is used a restaurant wastewater that taken in the area of keputih, surabaya which where in the restaurants there has not been further processing. The high levels of organic domestic waste in restaurants will cause the scent of bad if there is no processing beforehand.

The research was done with the process of biofilter aerobic with gravel and natural stone media. The variable in this research are media biofilter namely in the form of gravel and nature stone also lifetime in a reactor/hydraulic retention time (hrt) namely 6 hours and 8 hours with streams downflow and use intermitten system. While parameters that will analysed are BOD, COD, and TSS. Methods that used to determine BOD value in wastewater is 5-day BOD test method, for COD analysis used closed reflux titimetric method, while to determine the TSS value, gravimetry method is used.

The results of research shows that the efficiency of bod removal is 94,83 %, while for COD is 92,95 %, and TSS is 95 %, occurred in aerobic biofilter reactor HRT 8 hours with gravel media. The ratio of the bod/cod is 0,36-0,49 where the wastewater is in stable condition and is biodegradable.

Keywords: *Aerobic Biofilter, Downflow, Intermitten, restaurant wastewater*



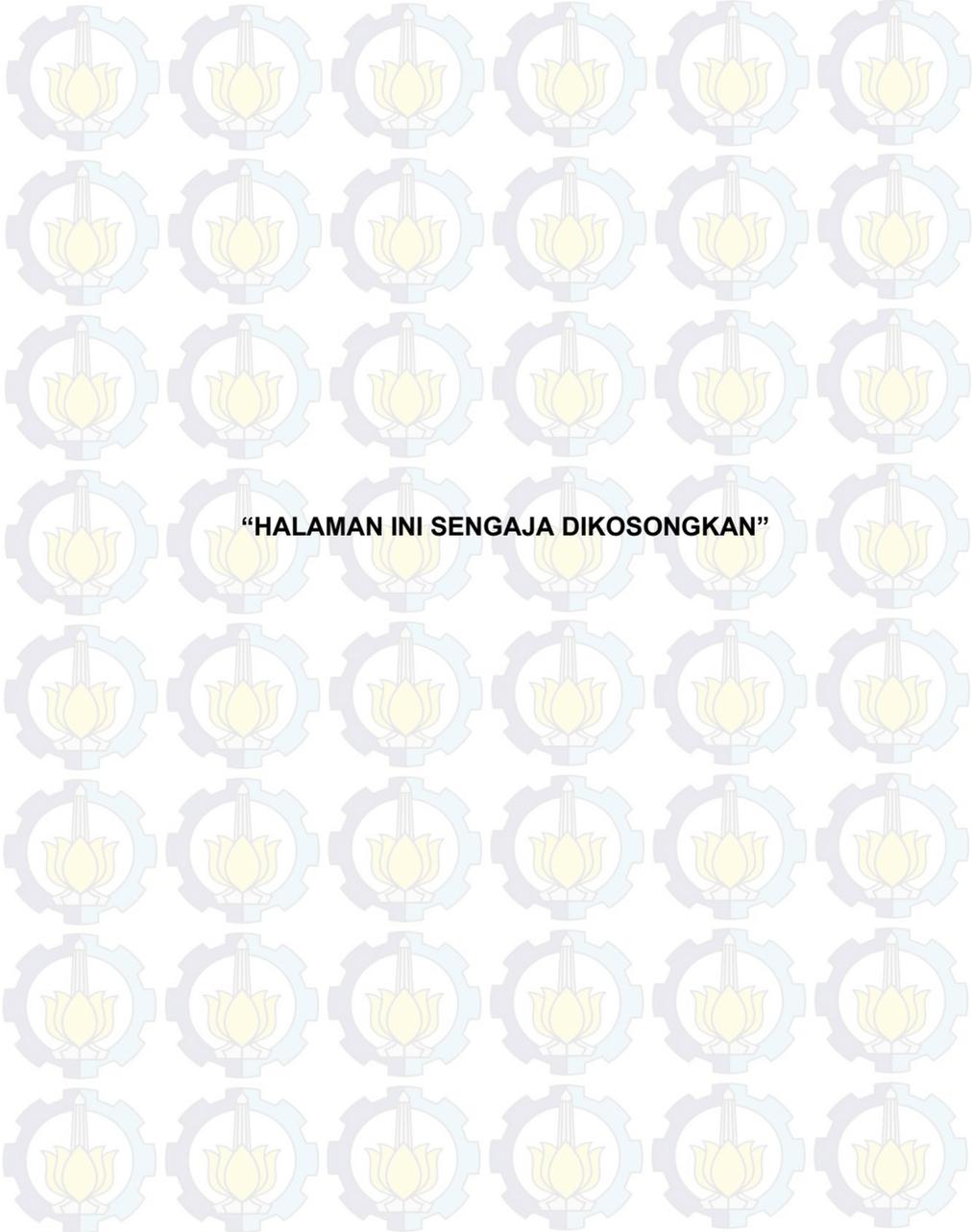
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Ruang Lingkup	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Limbah Domestik Rumah makan/ <i>Restaurant</i>	5
2.2 Parameter Pencemar	6
2.2.1 <i>Chemical Oxygen Demand (COD)</i>	6
2.2.2 <i>Biochemical Oxygen Demand (BOD)</i>	6
2.2.3 <i>Total Suspended Solids (TSS)</i>	8
2.3 <i>Biofilter</i>	9
2.4 Mekanisme Penyisihan Bahan Organik	11
2.5 Media <i>Biofilter</i>	11
2.6 Pengolahan Limbah Cair Secara <i>Biofilter Aerobik</i>	12
2.7 <i>Biofilm</i>	14
2.8 <i>Hydraulic Retention Time (HRT)</i>	15
2.9 Rasio BOD/COD	15
BAB 3 METODE PENELITIAN	17
3.1 Umum.....	17
3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian.....	17
3.3 Kerangka Penelitian	17
3.4 Ide Penelitian.....	17
3.5 Studi Literatur	17
3.6 Reaktor uji	18
3.7 Variabel dan Parameter	18
3.8 Analisis Kualitas Awal Air Limbah	22
3.9 Alat dan Bahan.....	22
3.10 Pelaksanaan Penelitian.....	22
3.11 Metode Analisis	23
3.12 Pembahasan	24
3.13 Kesimpulan.....	24

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	25
4.1 Karakteristik Air Limbah	25
4.2 Proses Aklimatisasi	25
4.3 Pengaruh Aerasi pada Biofilter Aerobik	26
4.4 Hasil Analisa Penyisihan COD (<i>Chemical Oxygen Demand</i>) 27	
4.4.1 Analisa Penyisihan COD pada HRT 6 Jam dengan Media Batu Alam	27
4.4.2 Analisa Penyisihan COD pada HRT 6 Jam dengan Media Kerikil 28	
4.4.3 Analisa Penyisihan COD pada HRT 8 Jam dengan Media Batu Alam	29
4.4.4 Analisa Penyisihan COD pada HRT 8 Jam dengan Media Kerikil 30	
4.4.5 Analisa Penyisihan COD pada Media Batu Alam terhadap HRT 6 Jam dan 8 Jam.....	32
4.4.6 Analisa Penyisihan COD pada Media Kerikil terhadap HRT 6 Jam dan 8 Jam.....	33
4.5 Hasil Analisa Penyisihan TSS(<i>Total Suspended Solid</i>) ...	35
4.5.1 Analisa Penyisihan TSS pada HRT 6 Jam dengan Media Batu Alam	35
4.5.2 Analisa Penyisihan TSS pada HRT 6 Jam dengan Media Kerikil 36	
4.5.3 Analisa Penyisihan TSS pada HRT 8 Jam dengan Media Batu Alam	38
4.5.4 Analisa Penyisihan TSS pada HRT 8 Jam dengan Media Kerikil 38	
4.5.5 Analisa Penyisihan TSS pada Media Batu Alam terhadap HRT 6 Jam dan 8 Jam.....	40
4.5.6 Analisa Penyisihan TSS pada Media Kerikil terhadap HRT 6 Jam dan 8 Jam	41
4.6 Hasil Analisa Penyisihan BOD (<i>Biochemical Oxygen Demand</i>).....	43
4.6.1 Analisa Penyisihan BOD pada HRT 6 Jam dengan Media Batu Alam	43
4.6.2 Analisa Penyisihan BOD pada HRT 6 Jam dengan Media Kerikil 44	
4.6.3 Analisa Penyisihan BOD pada HRT 8 Jam dengan Media Batu Alam	45

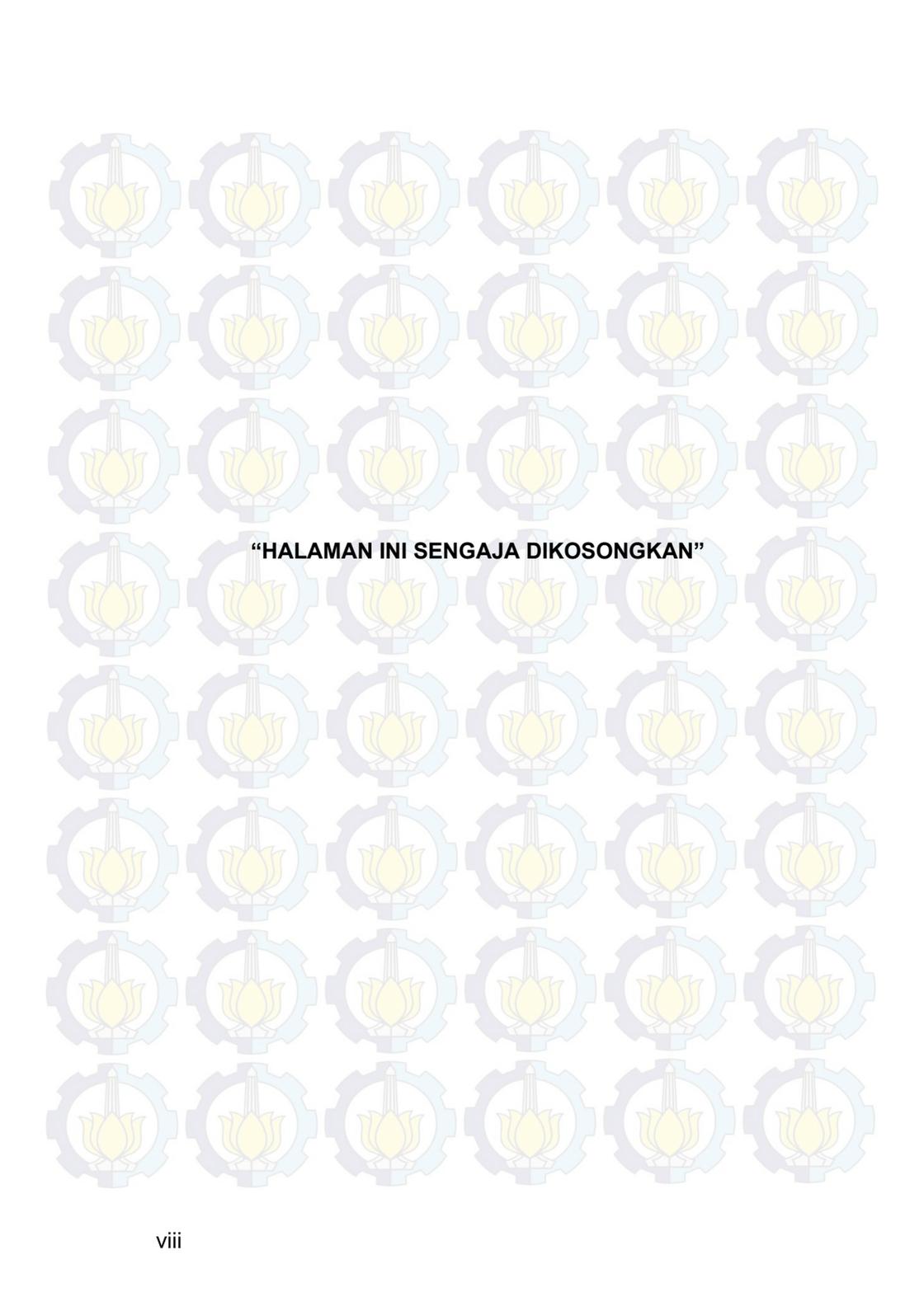
4.6.4	Analisa Penyisihan BOD pada HRT 8 Jam dengan Media Kerikil.	46
4.6.5	Analisa Penyisihan BOD pada Media Batu Alam terhadap HRT 6 Jam dan 8 Jam.....	47
4.6.6	Analisa Penyisihan BOD pada Media Kerikil terhadap HRT 6 Jam dan 8 Jam.....	48
4.7	Rasio BOD/COD	51
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		55
5.1	Kesimpulan.....	55
5.2	Saran.....	55
DAFTAR PUSTAKA		57
LAMPIRAN A		60



“HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN”

DAFTAR TABEL

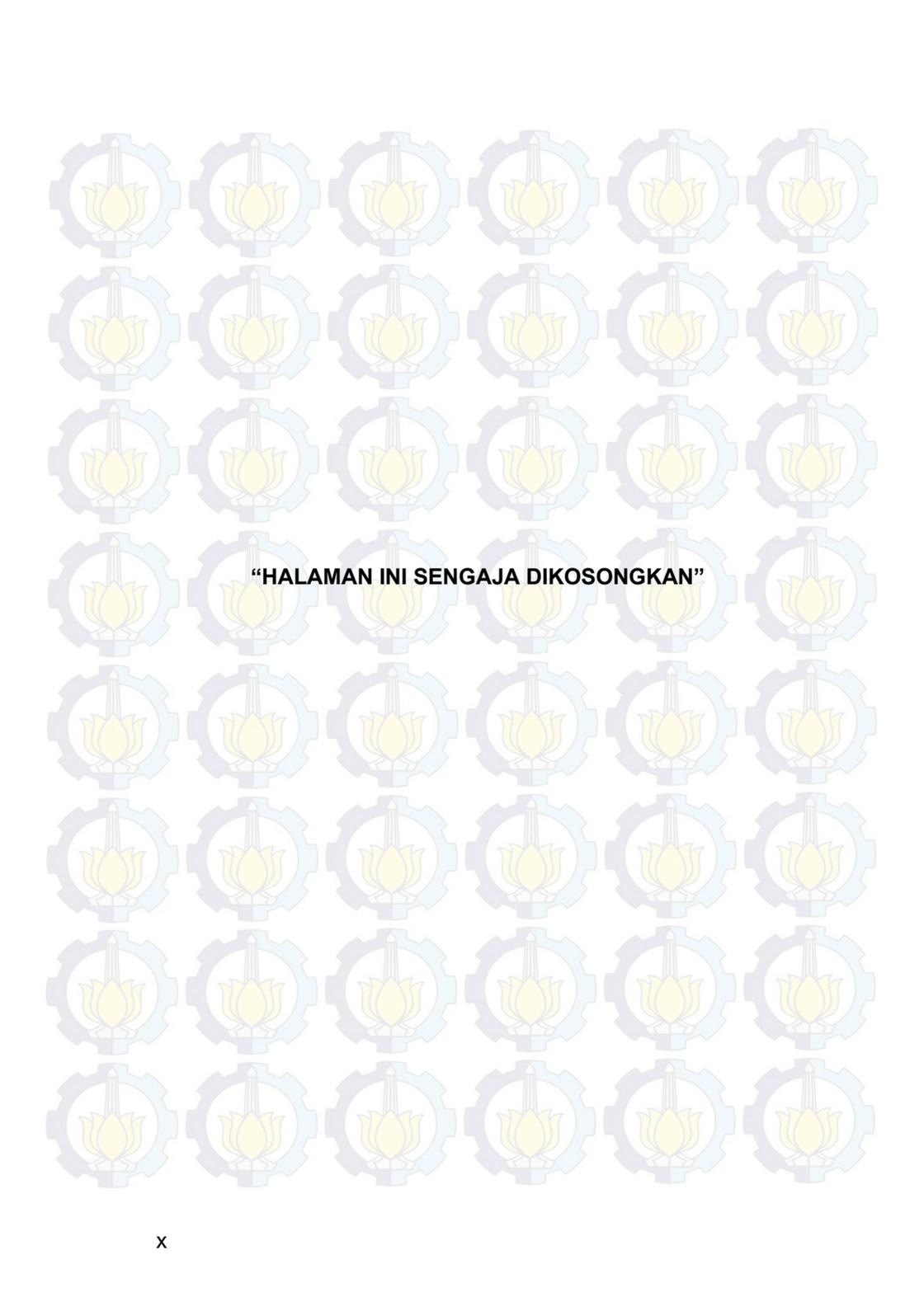
Tabel 2.1 Karakteristik Air Limbah Rumah Makan XYZ.....	6
Tabel 2.2 Karakteristik Air Limbah Rumah Makan/ <i>Restaurant</i>	7
Tabel 2.3 Perbandingan Luas Permukaan Spesifik Biofilter	12
Tabel 3.1 Variasi Reaktor Berdasarkan Variabel	22
Tabel 4.1 Karakteristik Air Limbah Rumah Makan/ <i>Restaurant</i> XYZ	25
Tabel 4.2 Analisa COD HRT 6 jam Media Batu Alam.....	27
Tabel 4.3 Analisa COD HRT 6 jam Media Kerikil.....	28
Tabel 4.4 Analisa COD HRT 8 jam Media Batu Alam.....	30
Tabel 4.5 Analisa COD HRT 8 jam Media Kerikil.....	31
Tabel 4.6 Penyisihan COD pada Media Batu Alam terhadap HRT 6 Jam dan 8 Jam	33
Tabel 4.7 Penyisihan COD pada Media Kerikil terhadap HRT 6 Jam dan 8 Jam	34
Tabel 4.8 Analisa TSS HRT 6 jam Media Batu Alam	36
Tabel 4.9 Analisa TSS HRT 6 jam Media Kerikil.....	36
Tabel 4.10 Analisa TSS HRT 8 jam Media Batu Alam.....	38
Tabel 4.11 Analisa TSS HRT 8 jam Media Kerikil.....	39
Tabel 4.12 Penyisihan TSS pada Media Batu Alam terhadap HRT 6 Jam dan 8 Jam	40
Tabel 4.13 Penyisihan TSS pada Media Kerikil terhadap HRT 6 Jam dan 8 Jam	42
Tabel 4.14 Analisa BOD HRT 6 jam Media Batu Alam	43
Tabel 4.15 Analisa BOD HRT 6 jam Media Kerikil.....	44
Tabel 4.16 Analisa BOD HRT 8 jam Media Batu Alam	46
Tabel 4.17 Analisa BOD HRT 8 jam Media Kerikil.....	47
Tabel 4.18 Penyisihan BOD pada Media Batu Alam terhadap HRT 6 Jam dan 8 Jam	49
Tabel 4.19 Penyisihan BOD pada Media Kerikil terhadap HRT 6 Jam dan 8 Jam	50
Tabel 4.20 Rasio BOD/COD HRT 6 Jam	51
Tabel 4.21 Rasio BOD/COD HRT 8 Jam	53



“HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 5 Fase Tahapan Daur Hidup Biofilm (Monroe, 2007)	15
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	20
Gambar 3.2 Diagram Alir Reaktor Biofilter Tampak Samping	21
Gambar 3.3 Reaktor Biofilter Tampak Samping	21
Gambar 3.4 Permukaan Media yang Telah ditumbuhi Biofilm	23
Gambar 4.1 Perbandingan Media Sebelum dan Sesudah Terdapat Biofilm	26
Gambar 4.2 Persentase Removal COD Reaktor HRT 6 Jam dengan Media Kerikil dan Batu Alam	29
Gambar 4.3 Persentase Removal COD Reaktor HRT 8 Jam dengan Media Kerikil dan Batu Alam	32
Gambar 4.4 Presentase Removal Penyisihan COD pada Media Batu Alam terhadap HRT 6 Jam dan 8 Jam	33
Gambar 4.5 Presentase Removal Penyisihan COD pada Media Kerikil terhadap HRT 6 Jam dan 8 Jam	35
Gambar 4.6 Persentase Removal TSS Reaktor HRT 6 Jam dengan Media Batu Alam dan Kerikil	37
Gambar 4.7 Persentase Removal TSS Reaktor HRT 8 Jam dengan Media Batu Alam dan Kerikil	39
Gambar 4.8 Presentase Removal Penyisihan TSS pada Media Batu Alam terhadap HRT 6 Jam dan 8 Jam	41
Gambar 4.9 Presentase Removal Penyisihan TSS pada Media Kerikil terhadap HRT 6 Jam dan 8 Jam	42
Gambar 4.10 Persentase Removal BOD Reaktor HRT 6 Jam dengan Media Batu Alam dan Kerikil	45
Gambar 4.11 Persentase Removal BOD Reaktor HRT 8 Jam dengan Media Batu Alam dan Kerikil	48
Gambar 4.12 Presentase Removal Penyisihan BOD pada Media Batu Alam terhadap HRT 6 Jam dan 8 Jam	49
Gambar 4.13 Presentase Removal Penyisihan BOD pada Media Kerikil terhadap HRT 6 Jam dan 8 Jam	50
Gambar 4.14 Rasio BOD/COD pada HRT 6 Jam	52
Gambar 4.15 Rasio BOD/COD HRT 8 Jam	53



“HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN”

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Usaha rumah makan/*restaurant* merupakan salah satu bentuk usaha ekonomi yang memiliki prospek yang bagus, bahkan dalam kondisi krisis sekalipun. Usaha rumah makan/*restaurant* belakangan ini sangat berkembang pesat di kota besar seiring banyaknya permintaan oleh masyarakat yang menginginkan jasa servis makanan yang cepat, praktis dan bervariasi. Semakin besar peluang pada usaha ini, menyebabkan menjamurnya usaha rumah makan/*restaurant*. Semakin banyaknya usaha rumah makan/*restaurant* maka dipastikan air limbah yang dihasilkan akan semakin bertambah dan akan menjadi suatu permasalahan yang perlu diperhatikan.

Semakin maraknya bisnis ini mengakibatkan meningkatnya buangan air limbah domestik yang jumlahnya tidak sedikit dan di buang ke badan air. Menurut Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 112 Tahun 2003 Tentang Baku Mutu Air limbah Domestik, air limbah domestik merupakan air limbah yang berasal dari usaha dan atau kegiatan permukiman (*real estate*), rumah makan (*restaurant*), perkantoran, perniagaan, apartemen dan asrama. Saat ini pencemar paling dominan di badan air adalah air limbah domestik yang presentasinya bisa mencapai 60 – 70%. Air limbah domestik terdiri dari parameter BOD, TSS, pH, minyak dan lemak yang apabila keseluruhan parameter tersebut dibuang langsung ke badan air, akan mengakibatkan pencemaran air. Oleh karena itu sebelum dibuang ke badan air, harus diolah terlebih dahulu sehingga dapat memenuhi standar baku mutu yang berlaku (Filliazati, 2013).

Sumber utama air limbah rumah makan/*restaurant* tidak jauh berbeda dengan air limbah catering, yaitu berasal dari pencucian peralatan makanan, air buangan dan sisa makanan, seperti lemak, nasi, sayuran dan lain-lain (Suhardjo, 2008). Air sabun bekas pencucian peralatan makanan serta sisa makanan yang dibuang berpotensi mengandung fosfor serta bahan organik lainnya. Air limbah yang mengandung bahan organik dapat membusuk atau terdegradasi oleh mikroorganisme sehingga bila dibuang ke badan

air akan meningkatkan populasi mikroorganisme, sehingga akan menaikkan kadar BOD sedangkan sabun yang mengakibatkan naiknya pH air (Andiese, 2011).

Kurangnya pengolahan terhadap air limbah yang dihasilkan oleh rumah makan/*restaurant* yang menyebabkan meningkatnya kadar BOD, COD dan fosfor dalam badan air dapat mengindikasikan adanya pencemaran dalam badan air. Menurut PP Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Air dan Pengendalian Pencemaran Air, dimana diwajibkan semua air limbah domestik harus diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke saluran umum. Begitupun Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 112 Tahun 2003 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik, dimana setiap penanggung jawab usaha dan atau kegiatan pemukiman, rumah makan, perniagaan dan apartemen wajib melakukan pengolahan air limbah domestik sehingga mutu air limbah domestik yang dibuang ke lingkungan tidak melampaui baku mutu yang telah ditetapkan. Untuk mengatasi hal ini maka direncanakan proses pengolahan limbah rumah makan/*restaurant* secara biologis dengan menggunakan biofilter.

Kemampuan *biofilter* dalam mengolah air limbah telah banyak diterapkan dalam beberapa tahun terakhir untuk mengolah air limbah secara biologis. Pengolahan air limbah dengan proses *Biofilter* dilakukan dengan cara mengalirkan air limbah ke dalam reaktor biologis yang di dalamnya telah diisi dengan media penyangga yang berguna sebagai pengembangbiakan mikroorganisme (Nasution, 2013).

Penggunaan *biofilter* media kerikil dan batu alam merupakan alternatif yang cukup potensial karena mudah diaplikasikan. Telah dilakukan banyak penelitian yang menggunakan media kerikil dan batu alam dalam pengolahan air baik itu air minum maupun air limbah. Menurut Kurniawati (2013) penelitian yang telah dilakukan menggunakan kerikil terhadap limbah *laundry* dapat mencapai efisiensi penurunan BOD (31,9%), COD (50,7%) dan TSS (72,5%) dengan proses biofilter aerobik (Pohan, 2008). Penelitian lain menggunakan batu alam dapat mencapai efisiensi penurunan COD lebih dari 70% dengan menggunakan limbah *laundry* (Rustanto, 2012).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan penjelasan latar belakang di atas perlu dilakukan pengolahan biologis sederhana untuk mengatasi persoalan tersebut yakni dengan menggunakan biofilter aerobik. Adapun rumusan masalah dalam penelitian tugas akhir ini yaitu kemampuan biofilter aerobik dengan media kerikil dan batu alam dalam mereduksi kadar BOD, COD dan TSS dari air limbah rumah makan/*restaurant*

1.3 Tujuan Penelitian

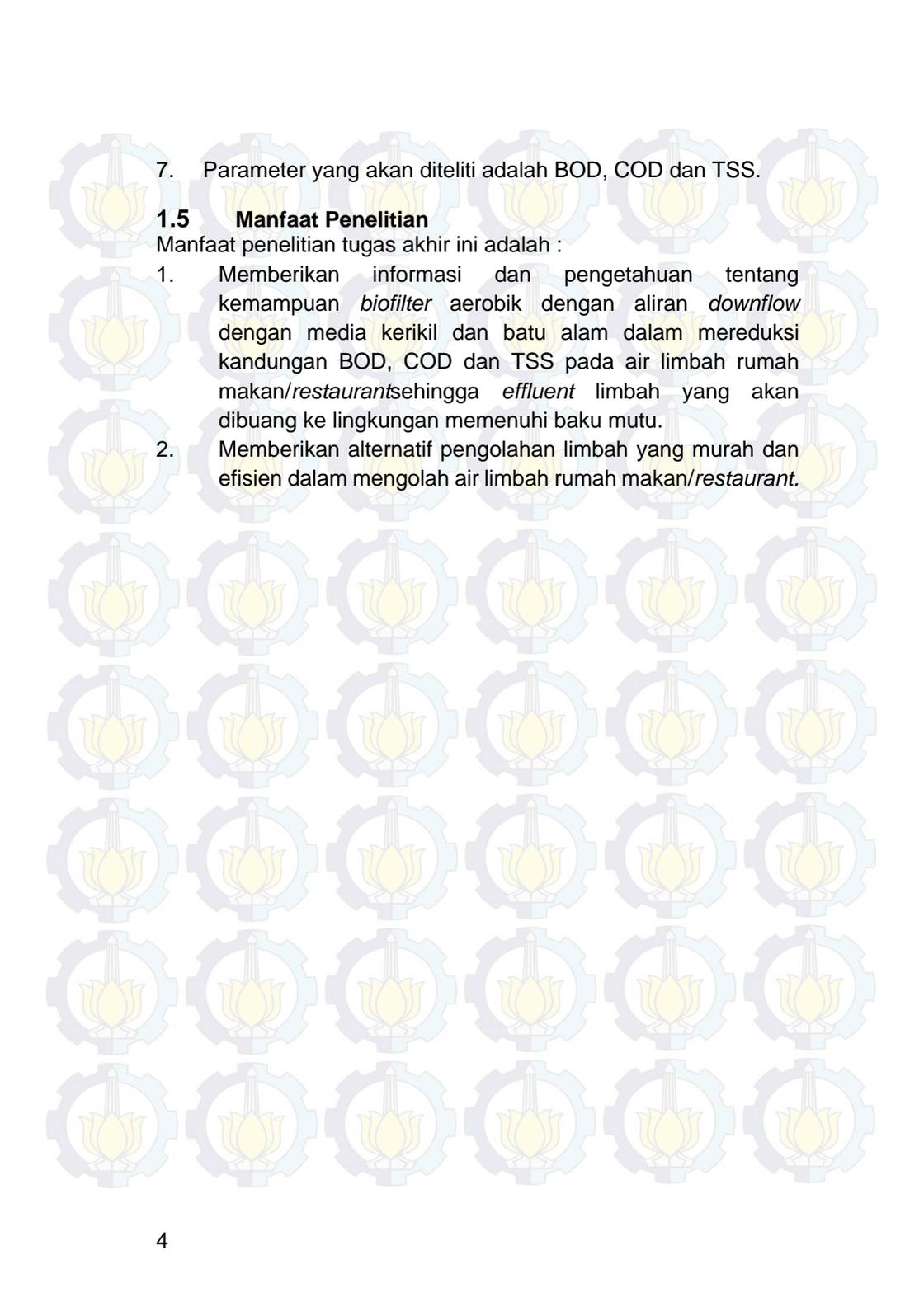
Adapun tujuan penelitian ini adalah :

1. Menentukan efisiensi removal *biofilter* aerobik dengan menggunakan variasi media biofilter dalam mereduksi kadar BOD, COD dan TSS pada air limbah rumah makan/*restaurant*.
2. Menentukan kemampuan biofilter aerobik dengan media berbeda dalam mereduksi kadar BOD, COD dan TSS dari air limbah rumah makan/*restaurant* terhadap waktu tinggal atau *Hydraulic retention time* (HRT) : 6 jam dan 8 jam.

1.4 Ruang Lingkup

Ruang Lingkup dalam penelitian ini adalah :

1. Air limbah yang digunakan adalah air limbah rumah makan/*restaurant* cepat saji XYZ Keputih, Surabaya, Jawa Timur.
2. Air limbah yang akan digunakan telah mengalami *pre-treatment* terlebih dahulu berupa pengendapan minyak dan lemak selama 24 jam.
3. Penelitian berskala laboratorium yang dilakukan di *workshop* Teknik Lingkungan-ITS dan laboratorium Jurusan Teknik Lingkungan-ITS Surabaya.
4. Jenis *biofilter* yang akan digunakan adalah *biofilter* aerobik dengan aliran *downflow*.
5. Melakukan analisa awal kandungan COD, BOD, dan TSS pada air limbah rumah makan/*restaurant*.
6. Variabel yang digunakan adalah waktu tinggal atau *Hydraulic retention time* (HRT) dan variasi media biofilter.
 - a. *Hydraulic retention time* (HRT) : 6 jam dan 8 jam
 - b. Variasi media biofilter berupa kerikil dan batu alam.

- 
7. Parameter yang akan diteliti adalah BOD, COD dan TSS.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian tugas akhir ini adalah :

1. Memberikan informasi dan pengetahuan tentang kemampuan *biofilter* aerobik dengan aliran *downflow* dengan media kerikil dan batu alam dalam mereduksi kandungan BOD, COD dan TSS pada air limbah rumah makan/*restaurant* sehingga *effluent* limbah yang akan dibuang ke lingkungan memenuhi baku mutu.
2. Memberikan alternatif pengolahan limbah yang murah dan efisien dalam mengolah air limbah rumah makan/*restaurant*.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Limbah Domestik Rumah makan/*Restaurant*

Air limbah *restaurant* rumah makan/*restaurant* merupakan air limbah domestik yang berasal dari air sisa/buangan hasil kegiatan usaha rumah makan/*restaurant*. Air limbah rumah makan/*restaurant* banyak mengandung minyak, lemak, zat organik serta deterjen hasil sisa mencuci peralatan. Minyak dan lemak hasil dari dapur rumah makan/*restaurant* biasanya membentuk gumpalan yang menghalangi saluran pipa pembuangan air limbah yang akan sangat berdampak pada pengelolaan air limbah dan kualitas air pada badan air (Kang, 2010). Minyak dan lemak yang dihasilkan oleh kegiatan dapur merupakan trigliserida yang terdiri dari rantai asam lemak, sebagai mana ester dalam gliserol, jika tidak adanya pengolahan terlebih dahulu minyak dan lemak tersebut akan terjadi penggumpalan dan menyumbat saluran air (Matsui *et al.*, 2005).

Menurut Chen *et al* (2000) karakteristik limbah rumah makan/*restaurant* berbeda – beda tergantung dengan kegiatan dalam rumah makan tersebut. Kadar COD, minyak dan lemak tertinggi pada air limbah yang dihasilkan oleh *restaurant fastfood* Amerika dan kadar TSS tertinggi dihasilkan oleh kantin mahasiswa Cina. Minyak, lemak dan TSS merupakan tipikal dari air limbah dapur maupun rumah makan. Menurut Sein (2011) minyak, lemak dan TSS merupakan karakteristik limbah rumah makan yang utama dan merupakan penyebab utama dalam penurunan kualitas air dan juga menimbulkan masalah lingkungan yang cukup serius.

Beragamnya rumah makan/*restaurant* menimbulkan karakteristik air limbah yang dihasilkan berbeda-beda pula. Air limbah yang akan dibuang ke badan air harus sesuai dengan baku mutu yang ada. Tabel 2.1 membandingkan karakteristik limbah rumah makan/*restaurant* dengan baku mutu limbah cair yang telah ditetapkan oleh pemerintah.

Pada penelitian ini, kualitas pengolahan limbah yang dihasilkan mengacu pada ketetapan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 tahun 2013. Tabel 2.2 akan menjelaskan hasil analisa pada penelitian pendahuluan air limbah yang akan digunakan memiliki karakteristik yang berbeda pula.

Tabel 2.1 Karakteristik Air Limbah Rumah Makan XYZ

No.	Parameter Pencemar	Rumah Makan XYZ (mg/L)
1	BOD	46
2	COD	82
3	TSS	174

Sumber : Hasil Analisa (2014)

2.2 Parameter Pencemar

2.2.1 *Chemical Oxygen Demand (COD)*

Chemical Oxygen Demand (COD) merupakan jumlah kebutuhan oksigen yang dibutuhkan agar zat organik dalam limbah dapat teroksidasi melalui reaksi kimiawi menjadi CO₂ dan H₂O dan tes COD digunakan untuk menghitung jumlah oksigen pada zat organik di limbah yang dapat dioksidasi secara kimia menggunakan dikromat di suasana asam (Metcalf dan Eddy, 2004). Menurut APHA (1980) COD dinyatakan dalam *part per million (ppm)* dan dapat dihitung menggunakan rumus :

$$COD(mg/liter O_2) = \frac{(a-b) \times N \times 8000}{volumesampel} \times p \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana :

- a : volume FAS titrasi blanko (ml)
- b : volume FAS titrasi sampel (ml)
- N : normalitas larutan FAS
- p : pengenceran

2.2.2 *Biochemical Oxygen Demand (BOD)*

Biochemical Oxygen Demand (BOD) adalah ketetapan untuk menghitung kebutuhan oksigen yang digunakan oleh mikroorganisme untuk mendegradasi zat organik melalui proses biokimia (Metcalf dan Eddy, 2004). Menurut Jouanneau (2014) parameter BOD ini didefinisikan sebagai jumlah oksigen, dibagi

Tabel 2.2 Karakteristik Air Limbah Rumah Makan/Restaurant

No.	Parameter	Rumah Makan / Restaurant ¹ (mg/l)	Rumah Makan Cina ² (mg/l)	Rumah Makan Barat ² (mg/l)	Rumah Makan <i>fastfood</i> Amerika ² (mg/l)	Baku Mutu ³ (mg/l)	Baku Mutu ⁴ (mg/l)
1	COD	750 - 5800	292-3930	912-3500	980-4240	50	-
2	BOD5	600-2500	58-1430	489-1410	405-2240	30	100
3	Minyak dan Lemak	500-4700	120-172	52,6-2100	158-799	10	100
4	SS	250-600	13,2-246	152-545	68-345	50	10
5	pH	6,1- 8,0	6,62-7,96	6,94-9,47	6,30-7,23	6,0 -9,0	6,0 - 9,0

¹ Kang, *et al.*, (2010)

² Chen, *et al.*, (2000)

³ Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik Untuk Pemukiman (*Real Estate*), Rumah Makan (*Restaurant*), Perkantoran, Perniagaan, Apartemen, Perhotelan dan Asrama di Jawa Timur.

⁴ Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 112 Tahun 2003 Tentang Baku Mutu Limbah Domestik.

dengan volume sistem, diambil melalui pernafasan aktivitas mikroorganismenya tumbuh di senyawa organik hadir dalam sampel (misalnya air atau lumpur) ketika diinkubasi pada suhu 20°C dan periode tetap selama 5 hari itu adalah ukuran organik polusi air yang dapat terdegradasi secara biologis, hal ini biasanya dinyatakan dalam miligram per liter. Menurut Setiawati (2013) manfaat analisa BOD adalah :

1. Menentukan berapa jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mendegradasi zat organik.
2. Menentukan ukuran dari bangunan pengolahan air limbah.
3. Menghitung efisiensi dari beberapa perlakuan.
4. Menghitung pemenuhan kebutuhan oksigen sesuai dengan debit air limbah.

Jika konsentrasi yang tersedia memenuhi kebutuhan oksigen, maka dekomposisi organik secara aerobik dan biologis akan berlanjut sampai semua limbah terdegradasi. Nilai BOD dapat dihitung menggunakan rumus :

$$OT_x = \frac{BOD_x \times N_{\text{tiosulfat}} \times \text{Tingkat Oksigen}}{\text{Volume Sampel}} \dots\dots\dots(2.2)$$

$$BOD_x = \frac{\{(X_0 - X_5) - (B_0 - B_5)\} \times (1 - P)}{P} \dots\dots\dots(2.3)$$

$$P = \frac{m_{\text{sampel}}}{\text{volume hasil pengenceran (500 ml)}} \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana :

- OT_x : Oksigen terlarut pada x hari (mg/L O_2)
- BOD_x : Konsentrasi BOD pada x hari
- $N_{\text{tiosulfat}}$: Normalitas larutan tiosulfat (0,0125 N)
- X_0 : Oksigen terlarut sampel pada t = 0
- X_5 : Oksigen terlarut sampel pada t = 5
- B_0 : Oksigen terlarut blanko pada t = 0
- B_5 : Oksigen terlarut blanko pada t = 5
- P : Derajat pengenceran

2.2.3 Total Suspended Solids (TSS)

Total Suspended Solids (TSS) adalah pengukuran kualitas air. penyisihan padatan tersuspensi dari badan air telah lama

dipelajari karena dampak buruk terhadap kualitas air. Untuk mengelola sumber daya alam dari badan air melalui kegiatan seperti pengendalian kualitas air, prediksi konsentrasi sedimen tersuspensi sangat penting. Oleh karena itu, mengendalikan, mengukurkan penghapusan padatan tersuspensi benar-benar penting untuk kejernihan air (Yahyapour, 2013). Adapun cara menghitung TSS dapat memakai rumus :

$$TSS = \frac{(W_2 - W_1)}{V_s} \times 10^6 \dots \dots \dots (2.5)$$

Dimana :

- W_2 : Berat filter dengan residual (g)
- W_1 : Berat bersih filter (g)
- V_s : Volume sampel (ml)

2.3 Biofilter

Biofilter adalah reaktor yang dikembangkan dengan prinsip mikroba tumbuh dan berkembang pada suatu media filter dan membentuk lapisan *biofilm (attached growth)* (Slamet dan Masduqi, 2000). Pengembangan konsep ini dilakukan dengan cara merendam media filter dalam air secara terus menerus. Sedangkan menurut Kurniawati (2013), pemilihan teknologi biofilter dalam menangani sistem pengolahan air limbah skala kecil karena dapat beroperasi secara handal dan tanpa masalah, serta mampu menurunkan kadar senyawa organik limbah seperti, COD, BOD, ammonia, fosfat dan lainnya dengan proses biologis oleh biofilm yang melekat dalam permukaan media. Dalam pengoperasiannya, biofilter dibedakan menjadi dua jenis yaitu biofilter anaerobik dan biofilter aerobik yang tidak menimbulkan bau. Mikroorganisme ini akan tumbuh dan berkembangbiak dengan cara melekat pada media dengan membentuk biofilm.

Pada saat yang bersamaan dengan menggunakan oksigen yang terlarut di dalam air limbah, senyawa polutan tersebut akan diuraikan oleh mikroorganisme yang ada di dalam lapisan biofilm dan energi yang dihasilkan akan diubah menjadi biomasa. Jika lapisan mikrobiologis cukup tebal, maka pada bagian luar lapisan mikrobiologis akan berada dalam kondisi aerobik sedangkan pada bagian dalam biofilm yang melekat pada medium akan berada

dalam anaerobik (Nasution, 2013). Aktifitas yang terjadi di dalam biofilter juga dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor berikut :

1. Temperatur

Temperatur tidak hanya berkaitan dengan ukuran panas – dinginnya suatu benda. Panas – dingin itu berkaitan dengan energi termis yang terkandung dalam benda tersebut. Makin besar termisnya, maka semakin besar temperaturnya begitu juga sebaliknya. Dalam penelitian ini temperatur dapat mempengaruhi aktifitas metabolisme, faktor kecepatan transfer gas dan karakteristik pengendapan lumpur.

2. Oksigen Terlarut (*Dissolved Oxygen*)

Konsentrasi oksigen terlarut dapat memberikan pengaruh pada laju pertumbuhan bakteri aerobik dalam pengolahan secara biologis. Kehadiran oksigen terlarut dalam jumlah yang cukup sangat diperlukan untuk proses oksidasi dan sintesa sel. Oksigen dalam proses oksidasi ditujukan sebagai sumber elektron akseptor. Oksigen juga sangat diperlukan oleh bakteri *Nitrifikasi* untuk oksidasi nitrogen organik dan ammonia. Disamping itu, oksigen juga dibutuhkan untuk oksidasi bahan-bahan organik dan anorganik dalam proses aerobik. Sumber utama oksigen dalam suatu perairan berasal dari suatu proses difusi dari udara bebas dan hasil fotosintesis organisme yang hidup dalam air tersebut (Salmin,2000).

3. pH

Nilai pH merupakan faktor kunci bagi pertumbuhan mikroorganisme. Berdasarkan persetujuan Internasional besaran pH sekitar dari 0 (sangat asam) sampai dengan 14 (sangat basa) kondisi pH = 7 disebut sebagai netral. Secara umum pH optimum bagi pertumbuhan mikroorganisme adalah sekitar 6,5-7,5.

4. Beban Hidrolik

Beban hidrolik digunakan untuk menjelaskan debit atau kapasitas pengolahan per satuan volume atau persatuan luas permukaan filter. Beban hidrolik merupakan salah satu parameter yang mempengaruhi efisiensi oksidasi. Beban hidrolik akan berpengaruh secara langsung pada waktu kontak dan waktu tinggal air limbah secara keseluruhan di dalam reaktor. Waktu tinggal yang pendek tidak akan mengoptimalkan proses pada seluruh jenis bakteri penyusunbiofilm. Pada sistem *Biofilter*, beban hidrolik yang diisyaratkan sebesar 1 – 10 m³/m².hari.

5. Beban Organik

Laju pengurangan zat organik dalam system pengolahan limbah secara biologis dikategorikan berdasar pada konsentrasi BOD yang ada di dalam air limbah. Berdasarkan beban organiknya, pengolahan biofilter dibagi menjadi 2 yaitu pengolahan dengan laju rendah dan pengolahan dengan laju cepat.

2.4 Mekanisme Penyisihan Bahan Organik

Mekanisme penyisihan bahan organik pada *Biofilter* hampir sama dengan mekanisme penyisihan pada proses lumpur aktif. Penyisihan material organik yang tersuspensi dan yang terlarut terjadi karena proses biosorpsi dan koagulasi pada aliran yang melewati media dengan cepat. Sedangkan pada aliran yang melewati media dengan waktu retensi yang lama, proses penyisihannya disebut dengan cara sintesa dan respirasi. Sedangkan waktu retensi sangat berhubungan dengan beban hidrolis. Semakin besar beban hidrolis, proses biosorpsi semakin besar pula. Sedangkan semakin kecil beban hidrolis, proses sintesa dan respirasi juga semakin kecil.

Selain itu, mekanisme kerja dari *Biofilter* bergantung pada aktifitas metabolisme dari bakteri atau jamur. Koloni dari bakteri atau jamur menempati permukaan dari media dan membentuk semacam lapisan film yang juga terdiri dari populasi protozoa dan padatan yang berasal dari air. Alga juga bisa tumbuh pada media *Biofilter* yang terkena cahaya. Populasi dari mikroorganisme juga biasanya ditemukan pada lapisan film. Komposisi dari populasi mikroorganisme bergantung pada sifat air limbah, tingkat pengolahan (*low rate* atau *high rate Biofilter*) dan metode operasi dari *Biofilter*. Karena itu, ukuran lapisan film dapat bervariasi mulai dari lapisan bakteri yang tipis pada *Biofilter* yang menerima air limbah dengan kandungan bahan organik yang rendah, sampai lapisan tebal dari jamur pada *Biofilter* yang mengolah air limbah dengan bahan organik tinggi seperti pada air limbah industri.

2.5 Media *Biofilter*

Menurut Said (2001) media *Biofilter* yang digunakan secara umum dapat berupa bahan material organik atau bahan material anorganik. Untuk media *Biofilter* dari bahan organik misalnya, dalam bentuk tali, bentuk jaring, bentuk butiran tak teratur (*random*

packing), bentuk papan (*plate*), bentuk sarang tawondan lain-lain. Sedangkan media dari bahan anorganik misalnya, batu pecah (*split*), kerikil, batu marmer, batu tembikardan lain-lain. Biasanya untuk media *Biofilter* dari bahan anorganik, semakin kecil diameternya luas permukaannya semakin besar, sehingga jumlah mikroorganisme yang dapat dibiakkan juga menjadi besar pula, tetapi volume rongga menjadi lebih kecil.

Untuk media biofilter dari bahan organik banyak yang dibuat dengan cara dicetak dari bahan tahan karat dan ringan misalnya PVC dan lainnya, dengan luas permukaan spesifik yang besar dan volule rongga (porositas) yang besar, sehingga dapat melekatkan mikroorganisme dalam jumlah yang besar dengan resiko kebuntuan yang sangat kecil. Dengan demikian memungkinkan untuk pengolahan air limbah dengan beban konsentrasi yang tinggi serta efisiensi pengolahan yang cukup besar. Salah Satu contoh media biofilter yang banyak digunakan yakni media dalam bentuk sarang tawon (*honeycomb tube*) dari bahan PVC. Beberapa contoh perbandingan luas permukaan spesifik dari berbagai media biofilter dapat dilihat pada Tabel 2.3

Tabel 2.3 Perbandingan Luas Permukaan Spesifik Biofilter

No.	Jenis Media	Luas Permukaan Spesifik (m^2/m^3)
1.	Trickling Filter dengan Batu Pecah	100-200
2.	Modul Sarang Tawon (<i>honeycomb modul</i>)	150-240
3.	Tipe Jaring	50
4.	RBC	80-150
5.	Bio-Ball (random)	200-240

Sumber : Said, 2001

2.6 Pengolahan Limbah Cair Secara Biofilter Aerobik

Pengolahan limbah cair secara aerobik adalah memanfaatkan aktivitas mikroorganisme atau metabolisme sel yang terdapat pada media biofilter untuk menurunkan atau menghilangkan substrat tertentu terutama senyawa biodegradable yang terdapat dalam air limbah. Menurut Pohan (2008), berdasarkan teknik pengendalian (*immobilisasi*) mikroorganisme dalam media yang akan digunakan,

pengolahan limbah cair secara biologis dapat dibedakan atas biakan tersuspensi (*suspended growth processes*) dan biakan melekat (*attached growth processes*).

1. Biakan tersuspensi (*suspended growth processes*)

Biakan tersuspensi adalah proses pengolahan dengan memanfaatkan mikroorganisme pengurai zat organik yang tersuspensi dalam limbah cair yang akan diolah. Nantinya didalam reaktor pertumbuhan tersuspensi mikroorganisme tumbuh dan berkembang dalam keadaan tersuspensi secara menyeluruh dalam limbah cair. Lumpur aktif, kolam stabilisasi/oksidasi dan step aerasi merupakan termasuk dalam kelompok ini.

2. Biakan melekat (*attached growth processes*).

Biakan melekat adalah pengolahan dengan memanfaatkan mikroorganisme yang membentuk lapisan film yang menempel pada media penyangga untuk menguraikan zat organik (Metcalf dan Eddy, 2003). Influen akan melakukan kontak dengan media tersebut sehingga terjadi proses biokimia. Akibatnya bahan organik terdapat dalam limbah cair dapat diturunkan kandungannya. Metode ini dapat menghasilkan efisiensi penurunan BOD sekitar 80%-90% (Metcalf dan Eddy, 2003). Yang termasuk dalam kelompok ini adalah *trickling filter*, *rotating biological contractor* (RBC), *upflow anaerobic sludge blanket* (UASB), reaktor fluidisasi dan filter terendam. Berdasarkan posisi biofilter dalam reaktor, sistem pertumbuhan melekat dapat digolongkan dalam tiga bentuk yaitu:

- Proses pertumbuhan melekat dengan biakan tidak terendam (*non-submerged*) merupakan proses pengolahan limbah secara biologis dimana media biakan tidak terendam dalam *bulk* cairan (Metcalf dan Eddy, 2003).
- Proses pertumbuhan tersuspensi dengan packing film tetap (*suspended growth process with fixed film packing*) pada dasarnya merupakan proses pengolahan dengan biakan tersuspensi sebagaimana halnya dalam sistem lumpur aktif. Akan tetapi penempatan bahan packing yang tersuspensi ke dalam tangki menyebabkan mikroorganisme yang terlibat melekat pada bahan packing tersebut, dengan demikian dapat digolongkan ke dalam pertumbuhan melekat (Metcalf dan Eddy, 2003).

- Proses pertumbuhan melekat dengan biakan terendam (*submerged*) merupakan proses pengolahan limbah secara biologis dimana media biakan terendam sepenuhnya dalam *bulk* cairan (Metcalf dan Eddy, 2003).

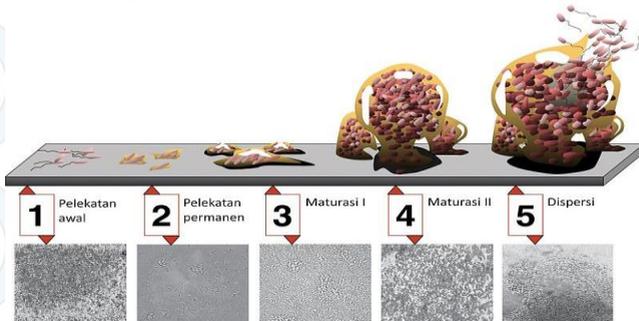
Penelitian ini menerapkan proses pertumbuhan melekat dengan biakan terendam (*submerged*) dan sistem biofilter *upflow*. Beberapa keuntungan yang dapat diperoleh apabila menggunakan sistem biakan terendam (*submerged*) yakni, air limbah yang melewati media akan membentuk lapisan *biofilm*. *Biofilm* ini nantinya akan membantu proses penguraian secara biologis. Biofilter sistem *upflow* juga berfungsi sebagai media penyaring limbah yang melalui media ini, sehingga konsentrasi *suspended solid* akan berkurang dikarenakan sistem aliran dari bawah ke atas akan mengurangi kecepatan partikel yang terdapat pada air limbah, dimana partikel yang tidak terbawa aliran ke atas akan mengendap di dasar bak filter.

2.7 Biofilm

Biofilm adalah sekumpulan *aggregate* dari mikroorganisme atau produk polimer ekstraseluler yang melekat pada permukaan padat atau padatan organik inert dalam lingkungan berair (Rittmann dan McCarty, 2001). Komposisi biofilm terdiri dari sel-sel mikroorganisme, produk ekstraseluler, detritus, polisakarida sebagai bahan pelekat dan air adalah bahan penyusun utama biofilm dengan kandungan hingga 97% (Zhang, *et al*, 1998). Menurut Slamet dan Masduqi (2000) lapisan biofilm yang terbentuk sempurna akan tersusun dalam tiga lapisan kelompok bakteri, lapisan paling luar sebagian besar berupa jamur, lapisan tengah adalah jamur dan alga dan lapisan paling dalam adalah bakteri, jamur dan alga. Dan secara umum ada 5 fase di dalam daur hidup biofilm (Gambar 2.1.). Fase tersebut adalah pelekatan awal pada media, pelekatan permanen, maturasi 1, maturasi 2 dan fase dispersi (Monroe, 2007). Pembentukan biofilm yang meliputi 5 tahap :

1. Pelekatan awal: mikroba melekat pada permukaan suatu benda dan dapat diperantarai oleh fli (rambut halus sel)
2. Pelekatan permanen: mikroba melekat dengan bantuan ekopolisakarida (EPS).
3. Maturasi I: proses pematangan biofilm tahap awal.

4. Maturasi II: proses pematangan biofilm tahap akhir, mikroba siap untuk menyebar.
5. Dispersi: Sebagian bakteri akan menyebar dan berkolonisasi di tempat lain.



Gambar 2.1 5 Fase Tahapan Daur Hidup Biofilm (Monroe, 2007)

2.8 Hydraulic Retention Time (HRT)

Hydraulic retention time adalah waktu rata-rata penahanan air limbah berada pada tangki reaktor. Untuk mendapatkan hasil yang baik pada proses pengolahan secara biologis, HRT juga merupakan landasan parameter dan desain operasi dalam proses aerobik. Semakin lama air limbah dalam reaktor mengakibatkan semakin lama waktu kontak biomassa dengan substrat dalam aliran umpan semakin lama. Dengan demikian diharapkan proses degradasi secara aerob berlangsung efektif. Secara umum untuk limbah cair dengan proses biologis aerobik sebaiknya berada pada tangki antara 6-8 jam (Sugiharto, 1994 ; Gumbira, 1994 ; dalam Pohan 2008), untuk memperoleh efisiensi pengolahan yang efektif.

2.9 Rasio BOD/COD

Fungsi COD sebagai kebutuhan oksigen pengoksidasi berbeda dengan BOD yang berfungsi sebagai kebutuhan oksigen mikroorganisme (Winursita, 2013). BOD dan COD dapat dikorelasikan sebagai rasio perbandingan. Nilai BOD tidak lebih besar dibandingkan nilai COD. Menurut Samodro dan Mangkoediharjo (2010) rasio BOD/COD merupakan indikator yang muncul dari zat organik yang biasanya terdapat dalam air limbah. Rasio sebesar 0,2-0,4 menunjukkan bahwa air limbah tersebut terdegradasi dengan baik (Samodro dan Mangkoediharjo, 2010).

Menurut Metcalf dan Eddy (1991) air limbah mempunyai karakteristik pengolahan BOD/COD sebesar 0,4-0,8. Air limbah dengan rasio BOD/COD tersebut dapat diolah dengan pengolahan biologis sebagai pengolahan lanjutan.

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 Umum

Penelitian Tugas Akhir ini berjudul Pengolahan Limbah Rumah Makan dengan Proses Biofilter Aerobik. Rumah makan yang terletak di kawasan Keputih, Sukolilo, Surabaya. Penelitian ini menguji kemampuan *biofilter* aerobik dengan menggunakan media kerikil dan batu alam dalam mereduksi kadar BOD, COD dan TSS pada air limbah rumah makan/*restaurant* terhadap waktu tinggal atau *Hydraulic retention time* (HRT) : 6 jam dan 8 jam.

Parameter yang akan dianalisis adalah BOD, COD dan TSS awal dan akhir. Variabel yang digunakan adalah variasi media biofilter dan waktu tinggal atau *Hydraulic retention time* (HRT).

3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian

Air limbah rumah makan berasal dari rumah makan yang terletak di kawasan Keputih, Sukolilo, Surabaya. Penelitian dilaksanakan pada bulan 1 November – 30 November 2014 yang dilakukan di *workshop* dan laboratorium Teknik Lingkungan ITS.

3.3 Kerangka Penelitian

Kerangka penelitian merupakan langkah-langkah yang digunakan untuk melakukan penelitian sehingga jelas arahan dari penelitian ini. Fungsi dari ditentukannya kerangka penelitian adalah sebagai berikut :

1. Sebagai acuan dalam melakukan penelitian sehingga jelas dan tepat langkah-langkah yang akan ditempuh dan hasil yang didapatkan akurat.
2. Menghindari terjadinya kesalahan dalam penelitian.

3.4 Ide Penelitian

Ide penelitian ini berjudul Pengolahan Limbah Rumah Makan dengan Proses *Biofilter* Aerobik.

3.5 Studi Literatur

Literatur yang dipelajari tentang limbah domestik rumah makan/*restaurant*, *biofilter* dan medianya, pengolahan *biofilter* secara aerobik, parameter pencemar seperti BOD, COD dan

TSS dan media kerikil dan batu alam yang menunjang dalam penelitian ini.

3.6 Reaktor uji

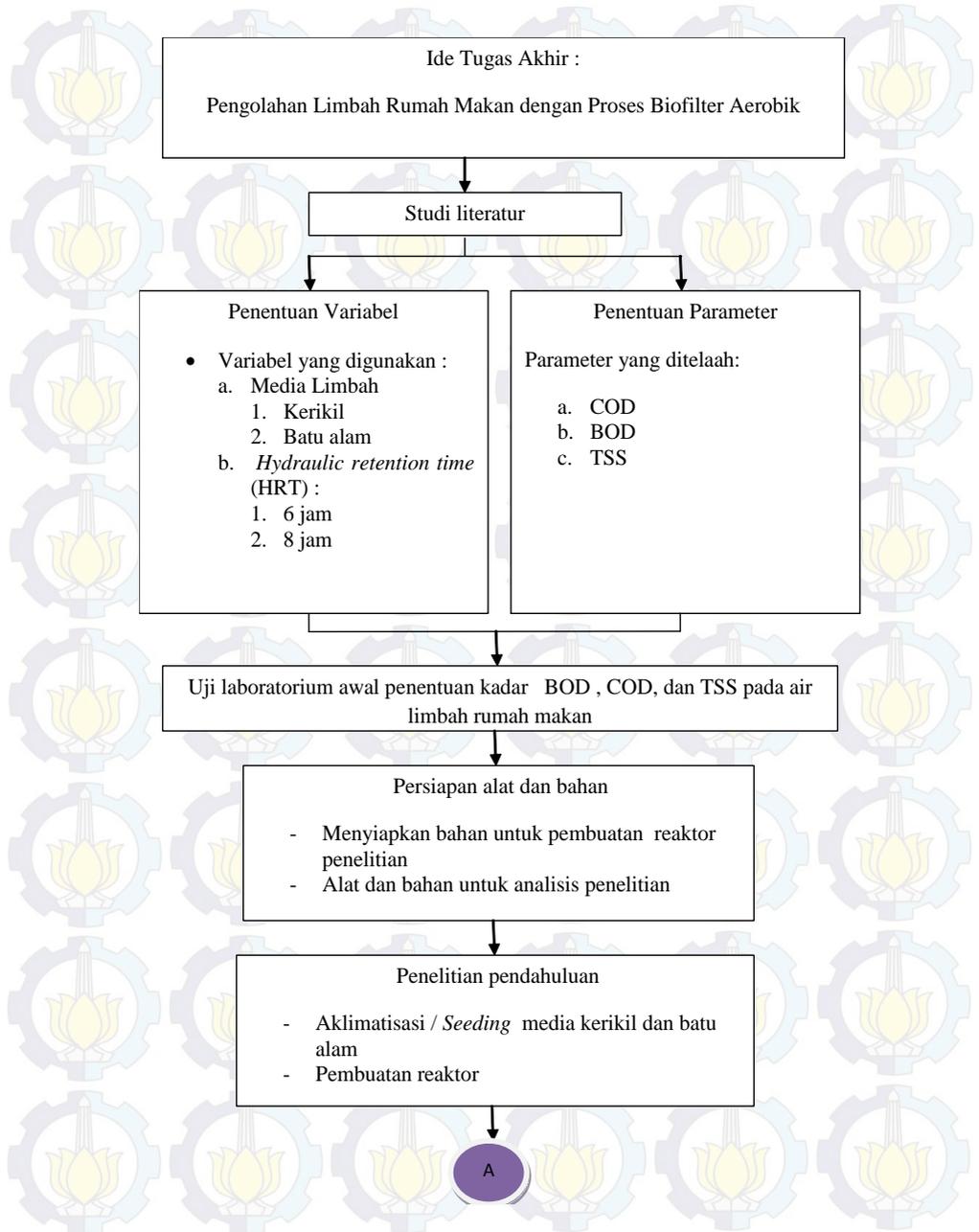
Dalam penelitian ini akan digunakan 4 buah reaktor biofilter yang terbuat dari kaca 8 mm yang dirancang dengan dimensi 20 cm x 20 cm x 100 cm seperti pada Gambar 3.3. Diameter media yang digunakan yaitu antara 3-5 mm pada batu alam dan sedangkan pada kerikil menggunakan diameter 2-3 cm. Perhitungan reaktor dibuat berdasarkan desain rencana volume biofilter dikalikan dengan porositas media sehingga di dapat volume air di dalam biofilter. Setelah mendapatkan volume air di dalam biofilter hasilnya dibagi dengan HRT yang telah di tetapkan maka didapatkan debit air pada setiap reaktor.

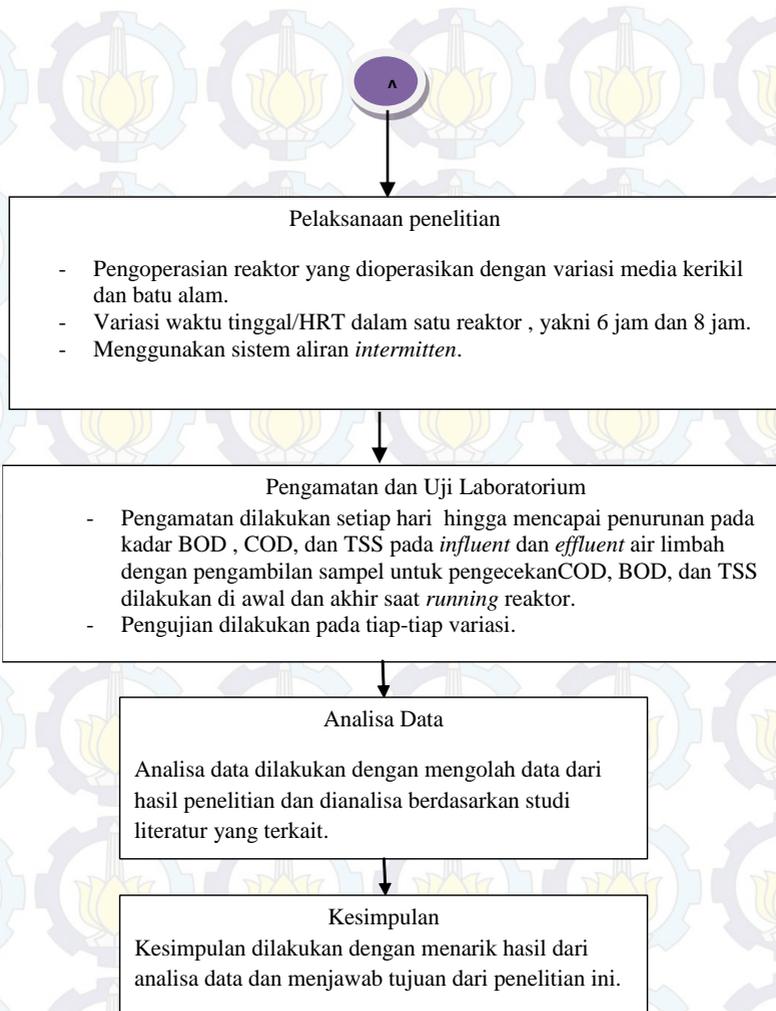
Pada bagian bawah 10 cm ke atas dari dasar reaktor terdapat penyangga dari kaca dan di buat berlubang guna sebagai penahan media kerikil dan penyangga aerator yg di pasang pada reaktor. Aerator yang dipasang berfungsi sebagai penjaga agar mikroorganisme dalam reaktor tetap pada kondisi aerob. Perhitungan kebutuhan oksigen guna pemasangan aerator terdapat pada lampiran. Perangkat lain yang melengkapi reaktor biofilter ini adalah bak penampung limbah, bak pengatur debit dan bak penampung effluen.

Bak penampung limbah menggunakan bak plastik 50 L adanya bak penampung limbah ini guna untuk menampung air limbah dan menyamakan karakteristik air limbah yang akan digunakan. Air limbah dalam bak penampung di pompa menuju bak pengatur debit, reaktor dilengkapi dengan pipa overflow berguna untuk menjaga kapasitas air dalam bak pengatur debit agar tetap konstan. Bak pengatur debit menggunakan bak plastik berkapasitas 30 L yang berfungsi untuk mengatur debit air limbah yang akan dialirkan pada reaktor biofilter. Begitu pula dengan bak penampung effluen menggunakan bak plastik berkapasitas 50 L. Penjelasan diatas terdapat pada Gambar 3.2.

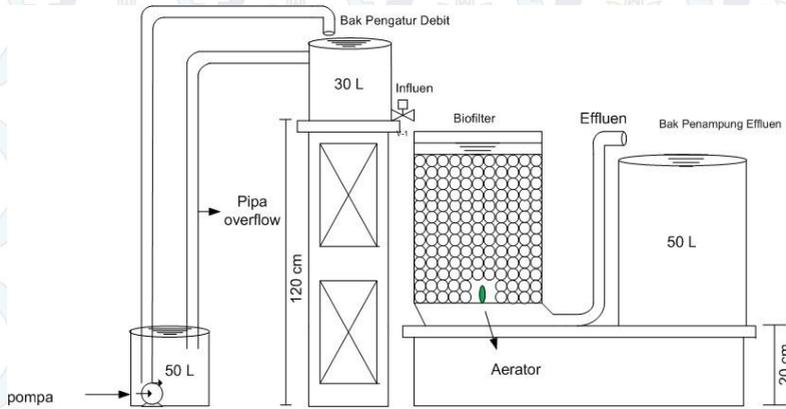
3.7 Variabel dan Parameter

Variabel yang digunakan ada 2 (dua), yaitu media biofilter dan waktu tinggal (HRT). Media biofilter yang digunakan yakni

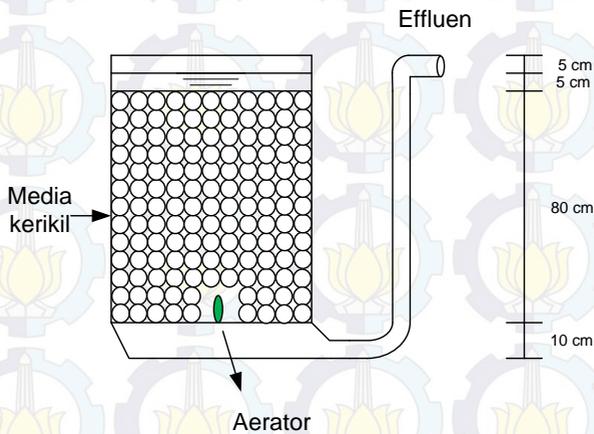




Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.2 Diagram Alir Reaktor Biofilter Tampak Samping



Gambar 3.3 Reaktor Biofilter Tampak Samping

kerikil dan batu alam. Diameter media yang digunakan yaitu antara 3-5mm pada batu alam dan sedangkan pada kerikil menggunakan diameter 2-3 cm. Sedangkan HRT yang digunakan,

yaitu 6 jam dan 8 jam. Berikut adalah Tabel 3.1 yang berisi variasi reaktor berdasarkan variabel dan parameter.

Tabel 3.1 Variasi Reaktor Berdasarkan Variabel

HRT Media	6 jam	8 jam
Kerikil	1 buah	1 buah
Batu alam	1 buah	1 buah

3.8 Analisis Kualitas Awal Air Limbah

Analisis kualitas awal berupa pengujian awal kadar, BOD, COD, TSS, pH dan suhu pada air limbah. Untuk pengujian BOD, COD dan TSS dilakukan dengan cara *grab sampling*.

3.9 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu :

a. Alat

- 4 Reaktor proses seperti Gambar 3.2
- Peralatan analisis BOD, COD dan TSS

b. Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah :

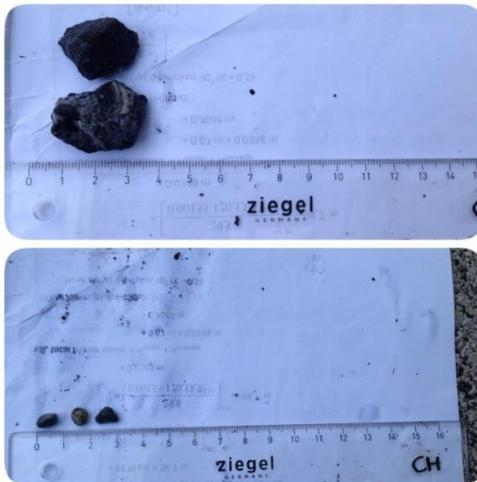
- a. Air limbah rumah makan.
- b. Media kerikil (2-3 cm) dan batu alam (3-5 mm).
- c. Reagen untuk analisis BOD dan COD.

3.10 Pelaksanaan Penelitian

Tahapan dalam penelitian dilakukan :

1. Penelitian pendahuluan (*Aklimatisasi/Seeding*)

Proses aklimatisasi dilakukan dengan mengalirkan air limbah ke media yang sudah berada pada reaktor, biarkan terbuka terkena udara. Untuk menumbuhkan bakteri aerob pembentuk biofilm. Pertumbuhan biofilm diamati setelah kurang lebih 8 sampai 14 hari dengan ditandai permukaan media yang berubah menjadi agak licin bila dipegang (Darmawanti, 2005).



Gambar 3.4 Permukaan Media yang Telah ditumbuhi Biofilm

2. Tahap Penelitian Utama

Limbah pada bak penampung dialirkan secara gravitasi pada reaktor, air limbah mengalir dari atas ke bagian bawah reaktor biofilter di dan tambahkan aerator pada reaktor untuk mempercepat proses aerobik dan selanjutnya terjadi aliran *downflow* pada reaktor biofilter. Air limbah hasil olahan dialirkan ke bak penampung. Setelah *running* 1 selesai, percobaan dilanjutkan menurut variasi.

3.11 Metode Analisis

Penelitian ini dilakukan dengan menganalisis beberapa parameter yang telah ditentukan.

1. Analisis kandungan BOD dan COD

Analisis ini bertujuan untuk mengetahui kandungan BOD dan COD pada air limbah rumah makan/*restaurant* setelah dilakukan pengolahan dengan proses biofilter. Analisis kandungan BOD dan COD berdasarkan SNI yang berlaku, yaitu untuk uji BOD menggunakan SNI 6989.72:2009 dengan metode *5-day BOD test*. Sedangkan untuk uji COD menggunakan SNI 6989.73:2009

dengan metode *closed reflux, titimetric method*. Pengujian dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan ITS, Surabaya.

2. Analisis *Total Suspended Solid* (TSS)

Analisis kandungan TSS berdasarkan SNI yang berlaku, yaitu untuk uji TSS menggunakan SNI 06-6989.3:2004 dengan metode *gravimetri*. Analisis ini bertujuan untuk menunjukkan besarnya padatan tersuspensi dalam air limbah. Analisa TSS dilakukan dengan menyaring 25 ml air limbah menggunakan kertas saring dalam corong buchner yang dilengkapi dengan pompa vacuum dan padatan yang tertahan dalam kertas saaring dikeringkan di dalam oven dengan suhu 105°C selama satu jam. Prosedur penelitian terlampir pada lampiran.

3.12 Pembahasan

Pembahasan dilakukan dengan menganalisis data yang diperoleh selama penelitian. Hasil penelitian ditampilkan dalam bentuk grafik dan tabel agar memudahkan dalam memahami. Kemudian ditelaah waktu maksimum dalam mereduksi kandungan BOD, COD dan TSS dalam air limbah.

3.13 Kesimpulan

Kesimpulan didapatkan setelah data dianalisis. Kesimpulan yang ditarik harus sesuai dengan tujuan awal penelitian ini.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakteristik Air Limbah

Karakteristik air limbah yang dihasilkan oleh efluen dari kegiatan rumah makan/*restaurantxyz* adalah seperti pada Tabel 4.1 :

Tabel 4.1 Karakteristik Air Limbah Rumah Makan/*Restaurant XYZ*

No.	Parameter Pencemar	Rumah Makan XYZ (mg/L)	SK. Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013
1	BOD	46	30
2	COD	82	50
3	TSS	174	50

Sumber : Hasil Analisa (2014)

Berdasarkan Tabel 4.1, dapat diketahui bahwa kualitas efluen rumah makan/*restaurant xyz* melebihi baku mutu yang telah ditetapkan yang sesuai dengan Pergub No.72 Tahun 2013.

4.2 Proses Aklimatisasi

Proses aklimatisasi termasuk dalam penelitian pendahuluan atau dapat dikatakan termasuk langkah awal penelitian pengolahan limbah secara biologis. Tahapan ini dilaksanakan dalam upaya untuk menumbuhkan mikroorganisme yang berperan penting dalam proses penyisihan materi organik secara biologis. Aklimatisasi dilakukan secara alami, yakni mikroorganisme langsung dibiakkan di dalam reaktor yang telah terisi media batu alam dan kerikil, dengan cara mengalirkan media dengan air limbah secara terus – menerus selama 8 – 14 hari.

Pada penelitian ini tahap aklimatisasi yang berlangsung pada penelitian kali ini selama 2 minggu. Setelah 2 minggu pada permukaan media ditumbuhi dengan lapisan biofilm. Hal ini bisa diketahui saat permukaan media dipegang terasa licin berarti menandakan biofilm sudah tumbuh. Gambar 4.1 menunjukkan perbandingan media yang belum dan yang sudah ditumbuhi biofilm.



Gambar 4.1 Perbandingan Media Sebelum dan Sesudah Terdapat Biofilm

4.3 Pengaruh Aerasi pada Biofilter Aerobik

Pada penelitian ini, aerasi diberikan saat berlangsung proses filtrasi pada reaktor biofilter. Aerasi diberikan melalui aerator dengan cara memasukkannya ke dalam reaktor biofilter. Tujuan aerasi adalah untuk meningkatkan konsentrasi oksigen dalam reaktor biofilter untuk membantu penguraian bahan organik yang terkandung dalam air limbah oleh mikroorganisme pada biofilm secara aerob.

Aerasi yang diberikan dapat membantu memberikan penambahan oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk mendegradasi air limbah. Jika penyerapan oksigen dalam air limbah ini besar, maka beban organik yang dapat diolah juga lebih besar. Seperti yang diketahui bahwa ketersediaan oksigen dalam air limbah memiliki peranan penting untuk proses oksidasi secara biologis yang dilakukan mikroorganisme dalam proses filtrasi.

Aerasi yang diberikan dalam pengolahan ini berpengaruh sangat penting pada penyisihan BOD dan COD dalam air limbah.

Perhitungan kebutuhan oksigen teoritis guna pemasangan aerator terdapat pada lampiran.

4.4 Hasil Analisa Penyisihan COD (*Chemical Oxygen Demand*)

Analisis kualitas efluen reaktor dilakukan terhadap 4 variasi. Yaitu pada reaktor HRT 6 jam dengan media kerikil dan media batu alam. Serta pada reaktor HRT 8 jam dengan media kerikil dan media batu alam pula. Analisa ini dilakukan dan diamati setiap hari guna mengetahui grafik penurunan efisiensi pengolahan air limbah oleh unit biofilter. Pada keempat reaktor yang memiliki variasi yang berbeda mampu menyisihkan konsentrasi COD dengan efisiensi yang cukup besar.

4.4.1 Analisa Penyisihan COD pada HRT 6 Jam dengan Media Batu Alam

Hasil fluktuasi penyisihan COD per hari dapat dilihat pada **Tabel 4.2** menguraikan konsentrasi COD dan efisiensi penyisihan COD. Konsentrasi COD inlet awal adalah sebesar 4080 mg/L serta mampu tersisihkan hingga 66,67%. Penggunaan reaktor ini secara keseluruhan mampu menghasilkan efisiensi removal sekitar 50 – 72%. Namun konsentrasi COD yang didapat masih jauh dari standar baku mutu yang ditetapkan yakni 50 mg/L.

Tabel 4.2 Analisa COD HRT 6 jam Media Batu Alam

Hari ke -	Inlet (mg/L)	Outlet (mg/L)	% Efisiensi Removal
1	4080	1360	66,67
2	2720	1280	52,94
3	2160	960	55,56
4	2250	720	68,00
5	4070	980	75,92
6	3021	967	67,99
7	1414	518	63,37
8	1563	595	61,93
9	1265	343	72,89

Hari ke -	Inlet (mg/L)	Outlet (mg/L)	% Efisiensi Removal
10	1786	521	70,83

Sumber : Hasil Analisa (2014)

Efisiensi terendah yang dihasilkan sebesar 52,94% yaitu pada hari ke-2. Proses penyisihan COD terjadi kenaikan menjadi 55,56% pada hari ke-3 hingga pada hari ke-5 terjadi kenaikan dan penurunan yang masih belum stabil. Kestabilan mulai terlihat pada hari ke-6 hingga hari ke-8 hal ini dikarenakan biofilm sudah dalam kondisi *steady state* dalam mendegradasi air limbah.

4.4.2 Analisa Penyisihan COD pada HRT 6 Jam dengan Media Kerikil

Reaktor ini menghasilkan efisiensi sebesar 84,31% pada hari pertama kemudian menurun tingkat efisiensinya berubah – ubah pada hari berikutnya seperti yang dapat dilihat pada **Tabel 4.3**. Perbedaan reaktor ini dengan reaktor sebelumnya karena permukaan media kerikil lebih luas daripada batu alam, maka permukaan yang ditumbuhi biofilm lebih banyak. Nilai efisiensi terendah terjadi pada hari ke-3 yakni sebesar 70,37%. Namun pada hari ke-4 efisiensi beranjak naik kembali menjadi 73,33%

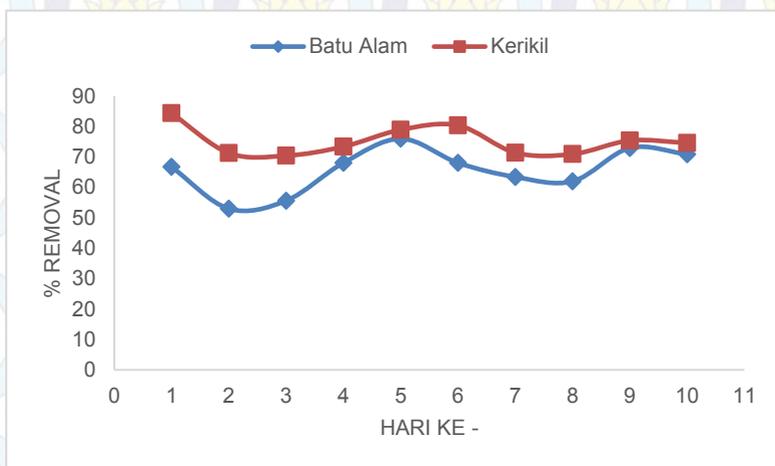
Tabel 4.3 Analisa COD HRT 6 jam Media Kerikil

Hari ke -	Inlet (mg/L)	Outlet (mg/L)	% Efisiensi Removal
1	4080	640	84,31
2	2720	782	71,25
3	2160	640	70,37
4	2250	600	73,33
5	4070	860	78,87
6	3021	595	80,30
7	1414	405	71,36
8	1563	455	70,89
9	1265	312	75,34

Hari ke -	Inlet (mg/L)	Outlet (mg/L)	% Efisiensi Removal
10	1786	454	74,58

Sumber : Hasil Analisa (2014)

Dibandingkan dengan reaktor media batu alam, efisiensi tertinggi dapat dicapai reaktor media kerikil hingga 80,30% pada hari ke-6. Hal ini dikarenakan biofilm terbentuk lebih banyak sebagai akibat dari lebih luasnya permukaan media kerikil (diameter 3 cm). Kemampuan efisiensi dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Persentase Removal COD Reaktor HRT 6 Jam dengan Media Kerikil dan Batu Alam

4.4.3 Analisa Penyisihan COD pada HRT 8 Jam dengan Media Batu Alam

Pada penelitian hasil penyisihan COD pada HRT 8 jam dengan media batu alam dapat dilihat bahwa efisiensi removal terendah terjadi pada hari pertama sebesar 57,92%, kemudian mengalami kenaikan menjadi 80,93% pada hari kedua berfluktuasi pada hari ketiga dan selanjutnya. Penurunan konsentrasi terbesar mencapai 223mg/L terjadi pada hari ke-4 namun efisiensi %

removal hanya mencapai 87,51%. Kemampuan efisiensi removal maksimum terjadi pada hari ke-8 yang mencapai 90,30%. Hasil selengkapnya dapat dilihat pada **Tabel 4.4**.

Tabel 4.4 Analisa COD HRT 8 jam Media Batu Alam

Hari ke -	Inlet (mg/L)	Outlet (mg/L)	% Efisiensi Removal
1	1414	595	57,92
2	1563	298	80,93
3	1265	372	70,59
4	1786	223	87,51
5	1980	372	79,17
6	2980	447	86,03
7	2680	372	86,12
8	2560	260	90,30
9	1860	447	75,97
10	1860	384	79,35

Sumber : Hasil Analisa (2014)

Menurut hasil pengamatan dan dibandingkan dengan HRT 6 jam, HRT 8 jam menghasilkan % removal yang lebih baik, karena lama proses pendegradasian yang terjadi di dalam reaktor menghasilkan outlet dengan kadar yang lebih baik.

4.4.4 Analisa Penyisihan COD pada HRT 8 Jam dengan Media Kerikil

Reaktor HRT 8 jam dengan media kerikil memberikan % efisien removal lebih baik. Dari **Tabel 4.5** menunjukkan bahwa persen removal pada hari ke-1 memiliki nilai awal sebesar 59,90% selanjutnya mengalami peningkatan pada hari ke-2 menjadi 82,73%, namun mengalami penurunan menjadi 79,53% pada hari ke-3. Kenaikan inlet pada hari ke-4 menjadi 1786 mg/L turut memberikan efek peningkatan pada persen efisiensi removal pada

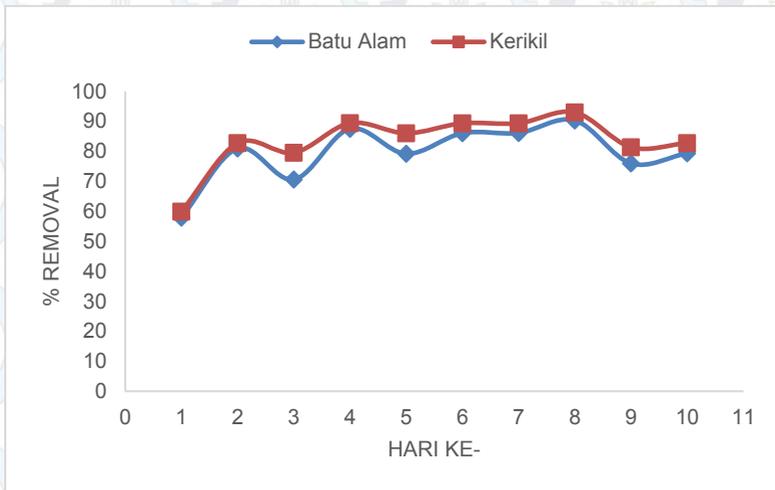
hari ke-4 menjadi 89,36%. Titik kestabilan kemampuan mendegradasi kadar organik terjadi pada hari ke-6 dan ke-7.

Tabel 4.5 Analisa COD HRT 8 jam Media Kerikil

Hari ke -	Inlet (mg/L)	Outlet (mg/L)	% Efisiensi Removal
1	1414	567	59,90
2	1563	270	82,73
3	1265	259	79,53
4	1786	190	89,36
5	1980	250	86,00
6	2980	342	89,31
7	2680	286	89,33
8	2560	189	92,95
9	1860	347	81,34
10	1860	321	82,74

Sumber : Hasil Analisa (2014)

Kemampuan maksimum persen removal terjadi pada hari ke-8 dimana persen removal menjadi 92,95%. Akan tetapi penurunan persen removal terjadi pada hari ke-9 dan hari ke-10 setelah mencapai titik maksimum pada hari ke-8. **Gambar 4.3** menjelaskan tentang fluktuasi efisiensi removal antara reaktor HRT 8 jam dengan media batu alam dan reaktor HRT 8 jam dengan media kerikil. Dapat diketahui bahwa konsentrasi COD pada outlet cenderung lebih kecil dibandingkan dengan konsentrasi COD pada inlet yang menunjukkan bahwa telah terjadi proses degradasi bahan organik pada air limbah. Dalam peremovalan, setelah mencapai kemampuan maksimum, efisiensi akan mengalami penurunan. Hal ini dikarenakan mikroba yang terdapat pada biofilm yang melekat pada media memecah konsentrasi-konsentrasi zat organik pada air limbah. Oleh karena itu, semakin lama waktu tinggal, maka nilai persen removal terhadap COD semakin turun.



Gambar 4.3 Persentase Removal COD Reaktor HRT 8 Jam dengan Media Kerikil dan Batu Alam

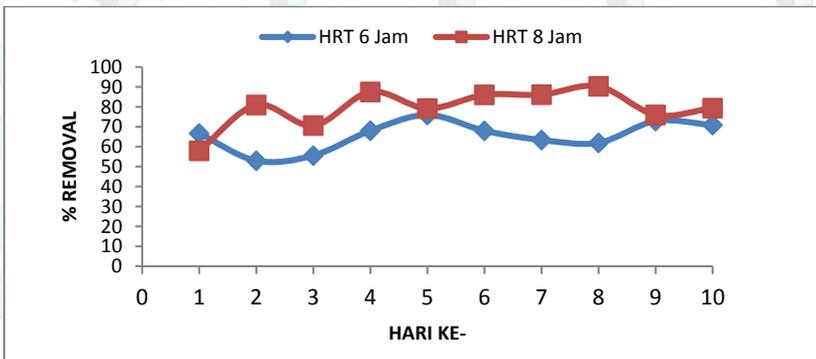
4.4.5 Analisa Penyisihan COD pada Media Batu Alam terhadap HRT 6 Jam dan 8 Jam

Penyisihan yang terjadi pada COD dengan media batu alam terhadap HRT 6 jam dan HRT 8 jam terjadi perbedaan yang cukup signifikan, dapat dilihat pada hari ke-1 HRT 6 jam memberikan efisiensi removal sebesar 66,67%, hasil tersebut lebih baik bila dibandingkan dengan HRT 8 jam. HRT 8 jam memberikan penyisihan sebesar 57,92%. Performa yang diberikan oleh HRT 8 jam lebih kecil dibandingkan dengan HRT 6 jam hanya terjadi pada hari ke-1 saja. Pada hari ke-2 dan selanjutnya HRT 8 jam memberikan hasil penyisihan yang lebih baik dikarenakan lamanya proses yang terjadi didalam biofilter. Begitupula hasil maksimal yang diberikan pada HRT 6 jam terjadi pada hari ke-5 sebesar 75,92%. HRT 8 jam memberikan hasil maksimal sebesar 90,30% yang terjadi pada hari ke-8. Hasil selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.6 dan Gambar 4.4.

Tabel 4.6 Penyisihan COD pada Media Batu Alam terhadap HRT 6 Jam dan 8 Jam

Batu Alam			
No.	Hari Ke-	% Removal	
		HRT 6	HRT 8
1	1	66,67	57,92
2	2	52,94	80,93
3	3	55,56	70,59
4	4	68,00	87,51
5	5	75,92	79,17
6	6	67,99	86,03
7	7	63,37	86,12
8	8	61,93	90,30
9	9	72,89	75,97
10	10	70,83	79,35

Sumber : Hasil Analisa (2014)



Gambar 4.4 Presentase Removal Penyisihan COD pada Media Batu Alam terhadap HRT 6 Jam dan 8 Jam

4.4.6 Analisa Penyisihan COD pada Media Kerikil terhadap HRT 6 Jam dan 8 Jam

Pada hari ke-1 hasil efisiensi terbaik ditunjukkan oleh HRT 6 jam sebesar 84,31%, hal ini berbanding terbalik jika dibandingkan

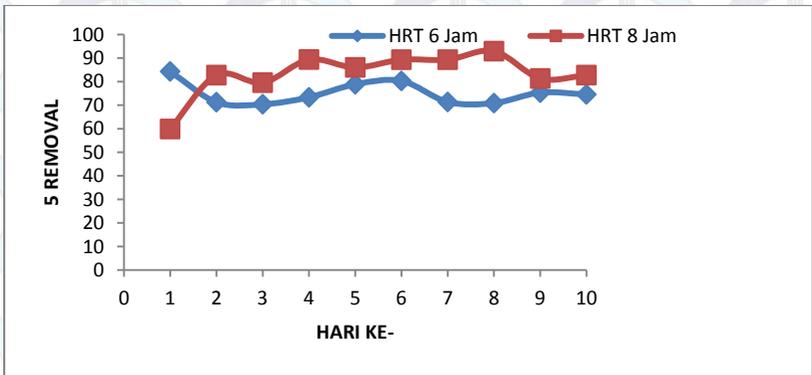
dengan efisiensi yang diberikan oleh HRT 8 jam yakni sebesar 59,90% yang juga merupakan efisiensi terkecil. Sedangkan pada HRT 6 jam efisiensi terkecil terjadi pada hari ke-3 sebesar 70,37%.

HRT 8 jam memberikan hasil maksimal pada hari ke-8 sebesar 92,95%. Menurut Tabel 4.7 pada HRT 6 jam hasil efisiensi removal cenderung menurun dikarenakan kemampuan maksimal penyisihan telah terjadi pada hari pertama. Hasil berbeda ditunjukkan pada HRT 8 jam presentase removal cenderung mengalami kenaikan hingga mencapai nilai efisiensi tertinggi pada hari ke-8 setelah itu mengalami penurunan kemampuan penyisihan pada hari ke-9 dan ke-10. Selengkapnya dapat dilihat pada Gambar 4.5.

Tabel 4.7 Penyisihan COD pada Media Kerikil terhadap HRT 6 Jam dan 8 Jam

No.	Hari Ke-	% Removal	
		HRT 6	HRT 8
1	1	84,31	59,90
2	2	71,25	82,73
3	3	70,37	79,53
4	4	73,33	89,36
5	5	78,87	86,00
6	6	80,30	89,31
7	7	71,36	89,33
8	8	70,89	92,95
9	9	75,34	81,34
10	10	74,58	82,74

Sumber : Hasil Analisa (2014)



Gambar 4.5 Presentase Removal Penyisihan COD pada Media Kerikil terhadap HRT 6 Jam dan 8 Jam

4.5 Hasil Analisa Penyisihan TSS (*Total Suspended Solid*)

Padatan tersuspensi yang terdapat pada air limbah dapat berupa senyawa organik dan anorganik. Masing – masing variasi yang terdapat pada tiap reaktor memiliki tingkat kemampuan dalam menyisihkan TSS yang berbeda. Proses filtrasi yang terjadi pada biofilter mempunyai pengaruh yang besar dalam penyisihan TSS air limbah. Biofilter memiliki efisiensi yang cukup tinggi mencapai 90%. Karena padatan tersuspensi akan mengendap dan tertinggal pada media yang ada pada biofilter

4.5.1 Analisa Penyisihan TSS pada HRT 6 Jam dengan Media Batu Alam

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, konsentrasi TSS air limbah influen mencapai 3980 mg/L, hasil yang besar untuk kandungan TSS dalam air limbah. Setelah mengalami pengolahan pada reaktor terjadi penurunan konsentrasi TSS yang cukup signifikan efisiensi penurunan removal dapat mencapai hingga 88,44%. Kondisi yang terjadi dalam penurunan kadar TSS masih belum dapat stabil yang dapat dilihat pada **Tabel 4.8**

Tabel 4.8 Analisa TSS HRT 6 jam Media Batu Alam

Hari Ke-	Inlet (mg/L)	Outlet(mg/L)	% Efisiensi Removal
1	3980	460	88,44
2	1430	190	86,71
3	1840	250	86,41
4	1560	240	84,62
5	1200	180	85,00
6	1676	230	86,28
7	2000	280	86,00
8	1640	240	85,37
9	1200	195	83,75
10	1600	250	84,37

Sumber : Hasil Analisa (2014)

4.5.2 Analisa Penyisihan TSS pada HRT 6 Jam dengan Media Kerikil

Besar konsentrasi TSS yang masuk kedalam reaktor ini tidak berbeda dengan reaktor yang menggunakan media batu alam, namun hasil ditunjukkan lebih baik dengan media kerikil. Efisiensi penyisihan TSS bisa mencapai 93,72% seperti yang tercantum pada **Tabel 4.9** meskipun hasil outlet masih belum memenuhi standar baku mutu.

Tabel 4.9 Analisa TSS HRT 6 jam Media Kerikil

Hari Ke-	Inlet (mg/L)	Outlet (mg/L)	% Efisiensi Removal
1	3980	250	93,72
2	1430	160	88,81
3	1840	230	87,50
4	1560	220	85,90
5	1200	170	85,83

Hari Ke-	Inlet (mg/L)	Outlet (mg/L)	% Efisiensi Removal
6	1676	220	86,87
7	2000	240	88,00
8	1640	200	87,80
9	1200	170	85,83
10	1600	220	86,25

Sumber : Hasil Analisa (2014)

Hasil penyisihan TSS dengan media kerikil lebih baik daripada dengan media batu alam, dikarenakan kerikil memiliki luas permukaan yang lebih lebar dibandingkan dengan batu alam. Salah satu faktor yang berpengaruh dalam penyisihan TSS adalah ukuran diameter media yang digunakan. Ukuran diameter pada media memiliki pengaruh dalam penyisihan material organik, karena media pada reaktor biofilter memiliki fungsi sebagai filtrasi. TSS yang mengalir melalui media akan tersaring melalui celah – celah media dan biofilm yang membungkus permukaan media. **Gambar 4.6** akan menjelaskan kemampuan biofilter dalam mereduksi kadar TSS.



Gambar 4.6 Persentase Removal TSS Reaktor HRT 6 Jam dengan Media Batu Alam dan Kerikil

4.5.3 Analisa Penyisihan TSS pada HRT 8 Jam dengan Media Batu Alam

Hasil penyisihan TSS dengan media batu alam dengan HRT 8 jam menunjukkan hasil lebih baik dibandingkan dengan HRT 6 jam dikarenakan lama waktu pengolahan yang terjadi, sehingga padatan tersuspensi yang terdegradasi lebih banyak terjadi pada HRT 8 jam. Presentase removal yang dapat dicapai hingga 94% pada hari ke-8. Kestabilan rata-rata biofilter dalam mengolah TSS dapat mencapai 90%. Efisiensi terkecil yang dicapai pada HRT 8 jam yakni 84% yang terjadi pada hari ke-1. selengkapnya dapat dilihat pada **Tabel 4.10**

Tabel 4.10 Analisa TSS HRT 8 jam Media Batu Alam

Hari Ke-	Inlet (mg/L)	Outlet (mg/L)	% Efisiensi Removal
1	2000	320	84,0
2	1640	200	87,8
3	1200	160	86,7
4	1600	120	92,5
5	1600	120	92,5
6	1600	160	90,0
7	1600	160	90,0
8	2000	120	94,0
9	1200	120	90,0
10	1200	120	90,0

Sumber : Hasil Analisa (2014)

4.5.4 Analisa Penyisihan TSS pada HRT 8 Jam dengan Media Kerikil

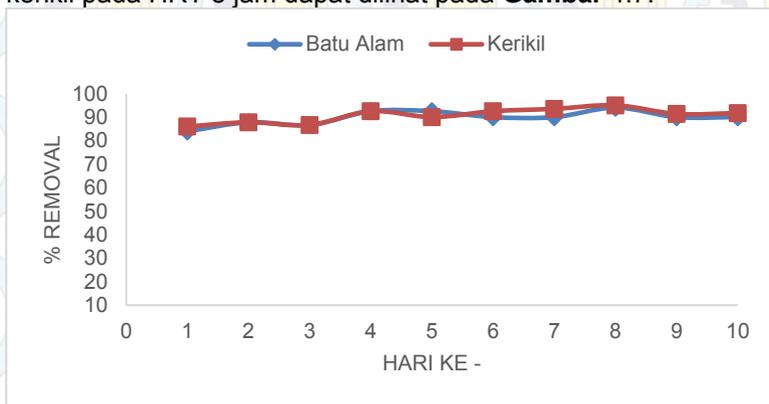
Penyisihan TSS pada HRT 8 jam dengan media kerikil dapat mencapai hasil lebih baik dibandingkan dengan media batu alam, efisiensi yang dicapai hingga 95% meskipun efluen belum memenuhi baku mutu. Hasil yang lebih baik ini dikarenakan luas media kerikil yang ditumbuhi biofilm lebih luas dibandingkan batu alam. Kondisi selengkapnya dapat dilihat pada **Tabel 4.11**.

Tabel 4.11 Analisa TSS HRT 8 jam Media Kerikil

Hari Ke-	Inlet (mg/L)	Outlet (mg/L)	% Efisiensi Removal
1	2000	280	86,0
2	1640	200	87,8
3	1200	160	86,7
4	1600	120	92,5
5	1600	160	90,0
6	1600	120	92,5
7	1600	104	93,5
8	2000	100	95,0
9	1200	104	91,3
10	1200	100	91,7

Sumber : Hasil Analisa (2014)

Berdasarkan **Tabel 4.11** dapat dilihat bahwa inlet yang cukup fluktuatif dapat mereduksi hingga lebih dari 90%. Kestabilan biofilm dalam mendegradasi TSS pada media batu alam maupun media kerikil pada HRT 8 jam dapat dilihat pada **Gambar 4.7**.



Gambar 4.7 Persentase Removal TSS Reaktor HRT 8 Jam dengan Media Batu Alam dan Kerikil

4.5.5 Analisa Penyisihan TSS pada Media Batu Alam terhadap HRT 6 Jam dan 8 Jam

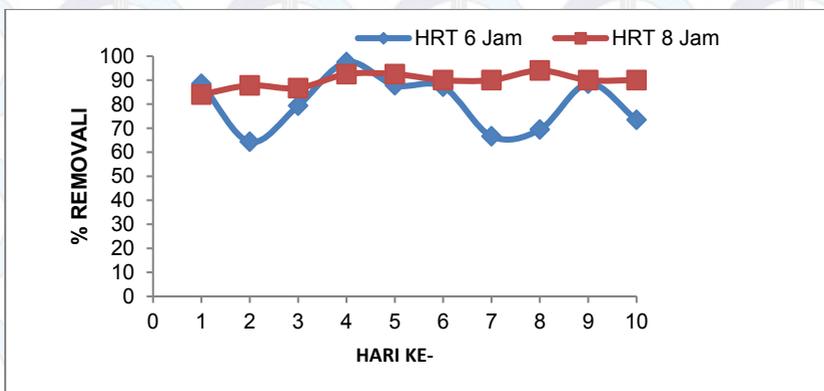
Penyisihan TSS yang terjadi terhadap HRT 8 jam pada hari ke-1 memiliki presentase sebesar 84,00% hasil tersebut lebih kecil bila dibandingkan dengan HRT 6 jam yang memiliki penyisihan sebesar 88,44%. Namun pada hari ke-2 HRT 6 jam mengalami penurunan sebesar 64,34% sedangkan HRT 8 jam mengalami kenaikan sebesar 87,80%.

Pada hari selanjutnya HRT 8 mengalami kenaikan hingga hari ke-8, dimana hari ke-8 adalah pencapaian removal tertinggi setelah itu mengalami penurunan removal. Sedangkan untuk HRT 6 jam masih mengalami fluktuasi hingga hari ke-4 dan mengalami penurunan di hari selanjutnya. Hasil selengkapnya dapat dilihat pada **Tabel 4.12** dan **Gambar 4.8**

Tabel 4.12 Penyisihan TSS pada Media Batu Alam terhadap HRT 6 Jam dan 8 Jam

No.	Hari Ke-	% Removal	
		HRT 6	HRT 8
1	1	88,44	84,00
2	2	64,34	87,80
3	3	79,35	86,67
4	4	97,47	92,50
5	5	87,89	92,50
6	6	87,26	90,00
7	7	66,67	90,00
8	8	69,44	94,00
9	9	88,54	90,00
10	10	73,49	90,00

Sumber : Hasil Analisa (2014)



Gambar 4.8 Presentase Removal Penyisihan TSS pada Media Batu Alam terhadap HRT 6 Jam dan 8 Jam

4.5.6 Analisa Penyisihan TSS pada Media Kerikil terhadap HRT 6 Jam dan 8 Jam

Kadar efisiensi penyisihan TSS dengan media kerikil terhadap HRT 6 jam dan HRT 8 jam menunjukkan hasil yang berbeda. HRT 6 jam memberikan hasil efisiensi removal yang besar pada hari ke-1 yakni sebesar 93,72% sedangkan HRT 8 jam memberikan hasil yang lebih kecil yakni sebesar 86,00%.

Menurut **Tabel 4.13** dan **Gambar 4.9** HRT 6 jam menunjukkan hasil lebih fluktuatif dan cenderung tidak stabil hingga hari akhir penelitian. Sedangkan HRT 8 jam memberikan hasil lebih stabil dan penyisihan efisiensi removal hingga mencapai 95,00%. Hal ini membuktikan bahwa penyisihan yang dialami dengan media kerikil lebih efektif, dikarenakan selain luas permukaan kerikil lebih besar bila dibandingkan dengan batu alam.

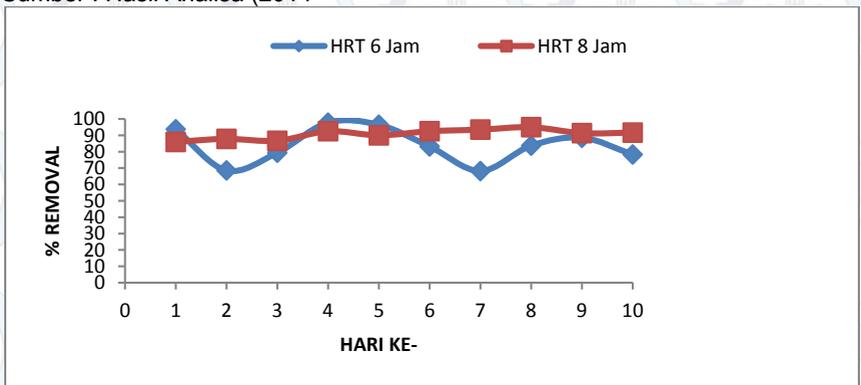
Biofilm yang terbentuk pada media kerikil lebih tebal dan tidak mudah sobek bila dibandingkan dengan biofilm yang tumbuh pada media batu alam. Menurut Aparna (2008) perbedaan ketebalan biofilm yang terbentuk dapat diakibatkan oleh perubahan nutrisi, konsentrasi nutrisi, pH, temperatur, konsentrasi oksigen, dan osmolaritas. Biofilm yang terbentuk bisa juga diakibatkan oleh konsentrasi oksigen yang terjadi pada media kerikil lebih sempurna

dibandingkan dengan media batu alam. Hal ini dikarenakan media kerikil memiliki rongga lebih luas sehingga sirkulasi oksigen yang terjadi menyebabkan tebalnya biofilm yang terbentuk.

Tabel 4.13 Penyisihan TSS pada Media Kerikil terhadap HRT 6 Jam dan 8 Jam

No.	Hari Ke-	% Removal	
		HRT 6	HRT 8
1	1	93,72	86,00
2	2	68,53	87,80
3	3	79,35	86,67
4	4	97,79	92,50
5	5	96,44	90,00
6	6	83,18	92,50
7	7	68,17	93,50
8	8	83,68	95,00
9	9	88,54	91,33
10	10	78,31	91,67

Sumber : Hasil Analisa (2014)



Gambar 4.9 Presentase Removal Penyisihan TSS pada Media Kerikil terhadap HRT 6 Jam dan 8 Jam

4.6 Hasil Analisa Penyisihan BOD (*Biochemical Oxygen Demand*)

Kandungan BOD yang terkandung dalam air limbah menunjukkan jumlah oksigen terlarut yang diperlukan mikroorganisme untuk mengurai zat organik dalam kondisi aerob. Pada proses pengolahan air limbah hasil analisis BOD menunjukkan besarnya kandungan senyawa organik yang dapat didegradasi secara biologis. Penyisihan kandungan BOD secara lebih jelas diuraikan sebagai berikut.

4.6.1 Analisa Penyisihan BOD pada HRT 6 Jam dengan Media Batu Alam

Menurut Pangestuti (2014) proses penyisihan BOD dengan proses biofilter aerobik dapat mencapai efisiensi hingga 70%. Namun pada penelitian ini efisiensi yang dapat dicapai hingga 85,61% pada hari ke-5 sedangkan kadar efisiensi minimum mencapai angka 68,40% yang terjadi pada hari ke-2. Nilai efisiensi yang cukup besar ini mengindikasikan bahwa reaktor berfungsi baik pada kisaran BOD yang berfluktuatif pada inlet setiap harinya. Jadi meskipun konsentrasi pencemar yang masuk berfluktuasi, nilai efisiensi pencemaran yang cukup besar masih dapat dicapai. Hal ini dapat dilihat pada **Tabel 4.14**

Tabel 4.14 Analisa BOD HRT 6 jam Media Batu Alam

Hari Ke-	Inlet (mg/L)	Outlet (mg/L)	% Efisiensi Removal
1	2530	520	79,45
2	1690	534	68,40
3	1340	406	69,70
4	1450	309	78,69
5	2864	412	85,61
6	2094	416	80,13
7	1022	235	77,01
8	1056	290	72,54
9	1005	163	83,78
10	1256	234	81,37

Sumber : Hasil Analisa (2014)

4.6.2 Analisa Penyisihan BOD pada HRT 6 Jam dengan Media Kerikil

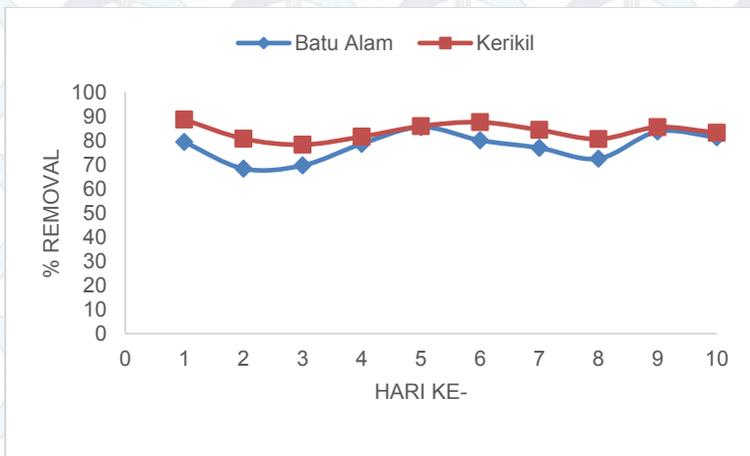
Hasil yang dicapai pada HRT 6 jam dengan media kerikil menunjukkan hasil lebih baik dibandingkan dengan media batu alam. Pada hari ke-1 saja efisiensi removal yang dicapai hingga mencapai angka maksimal yakni 88,70% namun terjadi penurunan pada hari ke-3 yang mencapai kemampuan 78,36% dan terus berfluktuatif hingga hari ke-10. Selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.15

Tabel 4.15 Analisa BOD HRT 6 jam Media Kerikil

Hari Ke-	Inlet (mg/L)	Outlet (mg/L)	% Efisiensi Removal
1	2530	286	88,70
2	1690	324	80,83
3	1340	290	78,36
4	1450	266	81,66
5	2864	401	86,00
6	2094	259	87,63
7	1022	159	84,44
8	1056	204	80,68
9	1005	145	85,57
10	1256	210	83,28

Sumber : Hasil Analisa (2014)

Perbedaan serta kestabilan efisiensi removal yang terjadi pada media batu alam dan kerikil pada HRT 6 jam dalam mereduksi BOD dapat dilihat pada **Gambar 4.10**.



Gambar 4.10 Persentase Removal BOD Reaktor HRT 6 Jam dengan Media Batu Alam dan Kerikil

4.6.3 Analisa Penyisihan BOD pada HRT 8 Jam dengan Media Batu Alam

Berdasarkan hasil analisis, reaktor HRT 8 jam dengan media batu alam, memiliki kinerja yang cukup efektif meskipun hasil penyisihan BOD outlet masih melampaui batas dari baku mutu. Konsentrasi inlet terkecil terjadi pada hari ke-4 yaitu sebesar 98 mg/L dengan konsentrasi inlet sebesar 1070 mg/L dan presentasi removal sebesar 90,84 %

Selama 10 hari proses analisis, dicapai nilai efisiensi tertinggi sebesar 92,60% pada hari ke-8 dan nilai efisiensi terendah terjadi pada hari ke-1 hanya sebesar 79,06%. Namun pada hari ke-2 efisiensi removal naik menjadi 89,20% kemudian mengalami penurunan pada hari ke-3 menjadi 84,28% yang disertai pula dengan penurunan kadar inlet sebesar 1005 mg/L. Selengkapnya dapat dilihat pada **Tabel 4.16**.

Tabel 4.16 Analisa BOD HRT 8 jam Media Batu Alam

Hari Ke-	Inlet (mg/L)	Outlet (mg/L)	% Efisiensi Removal
1	1022	214	79,06
2	1056	114	89,20
3	1005	158	84,28
4	1070	98	90,84
5	1206	158	86,90
6	1890	178	90,58
7	1670	163	90,24
8	1568	116	92,60
9	1450	187	87,10
10	1257	176	86,00

Sumber : Hasil Analisa (2014)

4.6.4 Analisa Penyisihan BOD pada HRT 8 Jam dengan Media Kerikil.

Berdasarkan hasil analisis, reaktor HRT 8 jam dengan media kerikil memiliki kinerja yang lebih efektif di dibandingkan dengan media batu alam. Namun hasil efisiensi penyisihan terkecil hanya sebesar 78,28% tidak lebih baik bila dibandingkan dengan reaktor HRT 8 jam dengan media batu alam seperti yang tercantum pada **Tabel 4.17**

Pada hari ke-2 mengalami kenaikan efisiensi sebesar 90,72%, namun pada hari ke-3 mengalami penurunan menjadi sebesar 89,35%. Konsentrasi outlet mengalami kestabilan pada hari ke-4 dan ke-5 dengan efisiensi removal sebesar 91,78% dan 91,54%. Selama 10 hari proses analisa dicapai nilai efisiensi sebesar 94,83% yang terjadi pada hari ke-8 yang merupakan waktu optimum dalam efisiensi removal.

Tabel 4.17 Analisa BOD HRT 8 jam Media Kerikil

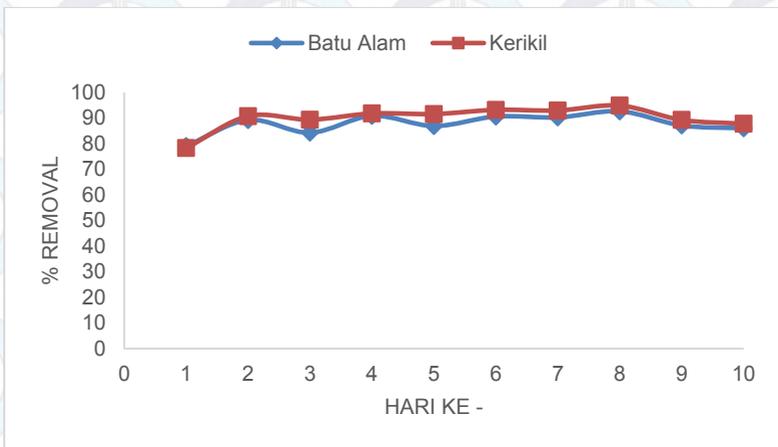
Hari Ke-	Inlet (mg/L)	Outlet (mg/L)	% Efisiensi Removal
1	1022	222	78,28
2	1056	98	90,72
3	1005	107	89,35
4	1070	88	91,78
5	1206	102	91,54
6	1890	129	93,17
7	1670	118	92,93
8	1568	81	94,83
9	1450	156	89,24
10	1257	154	87,75

Sumber : Hasil Analisa (2014)

Pada reaktor HRT 8 jam dengan media batu alam mencapai kestabilan pada hari ke-6 dan ke-7 berbeda dengan reaktor HRT 8 jam dengan media kerikil yang mencapai kestabilan pada hari ke-4 dan ke-5, dan mencapai nilai maksimum pada hari yang sama yakni hari ke-8. Pada hari ke-9 dan ke-10 kedua reaktor mengalami penurunan efisiensi removal yang diakibatkan dari menurunnya daya removal setelah mencapai titik optimum sehingga konsentrasi BOD yang dapat diremoval biofilter menjadi kecil. Untuk lebih jelas mengenai efisiensi removal BOD dapat ditampilkan pada **Gambar 4.11**.

4.6.5 Analisa Penyisihan BOD pada Media Batu Alam terhadap HRT 6 Jam dan 8 Jam

BOD yang terdegradasi oleh batu alam pada HRT 6 jam hanya mencapai titik maksimum sebesar 85,61% berbeda dengan HRT 8 jam yang bisa mencapai 92,60%. Hal ini berkaitan dengan semakin lama pengolahan maka semakin besar efisiensi removal yang dicapai.



Gambar 4.11 Persentase Removal BOD Reaktor HRT 8 Jam dengan Media Batu Alam dan Kerikil

Kemampuan maksimum pada HRT 6 jam terjadi pada hari ke-5, sedangkan pada HRT 8 jam terjadi pada hari ke-8. Perbedaan efisiensi removal yang terjadi dapat dipengaruhi oleh beberapa hal, meskipun menggunakan media yang sama. Antara lain yakni kemampuan bakteri dalam mendegradasi dalam tiap reaktor berbeda. Kemampuan batu alam dalam mendegradasi kadar BOD selengkapnya dapat dilihat pada **Tabel 4.18** dan **Gambar 4.12**.

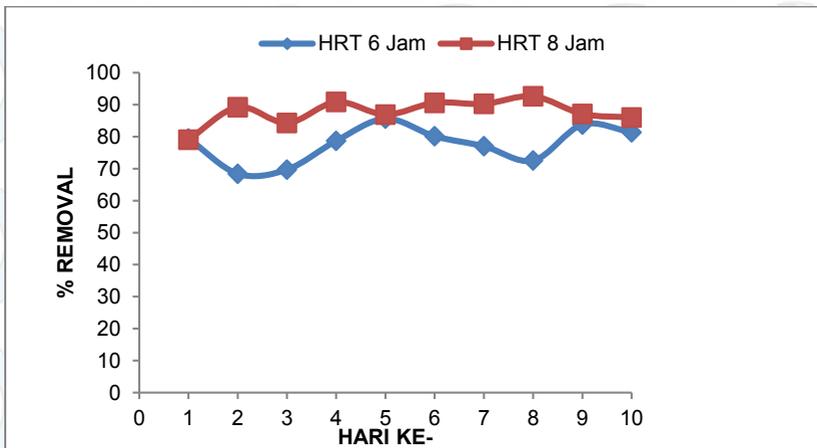
4.6.6 Analisa Penyisihan BOD pada Media Kerikil terhadap HRT 6 Jam dan 8 Jam

HRT 8 jam memberikan hasil lebih maksimal jika dibandingkan dengan HRT 6 jam. Hasil maksimal yang dicapai oleh HRT 6 jam mencapai 88,70% sedangkan HRT 8 jam mencapai 94,83%. Hasil maksimal yang dicapai HRT 6 jam terjadi pada hari ke-1 hal ini mengakibatkan penurunan kinerja biofilm pada hari selanjutnya, sehingga menghasilkan efisiensi removal yang fluktuatif.

Tabel 4.18 Penyisihan BOD pada Media Batu Alam terhadap HRT 6 Jam dan 8 Jam

No.	Hari Ke-	% Removal	
		HRT 6	HRT 8
1	1	79,45	79,06
2	2	68,40	89,20
3	3	69,70	84,28
4	4	78,69	90,84
5	5	85,61	86,90
6	6	80,13	90,58
7	7	77,01	90,24
8	8	72,54	92,60
9	9	83,78	87,10
10	10	81,37	86,00

Sumber : Hasil Analisa (2014)

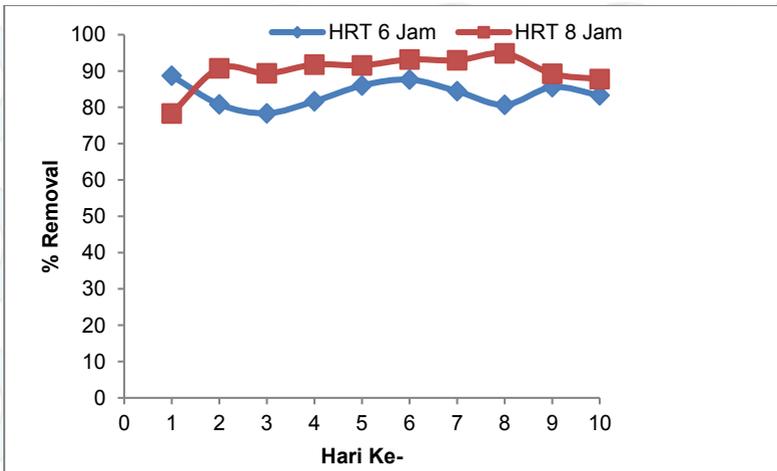


Gambar 4.12 Presentase Removal Penyisihan BOD pada Media Batu Alam terhadap HRT 6 Jam dan 8 Jam

Tabel 4.19 Penyisihan BOD pada Media Kerikil terhadap HRT 6 Jam dan 8 Jam

No.	Hari Ke-	% Removal	
		HRT 6	HRT 8
1	1	88,70	78,28
2	2	80,83	90,72
3	3	78,36	89,35
4	4	81,66	91,78
5	5	86,00	91,54
6	6	87,63	93,17
7	7	84,44	92,93
8	8	80,68	94,83
9	9	85,57	89,24
10	10	83,28	87,75

Sumber : Hasil Analisa (2014)



Gambar 4.13 Presentase Removal Penyisihan BOD pada Media Kerikil terhadap HRT 6 Jam dan 8 Jam

4.7 Rasio BOD/COD

Rasio BOD/COD di analisis untuk mengetahui angka perbandingan untuk mengetahui tingkat biodegradabilitas zat organik yang dikandung air limbah. Menurut Papadopolous (2006) semakin tinggi rasio BOD/COD suatu air limbah maka tingkatan biodegradabilitas dari air limbah tersebut semakin rendah. Berikut adalah Tabel 4.14 dan Tabel 4.15 yang berisi tentang rasio BOD/COD air limbah baik sebelum pengolahan maupun setelah pengolahan.

Tabel 4.20 menjelaskan bahwa rasio BOD/COD pada masing-masing reaktor berbeda dengan HRT 6 jam. Pada inlet rasio BOD/COD yaitu pada rentang 0,62-0,79 yang menyatakan bahwa air limbah rumah makan ini dapat diolah dengan pengolahan biologis. Pada reaktor HRT 6 jam bermedia batu alam terletak pada rentang 0,38-0,49, sedangkan pada reaktor HRT 6 jam bermedia kerikil rentang rasio BOD/COD terletak pada 0,39-0,47. Hal ini mengindikasikan bahwa biofilm dapat mendegradasikan air limbah dengan baik.

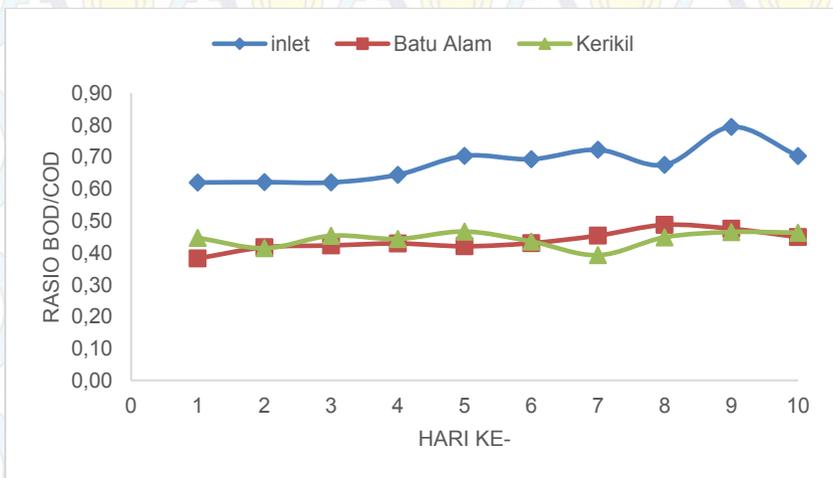
Tabel 4.20 Rasio BOD/COD HRT 6 Jam

Hari Ke-	Inlet	Media	
		Batu Alam	Kerikil
1	0,62	0,38	0,45
2	0,62	0,42	0,41
3	0,62	0,42	0,45
4	0,64	0,43	0,44
5	0,70	0,42	0,47
6	0,69	0,43	0,44
7	0,72	0,45	0,39
8	0,68	0,49	0,45
9	0,79	0,48	0,46
10	0,70	0,45	0,46

Sumber : Hasil Analisa (2014)

Pada **Gambar 4.14** dapat dilihat bahwa fluktuasi naik dan turunnya rasio BOD/COD pada inlet terjadi pada hari ke-6 hingga hari ke-10. Outlet pada media batu alam maupun pada kerikil berada pada kisaran 0,4. Menurut Mangkoediharjo(2010) rentang rasio BOD/COD yang terdegradasi dengan baik berada pada kisaran 0,2-0,4. Meninjau dari hasil rasio BOD/COD pada HRT 6 dengan media batu alam maupun kerikil dapat terdegradasi dengan cukup baik. Hal ini menunjukkan bahwa bakteri pada biofilter bekerja aktif sehingga dapat menurunkan kadar BOD/COD.

Pada HRT 8 jam memiliki rasio BOD/COD yang cukup besar pada inlet yakni terletak antara 0,60-0,79. Hari ke-1 dan ke-2 pada outlet media batu alam maupun kerikil memiliki rasio BOD/COD yang cukup bagus yakni 0,36, 0,38, 0,39 dan 0,36. Rentang rasio BOD/COD yang dimiliki oleh media batu alam berkisar 0,36-0,46 dan media kerikil berkisar 0,36-0,48. Untuk lebih jelasnya terdapat pada **Tabel 4.21**.



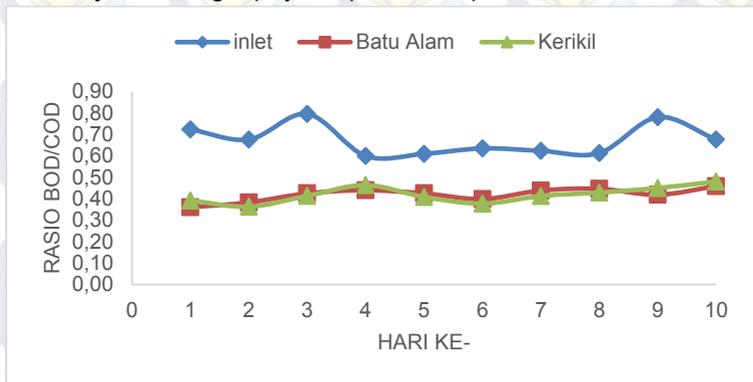
Gambar 4.14 Rasio BOD/COD pada HRT 6 Jam

Tabel 4.21 Rasio BOD/COD HRT 8 Jam

Hari Ke -	Inlet	Media	
		Batu Alam	Kerikil
1	0,72	0,36	0,39
2	0,68	0,38	0,36
3	0,79	0,42	0,41
4	0,60	0,44	0,46
5	0,61	0,42	0,41
6	0,63	0,40	0,38
7	0,62	0,44	0,41
8	0,61	0,45	0,43
9	0,78	0,42	0,45
10	0,68	0,46	0,48

Sumber : Hasil Analisa (2014)

Berbeda dengan HRT 6 jam rasio BOD/COD pada outlet terjadi fluktuasi pada hari ke-6 hingga hari ke-10. HRT 8 jam terjadi fluktuasi pada outlet pada hari ke-1 hingga hari ke-6 dan kestabilan terjadi pada hari ke-7 hingga hari ke-10. Fluktuasi dan kestabilan pada HRT 8 jam selengkapnya dapat dilihat pada **Gambar 4.15**.



Gambar 4.15 Rasio BOD/COD HRT 8 Jam

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

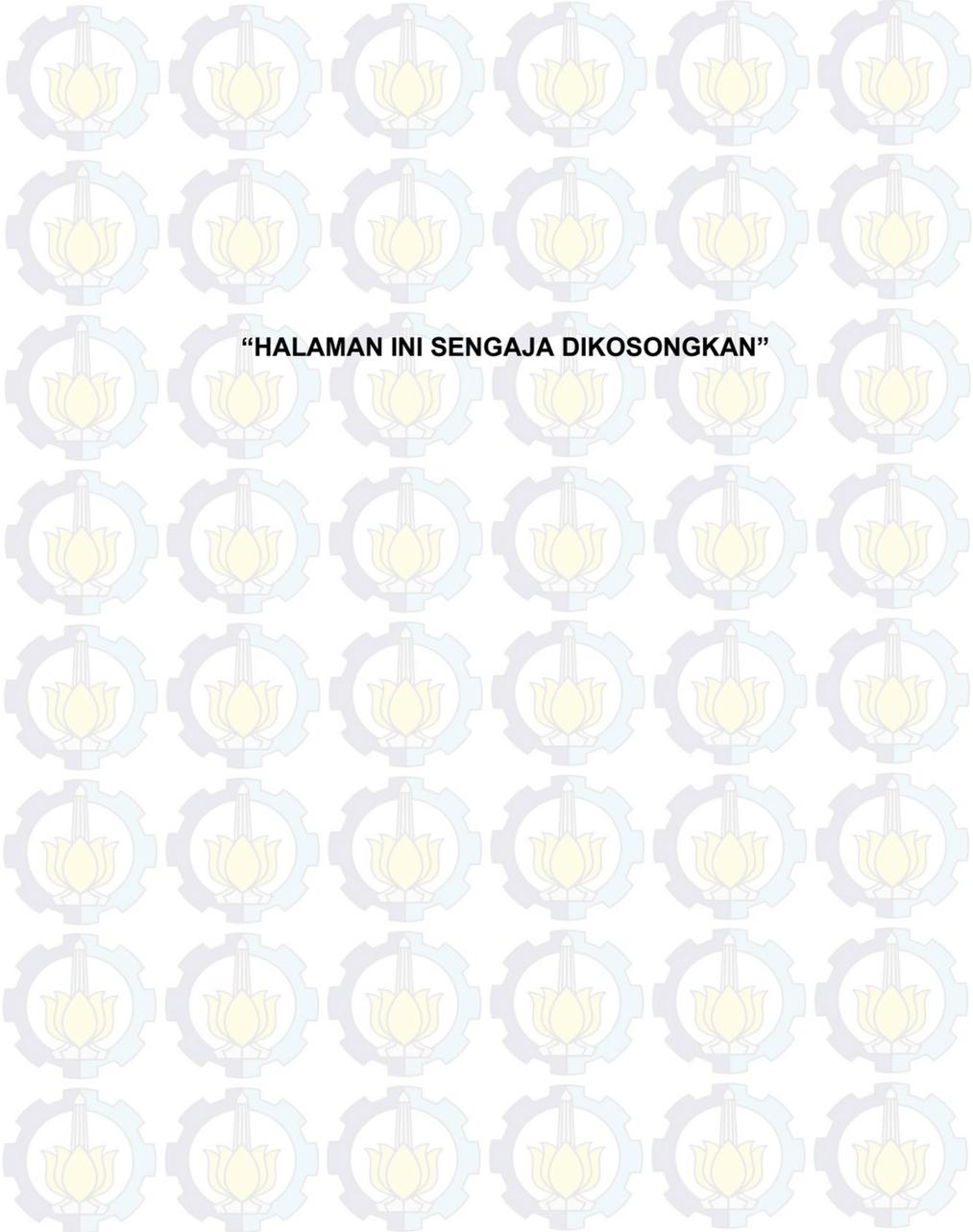
Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Kualitas air limbah rumah makan/*restaurant* yang dihasilkan setelah diolah menggunakan biofilter aerobik masih belum memenuhi baku mutu air limbah domestik menurut Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013. Efisiensi removal tertinggi yang dicapai biofilter aerobik dalam pengolahan air limbah rumah makan/*restaurant* menggunakan media kerikil dengan HRT 8 jam. Removal COD paling tinggi dengan perlakuan sebesar 92,95%, BOD tertinggi mencapai 94,83% sedangkan untuk TSS mencapai 95% .
2. Peningkatan HRT di dalam reaktor dari 6 jam menjadi 8 jam meningkatkan presentase penurunan COD, BOD dan TSS. Semakin lama waktu yang digunakan untuk pengolahan maka hasil yang dikeluarkan lebih bagus.
3. Kondisi air limbah rumah makan/*restaurant* yang dihasilkan bersifat biodegradabel yang stabil dengan hasil rasio BOD/COD sebesar 0,36-0,49.

5.2 Saran

Saran yang dapat diusulkan untuk penelitian selanjutnya adalah :

1. Perlu adanya pengolahan lebih lanjut untuk memisahkan komposisi minyak dan lemak sebelum memasuki fase pengolahan biologis.
2. Dilakukan penelitian dengan parameter lain selain BOD, COD, dan TSS.
3. Perlu adanya proses *backwash* untuk mengantisipasi penyumbatan atau *clogging* dikarenakan banyaknya padatan organik yang terkandung dalam air limbah rumah makan/*restaurant*.



“HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN”



“HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN”

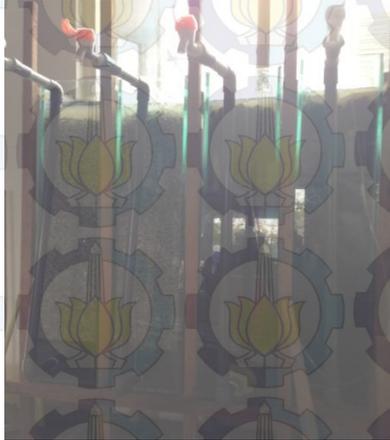
DAFTAR PUSTAKA

- Andiese, V,W. (2011). Pengolahan Limbah Cair Rumah Tangga dengan Metode Kolam Oksidasi. *Jurnal Infrastruktur* Vol.1 (2), 103-110
- Aparna, M.S. and S. Yadav. (2008). Biofilm : Microbes and Disease. *Brazilian Journal of Infectious Diseases* Vol.12 No.6.
- Chen, X., Chen, G., Yue Po L. (2000). Separation of Pollutants from Restaurant Wastewater by Electrocoagulation. *Separation and Purification Technology* 19. 65 – 76.
- Filliazati,M., Apriani,I., & Zahara,T,A. (2013). Pengolahan Limbah Cair Domestik dengan Biofilter Aerob Menggunakan Media Bioball dan Tanaman Kiambang. Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Tanjungpura Pontianak
- Herlambang,A., & Said, N,I. (1997). Penurunan Kadar Zat Organik Dalam Air Sungai dengan Biofilter Tercelup Struktur Sarang Tawon. Laporan Kegiatan, Kelompok Teknologi Pengolahan Air Bersih & Limbah Cair. BPPT
- Jouanneau,S., Recoules,L., Durand, M,J., Boukabache,A., Picot,V., Primault,Y., Lakel,A., Sengelin,M., Barillon,B.,& Thouand,G.(2014).Methods for Assessing Biochemical Oxygen Demand (BOD): A Review. *Journal of Water Research* 49.62-82
- Kang, J,X., Lu,Lu., Zhan,W., Li,B., Li, D.S., Ren, Y,Z., & Liu,D,Q. (2011). Photocatalytic Pretreatment of Oily Wastewater From the Restaurant by A Vacuum Ultraviolet/TiO₂ system. *Journal of Hazardous Mateials* 186, 849-854.
- Keputusan Gubernur Nomor 45 Tahun 2002 tentang Baku Mutu Limbah Cair bagi Industri atau Kegiatan Usaha Lainnya di Jawa Timur
- Keputusan Gubernur Nomor 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik Untuk Pemukiman, Rumah Makan, Perkantoran, Perniagaan, Apartemen, Perhotelandan Asrama di Jawa Timur.
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 112 Tahun 2003 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik
- Matsui, T., Miura, A., Iiyama, T., Shinzatoa, N., Matsuda, H., Furuhashi, K. (2005), "Effect of Fatty Oil Dispersion on Oil-

- Containing Wastewater Treatment, *Journal of Hazardous Materials*, 118. 255-258
- Metcalf & Eddy, 2003, *Wastewater Engineering : Treatment and Reuse*, Fourth Edition, International Edition, McGraw-Hill. New York.
- Metcalf, L., & Eddy, H. P. (2004). *Wastewater Engineering Treatment and Reuse, 4th Edition*. McGraw-Hill. New York
- Monroe.(2007). Looking For Chinks in The Armor of Bacterial Biofilms. *Journal PloS Biology* 5(11) : 307
- Nasution,S,P,P. (2013). Pemulihan Kualitas Air Limbah Laundry dengan Reaktor Biofilter. Laporan Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan FTSP ITS Surabaya
- Pangestuti, Tika. (2014). Peningkatan Kualitas Efluen Air Limbah di RSUD Dr. M. Soewandhie Surabaya Menggunakan Biofilter Aerobik. Laporan Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan FTSP ITS Surabaya
- Papadopolous, A. (2006). *Variations of COD/BOD Ratio At Different Units Of Wastewater Stabilization Pond Pilot Treatment Facility*. 7th International Conference on Environmental Science and Technology Ermoupolis, Syros Island, Greece.
- Pohan,N. (2008). Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu dengan Proses Biofilter Anaerobik. Laporan Tesis Jurusan Teknik Kimia Universitas Sumatera Utara
- Rittmann, B,E dan Mc Carty. (2001). *Environmental Biotechnology : Principles and Applications*. McGraw-Hill, New York.
- Rustanto, Denny. (2012). Penurunan Kadar Phosphat Air Limbah Pencucian Mobil dengan Biofilter. Laporan Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan FTSP ITS Surabaya
- Said, Idaman nusa. (2001).Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit dengan Proses Biologis Biakan Melekat Menggunakan Media Plastik Sarang Tawon. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, Vol. 2, No.3, September 2001 : 223-240
- Said,N,I., & Firly.(2005). Uji Performance Biofilter Anaerobik Unggun Tetap Menggunakan Media Biofilter Sarang Tawon Untuk Pengolahan Air Limbah Rumah Potong Ayam. *JAI Vol.1 No.3*
- Sein, L. O. (2011), Removal of Total Suspended Solids and Oil Grease Using Flotation Unit, *Chemical Engineering*, Faculty

- of Engineering and Science, Universiti Tunku Abdul Rahman, Kuala Lumpur
- Setiari, D.W. (2013). Penurunan BOD dan COD Pada Air Limbah Katering Menggunakan Biofilter dan Konstruksi *Subsurface-Flow Wetland* dengan Tumbuhan Kana (*Canna indica*). Laporan Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan FTSP ITS Surabaya
- Slamet, A. dan Masduqi, A. 2000. Satuan Proses. Surabaya : Jurusan Teknik Lingkungan FTSP ITS.
- Suhardjo, D. (2008). Penurunan COD, TSS dan Total Fosfat pada Septic Tank Limbah Mataram Citra Sembada Catering dengan Menggunakan Wastewater Garden. *Jurnal Manusia dan Lingkungan*, 15(2), 79-89.
- Winursita, Hutari. (2013). Penurunan BOD COD Pada Limbah Katering Menggunakan Pengolahan Fisik dan Konstruksi *Subsurface-Flow Wetland* dengan Tumbuhan Kana (*Canna indica*). Laporan Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan FTSP ITS Surabaya
- Wu, Y.T., Yu, Y.H., Nguyen, V.H., Lu, K.T., Wu, J.C.S., Chang, L.M., & Kuo, C.W. (2013). Enhanced Xylene Removal by Photocatalytic Oxidation Using Fiber-illuminated Honeycomb Reactor at Ppb Level. *Journal of Hazardous Materials* 262. 717-725
- Yahyapour, S., Golshan, A., Halim, A., & Ghazali. (2013). Removal of *Total Suspended Solids* and Turbidity Within Experimental Vegetated Channel: Optimization Through Response Surface Methodology. *Journal of Hydro-Environment Research* 20.1-10
- Zhang, X.Q., Bishop, P.L., & Kupferle, M.J. (1998). Measurement of Polysaccharides and Proteins in Biofilm Extracellular Polymers. *Water Science Technology* 37.345-348

LAMPIRAN B
DOKUMENTASI PENELITIAN



Proses aklimatisasi



Media yang telah ditumbuhi biofilm



Running reaktor



Analisis COD



Analisis TSS



Hasil Outlet