

SKRIPSI
OPTIMALISASI KINERJA PENGOLAHAN LIMBAH
DOMESTIK PADA MCK PLUS TLOGOMAS



Disusun Oleh :

Aris Patih Hambandima

12.26.003

JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG
2017

SKRIPSI

**OPTIMALISASI KINERJA PENGOLAHAN LIMBAH
DOMESTIK PADA MCK PLUS TLOGOMAS**



Disusun Oleh :

Aris Patih Hambandina

12.26.003

**JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG**

2017



SKRIPSI
OPTIMALISASI KINERJA PENGOLAHAN LIMBAH
DOMESTIK PADA MCK PLUS TLOGOMAS



Disusun Oleh :

Aris Patih Hambandima

12.26.003

JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG
2017



PT. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

**BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI TEKNIK LINGKUNGAN S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

NAMA : ARIS PATIH HAMBANDIMA
NIM : 12 26 003
JURUSAN : TEKNIK LINGKUNGAN S-1
JUDUL : OPTIMALISASI KINERJA PENGOLAHAN LIMBAH
DOMESTIK PADA MCK PLUS TLOGOMAS

Dipertahankan di hadapan Tim Penguji Ujian Skripsi Jenjang Program Strata Satu (S-1), pada :

HARI : Kamis
TANGGAL : 09 Februari 2017
DENGAN NILAI : 71,32 (B⁺)

PANITIA UJIAN SKRIPSI

Ketua

Candra Dwiratna, S.T., M.T.
NIP.Y. 1030000349

Sekretaris

Anis Artivani, S.T., M.T.
NIP.P. 1030300384

PENGUJI SKRIPSI

Penguji I

Candra Dwiratna, S.T., M.T.
NIP.Y. 1030000349

Penguji II

Anis Artivani, S.T., M.T.
NIP.P. 1030300384



LEMBAR PERSETUJUAN

SKRIPSI

**OPTIMALISASI KINERJA PENGOLAHAN LIMBAH DOMESTIK PADA
MCK PLUS TLOGOMAS**

Oleh :

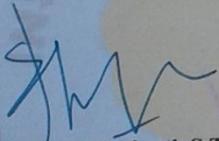
Aris Patih Hambandima

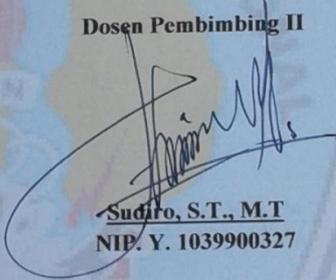
12.26.003

Mengetahui

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

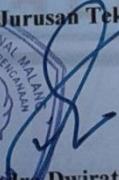

Dr. Evy Hendrianti, S.T., M.MT
NIP. Y. 1030300382


Sudiro, S.T., M.T
NIP. Y. 1039900327

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Lingkungan




Candra Dwiratna, S.T., M.T.
NIP. Y. 1030000349

LEMBAR PERSETUJUAN

SKRIPSI

**OPTIMALISASI KINERJA PENGOLAHAN LIMBAH DOMESTIK PADA
MCK PLUS TLOGOMAS**

Oleh :

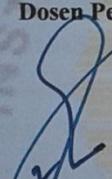
Aris Patih Hambandima

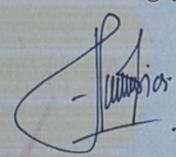
12.26.003

Mengetahui

Dosen Penguji I

Dosen Penguji II

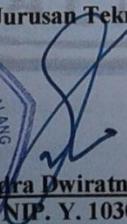

Candra Dwiratna, S.T., M.T.
NIP. Y. 1030000349


Anis Artiyani, S.T., M.T.
NIP. P. 1030300384

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Lingkungan




Candra Dwiratna, S.T., M.T.
NIP. Y. 1030000349

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Kuasa, yang telah melimpahkan Kasih dan Berkatnya kepada kita semua, dan dengan kesempatan ini saya dapat menyelesaikan Laporan Skripsi yang berjudul **”Optimalisasi Kinerja Pengolahan Limbah Domestik Pada Mck Plus Tlogomas”**.

Terselesainya penyusunan Skripsi ini tidak lepas dari keikutsertaan semua pihak yang secara tulus serta ikhlas membantu dan memberikan semangat dan bimbingan dalam penyusunan Skripsi ini. Pada kesempatan ini, saya sebagai penyusun mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak dan mama serta sekeluarga tercinta yang memberikan segala bentuk dukungan, perhatian serta doa.
2. Ibu Dr. Evy Hendriarianti ST,.MMT dan Bapak Sudiro ST,.MT selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, masukan dan saran demi kebaikan laporan skripsi ini.
3. Ibu Candra Dwiratna, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Lingkungan Institut Teknologi Nasional Malang dan selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, masukan dan saran demi kebaikan laporan skripsi ini.
4. Ibu Anis Artiyani S.T., M.T., selaku Sekretaris Jurusan Teknik Lingkungan Institut Teknologi Nasional Malang, Dosen Wali Angkatan 2012.
5. Bapak Agus Gunarto selaku pengelola IPAL MCK PLUS.
6. Teman–teman teknik lingkungan angkatan 2012 yang telah membantu dan memberi dukungan dalam penyusunan laporan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan skripsi ini, masih ada kekurangan dan tidaklah sempurna, oleh karena itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari para pembaca untuk lebih memperbaiki isi dari laporan ini.

Malang, Desember 2017

Penulis

Hambandima. P. A, Hendriarianti. E, Sudiro. 2017. **OPTIMALISASI KINERJA PENGOLAHAN LIMBAH DOMESTIK PADA MCK PLUS TLOGOMAS**. Skripsi Jurusan Teknik Lingkungan S-1 Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Institut Teknologi Nasional Malang.

ABSTRAKSI

Masalah air limbah di Indonesia menjadi isu strategis dalam pembangunan berkelanjutan salah satu cara untuk mengatasi permasalahan tersebut di pilih. IPAL Komunal MCK PLUS Tlogomas berada di bantaran Sungai Brantas digunakan oleh RT 003 RW 007 Kelurahan Tlogomas melayani 112 KK. Dari hasil evaluasi diketahui tingkat penyisihan BOD, COD, TSS dan NO_3 masih sangat rendah dibawah 15%. Maka dari itu dilakukan penelitian bertujuan untuk melakukan optimalisasi kinerja pengolahan dalam IPAL komunal MCK Plus Tlogomas dengan rekayasa debit dan waktu tinggal pada kolam Fitoremediasi dan Filter Aerobik pada pilot plant. Penelitian menggunakan 2 variabel bebas (*Independent Variable*) : variasi 1 waktu tinggal 0,1 jam, debit 1,7 liter/menit dan variasi 2 waktu tinggal 0,4 jam, debit 0,4 liter/menit. Efektifitas kolam fitoremediasi debit 1,7 L/menit dalam menurunkan BOD sebesar 45 %, COD sebesar 18 %. Dan debit 0,4 L/menit mampu menurunkan TSS sebesar 36 %, NO_3 sebesar 29,48 %. Efektifitas kolam filter aerobik debit 0,4 L/menit dalam menurunkan BOD sebesar 36,76 % , COD sebesar 44,03 %. Dan debit 1,7 L/menit mampu menurunkan TSS sebesar 50,26 %, NO_3 sebesar -0,67 %. Variasi debit pada reaktor fitoremediasi dan filter aerobik berpengaruh terhadap penurunan konsentrasi bahan organik, NO_3 dan TSS dalam air limbah dengan penurunan yang berbeda – beda setiap variasi.

KATA KUNCI :. BOD. COD. NO_3 . Optimalisasi. TSS

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	
BERITA ACARA	
LEMBAR PERSETUJUAN	
KATA PENGANTAR	i
ABSTRAKSI	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Ruang Lingkup.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Air Limbah	4
2.1.1. Sumber Air Limbah	4
2.1.2. Karakteristik Air Limbah Domestik	5
2.2. Sistem Pengolahan Air Limbah	6
2.2.1. Metode Fisik	6
2.2.1.1. Penyaringan	6
2.2.1.2. Pengendapan.....	8
2.2.1.3. Pemisahan.....	10
2.2.2. Metode Biologi	11
2.2.2.1. Proses anaerobik.....	11
2.2.2.2. Proses aerobik.....	13
2.2.2.3. Proses menggunakan media tanam.....	15
2.2.3. Fase kehidupan mikroba	17
2.3. Metode Pengolahan Data	19
2.3.1. Analisis Deskriptif	19

2.3.2. Analisis Varian (ANOVA) Desain Faktorial	19
2.3.3. Analisis Korelasi	20
2.3.4. Analisis Regresi	21

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Jenis Penelitian	22
3.2. Lokasi Penelitian	22
3.3. Alat dan Bahan Penelitian	22
3.3.1. Peralatan pengolahan	22
3.3.2. Bahan	24
3.4. Simulasi, kalibrasi dan validasi	24
3.5. Simulasi skenario operasi	25
3.6. Variabel Penelitian	26
3.7. Pelaksanaan Penelitian	26
3.7.1. Proses Sampling.....	26
3.7.2. Persiapan Media Filter.....	27
3.7.3. Persiapan Alat.....	27
3.7.4. Pengujian Sampel Awal.....	28
3.7.5. Aklimatisasi	28
3.7.6. <i>Permanganat Value</i>	28
3.8. Analisis Parameter	28
3.8.1. COD.....	28
3.8.2. BOD.....	29
3.8.3. TSS	29
3.8.4. NO ₃	29
3.9. Analisis Data	29
3.10. Pembahasan	30
3.11. Kesimpulan dan Saran	30
3.12. Kerangka Penelitian.....	31

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1. Karakteristik Limbah Domestik Kelurahan Tlogomas	32
4.2. Karakteristik akhir air limbah domestik setelah proses pengolahan.....	33

4.3.	Analisis Deskriptif	34
4.3.1.	Analisis Penyisihan BOD	34
4.3.2.	Analisis Penyisihan COD	48
4.3.3.	Analisis Penyisihan TSS	41
4.3.4.	Analisis Penyisihan NO_3	44
4.4.	Hasil Uji Anova	47
4.4.1.	Analisis Anova BOD	47
4.4.2.	Analisis Anova COD	49
4.4.3.	Analisis Anova TSS	51
4.4.4.	Analisis Anova NO_3	53
4.5.	Pembahasan.....	55
4.5.1.	Penurunan Konsentrasi BOD.....	55
4.5.2.	Penurunan Konsentrasi COD.....	58
4.5.3.	Penurunan Konsentrasi TSS	61
4.5.4.	Penurunan Konsentrasi NO_3	63

BAB V PENUTUP

5.1.	Kesimpulan	65
5.2.	Saran	66

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	Karakteristik Limbah Domestik Kelurahan Tlogomas	32
Tabel 4.2	Nilai Konsentrasi Akhir BOD, COD, TSS Dan NO ₃ Pada Reaktor Uji Fitoremediasi Dan Aerobik Filter	34
Tabel 4.3	Persentase Penyisihan BOD (%).....	36
Tabel 4.4	Persentase Penyisihan COD (%).....	39
Tabel 4.5	Persentase Penyisihan TSS (%)	42
Tabel 4.6	Persentase Penyisihan NO ₃ (%).....	45
Tabel 4.7	Analisa ANOVA Pengaruh Variasi Debit Terhadap Persentase Penyisihan BOD (Reaktor Fitoremediasi)	47
Tabel 4.8	Analisa ANOVA Pengaruh Variasi Debit Terhadap Persentase Penyisihan BOD (Reaktor Filter Aerobik)	48
Tabel 4.9	Analisa ANOVA Pengaruh Variasi Debit Terhadap Persentase Penyisihan COD (Reaktor Fitoremediasi)	49
Tabel 4.10	Analisa ANOVA Pengaruh Variasi Debit Terhadap Persentase Penyisihan COD (Reaktor Filter Aerobik)	50
Tabel 4.11	Analisa ANOVA Pengaruh Variasi Debit Terhadap Persentase Penyisihan TSS (Reaktor Fitoremediasi).....	51
Tabel 4.12	Analisa ANOVA Pengaruh Variasi Debit Terhadap Persentase Penyisihan TSS (Filter Aerobik).....	52
Tabel 4.13	Analisa ANOVA Pengaruh Variasi Debit Terhadap Persentase Penyisihan NO ₃ (Reaktor Fitoremediasi).....	53
Tabel 4.14	Analisa ANOVA Pengaruh Variasi Debit Terhadap Persentase Penyisihan NO ₃ (Filter Aerobik)	54

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Kelompok Bakteri Metabolik Yang Terlibat Dalam Penguraian Limbah Dalam Sistem Anaerobik.....	11
Gambar 2.2	Fase Pertumbuhan Mikroba	17
Gambar 3.1	Pilot Plant MCK PLUS Tlogomas	22
Gambar 3.2	Kerangka Penelitian	34
Gambar 4.1	Hubungan Konsentrasi Akhir BOD (mg/l) Terhadap Waktu Operasi (Reaktor Fitoremediasi).....	35
Gambar 4.2	Hubungan Konsentrasi Akhir BOD (mg/l) Terhadap Waktu Operasi (Reaktor Filter Aerobik)	35
Gambar 4.3	Grafik Persentase Penurunan Nilai Konsentrasi BOD Terhadap Waktu Operasi (Reaktor Fitoremediasi)	37
Gambar 4.4	Grafik Persentase Penurunan Nilai Konsentrasi BOD Terhadap Waktu Operasi (Reaktor Filter Aerobik)	37
Gambar 4.5	Hubungan Konsentrasi Akhir COD (mg/l) Terhadap Waktu Operasi (Reaktor Fitoremediasi).....	38
Gambar 4.6	Hubungan Konsentrasi Akhir COD (mg/l) Terhadap Waktu Operasi (Reaktor Filter Aerobik).....	38
Gambar 4.7	Grafik Persentase Penurunan Nilai Konsentrasi COD Terhadap Waktu Operasi (Reaktor Fitoremediasi)	40
Gambar 4.8	Grafik Persentase Penurunan Nilai Konsentrasi COD Terhadap Waktu Operasi (Reaktor Filter Aerobik)	40
Gambar 4.9	Hubungan Konsentrasi Akhir TSS (mg/l) Terhadap Waktu Operasi (Reaktor Fitoremediasi)	41
Gambar 4.10	Hubungan Konsentrasi Akhir TSS (mg/l) Terhadap Waktu Operasi (Reaktor Filter Aerobik)	41
Gambar 4.11	Grafik Persentase Penurunan Nilai Konsentrasi TSS Terhadap Waktu Operasi(Reaktor Fitoremediasi)	43
Gambar 4.12	Grafik Persentase Penurunan Nilai Konsentrasi TSS Terhadap Waktu Operasi (Reaktor Filter Aerobik)	43

Gambar 4.13 Hubungan Konsentrasi Akhir NO ₃ (mg/l) Terhadap Waktu Operasi (Reaktor Fitoremediasi)	44
Gambar 4.14 Hubungan Konsentrasi Akhir NO ₃ (mg/l) Terhadap Waktu Operasi (Reaktor Filter Aerobik)	44
Gambar 4.15 Grafik Persentase Penurunan Nilai Konsentrasi NO ₃ Terhadap Waktu Operasi (Reaktor Fitoremediasi)	46
Gambar 4.16 Grafik Persentase Penurunan Nilai Konsentrasi NO ₃ Terhadap Waktu Operasi (Reaktor Filter Aerobik)	46

OPTIMALISASI KINERJA PENGOLAHAN LIMBAH DOMESTIK PADA MCK PLUS TLOGOMAS

Aris Patih Hambandima

Jurusan Teknik Lingkungan S-1, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang, Jl. Bendungan Sigura-gura No.2 Malang

Email : umbu.aris.patih@gmail.com

ABSTRAK - Masalah air limbah di Indonesia menjadi isu strategis dalam pembangunan berkelanjutan salah satu cara untuk mengatasi permasalahan tersebut di pilih. IPAL Komunal MCK PLUS Tlogomas berada di bantaran Sungai Brantas digunakan oleh RT 003 RW 007 Kelurahan Tlogomas melayani 112 KK. Dari hasil evaluasi diketahui tingkat penyisihan BOD, COD, TSS dan NO_3 masih sangat rendah dibawah 15%. Maka dari itu dilakukan penelitian bertujuan untuk melakukan optimalisasi kinerja pengolahan dalam IPAL komunal MCK Plus Tlogomas dengan rekayasa debit dan waktu tinggal pada kolam Fitoremediasi dan Filter Aerobik pada pilot plant. Penelitian menggunakan 2 variabel bebas (*Independent Variable*) : variasi 1 waktu tinggal 0,1 jam, debit 1,7 liter/menit dan variasi 2 waktu tinggal 0,4 jam, debit 0,4 liter/menit. Efektifitas kolam fitoremediasi debit 1,7 L/menit dalam menurunkan BOD sebesar 45 %, COD sebesar 18 %. Dan debit 0,4 L/menit mampu menurunkan TSS sebesar 36 %, NO_3 sebesar 29,48 %. Efektifitas kolam filter aerobik debit 0,4 L/menit dalam menurunkan BOD sebesar 36,76 % , COD sebesar 44,03 %. Dan debit 1,7 L/menit mampu menurunkan TSS sebesar 50,26 %, NO_3 sebesar -0,67 %. Variasi debit pada reaktor fitoremediasi dan filter aerobik berpengaruh terhadap penurunan konsentrasi bahan organik, NO_3 dan TSS dalam air limbah dengan penurunan yang berbeda – beda setiap variasi.

1. PENDAHULUAN

Masalah air limbah di Indonesia menjadi isu strategis dalam pembangunan berkelanjutan, (Soemargono, dkk.2006). Pertumbuhan dan perkembangan kota telah memberikan dampak terhadap tingginya laju urbanisasi dan tingginya kebutuhan lahan permukiman. Salah satu dampak tersebut adalah timbulnya permukiman kumuh. Persoalan permukiman kumuh ini harus diselesaikan untuk mewujudkan lingkungan permukiman yang layak dan sesuai standar hidup pada suatu kota. Permukiman kumuh adalah permukiman yang tidak layak huni karena ketidakteraturan bangunan, tingkat kepadatan bangunan yang tinggi, dan kualitas bangunan serta sarana dan prasarana yang tidak memenuhi syarat. Perumahan kumuh adalah perumahan yang mengalami penurunan kualitas fungsi sebagai tempat hunian (Erick Sulestianson dkk. 2013). Tahun 2014 akhir dari pencapaian Millnium Development Goal (MDGs), data saat ini menunjukkan prosentase masyarakat yang mempunyai akses terhadap air bersih sebesar 67,9 % dan sanitasi 62,4 % kondisi ini bila dipertahankan Maka target MDGs tersebut dapat tercapai (<http://www.kemenkopmk.go.id>). Saat ini Pemerintah meluncurkan program 100-0-100 (100% akses air minum, 0% kawasan kumuh, 100% akses sanitasi layak). Bagaimana dijelaskan pada Perpres nomor 185 tahun 2014 tentang percepatan penyediaan air minum

dan sanitasi. Pengembangan dan penerapan teknologi di bidang sanitasi mencakup pengelolaan sanitasi yang ramah lingkungan, akses yang lebih luas bagi masyarakat, kontinuitas layanan dan perlindungan dan pelestarian sumber air.

Instalasi Pengolahan Air Limbah Komunal, merupakan sistem pengolahan air limbah yang dilakukan secara terpusat (M. Faisal Fadhil, 2015) yaitu terdapat bangunan yang digunakan untuk memproses limbah cair domestik yang difungsikan secara komunal (digunakan oleh sekelompok rumah tangga) agar lebih aman pada saat dibuang ke lingkungan, sesuai dengan baku mutu lingkungan. IPAL Komunal MCK PLUS Tlogomas berada di bantaran Sungai Brantas, kawasan MCK terpadu tersebut berukuran 15 m x 25 m terdapat sembilan unit bangunan pengolahan air limbah dengan proses fitoremediasi menggunakan tumbuhan enceng gondok. IPAL Komunal MCK PLUS Tlogomas melayani 112 KK (Kompas, 2015). Dari hasil evaluasi diketahui tingkat penyisihan BOD, COD, TSS dan NO_3 pada MCK Plus Tlogomas sangat rendah, dibawah 15% (Hendrianti, 2015).

IPAL Komunal dipilih untuk mengatasi permasalahan sanitasi di Kota Malang karena disadari bahwa masih sangat banyak rumah-rumah di kawasan permukiman kumuh yang belum memiliki sarana sanitasi pembuangan limbah rumah tangga yang sehat. Masih rendahnya kinerja pengelolaan air limbah, maka diperlukan penelitian untuk mengoptimalkan

proses pengolahan air limbah domestik dengan pendekatan model optimisasi menggunakan pilot plant IPAL Komunal (Hendriarianti, 2015). Pilot plant adalah suatu sistem pemrosesan dalam skala kecil yang dioperasikan untuk menghasilkan informasi dan mendapatkan data awal yang dapat digunakan sebagai acuan mengenai perilaku sistem yang digunakan dalam perancangan skala besar. Pilot plant juga dapat mengurangi resiko terkait dengan konstruksi dari proses skala besar (Yusronsugiaro, 2013).

Rumusan Masalah Bagaimana meningkatkan kinerja pengolahan IPAL komunal MCK Plus Tlogomas dalam menurunkan parameter BOD, COD, TSS dan NO₃ dengan rakayasa debit dan waktu tinggal pada kolam Fitoremediasi dan Filter Aerobik.

Tujuan Penelitian Melakukan optimalisasi kinerja pengolahan dalam IPAL komunal MCK Plus Tlogomas dengan rekayasa debit dan waktu tinggal pada kolam Fitoremediasi dan Filter Aerobik.

Ruang Lingkup Studi kinerja hanya mencakup pada penurunan parameter NO₃ yang belum memenuhi kriteria pengolahan dan diambil 3 parameter utama pada air limbah yaitu BOD, COD dan TSS dengan proses kolam Fitoremediasi dan Filter Aerobik.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini termasuk dalam penelitian Laboratorium, yang dilaksanakan dalam skala laboratorium. Adapun jenis penelitian yang dilakukan adalah dengan percobaan rekayasa debit dan waktu tinggal dalam menurunkan konsentrasi parameter NO₃, BOD, COD dan TSS, menggunakan teknologi Bak Fitoremediasi dan Filter Aerobik.

Analisa data statistik penelitian dilakukan dengan dua metode yaitu analisis data dengan metode deskriptif (% penyisihan) dan analisis data dengan metode Analysis Of Variances (ANOVA) kategori One-Way.

Rumus mencari persentase penyisihan BOD:

$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{\text{Konsentrasi Awal} - \text{Konsentrasi Akhir}}{\text{Konsentrasi Awal}} \times 100 \%$$

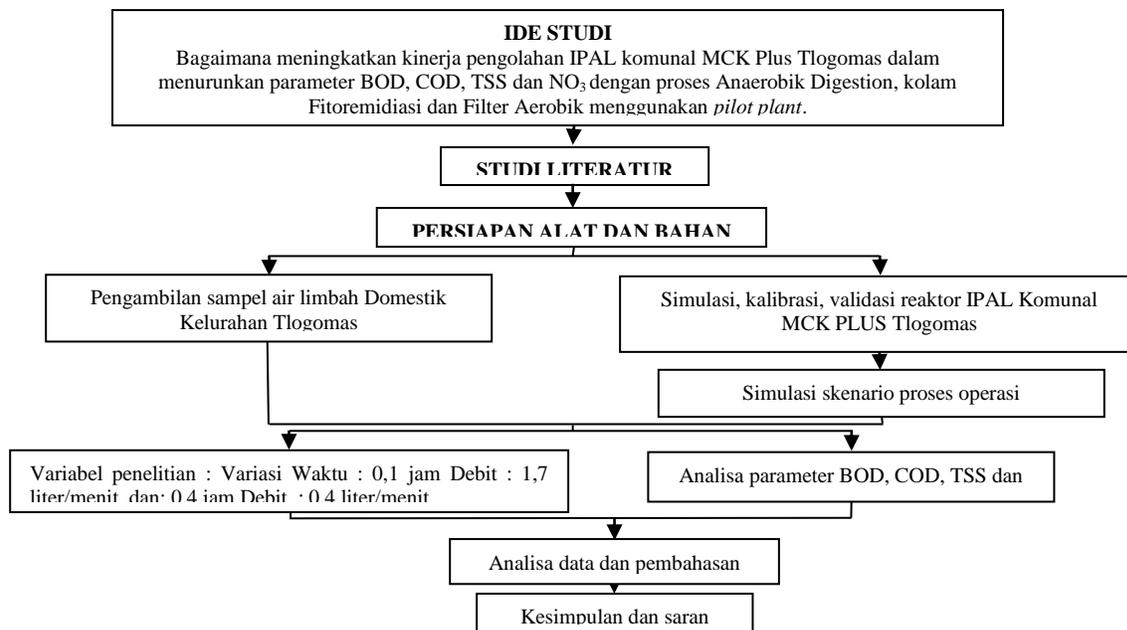
Dalam analisis ANOVA terdapat hipotesis masalah, yaitu :

- H0 = 1 = 2 = 3 = 4 = 5 = 6 (identik)
- H1 = 1 ≠ 2 ≠ 3 ≠ 4 ≠ 5 ≠ 6 (tidak identik)

Sementara dalam pengambilan keputusan akan didasarkan pada nilai probabilitas dan nilai F hitung, yaitu : Nilai F hitung,

- Jika statistik hitung (angka F output) > statistik tabel (tabel F), H0 ditolak.
- Jika statistik hitung (angka F output) < statistik tabel (tabel F), H0 diterima.

Penelitian ini terdapat beberapa kegiatan yang dapat di lihat pada diagram alir.



Gambar 1. Diagram Alir Metodologi Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Limbah cair yang digunakan pada penelitian adalah limbah cair yang berasal dari RT 03 RW 07 Kelurahan Tlogomas Kecamatan Lowokwaru Kota Malang. Letak pengambilan sampel berada pada inlet IPAL bertujuan untuk mewakili kondisi awal air limbah sebelum proses pengolahan. Hasil analisis karakteristik air limbah domestik dapat di lihat pada tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik limbah domestik

No	Parameter	Satuan	Hasil Analisa	Standar Baku Mutu *
1	BOD	mg/L	378,4	30
2	COD	mg/L	1850	50
3	TSS	mg/L	124,0	50
4	NO ₃	mg/L	15,17	30

Sumber : Hasil Penelitian, 2016

Keterangan : * PerGub Jatim No. 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri Dan/Atau Kegiatan Usaha Lainnya.

Karakteristik Akhir Air Limbah Domestik Setelah Proses Pengolahan

Penelitian dilakukan secara kontinyu dengan variasi debit 1,7 L/menit dan 0,4 L/menit dapat menurunkan karakteristik fisik dari warna berwarna keruh dan kekuning-kuningan menjadi lebih jernih dan bau menjadi berkurang dan juga dari hasil uji laboratorium kedua media dapat menurunkan parameter BOD, COD, TSS dan NO₃

Tabel 2 Nilai Konsentrasi Akhir BOD, COD, TSS Dan NO₃ Pada Reaktor Uji Fitoremediasi Dan Aerobik Filter

Reaktor Uji	Variasi Debit L/menit	Waktu Operasi (Hari Ke-)	Nilai Konsentrasi Akhir BOD (mg/l) Pada Reaktor	Nilai Konsentrasi Akhir COD (mg/l) Pada Reaktor	Nilai Konsentrasi Akhir TSS (mg/l) Pada Reaktor	Nilai Konsentrasi Akhir NO ₃ (mg/l) Pada Reaktor
Fitoremediasi	1,7	7	63,90	313,8	68,4	11,07
		14	48,05	188,1	19,3	2,541
	0,4	7	50,45	245	16,6	1,218
		14	62,30	317,3	28,5	1,074
Aerobik Filter	1,7	7	79,40	328,2	41,2	11,49
		14	65,30	275,7	9,6	2,558
	0,4	7	31,95	171,3	17,1	1,280
		14	40,05	177,6	22,8	1,262

Sumber : Hasil Penelitian, 2016

Analisa BOD

Analisa Anova pengaruh variasi debit terhadap persentase penyisihan BOD (Reaktor Fitoremediasi).

Tabel 3 Analisa ANOVA (Reaktor Fitoremediasi)

One-way ANOVA: Q: 1,7, Q: 0,4					
Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	3136	3136	21.29	0.044
Error	2	295	147		
Total	3	3431			

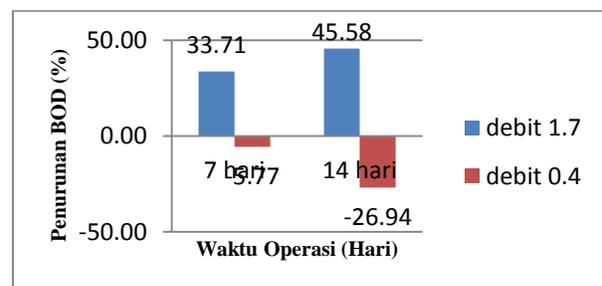
Keterangan :

- DF = Derajat Bebas
- SS = Variasi Residual
- MS = Mean Square
- P = Nilai probabilitas
- F = Nilai statistik uji

Keputusan :

Untuk tahap signifikasi α sebesar 5% maka dari tabel distribusi F didapat $F_{(0,05,1,2)} = 18,51$.

Dari hasil perhitungan maka dapat gambarkan menjadi sebuah grafik persentase penyisihan BOD pada gambar 2 berikut ini.



Gambar 2 Grafik Persentase Penurunan Nilai Konsentrasi BOD Terhadap Waktu Operasi (Reaktor Fitoremediasi)

Berdasarkan hasil analisis statistik menggunakan Anova antara variasi debit dengan konsentrasi akhir BOD menunjukkan bahwa adanya perbedaan nyata atau variasi debit mempunyai pengaruh terhadap penyisihan

BOD. Hal ini terlihat dari debit 1,7 L/menit mempunyai efektifitas sebesar 45 %, berbanding terbalik dengan debit 0,4 L/menit yang mengalami penurunan persentase kinerja sebesar -26 %. Dari hasil perhitungan persentase mendapat nilai negatif hal disebabkan oleh kecepatan pengendapan sehingga menimbulkan endapan yang tidak dapat larut sebelum mencapai dasar akan melayang-layang di dalam air limbah dapat menurunkan harga DO dan mengurangi reaksi bio-oksidasinya secara alamiah dalam bak sedimentasi (Sofyan, 2011). Penurunan nilai persentase disebabkan oleh menurunnya aktifitas mikroorganisme dalam menguraikan bahan organik diikuti pula dengan berkurangnya penggunaan oksigen terlarut dalam air limbah. Penurunan konsentrasi bahan organik dalam sistem pengolahan terjadi karena adanya mekanisme aktivitas mikroorganisme dan tanaman melalui proses oksidasi bakteri aerob yang tumbuh di sekitar rizosfer (Supradata, 2005). Bahan organik yang telah dicerna/dioksidasi oleh mikroorganisme dari air limbah di dalam reaktor fitoremediasi maka kebutuhan akan oksigen semakin sedikit sehingga dapat menaikkan konsentrasi BOD (Sugiharto 2008).

Berdasarkan gambar 2. Hasil penelitian dengan debit 1,7 L/menit menunjukkan bahwa terjadi peningkatan nilai persentase penyisihan bahan organik pada reaktor fitoremediasi. Meningkatnya persentase penyisihan terjadi karena bahan organik yang ada dalam air limbah dirombak oleh mikroorganisme menjadi senyawa lebih sederhana sehingga dapat dimanfaatkan oleh tumbuhan sebagai nutrisi. Sedangkan sistem perakaran tumbuhan air akan menghasilkan oksigen (Supradata 2005). Melalui proses oksidasi oleh bakteri aerob yang tumbuh disekitar *rhizosphere* tanaman maupun kehadiran bakteri *heterotrof* didalam air limbah. Melalui proses dekomposisi bahan organik oleh jaringan akar tanaman akan memberikan sumbangan yang besar terhadap penyediaan C, N, dan energi bagi kehidupan mikrobial. Oksigen tersebut mengalir ke akar melalui batang setelah berdifusi dari atmosfer melalui pori-pori daun. Dimana oksigen yang dilepas oleh akar tanaman air dalam 1 hari berkisar antara 5 hingga 45 mg/m² luas akar tanaman (Suprihatin, 2014). Berdasarkan penelitian Suprihatin maka dapat dihitung oksigen yang di lepaskan akar tanaman dalam reaktor fitoremediasi di penelitian selama 1 hari berkisar antara 3-27 mg/m². HRT akan meningkatkan interaksi dengan sistem pembuangan limbah tanaman air sehingga meningkatkan penghapusan untuk BOD (Hendrianti, 2015).

Berdasarkan hasil penelitian dengan debit 0,4 L/menit menunjukkan bahwa terjadinya penurunan nilai persentase penyisihan nilai BOD. Hal ini disebabkan semakin kecilnya debit tidak mempengaruhi terjadinya penurunan. Waktu tinggal yang lama menyebabkan

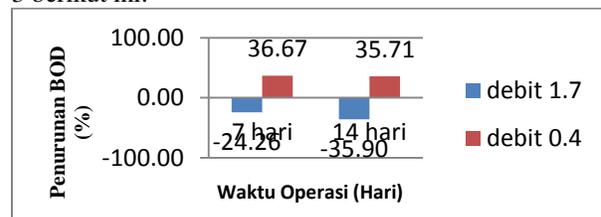
endapan dan koloid serta bahan terlarut yang berasal dari bahan buangan yang berbentuk padat akan mengendap. Endapan yang tidak dapat larut sebelum mencapai dasar akan melayang-layang di dalam air bersama koloidal. Bahan buangan organik yang berupa koloid akan menggumpal di permukaan air sehingga tampak keruh. Penggumpalan koloid tersebut menghambat difusi oksigen ke air limbah sehingga ketersediaan oksigen menjadi sedikit dan menghambat kerja mikroorganisme aerobik mendekomposisi bahan organik (Fachrurrozi dkk, 2010).

Analisa Anova pengaruh variasi debit terhadap persentase penyisihan BOD (Reaktor filter aerobik).

Tabel 3 Analisa ANOVA (Reaktor Filter Aerobik)

One-way ANOVA: Q: 1,7, Q: 0,4					
Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	4391.7	4391.7	128.78	0.008
Error	2	68.2	34.1		
Total	3	4459.9			

Dari hasil perhitungan maka dapat gambarkan menjadi sebuah grafik persentase penyisihan BOD pada gambar 3 berikut ini.



Gambar 3 Grafik Persentase Penurunan Nilai Konsentrasi BOD Terhadap Waktu Operasi (Reaktor Filter Aerobik)

Berdasarkan hasil analisis statistik menggunakan Anova antara variasi debit dengan konsentrasi akhir BOD menunjukkan bahwa adanya perbedaan nyata atau variasi debit mempunyai pengaruh terhadap penyisihan BOD. Hal ini terlihat dari debit 1,7 L/menit mengalami penurunan persentase kinerja sebesar -46,57 % berbanding terbalik dengan debit 0,4 L/menit yang mempunyai efektifitas sebesar 36,67 %. Semakin kecil debit dan lama waktu tinggal, memberikan kesempatan pada air limbah terkontak dengan biofilm bakteri yang telah terbentuk pada media botol bekas minuman probiotik. Hal ini menyebabkan bakteri dapat mendegradasi zat pencemar dengan lebih mudah sehingga kandungan zat pencemar yang terdapat pada aliran efluen pun lebih kecil (Gunawan, 2012).

Berdasarkan gambar 3. Hasil penelitian dengan debit 1,7 L/menit menunjukkan bahwa terjadi penurunan nilai presentase penyisihan. Jika di dibandingkan dengan standar baku mutu yang telah ditetapkan hasil output pengolahan belum memenuhi standar baku mutu, yaitu sesuai Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi

Industri Dan/Atau Kegiatan Usaha Lainnya, baku mutu parameter BOD yang ditetapkan adalah sebesar 30 mg/L. Terjadinya penurunan persentase penyisihan diduga adanya mikroorganisme yang tumbuh secara tidak bersamaan menyebabkan kemampuan mikroorganisme mendegradasi limbah berbeda-beda tiap harinya (Jasmianti, 2010). Menurut Masduqi (2000) debit akan berpengaruh secara langsung pada waktu kontak dan waktu tinggal air limbah secara keseluruhan dalam reaktor. Waktu tinggal yang pendek tidak akan mengoptimalkan proses yang ada pada bakteri dari jenis autothop.

Berdasarkan hasil penelitian dengan debit 0,4 L/menit, menunjukkan bahwa terjadinya peningkatan nilai persentase penyisihan. Disebabkan oleh permukaan media filter akan tumbuh lapisan film mikroorganisme (Herlambang, 2002). Menurut Filailah (2008) mikroorganisme yang tumbuh dominan pada media plastik adalah *Pseudomonas stutzeri*, *Pseudomonas Pseudoalcaligenes* dan *Peinococcus radiopugnes*. Menurut penelitian Ardy dkk (2013) menunjukkan bahwa semakin lama media berkontak dengan air limbah maka mikroorganisme yang menempel akan semakin tebal dan stabil untuk menguraikan kadar pencemar yang terdapat pada air limbah. Terjadinya penurunan presentase penyisihan hari ke 14 dipengaruhi oleh peningkatan ketebalan biofilm. Sehingga pada saat transformasi substrat, nutrisi dan oksigen terbatas berakibat terjadinya zona anaerobik dan aerobik biofilm dan pada saat ketebalan kritis terjadi peristiwa pengelupasan biofilm (Masduqi, 2000).

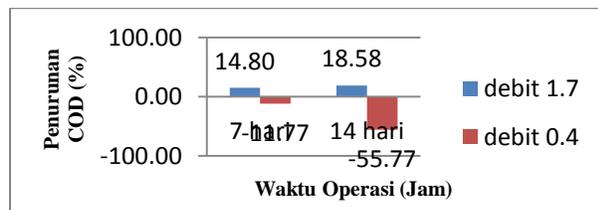
Analisa COD

Analisa Anova pengaruh variasi debit terhadap persentase penyisihan COD (Reaktor Fitoremediasi).

Tabel 4 Analisa ANOVA (Reaktor Fitoremediasi)

One-way ANOVA: Q: 1,7, Q: 0,4					
Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	2546	2546	5.22	0.150
Error	2	975	488		
Total	3	3521			

Dari hasil perhitungan maka dapat digambarkan menjadi sebuah grafik persentase penyisihan COD pada gambar 4 berikut ini.



Gambar 4 Grafik Persentase Penurunan Nilai Konsentrasi COD Terhadap Waktu Operasi (Reaktor Fitoremediasi)

Berdasarkan hasil analisis statistik menggunakan Anova antara variasi debit dengan konsentrasi akhir COD menunjukkan bahwa tidak adanya perbedaan nyata atau variasi debit tidak mempunyai pengaruh terhadap penyisihan COD. Hal ini terjadi karena kemampuan enceng gondok dalam proses penyerapan COD tidak dipengaruhi oleh Waktu kontak antara media dengan air limbah. Enceng gondok mempunyai kemampuan menyerap unsur hara, senyawa organik dan kimia lain dalam air limbah dalam jumlah besar. Luas permukaan daun dan panjang akar mempengaruhi transpirasi yang kemudian berhubungan dengan besarnya penyerapan (Dewi, 2012). Berarti adanya enceng gondok dalam suatu perairan akan mempengaruhi bahan organik di perairan tersebut. Terdapat respon fisiologis daun, tangkai daun dan akar enceng gondok terhadap perairan tercemar (Nurchayati, 2009).

Berdasarkan gambar 4. Hasil penelitian dengan debit 1,7 L/menit menunjukkan bahwa terjadinya peningkatan nilai persentase penyisihan COD. Hal ini dipengaruhi oleh waktu operasi mempunyai kemampuan untuk menurunkan konsentrasi COD. Berdasarkan mekanisme fisiologis, enceng gondok secara aktif mengurangi penyerapan senyawa kimia ketika konsentrasi senyawa kimia di sedimen tinggi. Penyerapan tetap dilakukan namun dalam jumlah yang terbatas dan terakumulasi di akar. Selain itu, terdapat sel endodermis pada akar yang menjadi penyaring dalam proses penyerapan. Dari akar, senyawa kimia akan ditranslokasikan ke jaringan lainnya seperti batang dan daun serta mengalami proses kompleksasi dengan zat yang lain seperti fitokelatin (Deri dan La Ode, 2013). Menurut Mangkoedihardjo (2012) mikroorganisme akan mengubah bahan organik menjadi bahan anorganik dan bahan lainnya serta energi untuk sintesis bakteri tersebut. Bakteri yang banyak tersebut memakan zat-zat yang ada untuk hidup. Proses penurunan pencemar dalam limbah cair dengan menggunakan tumbuhan air merupakan kerjasama antara tumbuhan dan mikroba yang berada pada tumbuhan tersebut (Hayati, 1992).

Berdasarkan hasil penelitian dengan debit 0,4 L/menit menunjukkan bahwa terjadinya penurunan nilai persentase penyisihan COD. Keadaan ini menunjukkan bahwa tidak semua zat organik dapat didegradasi karena nilai COD yang tinggi berarti mengandung zat organik sulit didegradasi (Mulyono, 2012). Proses penyerapan polutan oleh tumbuhan air dipengaruhi beberapa faktor yaitu jenis tumbuhan yang digunakan, konsentrasi awal larutan, kapasitas penyerapan yang dimiliki oleh tumbuhan tersebut, pH larutan, keberadaan polutan dan waktu kontak. Semakin lama waktu kontak, semakin besar pula polutan yang diserap

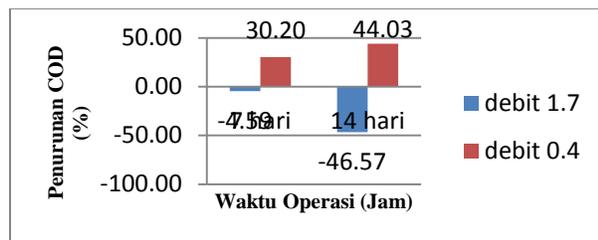
oleh tumbuhan air. Namun faktor ini tidak berlaku apabila tumbuhan air telah mencapai titik jenuh. Sehingga berapapun waktu berikutnya, tumbuhan air tidak akan mampu menyerap polutan dan hal ini menjadi pedoman kapan tumbuhan akan di *recovery* (Tyagita, 2011).

Analisa Anova pengaruh variasi debit terhadap persentase penyisihan COD (Reaktor Filter Aerobik).

Tabel 5 Analisa ANOVA (Reaktor Filter Aerobik)

One-way ANOVA: Q: 1,7, Q: 0,4					
Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	3931	3931	8.05	0.105
Error	2	977	488		
Total	3	4907			

Dari hasil perhitungan maka dapat digambarkan menjadi sebuah grafik persentase penyisihan COD pada gambar 5 berikut ini.



Gambar 5 Grafik Persentase Penurunan Nilai Konsentrasi COD Terhadap Waktu Operasi (Reaktor Filter Aerobik)

Berdasarkan hasil analisis statistik menggunakan Anova antara variasi debit dengan konsentrasi akhir COD menunjukkan bahwa tidak adanya perbedaan nyata atau variasi debit tidak mempunyai pengaruh terhadap penyisihan COD. Hal ini terjadi karena kemampuan media botol bekas minuman probiotik dalam proses mendegradasi COD tidak di pengaruhi oleh waktu kontak antara media dengan air limbah. Jika air limbah membawa konsentrasi yang cukup oksigen, biodegradasi aerobik akan berlangsung di biofilm dan di bioflocs. Hal yang paling mudah biodegradable akan cepat diubah menjadi sel bakteri, yaitu menjadi partikulat dan menyebabkan materi kurang biodegradable (Odegaard, 1999).

Berdasarkan gambar 5. Hasil penelitian dengan debit 1,7 L/menit menunjukkan bahwa terjadinya penurunan nilai persentase penyisihan. Jika di bandingkan dengan standar baku mutu yang telah ditetapkan hasil output pengolahan belum memenuhi standar baku mutu, yaitu sesuai Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri Dan/Atau Kegiatan Usaha Lainnya, baku mutu parameter COD yang ditetapkan adalah sebesar 50 mg/L. Penurunan persentase

penyisihan disebabkan Nilai COD merupakan jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan organik dalam air secara kimiawi. Nilai COD biasanya lebih tinggi dari pada nilai BOD karena bahan buangan yang dapat dioksidasi melalui proses kimia lebih banyak dari pada bahan buangan yang dapat dioksidasi melalui proses biologi. (Ritman dan McCarty, 2001). tidak semua tertahan oleh media filter ada sebagian senyawa organik dan senyawa kimia yang ikut terbawa keluar oleh effluen, sehingga penurunan COD tidak terlalu besar karena masih adanya senyawa-senyawa organik pada effluen (Setyobudiarso, 2012)

Berdasarkan hasil penelitian dengan debit 0,4 L/menit. Hal ini menunjukkan bahwa naiknya nilai persentase penyisihan COD hal ini disebabkan semakin lama waktu tinggalnya di dalam reaktor (Sutrisno, 2011). Pada saat awal operasi terlihat, bahwa persentase reduksi COD dari aliran limbah cair relatif masih kecil akan tetapi seiring bertambahnya waktu operasi efisiensi reduksi COD semakin meningkat (Pohan, 2008). Jika semakin besar senyawa organik biodegradable telah terurai oleh mikroorganisme maka jumlah larut zat non-biodegradable organik secara efektif berkurang (Sokolowska, 2015). Sehingga segala macam bahan organik yang mudah terurai dan sulit terurai akan teroksidasi dengan demikian selisih COD dan BOD memberikan gambaran bahan organik yang sulit terurai di dalam air limbah (Hindriani, 2013)

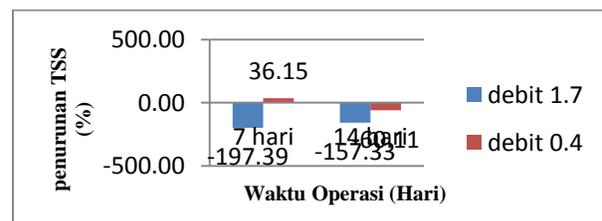
Analisa TSS

Analisa Anova pengaruh variasi debit terhadap persentase penyisihan TSS (Reaktor Fitoremediasi).

Tabel 6 Analisa ANOVA (Reaktor Fitoremediasi)

One-way ANOVA: Q: 1,7, Q: 0,4					
Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	27351	27351	10.06	0.087
Error	2	5435	2718		
Total	3	32786			

Dari hasil perhitungan maka dapat digambarkan menjadi sebuah grafik persentase penyisihan TSS pada gambar 6 berikut ini.



Gambar 6 Grafik Persentase Penurunan Nilai Konsentrasi TSS Terhadap Waktu Operasi (Reaktor Fitoremediasi)

Berdasarkan hasil analisis statistik menggunakan Anova antara variasi debit dengan konsentrasi akhir

TSS menunjukkan bahwa tidak adanya perbedaan nyata atau variasi debit tidak mempunyai pengaruh terhadap penyisihan TSS. Hal ini terjadi karena tiap waktu pengambilan sampel memiliki nilai rata-rata konsentrasi akhir yang relatif sama. Pada proses fitoremediasi yang memegang peran penting untuk mengurangi atau menyerap kandungan polutan di air limbah adalah akar. Tumbuhan dapat menyerap kontaminan sedalam atau sejauh akar tanaman dapat tumbuh. Tumbuhan enceng gondok mempunyai akar yang banyak dan panjang sehingga luas permukaan kontak antara air limbah dan akar semakin besar sehingga membentuk filter yang dapat menahan partikel padat (Pharmawati, 2013).

Berdasarkan gambar 6. Hasil penelitian dengan debit 1,7 L/menit menunjukkan bahwa naiknya nilai persentase penyisihan TSS dalam air limbah domestik dapat terjadi akibat porositas media yang terbentuk oleh sistem perakaran tanaman dalam reaktor. Proses pengolahan tidak hanya terjadi melalui proses biologi, namun juga terjadi melalui proses fisik, baik melalui proses filtrasi maupun sedimentasi (Tangahu, 2001). Proses filtrasi dan sedimentasi juga terjadi dalam Fitoremediasi. Proses filtrasi dilakukan oleh akar tanaman dalam reaktor. Dimana proses tersebut terjadi karena kemampuan partikel-partikel media maupun sistem perakaran membentuk filter yang dapat menahan partikel-partikel padatan yang terdapat dalam air limbah (Crites, 1998) media yang digunakan dalam reaktor dapat menurunkan kecepatan aliran air limbah yang masuk dalam reaktor. Penurunan kecepatan air limbah ini akan memudahkan proses sedimentasi. Penurunan kandungan TSS setelah proses pengolahan dengan menggunakan enceng gondok disebabkan karena terjadi proses penyerapan oleh tanaman. Penurunan nilai TSS juga disebabkan karena tanaman enceng gondok memiliki akar serabut yang dapat menjadi tempat menempelnya koloid yang melayang di air. Semakin banyak akar serabut yang dimiliki, maka semakin banyak koloid yang menempel pada akar-akar tersebut (Fachrurozi dkk, 2010).

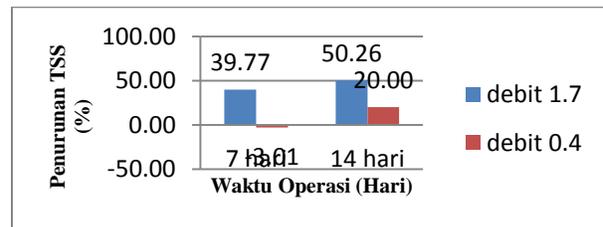
Berdasarkan hasil penelitian dengan debit 0,4 L/menit menunjukkan bahwa terjadi penurunan nilai persentase penyisihan TSS hal ini dapat disebabkan sistem perakaran direaktor tidak selalu menghambat laju partikel solid yang dibawa pola aliran limbah, sehingga partikel padatan masih lolos dan mempengaruhi berat solid yang akan di analisa. Sistem perakaran tanaman yang terbentuk dalam reaktor tidak tumbuh secara merata dalam reaktor, sehingga pola aliran limbah tidak membentuk aliran sumbat (Aditya, 2011). Menurut Hammzah (2007) peningkatan konsentrasi TSS dikarenakan adanya padatan yang berasal dari enceng gondok baik itu berupa akar, ataupun serpihan daun dan batang yang membusuk dalam reaktor.

Analisa Anova pengaruh variasi debit terhadap persentase penyisihan TSS (Reaktor Filter Aerobik).

Tabel 7 Analisa ANOVA (Reaktor Filter Aerobik)

One-way ANOVA: Q: 1,7, Q: 0,4					
Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	1334	1334	8.34	0.102
Error	2	320	160		
Total	3	1653			

Dari hasil perhitungan maka dapat digambarkan menjadi sebuah grafik persentase penyisihan TSS pada gambar 7 berikut ini.



Gambar 7 Grafik Persentase Penurunan Nilai Konsentrasi TSS Terhadap Waktu Operasi (Reaktor Filter Aerobik)

Berdasarkan hasil analisis statistik menggunakan Anova antara variasi debit dengan konsentrasi akhir TSS menunjukkan bahwa tidak adanya perbedaan nyata atau variasi debit tidak mempunyai pengaruh terhadap penyisihan TSS. Hal ini menunjukkan bahwa proses pemisahan padatan dalam air limbah hampir tidak dipengaruhi oleh faktor debit dan HRT (Pohan, 2008). Proses pemisahan padatan /material yang ada dalam cairan yang didasarkan pada karakteristik fisik padatan tersebut antara lain ukuran dan bentuk partikel (Foust, 1980).

Berdasarkan gambar 7. Hasil penelitian dengan debit 1,7 L/menit dan 0,4 L/menit menunjukkan bahwa naiknya nilai persentase penyisihan TSS. Jika di bandingkan dengan standar baku mutu yang telah ditetapkan hasil output pengolahan sudah memenuhi standar baku mutu, yaitu sesuai Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri Dan/Atau Kegiatan Usaha Lainnya, baku mutu parameter TSS yang ditetapkan adalah sebesar 50 mg/L. Berdasarkan penelitian Bayu Prasetyo (2014) dipengaruhi oleh luas kontak antara air limbah yang menempel di permukaan media filter. Karena semakin luas bidang kontak maka semakin besar penurunan TSS. Menurut Supriyanto (2007), adanya peningkatan ini disebabkan oleh proses pengendapan dan pendegradasian zat organik pada masing-masing filter sehingga partikel-partikel kecil yang terdapat pada limbah menempel pada filter yang digunakan. Hal ini juga sesuai dengan pendapat Putro (2008), semakin tebal lapisan filter maka zona filtrasi akan semakin besar sehingga kemampuan untuk

menahan bahan tidak larut (suspended solid) dalam air limbah semakin besar. Dalam hal ini jarak antar partikel filter yang kecil akan menahan suspended solid yang berukuran besar agar tidak ikut terbawa aliran limbah.

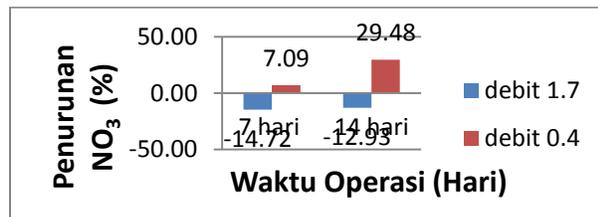
Analisa NO₃

Analisa Anova pengaruh variasi debit terhadap persentase penyisihan NO₃ (Reaktor Fitoremediasi).

Tabel 8 Analisa ANOVA (Reaktor Fitoremediasi)

One-way ANOVA: Q: 1,7, Q: 0,4					
Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	1031	1031	8.17	0.104
Error	2	252	126		
Total	3	1283			

Dari hasil perhitungan maka dapat digambarkan menjadi sebuah grafik persentase penyisihan NO₃ pada gambar 8 berikut ini.



Gambar 8 Grafik Persentase Penurunan Nilai Konsentrasi NO₃ Terhadap Waktu Operasi (Reaktor Fitoremediasi)

Berdasarkan hasil analisis statistik menggunakan Anova antara variasi debit dengan konsentrasi akhir NO₃ menunjukkan bahwa tidak adanya perbedaan nyata atau variasi debit tidak mempunyai pengaruh terhadap penyisihan NO₃. Hal ini terjadi menurut Effendi (2015) tanaman dapat mereduksi amonium lebih cepat dibandingkan nitrat. Peningkatan nilai persentase penyisihan nitrat selama pengamatan mengindikasikan terjadi proses nitrifikasi amonia oleh bakteri. Namun nitrat yang dihasilkan tidak dimanfaatkan seluruhnya oleh tanaman sehingga terjadi akumulasi di air.

Berdasarkan gambar 8. Hasil penelitian dengan debit 1,7 L/menit dan 0,4 L/menit menunjukkan bahwa terjadi penurunan nilai persentase penyisihan dikarenakan nitrat merupakan bentuk utama dari senyawa nitrogen di perairan dan merupakan nutrisi bagi pertumbuhan tanaman dan alga di air. Nitrat berasal dari oksidasi amonia menjadi nitrit dan nitrat oleh bakteri *Nitrobacter* (Hefni Effendi 2003). Waktu tinggal yang semakin lama kadar nitrat dalam limbah yang diserap enceng gondok semakin banyak. Hal ini diindikasikan semakin lama waktu tinggal maka akan memberikan kesempatan banyak pada enceng gondok untuk menyerap nitrat yang terkandung dalam air limbah (Nindita, 2015). Nitrat merupakan senyawa terpenting karena dalam senyawa ini lebih muda di

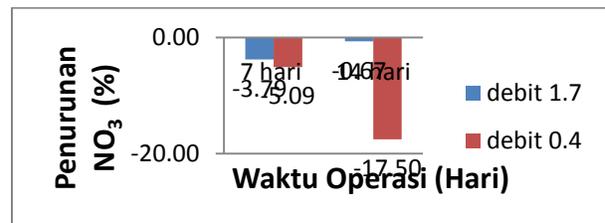
serap oleh tanaman air dan dapat digunakan sebagai proses fotosintesis (Dewi, 2012).

Analisa Anova pengaruh variasi debit terhadap persentase penyisihan NO₃ (Reaktor Filter Aerobik).

Tabel 9 Analisa ANOVA (Reaktor Filter Aerobik)

One-way ANOVA: Q: 1,7, Q: 0,4					
Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	82.2	82.2	2.01	0.292
Error	2	81.9	40.9		
Total	3	164.0			

Dari hasil perhitungan maka dapat digambarkan menjadi sebuah grafik persentase penyisihan NO₃ pada gambar 9 berikut ini.



Gambar 9 Grafik Persentase Penurunan Nilai Konsentrasi NO₃ Terhadap Waktu Operasi (Reaktor Filter Aerobik)

Berdasarkan hasil analisis statistik menggunakan Anova antara variasi debit dengan konsentrasi akhir NO₃ menunjukkan bahwa tidak adanya perbedaan nyata atau variasi debit tidak mempunyai pengaruh terhadap penyisihan NO₃. Hal ini pada reaktor filter aerobik terjadi proses aerob merupakan proses oksidasi senyawa amoniak menjadi senyawa transisi nitrit, selanjutnya diikuti proses oksidasi nitrit menjadi senyawa nitrat atau disebut proses denitrifikasi. Kemudian terjadi proses anaerob dibagian dasar reaktor. Pada tahap ini senyawa nitrit yang terbentuk dari proses oksidasi amoniak, diolah lebih lanjut menjadi nitrogen. Nitrosomonas terlibat dalam tahapan nitrifikasi yaitu tahap oksidasi ion ammonium (NH₄⁺) menjadi ion nitrit (NO₂⁻) dan Nitrobacter terlibat di dalam tahap nitrasi, yaitu tahap kedua proses nitrifikasi. Bakteri ini mengoksidasi ion nitrit menjadi ion nitrat (NO₃⁻). (Wardana, 2013).

Berdasarkan gambar 9. Hasil penelitian dengan debit 1,7 L/menit menunjukkan bahwa naiknya nilai NO₃ dipengaruhi oleh Semakin lama waktu tinggal, semakin lama pula air limbah terkontak dengan *biological film* bakteri yang telah terbentuk pada media. Hal ini menyebabkan bakteri dapat memakan zat pencemar dengan lebih mudah sehingga kandungan zat pencemar yang terdapat pada aliran effluent pun lebih kecil (Gunawan, 2012). Menunjukkan bahwa terjadi tahap nitrasi yaitu tahap oksidasi ion nitrit menjadi ion

nitrat (NO_3^-) yang dilakukan *Nitrobacter* (Wardana, 2013)

Hasil penelitian dengan debit 0,4 L/menit menunjukkan bahwa terjadi penurunan nilai presentase penyisihan NO_3^- . Penurunan efisiensi ini dapat mengindikasikan kurangnya pasokan nutrisi untuk bakteri, terutama faktor karbon sehingga kemampuan degradasi limbahnya menurun atau media biofilter yang digunakan kurang banyak, sehingga maksimum loading-nya untuk penguraian limbah terlampaui (Marsidi, 2003).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Variasi debit pada reaktor fitoremediasi dan filter aerobik berpengaruh terhadap penurunan konsentrasi bahan organik, NO_3^- dan TSS dalam air limbah dengan penurunan yang berbeda – beda setiap variasi.
2. Pada reaktor fitoremediasi dengan debit 1,7 l/m dan 0,4 l/m dimana hasil penelitian menunjukkan debit 1,7 l/m merupakan debit yang paling efektif dalam penurunan persentase BOD dan COD, dengan nilai persentase penurunan BOD sebesar 45,71%, COD sebesar 18,58 %. Sedangkan debit 0,4 l/m merupakan debit yang paling efektif dalam penurunan persentase TSS dan NO_3^- dengan nilai persentase penurunan TSS sebesar 36,15 % dan NO_3^- sebesar 29,48%.
3. Pada reaktor filter aerobik dengan debit 1,7 l/m dan 0,4 l/m dimana hasil penelitian menunjukkan debit 0,4 l/m merupakan debit yang paling efektif dalam penurunan persentase BOD dan COD, dengan nilai persentase penurunan BOD sebesar 36,76 %, COD sebesar 44,03 %. Sedangkan debit 1,7 l/m merupakan debit yang paling efektif dalam penurunan persentase TSS dan NO_3^- dengan nilai persentase penurunan TSS sebesar 50,26 % dan NO_3^- sebesar -0,67 %.

SARAN

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan mengubah variasi media sehingga dapat diketahui sejauh mana kemampuan reaktor fitoremediasi dan filter aerobik dalam menurunkan konsentrasi pencemar.
2. Dikarenakan konsentrasi bahan pencemar belum memenuhi standar baku mutu maka perlu dilakukan penelitian dengan penambahan aerasi untuk menambah jumlah oksigen terlarut dalam air limbah.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah Ibrahim Hmp, Endro Sutrisno dan Irawan Wisnu Wardana. 2013. Penggunaan Teknologi Kolam (Pond)-Biofilm Untuk Mengurangi Konsentrasi Amoniak Dalam Limbah Cair Tapioka Dengan Media Biofilter Pipa Pvc Sarang Tawon Dan Tempurung Kelapa. Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro Semarang.
- Agus Slamet Dan Ali Masduqi 2000, Satuan Proses Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan ITS. Surabaya.
- Anonim. Pergub Jatim No.72 Tahun Tentang Baku Mutu Air Limbah Industri Dan Kegiatan Usaha Lainnya Di Jawa Timur, 2013.
- Anonim. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah.
- Anonim. Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 185 Tahun 2014 Tentang Percepatan Penyediaan Air Minum Dan Sanitasi.
- Anonim. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air Dan Pengendalian Pencemaran Air.
- Anonim. 2014 Tantangan Mdgs Yang Belum Tercapai. Kementrian Koordinator Bidang Pembangunan Manusia Dan Kebudayaan. Jakarta.
- Arie Herlambang Dan Ruliasih Marsidi. 2003. Proses Denitrifikasi Dengan Sistem Biofilter Untuk Pengolahan Air Limbah Yang Mengandung Nitrat Peneliti Di Pusat Badan Pengkajian Dan Penerapan Teknologi. Jakarta.
- Asril, P dan Supriyanto. A. 2007. Pengolahan Limbah Cair dari Industri Kecil Pengolahan Tahu Secara Biofiltrasi Menggunakan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*). *Proceedings of Bogor Agricultural University's seminars*. IPB. Bogor.
- Cut Ananda, Mumu Sutisna dan Kancitra Pharmawati. 2013. Fitoremediasi Phospat Dengan Menggunakan Tumbuhan Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*) Pada Limbah Cair Indutri Kecil Pencucian Pakaian Laundri. jurusan Teknik Lingkungan, FTSP, Iteas, Bandung.
- Crites, R dan Tchobanoglous, G. (1998). *Small and decentralized wastewater management systems : wetlands and aquatic treatment*. Mcgraw-gill book. Co-singapore.
- Dahlia Arawati. Bersih Dengan Mck Komunal. Kompas.Com. Kota Malang, 2015.
- Deri., Emiyarti Dan La Ode Alirman Afu. 2013. *Heavy Metal Accumulation Of Lead (Pb) Of Mangrove Avicennia Marina Roots In Kendari Bay*. Jurnal Mina Laut Indonesia, Vol. 01, No. 01, Pp. 38– 48.
- Dwi Ancella Yudha, Achmad Zubair dan Ardy. 2013. pengolahan Limbah Buangan Industri Tahu Dengan Menggunakan Bioreaktor Biakan Melekat

- Secara Anaerob-Aerob Jurusan Sipil Fakultas Teknik, UNHAS. Makassar.
- Effendi, H., 2003, Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumberdaya Dan Lingkungan Perairan, Penerbit Kanisius, Yogyakarta.
- Erik, Petrus. Penanganan Permukiman Kumuh Dengan Pendekatan Karakteristik Dan Faktor Penyebab Kekumuhan (Studi Kasus: Permukiman Kumuh Di Kelurahan Tamansari Dan Kelurahan Braga).Perencanaan Kota Dan Wilayah, ITB, 2013.
- Evasari, 2012. Pemanfaatan lahan basah buatan dengan menggunakan tanaman tipha latifolia untuk mengelola limbah cair domestik. UI. Depok
- Evy Hendrianti Dkk. 2015. Kinerja Pengobatan Tlogomas Komunal Pengolahan Air Limbah Pabrik di Malang Kota. Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Nasional, Malang.
- Evi Hendrianti. Hasil Evaluasi Kinerja IPAL Kumunal MCK PLUS Tlogomas. Hibah Bersaing Dikti, 2015.
- Fachrurrozi, Et Al. 2010. Pengaruh Variasi Biomassa Pistastratiotesl. Terhadap Penurunan Kadar Bod, Cod, Dan Tss Limbah Cair Tahu Di Dusun Klero Sleman Yogyakarta. Universitas Ahmad Dahlan, Yogyakarta.
- Hallvard Odegaard. 1999. *The influence of the characteristics of air Waste IN OPTIONS Air Waste Treatment Methods. Faculty of Civil and Environmental Engineering, The Norwegian University of Science and Technology, N-7034.*
- Haryanti, Sri, Nintya Setiari, Rini Budi Hastuti, Endah Dwi Hastuti, Dan Yulita Nurchayati. 2009. Respon Positif Fisiologi Dan Anatomi Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes (Mart) Solm*) Di Berbagai Perairan Tercemar. Jurnal Penelitian Sains & Teknologi,
- Hasti Suprihatin. 2014. Penurunan Konsentrasi Bod Limbah Domestik Menggunakan Sistem Wetland Dengan Tanaman Hias Bintang Air (*Cyperus Alternifolius*). Jurusan Teknik Lingkungan, FTSP, Institut Teknologi Pembangunan Surabaya.
- Hefni Effendi, Bagus Amalrullah Utomo, Giri Maruto Darmawangsa dan Rebo Elfida Karo-Karo. 2015. Fitoremediasi Limbah Budidaya Ikan Lele (*Clarias Sp.*) Dengan Kangkung (*Ipomoea Aquatica*) Dan Pakcoy (*Brassica Rapa Chinensis*) Dalam Sistem Resirkulasi.
- Heny Hindriani. 2013. Kajian Peningkatan Kualitas Air Sungai Ciujung Berdasarkan Parameter Senyawa Aox (*Adsorbable Organic Halides*) Dengan Model Wasp (*Water Quality Analysis Simulation Program*) Dan Model Dinamis. Sekolah Pascasarjana IPB.
- Joanna Smyk1, Katarzyna Ignatowicz1, Joanna Struk-Sokołowska. 2015. *COD Fractions Changes During Sewage Treatment With Constructed Wetland.* Department Of Technology In Engineering And Environmental Protection, Bialystok University Of Technology, Poland.
- Katarina Kriszia Lakscitra Intansari. Dan Sarwoko Mangkoedihardjo. 2012. uji Removal BOD Dan COD Limbah Cair Tahu Dengan Fitoremediasi Sistem Batch Menggunakan Tumbuhan Coontail (*Ceratophyllum Demersum*). Jurusan Teknik Lingkungan, FTSP ITS. Surabaya.
- M. Faisal Fadhil. Evaluasi Sistem Pengolahan Air Limbah (Ipal) Komunal Berbasis Masyarakat Di Kecamatan Tamalate Kota Madya Makassar. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Makasar. Makassar, 2015.
- Mochtar Hadiwidodo, Wiharyanto Oktiawan, Alloysius Riza Primadani, Bernadette Nusye Parasmita, Dan Ismaryanto Gunawan. 2012. Pengolahan Air Lindi Dengan Proses Kombinasi Biofilter Anaerob-Aerob Dan Wetland Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Undip, Semarang.
- Nurhasmawaty Pohan. 2008. Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu Dengan Proses Biofilter Aerobik Sekolah Pascasarjana Universitas Sumatra Utara Medan.
- Putro, R. P. 2008. Studi Pengaruh Variasi Ukuran Ketebalan Media Penyaring (Pasir dan Zeolit) Untuk Mengurangi Kandungan BOD, COD dan TSS Pada Limbah Cair Tahu Dengan Metode Filtrasi. *Minor Thesis.* Fakultas Teknologi Pertanian. Universitas Brawijaya. Malang.
- Ritman, B. E dan McCarty, P. L. 2001. *Enviromental Biotechnology Principles and Applications.* McGraw Hill International Ed. New York
- Salmariza dan sofyana. 2011. Aplikasi metoda MSL (multi soil layering) untuk proses pengolahan limbah indutri edible oil. jurnal riset industri V, No 3. Padang.
- Sugiharto. (2008). *Dasar-Dasar Pengelolaan Air Limbah.* Jakarta: Universitas Indonesia Press
- Tangahu, B. V. dan warmadewanthi, I. D. A. 2001. Pengelolaan limbah rumah tangga dengan memanfaatkan tanaman cattail (*typha angustifolia*) dalam system *constructed wetland*, purifikasi, volume 2 nomor 3. ITS Surabaya.
- Velma Nindita 2015 Reduksi Kandungan Nitrat Pada Limbah Elektroplating Pt Aisin Indonesia Cikarang Selatan, Bekasi arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas PGRI Semarang.
- Yusriani Sapta Dewi. 2012. Efektivitas Jumlah Rumpun Tanaman Enceng Gondok (*Eichhornia Crassipes (Mart) Solm*) Dalam Pengendalian Limbah Cair Domestik Jakarta Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Satya Negara Indonesia.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Masalah air limbah di Indonesia menjadi isu strategis dalam pembangunan berkelanjutan, pembuangan limbah cair secara alamiah ke sungai dianggap berhasil dan tidak menimbulkan permasalahan, karena jumlah volume limbah cair tersebut masih kecil di banding dengan debit air sungai. Dengan meningkatnya volume air limbah. Menyebabkan air sungai tercemar (Soemargono, dkk.2006).

Pertumbuhan dan perkembangan kota telah memberikan dampak terhadap tingginya laju urbanisasi dan tingginya kebutuhan lahan permukiman. Salah satu dampak tersebut adalah timbulnya permukiman kumuh. Persoalan permukiman kumuh ini harus diselesaikan untuk mewujudkan lingkungan permukiman yang layak dan sesuai standar hidup pada suatu kota. Permukiman kumuh adalah permukiman yang tidak layak huni karena ketidakteraturan bangunan, tingkat kepadatan bangunan yang tinggi, dan kualitas bangunan serta sarana dan prasarana yang tidak memenuhi syarat. Perumahan kumuh adalah perumahan yang mengalami penurunan kualitas fungsi sebagai tempat hunian (Erick Sulestianson dkk. 2013). Tahun 2014 akhir dari pencapaian Millnium Development Goal (MDGs), data saat ini menunjukkan prosentase masyarakat yang mempunyai akses terhadap air bersih sebesar 67,9 % dan sanitasi 62,4 % kondisi ini bila dipertahankan Maka target MDGs tersebut dapat tercapai (<http://www.kemenkopmk.go.id>). Saat ini Pemerintah meluncurkan program 100-0-100 (100% akses air minum, 0% kawasan kumuh, 100% akses sanitasi layak). Bagaimana dijelaskan pada Perpres nomor 185 tahun 2014 tentang percepatan penyediaan air minum dan sanitasi. Pengembangan dan penerapan teknologi di bidang sanitasi mencakup pengelolaan sanitasi yang ramah lingkungan, akses yang lebih luas bagi masyarakat, kontinuitas layanan dan perlindungan dan pelestarian sumber air.

Instalasi Pengolahan Air Limbah Komunal, merupakan sistem pengolahan air limbah yang dilakukan secara terpusat (M. Faisal Fadhil, 2015) yaitu terdapat bangunan yang digunakan untuk memproses limbah cair domestik yang difungsikan secara komunal (digunakan oleh sekelompok rumah tangga) agar lebih aman pada saat dibuang ke lingkungan, sesuai dengan baku mutu lingkungan. IPAL komunal adalah tempat pengolahan air limbah domestik dalam skala besar yang dipakai secara bersama-sama oleh beberapa rumah tangga. Penggunaan IPAL komunal ini dapat mewujudkan kota yang sehat melalui pengelolaan air limbah domestik yang tepat, perlindungan kesehatan masyarakat, melindungi dan meningkatkan kualitas air tanah dan air permukaan agar dapat memenuhi kebutuhan air bersih dan pelestarian lingkungan hidup yang efisien (Diaz Palangda, 2015). IPAL Komunal MCK PLUS Tlogomas berada di bantaran Sungai Brantas, kawasan MCK terpadu tersebut berukuran 15 m x 25 m terdapat sembilan unit bangunan pengolahan air limbah dengan proses fitoremediasi menggunakan tumbuhan enceng gondok. IPAL Komunal MCK PLUS Tlogomas melayani 112 KK (Kompas, 2015). Dari hasil evaluasi diketahui tingkat penyisihan BOD, COD, TSS dan NO_3 pada MCK Plus Tlogomas sangat rendah, dibawah 15% (Hendriarianti, 2015).

IPAL Komunal dipilih untuk mengatasi permasalahan sanitasi di Kota Malang karena disadari bahwa masih sangat banyak rumah-rumah di kawasan permukiman kumuh yang belum memiliki sarana sanitasi pembuangan limbah rumah tangga yang sehat. Masih rendahnya kinerja pengelolaan air limbah, maka diperlukan penelitian untuk mengoptimisasikan proses pengolahan air limbah domestik dengan pendekatan model optimisasi menggunakan pilot plant IPAL Komunal (Hendriarianti, 2015). Pilot plant adalah suatu sistem pemrosesan dalam skala kecil yang dioperasikan untuk menghasilkan informasi dan mendapatkan data awal yang dapat digunakan sebagai acuan mengenai perilaku sistem yang digunakan dalam perancangan skala besar. Pilot plant juga dapat mengurangi resiko terkait dengan konstruksi dari proses skala besar (Yusronsugiarto, 2013).

1.2 Rumusan Masalah

Bagaimana meningkatkan kinerja pengolahan IPAL komunal MCK Plus Tlogomas dalam menurunkan parameter BOD, COD, TSS dan NO_3 dengan rakayasa debit dan waktu tinggal pada kolam Fitoremediasi dan Filter Aerobik.

1.3 Tujuan Penelitian

Melakukan optimalisasi kinerja pengolahan dalam IPAL komunal MCK Plus Tlogomas dengan rakayasa debit dan waktu tinggal pada kolam Fitoremediasi dan Filter Aerobik.

1.4 Ruang Lingkup

Studi kinerja hanya mencakup pada penurunan parameter NO_3 yang belum memenuhi kriteria pengolahan dan diambil 3 parameter utama pada air limbah yaitu BOD, COD dan TSS dengan proses kolam Fitoremediasi dan Filter Aerobik.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Air Limbah

Secara umum air limbah adalah cairan buangan yang berasal dari rumah tangga, industri maupun tempat-tempat umum lainnya. Air limbah ini biasanya mengandung bahan-bahan yang dapat membahayakan kehidupan manusia serta mengganggu kelestarian lingkungan. Berdasarkan asalnya, air limbah dapat dibedakan menjadi tiga, yaitu : air limbah domestik, air limbah industri dan air hujan (*Metcalf & Eddy, 2003*).

Air limbah menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 adalah sisa dari suatu usaha dan/atau kegiatan yang berwujud cair.

2.1.1. Sumber Air Limbah

Sugiharto (2008) membagi klasifikasi sumber air limbah menjadi dua yaitu air limbah rumah tangga (*domestic wastewater*) dan air limbah industri adalah sebagai berikut:

➤ **Limbah Rumah Tangga (Domestic Waste water)**

Limbah domestik mengandung bahan-bahan pencemar organik, nonorganik dan bakteri yang sangat potensial untuk mencemari sumber-sumber air. Sumber utama air limbah rumah tangga dari masyarakat adalah berasal dari perumahan dan daerah perdagangan.

Limbah cair domestik terbagi dalam dua kategori yaitu limbah cair domestik yang berasal dari air cucian, seperti sabun, deterjen, minyak dan peptisida dan limbah cair domestik yang berasal dari kakus, seperti sabun, shampoo, tinja dan air seni.

➤ **Air Limbah Non Domestik/Industri**

Air limbah industri merupakan air bekas pemakaian yang berasal dari daerah bukan pemukiman seperti wilayah industri, rumah sakit,

laboratorium, dan lain sebagainya. Jumlah aliran air limbah yang berasal dari industri tergantung dari jenis dan besar kecilnya industri.

2.1.2. Karakteristik Air Limbah Domestik

(Siregar, 2005) karakter air limbah meliputi sifat-sifat fisik, kimia dan biologi.

➤ Karakter fisika

Karakter fisika air limbah meliputi temperature, bau, warna dan padatan. Temperature menunjukan derajat atau tingkat panas air limbah yang diterakan dalam skala-skala. Temperatur merupakan parameter yang penting dalam pengoperasian unit pengolahan limbah karena berpengaruh terhadap proses biologi dan fisika

Bau merupakan parameter yang subjektif. Pengukuran bau tergantung dari sensitivitas indera penciuman seseorang. Kehadiran bau-bauan yang lain menunjukan adanya komponen-komponen lain dalam air limbah

Warna pada air limbah biasanya disebabkan oleh kehadiran materi-materi *dissolve*, *suspended* dan senyawa-senyawas koloidal, yang dapat dilihat dari spectrum warna yang terjadi.

➤ Karakter kimia

Karakter kimia air limbah meliputi senyawa organik dan anorganik. Senyawa organik adalah karbon yang dikombinasi dengan satu atau lebih elemen-elemen lain (O, N, P dan H) saat ini lebih dari dua juta jenis senyawa organik yang telah diketahui.

Senyawa anorganik terdiri atas semua kombinasi elemen yang bukan tersusun dari kambon organik. Karbon anorganik dalam air limbah pada umumnya terdiri atas *sand*, *grit* dan mineral-mineral, baik *suspended* maupun *dissolved*. Misalnaya klorida, ion hydrogen, nitrogen, fosfor, logam berat dan asam. Elemen-elemen yang etrdapat dalam jumlah berlebihan akan bersifat toksik dan menghalangi proses-proses biologi.

➤ Karakter Biologi

Mikroorganisme ditemukan dalam jenis yang sangat bervariasi hamper dalam semua bentuk air limbah, biasanya dengan konsentrasi 10^5 - 10^8

organisme/ml. kebanyakan merupakan sel tunggal yang bebas atau berkelompok dan mampu melakukan proses kehidupan (tumbuh, metabolisme dan reproduksi).

Secara tradisional, mikroorganisme dibedakan menjadi binatang dan tumbuhan. Namun keduanya sulit dibedakan. Oleh karena itu, mikroorganisme dimasukkan dalam kategori Protista, status yang sama dengan binatang maupun tumbuhan. Virus diklasifikasikan secara terpisah.

Keberadaan bakteri dalam unit pengolahan air limbah merupakan kunci efisiensi proses biologi. Bakteri juga berperan penting untuk mengevaluasi kualitas air.

2.2. Sistem Pengolahan Air Limbah

Pengolahan air limbah pada umumnya terdiri atas kombinasi metode pengolahan fisik, kimia dan biologi. Seluruh proses tersebut bertujuan untuk menghilangkan kandungan padatan tersuspensi, koloid dan bahan-bahan organik maupun anorganik yang terlarut.

2.2.1. Metode Fisik

Pemisahan padatan dari cairan atau air limbah merupakan tahapan pengolahan yang sangat penting untuk mengurangi beban dan mengembalikan bahan-bahan yang bermanfaat serta mengurangi resiko kerusakan akibat adanya kebuntuan pada pipa, *valve*, dan pompa. Proses ini juga mengurangi abrasivitas cairan terhadap pompa dan alat-alat ukur, yang dapat berpengaruh secara langsung terhadap biaya operasi dan perawatan peralatan.

2.2.1.1. Penyaringan

➤ Screening

Screening biasanya merupakan tahap awal pada proses pengolahan air limbah proses ini bertujuan untuk memisahkan potongan-potongan kayu, plastic, dan sebagainya. “*screen*” terdiri atas batang-batang besi yang terbentuk lurus atau melengkung dan biasanya di pasang dengan tingkat kemiringan 75^0 - 90^0 terhadap horizontal.

Efektivitas proses tergantung pada jarak antarbar (batangan-batangan besi). Pada *screen* halus jarak antarbar berkisar antara

5 mm-15 mm, pada medium *screen* antara 15 mm-50 mm, pada *screen* kasar lebih dari 50 mm (Siregar, 2005).

➤ Filtrasi

Penyaringan adalah salah satu unit operasi utama yang digunakan dalam pengolahan air limbah, dari proses pengolahan air limbah. Filtrasi sekarang digunakan secara luas untuk mencapai perpindahan tambahan padatan tersuspensi (termasuk partikulat BOD) dari limbah air limbah dari proses pengolahan biologi dan kimia. Filtrasi juga digunakan untuk menghapus fosfor kimia endapan. Kemampuan untuk merancang filter dan untuk memprediksi kinerja mereka harus didasarkan pada pemahaman tentang variabel yang mengontrol proses dan pengetahuan tentang mekanisme yang bersangkutan atau mekanisme yang bertanggung jawab untuk menghilangkan partikel dari air limbah (Metcalf & Eddy, 1991).

Menurut penelitian (Sumiyati, 2011) untuk mengetahui penurunan konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) dan kekeruhan dari air limbah domestik dengan menggunakan kombinasi *Vertical – Horizontal Roughing Filter*. Limbah yang digunakan pada penelitian ini adalah air limbah domestik artificial. Kondisi optimum penyisihan *Total Suspended Solid* (TSS) dan Kekeruhan yaitu pada debit $Q_3 = 0,0926$ l/jam dengan media filter arang ukuran halus (Θ 10-3 mm). Debit dan ukuran media filter memiliki pengaruh terhadap penurunan TSS dan Kekeruhan yang mana semakin kecil debit dan semakin kecil ukuran media filter maka penurunan TSS dan Kekeruhan semakin besar. Jenis media filter juga mempengaruhi penurunan Kekeruhan dan TSS, dimana jenis media arang memiliki efisiensi penyisihan yang lebih besar dibandingkan dengan kerikil.

Menurut penelitian (Setyobudiarso & Yuwono, 2014) filtrasi pasir aktif, adsorpsi karbon aktif serta gabungan filtrasi pasir aktif dan adsorpsi karbon aktif mampu menurunkan kekeruhan hingga batas maksimum air bersih. Karakteristik limbah *laundry* pada tekanan 1

bar memiliki nilai warna, COD dan TSS yang cenderung menurun dari menit ke 20 hingga menit ke 60 , warna nilai 138, COD 908 mg/l dan TSS 215 mg/l. Sedangkan pada tekanan 2 bar memiliki nilai warna, COD dan TSS yang cenderung menurun dari menit ke 20 hingga menit ke 60 , masing-masing masing-masing warna nilai 40, COD 746 mg/l dan TSS 210 mg/l. Air yang dihasilkan bukan merupakan air bersih tetapi aman untuk dibuang ke lingkungan.

2.2.1.2. Pengendapan

➤ Sedimentasi

Sedimentasi adalah pemisahan partikel dari air dengan memanfaatkan gaya gravitasi proses initerutama bertujuan untuk memperoleh air buangan yang jernih dan mempermudah proses penanganan lumpur. Dalam proses sedimentasi sedimentasi hanya partikel-partikel yang lebih berat dari air yang dapat terpisah. Misalnya : kerikil dan pasir, padatan pada tangki pengendapan primer, biofloc pada tangki pengendapan sekunder, floc hasil pengalihan secara kimia, dan lumpur (pada pengentalan limpur).

Bagian terpentingdalam perencanaan unit sedimentasi adalah mengetahui kecepatan pengendapan dari partikel –partikel yang akan dipindahkan. Kecepatan pengendapan di tentukan oleh ukuran, densitas larutan viskositas cairan, dan temperature (Siregar, 2005).

Menurut penelitian (Haryati, 2010) limbah outlet flokulator merupakan limbah cair yang berasal dari pengolahan air yang mengandung lumpur flok. Partikel padatnya yang berkonsentrasi 393-495 mg/L dapat di pisahkan secara sedimentasi. Proses sedimentasi yang terjadi termasuk kategori jenis pengendapan flokulan. Konsentrasi partikel padat pada level paling atas dalam perkembangan proses sedimentasi makin lama makin encer sehingga waktu pengendapan berlangsung selama 30 menit. Lapisan tersebut berupa lapisan air tanpa kandungan partikel padat. Perubahan laju pengendapan terhadap waktu pada level paling atas berupa kurva

logaritmik, sedangkan pada level paling bawah berupakiurva linier. Laju pengendapan pada level paling atas paling cepat sedangkan pada level paling bawah laju pengendapannya paling lambat. Pengaruh variasi konsentri awal pertikel padat pada limbah lumpur terhadap laju pengendapan tidak banyak terpengaruh bahkan dapat diabaikan. Pada rentang waktu tinggal antara 20-40 menit efisiensi pengendapan berkisar antara 60-80%, efisiensi pengendapan berbanding lurus dengan waktu tinggal. Tidak ada kolerasi antara konsentrasi pertikel padat dengan efisiensi pengendapan.

Menurut penelitian (Hidayah dan Karnaningroem, 2011) pola pengendapan flok pada proses sedimentasi dengan menggunakan identifikasi di laboratorium dibatasi pada kecepatan aliran laminar 0,25 cm/det agar $NRe < 2000$ dan $NFr > 10^{-5}$. Kecepatan aliran yang semakin menurun saat menuju outlet dan pengaruh massa lebih dominan daripada fluida, maka dalam kondisi aliran laminar partikel yang bertumbukan cenderung untuk mengendap sehingga terjadi peningkatan kecepatan pengendapan saat menuju outlet dan diperoleh penurunan konsentrasi kekeruhan saat menuju outlet dengan efisiensi awal 40%-80% oleh tawas, 42,5%-85% oleh PAC dan 37,5%-80% oleh campuran tawas-PAC. Selain itu dengan mengabaikan karakteristik flok, maka pengendapan flok dalam proses sedimentasi dipengaruhi oleh debit aliran, kecepatan aliran, geometri bak (ukuran panjang dan bentuk bak), dengan mengasumsi lebar dan kedalaman bak tetap serta densitas fluida konstan.

2.2.1.3. Pemisahan

➤ Flotasi

Flotasi atau pengapungan di gunakan untuk memisahkan padatan dari air. Unit flotasi digunakan jika densitas partikel lebih kecil di bandingkan dengan densitas air sehingga cenderung mengapung. Oleh karena itu, dalam proses ini perlu di tambahkan gaya ke atas dengan memasukan udara ke dalam air (Siregar, 2005)

Menurut penelitian (Widiasa dkk, 2012) proses pengolahan air limbah foodcourt dengan menggunakan proses Dissolved Air Flotation, bahwa pada tekanan 6 bar proses pemisahan air limbah menunjukkan jumlah TSS (minyak-lemak) yang lebih sedikit dibandingkan dengan variasi tekanan lainnya, hal ini menunjukkan semakin besar tekanan pada proses pemisahan dengan DAF semakin baik.

Menurut penelitian (Hermana, 2014) mengolah limbah yang mengandung minyak pelumas adalah dengan pemisahan menggunakan gravity separator yang memanfaatkan plate settler. Berdasarkan hasil penelitian, sudut kemiringan 60° dan konsentrasi minyak pelumas dalam influent 150 mg/L memberikan efisiensi tertinggi, yakni 84,93%. Sudut 60° berdasarkan hasil penelitian diketahui pula merupakan sudut yang paling optimum untuk proses pemisahan minyak pelumas dengan air

Menurut penelitian (Sugianthi, 2012) waktu optimal aerasi pada proses flotasi adalah 20 menit dengan menurunkan konsentrasi minyak sebanyak 20.433,33 mg/L (94,60%), sedangkan waktu yang diperlukan untuk menurunkan konsentrasi minyak menjadi 450 mg/L adalah 60 menit.

2.2.2. Metode Biologi

Proses biologi adalah proses-proses pengolahan air limbah yang memanfaatkan aktivitas kehidupan mikroorganisme untuk memindahkan polutan. Proses-proses biokimia juga meliputi aktivitas alami dengan berbagai keadaan. Sebagian besar air limbah, misalnya air limbah domestik, mengandung zat-zat organik sehingga proses biologi merupakan tahapan yang penting.

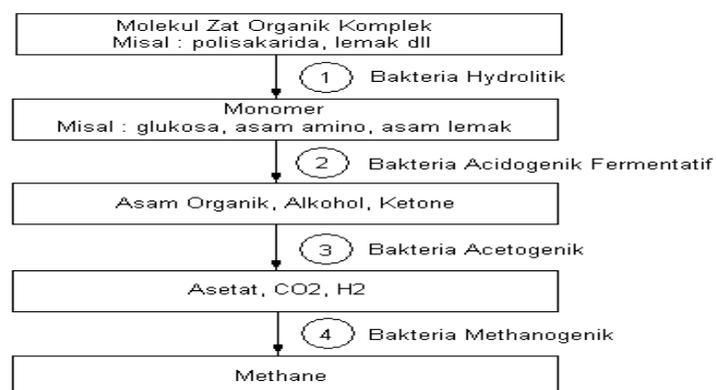
Dalam unit proses pengolahan air limbah secara biologi, diharapkan terjadi proses penguraian secara alami untuk membersihkan air sebelum dibuang (Siregar, 2005).

2.2.2.1. Proses anaerobik

Kumpulan mikroorganisme, umumnya bakteri, terlibat dalam transformasi senyawa kompleks organik menjadi metan. Lebih jauh lagi, terdapat interaksi sinergis antara bermacam-macam kelompok bakteri yang berperan dalam penguraian limbah. Keseluruhan reaksi dapat digambarkan sebagai berikut:

senyawa Organik \rightarrow CH₄ + CO₂ + H₂ + NH₃ + H₂S. Proses penguraian senyawa organik secara anaerobik secara garis besar ditunjukkan seperti pada Gambar 2.1.

Ada empat grup bakteri yang terlibat dalam transformasi material kompleks menjadi molekul yang sederhana seperti metan dan karbon dioksida. Kelompok bakteri ini bekerja secara sinergis



Gambar 2.1 : Kelompok Bakteri Metabolik Yang Terlibat Dalam Penguraian Limbah Dalam Sistem Anaerobik.

Beberapa penelitian dari berbagai negara melaporkan bahwa pemanfaatan proses anaerobik untuk pengolahan limbah domestik dan limbah industri mempunyai tingkat keberhasilan yang cukup tinggi. Karena proses anaerobik berlangsung dengan baik pada suhu sekitar 30-40°C, maka pada daerah tropis proses anaerobik ini mampu mencapai hasil pengolahan limbah yang cukup memuaskan. Pengurangan BOD dan COD bisa mencapai 70% sampai 90%. Meskipun demikian, hasil dari pengolahan anaerobik ini (terutama untuk pengolahan air limbah industri) masih relatif belum sesuai dengan ketentuan untuk dapat dibuang langsung ke badan air. Oleh karena itu, pengolahan tambahan masih diperlukan agar kualitas air hasil pengolahan cukup bagus untuk dapat dibuang langsung ke sungai (Anonim, 2011).

Berdasarkan penelitian (Handayani, 2015) *Upflow Anaerobic Sludge Bed* proses UASB dengan substrat pati menunjukkan efektivitas aklimatasi yang tinggi dibanding substrat gula. Kondisi *steady-state* akan tercapai setelah 6 hari operasional dengan efisiensi penurunan COD 91% dan OLR 25 kg COD/m³ hari. Aplikasi UASB secara kontinyu telah mampu menurunkan COD 94% dengan waktu tinggal 24 jam.

Menurut penelitian (Firly, 2005) Proses pengolahan limbah secara anaerobik menggunakan media biofilter sarang tawon mampu menurunkan polutan organik dalam limbah dan TSS dengan baik. Semakin lama waktu tinggal hidrolis dalam reaktor biofilter, maka akan semakin besar pula efisiensi penurunan yang dihasilkan. Hasil terbaik untuk efisiensi penurunan berada pada WTH 4 hari., dengan didapatkan efisiensi penurunan untuk COD 87 %, kandungan zat organik (KMnO₄) 83 %, BOD 89 %, dan TSS 96 %.

Berdasarkan hasil penelitian (Welly dkk, 2015) Reaktor kombinasi ABR-AF dapat menurunkan kandungan organik grey water dengan penurunan PV tertinggi sebesar 54,54% dan 64,75% pada Reaktor I dan Reaktor II, serta penurunan COD tertinggi sebesar 68,98% pada Reaktor II. Waktu detensi aktual reaktor berbeda dengan waktu detensi yang diperoleh

melalui perhitungan hidrolis. Berdasarkan hasil uji hydraulic loading rate, diketahui bahwa untuk debit 64 L/hari, 51,84 L/hari, dan 34,56 L/hari, waktu detensi aktual reaktor bertambah sebanyak 9,5%, 42,8%, dan 57,3% dari waktu detensi hasil perhitungan, secara berturut-turut. Penambahan beban organik (OLR) pada reaktor mengakibatkan peningkatan efisiensi removal zat organik, baik pada Reaktor I maupun Reaktor II. Untuk Reaktor I, penambahan beban zat organik (OLR) dari 0,018 sampai 0,033 kg/m³.hari menyebabkan penambahan removal PV rata-rata dari 24,95% menjadi 40,47%. Sedangkan, untuk Reaktor II, efisiensi removal rata-rata PV dan COD bertambah dari 21,65% menjadi 52,60% dan 18,94% menjadi 57,75%, secara berurutan, akibat penambahan OLR dari 0,044 kg COD/m³.hari menjadi 0,123 kg COD/m³.hari. Tidak ada pengaruh penambahan bahan organik pada perubahan removal TSS yang berfluktuasi. Paket pengolahan model kombinasi ABR-AF kurang sesuai untuk pengolahan *grey water* karena beban organik *grey water* yang terlalu kecil menyebabkan efisiensi reaktor yang kurang optimal.

2.2.2.2. Proses aerobik

Proses aerobik adalah proses yang ditandai oleh adanya molekul oksigen yang terlarut, sedangkan proses anaerobik tidak menunjukkan adanya oksigen yang terlarut. Perbedaan akan keberadaan oksigen ini mengakibatkan dua rantai reaksi biokimia yang berbeda.

Unsur-unsur penting dalam bahan-bahan organik yang terdapat dalam limbah, misalnya substrat, adalah hidrogen, karbon, oksigen, dan nitrogen. Pada tahap pertama, senyawa-senyawa organik diambil oleh bakteri, kemudian senyawa-senyawa organik dikonversikan ke dalam masa bakteri sehingga menghasilkan air, karbondioksida, dan amonia. Pada tahap yang lebih lanjut, amonia dapat dikonversikan oleh bakteri, yakni dinitrifikasi menjadi nitrit (NO₂) dan nitrat (NO₃) (Siregar, 2005).

Menurut penelitian (Said, 2005) Proses biofilter menggunakan media plastik bio-ball dapat digunakan untuk mengolah air limbah pencucian dan pewarnaan jeans dengan hasil yang baik. Efisiensi

penghilangan polutan dipengaruhi oleh waktu tinggal hidrolis di dalam reaktor atau beban pengolahan (beban organik). Semakin lama waktu tinggal hidrolis (WTH) di dalam reaktor biofilter atau semakin besar beban pengolahan (*loading*) efisiensi penghilangan semakin kecil.

Pengolahan air limbah industri pencucian tekstil dengan proses biofilter anaerob-aerob menggunakan media bio-ball dengan kondisi waktu tinggal 1-3 hari di dapatkan efisiensi penghilangan COD, BOD, SS dan Warna masing-masing yakni : COD 78 – 91 %, BOD 85 – 92 %, total zat padat tersuspensi (TSS) 80 – 93 %, dan warna 48 – 57 %. Makin kecil waktu tinggal di dalam reaktor biofilter efisiensi penghilangan juga semakin kecil. Pengolahan dengan proses biofilter secara umum dapat menghilangkan polutan organik dan TSS dengan baik, tetapi untuk penghilangan warna kurang efektif.

Menurut penelitian (Wardana dkk, 2011) Adanya pengaruh waktu tinggal terhadap penurunan konsentrasi Amoniak, Nitrit dan Nitrat dalam limbah cair tapioka. Semakin lama waktu tinggal air limbah di dalam reaktor, maka semakin besar pula efisiensi penurunan yang dihasilkan. Efisiensi penurunan Amoniak, Nitrit dan Nitrat tertinggi sebesar 89,40%, 99,06%, 99,09% pada waktu tinggal 5 jam dalam reaktor drum.

Menurut penelitian (Firly, 2005) Penambahan proses secara aerobik setelah proses anaerobik, dengan kecepatan aerasi sebesar 2 L/menit, mampu meningkatkan efisiensi penurunan total polutan organik dan TSS. untuk WTH 2 hari dan 4 hari masing- masing sebesar; COD 86 – 90 %, kandungan zat organik (KMnO₄) 81 – 88 %, BOD₅₂₀ 85 – 90 %, dan TSS 94 – 96 %. Ini menunjukkan bahwa proses anaerobik memberikan kontribusi terbesar dalam pengolahan limbah dibandingkan dengan proses aerobik yang hanya memberikan kontribusi sekitar 6 – 10 %.

2.2.2.3. Proses Menggunakan Media Tanam

Wetland merupakan sistem yang termasuk pengolahan alami, dimana terjadi aktivitas pengolahan sedimentasi, filtrasi, transfer gas, adsorpsi, pengolahan kimiawi dan biologi, karna aktifitas mikroorganisme dalam tanah dan aktivitas tanaman (Metcalf & Eddy, 1991)

Suatu sistim dimana tanaman tertentu yang bekerjasama dengan micro-organisme dalam media (tanah, koral dan air) dapat mengubah zat kontaminan (pencemar/polutan) menjadi kurang atau tidak berbahaya bahkan menjadi bahan yang berguna secara ekonomi.

Proses fitoremediasi secara umum dibedakan berdasarkan mekanisme fungsi dan sruktur tumbuhan, yaitu sebagai berikut

- Phytoacumulation (phytoextraction) yaitu proses tumbuhan menarik zat kontaminan dari media sehingga berakumulasi disekitar akar tumbuhan. Proses ini disebut juga Hyperacumulation
- Rhizofiltration (rhizo= akar) adalah proses adsorpsi atau pengendapan zat kontaminan oleh akar untuk menempel pada akar. Percobaan untuk proses ini dilakukan dengan menanam bunga matahari pada kolam mengandung radio aktif untuk suatu test di Chernobyl, Ukraina.
- Phytostabilization yaitu penempelan zat-zat contaminan tertentu pada akar yang tidak mungkin terserap kedalam batang tumbuhan. Zat-zat tersebut menempel erat (stabil) pada akar sehingga tidak akan terbawa oleh aliran air dalam media.
- Rhyzodegradetion disebut juga enhanced rhezosphere biodegradation, or plentedassisted bioremediation degradation, yaitu penguraian zat-zat kontaminan oleh aktivitas microba yang berada disekitar akar tumbuhan. Misalnya ragi, fungi dan bakteri.
- Phytodegradation (phyto transformation) yaitu proses yang dilakukan tumbuhan untuk menguraikan zat kontaminan yang mempunyai rantai molekul yang kompleks menjadi bahan yang tidak berbahaya dengan dengan susunan molekul yang lebih sederhana yang dapat berguna bagi pertumbuhan tumbuhan itu sendiri. Proses ini dapat berlangsung pada

daun , batang, akar atau diluar sekitar akar dengan bantuan enzim yang dikeluarkan oleh tumbuhan itu sendiri. Beberapa tumbuhan mengeluarkan enzim berupa bahan kimia yang mempercepat proses proses degradasi.

- Phytovolatilization yaitu proses menarik dan transpirasi zat kontaminan oleh tumbuhan dalam bentuk yang telah larutan terurai sebagai bahan yang tidak berbahaya lagi untuk selanjutnya di uapkan ke admosfir. Beberapa tumbuhan dapat menguapkan air 200 sampai dengan 1000 liter perhari untuk setiap batang (kirmantenggarong.files.com).

Berdasarkan penelitian (Susanawati) pengaruh Pistia stratiotes L. Dalam pengolahan limbah cair domestik menunjukkan adanya peningkatan nilai BOD maksimal sebesar 45,35% pada perlakuan A6B2, penurunan nilai COD maksimal sebesar 65,06% pada perlakuan A6B2, penurunan nilai TSS maksimal sebesar 19,99% pada perlakuan A6B2, nilai pH maksimum sebesar 8,50 pada perlakuan A3B2, dan penurunan nilai minyak dan lemak maksimum sebesar 37,10% pada perlakuan A6B2. Perlakuan lama waktu retensi 6 hari dengan aerasi (A6B2) paling efisien dalam pengolahan limbah cair domestik dengan tanaman kayu apu.

Berdasarkan penelitian (Hakim, 2012) ada perbedaan rata-rata TSS sebelum dan sesudah 2 hari, 4 hari dan 6 hari pada perlakuan dengan tanaman eceng gondok, rata-rata penurunan kadar TSS sebesar 37% pada perlakuan selama 2 hari, 61% pada perlakuan selama 4 hari, 79% pada perlakuan selama 6 hari. Setiap lama hari perlakuan mengalami penurunan dan prosentase penurunan terbesar terjadi pada hari ke-6 perlakuan sebesar 79%. Analisis lebih lanjut membuktikan bahwa ada perbedaan kadar rata-rata TSS yang signifikan antara 2 hari, 4 hari, dan 6 hari perlakuan.

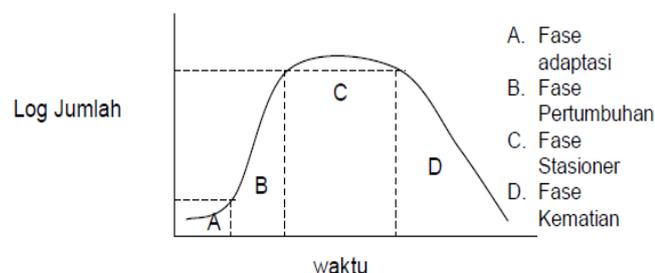
Berdasarkan penelitian (pharmawati, 2013) hasil penelitian menunjukkan pengolahan limbah Hotel Aston Braga City Walk dengan proses fitoremediasi menggunakan tumbuhan eceng gondok cukup optimal dalam penyisihan parameter BOD, TSS dan kekeruhan. Dengan kata lain, proses fitoremediasi ini dapat diaplikasikan sebagai proses pengolahan

limbah cair Hotel Aston Braga City Walk. Perlakuan III menghasilkan nilai efisiensi tertinggi yaitu 84,48 % untuk penyisihan BOD, 89,95% untuk penyisihan TSS, dan 87,76 % untuk penyisihan kekeruhan. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa jumlah eceng gondok yang digunakan memberikan pengaruh terhadap nilai efisiensi pengolahan. Waktu kontak yang paling optimum adalah hari ke-6 dimana untuk setiap perlakuan baik perlakuan I, II maupun III, nilai efisiensi yang ditunjukkan pada hari ke-6 merupakan nilai efisiensi tertinggi.

Berdasarkan penelitian (Evasari, 2012) Tanaman *Typha latifolia* dengan umur 1 bulan dan jarak antar tanaman 10 cm memiliki kinerja yang cukup baik dalam pengolahan limbah cair domestik dengan sistem lahan basah buatan tipe aliran bawah permukaan (*subsurface*) dengan menggunakan media lumpur dan kerikil. Efektivitas rata-rata tanaman *Typha latifolia* dalam mereduksi BOD setelah $t = 20$ hari adalah 82,38% dan dapat mencapai 96,2%; COD adalah 83,56% dan dapat mencapai 94%; TSS adalah 82,71% dan dapat mencapai 91,5%; dan MBAS adalah 34,82% dan dapat mencapai 70,6%.

2.3. Fase kehidupan mikroba

Fase dalam pertumbuhan bakteri telah dikenal luas oleh ahli mikrobiologi. Terdapat 4 fase pertumbuhan bakteri ketika ditumbuhkan pada kultur curah (batch culture), yaitu fase adaptasi (lag phase), fase perbanyakkan (exponential phase), fase statis (stationer phase), dan fase kematian (death phase).



Gambar 2.2. Fase pertumbuhan mikroba

- Fase Adaptasi (Lag phase) Pada fase ini tidak ada penambahan populasi. Sel mengalami perubahan dalam komposisi kimiawi dan bertambah ukurannya, substansi interaseluler bertambah. Pada fase adaptasi tidak dijumpai penambahan jumlah sel. Akan tetapi terjadi pertambahan volume sel.
- Fase Perbanyak (Logaritma atau eksponensial) Pada fase ini pembiakan bakteri berlangsung paling cepat. Jika kita ingin mengadakan piaraan yang cepat tumbuh, maka bakteri dalam fase ini baik sekali untuk dijadikan inokulum. Sel akan membelah dengan laju yang konstan, massa menjadi dua kali lipat dengan laju yang sama, aktivitas metabolit konstan dan keadaan pertumbuhan yang seimbang. Setelah memperoleh kondisi ideal dalam pertumbuhannya, sel melakukan pembelahan. Karena pembelahan sel merupakan persamaan eksponensial, maka fase itu disebut juga fase eksponensial. Pada fase perbanyak jumlah sel meningkat pada batas tertentu (tidak terdapat pertumbuhan bersih jumlah sel),
- Fase Statis/Konstan Pada fase ini terjadi penumpukan produk beracun dan atau kehabisan nutrisi. Beberapa sel mati sedangkan yang lain tumbuh dan membelah. Jumlah sel hidup menjadi tetap. Fase ini menunjukkan jumlah bakteri yang berbiak sama dengan jumlah bakteri yang mati, sehingga kurva menunjukkan garis yang hampir horizontal
- Fase Kematian Pada fase ini sel menjadi mati lebih cepat dari pada terbentuknya sel-sel baru, laju kematian mengalami percepatan menjadi eksponensial bergantung pada spesiesnya, semua sel mati dalam waktu beberapa hari atau beberapa bulan (<http://elearning.upnjatim.ac.id>)

2.4. Metode Pengolahan Data

Analisis data merupakan salah satu proses penelitian yang dilakukan setelah semua data yang diperlukan guna memecahkan permasalahan yang diteliti sudah diperoleh secara lengkap.

2.3.1. Analisis Deskriptif

Analisis statistik deskriptif adalah statistik yang digunakan untuk menganalisis data dengan cara mendeskripsikan atau menggambarkan data yang telah terkumpul sebagaimana adanya tanpa bermaksud membuat kesimpulan yang berlaku untuk umum atau generalisasi. Analisis ini hanya berupa akumulasi data dasar dalam bentuk deskripsi semata dalam arti tidak mencari atau menerangkan saling hubungan, menguji hipotesis, membuat ramalan, atau melakukan penarikan kesimpulan (<http://staff.uny.ac.id/>).

2.3.2. Analisis Varian (ANOVA) Desain Faktorial

Prosedur analisis varians (Analysis of Variance—ANOVA) menggunakan variabel numerik tunggal (single numerical variable) yang diukur dari sejumlah sampel untuk menguji hipotesis nol dari populasi yang (diperkirakan) memiliki rata-rata hitung (mean) sama. Variabel dimaksud harus berupa variabel kuantitatif. Variabel ini terkadang dinamakan sebagai variabel terikat (dependent variable). Hipotesis nol (H_0) dalam uji ANOVA adalah bahwa semua (minimal 3) populasi yang sedang dikaji memiliki rata-rata hitung (mean) sama. Ringkasnya, hipotesis nol (H_0) dan hipotesis alternatif (H_1) dalam ANOVA adalah:

$$H_0 : 1 = 2 = 3 = \dots = n$$

H_1 : Tidak semua populasi memiliki rata-rata hitung (mean) sama.

Analisis varians (Analysis of Variance—ANOVA) adalah prosedur statistika untuk mengkaji (mendeterminasi) apakah rata-rata hitung (mean) dari 3 (tiga) populasi atau lebih, sama atau tidak.

Dalam uji ANOVA, bukti sampel diambil dari setiap populasi yang sedang dikaji. Data-data yang diperoleh dari sampel tersebut digunakan untuk menghitung statistik sampel. Distribusi sampling yang digunakan untuk

mengambil keputusan statistik, yakni menolak atau menerima hipotesis nol (H_0), adalah DISTRIBUSI F (F Distribution).

Dalam uji ini diasumsikan bahwa semua populasi yang sedang dikaji memiliki keragaman atau varians (variance) sama tanpa mempertimbangkan apakah populasi-populasi tersebut memiliki rata-rata hitung (mean) sama atau berbeda. Ada 2 (dua) cara atau metode dalam mengestimasi nilai varians ini, yakni metode dalam kelompok (within method) dan metode antar-kelompok (between method).

Langkah akhir dari uji ANOVA adalah menghitung rasio antara metode antarkelompok (between method) sebagai numerator (faktor yang dibagi) dan metode dalam kelompok (within method) sebagai denominator (faktor pembagi). Jika hipotesis nol benar (diterima), rasio di atas berisikan dua hasil estimasi yang terpisah dari populasi yang memiliki varians sama dan, karenanya, berasal dari distribusi F. Namun demikian, jika rata-rata hitung (mean) populasi yang dikaji tidak sama, hasil estimasi dalam numerator akan mengembung sehingga rasionya akan menjadi sangat besar. Jelas bahwa rasio demikian, dengan membandingkannya dengan distribusi F, tidak berasal dari distribusi F, dan hipotesis nol akan ditolak. Uji hipotesis dalam ANOVA adalah uji hipotesis bersisi-satu (one-tailed) di mana nilai statistik F yang besar akan mengarah ke ditolaknya hipotesis nol, sementara nilai statistik F yang kecil akan mengarah ke penerimaan hipotesis nol (Sugiharto, 2009)

2.3.3. Analisis Korelasi

Koefisien korelasi *Pearson* berguna untuk mengukur tingkat keeratan hubungan linier antara 2 variabel. Nilai korelasi berkisar antara -1 sampai +1. Nilai korelasi negatif berarti hubungan antara 2 variabel adalah negatif. Artinya, apabila salah satu variabel menurun maka variabel lainnya akan meningkat. Sebaliknya, nilai korelasi positif berarti hubungan antara kedua variabel adalah positif. Artinya, apabila salah satu variabel meningkat, maka variabel lainnya akan meningkat. Suatu variabel dikatakan kuat apabila

semakin mendekati 1 atau -1. Sebaliknya, suatu hubungan antara 2 variabel dikatakan lemah apabila semakin mendekati 0 (nol).

Hipotesis

Hipotesis untuk uji korelasi adalah :

Ho : $\rho = 0$

H1 : $\rho \neq 0$

Ho diterima jika

- $r_{hitung} \leq r_{table} (\alpha, n-2)$ atau
- $t_{hitung} \leq t_{table} (\alpha, n-2)$

H1 diterima jika

- $r_{hitung} > r_{table} (\alpha, n-2)$ atau
- $t_{hitung} > t_{table} (\alpha, n-2)$

2.3.4. Analisis Regresi

Model regresi memiliki variabel respon (y) dan variabel prediktor (x). Variabel respon adalah variabel yang dipengaruhi suatu variabel prediktor. Variabel respon sering dikenal variabel *dependent* karena peneliti tidak bisa bebas mengendalikannya. Kemudian variabel prediktor digunakan untuk memprediksi nilai variabel respon yang sering disebut variabel *independent* karena peneliti bebas mengendalikannya (Iriawan dan Astuti, 2006).

Kedua variabel dihubungkan dalam bentuk persamaan matematika secara umum bentuk persamaan regresi dinyatakan sebagai berikut :

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \mathcal{E}$$

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Jenis Penelitian

Penelitian ini termasuk dalam penelitian Laboratorium, yang dilaksanakan dalam skala laboratorium. Adapun jenis penelitian yang dilakukan adalah dengan percobaan rekayasa debit dan waktu tinggal dalam menurunkan konsentrasi parameter NO_3 , BOD, COD dan TSS, menggunakan teknologi Bak Fitoremediasi dan Filter Aerobik.

3.2. Lokasi Penelitian

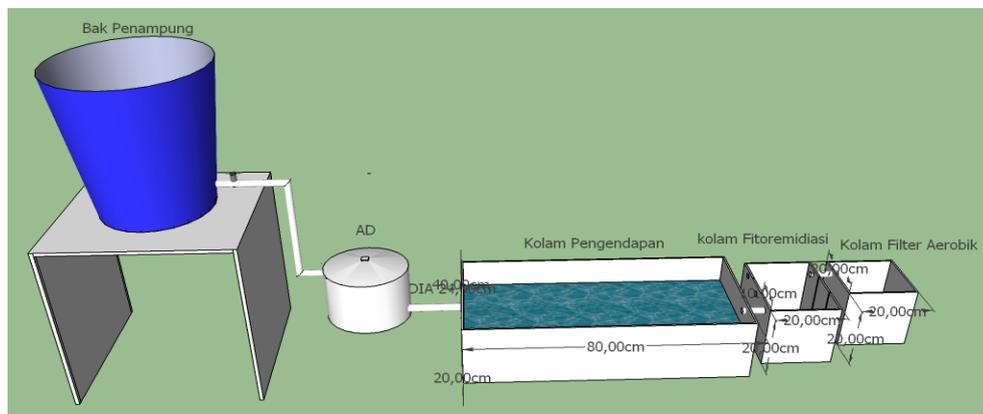
Adapun lokasi-lokasi yang digunakan sebagai tempat penelitian adalah sebagai berikut :

1. Outlet sistem penyaluran air limbah Kelurahan Tlogomas, sebagai titik pengambilan sampel air limbah.
2. IPAL Komunal MCK PLUS merupakan tempat penelitian.

3.3. Alat dan Bahan Penelitian

3.3.1. Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian adalah pilot plant MCK PLUS Tlogomas yang terdiri dari beberapa unit pengolahan dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1. Pilot Plant MCK PLUS Tlogomas

a) Bak Penampung Limbah

Bak dengan kapasitas ± 200 liter dan debit yang dialirkan sebesar 0,4 l/m yang digunakan untuk menampung limbah cair domestik yang akan diolah. Limbah cair domestik dialirkan secara gravitasi dengan menggunakan selang. Untuk mengatur debit aliran digunakan *Valve*.

b) Bak Anaerobic Digestion

Bak anaerobic digestion dengan kapasitas 0,01 m³. Proses pengolahan senyawa – senyawa organik yang terkandung dalam limbah menjadi gas metana dan karbon dioksida tanpa memerlukan oksigen, yang berfungsi sebagai pengolahan pendahuluan. Mempunyai dimensi sebagai berikut :

- Diameter : 24 cm
- Tinggi : 20 cm
- Q : 0,4 l/m
- Td : 25 menit

c) Kolam Pengendapan

Kolam dengan kapasitas 0,06 m³, digunakan untuk mengendapkan partikel lumpur, pasir dan kotoran organik tersuspensi. Selain sebagai bak pengendapan, juga berfungsi sebagai bak pengurai senyawa organik yang berbentuk padatan, sludge digestion (pengurai lumpur) dan penampung lumpur. Mempunyai dimensi sebagai berikut:

- Panjang : 80 cm
- Lebar : 40 cm
- Tinggi : 20 cm
- Q : 0,4 l/m
- Td : 175 menit

d) Bak Fitoremediasi

Bak fitoremediasi ini berkapasitas $0,01 \text{ m}^3$, berdasarkan penelitian-penelitian sebelumnya tumbuhan Enceng Gondok ini memiliki kemampuan untuk mengolah limbah, baik itu berupa logam berat, zat organik maupun anorganik. mempunyai dimensi sebagai berikut:

- Panjang : 20 cm
- Lebar : 30 cm
- Tinggi : 20 cm
- Q : 0,4 l/m
- Td : 11 menit

e) Filter Aerobik Dengan Media Botol Yakult dan Botol Kecap

Filter aerobik mempunyai kapasitas 0,01, untuk menguraikan polutan organik dalam air limbah mempunyai dimensi sebagai berikut:

- Panjang : 20 cm
- Lebar : 20 cm
- Tinggi : 20 cm
- Q : 0,4 l/m
- Td : 22 menit

3.3.2. Bahan

- a. Air limbah diambil pada outlet sistem penyaluran air limbah Kelurahan Tlogomas.
- b. Media enceng gondok untuk kolam fitoremediasi
- c. Media botol kecap dan yakult sebagai filter aerobik.

3.4. Simulasi, Kalibrasi Dan Validasi

- **Simulasi**

Mensimulasi arah aliran air limbah yang masuk ke dalam unit –unit pengolahan di dalam pilot plant sesuai dengan keadaan yang ada di IPAL MCK PLUS Tlogomas.

- **Kalibrasi**

Kalibrasi dilakukan untuk menyesuaikan air limbah yang masuk ke setiap unit-unit pengolahan sesuai waktu tinggal dan debit yang telah ditentukan

- **Validasi**

Validasi dilakukan untuk memastikan aliran air limbah yang masuk dalam setiap unit-unit pengolahan sesuai dengan hasil perhitungan debit dan waktu tinggal

3.5. Simulasi Skenario Proses Operasi

Tahap – tahap proses operasi :

- a) Susun enceng gondok, botol yakult dan botol kecap di dalam reaktor masing-masing.
- b) Uji coba aliran di pilot plant.
- c) Air limbah dari inlet MCK PLUS Tlogomas di tampung dalam Bak Penampung.
- d) Mengatur *valve* sehingga air limbah yang keluar sesuai dengan debit yang terdapat pada Variabel bebas.
- e) Pengambilan sampel untuk analisa awal.
- f) Air limbah di alirkan secara gravitasi ke Bak Anaerobik Digestion, Bak Pengendapan, Bak Fitoremediasi dan Bak Filter Aerobik.
- g) Pengambilan sampel di Bak Anaerobik Digestion, Bak Pengendapan, Bak Fitoremediasi dan Bak Filter Aerobik sesuai dengan waktu tinggal di masing-masing unit pengolahan.

3.6. Variabel Penelitian

1. Variabel terikat (*Dependent Variable*)

Parameter yang diteliti adalah

- NO₃
- COD
- BOD
- TSS

2. Variabel bebas (*Independent Variable*)

➤ Variasi 1 (set up desain)

- Waktu tinggal : 0,1 jam
- Debit : 1,7 liter/menit

➤ Variasi 2 (set up operasi/output program dinamis)

- Waktu tinggal : 0,4 jam
- Debit : 0,4 liter/menit

3.7. Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan. Tahapan-tahapan tersebut adalah sebagai berikut :

3.7.1. Proses Sampling

Pengambilan sampel dilakukan pada 2 variasi waktu yang berbeda, karena pada waktu tersebut dapat mewakili semua aktifitas pembuangan air limbah. Sehingga air limbah yang dihasilkan memiliki volume yang besar dan mencukupi kebutuhan pengambilan sampel.

1. Persiapan pengambilan sampel

Yang harus dipersiapkan dalam pengambilan sampel adalah wadah untuk mengambil sampel. Wadah yang akan digunakan untuk mengambil sampel harus bersih dan tidak boleh mengandung sisa-sisa dari bekas sampel terdahulu, terutama tumbuhnya lumut dan jamur harus dicegah sekaligus kontaminasi dari logam. Wadah pengambil sampel setelah dibersihkan dibilas terlebih dahulu dengan aquadest.

2. Pengambilan sampel

Titik sampling dilakukan pada outlet sistem penyaluran air limbah Kelurahan Tlogomas, karena sampel air buangan yang diambil harus homogen maka sebelum melakukan pengambilan sampel air pada bakteri sebut diaduk terlebih dahulu agar homogen.

3.7.2. Persiapan Media Filter

Sebelum penelitian dilakukan, persiapan dan perlakuan terhadap alat dan media yang akan digunakan haruslah menjadi suatu perhatian yang penting agar penelitian dapat berjalan sesuai dengan perencanaan. Media-media yang akan digunakan harus diperhatikan dan diperlakukan sesuai dengan kriteria yang telah direncanakan. Sebelum media digunakan, seperti botol kecap dan botol yakult harus dicuci sebelum dimasukkan ke dalam filter. Hal ini bertujuan untuk agar media yang digunakan dalam keadaan bersih dan steril dari bakteri dan kotoran lainnya.

Tahap pengeringan media botol kecap dan yakult dilakukan, proses Aktifasi sesuai prosedur di bawah ini:

1. Media dicuci dengan air bersih sampai kotoran yang menempel pada media hilang.
2. Di keringkan dibawah sinar matahari selama 24 jam

Tahap pemilihan tanaman fitoremediasi :

1. Di pilih tanaman enceng gondok yang masih muda sehat dan segar.
2. Panjang akar tanaman enceng gondok sekitar 4-6 cm.

3.7.3. Persiapan Alat

Mengatur ketinggian media pada masing- masing reaktor. Setelah itu debit air yang masuk diatur dengan cara, siapkan bak penampung influen lalu hubungkan dengan bak pengatur debit. Lalu atur ketinggian muka air pada bak pengatur debit agar debit yang disalurkan ke reaktor tetap tidak berubah-ubah. Kemudian buka valve secara perlahan dan tampung air yang keluar dari valve selama 1 menit.

3.7.4. Pengujian Sampel Awal

Air limbah yang digunakan sebagai objek penelitian ini diambil dari air limbah Domestik Kelurahan Tlogomas. Sebelum memulai penelitian ini, dilakukan pengujian sampel awal konsentrasi BOD, COD, TSS dan NO₃, dimana uji awal tersebut digunakan sebagai acuan penelitian sampel berikutnya.

3.7.5. Aklimatisasi

Aklimatisasi merupakan proses penyesuaian diri oleh mikroorganisme terhadap lingkungan barunya dan berakhir ketika proses adaptasi sejumlah bakteriaktif dengan air limbah telah menunjukkan kestabilan.

Analisa terhadap bahan organik dilakukan untuk mengetahui perkembangan penguraian bahan organik. Kegiatan ini dilakukan melalui pengukuran permanganat value (PV) selama aklimatisasi sampai kondisi *steady state* dicapai. Kondisi *steady state* merupakan suatu kondisi dimana penyisihan zat organik yang dikonsumsi oleh mikroorganismenya mendekati harga yang stabil atau konstan. Apabila selisih penurunan bahan organik selama tiga hari berturut-turut relatif stabil dengan perbedaan tidak lebih dari 10 % maka dapat dikatakan bahwa kondisi telah *steady state*.

Untuk mengetahui bahan organik digunakan persamaan :

$$\text{Penyisihan Bahan Organik} = \frac{\text{konsentrasi Awal} - \text{Konsentrasi Akhir}}{\text{Konsentrasi Awal}} \times 100 \%$$

3.7.6. Permanganat Value

Pemeriksaan PV atau *Permanganat Value* merupakan salah satu cara untuk menentukan kadar zat organik dalam sampel. Selama proses aklimatisasi metode ini yang dipakai untuk mengukur konsentrasi zat organik.

3.8. Analisis Parameter

3.8.1. COD

COD merupakan analisis penentuan besarnya oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi senyawa organik secara kimiawi. Hasil analisis COD menunjukkan kandungan senyawa organik yang terdapat dalam limbah. Analisis dilakukan dengan metode bikromat.

3.8.2. BOD

BOD merupakan analisis yang menentukan jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh mikroba aerobik untuk mengoksidasi bahan organik karbon dalam contoh uji air limbah, effluen atau air yang tercemar yang tidak mengandung atau yang telah dihilangkan zat-zat toksik dan zat-zat pengganggu lainnya. Pengujian dilakukan pada suhu $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ selama 5 hari \pm 6 jam.

3.8.3. TSS

Prosedur analisis konsentrasi tss dilakukan dengan metode gravimetri. Dengan prinsip bila zat padat dalam menempel dipisahkan dengan menggunakan filter kertas dan kemudian zat padat yang tertahan pada filter dikeringkan pada suhu 105°C . Berat residu yang didapatkan adalah zat padat tersuspensi.

3.8.4. NO_3

Metode elektroda selektif ion nitrat untuk pengujian nitrat dalam air. Telah dilakukan penelitian pengujian nitrat-nitrogen ($\text{NO}_3\text{-N}$) dengan metode potensiometri elektroda selektif ion (esi) menggunakan potensiometer metrohm dengan elektroda selektif ion nitrat dan pembanding Ag/AgCl . Kurva standar dibuat dengan kisaran konsentrasi 1-50 ppm dalam larutan pengatur kuat ion (NH_4) 2SO_4 , Asam borat, asam sulfamat. Dari kurva standar diperoleh hubungan linier antara $\log(\text{NO}_3\text{-N})$ terhadap potensial (mv) pada kisaran konsentrasi 2-50 ppm, faktor nernst antara 49 – 52 mv perdekade, waktu tanggap elektroda 5 menit. Validasi metode dilakukan dengan menentukan akurasi, presisi dan batas deteksi.

3.9. Analisis Data

Analisis data dilakukan untuk mengetahui bahwa data yang didapat pada penelitian yang dilakukan tersebut layak atau tidak untuk digunakan. Analisa data statistik hasil penelitian dilakukan dengan dua metode yaitu analisis data dengan metode deskriptif dan analisis data dengan metode Analysis Of Variances (ANOVA) kategori Two-Way. Analisis deskriptif dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan gambaran dari sampel hasil penelitian yang ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik sedangkan analisa dengan ANOVA digunakan untuk mengetahui perbedaan nyata atau tidak secara statistik.

3.10. Pembahasan

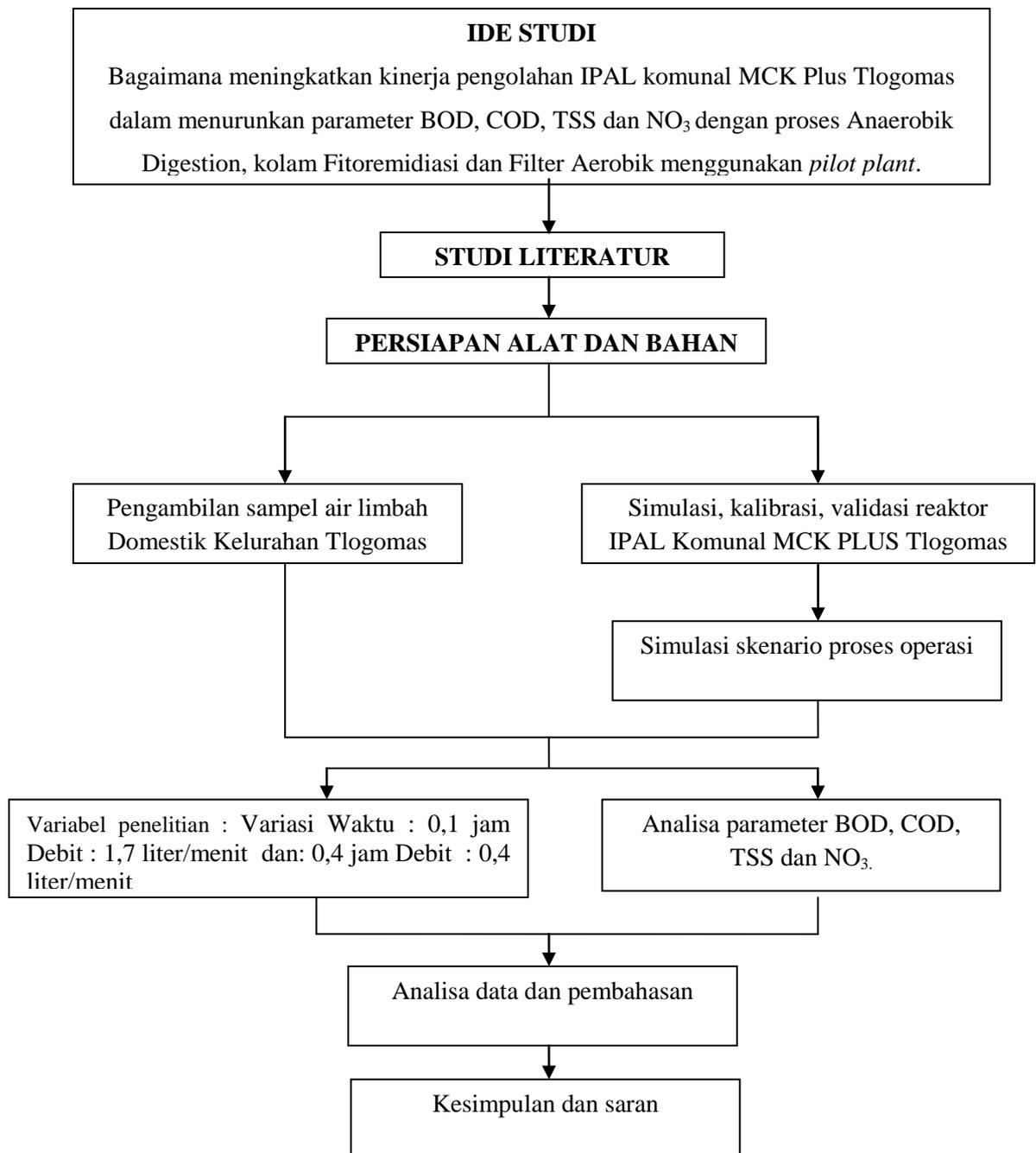
Pembahasan memuat data utama, data peneunjang dan data pelengkap yang di perlukan untuk memperkuat hasil penelitian. Kemudian baru di ikuti hasil analisa statistik, dalam bab ini sekaligus juga di sajikan pembahasan tentang mengapa terjadi hasil yang dapat menurunkan parameter BOD, COD, TSS dan NO_3 , bagaimana kaitan dengan teori dan hasil penelitian terdahulu.

3.11. Kesimpulan Dan Saran

Kesimpulan berisi hasil-hasil utama dalam hubungannya dengan tujuan dan hipotesis yang dirumuskan. Apakah tujuan melakukan optimalisasi kinerja pengolahan dalam IPAL komunal MCK Plus Tlogomas dengan rekayasa debit dan waktu tinggal pada kolam Fitoremidiasi dan Filter Aerobik telah di capai atau hipotesis telah terbukti kebenarannya. Saran memuat penjelasan apakah perlu dilakukan penelitian lebih lanjut atas dasar penelitian yang diperoleh

3.12. Kerangka Penelitian

Tahapan pelaksanaan penelitian dapat dilihat pada gambar 3.2.



Gambar 3.2. Kerangka Penelitian

BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1. Karakteristik Limbah Domestik Kelurahan Tlogomas

Limbah cair yang digunakan pada penelitian adalah limbah cair yang berasal dari RT 03 RW 07 Kelurahan Tlogomas Kecamatan Lowokwaru Kota Malang. Letak pengambilan sampel berada pada inlet IPAL bertujuan untuk mewakili kondisi awal air limbah sebelum proses pengolahan, jika dilihat secara fisik air limbah domestik berwarna keruh dan kekuning-kuningan biasanya di sebabkan oleh kehadiran materi-materi dissolved, suspended dan koloid dapat dilihat dari spektrum warna, serta menimbulkan bau tidak sedap disebabkan oleh bahan organik yang dapat membusuk oleh aktivitas mikroorganisme di dalam air. Pada penelitian ini terdapat empat parameter karakteristik air limbah yang diukur di laboratorium yaitu TSS digunakan untuk menentukan residu dari padatan total dalam air limbah, efisiensi proses dan beban unit proses. BOD dan COD bermanfaat untuk mengetahui apakah air limbah tersebut mengalami biodegradasi dan teroksidasi atau tidak, nilai COD selalu lebih besar dari BOD karena senyawa lebih mudah teroksidasi secara kimia dari pada secara biologi. NO_3 bentuk senyawa nitrogen berasal dari sampah, kotoran manusia dan binatang, merupakan senyawa yang stabil. Hasil analisis karakteristik air limbah domestik dapat di lihat pada tabel 4.1 di bawah ini.

Tabel 4.1 Karakteristik Limbah Domestik Kelurahan Tlogomas

No	Parameter	Satuan	Hasil Analisa	Standar Baku Mutu *
1	BOD	mg/L	378,4	30
2	COD	mg/L	1850	50
3	TSS	mg/L	124,0	50
4	NO_3	mg/L	15,17	30

Sumber : Hasil Penelitian. 2016

Keterangan: * Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan/Atau Kegiatan Usaha Lainnya

Berdasarkan keempat parameter diatas jika di bandingkan dengan Baku Mutu Air Limbah Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya sesuai dengan Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013, karakteristik awal limbah domestik parameter BOD,COD, TSS dan NO_3 belum memenuhi standar baku mutu..

Melihat keempat parameter belum memenuhi standar baku mutu maka dilakukan proses pengolahan air limbah domestik menggunakan reaktor fitoremediasi dan filter aerobik skala laboratorium untuk mengoptimalkan kinerja pengolahan dalam menurunkan konsentrasi pada air limbah domestik serta dilakukan variasi debit (Q) yang berbeda untuk mendapatkan komposisi yang efektif dalam menurunkan parameter BOD, COD, TSS dan NO_3 .

4.2. Karakteristik Akhir Air Limbah Domestik Setelah Proses Pengolahan.

Penelitian dilakukan secara kontinyu dengan variasi debit 1,7 L/menit dan 0,4 L/menit dapat menurunkan karakteristik fisik dari warna berwarna keruh dan kekuning-kuningan menjadi lebih jernih dan bau menjadi berkurang dan juga dari hasil uji laboratorium kedua media dapat menurunkan parameter BOD, COD, TSS dan NO_3 dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Nilai Konsentrasi Akhir BOD, COD, TSS Dan NO₃ Pada Reaktor Uji Fitoremediasi Dan Aerobik Filter

Reaktor Uji	Variasi Debit L/menit	Waktu Operasi (Hari Ke-)	Nilai Konsentrasi Akhir BOD (mg/l) Pada Reaktor	Nilai Konsentrasi Akhir COD (mg/l) Pada Reaktor	Nilai Konsentrasi Akhir TSS (mg/l) Pada Reaktor	Nilai Konsentrasi Akhir NO ₃ (mg/l) Pada Reaktor
Fitoremediasi	1,7	7	63,90	313,8	68,4	11,07
		14	48,05	188,1	19,3	2,541
	0,4	7	50,45	245	16,6	1,218
		14	62,30	317,3	28,5	1,074
Aerobik Filter	1,7	7	79,40	328,2	41,2	11,49
		14	65,30	275,7	9,6	2,558
	0,4	7	31,95	171,3	17,1	1,280
		14	40,05	177,6	22,8	1,262

Sumber : Hasil Penelitian, 2016

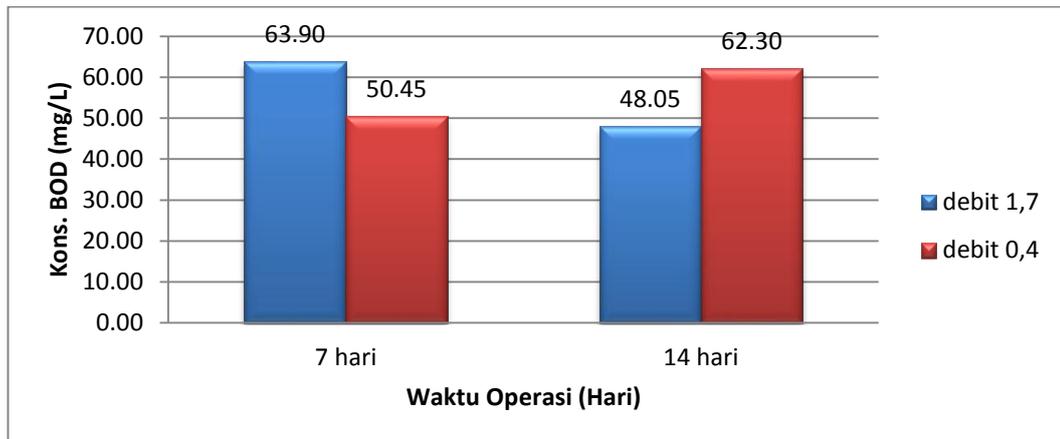
Tabel 4.2 menunjukkan bahwa nilai konsentrasi akhir BOD, COD, TSS dan NO₃ dengan debit 1,7 L/menit mengalami penurunan dari hari ke-7 hingga hari ke-14 sedangkan pada debit 0,4 mengalami kenaikan dari hari ke-7 hingga hari ke-14 kecuali NO₃ mengalami penurunan.

4.3. Analisis Deskriptif

Analisis deskriptif merupakan analisis yang mendeskripsikan data secara visual sehingga memberikan kemudahan dalam memberikan informasi. Dalam analisis ini digunakan bentuk grafik dan menyajikan data.

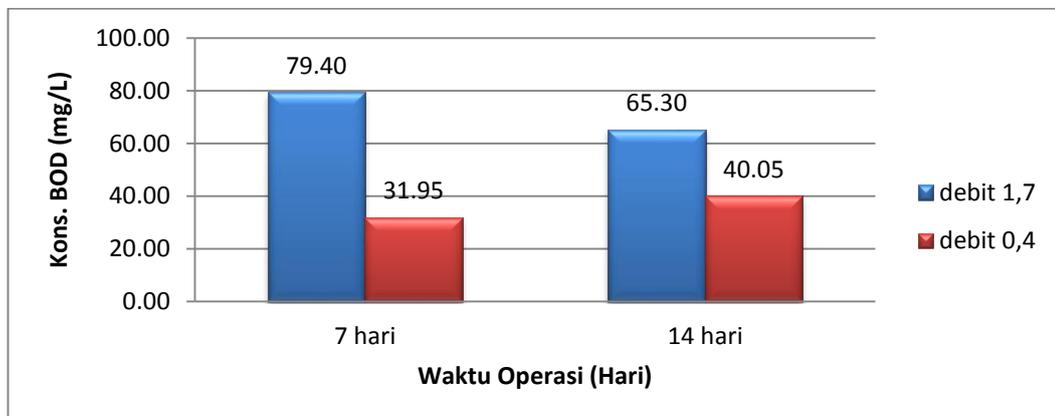
4.3.1. Analisis Penyisihan BOD

Pada Tabel 4.2 menunjukkan bahwa nilai konsentrasi akhir BOD pada reaktor fitoremediasi dan filter aerobik menggunakan variasi debit 1,7 L/menit dan 0,4 L/menit dengan waktu pengambilan sampel 7-14 hari untuk setiap variasi. Nilai BOD pada Tabel 4.2 tersebut diplotkan pada Gambar 4.1 dan 4.2 dibawah ini.



Gambar 4.1 Hubungan Konsentrasi Akhir BOD (mg/l) Terhadap Waktu Operasi (Reaktor Fitoremediasi)

Berdasarkan gambar 4.1 menunjukkan bahwa konsentrasi akhir dari reaktor Fitoremediasi dengan debit 1,7 L/menit mengalami penurunan dari hari ke-7 sebesar 63,90 mg/l hingga hari ke-14 sebesar 48,05 mg/l , sedangkan pada debit 0,4 mengalami kenaikan dari hari ke-7 sebesar 50,45 mg/l hingga hari ke-14 sebesar 62,30 mg/l.



Gambar 4.2 Hubungan Konsentrasi Akhir BOD (mg/l) Terhadap Waktu Operasi (Reaktor Filter Aerobik)

Berdasarkan Gambar 4.2 menunjukkan bahwa konsentrasi akhir dari reaktor Filter Aerobik dengan debit 1,7 L/menit mengalami penurunan dari hari ke-7 sebesar 79,40 mg/l hingga hari ke-14 sebesar 65,30 mg/l, sedangkan pada debit 0,4 mengalami kenaikan dari hari ke-7 sebesar 31,95 mg/l hingga hari ke-14 sebesar 40,05 mg/l.

Berdasarkan data BOD pada Tabel 4.3 dapat dicari persentase penyisihan BOD dengan menggunakan rumus:

$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{\text{KonsentrasiAwal} - \text{KonsentrasiAkhir}}{\text{KonsentrasiAwal}} \times 100\%$$

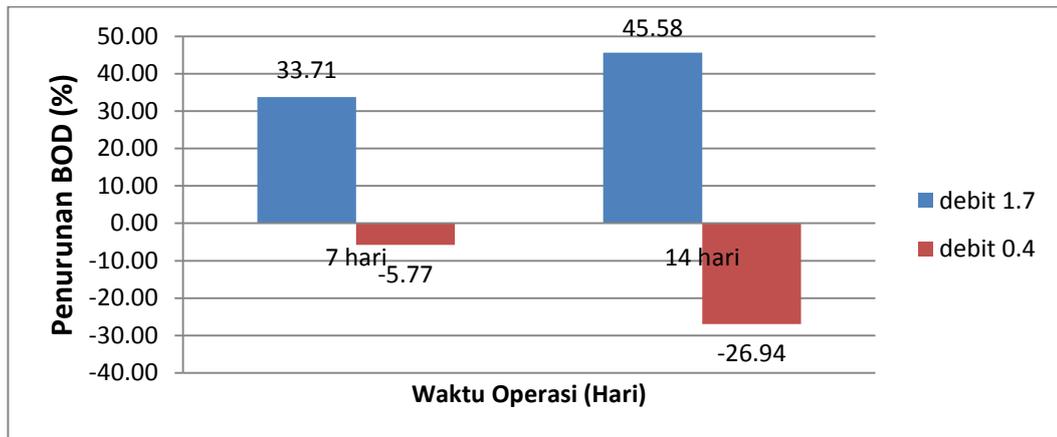
Dari hasil perhitungan rumus diatas, maka nilai persentase penyisihan BOD dapat dilihat pada tabel 4.3 di bawah ini.

Tabel 4.3 Persentase Penyisihan BOD (%)

Reaktor Uji	Variasi debit L/menit	Waktu Operasi (hari ke-)	BOD		
			Nilai Konsentrasi Awal (mg/l)	Nilai Konsentrasi akhir (mg/l)	% Penyisihan
Fitoremediasi	1.7	7	96,40	63,90	33,71
		14	88,30	48,05	45,58
	0.4	7	47,70	50,45	-5,77
		14	49,08	62,30	-26,94
Aerobik Filter	1.7	7	63,90	79,40	-24,26
		14	48,05	65,30	-35,90
	0.4	7	50,45	31,95	36,67
		14	62,30	40,05	35,71

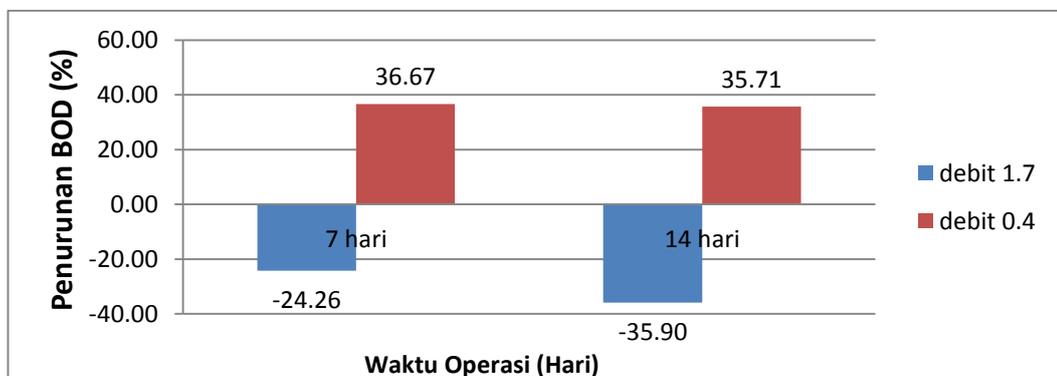
Sumber : Hasil Penelitian, 2016

Berdasarkan data penyisihan konsentrasi BOD pada tabel 4.3 maka dapat gambarkan menjadi sebuah grafik persentase penyisihan BOD pada gambar 4.3 dan gambar 4.4 berikut ini.



Gambar 4.3 Grafik Persentase Penurunan Nilai Konsentrasi BOD Terhadap Waktu Operasi (Reaktor Fitoremediasi)

Berdasarkan gambar 4.3 pada reaktor Fitoremediasi dengan debit 1,7 L/menit, hari ke-7 persentase penyisihan konsentrasi BOD sebesar 33,71 %, hari ke-14 persentase penyisihan konsentrasi BOD sebesar 45,58 %, mengalami kenaikan. Pada debit 0,4 L/menit hari ke-7 persentase penyisihan konsentrasi BOD sebesar -5,77 %, hari ke-14 persentase penyisihan konsentrasi BOD sebesar -26,94 %, mengalami penurunan.

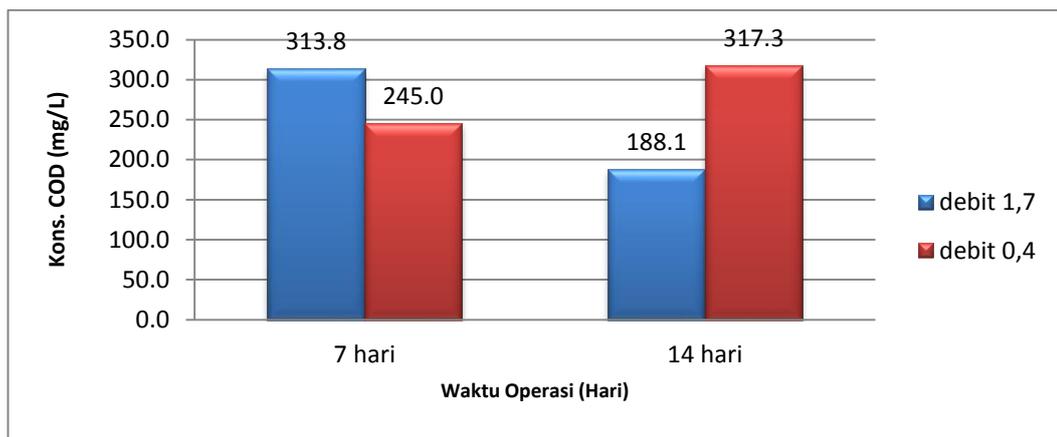


Gambar 4.4 Grafik Persentase Penurunan Nilai Konsentrasi BOD Terhadap Waktu Operasi (Reaktor Filter Aerobik)

Berdasarkan gambar 4.4 pada reaktor Filter Aerobik dengan debit 1,7 L/menit, hari ke-7 persentase penyisihan konsentrasi BOD sebesar -24,26 %, hari ke-14 persentase penyisihan konsentrasi BOD sebesar -35,90 %, mengalami penurunan. Pada debit 0,4 L/menit, hari ke-7 persentase penyisihan konsentrasi BOD sebesar 36,67 %, hari ke-14 persentase penyisihan konsentrasi BOD sebesar 35,71 %, mengalami penurunan.

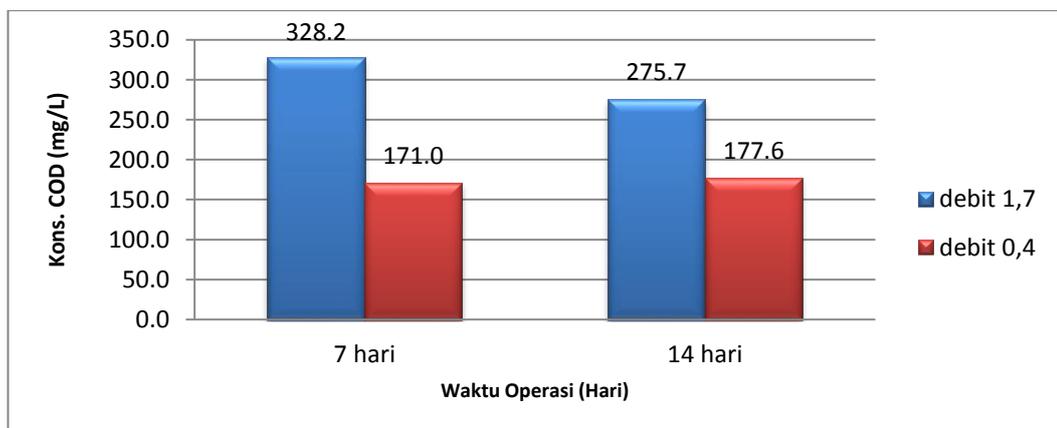
4.3.2. Analisis Penyisihan COD

Pada Tabel 4.2 menunjukkan bahwa nilai konsentrasi akhir COD pada reaktor fitoremediasi dan filter aerobik menggunakan variasi debit 1,7 L/menit dan 0,4 L/menit dengan waktu pengambilan sampel 7-14 hari untuk setiap variasi. Nilai COD pada Tabel 4.2 tersebut diplotkan pada Gambar 4.5 dan 4.6 dibawah ini.



Gambar 4.5 Hubungan Konsentrasi Akhir COD (mg/l) Terhadap Waktu Operasi (Reaktor Fitoremediasi)

Berdasarkan gambar 4.5 menunjukkan bahwa konsentrasi akhir dari reaktor Fitoremediasi dengan debit 1,7 L/menit mengalami penurunan dari hari ke-7 sebesar 313,8 mg/l hingga hari ke-14 sebesar 188,1 mg/l , sedangkan pada debit 0,4 mengalami kenaikan dari hari ke-7 sebesar 245 mg/l hingga hari ke-14 sebesar 317,3 mg/l.



Gambar 4.6 Hubungan Konsentrasi Akhir COD (mg/l) Terhadap Waktu Operasi (Reaktor Filter Aerobik)

Berdasarkan Gambar 4.6 menunjukkan bahwa konsentrasi akhir dari reaktor Filter Aerobik dengan debit 1,7 L/menit mengalami penurunan dari hari ke-7 sebesar 328,2 mg/l hingga hari ke-14 sebesar 275,7 mg/l, sedangkan pada debit 0,4 mengalami kenaikan dari hari ke-7 sebesar 171,3 mg/l hingga hari ke-14 sebesar 177,6 mg/l.

Berdasarkan data COD akhir pada Tabel 4.4 dapat dicari persentase penyisihan COD dengan menggunakan rumus : % Penyisihan.

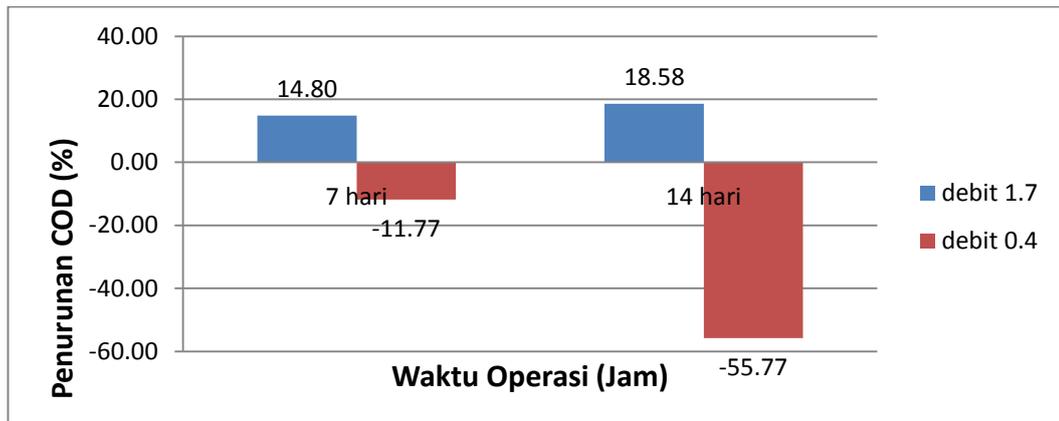
Dari hasil perhitungan rumus diatas, maka nilai persentase penyisihan COD dapat dilihat pada tabel 4.4 di bawah ini.

Tabel 4.4 Persentase Penyisihan COD (%)

Reaktor Uji	Variasi debit L/menit	Waktu Operasi (hari ke-)	COD		
			Nilai Konsetrasi awal (mg/l)	Nilai Konsetrasi akhir (mg/l)	% Penyisihan
Fitorem ediasi	1.7	7	368,3	313,8	14,80
		14	338,6	188,1	18,58
	0.4	7	219,2	245	-11,77
		14	203,7	317,3	-55,77
Aerobik Filter	1.7	7	313,8	328,2	-4,59
		14	188,1	275,7	-46,57
	0.4	7	245	171,3	30,20
		14	317,3	177,6	44,03

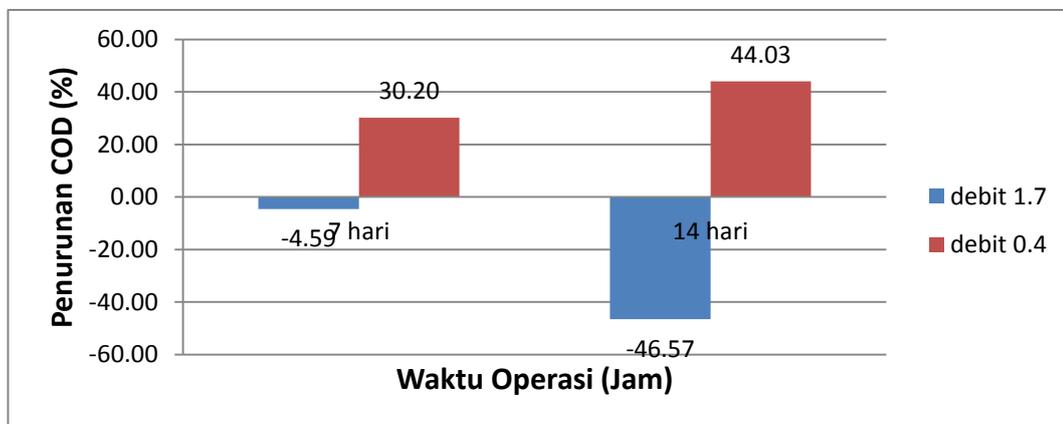
Sumber : Hasil Penelitian, 2016

Berdasarkan data penyisihan konsentrasi COD pada tabel 4.4 maka dapat gambarkan menjadi sebuah grafik persentase penyisihan COD pada gambar 4.7 dan gambar 4.8 berikut ini.



Gambar 4.7 Grafik Persentase Penurunan Nilai Konsentrasi COD Terhadap Waktu Operasi (Reaktor Fitoremediasi)

Berdasarkan gambar 4.7 pada reaktor Fitoremediasi dengan debit 1,7 L/menit, hari ke-7 persentase penyisihan konsentrasi COD sebesar 14,80 %, hari ke-14 persentase penyisihan konsentrasi COD sebesar 18,58 %, mengalami kenaikan. Pada debit 0,4 L/menit, hari ke-7 persentase penyisihan konsentrasi COD sebesar -11,77 %, hari ke-14 persentase penyisihan konsentrasi COD sebesar -55,77 %, mengalami penurunan.

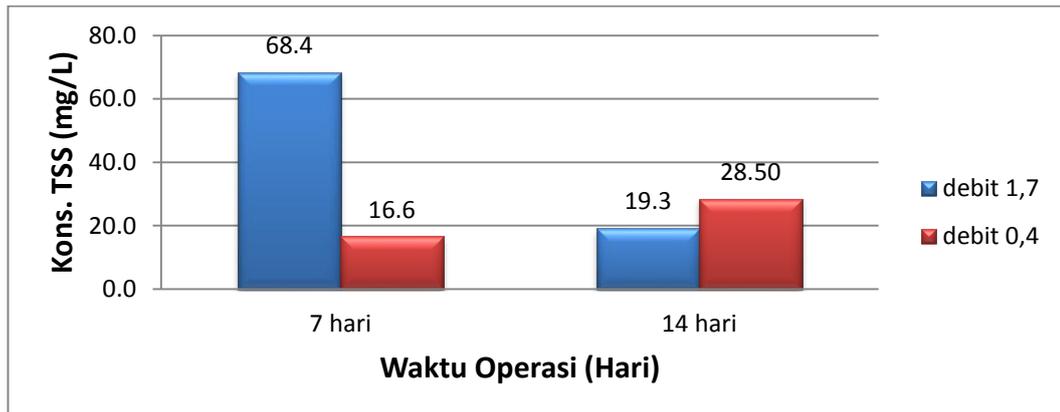


Gambar 4.8 Grafik Persentase Penurunan Nilai Konsentrasi COD Terhadap Waktu Operasi (Reaktor Filter Aerobik)

Berdasarkan gambar 4.8 pada reaktor Filter Aerobik dengan debit 1,7 L/menit, hari ke-7 persentase penyisihan konsentrasi COD sebesar -4,56 %, hari ke-14 persentase penyisihan konsentrasi COD sebesar -46,57 %, mengalami penurunan. Pada debit 0,4 L/menit, hari ke-7 persentase penyisihan konsentrasi COD sebesar 30,20 %, hari ke-14 persentase penyisihan konsentrasi COD sebesar 44,03 %, mengalami kenaikan.

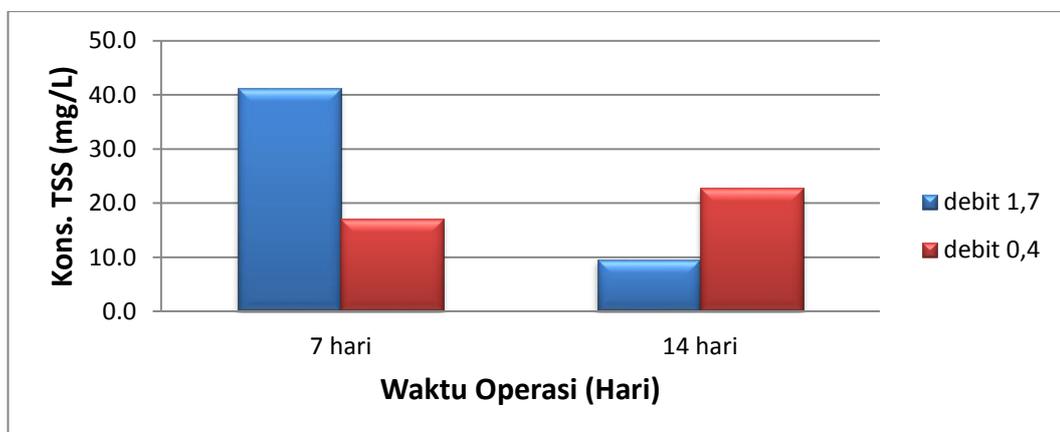
4.3.3. Analisis Penyisihan TSS

Pada Tabel 4.2 menunjukkan bahwa nilai konsentrasi akhir TSS pada reaktor fitoremediasi dan filter aerobik menggunakan variasi debit 1,7 L/menit dan 0,4 L/menit dengan waktu pengambilan sampel 7-14 hari untuk setiap variasi. Nilai TSS pada Tabel 4.2 tersebut diplotkan pada Gambar 4.9 dan 4.10 dibawah ini.



Gambar 4.9 Hubungan Konsentrasi Akhir TSS (mg/l) Terhadap Waktu Operasi (Reaktor Fitoremediasi)

Berdasarkan gambar 4.9 menunjukkan bahwa konsentrasi akhir dari reaktor Fitoremediasi dengan debit 1,7 L/menit mengalami penurunan dari hari ke-7 sebesar 68,4 mg/l hingga hari ke-14 sebesar 19,3 mg/l , sedangkan pada debit 0,4 mengalami kenaikan dari hari ke-7 sebesar 16,6 mg/l hingga hari ke-14 sebesar 28,5 mg/l.



Gambar 4.10 Hubungan Konsentrasi Akhir TSS (mg/l) Terhadap Waktu Operasi (Reaktor Filter Aerobik)

Berdasarkan Gambar 4.10 menunjukkan bahwa konsentrasi akhir dari reaktor Filter Aerobik dengan debit 1,7 L/menit mengalami penurunan dari hari ke-7 sebesar 41,2 mg/l hingga hari ke-14 sebesar 9,6 mg/l, sedangkan pada debit 0,4 mengalami kenaikan dari hari ke-7 sebesar 17,1 mg/l hingga hari ke-14 sebesar 22,8 mg/l.

Berdasarkan data TSS akhir pada Tabel 4.5 dapat dicari persentase penyisihan TSS dengan menggunakan rumus : % Penyisihan

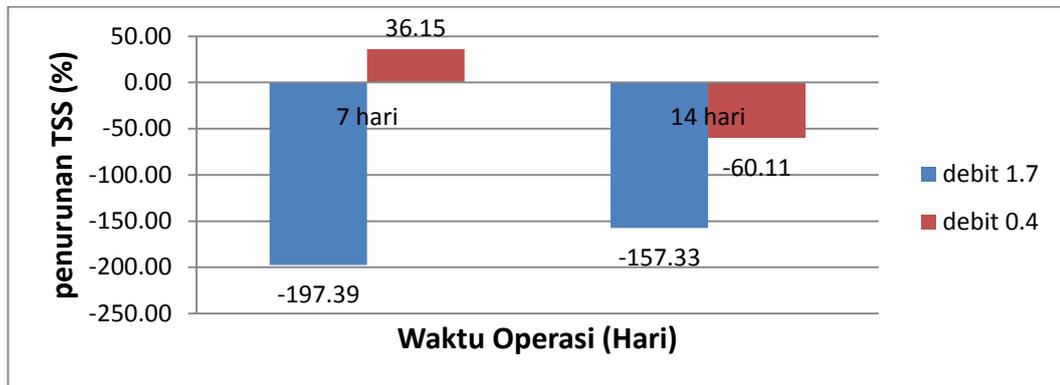
Dari hasil perhitungan rumus diatas, maka nilai persentase penyisihan TSS dapat dilihat pada tabel 4.5 di bawah ini.

Tabel 4.5 Persentase Penyisihan TSS (%)

Reaktor Uji	Variasi debit L/menit	Waktu Operasi (hari ke-)	TSS		
			Nilai Konsentrasi awal (mg/l)	Nilai Konsentrasi akhir (mg/l)	% Penyisihan
Fitoremediasi	1.7	7	23	68,4	-197,39
		14	7,5	19,3	-157,33
	0.4	7	26	16,6	36,15
		14	17,8	28,5	-60,11
Aerobik Filter	1.7	7	68,4	41,2	39,77
		14	19,3	9,6	50,26
	0.4	7	16,6	17,1	-3,01
		14	28,5	22,8	20

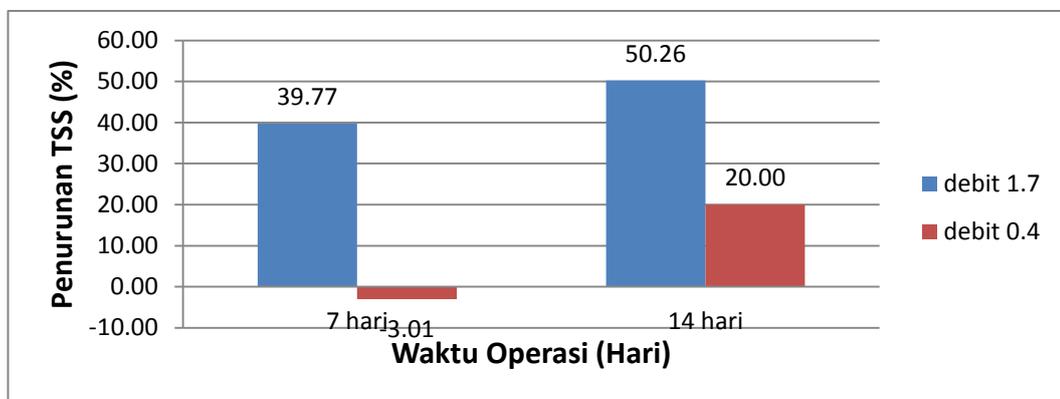
Sumber : Hasil Penelitian, 2016

Berdasarkan data penyisihan konsentrasi TSS pada tabel 4.5 maka dapat digambarkan menjadi sebuah grafik persentase penyisihan TSS pada gambar 4.11 dan gambar 4.12 berikut ini.



Gambar 4.11 Grafik Persentase Penurunan Nilai Konsentrasi TSS Terhadap Waktu Operasi (Reaktor Fitoremediasi)

Berdasarkan gambar 4.11 pada reaktor Fitoremediasi dengan debit 1,7 L/menit, hari ke-7 persentase penyisihan konsentrasi TSS sebesar -197,39 %, hari ke-14 persentase penyisihan konsentrasi TSS sebesar -157,33 %, mengalami kenaikan. Pada debit 0,4 L/menit, hari ke-7 persentase penyisihan konsentrasi TSS sebesar 36,15 %, hari ke-14 persentase penyisihan konsentrasi TSS sebesar -60,11 %, mengalami penurunan.

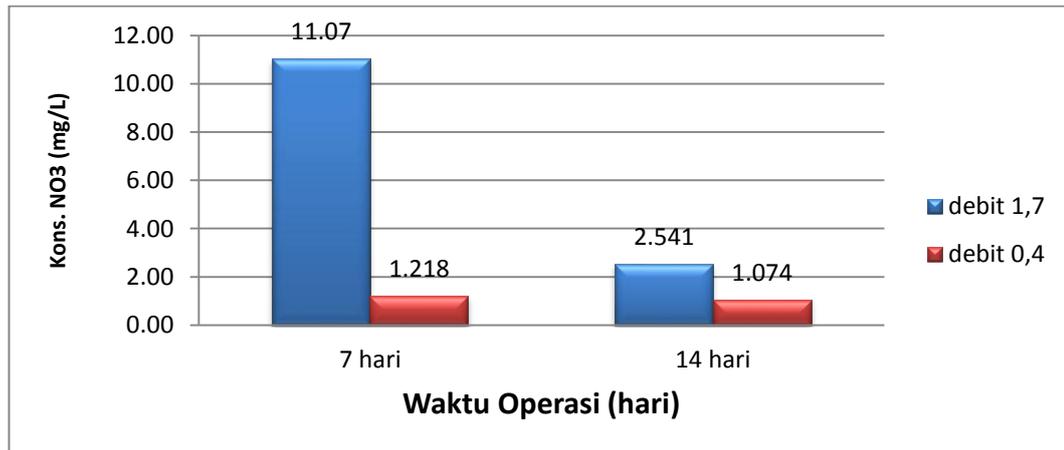


Gambar 4.12 Grafik Persentase Penurunan Nilai Konsentrasi TSS Terhadap Waktu Operasi (Reaktor Filter Aerobik)

Berdasarkan gambar 4.12 pada reaktor Filter Aerobik dengan debit 1,7 L/menit, hari ke-7 persentase penyisihan konsentrasi TSS sebesar 39,77 %, hari ke-14 persentase penyisihan konsentrasi TSS sebesar 50,26 %, mengalami kenaikan. Pada debit 0,4 L/menit, hari ke-7 persentase penyisihan konsentrasi TSS sebesar -3,01 %, hari ke-14 persentase penyisihan konsentrasi TSS sebesar 20 %, mengalami kenaikan.

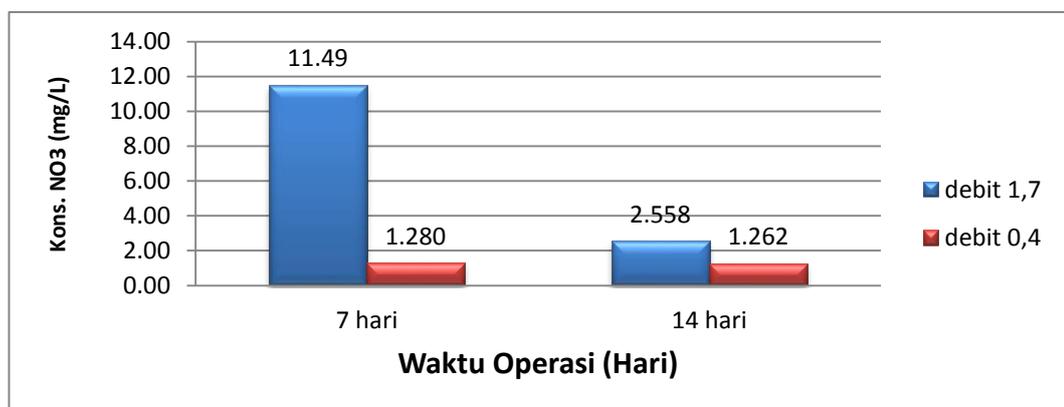
4.3.4. Analisis Penyisihan NO₃

Pada Tabel 4.2 menunjukkan bahwa nilai konsentrasi akhir NO₃ pada reaktor fitoremediasi dan filter aerobik menggunakan variasi debit 1,7 L/menit dan 0,4 L/menit dengan waktu pengambilan sampel 7-14 hari untuk setiap variasi. Nilai NO₃ pada Tabel 4.2 tersebut diplotkan pada Gambar 4.13 dan 4.14 dibawah ini.



Gambar 4.13 Hubungan Konsentrasi Akhir NO₃ (mg/l) Terhadap Waktu Operasi (Reaktor Fitoremediasi)

Berdasarkan gambar 4.13 menunjukkan bahwa konsentrasi akhir dari reaktor Fitoremediasi dengan debit 1,7 L/menit mengalami penurunan dari hari ke-7 sebesar 11,07 mg/l hingga hari ke-14 sebesar 2,541 mg/l , sedangkan pada debit 0,4 mengalami kenaikan dari hari ke-7 sebesar 1,218 mg/l hingga hari ke-14 sebesar 1,074 mg/l.



Gambar 4.14 Hubungan Konsentrasi Akhir NO₃ (mg/l) Terhadap Waktu Operasi (Reaktor Filter Aerobik)

Berdasarkan Gambar 4.14 menunjukkan bahwa konsentrasi akhir dari reaktor Filter Aerobik dengan debit 1,7 L/menit mengalami penurunan dari hari ke-7 sebesar 11,49 mg/l hingga hari ke-14 sebesar 2,558 mg/l, sedangkan pada debit 0,4 mengalami kenaikan dari hari ke-7 sebesar 1,280 mg/l hingga hari ke-14 sebesar 1,262 mg/l.

Berdasarkan data NO₃ akhir pada Tabel 4.6 dapat dicari persentase penyisihan NO₃ dengan menggunakan rumus : % Penyisihan.

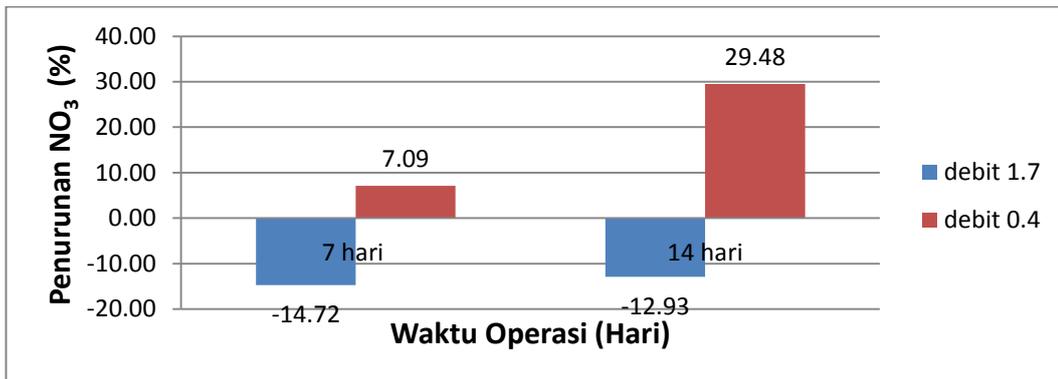
Dari hasil perhitungan rumus diatas, maka nilai persentase penyisihan NO₃ dapat dilihat pada tabel 4.6 di bawah ini.

Tabel 4.6 Persentase Penyisihan NO₃ (%)

Reaktor Uji	Variasi debit L/menit	Waktu Operasi (hari ke-)	NO ₃		
			Nilai Konsentrasi awal (mg/l)	Nilai Konsentrasi akhir (mg/l)	% Penyisihan
Fitoremediasi	1.7	7	9,650	11,07	-14,72
		14	2,25	2,541	-12,93
	0.4	7	1,311	1,218	7,09
		14	1,523	1,074	29,48
Aerobik Filter	1.7	7	11,07	11,49	-3,79
		14	2,541	2,558	-0,67
	0.4	7	1,218	1,280	-5,09
		14	1,074	1,262	-17,50

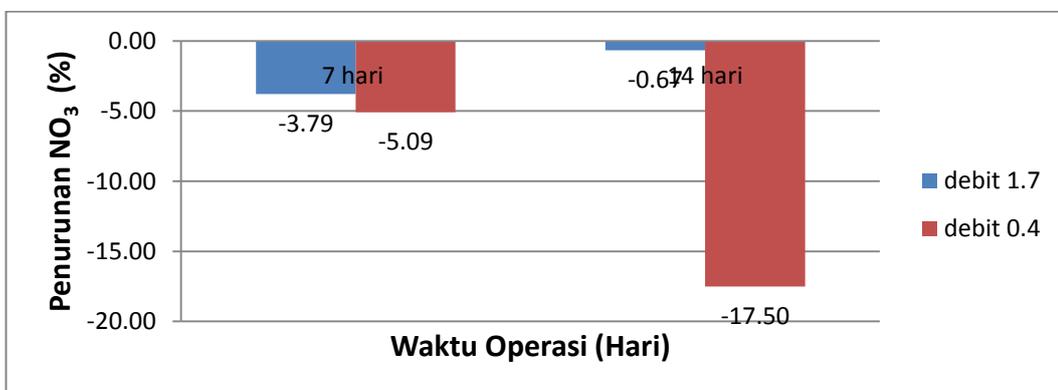
Sumber : Hasil Penelitian, 2016

Berdasarkan data penyisihan konsentrasi NO₃ pada tabel 4.6 maka dapat gambarkan menjadi sebuah grafik persentase penyisihan NO₃ pada gambar 4.15 dan gambar 4.16 berikut ini.



Gambar 4.15 Grafik Persentase Penurunan Nilai Konsentrasi NO₃ Terhadap Waktu Operasi (Reaktor Fitoremediasi)

Berdasarkan gambar 4.15 pada reaktor Fitoremediasi dengan debit 1,7 L/menit, hari ke-7 persentase penyisihan konsentrasi NO₃ sebesar -14,72 %, Hari ke-14 persentase penyisihan konsentrasi NO₃ sebesar -12,93 %, mengalami kenaikan. Pada debit 0,4 L/menit, hari ke-7 persentase penyisihan konsentrasi NO₃ sebesar 7,09 %, Hari ke-14 persentase penyisihan konsentrasi NO₃ sebesar 29,48 %, mengalami kenaikan.



Gambar 4.16 Grafik Persentase Penurunan Nilai Konsentrasi NO₃ Terhadap Waktu Operasi (Reaktor Filter Aerobik)

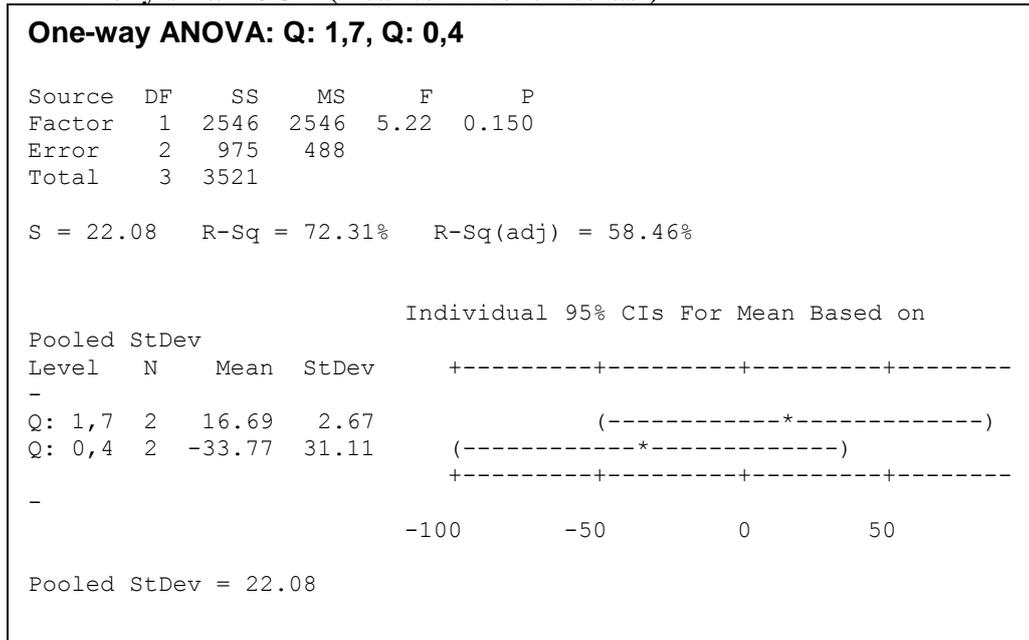
Berdasarkan gambar 4.16 pada reaktor Filter Aerobik dengan debit 1,7 L/menit, hari ke-7 persentase penyisihan konsentrasi NO₃ sebesar -3,79 %, Hari ke-14 persentase penyisihan konsentrasi NO₃ sebesar -0,67 %, mengalami kenaikan. Pada debit 0,4 L/menit, hari ke-7 persentase penyisihan konsentrasi NO₃ sebesar -5,09 %, Hari ke-14 persentase penyisihan konsentrasi NO₃ sebesar 17,50 %, mengalami penurunan.

4.4.2. Analisa ANOVA COD

❖ **Analisa Anova pengaruh variasi debit terhadap persentase penyisihan COD.**

Hasil uji Anova persentase penyisihan COD dapat dilihat pada tabel 4.9.

Tabel 4.9 Analisa ANOVA Pengaruh Variasi Debit Terhadap Persentase Penyisihan COD (Reaktor Fitoremediasi)

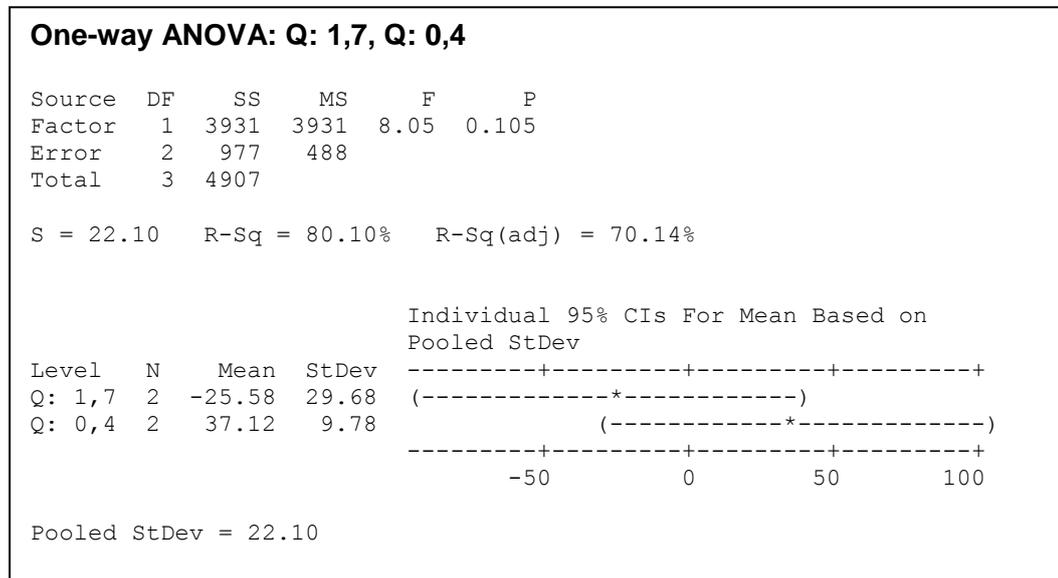


Keputusan :

Untuk tahap signifikansi α sebesar 5% maka dari tabel distribusi F didapat $F_{(0,05,1,2)} = 18,51$.

Melihat nilai $F < F$ tabel, maka keputusan yang diambil yaitu tidak terdapat perbedaan yang nyata antara debit dan waktu operasional terhadap penyisihan COD pada reaktor Fitoremediasi (<http://mfile.narotama.ac.id>).

Tabel 4.10 Analisa ANOVA Pengaruh Variasi Debit Terhadap Persentase Penyisihan COD (Reaktor Filter Aerobik)



Keputusan :

Untuk tahap signifikansi α sebesar 5% maka dari tabel distribusi F didapat $F_{(0,05,1,2)} = 18,51$.

Melihat nilai $F < F$ tabel, maka keputusan yang diambil yaitu tidak terdapat perbedaan yang nyata antara debit dan waktu operasional terhadap penyisihan COD pada reaktor filter Aerobik (<http://mfile.narotama.ac.id>).

4.4.3. Analisa ANOVA TSS

- ❖ Analisa Anova pengaruh variasi debit terhadap persentase penyisihan TSS.

Hasil uji Anova persentase penyisihan TSS dapat dilihat pada tabel 4.11.

Tabel 4.11 Analisa ANOVA Pengaruh Variasi Debit Terhadap Persentase Penyisihan TSS (Reaktor Fitoremediasi)

One-way ANOVA: Q: 1,7, Q: 0,4					
Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	1	27351	27351	10.06	0.087
Error	2	5435	2718		
Total	3	32786			

S = 52.13 R-Sq = 83.42% R-Sq(adj) = 75.13%

Level	N	Mean	StDev	Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev
Q: 1,7	2	-177.36	28.33	(-----*-----)
Q: 0,4	2	-11.98	68.07	(-----*-----)

-----+-----+-----+-----
-300 -150 0 150

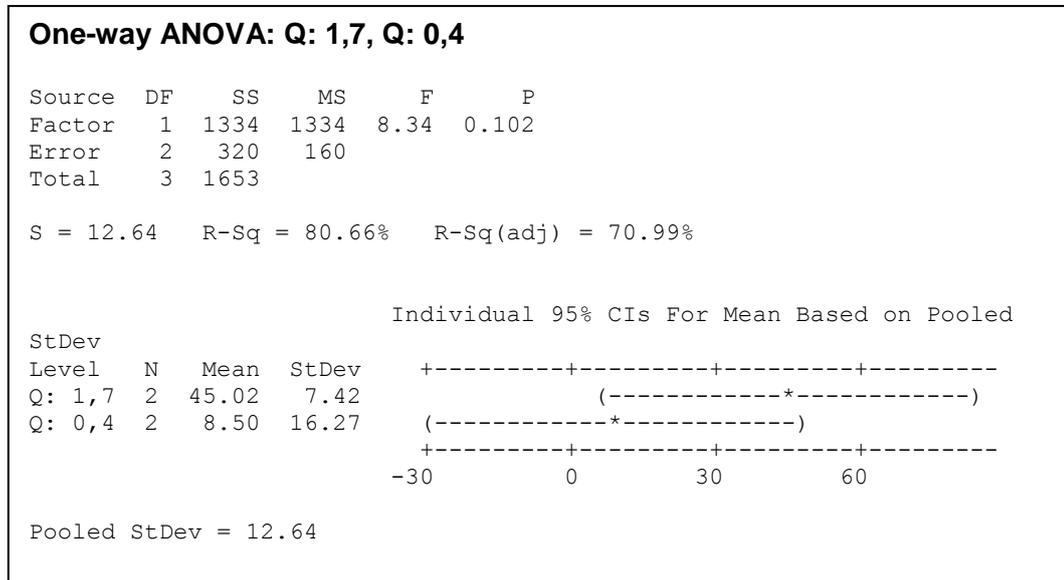
Pooled StDev = 52.13

Keputusan :

Untuk tahap signifikasi α sebesar 5% maka dari tabel distribusi F didapat $F_{(0,05.1.2)} = 18,51$.

Melihat nilai $F < F$ tabel, maka keputusan yang diambil yaitu tidak terdapat perbedaan yang nyata antara debit dan waktu operasional terhadap penyisihan TSS pada reaktor Fitoremediasi (<http://mfile.narotama.ac.id>).

Tabel 4.12 Analisa ANOVA Pengaruh Variasi Debit Terhadap Persentase Penyisihan TSS (Filter Aerobik)



Keputusan :

Untuk tahap signifikansi α sebesar 5% maka dari tabel distribusi F didapat $F_{(0,05,1,2)} = 18,51$.

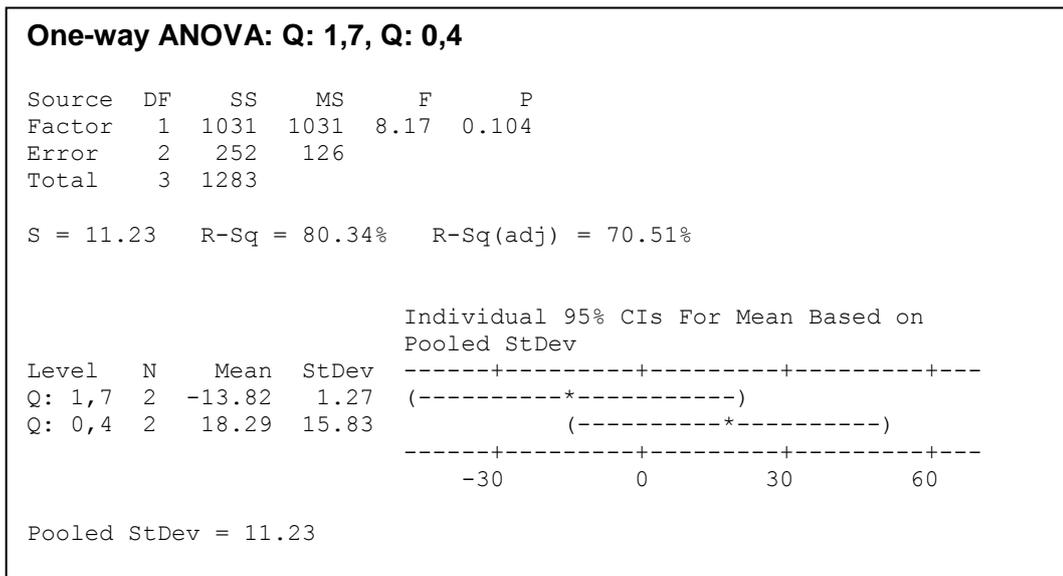
Melihat nilai $F < F$ tabel, maka keputusan yang diambil yaitu tidak terdapat perbedaan yang nyata antara debit dan waktu operasional terhadap penyisihan TSS pada reaktor filter Aerobik (<http://mfile.narotama.ac.id>).

4.4.4. Analisa ANOVA NO₃

- ❖ Analisa Anova pengaruh variasi debit terhadap persentase penyisihan NO₃.

Hasil uji Anova persentase penyisihan NO₃ dapat dilihat pada tabel 4.13.

Tabel 4.13 Analisa ANOVA Pengaruh Variasi Debit Terhadap Persentase Penyisihan NO₃ (Reaktor Fitoremediasi)

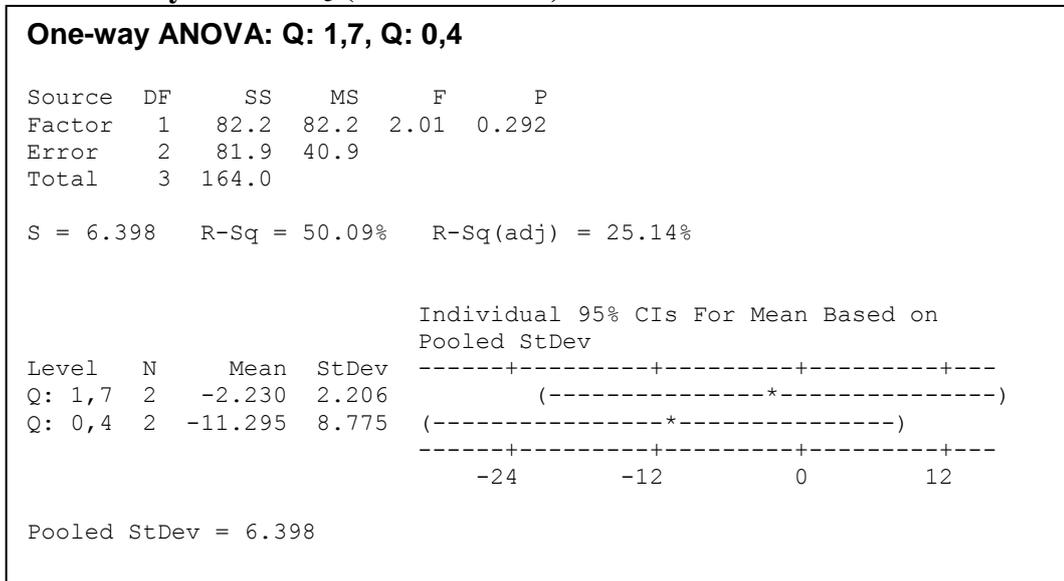


Keputusan :

Untuk tahap signifikasi α sebesar 5% maka dari tabel distribusi F didapat $F_{(0,05,1,2)} = 18,51$.

Melihat nilai $F < F$ tabel, maka keputusan yang diambil yaitu tidak terdapat perbedaan yang nyata antara debit dan waktu operasional terhadap penyisihan NO₃ pada reaktor Fitoremediasi (<http://mfile.narotama.ac.id>).

Tabel 4.14 Analisa ANOVA Pengaruh Variasi Debit Terhadap Persentase Penyisihan NO₃ (Filter Aerobik)



Keputusan :

Untuk tahap signifikasi α sebesar 5% maka dari tabel distribusi F didapat $F_{(0,05,1,2)} = 18,51$.

Melihat nilai $F < F$ tabel, maka keputusan yang diambil yaitu tidak terdapat perbedaan yang nyata antara debit dan waktu operasional terhadap penyisihan NO₃ pada reaktor filter Aerobik (<http://mfile.narotama.ac.id>).

4.5. Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengolahan limbah cair domestik menggunakan reaktor pilot plant Fitoremediasi dan filter Aerobik mampu menurunkan konsentrasi BOD, COD, TSS dan NO_3 .

4.5.1. Penurunan konsentrasi BOD

➤ Reaktor Fitoremediasi

Berdasarkan hasil analisis statistik menggunakan Anova antara variasi debit dengan konsentrasi akhir BOD menunjukkan bahwa adanya perbedaan nyata atau variasi debit mempunyai pengaruh terhadap penyisihan BOD. Hal ini terlihat dari debit 1,7 L/menit mempunyai efektifitas sebesar 45 %, berbanding terbalik dengan debit 0,4 L/menit yang mengalami penurunan persentase kinerja sebesar -26 %. Dari hasil perhitungan persentase mendapat nilai negatif hal disebabkan oleh kecepatan pengendapan sehingga menimbulkan endapan yang tidak dapat larut sebelum mencapai dasar akan melayang-layang di dalam air limbah dapat menurunkan harga DO dan mengurangi reaksi bio-oksidasi secara alamiah dalam bak sedimentasi (Sofyan, 2011). Penurunan nilai persentase disebabkan oleh menurunnya aktifitas mikroorganisme dalam menguraikan bahan organik diikuti pula dengan berkurangnya penggunaan oksigen terlarut dalam air limbah. Penurunan konsentrasi bahan organik dalam sistem pengolahan terjadi karena adanya mekanisme aktivitas mikroorganisme dan tanaman melalui proses oksidasi bakteri aerob yang tumbuh di sekitar rizosfer (Supradata, 2005). Bahan organik yang telah dicerna/dioksidasi oleh mikroorganisme dari air limbah di dalam reaktor fitoremediasi maka kebutuhan akan oksigen semakin sedikit sehingga dapat menaikkan konsentrasi BOD (Sugiharto 2008).

Berdasarkan tabel 4.3 dan gambar 4.9. Hasil penelitian dengan debit 1,7 L/menit menunjukkan bahwa terjadi peningkatan nilai persentase penyisihan bahan organik pada reaktor fitoremediasi. Meningkatnya persentase penyisihan terjadi karena bahan organik yang ada dalam air limbah dirombak oleh mikroorganisme menjadi senyawa lebih sederhana sehingga dapat dimanfaatkan oleh tumbuhan sebagai nutrisi. Sedangkan sistem perakaran

tumbuhan air akan menghasilkan oksigen yang dapat digunakan sebagai sumber energi/katalis untuk rangkaian proses metabolisme bagi kehidupan mikroorganisme (Supradata 2005). Melalui proses oksidasi oleh bakteri aerob yang tumbuh disekitar *rhizosphere* tanaman maupun kehadiran bakteri *heterotrof* didalam air limbah. Melalui proses dekomposisi bahan organik oleh jaringan akar tanaman akan memberikan sumbangan yang besar terhadap penyediaan C, N, dan energi bagi kehidupan mikrobial. Oksigen tersebut mengalir ke akar melalui batang setelah berdifusi dari atmosfer melalui pori-pori daun. Dimana oksigen yang dilepas oleh akar tanaman air dalam 1 hari berkisar antara 5 hingga 45 mg/m² luas akar tanaman (Suprihatin, 2014). Berdasarkan penelitian Suprihatin maka dapat dihitung oksigen yang dilepaskan akar tanaman dalam reaktor fitoremediasi di penelitian selama 1 hari berkisar antara 3-27 mg/m². HRT akan meningkatkan interaksi dengan sistem pembuangan limbah tanaman air sehingga meningkatkan penghapusan untuk BOD (Hendriarianti, 2015). Dapat dikatakan bahwa tumbuhan enceng gondok membuat kondisi di mana mikroorganisme yang ada semakin subur, sehingga proses pengolahan BOD semakin baik (Pharmawati, 2013)

Berdasarkan hasil penelitian dengan debit 0,4 L/menit menunjukkan bahwa terjadinya penurunan nilai persentase penyisihan nilai BOD. Hal ini disebabkan semakin kecilnya debit tidak mempengaruhi terjadinya penurunan. Waktu tinggal yang lama menyebabkan endapan dan koloid serta bahan terlarut yang berasal dari bahan buangan yang berbentuk padat akan mengendap. Endapan yang tidak dapat larut sebelum mencapai dasar akan melayang-layang di dalam air bersama koloidal. Bahan buangan organik yang berupa koloid akan menggumpal di permukaan air sehingga tampak keruh. Penggumpalan koloid tersebut menghambat difusi oksigen ke air limbah sehingga ketersediaan oksigen menjadi sedikit dan menghambat kerja mikroorganisme aerobik mendekomposisi bahan organik (Fachrurozi dkk, 2010).

➤ Reaktor Filter Aerobik

Berdasarkan hasil analisis statistik menggunakan Anova antara variasi debit dengan konsentrasi akhir BOD menunjukkan bahwa adanya perbedaan nyata atau variasi debit mempunyai pengaruh terhadap penyisihan BOD. Hal ini terlihat dari debit 1,7 L/menit mengalami penurunan persentase kinerja sebesar -46,57 % berbanding terbalik dengan debit 0,4 L/menit yang mempunyai efektifitas sebesar 36,67 %. Semakin kecil debit dan lama waktu tinggal, memberikan kesempatan pada air limbah terkontak dengan biofilm bakteri yang telah terbentuk pada media botol bekas minuman probiotik. Hal ini menyebabkan bakteri dapat mendegradasi zat pencemar dengan lebih mudah sehingga kandungan zat pencemar yang terdapat pada aliran efluen pun lebih kecil (Gunawan, 2012).

Berdasarkan tabel 4.3 dan gambar 4.10. Hasil penelitian dengan debit 1,7 L/menit menunjukkan bahwa terjadi penurunan nilai presentase penyisihan. Jika di bandingkan dengan standar baku mutu yang telah ditetapkan hasil output pengolahan belum memenuhi standar baku mutu, yaitu sesuai Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri Dan/Atau Kegiatan Usaha Lainnya, baku mutu parameter BOD yang ditetapkan adalah sebesar 30 mg/L. Terjadinya penurunan persentase penyisihan diduga adanya mikroorganismenya yang tumbuh secara tidak bersamaan menyebabkan kemampuan mikroorganismenya mendegradasi limbah berbeda-beda tiap harinya (Jasmiati, 2010). Menurut Masduqi (2000) debit akan berpengaruh secara langsung pada waktu kontak dan waktu tinggal air limbah secara keseluruhan dalam reaktor. Waktu tinggal yang pendek tidak akan mengoptimalkan proses yang ada pada bakteri dari jenis autothop.

Berdasarkan hasil penelitian dengan debit 0,4 L/menit, menunjukkan bahwa terjadinya peningkatan nilai persentase penyisihan. Disebabkan oleh permukaan media filter akan tumbuh lapisan film mikroorganismenya (Herlambang, 2002). Menurut Filailah (2008) mikroorganismenya yang tumbuh dominan pada media plastik adalah *Pseudomonas stutzeri*, *Pseudomonas Pseudoalcaligenes* dan *Peinococcus radiopugnes*. Menurut penelitian Ardy

dkk (2013) menunjukkan bahwa semakin lama media berkontak dengan air limbah maka mikroorganisme yang menempel akan semakin tebal dan stabil untuk menguraikan kadar pencemar yang terdapat pada air limbah. Terjadinya penurunan presentase penyisihan hari ke 14 dipengaruhi oleh peningkatan ketebalan biofilm. Sehingga pada saat transformasi substrat, nutrisi dan oksigen terbatas berakibat terjadinya zona anaerobik dan aerobik biofilm dan pada saat ketebalan kritis terjadi peristiwa pengelupasan biofilm (Masduqi, 2000).

4.5.2. Penurunan konsentrasi COD

➤ Reaktor Fitoremediasi

Berdasarkan hasil analisis statistik menggunakan Anova antara variasi debit dengan konsentrasi akhir COD menunjukkan bahwa tidak adanya perbedaan nyata atau variasi debit tidak mempunyai pengaruh terhadap penyisihan COD. Hal ini terjadi karena kemampuan enceng gondok dalam proses penyerapan COD tidak dipengaruhi oleh Waktu kontak antara media dengan air limbah. Enceng gondok mempunyai kemampuan menyerap unsur hara, senyawa organik dan kimia lain dalam air limbah dalam jumlah besar. Luas permukaan daun dan panjang akar mempengaruhi transpirasi yang kemudian berhubungan dengan besarnya penyerapan (Dewi, 2012). Berarti adanya enceng gondok dalam suatu perairan akan mempengaruhi bahan organik di perairan tersebut. Terdapat respon fisiologis daun, tangkai daun dan akar enceng gondok terhadap perairan tercemar (Nurchayati, 2009).

Berdasarkan tabel 4.4 dan gambar 4.11. Hasil penelitian dengan debit 1,7 L/menit menunjukkan bahwa terjadinya peningkatan nilai persentase penyisihan COD. Hal ini dipengaruhi oleh waktu operasi mempunyai kemampuan untuk menurunkan konsentrasi COD. Berdasarkan mekanisme fisiologis, enceng gondok secara aktif mengurangi penyerapan senyawa kimia ketika konsentrasi senyawa kimia di sedimen tinggi. Penyerapan tetap dilakukan namun dalam jumlah yang terbatas dan terakumulasi di akar. Selain itu, terdapat sel endodermis pada akar yang menjadi penyaring dalam proses penyerapan. Dari akar, senyawa kimia akan ditranslokasikan ke jaringan

lainnya seperti batang dan daun serta mengalami proses kompleksasi dengan zat yang lain seperti fitokelatin (Deri dan La Ode, 2013). Menurut Mangkoedihardjo (2012) mikroorganismenya akan mengubah bahan organik menjadi bahan anorganik dan bahan lainnya serta energi untuk sintesis bakteri tersebut. Bakteri yang banyak tersebut memakan zat-zat yang ada untuk hidup. Proses penurunan pencemar dalam limbah cair dengan menggunakan tumbuhan air merupakan kerjasama antara tumbuhan dan mikroba yang berada pada tumbuhan tersebut (Hayati, 1992).

Berdasarkan hasil penelitian dengan debit 0,4 L/menit menunjukkan bahwa terjadinya penurunan nilai persentase penyisihan COD. Keadaan ini menunjukkan bahwa tidak semua zat organik dapat didegradasi karena nilai COD yang tinggi berarti mengandung zat organik sulit didegradasi (Mulyono, 2012). Proses penyerapan polutan oleh tumbuhan air dipengaruhi beberapa faktor yaitu jenis tumbuhan yang digunakan, konsentrasi awal larutan, kapasitas penyerapan yang dimiliki oleh tumbuhan tersebut, pH larutan, keberadaan polutan dan waktu kontak. Semakin lama waktu kontak, semakin besar pula polutan yang diserap oleh tumbuhan air. Namun faktor ini tidak berlaku apabila tumbuhan air telah mencapai titik jenuh. Sehingga berapapun waktu berikutnya, tumbuhan air tidak akan mampu menyerap polutan dan hal ini menjadi pedoman kapan tumbuhan akan di *recovery* (Tyagita, 2011).

➤ Reaktor Filter Aerobik

Berdasarkan hasil analisis statistik menggunakan Anova antara variasi debit dengan konsentrasi akhir COD menunjukkan bahwa tidak adanya perbedaan nyata atau variasi debit tidak mempunyai pengaruh terhadap penyisihan COD. Hal ini terjadi karena kemampuan media botol bekas minuman probiotik dalam proses mendegradasi COD tidak dipengaruhi oleh waktu kontak antara media dengan air limbah. Jika air limbah membawa konsentrasi yang cukup oksigen, biodegradasi aerobik akan berlangsung di biofilm dan di bioflocs. Hal yang paling mudah biodegradable akan cepat diubah menjadi sel bakteri, yaitu menjadi partikulat dan menyebabkan materi kurang biodegradable (Odegaard, 1999).

Berdasarkan tabel 4.4 dan gambar 4.12. Hasil penelitian dengan debit 1,7 L/menit menunjukkan bahwa terjadinya penurunan nilai persentase penyisihan. Jika di dibandingkan dengan standar baku mutu yang telah ditetapkan hasil output pengolahan belum memenuhi standar baku mutu, yaitu sesuai Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri Dan/Atau Kegiatan Usaha Lainnya, baku mutu parameter COD yang ditetapkan adalah sebesar 50 mg/L. Penurunan persentase penyisihan disebabkan Nilai COD merupakan jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan organik dalam air secara kimiawi. Nilai COD biasanya lebih tinggi dari pada nilai BOD karena bahan buangan yang dapat dioksidasi melalui proses kimia lebih banyak dari pada bahan buangan yang dapat dioksidasi melalui proses biologi. (Ritman dan McCarty, 2001). tidak semua tertahan oleh media filter ada sebagian senyawa organik dan senyawa kimia yang ikut terbawa keluar oleh effluen, sehingga penurunan COD tidak terlalu besar karena masih adanya senyawa-senyawa organik pada effluen (Setyobudiarso, 2012)

Berdasarkan hasil penelitian dengan debit 0,4 L/menit. Hal ini menunjukkan bahwa naiknya nilai persentase penyisihan COD hal ini disebabkan semakin lama waktu tinggalnya di dalam reaktor (Sutrisno, 2011). Pada saat awal operasi terlihat, bahwa persentase reduksi COD dari aliran limbah cair relatif masih kecil akan tetapi seiring bertambahnya waktu operasi efisiensi reduksi COD semakin meningkat (Pohan, 2008). Jika semakin besar senyawa organik biodegradable telah terurai oleh mikroorganisme maka jumlah larut zat non-biodegradable organik secara efektif berkurang (Sokołowska, 2015). Sehingga segala macam bahan organik yang mudah terurai dan sulit terurai akan teroksidasi dengan demikian selisih COD dan BOD memberikan gambaran bahan organik yang sulit terurai di dalam air limbah (Hindriani, 2013)

4.5.3. Penurunan konsentrasi TSS

➤ Reaktor Fitoremediasi

Berdasarkan hasil analisis statistik menggunakan Anova antara variasi debit dengan konsentrasi akhir TSS menunjukkan bahwa tidak adanya perbedaan nyata atau variasi debit tidak mempunyai pengaruh terhadap penyisihan TSS. Hal ini terjadi karena tiap waktu pengambilan sampel memiliki nilai rata-rata konsentrasi akhir yang relatif sama. Pada proses fitoremediasi yang memegang peran penting untuk mengurangi atau menyerap kandungan polutan di air limbah adalah akar. Tumbuhan dapat menyerap kontaminan sedalam atau sejauh akar tanaman dapat tumbuh. Tumbuhan enceng gondok mempunyai akar yang banyak dan panjang sehingga luas permukaan kontak antara air limbah dan akar semakin besar sehingga membentuk filter yang dapat menahan partikel padat (Pharmawati, 2013).

Berdasarkan tabel 4.5 dan gambar 4.13. Hasil penelitian dengan debit 1,7 L/menit menunjukkan bahwa naiknya nilai persentase penyisihan TSS dalam air limbah domestik dapat terjadi akibat porositas media yang terbentuk oleh sistem perakaran tanaman dalam reaktor. Proses pengolahan tidak hanya terjadi melalui proses biologi, namun juga terjadi melalui proses fisik, baik melalui proses filtrasi maupun sedimentasi (Tangahu, 2001). Proses filtrasi dan sedimentasi juga terjadi dalam Fitoremediasi. Proses filtrasi dilakukan oleh akar tanaman dalam reaktor. Dimana proses tersebut terjadi karena kemampuan partikel-partikel media maupun sistem perakaran membentuk filter yang dapat menahan partikel-partikel padatan yang terdapat dalam air limbah (Crites, 1998) media yang digunakan dalam reaktor dapat menurunkan kecepatan aliran air limbah yang masuk dalam reaktor. Penurunan kecepatan air limbah ini akan memudahkan proses sedimentasi. Penurunan kandungan TSS setelah proses pengolahan dengan menggunakan enceng gondok disebabkan karena terjadi proses penyerapan oleh tanaman. Penurunan nilai TSS juga disebabkan karena tanaman enceng gondok memiliki akar serabut yang dapat menjadi tempat menempelnya koloid yang melayang di air.

Semakin banyak akar serabut yang dimiliki, maka semakin banyak koloid yang menempel pada akar-akar tersebut (Fachrurozi dkk, 2010).

Berdasarkan hasil penelitian dengan debit 0,4 L/menit menunjukkan bahwa terjadi penurunan nilai persentase penyisihan TSS hal ini dapat disebabkan sistem perakaran direaktor tidak selalu menghambat laju partikel solid yang dibawa pola aliran limbah, sehingga partikel padatan masih lolos dan mempengaruhi berat solid yang akan di analisa. Sistem perakaran tanaman yang terbentuk dalam reaktor tidak tumbuh secara merata dalam reaktor, sehingga pola aliran limbah tidak membentuk aliran sumbat (Aditya, 2011). Menurut Hammzah (2007) peningkatan konsentasi TSS dikarenakan adanya padatan yang berasal dari enceng gondok baik itu berupa akar, ataupun serpihan daun dan batang yang membusuk dalam reaktor.

➤ Reaktor Filter Aerobik

Berdasarkan hasil analisis statistik menggunakan Anova antara variasi debit dengan konsentrasi akhir TSS menunjukkan bahwa tidak adanya perbedaan nyata atau variasi debit tidak mempunyai pengaruh terhadap penyisihan TSS. Hal ini menunjukkan bahwa proses pemisahan padatan dalam air limbah hampir tidak dipengaruhi oleh faktor debit dan HRT (Pohan, 2008). Proses pemisahan padatan /material yang ada dalam cairan yang didasarkan pada karakteristik fisik padatan tersebut antara lain ukuran dan bentuk partikel (Foust, 1980).

Berdasarkan tabel 4.5 dan gambar 4.14. Hasil penelitian dengan debit 1,7 L/menit dan 0,4 L/menit menunjukkan bahwa naiknya nilai persentase penyisihan TSS. Jika di bandingkan dengan standar baku mutu yang telah ditetapkan hasil output pengolahan sudah memenuhi standar baku mutu, yaitu sesuai Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri Dan/Atau Kegiatan Usaha Lainnya, baku mutu parameter TSS yang ditetapkan adalah sebesar 50 mg/L. Berdasarkan penelitian Bayu Prasetyo (2014) dipengaruhi oleh luas kontak antara air limbah yang menempel di permukaan media filter. Karena semakin luas bidang kontak maka semakin besar penurunan TSS. Menurut Supriyanto (2007), adanya peningkatan ini disebabkan oleh proses pengendapan dan

pendegradasian zat organik pada masing–masing filter sehingga partikel–partikel kecil yang terdapat pada limbah menempel pada filter yang digunakan. Hal ini juga sesuai dengan pendapat Putro (2008), semakin tebal lapisan filter maka zona filtrasi akan semakin besar sehingga kemampuan untuk menahan bahan tidak larut (suspended solid) dalam air limbah semakin besar. Dalam hal ini jarak antar partikel filter yang kecil akan menahan suspended solid yang berukuran besar agar tidak ikut terbawa aliran limbah.

4.5.4. Penurunan konsentrasi NO₃

➤ Reaktor Fitoremediasi

Berdasarkan hasil analisis statistik menggunakan Anova antara variasi debit dengan konsentrasi akhir NO₃ menunjukkan bahwa tidak adanya perbedaan nyata atau variasi debit tidak mempunyai pengaruh terhadap penyisihan NO₃. Hal ini terjadi menurut Effendi (2015) tanaman dapat mereduksi amonium lebih cepat dibandingkan nitrat. Peningkatan nilai persentase penyisihan nitrat selama pengamatan mengindikasikan terjadi proses nitrifikasi amonia oleh bakteri. Namun nitrat yang dihasilkan tidak dimanfaatkan seluruhnya oleh tanaman sehingga terjadi akumulasi di air.

Berdasarkan tabel 4.6 dan gambar 4.15. Hasil penelitian dengan debit 1,7 L/menit dan 0,4 L/menit menunjukkan bahwa terjadi penurunan nilai persentase penyisihan dikarenakan nitrat merupakan bentuk utama dari senyawa nitrogen di perairan dan merupakan nutrisi bagi pertumbuhan tanaman dan alga di air. Nitrat berasal dari oksidasi amonia menjadi nitrit dan nitrat oleh bakteri *Nitrobacter* (Hefni Effendi 2003). Waktu tinggal yang semakin lama kadar nitrat dalam limbah yang diserap enceng gondok semakin banyak. Hal ini diindikasikan semakin lama waktu tinggal maka akan memberikan kesempatan banyak pada enceng gondok untuk menyerap nitrat yang terkandung dalam air limbah (Nindita, 2015). Nitrat merupakan senyawa terpenting karena dalam senyawa ini lebih mudah diserap oleh tanaman air dan dapat digunakan sebagai proses fotosintesis (Dewi, 2012).

➤ Reaktor Filter Aerobik

Berdasarkan hasil analisis statistik menggunakan Anova antara variasi debit dengan konsentrasi akhir NO_3 menunjukkan bahwa tidak adanya perbedaan nyata atau variasi debit tidak mempunyai pengaruh terhadap penyisihan NO_3 . Hal ini pada reaktor filter aerobik terjadi proses aerob merupakan proses oksidasi senyawa amoniak menjadi senyawa transisi nitrit, selanjutnya diikuti proses oksidasi nitrit menjadi senyawa nitrat atau disebut proses denitrifikasi. Kemudian terjadi proses anaerob dibagian dasar reaktor. Pada tahap ini senyawa nitrit yang terbentuk dari proses oksidasi amoniak, diolah lebih lanjut menjadi nitrogen. *Nitrosomonas* terlibat dalam tahapan nitrifikasi yaitu tahap oksidasi ion ammonium (NH_4^+) menjadi ion nitrit (NO_2^-) dan *Nitrobacter* terlibat di dalam tahap nitrasi, yaitu tahap kedua proses nitrifikasi. Bakteri ini mengoksidasi ion nitrit menjadi ion nitrat (NO_3^-). (Wardana, 2013).

Berdasarkan tabel 4.6 dan gambar 4.16. Hasil penelitian dengan debit 1,7 L/menit menunjukkan bahwa naiknya nilai NO_3 dipengaruhi oleh Semakin lama waktu tinggal, semakin lama pula air limbah terkontak dengan *biological film* bakteri yang telah terbentuk pada media. Hal ini menyebabkan bakteri dapat memakan zat pencemar dengan lebih mudah sehingga kandungan zat pencemar yang terdapat pada aliran effluent pun lebih kecil (Gunawan, 2012). Menunjukkan bahwa terjadi tahap nitrasi yaitu tahap oksidasi ion nitrit menjadi ion nitrat (NO_3^-) yang dilakukan *Nitrobacter* (Wardana, 2013)

Hasil penelitian dengan debit 0,4 L/menit menunjukkan bahwa terjadi penurunan nilai presentase penyisihan NO_3 . Penurunan efisiensi ini dapat mengindikasikan kurangnya pasokan nutrisi untuk bakteri, terutama faktor karbon sehingga kemampuan degradasi limbahnya menurun atau media biofilter yang digunakan kurang banyak, sehingga maksimum loading-nya untuk penguraian limbah terlampaui (Marsidi, 2003).

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat di simpulkan sebagai berikut.

1. Variasi debit pada reaktor fitoremediasi dan filter aerobik berpengaruh terhadap penurunan konsentrasi bahan organik, NO_3 dan TSS dalam air limbah dengan penurunan yang berbeda – beda setiap variasi.
2. Pada reaktor fitoremediasi dengan debit 1,7 l/m dan 0,4 l/m dimana hasil penelitian menunjukkan debit 1,7 l/m merupakan debit yang paling efektif dalam penurunan persentase BOD dan COD, dengan nilai persentase penurunan BOD sebesar 45,71%, COD sebesar 18,58 %. Sedangkan debit 0,4 l/m merupakan debit yang paling efektif dalam penurunan persentase TSS dan NO_3 dengan nilai persentase penurunan TSS sebesar 36,15 % dan NO_3 sebesar 29,48%.
3. Pada reaktor filter aerobik dengan debit 1,7 l/m dan 0,4 l/m dimana hasil penelitian menunjukkan debit 0,4 l/m merupakan debit yang paling efektif dalam penurunan persentase BOD dan COD, dengan nilai persentase penurunan BOD sebesar 36,76 %, COD sebesar 44,03 %. Sedangkan debit 1,7 l/m merupakan debit yang paling efektif dalam penurunan persentase TSS dan NO_3 dengan nilai persentase penurunan TSS sebesar 50,26 % dan NO_3 sebesar -0,67 %.

5.2. Saran

- Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan mengubah variasi media sehingga dapat diketahui sejauh mana kemampuan reaktor fitoremediasi dan filter aerobik dalam menurunkan konsentrasi pencemar.
- Dikarenakan konsentrasi bahan pencemar belum memenuhi standar baku mutu maka perlu dilakukan penelitian dengan penambahan aerasi untuk menambah jumlah oksigen terlarut dalam air limbah.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah Ibrahim Hmp, Endro Sutrisno dan Irawan Wisnu Wardana. 2013. Penggunaan Teknologi Kolam (Pond)-Biofilm Untuk Mengurangi Konsentrasi Amoniak Dalam Limbah Cair Tapioka Dengan Media Biofilter Pipa Pvc Sarang Tawon Dan Tempurung Kelapa. Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro Semarang.
- Agus Slamet Dan Ali Masduqi 2000, Satuan Proses Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan ITS. Surabaya.
- Anonim. Pergub Jatim No.72 Tahun Tentang Baku Mutu Air Limbah Industri Dan Kegiatan Usaha Lainnya Di Jawa Timur, 2013.
- Anonim. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah.
- Anonim. Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 185 Tahun 2014 Tentang Percepatan Penyediaan Air Minum Dan Sanitasi.
- Anonim. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air Dan Pengendalian Pencemaran Air.
- Anonim. 2014 Tantangan Mdgs Yang Belum Tercapai. Kementrian Koordinator Bidang Pembangunan Manusia Dan Kebudayaan. Jakarta.
- Arie Herlambang Dan Ruliasih Marsidi. 2003. Proses Denitrifikasi Dengan Sistem Biofilter Untuk Pengolahan Air Limbah Yang Mengandung Nitrat Peneliti Di Pusat Pengkajian Dan Penerapan Teknologi Lingkungan Badan Pengkajian Dan Penerapan Teknologi. Jakarta.
- Asril, P dan Supriyanto. A. 2007. Pengolahan Limbah Cair dari Industri Kecil Pengolahan Tahu Secara Biofiltrasi Menggunakan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*). *Proceedings of Bogor Agricultural University's seminars*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Cut Ananda, Mumu Sutisna dan Kancitra Pharmawati. 2013. Fitoremediasi Phospat Dengan Menggunakan Tumbuhan Enceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*) Pada Limbah Cair Indutri Kecil Pencucian Pakaian Laundri. jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan, Itenas, Bandung.
- Crites, R dan Tchobanoglous, G. (1998). *Small and decentralized wastewater management systems : wetlands and aquatic treatment. McGraw-gill book. Co-singapore.*
- Dahlia Arawati. Bersih Dengan Mck Komunal. Kompas.Com. Kota Malang, 2015.

- Deri., Emiyarti Dan La Ode Alirman Afu. 2013. *Heavy Metal Accumulation Of Lead (Pb) Of Mangrove Avicennia Marina Roots In Kendari Bay*. Jurnal Mina Laut Indonesia, Vol. 01, No. 01, Pp. 38– 48.
- Dewi, 2009. Kemampuan adsorpsi batu pasir yang dilapisi besi oksida (Fe_2O_3) Untuk menurunkan kadar Pb dalam larutan. Universitas Udayana Bali
- Dwi Ancella Yudha, Achmad Zubair dan Ardy. 2013. pengolahan Limbah Buangan Industri Tahu Dengan Menggunakan Bioreaktor Biakan Melekat Secara Anaerob-Aerob Jurusan Sipil Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin Makassar.
- Effendi, H., 2003, Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumberdaya Dan Lingkungan Perairan, Penerbit Kanisius, Yogyakarta.
- Erik, Petrus. Penanganan Permukiman Kumuh Dengan Pendekatan Karakteristik Dan Faktor Penyebab Kekumuhan (Studi Kasus: Permukiman Kumuh Di Kelurahan Tamansari Dan Kelurahan Braga). Perencanaan Kota Dan Wilayah, ITB, 2013.
- Evasari, 2012. Pemanfaatan lahan basah buatan dengan menggunakan tanaman *Typha latifolia* untuk mengelola limbah cair domestik. Depok juni 2012, universitas Indonesia.
- Evy Hendrianti Dkk. 2015. Kinerja Pengobatan Tlogomas Komunal Pengolahan Air Limbah Pabrik di Malang Kota. Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Nasional, Malang.
- Evi Hendrianti. Hasil Evaluasi Kinerja IPAL Kumunal MCK PLUS Tlogomas. Hibah Bersaing Dikti, 2015.
- Fachrurrozi, Et Al. 2010. Pengaruh Variasi Biomassa *Pistiastratiotes*l. Terhadap Penurunan Kadar Bod, Cod, Dan Tss Limbah Cair Tahu Di Dusun Klero Sleman Yogyakarta. Jurnal Kes Mas Uad Vol. 4 No. 1 Januari 2010. Universitas Ahmad Dahlan, Yogyakarta.
- Firly, 2005. Uji performance biofilter anaerobik unggun tetap menggunakan media biofilter sarang tawon untuk pengolahan air limbah rumah potong ayam. Said, 2005 Universitas negeri Jakarta.
- Hakim, 2012. Pemanfaatan eceng gondok (*Eichornia Crassipes*) sebagai media bioremediasi terhadap penurunan kadar total suspended solid (tss). Universitas negeri Semarang, Indonesia.
- Hallvard Odegaard. 1999. *The influence of the characteristics of air Waste IN OPTIONS Air Waste Treatment Methods. Faculty of Civil and Environmental Engineering, The Norwegian University of Science and Technology, N-7034.*
- Handayani, 2015. Pengolahan air limbah industri karton box dengan metode integrasi upflow anaerobic sludge bed reactor (uasb) dan elektrokoagulasi-flotasi. Jl. Ki Mangunsarkoro no. 6, Semarang.

- Haryanti, Sri, Nintya Setiari, Rini Budi Hastuti, Endah Dwi Hastuti, Dan Yulita Nurchayati. 2009. Respon Positif Fisiologi Dan Anatomi Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes (Mart) Solm*) Di Berbagai Perairan Tercemar. Jurnal Penelitian Sains & Teknologi,
- Haryati, 2010. Studi pengaruh waktu pengendapan dan konsentrasi awal partikel padat limbah dari outlet flokulator terhadap efisiensi pengendapan limbah pada system utilitas pusri-III. Universitas sriwijaya.
- Hasti Suprihatin. 2014. Penurunan Konsentrasi Bod Limbah Domestik Menggunakan Sistem Wetland Dengan Tanaman Hias Bintang Air (*Cyperus Alternifolius*). Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan, Institut Teknologi Pembangunan Surabaya.
- Hefni Effendi, Bagus Amalrullah Utomo, Giri Maruto Darmawangsa dan Rebo Elfida Karo-Karo. 2015. Fitoremediasi Limbah Budidaya Ikan Lele (*Clarias Sp.*) Dengan Kangkung (*Ipomoea Aquatica*) Dan Pakcoy (*Brassica Rapa Chinensis*) Dalam Sistem Resirkulasi.
- Heny Hindriani. 2013. Kajian Peningkatan Kualitas Air Sungai Ciujung Berdasarkan Parameter Senyawa Aox (*Adsorbable Organic Halides*) Dengan Model Wasp (*Water Quality Analysis Simulation Program*) Dan Model Dinamis. Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.
- Hermana, 2014. Efisiensi Pengolahan Limbah Cair Mengandung Minyak Pelumas pada Oil Separator dengan Menggunakan Plate Settler. Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia.
- Hidayah dan Karnaningroem, 2011. Pengaruh kecepatan aliran terhadap pengendapan flok pada proses sedimentasi . Kampus ITS Sukolili, Surabaya, 60111
- Joanna Smyk¹, Katarzyna Ignatowicz¹, Joanna Struk-Sokolowska. 2015. *COD Fractions Changes During Sewage Treatment With Constructed Wetland*. Department Of Technology In Engineering And Environmental Protection, Bialystok University Of Technology, Poland.
- Katarina Kriszia Lakscitra Intansari. Dan Sarwoko Mangkoedihardjo. 2012. uji Removal BOD Dan COD Limbah Cair Tahu Dengan Fitoremediasi Sistem Batch Menggunakan Tumbuhan Coontail (*Ceratophyllum Demersum*). Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- MetCalf & Eddy, 2003, Wastewater Engineering : Treatment, Disposal and Reuse, 4th ed., McGraw Hill Book Co., New York.

- Metcalf dan Eddy. 1991. Wastewater Engineering Treatment, Disposal, Reuse. New Delhi: McGraw-Hill Book Company.
- M. Faisal Fadhil. Evaluasi Sistem Pengolahan Air Limbah (Ipal) Komunal Berbasis Masyarakat Di Kecamatan Tamalate Kota Madya Makassar. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Makassar. Makassar, 2015.
- Mochtar Hadiwidodo, Wiharyanto Oktiawan, Alloysius Riza Primadani, Bernadette Nusye Parasmita, Dan Ismaryanto Gunawan. 2012. Pengolahan Air Lindi Dengan Proses Kombinasi Biofilter Anaerob-Aerob Dan Wetland Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Undip, Semarang.
- Nurhasmawaty Pohan. 2008. Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu Dengan Proses Biofilter Aerobik Sekolah Pascasarjana Universitas Sumatra Utara Medan.
- Putro, R. P. 2008. Studi Pengaruh Variasi Ukuran Ketebalan Media Penyaring (Pasir dan Zeolit) Untuk Mengurangi Kandungan BOD, COD dan TSS Pada Limbah Cair Tahu Dengan Metode Filtrasi. *Minor Thesis*. Fakultas Teknologi Pertanian. Universitas Brawijaya. Malang.
- Rahmayani, 2013. Pemanfaatan limbah batang jagung sebagai adsorben alternatif pada pengurangan kadar klorin dalam air olahan (*treated water*). jurnal teknik kimia usu, vol. 2, no. 2 (2013). Universitas sumatera utara,
- Ritman, B. E dan McCarty, P. L. 2001. Environmental Biotechnology Principles and Applications. McGraw Hill International Ed. New York
- Said, 2005. Aplikasih bio-balluntuk media biofilter studi kasus pengolahan air limbah pencucian jean. Pusat pengkajian dan penerapan teknologi lingkungan (BPPT)
- Salmariza dan sofyan. 2011. Aplikasi metoda MSL (multi soil layering) untuk proses pengolahan limbah indutri edilble oil. jurnal riset industri V, No 3. Padang.
- Setyobudiarso & Yuwono, 2014. Rancang bangun alat penjernih air limbah cair laundry dengan menggunakan media penyaring kombinasi pasir – arang aktif. Jurnal Neutrino Vol.6, No.2 April 2014.
- Siregar, Sakti A. 2005. Instalasi Pengolahan Air Limbah. Yogyakarta: Kanisius.
- Sri Sumiyari, 2011. Studi penurunan parameter TSS dan Turbiditi dalam air limbah domestic artifisial menggunakan kombinasi vertical roughing filter dan horizontal roughing filter. FT UNDIP jl. prof H. sudarto, SH Tembalang semarang
- Sugianthi, 2012. Pengolahan air limbah pembangkit listrik pt indonesia power dengan metode flotasi dan biofiltrasi saringan pasir tanaman. Jurnal kimia 6 (1), januari 2012 : Universitas Udayana, Bukit Jimbaran.

- Sugiharto. (2008). Dasar-Dasar Pengelolaan Air Limbah. Jakarta: Universitas Indonesia Press
- Susanawati, 2011. Pengolahan limbah cair domestic Menggunakan tanaman kayu apu (*pistia stratiotes* L.) Dengan teknik tanam hidroponik sistem dft (deepflow technique). Universitas Brawijaya Jl. Veteran, Malang 65145
- Tangahu, B. V. dan Warmadewanthi, I. D. A. 2001. Pengelolaan limbah rumah tangga dengan memanfaatkan tanaman cattail (*typha angustifolia*) dalam system *constructed wetland*, purifikasi, volume 2 nomor 3. ITS Surabaya.
- Velma Nindita 2015 Reduksi Kandungan Nitrat Pada Limbah Elektroplating Pt Aisin Indonesia Cikarang Selatan, Bekasi arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Pgris Semarang.
- Wahid & Abdillah, 2014. Pengendalian pH limbah cair laboratorium departemen teknik kimia UI menggunakan pengendali PID linear pada mini plant wa 921. Universitas Indonesia, Kampus Baru UI, Depok, Indonesia.
- Welly dkk, 2015. Studi efisiensi paket pengolahan grey water model kombinasi aer-anaerobic filter. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya
- Widiasa dkk, 2012. *Pemisahan FAT, OIL, and GRASE (FOG)* dari limbah foodcourt dengan dissolved air flotation. Universitas Diponegoro Semarang, 50239.
- Yusriani Sapta Dewi. 2012. Efektivitas Jumlah Rumpun Tanaman Enceng Gondok (*Eichhornia crassipes* (Mart) Solms Dalam Pengendalian Limbah Cair Domestik Jakarta Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Satya Negara Indonesia.

DOKUMENTASI PENELITIAN

L

A

M

P

I

R

A

N



Gambar 1. Pemasangan Reaktor



Gambar 2. Titik Pengambilan Sampel Awal



Gambar 3. Pengambilan Sampel Awal Setelah Proses Di Bak AD



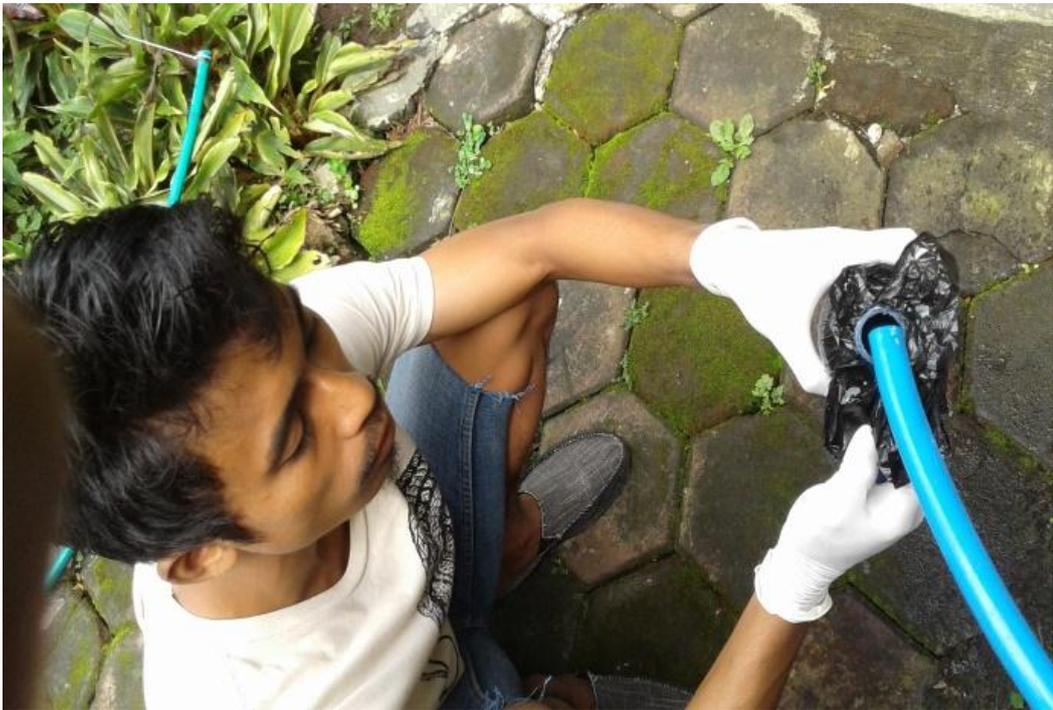
Gambar 4. Pengamatan Fisik Debit 0,4 L/Menit



Gambar 5. Pengamatan Fisik Debit 1,7 L/Menit



Gambar 6. Reaktor Filter Aerobik



Gambar 7. Pengambilan Sampel Pada Proses Akhir



Gambar 8. Pembersihan Reaktor



Gambar 9. Sampel Air Limbah Sebelum di Analisis