

Optimalisasi kinerja pengolahan limbah domestik pada MCK Plus Tlogomas

Aris Patih Hambandima

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional, Malang, Indonesia

Article Info

Article history:

Received : Nov 03, 2024

Revised : Dec 19, 2024

Accepted : Feb 16, 2025

Keywords:

BOD;

COD;

NO₃;

Optimalisasi;

TSS.

ABSTRACT

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 NO₃ 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 %, NO₃ 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 %, NO₃ sebesar -0,67 %. Variasi debit pada reaktor fitoremediasi dan filter aerobik berpengaruh terhadap penurunan konsentrasi bahan organik, NO₃ dan TSS dalam air limbah dengan penurunan yang berbeda – beda setiap variasi.

This is an open access article under the [CC BY-NC](#) license.



Corresponding Author:

Aris Patih Hambandima

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional

Jl. Sigura - Gura No.2, Sumbersari, Kec. Lowokwaru, Kota Malang, Jawa Timur 65152

Email: hambandimapatih@gmail.com

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 NO₃ 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 (Yusransugianto, 2013).

2. METODE

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:

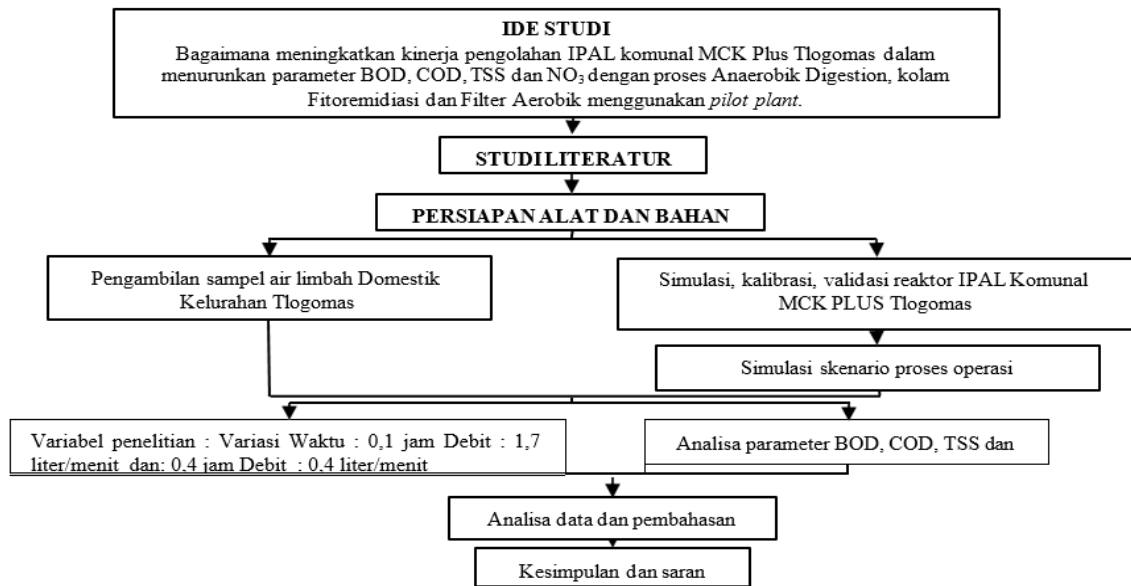
$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{\text{Konsentrasi Awal} - \text{Konsentrasi Akhir}}{\text{Konsentrasi Awal}} \times 100 \% \quad (1)$$

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 table (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	Paremeter	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.

3.1 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
Fitoreme diasi	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

3.1.1 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

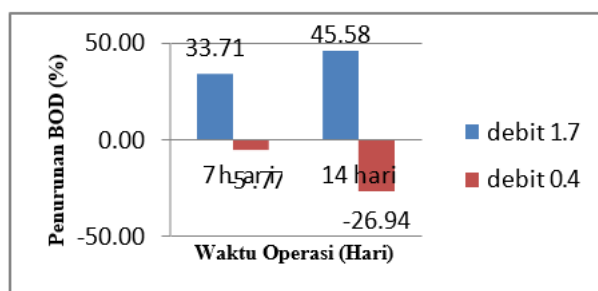
P = Nilai probabilitas

F = Nilai statistik uji

Keputusan:

Untuk tahap signifikansi 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- 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 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 mikrobia. 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 (Hendriarianti, 2015).

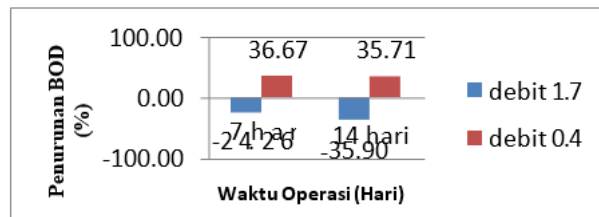
Berdasarkan hasil penelitian dengan debit 0,4 L/menit menunjukkan bahwa terjadinya penurunan nilai persentase penyisihan nilai BOD. Hal ini disebabkan semakin kecilnya debit tidak mempengaruhi terjadinya penurunan. Waktu tinggal yang lama menyebabkan endapan dan koloid serta bahan terlarut yang berasal 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 (Fachrurozi 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 digambarkan 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).

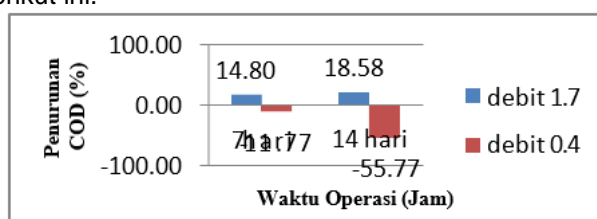
3.1.2 Analisa COD

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 di pengaruhi 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 fitokelat (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).

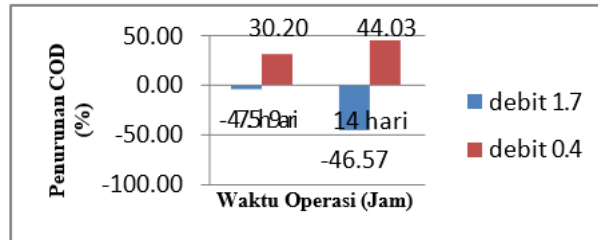
Berdasarkan hasil penelitian dengan debit 0,4 L/menit menunjukkan bahwa terjadinya penurunan nilai persentase penyisihan COD. Keadaan ini menunjukkan bahwa tidak semua zat organik dapat didegradasi karena nilai COD yang tinggi berarti mengandung zat organik sulit didegradasi (Mulyono, 2012). Proses penyerapan polutan oleh tumbuhan air di pengaruhi 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 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 (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).

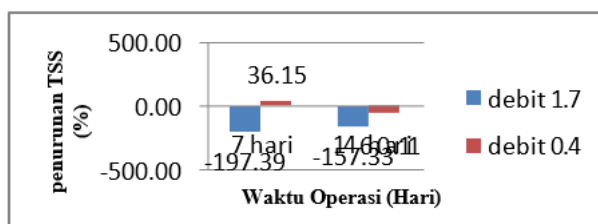
3.1.3 Analisa TSS

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).

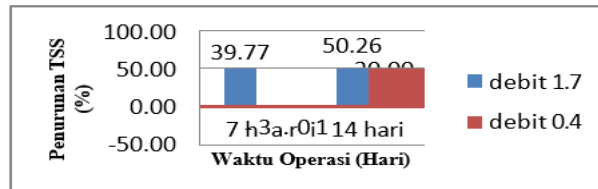
Berdasarkan hasil penelitian dengan debit 0,4 L/menit menunjukkan bahwa terjadi penurunan nilai persentase penyisihan TSS hal ini dapat disebabkan sistem perakaran di reaktor tidak selalu menghambat laju partikel solid yang dibawa pola aliran limbah, sehingga partikel padatan masih lolos dan mempengaruhi 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 menunjukan 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 dibandingkan 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.

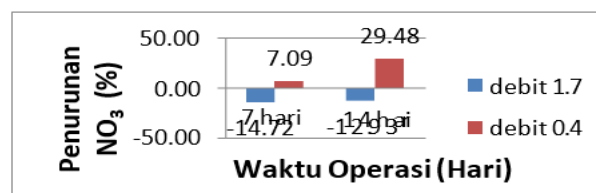
3.1.4 Analisa NO3

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.

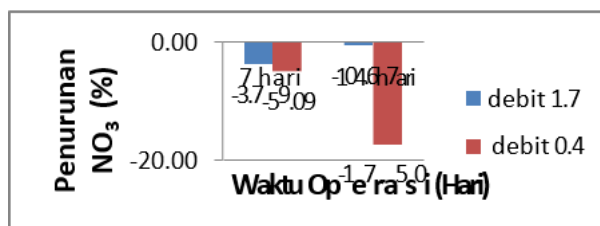
Berdasarkan gambar 8. Hasil penelitian dengan debit 1,7 L/menit dan 0,4 L/menit menunjukkan bahwa terjadi penurunan nilai persentase penyisihan dikarenakan nitrat merupakan bentuk utama dari senyawa nitrogen di perairan dan merupakan nutrisi bagi pertumbuhan tanaman dan alga di air. Nitrat berasal dari 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 mudah diserap 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 (NO₃⁻) yang dilakukan Nitrobacter (Wardana, 2013)

Hasil penelitian dengan debit 0,4 L/menit menunjukkan bahwa terjadi penurunan nilai presentase penyisihan NO₃. 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).

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan sebagai berikut: Variasi debit pada reaktor fitoremediasi dan filter aerobik berpengaruh terhadap penurunan konsentrasi bahan organik, NO₃ dan TSS dalam air limbah dengan penurunan yang berbeda – beda setiap variasi; 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 NO₃ dengan nilai persentase penurunan TSS sebesar 36,15 % dan NO₃ sebesar 29,48%; 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 NO₃ dengan nilai persentase penurunan TSS sebesar 50,26 % dan NO₃ sebesar -0,67 %. 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.

REFERENCES

- 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. Kementerian 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 Fosfat Dengan Menggunakan Tumbuhan Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*) Pada Limbah Cair Indutri Kecil Pencucian Pakaian Laundry. 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 tanamantipha 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.
- Fachrurozi, Et Al. 2010. Pengaruh Variasi Biomassa *Pistiastratiotes*l. 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- 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, 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 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.
- Ritman, B. E dan McCarty, P. L. 2001. Environmental Biotechnology Principles and Applications. McGraw Hill International Ed. New York
- Salmariza dan sofyar. 2011. Aplikasi metoda MSL (multi soil layering) untuk proses pengolahan limbah industri 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 Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes* (Mart) Solm) Dalam Pengendalian Limbah Cair Domestik Jakarta Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Satya Negara Indonesia.