

LAPORAN AKHIR PENELITIAN  
HIBAH BERSAING



MODEL OPTIMALISASI INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH  
KOMUNAL MENGGUNAKAN PEMROGRAMAN DINAMIS

(Tahun II dari rencana 3 tahun )

Evy Hendriarianti ST. M.MT/0701117202  
Deviany Kartika/0726106701

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
NOPEMBER 2016

## HALAMAN PENGESAHAN

Judul : Model Optimalisasi Instalasi Pengolahan Air Limbah Komunal Menggunakan Pemrograman Dinamik

**Peneliti/Pelaksana**

Nama Lengkap : EVY HENDRIARIANTI ST, MMT  
Perguruan Tinggi : Institut Teknologi Nasional Malang  
NIDN : 0701117202  
Jabatan Fungsional : Lektor  
Program Studi : Teknik Lingkungan  
Nomor HP : 081330116312  
Alamat surel (e-mail) : hendriarianti@yahoo.com

**Anggota (1)**

Nama Lengkap : Ir. DEVIANY KARTIKA MT.  
NIDN : 0726106701  
Perguruan Tinggi : Institut Teknologi Nasional Malang  
Institusi Mitra (jika ada) :  
Nama Institusi Mitra : -  
Alamat : -  
Penanggung Jawab : -  
Tahun Pelaksanaan : Tahun ke 2 dari rencana 3 tahun  
Biaya Tahun Berjalan : Rp 50.000.000,00  
Biaya Keseluruhan : Rp 196.215.000,00

Mengetahui,  
Dekan FTSP ITN Malang



(Ir. Sudirman Indra MSc)  
NIP/NIK Y. 1018300054

Malang, 22 - 11 - 2016  
Ketua,

(EVY HENDRIARIANTI ST, MMT)  
NIP/NIK P1030300382

Menyetujui,  
Ketua LPPM ITN Malang



(Fourry Handoko ST, SS, MT, PhD)  
NIP/NIK Y.1030100539

## RINGKASAN

Pemerintah Indonesia telah berupaya melakukan pengelolaan air limbah untuk memenuhi target MDG's di bidang sanitasi sektor air limbah. Tetapi dari hasil evaluasi terhadap program PPSP (Percepatan Pembangunan Sanitasi Pemukiman) melalui National City Sanitation Rating (NCSR), pada September 2012 skor untuk setiap kota dan kabupaten masih rendah. Sementara itu, potensi reuse air limbah yang besar masih terbatas penerapannya. Kualitas pengolahan air limbah untuk *reuse* yang lainnya berada pada kedua rentang kualitas pengolahan untuk irigasi dan domestik. Aplikasi model optimisasi telah terbukti bermanfaat dalam mengoptimalkan kualitas efluen, waktu dan biaya. Melihat potensi dan manfaat *reuse* air limbah domestik dan masih rendahnya kinerja pengelolaan air limbah, maka diperlukan penelitian untuk mengoptimalkan proses pengelolaan air limbah domestik dengan pendekatan model optimisasi.

Tujuan penelitian adalah membuat model optimisasi IPAL Komunal untuk meminimalkan konsentrasi polutan yang keluar dari IPAL Komunal sehingga aman bagi badan air penerima dan memiliki potensi digunakan kembali (*reuse*). Pendekatan pemodelan sistem dinamik pada studi kasus IPAL Komunal Mergosono I Kota Malang sebagai berikut :

- Modul → Prasedimentasi (1); Filter Anaerobik (2); Aerasi (3)
- Stocks → kandungan polutan influen, kandungan polutan efluen pada setiap modul
- Flows → rasio pemisahan pada setiap modul
- Converters → proses fisik dan biokimia

Tahapan penelitian terdiri (1) evaluasi kinerja IPAL Komunal (2) analisa sistem operasi dan proses IPAL Komunal dan (3) pemodelan optimisasi IPAL Komunal dengan program dinamik. Setiap tahap direncanakan dilaksanakan selama 1 (satu) tahun sehingga diperlukan waktu 3 (tiga) tahun untuk menyelesaikan seluruh tahap. Hasil penelitian ini diharapkan mampu menjawab permasalahan rendahnya kinerja pengelolaan air limbah, terbatasnya aplikasi *reuse* air limbah, penurunan kualitas air sungai dari pembuangan air limbah domestik dan keterbatasan sumber air.

Dari hasil analisa hasil uji sampel influen *pilot plant* IPAL Komunal diketahui kualitas influen IPAL Komunal masih jauh diatas baku mutu untuk parameter bahan organik BOD dan COD. Sedangkan untuk parameter TSS masih mendekati baku mutu. Nilai rasio BOD/COD influen IPAL Komunal pada obyek studi berkisar antara 0,205-0,248. Kualitas influen IPAL Komunal masih jauh diatas baku mutu untuk parameter bahan organik BOD dan COD. Sedangkan untuk parameter TSS masih mendekati baku mutu. Tingkat pembebanan organik pada reaktor biofiltrasi di *pilot plant* IPAL Tlogomas sebesar 9 kgBOD/m<sup>3</sup>.hari, pada unit Filter Anaerobik *pilot plant* IPAL Komunal USRI sebesar 2,67 kgBOD/m<sup>3</sup>.hari dan pada reaktor ABR-Filter di IPAL Komunal DAK-DKP sebesar 6,33 kgBOD/m<sup>3</sup>.hari. Kinerja pengolahan yang paling baik pada variasi aliran desain *pilot plant* IPAL Komunal MCK Plus Tlogomas. Tingkat kinerja pengolahan yang dicapai untuk parameter BOD 83%, COD 85%, TSS 92%, Nitrat

83%, Amoniak 75% dan Fosfat Total 56%. Pengolahan limbah domestik dengan unit pengolahan anaerobik, aerobik dan fitoremediasi terbukti mempunyai kinerja pengolahan yang lebih bagus. Penggunaan unit pengolahan anaerobik dilanjutkan dengan unit pengolahan aerobik dengan metode fitoremediasi dan aerasi bertingkat diharapkan mampu meningkatkan kinerja pengolahan bahan organik dan nutrien.

Kata Kunci : Pilot Plant IPAL Komunal, kinerja pengolahan, BOD, COD, TSS, NO<sub>3</sub>, PO<sub>4</sub>total, NH<sub>3</sub>.

## **PRAKATA**

Puji syukur penyusun panjatkan ke hadirat ALLAH SWT karena rahmat dan hidayah-Nya laporan kemajuan penelitian Hibah Bersaing ini dapat terselesaikan.

Penelitian dengan judul Model Optimalisasi Instalasi Pengolahan Air Limbah Komunal Menggunakan Pemrograman Dinamis telah mendapatkan dana DIPA Kopertis Wilayah VII Surabaya, Nomor: SP DIPA-023.04.1.673453/2016, revisi 01 tanggal 3 Maret 2016. Laporan Akhir ini berisi tentang pelaporan kegiatan evaluasi kinerja IPAL Komunal yang telah dilaksanakan selama periode waktu Maret sampai Nopember 2016. Lingkup kegiatan meliputi pembuatan pilot plant, simulasi, kalibrasi dan validasi aliran, pengambilan sampel air limbah domestik, analisa sistem operasi dan proses pengolahan pilot plant, analisa kualitas sampel hasil pengolahan dan pembahasan hasil analisa.

Kami mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu kami khususnya DP2M DIKTI yang telah memberikan dana hibah. Tidak lupa pula kami sampaikan terima kasih atas bantuan moril dan materiil dari civitas akademika ITN Malang, SKPD terkait IPAL Komunal yaitu Dinas Kebersihan dan Petamanan Kota Malang dan Badan Keluarga Berencana dan Pemberdayaan Masyarakat Kota Malang serta Kelompok Masyarakat pengelola IPAL pada IPAL Komunal MCK Plus Jalan Tirta Rona Tlogomas, IPAL Komunal USRI RT5 RW5 Tlogomas, IPAL Komunal DAK-DKP RW5 Bandungrejosaro Janti sehingga penelitian ini dapat terlaksana.

Akhir kata, semoga kegiatan dan laporan akhir ini dapat bermanfaat bagi permasalahan air limbah pemukiman dan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi khususnya di bidang teknik lingkungan.

Surabaya, Nopember 2016

**Penyusun**

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b>	i
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b>	ii
<b>RINGKASAN</b>	iii
<b>PRAKATA</b>	iv
<b>DAFTAR ISI</b>	v
<b>DAFTAR TABEL</b>	vii
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	viii
<b>DAFTAR GRAFIK</b>	ix
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b>	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b>	5
2.1 Karakteristik Air Limbah Domestik	5
2.2 Pengolahan Air Limbah Domestik	6
2.3 Optimisasi Matematis	10
<b>BAB 3. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN</b>	12
<b>BAB 4. METODE PENELITIAN</b>	13
4.1. Tahapan Penelitian	13
4.2. Metode Penelitian	13
<b>BAB 5. HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	15
5.1 Diskripsi <i>Pilot Plant</i>	16
5.2 Simulasi, kalibrasi dan Validasi <i>Pilot Pant</i>	19
5.3 Hasil Uji Kualitas Influen	19

5.4 Pembahasan	21
5.4.1. Tingkat Pembebanan Organik	21
5.4.2. Rasio BOD dan COD	23
5.4.3. Kinerja <i>Pilot Plant</i> IPAL Komunal	24
<b>BAB 6. RENCANA TAHAPAN BERIKUTNYA</b>	48
<b>BAB 7. KESIMPULAN</b>	49
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan karakteristik air limbah domestik	6
Tabel 2.2. Pertimbangan Penting Dalam <i>Upgrading</i> dan Desain IPAL	8
Tabel 2.3. Tingkat Pengolahan Beberapa Jenis Unit Operasi dan Proses	10
Tabel 2.4 Ketersediaan Software Optimisasi Air Limbah	11
Tabel 5.1 Dimensi IPAL Komunal Dan Pilot Plant Tlogomas	15
Tabel 5.2 Dimensi IPAL Komunal Dan Pilot Plant USRI	16
Tabel 5.3 Dimensi IPAL Komunal Dan Pilot Plant DAK	17
Tabel 5.4 Variasi Penelitian	18
Tabel 5.5 Kualitas Efluen IPAL Komunal	19
Tabel 5.6 Tingkat Pembebanan Volumetrik untuk Biological Aerated Filter	20
Tabel 5.7. Rasio BOD/COD Influen	23



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 4.1 Tahapan penelitian	13
Gambar 4.2. Diagram Alir Kegiatan Penelitian Tahap II Pembuatan Pilot Test IPAL Komunal	14
Gambar 5.1 Pilot Plant IPAL Komunal	15
Gambar 5.2 Proses Simulasi dan Kalibrasi Aliran	18
Gambar 5.3 Skema Unit Pengolahan MCK Plus Tlogomas	20
Gambar 5.4 Skema Unit Pengolahan IPAL Komunal USRI	21
Gambar 5.5 Skema Unit Pengolahan IPAL Komunal DAK-DKP	22

## DAFTAR GRAFIK

Grafik 5.1 . Kualitas Influen	19
Grafik 5.2. Konsentrasi Efluen Pilot Plant IPAL Komunal Tlogomas Pada Variasi Aliran 1,7 L/menit dan Waktu Pengamatan 1 Minggu	23
Grafik 5.3. Konsentrasi Efluen Pilot Plant IPAL Komunal Tlogomas Pada Variasi Aliran 1,7 L/menit dan Waktu Pengamatan 2 Minggu	24
Grafik 5.4 Konsentrasi Efluen Pilot Plant IPAL Komunal Tlogomas Pada Variasi Aliran 0,4 L/menit dan Waktu Pengamatan 1 Minggu	25
Grafik 5.5. Konsentrasi Efluen Pilot Plant IPAL Komunal Tlogomas Pada Variasi Aliran 0,4 L/menit dan Waktu Pengamatan 1 Minggu	25
Grafik 5.6. Konsentrasi Efluen (mg/L) Pada Variasi Aliran 0,5 L/menit dan Waktu Pengamatan 1 Minggu	26
Grafik 5.7. Konsentrasi Efluen (mg/L) Pada Variasi Aliran 0,5 L/menit dan Waktu Pengamatan 2 Minggu	27
Grafik 5.8. Konsentrasi Efluen <i>Pilot Plant</i> IPAL Komunal USRI Pada Variasi Aliran 0,39 L/menit dan Waktu Pengamatan 1 Minggu	27
Grafik 5.9. Konsentrasi Efluen <i>Pilot Plant</i> IPAL Komunal USRI Pada Variasi Aliran 0,39 L/menit dan Waktu Pengamatan	28
Grafik 5.10. Konsentrasi Efluen <i>Pilot Plant</i> IPAL Komunal DAK-DKP Pada Variasi Aliran 0,65 L/menit dan Waktu Pengamatan 1 Minggu	29
Grafik 5.11 Konsentrasi Efluen <i>Pilot Plant</i> IPAL Komunal DAK-DKP Pada Variasi Aliran 0,65 L/menit dan Waktu Pengamatan 2 Minggu	29
Grafik 5.12. Konsentrasi Efluen <i>Pilot Plant</i> IPAL Komunal DAK-DKP Pada Variasi Aliran 0,83 L/menit dan Waktu Pengamatan 1 Minggu	30
Grafik 5.13. Konsentrasi Efluen <i>Pilot Plant</i> IPAL Komunal DAK-DKP Pada Variasi Aliran 0,83 L/menit dan Waktu Pengamatan 2 Minggu	30
Grafik 5.14. Kecenderungan Konsentrasi BOD Efluen <i>Pilot Plant</i> IPAL Komunal Pada Variasi Aliran Desain dan Waktu Pengamatan 1 Minggu	31
Grafik 5.15. Kecenderungan Konsentrasi BOD Efluen <i>Pilot Plant</i> IPAL Komunal Pada Variasi Aliran Desain dan Waktu Pengamatan 2 Minggu	31

Grafik 5.16. Kecenderungan Konsentrasi BOD Efluen <i>Pilot Plant</i> IPAL Komunal Pada Variasi Aliran Output Model Dinamis dan Waktu Pengamatan 1 Minggu	32
Grafik 5.17. Kecenderungan Konsentrasi BOD Efluen <i>Pilot Plant</i> IPAL Komunal Pada Variasi Aliran Output Model Dinamis dan Waktu Pengamatan 2 Minggu	32
Grafik 5.18. Kecenderungan Konsentrasi COD Efluen <i>Pilot Plant</i> IPAL Komunal Pada Variasi Aliran Desain dan Waktu Pengamatan 1 Minggu	33
Grafik 5.19. Kecenderungan Konsentrasi COD Efluen <i>Pilot Plant</i> IPAL Komunal Pada Variasi Aliran Desain dan Waktu Pengamatan 2 Minggu	33
Grafik 5.20. Kecenderungan Konsentrasi COD Efluen <i>Pilot Plant</i> IPAL Komunal Pada Variasi Aliran Output Model Dinamis dan Waktu Pengamatan 1 Minggu	34
Grafik 5.21. Kecenderungan Konsentrasi COD Efluen <i>Pilot Plant</i> IPAL Komunal Pada Variasi Aliran Output Model Dinamis dan Waktu Pengamatan 2 Minggu	34
Grafik 5.22. Kecenderungan Konsentrasi TSS Efluen <i>Pilot Plant</i> IPAL Komunal Pada Variasi Aliran Desain dan Waktu Pengamatan 1 Minggu	35
Grafik 5.23. Kecenderungan Konsentrasi TSS Efluen <i>Pilot Plant</i> IPAL Komunal Pada Variasi Aliran Desain dan Waktu Pengamatan 2 Minggu	35
Grafik 5.24. Kecenderungan Konsentrasi TSS Efluen <i>Pilot Plant</i> IPAL Komunal Pada Variasi Aliran Output Model Dinamis dan Waktu Pengamatan 1 Minggu	36
Grafik 5.25. Kecenderungan Konsentrasi TSS Efluen <i>Pilot Plant</i> IPAL Komunal Pada Variasi Aliran Output Model Dinamis dan Waktu Pengamatan 2 Minggu	36
Grafik 5.26. Kecenderungan Konsentrasi Nitrat Efluen <i>Pilot Plant</i> IPAL Komunal Pada Variasi Aliran Desain dan Waktu Pengamatan 1 Minggu	37
Grafik 5.27. Kecenderungan Konsentrasi Nitrat Efluen <i>Pilot Plant</i> IPAL Komunal Pada Variasi Aliran Desain dan Waktu Pengamatan 2 Minggu	37
Grafik 5.28. Kecenderungan Konsentrasi Nitrat Efluen <i>Pilot Plant</i> IPAL Komunal Pada Variasi Aliran Output Model Dinamis dan Waktu Pengamatan 1 Minggu	38
Grafik 5.29. Kecenderungan Konsentrasi Nitrat Efluen <i>Pilot Plant</i> IPAL Komunal Pada Variasi Aliran Output Model Dinamis dan Waktu Pengamatan 2 Minggu	38
Grafik 5.30. Kecenderungan Konsentrasi Amoniak Efluen <i>Pilot Plant</i> IPAL Komunal Pada Variasi Aliran Desain dan Waktu Pengamatan 1 Minggu	39
Grafik 5.31. Kecenderungan Konsentrasi Amoniak Efluen <i>Pilot Plant</i> IPAL Komunal Pada Variasi Aliran Desain dan Waktu	

Pengamatan 2 Minggu	39
Grafik 5.32. Kecenderungan Konsentrasi Amoniak Efluen <i>Pilot Plant</i> IPAL Komunal Pada Variasi Aliran Output Model Dinamis dan Waktu Pengamatan 1 Minggu	40
Grafik 5.33. Kecenderungan Konsentrasi Amoniak Efluen <i>Pilot Plant</i> IPAL Komunal Pada Variasi Aliran Output Model Dinamis dan Waktu Pengamatan 2 Minggu	40
Grafik 5.34. Kecenderungan Konsentrasi Fosfat Total Efluen <i>Pilot Plant</i> IPAL Komunal Pada Variasi Aliran Desain dan Waktu Pengamatan 1 Minggu	41
Grafik 5.35. Kecenderungan Konsentrasi Fosfat Total Efluen <i>Pilot Plant</i> IPAL Komunal Pada Variasi Aliran Desain dan Waktu Pengamatan 2 Minggu	41
Grafik 5.36. Kecenderungan Konsentrasi Fosfat Total Efluen <i>Pilot Plant</i> IPAL Komunal Pada Variasi Aliran Output Model Dinamis dan Waktu Pengamatan 1 Minggu	42
Grafik 5.37. Kecenderungan Konsentrasi Fosfat Total Efluen <i>Pilot Plant</i> IPAL Komunal Pada Variasi Aliran Output Model Dinamis dan Waktu Pengamatan 2 Minggu	42
Grafik 5.38. Tingkat Pengolahan <i>Pilot Plant</i> IPAL Komunal Pada Variasi Aliran Desain	43
Grafik 5.39. Tingkat Pengolahan <i>Pilot Plant</i> IPAL Komunal Pada Variasi Aliran Output Model Dinamis	43

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar belakang**

Masalah air limbah khususnya di negara berkembang menjadi isu strategis dalam pembangunan berkelanjutan. Menurut wakil Sekjen PBB pada 25 Maret 2013, Indonesia termasuk dalam 10 (sepuluh) negara dengan tingkat sanitasi terburuk di dunia (sumber : detik.com). Evaluasi terhadap program PPSP melalui National City Sanitation Rating (NCSR), pada September 2012 skor untuk setiap kota dan kabupaten masih rendah. Semua kota dan kabupaten mendapatkan nilai D (zona merah) karena nilai indeksnya dibawah 6,0. Parameter yang dievaluasi adalah profil akses, akses infrastruktur dan akses investasi. Kota Malang memiliki skor yang sangat rendah (0.4) (<http://www.pokjaAMPL>, 2012). Kota Malang memiliki 19 IPAL Komunal (BLH Kota Malang, 2012). Salah satunya IPAL Komunal Mergosono I dengan efisiensi pengolahan rendah. Pemisahan TSS dan BOD berturut-turut hanya sebesar 17,81% dan 26.98 %. Padahal kinerja biofilter anaerobik rata-rata bisa mencapai 90 % untuk pemisahan material organik (McCarty, 1969). Sering dilaporkan bahwa pengolahan anaerobik untuk berbagai jenis air limbah telah mencapai persentase pemisahan COD yang tinggi (>90%) (Patrick A. Ray, 2010) (Metcalf, 2003) (Najafpour G.D., 2006) (Najafpour, 2005) (Khademi M. N., 2009) (Zinatizadeh, 2009) (Alrawi, 2010).

Program percepatan pembangunan sanitasi pemukiman (PPSP) untuk memenuhi target MDG's telah berakhir pada tahun 2014. Saat ini pemerintah meluncurkan program 100-0-100 (100% akses air minum, 0% kawasan kumuh, 100% akses sanitasi layak) yang ditargetkan tercapai pada tahun 2019. Dalam Peraturan Presiden Nomor 185 tahun 2014 tentang Percepatan Penyediaan Air Minum dan Sanitasi disebutkan perlunya pengembangan iptek sanitasi dan peningkatan keterlibatan masyarakat dalam upaya sanitasi. Dalam forum Indonesia Water Week 2015, dirumuskan perlunya keterlibatan dunia pendidikan dalam sanitasi. Hal ini yang menjadi motivasi dalam penelitian ini.

Peningkatan kinerja pengolahan air limbah menarik jika dihubungkan dengan potensi penggunaannya sebagai alternatif sumber air . Penggunaan air limbah daur ulang juga digunakan untuk industri terutama sebagai pendingin, recharge akuifer, danau rekreasi, akuakultur dan pembersihan toilet (Nur Idaman Said, 2006). Faktor lain yang menjadi motivasi dalam penggunaan teknologi *recycle* dan *reuse* air limbah adalah meminimisasi biaya infastruktur termasuk biaya total pengolahan dan biaya pembuangan. Disamping itu juga bisa mereduksi bahkan mengeliminasi pembuangan air limbah ke lingkungan penerima (S. Vigneswaran, M.Sundaravadiel, 2004). Potensi *reuse* air limbah tergantung pada karakteristik hidrolis dan biokimia air limbah yang menentukan metode dan tingkat pengolahan yang digunakan. Penggunaan *reuse* air limbah untuk irigasi mempunyai tingkat kualitas pengolahan yang rendah. Sedangkan *reuse* air limbah untuk kepentingan domestik sebagai air minum, air bersih maupun selain air bersih memerlukan tingkat kualitas pengolahan yang tinggi. Tingkat kualitas pengolahan air limbah untuk *reuse* yang lainnya berada pada kedua rentang kualitas pengolahan untuk irigasi dan domestik (S. Vigneswaran, M.Sundaravadiel, 2004).

Potensi *reuse* air limbah dengan menggunakan pemodelan optimisasi menunjukkan manfaat dalam upaya pengelolaan air limbah. Optimisasi proses IPAL menggunakan model matematika dan simulasi membantu memahami proses dan juga menghemat waktu dan biaya (Prasanta K. Bhunia, 1986). Optimisasi matematik seperti NLP untuk pemecahan masalah minimisasi air dan air limbah telah dilaporkan sejak tahun 1980 an. Pada awalnya untuk masalah reduksi konsumsi air bersih pertambangan minyak. Studi-studi sebelumnya menunjukkan terobosan yang bagus melalui pengembangan konsep *water reuse*, *regeration* dan *recycle*. Pendekatan secara grafis menunjukkan pandangan berharga terhadap water system saat pemrograman matematik digunakan untuk memecahkan masalah air yang besar dan kompleks (Z.A. Putra dan K.A. Aminuddin, 2008). Karuppiyah R, Grossman I.E., 2006 menggunakan model convex non linear programming untuk mengoptimalkan pengolahan air limbah dari semua alternatif desain yang layak untuk pengolahan, *reuse* dan *recycle* dengan multi skenario. Pengembangan pendekatan optimisasi *two-step* yang terdiri dari unit penggunaan

air dan sistem pengolahan air limbah, juga telah dikembangkan untuk *total water system* (Z.A. Putra and K.A. Aminuddin, 2008) dan masih banyak lagi.

Penggunaan pendekatan pemodelan optimisasi untuk pemecahan berbagai masalah lingkungan masih terbatas di Indonesia. Beberapa penelitian permasalahan lingkungan dengan pendekatan linear programming di Indonesia diantaranya untuk permasalahan limbah padat, limbah rumah sakit dan *healthcare* yang semuanya dilakukan oleh Chaerul, M., Tanaka, M. & Shekdar, 2007. Belum ditemukan pendekatan masalah pengendalian kualitas air limbah dengan pendekatan optimisasi matematik di Indonesia. Hal ini berbeda dengan kondisi di luar, dimana telah banyak dilakukan penelitian terhadap optimisasi pengolahan air limbah.

Melihat potensi dan manfaat *reuse* air limbah domestik diatas dan masih rendahnya kinerja pengelolaan air limbah, maka diperlukan penelitian untuk mengoptimalkan proses pengolahan air limbah domestik dengan pendekatan model optimisasi.

Penelitian tahap I telah dilakukan dengan melakukan evaluasi kinerja IPAL Komunal. Dari hasil evaluasi diketahui terdapat empat (4) jenis konfigurasi unit pengolahan IPAL Komunal. Tingkat penyisihan BOD, COD, TSS dan  $\text{NO}_3$  pada IPAL Komunal Mergosono, Ciptomulyo dan MCK Plus Tlogomas sangat rendah, dibawah 15%. Pada IPAL Komunal USRI yang baru beroperasi selama 1-4 tahun menunjukkan kinerja pengolahan yang bagus untuk pengolahan bahan organik dan padatan. Kinerja pengolahan BOD, COD dan TSS berada pada kisaran tingkat pemisahan berturut-turut sebesar 78%-99%, 71%-99% dan 56%-100%. Tetapi semua IPAL Komunal USRI masih rendah kinerja pengolahan nutrien ( $\text{NO}_3$  dan  $\text{PO}_4$ ). Sedangkan kinerja pemisahan  $\text{NO}_3$  dan  $\text{PO}_4$  berturut sebesar (43%)-72% dan (2%) -13%. IPAL Komunal DAK-APBN yang dikelola DKP Kota Malang mempunyai kinerja pengolahan yang tinggi untuk parameter kualitas BOD, COD dan TSS. Kinerja pengolahan BOD, COD dan TSS berada pada kisaran tingkat pemisahan berturut-turut sebesar 49%-100%, 37%-100% dan 51%-99%. Kinerja pengolahan ntuk parameter  $\text{NO}_3$ ,  $\text{NH}_3$  dan  $\text{PO}_4$  berturut-turut sebesar 3%-84%, (130%) – 95% dan (181%) – 99%. Dari hasil evaluasi kinerja ini dapat disimpulkan bahwa IPAL komunal Mergosono, Ciptomulyo dan MCK Plus

Tlogomas perlu diperbaiki kinerja pengolahan parameter bahan organik dan nutrien. Sedangkan pada IPAL Komunal USRI dan DAK-APBN perlu diperbaiki kinerja pengolahan terutama untuk parameter nutrien. Upaya perbaikan dilakukan dengan membuat model optimasi proses pengolahan yang diawali dengan pendekatan sistem pengolahan melalui *pilot plant* konfigurasi unit pengolahan.

#### 1.2.Rumusan Masalah

Melakukan pendekatan sistem pengolahan IPAL Komunal melalui *pilot plant* dalam upaya membuat model optimasi proses pengolahan air limbah skala komunal.



## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Karakteristik Air Limbah Domestik**

Proses pengolahan air limbah tergantung pada karakteristik air limbah sebagai bahan baku. Konsentrasi yang tinggi atau rendah dari polutan akan mempengaruhi proses pengolahan khususnya pada kinerja proses biokimia dalam degradasi material organik. Jadi dalam pembahasan tentang proses optimisasi IPAL, topik karakteristik air limbah domestik ini perlu dikaji.

Air tidak terpakai yang dihasilkan dari berbagai aktivitas rumah disebut air limbah domestik. Air limbah domestik terbagi menjadi *grey water* dan *black water*. *Grey water* dihasilkan dari kamar mandi, fasilitas mencuci baju dan dapur. Air limbah yang dihasilkan dari WC disebut *black water* seperti urin, air pembilas toilet dan cairan pembersih lainnya dari WC (Sanitasi, 2010).

Penelitian karakteristik kontaminan yang ada dalam air limbah menunjukkan pembagiannya menjadi kelompok yang terlarut dan tersuspensi dari filter membran 0.45- $\mu\text{m}$ . Dimana 65% COD, 60% BOD<sub>5</sub>, 50% TP dan 20% TN dikelompokkan dalam fraksi tersuspensi. Hampir semua kontaminan yang termasuk dalam fraksi tersuspensi dapat dengan mudah dipisahkan dengan sedimentasi atau koagulasi/sedimentasi. Oleh karena itu, efek pengolahan primer akan tergantung pada berapa persen fraksi tersuspensi air limbah. Kontaminan terlarut sulit dipisahkan dengan sedimentasi atau koagulasi/sedimentasi. Oleh sebab itu, pengolahan biologi dan pengolahan lanjut lainnya telah diaplikasikan untuk memenuhi target kualitas air (WANG Xiaochang, 2007).

Karakteristik air limbah domestik tergantung pada karakteristik sosial ekonomi masyarakat (Smith A.). Terdapat perbedaan diantara negara berkembang dan negara maju. Konsumsi air di negara maju lebih besar dari negara berkembang sehingga konsentrasi polutan lebih kecil. Berikut ini karakteristik air limbah domestik (BOD, TSS dan COD) dari Indonesia dan Amerika.

**Tabel 2.1. Perbandingan Karakteristik Air Limbah Domestik**

NO	NEGARA	PARAMETER KUALITAS AIR LIMBAH DOMESTIK			
		BOD <sub>5</sub> (mg/l)	TSS (mg/l)	COD (mg/l)	Oil and grease (mg/l)
1	Amerika (Metcalf and Eddy, 2003)	190	210	430	90
2	Indonesia (BPPT,2005)	353	119	615	63

Melihat karakteristik air limbah domestik diatas, nilai konsentrasi BOD<sub>5</sub> dan COD berbeda di Indonesia lebih besar daripada di Amerika. Dari perbedaan konsentrasi ini disimpulkan beban organik juga lebih besar sehingga kinetika reaksi proses biologi berbeda pula. Dalam desain pengolahan biologi yang ada di Indonesia belum ditemukan penelitian yang mencari nilai konstanta kinetika proses biologi. Selama ini nilai konstanta kinetika proses biologi ini diambil dari literatur yang berasal dari penelitian di negara maju seperti Amerika yang mempunyai karakteristik yang berbeda seperti dijelaskan diatas.

## **2.2. Pengolahan Air Limbah Domestik**

Berbagai jenis teknologi pengolahan air limbah domestik telah banyak diaplikasikan sesuai dengan berbagai pertimbangan aspek kelayakan teknik, sosial dan lingkungan. Indonesia memiliki beberapa Instalasi Pengolahan Air Limbah dengan sistem terpusat, komunal dan individu. Namun demikian kinerja dari sebagian besar Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik masih rendah seperti telah disampaikan pada latar belakang penelitian mengenai hasil evaluasi kinerja IPAL komunal di IPAL Komunal Mergosono Malang.

Pengelolaan air limbah yang efektif telah terbukti baik di negara maju tetapi masih terbatas di negara berkembang. Pada sebagian besar negara berkembang, banyak orang kekurangan akses air dan layanan sanitasi. Pengumpulan dan pengaliran air limbah keluar dari lingkungan perkotaan belum tersedia secara menyeluruh untuk semua populasi, dan pengolahan yang memadai hanya tersedia untuk sebagian kecil air limbah yang terkumpul. Pada

perkampungan miskin dan daerah semi perkotaan di seluruh dunia, tampak biasa melihat air limbah mengalir di jalan. Tidak memadainya jasa sanitasi dan penyediaan air merupakan penyebab utama penyakit di negara berkembang (Jhansi, 2013). Masalah air limbah khususnya di negara berkembang contohnya di Indonesia, menjadi isu strategis dalam pembangunan berkelanjutan. Salah satu aspek dalam MDG adalah sanitasi. Sanitasi merupakan target ketujuh untuk memastikan tercapainya kelestarian lingkungan pada tahun 2015. Salah satu kegiatannya melalui target 7c yaitu mengurangi sampai separuh bagian masyarakat yang tidak memiliki akses air aman dan sanitasi dasar. Mengikuti MDG diatas, pemerintah Indonesia membentuk tim teknis pembangunan sanitasi pada tahun 2009 dengan program percepatan pembangunan sanitasi pemukiman (PPSP) yang direncanakan selesai pada akhir tahun 2014. Tetapi, berdasarkan evaluasi terhadap program PPSP melalui National City Sanitation Rating (NCSR), pada September 2012 skor untuk setiap kota dan kabupaten masih rendah. Semua kota dan kabupaten mendapatkan nilai D (zona merah) karena nilai indeksnya dibawah 6,0. Parameter yang dievaluasi adalah profil akses, akses infrastruktur dan akses investasi (Pokja AMPL, 2012). Kota Malang memiliki skor yang sangat rendah yaitu 0.4 (PPSP, 2012. ). Selain itu, Lembaga non profit Amerika untuk pembangunan internasional (USAID) melalui *Environment Service Program* telah melakukan studi komparasi beberapa IPAL terpusat di Indonesia pada tahun 2006. Hasilnya menunjukkan semua IPAL terpusat yang dikaji memiliki beban pengolahan rendah. Kinerja IPAL Parapat, Yogyakarta dan Banjarmasin cukup bagus dengan tingkat pemisahan BOD berturut-turut sebesar 85%, 88% dan 89%. Sebaliknya, hasil yang kurang bagus ditunjukkan oleh IPAL terpusat Cirebon, Medan, Jakarta dan Bandung dengan tingkat pemisahan berkisar 50%. Bahkan pada IPAL Semanggi Solo desain dan operasinya tidak layak untuk memisahkan bahan organik limbah cair domestik.

Kandungan air limbah domestik meliputi 99,1% air, sejumlah kecil padatan organik dan anorganik, material tersuspensi dan terlarut. Pemisahan berbagai kontaminan dari air tergantung pada kemurnian alami dan konsentrasinya. Padatan organik dan anorganik yang kasar dan mudah mengendap umumnya dipisahkan pada unit pengolahan primer dengan unit operasi bar screen,

grit removal dan sedimentasi. Pemisahan organik terlarut dilakukan pada proses pengolahan biologi atau kimia bisa ditambahkan pada pengolahan primer. Kombinasi sistem pengolahan tersebut disebut instalasi pengolahan sekunder. Banyak unit operasi dan proses bisa ditambahkan pula pada sistem pengolahan primer atau sekunder untuk memisahkan nutrien dan kontaminan lainnya. Sistem ini disebut sebagai sistem pengolahan tersier atau tingkat lanjut (*advanced treatment*).

Dalam melakukan evaluasi kinerja IPAL dipertimbangkan beberapa hal yang terkait dengan desain proses pengolahan. Berikut ini pertimbangan penting dalam upgrading dan desain IPAL (Metcalf & Eddy, 2014):

**Tabel 2.2. Pertimbangan Penting Dalam *Upgrading* dan Desain IPAL.**

TOPIK	DISKRIPSI
<b>Proses aliran</b>	
Variasi konstituen dan proses pengolahan	Proses pengolahan baru seharusnya didesain memenuhi baku mutu.
Penyamaan aliran	Perbaiki kinerja dengan menghilangkan <i>surge flow</i>
Penyamaan beban organik	Perbaiki kinerja dengan menyamakan laju pembebanan organik (OLR) pada proses pengolahan sepanjang hari.
Kontrol proses otomatis	Menyediakan ketentuan dan fasilitas untuk kontrol otomatis DO dan waktu tinggal lumpur (SRT)
Peningkatan desinfeksi untuk <i>reuse</i>	Teknologi perbaikan dan pilihan untuk desinfeksi dan kontrol produk samping desinfeksi
Proses pengolahan tingkat lanjut	Proses untuk pemisahan konstituen residu dan konstituen yang tidak terpisahkan dengan pengolahan konvensional
Proses oksidasi konvensional dan tingkat lanjut	Pemisahan konstituen spesifik yang memerlukan proses oksidasi tingkat lanjut
Proses kombinasi untuk konstituen spesifik	Untuk memenuhi tidak melebihi batas diijinkan, digunakan dua atau lebih proses secara seri
Penggunaan kembali air ( <i>water reuse</i> )	Isu-isu terkait perkiraan resiko harus diperhatikan
Pengolahan aliran <i>wet-weather</i>	Lebih hemat mengolah pada IPAL dibandingkn dengan fasilitas pengolahan individu pada lokasi

TOPIK	DISKRIPSI
	<i>individual overflows</i>
Manajemen energi	Implementasi fasilitas fisik yang mencukupi seperti penyamaan aliran untuk memperbaiki utilisasi <i>off-peak power</i> untuk pengolah limbah cair
<b>Pemrosesan padatan</b>	
Perbaikan saringan	Memperbaiki saringan untuk memisahkan material yang terakhir berada di perlengkapan pengolahan biosolid
<i>Grit removal</i>	Pemisahan material <i>grit</i> yang bisa mengendap pada tangki sedimentasi primer dan <i>digester</i>
Peningkatan kontrol patogen	Peningkatan kontrol patogen diperlukan untuk menghasilkan biosolid kelas A
Peningkatan kontrol vektor	Peningkatan kontrol vektor diperlukan untuk menghasilkan biosolid kelas A
Pengolahan terpisah untuk aliran balik ( <i>return flow</i> )	Memperbaiki kinerja timbulan limbah cair khususnya untuk pemisahan nitrogen
<b>Kontrol bau</b>	
Kontrol bau pada sistem pengumpulan	Implementasi program kontrol sumber untuk meminimalkan timbulan bau pada sistem pengumpulan. Menggunakan oksigen murni.
Pembentukan bau pada fasilitas pengolahan	Perlu perhatian pada desain hidrolis untuk mencegah zona mati ( <i>dead zone</i> ) karena aliran, penanganan <i>return flow</i> dari fasilitas pemrosesan padatan
Penahanan bau	Fasilitas penutup untuk menghilangkan bau

Pada **Tabel 2.3** berikut ini disajikan tabel tingkat pengolahan yang dicapai beberapa jenis unit operasi dan proses.

Tabel 2.3. Tingkat Pengolahan Beberapa Jenis Unit Operasi dan Proses.

UNIT PENGOLAHAN ATAU KOMBINASI	UNIT PENGOLAHAN YANG TERLIBAT	EFISIENSI PEMISAHAN (%)					
		BOD <sub>5</sub>	COD	TSS	TP	ON	NH <sub>3</sub> N
Pengolahan pendahuluan	Screening, Pra sedimentasi, Grit Remval,	0-5	0-5	0-5	0-5	0-5	0-5
Sedimentasi primer	Sedimentasi primer	30-40	30-40	50-65	10-20	10-20	0
Nitrifikasi <i>single stage</i>	Reaktor biologi <i>attached growth</i> dan <i>suspended growth</i>	80-95	80-90	70-90	10-15	75-85	85-95

Sumber: Qosim, 1985

### 2.3. Optimisasi Matematis

Mengoptimalkan berarti menemukan solusi yang memberikan nilai pada semua fungsi tujuan yang diterima oleh pembuat keputusan. Variabel keputusan merupakan kuantitas numerik yang terpilih dalam masalah optimisasi. Pada instalasi pengolahan, volume reaktor dan tingkat aliran internal biasanya didefinisikan sebagai variabel keputusan. Secara matematik, variabel keputusan dinyatakan oleh sebuah vektor  $x$  dari variabel keputusan  $n$ .

$$x = [x_1, x_2, \dots, x_n] \dots \dots \dots \text{rumus 1}$$

Pada sebagian besar masalah optimisasi, terdapat batasan-batasan ditentukan oleh karakteristik khusus dari lingkungan atau sumber daya yang ada. Batasan-batasan ini harus dipenuhi untuk menerima solusi tertentu. Semua batasan ini umumnya *constraints*, dan batasan ini menggambarkan ketergantungan diantara variabel keputusan dan konstanta (atau parameter) yang terlibat dalam masalah (Coello Coello, Lamont dan Veldhuizen). *Constraints* ini dinyatakan dalam bentuk pertidaksamaan :

$$g_i(x) \leq 0 \quad i = 1, \dots, m \dots \dots \dots \text{rumus 2}$$

atau persamaan:

$$h_j(x) = 0 \quad j = 1, \dots, p \dots \dots \dots \text{rumus 3}$$

Teori matematika *single objective* telah dibuat dengan baik. Sebaliknya untuk model optimisasi *multiobjective* belum ada konsep solusi optimum. Seringkali terjadi konflik antar fungsi *objective*. Untuk memecahkannya diperlukan informasi unit salah satu fungsi yang dikorbankan untuk mendapatkan unit yang lain. Tetapi informasi *trade off* ini belum ada. Sehingga masalah optimisasi *multiobjective* tidak secara tepat menetapkan masalah matematis. Dilakukan teknik *trial and error* menggunakan beberapa tingkatan kompromi diantara berbagai fungsi tujuan sampai diperoleh solusi beralasan dari tinjauan semua fungsi *objective* (Murty, 2003).

Ringkasan dari beberapa ketersediaan software yang dilaporkan dalam literatur keilmuan dan mungkin tersedia untuk penggunaan umum bisa dilihat dibawah ini.

**Tabel 2.4 Ketersediaan Software Optimisasi Air Limbah**

<b>NO.</b>	<b>SOFTWARE</b>	<b>PENERBIT</b>
1.	GPSX	Hydromantis
2	STOAT	WRc
3.	EFOR	Kuger
4.	SIMBAD	CGE
5.	WEST++	University of Ghen
6.	SIMBA	ifak
7.	BIOWIN	Enviro Sim Associated Ltda
8.	AQUASIM	Institute for Environmental Science and Technology

Sumber : (Alberto, 2012)

Dari publikasi Federation of Canadian Municipalities and National Research Council, 2003, aplikasi terbaik dari optimisasi IPAL meliputi : (1) menentukan tujuan optimisasi; (2) melakukan evaluasi IPAL untuk menentukan kondisi awal, prioritas kesempatan untuk optimisasi dan mentukan kinerja atau faktor pembatas kapasitas; (3) mengidentifikasi dan menerapkan perubahan operasi dan proses yang ditujukan untuk kinerja dan faktor-faktor yang membatasi kapasitas dan (4) melakukan monitoring untuk mendokumentasikan perubahan yang menguntungkan.



## **BAB 3**

### **TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN**

#### **3.1. Tujuan Penelitian**

Melakukan pendekatan sistem pengolahan IPAL Komunal melalui *pilot plant* dalam upaya membuat model optimasi proses pengolahan air limbah skala komunal.

#### **3.2. Manfaat Penelitian**

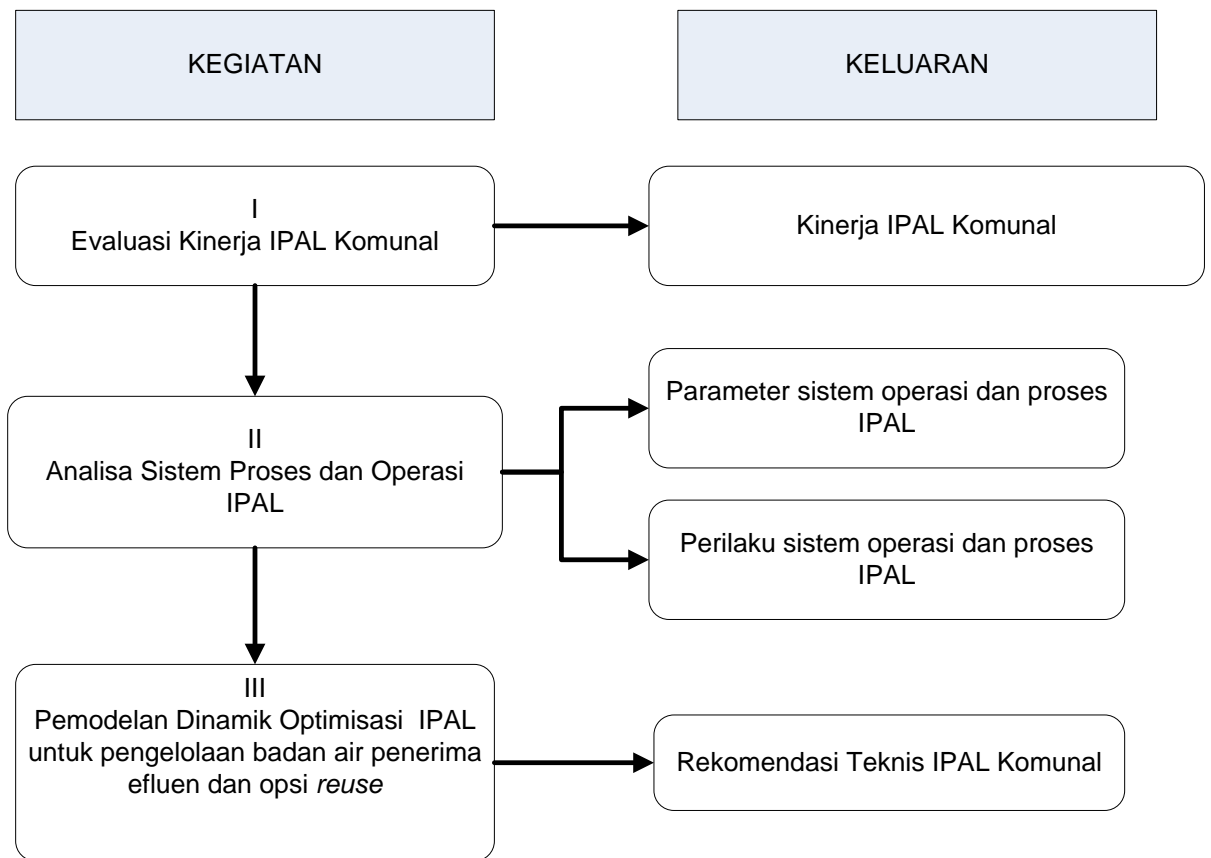
Dalam upaya untuk memenuhi target MDG's di sektor sanitasi dan kelestarian lingkungan, perlu dilakukan peningkatan kinerja pengolahan IPAL Komunal yang saat ini masih terbatas kinerjanya dari efisien pengolahan dan nilai NCSR yang rendah.

## BAB 4

### METODA PENELITIAN

#### 4.1. Tahapan penelitian

Pembuatan model optimisasi IPAL Komunal mempunyai tahapan penelitian seperti pada gambar 4.1. di bawah ini.



Gambar 4.1 Tahapan penelitian

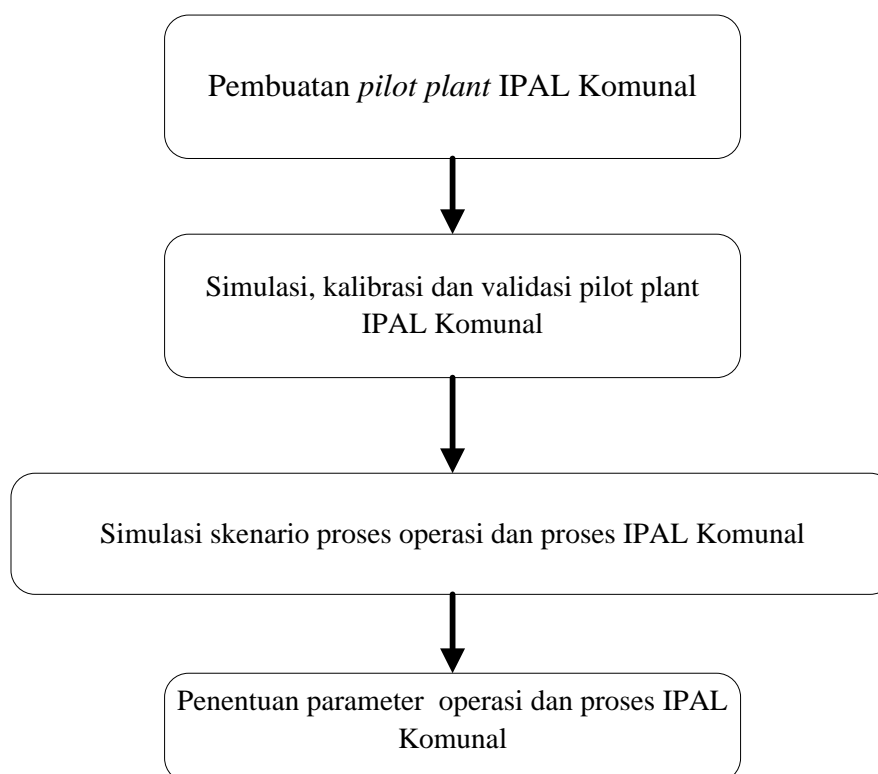
#### 4.2. Kegiatan Penelitian Pembuatan Pilot Test IPAL Komunal.

Dari data evaluasi kinerja pengolahan yang diperoleh pada tahun I, diketahui konfigurasi unit pengolahan IPAL komunal sebagai berikut :

**Tabel 4.1. Konfigurasi Unit Operasi IPAL Komunal**

NO.	KONFIGURASI UNIT OPERASI	IPAL KOMUNAL
1.	Filter Anaerobik Filter-Aerasi Bertingkat	MCK Plus Tlogomas
2.	Anaerobic Digestion-Kolam Fitoremediasi-Filter Aerobik	MSS Mergosono dan Ciptomulyo
3.	ABR-Filter Anaerobik	IPAL Komunal USRI
4.	ABR dengan Filter	IAL Komunal DAK-APBN

Selanjutnya dilakukan pembuatan pilot test IPAL Komunal dengan empat (empat) variasi konfigurasi unit operasi yang akan disimulasi, kalibrasi dan validasi untuk mendapatkan nilai parameter sistem operasi dan proses pengolahan. Kegiatan pada tahap II dapat dilihat pada gambar berikut ini.



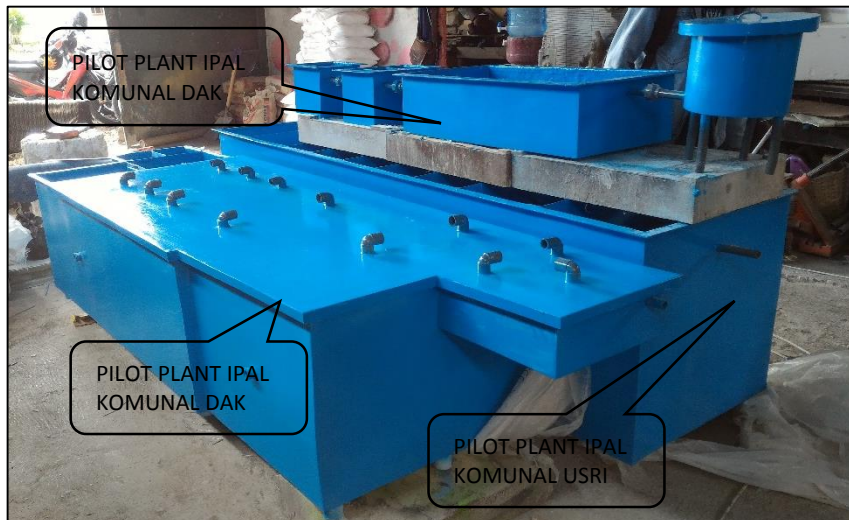
Gambar 4.2 Diagram alir penelitian tahap II pilot test IPAL Komunal

## BAB 5

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 5.1 Diskripsi Pilot Plant IPAL Komunal

Penelitian ini bertujuan menganalisa sistem dan operasi IPAL Komunal menggunakan *pilot plant* dari IPAL Komunal MCK Plus Tlogomas, IPAL Komunal DAK dan IPAL Komunal USRI. Gambaran *pilot plant* IPAL Komunal dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 5.1. Pilot Plant IPAL Komunal

Dimensi *pilot plant* 20%-25% dari dimensi reaktor IPAL Komunal. Berikut ini dimensi IPAL Komunal dan *pilot plant*-nya.

Tabel 5.1 Dimensi IPAL Komunal Dan *Pilot Plant* Tlogomas

	AD		Kolam			Kolam Fitoremediasi			Kolam			Filtrasi		
	1		2			3			4			5		
	D	H	P	L	H	P	L	H	P	L	H	P	L	H
<b>IPAL Komunal</b>														
Dimensi (m)	1,2	1	4	2	1	1	0,5	1	4	2	1	1	1	1
Vol (m <sup>3</sup> )	1,1304		8			0,5			8					

	AD		Kolam			Kolam Fitoremediasi			Kolam			Filtrasi		
	1		2			3			4			5		
	D	H	P	L	H	P	L	H	P	L	H	P	L	H
														1,1304
<b>Pilot Plant (20%)</b>														
Dimensi (cm)	24	20	80	40	20	20	10	20	80	40	20	20	20	20
Vol (m <sup>3</sup> )	0,01		0,06			0,004			0,06			0,01		

Tabel 5.2 Dimensi IPAL Komunal Dan *Pilot Plant* USRI

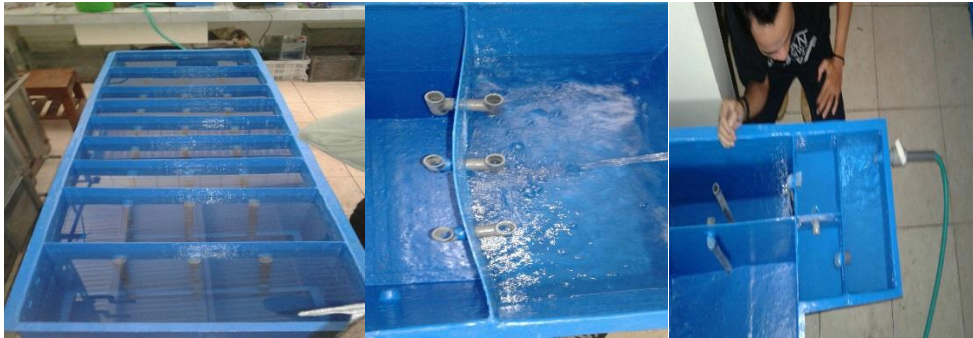
	Sedimentasi			ABR			Anaerobic Filter		
	1			2			3		
	P	L	H	P	L	H	P	L	H
<b>IPAL Komunal</b>									
Dimensi (m)	1,31	2,5	2,5	0,85	2,5	2,5	1,31	2,5	2
Vol (m <sup>3</sup> )	8,1875			5,3125			6,55		
<b>Pilot Plant (20%)</b>									
Dimensi (cm)	33	63	63	21	63	63	33	63	50
Vol (m <sup>3</sup> )	0,12793			0,083008			0,102344		

Tabel 5.3 Dimensi IPAL Komunal Dan *Pilot Plant* DAK

	Bak Intake			Bak Ekualisasi			Tangki Septik			Bak Pengendap			ABR-Filter			Kolam Indikator			Bak Outlet		
	1			2			3			4			5			6			7		
	P	L	H	P	L	H	P	L	H	P	L	H	P	L	H	P	L	H	P	L	H
<b>IPAL Komunal</b>																					
Dimensi (m)	0,7	1,4	0,5	0,7	0,65	0,5	2,5	2,8	2	1,5	1,48	2	1	1,48	2	1,5	1,48	2	0,7	0,65	1,14
Vol (m <sup>3</sup> )	0,49			0,2275			14			4,44			2,96			4,44			0,5187		
<b>Pilot Plant (25%)</b>																					
Dimensi (cm)	18	35	13	18	16	13	63	70	50	38	37	50	25	37	50	38	37	50	18	16	29
Vol (m <sup>3</sup> )	0,00765625			0,003554688			0,21875			0,069375			0,04625			0,069375			0,008104688		

## 5.2 Simulasi, kalibrasi dan Validasi Pilot Plant

Pada tahapan berikutnya dilakukan simulasi aliran pada reaktor pilot plant untuk melihat sistem aliran. Selanjutnya dilakukan kalibrasi aliran sesuai dengan variasi aliran yang akan digunakan untuk analisa sistem operasi dan proses. Gambar berikut ini menunjukkan proses simulasi dan kalibrasi aliran pada pilot plant.



Gambar 5.2 Proses Simulasi dan Kalibrasi Aliran

Pada penelitian ini dilakukan variasi sebagai berikut :

Tabel 5.4 Variasi Penelitian

IPAL KOMUNAL	VARIASI ALIRAN DAN WAKTU TINGGAL			
	variasi 1: set up desain		variasi 2: output program dinamis	
	Q	HRT(ABR/AD)	Q	HRT(ABR)
	l/menit	jam	l/menit	jam
DKP	0,65	2	0,83	28
USRI	0,5	15	0,39	15
MCK TLOGOMAS	1,7	0,1	0,4	0,4

Setelah aliran terkalibrasi, selanjutnya dilakukan validasi untuk memastikan besarnya aliran sesuai dengan dimensi reaktor.

## 5.3 Hasil Uji Kualitas Influen

Hasil uji kualitas efluen pada masing IPAL Komunal dapat dilihat pada tabel berikut ini.

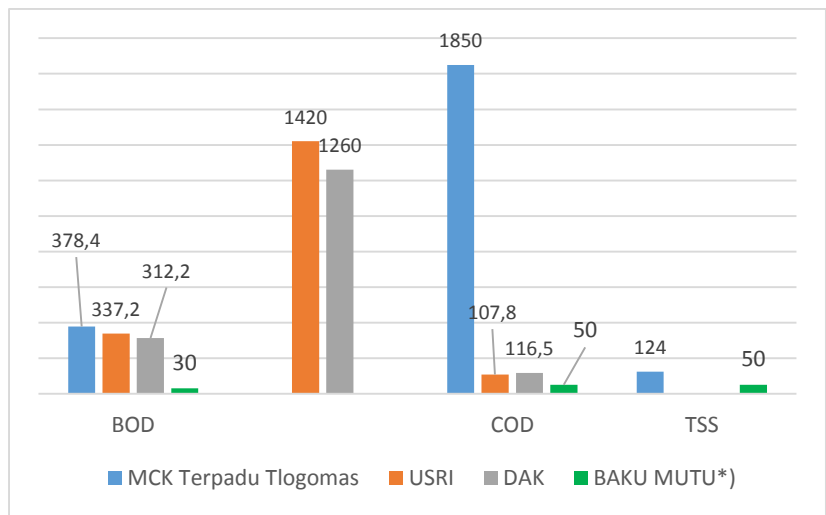
Tabel 5.5 Kualitas Efluen IPAL Komunal

NO.	LOKASI	PARAMETER	SATUAN	BAKU MUTU*)	HASIL UJI
1.	MCK Terpadu Tlogomas	BOD	mg/L	30	378,4
		COD	mg/L	50	1850
		TSS	mg/L	50	124
		Nitrat	mg/L		15,17
		Amoniak	mg/L		51,97
		Fosfat Total	mg/L		3,772
2.	USRI	BOD	mg/L	30	337,2
		COD	mg/L	50	1420
		TSS	mg/L	50	107,8
		Nitrat	mg/L		8,751
		Amoniak	mg/L		19,25
		Fosfat Total	mg/L		3,550
3.	DAK	BOD	mg/L	30	312,2
		COD	mg/L	50	1260
		TSS	mg/L	50	116,5
		Nitrat	mg/L		27,71
		Amoniak	mg/L		52,70
		Fosfat Total	mg/L		3,027

Sumber : Hasil Uji PJT I, 2016

\*) Pergub Jatim No.72 Tahun 2013

Gambaran perbandingan kualitas BOD, COD dan TSS dengan baku mutu air limbah domestik dari Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 dapat dilihat pada grafik di bawah ini.



Grafik 5.1. Kualitas Influen



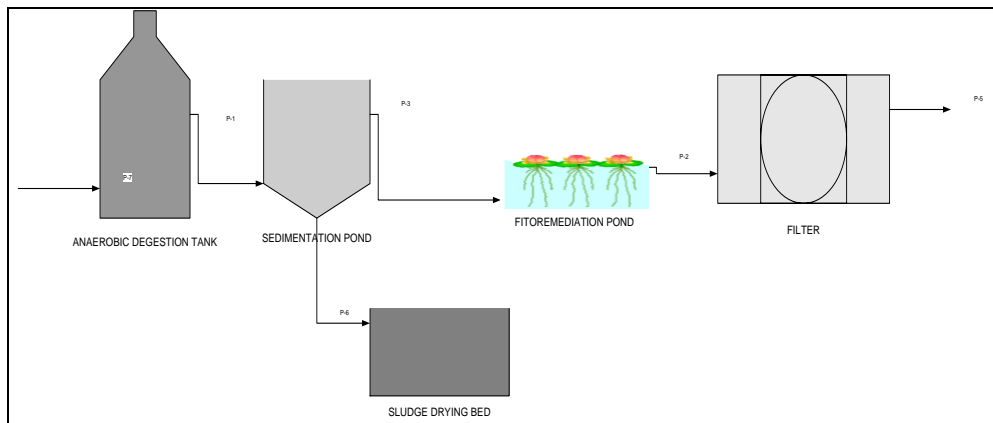
Dari Tabel 5.5 dan Grafik 5.1. diatas terlihat kualitas influen IPAL Komunal masih jauh diatas baku mutu untuk parameter bahan organik BOD dan COD. Sedangkan untuk parameter TSS masih mendekati baku mutu.

## 5.4 Pembahasan

### 5.4.1. Tingkat Pembebanan Organik

#### a. IPAL Komunal Tlogomas

Unit operasi IPAL Tlogomas terdiri dari tangki anaerobik, kolam fitoremediasi dan filter semiaerobik. Untuk lebih jelasnya bisa dilihat pada skema dan gambar berikut.



Gambar 5.3. Skema Unit Pengolahan MCK Plus Tlogomas

Tingkat pembebanan organik pada reaktor biofiltrasi di pilot plant IPAL Tlogomas sebesar 9 kgBOD/m<sup>3</sup>.hari. Nilai ini lebih tinggi dibandingkan nilai tipikal pada tabel dibawah ini.

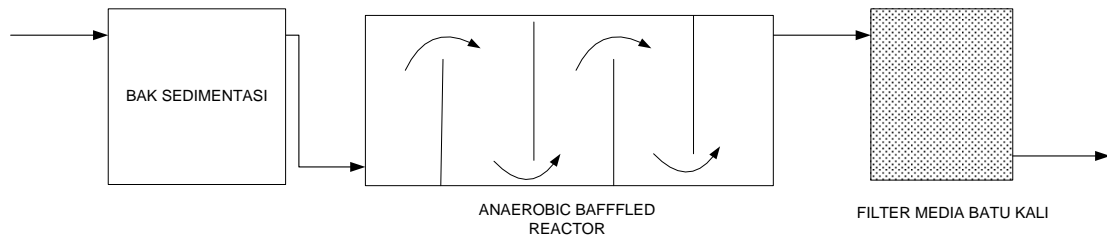
Tabel 5.6 Tingkat Pembebanan Volumetrik untuk Biological Aerated Filter

APLIKASI	UNIT PEMBEBANAN	RENTANG	EFISIENSI PEMISAHAN,%
Pemisahan BOD	kgBOD/m <sup>3</sup> .hari	3,5-5,5	≥ 85
Pemisahan BOD dan nitrifikasi	kgBOD/m <sup>3</sup> .hari	1,8-2,5	≥ 85
Nitrifikasi tersier	kgNH <sub>4</sub> -N/m <sup>3</sup> .hari	1,0-1,5	≥ 90

Sumber: Metcalf, 2014

## b. IPAL Komunal USRI

Unit operasi IPAL Komunal USRI menggunakan teknologi DEWATS dengan unit pengolahan ABR dan Filter Anaerobik dengan media batu kali. Untuk lebih jelasnya bisa dilihat pada skema dan gambar berikut.



**Gambar 5.4. Skema Unit Pengolahan IPAL Komunal USRI**

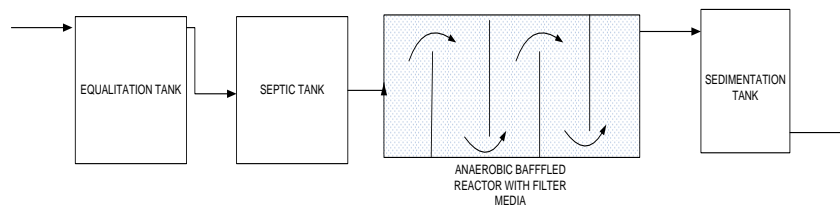
Sistem pengolahan pada IPAL Komunal menggunakan sistem DEWATS yang terdiri dari unit sedimentasi untuk memisahkan padatan, unit Anaerobic Baffled Reactor untuk pengolahan biologi dan unit anaerobic filter sebagai pengolahan tersier. Sistem DEWATS merupakan opsi sistem pengolahan air limbah skala desentralisasi pada kawasan peri-urban (Borda, 2015). Beberapa manfaat dari sistem ini adalah toleran terhadap fluktuasi inflow, aplikasi jangka panjang dan handal, biaya operasi dan pemeliharaan rendah dan mempunyai potensi pemanfaatan kembali. Efluen dari aplikasi sistem DEWATS pada obyek studi masih langsung dibuang pada sungai.

Tingkat pembebanan organik reaktor pilot plant pada unit Filter Anaerobik sebesar 2,67 kgBOD/m<sup>3</sup>.hari. Dari nilai tipikal efisiensi pemisahan BOD pada reaktor Biological Aerated Filter pada tabel 5.7 dapat dilihat efisiensi pemisahan BOD sebesar 85% ke atas diperoleh dengan tingkat pembebanan 3,5-5,5 kgBOD/m<sup>3</sup>.hari. Tingkat pembebanan pada unit Anaerobik Filter reaktor *pilot plant* berada di bawah rentang nilai ini. Umumnya reaktor biologi anaerobik memiliki tingkat pembebanan yang lebih besar dari reaktor biologi aerobik. Nilai pembebanan yang rendah ini juga berpengaruh pada kinerja pemisahan. Efisiensi organik biofilter ekuivalen dengan OLR dan HLR saat pertama kali filter teraklimatisasi (Durgananda Singh Chaudhary, 2003). Pembebanan organik yang terlalu rendah menyebabkan

terbatasnya biomassa untuk mendegradasi bahan organik yang mengakibatkan rendahnya tingkat pemisahan bahan organik.

c. IPAL Komunal DAK-DKP

IPAL Komunal DKP seperti pada pengolahan IPAL Komunal USRI menggunakan teknologi ABR dan filter dengan skema pengolahan sebagai berikut.



**Gambar 5.5. Skema Unit Pengolahan IPAL Komunal DAK-DKP**

Tingkat pembebanan organik pada reaktor ABR-Filter di IPAL Komunal DKP sebesar  $6,33 \text{ kgBOD/m}^3 \cdot \text{hari}$ . Tingkat pembebanan organik ini lebih besar dari nilai tipikal pada reaktor Biological Aerated Filter pada tabel 5.7. Umumnya reaktor biologi anaerobik memiliki tingkat pembebanan yang lebih besar dari reaktor biologi aerobik. Nilai pembebanan yang tinggi ini berpengaruh pada kinerja pemisahan.

#### 5.4.2. Rasio BOD dan COD

Perbandingan nilai BOD/COD digunakan sebagai indikator kapasitas biodegradasi atau *Biodegradation Index* (Abdalla, 2014). Nilai Indeks Biodegradasi untuk air limbah domestik bervariasi dari 0,4-0,8 dan turun menjadi 0,1 setelah pengolahan sekunder yang baik. Dari tabel 5.8 dapat dilihat nilai rasio BOD/COD influen *pilot plant* IPAL Komunal pada obyek studi berkisar antara 0,205-0,248. Nilai ini di bawah nilai indeks biodegradasi umumnya. Hal ini menunjukkan karakteristik limbah organik dari influen IPAL Komunal lebih bersifat *nonbiodegradable*.

Tabel 5.7. Rasio BOD/COD influen

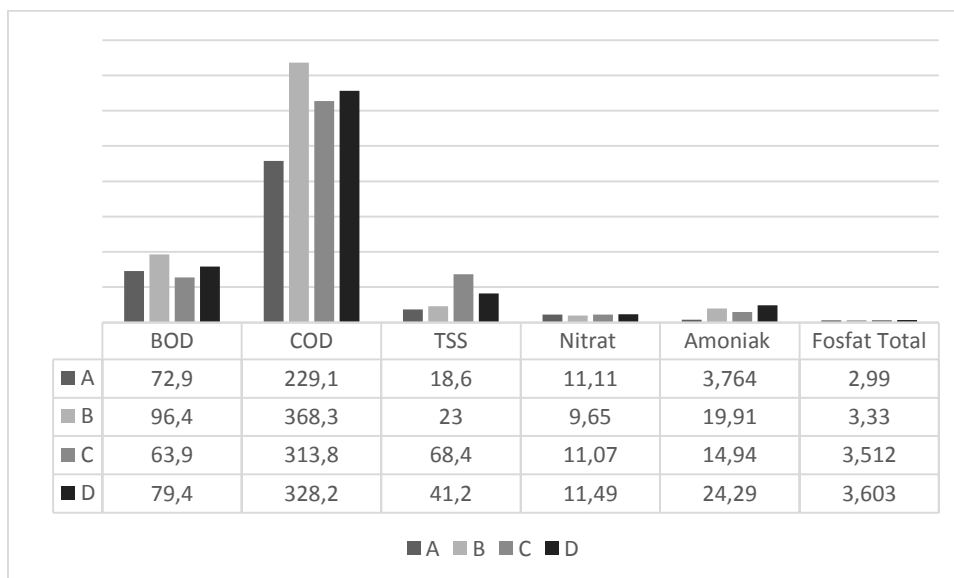
IPAL KOMUNAL	BOD	COD	RASIO BOD/COD
	mg/L	mg/L	
TLOGOMAS	378,4	1850	0,205
USRI	337,2	1420	0,237
DAK-DKP	312,2	1260	0,248

### 5.4.3 Kinerja Pilot Plant IPAL Komunal

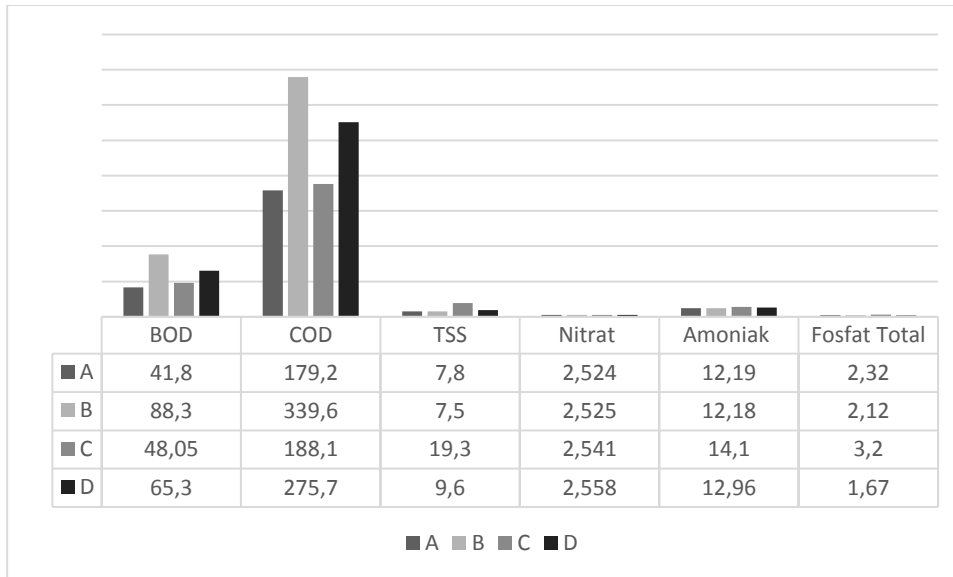
Kinerja masing-masing *pilot plant* IPAL Komunal dengan variasi setting operasi dideskripsikan sebagai berikut.

#### a. IPAL Komunal Tlogomas

Pilot plant IPAL Komunal Tlogomas mempunyai variasi waktu aliran 2,5 L/menit dengan waktu tinggal hidrolis 4 menit dan waktu aliran 0,33 L/menit dengan waktu tinggal hidrolis 27 menit. Konsentrasi efluen untuk variasi aliran 1,7 L/menit pada setiap waktu pengamatan setiap minggu selama 2 minggu dapat dilihat pada grafik berikut ini.



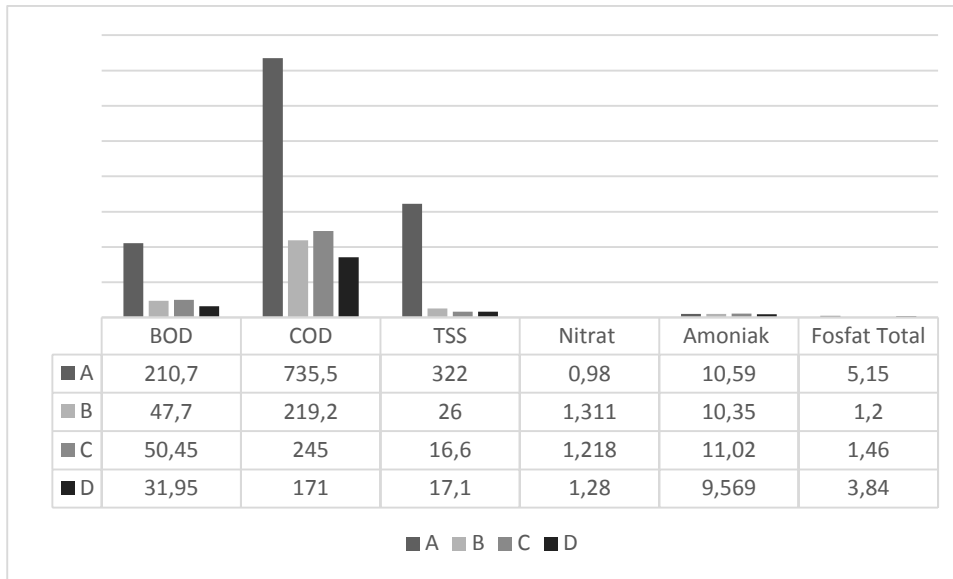
Grafik 5.2 . Konsentrasi Efluen Pilot Plant IPAL Komunal Tlogomas Pada Variasi Aliran 1,7 L/menit dan Waktu Pengamatan 1 Minggu



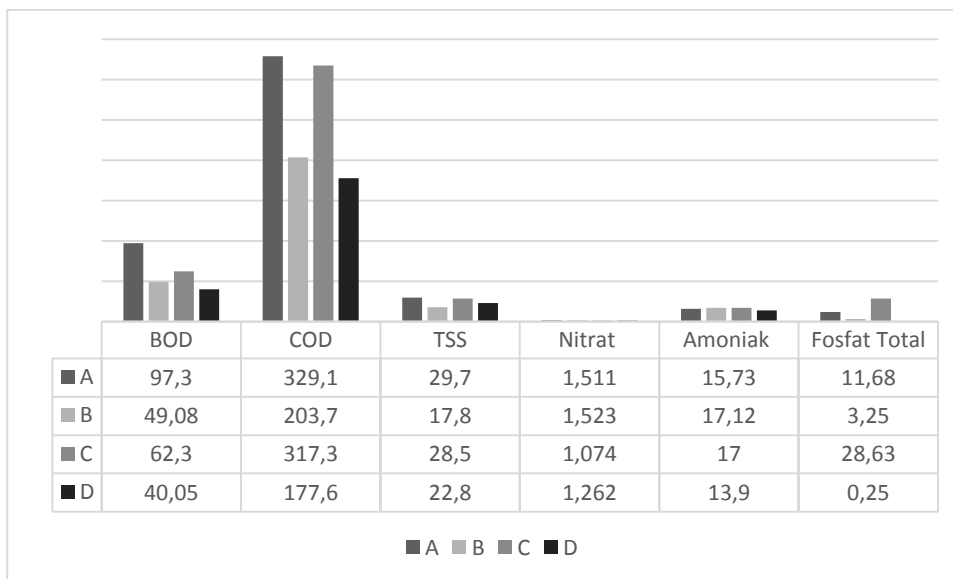
**Grafik 5.3. Konsentrasi Efluen Pilot Plant IPAL Komunal Tlogomas Pada Variasi Aliran 1,7 L/menit dan Waktu Pengamatan 2 Minggu**

Dari grafik 5.2 dan 5.3 diatas dapat dilihat semakin rendahnya nilai parameter kualitas efluen yang diuji dengan semakin lamanya waktu operasi. Penurunan konsentrasi efluen ini untuk semua parameter uji terjadi pada semua unit pengolahan. Unit pengolahan A = Unit Sedimentasi, B = Kolam Fitoremediasi, C = Unit Sedimentasi, D = Unit Biofiltrasi .

Konsentrasi efluen pada variasi aliran 0,4 L/menit pada setiap waktu pengamatan setiap minggu selama 2 minggu dapat dilihat pada grafik berikut ini.



**Grafik 5.4 . Konsentrasi Efluen Pilot Plant IPAL Komunal Tlogomas Pada Variasi Aliran 0,4 L/menit dan Waktu Pengamatan 1 Minggu**



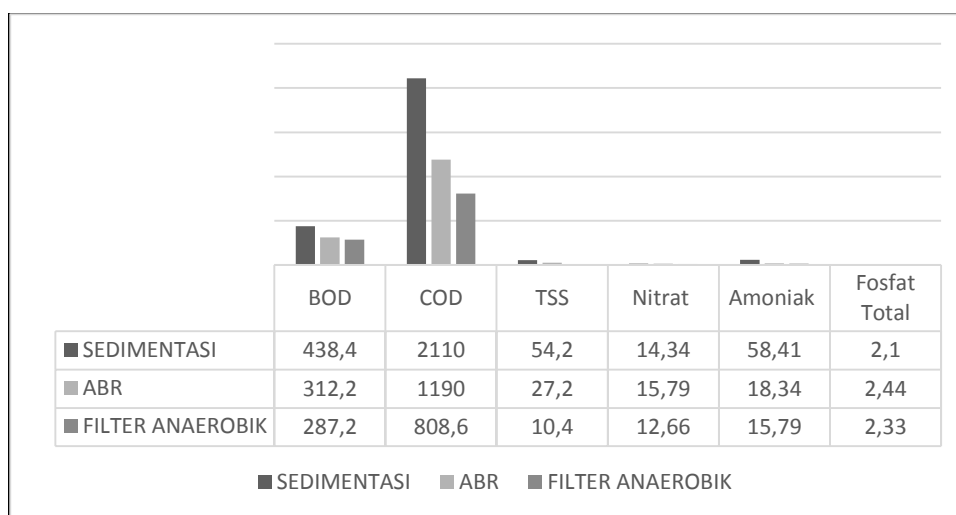
**Grafik 5.5. Konsentrasi Efluen Pilot Plant IPAL Komunal Tlogomas Pada Variasi Aliran 0,4 L/menit dan Waktu Pengamatan 2 Minggu**

Berbeda dengan variasi aliran 1,7 L/menit, pada variasi aliran 0,4 L/menit terjadi peningkatan konsentrasi efluen dengan semakin lamanya waktu operasi. Dari grafik 5.4 dan 5.5 diatas dapat dilihat semakin rendahnya nilai parameter kualitas efluen yang diuji dengan semakin lamanya waktu pengamatan. Tingkat

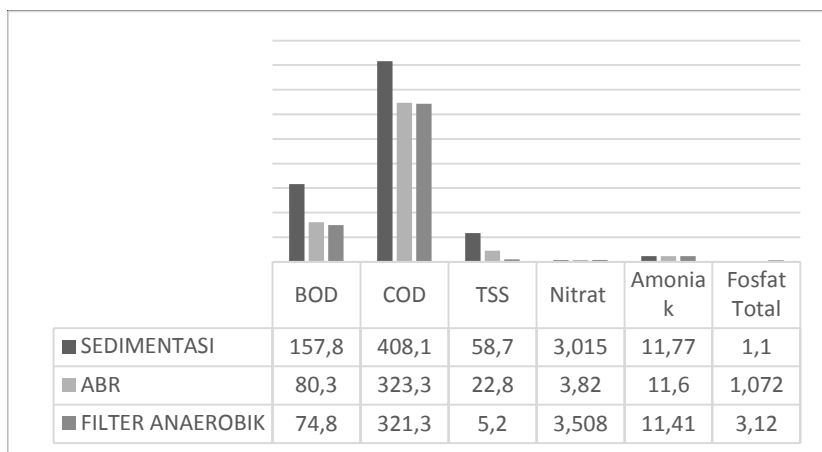
pembebanan organik pada aliran 0,4 L/menit yang rendah (2,16 kg.BOD/m<sup>3</sup>.hari) menyebabkan rendahnya kinerja pengolahan ini. Penurunan konsentrasi efluen ini untuk semua parameter uji terjadi pada semua unit pengolahan.

### b. IPAL Komunal USRI

Pilot plant IPAL Komunal USRI mempunyai variasi waktu aliran 0,5 L/menit dan 0,39 L/menit dengan waktu tinggal hidrolis pada unit pengolahan ABR 15 jam. Konsentrasi efluen pada variasi aliran 0,5 L/menit selama waktu pengamatan 1 minggu dapat dilihat pada grafik 5.6 dan waktu pengamatan 2 minggu pada grafik 5.7.



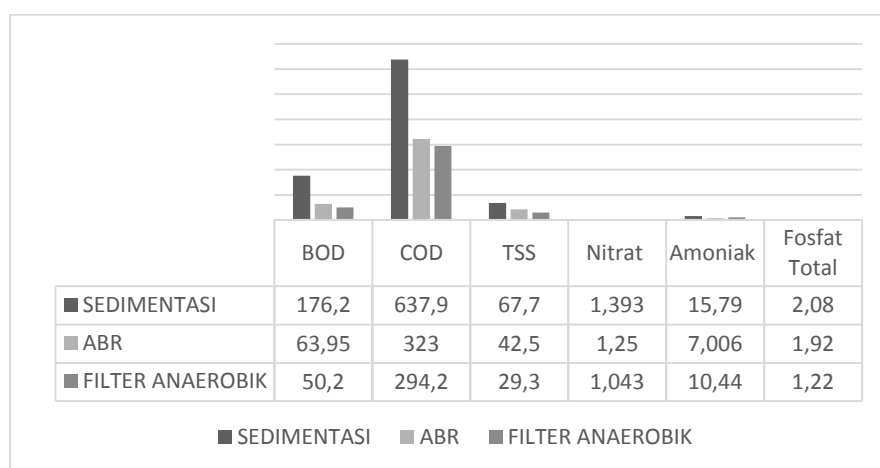
**Grafik 5.6. Konsentrasi Efluen (mg/L) Pada Variasi Aliran 0,5 L/menit dan Waktu Pengamatan 1 Minggu**



**Grafik 5.7. Konsentrasi Efluen (mg/L) Pada Variasi Aliran 0,5 L/menit dan Waktu Pengamatan 2 Minggu**

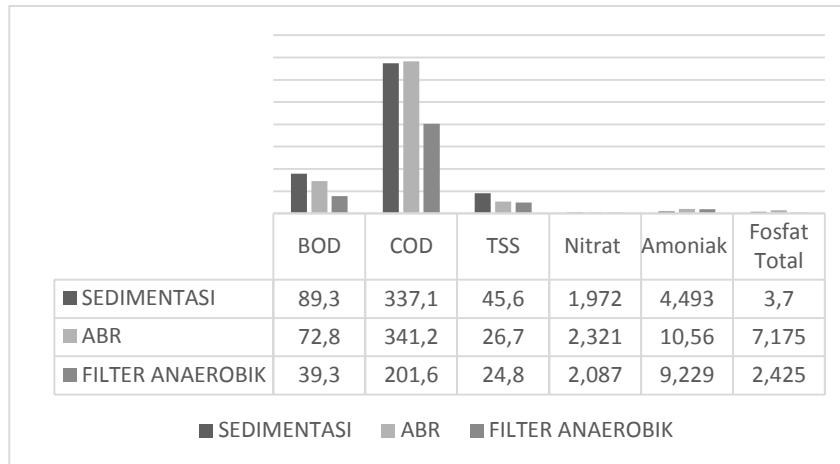
Dari grafik 5.6 dan grafik 5.7 diatas dapat dilihat konsentrasi yang semakin menurun untuk semua parameter kecuali TSS dan Fosfat Total dengan semakin lamanya waktu operasi di setiap unit pengolahan. Parameter TSS pada unit Sedimentasi sedikit meningkat ( 8%) pada waktu operasi 2 minggu. Parameter Fosfat Total juga meningkat 49% pada unit Filter Anaerobik.

Konsentrasi efluen pada variasi aliran 0,39 L/menit selama waktu pengamatan 1 minggu dapat dilihat pada grafik 5.8 dan waktu pengamatan 2 minggu pada grafik 5.9.



**Grafik 5.8. Konsentrasi Efluen *Pilot Plant* IPAL Komunal USRI Pada Variasi Aliran 0,39 L/menit dan Waktu Pengamatan 1 Minggu**



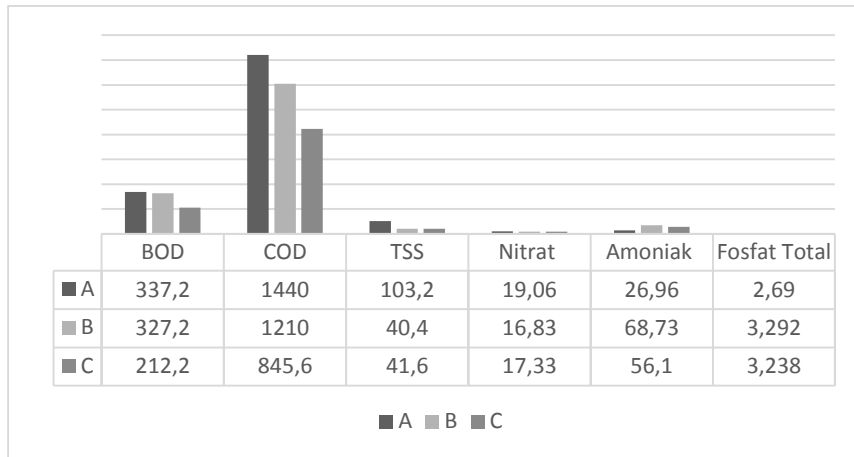


**Grafik 5.9. Konsentrasi Efluen *Pilot Plant* IPAL Komunal USRI Pada Variasi Aliran 0,39 L/menit dan Waktu Pengamatan 2 Minggu**

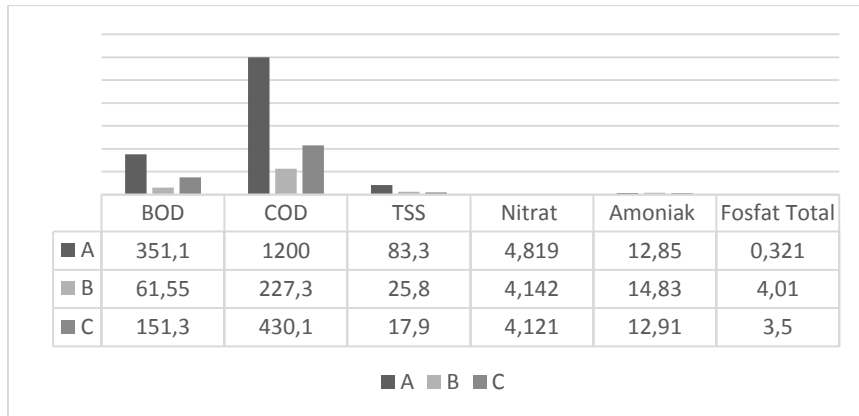
Pada variasi aliran 0,39 L/menit, konsentrasi efluen berfluktuasi di setiap unit pengolahan pada peningkatan waktu operasi seperti terlihat pada grafik 5.8 dan grafik 5.9. Parameter BOD, COD dan Amoniak meningkat pada unit ABR. Parameter Nitrat dan Fosfat Total meningkat pada semua unit pengolahan.

### c. IPAL Komunal DAK-DKP

Pilot plant IPAL Komunal DAK\_DKP mempunyai variasi waktu aliran 0,65 L/menit dengan waktu tinggal hidrolis pada unit ABR 2 jam dan waktu aliran 0,83 L/menit dengan waktu tinggal hidrolis pada unit ABR 28 jam. Konsentrasi efluen untuk variasi aliran 0,65 L/menit pada setiap waktu pengamatan setiap minggu selama 2 minggu dapat dilihat pada grafik berikut ini.



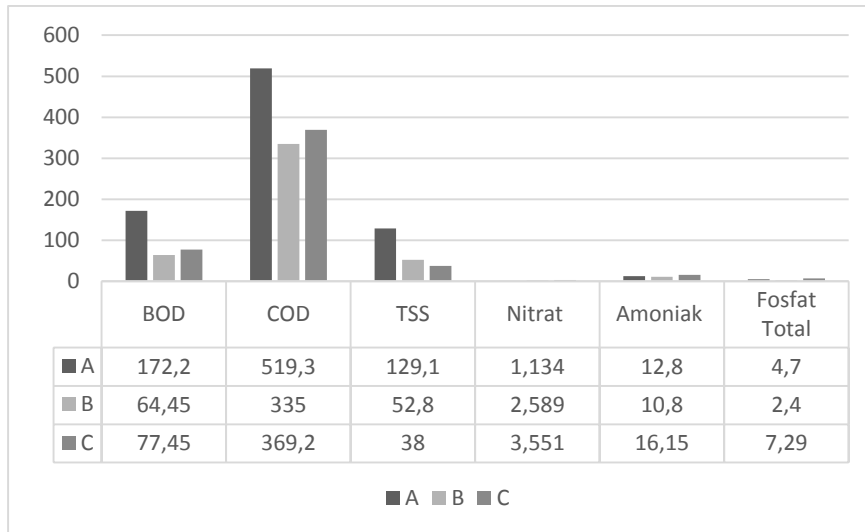
**Grafik 5.10. Konsentrasi Efluen *Pilot Plant* IPAL Komunal DAK-DKP Pada Variasi Aliran 0,65 L/menit dan Waktu Pengamatan 1 Minggu**



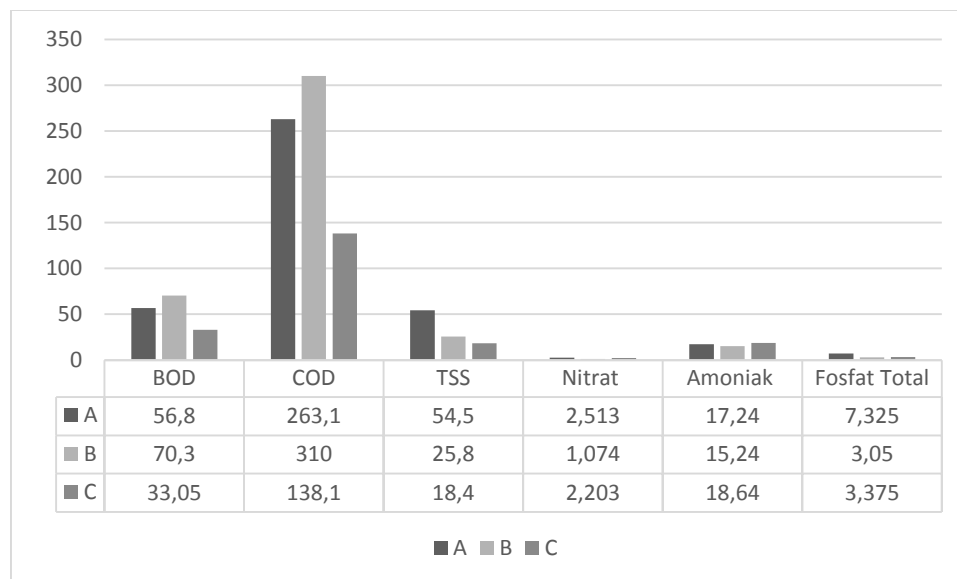
**Grafik 5.11. Konsentrasi Efluen *Pilot Plant* IPAL Komunal DAK-DKP Pada Variasi Aliran 0,65 L/menit dan Waktu Pengamatan 2 Minggu**

Dari grafik 5.10 dan 5.11 diatas dapat dilihat semakin rendahnya nilai parameter kualitas efluen yang diuji dengan semakin lamanya waktu operasi. Penurunan konsentrasi efluen ini untuk semua parameter uji terjadi pada semua unit pengolahan. Unit pengolahan A = Bak Ekualisasi, B = Tangki Septik, C = ABR-Filter .

Konsentrasi efluen pada variasi aliran 0,83 L/menit pada setiap waktu pengamatan setiap minggu selama 2 minggu dapat dilihat pada grafik berikut ini.



**Grafik 5.12. Konsentrasi Efluen *Pilot Plant* IPAL Komunal DAK-DKP Pada Variasi Aliran 0,83 L/menit dan Waktu Pengamatan 1 Minggu**

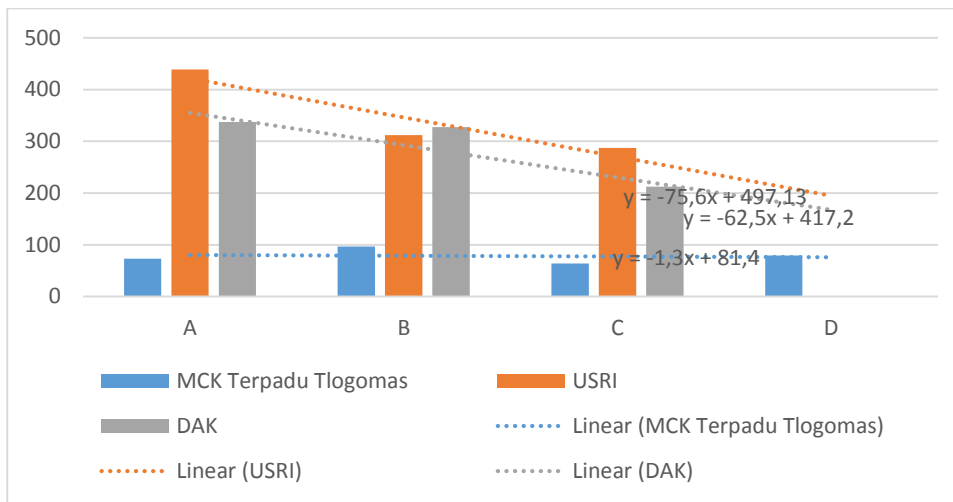


**Grafik 5.13. Konsentrasi Efluen *Pilot Plant* IPAL Komunal DAK-DKP Pada Variasi Aliran 0,83 L/menit dan Waktu Pengamatan 2 Minggu**

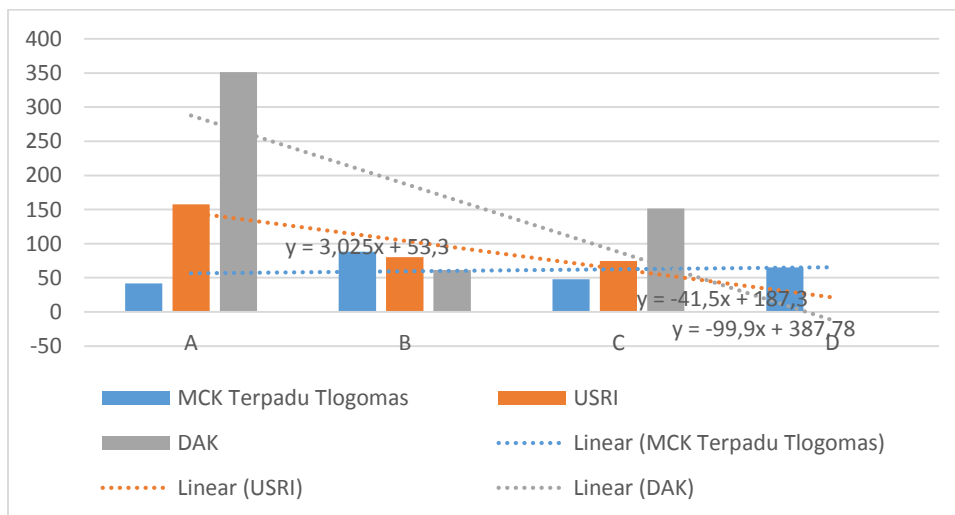
Dari grafik 5.12 dan 5.13 dapat dilihat konsentrasi efluen untuk parameter BOD, COD, TSS dan Nitrat semakin menurun dengan semakin lamanya waktu operasi. Sedangkan untuk parameter Amoniak dan Fosfat Total, konsentrasinya semakin meningkat.

**d. Kecenderungan Konsentrasi Efluen pada IPAL Komunal**

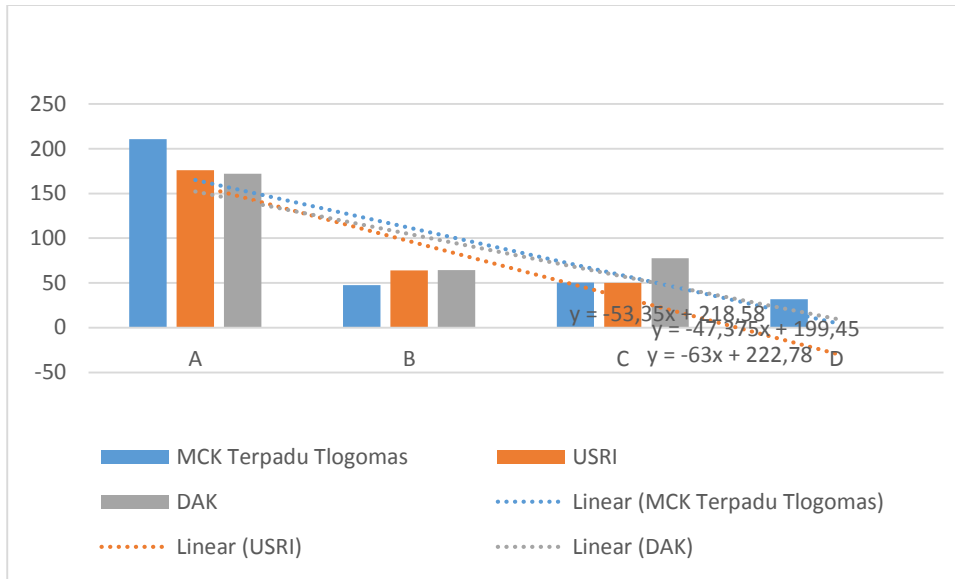
Konsentrasi efluen pada setiap unit pengolahan dan *pilot plant* IPAL Komunal cenderung mengalami penurunan untuk parameter BOD dan COD. Tetapi berfluktuasi untuk parameter lainnya. Berikut ini grafik kecenderungan konsentrasi efluen di setiap unit pengolahan dan *Pilot Plant* IPAL Komunal untuk setiap variasi aliran dan waktu operasi.



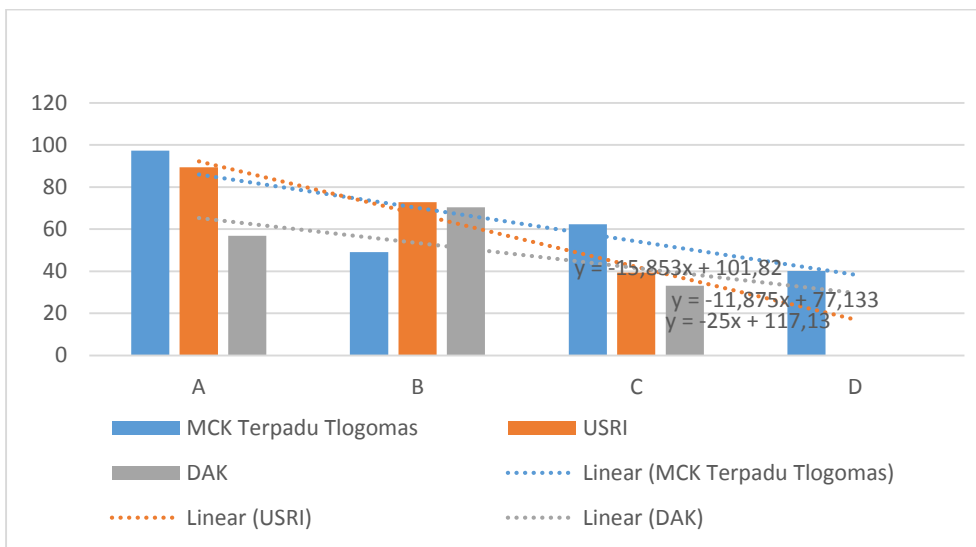
**Grafik 5.14. Kecenderungan Konsentrasi BOD Efluen *Pilot Plant* IPAL Komunal Pada Variasi Aliran Desain dan Waktu Pengamatan 1 Minggu**



**Grafik 5.15. Kecenderungan Konsentrasi BOD Efluen *Pilot Plant* IPAL Komunal Pada Variasi Aliran Desain dan Waktu Pengamatan 2 Minggu**



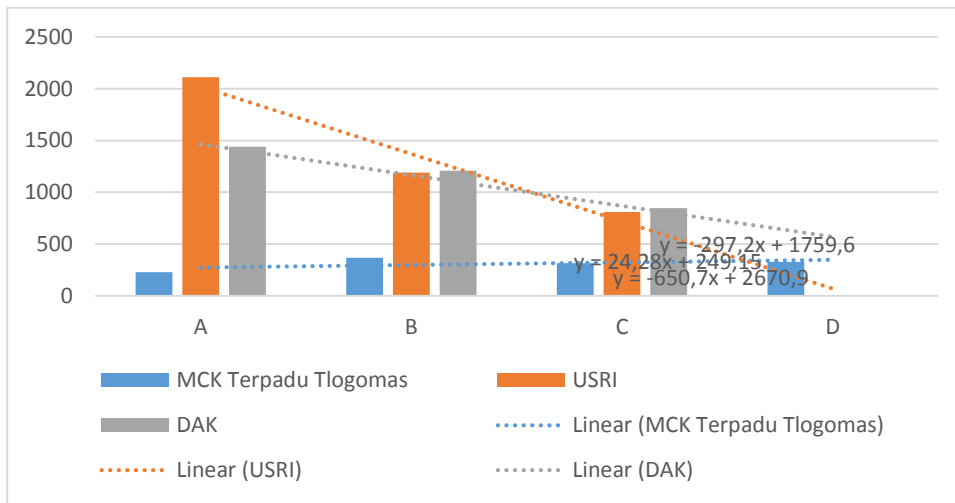
**Grafik 5.16. Kecenderungan Konsentrasi BOD Efluen *Pilot Plant* IPAL Komunal Pada Variasi Aliran Output Model Dinamis dan Waktu Pengamatan 1 Minggu**



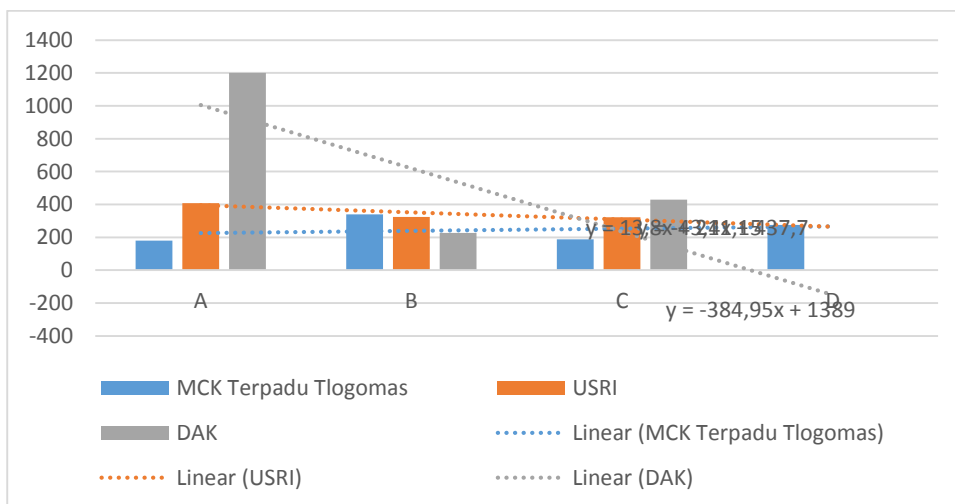
**Grafik 5.17. Kecenderungan Konsentrasi BOD Efluen *Pilot Plant* IPAL Komunal Pada Variasi Aliran Output Model Dinamis dan Waktu Pengamatan 2 Minggu**

Penurunan konsentrasi BOD tertinggi terjadi pada *pilot plant* IPAL Komunal DAK pada aliran desain yaitu 0,65 L/menit dengan waktu pengamatan 2 minggu.

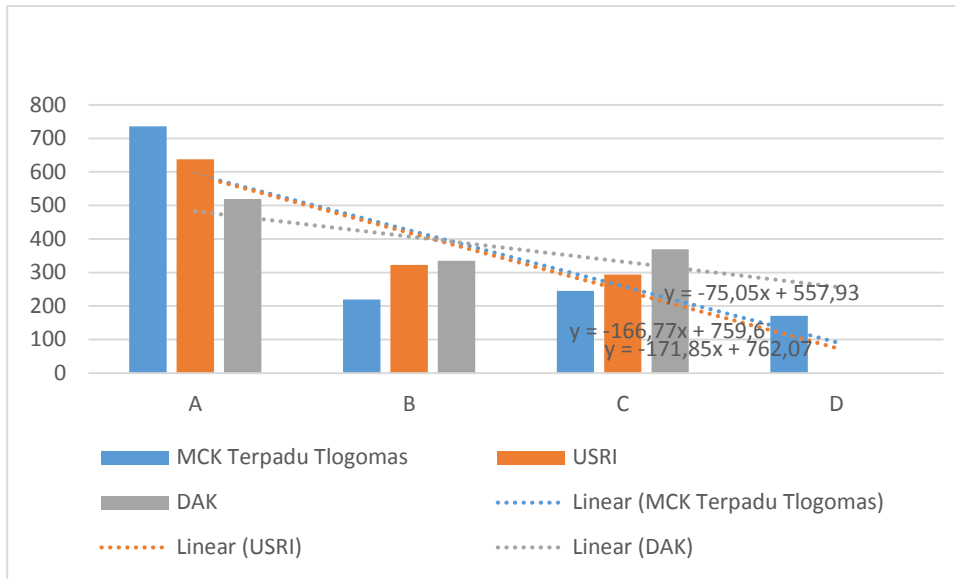
Untuk parameter COD, penurunan konsentrasi tertinggi terjadi pada *pilot plant* IPAL Komunal USRI dengan aliran desain sebesar 0,5 L/menit dan waktu pengamatan 1 minggu. Perbandingan kecenderungan konsentrasi COD pada variasi aliran dan waktu pengamatan untuk setiap Pilot plant dapat dilihat pada grafik 5.18-5.21.



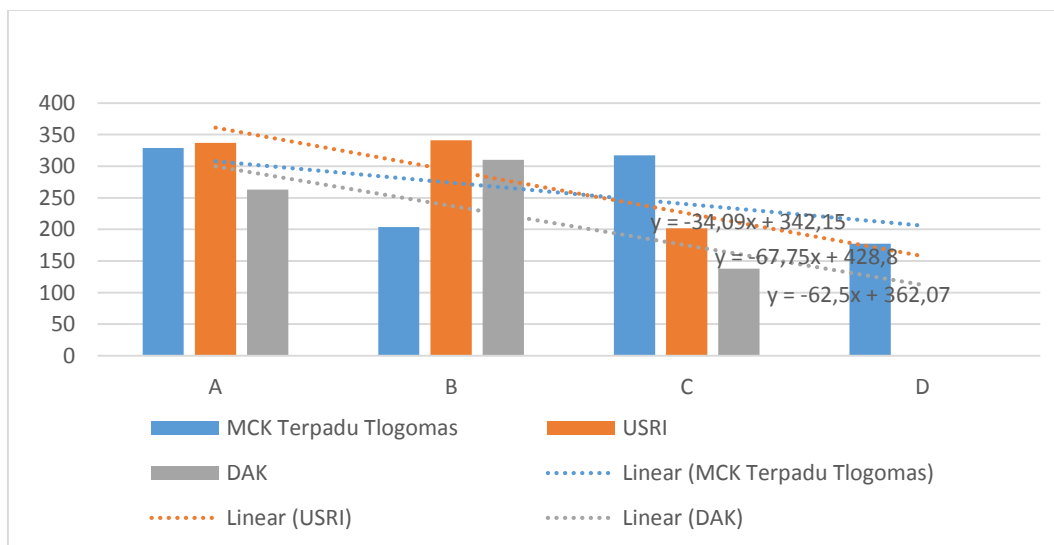
**Grafik 5.18. Kecenderungan Konsentrasi COD Efluen *Pilot Plant* IPAL Komunal Pada Variasi Aliran Desain dan Waktu Pengamatan 1 Minggu**



**Grafik 5.19. Kecenderungan Konsentrasi COD Efluen *Pilot Plant* IPAL Komunal Pada Variasi Aliran Desain dan Waktu Pengamatan 2 Minggu**

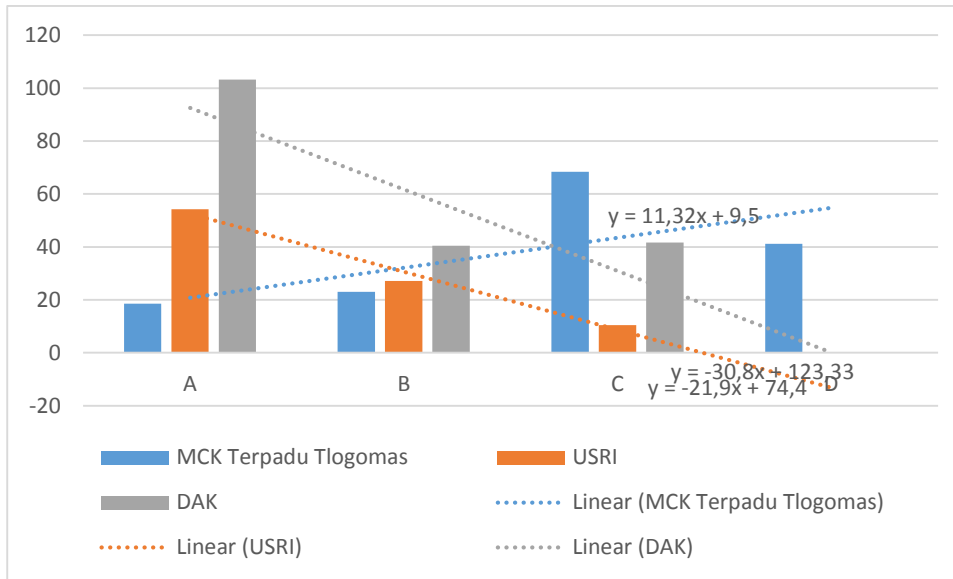


**Grafik 5.20. Kecenderungan Konsentrasi COD Efluen *Pilot Plant* IPAL Komunal Pada Variasi Aliran Output Model Dinamis dan Waktu Pengamatan 1 Minggu**

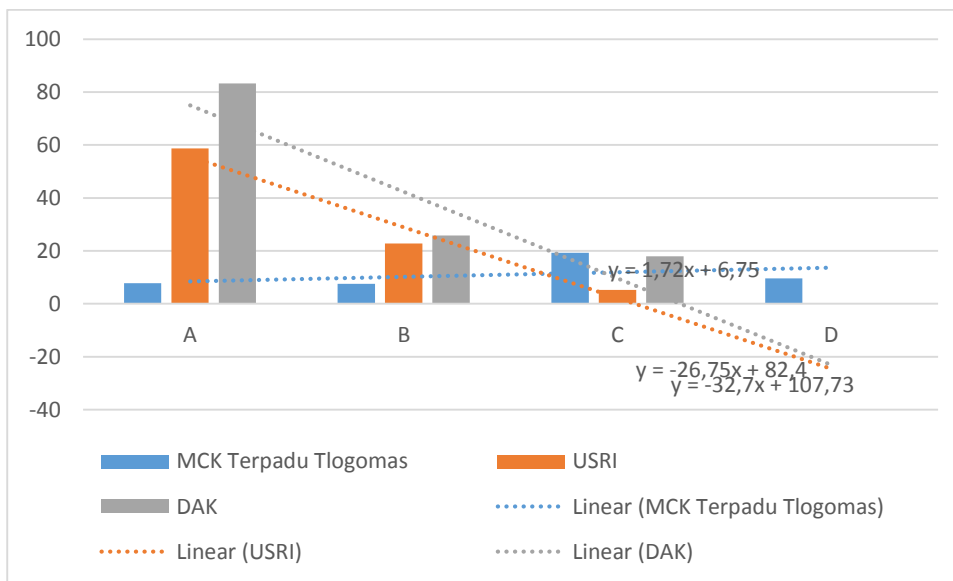


**Grafik 5.21. Kecenderungan Konsentrasi COD Efluen *Pilot Plant* IPAL Komunal Pada Variasi Aliran Output Model Dinamis dan Waktu Pengamatan 2 Minggu**

Kecenderungan konsentrasi TSS dapat dilihat pada grafik berikut ini.

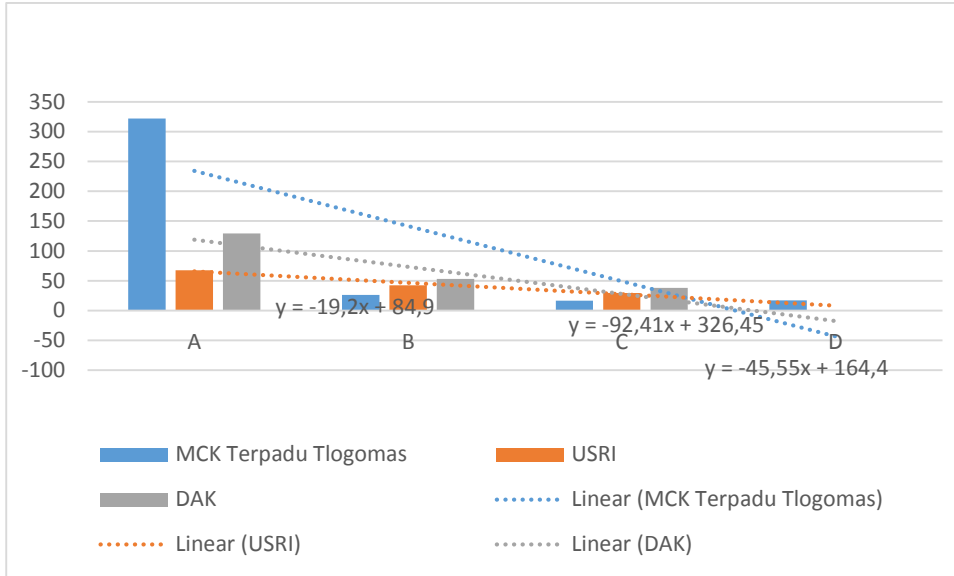


**Grafik 5.22. Kecenderungan Konsentrasi TSS Efluen *Pilot Plant* IPAL Komunal Pada Variasi Aliran Desain dan Waktu Pengamatan 1 Minggu**

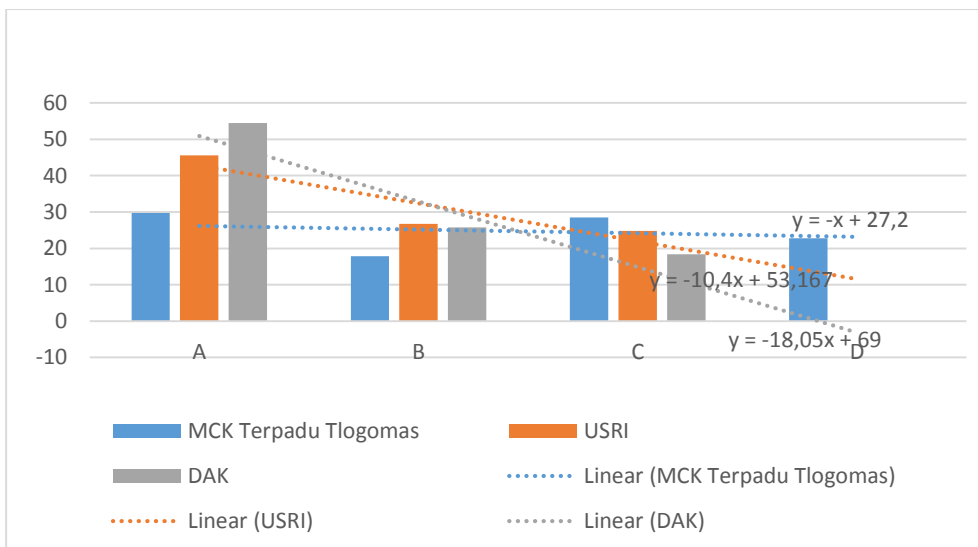


**Grafik 5.23. Kecenderungan Konsentrasi TSS Efluen *Pilot Plant* IPAL Komunal Pada Variasi Aliran Desain dan Waktu Pengamatan 2 Minggu**





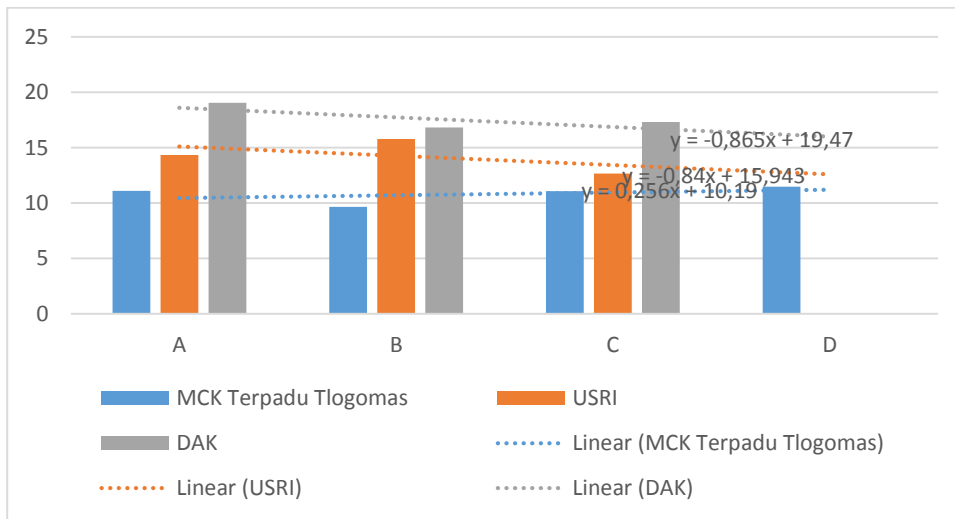
**Grafik 5.24. Kecenderungan Konsentrasi TSS Efluen *Pilot Plant* IPAL Komunal Pada Variasi Aliran Output Model Dinamis dan Waktu Pengamatan 1 Minggu**



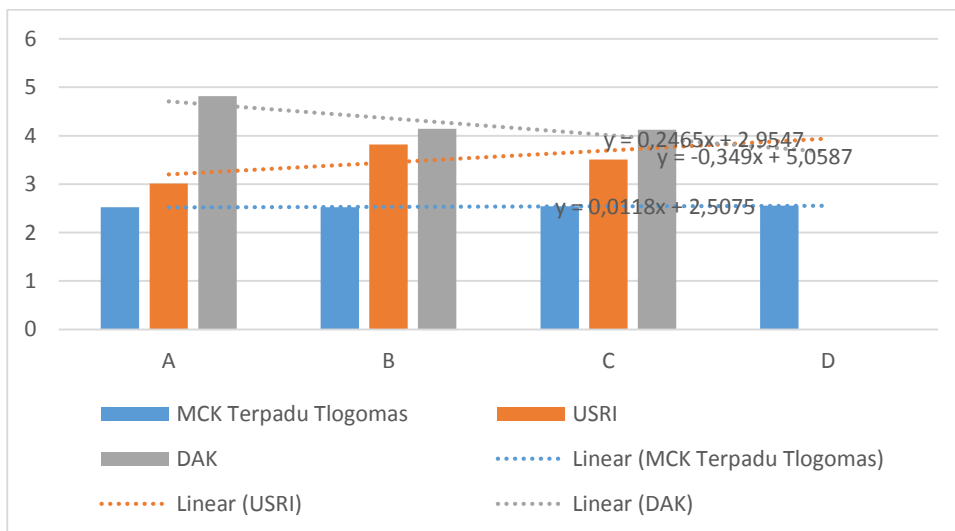
**Grafik 5.25. Kecenderungan Konsentrasi TSS Efluen *Pilot Plant* IPAL Komunal Pada Variasi Aliran Output Model Dinamis dan Waktu Pengamatan 2 Minggu**

Konsentrasi TSS mengalami penurunan tertinggi pada *pilot plant* IPAL Komunal MCK Plus Tlogomas dengan aliran output model dinamis sebesar 04 L/menit dan waktu pengawatan 1 minggu.

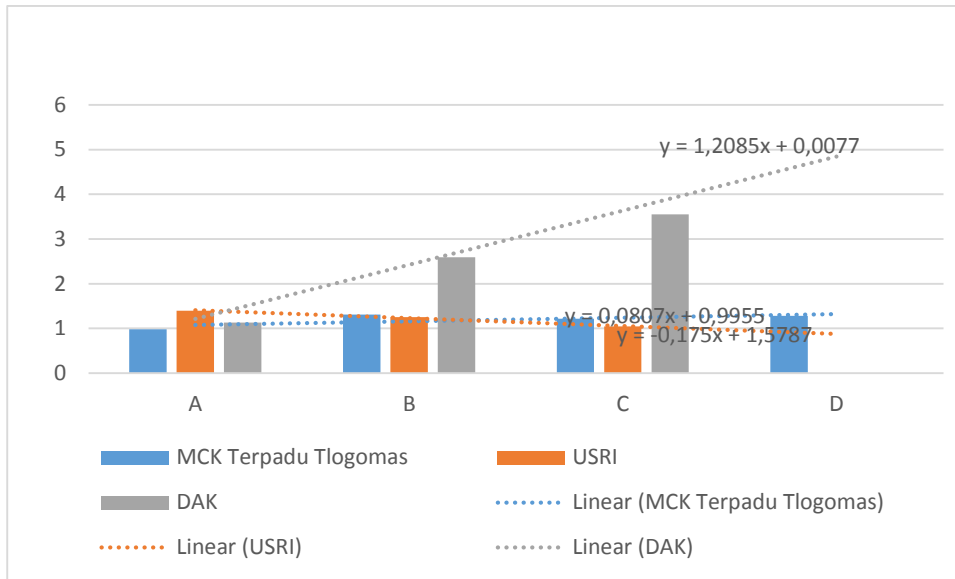
Parameter Nitrat merupakan parameter hasil oksidasi Amonium dan akan teroksidasi menjadi Nitrit dalam proses nitrifikasi. Sehingga konsentrasi berfluktuatif tergantung pada kinerja proses nitrifikasi. Hasil pemantauan konsentrasi Nitrat menunjukkan nilai berfluktuasi seperti pada grafik berikut ini.



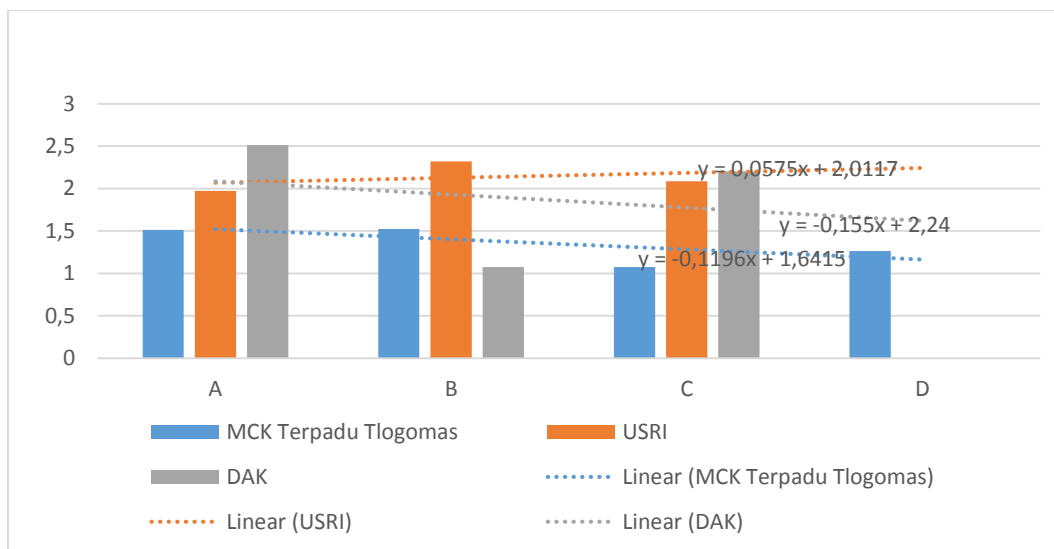
**Grafik 5.26. Kecenderungan Konsentrasi Nitrat Efluen *Pilot Plant* IPAL Komunal Pada Variasi Aliran Desain dan Waktu Pengamatan 1 Minggu**



**Grafik 5.27. Kecenderungan Konsentrasi Nitrat Efluen *Pilot Plant* IPAL Komunal Pada Variasi Aliran Desain dan Waktu Pengamatan 2 Minggu**

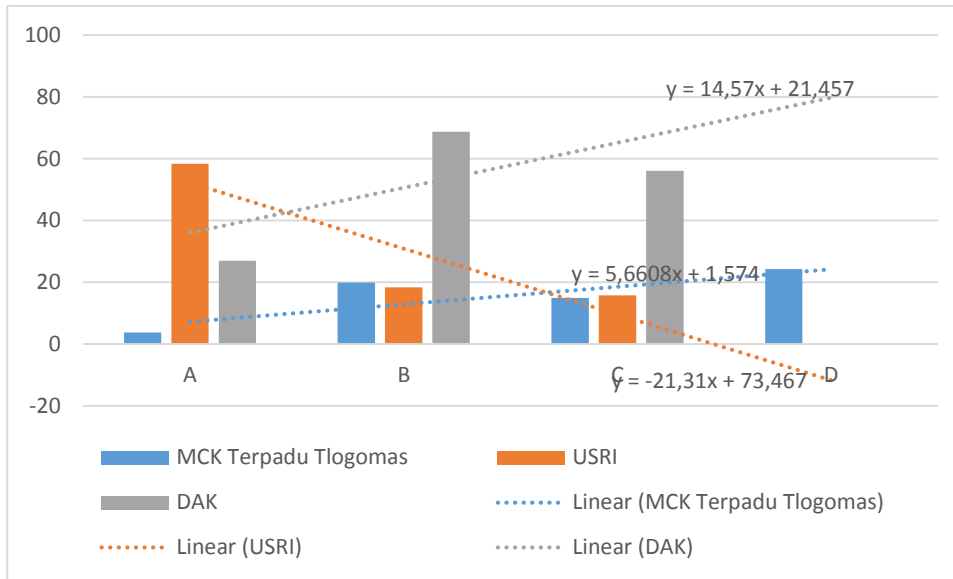


**Grafik 5.28. Kecenderungan Konsentrasi Nitrat Efluen *Pilot Plant* IPAL Komunal Pada Variasi Aliran Output Model Dinamis dan Waktu Pengamatan 1 Minggu**

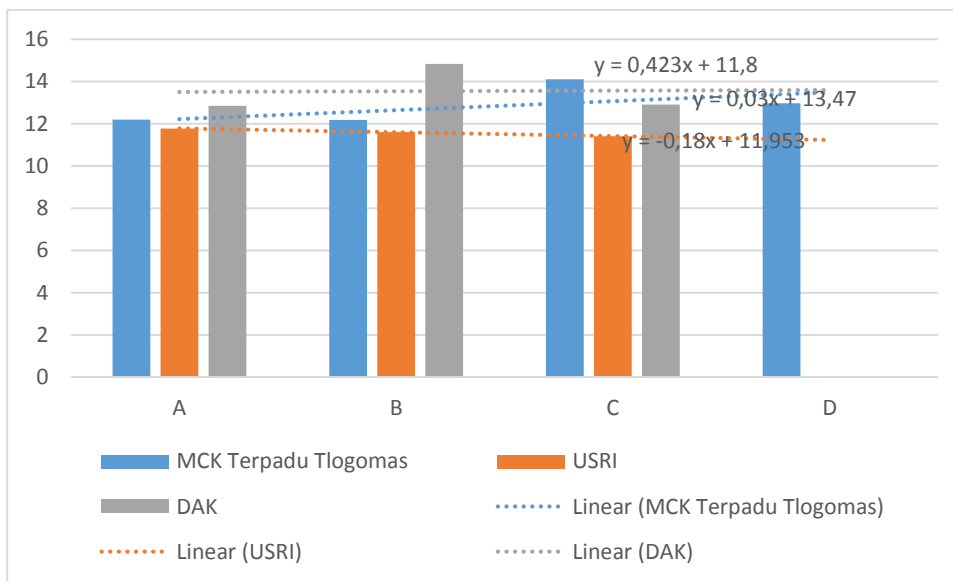


**Grafik 5.29. Kecenderungan Konsentrasi Nitrat Efluen *Pilot Plant* IPAL Komunal Pada Variasi Aliran Output Model Dinamis dan Waktu Pengamatan 2 Minggu**

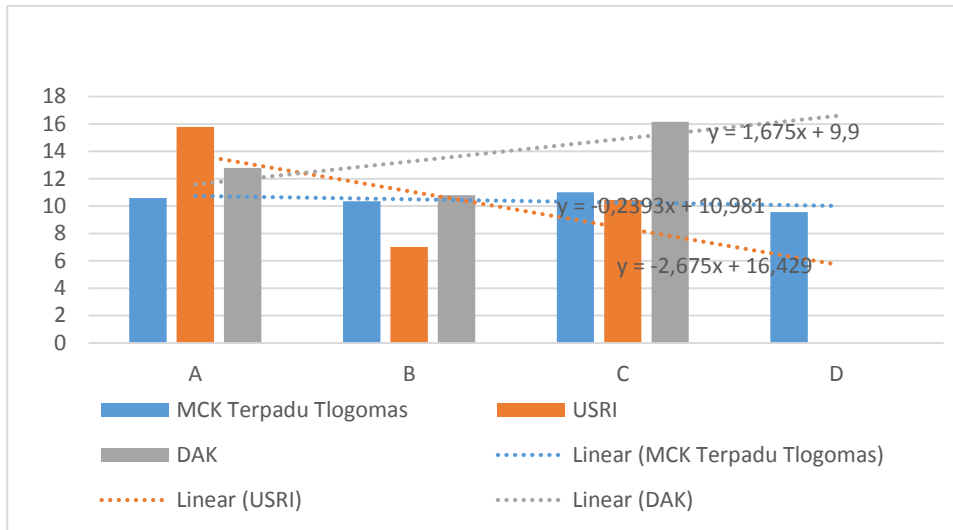
Konsentrasi Amoniak selama pengamatan juga menunjukkan nilai yang fluktuatif seperti konsentrasi Nitrat. Berikut ini nilai konsentrasi Amoniak pada setiap variasi aliran dan waktu pengamatan.



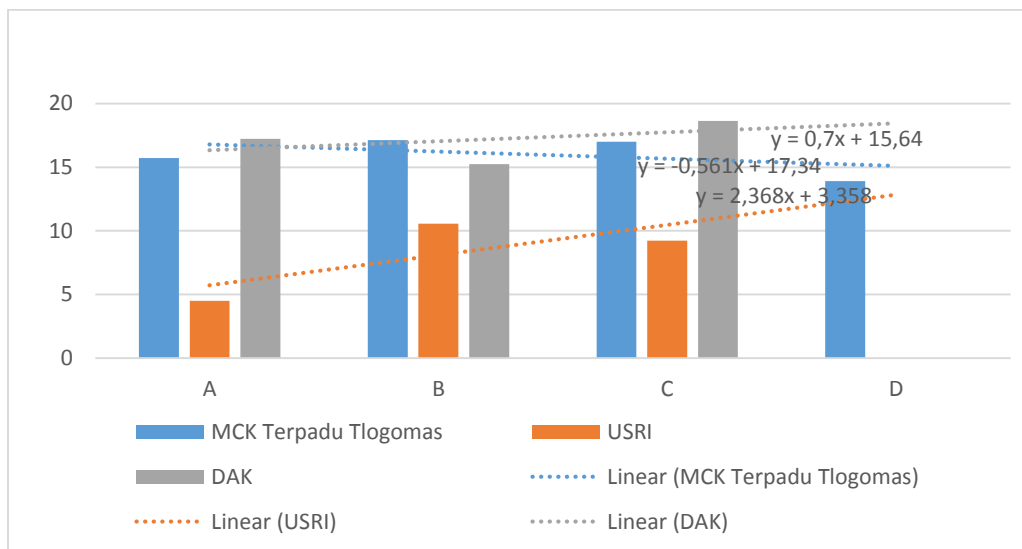
**Grafik 5.30. Kecenderungan Konsentrasi Amoniak Efluen *Pilot Plant* IPAL Komunal Pada Variasi Aliran Desain dan Waktu Pengamatan 1 Minggu**



**Grafik 5.31. Kecenderungan Konsentrasi Amoniak Efluen *Pilot Plant* IPAL Komunal Pada Variasi Aliran Desain dan Waktu Pengamatan 2 Minggu**

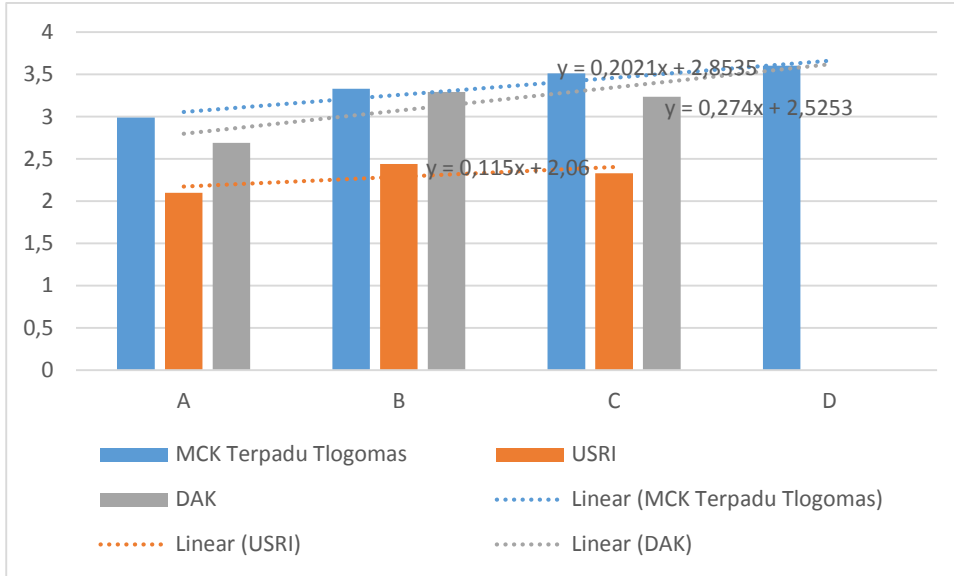


**Grafik 5.32. Kecenderungan Konsentrasi Amoniak Efluen *Pilot Plant* IPAL Komunal Pada Variasi Aliran Output Model Dinamis dan Waktu Pengamatan 1 Minggu**

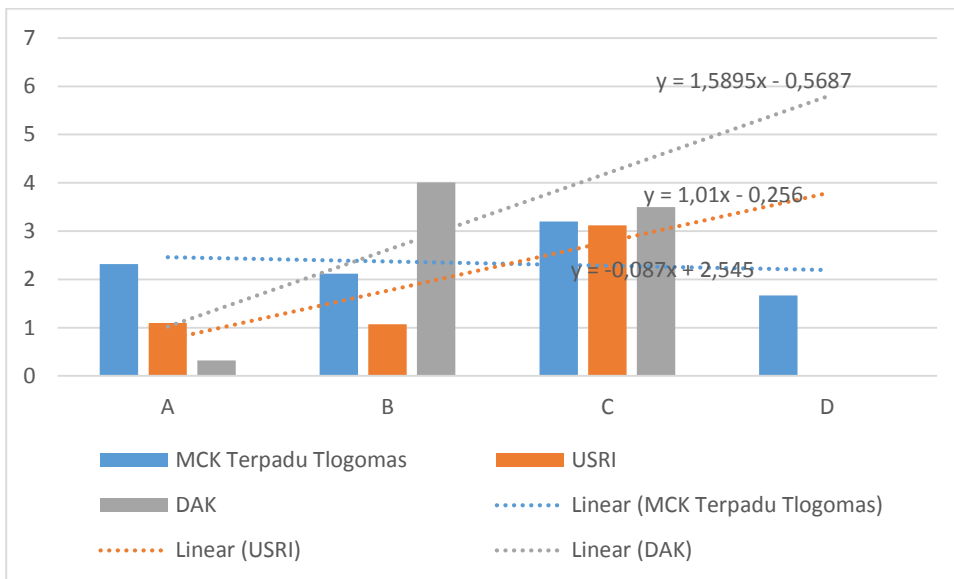


**Grafik 5.33. Kecenderungan Konsentrasi Amoniak Efluen *Pilot Plant* IPAL Komunal Pada Variasi Aliran Output Model Dinamis dan Waktu Pengamatan 2 Minggu**

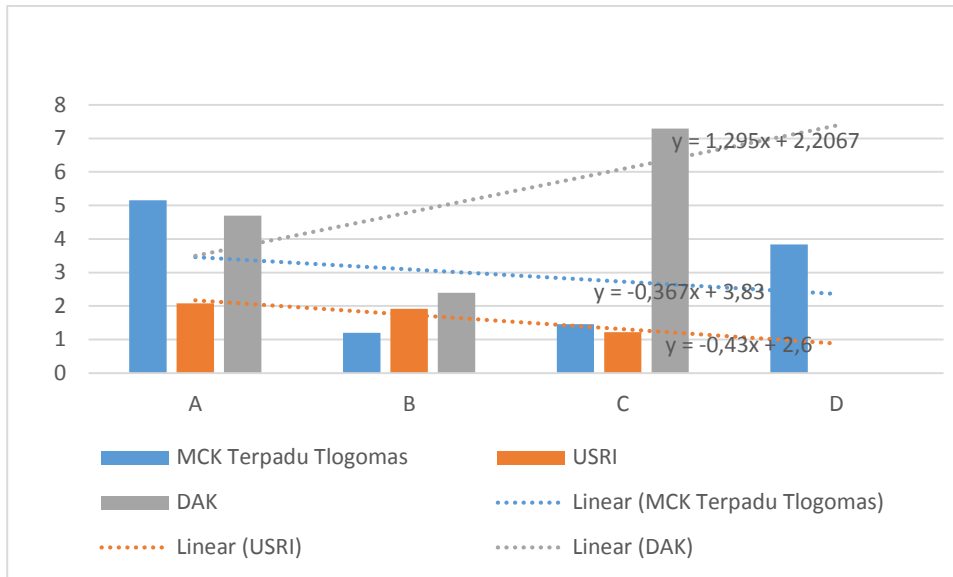
Konsentrasi Fosfat Total selama pengamatan 2 (dua) minggu menunjukkan kecenderungan peningkatan pada variasi aliran desain dan kecenderungan penurunan pada variasi output model dinamis. Gambaran konsentrasi Fosfat Total selama pengamatan dapat dilihat pada grafik berikut ini.



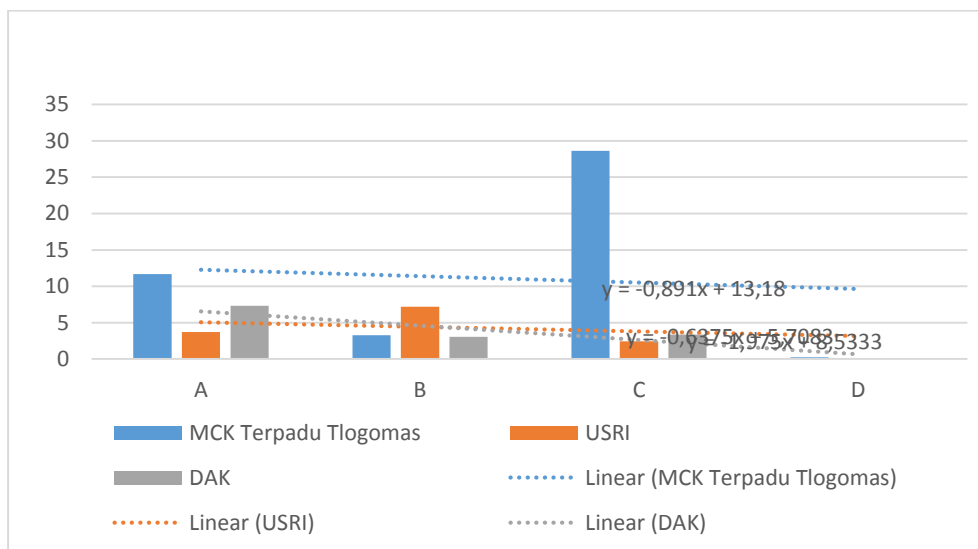
**Grafik 5.34. Kecenderungan Konsentrasi Fosfat Total Efluen *Pilot Plant* IPAL Komunal Pada Variasi Aliran Desain dan Waktu Pengamatan 1 Minggu**



**Grafik 5.35. Kecenderungan Konsentrasi Fosfat Total Efluen *Pilot Plant* IPAL Komunal Pada Variasi Aliran Desain dan Waktu Pengamatan 2 Minggu**



**Grafik 5.36. Kecenderungan Konsentrasi Fosfat Total Efluen *Pilot Plant* IPAL Komunal Pada Variasi Aliran Output Model Dinamis dan Waktu Pengamatan 1 Minggu**

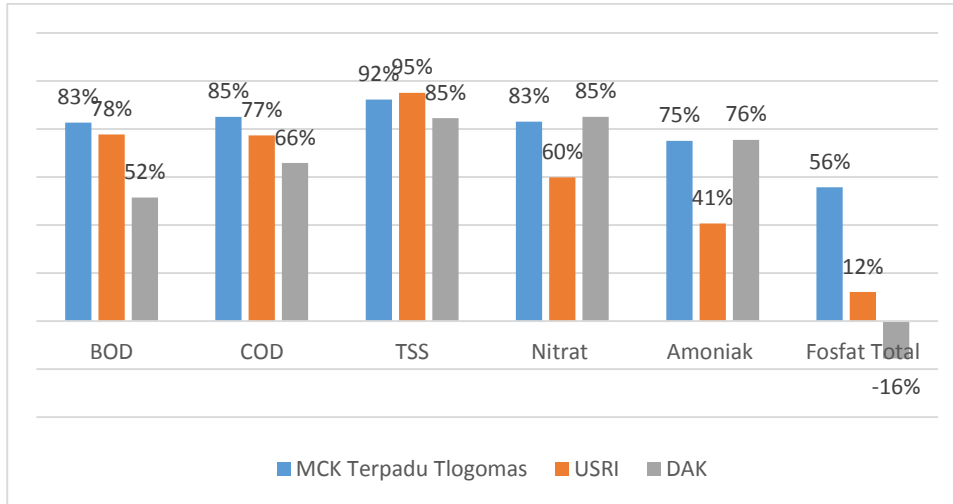


**Grafik 5.37. Kecenderungan Konsentrasi Fosfat Total Efluen *Pilot Plant* IPAL Komunal Pada Variasi Aliran Output Model Dinamis dan Waktu Pengamatan 2 Minggu**

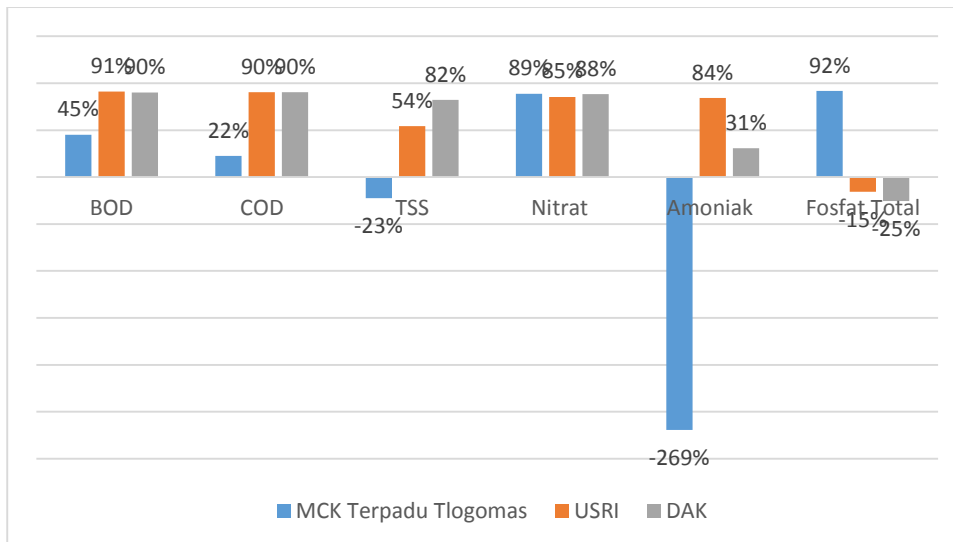
**e. Kinerja Pengolahan *Pilot Plant* IPAL Komunal**

Kinerja pengolahan pada setiap pilot plant IPAL Komunal ditentukan dari persentase pemisahan setiap parameter kualitas air limbah yang diuji. Umumnya setiap *pilot plant* menunjukkan kinerja pengolahan yang tinggi untuk parameter bahan organik dan padatan. Tetapi masih belum menunjukkan kinerja pengolahan

yang tinggi untuk parameter nutrisi N dan P. Berikut ini kinerja pengolahan setiap *pilot plant* IPAL Komunal pada setiap variasi aliran selama waktu pengamatan 2 (dua) minggu.



**Grafik 5.38. Tingkat Pengolahan *Pilot Plant* IPAL Komunal Pada Variasi Aliran Desain**



**Grafik 5.39. Tingkat Pengolahan *Pilot Plant* IPAL Komunal Pada Variasi Aliran Output Model Dinamis**



Dari grafik 5.38 dan 5.39 dapat dilihat kinerja pengolahan yang lebih baik pada variasi aliran desain dan pilot plant IPAL Komunal MCK Plus Tlogomas menunjukkan kinerja pengolahan yang paling bagus.

Kinerja biofilter sangat tergantung pada aktifitas mikrobial. Sumber substrat yang konstan diperlukan untuk konsistensi dan efektifitas operasi. Kesuksesan biofilter tergantung pada pertumbuhan dan pemeliharaan biomassa pada permukaan media. Tiga mekanisme penting dalam memahami proses pengolahan menggunakan biofilter adalah (1)Penempelan biomassa, (2)Penggunaan substrat dan pertumbuhan biomassa dan (3)Pelepasan biomassa. Proses penempelan yang kuat dan kolonisasi biomassa tergantung pada karakteristik influen (contohnya organik dan konsentrasi) dan properti permukaan media filter. Faktor kunci dalam kinerja proses pembentukan biofilm adalah jumlah pertumbuhan dan faktor fisik yang mempengaruhi lepasnya biofilm. Proses erosi, abrasi, *sloughing* dan *grazing* atau *predation* sering diteliti dan dikaji dalam mekanisme lepasnya biomassa. Evaluasi kehilangan biomassa selama pencucian filter sangat penting dalam operasional filter. Tetapi studi terdahulu menunjukkan bahwa biomassa efektif yang bertanggung jawab dalam penyisihan bahan organik, tidak hilang selama pencucian filter normal. Sebagian besar studi menunjukkan bahwa hilangnya biomassa hanya karena *shear stress* dari fluida (Durgananda Singh Chaudhary, 2003).

Pemilihan media merupakan faktor penting dalam desain dan operasi biofilter mencapai kualitas efluen yang baik (Rebecca Moore, 2001). Media filter dengan luas permukaan yang besar per unit volume mampu mempertahankan biofilm aktif dan keanekaragaman populasi mikrobial yang tinggi. Penggunaan media plastik *polypropylene* dengan luas permukaan spesifik sebesar  $350 \text{ m}^2/\text{m}^3$  pada reaktor biofiltrasi *packing bed* untuk pengolahan air limbah domestik efektif menurunkan BOD dan COD (Shohreh Azizi, 2013).

Penggunaan ABR sebagai *anaerobic pre treatment system* dan kolam stabilisasi dengan media sebagai post treatment system telah diteliti merupakan opsi pilihan teknologi pengolahan air limbah domestik yang sesuai untuk daerah tropis dan sub tropis di negara berkembang (Yu, 1997). ABR merupakan reaktor

*Anaerobic Digestion high rate.* SRT terpisah dari HRT untuk memaksimalkan kinerja pengolahan polutan oleh bakteri anaerobik yang lambat (Nguyen, et al., 2010). Reaktor dengan SRT tinggi akan meminimalkan HRT sehingga beban volume semakin besar. HRT pada ABR pilot plant IPAL Komunal USRI sebesar 15 jam dan IPAL Komunal DAK-DKP sebesar 28 jam.

Penggunaan wetland dengan tanaman hias Bintang Air (*Cyperus alternifolius*) mampu menurunkan BOD limbah domestik sampai 94% dengan waktu tinggal 4 hari (Suprihatin, 2014). Efisiensi penyisihan BOD merupakan fungsi dari HRT. Semakin lama HRT akan meningkatkan interaksi limbah dengan sistem tanaman akuatik sehingga meningkatkan penyisihan BOD (Chavan B. L., 2012). HRT kolam fitoremediasi IPAL Tlogomas pada aliran 1,7 L/menit sebesar 0,1 jam. Rendahnya waktu tinggal hidrolis menyebabkan berkurangnya interaksi air limbah dengan tanaman sehingga proses degradasi bahan organik melalui biomassa tanaman dan enzim akar tanaman kurang maksimal (Ronald W. Crites, 2006). Upaya yang bisa dilakukan untuk meningkatkan HRT adalah dengan meningkatkan volume kolam melalui kegiatan pengurasan lumpur pada dasar kolam. Pada sistem *constructed wetland* ini *ketinggian media* tanah diusahakan < 0,6 m (Ronald W. Crites, 2006). Upaya lain dengan memperlambat aliran dalam kolam fitoremediasi. Kebutuhan waktu tinggal dalam kolam fitoremediasi sistem *sub surface flow constructed wetland* ini menggunakan rumus (EPA, 1988) :

$$t(\text{hari}) = \frac{\ln C / \ln C_0}{k_T} \quad (4.1)$$

Dimana:

- C = konsentrasi effluent yang diharapkan (mg/L)
- C<sub>0</sub> = konsentrasi influent (mg/L)
- k<sub>T</sub> = koefisien pengaruh temperatur = K<sub>20</sub> 1.06<sup>(T - 20)</sup> = 1.1 (1.06<sup>(T - 20)</sup>) /hari (Ronald W. Crites, 2006)

Penelitian skala pilot IPAL menggunakan reaktor *aerobic biological filter* dengan media plastik menghasilkan tingkat penyisihan COD 73%-80%, BOD 76%-83% dan TSS 77%-89% (A.S. El-Ghendy, 2012). Data historis kinerja pengolahan

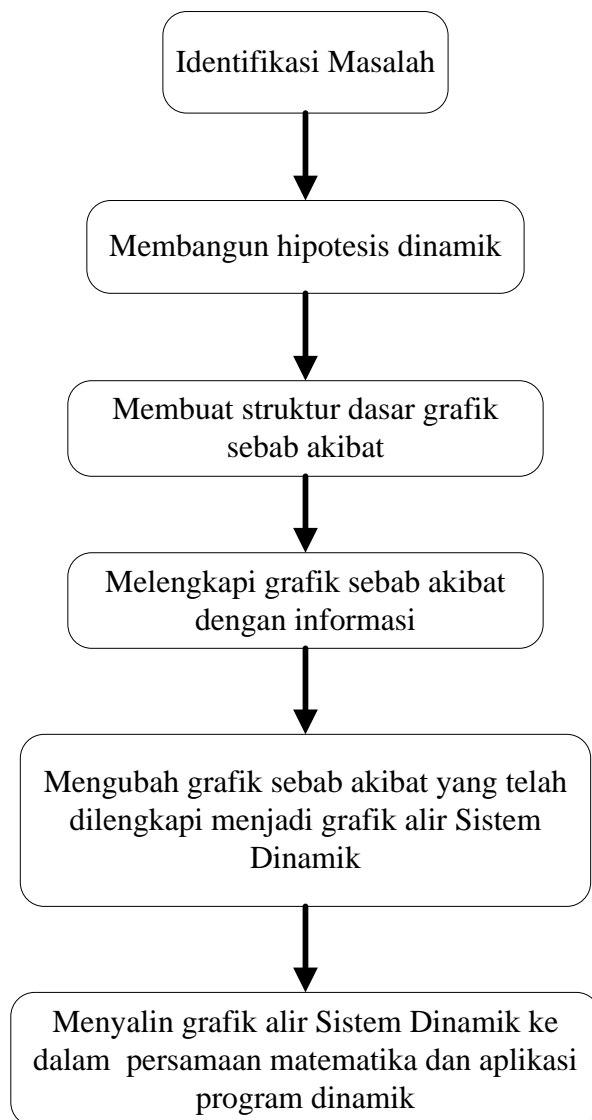
air limbah mendasari tingkat pembebanan biofiltrasi (Boon, 1997). Sehingga dalam evaluasi kinerja biofiltrasi ini digunakan parameter tingkat pembebanan organik (OLR). Tingkat pembebanan organik pada reaktor biofiltrasi di IPAL Tlogomas sebesar  $9 \text{ kgBOD/m}^3 \cdot \text{hari}$  pada aliran  $1,7 \text{ L/menit}$ .

## **BAB 6**

### **RENCANA TAHAPAN BERIKUTNYA**

Seperti telah dijelaskan pada Bab 4 di gambar 4.1 halaman 13, tahapan kegiatan berikutnya di tahun III adalah pembuatan model sistem dinamis IPAL Komunal. Hasil analisa sistem operasi dan proses tahun ini akan menjadi data masukan model. Aplikasi yang akan digunakan Vensim atau Stella. Output model ini nantinya memberikan pilihan optimal bagi konfigurasi unit pengolahan, waktu tinggal dan aliran influen IPAL Komunal.

Tahapan pembuatan model sistem dinamis IPAL Komunal terdiri dari beberapa kegiatan seperti gambar di bawah ini.



Gambar 6.1 Diagram alir penelitian tahap III Pembuatan Model Dinamik Optimisasi IPAL Komunal

## **BAB 7**

### **KESIMPULAN**

Dari hasil analisa hasil uji sampel influen *pilot plant* IPAL Komunal diperoleh kesimpulan sementara sebagai berikut :

1. Kualitas influen IPAL Komunal masih jauh diatas baku mutu untuk parameter bahan organik BOD dan COD. Sedangkan untuk parameter TSS masih mendekati baku mutu.
2. Nilai rasio BOD/COD influen IPAL Komunal pada obyek studi berkisar antara 0,205-0,248.
3. Tingkat pembebanan organik pada reaktor biofiltrasi di pilot plant IPAL Tlogomas sebesar 9 kgBOD/m<sup>3</sup>.hari, pada unit Filter Anaerobik *pilot plant* IPAL Komunal USRI sebesar 2,67 kgBOD/m<sup>3</sup>.hari dan pada reaktor ABR-Filter di IPAL Komunal DAK-DKP sebesar 6,33 kgBOD/m<sup>3</sup>.hari.
4. Kinerja pengolahan yang paling baik pada variasi aliran desain pilot plant IPAL Komunal MCK Plus Tlogomas. Tingkat kinerja pengolahan yang dicapai untuk parameter BOD 83%, COD 85%, TSS 92%, Nitrat 83%, Amoniak 75% dan Fosfat Total 56%.
5. Pengolahan limbah domestik dengan unit pengolahan anaerobik, aerobik dan fitoremediasi terbukti mempunyai kinerja pengolahan yang lebih bagus.
6. Penggunaan unit pengolahan anaerobik dilanjutkan dengan unit pengolahan aerobik dengan metode fitoremediasi dan aerasi bertingkat diharapkan mampu meningkatkan kinerja pengolahan bahan organik dan nutrien.

## DAFTAR PUSTAKA

- A.Ray, P., Kirshen, P. H., & Vogel, a. R. (2010). Integrated Optimization of a Dual Water Quality and Wastewater System . *Journal of Water Resources Planning and Management Volume 136 No.1*, 37-47.
- A.S. El-Ghendy, T. S.-G. (2012). The Use an Aerobic Biological Filter For Improving The Effluent Quality of a Two Stage-Anaerobic System. *International Water Technology Journal*, 298-308.
- Abdalla, K. Z. (2014). Correlation Between Biochemical Oxygen Demand and Chemical Oxygen Demand for Various Wastewater Treatment Plant in Egypt to Obtain The Biodegradability Indices. *International Journal of Science : Basic and Applied Research (IJSBAR) Volume 13 Nr. 1*, 42-48.
- Alberto, C. (2012). *Optimization of Urban Wastewater Systems*. Netherland: Delft.
- Alrawi, R. A. (2010). Methane Production during Start-Up Phase of Mesophilic Semi-Continues Suspended Growth Anaerobic Digester. *International Journal Chemical Reaction Engineering 8 (8)* , 89.
- Amminudin, Z. A. (2008). Two-Step Optimization Approach for Design of A Total Water System. *Ind. Eng. Chem. Res.*, 6045-6047.
- Badan Lingkungan Hidup Kota Malang (2014). *Laporan Pemantauan dan pengawasan Pengelolaan Lingkungan Hidup Oleh Kegiatan Usaha di Kota Malang*, Kota Malang.
- Boon, A. H. (1997). Recent Developments in the Biological Filtration of Sewage to Produce High-Quality Nitrified Effluents. *Water and Environment Journal*, 393-412
- Borda. (2015, Juni 19). Retrieved from Bremen Overseas Research and Development Association: <http://www.borda-sea.org>
- BPPT. (2005).: <http://www.kelair.bppt.go.id/.../BukuAirLimbahDomestikDKI/BAB3TEK..>
- Chaerul, M., Tanaka, M. & Shekdar,2007.
- Chavan B. L., D. V. (2012). Treatment Of Sewage Through Phytotechnological Studies With Constructed Wetland Using Eichhornia crassipes. *Journal of Environmental Research And Development*, 660-667.
- Durgananda Singh Chaudhary, S. V.-H. (2003). Biofilter in water and wastewater treatment. *Korean Journal Chemistry Engineering*, 1054-1065.
- Federation of Canadian Municipalities and National Research Council, 2003
- Jhansi, S. C., & Mishra, S. K. (2013), “Wastewater Treatment and Reuse : Sustainable Option”, *Consilience : The Journal of Sustainable Development*, 1-15
- K. G. Murty, (2003), “Optimization Models For Decision Making: Volume 1”, Ann Arbor, USA: Dept. Industrial & Operations Engineering, University of Michigan.
- Karuppiah R, G. I. (2006). Global Optimization of Multiscenario Mixed Integer Nonlinear Programming Models arising in the Synthesis of Integrated Water Networks under Uncertainty.
- Khademi, M. N. (2009). Biological Treatment of Antibiotic Plant Effluent in an UASFF Bioreactor. *World Application Sciences Journal 5* , 1-8.
- McCarty, Y. J. (1969). The anaerobic filter for wastewater treatment. *Journal of the Water Pollution Control Federation*, 160-173.
- Metcalf, E. (2014). *Wastewater Engineering, Treatment and Resources Recovery*. Singapore: McGraw-Hill Education.

- Najafpour G.D., Z. A. (2006). High-rate anaerobic digestion of palm oil mill effluent in an up-flow anaerobic sludge-fixed film bioreactor. *Process Biochemical* 41 , 370-379.
- Najafpour, G. Y. (2005). Effect of organic loading on performance of rotating biological contactors using Palm Oil Mill effluents. *Process Biochemical* 40 (8) , 2879-2884.
- Nguyen, H. S. (2010), "The Anaerobic Baffled Reactor".
- Peraturan Presiden Nomor 185 tahun 2014 tentang Percepatan Penyediaan Air Minum dan Sanitasi
- Pokja AMPL*. (2012, September 6). Retrieved Januari 31, 2013
- PPSP*. (2012). Retrieved from <http://www.PPSP.com>
- Prasanta K. Bhunia, P. M. (1986). *Optimal Design and Operation of Wastewater Treatment Plants*.
- Qasim, Syed R..(1985).*Wastewater Treatment Plant : Planning, Design and Operation*.Holt, Rinehart and Winston.USA.
- Rebecca Moore, J. Q. (2001). The effect of media size on the performance of aerated biological filter. *Water Research*, 2514-2522.
- Ronal W. Crites, E. J. (2006). *Natural Wastewater Treatment System*. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group.
- S. Vigneswaran, M. S. (2004). *RECYCLE AND REUSE OF DOMESTIC WASTEWATER- Recycle and Reuse of Domestic Wastewater*. Oxford, UK: Eolss Publisher.
- Said, N. I. (2006). Daur ulang Limbah, Ditinjau dari Aspek Teknologi, Lingkungan dan Ekonomi. *JAI, Vol 2, No.2*, 100-131.
- Sanitasi, T. T. (2010). *Buku Referensi Opsi Sistem dan Teknologi Sanitasi*. Jakarta.
- Shohreh Azizi, A. V. (2013). Evaluation of Different Wastewater Treatment Process and development of a Modified attached Growth Bioreactor as a Decentralized Approach for Small Community. *Scientific World Journal*.
- Suprihatin, H. (2014). Penurunan Konsentrasi BOD Limbah Domestik Menggunakan Sistem Wetland dengan Tanaman Hias Bintang Air (*Cyperus alternifolius*). *Dinamika Lingkungan Indonesia*,, 80-87.
- USAID. (2006). "Comparative Study : Centralized Wastewater Treatment Plant in Indonesia."
- WANG Xiaochang, J. P. ,(2007), "Classification of contaminants and treatability evaluation of domestic wastewater". *Front. Environ. Sci. Engin. China* 1 (1), 57-62.
- Yu, H. J.-H. (1997), "A sustainable municipal wastewater treatment process for tropical and sub tropical region in developing country", *Water Science and Technology*, 191-198
- Zinatizadeh, A. Y. (2009). Effects of process factors on biological activity of granular sludge grown in an UASFF bioreactor. *Renewable energy* 34 (5) , 1245-1251.



# LAMPIRAN

## PUBLIKASI PENELITIAN

1. INTERNATIONAL POSTGRADUATE CONFERENCE BIOTECHNOLOGY (IPCB ), 24-26 AGUSTUS 2016 TEKNIK LINGKUNGAN ITS SURABAYA
2. SEMINAR NASIONAL PENELITIAN MASALAH LINGKUNGAN DI INDONESIA, 4-5 NOPEMBER 2016 IATPI DAN PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL DAN LINGKUNGAN IPB

# IPCB 2016



3<sup>rd</sup> INTERNATIONAL POSTGRADUATE CONFERENCE ON BIOTECHNOLOGY

Current Trends on Biotechnological Research for Environmental Sustainability

Surabaya, 24-26 August 2016

*Certificate of Appreciation*  
*is awarded to*

Evy Hendrianti

*as*

Presenter

Soka University  
Universiti Malaysia Terengganu

*Yoshihisa Baba*

Prof. Dr. Yoshihisa Baba  
President,  
Soka University



*Joko Hermana*  
Prof. Dr. Joko Hermana, MScES, PhD  
Rector,  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

*Nor Aeni binti Hajji Mokhtar*

Prof. Dato' Dr. Nor Aeni binti Hajji Mokhtar  
Vice Chancellor,  
Universiti Malaysia Terengganu

# Treatment Performance Of Modified Anaerobic Baffled Reactor With Media Filter For Communal Wastewater Treatment Plant

*Evy Hendriarianti<sup>1</sup>, Karnaningroem Nieke<sup>2</sup>, Deviany Kartika<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> Corresponding author: Environmental Engineering Departement, Sepuluh Nopember of Tecnology Institute, Surabaya ; Environmental Engineering Departement, National of Tecnology Institute, Malang [evy13@mhs.enviro.its.ac.id](mailto:evy13@mhs.enviro.its.ac.id)

<sup>2</sup> Environmental Engineering Departement, Sepuluh Nopember of Tecnology Institute, Surabaya [karnaningroem@enviro.its.ac.id](mailto:karnaningroem@enviro.its.ac.id)

<sup>3</sup> Civil Engineering Departement, National of Tecnology Institute, Malang [devianykartika@yahoo.com](mailto:devianykartika@yahoo.com)

---

## Abstract

ABR technology applications as a domestic waste water treatment plant has long been used in Indonesia. Actually, this technology is used for high load organic wastewater such as in the paper industry and food. However, consideration of the use of this technology on WWTP Communal ABR reactor is closed reactor that minimize odors, the land requirement is not extensive and more acceptable from the aesthetic in a dense residential neighborhood. Until now it has done some modification of ABR is used in some of the communal wastewater in the city of Malang. This study aims to determine the performance of communal wastewater with the configuration processing unit of septic tank-ABR with filter media that is currently used by communal WWTP at several locations in the city of Malang. Object study site on the WWTP Communal Arjosari, Bandungrejosari-Janti, Pisang Candi and Kota Lama. Waste water quality parameters were reviewed are BOD, COD, TSS, NH<sub>3</sub>, NO<sub>3</sub>, and PO<sub>4</sub>. Processing performance in terms of the level of the allowance for pollutants in waste water. The results showed that the configuration of the processing unit has a high processing performance to the quality parameters of BOD (37% -100%), COD (49% -100%) and TSS (51% -99%). NO<sub>3</sub> treatment performance of 3% -84%, amounting PO<sub>4</sub> (-181%) - 99% and NH<sub>3</sub> at (-130%) - 95%. Application processing unit configuration-ABR septic tank with filter media having high performance for organic materials and solid allowance. But it is not all up for the nutrients N and P.

*Keywords: communal WWTP, septic tank-ABR with filter media, treatment performance, BOD, COD, TSS, NH<sub>3</sub>, NO<sub>3</sub>, dan PO<sub>4</sub>.*

---

## 1. INTRODUCTION

Domestic wastewater management program in Indonesia today have access to a 100% achievement of targets, known as the Universal Access. Target is planned to be achieved in 2019. For the purpose of this program can be achieved, the government continues to pursue wastewater management with community participation through a communal system. Malang has to have a communal waste water management systems since the 1990s. Until 2014, has been operating 70 units of Communal Waste Water Treatment Plant locations scattered all districts in the city of Malang (Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Malang dan Badan Keluarga Berencana dan Pemberdayaan Masyarakat Kota Malang, 2015).

Domestic wastewater treatment technology used consists of several configurations of processing unit anaerobic and aerobic systems. In developing countries with tropical climates, use anaerobic processes (including UASB and anaerobic filter),

has become economically attractive option for domestic wastewater<sup>[1,2]</sup>. Anaerobic processes easily built and usually requires investment and operating costs are lower , easier to operate than in a colder climate and achieving separation efficiency is relatively high for organic material , nutrients , solids and pathogens at ambient temperature<sup>[3]</sup> .

Government and community continue to work to maximize the performance of this communal wastewater processing . Besides, the information needs optimal processing technology is required in planning Communal WWTP . This research is expected to provide performance information processing wastewater treatment unit with a configuration Communal Septic Tank and Anaerobic Baffled Reactor with Filter Media .

## 2. MATERIALS AND METHODS

The description of each stage in this research are:

1. Data collection and processing operations Communal WWTP comprising of operations and process design data of the Agency for Family Planning and Community Empowerment (BKBPM) Malang and User Groups and Sustainer (KPP) as manager of the Communal WWTP.
2. Sampling and analysis of influent and effluent quality parameters in any communal wastewater treatment unit that includes the concentration of BOD, COD, TSS, NO<sub>3</sub>, and PO<sub>4</sub>. Sampling of wastewater was conducted by moment sampling (grab sampling) in accordance with SNI 6989.57: 2008 on Method of Wastewater Sampling.
3. Analysis of the quality of wastewater samples carried out by the Water Quality Laboratory PJT I by using the following method.

*Table 1. Parameter Wastewater Analytical Methods*

No.	Parameter	Unit	Analysis Method
1.	BOD	mg/L	APHA.5210 B-1998
2.	COD	mg/L	QI/LKA/19 (Spektrofotometri)
3.	TSS	mg/L	APHA.2540 D-2005
4.	NO <sub>3</sub>	mg/L	QI/LKA/65
5.	PO <sub>4</sub>	mg/L	SNI 19-2483-1991

4. Processing of the data to gain treatment efficiencies.
5. Evaluation of the performance of the communal wastewater from treatment efficiency, BOD / COD and HRT.

## 3. RESULT AND DISCUSSION

General overview of Communal WWTP becoming object in this study as follows.

*Table 2. General description Communal WWTP*

NR.	LOCATION	OPERATION STARTED	OPERATION CAPACITY (%)
-----	----------	----------------------	---------------------------

NR.	LOCATION	OPERATION STARTED	OPERATION CAPACITY (%)
1.	RT6 & RT7 RW2 Balearjosari	2012	65
2.	RW9 Bandungrejosari Janti	2010	123
3.	RW3 Pisangcandi	2013	62
4.	RW7 Kota Lama	2013	170

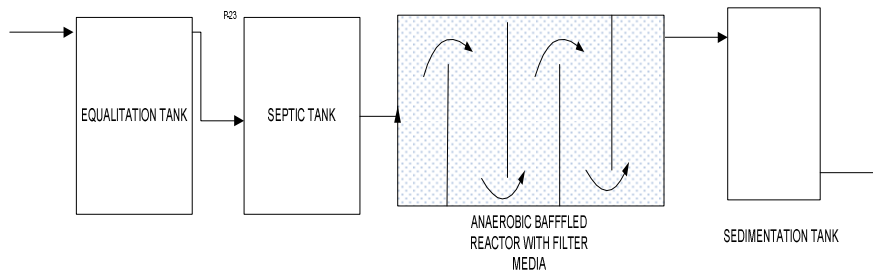


Figure 3. Schematic Processing Unit Communal WWTP

Communal wastewater treatment systems in use DEWATS system consisting of a sedimentation unit for separating solids, Anaerobic Baffled Reactor for biological treatment and anaerobic filter unit as tertiary treatment. DEWATS system is a system option scale decentralized wastewater treatment in peri-urban area<sup>[4]</sup>. Some of the benefits of this system is tolerant to fluctuations inflow, long-term and reliable application, low cost for operation and maintenance and has the potential for reuse. Effluent from DEWATS system applications on the object of study is still directly discharged to the river. From research performance evaluation is expected to be developed as a potential water reuse for plant and fish growing media.

The result of the effluent concentrations of water quality parameters COD and BOD can be seen in the figure below.

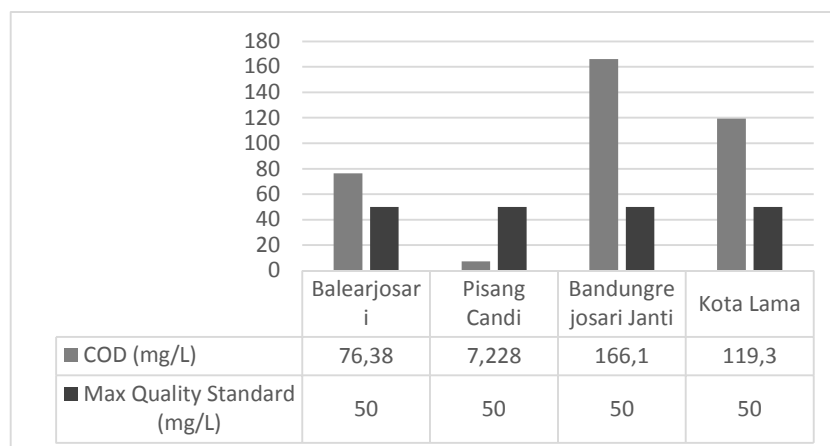


Figure 1. COD Effluent

From the graph one can see only the Pisangcandi Communal WWTP that has the quality of COD under the standard. COD effluent of Bandungrejosari Janti and Kota Lama still have high (166.1 mg / L and 119.3 mg/L). High influent content of COD derived from the use of cleaning materials Communal WWTP users.

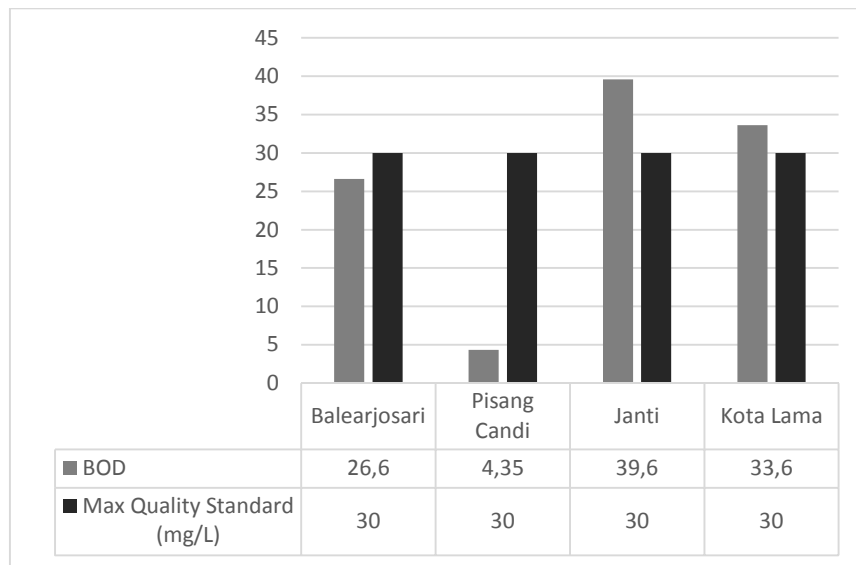


Figure 2. BOD Effluent

Quality of Communal WWTP effluent BOD is generally lower than the standard unless the Bandungrejosari Janti and Kota Lama Communal WWTP have higher value (39.6 mg / L and 33.6 mg/L). Comparison of BOD / COD is used as an indicator of the capacity of biodegradation or Biodegradation Index<sup>[5]</sup>. Biodegradation index value for domestic wastewater varies from 0.4-0.8 and decreased to 0.1 after a good secondary processing. From Table 3 can be seen the value of the ratio of BOD / COD Communal WWTP influent on the object of study ranged from 0.29 to 3.44. Whereas in some Communal WWTP effluent impaired ratio of BOD / COD namely Balearjosari Janti and Kota Lama. While the ratio of BOD / COD in Balearjosari and Pisangcandi Communal WWTP increased. Of the value of biodegradation indexes that increased showed high content of biodegradable organic matter in influent that potentially interfere with the processing of organic material in the wastewater.

Table 3. Ratio of BOD-COD

Communal WWTP	BOD/COD	
	Inlet	Outlet
Balearjosari	0,31	0,35
Pisangcandi	0,37	0,60
Balearjosari Janti	0,29	0,24
Kota Lama	3,44	0,28

The use of ABR as anaerobic pre-treatment system and pond of stabilization with the media as a post-treatment system has been studied as the option of choice of domestic wastewater treatment technology that suitable for tropical and sub-tropical

regions in developing countries <sup>[11]</sup>. Technology choice of Septic Tank and ABR with filter media (wood charcoals, gravels, broken tiles, spiral pipe pices, and ijuk ) on WWTP Communal proved capable of processing organic matter of BOD and COD with removal levels respectively by 49% -67% and 37% -100% (figure 3). As for the parameters of TSS, NO<sub>3</sub> and PO<sub>4</sub> have the range of removal respectively by 51% - 99%, 3% - 84%, (181%) - 99%.

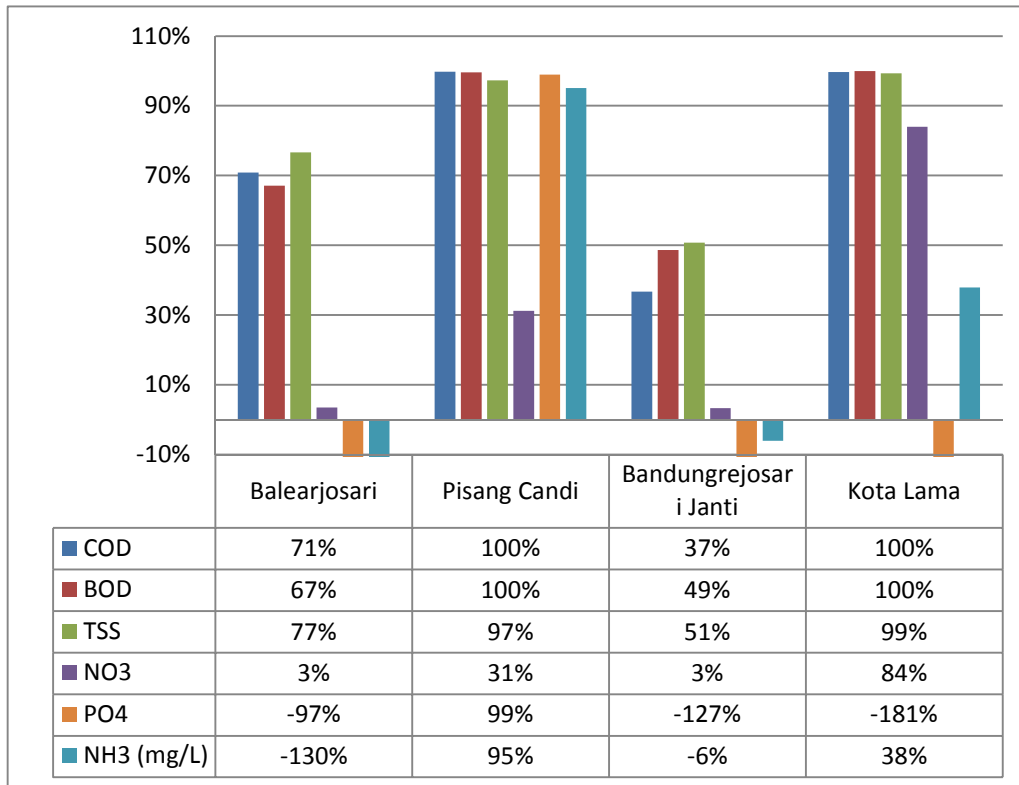


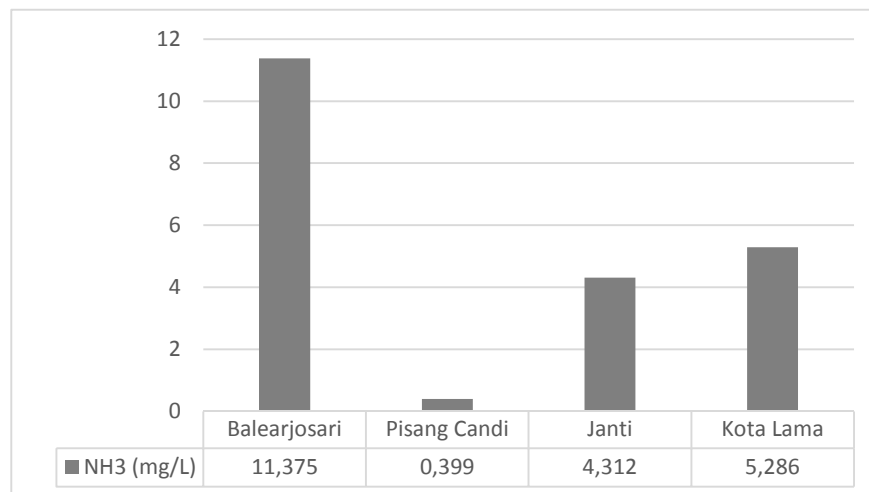
Figure 3. Communal WWTP Performance

ABR is a high rate anaerobic digestion reactor. SRT separate from HRT to maximize performance of pollutants processing by anaerobic bacteria that slow<sup>[7]</sup>. Reactor with high SRT will minimize the HRT so the volume load become greater. HRT of the ABR on WWTP Communal varies with the value of 11 hours, 15 hours, 28 hours and 29 hours. Influent concentration of BOD and COD also varied with concentrations of 80.85 mgCOD / L – 134,000 mgCOD / L, 261.8 mgBOD / L – 39,002 mgBOD / L. The strength characteristics of this waste varies. In the study of artificial wastewater treatment with low COD concentration of 300-400 mg / L resulted in the level of removal of 87.2% for HRT 24 hours and 91% for HRT 24 hours <sup>[8]</sup>. WWTP Communal Kota Lama operating for 2 years with a high influent COD concentration 134,000 mg/L) resulted in the removal rate of 100% with a HRT 11 hours and the operating capacity exceed design capacity (170%). Whereas, for the WWTP Communal Balearjosari with the operation time 3 years and influent COD concentration is low (261.8 mg/L) resulted in the level of removal of 71% with a HRT of 28 hours and the operating capacity below design capacity (65%). From the results of this evaluation shows that the high influent concentrations in line with the duration of HRT and the operation time will result in a higher removal level. This condition indicates the availability bacterial of

decomposition and optimal conditions for the processing of organic material. The anaerobic bacteria are a group of bacteria metabolic consisting of microorganisms hydrolytic, fermentative, syntrophic and methanogenic which outlines the complex organic compounds in the process of anaerobic degradation <sup>[9]</sup>.

Removal level that obtained is the result of processing biofilter with the stone media because the effluent was taken after the biofilter. Organic load that is too low cause biomass limited to degrade organic matter and resulting organic matter removal levels that low. Biofilter performance is highly dependent on the microbial activity. A substrate sources that constant required for the consistency and effectiveness of operations. Biofilter success depends on the growth and maintenance of biomass on the surface of the media. Three important things in understanding the mechanism of processing using a biofilter is (1) attachment of biomass, (2) The use of the substrate and the growth of biomass and (3) Sloughing of biomass. Strong attachment process and colonization of biomass depends on the influent characteristics (eg organic and concentration) and the surface properties of the filter media. A key factor in the performance of the process of biofilm formation is the amount of the growth and physical factors that affect the release of biofilm. The process of erosion, abrasion, sloughing and grazing or predation often examined and to be studied on the mechanism of release of biomass. Evaluation of biomass lost during washing the filter is very important in the operation of the filter. But previous studies showed the biomass that effectively responsible in organic matter removal is not lost during washing filter normally. Most studies show that the loss of biomass only because of the shear stress of the fluid <sup>[10]</sup>.

The existence of ammonia in anaerobic degradation can be an inhibiting factor <sup>[11]</sup>. Ammonium is an important nutrient for the growth of methanogens, then the excess of free ammonia will disrupt the process of methanogenesis. Methanogenesis more sensitive to the rise in pH resulting free ammonia as shown in the reaction:  $\text{Norg} \rightarrow \text{NH}_4^+ + \text{OH}^- \leftrightarrow \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$ . The concentration of ammonia in the effluent wastewater can be seen in figure 4.



Graph 4. Ammonia Effluent

Ammonia in the effluent of communal WWTP should be treated by post treatment so can be reused. WWTP evaluation results become input for the development of wastewater treatment technologies, especially in communal scale at Malang city.



Through optimization of wastewater treatment processes, will be achieved conservation of water resources.

#### 4. CONCLUSIONS

Technology choice of Septic Tank and ABR with media filter reactor proved capable of processing organic matter of BOD and COD with the levels of allowance respectively by 49% -67% and 37% -100%. Parameter TSS, NO<sub>3</sub> and PO<sub>4</sub> have the ranges of allowance respectively by 51% - 99%, 3% - 84%, (181%) - 99%.

The value of the ratio of BOD / COD WWTP Communal of the influent on the object of study ranged from 0.29 to 3.44.

From the evaluation shows that the high concentrations of organic matter in influent in line with the high of HRT and operation time will result in a higher allowance level. With the organic loading that is too low cause biomass limited to degrade organic matter and result low levels of organic material separation. The presence of ammonia in anaerobic degradation should be treated to produce biogas and nutrient-N.

#### ACKNOWLEDGEMENT

Special thank to Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Departemen Pendidikan Nasional for funding this research through Competition Grant Research Program 2015-2016 and BPPDN scholarship. We also thank to Dinas Kebersihan dan Pertamanan (DKP) kota Malang, as DKP communal wastewater treatment plant manager, Kelompok Swadaya Masyarakat (KSM) IPAL Komunal DKP for technical assistance so we can complete this research.

#### REFERENCES

- [1]. Chernicharo G., C. A. 1998. Feasibility of the UASB/AF system for domestic sewage treatment in developing countries. *Water Science Technology*, Vol. 38, No. 8-9 , 3252-332.
- [2]. Samb FM, B. C. 1996. Simplified transient model of an upflow cocurrent packed bed bioreactor. *Chem Eng Technol* 19 (5) , 405-409.
- [3]. Mahcдар I., e. a. 1997. A novel and cost effective sewage treatment system consisting of UASB pretreatment and aerobic post treatment unit for developing country. *Water Sciences Technology* 36,12 , 189-197.
- [4]. Borda. (2015, Juni 19). Retrieved from Bremen Overseas Research and Development Association: <http://www.borda-sea.org>.
- [5]. Abdalla, K. Z. 2014. Correlation Between Biochemical Oxygen Demand and Chemical Oxygen Demand for Various Wastewater Treatment Plant in Egypt to Obtain The Biodegradability Indices. *International Journal of Science : Basic and Applied Research (IJSBAR)* Volume 13 Nr. 1, 42-48.
- [6]. Yu, H. J.-H. 1997. A sustainable municipal wastewater treatment process for tropical and sub tropical region in developing country. *Water Science and Technology*, 191-198.
- [7]. Nguyen, H. S. 2010. *The Anaerobic Baffled Reactor*.
- [8]. Maraniotis I., G. S. 2002. Low-Strength Wastewater Using an Anaerobic Baffled Reactor. *Water Environmental Research* 74 (2), 170-176.

- [9]. Satoh, H. M. 2007. Layered Structured of Bacterial and Archaeal Community and their in situ activity in anaerobic granules. *Applied Environment Microbiology* 73, 7300-7307.
- [10]. Durgananda Singh Chaudhary, S. V.-H. 2003. Biofilter in water and wastewater treatment. *Korean Journal Chemistry Engineering*, 1054-1065.
- [11]. Garcia, M. A. 2009. Interaction between Temperature and Ammonia in Mesophilic Digester for animal waste treatment. *water resources* 43, 2373-2382.



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL DAN LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR



IKATAN AHLI TEKNIK PENYEHATAN  
DAN TEKNIK LINGKUNGAN INDONESIA

# Sertifikat

*diberikan kepada*

**EUY HENDRIARIANTI**

*atas partisipasinya sebagai*

**PEMAKALAH**

*dalam acara*

**Seminar Tahunan XII IATPI 2016**

**“Implementasi Go Green dalam Pengelolaan Lingkungan Tropika”**

Ketua Departemen

Teknik Sipil dan Lingkungan,

Ketua Umum

Ikatan Ahli Teknik Penyehatan dan Teknik Lingkungan Indonesia,



Bogor, 5 November 2016

Dr. Ir. Nora H. Pandjaitan, DEA

Dr. Ir. Alex Abdi Chalik



# **ANALISA SISTEM OPERASI PILOT PLANT IPAL KOMUNAL DENGAN UNIT PENGOLAHAN ANAEROBIC BAFFLED REACTOR- ANAEROBIC FILTER**

## **ANALYSIS OF OPERATING SYSTEM PILOT PLANT COMMUNAL WWTP WITH ANAEROBIC BAFFLED -FILTER REACTOR**

---

**Evy Hendriarianti<sup>1</sup>, Deviany Kartika<sup>2</sup>, Ahmad Sholeh<sup>3</sup>**  
Program Studi Teknik Lingkungan ITN Malang  
Jalan Bendungan Sigura-Gura No.2, Malang  
Email: <sup>1</sup>hendriarianti@yahoo.com

### **Abstrak**

*Aplikasi model optimasi telah terbukti bermanfaat dalam mengoptimalkan kualitas efluen, waktu dan biaya. Melihat potensi dan manfaat reuse air limbah domestik dan masih rendahnya kinerja pengelolaan air limbah, maka diperlukan penelitian untuk mengoptimalkan proses pengelolaan air limbah domestik dengan pendekatan model optimasi. Digunakan reaktor pilot plant IPAL Komunal untuk mengetahui kinerja pengolahan dari skenario operasi model optimasi. Tujuan penelitian adalah mengetahui kinerja unit pengolahan Anaerobic Baffled Reactor dan Filter Anaerobik pada pilot plant IPAL Komunal untuk mengoptimalkan operasi dan proses pengolahan sehingga aman bagi badan air penerima dan memiliki potensi digunakan kembali (reuse).*

*Penelitian dilakukan dengan variasi aliran sebesar 0,5 L/menit dan 0,39 L/menit. Waktu aliran total pada semua unit pengolahan pilot plant sebesar 45 jam. Waktu pengamatan dilakukan selama 2 (dua) minggu dengan interval waktu 1 (satu) minggu. Hasil penelitian menunjukkan kinerja pengolahan pada aliran sebesar 0,5 L/menit lebih bagus untuk penyisihan BOD (91%), COD (90%), Nitrat (85%) dan Amoniak (84%). Sedangkan kinerja untuk aliran 0,39 L/menit lebih bagus pada penyisihan parameter TSS (95%) dan Fosfat Total (12%). Sampai dengan akhir pengamatan konsentrasi akhir parameter BOD dan COD masih diatas baku mutu dari Peraturan Gubernur Jatim No. 72 Tahun 2013 untuk semua variasi aliran. Konsentrasi efluen yang terendah untuk semua parameter kecuali Fosfat Total terdapat pada aliran 0,5 L/menit sebesar 74,8 mg/L (BOD), 321,3 mg/L (COD), 5,2 mg/L (TSS), 3,508 mg/L (Nitrat) dan 11,41 mg/L (Amoniak). Parameter TSS nilainya sudah di bawah baku mutu sebesar 5 mg/L.*

**Kata kunci:** *Optimal, Pilot Plant, Kinerja IPAL Komunal, Aliran, Penyisihan.*

### **Abstract**

*Application of optimization model have been proved useful for optimize effluent quality, time and cost. Looking for the potential value and benefit of domestic wastewater reuse and also domestic wastewater treatment performance is still low, so a research to optimize domestic wastewater treatment process is needed with optimization model approach. Pilot plant reactor of Communal WWTP was used to know the treatment performance from the operation scenarios of optimization model. The objective of this research is to know treatment performance of the pilot plant scale of the Anaerobic Baffled Reactor and Anaerobic Filter to optimize the treatment operation and process so the effluent will be safe for water body receiver and have the potensial reuse.*

*The research used flowrate variation of 0,5 L/minutes dan 0,39 L/minutes. Totally time for flow through all the pilot plant treatment unit was 45 hours. Observation time is done for 2 (two) weeks with time interval was 1 (one) week. Result of the research showed treatment performance for the flowrates 0,5 L/minutes is higher for the removal of BOD (91%), COD (90%), Nithrate (85%) and Ammonia (84%). The treatment performance for the flowrate of 0,5 L/minutes is higher for the removal of TSS (95%) and Total Phosphates (12%). Until the end of the observation, the concentration of BOD and COD were still above the wastewater standard from East Java Governor Regulation Number 72 Year 2013 for all flowrates variation. The Lowest of the effluent concentration for all parameters except Total Phosphates was happen to the flowrates 0,5 L/minutes as 74,8 mg/L (BOD), 321,3 mg/L (COD), 5,2 mg/L (TSS), 3,508 mg/L (Nithrate) and 11,41 mg/L (Ammonia). The value of TSS have been below of the effluent standard as 5 mg/L.*

**Keywords:** *Optimal, Pilot Plant, Communal WWTP performance, Flowrates, Removal*

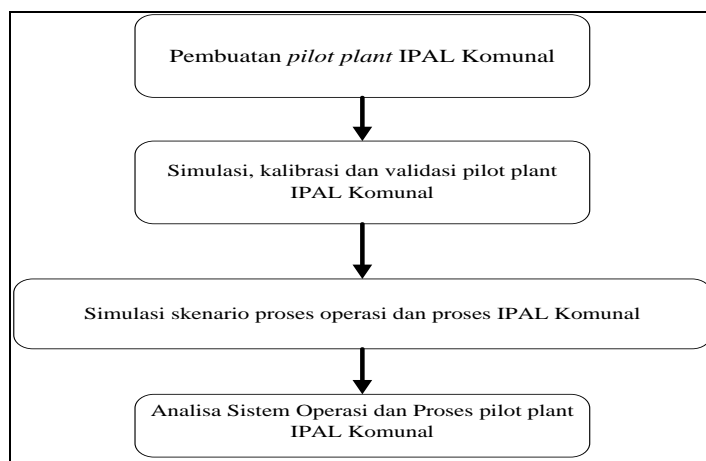
## PENDAHULUAN

Kegiatan pembangunan IPAL Komunal terus dilaksanakan dalam upaya pengelolaan air limbah domestik melalui program sanitasi 100-0-100. Perencanaan unit pengolahan air limbah domestik dalam IPAL Komunal selama ini dirujuk dari referensi yang belum diketahui kinerja aplikasinya untuk karakteristik air limbah domestik di Indonesia. Sementara itu, kondisi IPAL Komunal eksisting masih menghasilkan efluen dengan kandungan amoniak yang masih tinggi. Hal ini dapat menurunkan kualitas air sungai penerima. Oleh karena itu, diperlukan metode pemecahan masalah optimalisasi kualitas efluen IPAL Komunal dari hasil evaluasi kinerja IPAL Komunal eksisting. Rendahnya kinerja pengolahan air limbah domestik di Indonesia tidak hanya pada sistem komunal. Lembaga non profit Amerika untuk pembangunan internasional (USAID) melalui *Environment Service Program* telah melakukan studi komparasi beberapa IPAL terpusat di Indonesia pada tahun 2006. Hasilnya menunjukkan semua IPAL terpusat yang dikaji memiliki beban pengolahan rendah. Kinerja IPAL Parapat, Yogyakarta dan Banjarmasin cukup bagus dengan tingkat pemisahan BOD berturut-turut sebesar 85%, 88% dan 89%. Sebaliknya, hasil yang kurang bagus ditunjukkan oleh IPAL terpusat Cirebon, Medan, Jakarta dan Bandung dengan tingkat pemisahan berkisar 50%. Bahkan pada IPAL Semanggi Solo desain dan operasinya tidak layak untuk memisahkan bahan organik limbah cair domestik (USAID, 2006).

Penelitian sebelumnya telah dilakukan dengan melakukan evaluasi kinerja IPAL Komunal USRI yang menggunakan konfigurasi pengolahan biologi ABR dan Filter Anaerobik. Dari hasil evaluasi diketahui kinerja pengolahan BOD, COD dan TSS berada pada kisaran tingkat pemisahan berturut-turut sebesar 78%-99%, 71%-99% dan 56%-100%. Tetapi semua IPAL Komunal USRI masih rendah kinerja pengolahan nutrien ( $\text{NO}_3$  dan  $\text{PO}_4$ ). Sedangkan kinerja pemisahan  $\text{NO}_3$  dan  $\text{PO}_4$  berturut-turut sebesar (43%)-72% dan (2%) -13%. Kinerja pengolahan untuk parameter  $\text{NO}_3$ ,  $\text{NH}_3$  dan  $\text{PO}_4$  berturut-turut sebesar 3%-84%, (130%) - 95% dan (181%) - 99% (hendriarianti, 2016). Dari hasil evaluasi kinerja ini perlu diperbaiki kinerja pengolahan terutama untuk parameter nutrien. Upaya perbaikan dilakukan dengan membuat model optimasi proses pengolahan yang diawali dengan pendekatan sistem pengolahan melalui *pilot plant* konfigurasi unit pengolahan. Penelitian ini bertujuan untuk melihat kinerja operasi dan proses pengolahan *pilot plant* IPAL Komunal. Proses optimalisasi kinerja IPAL Komunal diharapkan dapat dilakukan melalui analisa sistem operasi dan proses pengolahan yang terjadi. Output dari analisa sistem operasi dan proses pengolahan pada *pilot plant* menjadi masukan model dinamis IPAL Komunal nantinya.

## METODE

Pembuatan pilot test IPAL Komunal dengan konfigurasi pengolahan biologi ABR dan Filter Anaerobik yang akan disimulasi, kalibrasi dan validasi untuk mendapatkan nilai parameter sistem operasi dan proses pengolahan. Kegiatan pada tahap II dapat dilihat pada gambar berikut ini.

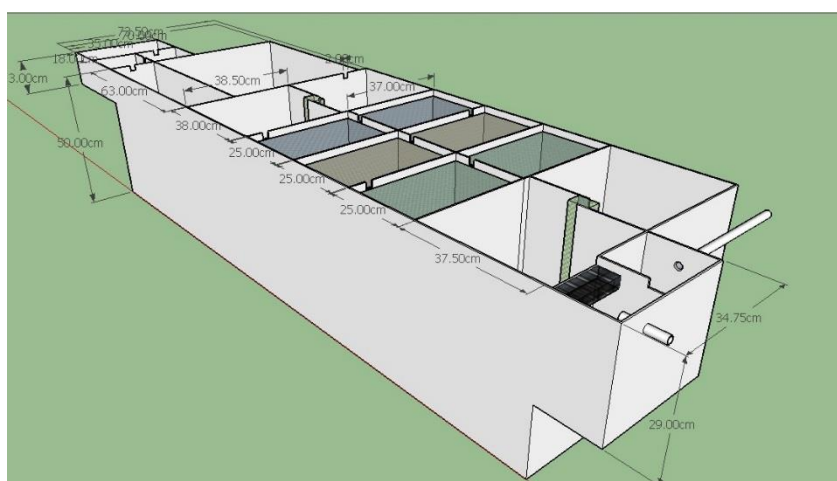


**Gambar 1.**  
**Diagram alir Kegiatan Penelitian**

Uraian setiap tahapan kegiatan sebagai berikut :

1. Pilot Plant IPAL Komunal

Pilot plant IPAL Komunal didesain dengan rasio dimensi 20% dari dimensi IPAL Komunal. Berikut ini gambar desain *pilot plant* IPAL Komunal.



**Gambar 2.**  
**Pilot Plant IPAL Komunal**

Dimensi reaktor IPAL Komunal dan *pilot plant* IPAL Komunal dapat dilihat pada tabel berikut.

**Tabel 1. Dimensi IPAL Komunal Dan Pilot Plant**

	Sedimentasi			ABR			Anaerobic Filter		
	1			2			3		
	P	L	H	P	L	H	P	L	H
<b>IPAL Komunal</b>									
Dimensi (m)	1,31	2,5	2,5	0,85	2,5	2,5	1,31	2,5	2
Vol (m <sup>3</sup> )	8,1875			5,3125			6,55		

Sedimentasi			ABR			Anaerobic Filter			
1			2			3			
P	L	H	P	L	H	P	L	H	
<b>Pilot Plant (20%)</b>									
Dimensi (cm)	33	63	63	21	63	63	33	63	50
Vol (m <sup>3</sup> )	0,12793			0,083008			0,102344		

2. Simulasi, kalibrasi dan Validasi Pilot Plant

Pada tahapan berikutnya dilakukan simulasi aliran pada reaktor pilot plant untuk melihat sistem aliran. Selanjutnya dilakukan kalibrasi aliran sesuai dengan variasi aliran yang akan digunakan untuk analisa sistem operasi dan proses. Gambar berikut ini menunjukkan proses simulasi dan kalibrasi aliran pada pilot plant.



**Gambar 3. Proses Simulasi dan Kalibrasi Aliran**

Pada penelitian ini dilakukan variasi sebagai berikut :

**Tabel 2. Variasi Penelitian**

VARIASI ALIRAN DAN WAKTU TINGGAL			
variasi 1: set up desain		variasi 2: output program dinamis	
Q	HRT(ABR/AD)	Q	HRT(ABR)
l/menit	jam	l/menit	jam
0,5	15	0,39	15

- Setelah aliran terkalibrasi, selanjutnya dilakukan validasi untuk memastikan besarnya aliran sesuai dengan dimensi reaktor.
- Analisa parameter air limbah menggunakan metode seperti pada tabel berikut ini.

**Tabel 3. Metode Analisa Parameter Air Limbah**

No.	Parameter	Satuan	Metode Analisa
1.	BOD	mg/L	APHA.5210 B-1998
2.	COD	mg/L	QI/LKA/19 (Spektrofotometri)
3.	TSS	mg/L	APHA.2540 D-2005
4.	NO <sub>3</sub>	mg/L	QI/LKA/65
5.	PO <sub>4</sub>	mg/L	SNI 19-2483-1991

Sumber : Laboratorium Kualitas Air PJT I

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil uji kualitas efluen pada masing IPAL Komunal dapat dilihat pada tabel berikut ini.

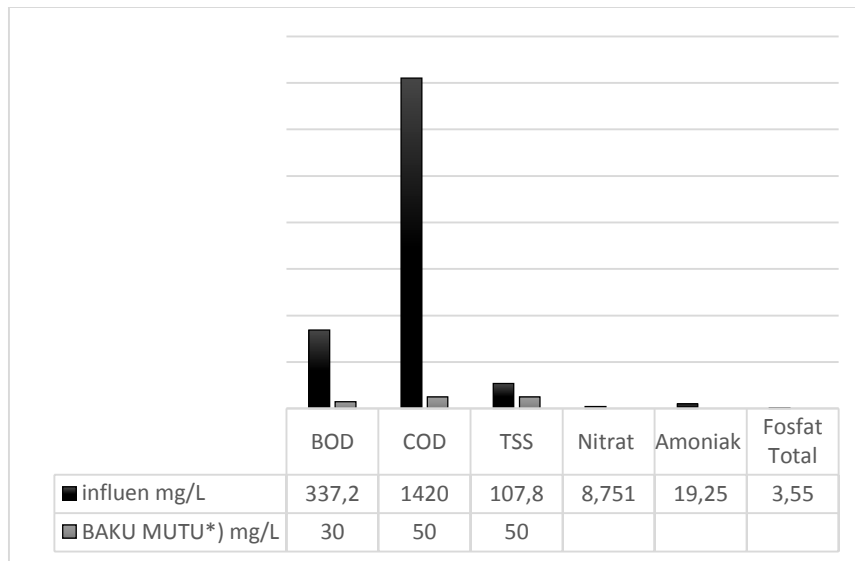
**Tabel 4. Kualitas Influen *Pilot Plant* IPAL Komunal**

PARAMETER	SATUAN	BAKU MUTU <sup>*)</sup>	HASIL UJI
BOD	mg/L	30	337,2
COD	mg/L	50	1420
TSS	mg/L	50	107,8
Nitrat	mg/L		8,751
Amoniak	mg/L		19,25
Fosfat Total	mg/L		3,550

Sumber : Hasil Uji PJT I, 2016

<sup>\*)</sup> Pergub Jatim No.72 Tahun 2013

Gambaran perbandingan kualitas BOD, COD dan TSS dengan baku mutu air limbah domestik dari Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 dapat dilihat pada grafik di bawah ini.



**Grafik 1. Kualitas Influen**

Dari Tabel 4 dan Grafik 1. diatas terlihat kualitas influen IPAL Komunal masih jauh diatas baku mutu untuk parameter bahan organik BOD, COD dan TSS. Sedangkan untuk parameter Nitrat, Amoniak dan Fosfat total juga tinggi meskipun parameter ini tidak ditentukan sebagai syarat kualitas air limbah domestik di baku mutu.

Tingkat pembebanan organik reaktor pilot plant pada unit sedimentasi, ABR dan Filter Anaerobik berturut-turut sebesar sebesar 1,9 kgBOD/m<sup>3</sup>.hari; 2,5 kgBOD/m<sup>3</sup>.hari dan 0,5 kgBOD/m<sup>3</sup>.hari. Dari nilai tipikal efisiensi pemisahan BOD pada reaktor Biological Aerated Filter pada tabel dibawah ini dapat dilihat efisiensi pemisahan BOD sebesar 85% ke atas diperoleh dengan tingkat pembebanan 3,5-5,5 kgBOD/m<sup>3</sup>.hari. Tingkat pembebanan pada unit Anaerobik Filter reaktor *pilot plant* berada di bawah rentang nilai ini. Umumnya



reaktor biologi anaerobik memiliki tingkat pembebanan yang lebih besar dari reaktor biologi aerobik. Nilai pembebanan yang rendah ini juga berpengaruh pada kinerja pemisahan.

**Tabel 5. Tingkat Pembebanan Volumetrik untuk Biological Aerated Filter**

APLIKASI	UNIT PEMBEBANAN	RENTANG	EFISIENSI PEMISAHAN,%
Pemisahan BOD	kgBOD/m <sup>3</sup> .hari	3,5-5,5	≥ 85
Pemisahan BOD dan nitrifikasi	kgBOD/m <sup>3</sup> .hari	1,8-2,5	≥ 85
Nitrifikasi tersier	kgNH <sub>4</sub> -N/m <sup>3</sup> .hari	1,0-1,5	≥ 90

Sumber: Metcalf, 2014

Perbandingan nilai BOD/COD digunakan sebagai indikator kapasitas biodegradasi atau *Biodegradation Index* (Abdalla, 2014). Nilai Indeks Biogedradasi untuk air limbah domestik bervariasi dari 0,4-0,8 dan turun menjadi 0,1 setelah pengolahan sekunder yang baik. Dari tabel 6 dapat dilihat nilai rasio BOD/COD influen *pilot plant* IPAL Komunal berkisar sebesar 0,237. Nilai ini di bawah nilai indeks biodegradasi umumnya. Hal ini menunjukkan karakteristik limbah organik dari influen *pilot plant* IPAL Komunal lebih bersifat *nonbiodegradable*.

**Tabel 6. Rasio BOD/COD influen**

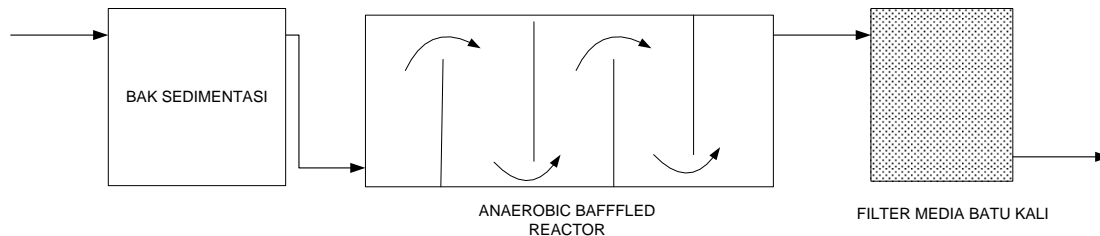
BOD	COD	RASIO BOD/COD
mg/L	mg/L	
337,2	1420	0,237

Efisiensi organik biofilter ekuivalen dengan OLR dan HLR saat pertama kali filter teraklimatisasi (Durgananda Singh Chaudhary, 2003). Pembebanan organik yang terlalu rendah menyebabkan terbatasnya biomassa untuk mendegradasi bahan organik yang mengakibatkan rendahnya tingkat pemisahan bahan organik. Kinerja biofilter sangat tergantung pada aktifitas mikrobial. Sumber substrat yang konstan diperlukan untuk konsistensi dan efektifitas operasi. Kesuksesan biofilter tergantung pada pertumbuhan dan pemeliharaan biomassa pada permukaan media. Tiga mekanisme penting dalam memahami proses pengolahan menggunakan biofilter adalah (1)Penempelan biomassa, (2)Penggunaan substrat dan pertumbuhan biomassa dan (3)Pelepasan biomassa. Proses penempelan yang kuat dan kolonisasi biomassa tergantung pada karakteristik influen (contohnya organik dan konsentrasi) dan properti permukaan media filter. Faktor kunci dalam kinerja proses pembentukan biofilm adalah jumlah pertumbuhan dan faktor fisik yang mempengaruhi lepasnya biofilm. Proses erosi, abrasi, *sloughing* dan *grazing* atau *predation* sering diteliti dan dikaji dalam mekanisme lepasnya biomassa. Evaluasi kehilangan biomassa selama pencucian filter sangat penting dalam operasional filter. Tetapi studi terdahulu menunjukkan bahwa biomassa efektif yang bertanggung jawab dalam penyisihan bahan organik, tidak hilang selama pencucian filter normal. Sebagian besar studi menunjukkan bahwa hilangnya biomassa hanya karena *shear stress* dari fluida (Durgananda Singh Chaudhary, 2003).

Pemilihan media merupakan faktor penting dalam desain dan operasi biofilter mencapai kualitas efluen yang baik (Rebecca Moore, 2001). Media filter dengan luas permukaan yang besar per unit volume mampu mempertahankan biofilm aktif dan keanekaragaman populasi mikrobial yang tinggi. Penggunaan media plastik *polypropylene*

dengan luas permukaan spesifik sebesar  $350 \text{ m}^2/\text{m}^3$  pada reaktor biofiltrasi *packing bed* untuk pengolahan air limbah domestik efektif menurunkan BOD dan COD (Shohreh Azizi, 2013).

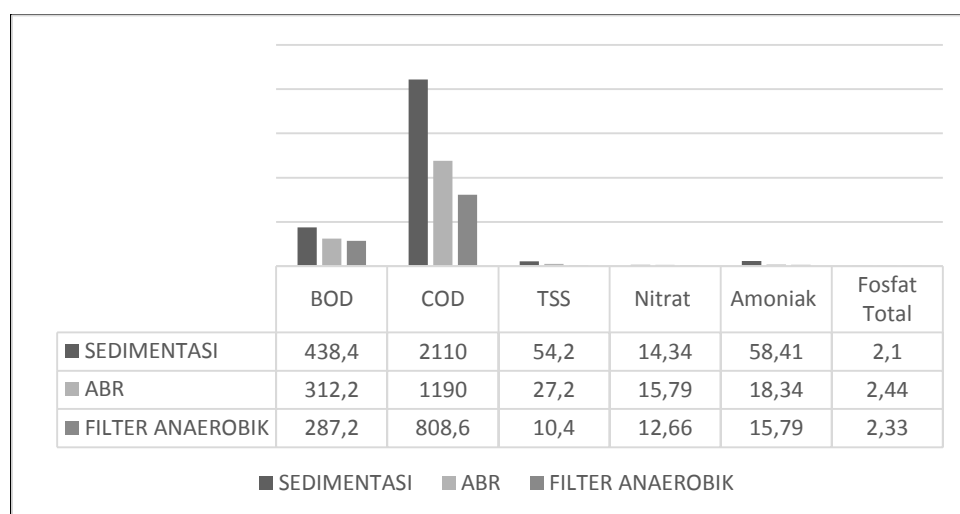
Unit operasi *pilot plant* IPAL Komunal menggunakan teknologi DEWATS dengan unit pengolahan ABR dan Filter Anaerobik dengan media batu kali. Untuk lebih jelasnya bisa dilihat pada skema dan gambar berikut.



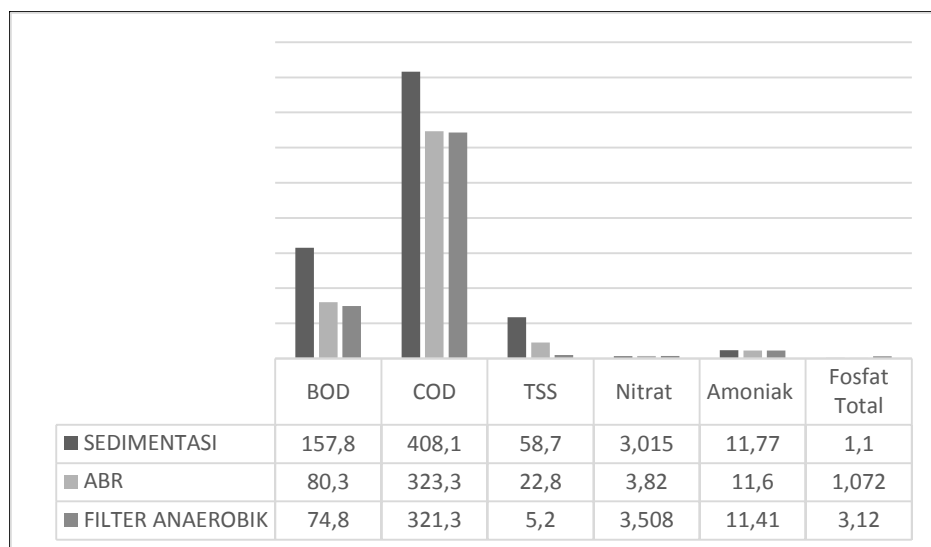
**Gambar 4. Skema Unit Pengolahan *Pilot Plant* IPAL Komunal**

Sistem pengolahan pada IPAL Komunal menggunakan sistem DEWATS yang terdiri dari unit sedimentasi untuk memisahkan padatan, unit Anaerobic Baffled Reactor untuk pengolahan biologi dan unit anaerobic filter sebagai pengolahan tersier. Sistem DEWATS merupakan opsi sistem pengolahan air limbah skala desentralisasi pada kawasan peri-urban (Borda, 2015). Beberapa manfaat dari sistem ini adalah toleran terhadap fluktuasi inflow, aplikasi jangka panjang dan handal, biaya operasi dan pemeliharaan rendah dan mempunyai potensi pemanfaatan kembali. Efluen dari aplikasi sistem DEWATS pada obyek studi masih langsung dibuang pada sungai.

Penggunaan ABR sebagai *anaerobic pre treatment system* dan kolam stabilisasi dengan media sebagai post treatment system telah diteliti merupakan opsi pilihan teknologi pengolahan air limbah domestik yang sesuai untuk daerah tropis dan sub tropis di negara berkembang (Yu, 1997). ABR merupakan reaktor *Anaerobic Digestion high rate*. SRT terpisah dari HRT untuk memaksimalkan kinerja pengolahan polutan oleh bakteri anaerobik yang lambat (Nguyen, et al., 2010). Reaktor dengan SRT tinggi akan meminimalkan HRT sehingga beban volume semakin besar. HRT pada ABR pilot plant IPAL Komunal sebesar 15 jam. Konsentrasi efluen pada variasi aliran 0,5 L/menit selama waktu pengamatan 1 minggu dapat dilihat pada grafik 2 dan waktu pengamatan 2 minggu pada grafik 3.



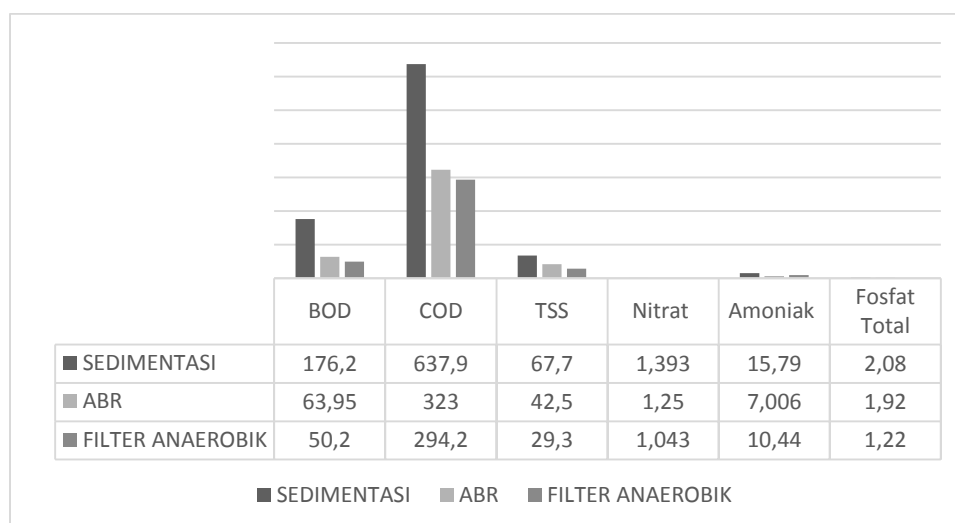
**Grafik 2. Konsentrasi Efluen (mg/L) Pada Variasi Aliran 0,5 L/menit dan Waktu Pengamatan 1 Minggu**



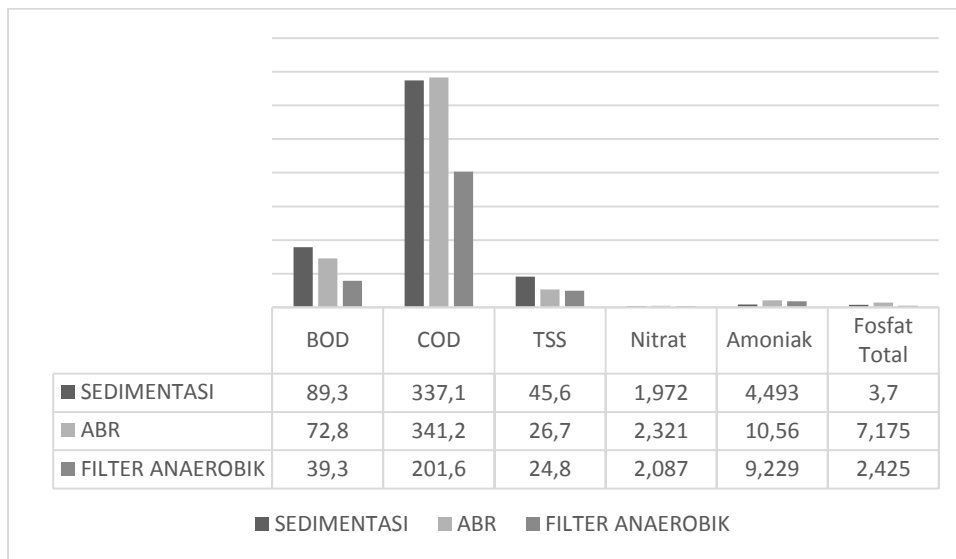
**Grafik 3. Konsentrasi Efluen (mg/L) Pada Variasi Aliran 0,5 L/menit dan Waktu Pengamatan 2 Minggu**

Dari grafik 1 dan grafik 2 diatas dapat dilihat konsentrasi yang semakin menurun untuk semua parameter kecuali TSS dan Fosfat Total dengan semakin lamanya waktu operasi di setiap unit pengolahan. Parameter TSS pada unit Sedimentasi sedikit meningkat ( 8%) pada waktu operasi 2 minggu. Parameter Fosfat Total juga meningkat 49% pada unit Filter Anaerobik.

Konsentrasi efluen pada variasi aliran 0,39 L/menit selama waktu pengamatan 1 minggu dapat dilihat pada grafik 4 dan waktu pengamatan 2 minggu pada grafik 5.



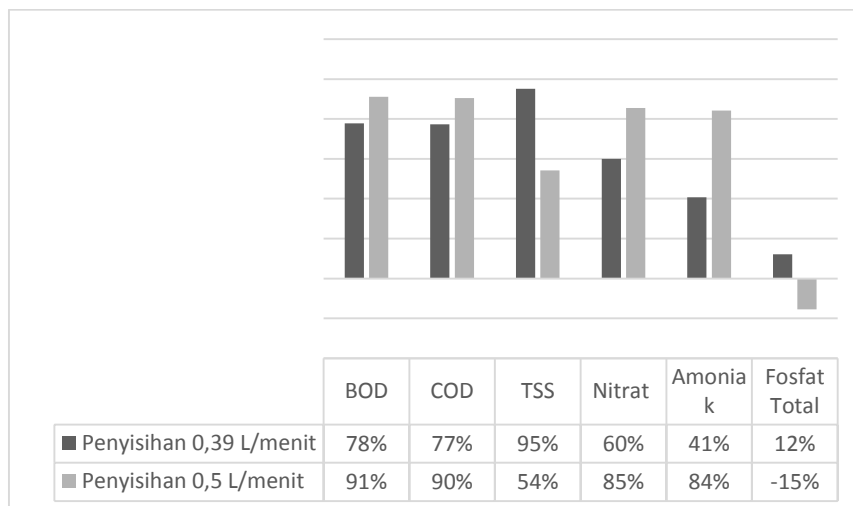
**Grafik 4. Konsentrasi Efluen Pada Variasi Aliran 0,39 L/menit dan Waktu Pengamatan 1 Minggu**



**Grafik 5. Konsentrasi Efluen Pada Variasi Aliran 0,39 L/menit dan Waktu Pengamatan 2 Minggu**

Pada variasi aliran 0,39 L/menit, konsentrasi efluen berfluktuasi di setiap unit pengolahan pada peningkatan waktu operasi seperti terlihat pada grafik 4 dan grafik 5. Parameter BOD, COD dan Amoniak meningkat pada unit ABR. Parameter Nitrat dan Fosfat Total meningkat pada semua unit pengolahan.

Tingkat penyisihan bahan organik dan nutrien untuk setiap variasi aliran selama 2 minggu waktu operasi dapat dilihat pada grafik 6.



**Grafik 6. Tingkat Penyisihan**

Dari grafik 6 dapat dilihat bahwa tingkat penyisihan bahan organik (BOD dan COD) dan nutrien N (Nitrat dan Amoniak) untuk aliran 0,5 L/menit lebih tinggi daripada aliran 0,39 L/menit. Tingkat penyisihan BOD sebesar 91%, COD sebesar 90 %, Nitrat sebesar 85% dan Amoniak sebesar 84% pada aliran 0,39 L/menit. Pada aliran 0,5 L/menit, tingkat penyisihan BOD sebesar 78%, COD sebesar 77 %, Nitrat sebesar 60% dan Amoniak sebesar 41%.

Sedangkan untuk parameter TSS dan Fosfat Total, aliran 0,39 L/menit lebih tinggi tingkat penyisihannya. Pada aliran 0,39 L/menit, tingkat penyisihan TSS sebesar 95% dan Fosfat Total sebesar 12%. Pada aliran 0,5 L/menit, tingkat penyisihan TSS sebesar 54% dan Fosfat Total sebesar (15%). Pada penelitian pengolahan limbah buatan dengan konsentrasi COD rendah sebesar 300-400 mg/L menghasilkan tingkat penyisihan sebesar 87,2% untuk HRT 24 jam dan 91% untuk HRT 24 jam (Maraniotis, 2002). Tingkat penyisihan COD pada reaktor *pilot plant* ini sudah cukup bagus mengingat konsentrasi COD lebih tinggi (1420 mg/L) dan HRT lebih kecil (15 jam).

## KESIMPULAN

Kualitas influen IPAL Komunal masih jauh diatas baku mutu untuk parameter bahan organik BOD, COD dan TSS. Sedangkan untuk parameter Nitrat, Amoniak dan Fosfat total juga tinggi meskipun parameter ini tidak ditentukan sebagai syarat kualitas air limbah domestik di baku mutu.

Tingkat pembebanan organik reaktor pilot plant pada unit sedimentasi, ABR dan Filter Anaerobik berturut-turut sebesar sebesar 1,9 kgBOD/m<sup>3</sup>.hari; 2,5 kgBOD/m<sup>3</sup>.hari dan 0,5 kgBOD/m<sup>3</sup>.hari. Nilai pembebanan organik pada unit Filter Anaerobik pilot plant lebih rendah dibandingkan dengan nilai tipikal pembebanan organik untuk reaktor Aerated Filter.

Nilai rasio BOD/COD influen *pilot plant* IPAL Komunal berkisar sebesar 0,237. Nilai ini di bawah nilai indeks biodegradasi umumnya. Hal ini menunjukkan karakteristik limbah organik dari influen *pilot plant* IPAL Komunal lebih bersifat *nonbiodegradable*.

Pada variasi aliran yang lebih rendah, kinerja penyisihan polutan lebih rendah karena waktu operasi yang kurang mencukupi untuk proses pengolahan bahan organik dan nutrien. Disamping itu nilai rasio BOD/COD yang rendah juga membutuhkan waktu operasi yang lebih lama untuk proses pengolahan bahan organik yang bersifat *nonbiodegradable*.

## Saran

Penelitian analisa sistem operasi dan proses pada reaktor IPAL Komunal skala *pilot plant* perlu dilanjutkan dengan menambah unit pengolahan aerasi untuk menurunkan kandungan nutrien efluen IPAL Komunal yang masih tinggi. Disamping itu perlunya menambah waktu tinggal air limbah dalam reaktor dengan memperkecil aliran influen.

## Ucapan Terima kasih

Terima kasih kepada Kepmenristek DIKTI yang telah mendanai penelitian ini melalui Hibah Penelitian Desentralisasi Skim Hibah Bersaing 2016.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Abdalla, K. Z. "Correlation Between Biochemical Oxygen Demand and Chemical Oxygen Demand for Various Wastewater Treatment Plant in Egypt to Obtain The Biodegradability Indices". International Journal of Science : Basic and Applied Research (IJSBAR) Volume 13 Nr. 1 (2014) : 42-48.
2. Borda. (2015, Juni 19). Retrieved from Bremen Overseas Research and Development Association: <http://www.borda-sea.org>.
3. Durgananda Singh Chaudhary, S. V.-H. "Biofilter in water and wastewater treatment". Korean Journal Chemistry Engineering (2003) : 1054-1065.

4. Gubernur Jawa Timur. Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah, 2013.
5. Hendriarianti. “Evaluation Of Communal Wastewater Treatment Plant Operating Anaerobic Baffled Reactor And Biofilter”. Waste Technology Vol 4(1) (2016) :7-12.
6. Metcalf, E. Wastewater Engineering, Treatment and Resources Recovery. Singapore: McGraw-Hill Education, 2014.
7. Nguyen, H. S. The Anaerobic Baffled Reactor, 2010.
8. Rebecca Moore, J. Q. “The effect of media size on the performance of aerated biological filter”. Water Research (2001) : 2514-2522.
9. Shohreh Azizi, A. V. “Evaluation of Different Wastewater Treatment Process and development of a Modified attached Growth Bioreactor as a Decentralized Approach for Small Community”. Scientific World Journal. (2013).
10. USAID. Comparative Study : Centralized Wastewater Treatment Plant in Indonesia, 2006.
11. Yu, H. J.-H.. “A sustainable municipal wastewater treatment process for tropical and sub tropical region in developing country”. Water Science and Technology (1997) : 191-198.