

# 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

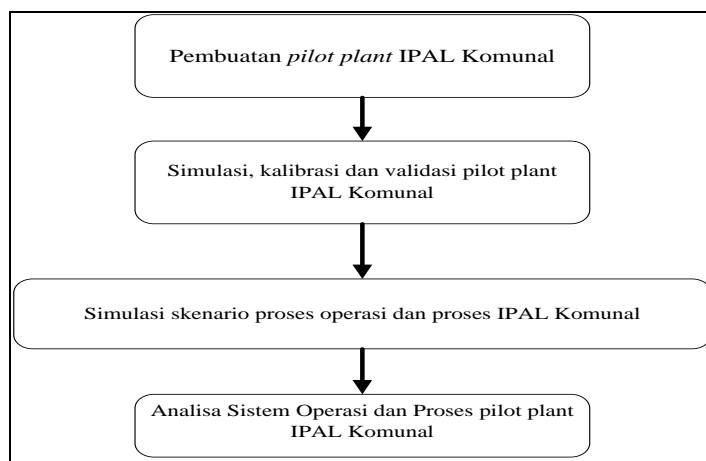
## PENDAHULUAN

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.

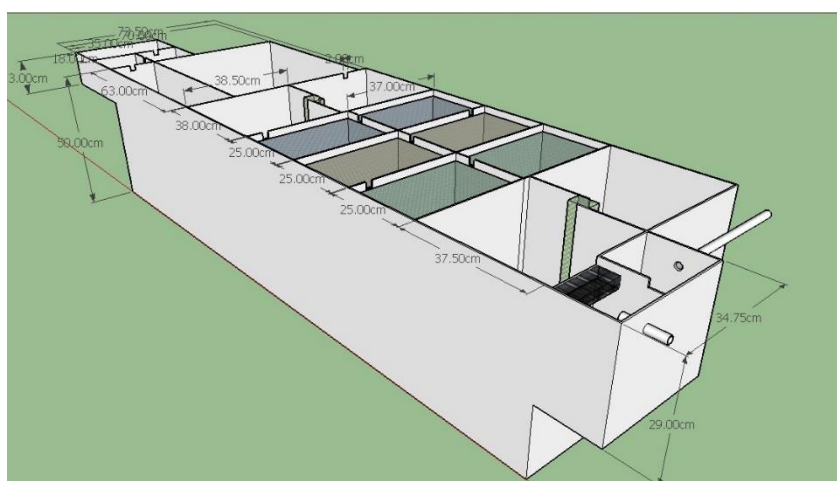


**Gambar 1.**  
**Diagram alir Kegiatan Penelitian**

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.

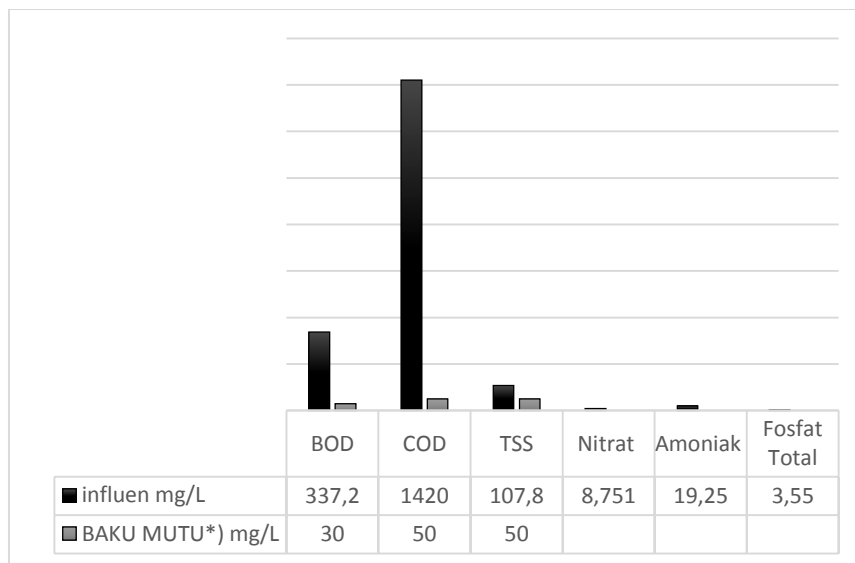
**Tabel 4. Kualitas Influen *Pilot Plant* IPAL Komunal**

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**

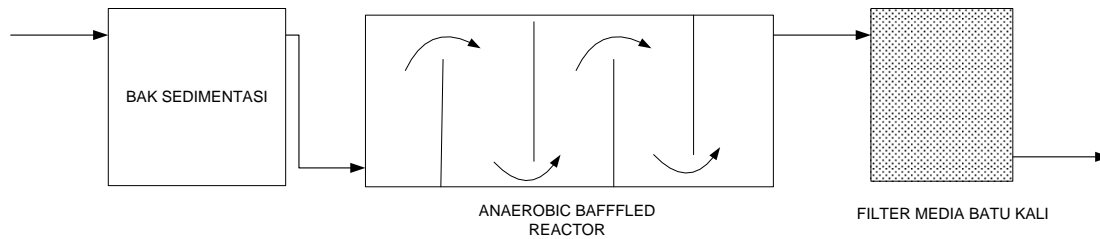
BOD	COD	RASIO BOD/COD
mg/L	mg/L	
337,2	1420	0,237

Efisiensi organik biofilter ekivalen 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).

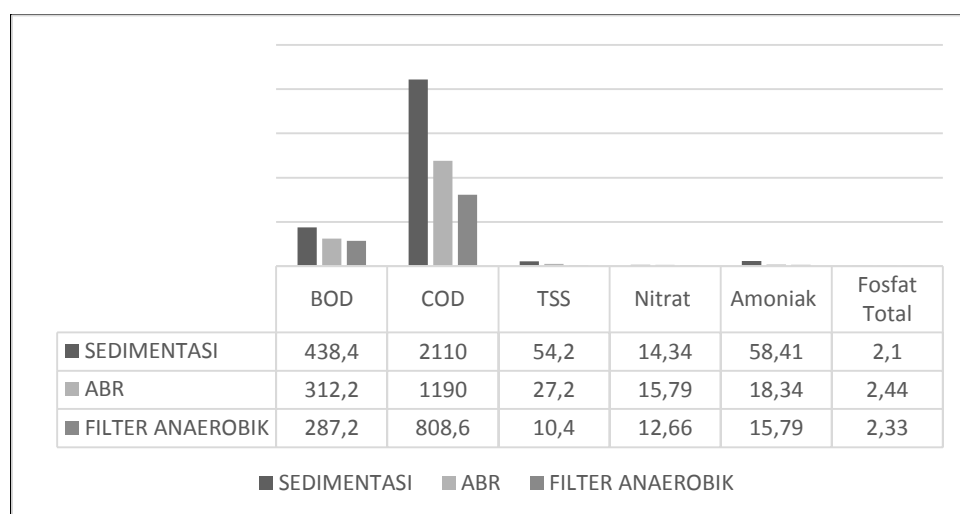
Unit operasi *pilot plant* IPAL Komunal menggunakan teknologi DEWATS dengan unit pengolahan ABR dan Filter Anaerobik dengan media batu kali. Untuk lebih jelasnya bisa dilihat pada skema dan gambar berikut.



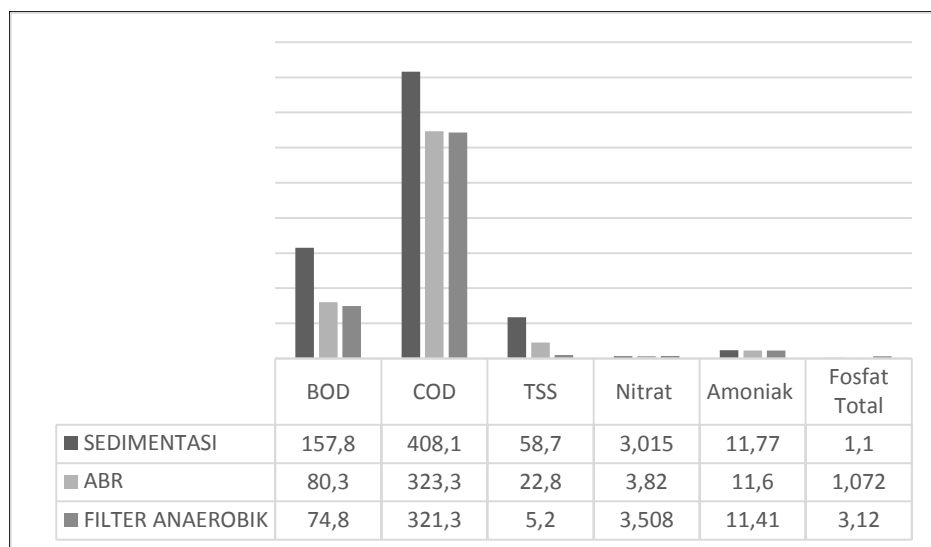
**Gambar 4. Skema Unit Pengolahan *Pilot Plant* IPAL Komunal**

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 anaerobik 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.



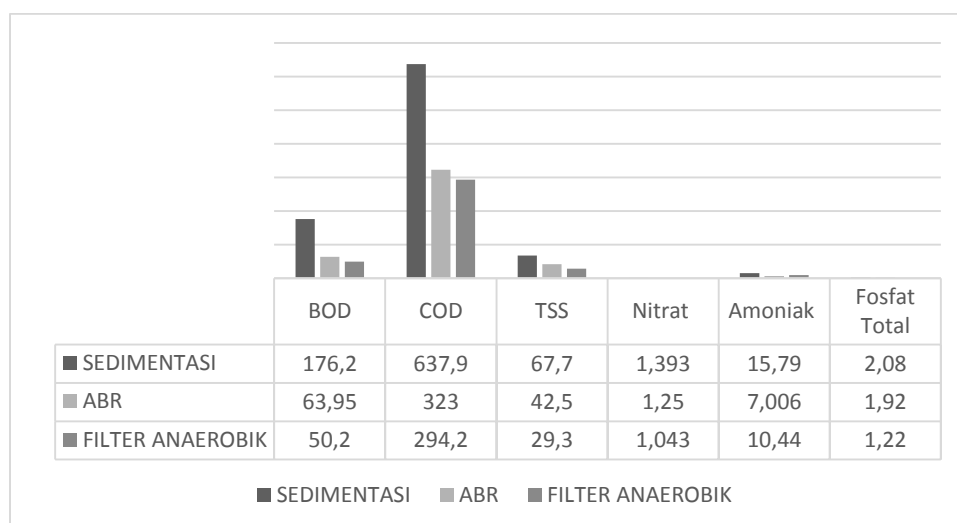
**Grafik 2. Konsentrasi Efluen (mg/L) Pada Variasi Aliran 0,5 L/menit dan Waktu Pengamatan 1 Minggu**



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

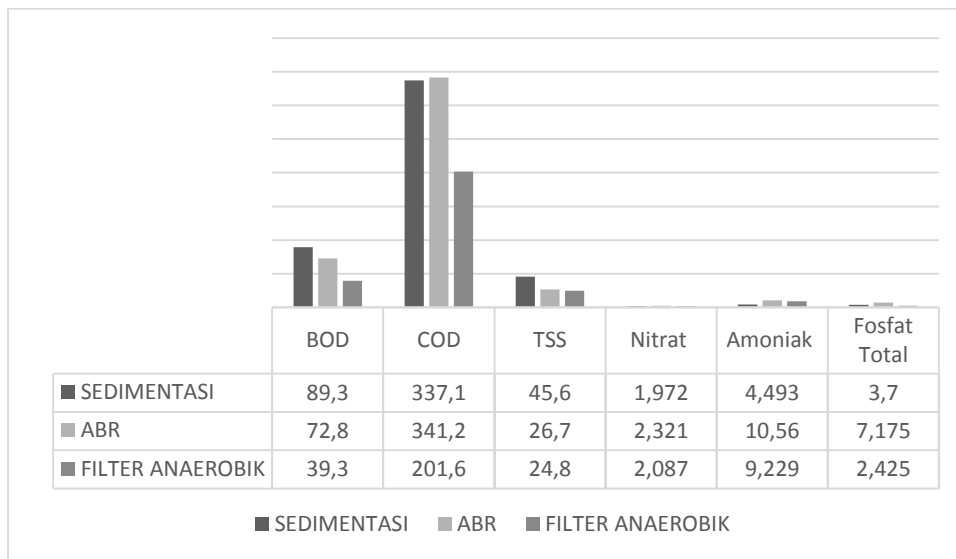
Dari grafik 1 dan grafik 2 diatas dapat dilihat konsentrasi yang semakin menurun untuk semua parameter kecuali TSS dan Fosfat Total dengan semakin lamanya waktu operasi di setiap unit pengolahan. Parameter TSS pada unit Sedimentasi sedikit meningkat ( 8%) pada waktu operasi 2 minggu. Parameter Fosfat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

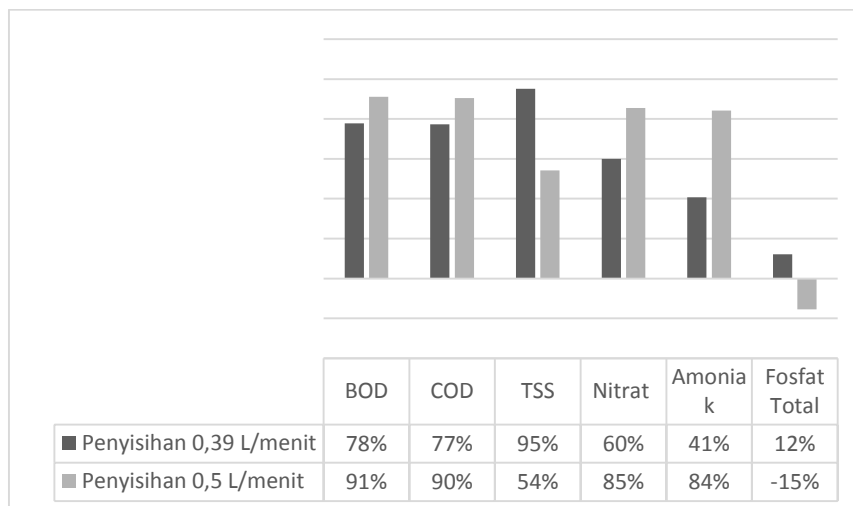




**Grafik 5. Konsentrasi Efluen Pada Variasi Aliran 0,39 L/menit dan Waktu Pengamatan 2 Minggu**

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.