

# EVALUASI KINERJA IPAL KOMUNAL DI KECAMATAN BANGUNTAPAN DAN BANTUL, KABUPATEN BANTUL, D.I. YOGYAKARTA DITINJAU DARI PARAMETER FISIK KIMIA

Ahmad Traju Pangentas Wijyaningrat<sup>1</sup> Mei 2018

<sup>1</sup> Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia  
trajuzulianta@gmail.com

---

Keywords:

Domestic wastewater,  
Communal wastewater  
treatment,  
ABR,  
Chemical physical,  
Efficiency removal

*Abstract: Communal wastewater treatment be one alternative to treat domestic wastewater. DIY have 376 communal wastewater treatment spread in 5 Regency. Based on data from BLH DIY monitoring of effluent quality only held at 41 communal wastewater treatment. Results of monitoring showed that effluent of communal wastewater treatment has not meet the standard of chemical physical parameters. Therefore, evaluation of communal is necessary to know efficiency removal of chemical physical parameter and give some recommendations for communal wastewater treatment management. Research conducted on influent and effluent of communal wastewater treatment at Banguntapan and Bantul Disctrict. Analysis method of BOD, COD, TSS, amoniak, oil and grease, and pH relate in SNI 6989. Analysis performed on the characteristic and quality of domestic wastewater, and effectiveness of communal wastewater treatment on chemical physical parameters removal. Based on analysys of effectiveness of communal wastewater treatment are known that communal wastewater treatment at Banguntapan District are work effectively, while comunnal wastewater treatment at Bantul District work uneffectively. Recommendations for communal wastewater treatment management are make SOP and enhancement participation and role of society, communal wastewater treatment manager and government on communal wastewater treatment maintenance.*

---

Kata Kunci:

Air limbah domestik,  
IPAL Komunal,  
ABR,  
Fisik kimia,  
Efisiensi penyisihan

**Abstrak:** IPAL Komunal menjadi salah satu solusi dalam pengolahan air limbah domestik. DIY memiliki 376 IPAL Komunal yang tersebar di 5 Kabupaten/Kota. Berdasarkan data dari BLH DIY pemantauan kualitas efluen hanya dilakukan pada 41 IPAL Komunal. Hasil pemantauan menunjukkan efluen IPAL Komunal belum memenuhi baku mutu dari parameter fisik kimia. Oleh karena itu, perlu dilakukan evaluasi untuk mengetahui efisiensi penyisihan parameter fisik kimia dan memberikan rekomendasi pengelolaan pada IPAL Komunal. Penelitian dilakukan pada influen dan efluen IPAL Komunal di Kecamatan Banguntapan dan Bantul. Pengujian dilakukan terhadap parameter BOD, COD, TSS, amoniak, minyak lemak dan pH dengan metode pada SNI 6989. Analisis dilakukan pada karakteristik dan kualitas air limbah domestik, serta efektivitas IPAL Komunal dalam penyisihan parameter fisik kimia. Berdasarkan analisis efektivitas IPAL Komunal diketahui bahwa IPAL Komunal di Kecamatan Banguntapan bekerja secara efektif, sedangkan IPAL Komunal di Kecamatan Bantul bekerja secara kurang efektif. Perlu adanya pembuatan SOP serta peningkatan partisipasi dan peran masyarakat, pengelola serta pemerintah dalam perawatan IPAL Komunal sehingga dapat bekerja secara optimal.

---

## 1. Pendahuluan

Air limbah domestik merupakan buangan yang dihasilkan dari berbagai bentuk kegiatan rumah tangga (Permen LHK No.68 tahun 2016) yang berasal dari kamar mandi, WC, cucian dan dapur. Air limbah mengandung polutan yang dapat mengganggu keseimbangan ekosistem berupa gangguan kesehatan, penurunan kualitas air dan lain-lain. Permasalahan mengenai air limbah domestik umumnya terjadi pada kota-kota besar di Indonesia.

D.I. Yogyakarta (DIY) sebagai salah satu wilayah yang mengalami perkembangan secara signifikan di Indonesia tentu juga menghadapi permasalahan terkait air limbah domestik. Berdasarkan data dari Badan Lingkungan Hidup (BLH) DIY, pada Agustus 2016 kondisi air limbah domestik di wilayah DIY masih belum memenuhi baku mutu dari parameter BOD dan *Coliform*. Oleh karena itu, untuk mengendalikan hal tersebut dirancanglah suatu Sistem Pengolahan Air Limbah (SPAL) Komunal.

SPAL Komunal diperuntukkan bagi wilayah yang memiliki luas lahan terbatas dan tidak terjangkau oleh sistem terpusat (Utami, 2008). DIY memiliki total 376 IPAL Komunal yang tersebar di Kabupaten Sleman, Bantul, Kulon Progo, Gunung Kidul, dan Kota Yogyakarta. IPAL Komunal yang tersebar di wilayah D.I. Yogyakarta dibangun oleh Dinas PUPM Provinsi Yogyakarta menggunakan sistem pengolahan ABR (*Anaerobic Baffle Reactor*) dengan cakupan pelayanan 30-300 KK.

IPAL Komunal di wilayah DIY berusia pada kisaran 1-9 tahun. Berdasarkan survey yang dilakukan pada beberapa lokasi, IPAL Komunal masih berjalan dengan baik sejak pertama kali beroperasi hingga saat ini. Namun masih terdapat beberapa permasalahan

yang dihadapi seperti bau, kualitas air limbah yang belum memenuhi baku mutu, dan kerusakan pada alat dan sistem IPAL.

Permasalahan yang dihadapi IPAL Komunal tentu disebabkan oleh beberapa faktor, salah satunya adalah kurangnya pemantauan dari instansi terkait. Berdasarkan data dari BLH DIY, pemantauan kualitas air limbah domestik hanya dilakukan di 41 IPAL Komunal dari total 376 yang ada di wilayah DIY. Selain itu, pemantauan dari BLH DIY maupun Dinas PUPM hanya dilakukan saat awal beroperasi.

Hasil pemantauan dari BLH DIY menunjukkan kualitas air limbah di 41 IPAL Komunal di wilayah DIY belum memenuhi baku mutu dari parameter BOD dan Coliform. Pemantauan yang telah dilakukan masih belum efisien dikarenakan keterbatasan parameter. Oleh karena itu, perlu dilakukan evaluasi kinerja IPAL Komunal di wilayah DIY berdasarkan efisiensi penyisihan parameter fisik dan kimia.

## 2. Metode Penelitian

### 2.1 Pengambilan Contoh Uji

Sampling air limbah mengacu kepada Standar Nasional Indonesia (SNI 6989.59, 2008) tentang Air dan Air Limbah, Bagian 59: Metoda Pengambilan Contoh Air Limbah. Contoh uji diambil pada lokasi inlet dan outlet IPAL Komunal. Sampling dilakukan dengan metode *composite sample*.

Tabel 2. 1 Parameter Uji Air Limbah di Lokasi Pengambilan Contoh Uji

No	Parameter	Unit	Metode	Acuan
	(1)	(2)	(3)	(4)
1	pH	-	pH-meter	SNI 06-6989.11-2004
2	Suhu	°C	Termometer	SNI 06-6989.23-2005

No	Parameter	Unit	Metode	Acuan
	(1)	(2)	(3)	(4)
3	DO	mg/L	Membrane electrode method	<i>Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 21st Edition, 2005 (4500-O G)</i>

## 2.2 Pengujian Sampel Air Limbah

Pengujian air limbah dilakukan pada beberapa parameter fisik kimia yaitu BOD, COD, TSS, Minyak Lemak, pH serta Amoniak.

Tabel 2.2. Metode Pengujian Parameter Fisik Kimia Air Limbah

Parameter	Metode
pH	pH meter
BOD	Titration Iodometry (Winkler)
COD	Spectrophotometry (Reflux Closed)
TSS	Gravimetry
Oil and Fat	Gravimetry
Ammonia	Spectrophotometer (Fenat)

## 2.3 Analisis Penyisihan Parameter

Menurut Fatmawati et.al (2016) analisis penyisihan parameter fisik kimia dilakukan untuk mengetahui efektivitas IPAL Komunal dengan menggunakan perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Efisiensi Removal} = \frac{(a-b)}{a} \times 100\%$$

Keterangan:

a = konsentrasi pencemar pada inlet (mg/L)

b = konsentrasi pencemar pada outlet (mg/L)

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1. Gambaran Umum IPAL Komunal

Penelitian dilakukan dengan sampel yang berasal dari beberapa IPAL Komunal yang ada di wilayah Kecamatan Banguntapan dan Bantul, Kabupaten Bantul, DIY. Pemilihan lokasi pengambilan sampel dilakukan berdasarkan hasil analisis data sekunder mengenai IPAL Komunal yang didapatkan dari Badan Lingkungan Hidup serta Satuan Kerja Pengembangan Penyehatan Lingkungan Permukiman Provinsi DIY. Data sekunder yang didapatkan berupa daftar IPAL yang disertai lokasi, cakupan pelayanan dan tahun pembangunan serta data hasil pemantauan efluen IPAL Komunal yang ada di Provinsi DIY. IPAL Komunal diklasifikasikan berdasarkan wilayah (kecamatan), cakupan layanan, dan usia. Berdasarkan hasil klasifikasi maka didapatkan wilayah dengan variabel yang paling memenuhi adalah Kecamatan Banguntapan dan Bantul, Kabupaten Bantul, DIY.

Tabel 3. 1 Pemilihan IPAL

	Usia	Cakupan Layanan
IPAL Komunal	<5 tahun	<85 KK
	<5 tahun	≥85 KK
	≥5 tahun	<85 KK
	≥5 tahun	≥85 KK

Selain itu, penelitian ini juga membandingkan kinerja IPAL Komunal dengan teknologi yang berbeda. Sebagian besar IPAL Komunal yang ada di wilayah DIY menggunakan teknologi pengolahan secara anaerobik berupa ABR. Oleh karena itu, pada penelitian ini juga memilih 1 IPAL Komunal dengan teknologi pengolahan secara aerobik. IPAL Komunal yang dijadikan sebagai lokasi penelitian berjumlah 9 IPAL yang terdiri dari

4 IPAL di Kecamatan Banguntapan, 4 IPAL di Kecamatan Bantul, dan 1 IPAL pembanding yang berada di Desa Sukunan, Kecamatan Gamping.

### 3.2. Karakteristik Air Limbah Domestik

Air limbah domestik memiliki karakteristik yang menunjukkan ciri dari air limbah yang ditinjau dari kualitasnya. Hasil pengujian terhadap beberapa sampel air limbah domestik di Kecamatan Banguntapan dan Bantul, Kabupaten Bantul, DIY menunjukkan bahwa kandungan polutan di dalamnya sangat bervariasi.

Tabel 3.2. Karakteristik Air Limbah Domestik dari Parameter BOD, COD, dan TSS

IPAL	BOD (mg/L)	COD (mg/L)	TSS (mg/L)
IPAL Dokaran	483.87	153.75	671.67
IPAL Grojogan	282.26	352.50	1205
IPAL Pamotan Lor	967.74	410.00	323.33
IPAL Nglebeng	483.87	235.00	273.33
IPAL Manding Serut	725.81	398.75	106.67
IPAL Babadan I	806.45	397.50	266.67
IPAL Babadan II	120.97	270.00	421.67
IPAL Babadan III	161.29	461.25	636.67
IPAL Sukunan II	201.61	500.00	80.00

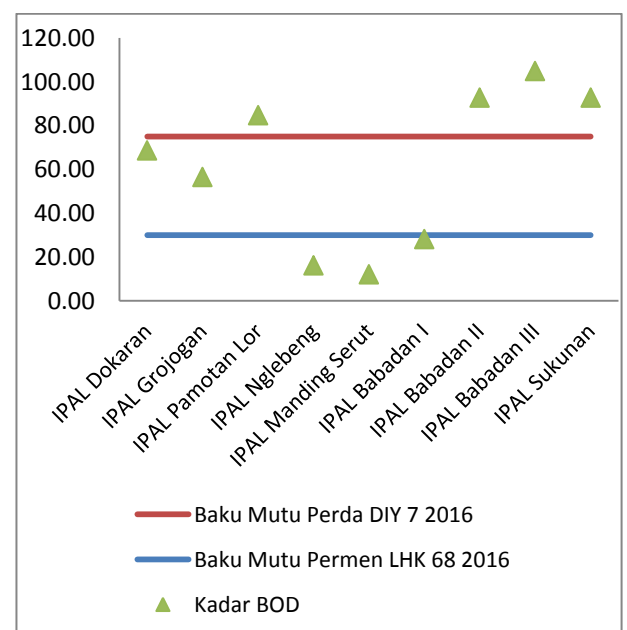
Tabel 3.3. Karakteristik Air Limbah Domestik dari Parameter Amoniak, Minyak Lemak dan pH

IPAL	NH <sub>3</sub> (mg/L)	Minyak Lemak (mg/L)	pH
IPAL Dokaran	38.35	197.00	7.10
IPAL Grojogan	40.00	606.00	7.10
IPAL Pamotan Lor	12.00	130.00	7.40
IPAL Nglebeng	9.84	86.00	7.20
IPAL Manding Serut	0.42	138.00	6.00
IPAL Babadan I	0.40	155.00	7.00
IPAL Babadan II	26.48	96.00	7.10
IPAL Babadan III	24.36	54.00	7.40
IPAL Sukunan II	3.51	4.00	7.00

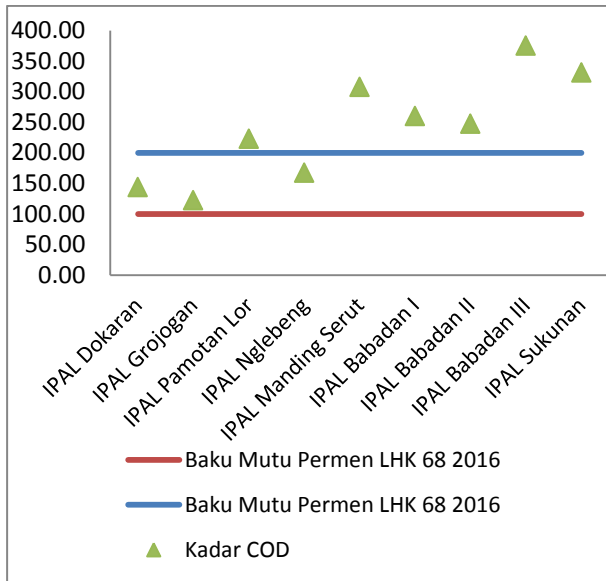
Karakteristik air limbah domestik pada IPAL Komunal di Kecamatan Banguntapan dan Bantul serta IPAL Sukunan dapat dikategorikan dalam kelas yang berbeda-beda mulai dari *low*, *medium* dan *high strength*. Hasil pengujian yang bervariasi dapat disebabkan oleh beberapa faktor. Perbedaan jumlah debit yang masuk ke dalam IPAL Komunal menjadi salah satu faktor penyebabnya. Debit yang kecil dapat menyebabkan *high strength* pada polutan yang terkandung dalam air limbah. Selain itu, perbedaan aktivitas masyarakat pengguna IPAL juga berpengaruh terhadap karakteristik air limbah yang masuk ke dalam IPAL. Perawatan IPAL berupa pembersihan, pengurasan dan sebagainya juga mempengaruhi karakteristik air limbah. Pengurasan minimal dilakukan setiap 6 bulan sekali.

### 3.3. Kualitas Air Limbah Domestik

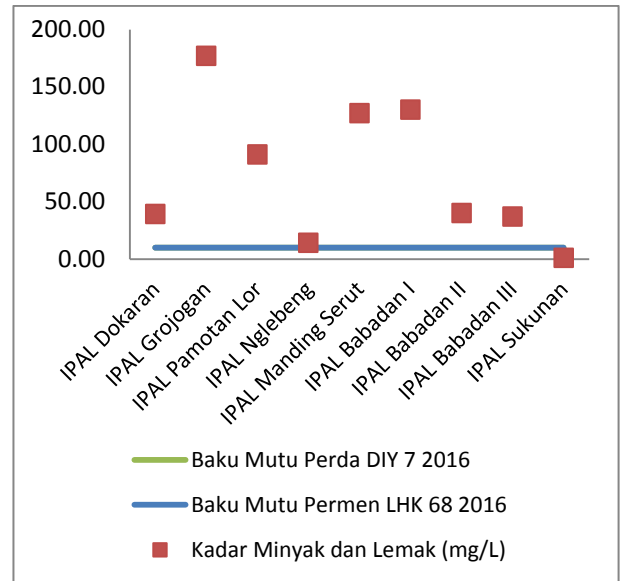
Kualitas air limbah domestik dapat dilihat dari beberapa parameter yang menjadi standar baku mutu pada Permen LHK No.68 Tahun 2016 dan Perda DIY No 7 Tahun 2016.



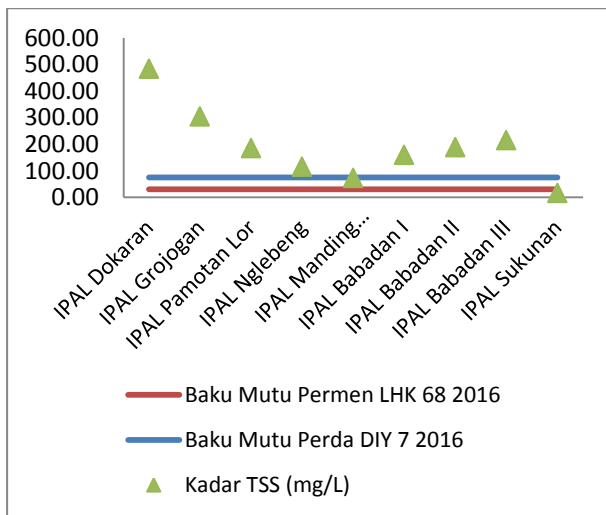
Gambar 3.1 Kadar BOD IPAL Komunal



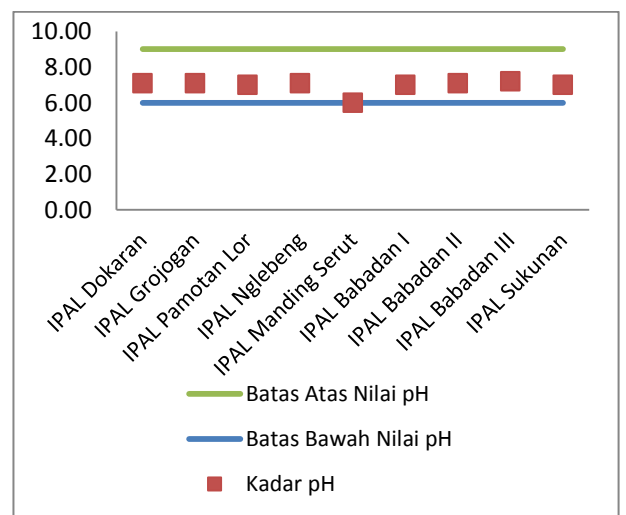
Gambar 3.2 Kadar COD IPAL Komunal



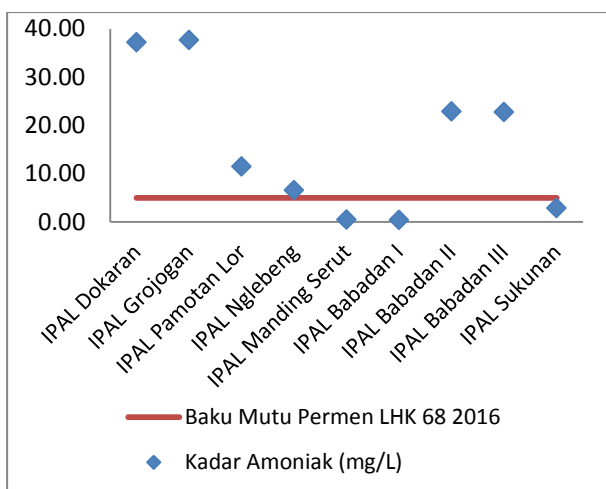
Gambar 3.5 Kadar Minyak Lemak IPAL Komunal



Gambar 3.3 Kadar TSS IPAL Komunal



Gambar 3.6 Kadar pH IPAL Komunal

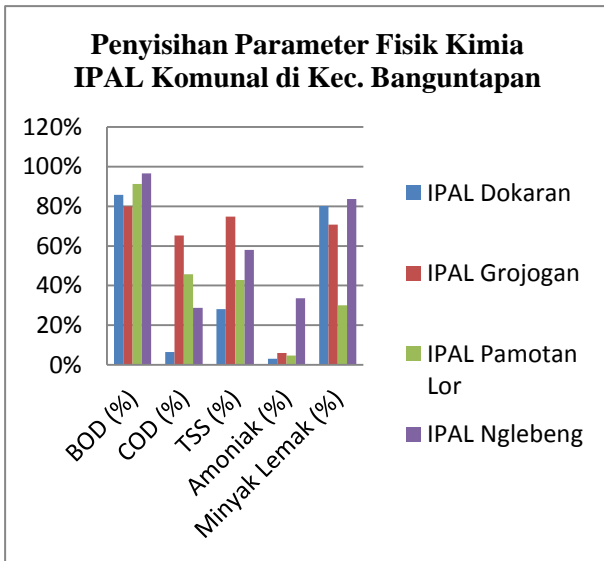


Gambar 3.4 Kadar Amoniak IPAL Komunal

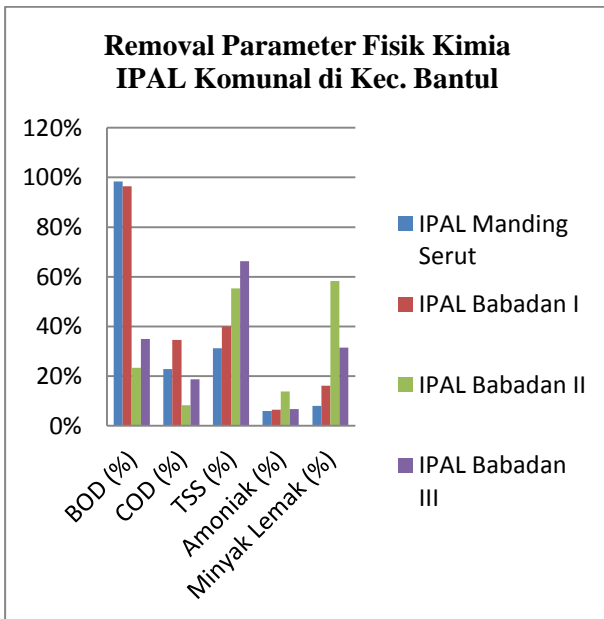
Hasil pengujian kualitas efluen IPAL Komunal di Kecamatan Banguntapan dan Bantul menunjukkan hasil yang masih belum memenuhi baku mutu dari beberapa parameter. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor seperti karakteristik air limbah yang tinggi, kondisi IPAL Komunal yang belum optimal, serta kurangnya perawatan berupa pengurasan yang dilakukan oleh pihak pengelola IPAL Komunal. Selain itu, kadar efluen yang tinggi juga dapat disebabkan oleh tingginya kadar minyak dan lemak yang masuk ke dalam IPAL Komunal.

### 3.4. Analisis Penyisihan IPAL Komunal

Pengolahan air limbah merupakan proses untuk menurunkan kadar polutan yang ada di dalam air limbah sehingga tidak mencemari lingkungan. Pada penelitian ini, dilakukan analisis mengenai penyisihan parameter fisik kimia pada IPAL Komunal di Kecamatan Banguntapan dan Bantul sebagai bahan evaluasi.



Gambar 3.7 Penyisihan Parameter Fisik Kimia di Kecamatan Banguntapan



Gambar 3.8 Penyisihan Parameter Fisik Kimia di Kecamatan Bantul

Sebagian besar IPAL Komunal mampu menyisihkan parameter BOD dan TSS sesuai dengan kriteria desain pada teknologi ABR. Sedangkan, untuk efisiensi penyisihan parameter lain seperti COD, Amoniak dan Minyak Lemak belum sesuai dengan kriteria desain.

### 3.5. Efektivitas IPAL Komunal

Berdasarkan analisis kemampuan IPAL Komunal dalam menyisihkan kadar parameter fisik kimia dari air limbah, maka dapat diketahui bahwa IPAL Komunal yang ada di Kecamatan Banguntapan dan Bantul belum sepenuhnya bekerja secara efektif.

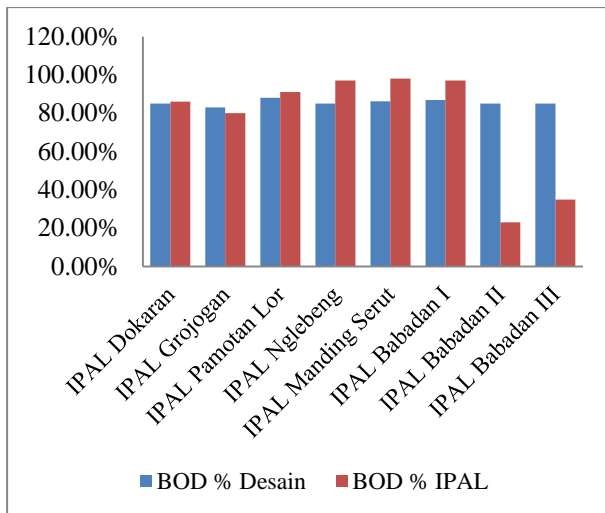
Tabel 3.4 Efektivitas IPAL Komunal

IPAL	Efektivitas
IPAL Dokaran	41%
IPAL Grojogan	59%
IPAL Pamotan Lor	43%
IPAL Nglebeng	60%
IPAL Manding Serut	33%
IPAL Babadan I	39%
IPAL Babadan II	32%
IPAL Babadan III	32%
IPAL Sukunan	42%

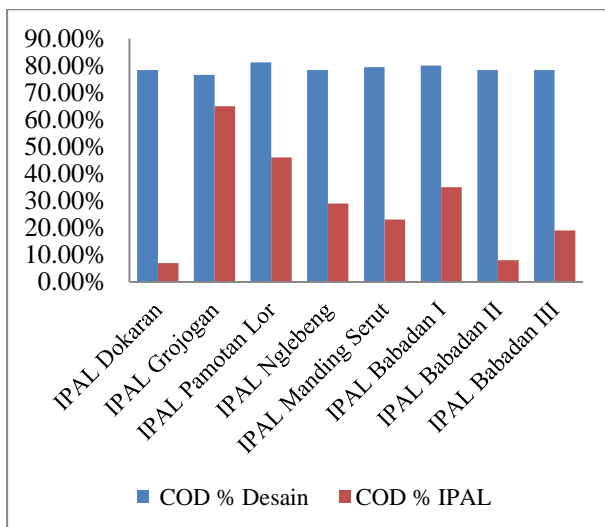
Pada penelitian ini, dilakukan analisis terhadap hubungan antara usia dengan efektivitas penyisihan serta hubungan antara kapasitas layanan dengan efektivitas penyisihan. Analisis dilakukan menggunakan metode korelasi. Hasil analisis mengenai hubungan antara usia dan efektivitas penyisihan IPAL Komunal di Kecamatan Banguntapan dan Bantul menunjukkan nilai korelasi sebesar -0,35461517. Hasil analisis korelasi antara cakupan pelayanan dengan efektivitas penyisihan IPAL Komunal di Kecamatan Banguntapan dan Bantul didapatkan sebesar -0,051323313.

### 3.6. Evaluasi IPAL secara Teknis

Berdasarkan jumlah kompartemen yang terdapat pada masing-masing IPAL Komunal maka dapat diketahui efisiensi penyisihan parameter BOD dan COD yang mampu dicapai oleh setiap IPAL Komunal.



Gambar 3.9 Perbandingan Efisiensi Penyisihan BOD Desain dan IPAL Komunal



Gambar 3.10 Perbandingan Efisiensi Penyisihan COD Desain dan IPAL Komunal

Sebagian besar IPAL Komunal di Kecamatan Banguntapan dan Bantul mampu menyisihkan BOD sesuai dengan perencanaan, namun belum untuk parameter COD.

### 4. Kesimpulan

Efisiensi penyisihan parameter fisik dan kimia yang berjalan secara efektif adalah pada parameter BOD dan TSS, sedangkan pada parameter COD, Amoniak serta Minyak dan Lemak belum efektif. Efisiensi penyisihan parameter fisik kimia pada IPAL Komunal di Kecamatan Banguntapan cukup efektif, sedangkan di Kecamatan Bantul kurang efektif. Rekomendasi untuk pengelolaan IPAL Komunal di Kecamatan Banguntapan dan Bantul, Kabupaten Bantul, DIY adalah pembuatan SOP serta peningkatan partisipasi dan peran masyarakat, pengelola, dan pemerintah dalam pemeliharaan IPAL Komunal.

### 5. Daftar Pustaka

- Anh, N.V., T.D. Ha, T.H. Nhue, A. Morel, M. Moura dan R. Schertenleib. 2003. **Decentralized Wastewater Treatment-New Concept and Technologies for Vietnamese Conditions**. In: IWA (International Water Association: Proceedings of the 2<sup>nd</sup> International Symposium on Ecological Sanitation. Sweden: Stockholm
- Badan Standarisasi Nasional. 2008. **Air dan Air Limbah**. Jakarta
- Casey, P. dan M. Moore. 2000. **Decentralized Wastewater Treatment System**. Pipeline Report. Vol.11. No.4 Morgantown West Virginia University
- Direktorat Jenderal Cipta Karya Kementerian Pekerjaan Umum. 2015. **Buku Petunjuk Teknis Pembangunan Infrastruktur Sanitasi Perkotaan Berbasis Masyarakat**. Jakarta
- Fardiaz, Srikandi. 1992. **Polusi Air dan Udara**. Yogyakarta: Kanisius

- Fatmawati, Sri Nastiti, Joni Hermana dan Agus Slamet. 2016. **Optimasi Kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah Industri Penyamakan Kulit Magetan**. Jurnal Teknik ITS. **Vol.5**. No.2. 79-85
- Feng, H.J., L.F.Hu, Q. Mahmood, C.D. Qiu, C.R. Fang, dan D.S. Shen. 2008. **Anaerobic Domestic Wastewater Treatment with Bamboo Carrier Anaerobic Baffled Reactor**. International Biodeterioration & Biodegradation. **Vol.62**. 232-238
- Ghorpade, V. S. dan Dr. P.G. Sonawane. 2015. **Study of Performance Evaluations of Decentralized Wastewater Treatment Systems to Treat Domestic Wastewater: A Review**. International Journal of Engineering and Technical Research (LIETR). **Vol.3**. Nomor 12. 47-49
- Haryadi, W. 1990. **Ilmu Kimia Analitik Dasar**. Jakarta: Gramedia
- Hendriarianti, Evy et al. 2015. **Treatment Performance of Tlogomas Communal Waste Water Treatment Plant in Malang City**. Journal of Applied Environmental and Biological Science. **Vol.5**. Nomor 11. 110-117
- Hendriarianti, Evy dan Nieke Karnaningroem. 2016. **Evaluation of Communal Wastewater Treatment Plant Operating Anaerobic Baffled Reactor and Biofilter**. Waste Technology (WasTech). **Vol. 4**. Nomor 1. 7-12
- Karyadi, Lukman. 2010. **Partisipasi Masyarakat Dalam Program Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Komunal di RT.30 RW.07 Kelurahan Warungboto, Kecamatan Umbulharjo Kota Yogyakarta**. Skripsi Program Studi Pendidikan Geografi Fakultas Ilmu Sosial dan Ekonomi: Universitas Negeri Yogyakarta
- Kusumadewi, Astarie Ayu dan Dr-Ing. Marisa Handajani, ST, MT. **Evaluasi Kinerja Sanimas di Kota Bogor (Studi Kasus: Kelurahan Tajur dan Harjasari)**. Bandung: Institut Teknologi Bandung
- Kementrian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. 2016. **Baku Mutu Air Limbah Domestik**. Jakarta
- Kerstens, S.M., H.B. Legowo and I.B. Hendra Gupta. 2012. **Evaluation of DEWATS in Java, Indonesia**. Journal of water, Sanitation and Hygiene for Development. **02**. Nomor 4. 254-265
- Metcalf & Eddy, Inc. 2003. **Wastewater Engineering: Treatment, Disposal and Reuse 4<sup>th</sup> Edition**. New York: Mc Graw Hill.
- Notoatmodjo, Soekidjo. 2003. **Ilmu Kesehatan Masyarakat**. Jakarta: Rineka Cipta
- Padmaningrum, Regina Tutik. 2008. **Titrisasi Iodometri**. Jurdik Kimia UNY. 1-6
- Palangda, Diaz. 2015. **Evaluasai Sistem Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Komunal Berbasis Masyarakat di Kecamatan Tallo Kotamadya Makassar**. Jurnal Tugas Akhir Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik: Universitas Hassanudin
- Peraturan Daerah Daerah Istimewa Yogyakarta. 2016. **Baku Mutu Air Limbah**. D.I. Yogyakarta
- Pratiwi, Arum Putri Setyo. 2007. **Evaluasi Sistem Pengelolaan Limbah Domestik Terdesentralisasi dengan IPAL Komunal di Daerah Ponggalan RW 06/RT 17 Umbulharjo, Yogyakarta**. Skripsi Program Studi



- Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan: Universitas Islam Indonesia
- Putra, Al Ikhlas Nelkha dan Dhian Novita Sari. 2014. **Evaluasi IPAL Rumah Sakit JIH Yogyakarta**. Skripsi Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan: Universitas Islam Indonesia
- Reynaud, Simeon Nicolas. 2014. **Operation of Decentralized Wastewater Treatment System (DEWATS) Under Tropical Field Conditions**. Dissertation Faculty of Environmental Sciences: Technical University
- Rhomaidi. 2008. **Pengelolaan Sanitasi secara Terpadu Sungai Widuri: Studi Kasus Kampung Nitiprayan Yogyakarta**: Skripsi Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan: Universitas Islam Indonesia
- Said, Nusa Idaman. 2017. **Teknologi Pengolahan Air Limbah**. Jakarta: Erlangga
- Salmin. 2005. **Oksigen Terlarut (DO) dan Kebutuhan Oksigen Biologi (BOD) sebagai Salah Satu Indikator Untuk Menentukan Kualitas Perairan**. Oseana. Volume XXX. Nomor 3. 21-26
- Sari, Novia Ratna., Sunarto dan Wiryanto. 2015. **Analisis Komparasi Kualitas Air Limbah Domestik Berdasarkan Parameter Biologi, Fisika dan Kimia di IPAL Semanggi dan IPAL Mojosongo Surakarta**. Jurnal EKOSAINS. VII. Nomor 2. 62-74
- Selintung, Marry dkk. 2015. **Evaluasi Sistem Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Komunal Berbasis Masyarakat di Kecamatan Rappocini Kota Makassar**. Jurnal Tugas Akhir Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik: Universitas Hassanudin.
- Singh, S., R. Haberl, O. Moog, R.R. Shrestha, P. Shrestha dan R. Shrestha. 2009. **Performance of An Anaerobic Baffled Reactor and Hybrid Constructed Wetland Treating High-Strange Wastewater in Nepal – A Model for DEWATS**. Ecological Engineering. Vol. 35. 654-660
- Stams, A.G. dan E.S.J. Oude. 1997. **Understanding and Advancing Wastewater Treatment**. Current Opinion in Biotechnology. Vol.8. 328-334
- Sugiharto.1987. **Dasar-Dasar Pengelolaan Air Limbah**. Jakarta: UI Press
- Tchnobagus dan Burton. 1983. **Wastewater Engineering: Treatment, Disposal and Reuse**. 4<sup>th</sup> Edition. New York: McGraw-Hill
- Ulrich, A., Reuter, S & Gutterer, B. 2009. **Decentralized Wastewater Treatment Systems (DEWATS) and Sanitation in Jakarta, Indonesia**. South East Asian Journal of Tropical Medicine and Public Health. 36. Nomor 6. 1552-1561
- Ulum, Ginanjar Hidayatul dkk. 2015. **Evaluasi Pengelolaan IPAL Komunal MCK Plus Kelurahan Karangayu, Kecamatan Semarang Barat, Kota Semarang**. Prosiding Seminar Nasional Innovation in Environmental Management 2015. Vol.1. Nomor 5. 23-26
- Utami, Silviana. 2008. **Evaluasi Kinerja Sistem Pengelolaan Limbah Cair Terdesentralisasi (IPAL Komunal) di Kota Yogyakarta**. Skripsi Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas

Teknik Sipil dan Perencanaan:  
Universitas Islam Indonesia.

- Wakode, Prachi N. dan Sameer U. Sayyad.  
2014. **Performance Evaluation of  
25MLD Sewage Treatment Plant  
(STP) at Kalyan.** American Journal of  
Engineering Research. **Vol.03.** Nomor  
3. 310-316
- Wardana, A.W. 1999. **Dampak Pencemaran  
Lingkungan.** Yogyakarta: Andi Offset
- Yanita, Fahmi Alpa dkk. 2016. **Evaluasi  
Kinerja Instalasi Pengolahan Air  
Limbah PT Surabaya Industrial  
Estate Rungkut – Management of  
Pasuruan Industrial Estate  
Rembang.** Jurnal Sumberdaya dan  
Lingkungan. 18-26