

JURNAL PERMUKIMAN

JURNAL PERMUKIMAN Volume 13 Nomor 1 Mei 2018, Halaman 1-68



KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT
BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN
PUSAT LITBANG PERMUKIMAN



JURNAL PERMUKIMAN	VOL. 13	NO. 1	HAL. 1 - 68	BANDUNG 2018	E- ISSN 2339-2975
-------------------	---------	-------	----------------	-----------------	----------------------

Akreditasi Jurnal Nasional Nomor: 21/E/KPT/2018 PERINGKAT 2 (SINTA2)

Jurnal Permukiman merupakan majalah berkala yang memuat karya tulis ilmiah hasil penelitian, pengembangan, kajian atau gagasan di bidang permukiman kawasan perkotaan/ perdesaan, bangunan gedung yang berada di dalamnya, serta sarana dan prasarana yang mendukung perikehidupan dan penghidupan. Diterbitkan sejak tahun 1985 dengan nama Jurnal Penelitian Permukiman dan tahun 2006 berganti menjadi Jurnal Permukiman dengan frekuensi terbit dua kali dalam setahun setiap bulan Mei dan November.

- Pelindung : Kepala Pusat Litbang Perumahan dan Permukiman
Penanggung Jawab : Kepala Bidang Sumber Daya Kelitbangan
- Ketua merangkap anggota : Prof. Dr. Andreas Wibowo, ST., MT. (*Bidang Struktur dan Konstruksi*)
Anggota : Prof. Dr. Ir. Arief Sabaruddin, CES. (*Bidang Perumahan dan Permukiman*)
Lia Yulia Iriani, SH., MSi. (*Bidang, Kebijakan Ilmu dan Teknologi*)
Ir. Siti Zubaidah Kurdi, MSc. (*Penataan Ruang Kota dan Daerah*)
Ir. Wahyu Wuryanti, MSc. (*Bidang Perumahan*)
Ir. Sri Darwati, MSc. (*Bidang Manajemen Lingkungan*)
- Mitra Bebestari : Prof. Dr. Ir. Bambang Subiyanto, M. Agr. (*Bidang Bahan Bangunan, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia*)
Prof. Ir. Iswandi Imran, MASC. Ph. D. (*Bidang Rekayasa Struktur, Institut Teknologi Bandung*)
Dr. Ir. Tri Padi (*Bidang Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Bandung*)
Ir. Indra Budiman Syamwil, MSc., Ph. D. (*Bidang Arsitektur, Institut Teknologi Bandung*)
Muhamad Abduh, Ph. D. (*Bidang Rekayasa Konstruksi, Institut Teknologi Bandung*)
Prof. (R) Dr. Ir. Anita Firmanti, MT. (*Bidang Bahan Bangunan, Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat*)
Dr. Ir. Suprpto, MSc. FPE. (*Bidang Teknik Fisika, Pengajar Luar Biasa Institut Teknologi Bandung dan Universitas Pelita Harapan*)
I Gede Nyoman Mindra Jaya, MSi. (*Bidang Statistik, Universitas Padjadjaran*)
Dr. Eng. Aris Aryanto, ST. MT. (*Bidang Bahan dan Rekayasa Struktur, Institut Teknologi Bandung*)
Dr. Yosafat Aji Pranata, ST. MT. (*Bidang Teknik Sipil, Universitas Kristen Maranatha*)
Dr. Ir. Johannes Adhijoso Tjondro, M. Eng. (*Bidang Teknik Sipil, Universitas Katolik Parahyangan*)
Dr. Ir. Purnama Salura, MT. MBA. (*Bidang Arsitektur, Universitas Katolik Parahyangan*)
Dr. Sri Astuti, MSA. (*Bidang Arsitektur, Universitas Komputer*)
- Pemimpin Redaksi Pelaksana : Drs. Aris Prihandono, MSc.
Anggota : Muhamad Syukur, S. ST
Dra. Roosdharmawati
Drs. Arif Sugiarto, MM.
Rindo Herdianto, S.IIP.
Arie Bukhori Arifin, SS.
- Alamat Redaksi : Pusat Litbang Perumahan dan Permukiman
Badan Litbang Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat
Jl. Panyaungan, Cileunyi Wetan, Kabupaten Bandung 40393
Tlp. 022-7798393 (4 saluran) Fax. 022-7798392
Http://jurnalpermukiman.pu.go.id
E-mail : info@puskim.pu.go.id

Daftar Isi

Pengantar Redaksi	i
Daftar Isi	ii
Kajian NonTeknis Penerapan <i>Uprating</i> Instalasi Pengolahan Air Pada Sistem Penyediaan Air Minum <i>NonTechnical Study Of Uprating Application Water Treatment Installation In Drinking Water Supply System</i> <i>Sarbidi</i>	1-12
Kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Komunal Di Kota Bogor <i>Communal Waste Water Treatment Plant Performance In Bogor City</i> <i>Dhama Susanthi, Moh. Yanuar J. Purwanto, Suprihatin</i>	13-20
Pencemaran Udara Akibat Kinerja Lalu Lintas Kendaraan Bermotor Di Kota Medan <i>Air Pollutions Due To Traffic Performance Of Motor Vehicles In Medan City</i> <i>Indrayani, Sri Asfiati</i>	21-30
Pelestarian Budaya Lampung Dalam Arsitektur Masa Kini Pada Bangunan Menara Siger Dan Sesat Agung Bumi Gayo <i>Preservation Of Lampung Culture In The Architecture Modern At Minaret Of Siger And Sesat Agung Bumi Gayo</i> <i>Muhammad Diaz Adiyudha, Alwin Suryono</i>	31-40
Dinamika Harga Lahan Di Sekitar Pengembangan Lahan Skala Besar Gedebage Kota Bandung <i>The Dynamics Of Land Price Around Large-Scale Land Development Gedebage Bandung City</i> <i>Asyrafinafilah Hasanawi, Haryo Winarso</i>	41-52
Karakteristik Limbah Tailing Sebagai Bahan Baku Mortar Siap Pakai <i>Characteristics Of Tailing Waste For Material Of Instant Mortar</i> <i>Adhi Yudha Mulia, Indriansi Nirwana Sari</i>	53-60
Kumpulan Abstrak	61-66
Indeks Subyek	67

Pengantar Redaksi

Ungkapan syukur kami panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa dengan terbitnya Jurnal Permukiman edisi pertama tahun 2018. Karya tulis yang kami sajikan dalam terbitan ini membahas topik yang berkaitan dengan lingkup air minum dan penyehatan lingkungan permukiman, perumahan dan lingkungan, serta pemanfaatan bahan limbah.

Bahasan tentang lingkup air minum dan penyehatan lingkungan permukiman membuka edisi ini. “Kajian Nonteknis Penerapan *Uprating* Instalasi Pengolahan Air Pada Sistem Penyediaan Air Minum” yang dipaparkan oleh Sarbidi menyimpulkan bahwa faktor nonteknis yang berpengaruh terhadap *uprating* IPA antara lain kondisi IPA sedang beroperasi secara normal, mencakup seluruh sistem penyediaan air minum, penambahan pelanggan terhadap debit produksi cukup besar, IPA pengganti sementara setara kapasitas IPA eksisting harus disiapkan selama masa konstruksi, pengelola bersedia menurunkan angka air tak berekening hingga batas toleransi yang baik, kebijakan dan pola pembiayaan khusus diperlukan untuk penerapan *uprating*, tersedia sumber air yang memenuhi syarat kuantitas, kualitas dan kuantitas serta izin pemakaiannya secara baik, dan persyaratan layak teknis dan layak ekonomis dapat dipenuhi oleh penyelenggara. Dhama Susanthi, Moh. Yanuar J. Purwanto, dan Suprihatin membahas tentang “Kinerja IPAL Komunal Di Kota Bogor”. Kinerja IPAL dipengaruhi oleh karakteristik limbah, volume air limbah yang masuk, dan pengelolannya. Sedangkan faktor yang mempengaruhi keberlanjutannya adalah partisipasi dari masyarakat dan keberadaan kelompok swadaya masyarakat (KSM). Secara langsung atau tidak langsung, kegiatan manusia maupun akibat proses alam menyebabkan komposisi udara ambien mengalami perubahan kualitas sehingga mengganggu lingkungan sekitar. Melalui SPSS diketahui bahwa volume lalu lintas berpengaruh signifikan terhadap kualitas udara ambien. Indrayani dan Sri Asfiati menuangkan dalam karya tulis berjudul “Pencemaran Udara Akibat Kinerja Lalu Lintas Kendaraan Bermotor Di Kota Medan”.

“Pelestarian Budaya Lampung Dalam Arsitektur Masa Kini Pada Bangunan Menara Siger Dan Sesat Agung Bumi Gayo” karya tulis dari Muhammad Diaz Adiyudha dan Alwin Suryono bertujuan untuk memahami peranan budaya Lampung pada obyek studi, mendeskripsikan elemen-elemen arsitektur yang signifikan, dan konsep tindakan pelestarian budaya Lampung. Upaya pelestarian pada aspek bentuk dan fungsi dilakukan agar budaya Lampung tidak tergerus oleh zaman dan agar budaya tetap terjaga, baik benda maupun nilainya. Peran pemerintah harus ditingkatkan untuk memonitoring perkembangan harga lahan yang terjadi secara pesat dikarenakan pertumbuhan median harga lahan di sekitar pengembangan lahan skala besar dan jalan utama yang meningkat lebih cepat daripada di sekitarnya. Fenomena ini sangat mempengaruhi harga pasar lahan di wilayah studi. Asyrafinafilah Hasanawi dan Haryo Winarso memaparkan dalam tulisannya yang berjudul “Dinamika Harga Lahan Di Sekitar Pengembangan Lahan Skala Besar Gedebage Kota Bandung”.

Tulisan penutup adalah bahasan mengenai pemanfaatan limbah tailing sebagai bahan bangunan dengan tujuan untuk mendapatkan komposisi mortar siap pakai berbahan baku tailing yang memenuhi persyaratan teknis dan aman bagi lingkungan. Adhi Yudha Mulia dan Indriansi Nirwana Sari menuangkan dalam tulisan yang berjudul “Karakteristik Limbah Tailing Sebagai Bahan Baku Mortar Siap Pakai”. Semoga tulisan yang kami sajikan bermanfaat. Selamat Membaca.

Bandung, Mei 2018
Redaksi

UCAPAN TERIMA KASIH

Redaksi pelaksana Jurnal Permukiman mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah berkontribusi, khususnya para Mitra Bestari Jurnal Permukiman Volume 13 Nomor 1 Mei 2018 :

1. Dr. Ir. Tri Padmi
2. Dr. Ir. Purnama Salura, MT. MBA.
3. Dr. Yosafat Aji Pranata, ST. MT.

KINERJA INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH (IPAL) KOMUNAL DI KOTA BOGOR

Communal Waste Water Treatment Plant Performance in Bogor City

Dhama Susanthi¹, Moh. Yanuar J. Purwanto², Suprihatin³

¹Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan, Sekolah Pascasarjana,
Institut Pertanian Bogor (IPB), Kampus IPB Dramaga Bogor 16680

^{2,3}Fakultas Teknologi Pertanian, IPB, Kampus IPB Dramaga Bogor 16680

Surel: ¹dhama_2105@apps.ipb.ac.id, ²yanuar.tta@gmail.com, ³suprihatin167@gmail.com

Diterima: 06 Maret 2018; Disetujui: 1 Mei 2018

Abstrak

Pemerintah telah melakukan pembangunan IPAL komunal yang bertujuan untuk memberikan akses sanitasi layak kepada masyarakat. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja dan status keberlanjutan IPAL komunal di Kota Bogor. Metode yang digunakan yaitu pengamatan kondisi di lapangan, wawancara, dan pengambilan sampel air limbah untuk mengetahui kinerja IPAL. Secara umum kondisi fisik fasilitas IPAL masih cukup baik tetapi kinerjanya belum memenuhi kriteria desain yang diharapkan. Fasilitas tambahan pada beberapa lokasi yaitu biodigester penghasil gas dan reverse osmosis untuk air minum belum optimal. Kinerja IPAL komunal dipengaruhi karakteristik limbah, volume air limbah yang masuk ke dalam sistem IPAL, dan pengelolaan. Status keberlanjutan IPAL komunal tergolong keberlanjutan sedang. Hasil analisis menunjukkan bahwa faktor yang mempengaruhi keberlanjutan pengelolaan IPAL komunal yaitu partisipasi masyarakat dan keberadaan kelompok swadaya masyarakat (KSM).

Kata Kunci: Limbah domestik, Ipal komunal, kinerja, status keberlanjutan, Kota Bogor.

Abstract

The government has undertaken the development of communal Waste Water Treatment Plant/WWTP which aims to provide proper sanitation access to the community. This study aims to determine the performance and sustainability status of communal WWTP in Bogor city. The method used in this research are waste water sampling to know the performance of WWTP, observation of conditions in the field, and interview. In general, the physical condition of WWTP facilities is still quite good but its performance has not met the criteria of expected design. Additional facilities at several locations, namely biodigester to generate gas and reverse osmosis to produce drinking water has not been optimal. The performance of WWTP is influenced by the characteristics of waste, the volume of waste water entering the communal WWTP system, and the maintenance. The sustainability status of communal WWTP is classified as moderate sustainability. The analysis showed that the factors that influence the sustainability of communal WWTP management are community participation and the existence of Community Based-Organization (CBO).

Keywords: Domestic waste, communal WWTP, performance, sustainability status, Bogor City.

PENDAHULUAN

Studi *environmental health risk assessment* (EHRA) Kota Bogor tahun 2014 menunjukkan 60,24% air limbah domestik rumah tangga yang berasal dari dapur, kamar mandi, tempat cuci pakaian, dan wastafel dialirkan langsung ke sungai dan saluran terbuka (Bappeda Kota Bogor 2014a). Hal tersebut mengindikasikan bahwa buangan air limbah domestik rumah tangga sangat berpotensi mencemari lingkungan. Laporan status lingkungan hidup daerah Kota Bogor tahun 2015 juga

menyatakan bahwa sungai-sungai di Kota Bogor termasuk dalam kriteria sungai tercemar, dengan pencemar terbesar berasal dari limbah domestik (BPLH 2015).

Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN) 2015-2019 mengamanatkan bahwa Indonesia bisa mencapai 100 persen akses sanitasi layak pada tahun 2019 melalui target akses universal (*universal access*), termasuk fasilitas pengolahan air limbah domestik. Salah satu program

yang mendukung percepatan akses sanitasi layak tersebut adalah pembangunan IPAL komunal (*on site*) berbasis masyarakat (Prihandrijanti dan Firdayati 2011). Keberadaan IPAL komunal dinilai mampu meningkatkan kepedulian masyarakat sekitar terhadap peningkatan kualitas lingkungan hidup (Prisanto et al. 2015). Sistem IPAL komunal tersebut juga didesain dengan teknologi yang dapat mempermudah pengelolaan dan perawatannya (Winda dan Burhanudin 2010). Teknologi yang digunakan lebih murah dalam pembiayaan konstruksi dan operasional (tidak menggunakan energi listrik selama operasionalnya, menggunakan sistem *simplified sewerage* dengan bantuan gaya gravitasi, diameter pipa lebih kecil, dan lubang inspeksi yang lebih sedikit), lahan yang dibutuhkan tidak terlalu luas, serta efisiensi pengolahan tinggi (Prameswari dan Purnomo 2014; Rambe et al. 2014; Ulya dan Marsono 2014; Maziya et al. 2016). Keunggulan lain dari instalasi pengolahan air limbah (IPAL) dengan sistem komunal yaitu terbukti dapat mengelola air limbah domestik dan mampu menurunkan *biochemical oxygen demand* (BOD) sampai 95% (Ulum et al. 2015). Prihandrijanti dan Firdayati (2011) dalam penelitiannya mengatakan sistem pengelolaan air limbah domestik komunal sesuai untuk kawasan perkotaan karena lebih menguntungkan dalam pengoperasian dan perawatan serta menjadi solusi bagi daerah dengan tingkat kepadatan yang tinggi.

IPAL komunal di Kota Bogor yang telah dibangun dan beroperasi sampai tahun 2017 yaitu sebanyak 91 unit, baik tipe IPAL komunal saja maupun IPAL komunal dan MCK++. Secara umum IPAL komunal yang telah dibangun dibawah tahun 2015 menggunakan sistem *anaerobic baffled reactor* (ABR) murni, sedangkan tahun diatasnya ditambah dengan *anaerobic filter* (AF). Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Kusumadewi dan Handajani (2013) menunjukkan bahwa terdapat IPAL komunal yang belum dikelola dengan baik. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai kinerja dan keberlanjutan pengelolaan IPAL komunal khususnya bangunan yang sudah lama yaitu dibawah tahun 2015. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui kondisi IPAL komunal saat ini, efisiensi pengelolaan, dan status keberlanjutannya. Penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai masukan bagi pemerintah Kota Bogor untuk perencanaan dan pembangunan IPAL komunal selanjutnya.

METODE

Lokasi penelitian berada di IPAL komunal dan MCK++ Kelompok Swadaya Masyarakat/KSM Amanah (Kelurahan Sindangsari, Kecamatan Bogor

Timur), KSM Rosella (Kelurahan Pamoyanan, Kecamatan Bogor Selatan), dan KSM Cipendek Indah (Kelurahan Bubulak, Kecamatan Bogor Barat), Kota Bogor. Penetapan lokasi penelitian secara *purposive* (sengaja) dengan pertimbangan bahwa 3 lokasi IPAL komunal tersebut sudah beroperasi lebih dari 5 tahun. Lokasi penelitian juga mewakili zona area beresiko sanitasi sektor air limbah (Tabel 1).

Tabel 1 Lokasi Penelitian

Nama IPAL Komunal	Tahun Pembangunan ¹⁾	Kondisi Bangunan ²⁾	Zona Beresiko Sektor Air Limbah ³⁾
KSM Amanah	2013	Baik	Sangat tinggi
KSM Rosella	2010	Baik	Tinggi
KSM Cipendek Indah	2010	Baik	Sangat tinggi

Sumber: ¹⁾Bappeda Kota Bogor 2014b; ²⁾DLH 2016

Pengambilan sampel air limbah domestik dilakukan untuk mengetahui efisiensi kinerja IPAL komunal. Pengambilan sampel air limbah domestik dilakukan berdasarkan Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 01 Tahun 2010 tentang Tata Laksana Pengendalian Pencemaran Air 2010. Pengambilan sampel dilakukan pada fasilitas IPAL komunal (*inlet*, sistem ABR, *outlet*). Lokasi pengambilan sampel air limbah disampaikan pada Gambar 1. Parameter yang diukur yaitu *total suspended solid* (TSS), *chemical oxygen demand* (COD), minyak lemak, amonia, dan total *coliform*. Analisis air limbah dilakukan di Laboratorium Proling, Institut Pertanian Bogor.

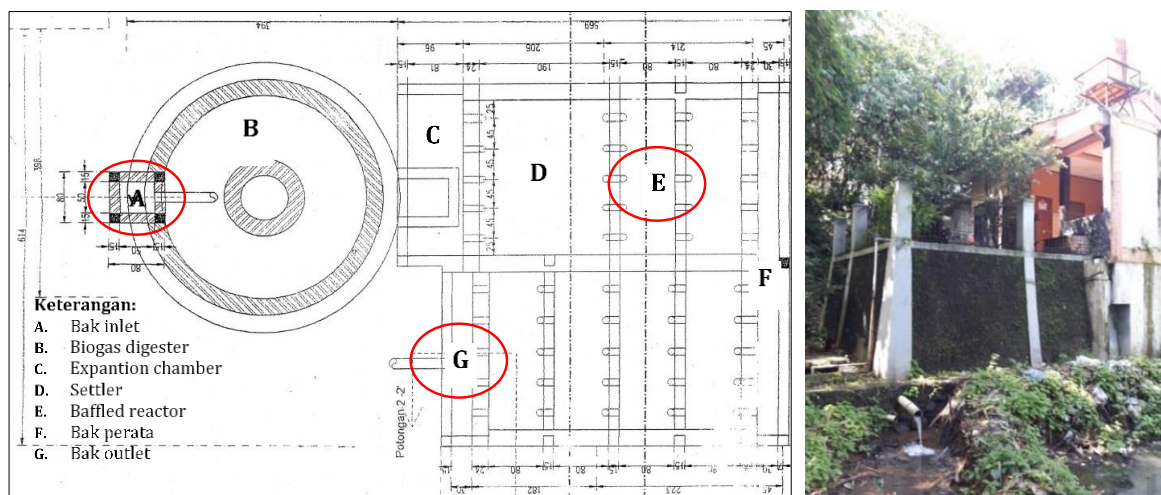
Efisiensi penyisihan polutan diperoleh dari persamaan sebagai berikut (Akratos et al. 2008):

$$R = \frac{Cin - Cout}{Cin} \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan:

- R : Efisiensi pengolahan polutan
- Cin : Konsentrasi *inlet*
- Cout : Konsentrasi *outlet*

Wawancara untuk menggali informasi pengelolaan IPAL komunal dilakukan kepada masyarakat pengguna IPAL komunal dan MCK++ yaitu sebanyak 75 responden yang dipilih secara random. Wawancara pakar dilakukan dengan metode *purposive* (secara sengaja) kepada ketua dan pengurus Kelompok Swadaya Masyarakat (KSM), Ketua Asosiasi KSM Sanitasi Seluruh Indonesia (AKSANSI) Kota Bogor, ketua Forum Kota Sehat, aparat Desa, Badan Keswadayaan Masyarakat



Gambar 1 Lokasi Pengambilan Sampel Air Limbah Domestik

Sumber: KSM Cipendek Indah 2010



(a)KSM Amanah, Sindangsari

(b)KSM Cipendek Indah, Bubulak

(c)KSM Rosella, Pamoyanan

Gambar 2 Kondisi Fisik MCK++ dan IPAL Komunal di Lokasi Studi

(BKM), Tenaga Fasilitator Lapangan (TFL), dan instansi terkait seperti Badan Perencanaan Pembangunan Daerah (Bappeda), Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang (PUPR), Dinas Kesehatan, serta Dinas Lingkungan Hidup Kota Bogor.

Analisis keberlanjutan diperoleh dari perhitungan skoring hasil wawancara terhadap responden. Hasil wawancara terstruktur terhadap responden diberi skor 1 sampai 3 yang bermakna buruk, sedang, baik. Selanjutnya status keberlanjutan didasarkan pada hasil skala dari berbagai aspek yang diukur (teknis, pembiayaan, sosial, kelembagaan, dan lingkungan). Skala 1,00 - 1,66 berarti keberlanjutannya rendah, skala 1,67 - 2,33 keberlanjutan sedang, dan skala 2,34 - 3,00 keberlanjutan tinggi (Afandi et al. 2013).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Eksisting IPAL Komunal

Ketiga lokasi penelitian merupakan lokasi MCK++ dan IPAL komunal yang dibangun antara tahun 2010 sampai 2013, dengan sistem ABR (*anaerobic baffled reactor*), dilengkapi dengan *digester*, serta terdapat sambungan rumah (SR). Dana pembangunan

fasilitas IPAL komunal dan MCK++ ini berasal dari dana alokasi khusus (DAK) program sanitasi lingkungan berbasis masyarakat (SLBM). Secara fisik ketiga bangunan MCK++ dan IPAL komunal dikelola dengan cukup baik (Gambar 2).

Gambaran kondisi eksisting dari 3 IPAL Komunal dan MCK++ yang diteliti dirangkum pada Tabel 2. Berdasarkan Tabel 2 dapat terlihat bahwa ketiga lokasi IPAL komunal telah melebihi kapasitas. Secara fisik, fasilitas bangunan MCK pada ketiga lokasi cukup terawat dan dikelola dengan cukup baik. Terdapat beberapa kendala terkait dengan pengelolaan IPAL komunal di ketiga lokasi, seperti keluhan timbulnya bau dari beberapa warga yang rumahnya didekat lokasi IPAL. Masalah lainnya yang teridentifikasi yaitu saluran tersumbat dan penuh dengan sampah pada saat hujan di perpipaian IPAL Cipendek Indah. Air limbah yang bercampur tinja meluap ke jalanan, bak kontrol sulit dibuka sehingga perlu waktu lama mengatasi luapan air limbah. Menurut informasi warga, luapan air limbah saat hujan ini dikarenakan diameter pipa yang lebih kecil di daerah hilir sehingga tidak mampu menyalurkan limpahan air limbah dan air hujan dari lokasi yang lebih tinggi.

Tabel 2 Kondisi IPAL Komunal dan MCK++ yang Diteliti

Kondisi Eksisting	KSM Amanah	KSM Rosella	KSM Cipendek Indah
Nama Ketua KSM	H. Badri Samaun	Komarudin	Achmad Zulkarnaen
Tahun Bangunan	2013	2010	2010
Sumber Pendanaan	DAK SLBM	DAK SLBM	DAK SLBM
Bahan	<i>Konkrite</i>	<i>Konkrite</i>	<i>Konkrite</i>
Kondisi Bangunan	Berfungsi	Berfungsi	Berfungsi
Fasilitas Bangunan dan MCK	3 kamar mandi dan wc wanita 2 kamar mandi dan wc pria 2 Ruang cuci 1 tempat wudhu 1 ruang operator	3 kamar mandi dan wc wanita 2 kamar mandi dan wc pria 1 ruang cuci 1 ruang untuk memasak	3 kamar mandi dan 3 wc 1 ruang cuci 1 ruang saluran gas (kosong)
Elevasi Tanah	437 m	323 m	190 m
Kedalaman Bangunan	1 – 2 m	3 m	2,7 m
Luas Tanah	100 m ²	112 m ²	90 m ²
Status Kepemilikan Lahan	Hibah	Hibah	Hibah
Lebar Jalan ke IPAL	1 m	1,2 m	1,2
Bahan Jalan	Paving Blok	Aspal	Paving Blok
Kapasitas Terbangun	53 KK	25 KK	100 kk
Jumlah Pelayanan	75 KK	25 KK + 1 pesantren + 2 SD (546 Jiwa)	80 KK 240 jiwa
Biodigester	Berfungsi untuk 1 KK	Berfungsi untuk 1 Pondok Pesantren	Tidak berfungsi
Lokasi buangan <i>outlet</i>	Sungai Cibalok	Selokan	Selokan

Sumber: Hasil Wawancara; KSM Cipendek Indah 2010; DLH 2016

Jalan menuju fasilitas IPAL cukup jauh dari jalan utama. Rata-rata akses jalan hanya dapat dilalui oleh kendaraan roda dua (Gambar 3). Kondisi ini menjadi kendala tersendiri apabila akan melakukan penyedotan lumpur. IPAL Amanah dan Rosella pernah dilakukan satu kali penyedotan lumpur, sedangkan IPAL Cipendek Indah belum pernah dilakukan penyedotan lumpur sejak difungsikan. Bantuan pemerintah berupa *gedoteng/gerobak dorong tenteng* (Gambar 4) tidak bisa dimanfaatkan karena terkendala dengan keterbatasan lokasi sehingga upaya penyedotan tidak bisa dilaksanakan.



(a)Cipendek Indah (b)Amanah (c)Rosella

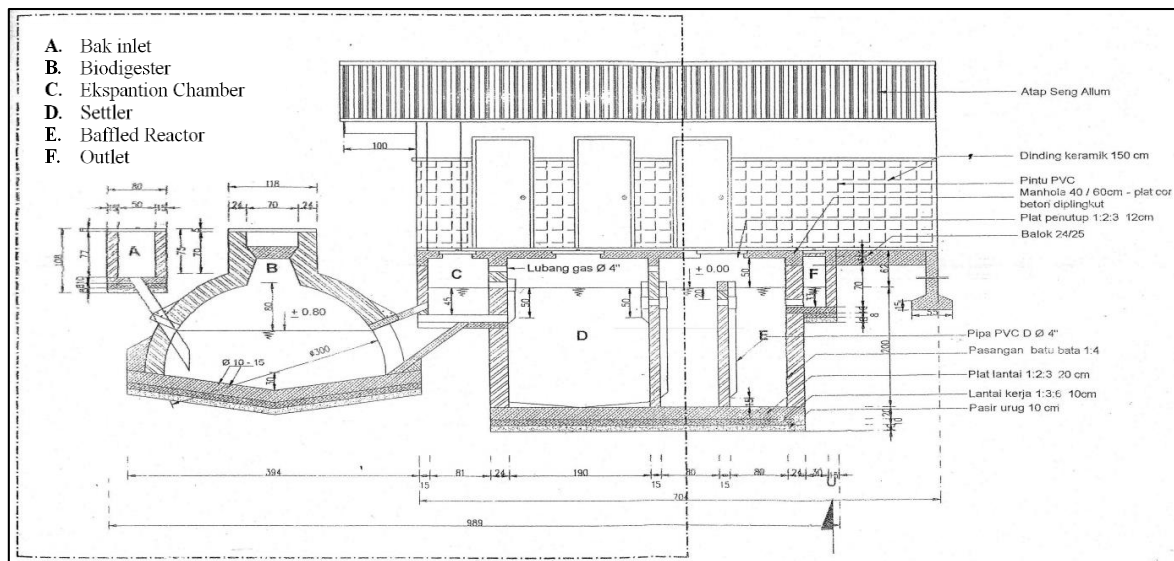
Gambar 3 Akses Jalan Menuju Lokasi IPAL Komunal



Gambar 4 Gedoteng (Gerobak Dorong Tenteng)

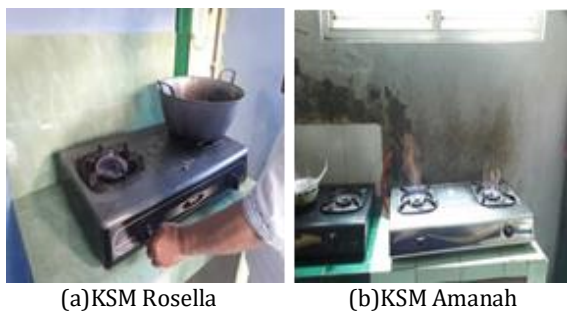
IPAL komunal yang dibangun sebelum tahun 2015 umumnya dilengkapi dengan *digester* yang diharapkan dapat memanen biogas. Secara umum instalasi *biodigester* terbangun bertipe *fixed dome/kubah* dengan diameter sebesar 3 meter (Gambar 5). Sasse (1998) menyatakan bahwa 200 liter biogas dapat dipanen dari penyisihan 1 kg COD, sedangkan untuk memenuhi kebutuhan gas satu rumah tangga diperlukan 20 m³ air limbah dengan COD tidak kurang dari 1000 mg/l. Hal ini dikarenakan kandungan COD berpengaruh pada kinerja mikroorganisme dalam membentuk gas metana (Suoth dan Nazir 2016). Menurut penelitian Rochmadi et al. (2010), biogas yang dihasilkan dari IPAL komunal sanimas menunjukkan *flowrate* 1.145 (L/day), kandungan CH₄ 87,7%; CO₂ 8%; dan kandungan lainnya 4,3%.

Instalasi biogas dinilai belum dimanfaatkan secara optimal. Sambungan biogas IPAL Amanah dimanfaatkan oleh 1 KK dan biogas dari IPAL Rosella dimanfaatkan oleh pondok pesantren, sedangkan *digester* IPAL Cipendek Indah belum dimanfaatkan karena terdapat kerusakan (Gambar 6). Hal tersebut dikarenakan tidak terpenuhinya input *biodigester* dan harga sambungan instalasi biogas yang tidak murah. Pengguna biogas IPAL Amanah menuturkan bahwa dana yang dihabiskan untuk pemasangan instalasi sekitar dua juta rupiah. Selain itu masih terdapat persepsi negatif



Gambar 5 Skema IPAL komunal dan MCK++

Sumber: KSM Cipendek Indah 2010



(a) KSM Rosella (b) KSM Amanah

Gambar 6 Pemanfaatan Biogas dari IPAL Komunal



Gambar 7 Fasilitas RO di IPAL Cikobak Indah (Kelurahan Bubulak)

masyarakat tentang biogas yang dapat menimbulkan bau dan kebocoran gas. Masyarakat sekitar umumnya mudah mendapatkan gas LPG dan tidak familiar dengan biogas.

Sebagian besar IPAL komunal yang dibangun sampai dengan tahun 2015 ditambah dengan fasilitas MCK++. Nilai tambah dari MCK tersebut selain fasilitas *biodigester* yaitu fasilitas RO. *Reverse osmosis* (RO) dibangun pada beberapa IPAL komunal dengan tujuan untuk menghasilkan air minum yang dapat dijual dan menjadi pemasukan bagi pengelolaan IPAL. Tiga lokasi penelitian yaitu IPAL Amanah, Rosella, dan Cipendek Indah tidak terdapat fasilitas RO.

Data AKSANSI Kota Bogor menyebutkan bahwa terdapat sekitar 23 lokasi yang terdapat fasilitas RO tetapi hanya 13 lokasi yang masih aktif. Kualitas air yang dihasilkan dari RO ini secara berkala dipantau oleh Dinas Kesehatan Kota Bogor. Berdasarkan data analisis sampel tahun 2016, terdapat 3 lokasi RO

yang tidak memenuhi standar (Dinas Kesehatan Kota Bogor 2017). Salah satu RO yang tidak dimanfaatkan adalah RO IPAL Cikobak Indah (Gambar 7). IPAL Cikobak Indah berlokasi hanya beberapa meter dari IPAL Cipendek Indah, akan tetapi IPAL ini tidak dikelola dengan baik, terjadi kerusakan fasilitas dan kelompok swadaya masyarakat (KSM) tidak berfungsi. Hal inilah yang menyebabkan fasilitas RO menjadi terabaikan.

Fasilitas RO yang dapat difungsikan seperti RO IPAL Cilibende ternyata masih kurang optimal. Peminat air hasil RO masih jarang karena masyarakat tidak yakin akan kualitas air yang dihasilkan, apalagi menggunakan sumber air didekat IPAL. Hasil analisis kualitas air RO Cilibende yang dipasang di ruang RO menunjukkan memenuhi kriteria untuk dikonsumsi, akan tetapi belum dapat menarik minat warga. Pemeliharaan fasilitas RO juga tidak sederhana dan membutuhkan perawatan instalasi berkala.

Tabel 3 Hasil Pengukuran Air Limbah Domestik di KSM Rosella (Kelurahan Pamoyanan)

Parameter	Ulangan	IPAL Komunal dan MCK ++ KSM Rosella			Efisiensi (%)
		Inlet	IPAL (Ruang ABR)	Outlet	
TSS (mg/L)	1	342	18	27	92,1
	2	67	14	15	77,6
COD (mg/L)	1	206,96	115,19	137,34	33,6
	2	105,70	99,37	115,19	-
Minyak Lemak (mg/L)	1	8	2	3	62,5
	2	7	2	2	71,4
Amonia (mg/L)	1	16,426	17,134	15,213	7,4
	2	6,926	3,170	1,764	74,5
Total Coliform (MPN/ 100mL)	1	>160000	>160000	>160000	-
	2	>160000	160000	160000	-

Sumber: Hasil Analisis Laboratorium, 2017

Efisiensi Pengolahan IPAL Komunal

Fasilitas IPAL komunal (*on site*) di Kota Bogor yang dibangun sampai dengan tahun 2015 menggunakan sistem ABR. Sistem ABR merupakan suatu sistem pengolahan air limbah secara biologis yang dapat memisahkan zat padat tersuspensi dengan proses anaerobik (Chahyati et al. 2013). Sebagai upaya untuk mengetahui kinerja dari IPAL komunal dengan sistem ABR, maka dilakukan pengambilan sampel air limbah domestik pada *inlet*, sistem ABR, dan *outlet* yang dilakukan sebanyak 2 kali pengambilan sampel pada hari yang berbeda.

Hasil pengukuran terhadap kinerja IPAL komunal dari KSM Rosella (Tabel 3) menunjukkan bahwa IPAL dapat menurunkan kandungan TSS, COD, minyak lemak, dan amonia. Efisiensi penyisihan TSS, COD, minyak lemak, dan amonia secara berturut-turut sebesar 77,6% - 92,1%; 33,6%; 62,5% - 71,4%; dan 7,4% - 74,5% (Tabel 3). Sistem ABR pada IPAL ini ternyata mampu menurunkan kandungan minyak lemak menjadi 2 - 3 mg/L sehingga aman dibuang ke lingkungan. Kandungan minyak dan lemak pada *inlet* IPAL Rosella cenderung tinggi 7 mg/L - 8 mg/L. Perpipaian IPAL Rosella diketahui sering tersumbat oleh minyak lemak yang membentuk gumpalan. Tingginya kandungan minyak dan lemak dapat menghambat fungsi IPAL baik secara fisik maupun kemampuan kerjanya.

Parameter air limbah pada *outlet* IPAL Rosella yang tidak memenuhi baku mutu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI No. P.68/Menlhk/Setjen/Kum.1/8/2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik 2016 adalah COD, amonia, dan total *coliform*. Hasil uji analisis *inlet* menunjukkan jumlah total *coliform* >160.000 MPN/100mL yang berarti adanya kontaminasi limbah kotoran manusia, padahal sistem perpipaian IPAL Rosella telah memisahkan antara air limbah domestik dengan tinja. Sistem ABR juga dinilai tidak signifikan

dalam menurunkan kandungan total *coliform* karena kandungannya pada *outlet* masih tinggi yaitu mencapai 160.000 MPN/100mL.

IPAL Cipendek Indah mampu menurunkan parameter total *coliform*, akan tetapi nilainya masih melebihi baku mutu dimana nilainya masih diatas 3.000 MPN/100mL (Tabel 4). Tingginya total *coliform* pada *outlet* disebabkan sistem ABR mengolah air limbah domestik dan tinja. IPAL Cipendek Indah belum pernah dilakukan pengurusan sehingga ada kemungkinan endapan tinja terbawa sampai ke *outlet*. Efisiensi penyisihan COD pada IPAL ini sebesar 5,5% sampai 8,7% dan penyisihan TSS mencapai 68%, sedangkan penyisihan minyak lemak mencapai 66,7% (Tabel 4). Parameter *outlet* yang melebihi baku mutu yaitu TSS, COD, dan total *coliform*.

Berbeda dengan 2 IPAL sebelumnya, pada *outlet* IPAL Amanah yang tidak memenuhi baku mutu hanya komponen total *coliform*. Air limbah yang masuk ke sistem perpipaian di IPAL Amanah merupakan campuran air limbah domestik dari dapur, kamar mandi, dan wc. Hal ini terlihat dari hasil analisis total *coliform* pada *inlet* IPAL Amanah yang sangat tinggi >160.000 MPN/100mL karena bercampur dengan tinja. Air buangan yang mengandung total *coliform* yang sangat tinggi ini



(a)Ulangan 1

(b)Ulangan 2

Gambar 8 Pengambilan Sampel Inlet Air Limbah di KSM Amanah, Sindangsari

Tabel 4 Hasil Pengukuran Air Limbah Domestik di KSM Cipendek Indah (Kelurahan Bubulak)

Parameter	Ulangan	IPAL Komunal dan MCK++ KSM Cipendek Indah			
		Inlet	IPAL	Outlet	Efisiensi (%)
TSS (mg/L)	1	82	30	32	61
	2	111	41	35	68,5
COD (mg/L)	1	115,19	105,70	108,86	5,5
	2	108,86	102,53	99,37	8,7
Minyak Lemak (mg/L)	1	<1	<1	<1	0
	2	3	1	1	66,7
Amonia (mg/L)	1	0,386	0,935	0,89	-
	2	8,177	9,931	9,239	-
Total Coliform (MPN/100mL)	1	>1600000	43000	43000	-
	2	1600000	1600000	>1600000	-

Sumber: Hasil Analisis Laboratorium, 2017 dan 2018

Tabel 5 Hasil Pengukuran Air Limbah Domestik di KSM Amanah (Kelurahan Sindangsari)

Parameter	Ulangan	IPAL Komunal dan MCK++ KSM Amanah			
		Inlet	IPAL	Outlet	Efisiensi (%)
TSS (mg/L)	1	19	37	18	5,3
	2	142	141	28	80,1
COD (mg/L)	1	82,06	83,26	81,8	0,3
	2	89,23	88,80	86,22	3,4
Minyak Lemak (mg/L)	1	1	1	1	0
	2	1	1	1	0
Amonia (mg/L)	1	0,367	12,205	7,914	-
	2	6,398	12,788	8,905	-
Total Coliform (MPN/100mL)	1	>1600000	>1600000	>1600000	-
	2	>1600000	>1600000	>1600000	-

Sumber: Hasil Analisis Laboratorium, 2017

perlu menjadi perhatian karena dapat mencemari perairan serta berbahaya bagi kesehatan.

Kandungan minyak lemak pada *inlet*, IPAL, dan *outlet* IPAL Amanah hanya 1 mg/L (batas baku mutu aman untuk dibuang ke lingkungan 5 mg/L). Rendahnya kandungan minyak lemak di *inlet* mengindikasikan bahwa karakteristik buangan air limbah dari masyarakat pada jam pengambilan sampel 09.00 WIB hanya sedikit mengandung minyak lemak (Gambar 8).

Ditinjau dari kemampuan pengolahannya, efisiensi IPAL Amanah dalam menyisihkan TSS berkisar antara 5,3% - 80,1% dan penyisihan COD 0,3% - 3,4% (Tabel 5). Sistem ABR pada IPAL ini belum mampu menurunkan kadar amonia secara signifikan. Kandungan amonia dari *inlet* yang berkisar antara 0,367 mg/L - 6,398 mg/L naik menjadi 7,914 mg/L - 8,905 mg/L.

Kandungan amonia pada semua IPAL menunjukkan peningkatan saat berada dalam kompartemen ABR.

Pada kompartemen ABR diketahui terjadi proses perombakan bahan organik yang mengandung protein oleh bakteri secara anaerobik sehingga akan meningkatkan kadar amonia. Menurut penelitian Harahap (2013), semakin besar debit air limbah masuk dalam sistem maka kemampuan menurunkan kandungan amonia semakin kecil, begitu pula sebaliknya. Hal ini sejalan dengan informasi kondisi di lapangan bahwa pengguna IPAL Amanah, Rosella, dan Cipendek Indah lebih besar dari kapasitas IPAL yang otomatis meningkatkan debit air limbah ke dalam sistem IPAL.

Berdasarkan kriteria desain oleh Sasse (1998) diketahui bahwa efisiensi sistem ABR dalam penyisihan COD berkisar 65% - 90% dan penyisihan BOD berkisar 70% - 95%. Oleh karena itu dapat dikatakan bahwa 3 IPAL komunal tersebut belum memenuhi kriteria yang diharapkan. Efisiensi penyisihan COD dari ketiga IPAL tersebut antara 0,3% sampai 33,6%. Kemampuan penyisihan COD tertinggi yaitu IPAL Rosella (33,6%), kemungkinan dipengaruhi pengurusan yang dilaksanakan

beberapa bulan sebelumnya sehingga meningkatkan kemampuan IPAL. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Hastuti et al. (2017), efisiensi penyisihan kandungan bahan organik dari sistem ABR dipengaruhi oleh karakteristik air limbah, proses aklimatisasi di unit proses, pengelolaan yang dilakukan, pemakaian air, serta faktor lainnya seperti limpasan air permukaan dan sampah.

Status Keberlanjutan IPAL Komunal

Berdasarkan hasil skoring terhadap aspek teknis, pembiayaan, sosial, kelembagaan, dan lingkungan menunjukkan bahwa status keberlanjutan pengelolaan IPAL komunal termasuk dalam kategori keberlanjutan sedang yaitu 1,68. Skoring status keberlanjutan pengelolaan IPAL komunal tersebut ditampilkan pada Tabel 6. Aspek kelembagaan dan sosial memberikan kontribusi yang besar terhadap keberlanjutan pengelolaan IPAL komunal dengan nilai keberlanjutan secara berturut-turut 2,00 dan 2,12. Aspek kelembagaan berupa keberadaan Kelompok Swadaya Masyarakat (KSM). KSM dinilai sangat berperan penting dalam pengelolaan IPAL komunal, terutama terkait dengan pengelolaan dan pemeliharaan fasilitas.

Aspek sosial yaitu partisipasi masyarakat cukup baik, dimulai dari tahap konstruksi pembangunan sampai tahap operasi. Pada tahap operasi peran serta masyarakat lebih cenderung pada pemberian iuran saja, keaktifan dalam ikut memelihara IPAL komunal masih kurang dan pemeliharaan lebih dibebankan pada operator atau pengelola IPAL komunal (KSM). Masyarakat menganggap bahwa pemeliharaan memang seharusnya dilakukan oleh operator atau pengelola KSM karena mereka sudah memberikan iuran setiap bulannya.

Tabel 6 Skoring Status Keberlanjutan Pengelolaan IPAL Komunal di Kota Bogor

Aspek Keberlanjutan	Nilai Keberlanjutan
Aspek Teknis	1,40
Aspek Pembiayaan	1,89
Aspek Sosial	2,12
Aspek Kelembagaan	2,00
Aspek Lingkungan	1,00
Jumlah	8,41
Rata-Rata	1,68
Kategori Status Keberlanjutan	Sedang

Sumber: Hasil Analisis, 2018

Aspek pembiayaan, teknis, dan lingkungan menunjukkan kontribusi yang rendah terhadap keberlanjutan pengelolaan IPAL komunal. Pada awal pembangunan IPAL komunal, pembiayaan ditanggung semua oleh Pemerintah karena memang membutuhkan dana yang cukup besar. Pada fase operasi, masyarakat yang berperan dalam pengelolaan dan pemeliharaan IPAL. Masyarakat pengguna IPAL komunal khususnya di KSM Amanah dan Cipendek Indah cukup aktif dalam mendukung pembiayaan dengan membayar iuran untuk pengelolaan IPAL komunal, sedangkan iuran di KSM Rosella sudah tidak aktif sejak tahun 2014. Masyarakat pemanfaat IPAL komunal bersedia untuk membayar iuran tiap bulannya untuk pemeliharaan dan iuran lain, hanya beberapa orang yang menyatakan keberatan. Iuran yang dikumpulkan setiap bulan tersebut masih tidak mencukupi untuk biaya pemeliharaan terutama bila terjadi kerusakan berat atau keperluan penyedotan lumpur. Apabila ada kerusakan yang membutuhkan dana besar, masyarakat akan diminta iuran diluar iuran wajib tiap bulannya karena tidak tersedianya simpanan dana.

Segi teknis yaitu pemeliharaan masih kurang optimal. Pemeliharaan yang dilakukan masih sebatas pengecekan saluran dan pembersihan fasilitas MCK. Pemeliharaan yang sifatnya menunjang efisiensi IPAL seperti pengurusan masih jarang dilakukan. Kondisi ideal dilakukan pengurusan pada IPAL komunal yaitu bak *biodigester* dan *settler* setiap 2 tahun sekali, serta *baffled reactor* setiap 3 tahun sekali. Pemeliharaan yang kurang baik menjadi salah satu penyebab rendahnya efisiensi penyisihan polutan sehingga beberapa parameter *outlet* masih melebihi baku mutu.

Sebagai upaya meningkatkan keberlanjutan pengelolaan IPAL komunal maka diperlukan untuk meningkatkan faktor-faktor yang berkontribusi pada keberlanjutan dan memperbaiki faktor penghambatnya. KSM sebagai kelembagaan pengelola IPAL komunal juga masih perlu ditingkatkan kapasitasnya. KSM dijalankan bukan sekedar sebagai pengelola IPAL komunal tetapi dapat memicu partisipasi masyarakat dalam pengelolaan IPAL komunal yang berkelanjutan. Kebutuhan biaya pengelolaan IPAL komunal tidak terselesaikan dengan iuran dan pemasukan dari penjualan air minum (bagi beberapa IPAL komunal dengan fasilitas RO). Oleh karena itu diperlukan inovasi pembiayaan tukar manfaat sehingga masyarakat pengguna IPAL merasa ikut memiliki dan bersedia membayar lebih.

KESIMPULAN

Secara umum tiga lokasi IPAL komunal masih dimanfaatkan dan dikelola dengan cukup baik walaupun telah melebihi kapasitas desain. Fasilitas tambahan pada IPAL komunal berupa *biodigester* dan RO dinilai tidak berfungsi secara optimal. Kinerja IPAL komunal dengan sistem ABR dipengaruhi oleh karakteristik limbah, debit air limbah yang masuk ke dalam sistem IPAL, dan pengelolaan. Status keberlanjutan pengelolaan IPAL komunal di Kota Bogor tergolong keberlanjutan sedang. Aspek yang berkontribusi dalam keberlanjutan yaitu aspek sosial (partisipasi masyarakat) dan kelembagaan (keberadaan KSM).

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada EOS Consultants pt. atas dukungan dalam pembiayaan penelitian. Penghargaan yang tinggi disampaikan kepada Bappeda, Dinas PUPR, Dinas Kesehatan, dan Dinas Lingkungan Hidup Kota Bogor atas penyediaan data dan diskusi selama penelitian. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada ketua KSM Amanah, ketua KSM Cipendek Indah, KSM Rosella, Ketua AKSANSI Kota Bogor, Ketua Forum Kota Sehat, BKM Sobat Bubulak, BKM PWK Sindangsari, BKM Bina Mandiri Pamoyanan, Aparat Kelurahan Sindangsari, Aparat Kelurahan Pamoyanan, Aparat Kelurahan Bubulak, dan TFL IDB Kota Bogor.

DAFTAR PUSTAKA

- Afandi, Y.V., Henna Rya Sunoko, dan Kismartini. 2013. "Status Keberlanjutan Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik Komunal Berbasis Masyarakat Di Kota Probolinggo." *Jurnal Ilmu Lingkungan* 11 (2): 100-109. <https://doi.org/10.14710/jil.11.2.100-109>.
- Akratos, C.S., John N.E. Papaspyros, dan Vassilios A. Tsihrintzis. 2008. "An Artificial Neural Network Model and Design Equations for BOD and COD Removal Prediction in Horizontal Subsurface Flow Constructed Wetlands." *Chemical Engineering Journal* 143 (2008): 96-110.
- [Bappeda] Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Kota Bogor. 2014a. *Buku Putih Sanitasi Kota Bogor*. Bogor: Pemerintah Kota Bogor.
- . 2014b. Laporan Survey Penilaian Resiko Kesehatan Lingkungan - Environmental Health Risk Assessment (EHRA) Kota Bogor 2014. Bogor: Pemerintah Kota Bogor.
- [BPLH] Badan Pengelolaan Lingkungan Hidup. 2015. *Status Lingkungan Hidup Daerah (SLHD) Kota Bogor, Provinsi Jawa Barat 2015*. Bogor: Pemerintah Kota Bogor.
- Chahyati, C., Sutrisno, dan Dedi Falahuddin. 2013. "Strategi Pengelolaan Air Limbah Domestik Kecamatan Kalianget Kabupaten Sumenep." *MITSU* 1 (2): 1-10.
- Dinas Kesehatan Kota Bogor. 2017. "Data Sampel DAM Tahun 2017." Bogor.
- [DLH] Dinas Lingkungan Hidup. 2016. "Laporan Akhir Pengujian Kualitas Limbah Sanimas Tahun 2016." Bogor.
- Harahap, Sampe. 2013. "Pencemaran Perairan Akibat Kadar Amoniak Yang Tinggi Dari Limbah Cair Industri Tempe." *Jurnal Akuatika* IV (2): 183-94.
- Hastuti, E., Reni Nuraeni, dan Sri Darwati. 2017. "Pengembangan Proses Pada Sistem Anaerobic Baffled Reactor Untuk Memenuhi Baku Mutu Air Limbah Domestik." *Jurnal Peremukiman* 12 (2): 70-79.
- [KSM] Kelompok Swadaya Masyarakat Cipendek Indah. 2010. "Rencana Kerja Masyarakat (RKM) Program Sanitasi Lingkungan Berbasis Masyarakat (SLBM)." Bogor.
- Kusumadewi, A.A., dan Marisa Handajani. 2013. "Evaluasi Kerja Sanimas Di Kota Bogor (Studi Kasus: Kelurahan Tajur Dan Harjasari)." http://publikasi.ftsl.itb.ac.id/assets/repositori/2013_10_19/2/1_2_15309062_berkas.pdf.
- Maziya, F.B., Evy Hendriarianti, dan Nieke Karnaningroem. 2016. "Studi Optimasi IPAL Komunal Kota Malang Dengan Pendekatan Model Stella." *Jurnal Purifikasi* 16 (11-21).
- [Permen] Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI No.P.68/Menlhk/Setjen/Kum.1/8/ 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik.
- [Permen] Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 01 Tahun 2010 tentang Tata Laksana Pengendalian Pencemaran Air.
- Prameswari, RA Prahastiwi, dan Alfian Purnomo. 2014. "Perencanaan Pelayanan Air Limbah Komunal Di Desa Krasak Kecamatan Jatibarang Kota Indramayu." *Jurnal Teknik Pomits* 3 (2): 81-84.
- Prihandrijanti, M., dan Mayrina Firdayati. 2011. "Current Situation and Considerations of Domestic Wastewater Treatment Systems for Big Cities in Indonesia (Case Study: Surabaya and Bandung)." *Journal of Water Sustainability* 1 (2): 97-104.
- Prisanto, D.E., Bagyo Yanuwadi, dan Soemarno. 2015. "Studi Pengelolaan IPAL (Instalasi Pengolahan Air Limbah) Domestik Komunal Di Kota Blitar, Jawa Timur." *J-PAL* 6 (1): 74-80.
- Rambe, S.M., Iriany, dan Irvan. 2014. "Pengaruh Waktu Tinggal Terhadap Reaksi Hidrolisis Pada Pra-Pembuatan Biogas Dari Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit." *Jurnal Dinamika Penelitian Industri* 25 (1): 23-30.

- Rochmadi, R., I. Ciptaraharja, dan T. Setiadi. 2010. "Evaluation of the Decentralized Wastewater Treatment Plants in Four Provinces in Indonesia." *Water Practice & Technology* 5 (4): 1–6.
- Sasse, Ludwig. 1998. *Decentralised Wastewater Treatment in Developing Countries*. Germany: BORDA (Bremen Overseas Research and Development Association).
- Suoth, A.E., dan Ernawita Nazir. 2016. "Karakteristik Air Limbah Rumah Tangga (Grey Water) Pada Salah Satu Perumahan Menengah Keatas Yang Berada Di Tangerang Selatan." *Ecolab* 10 (2): 47–102.
- Ulum, H.G., Suherman, dan Syafrudin. 2015. "Kinerja Pengelolaan IPAL Berbasis Masyarakat
USRI Kelurahan Ngijo, Kecamatan Gunung Pati, Kota Semarang." *Jurnal Ilmu Lingkungan* 13 (2): 65–71.
- Ulya, Azimah, dan Bowo Djoko Marsono. 2014. "Perencanaan SPAL Dan IPAL Komunal Di Kabupaten Ngawi (Studi Kasus Perumahan Karangtengah Prandon, Perumahan Karangasri Dan Kelurahan Karangtengah)." *Jurnal Teknik Pomits* 3 (2): 157–61.
- Winda, dan Hani Burhanudin. 2010. "Percepatan Penerapan Teknologi Pembuangan Limbah Domestik Onsite Sistem Komunal Berbasis Partisipasi Masyarakat." *Jurnal Perencanaan Wilayah Dan Kota* 10 (2): 1–14.