



Redesain Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) dengan Penambahan Unit Biodigester Skala Komunal Kapasitas 5 m³

Muhammad Qarinur¹, Wisnu Prayogo¹, Tri Rahayu², dan Laili Fitria³

¹Program Studi Teknik Sipil Universitas Negeri Medan

²Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

³Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Tanjungpura

E-mail : wisnuprayogo@unimed.ac.id

Abstract

IPAL as a wastewater treatment facility from MCK activities in Sindangsari Village has been managed by KSM Amanah since 2013 and is still operating today. This WWTP accepts domestic waste input of 14,656 m³/day from 50 house connections and communal toilets with a total of 200-230 users per day. The management unit in the WWTP uses the DEWATS system which is equipped with a settler, biodigester, and ABR as a multilevel sedimentation and filtration tank. Communal MCK consists of 5 bathrooms and 1 operational room which is still functioning today. The condition of ABR is already filled with mud and there is a lot of garbage in it, so this condition can reduce the effectiveness of the existing WWTPs. For this reason, the domestic liquid waste produced must go through several processing stages so that the content of domestic liquid waste that will be disposed of to the environment is safe or can even be reused and as much as possible provides additional benefits in the form of biogas. The purpose of this study is to evaluate the domestic WWTP used and compare it with the domestic wastewater quality standards listed in the Minister of Environment and Forestry Regulation No. 68 of 2016. In addition, to maintain the MCK facilities that have been built, it is necessary to provide SOP guidance for both users and managers.

Keywords: WWTP; DEWATS; domestic waste

Abstrak

IPAL sebagai fasilitas pengolahan air limbah dari aktivitas MCK di Kelurahan Sindangsari dikelola oleh KSM Amanah sejak tahun 2013 dan masih beroperasi sampai saat ini. IPAL ini menerima masukan limbah domestik sebesar 14,656 m³/hari dari 50 sambungan rumah dan MCK Komunal dengan total pengguna sebanyak 200-230 orang per hari. Unit pengelolaan yang terdapat pada IPAL menggunakan sistem DEWATS yang dilengkapi bak settler (pengendap), biodigester, dan ABR sebagai bak pengendapan bertingkat dan penyaringan. MCK Komunal terdiri dari 5 kamar mandi dan 1 ruang operasional yang masih berfungsi sampai saat ini. Kondisi ABR sudah dipenuhi lumpur dan terdapat banyak sampah di dalamnya sehingga kondisi ini dapat mengurangi efektivitas IPAL yang sudah ada. Untuk itu, limbah cair domestik yang dihasilkan harus melalui beberapa tahapan pengolahan agar limbah cair domestik aman dibuang ke lingkungan atau bahkan dapat dimanfaatkan kembali serta sebisa mungkin memberikan manfaat tambahan berupa biogas. Tujuan dari penelitian ini untuk mengevaluasi IPAL domestik yang digunakan dan dibandingkan dengan baku mutu air limbah domestik yang tercantum pada Permen LHK No. 68 tahun 2016. Selain itu, untuk menjaga fasilitas MCK yang sudah dibangun, perlu diberikan pengarahan SOP baik bagi pengguna dan juga pengelola.

Kata Kunci: IPAL, DEWATS, limbah domestik, biogas.

PENDAHULUAN

Penurunan daya dukung lingkungan merupakan salah satu akibat dari pertumbuhan penduduk yang begitu cepat khususnya yang terjadi di wilayah perkotaan Indonesia (Prihatin, 2016; Samodro dkk., 2020). Limbah secara alamiah maupun tidak akan dihasilkan selama adanya aktivitas manusia. Oleh karena itu, dampak yang ditimbulkan tersebut harus disikapi dengan tepat terutama peningkatan konsumsi air minum akibat penambahan penduduk, akan menambah jumlah air limbah yang perlu dikelola dengan baik (Almufid, 2020; Setiadi, 2011). Tidak adanya proses pengelolaan hasil pembuangan air limbah akan mengakibatkan terjadinya pencemaran air permukaan maupun air tanah yang merupakan sumber air baku untuk minum dan keperluan hidup sehari-hari (Gufran & Mawardi, 2019; Widiyanto dkk., 2015). Fasilitas pengelolaan air limbah terdiri atas sarana penyaluran dan pengolahan. Pengolahan ini dapat dilakukan dengan metode setempat (*on-site*) maupun terpusat (*off-site*) (Marhadi, 2016; Rifai & Nugroho, 2018).

Dalam rangka mempercepat pemenuhan kebutuhan akan sanitasi yang layak, maka dibuatlah program sanitasi berbasis masyarakat (SANIMAS) (Pedoman Teknis Pelaksanaan Kegiatan Padat Karya Direktorat Jenderal Cipta Karya, 2020). Penyediaan prasarana dan sarana air limbah untuk pemukiman masyarakat berpenghasilan rendah yang menempati lokasi yang padat penduduk, kumuh, dan rawan sanitasi di perkotaan merupakan sasaran dari program SANIMAS. Keterlibatan langsung masyarakat pada setiap tahapan pelaksanaannya merupakan implementasi dari pendekatan tanggap kebutuhan pada masyarakat (*demand responsive approach*). Salah satu program SANIMAS yang terdapat di Kelurahan Sindangsari, Kota Bogor, berupa MCK dengan tambahan fasilitas biodigester. MCK komunal ini dikelola oleh Kelompok Swadaya Masyarakat (KSM) Amanah sejak tahun 2013 dan masih beroperasi sampai saat ini. Dalam rangka optimalisasi instalasi pengeolaan limbah cair pada Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) komunal, maka dilakukan proyek perbaikan yang dilakukan oleh PT. AKE bersama dengan CV. Energi Persada. Pendanaan proyek ini merupakan satu bagian dari *Urban Low Emission Development Strategies Phase II (Urban-LEDS II)* yang diselenggarakan oleh *UN-Habitat* dan *ICLEI-Local Governments* untuk menggalakkan program "*Climate Action Plan*" yang berkontribusi dalam mengurangi emisi gas rumah kaca (GHG). Sektor yang ditangani lebih lanjut adalah sektor pengelolaan air limbah yang akan berkontribusi dalam GHG, yaitu metana (CH₄).

IPAL yang sudah ada diharapkan mampu mengolah air limbah yang dihasilkan dari aktivitas warga sehingga tidak menghasilkan efluen yang mencemari lingkungan, namun justru memberikan manfaat bagi masyarakat dan lingkungan sekitar. Agar mencapai hal tersebut, maka perlu dilakukan evaluasi terhadap kuantitas dan kualitas efluen air limbah yang dihasilkan dari IPAL. Selain itu, perlu juga dilakukan evaluasi terhadap operasional perawatan dan pemeliharaan pada IPAL MCK Komunal agar dapat menjaga kualitas dan kuantitas efluen air limbah yang dihasilkan serta menjaga efektivitas unit-unit pengolahan yang digunakan. Penelitian ini bertujuan meredesain IPAL di KSM Amanah dengan menambahkan Digester Biogas Skala Komunal 5 m³.

METODE PENELITIAN

A. IPAL MCK KSM Amanah

KSM Amanah berlokasi di Kampung Wangun Atas, RT 03 RW 01, Kelurahan Sindangsari, Kecamatan Bogor Timur, Kota Bogor, Provinsi Jawa Barat. KSM Amanah adalah penanggung jawab (pihak pelaksana pengelolaan dan perawatan) fasilitas SANIMAS berupa MCK Komunal dan biodigester di Kelurahan Sindangsari (Gambar 1). Pada tahun 2013, KSM Amanah telah merancang dan membangun fasilitas MCK

komunal melalui program SANIMAS dari Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) Republik Indonesia yang direncanakan untuk melayani kebutuhan MCK 200 jiwa. Fasilitas MCK terdiri dari WC dan kamar mandi 5 pintu, ruang teknisi, dan unit pengolah air limbah. Unit pengolah limbah terdiri dari saluran air kotor dari rumah penduduk dilengkapi bak *settler* (pengendap), reaktor *digester* untuk biogas, dan *anaerobic baffled reactor* (ABR) sebagai bak pengendapan bertingkat dan penyaringan. Pemasangan jaringan perpipaan dari rumah ke IPAL Komunal terus bertambah setiap tahunnya. Hasil survei pada Juli 2021 diperoleh data sebanyak 50 KK atau sekitar 199 jiwa telah memiliki akses sanitasi yang memadai dengan menyambungkan saluran air limbahnya ke IPAL/MCK Komunal Amanah.



Gambar 1. MCK Komunal KSM Amanah

B. Air Limbah Domestik

Air limbah domestik adalah air yang telah dipergunakan dan berasal dari rumah tangga atau permukiman yang bersumber dari WC/kakus/jamban yang disebut dengan istilah *black water*, dan kamar mandi, tempat cuci, dan tempat memasak (dapur) yang disebut dengan istilah *grey water*. Peraturan mengenai karakteristik limbah cair domestik yang boleh dibuang ke lingkungan terdapat dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan (Permen LHK) Republik Indonesia No. 68 Tahun 2016 (Tabel 1).

Tabel 1. Baku mutu air limbah domestik (Baku Mutu Air Limbah Domestik, 2016).

No	Parameter	Satuan	Kadar Maksimum
1	pH	-	6 - 9
2	BOD	mg/l	30
3	COD	mg/l	100
4	TSS	mg/l	30
5	Minyak dan lemak	mg/l	5
6	Amonia	mg/l	10
7	Total coliform	Jumlah/100 ml	3000
8	Debit	L/orang/hari	100

C. Sistem Penyaluran Air Buangan

Terdapat dua sistem untuk menangani air limbah domestik, yaitu sistem sanitasi setempat (*on-site sanitation*) dan sistem sanitasi terpusat (*off-site sanitation*) (Marhadi, 2016; Rifai & Nugroho, 2018). Sistem sanitasi setempat adalah sistem pembuangan air limbah dimana air limbah tidak dapat dikumpulkan serta disalurkan ke dalam suatu jaringan saluran yang akan membawanya ke suatu tempat pengolahan air buangan atau badan air penerima, melainkan di buang di tempat. Sistem sanitasi terpusat merupakan sistem pembuangan air buangan rumah tangga yang menyalurkan dari lokasi pekarangan masing-masing rumah ke saluran pengumpul air buangan dan selanjutnya disalurkan

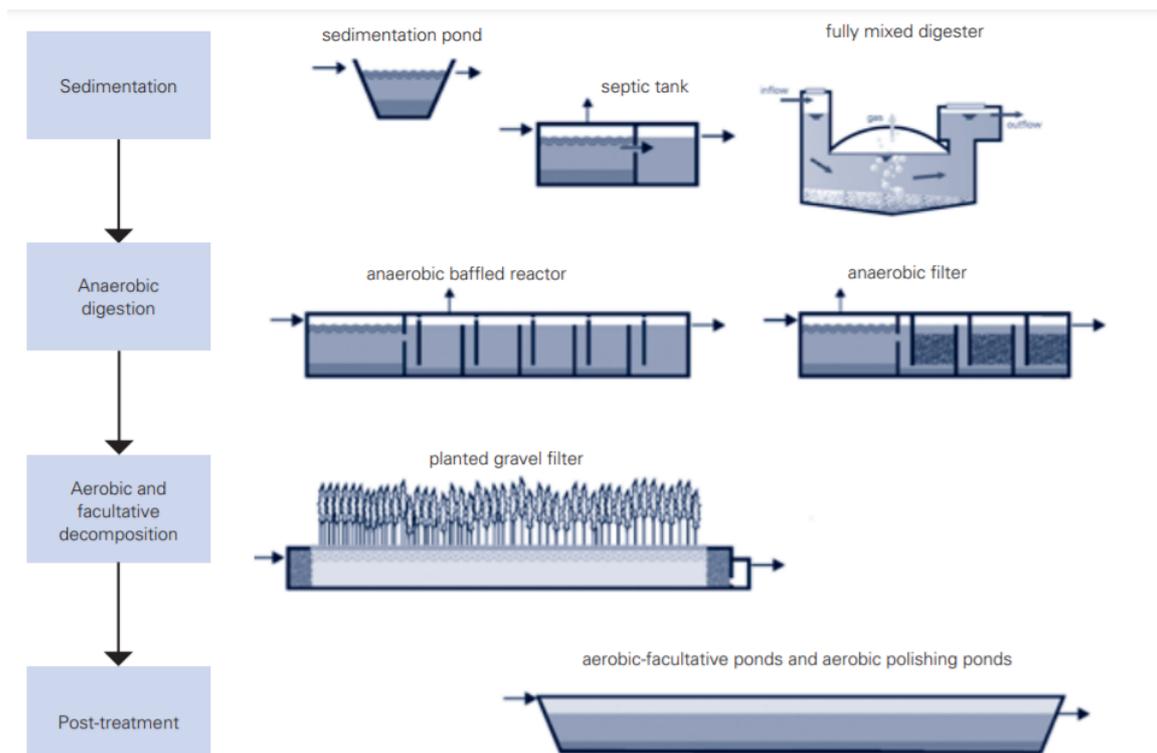
secara terpusat ke bangunan pengolahan air buangan (IPAL) sebelum pada akhirnya dibuang ke badan air, seperti sungai.

D. Sistem Pengelolaan DEWATS

Pengelolaan terdiri dari berbagai prosedur yang mengurangi efek negatif dari polutan, dengan melepaskan atau mengubah zat berbahaya menjadi keadaan yang tidak berbahaya atau kurang berbahaya. Sistem pengolahan DEWATS didasarkan pada 4 sistem pengolahan sebagai berikut:

1. Pengolahan awal dan sedimentasi. Sedimentasi dan pengolahan primer pada kolam sedimentasi, septik tank atau *Imhoff tank*.
2. Pengolahan sekunder anaerobik dengan reaktor *fixed bed* atau reaktor *baffle*. Pengolahan anaerob sekunder pada *fixed bed filters (anaerobic filters)* atau *baffled* septik tank.
3. Pengolahan tersier aerobik/ anaerobik pada sistem filter aliran bawah tanah. Pengolahan anaerobik atau aerobik sekunder dan tersier pada *constructed wetlands (subsurfaceflow filters)*
4. Pengolahan tersier aerobik/ anaerobik di dalam kolam.

Secara garis besar, proses yang terjadi dapat diamati pada Gambar 2.



Gambar 2. Skema Konfigurasi DEWATS (BORDA, 2016)

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Kuantitas Air Limbah yang Masuk ke Sistem

Air limbah yang masuk ke dalam IPAL MCK merupakan campuran *gray water* dan *black water* dari 199 orang penduduk ditambah dengan 30 orang pengguna harian MCK. Sehingga air limbah yang dihasilkan berasal dari sekitar 229 orang penduduk. Kebutuhan air didasarkan pada proyeksi jumlah penduduk dan digunakan 80 liter/orang/hari. Sedangkan untuk menghitung debit limbah dilakukan dengan prinsip bahwa 80% dari air bersih yang digunakan akan menjadi limbah. Oleh sebab itu, pemakaian air bersih beserta limbah yang dihasilkan pada wilayah studi dapat dihitung sebagai berikut:

Pemakaian air bersih= 80 liter/orang/hari x 229 orang = 18.320 liter/hari = 18,32 m³/hari
 Air limbah yang dihasilkan = 80% x 18,32 m³/hari = 14,656 m³/hari.

Dengan demikian, diperoleh debit masukan air limbah ke Instalasi Pengolahan sebesar 14,656 m³/hari. Berdasarkan data *detailed engineering design* (DED) instalasi awal, kapasitas pelayanan dari IPAL MCK ini diperuntukan untuk pengguna sebanyak 200 orang. Berdasarkan data tersebut, seharusnya kapasitas pengolahan air limbah yang ada dibangun untuk mengelola influen sebanyak 12,8 m³/hari. Terdapat kelebihan kapasitas sebesar 1,856 m³ setiap harinya. Berdasarkan hasil wawancara, belum pernah terjadi masalah luapan pada instalasi akibat influen yang masuk, namun demikian, perlu dilakukan peningkatan kapasitas layanan agar tidak menjadi masalah di kemudian hari.

B. Analisis Efektivitas Removal dan Kualitas Air Limbah

Berdasarkan Tabel 2. dapat dilihat bahwa empat dari tujuh parameter efluen air limbah domestik masih memenuhi baku mutu, sedangkan tiga lainnya belum memenuhi bakumutu berdasarkan Permen LHK No. 68 tahun 2016 (Baku Mutu Air Limbah Domestik, 2016). Berdasarkan data efluen tersebut, dapat diketahui nilai efektifitas *removal* (efektifitas penyisihan) IPAL KSM Amanah. Dapat disimpulkan bahwa kemampuan pengolahan IPAL Amanah dalam menyisihkan TSS berkisar antara 5,3% - 80,1% dan penyisihan COD 0,3% - 3,4%.

Tabel 2. Hasil Parameter Air Limbah Domestik, Efektivitas Removal dan Statusnya Berdasarkan Permen LHK No. 68 tahun 2016

No	Parameter	ulangan	IPAL Komunal dan MCK++ KSM Amanah				Baku Mutu	Status
			Inlet	IPAL	Outlet	Efisiensi Removal (%)		
1	TSS (mg/l)	1	19	37	18	5.26%	30	Memenuhi BM
		2	142	141	28	80.28%		
2	COD (mg/l)	1	82.06	83.26	81.8	0.32%	100	Memenuhi BM
		2	89.23	88.8	85.22	4.49%		
3	Minyak lemak (mg/l)	1	1	1	1	0.00%	5	Memenuhi BM
		2	1	1	1	0.00%		
4	Amonia (mg/l)	1	0.367	12.205	7.914	-	10	Memenuhi BM
		2	6,398	12.788	8,905	-		
5	Total Coliform (MPN/100 ml)	1	>160000	>160000	>160000	-	3000	Belum memenuhi BM
		2	>160000	>160000	>160000	-		
6	Ph		6 - 9	6 - 9	6 - 9	-	6 - 7	Memenuhi BM
7	BOD (mg/L)				38 mg/l	-	30	Belum memenuhi BM

Catatan: BM = Baku Mutu

C. Analisis Desain dan Kinerja MCK dan unit IPAL MCK Komunal

Bangunan MCK yang sudah ada dapat dinilai akses sanitasinya apabila masih aman maupun layak untuk digunakan masyarakat. Sanitasi yang berkualitas adalah sanitasi yang mampu memenuhi syarat kelayakan dan keamanan untuk penggunaannya. Terdapat beberapa parameter akses sanitasi layak dan aman berdasarkan sumber berbeda. Berdasarkan Tabel 3. dapat disimpulkan bahwa sanitasi MCK KSM Amanah masih termasuk dalam kategori aman dan layak. Berdasarkan 3 indikator sanitasi MCK KSM

Amanah memiliki jamban leher angsa, memiliki pipa air kotor, dan Jarak tangki septic dari sumber air > 10 m.

Tabel 3. Parameter Akses Sanitasi Layak dan Aman MCK KSM Amanah

Indikator Akses Sanitasi Layak		Keterangan
Layak	Tidak Layak	
Memiliki jamban leher angsa (indikator MDGs)	Tidak memiliki jamban leher angsa	Layak
Parameter Akses Sanitasi Aman		Keterangan
Memiliki pipa air kotor (PP No. 16 tahun 2005 dan KepMen-LH No. 12/2003 pasal 8)	Tidak memiliki pipa air kotor	Aman
Jarak tangki septic dari sumber air > 10 m (SKSNI) dalam Tata Cara Perencanaan Tangki septik Departemen PU tahun 1089	Tidak memiliki tangki septic	Aman

Komponen MCK yang sudah ada juga dapat ditinjau lagi berdasarkan standar nasional Indonesia (SNI) 03-2399-2002 (Tata Cara Perencanaan Bangunan MCK Umum, 2002). Perlu diketahui bahwa penilaian ini didasari oleh salinan DED MCK KSM Amanah beserta dengan hasil pengamatan atau survei lapangan. Persyaratan umum MCK tentu sudah memenuhi, sehingga MCK ini dibangun dan masih beroperasi sampai saat ini. Persyaratan lokasi sudah memenuhi syarat yaitu lokasi MCK Umum berjarak maksimal 100 Meter dari rumah pengguna. Kapasitas pelayanan juga masih memenuhi persyaratan minimum jumlah ruangan pada MCK, yaitu terdapat 5 ruangan mandi sekaligus kakus beserta 2 ruang cucian untuk jumlah pemakai dalam rentang 161-200 orang. Tata letak ruangan pada MCK juga masih sesuai antara DED dan SNI yang ada.

Sistem penyediaan air bersih yang dapat dinilai berdasarkan hasil survei pada MCK KSM Amanah berupa sumber air bersih yang digunakan di lokasi studi berupa mata air dan air tanah yang saat ini masih dalam proses pembangunan. Untuk kuantitas air dan kualitas air, belum dapat ditinjau karena kurangnya data. Namun secara visual, air yang digunakan pada IPAL tergolong bersih karena tidak berwarna dan tidak berbau. Untuk sarana kamar mandi berupa lantai, dinding, pintu, bak mandi serta ventilasi dan penerangan masih dalam kondisi yang aman dan bersih untuk digunakan. Kemudian untuk sarana kakus, kloset jongkok yang digunakan pada MCK masih sesuai dengan SNI 03-2399-2002. Selain menggunakan tabel, Direktorat Perkotaan, Perumahan dan Pemukiman Kedeputian Bidang Regional Kementerian BAPPENAS 2019 memberikan algoritma yang memudahkan penilaian akses sanitasi aman dan layak seperti yang terlihat pada Gambar 3. Kondisi sanitasi di MCK KSM Amanah mengikuti algoritma dengan urutan 1610A – 2 dan 3 – 1610B – 1 – 1610 D – 2 – 1610 F.

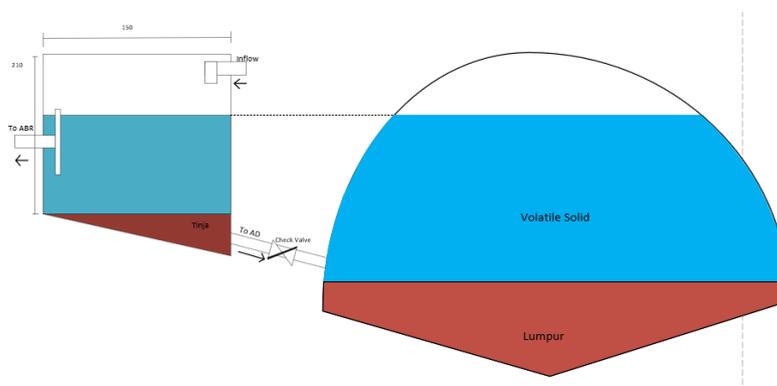
D. Unit Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL)

Proses pengolahan limbah domestik pada MCK KSM Amanah menggunakan sistem DEWATS dengan alur proses seperti pada Gambar 4. Pada Gambar 4. dapat dilihat terjadi beberapa proses pengolahan pada unit yang berbeda. SANIMAS menggunakan sistim DEWATS untuk pengolahan limbah dari toilet komunal. Setelah mengetahui alur proses pengolahan yang ada, perlu dilakukan analisis kapasitas dan kinerja unit instalasi pengelolaan limbah domestik berdasarkan *influent* yang masuk ke sistem berdasarkan kondisi eksistingnya dan juga efektivitas removalnya.

Unit *settler* sekaligus bak control pada lokasi studi memiliki tutup yang terbuat dari besi dan cukup mudah untuk dibuka. Namun unit *settler* tersebut belum dikelola dengan baik, khususnya dalam bentuk pembersihan dari komponen plastik yang ada. Secara desain,

Keterangan: A = Bak *Inlet*; B = *Biodigester*; C = Bak pelimpah; D = *settler*; E = *Anaerobic Baffle Reactor (ABR) / Anaerobic Filter (AF)*

Tercampurnya *grey water* pada digester mengurangi produksi biogas. Sebagai salah satu solusi dari segi desain, unit digester yang ada dirombak bersamaan dengan bak kontrol yang ada. Dengan memberikan *slope* pada *settler* sehingga tinja yang mengendap dapat masuk lagi ke unit digester sedangkan *grey water* dapat langsung masuk ke ABR seperti terlihat pada Gambar 6. Pengambilan sampel air limbah domestik pada *inlet*, sistem ABR, dan *outlet* dilakukan sebanyak 2 kali pengambilan sampel pada hari yang berbeda. Kandungan amonia dari *inlet* berkisar antara 0,367 mg/L – 6,398 mg/L, naik menjadi 7,914 mg/L – 8,905 mg/L. 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 karena penyisihan BOD dan COD dari unit ABR masih dibawah 65%.



Gambar 6. Redesain *Digester* dan *Settler*

Terdapat beberapa kemungkinan penyebab rendahnya kemampuan penyisihan unit ini. Pertama adalah tidak dilakukannya penyedotan *sludge* dalam waktu lama sehingga kompartemen ABR sudah dipenuhi oleh *sludge* seperti yang bisa dilihat pada hasil pengamatan. Kedua, dalam komponen ABR juga terdapat berbagai jenis sampah plastik yang dapat memengaruhi proses biologis di dalam sistem. Ketiga, terdapat 10 sekat ABR dilengkapi dengan *manhole* yang terbuat dari beton yang cukup menyulitkan petugas/operator dalam melakukan pembersihan atau pengurusan dan juga dapat merusak lantai keramik MCK. Oleh sebab itu, perlu dibuat *manhole* yang lebih mudah untuk dibuka tutup seperti *manhole* baja. Kemudian perlu dilakukan penyedotan lumpur pada kompartemen ABR.

PENUTUP

Kesimpulan

Adapun kesimpulan dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Kualitas air limbah yang masuk ke sistem IPAL MCK KSM Amanah dari total pengguna 229 orang adalah 14,656 m³/hari;
2. kemampuan pengolahan IPAL KSM Amanah dalam menyisihkan TSS berkisar antara 5,3-80,1% dan penyisihan COD 0,3-3,4%;
3. Desain dan kinerja MCK masih memenuhi persyaratan yang dimuat SNI 03-2399-1991, tentang Tata cara perencanaan bangunan MCK Umum, demikian juga dengan sanitasi pada MCK KSM Amanah masih masuk dalam kategori layak dan aman. Sedangkan Unit IPAL dan *biodigester* menggunakan sistem DEWATS masih perlu

dioptimalkan agar efluen yang dihasilkan sesuai dengan Permen LHK No. 68 tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik dan dapat memberikan kebermanfaatan bagi masyarakat Kota Bogor.

Saran

Adapun saran dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sebaiknya dilakukan pengujian kualitas efluen minimal 2 kali dalam sebagai bahan evaluasi kinerja IPAL.
2. Sebaiknya dilakukan penyuluhan operasional pengelolaan IPAL MCK terkhusus pada pengelola atau operator agar dapat melakukan pemeliharaan dengan lebih baik.
3. Sebaiknya *manhole* setiap unit yang ada khususnya *settler* dan ABR menggunakan baja tahan karat yang lebih mudah dibongkar pasang agar tidak merusak lantai dan mengganggu kenyamanan pengguna saat pemeliharaan.
4. Pemilik SR ke MCK sebaiknya menggunakan *floor drain* atau sejenis saringan pada saluran atas pembungan air agar sampah tidak masuk ke IPAL.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT. AIUEO Kreasi Energi, CV. Energi Persada, dan KSM Amanah yang terdapat di Kelurahan Sindangsari Kota Bogor atas izin dan kerjasamanya dalam melakukan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Almufid, A. (2020). Perencanaan instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Studi Kasus Proyek IPAL PT. Sumber Masanda Jaya di Kabupaten Brebes Provinsi Jawa Tengah Kapasitas 250 m²/hari. *Jurnal Teknik*, 9(1), 92–100. <https://doi.org/10.31000/jt.v9i1.2868>.
- Baku Mutu Air Limbah Domestik, Pub. L. No. P.68/Menlhk/Setjen/Kum.1/8/2016 (2016).
- BORDA. (2016). *Technical Specification for Decentralized Wastewater Treatment System (DEWATS)*.
- Marhadi, M. (2016). Analisis Sistem Penyaluran Air Buangan Domestik Dengan Off Site System. *Jurnal Civronlit Unbari*, 1(1), 1. <https://doi.org/10.33087/civronlit.v1i1.4>.
- Pedoman Teknis Pelaksanaan Kegiatan Padat Karya Direktorat Jenderal Cipta Karya, Pub. L. No. 03/SE/DC/2020, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (2020).
- Prihatin, R. B. (2016). Alih Fungsi Lahan Di Perkotaan (Studi Kasus Di Kota Bandung Dan Yogyakarta). *Jurnal Aspirasi*, 6(2), 105–118. <https://doi.org/10.22212/aspirasi.v6i2.507>.
- Rifai, A., & Nugroho, R. (2018). Kajian Pendahuluan Kelayakan Penerapan Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik Secara Komunal Di Permukiman Kota Bogor. *Jurnal Air Indonesia*, 3(2), 146–152. <https://doi.org/10.29122/jai.v3i2.2335>.
- Samodro, P., Rahmatunnisa, M., & Endyana, C. (2020). Kajian Daya Dukung Lingkungan dalam Pemanfaatan Ruang di Kawasan Bandung Utara. *Jurnal Wilayah Dan Lingkungan*, 8(3), 214–229. <https://doi.org/10.14710/jwl.8.3.214-229>.

Setiadi, A. (2011). Pola Penanganan Infrastruktur Pada Kawasan Permukiman Kumuh Studi Kasus Kawasan Bantaran Sungai Winongo. *SEMINAR NASIONAL-1 BMPTTSSI - KoNTekS 5, 1*.

Tata Cara Perencanaan Bangunan MCK Umum, Pub. L. No. SNI 03-2399:2002, 7 (2002).

Widiyanto, A. F., Yuniarno, S., & Kuswanto, K. (2015). Polusi Air Tanah Akibat Limbah Industri Dan Limbah Rumah Tangga. *Jurnal Kesehatan Masyarakat, 10(2)*, 246. <https://doi.org/10.15294/kemas.v10i2.3388>