

GAMBARAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK KOMUNAL DI KELURAHAN SIMOKERTO, KECAMATAN SIMOKERTO, KOTA SURABAYA

Description of Communal Domestic Wastewater Treatment Plant in Kelurahan Simokerto, Kecamatan Simokerto, Kota Surabaya

Oktina Purwatiningrum
PT. Karunia Mandiri Consultant
Surabaya
oktinamochi@gmail.com

Abstrak: Penanganan air limbah domestik merupakan salah satu permasalahan lingkungan di Surabaya. Selain dapat menyebabkan pencemaran lingkungan, air limbah juga dapat menimbulkan gangguan kesehatan. Salah satu cara untuk mengolah air limbah adalah Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Komunal. Efluennya kemudian digunakan kembali oleh warga. Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan IPAL Komunal di Kelurahan Simokerto, Kecamatan Simokerto, Kota Surabaya dan membandingkan parameter air limbah dengan peraturan yang berlaku. Penelitian ini bersifat deskriptif observasional dan *cross-sectional* dengan metode wawancara pada pengelola IPAL dan uji laboratorium pada air limbah meliputi 5 sampel influen dan 5 sampel efluen untuk parameter pH, BOD, COD, TSS, minyak dan lemak. Seluruh parameter influen maupun efluen masih memenuhi Baku Air Limbah Domestik dalam Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 sehingga aman untuk dibuang ke lingkungan. Karena kadar influen dan efluen masih memenuhi baku mutu, IPAL tersebut belum memenuhi persyaratan kualitas IPAL. Perlu dilakukan kajian mengenai karakteristik air limbah sebelum melakukan pembangunan IPAL sehingga didapatkan sistem IPAL yang sesuai. Selain itu, perlu juga dilakukan kajian terhadap faktor yang berpengaruh terhadap kualitas air limbah. Diperlukan adanya penyusunan SOP yang jelas untuk operasional rutin dan pemeliharaan IPAL disertai dengan peningkatan pemahaman pengelola maupun warga mengenai pentingnya IPAL komunal serta cara pengoperasian dan pemeliharaannya.

Kata Kunci: air limbah domestik, IPAL komunal, baku mutu

Abstract: *Domestic wastewater treatment is one of the environmental problems in Surabaya. Besides causing water pollution, wastewater also causeing health problems. A method to treat wastewater is Communal Waste Water Treatment Plant (WWTP). The effluent of WWTP is then reused by residents. The study aimed to describe the WWTP in Kelurahan Simokerto, Kecamatan Simokerto, Kota Surabaya, and compare wastewater parameters to the regulation. The study is a descriptive observational and cross-sectional research. The method used is interview with WWTP organizer and laboratory examination on 5 samples of influent and effluent parameters include pH, BOD, COD, TSS, oil and grease. All of influent and effluent parameters have already met domestic wastewater quality standards in Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 so the effluent is safe to be discharged into the environment. Since the influent and effluent is below the maximum level of quality standards, the Communal WWTP in Kelurahan Simokerto hasn't already met standard for an appropriate WWTP. The experts need to do study about wastewater characteristics before building a WWTP so that the appropriate WWTP is obtainable. Moreover, they need to do in-depth study about factors that affect wastewater quality. It's necessary to arrange detailed SOP for routine operations and maintenance of WWTP accompanied by improvement of understanding of the organizer and citizens about the importance of communal WWTP as well as how to operate and maintain.*

Keywords: *domestic wastewater, Communal Wastewater Treatment Plant, quality standards*

PENDAHULUAN

Setiap kegiatan manusia akan menghasilkan limbah. Dalam beberapa tahun terakhir, limbah yang dihasilkan oleh kegiatan manusia telah menjadi masalah lingkungan utama. Peningkatan kuantitas dan jenis limbah yang dihasilkan tidak hanya terjadi di negara maju tetapi juga terjadi di negara berkembang, salah satunya di Indonesia.

Limbah dapat menyebabkan kerusakan lingkungan dan gangguan kesehatan bila tidak dikelola dengan efektif dan efisien (Scortar, 2009).

Salah satu jenis limbah yang dihasilkan adalah air limbah. Menurut PP RI No. 82 Tahun 2001, air limbah adalah sisa dari suatu hasil usaha dan atau kegiatan yang berwujud cair.

Sedangkan air limbah domestik adalah air limbah yang berasal dari usaha dan atau kegiatan permukiman (*real estate*), rumah makan (restoran), perkantoran, perniagaan, apartemen dan asrama (Kepmen LH No. 112 Tahun 2003).

Sampai saat ini pencemaran air masih menjadi masalah penting di Indonesia, terutama di Pulau Jawa. Hasil pemantauan 2008–2012 oleh Kementerian Lingkungan Hidup menunjukkan kualitas air sungai cenderung menurun, terutama di Pulau Jawa dan Sumatera. Sumber utama pencemar berasal dari aktivitas domestik yang terlihat dari parameter organik (Status Lingkungan Hidup Indonesia, 2012).

Salah satu permasalahan lingkungan yang perlu diatasi di Kota Surabaya adalah air limbah. Masuknya air limbah langsung ke badan air tanpa diolah terlebih dahulu menyebabkan pencemaran pada badan air yang berakibat pada menurunnya kualitas badan air.

Pengolahan air limbah domestik merupakan salah satu persyaratan kesehatan perumahan dalam Kepmenkes No. 892 Tahun 1999. Salah satu aspeknya yaitu air limbah yang berasal dari rumah tidak boleh mencemari sumber air, tidak menimbulkan bau dan tidak mencemari permukaan tanah.

Oleh karena itu, dibutuhkan suatu cara untuk mengolah air limbah sehingga tidak berdampak buruk bagi lingkungan maupun kesehatan. Salah satu pendekatan dalam mengolah air limbah domestik adalah cara terpadu menggunakan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Komunal.

Sistem pengolahan yang dilakukan adalah air limbah dikumpulkan dan diolah secara bersama-sama (kolektif) sebelum dibuang ke air permukaan. Air limbah dari setiap sumbernya terhubung melalui jaringan pipa pengumpul kemudian disalurkan melalui pipa pembawa menuju instalasi pengolahan bersama atau terpusat (Kepmen.LH No. 112 Tahun 2003).

Proses pembangunan IPAL komunal dilakukan melalui konsep pembangunan berbasis masyarakat, di mana masyarakat dilibatkan dalam setiap tahapan pembangunan mulai dari perencanaan, pengambilan keputusan, pembangunan, pengoperasian dan perawatan. Dalam pembangunan dan pengoperasian sarana pengolahan air limbah, biasanya dibentuk lembaga pengelola di tingkat masyarakat yang beranggotakan masyarakat pengguna layanan (Afandi, 2013).

Sebelumnya, air limbah dari pemukiman warga Kelurahan Simokerto yang sebagian besar bermuara ke sungai di Jl. Sidotopo Wetan tidak melalui proses pengolahan. Hal ini dapat menyebabkan terjadinya penurunan kualitas air sungai sehingga dibangunlah Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) komunal untuk warga RT 1 dan RT 4 RW I Kelurahan Simokerto pada tahun 2011 yang merupakan bantuan dari PT. Pembangkit Jawa Bali dan FTSP-ITS.

IPAL ini dioperasikan 2 bulan setelah pembangunan. Hasil pengolahan air limbah (efluen) dari IPAL ini kemudian digunakan warga setempat untuk menyiram tanaman dan mencuci kendaraan.

Tabel 1.
Hasil Uji Laboratorium Efluen Air Limbah oleh BLH Kota Surabaya Tahun 2014

Parameter	Satuan	Metode	Limit Deteksi	Baku Mutu Limbah Domestik	Hasil
pH	#	SNI 06.6989.11.2004	0,01	6,0–9,0	7,51
Suhu	oC	SNI 06.6989.23.2005	0,1	–	27,8
BOD	mg/l	SNI 6989.72.2009	0,05	30	27,70
COD	mg/l	SNI 6989.2.2009	3,0431	50	78,476
TSS	mg/l	SNI 06 6989.3.2004	1	50	14
Minyak dan Lemak (M/L)**	mg/l	SNI 06 6989.10.2004	0,5	10	< LD
Volume limbah cair maksimum	Liter/orang/hari	–	–	120	--

Tidak ada satuan

– Tidak dipersyaratkan

Sumber: BLH Kota Surabaya (2014)

** Belum masuk ruang lingkup akreditasi

-- Tidak ada data/kesimpulan

Uji kendali (*control test*) dilakukan untuk memonitor kualitas parameter efluen. Parameter yang diuji meliputi pH, suhu, BOD, COD, TSS, minyak dan lemak dengan uji laboratorium dalam beberapa bulan (3–6 bulan) sekali. Uji kendali pada IPAL Komunal Simokerto dilakukan oleh Badan Lingkungan Hidup Kota Surabaya dengan cara mengambil sampel efluen IPAL kemudian dilakukan uji laboratorium.

Tabel 1 menunjukkan bahwa parameter pH, suhu, BOD, TSS, minyak dan lemak telah memenuhi persyaratan baku mutu air limbah domestik dalam Pergub Jatim No. 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan/ atau Kegiatan Usaha Lainnya. Hanya parameter COD saja yang belum memenuhi baku mutu air limbah domestik dengan nilai baku mutu 50 mg/l sedangkan hasil uji laboratoriumnya adalah 78,476 mg/l.

Permasalahan lingkungan yang mungkin timbul di RT 1 dan RT 4 RW I Kelurahan Simokerto ini adalah efluen dikhawatirkan dapat mencemari tanah dan badan air serta menimbulkan gangguan kesehatan bila dimanfaatkan oleh warga.

Berdasarkan kondisi tersebut, peneliti ingin mendeskripsikan gambaran IPAL Domestik Komunal di Kelurahan Simokerto, Kecamatan Simokerto, Kota Surabaya dan membandingkan parameter influen dan efluen IPAL dengan baku mutu air limbah domestik.

Salah satu peraturan tentang baku mutu air limbah domestik adalah Pergub. Jatim No. 72 Tahun 2013. Penetapan baku mutu air limbah bagi industri dan/atau kegiatan usaha lainnya dilakukan untuk mengukur batas atau kadar unsur pencemar dalam air limbah yang akan dibuang ke sumber air. Pengukuran ini bertujuan untuk mencegah terjadinya pencemaran sumber air guna mewujudkan mutu sumber air sesuai dengan peruntukannya. Parameter air limbah domestik yang diatur meliputi pH, BOD, COD, TSS, minyak dan lemak.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini bersifat deskriptif observasional dan *cross-sectional*. Metode yang digunakan adalah wawancara pada pengelola IPAL Komunal Kelurahan Simokerto untuk mengetahui informasi mengenai IPAL Komunal dan pengelolaannya. Penelitian ini sudah diuji oleh Komisi Etik Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Airlangga dengan Nomor Sertifikat 318-KEPK.

Metode lainnya yaitu uji laboratorium untuk parameter kualitas influen dan efluen. Sampel yang diambil adalah air limbah domestik di IPAL Komunal RT 1 dan RT 4 RW I Kelurahan Simokerto. Teknik pengambilan sampel dilakukan dengan metode *grab sample* yaitu sampel sesaat mewakili keadaan air limbah pada suatu saat dari suatu tempat. Sampel yang diambil sebanyak masing-masing 5 sampel influen dan efluen selama 5 hari berturut-turut pada pagi hari pukul 08.00 WIB saat produksi air limbah oleh warga tinggi.

Prosedur kerja pengambilan sampel untuk air limbah domestik yaitu: pertama, timba dibilas dengan aquades kemudian dibilas dengan air limbah; kedua, timba dimasukkan ke unit penampung influen dan efluen IPAL hingga penuh secara hati-hati agar tidak terjadi aerasi; ketiga, untuk pemeriksaan BOD dan COD yang menggunakan botol oksigen, air limbah dari timba dipindahkan ke botol oksigen secara hati-hati hingga penuh kemudian ditutup; keempat, sisa air dalam timba kemudian dimasukkan ke botol plastik guna pemeriksaan parameter lainnya; kelima, botol sampel yang telah diisi kemudian diberi label dan dimasukkan ke dalam termos es yang telah diberi es batu sehingga siap dibawa ke laboratorium.

Uji laboratorium dilakukan pada air limbah tersebut untuk parameter pH, BOD, COD, TSS, minyak dan lemak di Balai Besar Laboratorium Kesehatan Kota Surabaya.

Uji statistik yang digunakan adalah uji Kolmogorov-Smirnov untuk menguji normalitas data. Karena data bersifat normal, maka digunakan uji t-sampel berpasangan (*paired t-test*) yaitu untuk mengetahui perbedaan pH, BOD, COD, TSS, minyak dan lemak pada air limbah antara sebelum dan sesudah pengolahan (influen dan efluen). Taraf signifikansi yang digunakan adalah 0,05.

Parameter efluen yaitu pH, BOD, COD, TSS, minyak dan lemak kemudian dibandingkan dengan baku mutu air limbah domestik dalam Pergub. Jatim No. 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya. Bila kualitas efluen memenuhi baku mutu air limbah domestik, maka efluen dapat dengan aman dibuang ke lingkungan dan dapat dimanfaatkan oleh warga.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambaran IPAL Domestik Komunal Kelurahan Simokerto

Kelurahan Simokerto merupakan salah satu kelurahan di Kecamatan Simokerto, Kota Surabaya. Kelurahan Simokerto terletak di daerah dataran rendah yang memiliki luas 86 Ha dengan kondisi geografis antara lain ketinggian tanah 1,5 m dari permukaan laut, curah hujan 1500 mm/tahun dan suhu udara rata-rata 34°C. Jumlah penduduk di Kelurahan Simokerto pada tahun 2013 sebanyak 24.138 jiwa (Monografi Kelurahan Simokerto, 2013).

Adapun batas-batas wilayah Kelurahan Simokerto secara administratif antara lain sebelah utara berbatasan dengan Kelurahan Sidotopo, sebelah timur berbatasan dengan Kelurahan Gading, sebelah selatan berbatasan dengan Kelurahan Kapasan dan sebelah barat berbatasan dengan Kelurahan Simolawang (Monografi Kelurahan Simokerto, 2013).

IPAL Komunal di RT 1 dan RT 4 RW I Kelurahan Simokerto dibangun sebagai kerjasama antara PT. Pembangkit Jawa Bali (PJB) untuk program *Cooperate Social Responsibility* (CSR) dan FTSP-ITS sebagai tim ahli, pendamping serta koordinator program. Untuk selanjutnya, pengelolaan IPAL diserahkan sepenuhnya kepada masyarakat yaitu warga RT 1 RW I Kelurahan Simokerto.

IPAL Komunal yang digunakan mampu menampung air limbah dari 30–40 KK. Jenis limbah yang diolah merupakan limbah domestik berjenis *grey water*.

Air limbah domestik terdiri dari dua jenis *grey water* dan *black water*. *Grey water* merupakan air limbah domestik yang berasal dari dapur (tempat cuci piring), air bekas cuci pakaian (air dari saluran pembuangan mesin cuci misalnya), dan air mandi (bukan dari toilet). Sedangkan *black water* adalah istilah yang digunakan untuk air limbah yang mengandung kotoran manusia (Muti, 2011).

IPAL Komunal ini menggunakan sistem pengolahan anaerobik yang tidak membutuhkan oksigen dalam prosesnya sebagai syarat hidupnya mikroorganisme.

Penyaluran air limbah dari rumah warga ke IPAL menggunakan selokan milik pemerintah yang menjadi satu dengan sistem drainase. Selokan ini biasanya langsung bermuara ke sungai Jalan Sidotopo Wetan yang berada di depan RT 1 dan RT 4.

Selokan berupa saluran air terbuka dengan kedalaman 1 meter dan mengandalkan gaya gravitasi untuk menyalurkan air ke IPAL tanpa bantuan pompa air.

Terdapat 5 unit pengolahan dalam desain IPAL Komunal Kelurahan Simokerto. Selain itu, terdapat lubang *sampling* pemeriksaan air limbah pada tiap unitnya.

Unit pertama yaitu unit penampung yang berfungsi untuk menampung influen air limbah secara sementara, mencegah dan menyaring sampah padat berukuran besar masuk ke IPAL serta sebagai tempat *sampling* untuk mengukur kualitas air limbah. Unit ini berdimensi 30 x 50 x 30 cm.

Unit kedua adalah unit pengendap padatan yang berfungsi untuk mengendapkan lumpur dan padatan yang berukuran kecil maupun sedang dan tidak tersaring oleh unit penampung influen. Dimensi unit ini adalah 45 x 100 x 100 cm.

Unit ketiga adalah unit filtrasi yang berisi media penjernihan berupa genteng, ijuk, dan sabut kelapa yang berfungsi untuk menyaring deterjen, sabun, minyak dan lemak. Unit ini berdimensi 35 x 100 x 100 cm.

Unit keempat merupakan unit biofiltrasi berisi media penjernihan berupa pasir, karbon aktif, dan zeolit sebagai penyerap polutan organik dan anorganik. Unit ini berukuran 100 x 100 x 100 cm.

Unit terakhir adalah penampung efluen dan ruang pompa. Unit ini berisi efluen atau air limbah terolah sehingga dapat dimanfaatkan oleh warga. Dalam unit ini terjadi penyerapan polutan anorganik. Dalam unit ini juga terdapat pompa yang berfungsi untuk memompa efluen menuju kran air. Selain itu, ini berfungsi sebagai tempat *sampling* kualitas efluen. Unit ini memiliki dimensi 85 x 100 x 100 cm.

Dari unit penampung efluen dan ruang pompa, penyaluran efluen ke rumah warga menggunakan pipa PVC yang terhubung dengan 7 buah kran yang berada di depan rumah warga. Dengan jumlah 35 rumah warga yang menggunakan IPAL, maka 1 kran air dapat dimanfaatkan oleh 5 rumah warga.

Pengelolaan IPAL Komunal dilakukan oleh Kader Lingkungan di RT 1 RW I Kelurahan Simokerto dengan ketua RT 1 sebagai ketua pengelola IPAL Komunal. Kader Lingkungan adalah warga terpilih yang bertugas mengelola lingkungan di RT 1 sehingga tidak hanya mengurus IPAL saja.

Belum ada struktur kepengurusan yang jelas dalam pengelolaan IPAL ini. Para kader lingkungan hanya bertugas memeriksa dan membersihkan IPAL setiap beberapa bulan sekali dan melakukan pencatatan serta membuat laporan kepada ketua pengelola IPAL Komunal.

Pembersihan unit IPAL dan filternya hanya dilakukan saat efluen IPAL dirasa bermasalah, misalnya saat efluen terlihat masih keruh dan berbau. Tidak ada jadwal pasti untuk pembersihan unit-unit IPAL. Pembersihan terakhir dilakukan satu bulan sebelum penelitian. Tidak terdapat dokumen prosedur standar untuk operasional dan pemeliharaan secara detail dalam pengelolaan IPAL Komunal Kelurahan Simokerto. Hanya terdapat gambaran secara umum saat pelatihan dan pendampingan awal pembangunan IPAL Komunal.

Pemeliharaan IPAL Komunal yang baik meliputi pemeliharaan prediktif, pekerjaan rutin harian, prosedur pemeliharaan standar, pemeriksaan unit peralatan, ketersediaan alat dan bahan cadangan, serta pelumasan dan pemeliharaan lainnya. Untuk pemeliharaan IPAL Komunal perlu dilakukan beberapa proses yaitu proses pemeliharaan pompa (lubrikasi), pemeliharaan kinerja IPAL, pemeliharaan peralatan pendukung, dan pembuangan lumpur kering. Pengoperasian awal dan pengoperasian rutin dilakukan oleh warga sendiri. Untuk komisioning dilakukan oleh ahli dari FTSP-ITS, sedangkan pengambilan sampel dan uji kendali dilakukan oleh Badan Lingkungan Hidup Kota Surabaya.

Prosedur pengoperasian awal pada IPAL yaitu unit-unit IPAL harus diperiksa kepad air dan tidak boleh bocor, pemeriksaan semua katup dan memastikan posisinya benar, pemeriksaan aliran listrik dan pompa, menyalakan stop kontak dan membiarkan air mengalir sesuai debit (bukan dengan bukaan katup kran). Prosedur operasi rutin meliputi pencatatan jumlah air limbah yang diolah setiap harinya termasuk jam operasi IPAL, mengamati proses dalam setiap unit, apakah ada kejanggalan atau suara bising yang berlebihan (mungkin debit berlebihan maka katup diatur), parameter minimal kualitas yang paling penting diperiksa adalah warna dan bau, kemudian banyaknya zat padat dalam air, mengenali indikator, penyebab, dan pengendalian gangguan pada proses pengolahan IPAL.

Kendala dalam pengoperasian IPAL adalah adanya buih atau gumpalan yang mengapung di bagian awal unit akan mengganggu.

Hal ini biasanya terjadi karena adanya deterjen dan zat toksik (pemutih, karbol, lisol atau kekurangan mikroorganisme pengolah. Untuk mengatasinya, air limbah sementara tidak dimasukkan ke IPAL sebelum buih atau kotorannya dibersihkan dahulu, setelah bersih air limbah baru boleh masuk ke IPAL.

Unit IPAL diusahakan tidak kosong dari air sehingga proses tidak terganggu dan tidak mengalami tekanan dari luar yang dapat merusak IPAL. Bila peralatan IPAL rusak perlu dilakukan perbaikan atau penggantian hingga berfungsi kembali.

Hewan dan serangga kemungkinan berkembang dalam IPAL sehingga segala lubang harus ditutup dan makanan hewan harus dihindarkan dari sekitar IPAL. Bila air hasil olahan kotor dan berbau kemungkinan media penjernihan sudah kotor sehingga perlu dibersihkan. Dalam unit biofiltrasi, perlu dilakukan penyedotan lumpur yang menumpuk setiap 2–3 tahun sekali.

Selama proses penguraian zat organik, mikroorganisme dapat menghabiskan oksigen terlarut dalam air. Penguraian zat organik oleh mikroorganisme pada sistem anaerobik menyebabkan timbulnya gas seperti H_2S dan NH_3 yang berbau tidak sedap (Aswir, 2006). Hal ini terbukti dengan efluen IPAL Kelurahan Simokerto yang masih berbau tidak sedap. Selain itu, efluen IPAL masih berwarna keruh yang tidak jauh berbeda dengan influennya. Saluran air limbah dari rumah tangga menuju unit penampung merupakan saluran terbuka sehingga lumpur dan sampah padat berbagai dapat memperberat kinerja IPAL. (Purwatinigrum, 2016).

Uji kendali (*control test*) dilakukan untuk memonitor kualitas efluen. Parameter air limbah yaitu pH, BOD, COD, dan TSS diperiksa ke laboratorium dalam beberapa bulan (3–6 bulan) sekali. Jika memungkinkan dilakukan pula pemeriksaan gas metana (CH_4) dan karbondioksida (CO_2). Selain uji laboratorium, juga dilakukan uji visual berupa kekeruhan air hasil pengolahan, bau, warna, dan banyaknya endapan. Uji kendali pada IPAL Komunal Simokerto dilakukan oleh Badan Lingkungan Hidup Kota Surabaya.

Kualitas air limbah domestik yang akan dibuang ke lingkungan baik ke tanah maupun ke badan air harus memenuhi baku mutu air limbah domestik dalam Pergub. Jatim No. 72 Tahun 2013

agar dapat dengan aman dibuang ke lingkungan atau dimanfaatkan oleh warga.

Derajat Keasaman (pH)

Derajat keasaman atau pH adalah ukuran untuk menentukan sifat asam dan basa suatu larutan. pH air yang kurang dari 5 atau bersifat asam dapat menyebabkan korosi pada logam (Metcalf dkk, 1991).

Nilai pH air digunakan untuk mengekspresikan kondisi keasaman (konsentrasi ion hidrogen) air limbah. Skala pH berkisar antara 1–14. Kisaran nilai pH 1–7 termasuk kondisi asam, pH 7–14 termasuk kondisi basa, dan pH 7 adalah kondisi netral (Wardhana, 2004).

Tabel 2.

Hasil Uji Laboratorium Parameter pH Air Limbah IPAL Simokerto Tahun 2014

Hari Ke-	Influen (mg/l)	Efluen (mg/l)	*) Baku Mutu
1	7,16	6,73	
2	6,88	6,64	
3	7,22	6,74	
4	7,03	6,82	6–9
5	7,38	6,58	
Rerata	7,134	6,702	

*) Baku Mutu Air Limbah Domestik dalam Pergub. Jatim No. 72 Tahun 2013

Berdasarkan Tabel 2, rerata nilai pH untuk influen adalah 7,134 dan rerata nilai pH efluen adalah 6,702.

Bila dibandingkan dengan Baku Mutu Air Limbah Domestik dalam Pergub Jatim No. 72 tahun 2013, nilai pH influen dan efluen masih memenuhi baku mutu air limbah domestik karena masih berada dalam rentang nilai 6–9.

Demikian pula dengan hasil pengukuran pH yang dilakukan oleh BLH Kota Surabaya masih memenuhi baku mutu karena nilainya adalah 7,51. Karena nilai pH influen dan efluen masih memenuhi baku mutu sebesar 30 mg/l, IPAL tersebut belum memenuhi persyaratan kualitas IPAL. Perubahan pH di suatu air sangat berpengaruh terhadap proses fisika, kimia, maupun biologi dari organisme yang hidup di dalamnya. Air yang mempunyai pH 6,7–8,6

mendukung populasi makhluk hidup dalam air. Dalam jangkauan itu, pertumbuhan dan perkembangbiakan makhluk hidup air tidak akan terganggu (Sastrawijaya, 2009).

Biological Oxygen Demand (BOD)

Biological Oxygen Demand (BOD) merupakan parameter pengukuran jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk mengurai hampir semua zat organik yang terlarut dan tersuspensi dalam air limbah pada waktu dan kondisi tertentu (Metcalf dkk, 1991).

Besaran BOD biasa dinyatakan dengan BOD₅ hari pada suhu 20°C dalam mg/l atau ppm. yang berarti kebutuhan oksigen dalam miligram yang digunakan untuk menguraikan zat pencemar dalam satu liter air limbah. Karena adanya proses biokimia, maka laju pengeluaran BOD sangat tergantung pada suhu dan bahan organiknya (Metcalf dkk, 1991).

Pengukuran BOD diperlukan untuk menentukan beban pencemaran akibat air limbah dan mendesain sistem pengolahan biologis bagi air limbah tersebut (Aswir, 2006).

Tabel 3.

Hasil Uji Laboratorium Parameter BOD Air Limbah IPAL Simokerto Tahun 2014

Hari Ke-	Influen (mg/l)	Efluen (mg/l)	*) Baku Mutu
1	17,74	16,28	
2	22,36	20,21	
3	24,31	21,52	
4	26,01	24,41	≤ 30 mg/l
5	22,26	17,10	
Rerata	22,54	19,90	

*) Baku Mutu Air Limbah Domestik dalam Pergub. Jatim No. 72 Tahun 2013

Berdasarkan Tabel 3, kadar rerata BOD influen adalah 22,54 mg/l, sedangkan rerata BOD efluennya adalah 19,90 mg/l.

Bila dibandingkan dengan Baku Mutu Air Limbah Domestik dalam Pergub. Jatim No. 72 tahun 2013, rerata BOD influen dan efluen masih memenuhi baku mutu air limbah domestik karena kadar maksimum baku mutu adalah 30 mg/l.

Pengukuran kadar BOD efluen yang dilakukan oleh BLH Kota Surabaya masih memenuhi baku mutu karena nilainya adalah 27,70 mg/l. Meskipun

masih memenuhi baku mutu, nilainya sudah sangat mendekati kadar maksimum baku mutu. Karena kadar rerata BOD masih di bawah kadar maksimum baku mutu sebesar 30 mg/l, IPAL tersebut belum memenuhi persyaratan kualitas IPAL.

Dilakukan uji normalitas sampel dengan uji KS terhadap kadar BOD didapatkan hasil p influen: 0,875 dan p efluen: 0,988. Dari hasil tersebut diketahui bahwa $p > 0,05$ yang berarti sampel memiliki distribusi normal.

Berdasarkan hasil uji t-berpasangan, diperoleh nilai $t = 3,905$ dengan signifikansi $p = 0,017$. Karena $\alpha = 0,05$, didapatkan hasil $p < \alpha$ yang berarti terdapat perbedaan bermakna antara kadar rerata BOD influen dan efluen.

Chemical Oxygen Demand (COD)

Chemical Oxygen Demand (COD) merupakan analisis terhadap banyaknya oksigen yang diperlukan untuk menguraikan zat organik secara kimia maupun biologis yang terdapat dalam 1 liter air menggunakan oksidator KCrO sebagai sumber oksigen.

COD sendiri didefinisikan sebagai jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat organik. Hasil analisis COD menunjukkan kandungan senyawa organik yang terdapat dalam limbah. Uji COD biasanya menghasilkan nilai oksigen yang lebih tinggi daripada uji BOD₅ karena bahan yang relatif stabil terhadap reaksi biologis dapat ikut teroksidasi dalam uji COD (Metcalf dkk, 1991).

Tabel 4.

Hasil Uji Laboratorium Parameter COD Air Limbah IPAL Simokerto Tahun 2014

Hari Ke-	Influen (mg/l)	Efluen (mg/l)	*) Baku Mutu
1	10,245	26,379	≤ 50 mg/l
2	10,856	10,050	
3	11,456	16,660	
4	10,216	10,000	
5	19,683	10,000	
Rerata	12,491	14,618	

*) Baku Mutu Air Limbah Domestik dalam Pergub. Jatim No. 72 Tahun 2013

Pada Tabel 4, kadar rerata COD influen adalah 12,491 mg/l sedangkan untuk rerata COD efluen sebesar 14,618 mg/l.

Bila dibandingkan dengan Baku Mutu Air Limbah Domestik dalam Pergub Jatim No. 72 tahun 2013, rerata COD influen dan efluen masih memenuhi baku mutu air limbah domestik karena kadar maksimum baku mutu adalah 50 mg/l. Karena kadar rerata COD influen dan efluen masih berada di bawah kadar maksimum baku mutu sebesar 50 mg/l, IPAL tersebut belum memenuhi persyaratan kualitas IPAL. Setelah dilakukan uji normalitas sampel dengan uji KS terhadap kadar COD didapatkan hasil p influen: 0,398 dan p efluen: 0,618. Dari hasil tersebut diketahui bahwa $p > 0,05$ yang berarti sampel memiliki distribusi normal.

Hasil uji t-berpasangan memiliki signifikansi $p = 0,642$. Bila $\alpha = 0,05$, didapatkan hasil $p > \alpha$, yang berarti tidak terdapat perbedaan bermakna antara kadar rerata COD influen dan efluen. Hal yang sebaliknya terjadi pada hasil uji laboratorium yang dilakukan oleh BLH Kota Surabaya, parameter kadar COD belum memenuhi baku mutu air limbah domestik karena kadar COD efluen adalah 78,476 mg/l, sedangkan kadar maksimum baku mutunya adalah 50 mg/l.

Tingginya kadar COD pada efluen kemungkinan disebabkan karena adanya kerusakan pada media penjernihan dalam unit biofiltrasi (Purwatinigrum, 2016). Saat musim hujan, air dari sungai Jl. Sidotopo Wetan meluap dan masuk ke dalam IPAL melalui outlet sehingga efluen tercampur dengan air sungai, hal ini dapat mempengaruhi kualitas efluen IPAL dan menyebabkan tingginya kadar COD (Purwatinigrum, 2016). Selain itu, lubang *sampling* yang sering dibuka-tutup menyebabkan kondisi optimal anaerobik tidak dapat tercapai sehingga kinerja mikroorganisme pengolah kurang optimal dan kadar COD menjadi tinggi (Purwatinigrum, 2016).

Bagian dalam bangunan IPAL terbuat dari semen tanpa keramik sehingga IPAL tidak kedap air dan sangat mungkin terjadi kebocoran. Kebocoran bangunan IPAL mempengaruhi kualitas dan kadar COD efluen (Purwatinigrum, 2016). Tingginya kadar COD mungkin juga dikarenakan adanya bahan tertentu dari limbah cair yang tidak dapat terdegradasi oleh mikroorganisme sehingga air limbah tidak terolah dengan baik (Sugito, 2008).

Pengukuran kadar COD yang dilakukan oleh BLH Kota Surabaya hanya dilakukan pada efluen

dan tidak dilakukan pada influen sehingga tidak diketahui berapa kadar COD awal. Hal ini menjadi kendala dalam menentukan selisih kadar COD antara influen dan efluen IPAL apakah jauh berbeda atau tidak. Oleh karena itu, BLH juga perlu melakukan pengukuran pada parameter influen (Purwatinigrum, 2016).

Beberapa sistem IPAL yang dapat dijadikan contoh dalam menurunkan kadar COD antara lain: sistem Bio Natural anaerob-aerob dengan *Anaerobic Baffled Reactor* (ABR) yang kemudian dialirkan ke unit aerob *sand filter plant* (rumpun *Phragmites Sp.*) menghasilkan efektivitas penurunan COD sebesar 93,04% (Setyawan, 2012); sistem biofilter anaerob-aerob dengan penambahan EM₄ (5%) mampu menurunkan kadar COD dengan penyisihan hingga 83,26% selama 18 hari (Pitriani, 2014); dan sistem *oxidation pond* mampu menurunkan kadar COD hingga 80% (Roniadi, 2013).

Total Suspended Solid (TSS)

Total Suspended Solid (TSS) adalah salah satu material penyebab kekeruhan (*turbidity*) pada perairan berupa residu dari padatan total yang dengan ukuran partikel maksimal 2 µm atau lebih besar dari ukuran partikel koloid misalnya bahan-bahan organik tertentu, tanah liat dan sebagainya (Aswir, 2006; Metcalf dkk, 1991).

Tabel 5.

Hasil Uji Laboratorium Parameter TSS Air Limbah IPAL Simokerto Tahun 2014

Hari Ke-	Influen (mg/l)	Efluen (mg/l)	*) Baku Mutu
1	3,0	2,0	
2	2,0	3,0	
3	3,0	8,0	
4	5,0	4,0	≤ 50 mg/l
5	8,0	3,0	
Rerata	4,2	4,0	

*) Baku Mutu Air Limbah Domestik dalam Pergub. Jatim No. 72 Tahun 2013

Berdasarkan Tabel 5, kadar rerata TSS influen adalah 4,2 mg/l, sedangkan kadar rerata TSS efluennya adalah 4,0 mg/l. Bila dibandingkan dengan Baku Mutu Air Limbah Domestik dalam Pergub Jatim No. 72 tahun 2013, kadar rerata TSS influen dan efluen masih memenuhi baku mutu air limbah domestik karena kadarnya berada jauh di bawah kadar maksimum TSS dalam baku mutu sebesar 50 mg/l.

Hal ini sejalan dengan hasil pengukuran kadar TSS efluen yang dilakukan oleh BLH Kota Surabaya. Kadar TSS masih memenuhi baku mutu air limbah domestik dengan nilai 14 mg/l.

Karena kadar rerata TSS influen dan efluen masih di bawah kadar maksimum baku mutu sebesar 50 mg/l, IPAL tersebut belum memenuhi persyaratan kualitas IPAL.

Setelah dilakukan uji normalitas sampel dengan uji KS terhadap kadar rerata TSS influen dan efluen didapatkan hasil p influen: 0,786 dan p efluen: 0,759. Dari hasil tersebut diketahui bahwa $p > 0,05$ yang berarti sampel berdistribusi normal.

Berdasarkan hasil uji t-berpasangan, diperoleh nilai $t = 0,123$ dengan signifikansi $p = 0,908$. Karena $\alpha = 0,05$, didapatkan hasil $p > \alpha$ yaitu $0,908 > 0,05$, yang berarti tidak terdapat perbedaan bermakna antara kadar rerata TSS influen dan efluen.

Minyak dan Lemak

Minyak dan lemak mempunyai sifat tidak larut dalam air. Bahan-bahan tersebut banyak terdapat pada makanan, hewan, manusia dan bahkan ada dalam tumbuhan sebagai minyak nabati. Sifat lainnya yaitu relatif stabil dan tidak mudah terdekomposisi oleh bakteri (Metcalf dkk, 1991).

Minyak dan lemak merupakan zat pencemar yang sering dimasukkan ke dalam kelompok padatan, yaitu padatan yang mengapung di atas permukaan air (Sugiharto, 1987).

Sebagian emulsi minyak dan lemak akan mengalami degradasi melalui fotooksidasi spontan dan oksidasi oleh mikroorganisme. Penguraian lemak dan minyak dalam kondisi kurang oksigen akan menyebabkan penguraian yang tidak sempurna sehingga menimbulkan bau tengik (Hendrawan, 2008).

Tabel 6.

Hasil Uji Laboratorium Parameter Minyak dan Lemak Air Limbah IPAL Simokerto Tahun 2014

Hari Ke-	Influen (mg/l)	Efluen (mg/l)	*) Baku Mutu
1	6,5	7	
2	6,8	7,2	
3	6,6	6,6	
4	6,6	6,6	≤ 10 mg/l
5	6,8	6,8	
Rerata	6,66	6,84	

*) Baku Mutu Air Limbah Domestik dalam Pergub Jatim No. 72 Tahun 2013

Berdasarkan Tabel 6, kadar rerata minyak dan lemak pada influen adalah 6,66 mg/l, sedangkan rerata kadar minyak dan lemak pada efluen adalah 6,84 mg/l. Bila dibandingkan dengan Baku Mutu Air Limbah Domestik dalam Pergub Jatim No. 72 tahun 2013, kadar rerata minyak dan lemak influen

dan efluen masih memenuhi baku mutu air limbah domestik karena kadar maksimum pada baku mutu sebesar 10 mg/l.

Hal ini sejalan dengan hasil pengukuran efluen yang dilakukan oleh BLH Kota Surabaya. Kadar minyak dan lemak memiliki nilai yang sangat kecil karena kurang dari limit deteksi (0,5 mg/l). Oleh karena itu kadar minyak dan lemak efluen masih memenuhi baku mutu air limbah domestik. Karena kadar rerata minyak dan lemak pada influen dan efluen masih di bawah kadar maksimum baku mutu sebesar 10 mg/l, IPAL tersebut belum memenuhi persyaratan kualitas IPAL. Setelah dilakukan uji normalitas sampel menggunakan uji KS terhadap kadar minyak dan lemak pada influen dan efluen didapatkan hasil p influen: 0,851 dan p efluen: 0,967. Diketahui bahwa $p > 0,05$ yang berarti sampel memiliki distribusi normal.

Berdasarkan hasil uji t-berpasangan, diperoleh nilai $t = -1,616$ dengan signifikansi $p = 0,181$. Karena $\alpha = 0,05$, didapatkan hasil $p > \alpha$, yang berarti tidak terdapat perbedaan bermakna antara kadar rerata minyak dan lemak influen dan efluen. Pemilihan teknologi pengolahan air limbah harus mempertimbangkan beberapa hal yakni jumlah air limbah, karakteristik air limbah, kualitas hasil olahan yang diharapkan, kemudahan dalam hal pengelolaan, ketersediaan lahan dan sumber energi, serta biaya operasi dan perawatan diupayakan serendah mungkin. Setiap jenis teknologi pengolahan air limbah mempunyai keunggulan dan kelemahan masing-masing sehingga perlu diperhatikan aspek teknis, ekonomis, lingkungan, dan sumber daya manusianya (Said, 2008).

Beberapa sistem IPAL yang dapat dijadikan contoh untuk perencanaan dan pembangunan IPAL adalah sebagai berikut.

Sistem Bio Natural anaerob-aerob dengan *Anaerobic Baffled Reactor* (ABR) yang kemudian dialirkan ke unit aerob *sand filter plant* (rumput *Phragmites Sp.*) menghasilkan efektivitas penurunan BOD sebesar 84,82% dan COD sebesar 93,04% (Setyawan, 2012).

Efektivitas pengolahan biologis sistem biofilter anaerob-aerob dengan penambahan EM₄ (5%) mampu menurunkan kadar BOD dan COD dengan penyisihan hingga 91,22% dan 83,26% selama 18 hari (Pitriani, 2014).

Sedangkan IPAL dengan sistem *oxidation pond* mampu menurunkan kadar BOD sebesar 71%, COD sebesar 80%, dan TSS sebesar 88% (Roniadi, 2013).

Adapun pada IPAL sistem aerob dengan aerasi dan penambahan bakteri *Pseudomonas putida* 5% selama 216 jam efektif dalam menurunkan kadar BOD sebesar 86,09%, TSS sebesar 90,77%, serta minyak dan lemak sebesar 92,05% (Romayanto, 2006).

IPAL yang menggunakan sistem kolam stabilisasi dengan biokoagulan biji *Moringa oleifera Lam.* dan saringan pasir cepat mampu menurunkan kadar BOD sebesar 79,31%, TSS sebesar 99,98%, minyak dan lemak sebesar 86,53% (Octavianus, 2013).

Sistem IPAL gabungan antara *anaerobic fluidized bed biofilter* dengan media bioball dan *imhoff tank* sebagai unit pengendapan mampu menurunkan kadar TSS sebesar 70-95% (Wulandari, 2015).

SIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah IPAL Domestik Komunal di Kelurahan Simokerto menggunakan sistem anaerobik dengan mikroorganisme pengolah yang tidak memerlukan oksigen dalam menguraikan polutan organik.

Dari hasil uji laboratorium peneliti, seluruh parameter efluen meliputi kadar BOD, COD, TSS, minyak dan lemak masih memenuhi Baku Mutu Air Limbah Domestik dalam Pergub. Jawa Timur No. 72 tahun 2013 sehingga dapat dengan aman dibuang ke lingkungan.

Dari hasil uji statistik, hanya parameter BOD saja yang memiliki perbedaan bermakna antara influen dan efluen. Sedangkan pada parameter lainnya yaitu COD, TSS, minyak dan lemak tidak terdapat perbedaan yang bermakna antara influen dan efluen.

Pemilihan teknologi pengolahan air limbah harus mempertimbangkan beberapa hal yakni jumlah air limbah, karakteristik air limbah, kualitas hasil olahan yang diharapkan, kemudahan dalam hal pengelolaan, ketersediaan lahan dan sumber energi, serta biaya operasi dan perawatan.

Saran kepada instansi terkait (BLH dan FTSP-ITS) yaitu perlu dilakukan kajian lebih mendalam mengenai faktor-faktor yang berpengaruh terhadap kualitas air limbah termasuk mencari penyebab tingginya kadar COD efluen. Perlu juga dilakukan kajian mengenai karakteristik air limbah sebelum melakukan perancangan dan pembangunan IPAL sehingga didapatkan sistem IPAL yang sesuai. Pemahaman dan kesadaran pengelola maupun warga terhadap sistem pengolahan IPAL Komunal yang masih kurang perlu ditingkatkan dengan cara diadakan pelatihan kembali mengenai pentingnya IPAL Komunal sebagai sarana sanitasi terpadu serta cara pengoperasian dan pemeliharannya.

Bagi penelitian selanjutnya, pengujian parameter air limbah sebaiknya tidak hanya dilakukan pada parameter fisik dan kimia saja namun juga dilakukan pada parameter biologis yaitu mikroorganisme patogen yang terdapat dalam air limbah dan hasil olahannya (efluen).

DAFTAR PUSTAKA

- Aswir. (2006). *Analisis Pencemaran Air Sungai Tapung Kiri Oleh Limbah Industri Kelapa Sawit PT. Pепutra Masterindo di Kabupaten Kampar* (Tesis Program Magister Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana, Universitas Diponegoro, Semarang). Diakses dari <http://eprints.undip.ac.id/15421/1/Aswir.pdf>
- Afandi, Y.V., Agustus (2013). *Pengelolaan Air Limbah Domestik Komunal Berbasis Masyarakat di Kota Probolinggo. Prosiding: 98–102*. Seminar Nasional Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan 2013. Program Pascasarjana, Universitas Diponegoro, Semarang. Diakses dari http://eprints.undip.ac.id/40632/1/015-Yusdi_Vari_Afandi.pdf
- Departemen Kesehatan RI. (1999). *Keputusan Menteri Kesehatan RI No. 892 Tahun 1999 tentang Persyaratan Kesehatan Perumahan*. Diakses dari <http://www.proxsis.com/perundangan/LH/doc/uu/J10-1999-00829.pdf>.
- Hendrawan, Diana. (2008). Kualitas Air Sungai Ciliwung Ditinjau dari Parameter Minyak dan Lemak. *Jurnal Ilmu-ilmu Perairan dan Perikanan Indonesia*, 15(2), 85-93. Diakses dari <http://journal.ipb.ac.id/index.php/jippi/article/viewFile/11/4278>.
- Kementerian ESDM RI. (2001). *Peraturan Pemerintah RI No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air*. Diakses dari http://www.minerba.esdm.go.id/library/sijh/PP8201_KualitasAir.pdf.
- Kementerian Lingkungan Hidup RI. (2003). *Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 112 Tahun 2003 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik*. Diakses dari <http://www.hpli.org/reg/pm/Peraturan%20Menteri%20Lingkungan%20Hidup/Baku%20Mutu%20Air%20Limbah%20Domestik.pdf>.
- Kementerian Lingkungan Hidup RI. (2012). *Status Lingkungan Hidup Indonesia 2012*. Diakses dari http://www.menlh.go.id/DATA/lampiran/SLHI_2012_realFINAL.pdf.
- Metcalf dan Eddy. (1991). *WasteWater Engineering: 3rd Edition*. Singapura: Mc-Graw Hill.
- Muti. 2011. "Warna-warni" Air Limbah Domestik. <http://www.airlimbah.com/2011/06/14/%E2%80%9Cwarna-warni%E2%80%9D-air-limbah-domestik/>.
- Octavianus, Dody. (2013). Pengolahan Limbah Domestik dengan menggunakan Biokoagulan Biji Moringa oleifera Lam. dan Saringan Pasir Cepat. *Jurnal Reka Lingkungan Itenas*, 1(2). Diakses dari <http://ejurnal.itenas.ac.id/index.php/lingkungan/article/download/343/393>.
- Pemerintah Kelurahan Simokerto. (2013). Monografi Kelurahan Simokerto. Surabaya: Penulis.
- Pemerintah Provinsi Jawa Timur. (2013). *Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Limbah Cair bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya*. Diakses dari http://blh.jatimprov.go.id/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=540&Itemid=157.
- Pitriani. (2014). Efektivitas Penambahan EM₄ pada Biofilter Anaerob - Aerob dalam Pengolahan Air Limbah RS UNHAS. *Jurnal Program Pascasarjana Universitas Hasanuddin*. Diakses dari <http://pasca.unhas.ac.id/jurnal/files/d0cd3ed391379d03075e2827cd10f7ef.pdf>.
- Purwatinigrum, Oktina. (2016). *Evaluasi Pengolahan Air Limbah Rumah Tangga dan Kaitannya dengan Kesehatan Masyarakat di Kelurahan Simokerto, Kecamatan Simokerto, Kota Surabaya* (Skripsi) Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Airlangga.
- Romayanto, M.E.W. (2006). Pengolahan Limbah Domestik dengan Aerasi dan Penambahan Bakteri *Pseudomonas putida*. *Jurnal Bioteknologi*, 3(2), 42–49. doi:10.13057/biotek/c030202.
- Roniadi, A. (2013). Evaluasi Pengolahan Air Limbah Rumah Potong Hewan di Kelurahan Mabar Hilir Kecamatan Medan Deli. *Jurnal Teknik Sipil USU*, 2(1). Diakses dari <http://jurnal.usu.ac.id/index.php/jts/article/viewFile/1733/977>.
- Said, N.I. (2008). *Pengolahan Air Limbah Domestik di DKI Jakarta: Tinjauan Permasalahan, Strategi dan Teknologi Pengolahan*. Diakses dari <http://www.kelair.bppt.go.id/Publikasi/BukuAirLimbahDomestikDKI/BAB10SEMI%20KOMUNAL.pdf>.
- Sastrawijaya, A.T. (2009). *Pencemaran Lingkungan*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Scortar, L.M. (2009). *Household Waste Management around the Globe. Managerial Challenges of the Contemporary Society*. Proceedings: 249-256. Cluj-Napoca: Babes Bolyai University. Diakses dari

<http://search.proquest.com/docview/1210673085?accountid=31533>.

Setyawan, A.B., & Hartini, E. (2012). Evaluasi Pengolahan Limbah Cair Rumah Sakit dengan Sistem Bio Natural (Studi Kasus Di RSUD Kelet Jepara). *Jurnal Visikes*, 11(1), 70-79. Diakses dari <http://dinus.ac.id/wbsc/assets/dokumen/majalah/70-79.pdf>.

Sugito. (2008), April. *Aplikasi Instalasi Pengolahan Air Limbah Biofilter untuk Menurunkan Kandungan Pencemar BOD, COD dan TSS di Rumah Sakit Bunda Surabaya*. Prosiding Seminar Nasional

Aplikasi Teknologi Prasarana Perkotaan Program Diploma Teknik Sipil FTSP–ITS. Diakses dari <https://atpw.files.wordpress.com/2013/03/f1-Wagabagan%20saya%204.pdf>.

Sugito, P. (2004). *Dampak Pencemaran Limbah Cair Rumah Sakit*. Diakses dari <http://repository.unhas.ac.id/bitstream/handle/123456789/12763/Jurnal%20Wulan.pdf>.

Wulandari. (2015). Studi Identifikasi Lokasi Pembangunan IPAL Komunal dan Evaluasi IPAL Komunal yang Ada di Kecamatan Panakukkang Makassar. *Jurnal Teknik Sipil Universitas Hasanuddin*. Diakses dari <http://repository.unhas.ac.id/bitstream/handle/123456789/12763/Jurnal%20Wulan.pdf>.

Sugiharto. (1987). *Dasar-Dasar Pengolahan Air Limbah*, Cetakan Pertama. Jakarta: UI Press.