

Perbandingan Desain Ipal Proses *Attached Growth Anaerobic Filter* dengan *Suspended Growth Anaerobic Baffled Reactor* untuk Pusat Pertokoan di Kota Surabaya

Abdul Hamid dan Mohammad Razif

Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

E-mail: razif@its.ac.id

Abstrak— Perencanaan IPAL dilakukan dengan mengidentifikasi karakteristik dan kuantitas limbah dari pusat pertokoan X di Surabaya. Selanjutnya ditetapkan baku mutu dan kriteria desain. Perhitungan desain meliputi dimensi dan rencana anggaran biaya. Dari hasil perhitungan desain didapatkan desain rinci IPAL unit *Anaerobic Filter* meliputi dimensi bak ekualisasi (2,2 m x 1,1 m x 1,3 m), Bak Pengendap kompartemen I (7 m x 2,5 m x 1,25) kompartemen II (3,5 m x 2,5 m x 1,25 m), AF tiap kompartemen (1,25 m x 0,56 m x 1,25 m) sebanyak 6 buah. Desain rinci Unit IPAL *Anaerobic Baffled Reactor* meliputi dimensi bak ekualisasi (2,2 m x 1,1 m x 1,3 m), Bak Pengendap (8 m x 2 m x 1,5 m), ABR tiap kompartemen (0,75 m x 4 m x 1,5m) sebanyak 7 buah. Biaya konstruksi unit AF sebesar Rp 178.383.868,- dan Rp 4.688.912,-/ bulan untuk OM. Sedangkan biaya konstruksi unit ABR Rp 239.247.347,- serta Rp 4.677.801,-/bulan untuk OM.

Kata Kunci— limbah pusat pertokoan, unit pengolahan air limbah, *anaerobic filter*, *anaerobic baffled reactor*.

I. PENDAHULUAN

Pusat Pertokoan di Surabaya merupakan pasar yang besar bagi penduduk kota Surabaya yang mencapai jumlah 3.193.636 jiwa [1]. Dengan jumlah penduduk yang sedemikian besar, maka pertumbuhan pusat pertokoan diperkirakan akan terus meningkat seiring dengan pertumbuhan jumlah penduduk. Terdapat 34 pusat pertokoan di Surabaya [2] dengan jumlah pengunjung antara 35.000 – 45.000 pada hari biasa dan pada akhir pekan mencapai 50.000 – 60.000 pengunjung [3].

Air limbah Pusat pertokoan berasal dari limbah dari toilet dan limbah cair restoran. Jumlah pengunjung pusat pertokoan memungkinkan lebih dari 1000 pengunjung per hari. Secara teoritis, debit air limbah bisa dihitung dari pendekatan 50-80% penggunaan air bersih [4]. Air limbah yang dihasilkan dari pusat pertokoan termasuk dalam air limbah yang bersumber dari kegiatan ekonomi yang berpotensi mencemari lingkungan, khususnya sungai sebagai badan air penerima. Undang-undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup

menyebutkan bahwa suatu kegiatan diwajibkan untuk mengolah dan mengelola limbah yang dihasilkan wajib memenuhi standar baku mutu untuk menjaga kelestarian lingkungan. Oleh karena itu *effluent* yang akan dibuang ke badan air harus memenuhi baku mutu yang tercantum dalam Keputusan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Limbah Cair bagi Industri atau kegiatan Usaha lainnya di Jawa Timur sesuai dengan golongan badan air yang akan menerima air buangan.

Di Indonesia sendiri, khususnya di Surabaya, terjadi beberapa kasus pencemaran sungai akibat limbah kegiatan industri dan sejenisnya. Seperti pencemaran sungai di Kali Jagir yang menyebabkan ribuan ikan mati [5]. Sedangkan data yang dihimpun Perum Jasa Tirta Asa III menyebutkan bahwa sebanyak 62% Kali Surabaya tercemar oleh limbah yang berasal dari domestik (rumah tangga) maupun industri [6].

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Praditya [7] tentang desain alternatif IPAL untuk pusat pertokoan menunjukkan bahwa pengolahan limbah cair anaerobik memiliki keunggulan dibandingkan pengolahan secara aerobik maupun kombinasi, yakni efisiensi penyisihannya mencapai 96%, luas lahan yang dibutuhkan lebih sempit, serta biaya operasional lebih murah dikarenakan tidak menggunakan listrik. Dalam kajiannya, Praditya [7] menjelaskan bahwa pengolahan anaerobik dengan sistem *attached growth* lebih sesuai daripada *suspended growth* untuk desain rinci IPAL pusat pertokoan. Dibutuhkan cara untuk mendesain instalasi pembanding pengolahan limbah cair anaerobik lainnya dengan sistem *suspended growth* yang sama sebagai pembanding sistem *attached growth anaerobic filter* untuk menilai kelebihan dan kekurangannya. Salah satu dari sistem *suspended growth* yang ingin dikaji lebih dalam adalah *Anaerobic baffled reactor* (ABR).

Dimensi IPAL sangat tergantung pada beban hidrolis (*hydraulic loading*) dan beban organik (*organic loading*), oleh sebab itu diperlukan desain yang sesuai untuk beban hidrolis dan organik setiap pusat pertokoan. Diperkirakan beban hidrolis dan organik yang direncanakan pada desain ini berbeda dengan desain sebelumnya karena jenis pusat

pertokoan yang berbeda sehingga dapat diketahui perbedaan desain unit yang dirancang beserta kelebihan dan kekurangannya.

Oleh karena itu, desain ini bertujuan untuk mendapatkan dimensi serta membandingkan unit pengolahan *Anaerobic filter* dengan *Anaerobic baffled reactor* untuk jenis pusat pertokoan yang dipilih dari aspek-aspek teknis dan ekonomis namun tetap memenuhi baku mutu sehingga dapat dijadikan acuan dalam pengolahan limbah cair pusat pertokoan. Dari segi ekonomis, menjadi penting untuk menghitung berapa rencana anggaran biaya (RAB) dari IPAL yang dirancang sehingga pengelola pertokoan bisa menyesuaikan dengan anggaran yang tersedia.

II. METODE DESAIN

Metode dalam desain ini adalah dengan menghitung dimensi bangunan, menghitung rencana anggaran biaya (RAB) yang dibutuhkan, lalu membandingkan kelebihan dan kekurangan kedua desain IPAL dengan beberapa parameter meliputi volume bangunan; luas lahan; efisiensi removal; serta RAB yang dibutuhkan. Desain IPAL dirancang berdasarkan modul DEWATS [8]. Data yang digunakan bersumber dari pusat pertokoan X di Kota Surabaya meliputi data penggunaan air bersih bulanan selama satu tahun, serta data sekunder berupa fluktuasi pemakaian air bersih per jam [9] dan karakteristik air limbah per jam [10]. Pengolahan data meliputi penetapan debit air limbah dengan diasumsikan sebesar 70% dari debit air bersih. Baku mutu yang digunakan sebagai acuan effluen adalah Pergub Jatim No. 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Limbah Cair bagi kegiatan Industri dan Usaha Lainnya. Penggambaran DED (Detail Engineering Design) menggunakan Program *Autocad 2007*. Perhitungan rencana anggaran biaya konstruksi dan operasi didasarkan pada SNI DT-91 series tentang pekerjaan bangunan dan HSPK Kota Surabaya 2013. Hasil desain dibandingkan kelebihan dan kekurangan masing-masing, selanjutnya ditarik kesimpulan dan saran.

III. HASIL DAN DISKUSI

A. Debit dan kualitas air limbah

Debit air limbah diambil dari debit pemakaian air bersih pusat pertokoan X di kota Surabaya. Dari hasil penelitian Pitoyo [9] didapatkan bahwa pemakaian air bersih per hari rata-rata sebesar 184 m³ per hari.

Besarnya air limbah diasumsikan sebesar 70% dari debit air limbah. Hal ini dikarenakan sekitar 30% dari air bersih tersebut digunakan untuk kegiatan operasional, penyiraman tanaman, serta akibat penguapan. Dari hasil perhitungan didapatkan debit air limbah pusat pertokoan X sebesar 128,73 m³ per hari atau 1,49 Liter per detik.

Kulitas air limbah yang diukur meliputi BOD, COD, TSS, pH, lemak dan minyak. Dari hasil penelitian didapatkan hasil analisa laboratorium untuk pusat pertokoan X bila dibandingkan dengan baku mutu seperti berikut.

Tabel 1. Hasil analisa karakteristik air limbah Pusat Pertokoan X di Kota Surabaya

Paramater	Nilai rata-rata (mg/L)	Baku Mutu (mg/L)*
BOD ₅	248,5	30
COD	397,5	50
TSS	411,75	50
Minyak dan Lemak	39,8	10
N	136,5	-
P	12,6	-

Dari data diatas dapat dihitung bahwa efisiensi penyisihan yang dibutuhkan untuk penyisihan COD sebesar 87,4% dan penyisihan untuk BOD sebesar 87,9% agar effluen yang dihasilkan dapat memenuhi baku mutu.

B. Penetapan unit dan kriteria desain IPAL

Unit IPAL yang direncanakan adalah unit *Anaerobic Filter (AF)* dan unit *Anaerobic Baffled Reactor (ABR)*. Masing-masing IPAL dilengkapi dengan unit bak ekualisasi dan bak pengendap. Bak ekualisasi berperan sebagai unit stabilisasi debit dan kualitas air limbah sehingga mencegah terjadinya lonjakan hidrolis maupun organik. Sedangkan bak pengendap berfungsi sebagai pengendapa awal yang mampu mengendapkan partikel diskrit maupun tersuspensi sehingga mampu mengurangi beban air limbah yang masuk ke unit pengolah biologis. Adapun kriteria desain dari masing-masing unit IPAL dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2. Kriteria desain Unit IPAL direncanakan

Anaerobic Filter	Anaerobic Baffled Reactor
Organic Loading : 0,4 -5 kg COD /m x hari	Rasio SS/COD : 0,35 – 0,45
HRT di bak pengendap : 2 jam	HRT di bak pengendap : 2 jam
HRT di tangki AF : 24 – 48 Jam	Velocity upflow : 1,4- 2 m/jam
BOD removal : 70 – 90%	Panjang kompartemen < 50% - 60% dari tingginya
Rasio SS/COD : 0,35 – 0,45	Organic ₃ loading : < 5 kg COD/m .hari
Luas spesifik media:80 - 180 m ² /m ³	HRT : ≥ 8 jam
Massa kosong filter : 30 – 45 %	Volume lumpur pada septic tank ≥ 4 L/m BOD dan pada tangki pertama ≥ 1,4 L/m "BOD
Velocity upflow : < 2 m/jam	Rasio SS/COD : 0,35 – 0,45

C. Pehitungan Dimensi IPAL

1.) Dimensi *Anaerobic Filter*

Perhitungan dimensi *Anaerobic Filter* didasarkan pada modul DEWATS. Hasil dari perhitungan dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 3. Dimensi unit IPAL AF hasil perhitungan

Parameter	Dimensi Bangunan (m)		
	Bak Ekualisasi	Bak Pengendap	<i>Anaerobic Filter</i>
Panjang	2,2	10,5	1.25
Lebar	1,1	2,5	0.6
kedalaman	1,3	1,25	1,25

Jumlah unit AF yang digunakan sebanyak 6 buah.

2.) Dimensi *Anaerobic Baffled Reactor*

Perhitungan dimensi *Anaerobic baffled reactor* didasarkan pada modul DEWATS. Hasil dari perhitungan dapat dilihat pada tabel berikut.

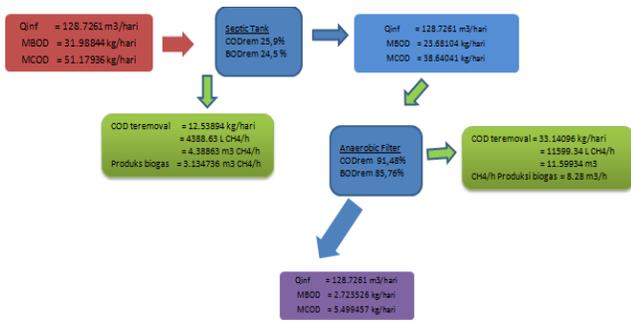
Tabel 4.
Dimensi unit IPAL ABR hasil perhitungan

Parameter	Dimensi Bangunan (m)		
	Bak Ekualisasi	Bak Pengendap	<i>Anaerobic Baffled Reactor</i>
Panjang	2,2	8	1.25
Lebar	1,1	2	0.6
kedalaman	1,3	1,5	1,25

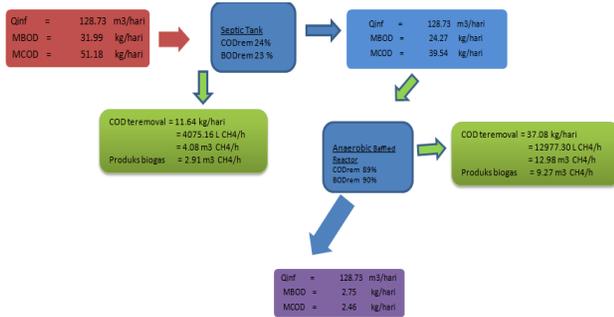
Jumlah unit ABR yang digunakan sebanyak 7 buah.

D. *Mass balance*

Perhitungan kesetimbangan massa (*mass balance*) dibutuhkan untuk mengetahui beban air limbah pada tiap kondisi baik sebelum maupun sesudah melewati unit IPAL. Pembebanan dilakukan dengan mengalikan debit dengan konsentrasi BOD dan COD. Hasil dari perhitungan *mass balance* dapat dilihat pada gambar berikut.



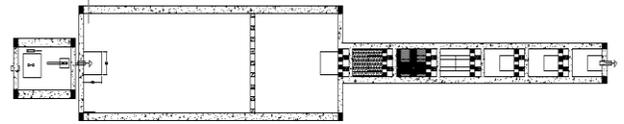
Gambar 1. Diagram *Mass Balance* unit IPAL AF



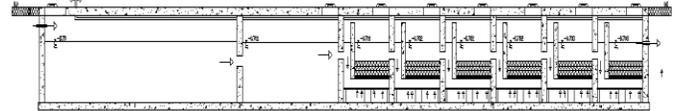
Gambar 2. Diagram *Mass Balance* unit IPAL ABR

Perhitungan *mass balance* ini tidak menggunakan prinsip rasio F/M dikarenakan beban organik sudah distabilkan dalam bak ekualisasi.

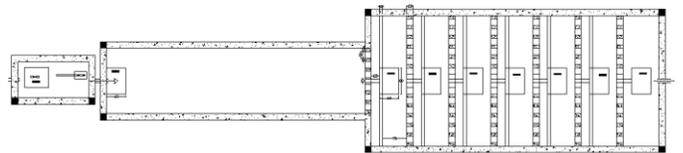
E. Gambar



Gambar 3. Denah unit IPAL AF (tanpa skala)



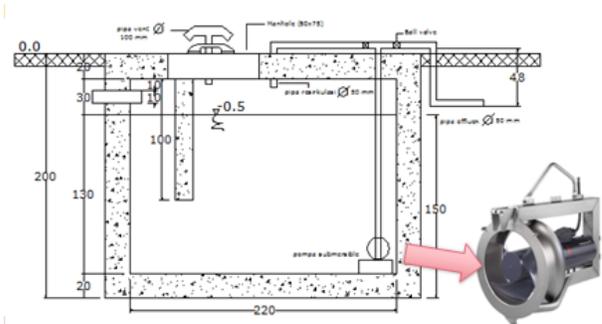
Gambar 4. Potongan memanjang unit IPAL AF (tanpa skala)



Gambar 4. Denah unit IPAL ABR (tanpa skala)



Gambar 5. Potongan memanjang unit IPAL ABR (tanpa skala)



Gambar 6. Potongan Bak ekualisasi dan pompa resirkulasi (tanpa skala)

F. *Rencana Anggaran Biaya*

Perhitungan Rencana Anggaran Biaya menghasilkan bahwa unit AF membutuhkan biaya konstruksi sebesar Rp 178.383.868,- dan Rp 4.688.912,-/ bulan untuk biaya operasional dan perawatannya. Sedangkan Unit IPAL ABR membutuhkan biaya konstruksi sebesar Rp 239.247.347,- dan Rp 4.688.912,-/ bulan untuk biaya operasional dan perawatannya.

IV. KESIMPULAN

Dari hasil perencanaan didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil perhitungan desain IPAL *Anaerobic filter* dimensi bak ekualisasi (2,2 m x 1,1 m x 1,3 m), *septic tank* kompartemen I (7 m x 2,5 m x 1,25) kompartemen II (3,5 m x 2,5 m x 1,25 m), AF tiap kompartemen (1,25 m x 0,56 m x 1,25 m) sebanyak 6 buah.
2. Perhitungan desain IPAL *Anaerobic Baffled Reactor* menghasilkan dimensi bak ekualisasi (2,2 m x 1,1 m x 1,3 m), *septic tank* (8 m x 2 m x 1,5 m), ABR tiap kompartemen (0,75 m x 4 m x 1,5m) sebanyak 7 buah.
3. Rencana Anggaran Biaya Unit AF Rp 178.383.868,- biaya OM Rp 4.688.912,-/ bulan. Sedangkan Unit ABR Rp 239.247.347,- serta biaya OM Rp 4.677.801,-/ bulan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anonim. 2014. **Jumlah Penduduk Kota Surabaya**. Dinas Kependudukan Dan Catatan Sipil Kota Surabaya
- [2] Anonim. 2012b. Daftar Pusat Pertokoan di Kota Surabaya. (http://id.wikipedia.org/wiki/Daftar_pusat_Pertokoan_di_Surabaya) diakses pada 29 Januari 2014
- [3] The, E.N. 2013. *Analisis Perilaku Belanja Di Mall Berdasarkan Factor Usia Da Gender Di Tunjungan Plaza Dan Galaxy Mall*. Calyptra: Jurnal Ilmiah Mahasiswa Universitas Surabaya 2,1: 2-3.
- [4] Tchobanoglous G., Burton F.L., Stensel H.D., 2003. *Wastewater Engineering, Treatment and Reuse Fourth Edititon*. New York : McGraw-Hill Companies.
- [5] Anonim. 2012. *Berlanjut Ikan Mati di Kali Surabaya*. (<http://regional.kompas.com/read/2012/05/30/03172018/Berlanjut.Ikan.Mati.di.Kali.Surabaya>) diakses pada 28 Januari 2014
- [6] Anonim. 2013. *62 persen pencemaran Kali Surabaya limbah domestik*. (<http://www.antarane.ws.com/berita/367264/62-persen-pencemaran-Kali-Surabaya-limbah-domestik>). diakses pada 29 Januari 2014
- [7] Praditya, A. 2013. *Desain Alternatif Instalasi Pengolahan Air Limbah Pusat Pertokoan dengan Proses Aerobic, Anaerobic, dan Kombinasi Anaerobic dan Aerobic di Kota Surabaya*, Tugas Akhir di Jurusan Teknik Lingkungan FTSP – ITS. Surabaya
- [8] Sasse, L. 1998. *DEWATS; Decentralized Wastewater Treatment In Developing Countries*. Bremen: BORDA
- [9] Pitoyo, E. 2014. *Penelitian Faktor Jam Puncak Pemakaian Air Bersih Pada 2 (dua) Pusat Pertokoan di Kota Surabaya*. Tugas Akhir di Jurusan Teknik Lingkungan FTSP – ITS. Surabaya
- [10] Hardiansyah, F. 2014. *Penelitian Kuantitas dan Kualitas Air Limbah Pada 2 (dua) Pusat Pertokoan di Kota Surabaya*. Tugas Akhir di Jurusan Teknik Lingkungan FTSP – ITS. Surabaya