

STUDI EVALUASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH INDUSTRI SECARA TERPUSAT DI KAWASAN INDUSTRI REMBANG PASURUAN (PIER)

Ruslin Anwar, Yatnanta P. Devia dan Anton Abdur Rahman
Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang
Jl. Mayjen Haryono 147 Malang

ABSTRAK

Dalam kawasan industri, seiring dengan banyak dan beranekaragamnya jumlah industri, maka air limbah yang dikeluarkan perlu ditangani secara khusus. Selain dari *pre treatment* yang dilakukan oleh setiap industri, dalam suatu kawasan industri harus memiliki pengolahan air limbah terpusat yang menampung air limbah dari semua industri, sebagaimana di Kawasan Industri Rembang Pasuruan (PIER). Dalam suatu instalasi pengolahan air limbah (IPAL), maka hasil akhir yang dikehendaki ialah *effluent* yang dibuang ke badan air harus memenuhi baku mutu yang ditetapkan. Selain itu, untuk mengetahui tingkat keberhasilan dari unit pengolahan air limbah industri, maka perlu mengetahui efisiensi pengolahannya, serta mengetahui bagaimana kinerja dan kapasitas dari tiap bangunan pengolah dalam menampung beban limbahnya, baik untuk masa sekarang maupun masa mendatang.

Untuk mengetahui kualitas *effluent* yang dihasilkan dan seberapa efisiensi pengolahannya, maka dilakukan *sampling* (parameter pH, TSS, COD dan DO) sebanyak 2 kali di tiap *inlet* dan *outlet* bangunan dan pemeriksaan sampel itu di laboratorium. Sedangkan untuk mengetahui kinerja dan kapasitas tiap bangunan pengolah, maka perlu diketahui debit dan karakteristik air limbah dibanding dengan spesifikasi/dimensi dari tiap bangunan pengolah. Untuk perhitungan debit masa mendatang adalah berdasarkan pengukuran debit sekarang dan kondisi debit di tahun-tahun sebelumnya.

Dari evaluasi yang telah dilakukan diketahui bahwa *effluent* hasil pengolahan telah memenuhi baku mutu air limbah, diantaranya TSS sebesar 123 mg/l dan 40 mg/l dengan baku mutu sebesar 200 mg/l, dan COD sebesar 66 mg/l dan 63,43 mg/l dengan baku mutu sebesar 100 mg/l. Untuk efisiensi penurunan kadar polutan di tiap bangunan pengolah cukup baik, diantaranya pada TSS sebesar 50 % dan 75 %, COD sebesar 92,2 % dan 91,5 % dan DO sebesar 89,6 % dan 89 %. Khusus untuk kadar TSS, terjadi kenaikan efisiensi yang besar antara sampel 1 (50%) dengan sampel 2 (75 %). Hal ini disebabkan pada sampel awal, diambil saat air limbah di bak pengendap pertama cukup keruh, sedangkan sampel kedua diambil setelah dilakukan pengurasan total pada bak pengendap pertama.

Kata Kunci : kawasan industri, air limbah, bangunan pengolah

PENDAHULUAN

Bahan buangan / sampah industri tersebut ada dua macam, yaitu yang dapat dihancurkan oleh organisme dan yang tidak dapat dihancurkan oleh organisme. Semakin padat kegiatan industri, menyebabkan semakin banyak pula bahan buangan yang harus disingkirkan dan semakin sulit mendapatkan lokasi penempatannya. Oleh karena itulah untuk

lebih memudahkan dan meminimalkan dampak lingkungan, pemerintah mulai menggalakkan adanya pendirian kawasan industri, seperti halnya di Kawasan Industri Rembang Pasuruan (*Pasuruan Industrial Estate Rembang*) yang dikelola oleh PT SIER (*Surabaya Industrial Estate Rungkut*).

Limbah yang dihasilkan akibat aktivitas industri haruslah memenuhi

standar kualitas / baku mutu yang telah ditetapkan oleh pemerintah sehingga masih tetap aman terhadap ekosistem lingkungan. Oleh karenanya pemerintah mengharuskan setiap industri yang

berpotensi mencemari lingkungan agar mempunyai instalasi pengolahan limbah dan akan memberikan sanksi yang tegas bagi yang melanggarnya.

TINJAUAN PUSTAKA

Pencemaran Air

Pencemaran air menurut Peraturan Pemerintah No 20 tahun 1990 tentang Pengendalian Pencemaran Air adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan atau komponen lain ke dalam air oleh kegiatan manusia, sehingga kualitas air turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan air tidak berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya.

Air tercemar apabila air tersebut telah menyimpang dari keadaan normalnya, bukan dari kemurniannya. Air yang tidak terpolusi bukan selalu merupakan air murni, tetapi adalah air yang tidak mengandung bahan-bahan asing tertentu dalam jumlah melebihi batas yang ditetapkan sehingga air tersebut dapat digunakan secara normal untuk keperluan tertentu. Adanya benda-benda asing yang menyebabkan air tersebut tidak dapat digunakan secara normal disebut polutan (Srikandi Fardiaz, 1992 : 19).

Sumber Air Limbah

Data tentang sumber air limbah dapat dipergunakan untuk memperkirakan jumlah rata-rata aliran air limbah dari berbagai jenis perumahan, industri dan aliran air tanah yang ada di sekitarnya. Kesemuanya ini harus diperhitungkan peningkatannya sebelum membuat suatu bangunan pengolah air limbah dan merencanakan pemasangan saluran pembawanya (Sugiharto, 1987 : 10).

Baku Mutu Air Sesuai Peruntukannya

Di wilayah propinsi Jawa Timur, standarisasi kualitas air telah dituangkan di dalam Keputusan Gubernur Kepala Daerah Propinsi Jawa Timur No. 5 tahun 2000 tentang pengendalian Pencemaran Air di Propinsi Jawa Timur. Inti dari keputusan tersebut adalah penggolongan baku mutu air ke dalam lima golongan, yaitu :

1. Golongan A
Yaitu air pada sumber air yang dapat digunakan sebagai air minum secara langsung, tanpa diolah terlebih dahulu.
2. Golongan B
Yaitu air yang dapat digunakan sebagai bahan baku air minum dan keperluan rumah tangga lainnya.
3. Golongan C
Yaitu air yang dapat digunakan untuk keperluan perikanan dan peternakan.
4. Golongan D
Yaitu air yang dapat digunakan untuk keperluan pertanian, industri dan PLTA.
5. Golongan E
Yaitu air yang tidak dapat digunakan seperti yang tertera dalam penjelasan pada golongan A, B, C, dan D.

Baku Mutu Air Buangan

Baku mutu air buangan dimaksudkan untuk mencegah terjadinya pencemaran air lebih dini. Baku mutu air buangan dibuat dalam standar air buangan (*effluent standard*), yaitu karakteristik air yang disyaratkan bagi air buangan yang akan disalurkan ke

sumber air, sawah, dan tempat lainnya. Di dalam penyusunannya, telah dipertimbangkan pengaruh terhadap pemanfaatan sumber air yang menampungnya dan faktor ekonomis penggolongan air buangnya (Hoesein, 1984 : 81).

Pengolahan Limbah Cair Menurut Tingkatannya

Tingkatan pengolahan limbah tergantung dari jenis dan kondisi limbah. Tujuan utama pengolahan air limbah adalah untuk mengurangi BOD, partikel tercampur, serta membunuh organisme patogen. Selain itu, diperlukan juga tambahan pengolahan untuk menghilangkan bahan nutrisi, komponen beracun, serta bahan yang tidak dapat didegradasi agar konsentrasi yang ada menjadi rendah. Untuk itu diperlukan pengolahan secara bertahap agar bahan tersebut di atas dapat dikurangi.

Pengolahan Limbah Cair Menurut Karakteristiknya

Menurut sifat limbah, maka proses pengolahannya dapat digolongkan menjadi tiga, yaitu proses fisik, kimia dan biologis. Proses ini tidak berjalan secara sendiri-sendiri, namun terkadang harus dilaksanakan secara kombinasi. Metode-metode yang dipergunakan untuk pengolahan air limbah, seperti yang dipergunakan untuk pengolahan air bersih, dapat diklasifikasikan sebagai operasi satuan fisik, kimiawi dan biologis.

Efisiensi penurunan kadar polutan (*Removal Effectiveness*)

Untuk menentukan pengolahan yang tepat dan ekonomis serta memenuhi kriteria pemilihan atau mengetahui sejauhmana kemampuan pengolahan beroperasi yang dipakai sebagai tolok ukur keberhasilan unit pengolahan air limbah, maka perlu mengetahui besarnya efisiensi penurunan kadar polutan tiap proses pengolahan. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 1. di bawah ini.

Tabel 1. Efisiensi removal pada tiap parameter

Proses Pengolahan	Efisiensi Removal (%)				
	BOD	COD	SS	N	P
<i>Screening dan Grit Chamber</i>	0-5	0-5	0-10	-	-
<i>Primary Sedimentation</i>	30-40	30-40	50-65	10-20	10-20
<i>Activated Sludge</i>					
<i>Conventional</i>	80-95	80-85	80-90	15-50	10-25
<i>Oxidation Ditch</i>	80-90	80-90	80-90	70	-
<i>Trickling Filter</i>	65-80	60-80	60-85	15-50	8-12
<i>Secondary Treatment</i>	88	73	50	95	75

(Sumber : Qasim, 1985)

METODOLOGI PENELITIAN

Pengumpulan Data

Data yang diperlukan dalam menyelesaikan studi ini merupakan data primer dan sekunder yang antara lain sebagai berikut :

a. Data gambaran umum dan spesifikasi teknis sistem pengolahan air limbah industri di Kawasan PIER Pasuruan

b. Data debit air limbah dari waktu ke waktu. Dikarenakan ada kekurangan dalam data debit, maka untuk membantu hal ini diambil juga data pemakaian air baku di Kawasan PIER berikut jumlah industri dan luas arealnya.

c. Data kualitas air limbah di berbagai titik pengambilan

Adapun pengambilan data dilakukan dengan cara :

a. Observasi

Yaitu melakukan peninjauan secara langsung pada obyek penelitian guna mengamati keadaan instalasi pengolahan air limbah. Selain itu juga melakukan konsultasi dan diskusi dengan pihak ahli yang menangani langsung di lapangan.

b. Melakukan pemeriksaan dan pengukuran sampel air limbah di lapangan dan di laboratorium.

Analisis Data

Langkah-langkah yang dilakukan dalam kajian ini ialah sebagai berikut :

- a. Menganalisis kualitas hasil akhir proses pengolahan air limbah industri (*effluent*), khususnya pada parameter suhu, pH, TSS, DO dan COD, apakah memenuhi baku mutu air limbah yang ditetapkan (Keputusan Gubernur Jatim No. 45 Th 2002 tentang Baku Mutu Limbah Cair bagi Industri / Kegiatan Usaha Lainnya di Jatim)
- b. Menganalisis efisiensi penurunan kadar pencemaran (parameter TSS, DO, COD) pada tiap bangunan pengolah air limbah
- c. Menganalisis kinerja dan kapasitas masing-masing bangunan pengolahan air limbah industri (bak pengendap pertama, *grit chamber*, bak pengendap kedua, *oxidation ditch*, dan bak pengendap akhir), yang meliputi :
 - *Overflow rate* (OFR) atau tingkatan pelimpahan, yaitu perbandingan antara debit dan luas permukaan dari tiap bangunan, yang dinyatakan dalam satuan $m^3/m^2 \cdot \text{hari}$. Kondisi *overflow rate* ini akan berpengaruh terhadap removal

(pengurangan) kadar TSS dan BOD.

- Waktu detensi (*td*), yaitu waktu yang diperlukan oleh suatu tahap pengolahan agar tujuan pengolahan dapat tercapai secara optimal, yang merupakan perbandingan antara volume bangunan dan debit yang mengalir. Jika waktu detensi dari suatu bangunan cukup baik (memenuhi kriteria desain), berarti kapasitas bangunan yang ada masih mencukupi.
- Kondisi aliran, yang meliputi kontrol bilangan *Reynold* dengan tujuan untuk menjaga agar aliran laminar dan kontrol bilangan *Froud* dengan tujuan untuk menjaga agar aliran subkritis. Kedua kondisi tersebut perlu dicapai agar proses pengendapan partikel pada bak pengendap dapat berlangsung baik.
- Terjadinya penggerusan (*scouring velocity*), di mana di dalam bak pengendap, kecepatan horisontal partikel perlu dijaga (tidak melebihi kecepatan kritis) agar partikel yang telah terendapkan tidak tergerus dari dasar bak.
- F/M ratio, yaitu perbandingan antara substrat (*food*) terhadap mikroorganisme yang memakannya (M) di *oxidation ditch*
- Rasio resirkulasi, yaitu perbandingan debit *return sludge* dan debit olahan
- *Volumetric loading*, yaitu massa BOD / m^3 air limbah / hari di *oxidation ditch*
- Kebutuhan oksigen, guna kelangsungan proses aerobik di *oxidation ditch*.

PENGOLAHAN DATA

Data Kualitas Air Limbah

Pengambilan data dari pusat pengolahan air limbah di kawasan industri merupakan salah satu bagian yang penting untuk menunjang keberhasilan pengolahan, karena air limbah yang masuk sangat kompleks dari berbagai jenis industri.

Data yang tercatat merupakan hasil analisis laboratorium yang

kemungkinan terjadi fluktuasi dari hari ke hari atau bahkan dari jam ke jam. Adapun parameter-parameter yang digunakan untuk pemeriksaan adalah pH, *Total Suspended Solid* (TSS), DO (*Dissolved Oxygen*) dan COD (*Chemical Oxygen Demand*). Berikut hasil analisis laboratorium di IPAL PIER :

Tabel 2. Hasil Pemeriksaan Laboratorium Untuk Sampel Tanggal 13 Juni 2006

Parameter	Lokasi Pengambilan Sampel					
	1	2	3	4	5	6
Suhu (°C)	30	30	30	30	30	30
pH	7,1	7,1	7,1	7,1	7,0	7,0
TSS (mg/l)	246	216	200	187	128	123
DO (mg/l)	2,12	2,38	2,66	2,96	3,73	4,02
COD (mg/l)	847,2	770,5	715,6	667,4	83,4	66,02

Sumber : Hasil Pemeriksaan di Laboratorium IPAL PIER

Tabel 3. Hasil Pemeriksaan Laboratorium Untuk Sampel Tanggal 27 Juni 2006

Parameter	Lokasi Pengambilan Sampel					
	1	2	3	4	5	6
Suhu (°C)	30	30	30	30	30	30
pH	7,1	7,1	7,1	7,0	7,0	7,0
TSS (mg/l)	160	97	90	78	42	40
DO (mg/l)	2,37	2,77	3,12	3,46	4,21	4,48
COD (mg/l)	748,2	696,6	655,8	627,2	66,0	63,43

Sumber : Hasil Pemeriksaan di Laboratorium IPAL PIER

Keterangan tentang lokasi pengambilan sampel :

1 = *Influent* (inlet bak pengendap pertama)

2 = *Outlet* bak pengendap pertama (*inlet grit chamber*)

- 3 = *Outlet grit chamber (inlet bak pengendap kedua)*
- 4 = *Outlet bak pengendap kedua (Overflow Primary Settling) atau inlet oxidation ditch*
- 5 = *Effluent (outlet bak pengendap kedua)*
- 6 = *Outlet kolam indikator*

Data Debit Air Limbah

Untuk data debit pada kondisi saat ini, pengukurannya dilakukan 2 kali, yaitu di pagi hari (pukul 10.00 WIB) dan di sore hari (pukul 16.00 WIB). Dalam masing-masing pengukuran dilakukan

pengulangan sampai 3 kali dan dibuat rata-ratanya. Berikut ini hasil pengukuran debit air limbah (pada *inlet oxidation ditch*) untuk kondisi saat ini :

Tabel 4. Hasil Pengukuran Debit Air Limbah

Tanggal	Waktu Pengambilan	Waktu Pengukuran (detik)	Volume Timba (liter)	Debit (l/det)
27 Juni 2006	10.00	0,60	20	33,3
	16.00	0,54	20	37,0
28 Juni 2006	10.00	0,58	20	34,5
	16.00	0,52	20	38,5

Sumber : Hasil pengukuran lapangan di inlet *oxidation ditch*

Sedangkan perkiraan debit air limbah yang diperlukan guna merencanakan pengembangan instalasi pengolahan air limbah di masa 10 tahun mendatang (tahun 2016) adalah berdasarkan data debit air limbah di tahun-tahun sebelumnya (bersumber dari Laporan Praktek Kerja di IPAL PIER dan hasil konsultasi dari pengelola IPAL) beserta data pemakaian air bersih di kawasan PIER

(bersumber dari Kantor PDAB Kawasan PIER yang setiap tahun diberikan ke Kantor IPAL PIER guna penetapan tarif biaya pemeliharaan dan operasi sistem pengolahan air limbah) sebagai penunjang kelengkapannya. Berikut ini ditampilkan data debit air limbah dan data pemakaian air bersih dari tahun ke tahun sampai saat ini (tahun 2006).

Tabel 5. Data Debit Air Limbah dan Pemakaian Air bersih Setiap Tahun

Tahun	Debit Pemakaian Air Bersih (m ³ /bulan)		Debit Air Limbah Rata-rata (Q _{rata-rata}) (m ³ /hari)
	Q _{rata-rata}	Q _{puncak}	

2006	155000	170000	± 3100
2005	145000	160000	± 2900
2004			± 2500
2003			± 2000
2002			± 1500
2001			± 900
2000			± 500

Sumber : Kantor IPAL PIER

Berikut ini ditampilkan (tahun 2006) dan masa 15 tahun rekapitulasi desain dari tiap unit mendatang (tahun 2001) dalam tabel 6. bangunan pengolah untuk masa sekarang

Tabel 6. Hasil rekapitulasi desain dari tiap unit bangunan pengolah untuk masa sekarang (tahun 2006) dan masa 15 tahun mendatang (tahun 2021)

Unit	Spesifikasi	Dimensi	
		Tahun 2006	Tahun 2021
Bak Pengendap Pertama (<i>rectangular</i>)	Panjang	20 m	40 m
	Lebar	10 m	10 m
	Kedalaman	1,6 – 3 m	1,6 – 3 m
	Panjang <i>baffle</i>	10 m	10 m
	Lebar <i>baffle</i>	1,6 m	1,6 m
	Jarak <i>baffle</i> dr muka <i>inlet</i>	1,5 m	1,5 m
	Ø lubang <i>baffle</i>	0,15 m	0,15 m
	Jumlah lubang <i>baffle</i>	360 buah	360 buah
	Jarak antar lubang <i>baffle</i>		
		- jarak horisontal	0,22 m
Grit Chamber	- jarak vertikal	0,18 m	0,18 m
	Panjang saluran	13,3 m	13,3 m
	Perpanjangan saluran	8,4 m	8,4 m
	Lebar saluran	1 x 2 m	1 x 2 m
Bak Pengendap Kedua (<i>circular</i>)	Tinggi saluran & jagaan	1,2 m	1,2 m
	Jumlah	1 unit	2 unit
Oxidation Ditch	Diameter	21 m	21 m
	Kedalaman	1,9 - 4,65 m	1,9 - 4,65 m

Bak Pengendap Akhir (circular)	Jumlah	1 unit	4 unit
	Panjang kolam	113 m	113 m
	Kedalaman kolam	1,95 m	1,95 m
	Lebar dasar kolam	3 m	3 m
	Lebar permukaan kolam	8,85 m	8,85 m
	Kemiringan kolam	1 : 1,5	1 : 1,5
	Jumlah rotor	4 buah	16 buah
	Kapasitas rotor	45 kgO ₂ /j/rotor	45 kgO ₂ /j/rotor
	Jumlah	1 unit	2 unit
	Diameter	28 m	28 m
	Kedalaman	2,5 – 5,25 m	2,5 – 5,25 m

Sumber : Hasil Perhitungan

KESIMPULAN

Dari analisis dan perhitungan yang dilakukan, disimpulkan bahwa evaluasi yang dilakukan pada pengolahan air limbah industri di instalasi pengolahan air limbah di Kawasan Industri Rembang Pasuruan (PIER), meliputi :

1. Hasil pengolahan air limbah (*effluent*) yang akan dibuang ke badan air telah memenuhi baku mutu yang ditetapkan untuk air limbah golongan II, di antaranya pH sebesar 7 (untuk sampel 1&2) dengan baku mutu 6-9, TSS sebesar 123 mg/l (sampel 1) dan 40 mg/l (sampel 2) dengan baku mutu sebesar 200 mg/l, dan COD sebesar 66,02 mg/l (sampel 1) dan 63,43 mg/l (sampel 2) dengan baku mutu sebesar 100 mg/l.
2. Efisiensi penurunan kadar polutan pada IPAL secara keseluruhan masih cukup baik, diantaranya pada parameter TSS sebesar 50 % (sampel 1) dan 75 % (sampel 2), COD sebesar 92,2 % (sampel 1) dan 91,5 % (sampel 2) serta peningkatan DO sebesar 89,6 % (sampel 1) dan 89 % (sampel 2). Khusus untuk kadar TSS, terjadi kenaikan efisiensi yang besar antara sampel 1 (50%) dengan sampel

2 (75 %). Hal ini disebabkan pada sampel ke-1 (tanggal 13 Juni), diambil saat kondisi air limbah pada bak pengendap pertama cukup keruh dan beberapa hari setelahnya (tanggal 17 Juni) dilakukan pengurasan total pada bak pengendap itu. Sementara sampel ke-2 diambil 10 hari setelah pengurasan tersebut.

3. Kinerja dan kapasitas dari tiap unit bangunan pengolah di antaranya adalah :

- pada bak pengendap pertama, untuk masa sekarang (tahun 2006) nilai *overflow rate* rata-rata sebesar 15,51 m³/m².hari (kriteria desain 25-30 m³/m².hari) dan waktu detensinya 3,6 jam (kriteria desain 1,5-2,5 jam), serta partikel aman terhadap penggerusan, sehingga dapat disimpulkan bahwa kinerjanya masih baik dan kapasitasnya masih memenuhi. Namun untuk menjaga agar alirannya tetap laminer perlu dipasang *perforated baffle*. Sedangkan pada tahun 2021 mendatang nilai *overflow rate* rata-rata sebesar 52 m³/m².hari dan waktu detensinya 1 jam, sehingga

agar kinerja dan kapasitasnya memenuhi, perlu penambahan lagi dimensi panjangnya yang direncanakan dari 20 m menjadi 40 m.

- pada *grit chamber*, untuk masa sekarang (tahun 2006) lama waktu detensinya 66 detik (kriteria desain 45-90 detik) untuk ketinggian air 0,2 m (< ketinggian total saluran 1,2 m) , sehingga kapasitasnya masih memenuhi. Di samping itu partikel juga masih aman terhadap penggerusan. Sedangkan pada tahun 2021 mendatang lama waktu detensinya 66,5 detik untuk ketinggian air 0,657 m (<1,2 m) , sehingga kapasitasnya masih memenuhi.
- pada bak pengendap kedua, untuk masa sekarang (tahun 2006) nilai *overflow rate* rata-rata sebesar 8,96 m³/m².hari (kriteria desain 25-30 m³/m².hari) dan waktu detensinya 5 jam (kriteria desain 1,5-2,5 jam), sehingga dapat disimpulkan bahwa kinerjanya masih baik dan kapasitasnya masih memenuhi. Sedangkan pada tahun 2021 mendatang nilai *overflow rate* rata-rata sebesar 30 m³/m².hari dan waktu detensinya 1,39 jam, sehingga agar kinerja dan kapasitasnya memenuhi perlu penambahan lagi 1 unit bak pengendap.
- pada *oxidation ditch*, untuk masa sekarang (tahun 2006) nilai *F/M ratio* sebesar 0,141 /hari (kriteria desain 0,05-0,3 /hari), lama waktu detensinya 21 jam (kriteria desain 18-36 jam), nilai *volumetric*

loading sebesar 0,527 kgBOD₅/m³/hari (kriteria desain 0,1-0,6 kgBOD₅/m³/hari) dan kebutuhan oksigen per rotornya 34,5 kgO₂/jam (*oxigenation capacity* sebesar 45 kgO₂/jam/rotor) sehingga dapat disimpulkan bahwa kinerjanya masih baik dan kapasitasnya masih memenuhi. Sedangkan pada tahun 2021 mendatang nilai *F/M ratio* sebesar 0,472 /hari (kriteria desain 0,05-0,3 /hari), lama waktu detensinya 8 jam (kriteria desain 18-36 jam) sehingga agar kinerja dan kapasitasnya memenuhi perlu penambahan lagi 3 unit *oxidation ditch*.

- pada bak pengendap akhir, untuk masa sekarang (tahun 2006) nilai *overflow rate* rata-rata sebesar 7,552 m³/m².hari (kriteria desain 25-30 m³/m².hari) dan waktu detensinya 7,2 jam (kriteria desain 1,5-2,5 jam), serta partikel aman terhadap penggerusan, sehingga dapat disimpulkan bahwa kinerjanya masih baik dan kapasitasnya masih memenuhi. Sedangkan pada tahun 2021 mendatang nilai *overflow rate* rata-rata sebesar 25,2 m³/m².hari dan waktu detensinya 2,1 jam. Secara teoritis kinerjanya masih baik dan kapasitasnya masih memenuhi, namun untuk lebih amannya (sebagaimana desain awal perencanaan), untuk pengoperasian 4 unit *oxidation ditch*, maka setidaknya dibutuhkan 2 unit bak pengendap akhir (penambahan 1 unit lagi).

DAFTAR PUSTAKA

Anomim. 2000. Keputusan Gubernur Jawa Timur No. 5 tahun 2000 tentang **Pengendalian Pencemaran Air di Propinsi**

Jawa Timur. Surabaya : Bapedal Propinsi Jatim

Anomim. 2002. Keputusan Gubernur Jawa Timur No. 45 tahun 2002 tentang **Baku Mutu Limbah Cair**

- atau **Kegiatan Usaha Lainnya di Jawa Timur**. Surabaya : Bapedal Propinsi Jatim
- Droste, R.L. 1997. **Theory and Practice of Water and Waste Water Treatment**. 3th edition. Canada : John Wiley and Sons, Inc
- Eckenfelder, W. Wesley, Jr. 2000. **Industrial Water Pollution Control**. New York : Mc Graw-Hill
- Gintings, P. 1995. **Mencegah dan Mengendalikan Pencemaran Industri**. Cetakan ketiga. Jakarta : Pustaka Sinar Harapan
- Hoesein, A. Aziz, Ir, Dipl. He. 1984. **Kualitas Air dan Sistem Irigasi**. Malang : Penerbit Universitas Brawijaya
- Linsley, Ray K dan Franzini, Joseph B. 1991 **Teknik Sumber Daya Air**. Jilid 2. Edisi Ketiga. Terjemahan Djoko Sasongko. Jakarta : Penerbit Erlangga
- Metcalf dan Eddy, Inc. 1979. **Waste Water Engineering, Treatment, Disposal, Reuse**. 3th edition. New York : Mc Graw-Hill
- Qasim, S.R. 1985. **Waste Water Treatment Plants Planning, Design and Operation**. Japan : CBS Publishing Japan LTD
- Raju, Ranga, K.G. 1986. **Aliran Melalui Saluran Terbuka**. Jakarta : Penerbit Erlangga
- Soeparman & Suparmin. 2001. **Pembuangan Tinja dan Limbah Cair**. Jakarta : EGP
- Sugiharto. 1987. **Dasar-dasar Pengelolaan Air Limbah**. Jakarta : Penerbit Universitas Indonesia (UI-Press)
- Wardhana, Wisnu Arya. 2001. **Dampak Pencemaran Lingkungan**. Edisi 2. Cetakan I. Yogyakarta : Andi.