

KAJIAN PROSES AERASI KOLAM FAKULTATIF DI INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH (IPAL) PROVINSI D.I. YOGYAKARTA

Oleh: M.K. Eko Budi Setiawan
Politeknik Pekerjaan Umum
Kementerian Pekerjaan Umum dan Pekerjaan Rakyat
www.politeknikpu.ac.id

Abstrak

Pada tahun 1993/1994 Japan International Cooperation (JICA) melakukan Perencanaan teknis kemudian membangun Unit Instalasi Pengelolaan Air Limbah (IPAL) untuk mengatasi air limbah di propinsi Daerah istimewa Yogyakarta. Sesuai dengan perencanaan awal untuk mendegradasi BOD influen 332 mg/l menjadi kurang dari 30 mg/l sesuai perhitungan dibutuhkan lama jam operasi aerator sebesar 24 jam/hari. Penelitian dilakukan berdasarkan data sekunder yang didapatkan dari BALAI IPAL yaitu data debit dan Kualitas BOD tahun 2012 dan tahun 2013, data tersebut kemudian dianalisis melalui perhitungan berdasarkan teori untuk menentukan lamanya jam operasi yang pendek dalam menghasilkan kualitas BOD yang optimal di kolam aerasi fakultatif, dimana BOD yang optimal diperoleh dari efisiensi BOD Removal kolam yang paling tinggi. Untuk menentukan efisiensi BOD Removal kolam yang paling tinggi dengan bantuan Program Microsoft Excel fasilitas Solver. Hasil penelitian menunjukkan bahwa efisiensi BOD Removal IPAL paling tinggi sebesar 91,3 %. Hasil tersebut mempunyai nilai BOD inlet optimal sebesar 160 mg/l dan BOD outlet 14 mg/l. Dari hasil perhitungan Lamanya jam operasi aerator harian diperoleh waktu sebesar 11 jam/hari di kolam aerasi fakultatif

Kata Kunci: "Effisiensi BOD Removal", "BOD optimal", " Jam Operasi Aerator".

Abstract

In 1993/1994, Japan International Cooperation (JICA) conducted technical planning and built a Wastewater Treatment Plant (IPAL) unit to address wastewater in the Special Region of Yogyakarta Province. According to the initial plan to degrade BOD influen from 332 mg/l to less than 30 mg/l as calculated, aeration aerator operation time of 24 hours/day is required. The research was conducted based on secondary data obtained from the IPAL Office, namely flow rate and BOD quality data for the years 2012 and 2013. The data were then analyzed through calculations based on theory to determine the short operation time in producing optimal BOD quality in facultative aeration ponds, where optimal BOD is obtained from the highest BOD Removal efficiency of the ponds. To determine the highest BOD Removal efficiency of the ponds with the help of Microsoft Excel program Solver facility. The research results show that the highest BOD Removal efficiency of the IPAL is 91.3%. These results have an optimal inlet BOD value of 160 mg/l and an outlet BOD of 14 mg/l. From the calculation results, the daily aeration aerator operation time obtained is 11 hours/day in facultative aeration ponds.

Keywords: "BOD Removal Efficiency", "Optimal BOD", "Aerator Operation Time".

1. Pendahuluan

Air limbah yang berasal dari daerah permukiman perkotaan merupakan bahan pencemar bagi mahluk hidup sehingga dapat merusak lingkungan di sekitarnya. Untuk itu Japan International Corporate Agency (JICA) pada tahun 1994 membangun Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) untuk mengatasi air limbah di propinsi Daerah istimewa Yogyakarta.

Sesuai dengan perencanaan awal untuk mendegradasi BOD influen 332 mg/l menjadi kurang dari 30 mg/l sesuai perhitungan dibutuhkan lama jam operasi aerator sebesar 24 jam/hari. Data yang diperoleh pada Tahun 2012 dan 2013 menunjukkan BOD influen kurang dari 200 mg/l. IPAL mengoperasikan aerator selama 13,5 jam/hari pada tahun 2012 dan 18 jam/hari pada tahun 2013, sedangkan menurut Standart Operational Procedure (SOP) oleh PCI-JICA adalah 9

jam/hari. Untuk mengetahui lamanya jam operasi tersebut sudah terbaik atau tidak, untuk itu perlu dilakukan analisa serta pengujian kondisi *Dissolved Oxygen* (DO) di kolam aerasi fakultatif untuk mendapatkan lamanya jam operasi yang pendek dalam menghasilkan kualitas BOD yang optimal, dimana BOD yang optimal diperoleh dari efisiensi BOD *Removal* kolam yang paling tinggi.

Penelitian pada ini bertujuan untuk meneliti lebih jauh *Aerator Pump Unit* dalam Proses Aerasi Kolam Fakultatif di pengolahan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) limbah domestik di Dusun Cepit, Desa Pendowoharjo, Kecamatan Sewon, Kabupaten Bantul. Khususnya untuk mengevaluasi pengoperasian *Aerator Pump Unit* di IPAL sewon untuk mendapatkan lamanya jam operasi yang pendek dalam menghasilkan kualitas BOD yang optimal, dimana parameter BOD optimal didapatkan dari efisiensi BOD *removal* pengolahan paling tinggi di kolam fakultatif.

Hasil penelitian ini dapat menambah pengetahuan tentang proses dan perhitungan perubahan kualitas air limbah domestik pada IPAL Sewon yang berkaitan dengan waktu operasional *Aerator Pump Unit* serta dapat menjadi bahan masukan bagi penelitian selanjutnya.

Air limbah domestik adalah air limbah yang berasal dari usaha dan atau kegiatan permukiman (*real estate*), rumah makan (*restaurant*), perkantoran, perniagaan, apartemen dan asrama; (KEPMEN LH NOMOR 112 TAHUN 2003) Beberapa bentuk dari air limbah ini berupa tinja, air seni, limbah kamar mandi, dan juga sisa kegiatan dapur rumah tangga (Saraswati, S.P., 2000)

Menurut SK Gubernur Kepala Daerah Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor: 214/KPTS/1991, air limbah rumah-tangga harus memenuhi syarat baku mutu yang ditentukan, baik syarat fisika atau kimia. Apabila air tersebut tidak memenuhi syarat baku mutu tersebut, harus dilakukan proses pembersihan, sehingga dapat dipenuhi syarat baku mutunya

Pengolahan air limbah secara biologis aerobik secara garis besar dapat dibagi menjadi tiga yakni proses biologis dengan biakan tersuspensi (*suspended culture*), proses biologis dengan biakan melekat (*attached culture*) dan proses pengolahan dengan sistem *aerated lagoon* atau kolam. Proses biologis dengan biakan tersuspensi adalah sistem pengolahan dengan menggunakan aktifitas mikro-organisme untuk menguraikan senyawa polutan yang ada dalam air dan mikro-organisme yang digunakan dibiakkan secara tersuspensi di dalam suatu reactor (*activated sludge*). (Metcalf & Eddy, Inc., 2003)

Istilah *lagoon* dan *pond* (Peavy dkk, 1987) di bedakan dalam kaitannya dengan cara pemberian oksigen. Pemberian oksigen pada lagoon di lakukan secara artifisial . Kolam limbah (*pond*) terdiri dari:

- Aerobic ponds*, adalah kolam yang dangkal dimana suasana di seluruh kedalaman airnya bersifat aerobik.
- Anaerobic ponds*, adalah kolam yang cukup dalam sehingga tidak ada kandungan oksigen di dalam air limbahnya terkecuali di bagian atas tipis permukaannya.
- Facultative ponds* adalah kolam dengan suasana aerobik dan anaerobik dalam air limbahnya.

Beberapa Parameter Limbah Cair ;

- Biochemical Oxygen Demand* (BOD)
BOD adalah jumlah oksigen (ppm) yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk mengoksidasi zat – zat organik atau memecahkan bahan-bahan organik yang terdapat dalam air limbah. Secara teoritis, jangka waktu dibutuhkan untuk oksidasi biologis yang sempurna berkisar maksimal 20 hari, namun telah dikembangkan menjadi 5 hari atas dasar masa inkubasi pada suhu 20° (Metcalf & Eddy, Inc., 2003)
- DO (Dissolved Oxygen)* atau Oksigen Terlarut
Adanya oksigen terlarut dalam air adalah sangat penting untuk kelangsungan kehidupan ikan dan mikroorganisme air

lainnya yaitu khususnya untuk proses respirasi. Kemampuan air untuk membersihkan pencemaran secara alamiah banyak tergantung pada cukup tidaknya kadar oksigen terlarut. Adanya oksigen terlarut dalam air berasal dari udara dan fotosintesa tumbuh – tumbuhan air.

Kemampuan meningkatkan oksigen dari sistem aerasi dapat dicirikan oleh parameter berikut :

1. Masukan oksigen per jam : dalam kg oksigen terlarut per jam,
2. Masukan oksigen tertentu : dalam kg oksigen terlarut per kWh konsumsi energi,
3. Kapasitas oksigenasi : dalam kg oksigen terlarut per jam per m³ tangki,
4. Efisiensi oksigenasi : persentase massa oksigen yang dilarutkan dengan sistem udara tekan.

Keuntungan dari parameter ini adalah bahwa hal itu menghilangkan faktor efisiensi blower udara yang digunakan, karena faktor ini tidak tergantung pada diffusers udara yang sebenarnya (Degremont, 1979).

1.1. Definisi Air Limbah Domestik

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 nomor 112, 2003) Beberapa bentuk dari air limbah ini berupa tinja, air seni, limbah kamar mandi, dan juga sisa kegiatan dapur rumah tangga (Saraswati, S.P., 2000).

1.2. Jenis Pengolahan Air Limbah

Untuk mengolah air yang mengandung senyawa organik umumnya menggunakan teknologi pengolahan air limbah secara biologis atau gabungan antara proses biologis dengan proses kimia-fisika. Proses secara biologis tersebut dapat dilakukan pada kondisi aerobik (dengan udara), kondisi anaerobik (tanpa udara) atau kombinasi anaerobik dan aerobik. Proses biologis aerobik biasanya digunakan untuk pengolahan air limbah dengan beban BOD yang tidak terlalu besar, sedangkan proses biologis anaerobik

digunakan untuk pengolahan air limbah dengan beban BOD yang sangat tinggi. Dalam penelitian ini uraian dititik beratkan pada proses pengolahan air limbah secara aerobik.

1.3. Pengolahan air limbah domestik di Balai IPAL Sewon Bantul

Pengolahan air limbah domestik di Balai IPAL Sewon Bantul yang lama menggunakan proses pengolahan secara fisika biologi dan tidak menggunakan proses secara kimia, yang dapat dikelompokkan di bawah ini.

- a) Pengolahan pendahuluan (*pre treatment*)
Pengolahan pendahuluan yang digunakan meliputi saringan jeriji, saringan kasar, bak ekualisasi dan pengendapan pasir (*grit chamber*).
- b) Pengolahan pertama (*primary treatment*)
Pengolahan pertama adalah pengolahan yang bertujuan untuk menghilangkan zat padat tercampur di dalam air limbah melalui pengendapan atau pengapungan.
- c) Pengolahan kedua (*secondary treatment*)
Pengolahan kedua yang digunakan dalam pengolahan air limbah domestik di IPAL Sewon Bantul adalah aerasi dan pertumbuhan bakteri.
- d) Pengolahan lanjut (*ultimate disposal*)
Pengolahan lanjut yang digunakan dalam pengolahan air limbah domestik di IPAL Sewon Bantul adalah pengolahan lumpur agar dapat dimanfaatkan kembali. Proses berikutnya dapat dilanjutkan dengan cara memanfaatkannya sebagai bahan urugan dan bahan pupuk. (BALAI IPAL Prop DIY).

Pengolahan air limbah di IPAL sewon menggunakan tipe *reactor complete-mix* dimana diasumsikan bahwa pencampuran air limbah terjadi secara langsung dan seragam di dalam reaktor. Yaitu menggunakan reaktor kolam fakultatif aerasi/*Aerobic flow-through aerated lagoon* (Metcalf & Eddy, Inc., 2003).

Cara untuk menambahkan oksigen ke dalam air limbah yaitu dengan bantuan *Aerator Unit Pump* yang mengontakkan air limbah dengan oksigen melalui pemutaran baling-baling yang diletakkan pada permukaan air limbah. Akibat dari pemutaran ini, air limbah

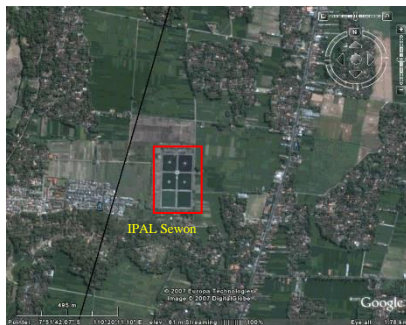
akan terangkat ke atas dan dengan terangkatnya maka air limbah akan mengadakan kontak langsung dengan udara sekitarnya. (Sugiharto,1987)

Hasil penelitian ini menambah pengetahuan tentang proses dan perhitungan perubahan kualitas air limbah domestik pada IPAL yang berkaitan dengan waktu operasional *Aerator Pump Unit* serta dapat menjadi bahan masukan bagi penelitian selanjutnya.

2. Metodologi Penelitian

2.1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) eksisting yang ada di Balai IPAL Sewon, Kabupaten Bantul, Propinsi D.I. Yogyakarta.



Gambar 1. Lokasi IPAL Propinsi D.I. Yogyakarta di Sewon, Bantul (sumber: *Google Earth*)

2.2. Tahapan Penelitian

Pada tahap persiapan penelitian ini disusun hal-hal yang terkait penelitian antara lain:

- A. Studi Pustaka, mengumpulkan dan mempelajari literature serta teori-teori yang berkaitan dengan judul penelitian
- B. Pengumpulan data sekunder, dengan cara mengumpulkan data dari instansi terkait antara lain sebagai berikut:
 - a) Data debit air limbah yang masuk ke IPAL Sewon tahun 2012 dan 2013.
 - b) Data kualitas BOD limbah yang masuk ke IPAL Sewon tahun 2012 - 2013.
 - c) Waktu operasional eksisting *Aerator Pump Unit* tahun 2012 dan 2013.

C. Pengumpulan data primer, yaitu data yang diambil langsung dari lapangan antara lain sebagai berikut:

- a) Data Primer dengan menggunakan metode pengambilan sampel sesaat (*grap sampling*), *grap sampling* merupakan sampel yang diambil langsung dari unit kolam fakultatif instalasi IPAL berdasarkan lamanya waktu operasional aerator.
- b) Wawancara dengan pihak pengelola IPAL Sewon mengenai permasalahan yang sering terjadi pada system aerasi.

2.3. Tahapan Analisis

- a) Menghitung waktu tinggal (τ) dan laju penurunan BOD (k) berdasarkan data yang ada, apakah sesuai dengan perencanaan awal JICA bahwa (τ) = 5.5 hari dan (k) = 1.2 hari
- b) Membandingkan Effluen (S_o) eksisting dengan Effluen (S_o) dengan perencanaan awal JICA, bahwa Effluen (S_o) = 18 ppm.
- c) Menghitung Aktual Oksigen yang dibutuhkan (R_0).
- d) Menghitung Standart oksigen yang dibutuhkan (oksigen sebenarnya) (kg/day)
- e) Menghitung P/ Energy (KWH/day) yang dibutuhkan untuk mensuplai O_2
- f) Menentukan lamanya Jam Operasional terbaik berdasarkan kondisi eksisting aerator ($Hour/hari$), merujuk daya total aerator. (aerator ada 4 * @ 30 KW)
- g) Analisa jam pengoperasian (tanpa variasi/simulasi) dan (dengan variasi/simulasi) alat *Aerator Pump Unit* terhadap parameter DO.

2.4. Batasan Masalah

Untuk penelitian dibatasi dalam beberapa hal antara lain:

- a) Penelitian ini dilaksanakan berdasar pada data sekunder didapatkan dari laporan data kuantitas dan kualitas laboratorium IPAL Sewon selama tahun 2012 dan 2013.

- b) Perhitungan difokuskan pada kolam fakultatif berdasarkan parameter design awal kolam fakultatif dan membandingkan dengan kondisi eksisting.
- c) Perhitungan operasional *Aerator Pump Unit* difokuskan pada mesin aerator di kolam fakultatif IPAL Sewon agar sesuai dengan kebutuhan yang ada.
- d) Penelitian ini tidak membahas masalah perhitungan hidrolis, masalah jaringan air limbah dan mikrobiologi pengolahan air limbah.
- e) Penelitian ini tidak membahas masalah mekanisme laju alir udara atau transfer oksigen di air limbah.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Air limbah domestik yang mengandung zat organik masuk kolam aerasi fakultatif dan zat organik akan dirombak oleh mikroorganisme. Padatan tersuspensi akan diendapkan pada dasar kolam dan akan terjadi fermentasi pada dasar kolam. Mikroorganisme yang berperan pada daerah ini tidak memerlukan oksigen. Proses anaerobik yang terjadi di dasar kolam akan menstabilkan Lumpur dan akan melepaskan zat organik terlarut yang nantinya akan didegradasi pada zona aerobik. Jadi dalam hal ini zat organik bereaksi dengan O₂ dalam air. Oleh karena itu proses biodegradasi dalam kolam aerasi fakultatif terjadi reaksi biodegradasi oleh bakteri atau mikroba. Bila kadar zat organik dalam limbah cukup tinggi pemakaian O₂ juga cukup banyak, sehingga penurunan oksigen juga terjadi.

Data kualitas BOD influen IPAL maksimal pada tahun 2012 adalah sebesar 186,7 mg/l dan pada tahun 2013 adalah sebesar 158,0 mg/l, hal ini menunjukkan bahwa kualitas yang masuk lebih kecil dari perencanaan awal sebesar 332 mg/l. Sehingga dapat ditarik hipotesa bahwa lamanya jam pengoperasian aerator lebih kecil dari design awal (atau kurang dari < 24 jam).

Pengolahan air limbah domestik di Balai IPAL Sewon Bantul menggunakan proses pengolahan secara fisika biologi dengan Parameter desain awal JICA di bawah ini.

Tabel 1. Perhitungan Desain Awal JICA *Design Study Report on the Project for The Construction of Yogyakarta STP, Jan. 1993, JICA*

<i>Hidraulic retention time</i>	=	5.5	hari
K desain	=	1.2	hari
Jumlah kolam yang disusun seri	=	2.0	buah
BOD inlet IPAL(S ₀)	=	332,0	mg/l
BOD outlet IPAL (S)	=	18,0	mg/l
BOD inlet kolam fakultatif	=	232,4	mg/l
Efisiensi <i>BOD Removal</i> IPAL	=	94,6	%
x	=	77,5	mg/l
Px Bio	=	1201,9	Kg/hari
RO	=	3610,5	Kg/hari
SOTR desain	=	5751,7	Kg/hari
P1 desain	=	2875,8	(KW Jam/hari)
Lamanya operasi aerator	=	24	(Jam/hari)

Kemudian menurut data eksisting pada tahun 2012, aerator di operasikan selama 13,5 jam, dan pada tahun 2013 dioperasikan selama 18 jam. Tetapi menurut desain SOP oleh PCI lamanya operasional aerator untuk beban BOD effluen 200 mg/l dan kondisi debit masuk sebesar 15.500 m³/hari diperlukan waktu 9 jam. Apakah durasi waktu tersebut itu sudah terbaik atau tidak, untuk itu perlu dilakukan analisa serta pengujian kondisi DO untuk mendapatkan lamanya jam operasi yang terbaik dalam menghasilkan kualitas BOD yang optimal di kolam aerasi fakultatif. Dimana BOD yang optimal diperoleh dari efisiensi kolam yang paling tinggi

Hasil Analisa Data Tahun 2012 dimana kondisi lumpur septik truk tinja langsung dimasukkan ke kolam fakultatif .

Tabel 2.1. Analisis Data Tahun 2012

No	Bulan	Volume Air Masuk (m ³ /hari)			SUHU kolam	BOD (Mg/l)		EFFISIENSI KOLAM
		Minimal	Maximal	Rata- rata		S ₀ (in)	S (Out)	
1	Januari	9.661,7	18.778,5	14.220,1	27,0	181,4	15,8	91,3
2	Februari	10.753,5	22.352,3	16.552,9	27,5	186,7	16,0	91,4
3	Maret	8.249,7	24.909,6	16.579,7	27,0	121,8	15,6	87,2
4	April	9.822,6	19.366,5	14.594,6	27,5	131,5	14,3	89,1
5	Mei	6.163,2	26.394,4	16.278,8	27,5	151,3	14,5	90,4
6	Juni	5.820,8	17.248,4	11.534,6	27,5	126,0	15,7	87,5
7	Juli	8.201,0	16.392,4	12.296,7	27,0	161,2	16,3	89,9
8	Agustus	6.634,0	13.000,5	9.817,3	27,0	151,0	16,2	89,3
9	September	7.736,1	13.257,3	10.496,7	28,0	177,2	18,4	89,6
10	Oktober	5.819,0	15.472,2	10.645,6	28,5	177,2	18,8	89,4
11	Nopember	8.099,9	15.953,7	12.026,8	28,5	160,0	18,2	88,6
12	Desember	8.902,4	18.200,7	13.551,6	28,0	128,9	18,0	86,0
Rata- rata Eksisting				13.216,3	28,0	154,5	16,5	89,3
Hasil Analisa				15.500,0	28,5	186,7	14,0	92,5

Tabel 2.2. Analisis Data Tahun 2012 (lanjutan)

No	Bulan	x (mg/l)	Px Bio (kg/hari)	Ro eksisting (kg/hari)	SOTR eksisting (kg/hari)	P1 eksisting (KWJam/Hari)	Lama Operasi (Jam/Hari)
1	Januari	38,8	552,2	1.746,0	2.811,0	1.405,5	11,7
2	Februari	42,6	704,4	2.037,3	3.275,1	1.637,6	13,6
3	Maret	25,9	428,8	1.239,0	1.994,8	997,4	8,3
4	April	27,4	400,5	1.246,8	2.004,4	1.002,2	8,4
5	Mei	33,7	548,6	1.601,9	2.575,1	1.287,6	10,7
6	Juni	23,1	266,1	960,1	1.543,5	771,8	6,4
7	Juli	31,6	389,1	1.346,9	2.168,4	1.084,2	9,0
8	Agustus	26,3	258,4	1.038,9	1.672,7	836,3	7,0
9	September	32,1	337,2	1.295,4	2.079,6	1.039,8	8,7
10	Oktober	32,2	343,1	1.305,4	2.094,9	1.047,4	8,7
11	Nopember	30,4	366,0	1.285,2	2.062,5	1.031,2	8,6
12	Desember	24,7	334,9	1.090,6	1.750,9	875,4	7,3
Rata- rata Eksisting		31,0	410,1	1.356,4	2.224,5	1.112,2	9,3
Hasil Analisa		42,2	653,7	1.965,6	3.154,3	1.577,1	13,0

Hasil Analisa diperoleh lama operasi sebesar 13 (jam/hari), hal ini lebih pendek (0,5 jam) daripada waktu eksisting 13,5 jam.

Hasil Analisa Data Tahun 2013 dimana kondisi lumpur septic truk tinja sudah tidak dimasukkan ke kolam fakultatif tetapi langsung ke pengering lumpur. di-

Tabel 3.1. Analisis Data Tahun 2013

No	Bulan	Volume Air Masuk (m ³ /hari)			SUHU kolam	BOD (Mg/l)		EFFISIENSI KOLAM
		Minimal	Maximal	Rata- rata		S ₀ (in)	S (Out)	
1	Januari	9.886,8	19.092,4	14.489,6	28,0	113,3	17,6	84,5
2	Februari	12.315,7	20.554,3	16.435,0	28,5	121,2	17,8	85,3
3	Maret	8.806,1	16.823,1	12.814,6	28,5	125,7	15,9	87,3
4	April	5.329,5	17.730,8	11.530,2	29,0	131,1	16,3	87,5
5	Mei	7.704,0	19.227,4	13.465,7	29,0	135,6	17,5	87,1
6	Juni	5.938,5	18.767,8	12.353,2	28,5	119,5	16,5	86,2
7	Juli	8.217,3	17.633,6	12.925,5	29,0	125,0	15,3	87,7
8	Agustus	7.971,5	17.762,0	12.866,8	28,5	132,0	14,0	89,4
9	September	8.110,6	16.360,3	12.235,5	28,5	126,0	14,0	88,9
10	Oktober	7.725,4	21.817,3	14.771,4	28,0	122,0	15,2	87,5
11	Nopember	5.633,1	19.217,2	12.425,2	29,0	132,5	15,2	88,5
12	Desember	8.527,9	21.539,1	15.033,5	29,0	160,0	15,0	90,5
Rata- rata Eksisting				13.445,5	29,0	128,5	15,9	87,7
Hasil Analisa				15.500,0	29,0	160,0	14,0	91,3

Tabel 3.2. Analisis Data Tahun 2013 (lanjutan)

No	Bulan	x (mg/l)	Px Bio (kg/hari)	Ro eksisting (kg/hari)	SOTR eksisting (kg/hari)	P1 eksisting (KWJam/Hari)	Lama Operasi (Jam/Hari)
1	Januari	21,7	315,0	984,9	1.554,6	777,3	6,5
2	Februari	24,8	407,5	1.183,2	1.866,5	933,3	7,8
3	Maret	24,1	308,3	1.039,8	1.640,2	820,1	6,8
4	April	24,0	276,8	998,8	1.574,8	787,4	6,6
5	Mei	26,4	355,6	1.162,7	1.833,3	916,6	7,6
6	Juni	22,1	272,8	941,4	1.485,1	742,5	6,2
7	Juli	24,2	312,6	1.048,3	1.652,9	826,4	6,9
8	Agustus	26,2	337,4	1.134,9	1.790,2	895,1	7,5
9	September	24,3	296,9	1.031,0	1.626,4	813,2	6,8
10	Oktober	24,9	367,9	1.137,0	1.794,6	897,3	7,5
11	Nopember	25,5	317,2	1.090,9	1.720,0	860,0	7,2
12	Desember	34,2	513,5	1.570,4	2.476,1	1.238,0	10,3
Rata- rata Eksisting		25,3	339,6	1.111,5	1.768,1	884,1	7,4
Hasil Analisa		35,4	549,4	1.650,3	2.602,0	1.301,0	11,0

Hasil Analisa diperoleh lama operasi sebesar 11 (jam/hari), hal ini lebih pendek (7 jam) daripada waktu eksisting 18 jam.

Dari Data Tahun 2013, untuk mencari BOD optimal dalam kondisi efisiensi yang maksimal menggunakan bantuan *Microsoft excel* dengan fasilitas *solver*. Analisa mempunyai beberapa kondisi batas di bawah ini.

1. $X1 = \text{BOD inlet} < 160 \text{ mg/l}$
2. $X2 = \text{BOD outlet} > 14 \text{ mg/l}$

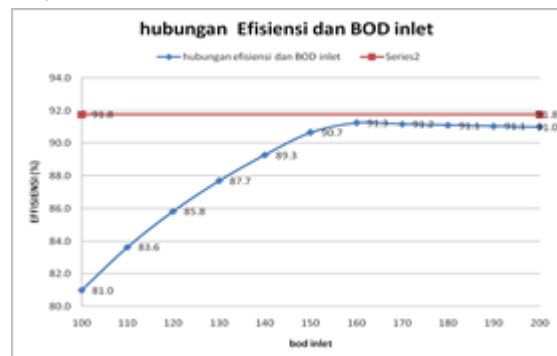
Kondisi batas ini diambil berdasarkan data maksimal kualitas BOD inlet dan data minimal kualitas BOD outlet pada tahun 2013.

Hasil Analisa menggunakan *Microsoft excel* dengan fasilitas *solver* menunjukkan efisiensi BOD Removal maksimal sebesar 91,3 %.

Tabel 4. Analisa BOD Optimal menggunakan Fasilitas *Solver*

X1 (BOD inlet) (mg/l)	X2 (BOD outlet) (mg/l)	Y (Efisiensi BOD removal) (%)
160	14	91,3
Nomer	Kendala	BOD
1	$X1 < 160$	160
2	$x2 > 14$	14

Dari data Analisa BOD Optimal Simulasi diatas dapat dibuat grafik seperti di bawah ini.

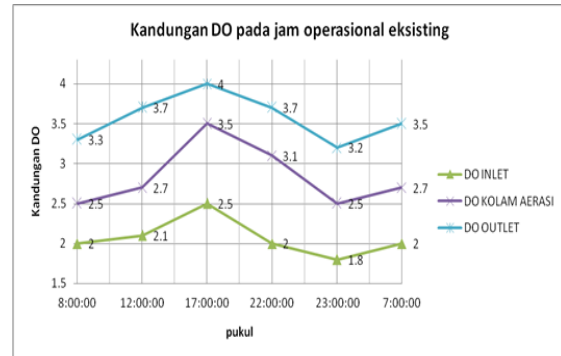


Gambar 2. Grafik Hubungan Efisiensi dan BOD inlet optimal

Hasil perhitungan menunjukkan beban BOD optimal pada efisiensi 91,3 %. Efisiensi maksimal ini pada kondisi BOD inlet 160 mg/l dan effluent 14 mg/l, Grafik mempunyai garis *asymtot* pada titik 91,8 %. apabila melebihi garis ini lamanya operasional aerator lebih dari 11 jam.

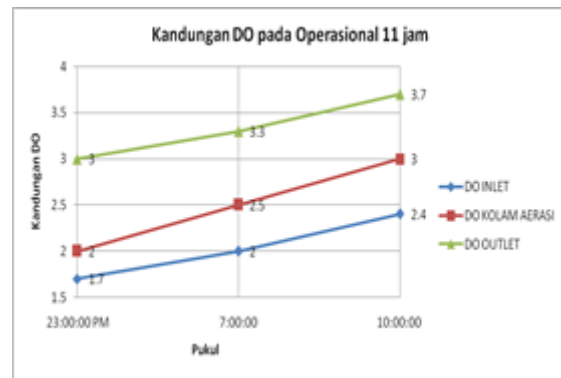
Kajian Kandungan DO Pengujian lamanya operasi aerator

Untuk mengetahui kandungan oksigen berdasarkan lamanya waktu operasional aerator, diperlukan kajian terhadap kualitas DO dalam mengoperasikan alat *Aerator Pump Unit* yang terdapat di IPAL.



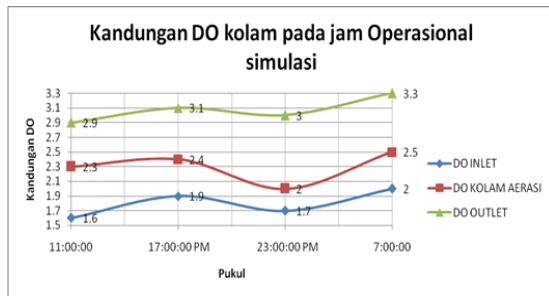
Gambar 3. Grafik Kandungan DO pada Operasional Aerator Eksisting

Terlihat bahwa kondisi DO di kolam aerasi fakultatif terjadi penambahan DO selama operasional selama 13,5 jam, Kondisi DO pada awal pengambilan sampel sudah diatas 2 mg/l karena sudah mengalami aerasi hari sebelumnya yaitu pada pukul 23.00 - 04.00 pagi.



Gambar 4. Grafik Kandungan DO pada Operasional Aerator Analisa

Terlihat bahwa terjadi penambahan DO selama operasional selama 11 jam, perbedaan DO tidak terlalu banyak terhadap jam operasional selama 13,5 jam. Tetapi masih diatas kondisi standar yang dibutuhkan (2 mg/l).



Gambar 5. Grafik Kandungan DO pada Operasional Aerator Simulasi

Terjadi penambahan DO karena aerator nyala selama operasional selama 6 jam, kemudian kondisi DO menurun setelah aerator mati selama 6 jam mendekati kondisi batas kandungan DO yang minimal yang harus dijaga (2 mg/l).

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Kesimpulan

Dari penelitian ini dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

Hasil Analisa untuk durasi waktu operasi *Aerator Pump Unit* yang dibutuhkan pada tahun 2013 adalah sebesar 11 jam/hari untuk menghasilkan kualitas BOD yang optimal (BOD *inlet* 160 mg/l dan BOD *outlet* 14 mg/l), dan Effisiensi *BOD Removal* 91,3 % di kolam aerasi fakultatif.

4.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian, saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut.

- Waktu pengoperasian 11 jam/hari yang baik sebaiknya pada waktu debit tinggi adalah pukul 07.00 – 18.00 WIB setiap harinya.
- Untuk kondisi eksisting saat ini sebaiknya perlu dilakukan kembali pengambilan data kualitas BOD serta COD setiap jam selama 24 jam (*time series*), untuk menghitung kembali jam operasional yang optimal sesuai kondisi beban influen yang ada.

DAFTAR PUSTAKA

- Departemen Pekerjaan Umum, 2003, Pedoman Pengelolaan Air Limbah Perkotaan, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta
- Degreemont, 1979, *Water Treatment Handbook*, Fifth Edition, John Wiley & Sons, Inc.
- Fatimah. Siti, V.Yenni E. Sulistyawati, JF. Soandrijanie Linggo, 2005, Kajian Pemanfaatan Olahan Air IPAL Bantul Untuk Memenuhi Kebutuhan Air Kota Bantul, Program studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
- Khurmi, R.S. & Gupta, J.K, *A Text Book of Machine Design*, Eurasia Publishing House (Pvt) Lt : 1980.
- Mara, D., 2003, *Domestic Wastewater Treatment in Developing Countries*. Mc Graw Hill, Inc., New York.
- Metcalf & Eddy, Inc., 2003, *Wastewater Engineering : Treatment and Reuse fourth edition*, Mc Graw Hill, Inc., New York.
- Nuranto, Sindu. 1998, Evaluasi proses dalam kolam fakultatif pada instalasi pengolahan air limbah (ipal) kota yogyakarta di desa pendowoharjo, bantul, Program studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Peavy HS, Rowe, Tchobanoglous, 1987, *Environmental Engineering*, Mc Graw Hill Book Comp., New York.
- Pougatch K., Salcudean M., Gartshore I. dan Pacoria P., (2007), *Computational modeling of large aerated lagoon hydraulics*, Water Research. 41. 2109-2116.
- Saraswati, S.P., 1996, Unit Proses Air Limbah Domestik, Laboratorium Teknik Penyehatan dan Lingkungan, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Saraswati, S.P., 2000, Dasar-Dasar Pengolahan air Limbah, Laboratorium Teknik Penyehatan dan Lingkungan, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Sugiharto, 1987, Dasar-dasar Pengelolaan Air Limbah, Jakarta.

Sularso & Kiyokatsu Suga, Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin, Pradnya Paramita : Jakarta, 1997.

Sunarsih, Purwanto, Wahyu Setia Budi, 2012, Estimasi Tipologi Air Limbah Domestik Di Perkotaan Berdasarkan Variabel Sosial Ekonomi, Program Doktor Ilmu Lingkungan, Fakultas Sains dan Matematika Universitas Diponegoro Semarang.