

Evaluasi Kinerja Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) Keputih, Surabaya

Gaby Dian dan Welly Herumurti

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

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

e-mail: herumurti@enviro.its.ac.id

Abstrak—Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) Keputih merupakan instalasi pengolah lumpur tinja di Kota Surabaya yang berdiri pada tahun 1991 dengan kapasitas desain 400 m³/hari. Prinsip pengolahan IPLT adalah pengolahan fisik dan pengolahan biologis. Saat ini effluen IPLT Keputih memiliki kualitas yang hanya memenuhi baku mutu Kepmen LH No.5/2014 dengan nilai *Biological Oxygen Demand* (BOD₅) 72 mg/L, tetapi belum memenuhi baku mutu Pergub Jatim No.72/2013. Pada studi ini dilakukan evaluasi kondisi eksisting dengan kriteria desain dan rekomendasi, baik dari segi operasi maupun proses untuk setiap unit bangunan agar effluen pengolahan memenuhi baku mutu. Debit influen IPLT eksisting adalah 137 m³/hari dengan kapasitas desain 400 m³/hari. Kandungan *solid inlet* sebesar 4,80%. *Solid separation chamber* memiliki kandungan *solid outlet* sebesar 5,87% dan direkomendasikan menjadi 20%. *Oxidation ditch* memiliki nilai *Food to Mass (F/M) ratio* sebesar 0,01 dengan rekomendasi ditingkatkan menjadi 0,023. *Final Clarifier (FC)* memiliki debit resirkulasi sebesar 23,80 m³/s. Berdasarkan rekomendasi, debit resirkulasi FC sebesar 18,31 m³/s, dengan *weir loading rate* sebesar 6,84m³/m.hari. *Sludge drying bed* memiliki kandungan *solid* pada lumpur kering sebesar 63,14% dan direkomendasikan menjadi 80%. *Drying area* memiliki kandungan *solid* pada lumpur kering sebesar 61,16% dan direkomendasikan menjadi 80%.

Kata Kunci— IPLT, lumpur tinja, *oxidation ditch*, *sludge drying bed*, *solid separation chamber*.

I. PENDAHULUAN

ADANYA keterbatasan kapasitas tangki septik membuat lumpur tinja harus dikuras sehingga tangki septik dapat berfungsi kembali sebagaimana mestinya. Lumpur tinja dari tangki septik domestik ini selanjutnya diolah pada Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT)[1]. IPLT adalah instalasi yang dirancang untuk menerima dan mengolah lumpur tinja yang diangkut melalui mobil (truk tinja). IPLT merupakan salah satu upaya terencana untuk meningkatkan pengolahan dan pembuangan lumpur yang akrab lingkungan[2].

Kota Surabaya memiliki visi sanitasi untuk terwujudnya pelayanan sanitasi bagi masyarakat kota Surabaya yang handal, tepat guna, dan ramah lingkungan melalui penyediaan sistem sanitasi pengolahan limbah domestik yang memadai. Salah satu sistem sanitasi pengolahan adalah sistem sanitasi terpusat (*off site system*)[3]. Kota Surabaya adalah salah satu kota yang telah mempunyai sistem sanitasi terpusat tersebut, yaitu IPLT yang terdapat di Kelurahan Keputih, Kecamatan Sukolilo[1].

IPLT Keputih merupakan instalasi pengolah lumpur tinja di Kota Surabaya yang berdiri pada tahun 1991 dengan kapasitas desain 400 m³/hari. IPLT Keputih memiliki 8 unit pengolahan, yang terdiri dari bak pemisah lumpur (*Solid Separation Chamber/ SSC*), unit ekualisasi (*balancing tank/ equalization tank*), unit parit oksidasi (*oxidation ditch*), unit pengendap akhir (*final clarifier*), unit distribusi (*distribution box*), unit kolam pematangan (*polishing pond*), unit pengering lumpur (*sludge drying bed*), dan unit kolam pengering lumpur (*drying area*)[4].

Prinsip pengolahan lumpur tinja adalah pengolahan fisik melalui pemisahan padatan dan pengolahan biologis. Volume lumpur tinja eksisting masih belum memenuhi kapasitas desain, yaitu 137 m³ dari kapasitas desain 400 m³. Volume lumpur tinja yang kecil berpengaruh terhadap unit operasi dan unit proses IPLT Keputih. Nilai effluen IPLT Keputih yang didapat berdasarkan analisis terakhir, yaitu tanggal 2 Juli 2015, untuk parameter BOD₅ sebesar 72 mg/L dan *Chemical Oxygen Demand* (COD) sebesar 115 mg/L. Sedangkan berdasarkan peraturan Gubernur Jawa Timur No.72/2013 tentang baku mutu air limbah domestik menyatakan bahwa nilai BOD₅ sebesar 30 mg/L dan COD sebesar 50 mg/L. Oleh sebab itu, dibutuhkan adanya suatu evaluasi kinerja dan rekomendasi optimasi untuk meningkatkan kinerja unit pengolahan pada IPLT Keputih dalam mengolah volume lumpur tinja yang terlayani, sehingga kualitas effluen dapat memenuhi baku mutu.

II. METODE

Metode yang digunakan dalam evaluasi ini adalah pengukuran dan perhitungan, yang diperoleh melalui survei. Survei ini meliputi tahap pengumpulan data dan tahap analisis data.

Tahap Pengumpulan Data

Berdasarkan jenis data yang dibutuhkan, maka tahap pengumpulan data dibagi menjadi 3, yaitu:

1. Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari IPLT Keputih, berupa:

- Data truk tinja yang masuk selama dua tahun.
- Data eksisting instalasi pengolahan lumpur tinja Keputih.
- Diagram alir instalasi pengolahan lumpur tinja Keputih.
- Dokumen hasil pemeriksaan berkala effluen lumpur tinja.

2. Data Primer

Data primer adalah data yang diperoleh dari observasi (hasil pengamatan dan pengukuran langsung di lapangan) serta wawancara dengan sopir truk lumpur tinja dan penanggung jawab IPLT melalui kuisioner. Data primer berupa:

- Data debit influen, debit effluen, dan debit resirkulasi.
- Operasi pengolahan lumpur tinja.

3. Data Hasil *Sampling*

Data hasil *sampling* merupakan data primer yang diperoleh dari hasil analisis di laboratorium terhadap sampel yang dianalisis. Pengambilan sampel dilakukan sebanyak 2 kali (pukul 7 pagi dan 1 siang) selama 1 hari.

Tahap Analisis Data

Dalam tahap ini dilakukan 2 jenis analisis, yaitu analisis pendahuluan unit bangunan dan analisis detail unit bangunan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Diagram Alir Proses IPLT

Diagram alir proses Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) Keputih dibagi dalam 3 tahap, yaitu:

1. Tahap pengolahan fisik, yang terdiri dari:
 - *Solid Separation Chamber* (SSC)
 - *Balancing Tank* (BT)
 - *Distribution Box I* (DB I)
 - *Distribution Box II* (DB II)
2. Tahap pengolahan biologis, yang terdiri dari:
 - *Oxidation Ditch* (OD)
 - *Final Clarifier* (FC)
 - *Polishing Pond* (PP)
3. Tahap pengolahan lumpur, yang terdiri dari:
 - *Sludge Drying Bed* (SDB)
 - *Drying Area* (DA)

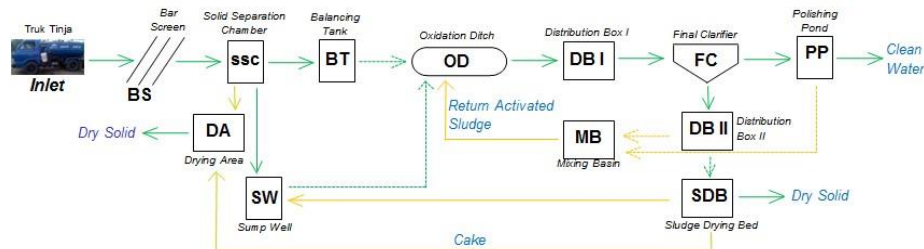
Prosesnya adalah sebagai berikut:

Lumpur tinja yang berasal dari truk-truk tinja dibuang ke SSC yang telah dipasang *bar screen* pada bagian awal unit. *Bar screen* bertujuan untuk menyaring partikel-partikel besar, yang mengapung pada lumpur tinja sebelum memasuki SSC. Selanjutnya lumpur tinja mengalami proses penyaringan oleh pasir dan kerikil sehingga terjadi pemisahan padatan dan cairan, padatan berada di atas lapisan pasir SSC. Filtrat (cairan yang melewati lapisan penyaring) akan masuk melalui pipa *underdrain* di dasar SSC menuju unit *sump well* dan supernatan (cairan yang tidak melewati lapisan penyaring, yaitu berada di atas padatan SSC) mengalir melalui pintu gutter menuju unit BT secara gravitasi, serta padatan yang tertinggal di atas lapisan pasir SSC, setelah beberapa hari diangkat dengan *crane* menuju *dump truck* untuk dibuang ke unit DA. *Cake* yang berada pada DA mengalami proses *dewatering* dengan bantuan sinar matahari dan menghasilkan tanah kering yang diambil warga sekitar IPLT untuk dijadikan tanah urug atau dibuang oleh petugas IPLT.

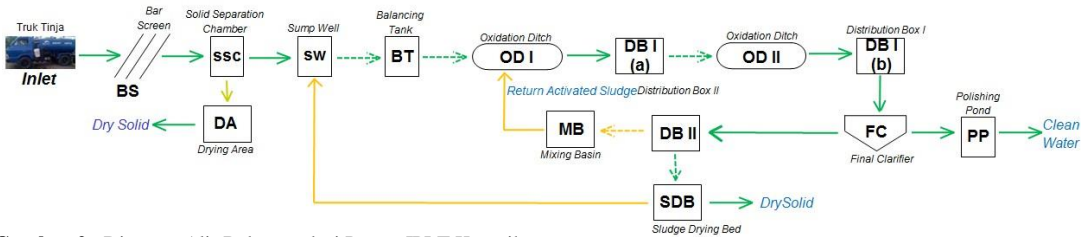
Kemudian pada BT, supernatan ditampung untuk dibagi secara merata menggunakan pompa pada beberapa unit OD yang dioperasikan. Filtrat yang berasal dari unit SSC dan SDB, yang ditampung dalam *sump well* juga dipompa sebagai air pengencer dalam unit OD. Supernatan mengalami proses biologis secara aerobik dengan *mammoth rotor* untuk lumpur

diaerasi serta terjadi proses anoksik melalui aliran lumpur tinja yang mengelilingi OD. Melalui proses aerasi terbentuk *biological floc* yang selanjutnya dialirkan menuju DB I secara gravitasi. DB I berfungsi sebagai pengumpul supernatan dari OD dan mendistribusikan lumpur secara merata menuju unit FC secara gravitasi. Selanjutnya di dalam FC, supernatan mengalami proses pengendapan dari *biological floc*, sehingga akan terjadi pemisahan antara *biological floc* dengan air yang telah bersih. Air bersih tersebut melimpah melalui *v-notch* menuju unit PP secara gravitasi. Sedangkan lumpur yang terbentuk dari proses sedimentasi di dasar unit FC, selanjutnya mengalami pengerukan dengan *scraper* yang bergerak mengelilingi unit FC secara perlahan dan dikumpulkan di *sludge hopper* yang terletak di tengah-tengah unit dan secara gravitasi mengalir kembali ke dalam DB II.

Dalam unit PP, air bersih mengalami proses penghilangan nutrisi dan penjernihan air sehingga kualitas air yang dikeluarkan dapat lebih baik dan higienis. DB II berfungsi untuk menampung lumpur yang berasal dari unit FC dan mendistribusikan lumpur aktif secara merata menuju unit SDB dan diresirkulasi kembali menuju OD (*Return Activated Sludge/ RAS*) menggunakan pompa sesuai dengan perbandingan yang telah ditentukan sebelumnya. RAS ini dipompakan ke dalam *mixing basin* bersamaan dengan air bersih yang berasal dari pengolahan unit PP sebagai air pengencer sehingga lumpur dan air bercampur dan mengalir secara gravitasi menuju unit OD. Lumpur yang mengalir menuju unit SDB mengalami proses filtrasi oleh pasir dan kerikil sehingga terjadi pemisahan padatan dan cairan. Air akan melewati lapisan penyaring dan masuk melalui pipa *underdrain* di dasar SDB menuju unit *sump well* secara gravitasi. Sedangkan padatan yang berada di atas pasir mengalami proses *dewatering* dengan bantuan sinar matahari sehingga dihasilkan tanah kering yang diambil oleh petugas IPLT untuk digunakan sebagai pupuk tanaman di IPLT dan pupuk tanaman untuk pertamanan Kota Surabaya. *Cake* dari SDB akan diambil dan diangkut menuju unit DA apabila kapasitas SDB tidak ada lagi. DA berbeda dengan SDB karena tidak ada lapisan penyaring pada DA. Untuk gambaran lengkap diagram alir proses IPLT dapat dilihat pada gambar 1. Sedangkan gambaran diagram alir rekomendasi dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 1. Diagram Alir Proses IPLT Keputih



Gambar 2. Diagram Alir Rekomendasi Proses IPLT Keputih

Keterangan gambar:

- Dialirkan/Dibuang secara gravitasi
- Diresirkulasi secara gravitasi
- Dibuang dengan alat berat / truk
- Dialirkan/Dibuang dengan pompa
- Diresirkulasi dengan pompa

Efisiensi *removal* pengolahan lama dan rekomendasi IPLT dapat dilihat pada tabel 1 dan 2.

Tabel 1. Efisiensi *Removal* Pengolahan Lama pada IPLT Keputih

Parameter	Influent (mg/L)	Baku Mutu (mg/L)	Sumber	Unit Pengolahan						Keterangan
				SSC		Oxidation Ditch		Polishing Pond		
				% Hasil Removal (mg/L)	Hasil Removal (mg/L)	% Hasil Removal (mg/L)	Hasil Removal (mg/L)	% Hasil Removal (mg/L)	Hasil Removal (mg/L)	
TSS	8320	50	Pergub Jawa Timur No 72 tahun 2013	44,41	4625,09	98,27	80,01	0,00	80,01	Tidak Memenuhi
BOD	792,53	30	Pergub Jawa Timur No 72 tahun 2014	19,71	638,32	87,72	78,14	0,00	78,14	Tidak Memenuhi
COD	1600	50	Pergub Jawa Timur No 72 tahun 2015	20	1280,00	87,50	160,00	0,00	160,00	Tidak Memenuhi
N	617,8	5	PP Republik Indonesia No. 82/ 2001	0	617,80	99,03	5,99	29,83	4,21	Memenuhi
P	185,22	1	PP Republik Indonesia No. 82/ 2002	0	185,22	84,77	28,21	59,80	11,34	Tidak Memenuhi

Tabel 2. Efisiensi *Removal* Rekomendasi pada IPLT Keputih

Parameter	Influen (mg/L)	Baku Mutu (mg/L)	Sumber	Unit Pengolahan						Keterangan		
				SSC		Oxidation Ditch+ Final Clarifier (I)		Polishing Pond				
				% Hasil Removal (mg/L)	Hasil Removal (mg/L)	% Hasil Removal (mg/L)	Hasil Removal (mg/L)	% Hasil Removal (mg/L)	Hasil Removal (mg/L)			
TSS	8320	50	Pergub Jawa Timur No 72 tahun 2013	90	832,00	76	199,68	75	49,92	0	49,92	Memenuhi
BOD	792,53	30	Pergub Jawa Timur No 72 tahun 2014	40	475,52	76	114,12	75	28,53	0	28,53	Memenuhi
COD	1600	50	Pergub Jawa Timur No 72 tahun 2015	40	960,00	80	192,00	75	48,00	0	48,00	Memenuhi
N	617,8	5	PP Republik Indonesia No. 82/ 2001	40	370,68	60	148,27	75	37,07	87	4,82	Memenuhi
P	185,22	1	PP Republik Indonesia No. 82/ 2002	41	109,28	72	30,60	75	7,65	87	0,99	Memenuhi

2. Analisis Kinerja *Solid Separation Chamber* (SSC)

Solid Separation Chamber (SSC) berfungsi untuk memisahkan kandungan *solid* (padatan) yang sangat tinggi pada lumpur tinja dengan air (supernatan). SSC pada IPLT Keputih terdiri dari 4 unit, dengan dimensi yaitu panjang 18m, lebar 8m, dan tinggi 2,75m. Hasil analisis kinerja unit SSC berdasarkan kriteria desain dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Evaluasi dan Rekomendasi *Solid Separation Chamber*

Parameter	Satuan	Kondisi Eksisting	Kriteria Desain	Kesimpulan	Rekomendasi
Tebal lapisan pasir	cm	30	20 - 30 ^[5]	Tetap	-
Tebal lapisan kerikil	cm	30	20 - 30 ^[5]	Tetap	-
H Lumpur tinja di atas pasir	cm	90	30 - 50 ^[5]	Revitalisasi	50
Durasi pengeringan lumpur	hari	3	5 - 12 ^[5]	Revitalisasi	6
Kandungan <i>solid</i> pada effluen <i>cake</i> SSC	%	5,87	20 ^[6]	Revitalisasi	20
Jumlah SSC yang dioperasikan	unit	2 dari 4	-	Revitalisasi	4 dari 4
Durasi pengisian lumpur tinja tiap SSC	hari	3	-	Revitalisasi	2

Untuk mencapai rekomendasi yang ada, maka dibuatlah SOP SSC sebagai berikut:

- Jumlah unit SSC yang dioperasikan sebanyak 4 unit.
- Kandungan *solid* pada effluen *cake* sebesar 20%.
- Pengisian lumpur tinja pada SSC dilakukan secara berurutan. Durasi pengisian lumpur tinja berlangsung selama 2 hari untuk tiap SSC. Setelah 2 hari pengisian, maka pengisian lumpur tinja selanjutnya dilakukan pada unit selanjutnya, dan begitu seterusnya.
- Durasi pengeringan lumpur berlangsung selama 6 hari.
- Setiap unit SSC dibersihkan setiap 2 hari sekali.
- Tinggi lumpur tinja dibatasi hingga 50 cm.
- Tidak ada pengaliran effluen (supernatan) SSC melalui pintu gutter, seluruh supernatan harus melalui *sump well* (kecuali saat pembersihan SSC, pintu gutter dibuka).
- Diubah sistem pemompaan pada *sump well*. Tidak ada pemompaan dari *sump well* ke OD, melainkan dari *sump well* ke *balancing tank*. Dibuat perpipaan untuk pemompaan *sump well* ke *balancing tank*.
- Diganti pompa pada *sump well* dengan pompa lama pada unit *balancing tank* yang memiliki kapasitas pompa sebesar 0,01391 m³/s. Debit supernatan yang dipompakan menuju *balancing tank* sebesar 132,02 m³/hari.

3. Analisis Kinerja *Balancing Tank* (BT)

Unit *Balancing Tank* (BT) berfungsi untuk meratakan beban supernatan, baik beban organik maupun hidrolis. BT pada IPLT Keputih terdiri dari 2 unit dengan dimensi yaitu panjang 18m, lebar 6m, dan kedalaman 2,5m. Hasil analisis kinerja unit BT berdasarkan kriteria desain dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Evaluasi dan Rekomendasi *Balancing Tank*

Parameter	Satuan	Kondisi Eksisting	Kriteria Desain	Kesimpulan	Rekomendasi
Kedalaman	m	2,5	1,5 - 2 ^[6]	Tetap	-
Waktu detensi	jam	14,21	2 ^[6]	Revitalisasi	1,15
Sistem pemompaan	-	Satu arah, hanya ke unit OD	-	Revitalisasi	Dua arah, ke OD dan inlet BT
Kapasitas pompa	m ³ /s	0,01391	-	Revitalisasi	0,019
Jumlah BT yang dioperasikan	unit	1 dari 2	-	Tetap	-

Untuk mencapai rekomendasi yang ada, maka dibuatlah SOP BT sebagai berikut:

1. Jumlah unit BT yang dioperasikan sebanyak 1 unit.
2. Dibuat pemompaan menggunakan 2 sistem dengan 2 pipa, dimana satu pipa menuju OD dan satu pipa menuju *inlet* BT, serta digunakan *valve* sebagai alat pembagi debit supernatan yang mengalir pada tiap pipa. Debit supernatan menuju OD sebesar 5,5 m³/jam dengan persentase pemataran *valve* sebesar 8% sedangkan debit supernatan menuju *inlet* BT sebesar 63,04 m³/jam dengan persentase pemataran *valve* sebesar 92%. Proses pemompaan pada kedua sistem dilakukan setiap jam selama 24 jam.
3. Mengganti pompa eksisting pada BT dengan pompa yang memiliki kapasitas 0,019 m³/s.
4. Pembersihan (pencucian) unit BT dilakukan enam bulan sekali untuk mengurangi tingkat kejenuhan secara periodik.
5. Dilakukan pemantauan rutin (setiap hari) untuk memastikan bahwa tidak terjadi pengendapan pada dasar unit BT.
6. Dilakukan pemantauan rutin untuk memastikan proses pemompaan dari unit BT menuju OD dan pemompaan kembali menuju inlet BT berjalan dengan lancar tanpa tersumbat.

4. Analisis Kinerja Oxidation Ditch (OD)

Oxydation Ditch (OD) merupakan unit modifikasi *activated sludge* dengan proses biologis secara aerobik dan anoksik. Unit OD berfungsi untuk menyisihkan bahan organik pada supernatan dengan memanfaatkan mikroorganisme. OD pada IPLT Keputih terdiri dari 4 unit, dengan dimensi yaitu panjang total 60,2m, lebar permukaan 4m, tinggi permukaan 1,85m, dan tinggi supernatan 1,35m. Hasil analisis kinerja unit OD berdasarkan kriteria desain dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Evaluasi dan Rekomendasi *Oxidation Ditch*

Uraian	Satuan	Kondisi Eksisting	Kriteria Desain	Kesimpulan	Rekomendasi
Efisiensi <i>removal</i> BOD	%	87,72	85 - 95 ^[7]	Revitalisasi	95
<i>Organic loading</i>	kgBOD/m ³ .hari	0,06	0,06 - 0,48 ^[7]	Revitalisasi	0,09
<i>Sludge Retention Time</i> (SRT)	hari	25	4 - 48 ^[8]	Revitalisasi	47
<i>Hydraulic Retention Time</i> (HRT)	hari	12	6 - 30 ^[9]	Tetap	-
<i>Mixed Liquor Suspended Solid</i> (MLSS)	mg/L	4625	1900 - 4900 ^[9]	Tetap	-
<i>Rasio Food to Mass</i> (F/M)	-	0,01	0,03 - 0,15 ^[10]	Revitalisasi	0,023
Tinggi air	mg/L	1,63	1 - 1,5 ^[8]	Revitalisasi	1,50
Kebutuhan oksigen	kg O ₂ /kg BOD	4,04	1,5 - 2 ^[10]	Revitalisasi	8,30
Kebutuhan nitrogen	kg/hari	31,04	-	Revitalisasi	48,20
Kebutuhan fospor	kg/hari	9,42	-	Revitalisasi	14,30
Debit resirkulasi	m ³ /hari	85,74	-	Revitalisasi	18,31
Jumlah OD yang dioperasikan	unit	2 dari 4	-	Tetap	2 dari 4
Jumlah <i>mammoth rotor</i> yang dioperasikan	buah	4 dari 8	-	Tetap	4 dari 8

Untuk mencapai rekomendasi yang ada, maka dibuatlah SOP OD sebagai berikut:

1. Jumlah unit OD yang dioperasikan sebanyak 2 unit.
2. Jumlah *mammoth rotor* yang dioperasikan sebanyak 4 buah, 2 buah untuk satu unit OD.
3. Diturunkan pintu pelimpah pada OD hingga pada tinggi air 1,5m.

4. Diubah sistem pengaliran supernatan dari BT ke OD menjadi sistem aliran seri, yaitu seluruh supernatan pada BT dialirkan pada satu OD terlebih dahulu kemudian dialirkan menuju satu unit OD yang lain secara kontinyu.
5. *Distribution box* (DB) I yang digunakan sebanyak 2 unit, yaitu satu unit (a) untuk distribusi supernatan dari satu OD (OD I) ke satu OD yang lain (OD II) dan satu unit lain (b) untuk distribusi dari satu OD yang lain (OD II) menuju *final clarifier* (FC).
6. Dibuat perpipaan untuk pemompaan dari DB I (a) menuju OD II dan pompa yang tidak dipakai dari DB II yang lain digunakan sebagai pompa untuk mengalirkan supernatan dari DB I (a) menuju OD II dengan debit 132,02 m³/hari.
7. Dibuat penutup pada lubang dinding DB I (a) (lubang yang menghubungkan DB I ke FC).
8. Supernatan dari OD II mengalir menuju DB I (b), yang memiliki lubang pada dinding untuk mengalirkan air menuju FC.
9. DB II yang dioperasikan sebanyak 1 unit, yang berguna untuk mendistribusikan lumpur aktif pada OD I (*return activated sludge*) dan *sludge drying bed*.
10. Dilakukan pemantauan rutin untuk memastikan *mammoth rotor* berjalan lancar selama 24 jam.
11. Debit resirkulasi dari FC ke OD I sebesar 18,31 m³/hari. Tidak ada resirkulasi air pengencer dari *polishing pond*.
12. Dilakukan pemantauan warna lumpur pada OD secara rutin. Apabila terlalu perkat (berwarna cokelat kehitaman), maka perlu dilakukan pemompaan air pengencer dari *polishing pond* atau pemompaan air bersih.
13. Disediakan tangki nutrien sebanyak satu buah dan dilakukan pembuatan larutan nutrisi dengan 105 kg urea, 75 kg TSP, dan air bersih.
14. Disediakan pompa dosing untuk pengaliran nutrien ke dalam unit OD I.
15. Dilakukan penambahan nutrien pada unit OD I setiap tahun.
16. Pembersihan (pencucian) unit OD dilakukan setahun sekali untuk mengurangi tingkat kejenuhan secara periodik.

5. Analisis Kinerja Final Clarifier (FC)

Final Clarifier (FC) merupakan unit pengendapan dari hasil proses pengolahan secara biologis pada *oxidation ditch*. Fungsi lain dari FC adalah sebagai unit pemisah antara partikel padat dengan air, agar air yang keluar dari FC terpisah dari padatnya. FC pada IPLT Keputih terdiri dari 2 unit, dengan dimensi yaitu panjang 6m, lebar 2,45m, dan tinggi 1,85m. Hasil analisis kinerja unit FC berdasarkan kriteria desain dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Evaluasi dan Rekomendasi *Final Clarifier*

Uraian	Satuan	Kondisi Eksisting	Kriteria Desain	Kesimpulan	Rekomendasi
<i>Overflow Rate</i> (OFR)	m ³ /m ² .hari	2,35	15 - 40 ^[11]	Revitalisasi	4,83
<i>Solid Loading Rate</i> (SLR)	kg/m ² .hari	10,88	50 - 150 ^[11]	Revitalisasi	22,33
<i>Weir Loading Rate</i> (WLR)	m ³ /m.hari	8,92	< 124 ^[11]	Tetap	6,84
Diameter	m	6	3 - 60 ^[11]	Tetap	-
Kedalaman zona <i>settling</i>	m	1,84	> 1,5 ^[11]	Tetap	-
Waktu detensi	jam	18,77	2 - 4 ^[12]	Revitalisasi	9,15
<i>V-notch</i> yang mengalir	buah	70 dari 188	-	Revitalisasi	188 dari 188
Debit lumpur (Qw)	m ³ /hari	3,79	-	Revitalisasi	3,53
Jumlah FC yang dioperasikan	unit	2 dari 2	-	Revitalisasi	1 dari 2

Untuk mencapai rekomendasi yang ada, maka dibuatlah SOP FC sebagai berikut:

1. Jumlah unit FC yang dioperasikan sebanyak 1 unit.
2. Pengurasan lumpur pada unit FC dilakukan setiap hari.
3. Dilakukan pemantauan pengaliran air pada *v-notch* untuk memastikan bahwa air mengalir melalui seluruh *v-notch*. *V-notch* yang sudah terkikis ataupun rusak harus segera diperbaiki dan dipantau untuk semua ketinggian *v-notch* sama.
4. Dilakukan pemantauan lumpur aktif yang mengapung pada permukaan FC. Apabila ada, maka harus segera dilakukan pengurasan secepatnya.
5. Pembersihan (pencucian) unit FC dilakukan setahun sekali untuk mengurangi tingkat kejenuhan secara periodik.

6. Analisis Kinerja Polishing Pond (PP)

Unit *Polishing Pond* (PP) berfungsi untuk menyisihkan nutrisi berupa nitrogen dan fosfor sehingga effluen yang dihasilkan lebih higienis. Proses pada PP secara eksisting berlangsung dengan *free surface constructed wetland* menggunakan ganggang. PP pada IPLT Keputih terdiri dari 1 unit, dengan dimensi yaitu panjang 15,4m, lebar 6,1m, dan tinggi 2,5 m. Hasil analisis kinerja unit PP berdasarkan kriteria desain dapat dilihat pada tabel 7.

Tabel 7. Evaluasi dan Rekomendasi *Polishing Pond*

Uraian	Satuan	Kondisi Eksisting	Kriteria Desain	Kesimpulan	Rekomendasi
Efisiensi <i>removal</i> nitrogen	%	29,83	-	Revitalisasi	87
Efisiensi <i>removal</i> fosfor	%	58,90	-	Revitalisasi	87
Waktu tinggal hidrolis	hari	1,88	1 - 3 ^[5]	Revitalisasi	1,83
Kedalaman kolam	m	2,5	0,5 - 1 ^[5]	Tetap	-
Jumlah PP yang dioperasikan	unit	1 dari 1	-	Tetap	-

Untuk mencapai rekomendasi yang ada, maka dibuatlah SOP PP sebagai berikut:

1. Jumlah unit PP yang dioperasikan sebanyak 1 unit.
2. Dilakukan penggantian jenis tumbuhan air terapung berupa eceng gondok, yang menutupi seluruh permukaan PP.
3. Dibuat sela pada ujung *batch* yang ada selebar 50 cm dan menutup lubang yang ada di bagian bawah *batch*. Letak sela pada ujung tiap *batch* berbeda arah.
4. Dilakukan pemantauan terhadap kemungkinan terjadi proses pengendapan. Bila terjadi proses pengendapan, maka secepatnya dilakukan pembersihan unit, untuk tidak mengotori effluen PP secara berkelanjutan.
5. Pembersihan (pencucian) unit PP dilakukan enam bulan sekali untuk mengurangi tingkat kejenuhan secara periodik.

7. Analisis Kinerja Sludge Drying Bed (SDB)

Unit *Sludge drying bed* (SDB) berfungsi untuk membantu proses pengeringan lumpur dari unit *final clarifier* dengan penguapan alamiah oleh sinar matahari. SDB pada IPLT Keputih terdiri dari 24 unit, dengan dimensi yaitu panjang 34m, lebar 25m, dan tinggi 0,9m. Hasil analisis kinerja unit SDB berdasarkan kriteria desain dapat dilihat pada tabel 8.

Tabel 8. Evaluasi dan Rekomendasi *Sludge Drying Bed*

Uraian	Satuan	Kondisi Eksisting	Kriteria Desain	Kesimpulan	Rekomendasi
Tebal pasir	cm	20	23 - 30 ^[11]	Revitalisasi	30
Tebal kerikil	cm	20	20 - 30 ^[11]	Revitalisasi	30
Tebal bed	cm	45	20 - 30 ^[11]	Revitalisasi	30
Lebar bed	m	2	5 - 8 ^[11]	Tetap	-
Panjang bed	m	2,96	6 - 30 ^[11]	Tetap	-
Durasi (t) pengeringan	hari	10	10 - 15 ^[11]	Tetap	-
Kadar air	%	36,86	20 ^[6]	Revitalisasi	20
Kadar solid	%	63,14	80 ^[6]	Revitalisasi	80
<i>Sludge loading rate</i>	kg/m ² .hari	670,61	100 - 300 ^[6]	Revitalisasi	591,90
Jumlah SDB yang dioperasikan	unit	24 dari 24	-	Revitalisasi	20 dari 24

Untuk mencapai rekomendasi yang ada, maka dibuatlah SOP SDB sebagai berikut:

1. Jumlah unit SDB yang dioperasikan sebanyak 20 unit.
2. Pengambilan lumpur dari unit SDB dilakukan setiap hari.
3. Pengisian lumpur pada satu unit SDB dilakukan sebanyak 1 kali.
4. Kadar *solid* pada lumpur kering sebesar 80%.
5. Dilakukan penambahan media penyaring pasir setebal 8 cm dan kerikil setebal 10 cm pada SDB, sehingga masing-masing tebal media penyaring menjadi 30 cm.
6. Dilakukan pemantauan media filter (lapisan penyaring) pada SDB. Apabila media filter sudah mencapai tingkat kejenuhan, maka dilakukan penggantian media filter secepatnya.
7. Pembersihan (pencucian) unit SDB dilakukan enam bulan sekali untuk mengurangi tingkat kejenuhan secara periodik.

8. Analisis Kinerja Drying Area (DA)

Unit *Drying Area* (DA) berfungsi untuk membantu proses pengeringan lumpur setelah dari unit *solid separation chamber* dengan penguapan alamiah oleh sinar matahari. Dua unit DA yaitu di sisi utara, dengan dimensi panjang 33,35m, lebar utara 11m, lebar selatan 8,2m, dan tinggi 0,9 m serta di sisi selatan dengan dimensi yaitu panjang 36m, lebar utara 6,2m, lebar selatan 5,1, dan tinggi 0,9m. Hasil analisis kinerja unit DA berdasarkan kriteria desain dapat dilihat pada tabel 9.

Tabel 9. Evaluasi dan Rekomendasi *Drying Area*

Uraian	Satuan	Kondisi Eksisting	Kriteria Desain	Kesimpulan	Rekomendasi
Ketebalan <i>cake</i>	cm	75	10 - 30 ^[5]	Revitalisasi	30
Tebal lapisan pasir	cm	0	15 - 30 ^[5]	Revitalisasi	30
Kadar air	%	38,84	20 ^[6]	Revitalisasi	20
Kadar solid	%	61,16	80 ^[6]	Revitalisasi	80
Jumlah DA yang dioperasikan	unit	1 dari 4	-	Revitalisasi	2 dari 4

Untuk mencapai rekomendasi yang ada, maka dibuatlah SOP DA sebagai berikut:

1. Jumlah unit DA yang dioperasikan sebanyak 2 unit.
2. Pengurasan lumpur pada unit DA dilakukan setiap dua hari.
3. Pengisian *cake* pada satu unit DA dilakukan sebanyak 3 kali.
4. Kadar *solid* pada lumpur kering sebesar 80%.
5. Dibuat lapisan penyaring berupa pasir setebal 30 cm pada unit DA.
6. Dilakukan pemantauan media filter (lapisan penyaring) pada DA. Apabila media filter sudah mencapai tingkat kejenuhan, maka dilakukan penggantian media filter secepatnya.

7. Pembersihan (pencucian) unit DA dilakukan setahun sekali untuk mengurangi tingkat kejenuhan secara periodik.

IV. KESIMPULAN

1. Kinerja masing-masing unit pengolahan IPLT Keputih adalah sebagai berikut:

Kapasitas desain IPLT Keputih adalah 400 m³/hari dan debit influen lumpur eksisting sebesar 137 m³/hari.

- a. *Solid Separation Chamber* (SSC)
 - Kandungan *solid inlet* lumpur adalah sebesar 4,80% dan kandungan *solid outlet* adalah sebesar 5,87%.
 - Terjadi *overflow* pada SSC, yaitu supernatan melimpah melalui pintu *gutter* menuju *balancing tank*.
- b. *Balancing Tank* (BT)
 - Satu unit dioperasikan dan satu unit lain tidak dioperasikan dari dua unit BT yang tersedia.
 - Pemompaan ke *oxidation ditch* berlangsung selama 3 jam.
- c. *Oxidation Ditch* (OD)
 - Debit influen OD dibagi dua untuk 2 OD dari 4 OD yang tersedia, sedangkan 2 unit lain tidak dioperasikan.
 - Supernatan dari OD berasal dari *sump well* (filtrat SSC dan SDB) serta *balancing tank*.
 - Nilai F/M ratio sebesar 0,01.
- d. *Final Clarifier* (FC)
 - Dua unit yang beroperasi dari dua unit yang tersedia.
 - Debit resirkulasi FC adalah sebesar 23,80 m³/s.
 - *Weir loading rate* adalah sebesar 8,92 m³/m.hari karena *v-notch* yang berfungsi hanya sebanyak 70 dari 188 buah *v-notch* yang tersedia.
- e. *Polishing Pond* (PP)
 - Satu unit yang beroperasi dari satu unit yang tersedia.
 - Prinsip operasi PP adalah dengan *free surface constructed wetland* menggunakan alga.
 - Debit resirkulasi PP adalah sebesar 61,94 m³/s.
- f. *Sludge Drying Bed* (SDB)
 - Dua puluh empat unit SDB beroperasi dari 24 unit yang tersedia.
 - Kandungan *solid* pada lumpur kering SDB sebesar 63,14%.
- g. *Drying Area* (DA)
 - Dua unit DA beroperasi dari 4 unit yang tersedia.
 - Kandungan *solid* pada lumpur kering sebesar 61,16%.

2. Rekomendasi optimasi untuk peningkatan kinerja unit pengolahan IPLT Keputih adalah sebagai berikut:

- a. *Solid Separation Chamber* (SSC)
 - Kandungan *solid outlet* direkomendasikan menjadi 20%.
 - Tidak terjadi *overflow* pada SSC karena semua lumpur mengalir melewati media penyaring dan masuk menuju pipa *underdrain* pada dasar SSC menuju *sump well*.
- b. *Balancing Tank* (BT)
 - Satu unit dioperasikan sesuai dengan kondisi eksisting.
 - Pemompaan ke *oxidation ditch* berlangsung selama 24 jam, dengan 92 % pengaliran supernatan kembali ke *inlet* BT dan 8% pengaliran supernatan menuju OD.
- c. *Oxidation Ditch* (OD)
 - Dua unit OD dioperasikan dengan sistem aliran seri sedangkan dua unit OD lain tetap tidak dioperasikan.

- Supernatan dari OD hanya berasal dari *balancing tank*.
 - Nilai F/M ratio dinaikkan menjadi 0,023.
- d. *Final Clarifier* (FC)
 - Satu unit yang beroperasi dari dua unit yang tersedia.
 - Debit resirkulasi direkomendasikan menjadi 18,31 m³/s.
 - *Weir loading rate* direkomendasikan menjadi 6,84 m³/m.hari karena semua *v-notch* berfungsi, yaitu sebanyak 188 buah.
 - h. *Polishing Pond* (PP)
 - Satu unit yang beroperasi sesuai dengan kondisi eksisting
 - Prinsip operasi PP adalah dengan *free surface constructed wetland* menggunakan eceng gondok.
 - Tidak ada resirkulasi yang berasal dari PP menuju OD.
 - e. *Sludge Drying Bed* (SDB)
 - Dua puluh unit SDB beroperasi dari 24 unit yang tersedia.
 - Kandungan *solid* pada lumpur kering SDB direkomendasikan menjadi 80%.
 - f. *Drying Area* (DA)
 - Dua unit DA beroperasi dari 4 unit yang tersedia.
 - Kandungan *solid* pada lumpur kering direkomendasikan menjadi 80%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis G.D.M mengucapkan terima kasih kepada Dinas Kebersihan dan Pertamanan (DKP) Surabaya atas izin yang telah diberikan untuk melakukan survei ke Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) Keputih.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Jonrizal. 2001. "Evaluasi Efisiensi Kadar Total Suspended Solid pada Solid Separation Chamber di IPLT Keputih, Surabaya". Tugas Akhir, Jurusan Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [2] Oktarina, Dwi dan Haki, Helmi. Desember 2013. "Perencanaan Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja Sistem Kolam Kota Palembang (Studi Kasus: IPLT Sukawiatan)", *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan* 1, 1: 74-79.
- [3] Kelompok Kerja Sanitasi Kota Surabaya. 2011. Momerandum Program Sektor Sanitasi.
- [4] Dinas Kebersihan dan Pertamanan, Surabaya, 2011.