

Kajian Implementasi Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja di Indonesia

Novenda C. Putri dan Joni Hermana

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

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

E-mail: novendacputri@enviro.its.ac.id

Indonesia memiliki 134 IPLT, namun hanya lima IPLT yang berjalan secara optimal. Kajian implementasi ini bertujuan untuk menentukan kriteria desain IPLT, mengetahui permasalahan teknis dan pemenuhan kriteria desain pada unit IPLT serta menentukan bangunan pengolahan yang sesuai. Kajian kriteria desain dilakukan dengan membandingkan kriteria desain dari literatur, penelitian terdahulu, dan data perencanaan/DED IPLT. Pada 134 IPLT dilakukan analisa kuantitas terkait unit pengolahan terpakai, kapasitas bangunan, dan kondisi eksisting bangunan. Diambil 11 sampel IPLT untuk dikaji unit pengolahannya yang paling sesuai untuk diterapkan di Indonesia dan pemenuhan kriteria desain terhadap data teknis IPLT. Hasil kajian berdasarkan aspek teknis seperti rasio panjang dan lebar, tinggi air, dan laju beban organik tidak terpenuhi, namun permasalahan utama dalam implementasi pengolahan IPLT saat ini ialah lumpur tinja yang masuk ke dalam IPLT lebih sedikit dari kapasitas desain yang menyebabkan waktu detensi terlalu lama dan efisiensi pengolahan menurun. Unit pengolahan pada proses stabilisasi dipilih berdasarkan jumlah penduduk terlayani di suatu Kota.

Kata Kunci—IPLT, kolam Stabilisasi, kriteria desain, lumpur tinja

I. PENDAHULUAN

Air limbah adalah air buangan yang berasal dari rumah tangga termasuk tinja manusia dari lingkungan permukiman [4], air kemih, dan air buangan limbah lain (kamar mandi, dapur; cucian) yang kira-kira mengandung 99,9% air dan 0,1% zat padat [33]. Lumpur tinja ialah endapan lumpur yang berasal dari bangunan pengolah air limbah rumah tangga [16]. Lumpur tinja diolah pada pengolahan setempat di Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) yang merupakan instalasi pengolahan air limbah yang dirancang hanya menerima dan mengolah lumpur tinja yang berasal dari sistem setempat yang diangkat melalui sarana pengangkut lumpur tinja [31]. Lumpur tinja masih mengandung bahan-bahan organik dan polutan, oleh karena itu harus ada pengolahan untuk lumpur tinja sebelum dibuang ke lingkungan.

Lebih dari 90% masyarakat Indonesia menggunakan sistem air limbah individual atau toilet, tapi belum semuanya dikelola dengan benar, banyak yang belum dilengkapi Tangki Septik sehingga lumpur tinja langsung dibuang ke badan air

[13]. Belum adanya peraturan perundangan yang mengatur pembuangan lumpur tinja seperti halnya pembuangan air limbah, menyebabkan pembuangan lumpur tinja masih belum mendapatkan perhatian penuh. Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) merupakan sistem pengolahan tinja yang telah dioperasikan di Indonesia [29]. Pengolahan lumpur tinja dilakukan dengan tujuan utama untuk menurunkan kandungan zat organik dari dalam lumpur tinja dan menghilangkan atau menurunkan kandungan mikroorganisme patogen (bakteri, virus, jamur dan lain sebagainya). Untuk mencapai tujuan tersebut, IPLT harus memiliki komponen dasar yang harus ada yakni unit pemekatan, unit stabilisasi, dan unit pengering lumpur [31].

Indonesia memiliki 134 IPLT yang tersebar di 29 Kota/Kabupaten di Indonesia, namun, kurang dari 10% atau kurang lebih hanya 5 dari total IPLT tersebut yang berjalan secara optimal, baik dilihat dari aspek teknis maupun non teknisnya [29]. Efisiensi pengolahan unit proses berdasarkan aspek teknis dipengaruhi oleh rasio panjang dan lebar, tinggi air, serta waktu detensi. Kriteria desain untuk aspek teknis perlu dikaji untuk menemukan standar kriteria desain berdasarkan aplikasi pada pembangunan IPLT selanjutnya. Berbagai permasalahan teknis secara umum perlu dikaji sebagai informasi kondisi eksisting IPLT di Indonesia. Perbandingan Pemilihan unit pengolahan IPLT yang tepat akan mempengaruhi proses pengolahan IPLT.

II. METODA STUDI

A. Data Analisa

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data sekunder dari berbagai sumber mengenai 134 IPLT di Indonesia. Data dari 134 IPLT dianalisa kuantitas terkait unit pengolahan terpakai, kapasitas bangunan, dan kondisi eksisting bangunan. Diambil 11 data sampel IPLT untuk dikaji kondisi eksisting IPLT dan unit pengolahannya, lima sampel IPLT diantaranya merupakan IPLT dengan kondisi bangunan baik dan operasional berjalan baik (yakni IPLT Kalimulya Kota Depok, IPLT Keputih Kota Surabaya, IPLT Mojosari Kabupaten Mojokerto, IPLT Puulongdiga Kota Kendari, dan IPLT Kerambitan Kabupaten Tabanan Bali), enam lainnya merupakan IPLT yang dipilih secara acak

namun dengan kriteria memiliki data lengkap mengenai dimensi dan waktu detensi pengolahan (IPLT Degayu, Dumpoh, Grobogan, Kaliboto, Ngembak, Sampit, dan Tambak Lorok) untuk dikaji pemenuhan kriteria desain pada bangunan IPLT tersebut.

B. Analisa Pemilihan Kriteria Desain

Analisa kriteria desain dilakukan dengan membandingkan kriteria desain unit pengolahan dari literatur dengan penelitian terdahulu dan perencanaan/DED IPLT.

C. Analisa Pemenuhan Kriteria Desain

Analisa pemenuhan kriteria desain dilakukan pada tiga IPLT yang merupakan IPLT dengan kondisi bangunan baik dan operasional berjalan baik dan enam IPLT enam lainnya merupakan IPLT yang dipilih secara acak. Analisa ini dilakukan dari review kondisi fisik IPLT secara umum, kapasitas desain, analisa kapasitas terpakai berdasarkan jumlah armada pengangkut lumpur tinja yang melayani IPLT, analisa waktu detensi eksisting (jika belum diketahui waktu detensi eksistingnya), dan analisa data dimensi desain fisik unit IPLT dengan kriteria desain yang telah terpilih. Kapasitas IPLT terpakai berdasarkan jumlah armada pengangkut dapat menggunakan Persamaan (1):

$$\theta = n \text{ truk} \times V \text{ truk} \times R \tag{1}$$

Dengan Q merupakan debit lumpur masuk ke IPLT (m³), R ialah jumlah truk melakukan pelayanan penyedotan /hari, V truk ialah kapasitas truk (m³), dan n truk ialah jumlah truk untuk menyedot lumpur tinja (unit).

Penentuan nilai waktu detensi dapat dihitung menggunakan Persamaan (2):

$$\theta = \frac{V}{Q} \tag{2}$$

Dengan θ merupakan waktu detensi (hari), V ialah volume unit pengolahan (m³), dan Q merupakan debit lumpur yang masuk (m³/hari).

D. Analisa Unit Pengolahan

Analisa unit pengolahan dilakukan dari review unit pengolahan terpakai dari IPLT yakni proses pemekatan, proses stabilisasi, dan proses pengeringan lumpur serta analisa jumlah penduduk terlayani dari suatu unit IPLT yang dilihat berdasarkan unit proses stabilisasi. Jumlah penduduk terlayani dihitung dengan menggunakan Persamaan (3):

$$P = \frac{V:1000}{\%Pelayanan \cdot Q} \tag{3}$$

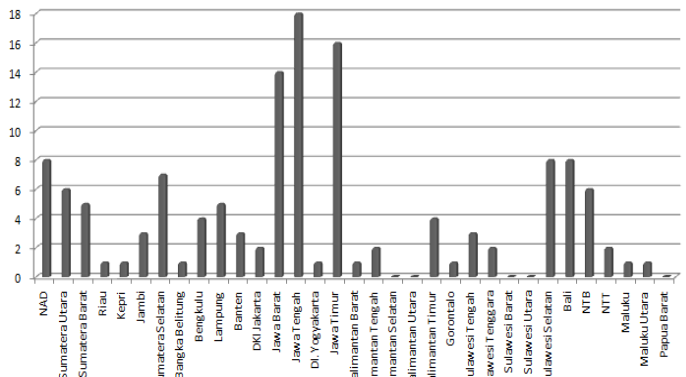
Dengan P merupakan Jumlah penduduk yang dilayani pada akhir periode desain (orang), V ialah Debit total (kapasitas) yang akan masuk ke IPLT (m³), % P ialah prosentase pelayanan dapat menggunakan pendekatan (50-60)%, dan Q merupakan Debit lumpur tinja dalam L/hari atau dibagi dengan 1.000 untuk konversi menjadi m³/hari

adalah jumlah lumpur yang akan masuk dan diolah di IPLT setiap harinya (0,5 L/orang.hari).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Gambaran IPLT di Indonesia

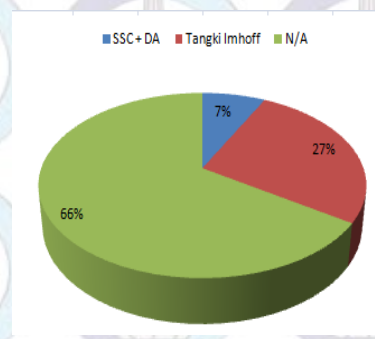
IPLT di Indonesia tersebar di 29 provinsi dari total 34 provinsi di Indonesia. Grafik penyebaran IPLT di Indonesia terdapat pada Gambar 1.



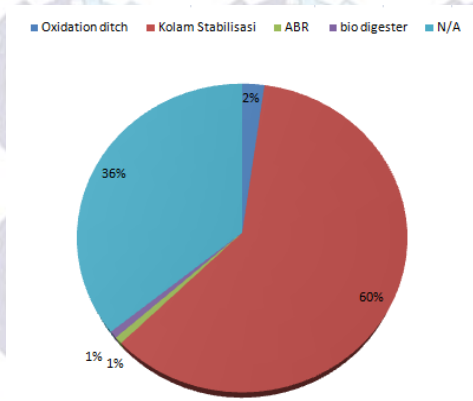
Gambar. 1. Penyebaran Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja di Indonesia

Provinsi yang tidak memiliki IPLT ialah Provinsi Kalimantan Utara, Sulawesi Barat, Sulawesi Utara, dan Papua Barat. Jumlah penyebaran IPLT terbesar berturut – turut berada di Provinsi Jawa Barat, Jawa Timur, dan Jawa Tengah, dengan jumlah IPLT berturut – turut ialah 14, 16, dan 17.

Pada tahap pemekatan, bangunan yang sering digunakan ialah Tangki Imhoff dan *Solids Separation Chamber-Drying Area* (SSC – DA). Unit proses pengolahan stabilisasi secara biologis yang digunakan ialah Kolam Stabilisasi, *Oxidation Dich*, *Anaerobic Digester*, ABR, dan lain – lain. Gambar 2 dan Gambar 3 berturut – turut menunjukkan prosentase unit bangunan pengolahan yang digunakan untuk proses pemekatan dan proses pengolahan stabilisasi cairan lumpur tinja.

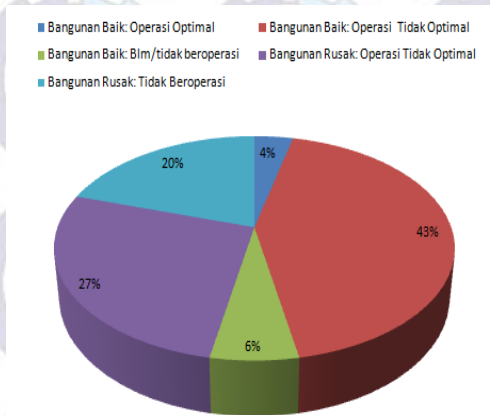


Gambar. 2. Prosentase Unit Proses Pemekatan Terpakai pada Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja di Indonesia



Gambar. 3. Prosesntase Unit Proses Stabilisasi Terpakai pada Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja di Indonesia

Analisa status kondisi bangunan menggunakan data pendukung sekunder dari Pendataan Infrastruktur IPLT Total yang diperoleh dari Direktorat PPLP DitJen Cipta Karya, Kementerian PU di Jakarta. Data kondisi bangunan IPLT dapat dilihat pada Gambar 4. IPLT yang kondisi bangunannya baik dan operasinya berjalan optimal, yakni IPLT Kalimulya Kota Depok, IPLT Keputih Kota Surabaya, IPLT Mojosari Kabupaten Mojokerto, IPLT Puulongdiga Kota Kendari, dan IPLT Kerambitan Kabupaten Tabanan Bali.



Gambar. 4. Prosesntase Kondisi Bangunan dan Operasional Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja di Indonesia

B. Analisa Kriteria Desain

Unit bangunan yang dianalisa criteria desainnya ialah Tangki Imhoff, SSC-DA, Kolam Stabilisasi (Anaerob-Fakultatif-Maturasi), *Oxidation Ditch* (OD), *Anaerobic Digester*, dan *Sludge Drying Bed* (SDB). Perbandingan kriteria desain dari berbagai literatur dengan penelitian terdahulu dan perencanaan/DED IPLT seperti pada IPLT Jambi, Kalimulya, Kerambitan, Puulongdiga, dan Sawolangun pada unit Tangki Imhoff menggunakan criteria desain dari Departemen PU (1999), unit SSC + DA menurut Hermana (2008), Kolam Anaerobik menurut PU (1999), Kolam Fakultatif menurut von Sperling (2005), Kolam Maturasi menurut Metcalf dan Eddy (2014), *Oxidation Ditch*

dan *Anaerobic Digester* menurut Rancangan Menteri PU (2014), dan *Sludge Drying Bed* menurut Qasim (1985).

C. Review Kondisi Sampel IPLT dan Analisa Pemenuhan Kriteria Desain

Sampel Sembilan IPLT yang telah dianalisa kriteria desainnya dengan data lapang berdasarkan aspek teknis seperti rasio panjang dan lebar, tinggi air, dan laju beban organik pada hamper semua IPLT sampel yang diambil secara acak tidak memenuhi kriteria desain, namun permasalahan utama dalam implementasi pengolahan IPLT saat ini ialah lumpur tinja yang masuk ke dalam IPLT lebih sedikit dari kapasitas desain yang menyebabkan waktu detensi terlalu lama dan efisiensi pengolahan menurun

Beberapa masalah teknis yang terjadi pada IPLT secara umum ialah debit lumpur tinja yang masuk ke IPLT lebih sedikit dari kapasitas desain, hal ini disebabkan oleh berbagai faktor yakni, banyak Tangki Septik dari masyarakat yang belum terkurasi secara rutin, belum ada regulasi yang mengatur kewajiban masyarakat menguras Tangki Septik, lumpur tinja yang telah disedot oleh truk tinja ada yang tidak dibuang ke IPLT, dan jumlah armada truk penyedot tinja yang sangat sedikit. Beberapa unit pengolahan mengalami kerusakan fisik dan tidak beroperasi. Belum adanya pompa penguras lumpur untuk memompa lumpur dari unit Kolam Anaerobik ke unit SDB ataupun lahan pengering lumpur. Pengoperasian dan pemeliharaan unit pengolahan IPLT belum teratur karena standar operasional perawatan IPLT belum diterapkan secara terpadu di IPLT setempat.

D. Analisa Pemilihan Unit Pengolahan

Unit pengolahan juga dipilih berdasarkan jumlah penduduk terlayani. Berdasarkan Persamaan (3) analisa jumlah penduduk terlayani pada sampel IPLT terdapat pada Tabel 1.

Tabel 1. Analisa Jumlah Penduduk Terlayani

Kota/ Kabupaten	Unit Pengolahan	Penduduk Terlayani	Jenis Kota (UU No. 26, 2007)
Kab. Pekalongan	Tangki Imhoff & Kolam Stabilisasi	78800	Kota Sedang
Kota Magelang	Kolam stabilisasi	41000	Kota Kecil
Kab. Karanganyar	Kolam Stabilisasi	200000	Kota Sedang
Kota Depok	Kolam Stabilisasi	140000	Kota Sedang
Kab. Tabanan	SSC & Kolam Stabilisasi	54000	Kota Kecil
Kota Surabaya	SSC & <i>Oxidation Ditch</i>	800000	Kota Metropolitan
Kab. Mojokerto	<i>Anaerobic Digester</i>	50000	Kota Kecil
Kab. Grobogan	Kolam Stabilisasi	30000	Kota Kecil
Kota Kendari	Tangki Imhoff & Kolam Stabilisasi	70000	Kota Kecil
Kab. Kotawaringin Timur	Tanki Imhoff & Kolam Stabilisasi	100000	Kota Sedang
Kota Semarang	Kolam Stabilisasi	140000	Kota Sedang

Sebagian besar IPLT yang menggunakan Kolam Stabilisasi sebagai unit pengolahannya melayani kurang lebih

penduduk 30.000 – 200.000 jiwa penduduk. IPLT dengan unit OD melayani hingga 800.000 jiwa dengan unit penduduk, sedangkan dengan unit *Anaerobic Digester* melayani kurang lebih 50.000 jiwa penduduk. Berdasarkan Tabel 1 OD digunakan pada kota metropolitan seperti Kota Surabaya, Kolam Stabilisasi digunakan oleh mayoritas kota kecil hingga sedang seperti Magelang, Pekalongan, Semarang, dan lain – lain. *Anaerobic Digester* digunakan untuk melayani daerah yang termasuk kota kecil seperti Kabupaten Mojokerto

Perbandingan faktor kepentingan instalasi pengolahan air limbah di negara industri dan berkembang menurut Mara (2004) terdapat pada Tabel 2.

Tabel 2.
Perbandingan Faktor Kepentingan Instalasi Pengolahan Air Limbah di Negara Industri dan Berkembang

Faktor	Negara industri	Negara Berkembang
Efisiensi	C*****	****
Realibilitas	C*****	C*****
Produksi lumpur	***	C*****
Kebutuhan lahan	C*****	**
Pengaruh lingkungan	****	**
Biaya operasional	***	C*****
Biaya konstruksi	**	C*****
Keberlanjutan	***	C*****
Kemudahan	*	C*****

C kritis; ***** sangat penting; * tidak ada pengaruh

Kelebihan dan kekurangan setiap unit mencakup beberapa aspek, yakni ketahanan unit pengolahan terhadap beban air limbah, jumlah penduduk yang dapat terlayani, biaya investasi (pembangunan, operasi, dan perawatan), kebutuhan lahan, kemudahan operasi dan perawatan, kebutuhan energi, lumpur yang dihasilkan, serta gangguan dan keuntungan yang dihasilkan selain aspek sebelumnya. Tabel 3 menunjukkan klasifikasi kelebihan dan keuntungan unit pengolahan stabilisasi supernatan lumpur tinja.

Tabel 3.
Analisa Kelebihan dan Kekurangan Unit Pengolahan Stabilisasi

Faktor	Kolam Stabilisasi	<i>Oxidation Ditch</i>	<i>Anaerobic Digestion</i>
Ketahanan Beban Penduduk Terlayani	+	+++	+++
Biaya Investasi	++	+++	++
Kebutuhan Lahan	+++	++	++
Kebutuhan Energi	-	+++	++
Operasi & Perawatan	+	+++	+
Gangguan	Menimbulkan bau dan tumbuhnya nyamuk , waktu pengolahan lama	-	waktu pengolahan lama, menimbulkan bau
Kelebihan	-	waktu pengolahan cepat	Menghasilkan biogas

C kritis; ***** sangat penting; * tidak ada pengaruh

IV. KESIMPULAN/RINGKASAN

Pada kajian ini dihasilkan kesimpulan kriteria desain yang dapat diterapkan dalam perencanaan IPLT di Indonesia untuk unit Tangki Imhoff menurut Departmen PU (1999), unit SSC + DA menurut Hermana (2008), Kolam Anaerobik menurut PU (1999), Kolam Fakultatif menurut von Sperling (2005), Kolam Maturasi menurut Metcalf dan Eddy (2014), *Oxidation Ditch* dan *Anaerobic Digester* menurut Rancangan Menteri PU (2014), dan *Sludge Drying Bed* menurut Qasim (1985).

Beberapa masalah teknis yang terjadi pada IPLT secara umum ialah debit lumpur tinja yang masuk ke IPLT lebih sedikit dari kapasitas desain, hal ini disebabkan oleh berbagai faktor yakni, banyak Tangki Septik dari masyarakat yang belum terkurasi secara rutin, belum ada regulasi yang mengatur kewajiban masyarakat menguras Tangki Septik, lumpur tinja yang telah disedot oleh truk tinja ada yang tidak dibuang ke IPLT, dan jumlah armada truk penyedot tinja yang sangat sedikit. Hal tersebut berlanjut menyebabkan pengoperasian IPLT tidak berjalan dengan baik karena waktu detensinya menjadi terlalu lama. Beberapa unit pengolahan mengalami kerusakan fisik dan tidak beroperasi. Belum adanya pompa penguras lumpur untuk memompa lumpur dari unit Kolam Anaerobik ke unit SDB ataupun lahan pengering lumpur. Pengoperasian dan pemeliharaan unit pengolahan IPLT belum teratur karena standar operasional perawatan IPLT belum diterapkan secara terpadu di IPLT setempat.

Unit pemekatan dan unit pengering lumpur yang sesuai untuk diterapkan pada IPLT di Indonesia secara umum ialah SSC + DA dan SDB. Unit pengolahan stabilisasi yang sesuai untuk diterapkan pada IPLT di Indonesia berdasarkan jumlah penduduk terlayani yakni Kolam Stabilisasi untuk wilayah kota sedang, *Oxidation Ditch* untuk wilayah kota metropolitan, dan untuk wilayah kota kecil dengan *Anaerobic Digester*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Abbas, H., Nasr, R., dan Seif, H. 2006. *Study of Waste Stabilization Pond Geometry for The Wastewater Treatment Efficiency*. Ecological Engineering 28 (1): 25-34.
- [2] Al-Salem, S.S. 1987. *Evaluation of The Al Sarma Waste Stabilization Pond Sistem and its sustablity for Unrestricted Irrigation*. Paper for The Land and Water Development Division. Rome
- [3] Alvares, J.A., Ruiz, I., dan Soto, M. 2008. Anaerobid Digester as a pre-Treatment for Constructed Wetland. Ecological Engineering, 33 (1): 54-67.
- [4] Anonim. 2005. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 16 Tahun 2005. Tentang Pengembangan sistem Penyediaan Air Minum.
- [5] Anonim. 2007. Undang – undang Nomor 26 Tahun 2007. Tentang Penataan Ruang.
- [6] Arceivala, S J and Alagarsamy, S R. 1970. *Design and Construction of Oxidation Ditches under Indian Conditions*. Nagpur: Central Public Health Engineering Research Institute.
- [7] Arthur, J P. 1983. *Notes on the Design and Operation of Waste Stabilization Ponds in Warm Climates of Developing Countries*. Technical Paper (7). Washington, DC: The World Bank
- [8] Australian AID. 2013. *Kajian Sanitasi Perkotaan di Asia Timur dan Pasifik, Indonesia Ringkasan Eksekutif*. Jakarta: The World Bank dan Australian AID.
- [9] Bantek IPLT. 2010. *Laporan Intalasi Pengolahan Lumpur Tinja*. Jakarta: Kementerian PU.

- [10] Bantek IPLT. 2012. *Laporan Intalasi Pengolahan Lumpur Tinja*. Jakarta: Kementerian PU.
- [11] Curtis, T.P., Mara, D.D., dan Silva, S.A. 1992. *Influence of pH, Oxygen, and Humid Substances on Ability of Sunlight to Damage Faecal Coliforms in Waste Stabilization Pond Water*. Applied Environmental Microbiology 58: 1335-1343.
- [12] Crites, R. & Tchobanoglous, G. 1999. *Small and Decentralized Wastewater Management Systems*. Singapore: McGraw-Hill.
- [13] Database IPLT. 2012. *Cipta Karya Sosialisasikan Pengelolaan Lumpur Tinja*. URL: (<https://sites.google.com/site/lumpurtinja>). Diakses Agustus, 2014.
- [14] Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah. 2003. *Pedoman Pengelolaan Air Limbah Perkotaan*. Jakarta: Direktorat Jenderal Tata Perkotaan dan Tata Pedesaan.
- [15] Departemen Pekerjaan Umum. 1999. *Tata Cara Perencanaan IPLT Sistem Kolam, Petunjuk Teknis CT/AL/Re-TC/001/98*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Cipta Karya.
- [16] Departemen Pekerjaan Umum. 1999. *Tata Cara Pembangunan IPLT Sistem Kolam, Petunjuk Teknis CT/AL/Re-TC/002/98*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Cipta Karya.
- [17] Departemen Pekerjaan Umum. 1999. *Tata Cara Pengoperasian IPLT Sistem Kolam, Petunjuk Teknis CT/AL/Re-TC/003/98*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Cipta Karya.
- [18] Ekawati, Dian dan Sudarno. 2006. *Analisis Kinerja Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja Kota Magelang*. Jurnal Presipitasi 1 (1): 7-12.
- [19] El-Hamouri, B., Nazih, J., dan Lahjouj, J., 2007. *Subsurface-Horizontal Flow Constructed Wetland for Sewage Treatment under Moroccan Climate Conditions*. Desalination 215: 153-158.
- [20] Environmental Protection Agency (EPA). 1994. *Guide to Septage Treatment and Disposal*. Cincinnati, Ohio: EPA/625/R-94/002.
- [21] Fair, G. M., Geyer, J. C., dan Okun, D. A. 1968. *Water and Wastewater Engineering Volume 2, Water Purification and Wastewater Treatment and Disposal*. New York: John Wiley and Sons, Inc.
- [22] Gray, N.F., 2004. *Biology of Wastewater Treatment, Edisi Kedua*. Imperial College Press.
- [23] Hermana, J. 2008. *Perencanaan Solids Separation Chamber dan Drying Area pada Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja*. Surabaya: Jurusan Teknik Lingkungan ITS.
- [24] Herrera, A. 2006. *Rehabilitation of the imhoff tank Treatment Plant in Las Vegas, Santa Barbara, Honduras, Central America*. Unpublished Tesis, Austin, Teksas: Department of Civil, Architectural, and Environmental Engineering, University of Texas.
- [25] Hosetti, B. dan Forst, S. 2010. *A Review of the Control of Biological Waste Treatment in Stabilization Ponds*. Critical Reviews in Environmental Science and Technology 28 (2): 193-218.
- [26] IUWASH. 2013. *Model Layanan Pengelolaan Lumpur Tinja di Indonesia: Temuan, Rekomendasi, dan Rencana Tindak*. Presentasi pdf. Jakarta: WSP-IUWASH.
- [27] Japan Sewage Works Association. 2013. *Design Standard for Municipal Wastewater Treatment Plants*. Jepang: JSWA
- [28] Kementerian LH. 2003. *Kementerian Lingkungan Hidup*. Jakarta: Kementerian LH.
- [29] Kementerian PU. 2012. *Perencanaan Pengolahan Limbah Setempat*. URL: (<https://sites.google.com/site/lumpurtinja>). Diakses Agustus, 2014.
- [30] Kementerian PU. 2014. *Pendataan Infrastruktur IPLT*. Jakarta: Kementerian PU, Ditjen PPLP.
- [31] Kementerian PU. 2014. *Rancangan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum, Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Pengolahan Air Limbah, Buku 4 Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja*. Jakarta: Kementerian PU.
- [32] Krekeler, T. 2008. *Decentralised Sanitation and Wastewater Treatment, Edisi Kedua*. Jerman: BGR.
- [33] Kusnoputranto, H.. 1997. *Air Limbah dan Ekskreta Manusia*. Jakarta: Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.
- [34] Lee, C.C. 2007. *Handbook of Environmental Engineering Calculations, Edisi Kedua*. New York: McGraw-Hill, Inc.
- [35] Mara, D.D., Alabaster, G.P., Pearson, H.W., dan Mills, S.W. 1992. *Waste Stabilization Ponds: A Design Manual for Eastern Africa*. Leeds: Lagoon Technology International.
- [36] Mara, D.D. dan Pearson, H.W. 1998. *Design Manual for Waste Stabilization Ponds in Mediterranean Countries*. Leeds: Lagoon Technology International.
- [37] Mara, D. 2004. *Domestic Wastewater Treatment in Developing Countries*. USA :Eartscan.
- [38] Metcalf dan Eddy. 1991. *Wastewater Engineering Treatment, Disposal, and Reuse Edisi Ketiga*. New York: McGraw Hill.
- [39] Metcalf dan Eddy. 2014. *Wastewater Engineering Treatment and Resource Recovery Volume 2 Edisi Kelima*. Singapura: McGraw Hill.
- [40] Middlebrooks, E.J., Middlebrooks, C.H., Reynolds, J.H., dkk. 1982. *Wastewater Stabilization Lagoon Design, Performance and Upgrading*. New York: Macmillan Publishing.
- [41] Mikelonis, A.M. 2007. *Chemically Enhanced Primary Treatment of Wastewater in Honduran Imhoff Tank*. Tesis. Massachusetts Institute of Technology.
- [42] Moore, L.W. 2003. *Enhancing The Performance of Oxidation Ditch*. Prosiding Texas Water. Corpus Chris Texas. April 2003.
- [43] Nazarof, W.W. dan Cohen, L.A. 2001. *Environmental Engineering Science*. Sant Clara, USA: Willey.
- [44] Oktarina, D. dan Haki, H. 2013. *Perencanaan Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja Sistem Kolam Kota Palembang (Studi Kasus: IPLT Sukawinatan)*. Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan 1 (1), Desember 2013.
- [45] Oktiawan, W. dan Priyambada, I.B. 2007. *Optimalisasi Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja dengan Pengomposan (Studi Kasus IPLT Semarang)*. Jurnal Presipitasi 3 (2): 53-57.
- [46] Omenka, E. 2010. *Improvement of Decentralised Wastewater Treatment in Asaba, Nigeria*. Tesis. Swedia: Lund University.
- [47] Papadopoulos, A., Parissopoulos, G., Papadopoulos, dan Karteris, A. 2007. *Variation of COD/BOD₅ Ratio at Different Units of a Wastewater Stabilization Pond Pilot Treatment Facility*. Prosiding 7th International Conference Environmental Science. Technology Ermoupolis. September 2007.
- [48] Parr, J. and Horan, N.J. 1994. *Process Selection for Sustainable Wastewater Management in Industrializing Countries*. Tropical Public Health Engineering Research Monograph (2). Leeds: School of Civil Engineering, University of Leeds.
- [49] Pearson, H.W., Mara, D.D., dan Arridge, H. 1995. *The Influence of Pond Geometry and Configuration on Facultative and Maturation Pond Performance and Efficiency*. Water Science and Technology 31 (12): 129-139.
- [50] Pena Varon, M.R. 2004. *Waste Stabilization Ponds for Wastewater Treatment*. Delft, Netherland: IRC, International Water and Sanitation Center.
- [51] Polprasert, C., Rajput, S.V. 1982. *Environmental Sanitation Reviews (Septik Tank and Septik Sistem)*. Bangkok: Environmental Sanitation Center.
- [52] Purwono H., Nugraha, W., dan Oktiawan, W. 2011. *Peningkatan Kinerja Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) Kabupaten Grobogan*.
- [53] Qasim, S. R. 1985. *Wastewater Treatment Plants: Planning, Design, and Operation*. New York: CBS College Publishing.
- [54] Qian Y., Wen, X., dan Huang, X. 2007. *Development and Application of Some Renovated Technologies for Municipal Wastewater Treatment in China*. Environmental Science Engineering, 1 (1): 1-12.
- [55] Sasse, L. 1998. *Decentralised Wastewater Treatment in Developing Countries (DEWATS)*. Jerman: BORDA.
- [56] Silva, S.A. 1982. *On the Treatment of Domestic Sewage in Waste Stabilization Ponds in Northeast Brazil*. PhD Tesis. Dundee : University of Dundee.
- [57] Shuval H.I., Adin A., Fattal B., Rawitz E. and Yekutieli P. 1986. *Wastewater Irrigation in Developing Countries: Health Effects and Technical Solutions*. Technical Paper (51). Washington DC: WorldBank.
- [58] Stalzer, W and von der Emde, W. 1972. *Division of Wastewater Flow*. Water Research 6: 371-373.
- [59] Tare V., Ahammed M., dan Jawed M. 1997. *Biomethanation in domestic and Industrial Waste Treatment – an Indian scenario*. Prosiding 8th IAWQ International Conference. Anaerobic Digestion (2): 255-262.
- [60] Tilley, E., Luethi, C., Morel, A., Zurbrugg, C., dan Schertenleib, R. 2008. *Compendium of Sanitation Systems and Technologies*. Duebendorf and Geneva: Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (EAWAG). URL [Diakses: 12.09.2014 4:31pm].
- [61] Ujang, Z, S. Yaacob, b, and M. A. Kassima. 2001. *Upgrading of waste stabilization pond to baffled reactor for domestic wastewater treatment*.
- [62] U.S EPA. 2000. *Wastewater Technology Fact Sheet: Oxidation Ditch*. Washington DC: Office of Water.
- [63] von Sperling, M. dan Chernicaró, C.A. 2005. *Biological Wastewater Treatment in Warm Climate Regions*. London: IWA Publishing.

- [64] Wardhana, I.W. dan Karunia, W. 2009. *Evaluasi dan Optimalisasi Instalasi Pengolahan Limbah Tinja Kota Pekalongan*. Jurnal Presipitasi 7 (2): 8-16.
- [65] WSP. 2007. *Philippines Sanitation Source Book and Decision Aid*. Presentasi pdf. Washington: WSP
- [66] WSP-EAP. 2012. *Economics of Sanitation Initiative, Poor Sanitation Costs Indonesia OverRp 58 Trillion Per Year. Exchange Organizational Behavior Teaching Journal*. Jakarta : Water and Sanitation Program-East Asia and the Pacific.
- [67] Xia, S.B. dan Liu, J.X. 2004. *An Innovative Integrated Oxidation Ditch with Vertical Circle for Wastewater Treatment*. Journal of Environmental Science 16 (3): 367-370