

Perencanaan Revitalisasi Instalasi Pengolahan Air Lindi (IPL) TPA Gunung Panggung, Kabupaten Tuban

Laili Zahratul Rizqia dan Agus Slamet

Departemen Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

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

Abstrak—Air lindi yang dihasilkan dari timbunan sampah mengandung berbagai pencemar berbahaya. Lindi yang dihasilkan TPA Gunung Panggung Tuban tidak semuanya masuk ke dalam unit instalasi pengolahan lindi (IPL) eksisting. Hal ini menyebabkan tergenangnya lindi yang tidak terolah di sekitar unit IPL yang menyebabkan pencemaran lingkungan. Metode perencanaan debit lindi dihitung menggunakan metode Thronwaite, hasil perhitungan didapatkan debit lindi sebesar 28,3 m³/hari. Kualitas lindi yang belum terolah yaitu nilai TSS (129,4mg/L), BOD₅ (346,7 mg/L), COD (3021 mg/L), sedangkan lindi yang masuk ke IPL didapatkan nilai TSS (125,3 mg/L), BOD₅ (1321 mg/L), COD (8204 mg/L). Hasil perencanaan unit instalasi pengolahan lindi terdiri dari bangunan koagulasi, flokulasi, pengendap, Anaerobik Filter, *Constructed Wetland*. Nilai kualitas efluen IPL rencana parameter BOD, COD, TSS, Total N masing-masing adalah 8 mg/L, 55,2 mg/L, 2 mg/L, 13 mg/L dengan efisiensi penyisihan sebesar 98,8%, 98,9%, 97,9%, 89,5%. Biaya investasi yang dibutuhkan untuk konstruksi unit instalasi pengolahan lindi sebesar Rp 232.516.044.

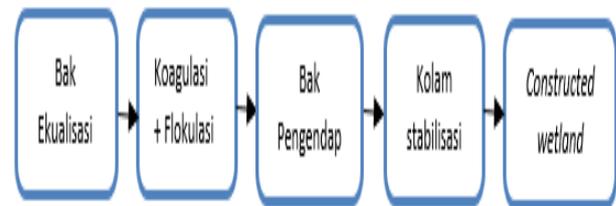
Kata Kunci—Lindi, IPL, TPA, *Constructed Wetland*.

I. PENDAHULUAN

LINDI adalah cairan yang timbul akibat masuknya air lindi ke dalam timbunan sampah, melarutkan dan membilas materi-materi terlarut, termasuk materi organik hasil proses dekomposisi secara biologi. Lindi TPA sebagai salah satu jenis limbah organik yang sangat pekat, mengandung banyak polutan organik dan anorganik, seperti humus (komponen utama), nitrogen amonia, logam berat, garam anorganik, rasio BOD₅/COD yang rendah, konsentrasi TDS yang tinggi, dan memiliki nilai pH sekitar 6 – 7 [1-2]. Kualitas air lindi sendiri dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu timbunan dan komposisi sampah, lama penimbunan sampah, oksigen yang terkandung, iklim dan curah hujan di TPA, serta metode penimbunan [3].

Tempat pemrosesan akhir sampah yang berada di Kabupaten Tuban salah satunya adalah TPA Gunung Panggung yang menjangkau 25 kelurahan/desa di 7 Kecamatan. TPA Gunung Panggung berlokasi di Gedongombo, Kec. Semanding, Kabupaten Tuban. TPA Gunung Panggung masih menggunakan sistem *Controlled Landfill*. Jumlah timbunan sampah terangkut ke TPA kurang lebih 250 m³/hari dengan luas lahan TPA sebesar 3,8 Ha kapasitas 147.000 m³, terdiri dari 6 zona.

Unit Instalasi eksisting saat ini hanya mampu menampung air lindi yang dihasilkan dari 3 zona pertama dengan debit 10 m³/hari. IPL terdiri dari *Anaerobic Baffled Reactor* (ABR), kolam fakultatif, kolam maturasi, *wetland*, dan kolam resapan. Hasil pengolahan unit instalasi eksisting belum memenuhi semua baku mutu parameter yang ditetapkan. Dengan adanya permasalahan tersebut diperlukan bangunan



Gambar 1. Diagram alir alternatif pengolahan 1.



Gambar 2. Diagram alir alternatif pengolahan 2.

unit pengolahan air lindi baru untuk mengolah semua lindi yang dihasilkan oleh dapat memenuhi standar sehingga tidak mencemari lingkungan sekitarnya.

II. URAIAN PENELITIAN

A. Pengumpulan Data

Pengumpulan data yang terdiri dari data primer dan sekunder dilakukan sebagai acuan yang akan digunakan penulis dalam penentuan parameter perencanaan.

1) Data Primer

Data primer yang dibutuhkan dalam perencanaan ini antara lain dengan melakukan observasi lapangan mengenai kondisi eksisting area TPA dan unit Instalasi Pengolahan Lindi TPA, data yang dibutuhkan adalah jumlah debit dan kualitas air lindi yang dihasilkan..

Pengambilan sampel dari 3 titik berbeda yaitu 1 sampel inlet IPL eksisting, 1 sampel outlet IPL eksisting, 1 sampel lindi yang tidak terolah. Analisis laboratorium yang dilakukan yaitu pengukuran kualitas air dengan parameter BOD₅, COD, TSS, Total-N, dan pH.

2) Data Sekunder

Data sekunder yang diperlukan dalam mendukung perencanaan ini antara lain data curah hujan dan suhu, desain IPL eksisting, denah TPA, baku mutu lindi, dan HSPK Kabupaten Tuban.

B. Pengolahan Data

Tahap pengolahan data dilakukan setelah semua data yang dibutuhkan sudah terkumpul.

Tabel 1.
Karakteristik lindi TPA gunung panggung

Keterangan	Satuan	Zona 1,2,3	Zona 4,5,6	Campuran
Debit Lindi	m ³ /hari	10	18,3	28,3
BOD	mg/L	1321	346,7	691,2
COD	mg/L	8204	3021	4853,8
pH	-	8,78	8,78	8,78
TSS	mg/L	32,5	129,4	95,1
Total N	mg/L	102	133	122

Tabel 2.
Hasil IPL rencana TPA gunung panggung

Parameter	Satuan	Outlet	Baku Mutu
BOD	mg/L	8,46	150
COD	mg/L	55,18	300
TSS	mg/L	1,97	100
TN	mg/L	12,76	60
pH	-	8,78	6-9

Metoda yang digunakan pada perhitungan debit lindi yang dihasilkan dari timbunan sampah adalah Metode Thornwaite. Metoda ini memprediksi banyaknya leachate yang timbul pada saat atau setelah pengoperasian suatu landfill dan didasari oleh asumsi bahwa leachate hanya dihasilkan dari curah hujan yang berhasil meresap masuk ke timbunan sampah (perkolasi).

$$Leachate = PERC = P - R/O - AET - \Delta ST$$

Dalam perencanaan ini terdapat 2 pemilihan alternatif untuk mengolah air lindi hingga memenuhi baku mutu yang ditetapkan oleh PerMen LHK No. 59, Tahun 2016. Pemilihan alternatif dengan mempertimbangkan efisiensi penyisihan, kemudahan operasional, serta biaya yang dibutuhkan. Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 2.

III. PEMBAHASAN

A. Perhitungan Debit Lindi

Jumlah lindi yang dihasilkan di TPA dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain kelembaban yang terkandung dalam sampah, air yang dihasilkan dari degradasi dekomposisi sampah yang terjadi di landfill, dan juga percolasi air hujan yang masuk ke dalam timbunan sampah. Perhitungan debit lindi menggunakan metode Thornwaite dipengaruhi oleh intensitas hujan dan suhu, *run-off area*, garis lintang lokasi TPA, *Soil Moisture Storage (ST)*, *Actual Evapotranspiration (AET)*. Nilai perkolasi tertinggi pada 1 bulan dalam setahun dipilih untuk jumlah debit lindi maksimum yang dihasilkan,
 $PERC maks = 78,4mm/bulan$
 $= 2,61 \times 10^{-3} m/hari$

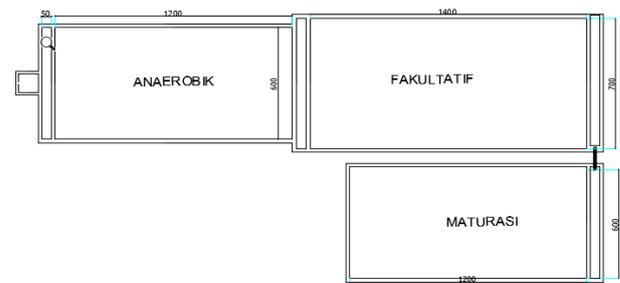
$$Q \text{ Lindi maks} = PERC \times \text{Luas Landfill}$$

Hasil yang didapatkan, jumlah debit lindi yang dihasilkan dari 3 zona pertama terolah di IPL eksisting sebesar 10 m³/hari, dan 3 zona lainnya sebesar 18,3 m³/hari.

B. Kualitas Lindi TPA

Kualitas lindi TPA di dapatkan dari uji sampel pada 3 titik di lokasi pada Tabel 1.

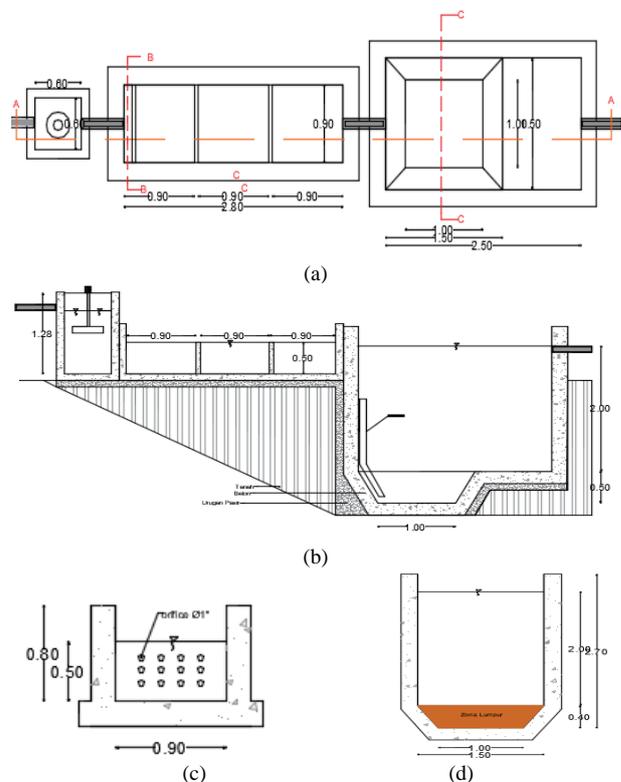
Dari data analisis karakteristik lindi di didapatkan nilai COD terbesar yaitu 4853,8 mg/L dan BOD₅ sebesar 691,2 mg/L yang mana termasuk cukup rendah. Hal ini dapat terjadi



Gambar 3. IPL eksisting TPA gunung panggung.



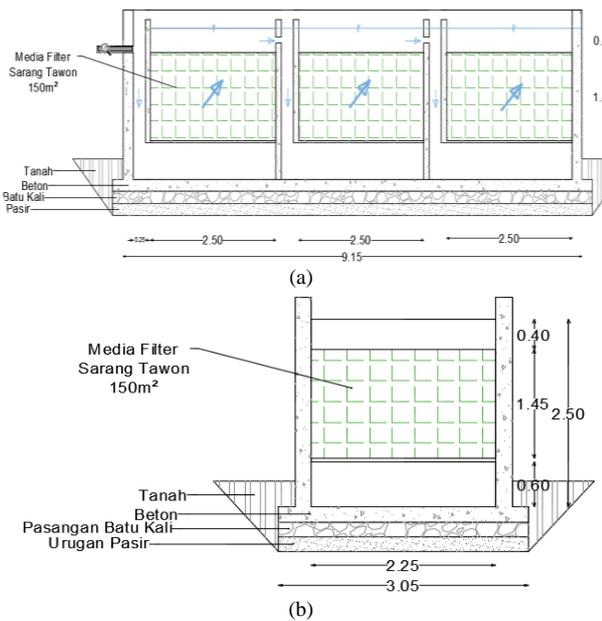
Gambar 4. Diagram alir IPL rencana TPA gunung panggung.



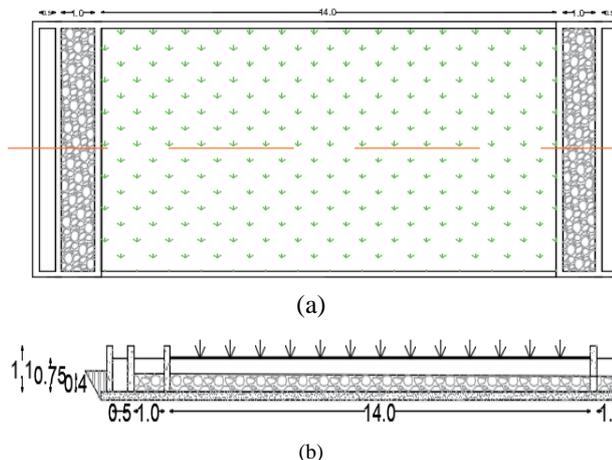
Gambar 5. DED unit koagulasi-flokulasi-sedimentasi.

karena air lindi yang dihasilkan berasal dari zona landfill tua. Landfill tua (>10 tahun) timbunan sampah mengalami fase metanogenetik, yaitu dimana asam lemak volatil (VFA) diubah menjadi biogas (CH₄ dan CO₂). Pada fase ini juga, senyawa refraktori (senyawa yang dapat mempertahankan sifat-sifatnya yang berguna dalam temperatur tinggi dan kondisi yang berat serta kontak dengan bahan korosif) seperti zat humat yang mendominasi di kandungan organik lindi [4].

Rasio BOD/COD sangat kecil yaitu 0,1. Hal ini juga dapat disebabkan oleh kecilnya degradasi secara biologis di landfill ataupun akibat dari iklim di Indonesia, iklim tropis yang menyebabkan peningkatan aktivitas mikrobiologi dan stabilisasi bahan organik menjadi lebih cepat yang mengurangi rasio BOD/COD [5]. Sebagian besar TKN adalah amonia, yang dapat berkisar antara 0,2 hingga 13.000 mg L - 1 N. Rasio BOD/COD menurun dengan cepat seiring



Gambar 6. DED anaerobik filter.



Gambar 7. DED constructed wetland.

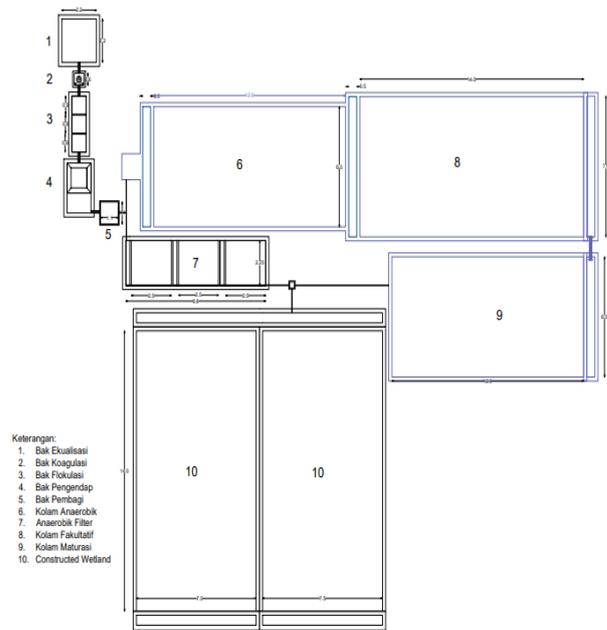
bertambahnya usia penimbunan sampah di landfill dan NH₃-N yang cukup tinggi [6].

Nilai data dari kandungan air lindi memiliki pH 8,78 dan TSS sebesar 129,4 mg/L yang tidak terlalu tinggi, hal ini bisa disebabkan dari proses pengambilan sampel inlet air lindi di genangan (kolam pengumpul) yang kondisi alirannya tenang sehingga memungkinkan terjadinya pengendapan bahan tersuspensi. Nilai pH lindi berada pada kisaran 5,8–8,5, yang disebabkan oleh aktivitas biologis di dalam kolam pengumpul.

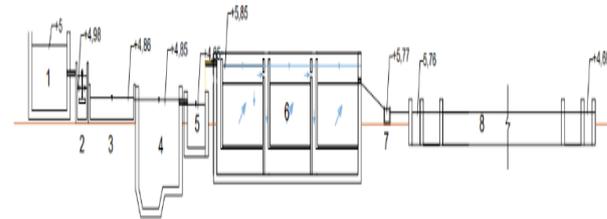
Air lindi yang dihasilkan oleh TPA Gunung Panggung memiliki warna coklat-hitam pekat. Hal ini dapat mengindikasikan kandungan bahan organik alami yang sangat tinggi seperti *Asam Humad*, *Asam Fulvic* dan *Humid* [7].

C. Instalasi Pengolahan Lindi (IPL) Eksisting

Instalasi pengolahan air lindi TPA Gunung Panggung Tuban yang saat ini berfungsi antara lain unit kolam stabilisasi yang terdiri dari *Anaerobic Baffled Reactor* (ABR) ukuran 12 m x 6 m x 4 m, kolam fakultatif ukuran 14 m x 7 m 1,8 m, dan kolam maturasi ukuran 12 m x 6 m x 0,7 m. IPL eksisting mampu mengolah debit air lindi sebesar 10 m³/hari dengan efisiensi removal BOD, COD, TSS, dan Kadmium masing-masing sebesar 96%, 87%, 58%, 75%. Na mun, nilai



Gambar 8. Layout IPL TPA Gunung Panggung Tuban.



- Keterangan:**
1. Bak Ekualisasi
 2. Bak Koagulasi
 3. Bak Flokulasi
 4. Bak Pengendap
 5. Bak Pembagi
 6. Anaerobik Filter
 7. Manhole
 8. Constructed Wetland

Gambar 9. Profil hidrolis IPL TPA Gunung Panggung Tuban.

effluen COD masih belum memenuhi baku mutu sehingga diperlukan pengolahan tambahan. Gambar detail unit IPL eksisting dapat dilihat pada Gambar 3.

D. Alternatif Pengolahan Air Lindi TPA

Pemilihan alternatif instalasi pengolahan lindi TPA dipertimbangkan dari berbagai sudut pandang kelebihan dan kekurangan baik dalam aspek teknis maupun non teknis agar air lindi yang dihasilkan dapat terolah dengan baik, tidak mencemari lingkungan dengan biaya investasi, operasi dan perawatan yang paling minimum. Alternatif terpilih yang akan digunakan dalam perencanaan kali ini dapat dilihat pada Gambar 4.

Penambahan unit baru diperlukan untuk memenuhi baku mutu yang ditetapkan. Bak ekualisasi direncanakan untuk menampung lindi yang dihasilkan sebelum diolah pada bangunan koagulasi- flokulasi. Air lindi yang masuk ke bak ekualisasi adalah jumlah air dari semua zona di TPA, dengan debit toatal 28,3 m³/hari. Waktu detensi selama 6 jam, volume bak ekualisasi yang dibutuhkan sebesar 7,1 m³. Ukuran bak ekualisasi adalah 2,17 m x 2,17 m x 1,5 m.

Selanjutnya, air limbah mengalir ke bak koagulasi-flokulasi. Pemilihan proses pengolahan lindi menggunakan

proses fisik-kimia yaitu koagulasi-flokulasi sebagai pre-treatment. Pemilihan proses ini karena karakteristik lindi yang dihasilkan oleh TPA Gunung Panggung memiliki rasio BOD/COD yang rendah, sehingga proses pengolahan secara biologis tidak efisien. Koagulasi-flokulasi untuk pengolahan lindi TPA, yang bertujuan untuk optimalisasi kinerja, diperlukan pemilihan koagulan yang paling tepat, penentuan kondisi eksperimental, penilaian efek pH dan penyelidikan penambahan flokulan [8].

Koagulasi didefinisikan sebagai proses destabilisasi partikel koloid tersuspensi dengan bantuan bahan kimia yang disebut sebagai koagulan [9]. Proses pencampuran bahan kimia koagulan dilakukan dengan kondisi aliran turbulen atau menggunakan pengadukan cepat mekanik. Kondisi turbulen akan mempermudah proses pencampuran polimer dan air limbah domestik yang akan diolah [10].

Flokulasi adalah proses penggabungan flok-flok kecil dari proses koagulasi menjadi flok besar dengan proses pengadukan lambat sebagai lanjutan dari proses koagulasi. Destabilisasi agregat dari proses koagulasi dilakukan untuk meningkatkan ikatan antar partikel sehingga membentuk partikel dengan ukuran dan massa yang lebih besar dan lebih mudah untuk diendapkan secara gravitasi. Flokulasi dilakukan dalam kecepatan aliran yang rendah menggunakan sistem kanal atau saluran terbuka maupun pengadukan mekanik.

Proses koagulasi-flokulasi dapat digunakan untuk mengolah lindi TPA tua yang stabil [11]. Biasanya, proses koagulasi-flokulasi digunakan sebagai proses pre-treatment sebelum tahap biologis atau reverse osmosis, namun juga dapat digunakan untuk pengolahan akhir dalam menghilangkan bahan organik *non-biodegradable* [4]. Pemilihan dosis koagulan yaitu dengan mempertimbangkan karakteristik lindi, rasio BOD₅/COD yang mana mengindikasikan biodegradability yang rendah, tanpa penyesuaian pH, dan mampu mereduksi BOD. Maka, koagulan yang digunakan adalah *Ferric chloride* (FeCl₃) dengan dosis 10 g/L [10].

Unit koagulasi-flokulasi-sedimentasi direncanakan beroperasi selama 6 jam dalam sehari. Sehingga debit olahan unit ini adalah 4,7 m³/jam. Unit koagulasi dijalankan secara mekanis, dengan waktu tinggal 5 menit sehingga memiliki dimensi 0,6 m x 0,6 m x 1 m. Unit flokulasi secara hidrolis yang terbagi menjadi 3 kompartemen dengan *baffle orifice*. Waktu tinggal rencana adalah 5 menit di setiap kompartemen, sehingga dimensi unit flokulasi adalah 2,7 m x 0,9 m x 0,5 m.

Bak pengendap berfungsi untuk memisahkan padatan tersuspensi dengan cara gravitasi. Proses pengendapan yang didahului dengan proses koagulasi dan flokulasi dapat mengurangi waktu yang dibutuhkan untuk mengendapkan padatan tersuspensi. Bak pengendap diletakkan setelah bangunan koagulasi dan flokulasi bertujuan untuk mengendapkan flok-flok yang terbentuk akibat proses tersebut. Efektivitas proses sedimentasi dalam memisahkan partikel padatan dipengaruhi oleh bilangan Reynold maupun bilangan Froude [10]. Gambar unit koagulasi-flokulasi-sedimentasi dapat dilihat pada Gambar 5.

Bak pembagi digunakan untuk membagi debit dari bak pengendap ke unit IPL eksisting (kolam stabilisasi) dan ke IPL baru (anaerobik filter) dengan pompa. Dimensi bak pembagi adalah 1,1 m x 1,1 m x 1 m.

Anaerobik filter adalah pengolahan air limbah secara anaerobik atau tanpa suplai udara (oksigen) dengan prinsip biofiltrasi menggunakan media filter. Media filter atau penyangga digunakan sebagai tempat tumbuh atau melekatnya mikroba anaerobik untuk menyaring pencemar yang terkandung dalam air. Semakin besar *surface area* filter maka semakin banyak mikroba yang berkembang untuk mengolah air limbah [12].

Anaerobik filter biasa digunakan untuk air limbah dengan persentase suspended solid yang rendah (setelah *primary treatment*) dan rasio BOD/COD kecil, mampu untuk meremoval pencemar secara efisien dengan mempertimbangkan waktu tinggal hidrolik yang cukup singkat [12].

Faktor yang mempengaruhi laju removal pencemar yang terkandung dalam lindi, khususnya COD dalam air antara lain yaitu suhu, *wastewater strength* (kualitas air limbah), *Hidroulic Retention Time* (HRT), dan luas permukaan media filter. Direncanakan waktu tinggal selama 40 jam, suhu dalam anaerobik 28^oC, dengan media filter sarang tawon seluas 150 m²/m³, sehingga menghasilkan efisiensi removal COD sebesar 87% dan removal BOD sebesar 90%. Dimensi unit Anaerobik Filter dengan 3 kompartemen masing-masing 2,5 m x 2,25 m x 2,5 m. Gambar unit anaerobik filter dapat dilihat pada Gambar 6.

Constructed Wetland merupakan sistem yang termasuk pengolahan alami, dimana terjadi aktivitas pengolahan sedimentasi, filtrasi, transfer gas, adsorpsi, pengolahan kimiawi dan biologis, karena aktivitas mikroorganisme dalam tanah dan aktivitas tanaman [13]. Kolam wetland dengan sistem aliran yang rendah dapat berupa biofilter yang dapat meremoval sediment dan polutan seperti logam berat. Wetland memanfaatkan spesies tumbuhan tertentu yang toleran dan merupakan tumbuhan lokal dengan biaya yang minimal. Dalam pengolahan limbah/lindi secara alami terjadi proses diantaranya penyerapan kontaminan oleh tumbuhan (fitoremediasi). Fitoremediasi merupakan teknologi yang menggunakan tanaman untuk membersihkan daerah yang terkontaminasi. Penerapan fitoremediasi dapat diklasifikasikan menjadi proses degradasi, ekstraksi, penahanan atau kombinasi ketiganya [14].

Constructed wetland eksisting perlu direncanakan ulang karena luas permukaannya yang terlalu kecil. Perencanaan wetland kali ini menggabungkan effluent IPL eksisting dengan Effluent IPL baru. Pada perencanaan ini tanaman yang akan digunakan pada constructed wetland adalah *Typha angustifolia* karena tanaman ini mampu menyisihkan pencemar dengan baik, mampu hidup di tanah yang lembab dan mampu menyisihkan logam berat dengan baik [15]. Debit total yang masuk ke unit *constructed wetland* sebesar 28,3 m³/hari. Nilai kandungan pencemar campuran dihitung dengan menggunakan *mass balance* dari kedua effluent.

Dimensi yang dibutuhkan untuk pengolahan air lindi dengan waktu tinggal selama 2 hari adalah 28 m x 7,5 m x 1,45 m. Gambar detail *constructed wetland* dapat dilihat pada Gambar 7.

Hasil dari effluent instalasi pengolahan rencana akan memiliki efisiensi removal BOD, COD, TSS, dan Kadmium masing-masing sebesar 98,8%, 98,9%, 97,9%, 89,5%. Hasil outlet IPL rencana dapat dilihat pada Tabel 2. Dari Tabel 2 dapat diketahui bahwa hasil effluent telah memenuhi baku

mutu yang ditetapkan oleh PerMen LHK No. 59, Tahun 2016 Tentang Baku Lindi TPA. Sehingga air lindi sudah aman dibuang ke lingkungan (Gambar 7).

E. Layout dan Profil Hidrolis IPL TPA

Bangunan unit instalasi pengolahan lindi akan dibangun di lahan yang tersedia di TPA dan berkesinambungan dengan unit IPL eksisting. Gambar rencana layout IPL TPA Gunung Panggung Tuban dapat dilihat pada Gambar 8.

Profil hidrolis merupakan gambaran level muka air yang ada pada bangunan pengolahan lindi. Profil hidrolis ditentukan berdasarkan penurunan level muka air yang diakibatkan dari kehilangan tekanan (*headloss*) pada bangunan pengolahan. Kehilangan tekan terdapat pada perpipaan maupun aksesoris yang didapat di unit pengolahan. Profil hidrolis penting untuk memastikan aliran air pada tiap unit bagian dapat mengalir. Gambar profil hidrolis IPL TPA Gunung Panggung Tuban dapat dilihat pada Gambar 9.

F. Bill of Quantity (BOQ) dan Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Perhitungan volume pekerjaan dan rencana anggaran biaya pada desain IPAL mengacu pada SNI DT-91-xxx-2007 series tentang pekerjaan bangunan dan HSPK Kabupaten Tuban Tahun 2020. Selain menghitung RAB konstruksi dalam desain juga dihitung RAB saat operasi dan perawatan.

BOQ diperlukan untuk mempermudah perhitungan anggaran biaya. Dalam analisis harga satuan ini dihitung masing-masing kebutuhan per satuan (baik luas, panjang, berat, maupun lainnya) sebelum dikalikan dengan total volume masing-masing unit pada rencana anggaran biayanya.

Jumlah rencana anggaran biaya yang dibutuhkan untuk pembangunan unit pengolahan dengan uraian pekerjaan mulai dari penggalian tanah untuk konstruksi, pekerjaan lantai kerja, pekerjaan bekisting lantai, pekerjaan dinding beton bertulang dan pemasangan aksesoris seperti pipa. Anggaran disesuaikan dengan HSPK yang telah ditetapkan.

Adapun rencana anggaran biaya konstruksi IPL yang dibutuhkan berupa 1 unit bak koagulasi, 1 bak flokulasi, 1 bak pengendap, 1 anaerobik filter, 1 constructed wetland sebesar Rp 232.516.044. Nilai RAB tersebut tidak termasuk anggaran penyediaan lahan untuk pembangunan IPL karena pengelola telah menyediakan lahan untuk pembangunan.

Dalam perencanaan kali ini dihitung pula RAB untuk kegiatan operasi dan perawatan. Jumlah rencana anggaran biaya yang dibutuhkan untuk proses pengoperasian IPL per tahunnya sebesar Rp 1.217.160 dan biaya pemeliharaan sebesar Rp 4.100.000.

G. Sistem Kelembagaan TPA Gunung Panggung Tuban

Pengelolaan persampahan di Kota Tuban dilakukan oleh Dinas Lingkungan Hidup dan Dinas Perumahan Rakyat Kawasan Permukiman Kabupaten Tuban. Pada kondisi saat ini, TPA Gunung Panggung memiliki 1 penanggung jawab TPA, 1 operator jembatan timbang, dan 3 pegawai pengolahan kompos.

Dengan adanya penambahan unit IPL baru yang terdiri dari unit koagulasi, flokulasi, sedimentasi, bak pembagi, anaerobik filter, dan *constructed wetland* diperlukan tenaga kerja tambahan. Berdasarkan Permen PU No.3 Tahun 2013 Lampiran IV disebutkan bahwa unit instalasi pengolahan lindi yang berada di kawasan SPA dengan unit koagulasi-

flokulasi-sedimentasi diperlukan 2 orang sebagai personil pengoperasian serta pemeliharaan.

Tugas dan kewajiban dari personil lindi antara lain adalah melakukan pemantauan dari proses terkumpulnya lindi, jumlah debit lindi yang dihasilkan, pipa saluran penyalur air lindi, komtroling kualitas debit lindi pada inlet dan outlet IPL untuk penyesuaian dosis koagulan yang dibutuhkan maupun pemenuhan nilai baku mutu, kontroling volume lumpur yang dihasilkan dan pengurasan lumpur unit IPL.

IV. KESIMPULAN/RINGKASAN

Kesimpulan dari perencanaan pengolahan air lindi di TPA adalah sebagai berikut: (1) Sistem instalasi pengolahan air lindi TPA Gunung Panggung eksisting mampu mengolah air lindi dari zona 1, 2, 3 dengan debit 10 m³/dtk efisiensi penyisihan BOD5 96%, COD 87%, TSS 58%, Total-N 47%. Constructed wetland tidak berfungsi. Namun nilai CODeffluen belum memenuhi baku mutu, sehingga dibutuhkan pengolahan lanjutan. (2) Perencanaan unit IPL baru untuk mengolah semua lindi yang di hasilkan dengan debit campuran yaitu 28,3 m³/dtk. Unit instalasi pengolahan lindi direncanakan terdiri dari 1 unit bak ekualisasi dengan ukuran 2,17 m; 2,17 m; 1,5m, 1 unit bangunan koagulasi 0,6 m; 0,6 m; 1 m, 1 unit bak pelarut koagulan ukuran 0,8 m; 0,8 m; 1 m, bangunan flokulasi dengan 3 kompartemen ukuran 2,7 m; 0,9 m; 0,5 m, bak pengendap ukuran 2,5 m; 1,5 m; 2 m, bak pembagi ukuran 1,1 m; 1,1 m; 1m. Anaerobik Filter 8,75 m; 2,25 m; 2,5m, Constructed Wetland 28 m; 7,5 m; 1,45 m dengan efisiensi removal BOD, COD, TSS, Total N masing-masing adalah 98.8%, 98.9%, 97,9%, 89,5%. mampu memenuhi baku mutu yang ditetapkan. Rencana Anggaran Biaya bangunan IPL sebesar Rp 232.516.044. RAB pengoperasian dan perawatan sebesar Rp 5.317.160.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. A. Aziz and S. F. Ramli, "Recent development in sanitary landfilling and landfill leachate treatment in Malaysia," *Int. J. Environ. Eng.*, vol. 9, no. 3-4, pp. 201-229, 2018.
- [2] C. Wu, W. Chen, Z. Gu, and Q. Li, "A review of the characteristics of Fenton and ozonation systems in landfill leachate treatment," *Sci. Total Environ.*, p. 66, 2020, doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143131>.
- [3] F. Moradian, B. Ramavandi, N. Jaafarzadeh, and E. Kouhgard, "Effective treatment of high-salinity landfill leachate using ultraviolet/ultrasonication/peroxymonosulfate system," *Waste Manag.*, vol. 118, pp. 591-599, 2020, doi: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.09.018>.
- [4] S. Renou, J. G. Givaudan, S. Poulain, F. Dirassouyan, and P. Moulin, "Landfill leachate treatment: Review and opportunity," *J. Hazard. Mater.*, vol. 150, pp. 468-493, 2008.
- [5] Y. A. R. Lebron *et al.*, "A survey on experiences in leachate treatment: Common practices, differences worldwide and future perspectives," *J. Environ. Manage.*, vol. 288, p. 112475, 2021.
- [6] E. S. Chian and F. B. DeWalle, "Sanitary landfill leachates and their treatment," *J. Environ. Eng. Div.*, vol. 102, no. 2, pp. 411-431, 1976.
- [7] A. Zularisam, A. Ismail, and R. Salim, "Behaviours of natural organic matter in membrane filtration for surface water treatment," *Desalination*, vol. 194, no. 1-3, pp. 211-231, 2006.
- [8] R. S. Sletten, M. M. Benjamin, H. J.J., and J. F. Ferguson, "Physical-chemical treatment of landfill leachate for metals removal," *Water Res.*, vol. 29, pp. 2376-2386, 1995.
- [9] Kementerian Pekerjaan Umum, "Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 3/PRT/M/2013 Tentang Penyelenggaraan Prasarana dan Sarana Persampahan dalam Penanganan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga." Kementerian Pekerjaan Umum, Jakarta, 2013.
- [10] Asmadi and Suharno, *Dasar-Dasar Teknologi Pengolahan Air Limbah*,

- 1st ed. Yogyakarta: Gosyen Publishing, 2012.
- [11] I. Monje-Ramirez and M. O. De Velasquez, "Removal and transformation of recalcitrant organic matter from stabilized saline landfill leachates by coagulation–ozonation coupling processes," *Water Res.*, vol. 38, no. 9, pp. 2359–2367, 2004.
- [12] M. Hadiwidodo and W. Oktiawan, "Pengolahan air lindi dengan proses kombinasi biofilter anaerob-aerob dan wetland.," *J. Presipitasi Media Komun. dan Pengemb. Tek. Lingkung.*, vol. 9, no. 2, pp. 84–95, 2012.
- [13] Metcalf and Eddy, *Wastewater Engineering Treatment and Reuse*, 1st ed. New York: Mc Graw Hill Company, 2003.
- [14] E. Sarwono, W. A. Azis, and B. N. Widarti, "Pengaruh variasi waktu tinggal terhadap kadar bod, cod, dan tss pada pengolahan lindi tpa bukit pinang samarinda menggunakan sistem aerasi bertingkat dan sedimentasi," *J. Environ. Technol.*, vol. 1, no. 2, 2017.
- [15] S. Usman and I. Santosa, "Pengolahan air limbah sampah (lindi) dari tempat Pembuangan Akhir Sampah (TPA) menggunakan metoda constructed wetland," 2016, vol. 5, no. 2.