

# Perancangan Instalasi Pengolahan Lindi Dengan Proses Kombinasi Kolam Anaerobik, Fakultatif, dan Maturasi di TPA Sumompo

Syahrul Al – Qadar Haumahu<sup>#1</sup>, Herawaty Riogilang<sup>#2</sup>, Isri R. Mangangka<sup>#3</sup>

<sup>#</sup>Program Studi Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi

Jl. Kampus UNSRAT Kelurahan Bahu, Manado, Indonesia, 95115

<sup>1</sup>syahrulalqadar@gmail.com; <sup>2</sup>hera28115@gmail.com; <sup>3</sup>isri.mangangka@unsrat.ac.id

## Abstrak

Air lindi merupakan cairan yang timbul melalui tumpukan sampah yang mengandung material terlarut maupun tersuspensi. Pengolahan lindi di TPA Sumompo tidak mengolah lindi yang dihasilkan secara maksimal yang disebabkan dari timbunan sampah yang telah memenuhi instalasi pengolahan lindi hingga pipa yang mengalirkan lindi telah tertimbun sampah. Dampak dari hal tersebut membuat instalasi pengolahan lindi tidak lagi berfungsi secara maksimal. Sistem TPA open dumping memerlukan unit pengolahan lindi terbaru untuk menampung dan mengolah lindi yang dihasilkan TPA Sumompo agar memiliki baku mutu dibawah standar untuk dilepas ke badan air.

Debit lindi dihitung menggunakan metode neraca air Thornthwaite-Matter. Unit-unit proses yang digunakan dipilih berdasarkan kualitas lindi yang ada di Indonesia. Instalasi pengolahan yang dipilih untuk pengolahan lindi adalah kolam anaerobik, fakultatif, dan maturasi. Dasar perhitungan dimensi dan efektivitas tiap unit pengolahan lindi menggunakan nilai parameter BOD pada kolam inlet TPA Sumompo. Lokasi pengambilan sampel lindi dilakukan pada inlet dan outlet kolam IPL dengan metode grab sampling untuk diperiksa nilai parameter BOD, COD, dan pH. Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 59 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Lindi Bagi Usaha dan atau Kegiatan TPA Sampah, dengan hasil pengolahan lindi dari instalasi yang dipilih adalah BOD = 65 mg/L dan COD = 143,5 mg/L berada dibawah standar baku muku untuk dilepas ke badan air, dengan perhitungan dimensi dari kolam anaerobik, fakultatif dan maturasi didapatkan 4 (empat) kolam anaerobik dengan dimensi 5 m × 4 m × 2 m, 2 (dua) kolam fakultatif dengan dimensi 8 m × 8 m × 2 m dan 2 (dua) kolam maturasi dengan dimensi 9 m × 9 m × 2 m.

**Kata kunci** – TPA, Lindi, BOD, COD, Thorwaite-Matter

## I. PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Sungai Tondano merupakan salah satu sungai yang kota-kota besar di Indonesia. Melihat pengaruh yang ditimbulkan oleh peningkatan jumlah penduduk yang kemudian berbanding lurus dengan kemajuan tingkat perekonomian, maka peningkatan jumlah volume sampah baik secara kuantitatif maupun kualitatif semakin tinggi. Apabila permasalahan ini tidak ditangani dengan baik, maka dapat mempengaruhi kualitas kehidupan masyarakat Indonesia. Salah satu solusi alternatif dalam pengolahan sampah adalah Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Sampah.

Sistem pengolahan TPA di Indonesia beberapa menggunakan sistem pengolahan *Sanitary Landfill* dan *Open Dumping* secara umum yang diharapkan dapat mencegah pencemaran lingkungan disekitar. Secara umum masalah sistem pengolahan *Open Dumping* dapat mempengaruhi proses penyaluran lindi dan adanya tumpukan sampah pada kolam instalasi pengolahan lindi, sehingga proses pengolahan tidak berlangsung. Dampak potensial dari hal tersebut menyebabkan lindi yang dihasilkan berasal dari timbunan sampah mengalir ke sungai atau masuk kedalam tanah tanpa adanya pengolahan terlebih dahulu.

Pengolahan lindi di TPA Sumompo tidak mengolah lindi yang dihasilkan secara maksimal yang disebabkan dari timbunan sampah yang telah memenuhi instalasi pengolahan lindi hingga pipa yang mengalirkan lindi telah tertimbun sampah. Dampak dari hal tersebut membuat instalasi pengolahan lindi tidak lagi berfungsi secara maksimal. Sebagai salah satu solusi pemecahan masalah instalasi pengolahan lindi. Perancangan kembali instalasi pengolahan lindi yang ada pada TPA Sumompo diharapkan mampu mengatasi permasalahan yang terjadi akibat tidak maksimalnya instalasi pengolahan lindi saat ini di TPA Sumompo.

### B. Perumusan Masalah

Belum maksimalnya instalasi pengolahan air lindi yang diakibatkan oleh beberapa faktor, sehingga apabila lindi jatuh langsung ke badan air dapat menjadi sumber pencemar yang tinggi. Oleh karena itu

diperlukan adanya perancangan instalasi pengolahan lindi baru agar dapat mengatasi masalah yang telah terjadi.

**C. Tujuan Penelitian**

Tujuan dari dilakukannya penelitian ini adalah:

1. Mendapatkan desain sistem pengolahan lindi yang dapat mengolah dan menampung lindi di TPA Sumompo
2. Membuat ilustrasi layout instalasi pengolahan lindi.

**D. Manfaat Penelitian**

Manfaat dari dilakukan penelitian ini, yaitu : sebagai contoh bahan referensi bagi para peneliti berikutnya dan juga diharapkan menjadi salah satu informasi bagi instansi terkait yang berwenang untuk melakukan penanggulangan masalah instalasi pengolahan air lindi yang tidak dapat mengolah lindi secara maksimal

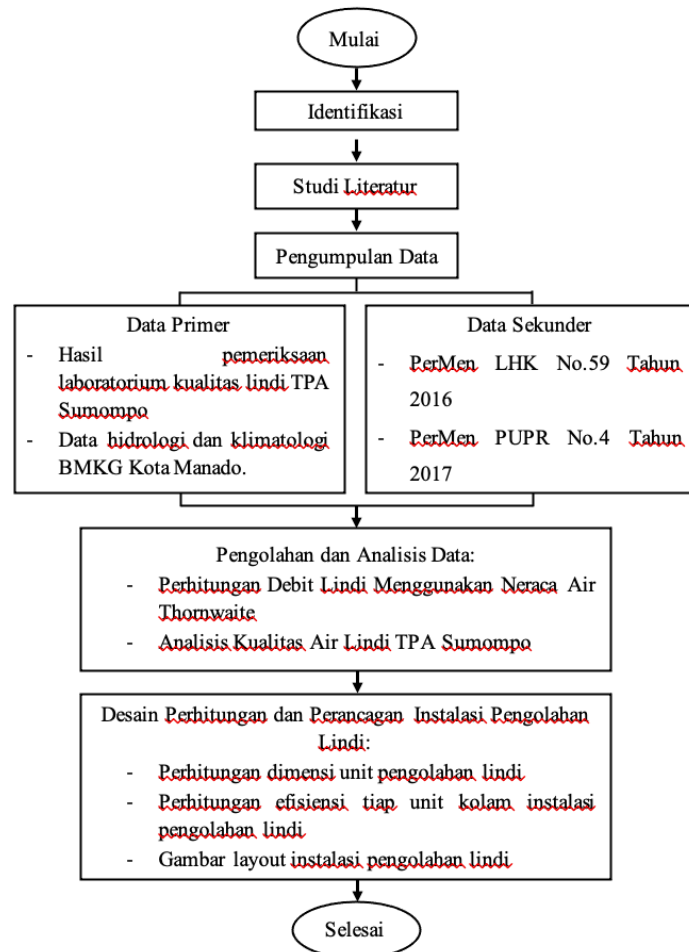
**E. Batasan Masalah**

Dalam melakukan penelitian tugas akhir ini, pembahasan masalah yang akan diteliti dibatasi pada hal-hal sebagai berikut:

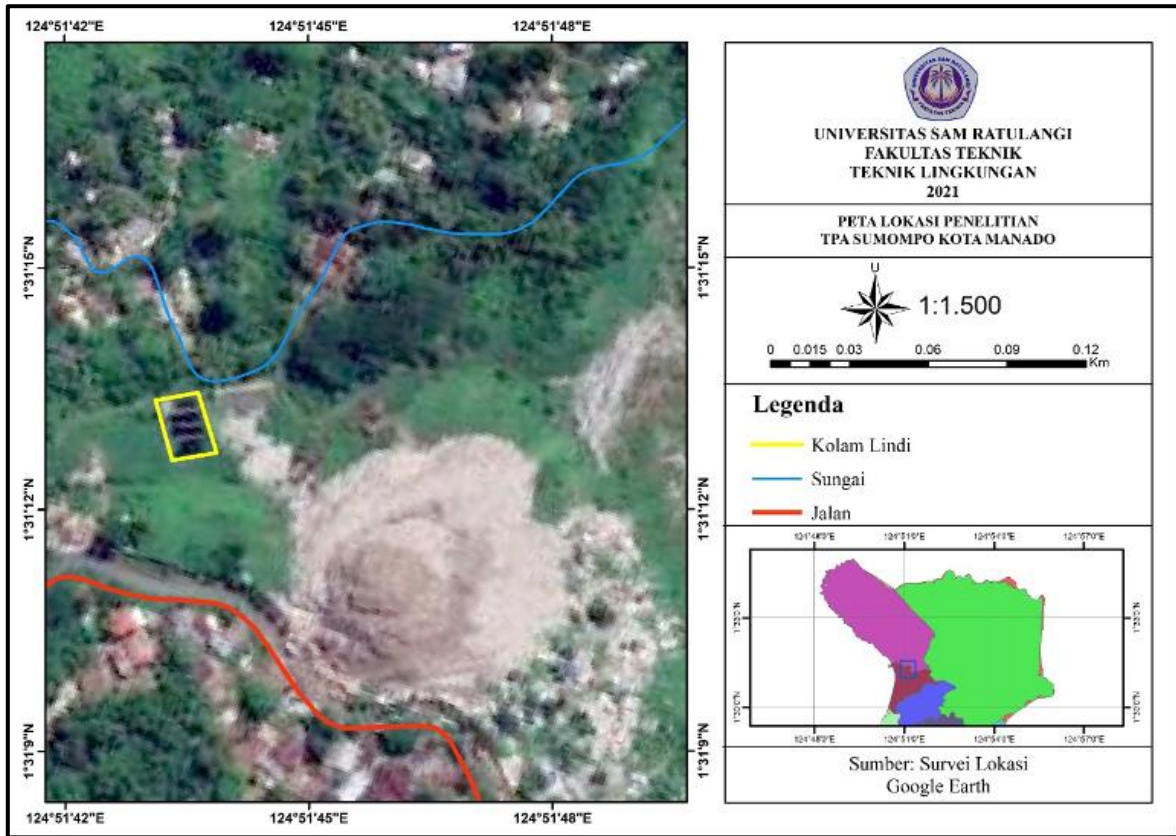
1. Perancangan instalasi pengolahan air lindi menggunakan kombinasi kolam anaerobik, fakultatif, dan maturasi
2. Kualitas air lindi yang digunakan adalah air lindi TPA Sumompo.
3. Lokasi perancangan berada dalam lokasi TPA.
4. RAB instalasi pengolahan lindi tidak ditinjau dalam penelitian ini
5. Parameter pengukuran dibatasi (pH, BOD, dan COD)

**II. METODOLOGI PENELITIAN**

Lokasi penelitian terletak ruang lingkup TPA Sumompo, Kecamatan Tuminting, Kota Manado, Provinsi Sulawesi Utara. (1°31'13.28" LU dan 124°51'43.46" BT). Alur kegiatan mengikuti Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian



Gambar 2. Lokasi Penelitian

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Kondisi Eksisting

Instalasi Pengolahan Lindi (IPL) yang ada di TPA Sumompo berada pada bagian belakang bawah TPA agar memudahkan pengaliran air lindi dari timbunan sampah ke instalasi pengolahan. Untuk instalasi pengolahan lindi memiliki 3 (tiga) kolam instalasi pengolahan, dengan volume tiap kolam adalah 128 m<sup>2</sup>, 50 m<sup>2</sup>, dan 240 m<sup>2</sup>. Untuk kondisi eksisting IPL memiliki alur pengolahan yang baik dimana tiap kolam memiliki posisi/tinggi yang berbeda agar air yang akan diolah mudah menuju dari kolam satu ke kolam lainnya. Akan tetapi, terdapat penumpukan sedimentasi dan sampah pada tiap kolam pengolahan sehingga membuat instalasi pengolahan tidak berfungsi secara maksimal. Dikarenakan TPA Sumompo masih menggunakan sistem pengolahan *open dumping* dan tidak berkalanya maintenance yang dilakukan untuk IPL di TPA Sumompo

#### B. Analisis Debit Lindi TPA Sumompo

Pengukuran debit lindi menggunakan metode Neraca air Thornwaite-Matter. Didalam perencanaan instalasi pengolahan lindi akan digunakan debit dengan nilai tertinggi dari hasil analisis. Rumus analisis metode neraca air yang digunakan adalah:

$$PERC = P - (RO) - (AET) - (\Delta ST)$$

Dimana:

- PERC = Perkolasi, air yang keluar dari sistem menuju lapisan di bawahnya, akhirnya menjadi lindi (*leachate*).
- P = Presipitasi rata-rata bulanan dari data tahunan.
- RO = Limpasan permukaan (*run off*) rata-rata bulanan dihitung dari presipitasi serta koefisien limpasan.
- AET = Aktual evapotranspirasi, menyatakan banyaknya air yang hilang secara nyata dari bulan ke bulan.
- $\Delta ST$  = Perubahan simpanan air dalam tanah dari bulan ke bulan, yang terkait dengan *soil moisture storage*.

Hasil analisis timbulan lindi tertinggi didapatkan pada bulan Januari, yang dapat dilihat pada Gambar 1. Dengan nilai perkolasi harian (mm/hari) dan debit lindi perhari (m<sup>3</sup>/hari) adalah 4,2922 mm/hari dan 43,402 m<sup>3</sup>/hari. Menggunakan rumus :

$$\text{Nilai Perkolasi harian } \left(\frac{\text{mm}}{\text{hari}}\right) = \frac{\text{Perkolasi Tertinggi Bulanan}}{31 \text{ hari}}$$

$$\text{Debit lindi } \left(\frac{\text{m}^3}{\text{hari}}\right) = \frac{\text{Nilai Perkolasi Harian } \left(\frac{\text{mm}}{\text{hari}}\right) \times \text{Luas Landfill (m}^2\text{)}}{1000}$$

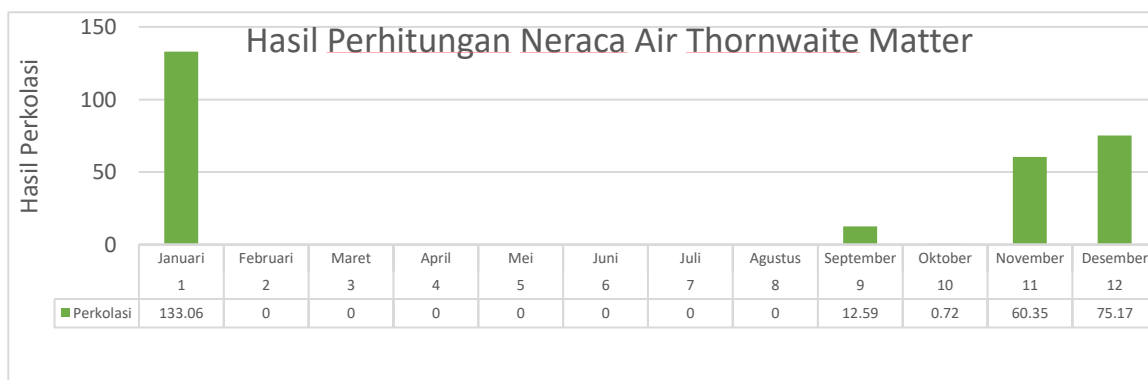
**C. Hasil Analisis Kualitas Lindi**

Hasil analisa lindi dilakukan dengan mengambil data/sampel lindi pada TPA Sumompo dengan metode *Grab Sampling* kemudian dibawa ke laboratorium untuk dilakukan analisa pada parameter yang diperiksa. Adapun laboratorium yang digunakan adalah *Water Laboratory Nusantara (WLN)*.

Pengambilan sampel dilakukan dengan metode *Grab Sampling*, dilakukan pada hari Senin 20 September, Pukul 10.00 WITA. Analisis Kualitas lindi diambil pada 2 (dua) lokasi berbeda, pipa inlet dan outlet IPL TPA Sumompo agar mengetahui efektifitas pengolahan IPL TPA Sumompo sekarang. Hasil analisis kualitas lindi ada pada Tabel 1.



**Gambar 3. Instalasi Pengolahan Lindi TPA Sumompo**  
 Sumber: Hasil Survei Lokasi Instalasi Pengolahan Lindi TPA Sumompo



**Gambar 4. Grafik Hasil Perhitungan Neraca Air Data Tahun 2010-2020**  
 Sumber: Hasil Analisis

TABEL 2  
Hasil Analisis Kualitas Lindi TPA Sumompo

No	Parameter	Satuan	Baku Mutu	Hasil Analisa	Kebutuhan Pengolahan (%)
<b>Inlet Kolam Instalasi Pengolahan Lindi TPA Sumompo</b>					
1	pH	-	6-9	8,40	-
2	COD	mg/L	300	3140	91%
3	BOD	mg/L	150	1420	90%
<b>Outlet Kolam Instalasi Pengolahan Lindi TPA Sumompo</b>					
1	pH	-	6-9	8,57	-
2	COD	mg/L	300	2830	89,5%
3	BOD	mg/L	150	880	85%

Sumber: Hasil Analisis

**D. Perhitungan Detail Dimensi Instalasi pengolahan Lindi**

Berdasarkan hasil perhitungan kuantitas lindi yang dihasilkan pada perhitungan sebelumnya, ditetapkan debit desain untuk perhitungan dimensi instalasi pengolahan lindi sebesar 43,02 mm/hari. Hal tersebut berdasarkan bahwa sumber air lindi adalah air hujan yang mengalami perkolasi pada timbunan sampah di TPA Sumompo. Untuk perhitungan dimensi instalasi pengolahan lindi pada penelitian ini berdasarkan nilai BOD yang akan diolah.

Hasil perhitungan detail dimensi dan efisiensi pengolahan instalasi kolam lindi yang direncanakan ada pada Tabel 1.

**E. Detail Desain Instalasi Pengolahan Lindi**

Detail desain instalasi pengolahan lindi dapat ditentukan dan diasumsikan. Diantaranya umur bangunan, konstruksi IPL, produksi biogas dan produksi lumpur.

**1. Umur Bangunan**

Umur konstruksi bangunan untuk instalasi pengolah lindi diharapkan bertahan selama 20 tahun. Penggunaan material dan bahan konstruksi yang bagus tentu akan menambah umur bangunan, dengan menambahkan biaya investasi. Oleh karena itu, disesuaikan dengan kemampuan biaya investasi. Selain hal tersebut kolam IPL harus dilakukan perawatan/maintenance secara berkala karena mempengaruhi umur kolam.

**2. Konstruksi IPL**

Konstruksi IPL diperkirakan selama 6-8 bulan, tergantung pada kinerja kontraktor dan kondisi cuaca saat konstruksi dilakukan. Lokasi pembangunan kolam IPL yang akan dilakukan berada didaerah bagian belakang dari TPA Sumompo. Untuk hal itu diperlukan pemilihan bahan konstruksi kolam instalasi yang tahan air, beton yang ditambahkan zat aditif untuk mempercepat proses pengeringan. Adapun dalam penelitian ini, perhitungan desain struktur dan RAB tidak masuk kedalamnya. Sehingga diambil dimensi-dimensi struktur secara umum yang telah digunakan pada penelitian sejenis sebelumnya.

**3. Produksi Biogas**

Produksi biogas yang dihasilkan dari proses degradasi anaerobik air lindi dapat diperkirakan dengan data nilai COD dan tingkat degradasinya. Asumsi tingkat degradasi COD pada bak anaerobik diketahui, maka dapat diperkirakan produksi dari biogas pada kolam IPL. Untuk perhitungan ini degradasi COD ditetapkan 70%.

Untuk mengetahui produksi biogas, dibutuhkan nilai Y (*yield coefficient*) dan kd (*decar coefficient*) yang didapatkan dari nilai asumsi. Metcalf & Eddy (2003), menetapkan nilai Y sekitar 0,005-0,10 sedangkan untuk nilai kd berkisar 0,02 - 0,04. Pada perhitungan produksi biogas dipilih nilai yang sering digunakan (*typical*), masing-masing nilainya adalah 0,08 dan 0,03 d<sup>-1</sup>.

Untuk mendapatkan nilai dari gas metan dan produksi biogas dari tiap kolam, harus memiliki nilai dari COD<sub>Tersisih</sub>, COD<sub>Keluar</sub>, Beban COD<sub>Tersisih</sub> dan Beban COD<sub>Keluar</sub>.

$$\begin{aligned}
 \text{COD}_{\text{Tersisih}} &= 70\% \times \text{COD}_{\text{Masuk}} \\
 \text{COD}_{\text{Keluar}} &= 30\% \times \text{COD}_{\text{Masuk}} \\
 \text{Beban COD}_{\text{Tersisih}} &= \text{COD}_{\text{Tersisih}} \times \text{Debit Limbah} \\
 \text{Beban COD}_{\text{Keluar}} &= \text{COD}_{\text{Keluar}} \times \text{Debit Limbah}
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan sebelumnya digunakan dalam rumus VSS (*volatile solids loading*) perhari, dengan rumus berikut:

$$P_x = \frac{Y \times (\text{Beban COD tersisih} - \text{Beban COD keluar})}{1 + (kd) \times T_d}$$

Nilai VSS yang didapatkan dari perhitungan sebelumnya akan digunakan dalam penghitungan volume gas metan/hari sebagai berikut:

$$\text{Volume CH}_4 = (0,40 \text{ m}^3/\text{kg}) \left\{ \left( S_0 \frac{\text{kg}}{\text{hari}} - S \frac{\text{kg}}{\text{hari}} \right) - 1,42 P_x \right\}$$

Menghitung volume biogas yang dihasilkan perhari (diasumsikan metana sebesar 60 % dari biogas) dengan rumus:

$$\text{Produksi Biogas} = \frac{\text{Volume CH}_4}{60\%}$$

Seluruh Hasil perhitungan produksi biogas dari ketiga kolam kolam instalasi pengolahan lindi terlampir pada Tabel 3.

So : Beban COD Masuk  
 S : Beban COD ke Kolam Selanjutnya  
 Y<sub>obs</sub> : Yield biomassa

**4. Produksi Lumpur**

Lumpur yang dihasilkan dari unit pengolahan lindi berasal dari proses penyisihan bahan organik oleh bakteri (penguraian bahan organik). Jumlah lumpur yang dihasilkan dari tahap penguraian bahan organik oleh bakteri dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$P = Q \times Y_{obs} \times (S_o - S) \times \left(\frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}}\right)$$

Keterangan:

Q : Debit Limbah ke Kolam Anaerobik

Nilai *yield biomassa* (Y<sub>obs</sub>) secara umum digunakan 0,5 kg VSS/kg COD. Untuk mengetahui volume lumpur tiap kolam instalasi pengolahan, digunakan nilai berat jenis lumpur yang dihasilkan adalah 1,4 kg/L. Sehingga, rumus volume lumpur adalah:

$$\text{Volume Lumpur} = \frac{\text{Produksi Lumpur}}{1,4 \text{ kg/L}}$$

Untuk hasil produksi lumpur pada tiap kolam perancangan instalasi pengolahan lindi dapat dilihat pada Tabel 4.

**TABEL 2**  
**Hasil Perhitungan Dimensi dan Efisiensi Instalasi Pengolahan Lindi**

Kolam	Volume Kolam	Panjang	Lebar	Tinggi + Freeboard	Waktu Tinggal	COD Keluar (mg/L)	BOD Keluar (mg/L)	Presentase Penyisihan
Anaerobik 1	40 m <sup>3</sup>	5 m	4 m	2 m	1 hari	942	426	70 %
Anaerobik 2	40 m <sup>3</sup>	5 m	4 m	2 m	1 hari			
Anaerobik 3	40 m <sup>3</sup>	5 m	4 m	2 m	1 hari			
Anaerobik 4	40 m <sup>3</sup>	5 m	4 m	2 m	1 hari			
Fakultatif 1	128 m <sup>3</sup>	8 m	8 m	2 m	3 hari	287	130	69,48 %
Fakultatif 2	128 m <sup>3</sup>	8 m	8 m	2 m	3 hari			
Maturasi 1	162 m <sup>3</sup>	9 m	9 m	2 m	3 hari	143,5	65	50 %
Maturasi 2	162m <sup>3</sup>	9 m	9 m	2 m	4 hari			

Sumber: Hasil Analisis

**TABEL 3**  
**Produksi Biogas Instalasi Pengolahan Lindi**

Unit	Debit Masuk	COD Tersisih	COD Keluar	Beban COD Tersisih	BebanCOD Keluar	VSS	Volume CH <sub>4</sub>	Produksi Biogas
	m <sup>3</sup> /hari	kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>	kg/hari	kg/hari	kg/hari	m <sup>3</sup> /hari	m <sup>3</sup> /hari
Inlet	43,402	-	-	-	-	-	-	-
Bak Anaerobik	43,402	2,198	0,942	95,39	40,88	3,3	19,92	33,2
Bak Fakultatif	43,400	0,954	0,2826	41,40	12,26	1,7	10,69	17,81
Bak Maturasi	43,397	0,2009	0,0861	8,71	3,73	0,30	1,8	3

Sumber: Hasil Analisis

**TABEL 4**  
**Produksi Volume Lumpur dari Penyisihan Unit Kolam**

Unit	Debit	COD	COD	COD	Produksi	Berat Jenis	Volume	Volume
	Masuk	Masuk	Keluar	Tersisih	Lumpur	Lumpur	Lumpur	Lumpur
	m <sup>3</sup> /hari	mg/L	mg/L	mg/L	kg/hari	kg/L	L/hari	m <sup>3</sup> /hari
Bak Anaerobik	43,402	3140	942	2198	47,69	1,4	34,06	0,03406
Bak Fakultatif	43,400	942	321	621	14,2	1,4	7,1	0,0071
Bak Maturasi	43,397	297	143,5	143,5	9,3	1,4	6,6	0,0066
Outlet	43,393	143,5	143,5	-	-	1,4	-	-

Sumber: Hasil Analisis

#### IV. KESIMPULAN DAN SARAN

##### A. Kesimpulan

Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 59 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Lindi Bagi Usaha dan atau Kegiatan TPA Sampah, dengan hasil pengolahan lindi dari instalasi yang dipilih adalah BOD = 65 mg/L dan COD = 143,5 mg/L berada dibawah standar baku muku untuk dilepas ke badan air. Hasil perhitungan dimensi yang dapat mengolah dan menampung lindi TPA Sumompo, dari kolam anaerobik, fakultatif dan maturasi didapatkan 4 (empat) kolam anaerobik dengan dimensi 5 m × 4 m × 2 m, 2 (dua) kolam fakultatif dengan dimensi 8 m × 8 m × 2 m dan 2 (dua) kolam maturasi dengan dimensi 9 m × 9 m × 2 m.

##### B. Saran

Dapat melengkapi parameter kualitas air lindi yang diuji, untuk memeperhitungkan parameter yang lainnya. Menambah kolam instalasi pengolahan agar air lindi yang dibuang ke badan air memiliki nilai parameter yang lebih rendah. Dapat membuat bangunan penangkap gas metan untuk mengolah metana yang dihasilkan oleh TPA Sumompo, untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi.

#### KUTIPAN

##### A. Buku

- [1] Amien, S. M. (2012). Diseminasi dan Sosialisasi Ketechnikan Bidang PLP: Materi I Bidang Sampah.
- [2] Balai Pelatihan Air Bersih Dan Penyehatan Lingkungan Permukiman. (2000). Modul TOT-Pengembangan dan Pelatihan Modul Sanitasi Lingkungan. Dirjen Cipta Karya Kementerian Pekerjaan Umum. Bekasi.
- [3] Barnes, D, PJ Bliss, BW Gould and HR Valentine (1981). Water and Wastewater Engineering Systems Longman Scientific and Technical, Essex.

- [4] Damanhuri, E. (1996). Teknik Pembuangan Akhir Sampah. Jurnal Teknik Lingkungan. Bandung : Institut Teknologi Bandung.
- [5] Damanhuri, E., Ismaria, R., & Padmi, T. (2006). Pedoman Pengoperasian dan Pemeliharaan Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sistem Controlled Landfill dan Sanitary Landfill. Bandung: Teknik Lingkungan ITB
- [6] Damanhuri, E. (2008). Diktat Landfilling Limbah. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- [7] Damanhuri, E. (2011). Teknologi Pengelolaan Sampah. Bandung : Institut Teknologi Bandung.
- [8] Damanhuri, E. (2016). Pengelolaan Sampah. Teknik Lingkungan Institut Teknologi Bandung (ITB), Bandung.
- [9] Eckenfelder Jr, W. W. (1980). Principles of water quality management.
- [10] Lombard R. (2008). Landfill Gas Management
- [11] Metcalf and Eddy (1979) Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, Reuse, McGraw- Hill, New York, page 553.
- [12] Metcalf and Eddy. (2003). "Wastewater Engineering Treatment and Reuse" 4<sup>th</sup> edition, McGraw Hill International Engineering, Singapore.
- [13] Tchobanoglous, G., Theisen, H., & Vigil, S. (1993). Integrated solid waste management. McGra-Hill, NewYork. HA Abu-Qdais et al.
- [14] Tilley, E., Luethi, C., Morel, A., Zurbrugg, C., dan Schertenleib, R. (2008). Compendium of Sanitation Sitem and Technologies. Duebendorf and Geneva: Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (EAWAG).
- [15] Vesilind, P. A. Warrel, W. Reinhart, D. R. (2002). Solid Waste Engineering. New York : McGraw Hill.

##### B. Jurnal

- [16] Oroh, Ficky. Tiny Mananoma, Hanny Tangkudung. 2019. Evaluasi Kapasitas Penampang Terhadap Debit Banjir Sungai Tondano Di Jembatan Ringroad. Jurnal Sipil Statik Vol.7 No.9 September 2019 (1159-1168) ISSN: 2337-6732,
- [17] Adam, A. I., Mangangka, I. R., & Riogilang, H. (2021). Optimalisasi Sistem Pengangkutan Sampah Di Kecamatan Mapanget Kota Manado. TEKNO, 19(78).
- [18] Dengo, V. A., Mangangka, I., & Legrans, R. (2020). Perencanaan Anaerobic Baffled Reactor (ABR) Sebagai Unit Pengolahan Air Limbah Peternakan Babi Di Desa Rambunan Kecamatan Sonder Kabupaten Minahasa. JURNAL SIPIL STATIK, 8(4).
- [19] Friadi, Yendi, Marsudi dan Winardi Yusuf. (2015). Desain Instalasi Pengolahan Leachate (IPL) Di TPA Entikong Kabupaten Sanggau. Jurnal Teknik. Pontianak: Universitas Tanjung Pura.
- [20] Hadiwidodo, M., & Oktiawan, W. (2012). Pengolahan air lindi dengan proses kombinasi biofilter anaerob-aerob dan

- wetland. Jurnal Presipitasi: Media Komunikasi Dan Pengembangan Teknik Lingkungan, 9(2), 84-95.
- [21] Hardiyanti, N. Haryono, S. (2009). Evaluasi Instalasi Pengolahan Lindi Tempat Pembuangan Akhir Putri Cempo Kota Surakarta. Semarang : Universitas Diponegoro.
- [22] Huseini, R. M., Nur Arifah, dan Wiwit, A. P. (2018). Pengaruh Hidrotermal Sekam Padi Terhadap Produksi Biometana Pada AGS-SBR. Jurnal Konver, Vol.7 No.2.
- [23] Kurniasari, O., Damanhuri, E., Padi, T., & Kardena, E. (2014). Tanah Penutup Landfill menggunakan Sampah Lama Sebagai Media Oksidasi Metana Untuk Mengurangi Emisi Gas Metana. Bumi Lestari, 14(1), 46-52.
- [24] Lawa, J. I., Mangangka, I. R., & Riogilang, H. (2021). Perencanaan Tempat Pengolahan Sampah (TPS) 3R Di Kecamatan Mapanget Kota Manado. TEKNO, 19(78)
- [25] Lumunon, E. I., Riogilang, H., & Supit, C. J. (2021). Evaluasi Kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah Komunal Kinjar Di Kota Tondano. TEKNO, 19(77).
- [26] Raharjo, Ismaidi, Suprpto, dan Iskandar Zulkarnain. (2013). Perencanaan Kolam Stabilisasi Untuk Penanganan Air Lindi (Leachate) Pada Calon Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Kabupaten Mesuji. Jurnal Ilmiah Teknik Pertanian, Vol.V. Lampung: Politeknik Negeri Lampung
- [27] Riogilang, H. (2021). Model Peningkatan Partisipasi Masyarakat dan Penguatan Sinergi Dalam Pengelolaan Sampah Perkotaan di Kelurahan Sumompo Kecamatan Tuminting Kota Manado. MEDIA MATRASAIN, 17(1), 5-8.
- [28] Saleh, C. (2012). Studi Perencanaan Instalasi Pengolahan Limbah Lindi Sebagai Kontrol Pemenuhan Baku Mutu Sesuai KEPMEN 03/91 (Studi Kasus Pada TPA Supit Urang). Media Teknik Sipil, Vol. X, 2012. Malang: Universitas Muhammadiyah Malang
- [29] Wildan, M.H.W., Wiharyanto, O., dan Mochtar, H., (2017). Perencanaan Detail Engineering Design (DED) Instalasi Pengolahan Lindi (IPL) Pengembangan Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Sukuharjo Kabupaten Pati. Jurnal Teknik Lingkungan, Vol 6, No.3.

### C. Skripsi

- [30] Sembiring, S. (2018). Perancangan Instalasi Pengolahan Lindi (IPL) Pada Tempat Pemrosesa Akhir (TPA) Terjun Kecamatan Medan Marelan Kota Medan. Skripsi S1 Teknik Lingkungan Universitas Sumatera Utara.
- [31] Dhiniyah, L, L. Wuharyanto, O. Ganjar, S. 2011. Desain Penyaluran dan Pengolahan Lindi TPA Mojorejo Kecamatan Bendosari Kabupaten Sukoharjo. Skripsi S1 Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.