



Evaluasi Sistem Pengolahan Air Lindi Di TPA Taratara Kota Tomohon

Arnaldo Tukusan^{#a}, Cindy J. Supit^{#b}, Pingkan A. K. Pratas^{#c}

[#]Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia
^aarnaldootukusan@gmail.com, ^bcindyjeanesupit@unsrat.ac.id, ^cpingkanpratas@unsrat.ac.id

Abstrak

Melalui observasi secara langsung dilapangan diketahui terjadinya penumpukan sampah pada bak penampung air lindi yang disebabkan oleh tergerusnya sampah dari tumpukan karena hujan sehingga menyebabkan melimpahnya air lindi. Tujuan penelitian adalah untuk mengevaluasi sistem pengolahan air lindi pada TPA Taratara. Analisis data dilakukan dengan pengambilan sampel air lindi lalu dibawa ke laboratorium BARISTAND dan BTKLPP Manado untuk dianalisis kualitas nya, guna mengetahui berapa nilai pH, serta konsentrasi BOD, COD, dan TDS. Hasil pengujian laboratorium pada outlet sebesar pH 7,5, BOD 18 mg/L, COD 260 mg/L dan TDS 316 mg/L, nilai ini hampir melebihi baku mutu yang diperbolehkan berdasarkan Peraturan Menteri LHK Nomor 59 Tahun 2016 Tentang Baku Mutu Lindi bagi Usaha dan/atau Kegiatan Tempat Pemrosesan Akhir Sampah. Mengevaluasi kondisi instalasi pengolahan air lindi diperlukan sehingga kolam yang direncanakan dapat beroperasi dengan baik, dengan menggunakan metode pengolahan kombinasi antara lain kolam anaerobik, kolam stabilisasi, kolam maturasi dan kolam biofilter sesuai Permen PU Nomor 3 Tahun 2013 Tentang Penyelenggaraan prasarana dan sarana persampahan dalam penanganan sampah rumah tangga dan sampah sejenis sampah rumah tangga, perhitungan debit lindi didasarkan pada perhitungan neraca air metode Thornthwaite-Matter dengan hasil perhitungan perkolasi air tertinggi bulanan pada bulan Agustus sehingga diperoleh debit lindi rencana 15 m³/hari.

Kata kunci: TPA Taratara, air lindi, Instalasi Pengolahan Air Lindi

1. Pendahuluan

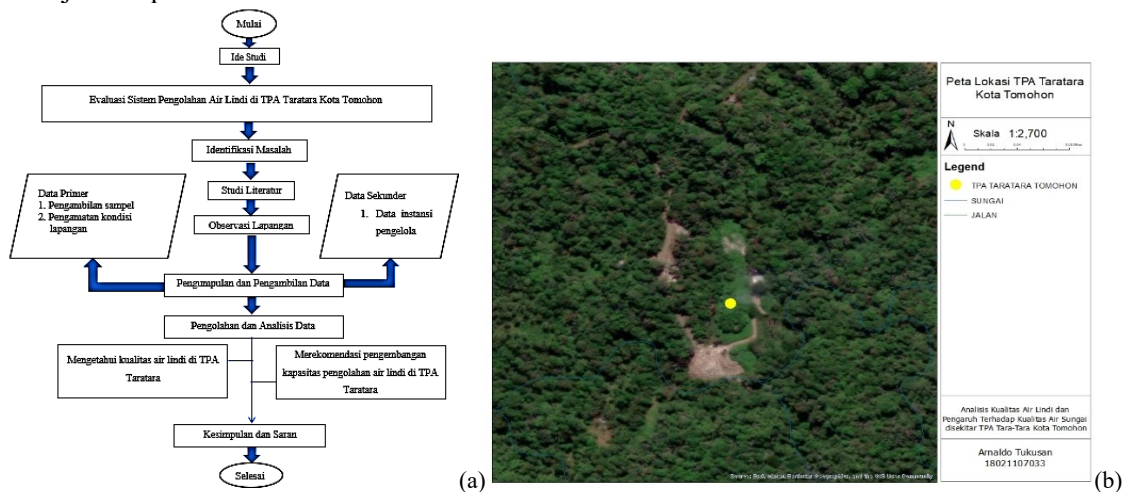
Sampah adalah hasil dari kegiatan manusia yang merupakan salah satu komponen utama yang sangat penting bagi keberlangsungan kehidupan manusia. Sampah merupakan polutan umum yang dapat menyebabkan masalah pada kesehatan, turunnya estetika lingkungan dan lainnya. Adanya peningkatan pertumbuhan penduduk yang tinggi disertai kemajuan tingkat perekonomian, maka akan sangat mempengaruhi peningkatan jumlah volume sampah baik secara kuantitatif maupun kualitatif (Sembiring, 2018).

Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Taratara terletak di Kecamatan Tomohon Barat, Kota Tomohon. TPA ini memiliki lahan yang luas dan masih menggunakan sistem Open Dumping. TPA Taratara mulai beroperasi sejak tahun 2010. Berdasarkan hasil pengamatan yang dilakukan secara langsung di TPA Taratara didapati juga permasalahan dalam TPA ini, mulai dari alat berat yang sudah tidak layak pakai dan kurangnya fasilitas penunjang pekerja yg ada di TPA. TPA Taratara diperkirakan masih akan digunakan kurang lebih 10 tahun ke depan. TPA Taratara menampung sampah dari 5 kecamatan yang ada di Kota Tomohon dengan jumlah yang masuk sekitar 15 ton per hari. TPA Taratara memiliki fasilitas pengolahan air lindi yang berupa kolam-kolam untuk menampung dan mengolah air lindi. Sistem pengolahan air lindi di TPA Taratara masih belum dapat berjalan dengan optimal kadang banyak sampah yang masuk ke dalam kolam lindi, dan juga kurangnya perawatan di kolam lindi sehingga ada kolam lindi yang sudah tertutup dengan lumut.

Berdasarkan rumusan masalah di atas, penelitian ini bertujuan untuk Evaluasi Sistem Pengolahan Air Lindi di TPA Taratara Kota Tomohon sebagai salah satu cara untuk mengetahui kondisi sistem pengolahan air lindi di TPA Taratara Kota Tomohon.

2. Metode

Metode pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian yaitu data primer meliputi pengambilan sampel, pengamatan fisik secara langsung ke lokasi penelitian dan wawancara kepada pekerja TPA untuk mencari informasi terkait TPA Taratara. Adapun data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini data dari instansi pengelola. Dalam penelitian ini diperlukan adanya ketersediaan data yang menunjang agar dapat dilakukan pengujian parameter air lindi dan membandingkan hasil perbandingan dan baku mutu. Parameter-parameter yang biasa digunakan dalam menentukan baku mutu kualitas lindi yang aman dibuang ke badan air atau lingkungan sesuai PerMen LHK No.59 Tahun 2016 tentang baku mutu kualitas lindi dan atau tempat pemrosesan akhir sampah. Pengambilan data curah hujan di instansi terkait untuk menghitung debit lindi rencana. data sampel air lindi dari 4 titik per parameter yang di uji pada laboratorium balai riset dan standardisasi industri (BARISTAND) Manado dan Balai Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian Penyakit Kelas I (BTKLPP) Manado akan di analisis menggunakan parameter berdasarkan PERMEN LHK-RI No.59 Tahun 2016 Tentang Baku Mutu Lindi Bagi Usaha Dan/Atau Kegiatan Tempat Pemrosesan Akhir Sampah, dengan parameter diantaranya yaitu pH, BOD, COD dan TDS. Kemudian dilakukan analisis terhadap kondisi *eksisting* kondisi TPA Taratara Tomohon dengan menghitung timbulan sampah dengan jumlah penduduk yang diambil dari hasil proyeksi penduduk untuk mengetahui jumlah sampah yang masuk ke tpa, kemudian menghitung debit lindi dengan data jumlah sampah yang masuk ke TPA dan data curah hujan menggunakan metode Thornthwaite-Matter. Setelah itu, dilakukan rekomendasi pengembangan kolam lindi TPA Taratara menggunakan standar Permen PU No. 3 Tahun 2013 tentang Penyelenggaraan Prasarana dan Sarana Persampahan Dalam Penanganan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga. Dalam menghitung debit lindi menggunakan metode Thornthwaite-Matter untuk menghitung nilai perkolasi air sehingga dapat menentukan debit dan volume kolam lindi rencana. Diagram alir dan lokasi penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. (a) Bagan Alir Penelitian; (b) Lokasi Penelitian

3. Kajian Literatur

Air lindi dapat didefinisikan sebagai cairan yang timbul dari dekomposisi biologis sampah yang telah membusuk yang mengalami pelarutan akibat masuknya air eksternal ke dalam timbunan sampah. Air lindi disebabkan oleh terjadinya presipitasi cairan ke TPA, baik dari resapan air hujan maupun kandungan air pada sampah itu sendiri. Lindi bersifat toksik karena adanya zat pengotor dalam timbunan yang mungkin berasal dari buangan limbah industri, debu, lumpur hasil pengolahan limbah, limbah rumah tangga yang berbahaya, atau dari dekomposisi yang normal terjadi pada sampah. Apabila tidak segera diatasi, landfill yang dipenuhi air lindi

dapat mencemari lingkungan, terutama air tanah dan air permukaan (Tchobanoglous, 1993).

Air lindi pada umumnya mengandung senyawa-senyawa organik dan anorganik. Konsentrasi dari komponen-komponen tersebut dalam air lindi lebih tinggi daripada konsentrasi dalam air tanah. Selayaknya benda cair, air lindi ini akan mengalir ke tempat yang lebih rendah dan dapat merembes ke dalam tanah serta bercampur dengan air tanah, ataupun mengalir di permukaan tanah, dan bermuara pada aliran air sungai. Sehingga dapat dibayangkan potensi air lindi yang mengandung senyawa-senyawa organik (hidrokarbon) dan anorganik (logam berat) dengan konsentrasi sekitar lebih tinggi daripada dalam air tanah, masuk dan mencemari air tanah atau air sungai. Secara langsung, air tanah atau air sungai tersebut akan tercemar. Sehingga manfaat kedua jenis air tersebut mengalami pergeseran. Air yang awalnya bisa digunakan untuk keperluan rumah tangga, akhirnya hanya bisa digunakan untuk pertanian bahkan hanya sebagai penggerak tenaga listrik (Maramis, 2008 dalam Himmah et al, 2009).

4. Hasil dan Pembahasan

TPA Taratara terletak di Kecamatan Tomohon Barat, Kota Tomohon. TPA ini memiliki lahan yang luas dan masih menggunakan sistem Open Dumping. TPA Taratara mulai beroperasi sejak tahun 2010. menampung sampah dari 5 kecamatan yang ada di Kota Tomohon dengan jumlah yang masuk sekitar 15 ton per hari. TPA Taratara memiliki fasilitas pengolahan air lindi yang berupa kolam-kolam untuk menampung dan mengolah air lindi. Kolam lindi yang ada di TPA Taratara berjumlah 4 kolam dan kolam 1 sebagai kolam penampung.

4.1 Hasil Pengujian Air Lindi

Penelitian langsung dilapangan dilakukan dalam mengumpulkan data primer melalui pengambilan sampel air dan pengujian di laboratorium. Sampel yang digunakan untuk pengujian lindi sebanyak 4 titik, titik ini dipilih untuk mengukur tingkat keberhasilan pengolahan lindi pada tiap kolam TPA Taratara. Hasil kualitas lindi diuji pada laboratorium balai riset dan standardisasi industri (BARISTAND) Manado dan Balai Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian Penyakit Kelas I (BTKLPP) Manado, selanjutnya di analisis menggunakan parameter berdasarkan PERMEN LHK-RI No.59 Tahun 2016 Tentang Baku Mutu Lindi Bagi Usaha Dan/Atau Kegiatan Tempat Pemrosesan Akhir Sampah, dengan parameter pengujian yaitu pH, BOD, COD dan TDS. Lindi yang telah mengalami pengolahan pada unit-unit proses yang terdapat dalam kolam pengolahan lindi akan dialirkan ke badan air sebagai tempat pembuangan air hasil olahan. Lindi hasil olahan akan masuk ke kolam indikator hasil pengolahan, kemudian lindi hasil olahan ini akan dialirkan ke badan sungai.

Dalam sistem pengolahan lindi, parameter pada outlet merupakan hal yang paling penting untuk dianalisis. Selain karena hal ini merupakan salah satu ketentuan pembuangan lindi hasil olahan, hal ini juga karena kualitas air olahan pada outlet akan sangat mempengaruhi kondisi badan air penerima. Berdasarkan hasil analisis laboratorium kualitas outlet kolam lindi TPA Taratara adalah seperti yang terdapat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pemeriksaan Parameter Lindi. (Hasil Laboratorium, 2024)

No	Parameter	Hasil Analisis				Baku Mutu	Satuan	Metode Analisis
		Inlet	Kolam					
			1	2	3			
1	pH	7,45	7,93	8,06	7,5	6-9	-	SNI 06-6989.11-2004
2	BOD	48	32	27	18	150	mg/L	SNI 06-6989.72-2004
3	COD	850	425	350	260	300	mg/L	SNI 06-6989.2-2004
4	TDS	2,78	1,37	1,68	316	1000	mg/L	SNI 06-6989.27-2004

4.1.1 Parameter pH

Hasil analisis pH pada IPAL TPA Taratara Kota Tomohon mengindikasikan semua sampel berada pada kisaran normal yakni memiliki nilai 7,45; 7,93; 8,06; & 7,5 karena berdasarkan PERMEN LHK-RI No.59 Tahun 2016 tentang standar baku mutu pH untuk air lindi yaitu berkisar 6-9. Tapi pada titik sampel kolam 2 nilai pH hampir melewati baku mutu yaitu sebesar 8.06 yang hampir bersifat basa. Dari hasil analisis dapat disimpulkan bahwa nilai pH air lindi IPAL TPA Taratara mengalami fluktuatif dari tiap kolam pengolahan lindi. Penurunan dan kenaikan nilai pH air lindi pada IPAL TPA Taratara Kota Tomohon diakibatkan oleh beberapa faktor. Faktor pertama adalah kandungan CO₂ di dalam air, menurut Freeze & Cherry (1979) (dalam Ayu, 2012), konsentrasi CO₂ di dalam air dapat berpengaruh terhadap tingkat keasaman air. CO₂ yang terdapat di tanah akan berikatan dengan air yang kemudian akan membentuk senyawa H₂CO₃ dan membuat air menjadi bersifat asam.

4.1.2 Parameter BOD

Hasil analisis parameter BOD pada air lindi TPA Taratara menunjukkan nilai BOD pada inlet merupakan yang tertinggi yaitu sebesar 48 mg/L. Jika dibandingkan dengan nilai baku mutu air lindi menurut PERMEN LHK-RI No.59 Tahun 2016, baku mutu lindi bagi usaha dan/atau kegiatan tempat pemrosesan akhir sampah pata titik ini masih berada dibatas normal sesuai dengan baku mutu. Kandungan BOD ini menurun lagi pada kolam 1 yaitu dengan nilai BOD 32 mg/L. lalu menurun lagi pada kolam 2 dan kolam 3 yaitu 27 mg/L dan 18 mg/L.

Kandunagn BOD pada tiap kolam sampel mengindikasikan adanya pengaruh dari proses pengolahan IPAL TPA Taratara, hal ini ditunjukkan dengan terus menurunnya konsentrasinya dari inlet berlanjut ke kolam-kolam pengolahan selanjutnya.

4.1.3 Parameter COD

Hasil analisis parameter COD pada IPAL TPA Taratara Kota Tomohon Nilai COD pada titik inlet sangat tinggi yaitu 850 mg/L. Jika dibandingkan dengan nilai baku mutu air lindi menurut Peraturan Menteri LHK No. 59 tahun 2016, baku mutu lindi bagi usaha dan/atau kegiatan tempat pemrosesan akhir sampah pata inlet telah jauh melebihi baku mutu. Nilai ini terus menurun tetapi masih tinggi saat dititik kolam 1 yaitu dengan nilai COD 425 mg/L. lalu menurun lagi namun masih melebihi baku mutu pada kolam 2 yaitu sebesar 350 mg/L dan turun pada kolam 3 menjadi 260 mg/L. Pada Titik kolam 1 dan Kolam 2 nilai konsentrasi menurun walaupun masih melebihi baku mutu, Hal ini menunjukkan terjadinya degradasi pencemar organik terjadi sehingga nilai BOD dan COD turun. Nilai COD berkolerasi dengan BOD sebab termasuk nilai COD yang menunjukkan nilai organik biodegradable dan non biodegradable. Nilai yang paling tinggi pada kolam inlet kemungkinan disebabkan oleh dekomposisi bahan organik dalam bentuk daun, batang dll, yang banyak mengonsumsi oksigen. (Effendi, 2003) Dan pada Titik kolam 3 telah turun dibawah baku mutu.

4.1.4 Parameter TDS

Hasil analisis parameter TDS pada air lindi IPAL TPA Taratara, nilai TDS pada inlet, kolam 1 dan kolam 2 sangat rendah, yaitu sebesar 2,78 mg/L; 1,37 mg/L; dan 1,68 mg/L jika dibandingkan dengan nilai baku mutu air lindi menurut PerMen LHK No. 5 tahun 2014, baku mutu air limbah pata keseluruhan kolam masih memenuhi baku mutu. Kadar TDS pada air menunjukkan adanya pengaruh oleh pelapukan batuan, limpasan tanah, dan pengaruh limbah domestik dari sekitar.

4.2 Pengembangan Unit Pengolahan Limbah

Pada pengujian kualitas lindi yang dilakukan, terlihat bahwa kualitas air yang berada pada outlet TPA hampir melebihi baku mutu yang ditentukan, Oleh karena itu, diperlukan pengembangan unit pengolahan lindi agar dapat mengurangi kontaminan pada lindi yang dihasilkan TPA sehingga tidak akan mencemari lingkungan disekitarnya. Dalam

mengembangkan unit pengolah lindi, terlebih dahulu perlu diketahui mengenai jumlah timbulan sampah yang dihasilkan di saat ini dan dimasa mendatang dengan cara memproyeksikan jumlah penduduk.

4.2.1 Perhitungan Proyeksi Penduduk

Proyeksi penduduk dilakukan selama 10 tahun kedepan yaitu pada tahun 2030 terhitung mulai pada tahun 2020. Untuk menghitung proyeksi jumlah penduduk di tahun yang akan datang, diperlukan data jumlah penduduk tahun sebelumnya didapat dari BPS Kota Tomohon, yaitu pada Tabel 2.

Tabel 2. Data Penduduk Kota Tomohon (BPS Kota Tomohon, 2024)

Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa)
2011	92.683
2012	93.857
2013	95.157
2014	98.686
2015	100.373
2016	101.981
2017	103.711
2018	105.306
2019	106.917
2020	100.587

Proyeksi penduduk dihitung menggunakan metode eksponensial, geometri, aritmatik dan logaritma. Data penduduk dianalisis kemudian diambil metode dengan nilai koefisien korelasi (r) dan standar deviasi (sd) menggunakan rumus sebagai berikut:

Proyeksi penduduk metode eksponensial

$$= P_n = P_0 \times e^{rn}$$

Proyeksi penduduk metode geometri

$$= P_n = P_0 + (1 + r')^n$$

Proyeksi penduduk metode aritmatik

$$P_n = P_0 + (r \times n) \quad r = \frac{P_0 - P_1}{T - T_1}$$

Proyeksi penduduk metode logaritma

$$P_n = a + b \ln X$$

$$a = \frac{1}{n'} ((\sum Y) - b (\sum \ln X))$$

$$b = \frac{(\sum Y \ln X) - \frac{1}{n'} (\sum \ln X)(\ln Y)}{(\sum \ln X^2) - \frac{1}{n'} (\sum \ln X)^2}$$

Dimana:

P_n = Jumlah penduduk tahun yang akan dihitung

P₀ = Jumlah penduduk tahun terakhir dalam data

r' = Rata-rata persentasi pertumbuhan penduduk dibagi 100

n = Selisih antara tahun yang dihitung dan tahun terakhir dalam data

r = Koefisien korelasi

P₁ = Jumlah penduduk tahun pertama dalam data

T₀ = Tahun terakhir dalam data

e = Bilangan pokok sistem logaritma natural (2.7182818)

a,b = Konstanta

Y = Jumlah penduduk dari data yang tersedia

X = Pertambahan tahun

n' = Jumlah data

Adapun perhitungan nilai r dan Sd tiap-tiap metode adalah sebagai berikut:

Metode eksponensial

$$r = \frac{[n(\sum XY)] - [(\sum X)(\sum Y)]}{\sqrt{[n(\sum X^2) - (\sum X)^2] \times [n(\sum Y^2) - (\sum Y)^2]}}$$

$$Sd = \sqrt{\frac{(\sum Y - Y_n^2)}{n - 2}}$$

Metode geometri

$$r = \frac{[n(\sum X \ln Y)] - [(\sum X)(\sum \ln Y)]}{\sqrt{[n(\sum X^2) - (\sum X)^2] \times [n(\sum \ln Y^2) - (\sum \ln Y)^2]}}$$

$$Sd = \sqrt{\frac{(\sum Y - Y_n^2)}{n - 2}}$$

Metode aritmatik

$$r = \frac{[n(\sum XY)] - [(\sum X)(\sum Y)]}{\sqrt{[n(\sum X^2) - (\sum X)^2] \times [n(\sum Y^2) - (\sum Y)^2]}}$$

$$Sd = \sqrt{\frac{(\sum Y - Y_n^2)}{n - 2}}$$

Dimana:

r = Koefisien korelasi

X = Pertambahan tahun.

n = Jumlah data

Y = Jumlah penduduk dari data yang tersedia.

Sd = Standar deviasi

Y_n = Jumlah penduduk hasil perhitungan proyeksi.

Hasil perhitungan proyeksi penduduk ditunjukkan pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Proyeksi Penduduk (Hasil Analisis 2024)

Tahun	Ekponensial	Geometri	Aritmatika
2011	92.683	92.683	92.683
2012	93.857	93.857	93.857
2013	95.157	95.157	95.157
2014	98.686	98.686	98.686
2015	100.373	100.373	100.373
2016	101.981	101.981	101.981
2017	103.711	103.711	103.711
2018	105.306	105.306	105.306
2019	106.917	106.917	106.917
2020	100.587	100.587	100.587

Dari hasil perhitungan, proyeksi penduduk dengan metode aritmatika memiliki koefisien korelasi yang mendekati 1. Metode yang memenuhi syarat tersebut yaitu metode aritmatika. Selanjutnya metode aritmatika akan digunakan untuk perhitungan proyeksi penduduk selama 10 tahun berikutnya sebagai dasar perencanaan TPA. Hasil proyeksi penduduk yang dipilih dengan menggunakan metode aritmatika seperti ditunjukkan oleh Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Proyeksi Penduduk 10 Tahun (Hasil Analisis 2024)

Tahun	Hasil Proyeksi Penduduk (Jiwa)
2021	101.540
2022	102.493
2023	103.446
2024	104.399
2025	105.353
2026	106.306
2027	107.259
2028	108.212
2029	109.165
2030	110.118

4.2.2 Proyeksi Timbulan Sampah

Perhitungan timbulan sampah dihasilkan dengan cara mengalikan koefisien timbulan sampah, dalam penelitian ini menggunakan 2,5 L/Orang/Hari atau 0,625 Kg/Orang/Hari dikalikan dengan jumlah penduduk hasil proyeksi. Persentase pelayanan mencapai 80% (target RPJMN 2020-2024) dari jumlah penduduk hasil proyeksi dan tingkat reduksi 20% disesuaikan dengan target nasional dari Kementerian PU. Untuk data penduduk tahun 2024 di ambil dari hasil proyeksi penduduk.

$$\begin{aligned}
 \text{Timbulan sampah} &= \text{Jumlah penduduk} \times \text{Koefisien timbulan sampah Kg / Orang / Hari} \\
 &= 104.399 \text{ orang} \times 0,625 \text{ Kg/Orang/Hari} \\
 &= 65.249,67\text{kg/hari}
 \end{aligned}$$

4.2.3 Debit Air Lindi Rencana

Perhitungan air lindi dihitung berdasarkan Metode - Mather, yang merupakan metode yang dapat digunakan jika tidak terdapat data debit. 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.

ΔST = Perubahan simpanan air dalam tanah dari bulan ke bulan, yang terkait dengan soil moisture storage.

Perhitungan neraca air menurut fungsi meteorologis sangat berguna untuk evaluasi ketersediaan air di suatu wilayah terutama untuk mengetahui kapan ada surplus dan defisit air. Neraca air ini umumnya dihitung dengan metoda Thornthwaite Mather. Perhitungan evapotranspirasi dengan metode Thornthwaite cukup sederhana hanya menggunakan data suhu rata-rata bulanan mengacu pada rumus berikut ini:

$$ETp = 1,6 \left(\frac{10t}{I} \right)^a$$

Dimana:

ETp = Evapotranspirasi potensial

- t = Temperature udara rata-rata bulanan
- I = Head index tahunan atau musiman
- a = Koefisien tempat

Rumus yang digunakan untuk menghitung indeks panas tahunan adalah:

$$I = \left(\frac{t}{5}\right)^{1,514}$$

Dimana:

- I = Indeks panas tahunan
- t = Suhu udara rata-rata bulanan

Untuk mengetahui koefisien tempat mengacu pada rumus berikut

$$a = 0,000000675 I^3 - 0,000077 I^2 + 0,01792 I + 0,49239$$

Dimana:

- a = Koefisien tempat
- I = Indeks panas tahunan

Koreksi ETp baku memakai panjang hari (untuk lintang 0 adalah 1 hari = 12,1 jam siang dan jumlah hari perbulan adalah 30 hari), rumus yang digunakan adalah:

$$ETp = \left(\frac{X}{30}\right)\left(\frac{Y}{12,1}\right) ETp \text{ baku}$$

Dimana:

- X = Jumlah hari dalam 1 bulan
- Y = Panjang hari dalam jam

Adapun perhitungan kandungan air tanah (KAT) juga diperlukan dengan mengacu pada rumus berikut

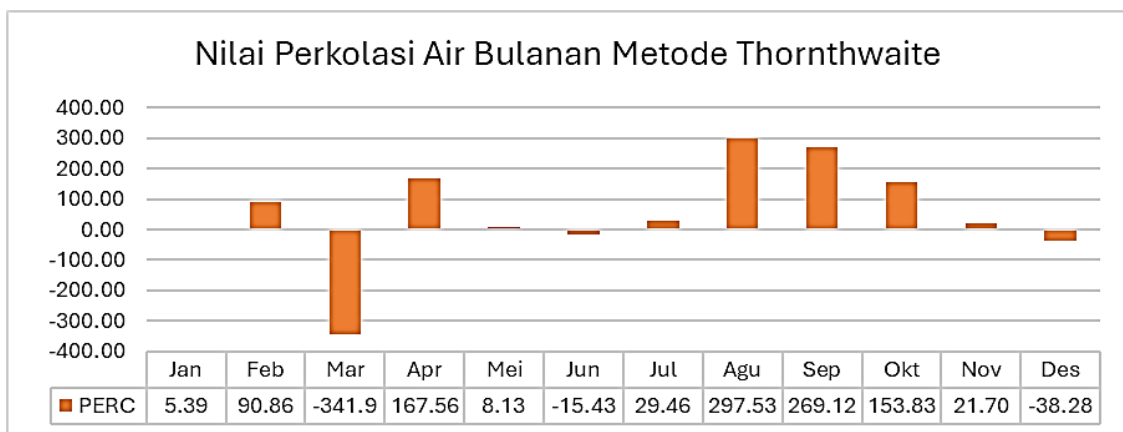
$$KAT = TLP + \left[1,00041 - \left(\frac{1,0738}{AT}\right)^{[APWL]}\right] x AT$$

$$AT = KL - TLP$$

Dimana:

- KAT = Kandungan air tanah
- KL = Kapasitas lapang
- TLP = Titik layu permanen
- AT = Air tersedia
- APWL = Kehilangan air potensial

Sehingga hasil perhitungan perkolasi air terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Neraca air bulanan metode Thornthwaite (Hasil Analisis, 2024)

Pada perkolasi air bulanan metode Thornweite, terlihat hasil perkolasi air tertinggi pada bulan Agustus yaitu 297,53 dan diambil lebih tinggi sehingga diasumsikan menjadi 300, kemudian dilakukan analisis perhitungan debit banjir menggunakan rumus berikut:

$$Debit \text{ lindi (m3/hari)} = \frac{\text{nilai perkolasi harian} \times \text{luas landfill (m2)}}{1000 \times 1000}$$

$$\text{Debit lindi (m3/hari)} = \frac{300 \times 50.000}{1.000 \frac{mm}{m} \times 1.000 \text{ m}^2} = 15$$

Jadi, debit rencana lindi berdasarkan kapasitas luas lahan TPA Tataran Tomohon dan perhitungan neraca air metode Thornweite adalah 15 m3/hari.

4.2.4 Kondisi Eksisting TPA

Hasil timbulan sampah yang dihitung menggunakan data penduduk tahun 2024 yang di ambil dari hasil proyeksi di dapati data jumlah sampah yang masuk ke TPA pada tahun 2024 65.249,67kg/hari, dari data jumlah sampah yang masuk dipakai untuk menghitung debit lindi. Dengan tambahan data curah hujan untuk menghitung debit lindi menggunakan metode Thornwaite dan di dapati debit lindi di TPA Taratara 15 m3/hari.

Volume kolam penampung lindi pada kondisi eksisting pengolahan lindi di TPA Taratara yaitu 192 m3, dengan :

$$\begin{aligned} \text{Panjang (P)} &= 8 \text{ m} \\ \text{Lebar (L)} &= 12 \text{ m} \\ \text{Kedalaman (T)} &= 2 \text{ m} \end{aligned}$$

4.2.5 Perencanaan Unit Pengolah Limbah

Volume penampung kolam lindi rencana adalah penampungan untuk 20 hari waktu tinggal yaitu:

$$\begin{aligned} \text{Volume penampungan} &= \text{debit rencana} \times 20 \text{ hari} \\ &= 15 \text{ m}^3/\text{hari} \times 20 \text{ hari} \\ &= 300 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Kolam penampung lindi yang direncanakan dapat menampung air lindi yang dihasilkan dari 3 fase baru TPA Taratara, kolam penampung sementara lindi ini direncanakan dengan rencana dimensi:

$$\begin{aligned} \text{Panjang (P)} &= 10 \text{ m} \\ \text{Lebar (L)} &= 12 \text{ m} \\ \text{Kedalaman (T)} &= 2,5 \text{ m} \\ \text{Volume desain} &= 300 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Untuk meresirkulasikan air lindi dari unit penampung air lindi ke unit penampung sampah menggunakan Pompa celup (submersible pump) yang diletakkan di dalam unit ini dan dicek secara berkala. Aliran air menggunakan metode gravitasi dikarenakan pada lokasi TPA Taratara berada pada kemiringan yang cukup terjal sehingga tidak diperlukan pompa untuk mengalirkan air menuju kolam pengolahan. Adapun metode yang digunakan dalam pengolahan lindi adalah kombinasi kolam anaerobik, fakultatif, maturasi, dan biofilter sesuai standar yang berlaku dengan detail spesifikasi seperti yang ditunjukkan pada Tabel 5.

Berdasarkan kondisi eksisting volume penampungan sudah tidak mampu menampung jumlah lindi yang masuk per hari, dan juga di lihat dari kondisi eksisting sistem pengolahan air lindi di TPA Taratara Tomohon belum sesuai dengan Permen PU Nomor 3 tahun 2013 sehingga dilakukan rekomendasi pengembangan kapasitas pengolahan air lindi dengan metode pengolahan lindi kombinasi kolam anaerobik, stabilisasi, maturasi, dan biofilter sesuai Permen PU No 3 tahun 2013. Berikut rekomendasi layout bangunan pengolahan lindi sesuai Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia Nomor 03/Prt/M/2013 Tentang Penyelenggaraan Prasarana Dan Sarana Persampahan Dalam Penanganan Sampah Rumah Tangga Dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga seperti ditunjukkan dalam Gambar 3.

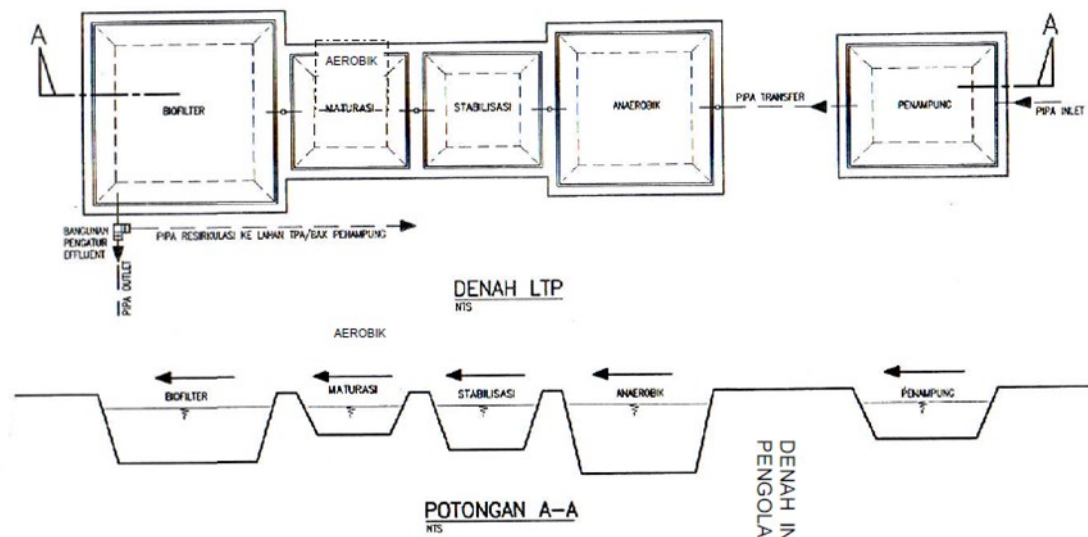
5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengukuran laboratorium terhadap kualitas pengolahan air lindi pada kolam outlet untuk parameter pH, BOD, COD, dan TDS TPA Taratara Tomohon masih sesuai standar yang tertuang dalam PERMEN LHK-RI No.59 Tahun 2016, Tentang Baku Mutu Lindi Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Tempat Pemrosesan Akhir Sampah. Berdasarkan kondisi eksisting kapasitas pengolahan air lindi sudah tidak mampu menampung debit lindi per hari yang masuk

dan juga berdasarkan kondisi eksisting sistem pengolahan air lindi di TPA Taratara belum sesuai dengan standar Permen PUPR No. 3 Tahun 2013 sehingga direkomendasikan pengembangan kapasitas pengolahan air lindi dengan terdapat 4 buah kolam treatment. yaitu kombinasi kolam anaerobik, fakultatif, maturasi, dan biofilter, dengan perhitungan debit lindi didasarkan pada perhitungan neraca air metode Thornthwaite - Matter dengan hasil diperoleh debit lindi rencana 15 m³/hari. Dari hasil debit lindi didapati rekomendasi dimensi volume penampungan 300 m³.

Tabel 5. Spesifikasi IPAL (Hasil Analisis, 2024)

Kriteria	Proses Pengolahan			
	Anaerobik	Stabilisasi	Maturasi	Biofilter
Fungsi	Penyisihan BOD relatif tinggi (> 1000 mg/L), sedimentasi, stabilisasi influen	Penyisihan BOD	Penyisihan mikroorganisme patogen, nutrisi	Menyaring effluent sebelum dibuang ke badan air
Kedalaman (m)	2,5	2	2	2
Panjang x Lebar	10 X 12	10 X 10	10 X 10	15 X 10
Penyisihan BOD (%)	60	75	80	75
Waktu Detensi (hari)	20	10	8	5
Beban Organik (kg/Ha hari)	400	125	15	60
pH	7	7	7	7
Material	Pasangan batu	Pasangan batu	Pasangan batu	Batu, Kerikil, Ijuk, Pasir



Gambar 3. Layout Pengolahan Lindi (Permen PUPR Nomor 3, 2013)

Referensi

- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air bagi Pengelolaan Sumber daya dan Lingkungan Perairan*, Kanisius: Yogyakarta.
- Erlina, Ayu. 2012. *Pengaruh Keberadaan TPA Cipayung Depok terhadap Kualitas Sumber Air Bersih di Wilayah Pemukiman Sekitarnya (Dengan Parameter Besi dan Mangan)*. Skripsi pada FT UI Jakarta: tidak diterbitkan.
- Permen Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. P.59 / Menlhk / Setjen / Kum.1/7 /2015 Tentang Baku Mutu Lindi Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Tempat Pemrosesan Akhir Sampah.
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 3 Tahun 2013 tentang Penyelenggaraan Prasarana dan Sarana Persampahan Dalam Penanganan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga.
- 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.
- Tchobanoglous, G., et al. (1993). *Integrated Solid Waste Management*. McGraw- Hill. New York.