

Analisis Kapasitas Pengolahan Air Lindi Di TPA Aertembaga Kota Bitung

Sinta Agnes Wijaya^{#1}, Hendra Riogilang^{#2}, O. B. A. Sompie^{#3}

[#]Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Sam Ratulangi

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

¹sintaagneswijaya@gmail.com; ²hendrariogilang001@gmail.com; ³bsompie@yahoo.com

Abstrak

TPA Aertembaga terletak di Kota Bitung dan menggunakan sistem operasional Open Dumping. Secara umum masalah sistem pengolahan Open Dumping dapat mempengaruhi proses penyaluran lindi dan adanya tumpukan sampah pada kolam instalasi pengolahan lindi sehingga proses pengolahan dan kapasitas pada tiap kolam tidak maksimal dalam mengolah lindi yang dihasilkan. Penelitian ini bertujuan untuk mengukur kualitas lindi yang dihasilkan menggunakan pengujian parameter kualitas air di laboratorium. Berdasarkan hasil pengukuran laboratorium terhadap kualitas pengolahan air lindi pada kolam outlet TPA Aertembaga Bitung sesuai standar yang tertuang dalam Permen LHK No. P.59/Menlhk/Setjen/Kum.1/7/2015 tentang Baku Mutu Lindi Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Tempat Pemrosesan Akhir Sampah. Pada hasil pengujian laboratorium terlihat kualitas pada parameter BOD, COD, dan N total melebihi baku mutu yang ditetapkan. Adapun pada parameter pH dan TSS memenuhi baku mutu yang ditetapkan. Perhitungan debit lindi didasarkan pada perhitungan neraca air metode Thornweite-Matter dengan hasil perhitungan perkolasi air tertinggi bulanan pada bulan Mei dengan nilai perkolasi air 86,5 sehingga diperoleh debit lindi rencana 27,9 m³/hari. Kolam lindi yang direncanakan menggunakan metode pengolahan kombinasi antara lain kolam anaerobik, stabilisasi, maturasi, dan biofilter sesuai Permen PU No. 3 Tahun 2013 tentang Penyelenggaraan Prasarana dan Sarana Persampahan Dalam Penanganan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga.

Kata kunci – TPA Aertembaga, lindi, pengolahan kombinasi

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Sampah adalah hasil dari kegiatan manusia merupakan salah satu komponen utama yang sangat penting bagi keberlangsungan kehidupan manusia.

Indonesia merupakan salah satu negara berkembang yang saat ini sedang fokus pada pengelolaan sampah di berbagai sektor, salah satunya dengan memaksimalkan pengelolaan di TPA. Berdasarkan SNI 03-3241-1994, tempat pembuangan akhir (TPA) sampah merupakan sarana untuk kegiatan pembuangan akhir sampah.

Sistem pengolahan TPA di Indonesia menggunakan sistem pengolahan Sanitary Landfill dan Open Dumping yang diharapkan dapat mencegah pencemaran lingkungan di sekitar sehingga dalam pengoperasian TPA nantinya akan sesuai dengan persyaratan teknis dan lingkungan yang meliputi fasilitas perlindungan lingkungan seperti lapisan dasar kedap air, saluran pengumpul lindi, pengolahan lindi, dan ventilasi gas (gas metan) (Said, dkk., 2015). Menurut Haumahu (2021) 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 secara maksimal. Dampak potensial dari hal tersebut menyebabkan lindi yang dihasilkan berasal dari timbulan sampah yang mengalir ke sungai atau masuk ke dalam tanah tanpa adanya pengolahan terlebih dahulu.

Kota Bitung memiliki Tempat Pembuangan Akhir (TPA) yang terletak di Kel. Aertembaga II, Kec. Aertembaga, Kota Bitung. TPA ini menggunakan sistem operasional Open Dumping. Secara umum masalah sistem pengolahan Open Dumping dapat mempengaruhi proses penyaluran lindi dan adanya tumpukan sampah pada kolam instalasi pengolahan lindi sehingga proses pengolahan dan kapasitas pada tiap kolam tidak maksimal dalam mengolah lindi yang dihasilkan (Haumahu, dkk., 2021). Instalasi pengolahan lindi TPA Aertembaga memiliki 3 kolam yang ditiap kolamnya dipenuhi tumpukan sampah sehingga sering overload dikarenakan sistem pengolahan TPA yang menggunakan sistem pengolahan Open Dumping yang berdampak pada aliran air tanah daerah TPA Aertembaga yang melebihi ambang batas, (Alamtaha, dkk., 2021).

Dari penjelasan diatas, pengambilan judul “Analisis kapasitas dan pengolahan air lindi di TPA Aertembaga Kota Bitung”, agar dapat menganalisis kapasitas kolam pengolahan yang sesuai untuk TPA

Aertembaga. Penelitian ini dengan memperoleh data-data baik data primer dan data sekunder serta sebagai penerapan ilmu Teknik lingkungan yang didapatkan selama masa kuliah.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah dibahas:

1. Bagaimana kualitas air lindi pada hasil pengolahan lindi pada TPA Aertembaga Kota Bitung?
2. Bagaimana rekomendasi pengembangan pengolahan air lindi di TPA Aertembaga Kota Bitung?

C. Tujuan Penelitian

Penelitian yang dilakukan ini bertujuan untuk:

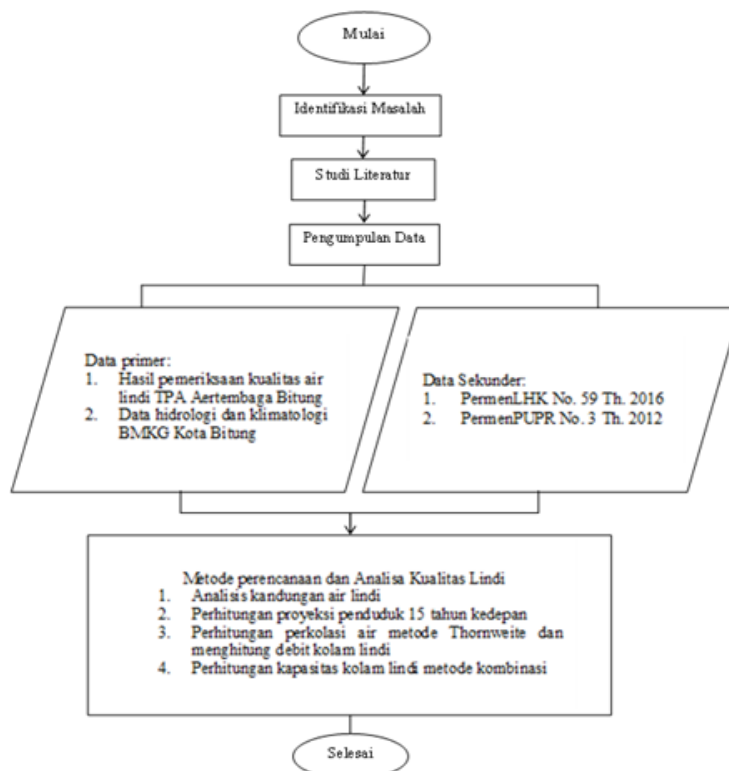
1. Mengetahui kualitas air lindi pada pengolahan lindi di TPA Aertembaga Kota Bitung
2. Merencanakan kapasitas pengolahan air lindi sebagai penerapan di TPA Aertembaga Kota Bitung

II. METODOLOGI PENELITIAN

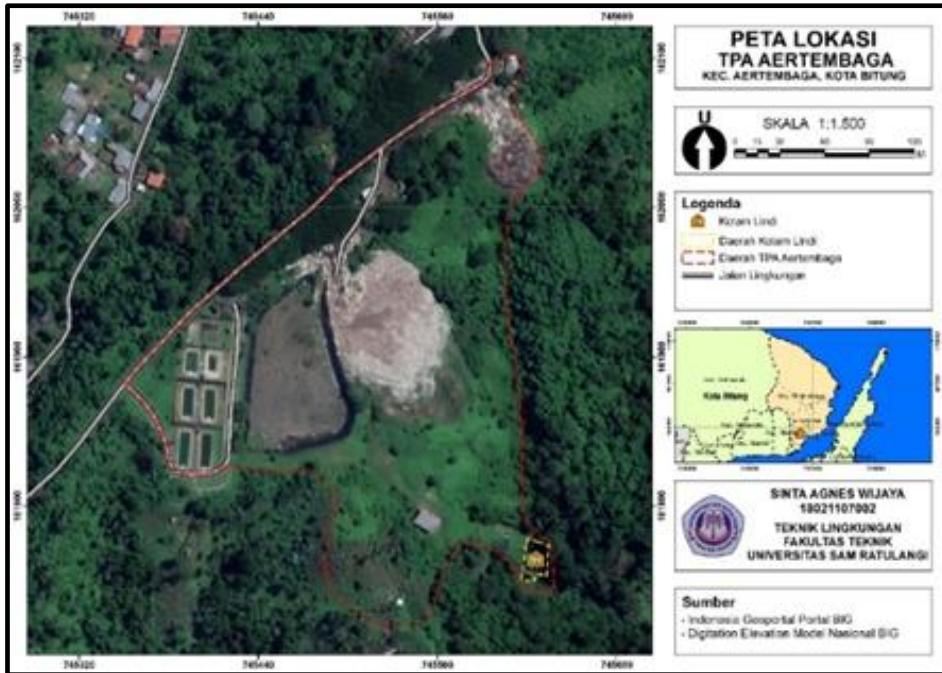
Dalam pelaksanaan suatu penelitian, diperlukan adanya ketersediaan data yang menunjang agar dapat melakukan berbagai perhitungan dan juga pemecahan bagi permasalahan topik yang akan diteliti. Pada penelitian ini, digunakan data primer dan sekunder. Data primer adalah data utama yang digunakan dalam penelitian, sedangkan data sekunder adalah data

penunjang penelitian. Data primer pada penelitian ini adalah pengambilan sampel air lindi pada hasil pengolahan lindi dan peninjauan secara langsung ke lokasi penelitian. Adapun data sekunder yang digunakan adalah data dari instansi pemerintahan terkait. Parameter-parameter yang biasa digunakan dalam menentukan baku mutu kualitas lindi yang aman dibuang ke badan air atau lingkungan sesuai PerMen LH No.59 Tahun 2016 tentang baku mutu kualitas lindi dan atau tempat pemrosesan akhir sampah. Perhitungan debit lindi menggunakan data curah hujan yang diambil langsung ke instansi terkait.

Data berupa sampel air pada hasil pengolahan lindi (outlet) akan dilakukan pengujian di laboratorium WLN menggunakan parameter berdasarkan PERMEN LHK-RI No.59 Tahun 2016 Tentang Baku Mutu Lindi Bagi Usaha Dan/Atau Kegiatan Tempat Pemrosesan Akhir Sampah, diantaranya pH, BOD, COD, TSS, dan N Total. Kemudian dilakukan analisis terhadap kondisi eksisting kondisi TPA Aertembaga melalui peninjauan langsung lapangan. Setelah itu, dilakukan Perencanaan kolam lindi TPA Aertembaga 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, data curah hujan dianalisis menggunakan metode Thornweite-Matter untuk menghitung nilai perkolasi air sehingga dapat menentukan debit dan volume kolam lindi rencana. Diagram alir penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian



Gambar 2. Peta Lokasi Penelitian

TABEL 1
Hasil Pemeriksaan Parameter Lindi pada Kolam Outlet

No	Parameter	Satuan	Baku Mutu	Hasil Pemeriksaan	Metode Pengujian
1	pH	-	6-9	8,38	APHA-4500H*.B(2017)
2	BOD	mg/L	150	971	APHA 5210-B(2017)
3	COD	mg/L	300	1870	APHA 5220-D(2017)
4	TSS	mg/L	100	36	APHA-2510-D(2017)
5	N Total	mg/L	60	1040	WI-(ID)-[EHS]-LA-064 (FIA)

Sumber: Hasil Laboratorium, 2022

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

TPA Aertembaga merupakan Tempat Pemrosesan Akhir Sampah yang berada di wilayah Kota Bitung. Dibangun sejak tahun 2012 dengan kapasitas rencana 475 m³/hari. TPA Aertembaga memiliki luas lahan tersertifikat 7 hektar dan digunakan untuk lahan TPA dengan luasan 5 hektar. Saat ini kondisi TPA memiliki capaian menampung volume 101 ton/hari sampah yang terangkat di TPA dan yang tidak terangkat 12,3 ton/hari sehingga total sampah yang masuk keseluruhan di TPA Aertembaga ini sekitar 113 ton/hari (Dinas Lingkungan Hidup Kota Bitung, 2022). Lokasi TPA Aertembaga terletak di Kecamatan Aertembaga dengan kelurahan sekitarnya adalah Kelurahan Aertembaga Satu.

A. 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 1 pada kolam outlet. Kolam outlet dipilih sebagai lokasi pengambilan sampel dikarenakan untuk mengukur tingkat keberhasilan pengolahan lindi pada TPA

Aertembaga tersebut. Hasil kualitas lindi diuji di laboratorium dengan menggunakan parameter pH, COD, BOD, TSS, dan total Nitrogen (N total) yang dihasilkan.

Lindi yang telah mengalami pengolahan pada unit-unit proses yang terdapat dalam kolam pengolahan lindi akan dialirkan ke badan air dalam hal ini sungai yang menuju laut Sulawesi 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 Aertembaga adalah seperti yang terdapat pada Tabel 1.

Berdasarkan data hasil analisis laboratorium, selanjutnya akan dilakukan analisis untuk setiap parameter yang telah ditetapkan oleh PERMEN LHK-RI No.59 Tahun 2016 ini, yaitu nilai pH, BOD, COD,

TSS, dan N Total. Keseluruhan data ini merupakan data hasil pemeriksaan yang diperoleh dari kolam outlet pengolahan lindi TPA Aertembaga Bitung.

1. Kadar pH

Dari Tabel 1 dapat dilihat bahwa nilai pH pada outlet kolam lindi berada pada kadar yang aman untuk di buang ke badan air. Berdasarkan baku mutu lingkungan yang ditetapkan oleh PERMEN LHK-RI No.59 Tahun 2016 Tentang Baku Mutu Lindi Bagi Usaha Dan/Atau Kegiatan Tempat Pemrosesan Akhir Sampah, dinyatakan bahwa derajat keasaman lindi yang aman dibuang ke badan air adalah yang berada dalam rentang pH 6-9.

Berdasarkan data hasil pemeriksaan kualitas air limbah pada outlet IPAL yang dilakukan oleh Laboratorium WLN Manado, terlihat bahwa kadar pH air limbah berada pada kondisi normal, yaitu 8,38. Adanya angka baku mutu 6-9 untuk derajat keasaman ini adalah karena pada rentang tersebut air berada pada kondisi netral, tidak asam dan mendekati sifat basa. Kondisi terlalu asam atau terlalu basa pada air hasil olahan, akan merusak ekosistem badan air penerima. Jika kondisi air olahan yang dibuang ke badan air terlalu asam, maka akan mengganggu stabilitas ekosistem di badan air tersebut. Sedangkan jika air olahan yang masuk ke badan air penerima telah basa, maka badan air tersebut akan mengandung kesadahan yang tinggi dan hal ini juga akan mengganggu stabilitasi badan air penerima. Kadar pH yang keluar di outlet memiliki kondisi yang lebih baik dengan angka yang berada makin mendekati 7 dibanding yang masuk pada inlet.

2. BOD (Biological Oxygen Demand)

Pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa kandungan BOD pada kolam outlet sangat tinggi. Dengan nilai BOD pada kolam outlet 971 mg/l, berdasarkan baku mutu lingkungan yang ditetapkan oleh PERMEN LHK-RI No.59 Tahun 2016 Tentang Baku Mutu Lindi Bagi Usaha Dan/Atau Kegiatan Tempat Pemrosesan Akhir Sampah, dinyatakan bahwa ambang baku mutu BOD yang aman dibuang ke badan air adalah 150 mg/L.

Tingginya nilai BOD pada effluent air lindi disebabkan oleh tingginya konsentrasi BOD pada inlet kolam lindi dan pengolahan lindi yang terjadi tidak efisien. Oleh karenanya, perlu untuk dilakukan pengembangan terhadap kolam pengolahan lindi dalam mengurangi kadar BOD yang sangat tinggi tersebut. Dengan melihat kadar BOD 971 mg/L pada outlet IPAL maka pengolahan tidak mencapai baku mutu dan tidak aman untuk lingkungan sehingga perlu untuk dilakukan pengembangan terhadap kolam pengolahan lindi.

3. COD (Chemical Oxygen Chemical)

Konsentrasi COD pada kolam outlet lindi dapat dikatakan jauh melebihi baku mutu yang disyaratkan. Dengan nilai COD 1870 mg/L, nilai ini jauh lebih besar dari baku mutu yang diperbolehkan yaitu 300 mg/L.

Jika dilihat dari efisiensi kadar COD dapat disimpulkan bahwa proses pengolahan biologis tidak berjalan. Proses pengolahan air lindi dinilai tidak efektif untuk menurunkan kadar COD. Berdasarkan baku mutu lingkungan yang ditetapkan oleh PERMEN LHK-RI No.59 Tahun 2016 Tentang Baku Mutu Lindi Bagi Usaha Dan/Atau Kegiatan Tempat Pemrosesan Akhir Sampah, dinyatakan bahwa ambang baku mutu COD yang aman dibuang ke badan air adalah 300 mg/L.

4. Zat Padat Tersuspensi (TSS)

Pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa nilai TSS yang terkandung pada kolam outlet lindi berada pada rentang 36 mg/l dengan baku mutu 100 mg/l. Berdasarkan baku mutu lingkungan yang ditetapkan oleh PERMEN LHK-RI No.59 Tahun 2016 Tentang Baku Mutu Lindi Bagi Usaha Dan/Atau Kegiatan Tempat Pemrosesan Akhir Sampah, dinyatakan bahwa ambang baku mutu TSS yang aman dibuang ke badan air adalah 100 mg/L.

Angka ini menunjukkan bahwa zat padat yang masuk kedalam pengolahan lindi sangat sedikit serta pengolahan yang diberikan pada air lindi yang masuk pada unit kolam pengolahan lindi telah berjalan efektif untuk menurunkan kandungan TSS air limbah sehingga aman dibuang ke badan air. Selain itu rendahnya kadar TSS yang masuk ke kolam lindi turut berkontribusi menjadikan kandungan TSS di kolam outlet relatif rendah.

5. Total Nitrogen (N-total)

Nilai N-total yang terkandung pada effluent berada pada rentang 1040 mg/L. Berdasarkan baku mutu lingkungan yang ditetapkan oleh PERMEN LHK-RI No.59 Tahun 2016 Tentang Baku Mutu Lindi Bagi Usaha Dan/Atau Kegiatan Tempat Pemrosesan Akhir Sampah, dinyatakan bahwa ambang baku mutu N Total yang aman dibuang ke badan air adalah 60 mg/L. Tingginya nilai nitrogen tersebut dipengaruhi oleh sampah-sampah organik yang terdapat pada TPA tersebut serta kolam pengolahan lindi yang tidak efektif.

Pengambilan sampel air bersih pada sumur gali di kelurahan rap-rap untuk pemeriksaan E-coli di laksanakan pada tanggal 13 Desember 2021, dengan menetapkan titik pengambilan sampel di 7 titik sumur gali. Persiapan pengambilan botol sampel di BTKL-PP kelas 1 Manado pada pukul 10:30 pagi dan diteruskan dengan pengambilan sampel air sumur gali pada pukul 11:15-14:15 dengan suhu sekitar 27° C dalam keadaan cuaca yang cerah dan berawan, setelah itu langsung sampel air yang telah di ambil di bawah ke Lab BTKL-PP Kelas 1 Manado untuk di analisis di lab dengan menggunakan metode APHA 9211-9221 Tahun 2012 ataupun juga di sebut metode Most Probabel Number (MPN)

B. Pengembangan Unit Pengolahan Limbah

Pada pengujian kualitas lindi yang dilakukan, terlihat bahwa kualitas air yang berada pada outlet TPA

jauh melebihi baku mutu yang ditetapkan. 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 pengolahan lindi, terlebih dahulu perlu diketahui mengenai jumlah timbulan sampah yang dihasilkan di saat ini dan dimasa mendatang.

1. Perhitungan Proyeksi Penduduk

Proyeksi penduduk dilakukan selama 15 tahun kedepan yaitu pada tahun 2035 terhitung pada tahun 2020. Untuk menghitung proyeksi jumlah penduduk di tahun yang akan datang, diperlukan data jumlah

penduduk dan perlu diketahui juga persentasi pertumbuhan penduduknya. Persentasi pertumbuhan penduduk dihitung menggunakan rumus:

$$P = \frac{P_x - P_{x-1}}{P_x} \times 100$$

Dimana:

P = Persentasi pertumbuhan penduduk.

P_X = Jumlah penduduk tahun yg dihitung P-nya.

P_{X-1} = Jumlah penduduk tahun sebelum PX

Data penduduk Kota Bitung diperoleh dari tahun 2018 – 2020 berdasarkan BPS Kota Bitung dengan hasil perhitungan pertumbuhan penduduk ditampilkan pada Tabel 2.

TABEL 2
Persentase Pertumbuhan Penduduk Kota Bitung

No.	Tahun	Data Awal	Pertumbuhan
1	2018	215711	0.00
2	2019	219004	1.53
3	2020	225134	2.80
Jumlah		659849	4.33
Rata-rata		219950	1.44
Proyeksi:			0.014

Sumber: BPS Kota Bitung, 2022

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

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

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

Metode logaritma

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

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

Dimana:

- r = Koefisien korelasi
- X = Pertambahan tahun.
- n = Jumlah data
- Y = Jumlah penduduk dari data yang tersedia.
- S_d = Standar deviasi
- Y_n = Jumlah penduduk hasil perhitungan proyeksi.

Hasil perhitungan proyeksi penduduk ditunjukkan pada Tabel 3. Hasil analisis diperoleh nilai koefisien korelasi (r) dan standar deviasi (Sd) pada masing-masing metode ditunjukkan pada Tabel 4.

Metode proyeksi yang akan digunakan adalah metode dengan angka koefisien korelasi paling mendekati atau sama dengan 1 dan angka standar deviasi paling kecil. Pada perhitungan diatas diperoleh angka koefisien korelasi terbesar yaitu 0,985227 pada metode perhitungan aritmatik dan eksponensial, namun standar deviasi terkecil terdapat pada metode aritmatik dengan angka 215720,33 sehingga proyeksi penduduk yang dipilih adalah pada proyeksi metode aritmatik dengan jumlah penduduk proyeksi kota Bitung pada tahun 2035 adalah 295.807 jiwa.

TABEL 3
Proyeksi Penduduk

Tahun	Metode Proyeksi Penduduk			
	Eksponensial	Geometri	Aritmatik	Logaritma
2021	228859	228826	229846	218752
2022	232646	232579	234557	220142
2023	236495	236393	239269	220955
2024	240408	240270	243980	221532
2025	244386	244211	248692	221979
2026	248429	248216	253403	222345
2027	252540	252286	258115	222654
2028	256718	256424	262826	222922
2029	260966	260629	267538	223158
2030	265284	264903	272249	223369
2031	269673	269248	276961	223560
2032	274135	273664	281672	223735
2033	278671	278152	286384	223895
2034	283281	282713	291095	224044
2035	287969	287350	295807	224182

Sumber: Hasil Analisis, 2022

TABEL 4
Koefisien Korelasi dan Standar Deviasi

Geometri		Artimatik	
r =	0.029473	r =	0.985227
Sd =	215731.55	Sd =	215720.33
Eksponensial		Logaritma	
r =	0.985227	r =	0.220974
Sd =	215731.19	Sd =	215768.90

Sumber: Hasil Analisis, 2022

2. Perencanaan Unit Pengolah Limbah

Sampah hari pertama dimasukkan pada bak pertama, sampah hari kedua dimasukkan pada hari kedua, dan seterusnya hingga hari ke-20. Setiap hari air lindi yang dihasilkan akan dialirkan ke unit penampungan air lindi, untuk kemudian didesirkulasikan dengan pompa resirkulasi (durasi resirkulasi 6 jam/hari). Perencanaan kolam lindi 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.

a. Perhitungan Debit Air Metode Thornwaite

Perhitungan air lindi dihitung berdasarkan metode Metode Thornthwaite-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 dalam mm

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

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

$$AT = KL - TLP$$

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 3.

Pada perkolasi air bulanan metode Thornweite, terlihat hasil perkolasi air tertinggi pada bulan Mei sehingga kemudian dilakukan analisis perhitungan debit banjir menggunakan rumus berikut:

$$Perk. (mm/hari) = \frac{Perk \text{ tertinggi bulan}}{31 \text{ hari}}$$

$$Perk. (mm/hari) = \frac{86,5}{31 \text{ hari}} = 2,79$$

Debit lindi rencana perhari berdasarkan luas landfill adalah

$$Debit (m3/hari) = \frac{perk \times L \text{ landfill} (m2)}{1000}$$

$$Debit lindi (m3/hari) = \frac{2,79 \times 10.000}{1000} = 27,9$$

Debit rencana lindi berdasarkan kapasitas luas lahan TPA Aertembaga Bitung dan perhitungan neraca air metode Thornweite adalah 27,9 m³/hari.

b. Unit Penampung Lindi

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

Volume penampungan = Debit rencana x 20 hari
 = 27,9 m³/hari x 20 hari
 = 558 m³

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

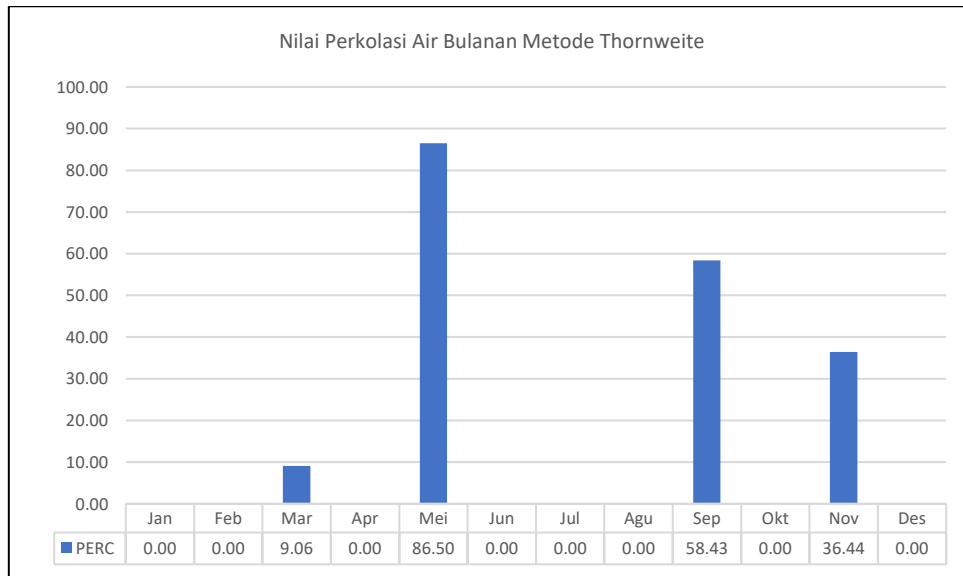
- Dimensi penampungan
- Panjang, P = 20
- Lebar, L = 10
- Kedalaman, T = 3
- Volume desain = 600 m³

c. Unit Resirkulasi Air Lindi

Untuk meresirkulasikan air lindi dari unit penampung air lindi ke unit penampung sampah. Pompa celup (submersible pump) diletakkan di dalam unit ini dan dicek secara berkala.

d. Perencanaan IPAL

Aliran air menggunakan metode gravitasi dikarenakan pada lokasi TPA 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. Kolam IPAL (Instalasi Pengolahan Air Lindi) yang dibagi 4 kolam mempunyai proses dan fungsinya masing-masing yaitu Kolam Anaerobik, Kolam Stabilisasi, Kolam Maturasi, dan Kolam Anaerobik dengan dimensi yaitu 20 m × 10 m × 3 m. Kolam Aerasi dengan dimensi yaitu 20 m × 20 m × 1,5 m. Kolam Maturasi dengan dimensi yaitu 25 m × 20 m × 1,2 m. Kolam Biofilter dengan dimensi yaitu 20 m × 15 m × 2 m.

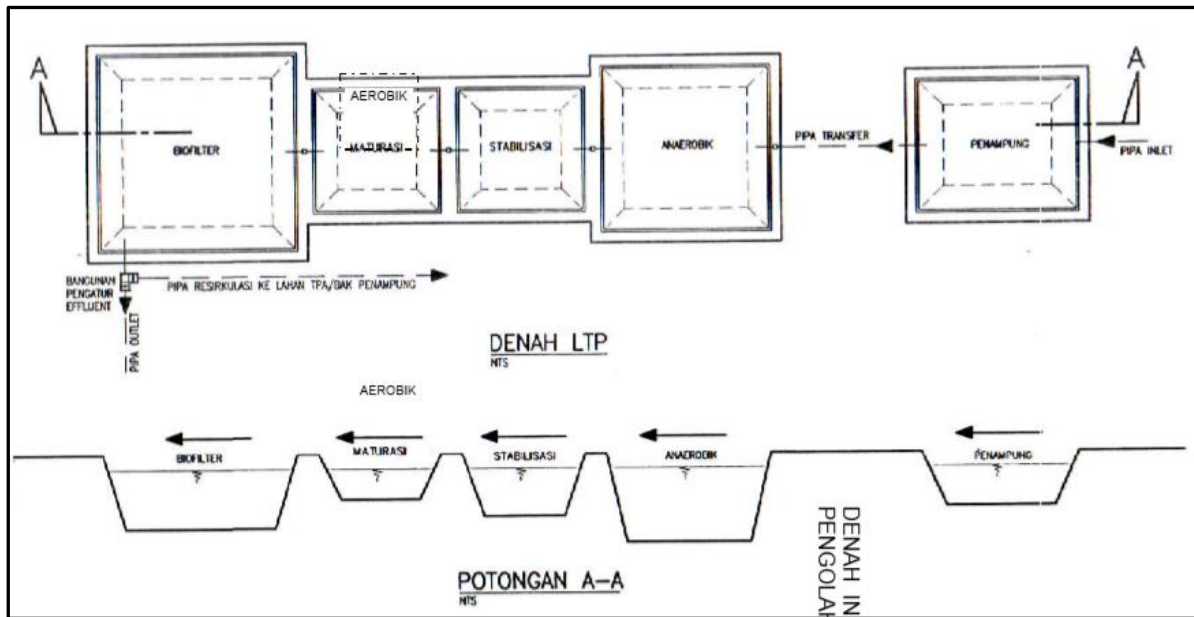


Gambar 3. Nilai Perkolasi Air Bulanan

TABEL 4
Spesifikasi Pengolahan Lindi

No.	Kriteria	Proses Pengolahan			
		Anaerobik	Stabilisasi	Maturasi	Biofilter
1	Fungsi	Penyisihan BOD yang relatif tinggi (> 1000 mg/L), sedimentasi, stabilisasi influen	Penyisihan BOD	Penyisihan mikroorganisme patogen, nutrien	Menyaring effluent sebelum dibuang ke badan air
2	Kedalaman (m)	3	1,5	1,2	2
3	Panjang x lebar (m)	20 x 10	20 x 20	25 x 20	20 x 15
4	Penyisihan BOD (%)	60	75	80	75
5	Waktu detensi (hari)	20	10	8	5
6	Beban organik (kg/Ha hari)	400	125	15	60
7	pH	7	7	7	7
8	Material	Pasangan batu	Pasangan batu	Pasangan batu	Batu, Kerikil, Ijuk, Pasir

Sumber: Hasil Analisis, 2022



Gambar 4. Layout Pengolahan Lindi

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengukuran laboratorium terhadap kualitas pengolahan air lindi pada kolam outlet TPA Aertembaga Bitung sesuai standar yang tertuang dalam PermenLHK No. P.59/Menlhk/Setjen/Kum.1/7/2015 Tentang Baku Mutu Lindi Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Tempat Pemrosesan Akhir Sampah. Pada hasil pengujian laboratorium terlihat kualitas pada parameter BOD, COD, dan N total melebihi baku mutu yang ditetapkan. Adapun pada parameter pH dan TSS memenuhi baku mutu yang ditetapkan. Perhitungan debit lindi didasarkan pada perhitungan neraca air metode Thornweite-Matter dengan hasil perhitungan perkolasi air tertinggi bulanan pada bulan Mei dengan nilai perkolasi air 86,5 sehingga diperoleh debit lindi rencana 27,9 m³/hari. Kolam lindi yang direncanakan menggunakan metode pengolahan kombinasi antara lain kolam anaerobik, stabilisasi, maturasi, dan biofilter sesuai Permen PU No. 3 Tahun 2013 tentang Penyelenggaraan Prasarana dan Sarana Persampahan Dalam Penanganan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga.

B. Saran

Penelitian ini merekomendasikan kepada pemerintah kota Bitung untuk segera melakukan pengembangan kapasitas dan kualitas kolam pengolahan lindi pada TPA Aertembaga kota Bitung, hal ini didasarkan pada hasil penelitian terhadap tingginya kadar pencemaran air yang dihasilkan.

KUTIPAN

- [1] Badan Standarisasi Nasional. 1994. Tata Cara Pemilihan Lokasi (TPA) Tempat Pembuangan Akhir Sampah: Based on SNI 03-3241-1994, BSN, Jakarta.
- [2] Haumahu, S. A. Q., Riogilang, H., & Mangangka, I. R. (2021). Perancangan Instalasi Pengolahan Lindi Dengan Proses Kombinasi Kolam Anaerobik, Fakultatif, dan Maturasi di TPA Aertembaga. EKNO, 19(79).
- [3] Pemerintah Indonesia. (2016). Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 59 Tahun 2016 Tentang Baku Mutu Lindi dan/atau Tempat Pemrosesan Akhir Sampah Pemerintah Indonesia. (2017).
- [4] Peraturan Menteri Negara Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Tentang Penyelenggaraan Sistem Pengolahan Air Limbah Domestik.
- [5] PermenLHK No. P.59/Menlhk/Setjen/Kum.1/7 /2015 Tentang Baku Mutu Lindi Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Tempat Pemrosesan Akhir Sampah.
- [6] Permen PU No. 3 Tahun 2013 tentang Penyelenggaraan Prasarana dan Sarana Persampahan Dalam Penanganan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga.
- [7] Rawis, L., Mangangka, I. R., & Legrans, R. R. (2022). Analisis Kinerja Instalansi Pengolahan Air Limbah (IPAL) di Rumah Sakit Bhayangkara Tingkat III Manado. TEKNO, 20(81).
- [8] Said, N.I., Hartaja, D.R.K. 2015. Pengolahan Air Lindi dengan Proses Biofilter Anaerob-Aerob dan Denitrifikasi.
- [9] Tchobanoglous, G., et al. (1993). Integrated Solid Waste Management. McGraw- Hill. New York.