

Perencanaan Proses Pengolahan Lindi di TPA Nusa Lembongan dengan Menggunakan Kolam Stabilisasi

Planning for Leachate Treatment Process at TPA Nusa Lembongan by Using a Stabilization Pond

Muhammad Jatmoko¹, Aulia Risky Adinda¹, Farhan Hadi Siregar¹, Rika Chairani Dalimunthe¹, Mega Mutiara Sari^{1*)}, I Wayan Koko Suryawan Pertama¹

¹Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Perencanaan Infrastruktur, Universitas Pertamina, Kebayoran Lama, Jakarta Selatan 12220, Indonesia

Article info:

Kata kunci:

Kolam Stabilisasi; Lindi; Perencanaan Sampah

Keywords:

Leachate; Planning; Solid waste; Stabilization Pond

Article history:

Received: 15-08-2021

Accepted: 02-12-2021

*)Koresponden email:

mega.tiarasari1986@gmail.com;

mega.ms@universitaspertamina.ac.id

Abstrak

Tempat pemrosesan akhir (TPA) sampah secara open dumping dapat ditemukan di Pulau Nusa Lembongan, Provinsi Bali. Sampah yang ditimbun dengan proses open dumping cenderung menghasilkan dampak lingkungan, salah satu dampak tersebut adalah air lindi. Untuk mencegah dampak lingkungan maka diperlukan pengolahan lindi, salah satunya adalah dengan kolam stabilisasi. Tujuan dari studi ini adalah mengetahui luas lahan yang dibutuhkan dan prediksi effluent air limbah yang dikeluarkan dari perencanaan kolam stabilisasi. Perencanaan ini dilakukan dengan menggunakan data sekunder dan pengolahan data secara deskriptif dari kajian literatur. Perhitungan debit air limbah dari data intensitas hujan memperlihatkan debit air lindi dapat mencapai 4.579,2 liter/hari dengan kualitas air lindi yang cenderung biodegradable. Unit yang dibutuhkan untuk mencapai standar minimum kualitas lindi adalah bak ekualisasi, kolam anaerobik, kolam fakultatif, kolam maturase, dan anaerobic baffle reactor (ABR). Total kebutuhan lahan dari unit tersebut adalah 0,013 ha. Sedangkan kualitas effluent berdasarkan parameter utama *biochemical oxygen demand* (BOD) adalah 9,8 mg/L, dimana baku mutu yang disyaratkan adalah 100 mg/L.

Abstract

The final waste processing (TPA) of open dumping waste can be found on Nusa Lembongan Island, Bali Province. Garbage that is stockpiled by the open dumping process tends to produce environmental impacts, one of these impacts is leachate. To prevent environmental impacts, it is necessary to treat leachate, one of which is a stabilization pond. The purpose of this study is to determine the area of land required and the prediction of wastewater discharged from the stabilization pond design. This planning is done by using secondary data and descriptive data processing from the literature review. The calculation of wastewater discharge from rain intensity data, leachate discharge can reach 4,579.2 liters a day with leachate quality which tends to be biodegradable. The units needed to achieve the minimum quality standard of leachate are equalization tanks, anaerobic ponds, facultative ponds, maturation ponds, and anaerobic baffle reactors (ABR). The total land requirement of the unit is 0.013 ha. While the quality of the effluent based on the main parameter of biochemical oxygen demand (BOD) is 9.8 mg/L, where the required quality standard is 100 mg/L.

Kutipan: Jatmoko, M., Adinda A.R., Siregar, F.H., Dalimunthe, R.C., Sari, M.M., Pertama, I.W.K.S.(2021).

Perencanaan Proses Pengolahan Lindi di TPA Nusa Lembongan dengan Menggunakan Kolam Stabilisasi. *Jurnal Teknik Pengairan*. <https://doi.org/10.21776/ub.pengairan.2021.012.02.08>

1. Pendahuluan

Meningkatnya volume sampah di Nusa Lembongan bukan hanya diakibatkan oleh majunya tempat pariwisata melainkan bertambahnya jumlah penduduk, dan berubahnya pola hidup masyarakat yang serba instan. TPA di Nusa Lembongan yang berlokasi di Desa Nusa Lembongan Kecamatan Nusa Penida Kabupaten Klungkung merupakan TPA dengan sistem *open dumping* (Pricillia et al., 2021; Widyarsana et al., 2019). TPA di Nusa Lembongan ini mulai beroperasi sejak tahun 2003 dan memiliki luas sebesar 1,84 Ha. Penanganan sampah yang dilakukan di Nusa Lembongan adalah pengumpulan sampah dari sumber ke tempat umum yang dikumpulkan di TPS (Tempat Pembuangan Sementara). Setelah itu, diangkut dengan truk menuju Tempat Pemrosesan Akhir (TPA). Namun kondisi sampah yang tidak diolah menyebabkan penumpukan pada sampah sehingga lahan yang tersedia semakin sempit. Rata-rata jumlah volume sampah yang masuk ke TPA Nusa Lembongan yaitu 227,22 m³/hari (SSK Kabupaten Klungkung, 2015). Keberadaan TPA sampah memiliki dampak lingkungan baik yang diemisikan ke udara maupun ke dalam bentuk air yaitu lindi (Septiariva & Suryawan, 2021; Yodi et al., 2020). Lindi yang dihasilkan dari pemrosesan sampah cenderung toksik dan tidak mudah didegradasi (Septiariva et al., 2020).

Kolam stabilisasi adalah kolam besar di mana air limbah diolah dengan proses alami yang melibatkan mikroorganisme, dan dianggap sebagai metode yang paling tepat untuk pengolahan air limbah di negara berkembang di mana iklimnya mendukung untuk operasinya (Dan et al., 2021; Darwin et al., 2019). Sistem kolam stabilisasi proses pengolahan lindi dapat diklasifikasikan berdasarkan jenis aktivitas biologisnya, yaitu kolam anaerobik, kolam fakultatif, dan kolam maturasi (Soedarsono; & Jumadianto, 2017). Di Indonesia, baku mutu kualitas lindi diatur dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No.59 Tahun 2016 (Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia, 2016). Perencanaan pengolahan lindi dengan kolam stabilisasi dilakukan memastikan bahwa pembuangan lindi ke badan air penerima tidak akan menyebabkan kerusakan ekosistem perairan dan potensi sumber daya ekonomi masyarakat sekitar.

Mengingat keberadaan TPA di Nusa Lembongan yang berbatasan langsung dengan hutan mangrove. Maka pengolahan ini sangat penting untuk dilakukan untuk menjaga keberlangsungan ekosistem mangrove yang ada di Nusa Lembongan. Ekosistem mangrove di Nusa Lembongan termasuk ekosistem yang khas (Ilham & Marzuki, 2018; Palguna et al., 2017). Pemanfaatan hutan mangrove juga menjadi hal utama dalam aktivitas masyarakat di Nusa Lembongan (Arthana et al., 2017; Ginantra et al., 2018).

Tujuan utama dari studi ini adalah untuk menganalisis kebutuhan lahan dan prediksi kualitas effluent hasil pengolahan lindi dengan kolam stabilisasi di Nusa Lembongan. Hasil karakterisasi perencanaan diharapkan dapat bermanfaat bagi pengelolaan TPA, terutama untuk memperbaiki sistem pengolahan lindi yang ada dan mencegah pencemaran lindi untuk pembangunan berkelanjutan di Nusa Lembongan .

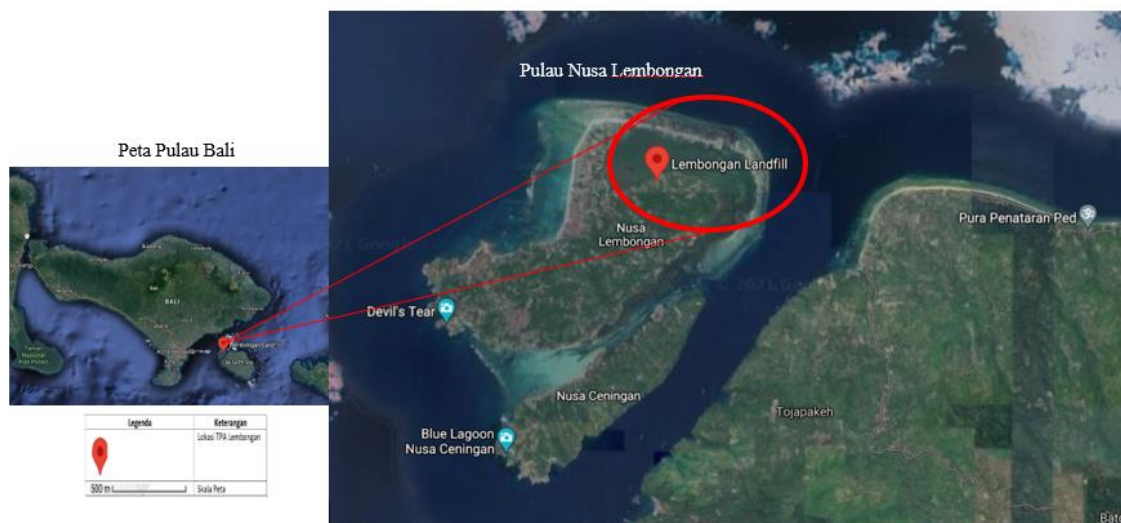
2. Bahan dan Metode

2.1. Lokasi Perencanaan

Perencanaan ini dilakukan di TPA Jungutbatu, Desa Jungutbatu, Kecamatan Nusa Penida, Klungkung. Secara garis besar lokasi perencanaan merupakan pulau kecil yang berada di selat Badung sebelah tenggara Pulau Bali. Lokasi detail lokasi perencanaan dapat dilihat pada Gambar 1.

2.2. Pengumpulan Data

Data yang dibutuhkan dalam perencanaan ini merupakan data kuantitas dan kualitas air lindi. Data kuantitas air lindi dihitung berdasarkan data intensitas hujan di Nusa Lembongan yang dimana datanya diambil dari BMKG yang kemudian diolah untuk mendapatkan intensitas rata-rata di Pulau Nusa Lembongan. Data catchment area dan jenis lahan didapatkan berdasarkan survai menggunakan google earth dan melihat kondisi lahan sekitar. Kualitas air lindi diketahui melalui kajian literatur yang telah dilakukan Balai Litbang Perumahan Wilayah II Denpasar, 2020. Data tersebut digunakan untuk melakukan pendekatan dalam menentukan kualitas influent dan effluent air lindi hasil pengolahan instalasi pengolahan lindi yang direncanakan.



Gambar 1. Lokasi Perencanaan Pengolahan Air Lindi di Pulau Lembongan (Google Earth, 2021)

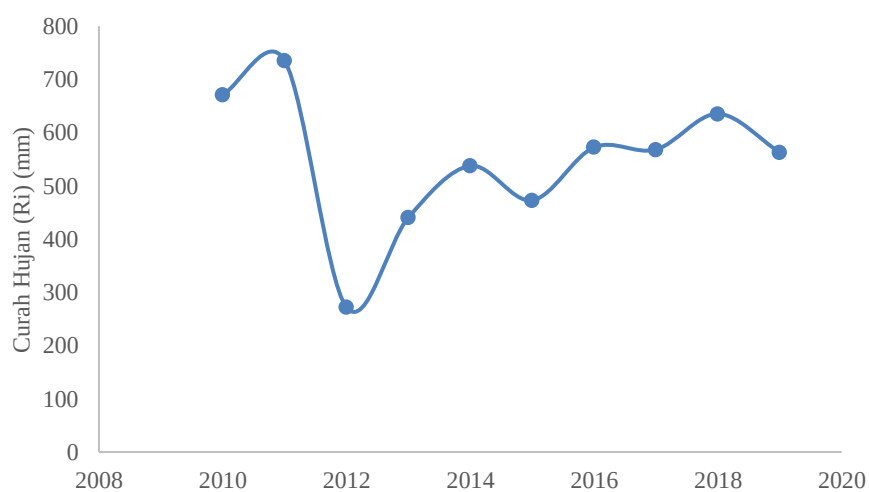
2.3. Pengolahan Data dan Perencanaan

Setelah diketahui data kuantitas selanjutnya dilakukan penentuan diagram proses pengolahan dan melakukan perencanaan detail desain untuk masing-masing unit pengolahan. unit pengolahan dalam kolam stabilisasi terdiri dari kolam anaerobik (*anaerobic pond*), kolam fakultatif (*facultative pond*), dan kolam maturasi (*maturation pond*). Sedangkan unit bak ekualisasi ditambahkan untuk menstabilkan debit air yang akan diolah dimasing-masing unit. Unit bak ekualisasi juga bermanfaat sebagai unit dalam menjaga agar mikroorganisme dalam kolam stabilisasi tidak mengalami *shock loading*. Unit ABR juga ditambahkan sebagai unit pengolahan lanjut untuk meningkatkan kualitas effluent (Simanjuntak et al., 2021), dalam hal ini adalah lindi yang akan diolah.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Penentuan Debit Lindi

Data curah hujan berguna dalam menghitung produksi lindi yang akan diolah dalam unit instalasi. Gambar 2 menunjukkan data curah hujan yang digunakan dalam perencanaan.



Gambar 2. Perubahan Curah Hujan Rata-rata di Provinsi Bali (BMKG, 2020)

Dalam menganalisis distribusi hujan, beberapa metode dapat digunakan, yaitu metode *Van Breen*, metode *Hasper Weduwen*, metode *Bell Tanimoto*. Pemilihan metode yang akan digunakan berdasarkan perhitungan intensitas hujan yang memiliki nilai intensitas hujan cakupan atau rentang intensitas hujan yang berada di atas metode-metode lain (Khansa et al., 2020). Sehingga yang diambil adalah metode yang memiliki nilai intensitas hujan yang besar. Data hujan harian maksimum yang digunakan diambil dari data metode Gumbel.

Tabel 1. Tabel Perhitungan PUH berdasarkan data metode Gumbel

PUH	R (mm)	Durasi (menit)	Intensitas (mm/jam)
2	541,0	240,0	164,5
5	587,8		184,9
10	618,8		199,0
25	658,0		217,3
50	687,0		231,4
100	715,9		245,8

Berdasarkan perhitungan, metode yang mempunyai lengkung intensitas terkecil terdapat pada metode Talbot. Adapun persamaan-persamaan yang digunakan dapat dilihat pada persamaan 1-3. Hasil perhitungan lengkung intensitas terkecil dapat dilihat pada Tabel 2,

$$I = a/t + b \quad (1)$$

$$a = (\sum I.t)(\sum I^2) - (\sum I^2 \times t)(\sum I) / N(\sum I^2) - (\sum I)^2 \quad (2)$$

$$b = (\sum I)(\sum I \times t) - N(\sum I^2 \times t) / N(\sum I^2) - (\sum I)^2 \quad (3)$$

Tabel 2. Lengkung intensitas terkecil pada metode Talbot

PUH	I	I × t	I ²	I ² × t	a	b	I _{new}
2	164,502	39.480,53	27.060,98	649.4634,727	39.480,53	-2 × 10 ⁻¹⁵	164,502
5	184,911	44.378,66	34.192,1	8.206.104,693	44.378,66	-1,6 × 10 ⁻¹⁵	184,911
10	56,769	13.624,62	3.222,746	773.458,9349	13.624,62	2,13 × 10 ⁻¹⁵	56,769
25	217,338	52.161,05	47.235,68	11.336.563,42	52.161,05	-2,32 × 10 ⁻¹⁵	217,338
50	231,413	55.539,02	53.551,79	12.852.428,49	55.539,02	0	231,413
100	245,758	58.981,94	60.397,05	14.495.290,97	58.981,94	1,82 × 10 ⁻¹⁵	245,75

Pengolahan lindi berguna dalam menentukan desain perencanaan Instalasi Pengolah Lindi (IPL). Perhitungan lindi menggunakan persamaan 4.

$$Q = 0,00278 \times C \times I \times A \quad (4)$$

Keterangan:

C : Koefisien pengaliran/limpasan 0,4-0,6

I : Intensitas hujan (mm/jam)

A : Kebutuhan lahan (ha)

Q : Debit (liter/detik)

Nilai I untuk intensitas hujan yang dipakai adalah intensitas hujan terpusat pada 4 jam berdasarkan metode *Van Breen*, dengan intensitas hujan sebesar 56,769 mm/jam. Maksimum hujan yang jatuh diasumsikan sebesar 30% menjadi *leachate* (Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia, 2013). Sehingga nilai I yang digunakan yaitu I = 56,769 mm/jam.

$$\text{Hujan yang menjadi leachate} = 30\% \times 56,769 \text{ mm/jam} = 17,03 \text{ mm/jam} \quad (5)$$

Perencanaan instalasi pengolahan lindi dilakukan pada TPA Biaung dengan luas lahan sebesar 1,84 hektar. Perhitungan debit lindi menggunakan persamaan 4 yaitu:

$$Q = 0,00278 \times 0,6 \times 17,03 \text{ mm/jam} \times 1,84 \text{ ha} = 0,053 \text{ liter/detik} = 4579,2 \text{ l/hari} \quad (6)$$

Hasil analisis kualitas lindi dilakukan dengan melakukan studi literatur terhadap kualitas lindi yang dihasilkan. Adapun hasil analisa kualitas lindi ditunjukkan pada Tabel 3. Parameter TSS, COD dan BOD yang masing-masing sebesar 5.537,47 mg/L, 7.938 mg/L dan 4.515 mg/L cukup tinggi hal tersebut dikarenakan banyaknya material terlarut yang dibawa dari landfill. Nilai BOD/COD dalam lindi sudah memehu untuk diaplikasi pengolahan air lindi secara biologis dimana nilai BOD/COD dalam lindi 0,56. Nilai BOD/COD yang melebihi nilai 0,3 menunjukkan bahan organik dalam limbah cenderung *biodegradable* (Afifah et al., 2020; Sofiyah & Suryawan, 2021; Suryawan et al., 2021). Air lindi yang tidak biodegradable cenderung susah untuk diolah dengan proses biologis.

Tabel 3. Kualitas Air Lindi

No.	Parameter	Hasil Analisis	Satuan	Baku Mutu*)	Satuan
1	pH	8,48	-	6-9	-
2	BOD	4.515	mg/L	150	mg/L
3	COD	7.938	mg/L	300	mg/L
4	TSS	5.537,47	mg/L	100	mg/L

* Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No.59 Tahun 2016

3.2. Perencanaan Detail

Sebelum melakukan perhitungan perencanaan detail dilakukan penentuan batasan yang digunakan dalam menentukan dimensi pengolahan. Kriteria desain untuk masing-masing unit yang digunakan dalam proses pengolahan lindi di TPA Lembongan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Kriteria Desain Pengolahan Berdasarkan Unit yang Direncanakan

Bak Ekualisasi ¹	Kolam Fakultatif ²	Kolam Fakultatif ²	Kolam Maturasi ²	ABR ³
• Waktu tinggal yaitu 60 menit • Rasio P : L yaitu 1 : 1 • Freeboard yaitu 0,3 m	• Waktu detensi yaitu 20 – 50 hari • Rasio P : L yaitu 2 : 1 • Freeboard yaitu 0,3 m • Kedalaman yaitu 2 – 5 m • Persentase penyisihan % 50 – 85	• Waktu tinggal yaitu 5-30 hari • Rasio P : L yaitu 2 : 1 • Freeboard yaitu 0,3 m • Kedalaman yaitu 1-2 m • Persentase penyisihan % 70 – 80	• Waktu tinggal yaitu 7-20 hari • Rasio P : L yaitu 2 : 1 • Freeboard yaitu 0,3 m • Kedalaman yaitu 1-1,5 m • Persentase penyisihan % 60 – 89	• Waktu retensi hidraulik yaitu 12 – 96 jam • Kecepatan upflow yaitu < 0,6 m/jam • Jumlah kompartemen sebanyak 3 – 6 buah • Efisiensi penyisihan BOD yaitu 65 – 90 %

¹(Metcalf & Eddy, 1991) ²(Soedarsono; & Jumadianto, 2017; Tim Penyusun, 2010) ³(PUPR, 2017)

Perancangan desain terdiri dari bak ekualisasi dapat menampung air lindi untuk sementara waktu sebelum dialirkan menuju kolam IPL. Pada bak ekualisasi tidak ada proses penyisihan parameter, karena bak ekualisasi berfungsi untuk menyeragamkan kualitas dan kuantitas lindi yang akan masuk ke IPL selanjutnya. Hal ini bertujuan untuk mencegah terjadinya *shock loading* akibat dari meningkatnya kualitas dan kuantitas air lindi yang akan masuk ke IPL. Unit pengolahan lindi yang pertama yaitu kolam anaerobi. Unit ini berfungsi untuk menurunkan beban BOD₅ yang terkandung dalam air lindi. Secara detail perhitungan desain untuk masing-masing unit dapat dilihat pada Tabel 4.

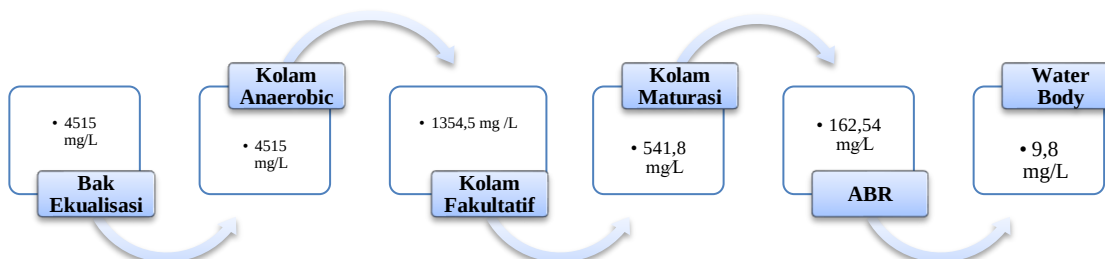
Tabel 4. Perhitungan Detail Desain Unit Pengolahan Lindi

Unit Pengolahan	Kriteria Desain dan Data Desain	Perhitungan Desain
Bak Ekualisasi	Debit desain (Q_{in}) = 4,579 m ³ /hari Waktu tinggal hidrolis (HRT) = 1 jam Kedalaman air (h) = 1 m Freeboard (Fb) = 0,3 meter Rasio P:L = 1 : 1	- Volume bak (V) = 4,5792 m³/hari $\times$ 1 jam $\times$ 1 hari / 24 jam = 0,1908 m³ - Luas bak (L) = Volume bak/kedalaman air = 0,1908 m³/1 m = 0,1908 m² - Lebar bak (L) = $\sqrt{\text{Luas bak}}$ = $\sqrt{0,1908}$ = 0,44 m $\approx$ 0,5 m - Panjang bak (P) = 0,44 m $\approx$ 0,5 m - Total kedalaman bak (H) = panjang $\times$ lebar $\times$ kedalaman air = 0,5 m $\times$ 0,5 m $\times$ 1 m = 4,56 m³ - Cek waktu tinggal hidrolis (HRT) = volume efektif/ debit masuk = 4,56 m³ 4,5792 m³/hari $\times$ 1 hari / 24 jam = 1 jam - Debit keluar (Q_{out}) = 4,5792 m³/hari
Kolam Fakultatif	Kedalaman air = 2,5 m Freeboard = 0,5 m Rasio P : L = 2 : 1 Suhu = 31,7°C Debit (Q_{in}) = 4,5792 m ³ /hari BOD in (C_o) = 4515 mg/L Beban BOD volumetric = 350 g BOD/m ³ .hari	- Beban BOD₅ yang akan diolah = $C_o \times Q_{in} / 1000$ = 4515 mg/L $\times$ 4,5792 m³/hari / 1000 = 20,75 kg/hari - Volume bak (V) = beban BOD (kg/hari) / laju beban BOD Volumetrik (g/m³.hari) $\times$ 1000 = 20,756 kg/hari / 350 g /m³.hari $\times$ 1000 = 59,30 m³ - Luas bangunan (A) = Volume / kedalaman kolam = 59,30 m³ / 2,5 m = 23,63 m² - Lebar bak = $\sqrt{\text{luas bak}/2}$ = $\sqrt{23,63/2}$ = 3,44 m $\approx$ 3,5 m - Panjang bak = 2 $\times$ lebar bak = 2 $\times$ 3,5 m = 7 m - Kedalaman total bak = kedalaman air + freeboard = 2,5 m + 0,5 m = 3 m - Check luas bak = $P \times L$ = 7 m $\times$ 3,5 m = 24,5 m $\approx$ 24 m - Check volume = $P \times L \times H$ = 7 m $\times$ 3,5 m $\times$ 3 m = 73,5 m³ - Waktu tinggal hidrolis (HRT) = Volume/Q_{in} = 73,5 m³/4,5792 m³/hari $\approx$ 16 hari - Debit keluar (Q_{out}) = $Q_{in} - 0,001 \times e \times HRT$ = 4,5792 m³/hari - 0,001 $\times$ 0,6 $\times$ 16 = 4,585 m³/hari - BOD keluar (C_e) = $C_o \times (1 - \text{penyisihan BOD})$ = 4515 mg/L $\times$ (1 - 0,7) = 1354,5 mg/L
Kolam Fakultatif	Kedalaman air = 1 m Freeboard = 0,3 m Rasio P : L = 2 : 1 Suhu = 31,7 oC Debit (Q_{in}) = 4,585 m ³ /hari BOD in (C_o) = 1354,5 mg/L Beban BOD volumetric = 50 g BOD/m ³ .hari	- Beban BOD₅ yang akan diolah = $C_o \times Q_{in} / 1000$ = 1354,5 mg/L $\times$ 4,585 m³/hari/1000 = 6,21 kg/hari - Volume bak (V) = beban BOD (kg/hari)/laju beban BOD Volumetrik (g/m³.hari) $\times$ 1000 = 6,21 kg/hari / 50 g/m³.hari $\times$ 1000 = 124,2 m³ - Luas bangunan (A) = Volume / kedalaman kolam = 124,2 m³/2 m = 62,1 m² - Lebar bak = $\sqrt{\text{luas bak}/2}$ = $\sqrt{62,1/2}$ = 5,57 m $\approx$ 5,6 m - Panjang bak = 2 $\times$ lebar bak = 2 $\times$ 5,6 m = 11,2 m - Kedalaman total bak = kedalaman air + freeboard = 1 m + 0,3 m = 1,3 m - Check luas bak = $P \times L$ = 11,2 m $\times$ 5,6 m = 62,72 m $\approx$ 63 m - Check volume = $P \times L \times H$ = 11,2 m $\times$ 5,6 m $\times$ 1,3 m = 81,536 m³ $\approx$ 82 m³ - Waktu tinggal hidrolis (HRT) = Volume/Q_{in} = 82 m³/4,585 m³/hari $\approx$ 18 hari - Debit keluar (Q_{out}) = $Q_{in} - 0,001 \times e \times HRT$ = 4,585 m³/hari - 0,001 $\times$ 0,6 $\times$ 18 = 4,574 m³/hari - BOD keluar (C_e) = $C_o \times (1 - \text{penyisihan BOD})$ = 1354,5 mg/L $\times$ (1 - 0,6) = 541,8 mg/L
Kolam Maturasi	Kedalaman air = 1,5 m Freeboard = 0,3 m Rasio P : L = 2 : 1 Suhu = 31,7 oC Debit (Q_{in}) = 4,574 m ³ /hari BOD in (C_o) = 541,8 mg/L Beban BOD volumetric = 50 g BOD/m ³ .hari Laju evaporasi (e) = 0,6 mm/hari	- Beban BOD₅ yang akan diolah = $C_o \times Q_{in} / 1000$ = 541,8 mg/L $\times$ 4,574 m³/hari/1000 = 2,48 kg/hari - Volume bak (V) = beban BOD (kg/hari) laju beban BOD Volumetrik (g/m³.hari) $\times$ 1000 = 2,48 kg/hari/50 g/m³.hari $\times$ 1000 = 49,57 m³ - Luas bangunan (A) = Volume / kedalaman kolam = 49,57 m³/1,5 m = 33 m² - Lebar bak = $\sqrt{\text{luas bak}/2}$ = $\sqrt{33/2}$ = 4,06 m $\approx$ 4 m - Panjang bak = 2 $\times$ lebar bak = 2 $\times$ 4,06 m = 8,1 m

Unit Pengolahan	Kriteria Desain dan Data Desain	Perhitungan Desain
		- Kedalaman total bak = kedalaman air + freeboard = 1,5 m + 0,3 m = 1,8 m - Check luas bak = $P \times L = 8,1 \text{ m} \times 4 \text{ m} = 32,4 \text{ m} \approx 32 \text{ m}$ - Check volume = $P \times L \times H = 8,1 \text{ m} \times 4 \text{ m} \times 1,8 \text{ m} = 58,32 \text{ m}^3 \approx 58 \text{ m}^3$ - Waktu tinggal hidrolis (HRT) = $\text{Volume}/Q_{in} = 58 \text{ m}^3/4,574 \text{ m}^3/\text{hari} \approx 13 \text{ hari}$ - Debit keluar (Q_{out}) = $Q_{in} - 0,001 \times e \times \text{HRT} = 4,574 \text{ m}^3/\text{hari} - 0,001 \times 0,6 \times 13 = 4,57 \text{ m}^3/\text{hari}$ - BOD keluar (C_e) = $C_o \times (1 - \text{penyisihan BOD}) = 541,8 \text{ mg/L} \times (1 - 0,7) = 162,54 \text{ mg/L}$
ABR	Debit influen = 4,57 m ³ /hari BOD ₅ = 162,54 mg/L COD = 374,038 mg/L TSS = 15,837 mg/L Kecepatan <i>upflow</i> = 0,1 m/jam Jumlah kompartemen = 3 buah Rasio area <i>upflow</i> : <i>downflow</i> = 3:1 Rasio lebar : panjang = 4:1 Rasio luas area <i>upflow</i> terhadap <i>downflow</i> = 3:1 HRT pada area pengendapan dirancang selama 20 jam = 0,83 hari	- Luas permukaan satu kompartemen <i>upflow</i> = debit influen / kecepatan <i>upflow</i> = $4,57 \text{ m}^3/\text{hari} / 24 \text{ jam/hari}$ $0,1 \text{ m/jam} = 1,96 \text{ m}^2 = 2 \text{ m}^2$, maka rasio panjang : lebar = 1:4 (P)($4P$) = $2 \text{ m}^2 : 4P^2 = 2 \text{ m}^2$ $P = 0,7 \text{ m}$; $L = 4P = 2,83 \text{ m} \approx 2,8 \text{ m}$; $A_u = 2 \text{ m}^2$; $A_d = 2/3 = 0,6 \text{ m}^2$ - Lebar tangki = 2,8 m², maka Panjang area <i>downflow</i> = Luas area <i>downflow</i> / lebar tangki = $0,6 \text{ m}^2 / 2,8 \text{ m} = 0,2 \text{ m}$ - Total volume aktif baffled area = (panjang kompartemen + panjang shaft) $\times$ lebar kompartemen $\times$ kedalam aktifm kompartemen $\times$ jumlah kompartemen = $(10,7 \text{ m} + 0,2 \text{ m}) \times 2,8 \text{ m} \times 2 \text{ m} \times 3 \text{ buah} = 15,12 \text{ m}^3$ - HRT dalam baffled area = $\text{total volume aktif baffled area} / \text{debit influen} = 15,12 \text{ m}^3 / 4,57 \text{ m}^3/\text{hari} = 3,3 \text{ hari} = 79,4 \text{ jam}$ - Periksa kesesuaian kecepatan <i>upflow</i> hasil perhitungan dengan kriteria desain = $\text{debit influen} / \text{luas tiap kompartemen} = 4,57 \text{ m}^3/\text{hari} / 2 \text{ m}^2 = 2,29 \text{ m/hari} = 0,09 \text{ m/jam}$ - Dimensi tangki pengendapan (settling tank) - Lebar dan kedalaman aktif tangka mengikuti dimensi baffled area, yaitu: Lebar = 2,8 m Kedalaman = 2 m - Panjang settling tank = $\text{HRT} \times \text{debit influen} \text{ lebar tangka} / \text{kedalaman tangki} = 0,83 \text{ hari} \times 4,57 \text{ m}^3/\text{hari} / 2,8 \text{ m} \times 2 \text{ m} \approx 0,7 \text{ m}$ - Volume settling tank = $1,7 \text{ m} \times 2,8 \text{ m} \times 2 \text{ m} = 4 \text{ m}^3$ - HRT dalam settling tank (actual) = $\text{total volume aktif settling tank} / \text{debit influen} = 4 \text{ m}^3 / 4,57 \text{ m}^3/\text{hari} = 0,8 \text{ hari} = 19,2 \text{ jam}$ - Volume aktif ABR = volume tangki pengendapan + volume area sekat = $4 \text{ m}^3 + 15,12 \text{ m}^3 = 19,12 \text{ m}^3$ - Periksa kesesuaian HRT hasil perhitungan dengan kriteria desain = $\text{volume ABR} / \text{debit influen} = 19,12 \text{ m}^3 / 4,57 \text{ m}^3/\text{hari} = 4 \text{ hari} = 96 \text{ jam}$ - Total luas lahan yang dibutuhkan = luas <i>baffled area</i> + <i>settling tank</i> = $(0,7 \text{ m} \times 2,8 \text{ m} \times 3 \text{ buah}) + (0,7 \text{ m} \times 2,8 \text{ m}) = 7,84 \text{ m}$ - Konsentrasi BOD ke zona sekat = $(1 - 0,49) \times 162,54 \text{ mg/L} = 83 \text{ mg/L}$ - Total efisiensi penyisihan BOD = $1,085 \times \text{total efisien COD} = 1,085 \times 87\% = 94\%$ - BOD efluen = $(1 - 0,94) \times 162,54 \text{ mg/L} = 9,8 \text{ mg/L}$

Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 4 maka dapat diperkirakan keluaran kualitas hasil pengolahan lindi untuk masing-masing unit hingga dapat di buang ke badan air. Secara detail keluaran masing-masing unit dapat dilihat pada Gambar 3. Kualitas air berdasarkan parameter BOD₅ yang diprediksi dapat mencapai 9,8 mg/L. Hal ini menunjukkan kualitas effluent juga diprediksi sudah memenuhi baku mutu yang telah ditentukan (Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia, 2016).

Total luas lahan yang dibutuhkan dalam perencanaan ini adalah 126.76 m² atau 0.013 ha (Tabel 5). Total luas lahan ini hanya mengambil 0,3% dari luas lahan TPA yang seluas 1,84 ha. Adanya perencanaan pengolahan lindi di Nusa Lembongan diharapkan dapat menjadi masukan dalam mencegah dampak lingkungan yang mungkin terjadi. Hal ini juga dapat mencegah pencemaran ke hutan mangrove yang sudah diprediksi akan terjadi di Nusa Lembongan (Pricillia et al., 2021).



Gambar 3. Prediksi Kualitas BOD Effluent Masing-Masing Unit Pengolahan Air Lindi

Tabel 5. Rekapitulasi Kebutuhan Lahan untuk Pengolahan Lindi di TPA Lembongan

Unit Pengolahan	Luas Lahan yang Dibutuhkan (m ²)
Bak Ekualisasi	0,1908
Kolam Fakultatif	23,63
Kolam Fakultatif	62,1
Kolam Maturasi	33
ABR	7,84
Total Luas	126,76

4. Kesimpulan

Perkiraan effluent lindi berdasarkan parameter BOD sudah mencapai 9,8 mg/L dengan penerapan *system hybrid* kolam stabilisasi dan ABR di Nusa Lembongan. Kualitas ini sudah cukup untuk memenuhi baku mutu yang disyaratkan di Indonesia. Luas lahan yang dibutuhkan hanya sekitar 0,3% dari luas lahan yang tersedia. Sehingga dapat dipertimbangkan untuk diaplikasikan sebagai upaya pencegahan dampak lingkungan oleh lindi ke hutan mangrove di Nusa Lembongan.

Daftar Pustaka

- Afifah AS, Suryawan IWK, Sarwono A. 2020. Microalgae production using photo-bioreactor with intermittent aeration for municipal wastewater substrate and nutrient removal. *Communications in Science and Technology* 5(2): 107–111. DOI: 10.21924/cst.5.2.2020.200
- Arthana IW, Restu IW, Dewi APWK, Pratiwi MA, Ekawaty R, Widiastuti, Negara KW. 2017. Pelatihan pengolahan produk buah mangrove untuk mendukung pengembangan Nusa Lembongan sebagai destinasi wisata. *Buletin Udayana Mengapdi* 16(2): 133–137
- Dan D, Telur K, Ascaris C. 2021. AIR LIMBAH DAN LUMPUR IPAL BOJONGSOANG BANDUNG dibandingkan dengan indikator bakteri fekal koliform . *Tingkat resistensi telur cacing parasit*. 13: 62–75
- Darwin, Koko Suryawan IW, Prajati G. 2019. Evaluation of Waste Stabilization Pond (WSP) Performance in Bali Tourism Area. 2019 2nd International Conference on Applied Engineering (ICAE), 1–5. DOI: 10.1109/ICAE47758.2019.9221708
- Ginatra IK, Darmadi AAK, Suaskara IB, Muksin I. 2018. Keanekaragaman jenis mangrove pesisir Lembongan dalam menunjang kegiatan wisata mangrove tour. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Biologi* 249–255
- Ilham A, Marzuki MI. 2018. Machine Learning-Based Mangrove Land Classification on Worldview-2 Satellite Image in Nusa Lembongan Island. *International Journal of Remote Sensing and Earth Sciences (IJReSES)* 14(2): 159. DOI: 10.30536/ijreses.2017.v14.a2820
- Khansa P, Sofiyah ES, Suryawan IWK. 2020. Determination of Rain Intensity Based on Rain

- Characteristics Observed from Rain Observation Stations Around South Jakarta. *Journal of Advanced Civil and Environmental Engineering* 3(2): 94. DOI: 10.30659/jacee.3.2.106-115
- Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia. 2016. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indoneisa Nomor P.59/Menlhk/Setjen/Kum.1/7.2016 Tentang Baku Mutu Lindi Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Tempat Pemrosesan Akhir Sampah. *Berita Negara Republik Indonesia Tahun 2016 Nomor 1050* 1–12
- Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia. 2013. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia No. 3 Tahun 2013 Tentang Penyelenggaraan Prasarana dan Sarana Persampahan Dalam Penanganan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga.
- Metcalf, Eddy. 1991. *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, and Reuse*. 3rd Edition,. McGraw-Hill, Inc.: Singapore
- Palguna IBA, Ardhana IP., Arthana IW. 2017. Struktur Dan Keanekaragaman Jenis Mangrove Di Kawasan Hutan Mangrove Nusa Lembongan, Kecamatan Nusa Penida, Kabupaten Klungkung. *Ecotrophic* 11(2): 108–115
- Pricillia CC, Patria MP, Herdiansyah H. 2021. Environmental conditions to support blue carbon storage in mangrove forest: A case study in the mangrove forest, nusa lembongan, bali, indonesia. *Biodiversitas* 22(6): 3304–3314. DOI: 10.13057/biodiv/d220636
- PUPR. 2017. LAMPIRAN II PERATURAN MENTERI PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT NOMOR 04/PRT/M/2017 TENTANG PENYELENGGARAAN SISTEM PENGELOLAAN AIR LIMBAH DOMESTIK.
- Septiariva IVAY, Suryawan IWK. 2021. Development Of The Water Quality Index (Wqi) And Hydrogen Sulfide (H₂s) For Assessments Around The Suwung Landfill, Bali Island. 16(4): 137–148
- Septiariva IY, Wayan Koko Suryawan I, Sari NK, Sarwono A. 2020. Impact of salinity on stabilized leachate treatment from ozonation process. *Advances in Science, Technology and Engineering Systems* 5(6): 1511–1516. DOI: 10.25046/aj0506181
- Simanjuntak NAMB, Zahra; NL, Suryawan IWK. 2021. Tofu Wastewater Treatment Planning with Anaerobic Baffled Reactor (ABR) and Activated Sludge Application. *Jurnal Ilmu Alam dan Lingkungan* 12(1): 21–27
- Soedarsono; A, Jumadianto DS. 2017. Analisis Penerapan Review Design Pada Proyek Pembuatan Kolam Lindi. *Prosiding Seminar Nasional Inovasi Dalam Pengembangan SmartCity (Vol 1, No 1 (2017))*: 326–342
- Sofiyah ES, Suryawan IWK. 2021. Cultivation of *Spirulina platensis* and *Nannochloropsis oculata* for nutrient removal from municipal wastewater. *Rekayasa* 14(1): 93–97. DOI: 10.21107/rekayasa.v14i1.8882
- SSK Kabupaten Klungkung. 2015. Bab ii profil sanitasi saat ini 2.1. Profil Sanitasi Tahun 2015 - 2020 8–60
- Suryawan IW, Septiariva IY, Helmy Q, Notodarmojo, S., Wulandari M, Sari NK, Sarwono A, Jun-Wei L. 2021. Comparison of Ozone Pre-Treatment and Post-Treatment Hybrid with Moving Bed Biofilm Reactor in Removal of Remazol Black 5. *International Journal of Technology* 12
- Tim Penyusun. 2010. *Perencanaan Pengelolaan Sampah, Balai Teknik Air Minum dan Sanitasi Wilayah I, Bekasi*
- Widyarsana IMW, Damanhuri E, Agustina E, Aulia RN. 2019. Risk assessment and rehabilitation potential of municipal solid waste landfills in Bali Province, Indonesia. *International Journal of GEOMATE* 17(63): 164–171. DOI: 10.21660/2019.63.39057
- Yodi Y, Suryawan IWK, Afifah AS. 2020. Estimation of Green House Gas (GHG) emission at Telaga Punggur landfill using triangular, LandGEM, and IPCC methods. *Journal of Physics: Conference Series* 1456(1). DOI: 10.1088/1742-6596/1456/1/012001