

Optimasi Dosis Irigasi Air Limbah Domestik Terolah Pada RTH Untuk Aktivitas Kepelabuhan Di Daerah Pesisir

Zahra Rahimaputri Ralanita^{1*}, Ariesta Sulistyio Asih²

^{1,2}Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur, Jl. Rungkut Madya, Gn. Anyar, Kec. Gn. Anyar, Surabaya, Jawa Timur 60294
Email Correspondent*: 22034010009@student.upnjatim.ac.id

Abstract

Due to the high vulnerability to clean water shortages and seawater intrusion problems, sustainable wastewater management is a major issue in coastal areas, such as port areas. The purpose of this study is to increase the reuse of treated domestic wastewater in the Green Open Space (RTH) of Port in East Nusa Tenggara. Test results showed that the IPAL could produce effluent with a BOD₅ level of 9,26 mg/L and a fecal coliform level of 80.00 MPN/100 mL. This significantly meets wastewater quality standards for use (≤ 12 mg/L and ≤ 200 MPN/100 mL). The ideal irrigation dose for the dry season is 4,00 l/m²/day, and for the rainy season is 3.86 l/m²/day. To ensure efficient water use during the rainy season, water dosage calculations are based on the fact that high rainfall reduces the amount of water required. Watering twice a day is technically feasible because the time it takes for water to be absorbed into the volcanic soil in coastal areas is much shorter than the watering time, which prevents waterlogging. This study concludes that optimizing irrigation dosage based on hydrological data is an effective and sustainable approach to water resource management in port environments.

Keywords: Coastal areas, Irrigation dosage, Water conservation, Water reuse, Water treatment

Abstrak

Karena kerentanan yang tinggi terhadap kekurangan air bersih dan masalah intrusi air laut, pengelolaan limbah domestik yang berkelanjutan menjadi isu utama di daerah pesisir, seperti kawasan pelabuhan. Tujuan studi ini adalah untuk meningkatkan pemanfaatan kembali limbah domestik yang telah diolah di Ruang Terbuka Hijau (RTH) Pelabuhan di Nusa Tenggara Timur. Hasil uji menunjukkan bahwa IPAL dapat menghasilkan limbah dengan tingkat BOD₅ sebesar 9,26 mg/l dan tingkat koliform sebesar 80,00 MPN/100 ml. Hal ini secara signifikan memenuhi standar kualitas air limbah untuk penggunaan (≤ 12 mg/L dan ≤ 200 MPN/100 mL). Dosis irigasi ideal untuk musim kemarau adalah 4,00 l/m²/hari, dan untuk musim hujan adalah 3,86 l/m²/hari. Untuk memastikan penggunaan air yang efisien selama musim hujan, perhitungan dosis air didasarkan pada fakta bahwa curah hujan yang tinggi mengurangi jumlah air yang dibutuhkan. Penyiraman dua kali sehari secara teknis memungkinkan karena waktu yang dibutuhkan air untuk diserap ke dalam tanah vulkanik di daerah pesisir jauh lebih singkat daripada waktu penyiraman, yang mencegah genangan air. Studi ini menyimpulkan bahwa mengoptimalkan dosis irigasi berdasarkan data hidrologi merupakan pendekatan yang efektif dan berkelanjutan dalam pengelolaan sumber daya air di lingkungan pelabuhan.

Kata Kunci: Dosis irigasi, Kawasan pesisir, Konservasi air, Pengolahan air, Water reuse

PENDAHULUAN

Kawasan pelabuhan merupakan gerbang ekonomi dan logistik. Pelabuhan dicirikan oleh aktivitas kepelabuhanan yang padat menjadi salah satu tantangan utama dalam permasalahan lingkungan salah

satunya adalah pengelolaan air limbah domestik. Air limbah domestik yang dihasilkan biasanya dari fasilitas penumpang dan perkantoran (Hadi, 2022). Air limbah domestik sering kali dibuang ke daerah pesisir tanpa dilakukannya pengolahan

terlebih dahulu. Namun, hal ini seringkali menjadi penyebab utama dalam penurunan kualitas air laut. Adapun pencemaran air lainnya yaitu pengaruh terhadap pulau kecil disekitar area pelabuhan yang dapat terjadi krisis air bersih dan isu intrusi air laut (Kalembiro et al., 2024).

Pemanfaatan kembali atau *water reuse* merupakan salah satu solusi yang berkelanjutan untuk konservasi sumber daya air. Air limbah yang terolah dapat dimanfaatkan sebagai penyiraman ruang terbuka hijau sehingga kebutuhan air bersih yang seharusnya untuk area penyiraman dapat diambil dari proses pengolahan limbah domestik. Salah satu penerapan efektif untuk pengolahan air limbah domestik adalah proses *anaerobic-aerobic* (Metcalf & Eddy, 2014). Pengolahan ini terbukti dapat menurunkan kandungan polutan organik sehingga memenuhi standar Baku Mutu Air Limbah untuk penyiraman, yang juga merupakan prasyarat wajib sesuai regulasi Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2021.

Pemberian dosis air yang tidak tepat dapat menyebabkan *over irrigation* yang berujung menyebabkan kejenuhan tanah serta pemborosan yang merusak vegetasi tanaman. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk menganalisis optimasi dosis irigasi air limbah domestik terolah pada RTH Pelabuhan X dengan mengintegrasikan tiga faktor penentu: (1) kelayakan kualitas air berdasarkan BMAL Pemanfaatan; (2) data hidrologi lokal (curah hujan) untuk penyesuaian dosis musim hujan; dan (3) karakteristik infiltrasi tanah vulkanik kawasan pesisir. Hasil optimasi ini diharapkan dapat menjadi panduan teknis

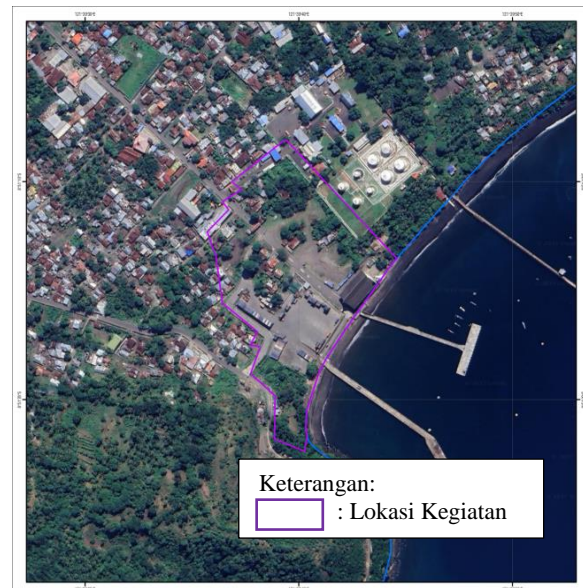
bagi aktivitas kepelabuhanan lainnya dalam menerapkan praktik pengelolaan air limbah berkelanjutan.

METODE

Metode penelitian yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu menggunakan pendekatan deskriptif dan kuantitatif berdasarkan data sekunder yang diperoleh.

Lokasi dan Sumber Data

Adapun lokasi area kegiatan yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu tersaji pada Gambar 1 berikut:



Sumber: Google Earth, 2025; diolah oleh penyusun.

Gambar 1. Lokasi Kegiatan

Sumber Air Limbah

Sumber air limbah yang pada penelitian ini didapatkan melalui fasilitas domestik area gedung terminal penumpang, meliputi toilet, musala, wastafel, dan *cleaning* lantai bangunan.

Area Pemanfaatan

Area RTH berjumlah 10 lokasi Ruang Terbuka Hijau di Area Gedung Terminal Penumpang, dengan total luas 315,40 m².

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Air Limbah

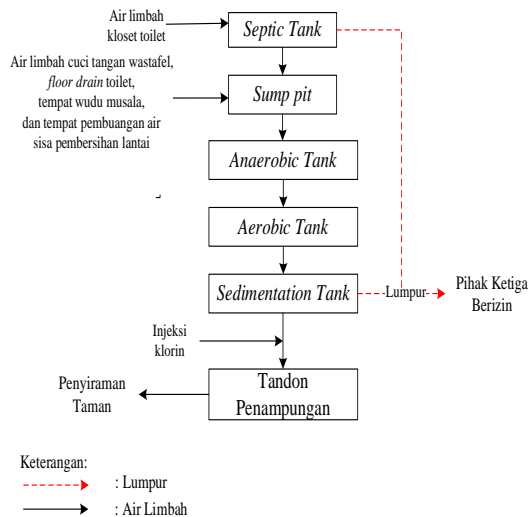
Sumber air limbah pada kegiatan ini berasal dari toilet dan wastafel, tempat wudu musala, serta tempat pembuangan air sisa pembersihan lantai bangunan.

Tabel 1. Karakteristik Air Limbah Domestik

No.	Parameter	Kadar <i>Influent</i>	Satuan
1.	pH	7,30	-
2.	BOD5	65	mg/l
3.	COD	102	mg/l
4.	TSS	50	mg/l
5.	Residual Klorin	0	mg/l
6.	Fecal Coliform	4.000	MPN/100ml

Analisis Kinerja IPAL

Analisis kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) domestik kegiatan kepelabuhanan dengan kapasitas 3,00 m³/hari menunjukkan kapabilitas yang optimal dalam menurunkan parameter sesuai tabel karakteristik air limbah domestik.



Gambar 2. Alur Instalasi Pengolahan Air Limbah

Analisis kinerja IPAL dijelaskan dari efektifitas *removal* nya dalam menurunkan parameter yang terkandung di air limbah. Analisis efektifitas *removal* telah tercantum pada Tabel 2.

Tabel 2. Efektivitas IPAL

No.	Parameter	Kadar <i>Influent</i>	Baku Mutu (*)	Satuan
1.	pH	7,30	6-9	-
2.	BOD5	11,89	12,00	mg/l
3.	COD	78,49	80,00	mg/l
4.	TSS	29,80	30,00	mg/l
5.	Residual Klorin	0,88	1,00	mg/l
6.	Fecal Coliform	198,00	200,00	MPN/100 ml

Keterangan: (*) Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 11 Tahun 2025 Tentang Baku Mutu Air Limbah Dan Standar Teknologi Pengolahanair Limbah Untuk Air Limbah Domestik

Analisis Karakteristik Lahan

Lahan yang dimanfaatkan sebagai penyiraman air limbah terolah adalah RTH Terminal Penumpang. Adapun lahan yang dimanfaatkan sebagai penyiraman dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Karakteristik RTH

No.	Kegiatan	Lahan yang Dimanfaatkan	Luas (m ²)
1.	Terminal Penumpang	RTH 1 Terminal Penumpang	± 34,80
		RTH 2 Terminal Penumpang	± 36,95
		RTH 3 Terminal Penumpang	± 26,27
		RTH 4 Terminal Penumpang	± 6,25
		RTH 5 Terminal Penumpang	± 6,58
		RTH 6 Terminal Penumpang	± 4,25
		RTH 7 Terminal Penumpang	± 69,22
		RTH 8 Terminal Penumpang	± 42,66
		RTH 9 Terminal Penumpang	± 47,40
		RTH 10 Terminal Penumpang	± 53,90

Kegiatan kepelabuhanan ini berlokasi di wilayah dengan jenis tanah vulkanik berdasarkan Luciany (2022), dengan nilai permeabilitas 0,65 cm/jam mengacu pada Tan, Nisanson, & Rafli, (2024). Perhitungan laju infiltrasi tanah lahan yang dimanfaatkan dijelaskan pada Tabel 4.

Tabel 4. Tabel Laju Infiltrasi

Permeabilitas (cm/jam)	Luas Area (cm ²)	Debit		Vol (l)
		cm ³ / detik	l/ detik	
0,65	10.000	2,00	0,002	3,86
0,65	10.000	2,00	0,002	4,00

Menurut Prihantoro (2022), perhitungan Laju Infiltrasi dapat dihitung menggunakan perhitungan di bawah.

Contoh Perhitungan:

$$\begin{aligned} \text{Permeabilitas} &= 0,65 \text{ cm/jam} \\ &= 0,0002 \text{ cm/detik} \end{aligned}$$

- Laju alir fluida (Q)

$$\begin{aligned} &= \text{Permeabilitas (K)} \times \text{landaian hidrolika (i)} \\ &\quad \times \text{luas area (A)} \\ &= 0,0002 \text{ cm/detik} \times 1 \text{ (karena kemiringan} \\ &\quad \text{100\%)} \times 10.000 \text{ cm}^2 \\ &= 2,00 \text{ cm}^3/\text{detik} \\ &= 0,002 \text{ l/detik} \end{aligned}$$

- Waktu infiltrasi (t)

$$\begin{aligned} &= \text{Volume (v)} / \text{laju alir fluida (Q)} \\ &= 3,86 \text{ l} / 0,002 \text{ l/detik} \\ &= 1.930,00 \text{ detik} \\ &= 32,16 \text{ menit} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, maka waktu yang diperlukan untuk infiltrasi air sebanyak 3,86 liter–4,00 liter membutuhkan waktu 32,16 menit–33,33 menit pada setiap luas area 1 m². Adapula pemakaian dosis tersebut adalah 3,86 liter untuk periode musim hujan dan 4,00 liter untuk musim kemarau.

Perhitungan Dosis

Dosis penyiraman mengikuti perhitungan dosis penyiraman berdasarkan nilai curah hujan lokal. Data curah hujan diperoleh dari data NASA pada laman power.larc.nasa.gov yang diakses pada 5 Maret 2025 dengan rentang data 1 Januari 2013 hingga 31 Desember 2022 dengan memasukkan titik koordinat di lokasi

kegiatan. Pencatatan data curah hujan tercantum pada Tabel 5

Tabel 5. Data Curah Hujan 10 Tahun

Data Rata-Rata Curah Hujan 10 Tahun	
2013	5,40
2014	2,56
2015	1,01
2016	2,84
2017	2,34
2018	2,94
2019	1,75
2020	3,11
2021	7,07
2022	3,04
Rata-rata	3,21

Perhitungan dosis penyiraman air limbah terolah mengacu pada persamaan sebagai berikut.

$$\text{Dosis (m}^3/\text{ha/hari)} = \left\{ \frac{\text{curah hujan maks} \left(\frac{\text{mm}}{\text{hari}} \right) - \text{curah hujan aktual} \left(\frac{\text{mm}}{\text{hari}} \right)}{1.000} \times 10.000 \right\}$$

Dari data curah hujan di atas, diketahui nilai curah hujan maksimum dari rata-rata curah hujan dalam rentang waktu 10 tahun terakhir (1 Januari 2013–31 Desember 2022) adalah 7,07 mm/hari, sedangkan rata-rata curah hujan aktual adalah 3,21 mm/hari sehingga perhitungan dosis penyiraman adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Dosis (m}^3/\text{ha/hari)} &= \left\{ \frac{7,07 \frac{\text{mm}}{\text{hari}} - 3,21 \frac{\text{mm}}{\text{hari}}}{1.000} \times 10.000 \right\} \\ &= 38,64 \text{ m}^3/(\text{ha.hari}) \\ &\approx 3,86 \text{ l}/(\text{m}^2.\text{hari}) \end{aligned}$$

Debit air limbah terolah IPAL yang dimanfaatkan untuk penyiraman RTH Terminal Penumpang pada Terminal Pelabuhan sebesar 2,537 m³/hari dengan luas taman sebagai area pemanfaatan seluas 328,28 m². Metode pemanfaatan air limbah terolah untuk penyiraman RTH Terminal Penumpang menggunakan keran dan selang yang terkoneksi tandon penampungan dengan frekuensi penyiraman sebanyak 2 kali dalam sehari. Jadwal rotasi pengaliran air limbah dijelaskan pada Tabel 6

Tabel 6. Jadwal Rotasi Pengaliran Air Limbah

No.	Penyiraman	Waktu Penyiraman	
		Musim Kemarau	Musim Hujan
1	Penyiraman pertama	09.00 Wita	Menyesuaikan Kondisi Hujan
2	Penyiraman kedua	16.00 Wita	

Verifikasi Kualitas Air Limbah Terolah

Kualitas air limbah terolah dari Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) domestik dirancang untuk memenuhi dan memastikan kelayakan air limbah yang akan di aplikasikan ke tanah. IPAL ini menggunakan teknologi *Anaerobic-Anoxic-Aerobic* dengan kapasitas 3,00 m³/hari.

Hasil kandungan polutan organik BOD dan COD ditemukan penurunan memenuhi baku mutu sebesar 11,89 mg/l dan COD sebesar 78,49 mg/l dengan persentase BOD penurunan hingga 99% dan COD sebesar 98.11%. Berdasarkan efisiensi penyisihan tersebut telah di verifikasi bahwa air limbah terolah dari IPAL secara kualitas layak dan aman untuk diaplikasikan sebagai media irigasi RTH di area pesisir.

Optimasi Dosis Musim Kemarau Dan Musim Hujan

Optimasi dosis dirancang untuk dua kondisi musim, memastikan air yang diberikan cukup untuk tanaman namun tidak menimbulkan genangan dan terjadinya *run-off* yang dapat mencemari lingkungan.

Perhitungan dosis penyiraman mengacu kepada perhitungan sebelumnya dan didapatkan dosis rata-rata per hari adalah 3,86 l/m².hari dengan frekuensi 2 kali per hari. Total debit air limbah yang dihasilkan adalah 3 m³/hari dan luas RTH yang disirami adalah sebesar 315,40 m².

Penentuan dosis berbasis data hidrologi ini dilakukan untuk menjamin air yang

disalurkan untuk menutupi defisit kelembapan tanah yang terjadi saat musim hujan dan mencegah terjadinya over irrigation yang menyebabkan kejenuhan tanah.

Analisis Kelayakan Teknik Aplikasi ke Tanah

Efektivitas irigasi tidak bergantung pada kualitas air dan dosis tetapi juga pada kondisi, dan karakteristik fisik lahan yang berada di kawasan pesisir.

1. Kesesuaian Karakteristik Lahan

Kegiatan kepelabuhan ini berlokasi di wilayah dengan jenis tanah vulkanik berdasarkan Luciany (2022), dengan nilai permeabilitas 0,65 cm/jam mengacu pada Tan, Nisanson, & Rafli, (2024). Permeabilitas tanah diukur rata-rata 0,65 cm/jam. Perhitungan waktu infiltrasi untuk dosis irigasi yang dibutuhkan adalah sebesar 3,86-4,00 liter adalah sekitar 32,16 hingga 33,33 menit/m².

Diketahui waktu infiltrasi adalah sebesar 33,33 menit/m² yang jauh lebih singkat daripada interval penyiraman yaitu minimal 7 jam maka metode penyiraman 2 kali sehari tidak akan menyebabkan genangan atau penurunan kejenuhan tanah sehingga menjaga kondisi aerasi tanah yang baik untuk tanaman.

2. Dampak Konservasi Air

Total kebutuhan air bersih Pelabuhan X tanpa *water reuse* adalah 200,000 m³/hari dari limbah yang terolah. Dengan memanfaatkan hasil limbah yang terolah efisiensi penggunaan air bersih mencapai 1,25% yang meskipun rampak kecil tetapi dapat mengurangi beban pengambilan air tanah dari akuifer lokal sehingga menjaga konservasi air tanah di kawasan pesisir.

3. Analisis Kecocokan Tanaman di RTH Pesisir

Analisis kecocokan tanaman di daerah sekitar pesisir dilakukan untuk mengidentifikasi apakah tanaman yang di tanam sesuai dengan peraturan dan regulasi yang ada yaitu Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 5 Tahun 2008 tentang Pedoman Penyediaan dan Pemanfaatan Ruang Terbuka Hijau di Kawasan Perkotaan. Berikut merupakan jenis tanaman yang digunakan pada kawasan sekitar Pelabuhan X.

Tabel 7. Jenis Tanaman

No.	Nama Lokal	Spesies	Usia
1.	Akasia daun besar	<i>Accasia mangium</i>	5 tahun
2.	Oleander	<i>Nerium oleander</i>	2 tahun
3.	Bougenvil	<i>Bougenvillea sp</i>	10 tahun
4.	Kembang sepatu	<i>Hibiscus rosa-sinensis</i>	10 tahun

Adapun karakteristik tanaman yang cocok pada daerah pesisir yaitu sebagai berikut:

Karakteristik Pemilihan Vegetasi untuk RTH

1. Merupakan tanaman lokal yang sudah teruji ketahanan dan kesesuaiannya terhadap kondisi pantai tersebut.
2. Sistem perakaran yang kuat sehingga mampu mencegah abrasi pantai, tiupan angin dan hempasan gelombang air pasang.
3. Batang dan sistem percabangan yang kuat.
4. Toleransi terhadap kondisi air payau.
5. Tahan terhadap hama dan penyakit tanaman.
6. Bakau merupakan tanaman yang khas sebagai pelindung pantai.

Berdasarkan tabel jenis tanaman maka tanaman yang berada di sekitar daerah pesisir

memenuhi karakteristik yang telah tercantum pada regulasi. Hanya saja, umur dari tanaman perlu dilakukannya penanaman tambahan di sekitar area RTH untuk membantu tanaman lain yang memiliki usia >10 tahun.

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis hasil verifikasi kualitas air, data hidrologi, dan karakteristik lahan, dapat disimpulkan bahwa praktik optimasi dosis air limbah domestik terolah pada RTH Pelabuhan X adalah layak secara teknis dan berkelanjutan.

1. Kelayakan kualitas air telah memenuhi standar baku mutu penyiraman yaitu pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 11 Tahun 2025 Tentang Baku Mutu Air Limbah Dan Standar Teknologi Pengolahanair Limbah Untuk Air Limbah Domestik.
2. Optimasi dosis dioptimalkan sesuai hidrologi musim yang menjamin efisiensi air, mencegah *over irrigation* dan memitigasi resiko *run-off* polutan
3. Kesesuaian Aplikasi Waktu infiltrasi air ke tanah Vulkanik di kawasan pesisir (sekitar 33 menit) jauh lebih singkat daripada interval penyiraman (minimal 7 jam). Oleh karena itu, rotasi aplikasi 2 kali per hari secara teknis memungkinkan air meresap sempurna, menjaga aerasi tanah, dan mencegah genangan di area pelabuhan.

Dampak Konservasi Pemanfaatan air limbah terolah secara langsung mengurangi beban pengambilan air tanah dan berkontribusi terhadap efisiensi konservasi air bersih sebesar 1,25% di kawasan pesisir yang rentan.

DAFTAR PUSTAKA

- Hadi, A., & Pratiwi, A. (2022). Analisis Kerentanan Air Tanah terhadap Intrusi Air Laut di Kawasan Pesisir Indonesia. *Jurnal Teknik Lingkungan*.
- Kalembiro, Ersal, et al., (2024). Penanganan Pencemaran Akibat Air Limbah Domestik Terhadap Kualitas Air Sungai Malalayang Di Kelurahan Bahu Kota Manado. *E-Journal of Sam Ratulangun University*.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia. (2021). Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2021 tentang Tata Cara Penerbitan Persetujuan Teknis dan Surat Kelayakan Operasional Bidang Pengendalian Pencemaran Lingkungan. Jakarta.
- Luciany, Y. P. (2022). Penyusunan Data Dasar Masyarakat sebagai Upaya Pembaharuan Data di Desa Wolosambi Kecamatan Lio Timur Kabupaten Ende. *Prima Abdika: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 2(3), 312-317.
- Metcalf & Eddy. (2014). *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse, 5th Edition*. New York. Mc Graw-Hill.
- Pemerintah Republik Indonesia. (2021). Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2021 Nomor 32. Jakarta: Kementerian Sekretariat Negara Republik Indonesia.
- Pemerintah Republik Indonesia. (2025). Peraturan Menteri Lingkungan Hidup/Kepala Badan Pengendalian Lingkungan Hidup Nomor 11 Tahun 2025 tentang Baku Mutu Air Limbah dan Standar Teknologi Pengolahan Air Limbah untuk Air Limbah Domestik. Jakarta: Kementerian Sekretariat Negara Republik Indonesia.
- Prihantoro, R.H. (2022). Akuisisi dan Perhitungan Data Permeabilitas dan Kadar Air Tanah di Lapangan Panas Bumi Way Ratai, Lampung dengan Metode *Falling-Head*. Laporan Praktik Kerja Lapangan. Fakultas Teknik Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Surface Meteorology and Solar Energy. (2024). power.larc.nasa.gov. (diakses pada 21 Januari 2025).
- Tan, V., Nisanson, M. Y., & Dola, C. X. (2024). Analisis Laju Aliran Air Tanah (Sumur) di Kecamatan Ende Selatan, Kabupaten Ende. *Community Development Journal: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 5(3), 4343-4348.