

Design of Temporary Storage Sites (TPS) for B3 Waste in the Water Tourism Sector in Malang Regency

Perencanaan Tempat Penyimpanan Sementara (TPS) Limbah B3 pada Sektor Wisata Air di Kabupaten Malang

Ragil Prastyo, R. Mohammad Alghaf Dienullah

**Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik dan Sains
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur
Jl. Rungkut Madya, Gn. Anyar, Kec. Gn. Anyar, Surabaya, Jawa Timur 60294**

Email: alghaf.ft@upnjatim.ac.id

Abstract - The growth of the water tourism sector in Malang Regency has resulted in an increase in the generation of Hazardous and Toxic Materials (B3) waste, which threatens the sustainability of aquatic ecosystems. This study presents a representative design for a Temporary Storage Facility (TPS) for B3 Waste that complies with environmental safety technical standards. The study methods used include waste characteristic identification, direct weighing sampling, and engineering design based on the compatibility principle. The evaluation results indicate a total B3 waste generation of 23.35 kg/month, with the largest contribution coming from used battery waste (A102d) of 8 kg/month. Based on this data, a TPS facility with dimensions of 7.5 m x 3.5 m x 3.5 m was designed, equipped with a natural ventilation system, emergency drainage channels, and a spill pallet. The planning of this facility serves as a prototype for mitigating environmental pollution risks to ensure regulatory compliance in water tourism areas.

Keywords: Hazardous Waste, Water Tourism, Storage Design, Pollution Mitigation.

Abstrak – Pertumbuhan sektor pariwisata air di Kabupaten Malang berdampak pada peningkatan timbulan limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) yang mengancam keberlanjutan ekosistem akuatik. Kajian ini menyajikan rancangan fasilitas Tempat Penyimpanan Sementara (TPS) Limbah B3 yang representatif dan sesuai dengan standar teknis keselamatan lingkungan. Metode kajian yang digunakan meliputi identifikasi karakteristik limbah, *sampling* penimbangan langsung, dan perencanaan teknis (*engineering design*) berbasis prinsip kompatibilitas. Hasil evaluasi menunjukkan total timbulan limbah B3 sebesar 23,35 kg/bulan, dengan kontribusi terbesar berasal dari limbah baterai bekas (A102d) sebanyak 8 kg/bulan. Berdasarkan data tersebut, dirancang fasilitas TPS berdimensi 7,5 m x 3,5 m x 3,5 m yang dilengkapi dengan sistem ventilasi alami, saluran drainase darurat, dan bak penampung tumpahan (*spill pallet*). Perencanaan fasilitas ini berfungsi sebagai *prototipe* mitigasi risiko pencemaran lingkungan guna menjamin ketaatan regulasi di kawasan wisata air.

Kata Kunci: Limbah B3, Wisata Air, Desain Penyimpanan, Mitigasi Pencemaran.

1. PENDAHULUAN

Sektor pariwisata di Kabupaten Malang, khususnya destinasi wisata air, telah berkembang menjadi pilar utama penggerak ekonomi regional [1]. Namun, pertumbuhan ini secara linier meningkatkan beban antropogenik terhadap lingkungan melalui peningkatan volume timbulan limbah. Menurut Sharpley dan Telfer [2], pengembangan pariwisata yang masif sering kali mengabaikan aspek eksternalitas lingkungan, termasuk timbulan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (Limbah B3) yang dihasilkan dari aktivitas operasional harian. Berdasarkan referensi [3], limbah B3 diklasifikasikan sebagai sisa usaha yang mengandung zat

atau komponen yang karena sifat, konsentrasi, maupun jumlahnya dapat mencemarkan lingkungan hidup serta membahayakan kesehatan manusia. Kompleksitas karakteristik limbah tersebut menuntut mitigasi risiko yang presisi melalui manajemen penyimpanan yang memenuhi standar keselamatan teknis [4]. Berdasarkan aturan Menteri KLH [5], sektor pariwisata memiliki *ecological footprint* yang signifikan, di mana kegagalan dalam melokalisasi limbah berbahaya di kawasan hidrologi sensitif dapat menyebabkan kontaminasi silang yang mengancam kesehatan wisatawan serta keberlanjutan biota air [6]. Kurangnya fasilitas penyimpanan yang terstandarisasi juga dapat menye-

babkan zat beracun merembes ke air tanah, yang menurut Page dan Connell [7], akan menurunkan kepercayaan publik terhadap keamanan destinasi dalam jangka panjang. Oleh karena itu, diperlukan suatu kajian perencanaan teknis (*engineering design*) untuk merancang fasilitas TPS Limbah B3 yang representatif berdasarkan prinsip kompatibilitas guna mencegah reaksi kimia berbahaya [8].

Lebih lanjut, pengelolaan limbah yang sistematis mulai dari tahap identifikasi hingga penyimpanan sementara merupakan implementasi dari konsep *Life Cycle Thinking* dan prinsip ekonomi sirkular dalam pariwisata berkelanjutan [9]. Hal ini sejalan dengan mandat *World Tourism Organization* [10] yang menekankan bahwa pemulihan sektor pariwisata pasca pandemi harus berbasis pada tanggung jawab lingkungan yang lebih hijau. Berlandaskan pada urgensi tersebut, dilakukan perencanaan teknis Tempat Penyimpanan Sementara (TPS) Limbah B3 pada sektor wisata air di Kabupaten Malang sebagai langkah strategis dalam perlindungan ekosistem akuatik lokal.

2. METODE PELAKSANAAN

Kajian desain diawali dengan identifikasi karakteristik dan klasifikasi jenis limbah B3 melalui observasi lapangan yang merujuk pada regulasi pengelolaan limbah berbahaya sesuai kategori dan sifat zat. Tahap selanjutnya adalah analisis kuantitatif timbulan menggunakan metode *sampling* penimbangan langsung selama periode tertentu guna memperoleh data rata-rata volume harian dan bulanan yang representatif. Data tersebut berfungsi sebagai parameter utama dalam menentukan proyeksi kapasitas tampung serta perhitungan dimensi teknis bangunan. Tahap akhir meliputi perancangan teknis (*engineering design*) yang mengintegrasikan hasil perhitungan timbulan ke dalam desain fasilitas TPS. Perencanaan ini secara spesifik mempertimbangkan prinsip kompatibilitas limbah untuk tata letak, sistem ventilasi alami untuk sirkulasi udara, serta standar keselamatan infrastruktur lingkungan guna menjamin perlindungan maksimal di area wisata air.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Inventarisasi Karakteristik Limbah B3

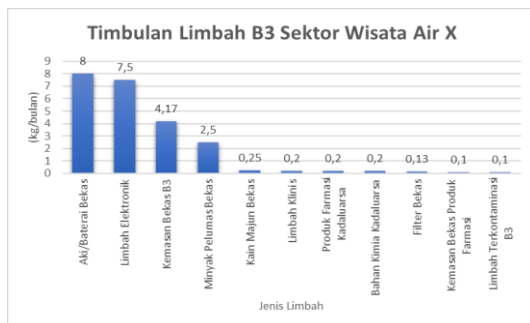
Pada tahap ini, dilakukan pendataan terhadap jenis dan volume limbah yang dihasilkan dari aktivitas operasional wisata air. Hasil inventarisasi menunjukkan total timbulan sebesar 23,35 kg/bulan, dengan rincian yang disajikan pada Tabel 1 dan persentase komposisi pada Gambar 1.

Tabel 1. Data Inventarisasi Timbulan Limbah B3 Sektor Wisata Air

Nama Limbah	Kode	Sumber Limbah	Karakteristik
Aki / baterai bekas	A102d	Kategori 1 (Sumber Spesifik Umum)	Beracun, Korosif
Minyak pelumas bekas antara lain minyak pelumas bekas hidrolik, mesin, gear, lubrikasi, insulasi, <i>heat transmission</i> , <i>git chambers</i> , <i>separator</i> dan/atau campurannya	B105d	Kategori 2 (Sumber Tidak Spesifik)	Mudah menyala, Beracun
Kain majun bekas (<i>used rags</i>) dan yang sejenis	B110d	Kategori 2 (Sumber Tidak Spesifik)	Mudah menyala, Beracun
Filter bekas dari fasilitas pengendalian pencemaran udara	B109d	Kategori 2 (Sumber Tidak Spesifik)	Mudah menyala, Beracun
Limbah elektronik termasuk <i>cathode ray tube (CRT)</i> , lampu TL, <i>printed circuit board (PCB)</i> , dan kawat logam	B107d	Kategori 2 (Sumber Tidak Spesifik)	Beracun
Kemasan Bekas B3	B104d	Kategori 2 (Sumber Tidak Spesifik)	Mudah Menyala, Beracun
Limbah klinis memiliki karakteristik infeksius	A337-1	Kategori 2 (Sumber Tidak Spesifik)	Infeksius
Produk farmasi kadaluarsa	A337-2	Kategori 2 (Sumber Tidak Spesifik)	Beracun
Bahan kimia kadaluarsa	A337-3	Kategori 2 (Sumber Tidak Spesifik)	Beracun
Kemasan bekas produk farmasi	B337-1	Kategori 1 (Sumber Spesifik Umum)	Beracun
Limbah terkontaminasi B3	A108d	Kategori 1 (Sumber Spesifik Umum)	Beracun

Data menunjukkan bahwa limbah baterai bekas (A102d) mendominasi dengan berat 8 kg/bulan. Fakta ini menjadi dasar utama dalam menentukan strategi perlindungan lingkungan, mengingat baterai mengandung logam berat yang dapat terurai menjadi lindi beracun jika

terpapar air [11]. Penanganan yang tidak tepat di kawasan wisata air berisiko memicu degradasi ekosistem secara permanen [12], sehingga diperlukan sistem manajemen yang terintegrasi [13] dan partisipasi aktif pengelola untuk menjaga sensitivitas ekologi kawasan tersebut [14].



Gambar 1. Grafik Timbulan Limbah B3 Sektor Wisata Air X

Logika Pemilihan Strategi Pengemasan

Penentuan jenis kemasan dilakukan dengan memetakan neraca limbah terhadap sifat fisikokimia residu yang dihasilkan.

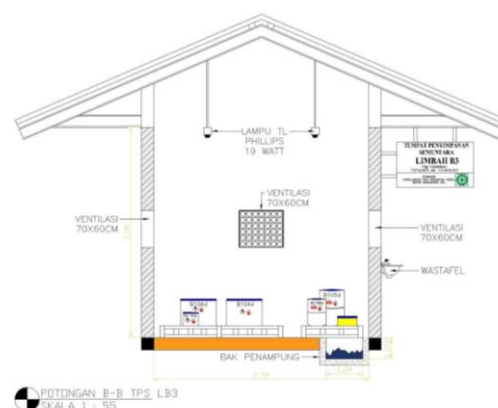
Tabel 2. Neraca Limbah dan Rencana Kebutuhan Pengemasan

Nama Limbah	Pengemasan	Massa Simpan
Aki / baterai bekas	Kontainer dari bahan plastik	180 hari
Minyak pelumas bekas antara lain minyak pelumas bekas hidrolik, mesin, gear, lubrikasi, insulasi, heat transmission, git chambers, separator dan/ atau campurannya	Drum kecil dari bahan logam	365 hari
Kain majun bekas (used rags) dan yang sejenis	Kontainer dari bahan plastik	365 hari
Filter bekas dari fasilitas pengendalian pencemaran udara	Kontainer dari bahan plastik	365 hari
Limbah elektronik termasuk cathode ray tube (CRT), lampu TL, printed circuit board (PCB), dan kawat logam	Kontainer dari bahan plastik	365 hari
Kemasan Bekas B3	Kontainer dari bahan plastik	365 hari
Limbah klinis memiliki karakteristik infeksius	Kontainer dari bahan plastik, plastik khusus infeksius	1 hari
Produk farmasi kedaluwarsa	Kontainer dari bahan plastik	365 hari
Bahan kimia kedaluwarsa	Kontainer dari bahan plastik	365 hari
Kemasan bekas produk farmasi	Kontainer dari bahan plastik	365 hari
Limbah terkontaminasi B3	Jerigen dari bahan plastik	180 hari

Diputuskan untuk menggunakan wadah berbahan *High Density Polyethylene* (HDPE) dan kontainer tertutup sebagai tindakan spesifik untuk mencegah kebocoran zat berbahaya ke badan air [15]. Strategi ini diambil berdasarkan fakta bahwa limbah oli dan pembersih kimia memiliki sifat korosif dan mudah menyala, sehingga penggunaan kemasan standar industri menjadi instrumen wajib dalam meminimalkan risiko paparan di area publik [16].

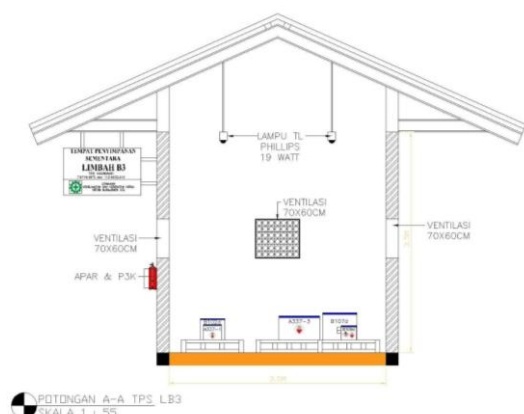
Perencanaan Teknis dan Mitigasi Risiko TPS

Perencanaan fasilitas TPS dirancang sebagai solusi infrastruktur untuk melokalisasi risiko pencemaran (Gambar 2-5).

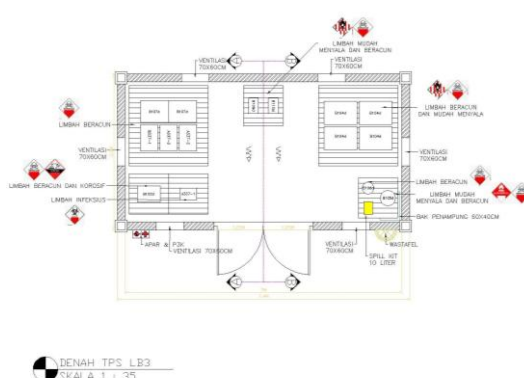


Gambar 2. Potongan B-B (Detail Lantai dan Bak Penampung)

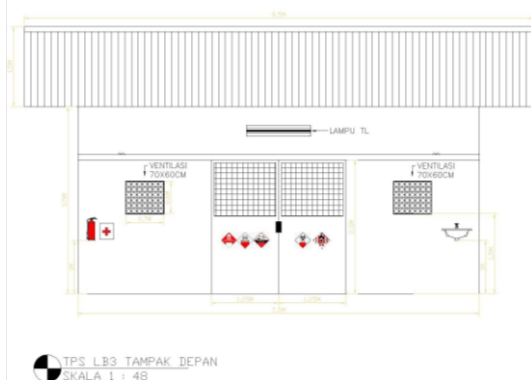
Bangunan dirancang dengan dimensi 7,5 m x 3,5 m. Penentuan luas ini menggunakan *safety factor* 30% berdasarkan fakta fluktuasi pengunjung. Saat musim liburan (*high season*), volume limbah meningkat tajam, sehingga kapasitas ini menjamin tidak terjadi penumpukan di area terbuka (*overcapacity*). Penempatan kemasan diatur berdasarkan prinsip kompatibilitas untuk mencegah reaksi kimia antar limbah yang tidak sejenis [17]. Pemisahan ini dilakukan untuk mengeliminasi risiko kebakaran atau terbentuknya gas beracun di dalam ruang penyimpanan [18]. Sistem ventilasi alami dirancang merujuk pada standar perancangan gedung untuk menjamin pergantian udara secara konstan [19]. Hal ini bertujuan spesifik untuk melindungi petugas dari akumulasi uap organik yang dapat berdampak buruk pada kesehatan [20]. Sebagai pengunci (*lock system*), TPS dilengkapi dengan bak penampung tumpahan (*spill pallet*). Fasilitas ini menjamin jika terjadi kebocoran kemasan, cairan limbah tidak akan mengalir ke drainase wisata atau kolam air. Kelengkapan ini didukung dengan simbol/label sesuai mandat regulasi [21] dan panduan K3 standar internasional [22].



Gambar 3. Potongan A-A (Detail Ventilasi dan Lampu)



Gambar 4. Denah Tata Letak (Layout) TPS Limbah B3



Gambar 5. Tampak Depan Desain TPS Limbah B3

4. PENUTUP

Berdasarkan hasil inventarisasi dan perencanaan teknis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa pengelolaan limbah B3 di sektor wisata air Kabupaten Malang memerlukan infrastruktur penyimpanan yang mampu menampung total timbulan sebesar 23,35 kg/bulan. Dominasi limbah baterai bekas sebesar 8 kg/bulan menjadi landasan utama penggunaan wadah HDPE dan fasilitas *spill pallet* guna mencegah kontaminasi logam berat ke ekosistem

akuatik. Fasilitas TPS yang dirancang dengan dimensi 7,5 m x 3,5 m x 3,5 m telah mengintegrasikan *safety factor* sebesar 30% untuk mengantisipasi lonjakan limbah pada musim liburan tinggi (*high season*). Implementasi desain yang mencakup pemisahan layout berdasarkan prinsip kompatibilitas, sistem ventilasi standar, dan sarana tanggap darurat merupakan solusi spesifik untuk menjamin keamanan operasional dan ketaatan terhadap regulasi pengelolaan limbah B3.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Malang. (2024). Kabupaten Malang dalam Angka 2024. BPS Kabupaten Malang, Jawa Timur.
- [2]. Sharpley, R., & Telfer, D. J. (2014). *Tourism and development: Concepts and issues, 2nd edition*
- [3]. Pemerintah Republik Indonesia, Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Jakarta: Sekretariat Negara, 2021
- [4]. Pemerintah Republik Indonesia, Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Jakarta: Sekretariat Negara, 2021.
- [5]. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 6 Tahun 2021 tentang Tata Cara dan Persyaratan Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun. Jakarta: Berita Negara Republik Indonesia, 2021.
- [6]. Hall, C. M. (2019). Constructing sustainable tourism development: The 2030 agenda and the managerial ecology of sustainable tourism. *Journal of Sustainable Tourism*, 27(7), 1044–1060. DOI: <https://doi.org/10.1080/09669582.2018.1560456>
- [7]. Page, S. J., & Connell, J. (2020). *Tourism: A Modern Synthesis, Fifth Edition*.
- [8]. Dangi, T. B., & Jamal, T. (2016). *An Integrated Approach to Sustainable Community-Based Tourism*.
- [9]. Stoddard, J.E.; Pollard, C.E.; Evans, M.R. (2012). The Triple Bottom Line: A Framework for Sustainable Tourism Development. *Int. J. Hosp. Tour. Adm.* 2012,13, 233–25.
- [10]. World Tourism Organization (2021), International Tourism Highlights, 2020 Edition, UNWTO, Madrid, DOI: <https://doi.org/10.18111/9789284422456>.

- [11]. Naura Nisrine Hidayatullah. (2023). Evaluasi Pengelolaan Tempat Penyimpanan Sementara (TPS) Limbah B3 Pada PT X. *Jurnal Teknik Mesin, Industri, Elektro Dan Informatika*, 3(1), 171–184. <https://doi.org/10.55606/jtmei.v3i1.3276>
- [12]. G. Tchobanoglous dan F. Kreith, (2002). *Handbook of Solid Waste Management*. New York: McGraw-Hill Education.
- [13]. LaGrega, M. D., Buckingham, P. L., & Evans, J. C. (2010). *Hazardous Waste Management*. Long Grove: Waveland Press.
- [14]. Staniskis, J.K., Stasiskiene, Z. and Kliopova, I., (2002). *Cleaner production: systems approach. Kaunas, Technologija*.
- [15]. Blackman, W. C. (2016). *Basic Hazardous Waste Management*. Florida: CRC Press.
- [16]. Wang, L. K., Hung, Y.-T., Lo, H. H., & Yapijakis, C. (Eds.). (2004). *Handbook of Industrial and Hazardous Wastes Treatment* (2nd ed.). New York: Marcel Dekker.
- [17]. E. Damanhuri dan T. Padmi, (2010). *Pengelolaan Bahan Berbahaya dan Beracun (B3)*. Bandung: Program Studi Teknik Lingkungan Institut Teknologi Bandung.
- [18]. Cheremisinoff, N. P. (2000). *Handbook of Hazardous Chemical Properties*, Butterworth-Heinemann, USA.
- [19]. Badan Standardisasi Nasional, SNI 03-6572-2001: *Tata Cara Perancangan Sistem Ventilasi dan Pengkondisian Udara pada Bangunan Gedung*. Jakarta: BSN, 2001.
- [20]. Sengupta, Sukalyan. (2018). *Hazardous Waste Management, Volume I*. New York: Momentum Press.
- [21]. Permen LH RI No. 14 Tahun 2013. *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 14 Tahun 2013 Tentang Simbol dan Label Limbah Berbahaya dan Beracun*.
- [22]. National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). (2017). *Pocket Guide to Chemical Hazards*. Centers for Disease Control and Prevention.

Ruang kosong ini untuk menggenapi jumlah halaman sehingga jika dicetak dalam bentuk buku, setiap judul baru akan menempati halaman sisi kanan buku.