

Evaluasi Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (LB3) di Tempat Penyimpanan Sementara LB3 (TPS LB3) di PT Z *Regional Office 3 (RO3)*

Glenn Lucas Hendrajaya

Institut Teknologi Nasional, Bandung, Indonesia

Email: glennlucas.hendrajaya@gmail.com

Received 15 April 2023 | Revised 20 April 2023 | Accepted 1 Mei 2023

ABSTRAK

Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (LB3) dapat menyebabkan dampak negatif bagi lingkungan dan manusia. PT Z merupakan salah satu perusahaan berfokus pada transmisi gas menggunakan sistem perpipaan. LB3 dihasilkan dari kegiatan operasional seperti perawatan pipa dan mesin-mesin yang digunakan di setiap area operasional. TPS LB3 yang ada di PT Z *Regional Office 3 (RO3)* merupakan muara dari penyimpanan LB3 dari seluruh area operasional lain di RO3 yang terdapat di salah satu *metering station (MS)*, yaitu MS Duri 1. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengevaluasi dan memberikan saran untuk optimasi pengelolaan LB3 yang dilakukan di TPS LB3. Evaluasi dilakukan berdasarkan peraturan yang berlaku di Indonesia dengan bantuan sistem skoring Skala Guttman. Hasil penelitian menunjukkan bahwa persentase skor pengemasan, kegiatan penyimpanan, pemberian simbol dan label, dan kelengkapan sistem tanggap darurat di TPS LB3 di PT Z RO3 berturut-turut adalah 66,67%, 85,71%, 50%, dan 100% dengan rata-rata 75,56% atau tergolong “Baik” secara keseluruhan.

Kata kunci: LB3, pengelolaan LB3, penyaluran gas, guttman, minyak dan gas

ABSTRACT

Hazardous and Toxic Waste (LB3 in Indonesian abbreviation) can have negative impacts on the environment and humans. PT Z is a company that focuses on gas transmission using a piping system. LB3 is generated from operational activities such as pipe maintenance and machines used in each operational area. TPS LB3 in PT Z Regional Office 3 (RO3) is the estuary of LB3 storage from all other operational areas in RO3 which is located at one of the metering stations (MS), namely MS Duri 1. The purpose of this study is to evaluate and provide suggestions to optimize the management of LB3 which is carried out at TPS LB3. Evaluation is carried out based on regulations in force in Indonesia with the help of the Guttman Scale scoring system. The results showed that the percentage scores for packaging, storage activities, symbolizing and labeling, and the completeness of the emergency response system at TPS LB3 at PT Z RO3 were 66.67%, 85.71%, 50%, and 100%, respectively, with an average 75.56% or classified as "Good" overall.

Keywords: LB3, Hazardous and Toxic Waste Management, Gas Transmission, Guttman, Oil and Gas

1. PENDAHULUAN

PT Z didirikan pada Februari 2002 yang bergerak di bidang minyak dan gas bumi terutama dalam penyaluran gas alam ke pasar dalam maupun luar negeri. Hingga kini, PT Z telah mengoperasikan lebih dari 1000 kilometer pipa gas melalui darat maupun lepas pantai. Pipa-pipa tersebut menyalurkan gas dari Grissik ke Duri (Sumatera) dan Grissik ke perbatasan Singapura (Batam). Jaringan pipa Grissik-Duri dan Grissik-Singapura memiliki panjang dan diameter pipa masing-masing 536 km (28 inci) dan 468 km (28 inci). Terdapat 5 buah area operasional yang menyokong PT Z dalam melakukan bisnisnya, yaitu: (1) Gas Transportation Management di Jambi, Jambi; (2) *Regional office 1 (RO1)* di Jambi, Jambi; (3) *Regional office 2 (RO2)* di Belilas, Riau; (4) *Regional office 3 (RO3)* di Pekanbaru, Riau; dan (5) *Regional office 4 (RO4)* di Batam, Kepulauan Riau [1]. Setiap jaringan perpipaan di setiap cabang memiliki beberapa *metering station (MS)* dan *sectional valve (SV)* yang tersebar di sepanjang jalur perpipaan. MS merupakan sebuah pangkalan yang berfungsi untuk memantau debit, kandungan gas, cairan dalam pipa, dan kebocoran pada pipa. SV merupakan katup pipa di setiap beberapa kilometer pipa yang dibangun untuk keperluan keamanan jika terjadi kebocoran pipa di bagian tertentu. Aset utama PT Z adalah 3 buah stasiun kompresor di Sakerman, Belilas, dan Jabung (Sumatra), 3 buah stasiun metering di Duri (Riau), Panaran (Batam), dan Pemping (Kepulauan Riau) [2].

Kegiatan operasional dan perawatan alat-alat transportasi gas di PT Z RO3 menghasilkan limbah bahan berbahaya dan beracun (LB3). LB3 ini dihasilkan di hampir seluruh area operasional yang terpisah di sepanjang pipa penyaluran gas. LB3 merupakan buangan yang mengandung zat beracun dan berbahaya, sehingga dapat secara langsung maupun tidak langsung merusak lingkungan, mengganggu kesehatan, dan mengancam kelangsungan hidup organisme [3]. Pengelolaan LB3 yang dihasilkan oleh suatu perusahaan diperlukan agar tidak terjadi pencemaran dan ancaman bagi kelangsungan hidup manusia dan organisme lain. Berdasarkan Peraturan Pemerintah (PP) No. 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, pengelolaan LB3 wajib dilakukan oleh penghasil LB3. Pengelolaan yang dilakukan oleh perusahaan harus dilakukan dengan sebuah sistem yang terintegrasi dan berkesinambungan agar dapat meminimalisasi potensi pencemaran dan bahaya bagi lingkungan dan organisme di sekitarnya [4].

Penelitian ini ditujukan untuk memberikan penilaian, evaluasi, dan saran bagi pengelolaan LB3 yang telah dilakukan di Tempat Penyimpanan Sementara LB3 (TPS LB3) PT Z RO3 berdasarkan peraturan pengelolaan LB3 yang berlaku di Indonesia. Penilaian akan dilakukan berdasarkan peraturan-peraturan terkait pengelolaan LB3 yang berlaku di Indonesia, yaitu: (1) PP No. 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, (2) Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan (Permen LHK) No. 6 Tahun 2021 tentang Tata Cara dan Persyaratan Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun, dan (3) Permen LHK No. 14 Tahun 2013 tentang Simbol dan Label Bahan Berbahaya dan Beracun. LB3 yang dihasilkan oleh perusahaan penyalur gas dapat berupa cairan hasil reaksi kimia dari gas alam di dalam pipa penyaluran. Cairan ini dapat mengandung logam-logam berat seperti raksa (Hg), nikel (Ni), krom (Cr), dan unsur radioaktif seperti barium (Ba), stronsium (Sr), dan uranium (U) [5]. Paparan logam nikel pada manusia dapat menyebabkan kanker meskipun dalam jumlah kecil. Logam raksa dapat menyebabkan kerusakan otak pada bayi hingga kematian [6]. Berdasarkan hal di atas, diharapkan penelitian ini dapat menjadi acuan bagi pengelolaan LB3 di TPS LB3 terutama bagi PT Z RO3 maupun perusahaan lain di bidang penyaluran gas alam.

2. METODOLOGI

Penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan, yaitu: (1) studi literatur, (2) pengumpulan data, (3) pengolahan dan analisis data, dan (4) pemberian kesimpulan dan saran. Studi literatur dilakukan dengan mempelajari peraturan-peraturan yang berlaku di Indonesia, jurnal, dan buku terkait pengelolaan LB3 terutama dalam kasus penyaluran gas dalam pipa. Pengumpulan data dilakukan dengan observasi langsung di lapangan, diskusi dengan petugas TPS LB3, mempelajari dokumen PT Z RO3 terkait pengelolaan LB3, serta dokumentasi. Data dikumpulkan pada tanggal 1-31 Juli 2022. Pengolahan dan analisis data dilakukan dengan membandingkan kondisi eksisting pengelolaan di TPS LB3 dengan peraturan-peraturan terkait pengelolaan LB3 di Indonesia. Pengelolaan LB3 yang akan dinilai meliputi beberapa aspek: (1) pengemasan, (2) kegiatan penyimpanan, (3) pemberian label dan simbol, serta (3) kelengkapan sistem tanggap darurat. Pengangkutan dan pengolahan LB3 di PT Z RO3 dilakukan oleh pihak lain, sehingga tidak dilakukan penilaiannya dalam penelitian ini. Hasil perbandingan dan penilaian akan dilakukan dengan menggunakan Skala Guttman.

Skala Guttman merupakan skala yang memiliki jawaban tegas seperti: benar-salah, pernah-tidak pernah, dan sebagainya. Skala Guttman digunakan pada penelitian yang membutuhkan jawaban tegas terhadap rumusan masalah yang ditanyakan [7]. Skala Guttman (scalogram) merupakan metode yang sangat baik untuk meyakinkan hasil penelitian mengenai kesatuan dimensi dan sifat yang diteliti yaitu sesuai dan tidak sesuai [8]. Hasil perbandingan akan diberi skor menggunakan Skala Guttman yang disajikan pada Tabel 1.

Hasil perbandingan dibuat memiliki skor “1” untuk kondisi eksisting yang “sesuai” dengan peraturan yang berlaku, sedangkan skor “0” untuk kondisi eksisting “tidak sesuai” dengan peraturan yang berlaku. Total skor yang pada setiap aspek akan dilakukan penilaian dengan persentase skor dengan rumus yang disajikan pada Persamaan (1).

Tabel 1. Pembobotan Perbandingan dengan Skala Guttman

No	Keterangan	Skor
1	Sesuai	1
2	Tidak Sesuai	0

$$\text{Persentase Skor} = \frac{\text{Skor yang didapat pada Suatu Aspek}}{\text{Skor pada Suatu Aspek}} \times 100\% \quad (1)$$

Persentase skor yang didapat akan menjadi nilai bagi aspek yang akan dievaluasi. Hasil persentase skor kemudian digolongkan ke dalam sebuah kategori penilaian agar didapat hasil deskriptif dari aspek pengelolaan LB3 tersebut. Penggolongan didasarkan pada rentang nilai yang dapat dilihat pada Tabel 2. Skala Guttman ini telah digunakan pada penelitian serupa seperti pada artikel yang ditulis oleh Fajriyah and Wardhani [9] dan Hardiyanto, Kartini and Pramitasari [10].

Tabel 2. Kategori Penilaian dalam Pengelolaan LB3

Nilai (%)	Kategori
81-100	Baik Sekali
61-80	Baik
41-60	Cukup
21-40	Buruk
0-20	Buruk Sekali

Sumber: [8]

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Gambaran Umum TPS LB3

TPS LB3 di PT Z terdapat di salah satu MS di RO3, yaitu MS Duri 1. Izin operasional TPS LB3 dari pemerintah Kabupaten Bengkalis masih aktif hingga 2025. Seluruh LB3 yang dihasilkan di PT Z RO3 akan bermuara ke TPS LB3 ini sebelum akhirnya diangkut ke pengolah LB3. Pengangkutan LB3 dilakukan oleh PT Surya Cipta Wisesa (SCW), sedangkan pengolahan LB3 dilakukan oleh PT Pengolahan Limbah Industri Bekasi (PLIB). Pengangkutan LB3 dilakukan rutin setiap 3 bulan sekali ke PLIB. TPS LB3 ini digunakan untuk menyimpan LB3 berkarakteristik mudah terbakar dan beracun.

Bangunan TPS LB3 berdimensi 4x3,5x4 m dengan lantai bangunan yang datar dan kedap air. Bangunan ini dibangun lebih tinggi dari daerah sekitarnya untuk menghindari banjir. Terdapat ventilasi di bagian atas dinding dan atap yang tidak mudah terbakar. Lantai bangunan dibuat miring menuju saluran drainase yang miring menuju bak penampung tumpahan atau ceceran. Bak penampung ini berdimensi 50x50x60 cm dengan kapasitas 150 liter. Selain itu, terdapat berbagai fasilitas pendukung untuk melakukan kegiatan penyimpanan di TPS LB3 ini. Terdapat fasilitas alat bongkar muat barang, Pertolongan Pertama pada Kecelakaan (P3K) sebagai fasilitas penolong pertama, sistem pendeteksi asap dan peralatan pemadam kebakaran serta tempat mencuci tangan. Kondisi TPS LB3 disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Kondisi TPS LB3: (a) Posisi TPS LB3 yang Lebih Tinggi dari Area di Sekitarnya, (b) Bak Penampung Tumpahan, (c) Atap, Pendeteksi Kebakaran, Lampu, dan Ventilasi, (d) Tiang Penanda dan Alat Bongkar Muat Barang, (e) P3K, (f) APAR dan Wastafel

Sumber: Dokumentasi, 2022

3.2. Timbulan LB3

PT Z RO3 menghasilkan LB3 dari kegiatan pengoperasian dan pemeliharaan pipanya, serta pengoperasian mesin-mesin pendukung operasional. LB3 yang dihasilkan perlu diidentifikasi sumber dan karakteristiknya agar dapat menentukan pengelolaan yang tepat selanjutnya. Identifikasi LB3 yang dilakukan dengan uji laboratorium dan mencocokkan LB3 dengan daftar limbah yang telah disusun oleh pemerintah [11]. Indonesia memiliki peraturan yang memuat daftar LB3, yaitu PP No. 22 Tahun 2021 pada Lampiran IX.

Kegiatan-kegiatan yang menghasilkan LB3 di PT Z RO3 yaitu pengoperasian genset, pembersihan pipa (*pigging*), penggunaan alat elektronik, dan alat pelindung diri (APD) bagi petugas yang berurusan langsung dengan LB3. Kategori LB3 yang dihasilkan ditentukan berdasarkan PP No. 22 Tahun 2021. PT Z RO3 menghasilkan LB3 yang memiliki kategori 1 dan 2. Kategori 1 adalah LB3 yang memiliki dampak akut atau langsung terhadap manusia, sedangkan kategori 2 adalah LB3 yang memiliki efek tunda atau kronis sehingga berdampak tidak langsung terhadap manusia [12].

LB3 yang dihasilkan di PT Z RO3 terdiri dari LB3 cair: (1) *drain liquid*, dihasilkan dari proses pembersihan cairan dalam pipa gas; (2) oli bekas, dihasilkan dari penggunaan genset, dan padat: (1) aki/baterai bekas, dari penggunaan alat transportasi, elektronik, dan mesin lainnya; (2) *tube lamp* (TL), dari fasilitas penerangan ruangan; (3) APD pengelolaan LB3 (majun bekas, sarung tangan bekas, baju *chemical* bekas); (4) filter bekas, dihasilkan dari penggunaan genset; (5) kemasan bekas B3 seperti kemasan bekas oli untuk pelumasan mesin-mesin yang digunakan; (6) *rubber pipeline inspection gauge* (PIG), dari kegiatan pembersihan pipa gas (*pigging*); dan (7) *card module electronic*, dari kegiatan pemberian alat elektronik seperti komputer. Secara total, timbulan LB3 yang terdapat pada TPS LB3 adalah 3,887 ton/tahun atau 10,65 kg/hari. Timbulan, kode, karakteristik dan golongan sumber LB3 yang ada di PT Z RO3 disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Timbulan, Kode, Karakteristik, dan Sumber LB3 di PT Z RO3

Wujud	Jenis LB3	Jumlah (ton)/tahun	Kode LB3	Karakteristik	Golongan Sumber	Sumber
Cair	Oli Bekas	1,815	B105d	Mudah menyala	Sumber tidak spesifik	Penggunaan genset, dan mesin lainnya.
Cair	<i>Drain Liquid</i>	0,01618	A105d	Beracun	Sumber tidak spesifik	Pembersihan pipa gas (<i>pigging</i>) Penggunaan alat
Padat	Aki/Baterai Bekas	1,38	A102d	Korosif/beracun	Sumber tidak spesifik	transportasi, elektronik, dan mesin lainnya
Padat	<i>Tube Lamp</i> (TL)	0,01	B107d	Beracun	Sumber tidak spesifik	Fasilitas penerangan di area operasional
Padat	Majun Bekas, Sarung Tangan Bekas, Baju Chemical Bekas	0,127	B110d	Beracun	Sumber tidak spesifik	Kegiatan perlakuan terhadap B3 dan LB3
Padat	Filter Bekas	0,069	B109d	Beracun	Sumber tidak spesifik	Penggunaan genset
Padat	Kemasan Bekas B3	0,365	B104d	Beracun	Sumber tidak spesifik	Kemasan oli
Padat	<i>Rubber PIG</i>	0,1	A108d	Beracun	Sumber tidak spesifik	Pembersihan pipa gas (<i>pigging</i>)
Padat	<i>Card Module Electronic</i>	0,005	B107d	Beracun	Sumber tidak spesifik	Pembaruan alat elektronik

Sumber: [13]

Oli bekas memiliki timbunan yang lebih banyak dibandingkan jenis LB3 lainnya. Oli bekas dapat didaur ulang menjadi bahan bakar diesel melalui proses pemurnian dengan asam sulfat dan natrium hidroksida sebelum disimpan di TPS LB3 [14]. Bahan baku bahan bakar cair dapat dibuat dari oli bekas dengan metode *catalytic cracking* menggunakan katalis *mordenite* [15]. LB3 lain yang banyak dihasilkan adalah aki/baterai bekas. Baterai bekas dapat dimanfaatkan menjadi bahan baku perovskite untuk pembuatan sel surya [16].

3.2. Pengemasan LB3

TPS LB3 memiliki beberapa cara pengemasan bagi LB3 yang disimpan didalamnya. *Drain liquid* dan oli bekas dikemas menggunakan drum plastik berukuran 200 liter, kemasan bekas B3 dikemas menggunakan ember tanpa tutup, APD dan filter bekas dikemas menggunakan drum 200 liter yang dibelah dua (tanpa tutup). Drum plastik yang digunakan untuk mengemas LB3 tidak ditutup. Drum 200 liter yang digunakan di TPS LB3 hanya 2 drum, sedangkan yang lainnya kosong dan tidak digunakan. Pengemasan LB3 yang disimpan di TPS LB3 disajikan pada Gambar 2. Penilaian kesesuaian pengemasan LB3 terhadap peraturan disajikan pada Tabel 4.

Drum plastik 200 liter dan ember yang digunakan untuk mengemas LB3 tidak menggunakan penutup dan tidak diberi label maupun simbol LB3. Berbeda dengan drum plastik yang dibelah dua tidak memiliki penutup, namun dilekatkan simbol dan label LB3. Seluruh jenis kemasan memenuhi dari segi bahan, kondisi, dan kemampuan mengungkung LB3. Berdasarkan analisis tersebut, didapatkan persentase skor pengemasan LB3 di TPS LB3 PT Z RO3 adalah 66,67% atau tergolong “Baik”. Terdapat beberapa hal yang dapat dilakukan untuk meningkatkan nilai tersebut, yaitu sebagai berikut.

1. Memastikan kemasan LB3 yang digunakan memiliki tutup yang dapat mencegah tumpahan atau ceceran saat melakukan pemindahan kemasan.
2. Memastikan setiap kemasan LB3 memiliki label dan simbol LB3 yang sesuai dengan karakteristik LB3 yang dikemas.



Gambar 2. Pengemasan LB3 di TPS LB3: (a) Pengemasan Oli Bekas dengan Drum Plastik 200 liter, (b) Pengemasan Drain Liquid dengan Drum Plastik 200 liter, (c) Pengemasan Kemasan Bekas B3 dengan Ember, (d) dan (e) Pengemasan Filter Bekas, dan APD dengan Drum Plastik 200 liter yang dibelah Dua

Sumber: Dokumentasi, 2022

Tabel 4. Skoring Pengemasan LB3

No.	Parameter	Standar berdasarkan Permen LHK No. 6/2021	Kondisi Eksisting	Skor
A. Drum Plastik 200 Liter				
1	Bahan kemasan	Logam atau plastik atau plastik yang dapat mengemas sesuai dengan karakteristik LB3	Sesuai, karena dikemas dengan drum plastik	1

No.	Parameter	Standar berdasarkan Permen LHK No. 6/2021	Kondisi Eksisting	Skor
2	Kondisi	Tidak bocor, berkarat, dan rusak	Sesuai, karena kemasan tidak rusak dan bocor	1
3	Penutup	Memiliki penutup yang kuat	Tidak sesuai, karena kemasan tidak ditutup dengan kuat	0
4	Kemampuan mengungkung LB3	Mampu mengungkung LB3 agar tetap berada di dalam kemasan	Sesuai, karena LB3 cair dapat tetap berada di dalam kemasan	1
5	Pelekatan label dan simbol LB3	Kemasan LB3 wajib dilekatkan label dan simbol LB3	Tidak sesuai, kemasan tidak dilekatkan simbol dan label LB3	0
B. Ember				
1	Bahan kemasan	Logam atau plastik atau plastik yang dapat mengemas sesuai dengan karakteristik LB3	Sesuai, karena menggunakan bahan plastik (ember plastik)	1
2	Kondisi	Tidak bocor, berkarat, dan rusak	Sesuai, karena kemasan tidak bocor dan rusak	1
3	Penutup	Memiliki penutup yang kuat	Tidak sesuai, kemasan tidak memiliki penutup	0
4	Kemampuan mengungkung LB3	Mampu mengungkung LB3 agar tetap berada di dalam kemasan	Sesuai, karena LB3 dapat tetap berada di dalam kemasan	1
5	Pelekatan label dan simbol LB3	Kemasan LB3 wajib dilekatkan label dan simbol LB3	Tidak sesuai, kemasan tidak dilekatkan simbol dan label LB3	0
C. Drum Plastik 200 Liter yang dibelah Dua				
1	Bahan kemasan	Logam atau plastik atau plastik yang dapat mengemas sesuai dengan karakteristik LB3	Sesuai, karena menggunakan bahan plastik	1
2	Kondisi	Tidak bocor, berkarat, dan rusak	Sesuai, karena kemasan tidak rusak dan bocor	1
3	Penutup	Memiliki penutup yang kuat	Tidak sesuai, kemasan tidak memiliki penutup	0
4	Kemampuan mengungkung LB3	Mampu mengungkung LB3 agar tetap berada di dalam kemasan	Sesuai, karena LB3 dapat tetap berada di dalam kemasan	1
5	Pelekatan label dan simbol LB3	Kemasan LB3 wajib dilekatkan label dan simbol LB3	Sesuai, kemasan dilekatkan simbol dan label LB3	1
Skor didapat				10
Skor ideal				15

Sumber: Hasil Analisis, 2023

3.3. Kegiatan Penyimpanan LB3

TPS LB3 merupakan tempat penyimpanan berupa bangunan yang tata cara kegiatannya diatur dalam Permen LHK No. 6 Tahun 2021. Kegiatan penyimpanan yang akan dinilai meliputi standar tempat penyimpanan, cara penyimpanan kemasan, waktu penyimpanan, dan kegiatan pencatatan dan pelaporan. Penilaian kegiatan penyimpanan LB3 di TPS LB3 PT Z RO3 disajikan pada Tabel 5.

TPS LB3 menyimpan LB3 cair beracun. Namun, konstruksi dinding tidak dibuat mudah dilepas, melainkan sudah ditembok. Selain itu, karakteristik dan waktu diterimanya LB3 oleh MS Duri 1 tidak dicatat dalam label dan neraca LB3. Berdasarkan analisis tabel dan uraian di atas, didapatkan persentase skor untuk kegiatan penyimpanan LB3 di TPS LB3 PT Z RO3 adalah 85,71% atau dapat dikategorikan "Sangat Baik". Meskipun begitu, terdapat hal-hal yang dapat ditingkatkan dari kegiatan penyimpanan LB3 di MS Duri 1.

1. Sebaiknya, petugas di TPS LB3 mencatat tanggal dan waktu dihasilkannya LB3 pada label setiap LB3 yang disimpan dalam kemasan.

Evaluasi Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (LB3) di Tempat Penyimpanan Sementara LB3 (TPS LB3) di PT Z Regional Office 3 (RO3)

2. Penyimpanan drum sebaiknya menggunakan sistem blok 2x3 dengan jarak antarblok 60 cm agar mempermudah dan mengurangi risiko cairan LB3 tumpah saat proses bongkar muat.
3. Sangat disarankan untuk mengikuti format neraca LB3 yang terdapat pada Lampiran IX Permen LHK No. 6/2021 agar dapat mencatat semua data LB3 secara akurat.

Tabel 5. Skoring Kegiatan Penyimpanan LB3

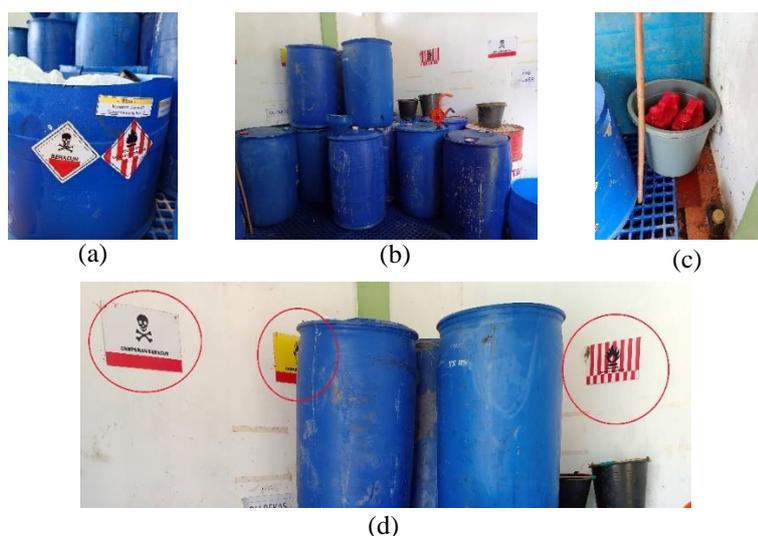
No.	Parameter	Standar berdasarkan Permen LHK No. 6/2021	Kondisi Eksisting	Skor
A. Standar Tempat Penyimpanan berupa Bangunan				
1	Lokasi	Bebas banjir dan tidak rawan bencana alam	Sesuai, karena TPS LB3 dibuat lebih tinggi dari dataran sekitarnya sehingga bebas banjir dan tidak rawan bencana alam	1
2	Fasilitas	<ul style="list-style-type: none"> • Tempat penyimpanan dilengkapi dengan alat bongkar muat, penanganan tumpahan, dan fasilitas pertolongan pertama • Terdapat sistem pendeteksi dan peralatan pemadam kebakaran atau alat penanggulangan keadaan darurat lain yang sesuai 	<p>Sesuai, TPS LB3 memiliki ketiga fasilitas tersebut</p> <p>Sesuai, TPS LB3 memiliki sistem pendeteksi kebakaran dan APAR (Alat Pemadam Api Ringan)</p>	1
3	Penggunaan	Tempat penyimpan berupa bangunan dipergunakan untuk menyimpan LB3 kategori 1, kategori 2 dari sumber tidak spesifik, sumber spesifik umum, dan sumber spesifik khusus	Sesuai, karena LB3 yang disimpan adalah kategori 1 dan kategori 2 dari sumber tidak spesifik dan sumber spesifik umum	1
4	Rancang bangun	<ul style="list-style-type: none"> • Luas yang sesuai dengan jumlah LB3 yang disimpan • Dapat melindungi LB3 dari hujan dan tertutup • Memiliki sistem ventilasi udara • Atap dari bahan yang tidak mudah terbakar • Lantai kedap air dan tidak bergelombang • Lantai dibuat melandai dengan kemiringan maksimal 1% menuju penampung tumpahan • Lantai bagian luar dapat mencegah air hujan masuk ke dalam bangunan • Terdapat saluran drainase cecean atau tumpahan • Terdapat bak penampung cecean atau tumpahan 	<p>Sesuai, karena TPS LB3 cukup untuk menyimpan jumlah LB3 yang disimpan</p> <p>Sesuai, TPS B3 tertutup, sehingga dapat melindungi LB3 dari hujan</p> <p>Sesuai, TPS LB3 memiliki ventilasi udara</p> <p>Sesuai, karena atap dibuat dari bahan metal yang tahan api</p> <p>Sesuai, TPS LB3 memiliki lantai yang kedap air dan tidak bergelombang</p> <p>Sesuai, lantai TPS LB3 mmelandai menuju tempat penampung cecean</p> <p>Sesuai, lantai di bagian luar bangunan dibuat lebih tinggi dari dataran disekitarnya</p> <p>Sesuai, TPS LB3 memiliki saluran drainase cecean atau tumpahan</p> <p>Sesuai, TPS LB3 memiliki bak penampung cecean dan tumpahan</p>	1
5	Rancang bangun khusus penyimpanan LB3 beracun	<ul style="list-style-type: none"> • Konstruksi dinding dibuat untuk mudah dilepas • Konstruksi atap, dinding, dan lantai harus tahan korosi dan api • Memiliki penerangan yang tidak menyebabkan percikan/ledakan 	<p>Tidak sesuai, TPS B3 memiliki dinding yang dari semen</p> <p>Sesuai, atap, dinding, dan lantai TPS LB3 tahan korosi dan api</p> <p>Sesuai, penerangan menggunakan lampu yang tidak menyebabkan percikan/ledakan</p>	0
6	Penggunaan	LB3 yang disimpan pada bangunan wajib dilakukan pengemasan	Sesuai, setiap LB3 yang disimpan telah dikemas	1
7	Kompabilitas	Karakteristik LB3 yang disimpan harus memenuhi kaidah kompabilitas karakteristik LB3	Sesuai, karakteristik LB3 yang disimpan sesuai dengan kompabilitas karakteristik LB3	1
8		<ul style="list-style-type: none"> • Ditumpuk berdasarkan jenis kemasan 	Sesuai, drum yang ditumpuk hanya drum plastik	1

No.	Parameter	Standar berdasarkan Permen LHK No. 6/2021	Kondisi Eksisting	Skor
	Cara penyimpanan drum	<ul style="list-style-type: none"> Jarak antara tumpukan kemasan dengan atap minimal 1 meter Disimpan dengan sistem blok 2 drum x 3 drum dengan lebar antar gang minimal 60 cm Drum plastik 200 liter ditumpuk maksimal 3 lapis dan menggunakan palet untuk tiap lapis jika mencapai 4 lapis 	<p>Sesuai, karena sisa tinggi antara tumpukan dan atap >2 meter.</p> <p>Tidak sesuai, penyimpanan drum tidak menggunakan sistem blok</p> <p>Sesuai, drum plastik 200 liter ditumpuk hingga 2 lapis tanpa palet</p>	<p>1</p> <p>0</p> <p>1</p>
9	Waktu penyimpanan	Penyimpanan LB3 kategori 1 dengan jumlah <50 kg per hari disimpan maksimal 180 hari sejak LB3 dihasilkan; LB3 kategori 2 dari sumber tidak spesifik dan sumber spesifik umum dengan timbulan <50 kg per hari disimpan maksimal 365 hari sejak LB3 dihasilkan	Sesuai, waktu penyimpanan LB3 hingga diangkut adalah 3 bulan sekali	1
10	Pemantauan	<ul style="list-style-type: none"> Dilakukan pengawasan pada saat penempatan dan pemindahan LB3 dari ruang penyimpanan LB3 Dilakukan pemeriksaan terhadap kemasan LB3 Dilakukan pencatatan kegiatan penyimpanan LB3 	<p>Sesuai, karena telah dilakukan pengawasan pada saat penempatan dan pemindahan LB3 dari ruang penyimpanan LB3</p> <p>Sesuai, pemeriksaan dilakukan terhadap kemasan LB3 oleh satpam setiap dua jam sekali selama jam bekerja.</p> <p>Sesuai, pencatatan dilakukan secara daring dengan menggunakan neraca LB3</p>	<p>1</p> <p>1</p> <p>1</p>
B. Pencatatan dan Pelaporan				
1	Hal-hal yang dicatat	<ul style="list-style-type: none"> Jenis, karakteristik, dan waktu diterimanya LB3 oleh penghasil LB3 Jenis, karakteristik, jumlah, dan waktu penyerahan LB3 kepada pengolah LB3 Identitas setiap orang yang menghasilkan, pengangkut, dan/atau pengolah LB3 Neraca LB3 	<p>Tidak sesuai, karena tidak dicatat waktu spesifik kapan diterimanya LB3 oleh penghasil LB3</p> <p>Sesuai, karena telah dicatat jenis, jumlah, dan waktu penyerahan LB3 kepada pengolah LB3</p> <p>Sesuai, karena setiap pihak yang menghasilkan, mengangkut dan mengolah LB3 telah dicatat</p> <p>Sesuai, pencatatan LB3 telah dilakukan pada neraca LB3</p>	<p>0</p> <p>1</p> <p>1</p> <p>1</p>
2	Muatan neraca LB3	<ul style="list-style-type: none"> Memuat sumber, jenis, dan karakteristik LB3 yang disimpan Jumlah atau volume LB3 yang dikumpulkan setiap bulan Jumlah atau volume LB3 yang diserahkan kepada pengangkut dan pengolah LB3 	<p>Tidak sesuai, karena neraca LB3 tidak memuat karakteristik LB3</p> <p>Sesuai, jumlah dan volume LB3 dicatat setiap bulannya</p> <p>Sesuai, jumlah dan volume LB3 yang diserahkan pada pengangkut dan pengolah LB3 telah dicatat</p>	<p>0</p> <p>1</p> <p>1</p>
3	Cara pencatatan	Pencatatan pada neraca LB3 disusun menggunakan format pada Lampiran IX Permen LHK 6/2021	Tidak sesuai, karena neraca limbah tidak disusun menggunakan format pada Lampiran IX Permen LHK 6/2021	0
4	Pelaporan	Dilakukan kepada pejabat terkait paling sedikit 6 bulan sekali secara elektronik melalui plb3.menlhk.go.id	Sesuai, pelaporan dokumen pencatatan LB3 dilaporkan pada Menteri LHK setiap 6 bulan sekali secara elektronik melalui plb3.menlhk.go.id	1
Skor didapat				30
Skor ideal				35

Sumber: Hasil Analisis, 2023

3.4. Pemberian Simbol dan Label LB3

Label dan simbol LB3 wajib diberikan pada fasilitas penyimpanan dan kemasan LB3. Pemberian label dan simbol LB3 mengacu pada Permen LHK Nomor 14 Tahun 2013 tentang Simbol dan Label Bahan Berbahaya dan Beracun. Dasar penilaian pemberian simbol dan label LB3 adalah pada spesifikasi simbol dan label LB3 yang digunakan dan cara pelekatannya pada kemasan dan tempat penyimpanan LB3. Label dan simbol LB3 tidak dilakukan secara menyeluruh pada setiap kemasan yang digunakan, namun digunakan pada dinding bangunan. Penilaian terhadap kemasan diberikan pada kemasan drum plastik 200 liter yang dibelah dua, karena hal tersebut tidak dilakukan pada dua kemasan lainnya. Pemberian simbol dan label pada kemasan dan dinding di TPS LB3 disajikan pada Gambar 3. Penilaian terhadap pemberian simbol dan label LB3 disajikan pada Tabel 6.



Gambar 5. Pemberian Simbol dan Label LB3 di TPS LB3: (a) Pemberian Simbol dan Label LB3 pada Kemasan Drum Plastik 200 liter yang dibelah Dua, (b) Kemasan Drum Plastik 200 liter Terisi dan Tidak Terisi Tanpa Simbol dan Label LB3, (c) Kemasan Ember Tanpa Simbol dan Label LB3, (d) Simbol LB3 pada Dinding TPS LB3

Sumber: Dokumentasi, 2022

Tabel 6. Skoring Pemberian Label dan Simbol LB3

No.	Parameter	Standar berdasarkan Permen LHK No. 14/2013	Kondisi Eksisting	Skor
A. Spesifikasi Simbol LB3 pada Kemasan				
1	Bentuk	Bujur sangkar yang diputar 45° hingga membentuk belah ketupat dengan 95% bagian dalam	Sesuai	1
2	Ukuran	Minimal 10 cm x 10 cm untuk kemasan LB3	Sesuai	1
3	Tanda LB3	Pada bagian bawah simbol terdapat blok segilima dengan mendatar di bagian atas dan sudut lancip berhimpit dengan garis sudut bawah belah ketupat bagian dalam	Sesuai	1
4	Bahan	Dibuat dari bahan yang tahan goresan dan/atau bahan kimia yang memungkinkan mengenainya	Sesuai, simbol LB3 dibuat tahan goresan dan bahan kimia yang memungkinkan mengenainya	1
B. Spesifikasi Simbol LB3 pada Tempat Penyimpanan (Gambar 5.10 (d))				
1	Bentuk	Bujur sangkar yang diputar 45° hingga membentuk belah ketupat dengan 95% bagian dalam	Tidak sesuai, bentuk simbol persegi panjang	0
2	Ukuran	Minimal 25 cm x 25 cm pada tempat penyimpanan LB3	Tidak sesuai, dimensi simbol LB3 kurang lebih 20x30 cm	0

No.	Parameter	Standar berdasarkan Permen LHK No. 14/2013	Kondisi Eksisting	Skor
3	Tanda LB3	Pada bagian bawah simbol terdapat blok segilima dengan mendatar di bagian atas dan sudut lancip berhimpit dengan garis sudut bawah belah ketupat bagian dalam	Tidak sesuai, bagian bawah simbol LB3 berbentuk persegi empat	0
4	Bahan	Dibuat dari bahan yang tahan goresan dan/atau bahan kimia yang memungkinkan mengenainya	Sesuai, bahan simbol LB3 tahan goresan dan bahan kimia	1
C. Spesifikasi Label LB3 (Gambar 5.10 (a))				
1	Ukuran	Minimal 15 cm x 20 cm	Tidak sesuai, ukuran label LB3 5x10 cm	0
2	Warna dan tulisan	Warna dasar kuning, garis tepi berwarna hitam dengan tulisan berwarna hitam dan tulisan "PERINGATAN!"	Tidak sesuai, warna dasar label LB3 putih tanpa tulisan "PERINGATAN"	0
3	Huruf	Huruf harus mudah dibaca dan dicetak tebal.	Sesuai, huruf mudah dibaca dan dicetak tebal	1
4	Bahan	Bahan label harus membuat tulisan tidak mudah dihapus	Sesuai, karena bahan label dilaminating	1
5	Kelengkapan identitas	Identitas pada label harus lengkap	Tidak sesuai, label hanya mencantumkan nama dan kode LB3	0
D. Pelekatan Simbol LB3 pada Kemasan LB3 (Gambar 5.10 (a))				
1	Jenis simbol	Jenis simbol harus sesuai dengan karakteristik LB3 yang ada pada kemasan LB3	Tidak sesuai, simbol LB3 pada kemasan majun bekas adalah mudah terbakar	0
2	Posisi	Dilekatkan pada sisi kemasan yang mudah dilihat dan tidak terhalang kemasan lain	Tidak sesuai, simbol LB3 terhalang kemasan lain	0
3	Pelepasan simbol LB3	Simbol LB3 tidak boleh dilepas/terlepas dan diganti sebelum kemasan dikosongkan atau dibersihkan	Sesuai, karena simbol LB3 tidak dilepas	1
E. Pelekatan Simbol LB3 pada Tempat Penyimpanan LB3 (Gambar 5.10 (d))				
1	Jenis simbol	Jenis simbol harus sesuai dengan karakteristik LB3 yang ada disimpan	Sesuai, simbol LB3 yang dilekatkan pada TPS LB3 sesuai dengan LB3 yang disimpan di dalam TPS LB3	1
2	Posisi	Simbol LB3 dilekatkan pada bagian luar dinding yang tidak terhalang	Tidak sesuai, simbol LB3 tidak dilekatkan pada luar dinding, namun di bagian dalam dinding	0
3	Pelepasan simbol LB3	Simbol LB3 tidak boleh dilepas/terlepas dan diganti, kecuali akan digunakan untuk penyimpanan LB3 berkarakteristik lain	Sesuai, karena simbol LB3 tidak dilepas	1
F. Pelekatan Label LB3 pada Kemasan LB3 (Gambar 5.10 (a))				
1	Pelekatan pada kemasan terisi	Posisi label dipasang pada sebelah atas simbol LB3	Sesuai, label LB3 dipadang di atas simbol LB3	1
2	Pelekatan pada kemasan kosong	Harus menempelkan label "KOSONG" pada kemasan yang tidak digunakan	Tidak sesuai, kemasan kosong tidak dilekatkan label "KOSONG"	0
3	Pelekatan penunjuk tutup kemasan	Bergambar arah panah di dekat tutup kemasan dan terpasang kuat pada kemasan yang telah terisi maupun belum terisi	Tidak melakukan pelekatan label penunjuk tutup kemasan	0
Skor didapat				11
Skor ideal				22

Sumber: Hasil Analisis, 2023

Spesifikasi simbol LB3 yang dipasang pada kemasan LB3 telah sesuai dengan kemasan. Namun, pemilihan simbol LB3nya belum sesuai dengan LB3 yang disimpan di dalam kemasan. Pemasangannya juga masih terhalang oleh kemasan lain. Label LB3 yang digunakan masuk terlalu kecil dan tidak terdapat tulisan "PERINGATAN". Kelengkapan identitas LB3 yang disimpan juga belum lengkap.

Simbol LB3 yang ada pada TPS LB3 belum memenuhi ketentuan, meskipun telah sesuai dengan karakteristik LB3 yang disimpan di dalam bangunan. TPS LB3 tidak melakukan pemasangan label LB3 pada kemasan kosong dan penunjuk tutup kemasan. Berdasarkan analisis tabel dan uraian tersebut, didapatkan persentase skor bagi pemberian label dan simbol LB3 di TPS LB3 PT Z adalah 50% atau tergolong “Cukup”. Terdapat beberapa hal yang dapat dilakukan TPS LB3 untuk meningkatkan pengelolannya dari segi pemberian label dan simbol LB3.

1. Seharusnya, simbol LB3 yang digunakan pada TPS LB3 berbentuk bujur sangkar, berdimensi minimal 25x25 cm, dan terdapat blok segilima yang berhimpit dengan sudut lancip di bagian bawah sesuai dengan yang ditentukan oleh Permen LHK No. 14/2013.
2. Label LB3 pada kemasan seharusnya dibuat lebih besar dengan memiliki identitas LB3 yang disimpan dengan lengkap sesuai dengan Permen LHK No. 14/2013.
3. Penggunaan simbol LB3 seharusnya lebih diperhatikan lagi agar sesuai dengan karakteristik LB3 yang disimpan agar tidak terjadi kekeliruan saat melakukan pengangkutan dan pengolahan.
4. Penempatan kemasan sebaiknya diposisikan agar simbol dan label LB3 terlihat dengan jelas dan tidak terhalang kemasan lain.
5. Seharusnya, MS Duri 1 melakukan pemberian label dan simbol LB3 pada setiap kemasan kosong dan terisi yang ada di TPS LB3, begitu juga dengan label penutup kemasan.

3.5. Kelengkapan Sistem Tanggap Darurat

Kelengkapan sistem tanggap darurat pengelolaan LB3 diatur dalam Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 pasal 429. Setiap ayat dalam pasal tersebut diuraikan lebih rinci dalam Permen LHK Nomor 74 Tahun 2019 tentang Program Kedaruratan Pengelolaan Bahan Berbahaya dan Beracun dan/atau Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun. Sistem tanggap darurat pengelolaan LB3 yang baik memerlukan program pencegahan kedaruratan dan kesiapsiagaan dari seluruh tenaga pekerja yang terlibat dalam pengelolaan LB3 yang ada. Penilaian ini dilakukan terlepas dari apakah isi program kedaruratan pengelolaan LB3 dibuat secara komprehensif atau tidak. Penilaian terhadap kelengkapan sistem tanggap darurat pengelolaan LB3 di PT Z RO3 disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Skoring Kelengkapan Sistem Tanggap Darurat LB3

No.	Parameter	Standar berdasarkan PP No. 22/2021	Kondisi di TPS LB3	Skor
1	Pencegahan	Pencegahan melalui penyusunan program kedaruratan pengelolaan LB3	Sesuai, terdapat program kedaruratan pengelolaan LB3 yang menyatu dengan program kedaruratan K3L.	1
2	Kesiapsiagaan	Terdapat kesiapsiagaan melalui pelatihan dan geladi kedaruratan pengelolaan LB3	Sesuai, terdapat geladi kedaruratan pengelolaan LB3 yang dilakukan setiap 6 bulan sekali.	1
3	Penanggulangan	Terdapat upaya penanggulangan saat terjadi kedaruratan pengelolaan LB3	Sesuai, terdapat upaya penanggulangan saat terjadi kedaruratan LB3 cair ditulis dalam Rencana Pengelolaan Lingkungan (RKL) dan Rencana Pemantauan Lingkungan (RPL)	1
Skor didapat				3
Skor ideal				3

Sumber: Hasil Analisis, 2023

TPS LB3 memiliki sistem tanggap darurat pengelolaan LB3 yang lengkap. Oleh karena itu, didapatkan persentase nilai 100% atau tergolong “Sangat Baik”. Saran yang dapat diberikan untuk PT Z RO3 yaitu sebaiknya menyusun upaya penanggulangan pengelolaan LB3 berdasarkan seluruh LB3 yang dihasilkan termasuk LB3 padat.

3.6. Rekapitulasi

Berdasarkan hasil analisis di atas, dilakukan rekapitulasi terhadap pengelolaan LB3 di TPS LB3 PT Z RO3. Rekapitulasi persentase nilai setiap aspek pengelolaan LB3 disajikan dalam Tabel 8.

Tabel 8. Rekapitulasi Persentase Skor Pengelolaan LB3

No.	Aspek Pengelolaan LB3	Nilai (%)
1	Pengemasan	66,67
2	Kegiatan Penyimpanan	85,71
3	Pemberian Simbol dan Label	50
4	Kelengkapan Sistem Tanggap Darurat	100
Rata-rata		63,93

Sumber: Hasil Analisis, 2023

Berdasarkan rekapitulasi nilai tersebut, didapatkan bahwa pengelolaan LB3 di TPS LB3 PT Z RO3 secara keseluruhan memiliki persentase skor rata-rata 63,93 atau tergolong “Baik”.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil observasi lapangan, PT Z RO3 menghasilkan LB3 sebanyak 3,887 ton/tahun. Jenis LB3 yang dihasilkan berupa *drain liquid* (0,01618 ton/tahun), oli bekas (1,815 ton/tahun), aki/baterai bekas (1,38 ton/tahun), *tube lamp* (TL) (0,01 ton/tahun), kemasan bekas B3 (0,365 ton/tahun), filter bekas (0,069 ton/tahun), APD pengelolaan LB3 (0,127 ton/tahun), *rubber PIG* (0,1 ton/tahun), dan *card module electronic* (0,005 ton/tahun). Hasil studi literatur menunjukkan bahwa oli bekas dan baterai bekas yang dihasilkan masih dapat didaur ulang menjadi bahan bakar alternatif dan bahan baku pembuatan panel surya yang dapat digunakan kembali pada area operasional lain di PT Z RO3. Hasil analisis berdasarkan peraturan-peraturan yang berlaku di Indonesia, yaitu PP 22/2021, Permen LHK 6/2021, dan Permen LHK 14/2013, menunjukkan bahwa secara keeluruhan pengelolaan LB3 di TPS LB3 PT Z RO3 tergolong kategori “Baik” dengan persentase skor 63,93%. Saran yang dapat diberikan bagi TPS LB3 adalah dengan meningkatkan pengelolaan LB3 terutama dalam aspek pengemasan, kegiatan penyimpanan, dan pemberian label dan simbol agar tidak terjadi risiko kecelakaan saat melakukan bongkar muat barang dan kesalahpahaman saat melakukan aspek pengelolaan LB3 yang lain.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis berterima kasih kepada petugas lapangan TPS LB3 dan seluruh staf PT Z RO3 yang telah bersedia dimintai data untuk dilakukannya penelitian ini. Terima kasih juga kami sampaikan kepada tim dosen Program Studi Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Nasional Bandung yang telah memberikan wawasan dan ilmu yang sangat membantu dalam penyusunan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Darwin, "Pemaparan Pengenalan PT Z," HSSE, PT Z, 2021.
- [2] D. Darwin, "HSSE Induction 2021," HSSE, PT Z, 2021.
- [3] N. C. Elvania, *Manajemen dan Pengelolaan Limbah*, Bandung: Widina Bhakti Persada, 2022.
- [4] T. A. Kusuma, and S. A. Yuniar, "Timbulan Limbah Bahan Berbahaya & Beracun dari Aktivitas Eksplorasi & Eksploitasi Migas PT A," *ReTII*, 2017.
- [5] W. E. Thome, A. C. Basso, and S. K. Dhol, "Identification and Assessment of Trace Contaminants Associated With Oil and Gas Pipeline Abandoned in Place." pp. 1263-1270.
- [6] A. Rosihan, and H. Husaini, "Logam berat sekitar manusia," Pustaka Buana, 2017.

- [7] I. K. Sukendra, and I. Atmaja, "Instrumen Penelitian," 2020.
- [8] E. Wardhani, and D. Salsabila, "Analisis Sistem Pengelolaan Limbah B3 Di Industri Tekstil Kabupaten Bandung," *Rekayasa Hijau: Jurnal Teknologi Ramah Lingkungan*, vol. 5, no. 1, pp. 15-26, 2021.
- [9] S. A. Fajriyah, and E. Wardhani, "Evaluasi Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) di PT. X," *Jurnal Serambi Engineering*, vol. 5, no. 1, 2020.
- [10] B. D. Hardiyanto, A. M. Kartini, and N. Prमितasari, "Evaluasi Pengelolaan Limbah B3 pada Industri Air Minum dalam Kemasan (AMDK) di PT. X," *Jukung (Jurnal Teknik Lingkungan)*, vol. 8, no. 2, 2022.
- [11] M. D. LaGrega, P. L. Buckingham, and J. C. Evans, *Hazardous waste management: Waveland Press*, 2010.
- [12] R. Indonesia, "Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup ", Pemerintah RI, 2021.
- [13] P. Z, "RKL-RPL," PT Z, 2021.
- [14] I. N. Suparta, "Daur ulang oli bekas menjadi bahan bakar diesel dengan proses pemurnian menggunakan media asam sulfat dan natrium hidroksida," *Logic: Jurnal Rancang Bangun dan Teknologi*, vol. 17, no. 1, pp. 73-79, 2017.
- [15] W. Ardi, and W. P. P. R. Dhimas, "Pemanfaatan Oli Bekas sebagai Bahan Baku Pembuatan Bahan Bakar Cair (BBC) dengan Metode Catalytic Cracking Menggunakan Katalis Mordenite," 2011.
- [16] R. Rusmana, "Pemanfaatan Baterai Bekas Sebagai Bahan Baku Perovskite Pada Pembuatan Sel Surya," Universitas Darma Persada, 2017.
- [17] R. Indonesia, "Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 14 Tahun 2013 tentang Simbol dan Label Bahan Berbahaya dan Beracun," Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2013.
- [18] R. Indonesia, "Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 6 Tahun 2021 tentang Tata Cara dan Persyaratan Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun," Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2021.