



PPNS POLITEKNIK
PERKAPALAN
NEGERI SURABAYA

TUGAS AKHIR (SE43310)

***REDESIGN* TEMPAT PENYIMPANAN SEMENTARA B3
BERDASARKAN STANDARD K3 DI PERUSAHAAN GALANGAN
KAPAL**

**Gatan Abdillah
NRP.0522040013**

**DOSEN PEMBIMBING
Dr. INDRI SANTIASIH, S.KM., M.T.
NORA AMELIA NOVITRIE, S.T., M.T.**

**PROGRAM STUDI TEKNIK KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA
JURUSAN TEKNIK PERMESINAN KAPAL
POLITEKNIK PERKAPALAN NEGERI SURABAYA
SURABAYA
2026**

Halaman ini sengaja dikosongkan



PPNS POLITEKNIK
PERKAPALAN
NEGERI SURABAYA

TUGAS AKHIR (SE43310)

**REDESIGN TEMPAT PENYIMPANAN SEMENTARA B3 BERDASARKAN
STANDARD K3 DI PERUSAHAAN GALANGAN KAPAL**

Gatan Abdillah

NRP.0522040013

DOSEN PEMBIMBING

Dr. INDRI SANTIASIH, S.KM., M.T.

NORA AMELIA NOVITRIE, S.T., M.T.

PROGRAM STUDI TEKNIK KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA

JURUSAN TEKNIK PERMESINAN KAPAL

POLITEKNIK PERKAPALAN NEGERI SURABAYA

SURABAYA

2026

Halaman ini sengaja dikosongkan

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

REDESIGN TEMPAT PENYIMPANAN SEMENTARA B3 BERDASARKAN STANDARD K3 DI PERUSAHAAN GALANGAN KAPAL

Disusun Oleh:
Gatan Abdillah
0522040013

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Kelulusan
Program Studi D4 Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja
Jurusan Teknik Permesinan Kapal
POLITEKNIK PERKAPALAN NEGERI SURABAYA

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir Tanggal Ujian : 7 Juli 2026
Periode Wisuda : Oktober 2026

Menyetujui,

Dosen Penguji

1. Agung Nugroho, S.T., M.T.
2. Nora Amelia Novitrie, S.T., M.T.
3. Naufa Aulia Rahma, S.Tr.T., M.T.
4. Aslikha Amalia, S.ST., M.T.

NIDN/NUPTK

(0028057803)
(0014058804)
(0708119701)
(0546770671230402)

Tanda Tangan

(.....)
(.....)
(.....)
(.....)

Dosen Pembimbing

1. Dr. Indri Santiasih, S.KM., M.T.
2. Nora Amelia Novitrie, S.T., M.T.

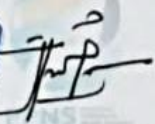
NIDN

(0025017901)
(0014058804)

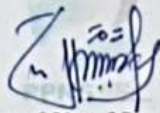
Tanda Tangan

(.....)
(.....)

Menyetujui
Ketua Jurusan,


Dr. Ir. Priyo Agus Setiawan, S.T., M.T.
NIP. 197708192005011001

Mengetahui
Koordinator Program Studi,


Mochamad Yusuf Santoso, S.T., M.T.
NIP. 199011272015041002

Halaman ini sengaja dikosongkan

	<u>PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT</u>	No. : F.WD I. 021 Date : 3 Nopember 2015 Rev. : 01 Page : 1 dari 1
---	--	---

Yang bertandatangan dibawah ini :

Nama : Gatan Abdillah

NRP. : 0522040013

Jurusan/Prodi : Teknik Permesinan Kapal/Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja

Dengan ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa :

Tugas Akhir yang akan saya kerjakan dengan judul :

Redesign Tempat Penyimpanan Sementara B3 Berdasarkan Standard K3 di Perusahaan Galangan Kapal

Adalah benar karya saya sendiri dan bukan plagiat dari karya orang lain.

Apabila dikemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam karya ilmiah tersebut, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan peraturan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan penuh tanggung jawab.

Surabaya, 25 Juni 2026

Yang membuat pernyataan,



 (Gatan Abdillah)
 NRP. 0522040013

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat, hidayah, serta karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir yang berjudul "*Redesign* Tempat Penyimpanan Sementara Limbah B3 Berdasarkan Standar Keselamatan dan Kesehatan Kerja di Perusahaan Galangan Kapal." Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Program Studi D4 Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya. Penulis menyadari bahwa selama proses pelaksanaan penelitian hingga penyusunan laporan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bimbingan, bantuan, doa, motivasi, serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua tercinta, Bapak Sukirno dan Ibu Ifa Nuryana, yang senantiasa memberikan doa, kasih sayang, motivasi, dukungan moral maupun material, serta menjadi sumber semangat terbesar bagi penulis dalam menyelesaikan pendidikan dan penyusunan Tugas Akhir ini.
2. Kakak dan adik penulis yang selalu memberikan doa, semangat, serta motivasi selama proses penyusunan Tugas Akhir.
3. Bapak Rachmad Tri Soelistijono, S.T., M.T. selaku Direktur Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya
4. Bapak Dr. Priyo Agus Setiawan, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Permesinan Kapal Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
5. Bapak Moch. Yusuf Santoso, S.T., M.T., selaku Koordinator Program Studi D4 Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
6. Ibu Dr. Indri Santiasih, S.KM., M.T., selaku dosen pembimbing I yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran dalam memberikan bimbingan, arahan, kritik, serta saran sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik.
7. Ibu Nora Amelia Novitrie, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, masukan, serta motivasi kepada penulis selama proses penyusunan Tugas Akhir.

8. Bapak Agung Nugroho., S.T., M.T., Ibu Aslikha Amalia, S.T., M.T. dan Ibu Naufa Aulia Rahma, S.Tr.T., M.T., selaku dosen penguji yang telah memberikan kritik, saran, dan masukan yang sangat bermanfaat dalam penyempurnaan Tugas Akhir ini.
9. Seluruh dosen Program Studi Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya yang telah memberikan ilmu pengetahuan, pengalaman, serta pembelajaran yang sangat berharga selama masa perkuliahan.
10. Pihak perusahaan dan seluruh pembimbing lapangan serta rekan kerja di perusahaan yang telah memberikan arahan, bantuan, serta pengalaman selama proses penelitian berlangsung
11. Rekan-rekan mahasiswa Program Studi Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja Angkatan 2022 yang telah memberikan dukungan, semangat, serta menjadi teman berdiskusi selama proses penyusunan Tugas Akhir.
12. Sahabat-sahabat penulis yang senantiasa memberikan motivasi, doa, serta dukungan baik selama proses penyusunan Tugas Akhir maupun selama menempuh pendidikan di Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
13. Vira Aunia Ariestyani yang selalu menemani perjalanan penulis, yang senantiasa memberikan doa, semangat, perhatian, serta dukungan moral dalam setiap proses penyusunan Tugas Akhir ini
14. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah memberikan bantuan, doa, serta dukungan kepada penulis hingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan.

Penulis menyadari bahwa kekurangan dalam penyusunan tugas akhir ini. Oleh karena itu penulis mengharapkan adanya saran dan kritik dari berbagai pihak dalam penyempurnaannya. Semoga tugas akhir ini bermanfaat bagi para pembaca dan semua pihak khususnya dalam program studi Teknik K3 PPNS

Surabaya, 3 Agustus 2026

Penulis.

REDESIGN TEMPAT PENYIMPANAN SEMENTARA B3 BERDASARKAN STANDARD K3 DI PERUSAHAAN GALANGAN KAPAL

Gatan Abdillah

ABSTRAK

Industri galangan kapal menghasilkan limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) yang berpotensi menimbulkan pencemaran lingkungan dan risiko keselamatan kerja apabila tidak dikelola sesuai ketentuan. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi kesesuaian Tempat Penyimpanan Sementara (TPS) limbah B3 berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 6 Tahun 2021 serta menyusun *redesign* TPS sesuai standar Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3). Metode penelitian meliputi studi literatur, observasi lapangan, pengumpulan data jenis, karakteristik, dan volume limbah B3, serta perancangan menggunakan *AutoCAD* dan *SketchUp*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa TPS limbah B3 belum memenuhi beberapa persyaratan teknis, meliputi kapasitas penyimpanan, penyimpanan limbah pasir *sandblasting* yang masih berada di area terbuka, tata letak penyimpanan, serta fasilitas pendukung K3. Rekomendasi yang diberikan berupa *redesign* TPS melalui penyesuaian kapasitas penyimpanan, penyediaan ruang penyimpanan tertutup untuk limbah pasir *sandblasting*, perbaikan tata letak, serta penambahan fasilitas keselamatan sesuai Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 6 Tahun 2021. Rekomendasi tersebut diharapkan dapat meningkatkan keamanan pengelolaan limbah B3 dan kepatuhan perusahaan terhadap peraturan.

Kata Kunci: Limbah B3, *Redesign*, *Sandblasting*, Tempat Penyimpanan Sementara Limbah B3.

Halaman ini sengaja dikosongkan

REDESIGN OF A TEMPORARY HAZARDOUS WASTE STORAGE FACILITY BASED ON OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY STANDARDS IN A SHIPYARD COMPANY

Gatan Abdillah

ABSTRACT

The shipbuilding industry generates hazardous waste that may cause environmental pollution and occupational Safety risks if not properly managed. This study aimed to evaluate the compliance of the Hazardous Waste Temporary Storage Facility (HWTsf) with the requirements of the Minister of Environment and Forestry Regulation No. 6 of 2021 and to develop a redesigned storage facility based on Occupational Health and Safety (OHS) standards. The research employed a literature review, field observations, and data collection on the types, characteristics, and quantities of hazardous waste. The redesign was developed using AutoCAD and SketchUp software. The results showed that the existing HWTsf did not fully comply with the technical requirements, particularly regarding storage capacity, the storage of spent sandblasting abrasive in an open area, storage layout, and supporting OHS facilities. Therefore, a redesigned HWTsf is proposed by improving storage capacity, providing an enclosed storage area for spent sandblasting abrasive, optimizing the storage layout, and adding Safety facilities in accordance with the Minister of Environment and Forestry Regulation No. 6 of 2021. The proposed redesign is expected to improve hazardous waste management practices and enhance the company's compliance with applicable regulations

Keywords: *Hazardous Waste; Redesign; Sandblasting; Hazardous Waste Temporary Storage Facility.*

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	1
HALAMAN PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
KATA PENGANTAR.....	vii
ABSTRAK	ix
ABSTRACT	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR GAMBAR.....	xix
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan	5
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.4.1 Bagi Perusahaan	5
1.4.2 Bagi Peneliti	6
1.5 Batasan Masalah.....	6
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3).....	7
2.1.1 Limbah B3.....	7
2.1.2 Karakteristik Limbah B3	7
2.1.3 Jenis Limbah B3 di Galangan Kapal.....	9
2.1.4 Pengelolaan Limbah B3	11
2.2 Tempat Penyimpanan Sementara Limbah B3	14
2.3 Persyaratan Teknis TPS Limbah B3	14
2.4 Persyaratan Administratif TPS Limbah B3.....	16

2.5	Rancang Bangun Tempat Penyimpanan Limbah B3	17
2.5.1	Rancang Bangun Sesuai Karakteristik Limbah B3	18
2.5.2	Rancang Bangun Bangunan Limbah B3	19
2.5.3	Kaidah Kompabilitas Limbah B3	20
2.5.4	Pengemasan Limbah B3	21
2.5.5	Simbol dan Label Limbah B3.....	26
2.5.6	Waktu Penyimpanan Limbah B3.....	37
2.5.7	Pemantauan dan Pelaporan Limbah B3.....	38
2.6	Perencanaan Ventilasi.....	38
2.6.1	Ventilasi Alami.....	39
2.6.2	Ventilasi yang Diambil dari Ruang yang Bersebelahan	40
2.7	Pencahayaan	41
2.7.1	Tingkat Pencahayaan.....	41
2.8	Sistem Proteksi Kebakaran.....	43
2.8.1	Detektor	43
2.8.2	Alarm Kebakaran.....	44
2.8.3	Alat Pemadam Api Ringan (APAR).....	44
2.8.4	Alternatif Permasalahan	46
2.9	Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3) dalam Perancangan TPS Limbah B3.....	47
2.9.1	Elemen Perencanaan K3: Identifikasi Bahaya, Penilaian, dan Pengendalian Risiko	48
2.9.2	Elemen Pelaksanaan Rencana K3.....	48
2.9.3	Elemen Pemantauan dan Evaluasi Kinerja K3	48
2.9.4	Elemen Peninjauan dan Peningkatan Kinerja SMK3	48
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN		49

3.1	Identifikasi Masalah	50
3.2	Tahap Tinjauan Pustaka	50
3.2.1	Studi Lapangan.....	50
3.2.2	Studi Literatur	51
3.3	Rumusan Masalah dan Tujuan	51
3.4	Tahap Pengumpulan Data	51
3.4.1	Data Primer	51
3.4.2	Data Sekunder	52
3.5	Tahap Pengolahan Data dan Analisis Perancangan	52
3.5.1	Evaluasi Tempat Penyimpanan Sementara (TPS) Limbah B3	52
3.5.2	Identifikasi Jumlah Timbulan dan Masa Simpan Limbah B3.....	52
3.5.3	Kriteria Penyusunan Layout Tempat Penyimpanan Sementara (TPS) Limbah B3.....	52
3.5.4	Aspek Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) dan Indikator Penilaian TPS Limbah B3	55
3.5.5	Perancangan Ulang Tempat Penyimpanan Sementara (TPS) Limbah B3	56
3.6	Kesimpulan dan Saran.....	57
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN		59
4.1	Gambaran Umum	59
4.2	Kondisi Eksisting	63
4.3	Kondisi Penerangan TPS Limbah B3	72
4.4	Kondisi Ventilasi TPS Limbah B3.....	74
4.5	Identifikasi Simbol Limbah B3 pada TPS Limbah B3	75
4.6	Fasilitas Penunjang K3.....	78
4.7	<i>Redesign</i> Layout TPS B3	80

4.8	Tempat Penyimpanan Sementara (TPS) Pasir <i>Sandblasting</i>	83
4.8.1	Perancangan dan Perhitungan Kebutuhan TPS Limbah Pasir <i>Sandblasting</i>	84
4.8.2	Bahan Material	85
4.8.3	Fasilitas Penunjang K3	87
BAB 5		91
	KESIMPULAN DAN SARAN	91
5.1	Kesimpulan.....	91
5.2	Saran	92
	DAFTAR PUSTAKA	93
	LAMPIRAN I.....	97
	LAMPIRAN II	101
	LAMPIRAN III	107
	LAMPIRAN IV.....	123
	BIOGRAFI PENULIS.....	129

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kompatibilitas Karakteristik Limbah B3	20
Tabel 2. 2 Penjelasan Pengisian Label Limbah B3	33
Tabel 2. 3 Tingkat Pencahayaan Minimum yang Direkomendasikan	41
Tabel 2. 4 Pemilihan Jenis Detektor sesuai Fungsi Ruangan.....	44
Tabel 4. 1 Data Jumlah Timbulan Limbah.....	60
Tabel 4. 2 Analisis Kondisi Eksisting	65
Tabel 4. 3 Perhitungan Ventilasi.....	74
Tabel 4. 4 Simbol Limbah B3 Perusahaan Galangan Kapal	76

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Rancang Bangun Sirkulasi Udara	19
Gambar 2. 2 Tata Ruang Fasilitas Penyimpanan Limbah B3 Berupa Gudang.....	19
Gambar 2. 3 Pola Penyimpanan Limbah B3 Menggunakan Kemasan Drum.....	22
Gambar 2. 4 Rak Penyimpanan Limbah B3 dengan Kemasan Drum.....	22
Gambar 2. 5 Penyimpanan Limbah B3 Menggunakan <i>Jumbo bag</i>	23
Gambar 2. 6 Penyimpanan Limbah B3 Menggunakan Kemasan Tangki IBC	24
Gambar 2. 7 Penyimpanan Limbah B3 dengan Menggunakan Kontainer.....	25
Gambar 2. 8 Bentuk Dasar Simbol Limbah B3	27
Gambar 2. 9 Simbol Limbah B3 Mudah Meledak.....	28
Gambar 2. 10 Simbol Limbah B3 Cairan Mudah Menyala	28
Gambar 2. 11 Simbol Limbah B3 Padatan Mudah Menyala	29
Gambar 2. 12 Simbol Limbah B3 Reaktif	29
Gambar 2. 13 Simbol Limbah B3 Beracun.....	30
Gambar 2. 14 Simbol Limbah Korosif.....	30
Gambar 2. 15 Simbol Limbah B3 Infeksius	31
Gambar 2. 16 Simbol Limbah B3 Berbahaya Terhadap Lingkungan.....	31
Gambar 2. 17 Label Limbah B3.....	32
Gambar 2. 18 Label Limbah B3 Wadah dan/atau Kemasan Limbah B3 Kosong	33
Gambar 2. 19 Penandaan Posisi Tutup Wadah dan/atau Kemasan Limbah B3....	34
Gambar 2. 20 Simbol Limbah B3 pada Tempat Penyimpanan dengan 2 Karakteristik Dominan.....	35
Gambar 2. 21 Simbol dan Label Kemasan Limbah B3	37
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian	49
Gambar 4. 1 Titik Pengukuran Penerangan	73
Gambar 4. 2 Layout Eksisting TPS B3	80
Gambar 4. 3 Layout Rancangan TPS B3	80
Gambar 4. 4 TPS Pasir <i>Sandblasting</i>	86
Gambar 4. 5 Fasilitas Penunjang K3.....	88

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri galangan kapal merupakan fasilitas industri maritim yang berfungsi sebagai tempat pembangunan kapal baru serta kegiatan perawatan dan perbaikan kapal. Dalam proses operasionalnya, berbagai aktivitas teknis seperti *sandblasting*, pengecatan, pengelasan, pembersihan lambung kapal, serta penggantian komponen mesin dilakukan secara terpusat di area galangan. Aktivitas tersebut menghasilkan limbah padat, cair, dan limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) yang berasal baik dari proses perbaikan kapal maupun dari residu kegiatan operasional galangan (Sabela and Putri, 2023). Jenis limbah B3 yang dihasilkan antara lain berupa pasir bekas *sandblasting*, oli bekas, kemasan cat, dan kain pembersih terkontaminasi. Oleh karena itu, limbah yang dihasilkan selama kegiatan perawatan kapal harus dikelola melalui fasilitas darat yang memiliki sistem pengendalian lingkungan yang memadai, salah satunya melalui sistem pengelolaan limbah di galangan kapal (Ervina, Berliana and Fadhil, 2025).

Perusahaan galangan kapal menghasilkan berbagai jenis limbah B3 dari aktivitas pembangunan, perawatan, dan perbaikan kapal, seperti oli bekas, *sludge*, sisa cat, kemasan bahan kimia, serta limbah pasir *sandblasting*. Berdasarkan data neraca limbah perusahaan periode 2023–2025, limbah pasir *sandblasting* merupakan salah satu limbah dengan timbunan terbesar dibandingkan jenis limbah B3 lainnya. Jumlah limbah tertinggi tercatat pada 2024 dengan 331,71 ton. Besarnya volume limbah tersebut menyebabkan kebutuhan ruang penyimpanan menjadi semakin tinggi, sehingga pengelolaannya memerlukan perhatian khusus agar tidak menimbulkan pencemaran lingkungan maupun risiko terhadap keselamatan dan kesehatan kerja. Oleh karena itu, penelitian ini memfokuskan pembahasan pada evaluasi dan *redesign* fasilitas penyimpanan limbah pasir *sandblasting* sebagai bagian yang terintegrasi dengan Tempat Penyimpanan Sementara (TPS) Limbah B3.

Berdasarkan Peraturan Pemerintah No 101 Tahun 2014 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun, limbah B3 didefinisikan sebagai sisa suatu

usaha atau kegiatan yang mengandung bahan berbahaya dan beracun yang karena sifat, konsentrasi, dan jumlahnya dapat mencemari lingkungan hidup, membahayakan kesehatan manusia, serta mengancam kelangsungan hidup makhluk hidup lainnya. Limbah B3 memiliki karakteristik tertentu, seperti mudah meledak, mudah menyala, reaktif, beracun, infeksius, dan/atau korosif sehingga memerlukan pengelolaan khusus sesuai ketentuan peraturan perundang-undangan.

Dalam kegiatan operasional perusahaan galangan kapal, limbah B3 dihasilkan dari berbagai aktivitas perawatan, perbaikan, dan konstruksi kapal. Jenis limbah B3 yang umum dihasilkan antara lain oli bekas, *grease*, bahan bakar tercemar, *sludge* dari tangki dan *bilge*, kain majun atau lap pembersih yang terkontaminasi minyak, sisa cat dan *thinner*, filter oli bekas, serta kemasan bahan kimia yang mengandung residu B3. Limbah-limbah tersebut berpotensi menimbulkan dampak pencemaran lingkungan dan risiko keselamatan kerja apabila tidak dikelola secara tepat. Berdasarkan Peraturan Pemerintah No 101 Tahun 2014 pada pasal 2 ayat 1 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun, setiap individu atau badan usaha yang menghasilkan limbah B3 wajib menerapkan pengelolaan limbah tersebut secara lengkap, mencakup pengurangan, penyimpanan, serta pengumpulan dengan memperhatikan jumlah dan karakteristik limbah yang dihasilkan. Ketentuan teknis penyimpanan dan pengemasan limbah B3 diatur pada Pasal 13 sampai dengan Pasal 19, sedangkan kewajiban pengendalian pencemaran lingkungan hidup disebutkan dalam Pasal 198 dan Pasal 199 untuk menjamin perlindungan lingkungan.

Hasil observasi pada kondisi eksisting menunjukkan bahwa Tempat Penyimpanan Sementara (TPS) Limbah B3 di perusahaan galangan kapal masih memiliki beberapa ketidaksesuaian terhadap persyaratan teknis yang diatur dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 6 Tahun 2021. Permasalahan yang ditemukan meliputi tata letak penyimpanan limbah yang belum optimal, belum tersedianya jalur pedestrian yang terpisah dari jalur material handling, serta belum lengkapnya fasilitas keselamatan seperti simbol dan label limbah B3, marka keselamatan, dan area penyimpanan limbah pasir *sandblasting* yang masih ditempatkan di ruang terbuka. Kondisi tersebut berpotensi meningkatkan risiko kecelakaan kerja, paparan debu terhadap pekerja, serta

pencemaran lingkungan apabila tidak dilakukan perbaikan (Peraturan Pemerintah Indonesia Nomor 22, 2021).

Selain itu, pengelolaan limbah B3 di TPS belum dilengkapi dengan penggunaan simbol bahaya secara menyeluruh sesuai standar. Pada kemasan limbah hanya terdapat tulisan tanpa simbol karakteristik bahaya, sehingga informasi visual terkait sifat mudah terbakar, beracun, atau korosif tidak tersampaikan secara efektif kepada pekerja. Kondisi ini bertentangan dengan ketentuan (Permen LHK No.14 Tahun, 2013) tentang Simbol dan Label Limbah B3, yang mewajibkan setiap kemasan limbah B3 dilengkapi simbol bahaya yang jelas dan mudah dikenali sebagai bagian dari sistem komunikasi risiko. Ketidadaan simbol meningkatkan potensi kesalahan penanganan limbah oleh pekerja, terutama pada situasi darurat.

Kondisi fisik kemasan limbah B3 juga menunjukkan tingkat ketidaksesuaian, ditandai dengan banyaknya drum penyimpanan yang mengalami korosi atau karat. Drum berkarat berpotensi mengalami kebocoran dan kegagalan struktur, terutama saat dipindahkan atau terkena tekanan mekanis. Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Kehutanan Nomor 6 Tahun 2021, kemasan limbah B3 harus berada dalam kondisi baik, kuat, tidak bocor, dan tahan terhadap karakteristik limbah yang disimpan. Ketidaksesuaian pada aspek pewadahan ini tidak hanya meningkatkan risiko pencemaran, tetapi juga berpotensi menimbulkan sanksi administratif sebagaimana diatur dalam Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup (Undang-Undang Nomor 32, 2009)

Temuan berikutnya yang memperkuat urgensi penelitian adalah praktik penimbunan sementara limbah pasir *sandblasting* yang ditempatkan jauh dari area TPS Limbah B3 sebelum diangkut oleh pihak ketiga. Penimbunan ini dilakukan tanpa perlindungan memadai dan tidak berada dalam fasilitas penyimpanan yang memenuhi ketentuan TPS. Padahal, limbah *sandblasting* dikategorikan sebagai limbah B3 karena mengandung residu cat lama dan logam berat, sehingga penyimpanannya wajib mengikuti ketentuan penyimpanan limbah B3 sebagaimana diatur dalam PP No. 22 Tahun 2021 dan PermenLHK No. 6 Tahun 2021. Penempatan limbah B3 di luar TPS berizin meningkatkan risiko penyebaran

partikulat berbahaya ke udara dan lingkungan sekitar, serta memperbesar potensi paparan langsung terhadap pekerja.

Selain aspek tata letak, kapasitas penyimpanan TPS juga menjadi perhatian dalam pengelolaan limbah B3. Fluktuasi jumlah timbulan limbah yang dipengaruhi oleh aktivitas operasional perusahaan menyebabkan kapasitas TPS harus mampu mengakomodasi limbah yang dihasilkan hingga jadwal pengangkutan oleh pihak ketiga dilaksanakan. Apabila kapasitas penyimpanan tidak direncanakan berdasarkan data timbulan limbah aktual, kondisi tersebut dapat menyebabkan penumpukan limbah di dalam TPS maupun penyimpanan limbah di luar area yang telah ditetapkan, sehingga meningkatkan potensi pencemaran lingkungan dan risiko keselamatan kerja.

Sejumlah penelitian terdahulu telah dilakukan untuk memahami pengelolaan limbah di industri galangan kapal, baik limbah B3 maupun non-B3. Studi oleh (Nurlina, 2021) berfokus pada evaluasi pengelolaan limbah B3 di industri galangan kapal. Sedangkan (Pratiwi, Setiawan and Afiuddin, 2018) dan (Wisdayana *et al.*, 2022) membahas perancangan TPS Limbah B3 berdasarkan ketentuan teknis dan fasilitas pendukung.. Namun, penelitian-penelitian tersebut belum secara khusus membahas perancangan TPS yang mengintegrasikan area penyimpanan limbah pasir *sandblasting* ke dalam fasilitas TPS Limbah B3 dengan mempertimbangkan aspek kapasitas penyimpanan, tata letak, fasilitas keselamatan dan kesehatan kerja, serta kepatuhan terhadap Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 6 Tahun 2021. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi kondisi eksisting TPS Limbah B3 sekaligus menyusun rekomendasi *redesign* TPS yang lebih aman, efektif, dan sesuai dengan ketentuan regulasi yang berlaku.

Berdasarkan kondisi eksisting perusahaan, hasil kajian penelitian terdahulu, serta persyaratan teknis yang diatur dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 6 Tahun 2021, diperlukan evaluasi terhadap kesesuaian Tempat Penyimpanan Sementara (TPS) Limbah B3 sebagai dasar penyusunan rekomendasi redesign. Redesain tersebut difokuskan pada peningkatan kapasitas penyimpanan, penataan ulang tata letak, penyediaan area penyimpanan limbah pasir *sandblasting* dalam bangunan tertutup, serta penambahan fasilitas penunjang

keselamatan dan kesehatan kerja. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi rekomendasi teknis bagi perusahaan dalam meningkatkan keamanan penyimpanan limbah B3, meminimalkan risiko kecelakaan kerja dan pencemaran lingkungan, serta mendukung pemenuhan ketentuan pengelolaan limbah B3 yang berlaku.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana evaluasi tempat penyimpanan sementara TPS limbah B3 di perusahaan galangan kapal yang sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Nomor 6 Tahun 2021 Standard K3?
2. Bagaimana memberikan rekomendasi perbaikan untuk hasil evaluasi dan perancangan tempat penyimpanan sementara TPS limbah B3 dengan menggunakan software autocad dan sketchup di perusahaan galangan kapal yang sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Nomor 6 Tahun 2021 & Standard K3?

1.3 Tujuan

Dari perumusan masalah tersebut, dapat diketahui tujuan dari penelitian adalah sebagai berikut:

1. Mengevaluasi tempat penyimpanan sementara TPS limbah B3 di perusahaan galangan kapal yang sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Nomor 6 Tahun 2021 & Standard K3
2. Memberikan rekomendasi perbaikan untuk hasil evaluasi dan perancangan tempat penyimpanan sementara TPS limbah B3 dengan menggunakan software autocad dan sketchup di perusahaan galangan kapal yang sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Nomor 6 Tahun 2021 & Standard K3.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat dihasilkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1.4.1 Bagi Perusahaan

Perusahaan mendapatkan saran rekomendasi perbaikan tempat penyimpanan sementara (TPS) limbah B3 yang sesuai dengan Peraturan

Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Nomor 6 Tahun 2021 dengan mempertimbangkan anggaran biaya (RAB) yang telah dihitung sehingga dapat mengestimasi biaya pengeluaran.

1.4.2 Bagi Peneliti

Penulis dapat mengetahui bagaimana tempat penyimpanan sementara (TPS) limbah B3 yang sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Nomor 6 Tahun 2021 beserta Rencana Anggaran Biaya (RAB) yang dibutuhkan.

1.5 Batasan Masalah

Dalam menyelesaikan penelitian ini dibutuhkan batasan ruang lingkup yang dikaji agar terarah dan sesuai penelitian ini, antara lain:

1. Penelitian ini tidak membahas perancangan struktur bangunan secara detail, kekuatan konstruksi, maupun proses pengolahan limbah B3.
2. Semua dokumentasi foto terkait dengan kondisi tempat penyimpanan sementara (TPS) limbah B3 tidak dipublikasikan dalam laporan tugas akhir terkait perizinan dari perusahaan tempat penelitian dilakukan, namun dapat dilampirkan dalam presentasi sidang.
3. Penelitian ini tidak membahas penyusunan *Standard Operating Procedure* (SOP) pengelolaan maupun operasional Tempat Penyimpanan Sementara TPS Limbah B3, melainkan hanya berfokus pada evaluasi kondisi eksisting dan perancangan ulang (*redesign*) TPS Limbah B3 berdasarkan aspek teknis, tata letak, kapasitas, serta persyaratan K3
4. Perhitungan Ventilasi dan Pencahayaan tidak mempertimbangkan tentang jumlah orang di dalam bangunan
5. Rekomendasi yang dibahas pada Tugas Akhir ini hanya mengenai *redesign* layout TPS B3 dan Perancangan TPS Pasir Sandblasting
6. Penelitian ini dibatasi pada perancangan ulang Tempat Penyimpanan Sementara (TPS) Limbah B3 yang meliputi aspek tata letak (*layout*), perancangan jalur pedestrian dan jalur *forklift*, serta penataan fasilitas K3 seperti APAR, *spill kit*, *eye wash*, dan jalur evakuasi. Selain itu, penelitian ini juga dibatasi pada perancangan ulang area penyimpanan limbah *sandblasting* agar terintegrasi dengan sistem TPS Limbah B3

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3)

2.1.1 Limbah B3

Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) merupakan salah satu isu strategis dalam pengelolaan lingkungan hidup dan keselamatan kerja, khususnya pada sektor industri dengan tingkat risiko tinggi seperti galangan kapal. Aktivitas industri maritim melibatkan berbagai proses teknis mulai dari pemotongan baja, pengelasan, pengecatan, perawatan mesin, hingga pengolahan bahan kimia yang secara langsung maupun tidak langsung menghasilkan residu berbahaya.

Mengacu pada Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, Limbah B3 didefinisikan sebagai sisa suatu usaha dan/atau kegiatan yang mengandung Bahan Berbahaya dan Beracun. Definisi ini menegaskan bahwa setiap residu material yang memiliki sifat, konsentrasi, dan/atau jumlah tertentu sehingga berpotensi mencemarkan dan merusak lingkungan hidup, serta membahayakan kesehatan manusia dan makhluk hidup lainnya, wajib diklasifikasikan sebagai limbah B3 (Peraturan Pemerintah Nomor 22, 2021).

Dalam konteks industri galangan kapal, limbah B3 dapat berasal dari berbagai sumber, seperti sisa cat dan *thinner*, oli bekas, *sludge* dari *oil separator*, limbah pengelasan, aki bekas, serta kemasan bahan kimia. Jika tidak dikelola dengan baik, limbah-limbah tersebut berpotensi menimbulkan kecelakaan kerja, paparan bahan berbahaya terhadap pekerja, pencemaran tanah dan perairan, serta risiko jangka panjang terhadap ekosistem pesisir.

2.1.2 Karakteristik Limbah B3

Dalam perspektif K3 dan perlindungan lingkungan, identifikasi limbah B3 dilakukan berdasarkan karakteristik bahayanya. Berdasarkan PP Nomor 22 Tahun 2021, suatu limbah dikategorikan sebagai limbah B3 apabila memiliki satu atau lebih karakteristik sebagai berikut:

1. Mudah Meledak (*Explosive*)

Limbah yang pada suhu dan tekanan standar dapat meledak, baik melalui reaksi kimia internal maupun akibat pemicu eksternal seperti panas atau gesekan. Limbah dengan karakteristik ini sangat berbahaya karena dapat menyebabkan ledakan mendadak yang berpotensi menimbulkan korban jiwa serta kerusakan fasilitas industri.

2. Mudah Menyala (*Flammable*)

Limbah yang mudah terbakar akibat kontak dengan udara, percikan api, atau sumber nyala lainnya. Karakteristik ini umum ditemukan pada limbah berbasis pelarut, bahan bakar, atau sisa cat, yang sangat relevan dalam aktivitas pengecatan dan perawatan kapal.

3. Reaktif

Limbah yang bersifat tidak stabil dan dapat mengalami perubahan kimia secara spontan, bereaksi hebat dengan air, atau menghasilkan gas beracun dan panas dalam jumlah signifikan. Limbah reaktif meningkatkan risiko kecelakaan kerja apabila terjadi pencampuran yang tidak terkendali.

4. Infeksius Limbah yang mengandung mikroorganisme *patogen* yang dapat menyebabkan penyakit pada manusia. Meskipun karakteristik ini lebih umum pada fasilitas pelayanan kesehatan, dalam lingkungan industri galangan kapal tetap relevan apabila terdapat klinik perusahaan atau fasilitas medis internal.

5. Korosif

Limbah yang memiliki tingkat keasaman atau kebasaan ekstrem, yaitu dengan $\text{pH} \leq 2$ (asam kuat) atau $\geq 12,5$ (basa kuat). Limbah korosif dapat merusak jaringan tubuh manusia, peralatan kerja, serta infrastruktur industri apabila terjadi kebocoran atau kontak langsung.

6. Beracun (*Toxic*)

Limbah yang mengandung zat beracun yang dapat menyebabkan efek akut maupun kronis terhadap kesehatan manusia dan lingkungan hidup. Paparan limbah beracun dalam jangka panjang dapat memicu gangguan pernapasan, kerusakan organ, hingga pencemaran rantai makanan (PP 22, 2021).

2.1.3 Jenis Limbah B3 di Galangan Kapal

Kegiatan operasional di galangan kapal, baik pada tahap reparasi kapal, pembangunan kapal baru, maupun pemeliharaan rutin, menghasilkan berbagai jenis limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3). Kompleksitas proses kerja, penggunaan bahan kimia, serta interaksi antara material logam, pelapis, dan bahan bakar menjadikan galangan kapal sebagai salah satu sektor industri dengan potensi timbulan limbah B3 yang tinggi. Apabila tidak dikelola secara sistematis, limbah tersebut dapat menimbulkan risiko serius terhadap keselamatan kerja, kesehatan pekerja, serta pencemaran lingkungan laut dan darat di sekitar kawasan galangan.

Berdasarkan studi evaluasi pengelolaan limbah di industri galangan kapal, beberapa jenis limbah B3 yang dominan dihasilkan antara lain sebagai berikut:

1. Oli Bekas dan *Sludge*

Oli bekas yang dihasilkan dari aktivitas operasional dan perawatan mesin kapal mengandung berbagai unsur logam berat yang berasal dari keausan komponen mesin dan degradasi aditif pelumas. Berdasarkan analisis kandungan kimia pada oli mesin bekas, diketahui bahwa limbah ini mengandung logam berat seperti kromium (Cr), nikel (Ni), dan timbal (Pb) yang bersifat toksik bagi lingkungan. Keberadaan logam-logam tersebut menunjukkan bahwa oli bekas berpotensi menimbulkan pencemaran tanah dan perairan apabila dibuang tanpa pengelolaan yang memadai. (Zajac and Wolak, 2021)

2. Limbah *Sandblasting*

Limbah *sandblasting* merupakan residu utama yang dihasilkan dari proses preparasi permukaan pada kegiatan perawatan dan pembangunan kapal di galangan. Berdasarkan hasil karakterisasi limbah *sandblasting* yang dilakukan oleh (Afiuddin *et al.*, 2019), partikel limbah ini memiliki ukuran yang sangat halus, yaitu berada pada rentang 1,75–63,03 μm , sehingga berpotensi menjadi partikel debu tersuspensi di udara (*particulate matter*). Selain itu, hasil

analisis kandungan kimia menunjukkan bahwa limbah *sandblasting* mengandung unsur dominan berupa Besi (Fe) dan Aluminium (Al) yang berasal dari material substrat baja kapal dan material abrasif yang digunakan dalam proses *sandblasting* . Proses *sandblasting* termasuk aktivitas konstruksi dan perawatan permukaan yang berpotensi menghasilkan paparan debu dalam jumlah tinggi. Kegiatan ini dapat melepaskan debu silika yang berukuran sangat halus ke udara selama proses berlangsung. Partikel debu berukuran *respirable* tersebut mampu masuk ke saluran pernapasan bagian dalam dan menetap di paru-paru. Paparan debu silika dalam jangka waktu tertentu dapat menyebabkan gangguan kesehatan serius seperti *silikosis*. Oleh karena itu, aktivitas *sandblasting* dikategorikan sebagai pekerjaan yang memiliki risiko kesehatan akibat paparan debu berbahaya dan memerlukan pengendalian yang memadai (Hughes and Ferrett, 2007).

3. Sisa Cat, *Thinner*, dan Pelarut

Limbah ini berasal dari aktivitas pengecatan (*coating*) pada lambung, dek, dan bangunan atas kapal. Sisa cat, *thinner*, dan pelarut mengandung senyawa organik volatil (*volatile organic compounds/VOC*) yang memiliki karakteristik mudah menyala, beracun, dan berbahaya bagi sistem pernapasan. Dalam jangka panjang, paparan senyawa tersebut dapat menyebabkan gangguan kesehatan pekerja serta berkontribusi terhadap pencemaran udara dan lingkungan sekitar galangan kapal (Permana and Hendrasarie, 2024).

4. Majun/Kain Terkontaminasi B3

Dalam regulasi PP No. 22 Tahun 2021, kain majun bekas diklasifikasikan dengan kode limbah B110d (Kain majun bekas/*used rags* dan sejenisnya) dengan kategori bahaya 2. Di galangan kapal, majun menjadi limbah B3 yang "*tricky*" karena sering dianggap sampah domestik biasa oleh pekerja.

5. Kemasan Bekas Bahan Kimia

Limbah ini meliputi kaleng cat, drum *thinner*, dan jerigen bahan kimia dengan kode limbah B104d (Kemasan bekas B3). Pengelolaan limbah ini sering terkendala volume yang besar. Berdasarkan riset redesain TPS Limbah B3 tahun 2024, kemasan bekas ini wajib dikelola dengan prinsip "kosong sempurna" sebelum digepengkan atau dicuci oleh pihak ketiga berizin. Ketidaksesuaian sering terjadi ketika sisa cat masih menggenang di dalam kaleng, yang mengubah statusnya dari sekadar "kemasan bekas" menjadi "limbah cair B3" yang memerlukan penanganan tumpahan lebih ketat (Jawwad, 2024).

Dengan memahami jenis dan karakteristik limbah B3 yang dihasilkan, galangan kapal dapat menerapkan strategi pengendalian risiko yang lebih efektif, sekaligus memenuhi ketentuan regulasi lingkungan dan meningkatkan kinerja keselamatan dan kesehatan kerja secara berkelanjutan.

2.1.4 Pengelolaan Limbah B3

Pengelolaan limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) di galangan kapal harus dilaksanakan secara terpadu, sistematis, dan berkelanjutan guna meminimalkan risiko tumpahan, kebakaran, ledakan, serta paparan bahan berbahaya terhadap pekerja dan lingkungan. Mengingat kegiatan galangan kapal yang padat material, bahan kimia, dan aktivitas panas. Kegagalan dalam pengelolaan limbah B3 berpotensi menimbulkan kecelakaan kerja serius serta pencemaran lingkungan.

Prinsip dasar pengelolaan limbah B3 mengacu pada konsep *Cradle to Grave*, yaitu pendekatan pengendalian limbah sejak tahap dihasilkan, dikumpulkan, disimpan, diangkut, hingga diolah atau dimusnahkan secara aman. Pendekatan ini menekankan tanggung jawab penuh penghasil limbah terhadap seluruh siklus hidup limbah B3. Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 6 Tahun 2021 tentang Tata Cara dan Persyaratan Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun,

tahapan pengelolaan limbah B3 meliputi beberapa aspek utama sebagai berikut:

a. Pemilahan (*Segregation*)

Pemilahan limbah di titik sumber produksi merupakan salah satu langkah paling krusial dalam pengelolaan limbah berbahaya dan beracun (B3). Pemisahan ini harus dilakukan sebelum limbah bercampur dengan aliran limbah lainnya karena pencampuran dapat mengubah karakteristik limbah sehingga banyak limbah non-B3 menjadi diklasifikasikan sebagai B3 dan memerlukan penanganan khusus yang jauh lebih kompleks. Penelitian terkini pada konteks limbah kesehatan menunjukkan bahwa pemilahan yang benar di sumber secara signifikan dapat mengurangi volume limbah yang diklasifikasikan sebagai berbahaya, sehingga menurunkan biaya pengolahan dan pembuangan yang biasanya lebih tinggi dibanding limbah non-B3. Strategi pemilahan yang efektif juga mengurangi risiko reaksi berbahaya di tempat pengolahan dan meningkatkan efisiensi proses pengolahan lanjutan karena limbah yang homogen lebih mudah ditangani oleh fasilitas pengolahan akhir. (Nsanzimana *et al.*, 2025).

b. Pengumpulan dan Pewadahan

Limbah B3 yang telah dipilah kemudian dikumpulkan dalam wadah yang sesuai dengan karakteristik fisik dan kimianya. Wadah limbah harus memenuhi persyaratan teknis, yaitu kuat, tahan terhadap reaksi kimia, tidak bocor, tertutup rapat, dan mudah diidentifikasi. Sebagai contoh, *sludge* oli dan oli bekas umumnya disimpan dalam drum logam yang kedap dan tahan korosi, sedangkan limbah B3 padat seperti limbah *sandblasting* atau majun dapat menggunakan *jumbo bag* atau kontainer khusus. Pewadahan yang tidak sesuai berpotensi menyebabkan kebocoran, paparan bahan berbahaya, serta kecelakaan kerja di area operasional.

c. Penyimpanan Sementara (TPS Limbah B3)

Sebelum dilakukan pengangkutan, limbah B3 disimpan di Tempat Penyimpanan Sementara (TPS) Limbah B3 yang telah memiliki izin teknis sesuai peraturan perundang-undangan. TPS Limbah B3 harus dirancang untuk menjamin keselamatan pekerja dan mencegah pencemaran

lingkungan. Fasilitas ini wajib dilengkapi dengan lantai kedap, saluran penampung ceceran (*spill containment*), ventilasi udara yang memadai, serta sarana tanggap darurat seperti Alat Pemadam Api Ringan (APAR), *eyewash*, dan *Safety shower*. Ketentuan teknis penyimpanan ini mengacu pada (Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan Dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, 2021). Masa penyimpanan limbah B3 dibatasi paling lama 90 hari hingga 365 hari, tergantung pada jumlah limbah yang dihasilkan dan klasifikasi penghasil limbah, guna mengurangi risiko penumpukan dan potensi bahaya.

d. Ketentuan Simbol dan Label

Setiap kemasan limbah B3 yang disimpan di TPS wajib dilengkapi dengan simbol dan label yang jelas dan mudah dibaca. Simbol digunakan untuk menunjukkan karakteristik bahaya limbah, seperti simbol api untuk limbah mudah terbakar atau simbol tengkorak untuk limbah beracun. Sementara itu, label memuat informasi penting seperti identitas limbah, kode limbah, tanggal pengemasan, serta sumber penghasil limbah. Penerapan simbol dan label ini bertujuan untuk meningkatkan kewaspadaan pekerja dan memudahkan penanganan darurat apabila terjadi insiden. Ketentuan visualisasi bahaya limbah ini masih mengacu pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 14 Tahun 2013 sebagai acuan teknis (Permen LHK No.14 Tahun, 2013).

e. Pengangkutan oleh Pihak Ketiga

Mengingat keterbatasan fasilitas pengolahan limbah B3 di dalam area galangan kapal, limbah B3 umumnya diserahkan kepada pihak ketiga yang memiliki izin resmi sebagai transporter dan pengolah dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK). Proses pengangkutan harus dilakukan menggunakan kendaraan khusus yang memenuhi persyaratan keselamatan dan dilengkapi dengan dokumen limbah B3. Dokumen manifest berfungsi sebagai bukti legalitas dan alat pengendalian rantai pasok pengelolaan limbah B3 dari penghasil hingga pengolah akhir,

sehingga menjamin akuntabilitas dan kepatuhan terhadap regulasi (Permana and Hendrasarie, 2024).

Secara keseluruhan, pengelolaan limbah B3 yang efektif di galangan kapal tidak hanya bertujuan untuk memenuhi kewajiban regulasi, tetapi juga merupakan bagian integral dari sistem manajemen K3 dan perlindungan lingkungan. Implementasi setiap tahapan secara konsisten akan menurunkan potensi kecelakaan kerja, mengurangi dampak lingkungan, serta meningkatkan kinerja keselamatan dan keberlanjutan industri galangan kapal.

2.2 Tempat Penyimpanan Sementara Limbah B3

Tempat Penyimpanan Sementara (TPS) Limbah B3 adalah fasilitas yang digunakan untuk menyimpan limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) dalam jangka waktu tertentu sebelum dilakukan pengangkutan menuju fasilitas pengolahan, pemanfaatan, atau penimbunan limbah B3 yang telah memiliki izin resmi dari pemerintah (Peraturan Menteri LHK Nomor 6 Tahun 2021). Penyimpanan sementara ini dilakukan dengan tujuan mencegah terjadinya pencemaran lingkungan serta meminimalkan risiko terhadap kesehatan manusia dan keselamatan kerja selama limbah belum dikelola lebih lanjut.

TPS Limbah B3 dirancang dan dioperasikan dengan memperhatikan karakteristik limbah yang disimpan, seperti sifat mudah terbakar, reaktif, beracun, infeksius, atau korosif. Oleh karena itu, fasilitas ini harus memenuhi persyaratan teknis tertentu, antara lain konstruksi bangunan yang kedap, sistem ventilasi yang memadai, perlengkapan penanggulangan keadaan darurat, serta penandaan dan pelabelan yang jelas pada setiap jenis limbah. Pengelolaan TPS yang tidak sesuai standar berpotensi menimbulkan kebocoran, tumpahan, atau reaksi berbahaya yang dapat mengancam lingkungan dan pekerja di sekitarnya. TPS Limbah B3 berfungsi sebagai titik pengendalian awal dalam sistem pengelolaan limbah B3, sehingga keberadaannya menjadi bagian krusial dalam menjamin keamanan lingkungan dan keselamatan kerja di kawasan industri

2.3 Persyaratan Teknis TPS Limbah B3

Persyaratan teknis Tempat Penyimpanan Sementara (TPS) Limbah B3 diatur secara rinci dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 6 Tahun 2021. Pengaturan ini dimaksudkan untuk menjamin keamanan

dalam penyimpanan limbah B3, melindungi kesehatan pekerja, serta mencegah terjadinya kebocoran, tumpahan, maupun pencemaran lingkungan akibat pengelolaan limbah yang tidak sesuai standar. Penerapan persyaratan teknis yang tepat juga menjadi bentuk kepatuhan terhadap regulasi lingkungan dan prinsip pengelolaan limbah B3 yang bertanggung jawab. Indikator persyaratan teknis TPS Limbah B3 meliputi beberapa aspek utama, yaitu sebagai berikut:

1. Konstruksi Bangunan TPS

Bangunan TPS harus menggunakan material yang kedap air, kuat, dan tahan terhadap reaksi kimia dari limbah B3 yang disimpan. Selain itu, TPS wajib dilengkapi dengan lantai beton yang rata, tidak retak, serta memiliki sistem drainase yang baik untuk mencegah terjadinya perembesan limbah ke dalam tanah (Permen LHK No. 6 Tahun 2021). Konstruksi yang memenuhi persyaratan teknis ini berperan penting dalam meminimalkan risiko pencemaran tanah dan air tanah di sekitar area penyimpanan (Hartati and Elvira, 2024).

2. Sistem Ventilasi dan Pencahayaan

TPS Limbah B3 wajib memiliki sistem ventilasi yang memadai untuk mengurangi akumulasi uap, gas, atau bau berbahaya yang dapat timbul dari limbah B3. Ventilasi yang baik berfungsi menjaga kualitas udara di dalam TPS serta menurunkan risiko gangguan kesehatan dan potensi kebakaran atau ledakan. Selain itu, pencahayaan yang cukup diperlukan untuk memastikan aktivitas penyimpanan, pemeriksaan, dan pengangkutan limbah dapat dilakukan dengan aman dan akurat, sehingga mendukung keselamatan dan kenyamanan pekerja (Khatami and Mirwan, 2024).

3. Sarana Keselamatan dan Tanggap Darurat

Sebagai upaya mitigasi risiko kecelakaan kerja dan keadaan darurat, TPS Limbah B3 harus memenuhi persyaratan sarana penanggulangan keadaan darurat yang memadai. Sarana tersebut meliputi alat pemadam api ringan (APAR), *spill kit* untuk penanganan tumpahan limbah, fasilitas *eye wash*, kotak P3K, alarm, jalur evakuasi, serta rambu dan simbol keselamatan sesuai standar Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3). Ketersediaan sarana ini memungkinkan penanganan awal yang cepat dan tepat apabila terjadi insiden,

sehingga dapat meminimalkan dampak terhadap pekerja dan lingkungan sekitar (Putra, 2025).

4. Pengemasan dan Pelabelan Limbah

Limbah B3 yang disimpan di TPS wajib dikemas sesuai dengan karakteristik dan sifat bahayanya, seperti mudah terbakar, beracun, korosif, atau reaktif. Setiap kemasan harus diberi label yang jelas dan mudah dibaca, yang mencantumkan jenis limbah, simbol bahaya, tanggal mulai penyimpanan, serta informasi lain yang dipersyaratkan. Pengemasan dan pelabelan yang tepat bertujuan untuk mencegah kesalahan penanganan, memudahkan identifikasi limbah, serta meningkatkan keselamatan dalam proses penyimpanan dan pengangkutan limbah B3 (Permen LHK No. 6 Tahun 2021).

2.4 Persyaratan Administratif TPS Limbah B3

Selain aspek teknis, pengelolaan Tempat Penyimpanan Sementara (TPS) Limbah B3 juga harus memenuhi persyaratan administratif sebagai bentuk kepatuhan terhadap peraturan perundang-undangan di bidang lingkungan hidup. Persyaratan administratif ini berfungsi sebagai instrumen pengendalian dan pengawasan oleh pemerintah, sekaligus memastikan bahwa kegiatan penyimpanan limbah B3 dilakukan secara tertib, terdokumentasi, dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Indikator persyaratan administratif TPS Limbah B3 meliputi beberapa aspek utama, yaitu sebagai berikut:

1. Perizinan TPS Limbah B3

Pengelola TPS Limbah B3 wajib memiliki persetujuan teknis atau izin operasional yang diterbitkan oleh instansi pemerintah yang berwenang sesuai dengan ketentuan yang berlaku. Perizinan ini mencakup evaluasi terhadap aspek teknis, lingkungan, dan keselamatan dari fasilitas TPS yang dioperasikan. Kepemilikan izin merupakan prasyarat utama dalam penyelenggaraan TPS Limbah B3 dan menjadi bukti bahwa kegiatan penyimpanan limbah telah memenuhi standar yang ditetapkan oleh pemerintah (PP No. 22 Tahun 2021).

2. Pencatatan dan Pelaporan Limbah

Setiap kegiatan penyimpanan limbah B3 di TPS wajib dilakukan pencatatan secara sistematis dan berkelanjutan dalam *logbook* atau dokumen sejenis. Pencatatan tersebut meliputi jenis limbah, jumlah, sumber limbah, tanggal masuk dan keluar limbah, serta metode pengelolaan selanjutnya. Selain itu, pengelola TPS juga berkewajiban menyampaikan laporan pengelolaan limbah B3 secara berkala kepada instansi lingkungan hidup. Kegiatan pencatatan dan pelaporan ini berperan penting dalam mendukung sistem pengawasan, penelusuran alur limbah, serta evaluasi kinerja pengelolaan limbah B3.

3. Batas Waktu Penyimpanan

Penyimpanan limbah B3 di TPS dibatasi dalam jangka waktu tertentu untuk mencegah penumpukan limbah yang berpotensi meningkatkan risiko pencemaran dan kecelakaan. Berdasarkan ketentuan yang berlaku, batas maksimal waktu penyimpanan limbah B3 adalah 90 hari atau 180 hari, yang ditentukan berdasarkan jumlah limbah B3 yang dihasilkan oleh pengelola. Pembatasan waktu ini mendorong pengelola untuk segera melakukan pengangkutan dan pengelolaan limbah lebih lanjut ke fasilitas yang berizin, sehingga risiko lingkungan dan kesehatan dapat diminimalkan (Permen LHK No. 6 Tahun 2021).

2.5 Rancang Bangun Tempat Penyimpanan Limbah B3

Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 6 Tahun 2021, penetapan rancang bangun serta tata cara penyimpanan limbah B3 ditentukan oleh kategori bahaya, sumber, karakteristik, dan jumlah limbah B3 yang dihasilkan dalam satuan waktu tertentu. Ketentuan tersebut menjadi acuan bagi penghasil, pengumpul, pemanfaat, pengolah, dan/atau penimbun limbah B3 dalam merencanakan desain fasilitas penyimpanan limbah B3. Fasilitas penyimpanan limbah B3 yang berupa bangunan dapat digunakan untuk menyimpan seluruh kategori limbah B3, baik kategori 1 maupun kategori 2, yang berasal dari sumber tidak spesifik, sumber spesifik umum, maupun sumber spesifik khusus. Oleh karena itu, rancang bangun Tempat Penyimpanan Limbah B3 harus direncanakan secara cermat untuk mencegah timbulnya bahaya terhadap

lingkungan dan kesehatan manusia, terutama dalam kondisi terjadinya tumpahan atau ceceran akibat kesalahan dalam penanganan dan penyimpanan limbah.

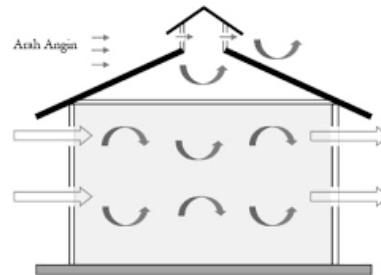
2.5.1 Rancang Bangun Sesuai Karakteristik Limbah B3

Berdasarkan pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 6 Tahun 2021 pasal 61, kesesuaian rancang bangun dengan karakteristik limbah B3 meliputi:

1. Limbah B3 dengan karakteristik mudah menyala, bangunan wajib memenuhi ketentuan:
 1. Memiliki tembok pemisah dengan bangunan lain yang berdampingan;
 2. Struktur pendukung atap terdiri dari bahan yang tidak mudah menyala, konstruksi atap dibuat ringan, dan tidak mudah hancur; dan
 3. Diberikan penerangan yang tidak menyebabkan ledakan/percikan listrik (*explosion proof*).
2. Limbah B3 dengan karakteristik mudah meledak, bangunan wajib memenuhi ketentuan:
 - a) Konstruksi bangunan, lantai, dinding, dan atap dibuat tahan ledakan;
 - b) Lantai dan dinding dibuat lebih kuat dari konstruksi atap
 - c) Setiap saat memenuhi ketentuan suhu ruangan; dan
 - d) Diberikan penerangan yang tidak menyebabkan ledakan/percikan listrik (*explosion proof*).
3. Limbah B3 dengan karakteristik reaktif dan/atau korosif dan/atau beracun, bangunan wajib memenuhi ketentuan:
 - a) Konstruksi dinding dibuat mudah untuk dilepas;
 - b) Konstruksi atap, dinding, dan lantai harus tahan terhadap korosi dan api;
 - c) Diberikan penerangan yang tidak menyebabkan ledakan/percikan listrik (*explosion proof*).

2.5.2 Rancang Bangun Bangunan Limbah B3

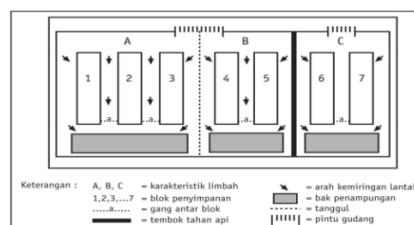
Tempat penyimpanan limbah B3 berupa bangunan dirancang dengan memperhatikan sirkulasi udara dalam ruang bangunan, sebagaimana pada Gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Rancang Bangun Sirkulasi Udara

Sumber: Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 6 Tahun 2021

Fasilitas penyimpanan limbah B3 yang berbentuk bangunan harus dirancang dengan pembagian beberapa area penyimpanan, di mana setiap area hanya diperuntukkan bagi satu jenis karakteristik limbah B3 atau limbah B3 yang bersifat kompatibel. Antar area penyimpanan wajib dilengkapi dengan pembatas atau tanggul guna mencegah terjadinya pencampuran maupun masuknya tumpahan limbah B3 ke area penyimpanan lainnya. Selain itu, fasilitas penyimpanan limbah B3 perlu didukung oleh penataan ruang dan sarana pendukung yang memadai agar kegiatan penyimpanan limbah B3 dapat berlangsung secara aman dan terkendali. Sarana pendukung tersebut meliputi, antara lain, kolam penampungan darurat serta peralatan penanggulangan tumpahan limbah. Contoh tata ruang fasilitas penyimpanan limbah B3 dalam bentuk bangunan ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2. 2 Tata Ruang Fasilitas Penyimpanan Limbah B3 Berupa Gudang

Sumber: Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 6 Tahun 2021

2.5.3 Kaidah Kompabilitas Limbah B3

Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 6 Tahun 2021, penyimpanan limbah B3 harus memenuhi kaidah kompatibilitas, yaitu mengelompokkan limbah B3 sesuai dengan karakteristik limbah B3, diantaranya:

1. Cairan mudah terbakar;
2. Padatan mudah terbakar;
3. Reaktif;
4. Mudah meledak;
5. Beracun;
6. Cairan mudah korosif;
7. Infeksius; dan
8. Berbahaya terhadap lingkungan.

Kaidah kompabilitas karakteristik limbah B3 terbagi dalam 3 kelompok yaitu:

1. Cocok, artinya satu karakteristik limbah B3 dapat dikelompokkan dengan karakteristik limbah B3 yang sama atau dengan karakteristik limbah B3 yang lain. Contoh: cairan mudah menyala dengan reaktif;
2. Tidak cocok, artinya satu karakteristik limbah B3 tidak dapat dikelompokkan dengan karakteristik limbah B3 yang lain. Contoh: beracun dengan cairan mudah menyala;
3. Terbatas, artinya satu karakteristik limbah B3 dapat dikelompokkan dengan karakteristik limbah B3 lainnya tetapi dengan volume terbatas pada setiap karakteristik limbah B3.

Kaidah kompabilitas karakteristik Limbah B3 secara detil dapat dilihat pada Tabel 2.1

Tabel 2. 1 Kompatibilitas Karakteristik Limbah B3

LIMBAH B3	CAIRAN MUDAH TERBAKAR	PADATAN MUDAH TERBAKAR	REAKTIF	MUDAH MELEDAK	BERACUN	CAIRAN KOROSIF	INFEKSIUS	BERBAHAYA TERHADAP LINGKUNGAN
CAIRAN MUDAH TERBAKAR	C	C	C	X	X	C	C	T
PADATAN MUDAH TERBAKAR	C	C	C	C	X	T	C	T

LIMBAH B3	CAIRAN MUDAH TERBAKAR	PADATAN MUDAH TERBAKAR	REAKTIF	MUDAH MELEDAK	BERACUN	CAIRAN KOROSIF	INFEKSIUS	BERBAHAYA TERHADAP LINGKUNGAN
REAKTIF	C	C	C	C	X	T	C	T
MUDAH MELEDAK	X	C	C	C	X	T	C	T
BERACUN	X	X	X	X	C	X	C	T
CAIRAN KOROSIF	C	T	T	T	X	C	C	T
INFEKSIUS	C	C	C	C	C	C	C	C
BERBAHAYA TERHADAP LINGKUNGAN	T	T	T	T	T	T	C	C

Keterangan: C = cocok; X = tidak cocok; T = terbatas.

Sumber: Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 6 Tahun 2021 Tata Cara Penyimpanan Limbah B3

2.5.4 Pengemasan Limbah B3

Dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 6 Tahun 2021, pengemasan limbah B3 dapat menggunakan kemasan serta persyaratannya sebagai berikut:

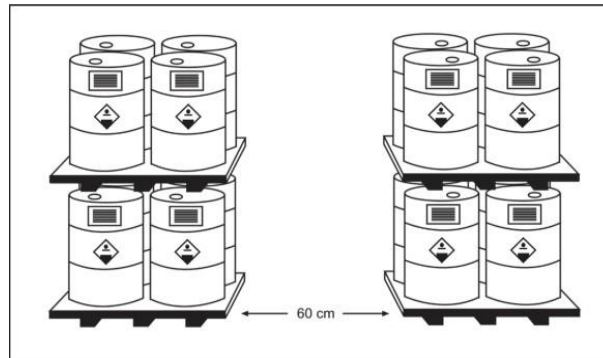
1. Drum

Drum yang digunakan untuk mengemas limbah B3 dapat dari drum logam atau drum plastik, dengan kapasitas 200 liter. Drum biasanya untuk menyimpan limbah B3 fase cair. Persyaratan penyimpanan limbah B3 menggunakan drum, antara lain:

- a) Ditumpuk berdasarkan jenis kemasan.
 - i. Untuk kemasan berupa drum logam dengan kapasitas 200 liter, tumpukan paling banyak 3 lapis dengan setiap lapis diberi alas palet untuk 4 drum; dan/atau
 - ii. Untuk kemasan berupa drum plastik dengan kapasitas 200 liter:
 1. Tumpukan paling banyak 3 lapis dengan setiap lapis diberi alas palet untuk 4 drum; atau
 2. Tumpukan lebih dari 3 lapis, wajib menggunakan rak penyimpanan.
- b) Jarak antara tumpukan kemasan dengan atap paling rendah 1 meter.
- c) Disimpan dengan sistem blok dengan ketentuan:

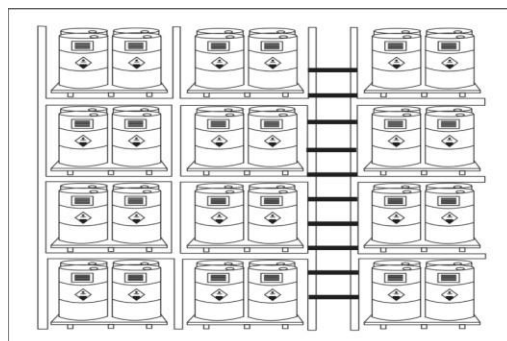
- i. Setiap blok terdiri atas 2 (dua) x 3 (tiga).
- ii. Memiliki lebar gang antar blok paling sedikit 60 cm atau disesuaikan dengan kebutuhan operasional untuk lalu lintas manusia dan kendaraan pengangkut (*forklift*).

Cara Penyimpanan Limbah B3 menggunakan drum dapat dilihat pada Gambar 2.3



Gambar 2. 3 Pola Penyimpanan Limbah B3 Menggunakan Kemasan Drum

Sumber: Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 6 Tahun 2021



Gambar 2. 4 Rak Penyimpanan Limbah B3 dengan Kemasan Drum

Sumber: Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 6 Tahun 2021

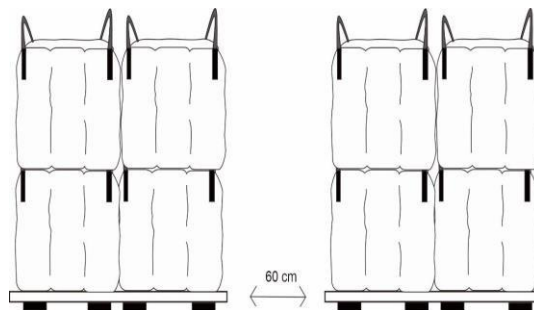
2. *Jumbo bag*

Jumbo bag adalah kantong besar dengan kapasitas tampung 500 kl - 2.000 kl, untuk menyimpan dan mengangkut berbagai produk yang berbentuk butiran, serbuk, atau serpih. Pengangkutan dan pemuatan dilakukan pada palet atau dengan mengangkatnya dalam bentuk loop.

Persyaratan penyimpanan limbah B3 menggunakan *jumbo bag*, antara lain:

- a) Disimpan dengan sistem blok;
- b) Tumpukan setiap blok paling banyak 2 lapis, lapis paling bawah dialasi palet; dan
- c) Lebar gang antar blok paling sedikit 60 cm atau disesuaikan dengan kebutuhan operasional untuk lalu lintas manusia dan kendaraan pengangkut (*forklift*).

Contoh penyimpanan limbah B3 menggunakan *jumbo bag* ditunjukkan pada Gambar 2.5



Gambar 2. 5 Penyimpanan Limbah B3 Menggunakan *Jumbo bag*

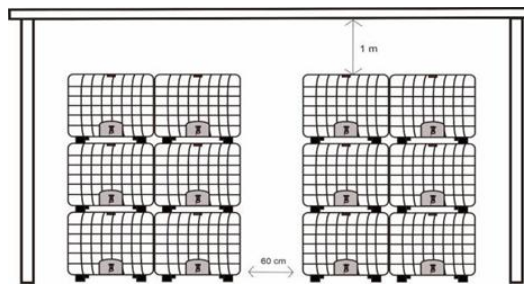
Sumber: Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 6 Tahun 2021

3. Tangki *intermediated bulk container* (IBC)

Tangki IBC adalah wadah yang digunakan sebagai alat penyimpanan muatan atau limbah B3 fase cair. Persyaratan penyimpanan limbah B3 menggunakan tangki IBC, antara lain:

- a) Disimpan dengan sistem blok;
- b) Tumpukan disesuaikan dengan tinggi bangunan dengan memperhatikan jarak antara tumpukan kemasan dengan atap paling rendah 1 meter; dan
- c) Lebar gang antar blok paling sedikit 60 cm atau disesuaikan dengan kebutuhan operasional untuk lalu lintas manusia dan kendaraan pengangkut (*forklift*).

Contoh penyimpanan limbah B3 menggunakan tangki IBC ditunjukkan pada Gambar 2.6.



Gambar 2. 6 Penyimpanan Limbah B3 Menggunakan Kemasan Tangki IBC

Sumber: Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 6 Tahun 2021

4. Kontainer

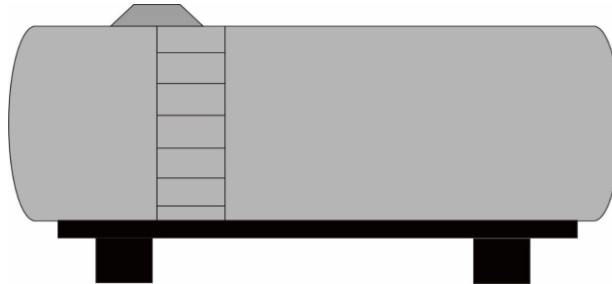
Kontainer adalah kemasan limbah B3 untuk menyimpan limbah B3 fase cair. Dalam proses pengisian Limbah B3 ke dalam tangki kontainer biasanya menggunakan pompa alkon. Persyaratan penyimpanan limbah B3 menggunakan kontainer, antara lain:

- Permukaan tanah tidak bergelombang dan memiliki kemiringan paling tinggi 1%;
- Dilengkapi saluran drainase dan bak penampung cecceran limbah B3; dan
- Terlindung dari penyinaran matahari dan masuknya air hujan secara langsung.

Penyimpanan limbah B3 pada tangki dan/atau kontainer dilakukan dengan cara:

- Dilengkapi dengan peralatan dan sistem yang tidak menimbulkan cecceran pada saat bongkar muat limbah B3;
- Tidak menyisakan ruang kosong dalam kemasan, untuk Limbah B3 yang bereaksi sendiri; dan
- Menyisakan ruang kosong paling sedikit 20% (dua puluh persen) dari total kapasitas tangki dan/atau kontainer, jika Limbah B3 yang akan disimpan memiliki sifat mengembang dan membentuk gas.

Contoh penyimpanan limbah B3 menggunakan kontainer pada Gambar 2.6.



Gambar 2. 7 Penyimpanan Limbah B3 dengan Menggunakan Kontainer

Sumber: Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 6 Tahun 2021

5. Berdasarkan Buku Petunjuk Teknis Permohonan Izin Penyimpanan Sementara Limbah B3 yang diterbitkan oleh Dinas Lingkungan Hidup Kota Surabaya (DLH Surabaya, 2019), pemilihan bentuk, ukuran, dan bahan kemasan limbah B3 harus disesuaikan dengan karakteristik limbah yang akan disimpan. Penentuan kemasan tersebut perlu mempertimbangkan aspek keselamatan serta kemudahan dalam proses penanganan dan penyimpanan limbah. Beberapa ketentuan pengemasan limbah B3 berdasarkan karakteristiknya antara lain sebagai berikut:

- a. Limbah B3 padat dengan karakteristik beracun, seperti *sludge* instalasi pengolahan air limbah (WWT), kain majun, atau lampu TL, dapat dikemas menggunakan *jumbo bag* yang selanjutnya ditempatkan ke dalam drum yang kompatibel dengan sifat limbah yang disimpan.
- b. Limbah B3 padat dengan karakteristik mudah meledak, misalnya kaleng cat semprot, dapat dikemas menggunakan wadah berbahan plastik dan disimpan pada area yang terlindung dari paparan suhu tinggi maupun sinar matahari langsung.
- c. Limbah B3 cair dengan karakteristik mudah meledak, seperti hasil olahan minyak bumi, dapat disimpan dalam tangki yang

ditempatkan pada area bersuhu normal dan tidak terpapar sinar matahari secara langsung.

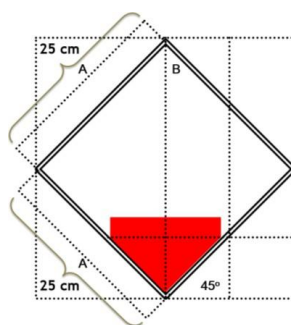
- d. Limbah B3 cair dengan karakteristik beracun, seperti reagen bahan kimia, dapat dikemas menggunakan jerigen plastik dengan penempatan yang disesuaikan dengan sifat kimianya.
- e. Limbah B3 cair dengan karakteristik mudah menyala, contohnya oli bekas, dapat disimpan dalam drum, tong, atau tangki yang terbuat dari bahan logam seperti baja karbon atau material sejenis yang sesuai.
- f. Limbah B3 dengan karakteristik infeksius dan beracun, misalnya peralatan medis sekali pakai, dapat dikemas menggunakan wadah berbahan *High Density Polyethylene* (HDPE).
- g. Limbah B3 dengan karakteristik korosif dapat dikemas menggunakan wadah berbahan fiber glass atau material lain yang tahan terhadap korosi dan tidak mudah berkarat.

2.5.5 Simbol dan Label Limbah B3

Mengacu pada Peraturan Pemerintah No 101 Tahun 2014 simbol limbah B3 didefinisikan sebagai gambar yang menunjukkan karakteristik bahaya dari limbah B3. Ketentuan mengenai simbol limbah B3 diatur lebih lanjut dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 14 Tahun 2013, yang menetapkan beberapa persyaratan bentuk dan teknis simbol limbah B3 sebagai berikut:

- a. Simbol limbah B3 berbentuk bujur sangkar yang diputar sebesar 45° sehingga membentuk bidang belah ketupat.
- b. Pada keempat sisi belah ketupat tersebut dibuat garis sejajar yang saling terhubung sehingga membentuk bidang belah ketupat bagian dalam dengan ukuran sekitar 95% dari ukuran belah ketupat bagian luar.
- c. Warna garis yang membentuk belah ketupat bagian dalam harus sama dengan warna gambar simbol limbah B3.
- d. Pada bagian bawah simbol limbah B3 terdapat bidang berbentuk segilima dengan sisi atas mendatar dan sudut bawah yang meruncing berhimpit dengan garis sudut bawah belah ketupat bagian dalam.

- e. Panjang garis pada sudut yang meruncing tersebut adalah sebesar sepertiga dari garis vertikal simbol limbah B3, dengan lebar setengah dari panjang garis horizontal belah ketupat sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.8.
- f. Simbol limbah B3 yang dipasang pada kemasan harus memiliki ukuran minimum 10 cm × 10 cm, sedangkan simbol pada kendaraan pengangkut limbah B3 dan pada tempat penyimpanan limbah B3 harus berukuran paling sedikit 25 cm × 25 cm, disesuaikan dengan ukuran media yang diberi tanda agar dapat terbaca dengan jelas dari jarak sekitar 20 meter.
- g. Simbol limbah B3 harus dibuat dari bahan yang tahan terhadap goresan maupun paparan bahan kimia yang mungkin mengenainya, seperti plastik, kertas khusus, atau pelat logam, serta harus dilekatkan secara kuat pada kemasan.
- h. Simbol limbah B3 yang dipasang pada kendaraan pengangkut limbah B3 harus menggunakan cat yang bersifat berpendar (*fluorescence*) agar mudah terlihat.



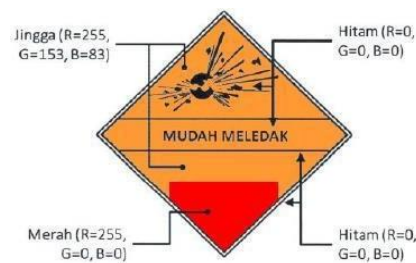
Gambar 2. 8 Bentuk Dasar Simbol Limbah B3

Sumber: Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 14 Tahun 2013

Setiap simbol limbah B3 merupakan satu jenis gambar khusus yang digunakan untuk menunjukkan karakteristik bahaya limbah B3 pada kegiatan pengemasan, penyimpanan, pengumpulan, maupun pengangkutan. Secara keseluruhan terdapat delapan jenis simbol limbah B3 yang digunakan untuk menandai karakteristik limbah B3. Salah satunya adalah simbol limbah B3 untuk limbah dengan karakteristik mudah meledak.

a) Simbol Limbah B3 untuk Limbah B3 Mudah Meledak

Simbol limbah B3 mudah meledak memiliki warna dasar jingga atau oranye dengan gambar materi limbah berwarna hitam yang terletak di bawah sudut atas belah ketupat bagian dalam. Pada bagian tengah simbol terdapat tulisan “MUDAH MELEDAK” berwarna hitam yang diapit oleh dua garis sejajar berwarna hitam, sehingga membentuk dua segitiga sama kaki pada bagian dalam bidang belah ketupat. Selain itu, simbol ini juga dilengkapi dengan blok berbentuk segilima berwarna merah. Contoh simbol limbah B3 dengan karakteristik mudah meledak ditampilkan pada Gambar 2.9.



Gambar 2. 9 Simbol Limbah B3 Mudah Meledak

Sumber: Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 14 Tahun 2013

b) Simbol Limbah B3 untuk Limbah B3 Cairan Mudah Menyala

Bahan dasar berwarna merah, memuat gambar berupa lidah api berwarna putih yang menyala pada suatu permukaan berwarna putih terletak dibawah sudut atas garis ketupat bagian dalam. Pada bagian tengah terdapat tulisan CAIRAN dan dibawahnya terdapat tulisan MUDAH MENYALA berwarna putih serta blok segi lima berwarna putih. Simbol limbah B3 cairan mudah menyala ditunjukkan pada

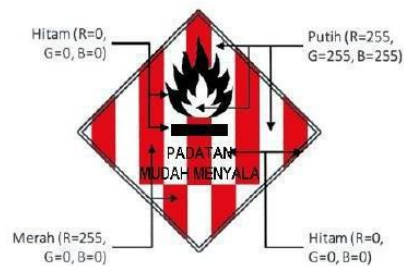


Gambar 2. 10 Simbol Limbah B3 Cairan Mudah Menyala

Sumber: Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 14 Tahun 2013

c) Simbol Limbah B3 untuk Limbah B3 Padatan Mudah Menyala

Dasar simbol limbah B3 terdiri dari warna merah dan putih yang berjajar vertical berselingan, memuat gambar berupa lidah api berwarna hitam yang menyala pada suatu bidang berwarna hitam. Pada bagian tengah terdapat tulisan PADATAN dan dibawahnya terdapat tulisan MUDAH MENYALA berwarna hitam. Terdapat pula blok segi lima berwarna kebalikan dari warna dasar simbol limbah B3. Simbol limbah B3 padatan mudah menyala ditunjukkan pada Gambar 2.11.

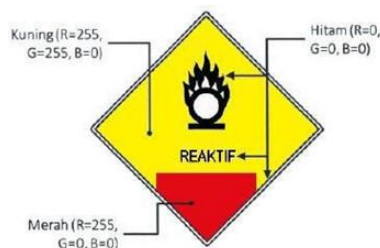


Gambar 2. 11 Simbol Limbah B3 Padatan Mudah Menyala

Sumber: Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 14 Tahun 2013

d) Simbol Limbah B3 untuk Limbah B3 Reaktif

Bahan dasar berwarna kuning, memuat gambar berupa lingkaran hitam dengan asap berwarna hitam mengarah ke atas yang terletak pada suatu permukaan garis berwarna hitam. Disebelah bawah gambar terdapat tulisan REAKTIF berwarna hitam serta blok segi lima berwarna merah. Simbol limbah B3 reaktif ditunjukkan pada Gambar 2.12.

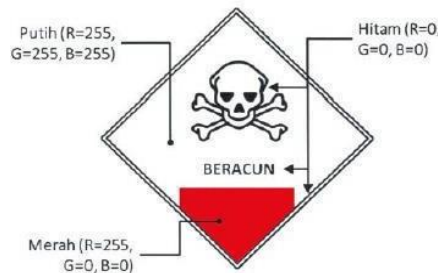


Gambar 2. 12 Simbol Limbah B3 Reaktif

Sumber: Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 14 Tahun 2013

e) Simbol Limbah B3 untuk Limbah B3 Beracun

Bahan dasar berwarna putih memuat gambar berupa tengkorak manusia dengan tulang bersilang berwarna putih dengan garis tepi



berwarna

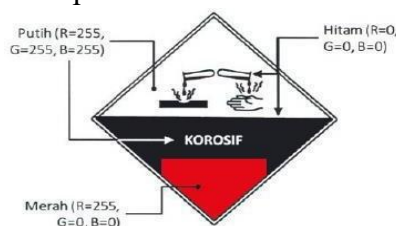
Gambar 2. 13 Simbol Limbah B3 Beracun

Sumber: Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 14 Tahun 2013

hitam. Pada sebelah bawah gambar simbol terdapat tulisan BERACUN berwarna hitam serta blok segi lima berwarna merah. Simbol limbah B3 beracun ditunjukkan pada Gambar 2.13.

f) Simbol limbah B3 untuk limbah B3 Korosif

Belah ketupat terbagi pada garis horizontal menjadi 2 bidang segitiga. Pada bagian atas yang berwarna putih terdapat 2 gambar, yaitu di sebelah kiri adalah gambar tetesan limbah korosif yang merusak pelat bahan berwarna hitam, dan disebelah kanan adalah gambar telapak tangan kanan yang terkena tetesan limbah B3 korosif. Pada bagian bawah, bidang segitiga berwarna hitam, terdapat tulisan KOROSIF berwarna putih, serta blok segi lima berwarna merah. Simbol limbah B3 korosif ditunjukkan pada Gambar 2.14.

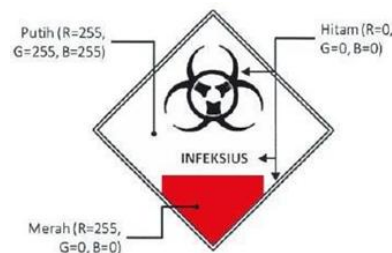


Gambar 2. 14 Simbol Limbah Korosif

Sumber: Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 14 Tahun 2013

g) Simbol limbah B3 untuk limbah B3 infeksius

Warna dasar bahan adalah putih dengan garis pembentuk belah ketupat bagian dalam berwarna hitam, memuat gambar infeksius berwarna hitam terletak disebelah bawah sudut atas garis belah ketupat bagian dalam. Pada bagian tengah terdapat tulisan INFEKSIUS berwarna hitam dan dibawahnya terdapat blok segi lima berwarna merah. Simbol limbah B3 infeksius ditunjukkan pada Gambar 2.15.

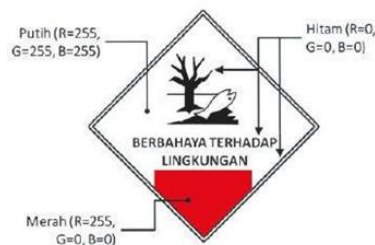


Gambar 2. 15 Simbol Limbah B3 Infeksius

Sumber: Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 14 Tahun 2013

h) Simbol limbah B3 untuk limbah B3 Berbahaya Terhadap Lingkungan

Warna dasar bahan adalah putih dengan garis pembentuk belah ketupat bagian dalam berwarna hitam, gambar ikan berwarna putih, dan gambar tumpahan limbah B3 berwarna hitam yang terletak disebelah garis belah ketupat bagian dalam. Pada bagian tengah bawah terdapat tulisan BERBAHAYA TERHADAP dan dibawahnya terdapat tulisan LINGKUNGAN berwarna hitam serta blok segi lima berwarna merah. Simbol limbah B3 berbahaya terhadap lingkungan ditunjukkan pada Gambar 2.16.



Gambar 2. 16 Simbol Limbah B3 Berbahaya Terhadap Lingkungan

Sumber: Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 14 Tahun 2013

2. Label Limbah B3

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 101 Tahun 2014, label limbah B3 didefinisikan sebagai keterangan tertulis yang memuat informasi mengenai limbah B3, meliputi identitas limbah, alamat penghasil limbah B3, waktu pengemasan, jumlah limbah, serta karakteristik bahaya yang dimiliki. Selanjutnya, Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 14 Tahun 2013 menyatakan bahwa label limbah B3 merupakan bentuk penandaan tambahan yang berfungsi untuk memberikan informasi dasar mengenai kondisi kualitatif dan kuantitatif dari limbah B3 yang dikemas. Dalam sistem pengemasan limbah B3, terdapat tiga jenis label limbah B3 yang digunakan sesuai dengan fungsi dan peruntukannya.

a) Label limbah B3 untuk wadah dan/atau kemasan limbah B3

Label limbah B3 pada wadah atau kemasan berfungsi untuk menyampaikan informasi mengenai asal limbah B3, identitas limbah B3, serta jumlah limbah B3 yang terdapat di dalam kemasan. Contoh penerapan label limbah B3 yang sesuai ditunjukkan pada Gambar 2.17. Label limbah B3 harus memiliki ukuran minimum 15 cm × 2 cm, dengan warna dasar kuning, garis tepi berwarna hitam, serta tulisan identitas berwarna hitam. Selain itu, label harus memuat tulisan “PERINGATAN!” dengan ukuran huruf lebih besar dan berwarna merah untuk menegaskan potensi bahaya limbah B3.



Gambar 2. 17 Label Limbah B3

Sumber: Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 14 Tahun 2013

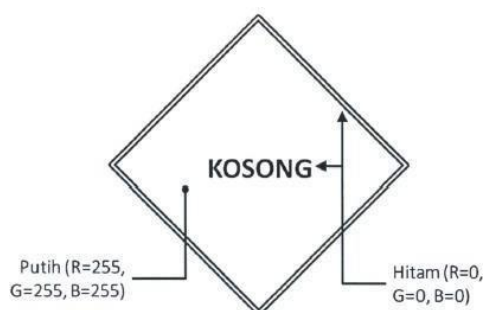
Tabel 2. 2 Penjelasan Pengisian Label Limbah B3

No	Jenis Informasi	Keterangan
1	Penghasil	Nama perusahaan yang menghasilkan limbah dalam kemasan
2	Alamat	Alamat jelas perusahaan di atas, termasuk kode wilayah
3	Telp.	Nomor telepon penghasil, termasuk kode area
4	Fax	Nomor fax penghasil, termasuk kode area
5	Nomor Penghasil	Nomor yang diberikan Bapedal kepada penghasil ketika melaporkan
6	Tgl. Pengemasan	Data waktu saat pengemasan dilakukan
7	Jenis Limbah	Keterangan limbah berkaitan dengan faasa atau kelompok jenisnya (cair/padat/sludge/anorganik/organik, dan lain-lain)
8	Kode Limbah	Jumlah total kuantitas limbah dalam kemasan (ton/kg/m^3)
9	Jumlah Limbah	Kode limbah yang dikemas, didasarkan pada daftar limbah B3 dalam lampiran PP 19 Tahun 1994
10	Sifat Limbah	Karakteristik limbah yang dikemas (sesuai simbol yang dipasang)
11	Nomor	Nomor Urut Pengemasan

Sumber: Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 14 Tahun 2013

b) Label limbah B3 untuk wadah dan/ atau kemasan limbah B3 kosong

Bentuk dasar label limbah B3 untuk wadah dan/atau kemasan limbah B3 kosong sama dengan bentuk dasar simbol limbah B3. Label limbah B3 yang dipasang pada wadah dan/atau kemasan dengan ukuran paling rendah 10 cm x 10 cm dan pada bagian tengah terdapat tulisan KOSONG hitam ditengahnya. Label limbah B3 untuk wadah dan/ atau kemasan limbah B3 kosong ditunjukkan pada Gambar 2.18.

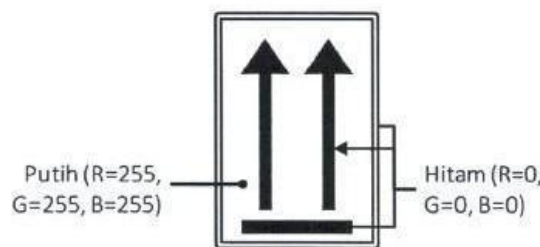


Gambar 2. 18 Label Limbah B3 Wadah dan/atau Kemasan Limbah B3 Kosong

Sumber: Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 14 Tahun 2013

c) Label limbah B3 untuk penunjuk tutup wadah dan/atau kemasan

Label berukuran paling rendah 7 cm x 15 cm dengan warna dasar putih dan terdapat gambar yang terdiri dari 2 buah anak panah mengarah ke atas yang berdiri sejajar di atas blok hitam terdapat dalam frame hitam. Label terbuat dari bahan yang tidak mudah rusak karena goresan atau akibat terkena limbah dan bahan kimia lainnya. Label limbah B3 untuk penunjuk tutup wadah dan/atau kemasan ditunjukkan pada Gambar 2.19.



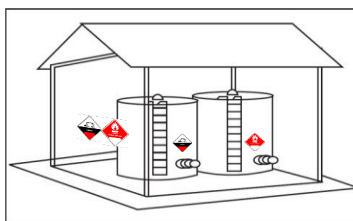
Gambar 2. 19 Penandaan Posisi Tutup Wadah dan/atau Kemasan Limbah B3

Sumber: Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 14 Tahun 2013

Pemasangan simbol limbah B3 wajib dilaksanakan sesuai dengan ketentuan dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 14 Tahun 2013. Ketentuan ini mengatur pemasangan simbol limbah B3 pada wadah atau kemasan limbah B3 serta pada fasilitas tempat penyimpanan limbah B3.

1. Simbol limbah B3 pada wadah dan/atau kemasan limbah B3
 - a. Simbol limbah B3 yang dipasang pada wadah atau kemasan limbah B3 harus memenuhi ketentuan yang berlaku.
 - b. Jenis simbol limbah B3 yang digunakan harus sesuai dengan karakteristik limbah B3 yang dikemas. Apabila suatu limbah B3 memiliki lebih dari satu karakteristik, maka simbol yang dipasang adalah simbol limbah B3 dari karakteristik yang paling dominan. Karakteristik dominan dimaknai sebagai karakteristik limbah yang harus diprioritaskan penanganannya dalam kondisi darurat, seperti pada saat terjadi kecelakaan.

- c. Simbol limbah B3 harus terbuat dari bahan yang tahan terhadap goresan, tahan terhadap bahan kimia, tahan terhadap air, serta tahan terhadap kemungkinan tumpahan limbah B3 yang mengenainya, seperti bahan plastik, kertas khusus, atau pelat logam, dan harus dilekatkan secara kuat pada permukaan kemasan.
 - d. Simbol limbah B3 harus dipasang pada sisi kemasan yang tidak terhalang oleh kemasan lain dan mudah terlihat.
 - e. Simbol limbah B3 tidak diperbolehkan terlepas, dilepas, atau diganti dengan simbol lain sebelum kemasan dikosongkan dan dibersihkan dari sisa limbah B3.
 - f. Kemasan yang telah dibersihkan dari sisa limbah B3 dan akan digunakan kembali untuk mengemas limbah B3 wajib diberi label kosong.
2. Simbol limbah B3 pada tempat penyimpanan kemasan limbah B3
- a) Tempat penyimpanan kemasan limbah B3 wajib ditandai dengan simbol limbah B3 yang sesuai dengan karakteristik limbah B3 yang disimpan. Apabila limbah B3 yang disimpan memiliki lebih dari satu karakteristik, maka simbol yang dipasang adalah simbol limbah B3 dengan karakteristik bahaya yang paling dominan.
 - b) Simbol limbah B3 harus dipasang pada setiap pintu tempat serta pada bagian luar dinding yang tidak terhalang.
 - c) Selama tempat penyimpanan limbah B3 masih difungsikan, simbol limbah B3 tidak diperkenankan untuk dilepas, diganti, atau dipindahkan, kecuali akan digunakan untuk menyimpan limbah B3 dengan karakteristik yang berbeda.



Gambar 2. 20 Simbol Limbah B3 pada Tempat Penyimpanan dengan 2 Karakteristik Dominan

Sumber: Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 14 Tahun 2013

Label limbah B3 dilekatkan sesuai dengan ketentuan dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 14 Tahun 2013 yang meliputi:

1. Label Limbah B3 pada Wadah dan/atau Kemasan Limbah B3

Label limbah B3 dilekatkan di sebelah atas simbol limbah B3 wadah dan/atau kemasan dan harus terlihat dengan jelas. Label limbah B3 ini juga harus dipasang pada kemasan yang akan dimasukkan ke dalam kemasan yang lebih besar. Apabila limbah B3 yang disimpan pada wadah dan/atau kemasan:

- a) Memiliki 1 karakteristik, maka wadah dan/atau kemasannya wajib dilekati dengan label limbah B3 sesuai dengan karakteristik limbah B3 yang dikemas.
- b) Memiliki 1 karakteristik, maka wadah dan/atau kemasannya wajib dilekati dengan label limbah B3 yang menunjukkan karakteristik keseluruhan limbah B3.

2. Label Limbah B3 untuk wadah dan/atau Kemasan Limbah B3 Kosong
Wadah dan/atau kemasan yang telah dibersihkan dari limbah B3 dan/atau akan digunakan kembali untuk mengemas limbah B3 kosong.

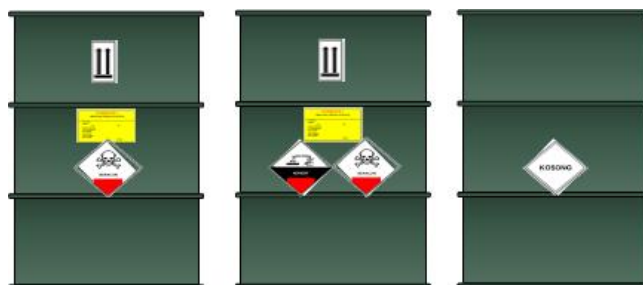
3. Label Limbah B3 Penunjuk Tutup Wadah dan/atau Kemasan

Label limbah B3 dilekati dekat tutup wadah dan/atau kemasan dengan arah panah menunjukkan posisi penutup wadah dan/atau kemasan. Label limbah B3 harus terpasang kuat pada setiap wadah maupun wadah dan/atau kemasan yang akan digunakan untuk mengemas limbah B3.

Kemasan yang telah diisi dengan Limbah B3 harus memenuhi ketentuan:

1. Ditandai dengan simbol dan label yang sesuai dengan ketentuan mengenai penandaan pada kemasan limbah B3
2. Selalu dalam keadaan tertutup rapat dan hanya dibuka jika akan dilakukan penambahan atau pengambilan limbah B3 dari dalamnya;
3. Disimpan ditempat yang memenuhi persyaratan Penyimpanan limbah B3 serta mematuhi tata cara Penyimpanannya;

4. Kemasan yang telah dikosongkan apabila akan digunakan kembali untuk mengemas Limbah B3 lain dengan karakteristik yang sama, harus disimpan di fasilitas Penyimpanan Limbah B3 dengan memasang label “KOSONG” seperti ditunjukkan pada Gambar 2.21.



Gambar 2. 21 Simbol dan Label Kemasan Limbah B3

Sumber: Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 6 Tahun 2021

2.5.6 Waktu Penyimpanan Limbah B3

Dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 6 Tahun 2021, setiap orang/badan usaha yang menghasilkan limbah B3 wajib melakukan penyimpanan limbah B3 paling lama:

1. 90 hari sejak limbah B3 dihasilkan, untuk limbah B3 yang dihasilkan sebesar 50 kg per hari atau lebih;
2. 180 hari sejak limbah B3 dihasilkan, untuk limbah B3 yang dihasilkan kurang dari 50 kg per hari untuk limbah B3 kategori 1;
3. 365 hari sejak limbah B3 dihasilkan, untuk limbah B3 yang dihasilkan kurang dari 50 kg per hari untuk limbah B3 kategori 2 dari sumber tidak spesifik dan sumber spesifik umum; atau
4. 365 hari sejak limbah B3 dihasilkan, untuk limbah B3 kategori 2 dari sumber spesifik khusus.

2.5.7 Pemantauan dan Pelaporan Limbah B3

1. Pemantauan penyimpanan limbah B3 berupa bangunan dilaksanakan melalui Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 6 Tahun 2021.
2. Pengawasan pada saat menempatkan dan/atau memindahkan limbah B3 dari ruang penyimpanan limbah B3.
3. Pemeriksaan terhadap kemasan limbah B3.
4. Pencatatan kegiatan penyimpanan limbah B3 ke dalam neraca limbah yang memuat:
 - a) Uraian sumber, jenis, dan karakteristik Limbah B3 yang disimpan;
 - b) Jumlah atau volume Limbah B3 yang dikumpulkan setiap bulan; dan
 - c) Jumlah atau volume Limbah B3 yang diserahkan kepada Pengumpul Limbah B3, Pemanfaat Limbah B3, Pengolah Limbah B3, dan/atau Penimbun Limbah B3 setiap bulan.
 - d) Pengawasan terhadap prosedur tata graha (*housekeeping*).

2. Pelaporan

Dokumen pencatatan limbah B3 wajib dilaporkan kepada pejabat penerbit persetujuan lingkungan paling sedikit 1 (satu) kali dalam 6 (enam) bulan sejak nomor induk berusaha dan/atau persetujuan lingkungan diterbitkan. Laporan disampaikan secara elektronik melalui laman <https://plb3.menlhk.go.id> dengan bukti pelaporan berupa tanda terima elektronik.

2.6 Perencanaan Ventilasi

Ventilasi merupakan salah satu teknik pengendalian rekayasa (*engineering control*) yang sangat penting dalam upaya meningkatkan dan mempertahankan kualitas udara di dalam ruangan atau tempat kerja. Berdasarkan SNI 03-6572-2001 (SNI 03-6572, 2001) tentang Tata Cara Perancangan Sistem Ventilasi dan Pengkondisian Udara pada Bangunan Gedung, ventilasi diartikan sebagai proses penyediaan udara segar ke dalam bangunan gedung dalam jumlah yang sesuai dengan kebutuhan.

Alasan diperlukannya ventilasi meliputi:

1. Mengatur suhu udara di dalam ruangan, baik untuk pemanasan maupun pendinginan.

2. Mengeluarkan kontaminan dari dalam ruangan.
3. Mengencerkan konsentrasi kontaminan yang terdapat di udara.
4. Melakukan pertukaran udara untuk memberikan kesegaran.
5. Mencegah terjadinya kebakaran.

Tujuan pemberian ventilasi adalah:

1. Menghilangkan gas-gas yang menimbulkan rasa tidak nyaman, seperti bau akibat keringat, serta gas hasil pembakaran (CO_2) yang dihasilkan dari proses pernapasan dan kegiatan pembakaran.
2. Mengeluarkan uap air yang dihasilkan saat memasak, mandi, dan aktivitas sejenis.
3. Mengurangi atau menghilangkan panas yang berlebihan.
4. Membantu tercapainya kenyamanan termal di dalam ruangan.

2.6.1 Ventilasi Alami

Berdasarkan SNI 03-6572-2001 tentang Tata Cara Perancangan Sistem Ventilasi dan Pengkondisian Udara pada Bangunan Gedung, ventilasi alami didefinisikan sebagai bukaan atau jalur sirkulasi udara yang bekerja tanpa bantuan peralatan mekanis atau ventilasi buatan, seperti penggunaan jendela pada sisi-sisi bangunan. Ventilasi alami terjadi akibat adanya perbedaan tekanan udara di luar bangunan yang disebabkan oleh angin serta perbedaan suhu, sehingga gas-gas panas di dalam ruangan akan bergerak naik melalui saluran ventilasi.

Ventilasi alami yang disediakan harus berupa bukaan permanen, jendela, pintu, atau sarana lain yang dapat dibuka, dengan ketentuan sebagai berikut:

1. Luas total bukaan ventilasi minimal sebesar 5% dari luas lantai ruangan yang memerlukan ventilasi.
2. Bukaan ventilasi harus menghadap ke:
 - a. Halaman yang dibatasi dinding dengan ukuran yang memadai atau area yang terbuka ke arah atas.
 - b. Teras terbuka, area parkir, atau tempat sejenis.
 - c. Ruang yang bersebelahan sebagaimana dimaksud pada poin sebelumnya.

2.6.2 Ventilasi yang Diambil dari Ruang yang Bersebelahan

Berdasarkan SNI 03-6572-2001 tentang Tata Cara Perancangan Sistem Ventilasi dan Pengkondisian Udara pada Bangunan Gedung, ventilasi alami pada suatu ruangan dapat diperoleh melalui jendela, bukaan, ventilasi pada pintu, atau sarana lain yang berasal dari ruangan yang bersebelahan (termasuk teras tertutup), dengan ketentuan bahwa kedua ruangan tersebut berada dalam satu unit hunian yang sama atau teras tertutup yang bersifat umum.

A. Pada bangunan kelas 2 dan hunian tunggal pada bangunan kelas 3 atau sebagian bangunan kelas 4, berlaku ketentuan berikut:

1. Ruangan yang diberikan ventilasi bukan merupakan kompartemen sanitasi.
2. Jendela, bukaan, pintu, atau sarana lainnya harus memiliki luas ventilasi minimal 5% dari luas lantai ruangan yang diventilasi.
3. Ruangan yang bersebelahan harus memiliki jendela, bukaan, pintu, atau sarana lainnya dengan luas ventilasi sekurang-kurangnya 5% dari gabungan luas lantai kedua ruangan.

B. Pada bangunan kelas 5, 6, 7, 8, dan 9, ketentuan yang berlaku adalah:

1. Jendela, bukaan, pintu, atau sarana lainnya harus memiliki luas ventilasi minimal 10% dari luas lantai ruangan yang akan diventilasi, dengan posisi pengukuran tidak lebih dari 3,6 meter di atas lantai.
2. Ruangan yang bersebelahan harus memiliki jendela, bukaan, pintu, atau sarana lainnya dengan luas ventilasi sekurang-kurangnya 10% dari kombinasi luas lantai kedua ruangan.

C. Luas ventilasi yang dipersyaratkan pada butir A dan B dapat dikurangi apabila tersedia sumber ventilasi alami lainnya.

Tempat Penyimpanan Sementara (TPS) limbah B3 diklasifikasikan sebagai bangunan kelas 7, yaitu bangunan yang difungsikan sebagai tempat penyimpanan atau gudang. Oleh karena itu, perhitungan luas ventilasi yang diperlukan dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Luasan Ventilasi} = \text{Luas area TPS} \times 10\% \quad (2.1)$$

Keterangan:

10% merupakan konstanta yang ditetapkan sesuai dengan standar SNI 03-6572-2001 untuk bangunan kelas 5, 6, 7, 8, dan 9.

2.7 Pencahayaan

Berdasarkan SNI 03-6575-2001 tentang Tata Cara Perancangan Sistem Pencahayaan Buatan pada Bangunan Gedung, sistem penerangan pada suatu area atau ruangan berfungsi untuk menyediakan cahaya pada objek tertentu, seperti peralatan, bidang kerja, proses produksi, hasil pengolahan atau limbah, serta lingkungan kerja di sekitarnya. Pencahayaan merupakan unsur yang sangat penting karena berperan dalam mendukung kelancaran berbagai aktivitas dan memberikan kenyamanan saat bekerja. Intensitas penerangan yang tidak sesuai dengan standar dapat menimbulkan ketidaknyamanan, menyebabkan kelelahan, terutama pada mata, serta berdampak pada faktor kesehatan dan keselamatan lainnya. Oleh sebab itu, sistem pencahayaan harus dirancang dengan memenuhi persyaratan, salah satunya memastikan bahwa tingkat pencahayaan minimal yang direkomendasikan tidak boleh berada di bawah nilai standar yang telah ditetapkan.

2.7.1 Tingkat Pencahayaan

Penentuan tingkat pencahayaan minimum yang direkomendasikan untuk berbagai fungsi ruangan, tingkat pencahayaan minimum yang direkomendasikan dapat dilihat pada Tabel 2.3. Tingkat pencahayaan minimum yang direkomendasikan sebagai berikut:

Tabel 2. 3 Tingkat Pencahayaan Minimum yang Direkomendasikan

Fungsi Ruangan	Tingkat Pencahayaan
Ruang parkir	50
Gudang	100
Pekerjaan kasar	100-200
Pekerjaan halus	500-1000
Pekerjaan amat halus	1000-2000
Pemeriksaan warna	750

Sumber: SNI 03-6575-2001

Sistem pencahayaan di suatu ruangan dapat dikelompokkan menjadi:

1. Sistem pencahayaan merata

Sistem ini berfungsi untuk memberikan tingkat pencahayaan yang merata di semua bagian atau sudut ruangan. Sistem ini digunakan jika semua objek yang ada di dalam ruangan tersebut memerlukan tingkat pencahayaan yang sama.

2. Sistem pencahayaan setempat

Sistem ini berfungsi untuk memberikan tingkat pencahayaan yang tidak merata pada objek atau bidang kerja. Sistem ini dapat digunakan melihat dari fungsi objek atau bidang kerja yang memerlukan tingkat pencahayaan tinggi, maka dipasang sistem pencahayaan yang tinggi.

3. Sistem pencahayaan gabungan merata dan setempat

Sistem ini didapatkan dengan menambahkan sistem pencahayaan setempat pada sistem pencahayaan merata dengan armatur yang dipasang di dekat objek atau bidang kerja.

Perhitungan tingkat pencahayaan yang diperlukan suatu ruangan memerlukan nilai indeks ruangan (K) untuk memperoleh nilai efisiensi (ef), sehingga dapat dihitung dengan rumus dibawah ini:

$$K = \frac{p \times l}{h \times (p+l)} \quad (2.2)$$

Keterangan:

K : Koefisien indeks ruangan

P : Panjang ruangan

l : Lebar ruangan

H : tinggi pemasangan lampu dari atas bidang kerja

$$\text{Jumlah Armatur} = \frac{E \times A}{\Phi_{\text{lampu}} \times k_p} \quad (2.3)$$

Keterangan:

E : Standart efisiensi penerangan (Lux)

A : Luas bidang yang diterangi

Φ_{lampu} : Lumen total per armature

Fd : Faktor depresiasi

Ef : Efisiensi penerangan

2.8 Sistem Proteksi Kebakaran

2.8.1 Detektor

Berdasarkan Peraturan Menteri Tenaga Kerja Nomor 02 Tahun 1983 tentang Instalasi Alarm Kebakaran Otomatik, detektor didefinisikan sebagai perangkat yang berfungsi mendeteksi gejala awal terjadinya kebakaran dan mampu mengaktifkan alarm dalam suatu sistem proteksi kebakaran.

A. Jenis-jenis Detektor

Mengacu pada SNI 03-3985-2000, detektor kebakaran otomatis dikelompokkan berdasarkan karakteristik pendeteksiannya, yaitu sebagai berikut:

a. Detektor Panas

Perangkat yang berfungsi mendeteksi suhu tinggi atau laju kenaikan suhu yang tidak normal.

b. Detektor Asap

Perangkat yang digunakan untuk mendeteksi partikel hasil pembakaran, baik yang terlihat maupun yang tidak terlihat.

c. Detektor Nyala Api

Perangkat yang mendeteksi radiasi sinar inframerah, *ultraviolet*, atau cahaya tampak yang dihasilkan oleh kebakaran.

d. Detektor Gas Kebakaran

Perangkat yang berfungsi mendeteksi gas-gas yang terbentuk akibat terjadinya kebakaran.

e. Detektor Kebakaran Lainnya

Perangkat yang mendeteksi indikasi kebakaran selain panas, asap, nyala api, atau gas yang dihasilkan oleh kebakaran.

B. Pemasangan Detektor

Penentuan pemasangan detektor dilakukan berdasarkan analisis potensi bahaya yang mungkin ditimbulkan oleh bahan atau material yang terdapat di dalam ruangan. Mengacu pada Departemen Tenaga Kerja dan Transmigrasi (1998), pemilihan jenis detektor pada suatu ruangan disesuaikan dengan fungsi ruangan tersebut. Ketentuan pemilihan jenis detektor sesuai fungsi ruangan dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2. 4 Pemilihan Jenis Detektor sesuai Fungsi Ruangan

FTD	Jenis Ruangan
ROR/Kombinasi ROR dan FTD	Ruang perjamuan, garasi mobil, restoran, ruang sidang, kamar tidur, ruang generator dan transformator, laboratorium kimia
Asap	Ruang peralatan kontrol bangunan, ruang resepsionist, ruang tamu, ruang mesin, ruang lift, ruang pompa, ruang AC, tangga, lobby, aula, shaft, perpustakaan, gudang
Nyala Api	Gudang material yang mudah terbakar, ruang kontrol instalasi peralatan vital
Gas	Ruang transformator/diesel, ruang yang berisi bahan yang menimbulkan gas yang mudah terbakar

Sumber: Departemen Tenaga Kerja dan Transmigrasi, 1998

2.8.2 Alarm Kebakaran

Alarm kebakaran adalah komponen dari sistem yang memberikan isyarat/tanda setelah kebakaran terdeteksi SNI 03-3985-2000 (Nasional, 2000) Alarm kebakaran yang dipasang dapat berbentuk:

1. Alarm Suara

Mempunyai bunyi serta irama yang khas hingga mudah dikenal sebagai alarm kebakaran.

2. Alarm Visual

Alarm visual harus dipasang pada ruang khusus, seperti tempat perawatan orang tuli dan sejenisnya.

2.8.3 Alat Pemadam Api Ringan (APAR)

Pemasangan Alat Pemadam Api Ringan (APAR) disesuaikan dengan jenis bahan atau material yang terdapat di area penyimpanan, baik berupa bahan padat, cair, gas, instalasi listrik, maupun logam. Ketentuan mengenai pemasangan APAR diatur dalam beberapa standar, antara lain Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Nomor 4 Tahun 1980 serta NFPA

10 Tahun 2013. Penerapan APAR dilakukan berdasarkan klasifikasi kebakaran sebagai berikut.

A. Berdasarkan Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi
Nomor 4 Tahun 1980

1. Pengertian dan Klasifikasi Kebakaran

Alat Pemadam Api Ringan (APAR) merupakan alat yang memiliki bobot ringan dan dapat dioperasikan dengan mudah oleh satu orang untuk memadamkan api pada tahap awal terjadinya kebakaran. Klasifikasi kebakaran berdasarkan jenis material yang terbakar adalah sebagai berikut:

- a) Kebakaran bahan padat selain logam (Golongan A).
- b) Kebakaran bahan cair atau gas yang mudah terbakar (Golongan B).
- c) Kebakaran pada instalasi listrik yang masih bertegangan (Golongan C).
- d) Kebakaran pada logam (Golongan D).

2. Jenis Media Pemadam Kebakaran

Pemahaman terhadap berbagai jenis media pemadam api bertujuan untuk menentukan media yang paling sesuai, sehingga proses pemadaman dapat berlangsung secara efektif, efisien, dan aman.

Media pemadam yang digunakan pada APAR meliputi:

- a. Air.
- b. Busa.
- c. Serbuk kimia kering.
- d. Karbon dioksida (CO₂).
- e. Halon.

7. Jarak Jangkauan dan Perhitungan Jumlah APAR

Jarak jangkauan maksimum antar APAR ditetapkan sebesar 15 meter, sehingga radius perlindungan satu unit APAR adalah: Radius perlindungan 1 APAR = $\pi \times r^2 = 3,14 \times 7,5^2 = 176,625 \text{ m}^2$. Untuk mempermudah penentuan jumlah APAR, digunakan rumus berikut:

$$\text{Jumlah APAR} = \frac{\text{Luas Bangunan}}{\text{Luas Perlindungan 1 APAR}} \quad (2.5)$$

2.8.4 Alternatif Permasalahan

Berdasarkan hasil evaluasi kondisi eksisting Tempat Penyimpanan Sementara (TPS) Limbah B3 di perusahaan galangan kapal, ditemukan adanya ketidaksesuaian terhadap persyaratan teknis penyimpanan limbah B3, khususnya pada aspek kapasitas, tata letak, serta pemisahan limbah berdasarkan karakteristik bahayanya. Selain itu, limbah pasir *sandblasting* diketahui masih disimpan secara terpisah dari TPS Limbah B3 dan ditempatkan di area terbuka sebelum dilakukan pengangkutan oleh pihak ketiga. Kondisi tersebut berpotensi meningkatkan risiko pencemaran lingkungan serta bahaya keselamatan dan kesehatan kerja (K3), seperti paparan debu berbahaya, tumpahan limbah, dan potensi kebakaran.

Sebagai upaya perbaikan terhadap kondisi tersebut, penelitian ini mengusulkan dua bentuk alternatif perancangan, yaitu perancangan ulang (*redesign*) TPS Limbah B3 dan perancangan ulang fasilitas penyimpanan limbah *sandblasting*. Alternatif-alternatif ini disusun dengan mengacu pada ketentuan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 6 Tahun 2021 serta prinsip pengelolaan limbah B3 dan keselamatan kerja di lingkungan industri galangan kapal.

1. *Redesign* Tempat Penyimpanan Sementara (TPS) Limbah B3

Alternatif *redesign* TPS Limbah B3 difokuskan pada penataan ulang tata letak (*layout*) dan peningkatan fungsi fasilitas penyimpanan agar mampu menampung seluruh timbulan limbah B3, khususnya pada kondisi beban maksimum. Perancangan ulang ini mempertimbangkan pembagian zona penyimpanan berdasarkan karakteristik limbah, seperti limbah cair mudah terbakar (oli bekas dan *sludge*), limbah padat terkontaminasi (majun dan sarung tangan bekas), limbah logam berat (aki bekas), serta limbah kemasan (kaleng cat bekas).

Redesign TPS Limbah B3 juga memperhatikan penerapan kaidah kompatibilitas limbah untuk mencegah pencampuran limbah yang tidak sesuai karakteristiknya. Selain itu, perancangan ulang mencakup penyediaan jalur pedestrian dan jalur *forklift* yang terpisah, sehingga pergerakan pekerja dan alat angkut limbah dapat berlangsung secara

aman dan efisien. Penempatan fasilitas keselamatan seperti Alat Pemadam Api Ringan (APAR), *eye wash*, *spill kit*, serta jalur evakuasi juga menjadi bagian dari alternatif perancangan guna meningkatkan tingkat perlindungan terhadap pekerja.

2. *Redesign* Area Penyimpanan Limbah *Sandblasting*

Limbah *sandblasting* merupakan salah satu jenis limbah B3 dengan jumlah timbulan terbesar di perusahaan galangan kapal. Limbah ini berasal dari proses pembersihan permukaan kapal yang menghasilkan residu pasir atau slag yang terkontaminasi sisa cat dan logam berat. Pada kondisi eksisting, limbah *sandblasting* disimpan di area terbuka dan berada di luar TPS Limbah B3, sehingga berpotensi menyebabkan pencemaran lingkungan serta meningkatkan risiko paparan debu berbahaya terhadap pekerja.

Alternatif *redesign* pada area penyimpanan limbah *sandblasting* diarahkan pada penyediaan fasilitas penyimpanan yang terlindung dari pengaruh cuaca, memiliki lantai kedap, serta dilengkapi dengan sistem penahan limpasan dan debu. Penyimpanan limbah *sandblasting* dirancang agar tetap berada dalam sistem pengelolaan TPS Limbah B3 atau terintegrasi dengan TPS, sehingga status limbah sebagai limbah B3 dapat dikendalikan secara administratif dan teknis.

2.9 Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3) dalam Perancangan TPS Limbah B3

Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3) merupakan bagian dari sistem manajemen perusahaan yang bertujuan untuk mengendalikan risiko keselamatan dan kesehatan kerja secara sistematis, terstruktur, dan berkelanjutan. Penerapan SMK3 di Indonesia diatur dalam Peraturan Pemerintah Nomor 50 Tahun 2012 tentang Penerapan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja. Dalam Pasal 6 ayat (1), disebutkan bahwa penerapan SMK3 meliputi penetapan kebijakan K3, perencanaan K3, pelaksanaan rencana K3, pemantauan dan evaluasi kinerja K3, serta peninjauan dan peningkatan kinerja SMK3.

Dalam konteks industri galangan kapal, pengelolaan limbah B3 memiliki potensi risiko tinggi, baik terhadap keselamatan pekerja maupun terhadap lingkungan. Oleh karena itu, Tempat Penyimpanan Sementara (TPS) Limbah B3 tidak hanya dipandang sebagai fasilitas lingkungan, tetapi juga sebagai bagian integral dari sistem manajemen keselamatan kerja perusahaan. Berdasarkan struktur SMK3 dalam PP Nomor 50 Tahun 2012, terdapat beberapa elemen yang relevan dengan penelitian ini.

2.9.1 Elemen Perencanaan K3: Identifikasi Bahaya, Penilaian, dan Pengendalian Risiko

Elemen yang Relevan dalam penelitian ini adalah elemen perencanaan K3 sebagaimana diatur dalam Pasal 6 ayat (1) huruf b dan dijabarkan lebih lanjut dalam Pasal 9 Peraturan Pemerintah Nomor 50 Tahun 2012. Pasal 9 ayat (3) huruf b secara tegas menyebutkan bahwa perencanaan K3 harus memuat: identifikasi potensi bahaya, penilaian, dan pengendalian risiko.

2.9.2 Elemen Pelaksanaan Rencana K3

Elemen pelaksanaan rencana K3 diatur dalam Peraturan Pemerintah Nomor 50 Tahun 2012 pasal 6 ayat (1) huruf c dan Pasal 10–13. Pelaksanaan ini mencakup penerapan prosedur kerja, pengendalian operasional, serta kesiapsiagaan dan tanggap darurat.

2.9.3 Elemen Pemantauan dan Evaluasi Kinerja K3

Elemen ini diatur dalam Pasal 6 ayat (1) huruf d dan Pasal 14 Peraturan Pemerintah Nomor 50 Tahun 2012. Dalam konteks TPS Limbah B3, pemantauan berfungsi mengidentifikasi perubahan risiko akibat peningkatan volume, jenis limbah, maupun kondisi fasilitas penyimpanan. Evaluasi kondisi eksisting TPS dalam penelitian ini merupakan bagian dari pemantauan untuk mengidentifikasi ketidaksesuaian terhadap standar teknis dan regulasi.

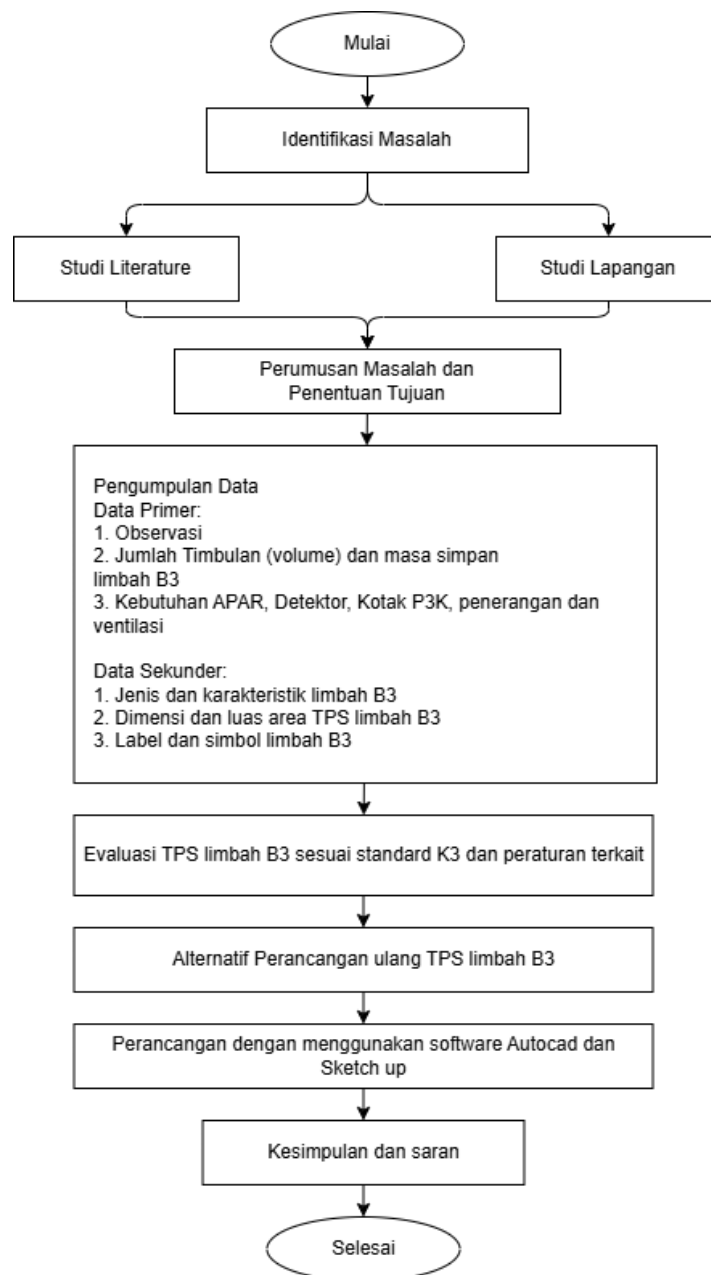
2.9.4 Elemen Peninjauan dan Peningkatan Kinerja SMK3

Elemen peninjauan dan peningkatan kinerja diatur dalam Pasal 6 ayat (1) huruf e serta Pasal 15 PP Nomor 50 Tahun 2012. Elemen ini menekankan pentingnya prinsip perbaikan berkelanjutan (*continuous improvement*) dalam sistem manajemen K

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

Dalam penyusunan tugas akhir diperlukan metode yang terstruktur dan terarah sehingga menghasilkan langkah kerja yang sistematis sehingga nantinya penelitian dapat mudah dipahami dan dapat memberikan penanganan serta rekomendasi yang sesuai. Berikut diagram alir untuk melakukan penelitian:



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

Sumber: Penulis, 2026

3.1 Identifikasi Masalah

Tahap awal yaitu identifikasi masalah pada perusahaan galangan kapal. berdasarkan kondisi eksisting Tempat Penyimpanan Sementara (TPS) Limbah B3. Hasil observasi awal menunjukkan adanya beberapa ketidaksesuaian yang berpotensi menimbulkan risiko keselamatan dan lingkungan. Ketidaksesuaian tersebut antara lain kondisi bak tampungan limbah di bagian belakang TPS yang tidak dilengkapi penutup, simbol limbah B3 belum sepenuhnya lengkap sehingga penandaan hanya berupa tulisan.

Selain itu, ditemukan banyak kemasan limbah B3 berupa drum yang telah berkarat sehingga berpotensi mengalami kebocoran. Pasir *sandblasting* juga ditimbun jauh dari TPS limbah B3 dan ditempatkan di area terbuka sebelum diserahkan kepada pihak ketiga, yang meningkatkan risiko pencemaran lingkungan. Dari aspek kapasitas, pada kondisi terburuk (*worst case*) ketika limbah B3 dihasilkan secara bersamaan, TPS eksisting tidak mampu menampung seluruh limbah yang dihasilkan.

Setelah dilakukan tahap identifikasi masalah, kemudian peneliti melakukan perumusan masalah untuk mengetahui permasalahan inti yang akan dianalisis agar dapat dilakukan upaya pengendalian dan perbaikan yang tepat untuk permasalahan tersebut. pengelolaan limbah B3.

3.2 Tahap Tinjauan Pustaka

Tahap tinjauan pustaka terdiri dari dua kegiatan utama yaitu studi lapangan dan studi literatur.

3.2.1 Studi Lapangan

Studi lapangan dilakukan untuk memperoleh gambaran nyata mengenai kondisi TPS limbah B3 di perusahaan galangan kapal. Kegiatan ini meliputi observasi langsung terhadap tata letak TPS, jenis dan karakteristik limbah B3 yang disimpan, sistem penyimpanan, fasilitas keselamatan, serta prosedur operasional yang diterapkan. Studi lapangan berperan penting dalam mengidentifikasi kesenjangan antara kondisi eksisting dengan standar yang dipersyaratkan, sehingga menjadi dasar dalam evaluasi dan perancangan ulang TPS limbah B3.

3.2.2 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan mengkaji berbagai sumber pustaka yang relevan, seperti peraturan perundang-undangan, buku, jurnal ilmiah, standar teknis, serta penelitian terdahulu yang berkaitan dengan pengelolaan dan penyimpanan limbah B3. Regulasi utama yang digunakan sebagai acuan adalah Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 6 Tahun 2021 tentang tata cara dan persyaratan pengelolaan limbah B3, Peraturan Pemerintah Nomor 101 Tahun 2014 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun, Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 14 Tahun 2013 tentang Simbol dan Label Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun. Studi literatur ini bertujuan untuk menetapkan kriteria evaluasi, parameter perancangan, serta metode analisis yang digunakan dalam penelitian.

3.3 Rumusan Masalah dan Tujuan

Perumusan masalah bertujuan untuk memperjelas fokus permasalahan yang akan dikaji dalam penelitian. Pada penelitian ini, tahap perumusan masalah disusun berdasarkan hasil identifikasi permasalahan pada studi pendahuluan yang dilakukan di tempat penyimpanan sementara (TPS) limbah B3. Setelah rumusan masalah ditetapkan, selanjutnya ditentukan tujuan penelitian agar hasil yang ingin dicapai dapat dirumuskan secara jelas dan terarah.

3.4 Tahap Pengumpulan Data

Tahap pengumpulan data berkaitan dengan rumusan masalah dalam penelitian ini. Data yang digunakan dalam penelitian ini berupa data primer dan data sekunder.

3.4.1 Data Primer

Data primer diperoleh secara langsung melalui observasi kondisi saat ini dari tempat penyimpanan sementara (TPS) limbah B3, dokumentasi seperti pengambilan foto terkait dengan kondisi tempat penyimpanan sementara (TPS) limbah B3, data identifikasi jumlah timbulan limbah B3

(volume), hasil identifikasi masa simpan limbah B3, kebutuhan APAR, detektor, alarm kebakaran, ventilasi dan penerangan.

3.4.2 Data Sekunder

Data sekunder diperoleh dari perusahaan galangan kapal tempat dilakukannya penelitian. Dalam penelitian ini, data sekunder yang dibutuhkan untuk penelitian ini adalah data jenis dan karakteristik limbah B3, dimensi tempat penyimpanan sementara (TPS) limbah B3, label dan simbol limbah B3.

3.5 Tahap Pengolahan Data dan Analisis Perancangan

Pada tahap ini, data yang telah dikumpulkan selanjutnya diolah untuk menjawab permasalahan penelitian. Adapun proses pengolahan data yang dilakukan meliputi beberapa tahapan sebagai berikut.

3.5.1 Evaluasi Tempat Penyimpanan Sementara (TPS) Limbah B3

Evaluasi Tempat Penyimpanan Sementara (TPS) limbah B3 dilakukan dengan mengacu pada Standard K3 serta Peraturan terkait. Proses evaluasi dilakukan melalui penyusunan daftar pemeriksaan (*checklist*) yang bertujuan untuk membandingkan parameter yang dipersyaratkan dalam peraturan dengan kondisi aktual TPS limbah B3.

3.5.2 Identifikasi Jumlah Timbulan dan Masa Simpan Limbah B3

Identifikasi jumlah timbulan dan masa simpan limbah B3 dilakukan untuk menentukan kebutuhan kapasitas TPS. Analisis ini bertujuan memastikan bahwa TPS mampu menampung limbah B3 secara aman tanpa melebihi batas waktu penyimpanan yang diperbolehkan.

3.5.3 Kriteria Penyusunan Layout Tempat Penyimpanan Sementara (TPS) Limbah B3

Penyusunan layout Tempat Penyimpanan Sementara (TPS) Limbah B3 dalam penelitian ini dilakukan sebagai dasar perancangan ulang fasilitas penyimpanan limbah B3 yang sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan dan prinsip keselamatan dan kesehatan kerja (K3). Penentuan tata letak tidak hanya mempertimbangkan aspek teknis bangunan, tetapi juga aspek keselamatan operasional, kemudahan

pengawasan, serta pencegahan risiko kebakaran, tumpahan, dan paparan bahan berbahaya terhadap pekerja.

Kriteria penyusunan layout TPS Limbah B3 mengacu pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 6 Tahun 2021 tentang Tata Cara dan Persyaratan Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun serta prinsip dasar K3 dalam pengelolaan bahan berbahaya. Adapun kriteria yang digunakan dalam penyusunan layout TPS Limbah B3 pada penelitian ini meliputi:

1. Zonasi berdasarkan karakteristik limbah B3

Area penyimpanan limbah B3 dibagi ke dalam beberapa zona sesuai dengan karakteristik limbah, yaitu limbah cair mudah terbakar (seperti oli bekas), limbah padat terkontaminasi (seperti majun dan sarung tangan bekas), limbah logam berat (seperti aki bekas), serta limbah kemasan (seperti kaleng cat bekas). Pembagian zona ini bertujuan untuk mencegah terjadinya pencampuran limbah yang tidak kompatibel serta mengurangi potensi reaksi berbahaya di dalam TPS Limbah B3.

2. Penerapan kaidah kompatibilitas limbah B3

Penyusunan tata letak mempertimbangkan kaidah kompatibilitas limbah B3 sebagaimana diatur dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 6 Tahun 2021, sehingga limbah dengan karakteristik yang tidak saling cocok tidak ditempatkan dalam satu area penyimpanan. Hal ini bertujuan untuk mengurangi risiko reaksi kimia, kebakaran, maupun ledakan akibat penyimpanan limbah yang tidak sesuai karakteristiknya.

3. Penyediaan jalur pedestrian (pejalan kaki)

Layout TPS Limbah B3 dirancang dengan menyediakan jalur khusus bagi pejalan kaki (pedestrian) yang terpisah dari jalur pergerakan alat angkut. Jalur pedestrian berfungsi untuk menjamin keselamatan pekerja saat melakukan inspeksi, pencatatan, dan aktivitas operasional lainnya di dalam TPS. Jalur ini harus bebas dari tumpukan kemasan limbah dan memiliki lebar yang memadai untuk

pergerakan pekerja secara aman, serta ditandai secara visual agar mudah dikenali.

4. Penyediaan jalur *forklift* dan alat angkut limbah

Selain jalur pedestrian, layout TPS Limbah B3 juga dirancang dengan menyediakan jalur khusus untuk pergerakan *forklift* atau alat angkut limbah. Jalur *forklift* direncanakan agar tidak bersinggungan langsung dengan jalur pejalan kaki guna mengurangi risiko kecelakaan kerja akibat interaksi antara pekerja dan kendaraan angkut. Lebar jalur *forklift* disesuaikan dengan dimensi alat angkut yang digunakan sehingga proses bongkar muat limbah dapat dilakukan secara aman dan efisien.

5. Penempatan fasilitas keselamatan dan tanggap darurat

Fasilitas keselamatan dan tanggap darurat seperti Alat Pemadam Api Ringan (APAR), fasilitas pencuci mata (*eye wash*), dan peralatan penanggulangan tumpahan (*spill kit*) ditempatkan pada lokasi yang mudah dijangkau dan dekat dengan sumber potensi bahaya. Penempatan fasilitas ini bertujuan untuk mempercepat respon awal apabila terjadi kebakaran, tumpahan limbah, atau paparan bahan kimia terhadap pekerja.

6. Pemisahan area kerja dan area penyimpanan limbah

Area kegiatan operasional, seperti area transfer *sludge* dan area pelindasan kaleng cat bekas, dipisahkan dari area penyimpanan utama. Pemisahan ini bertujuan untuk mengurangi potensi tumpahan dan paparan langsung terhadap pekerja serta menurunkan risiko kebakaran akibat aktivitas mekanis yang dilakukan di dalam TPS Limbah B3.

7. Optimalisasi kapasitas dan kemudahan pengawasan

letak disusun dengan mempertimbangkan kapasitas penyimpanan limbah B3 pada kondisi timbulan maksimum serta kemudahan pengawasan secara visual. Penyusunan layout diupayakan agar seluruh kemasan limbah dapat diidentifikasi dengan jelas,

memudahkan proses inspeksi rutin, pencatatan jumlah limbah, serta proses pengangkutan limbah oleh pihak ketiga.

8. Penempatan peralatan listrik dan sumber potensi percikan api
Peralatan listrik, seperti panel listrik dan instalasi penerangan, ditempatkan terpisah dari zona penyimpanan limbah B3 yang memiliki karakteristik mudah terbakar. Penempatan ini dilakukan dengan mempertimbangkan jarak aman serta prinsip pencegahan sumber penyalan (*ignition source*) di dalam area TPS Limbah B3.

3.5.4 Aspek Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) dan Indikator Penilaian TPS Limbah B3

Penelitian ini tidak hanya mengevaluasi Tempat Penyimpanan Sementara (TPS) Limbah B3 berdasarkan kesesuaian terhadap peraturan perundang-undangan, tetapi juga meninjau aspek keselamatan dan kesehatan kerja (K3) sebagai bagian dari upaya pencegahan kecelakaan kerja dan paparan bahan berbahaya. Penilaian aspek K3 dilakukan untuk mengidentifikasi potensi bahaya yang timbul dari aktivitas penyimpanan limbah B3 serta untuk memastikan bahwa fasilitas TPS Limbah B3 memberikan perlindungan yang memadai bagi pekerja.

Aspek K3 yang dikaji dalam penelitian ini meliputi risiko kebakaran dan ledakan, risiko paparan bahan kimia berbahaya, risiko tumpahan limbah, risiko kecelakaan akibat interaksi antara pekerja dan alat angkut, serta kesiapsiagaan terhadap kondisi darurat. Setiap aspek K3 tersebut dievaluasi menggunakan indikator yang dapat diamati secara langsung pada kondisi TPS Limbah B3 eksisting. Indikator aspek K3 yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

1. Aspek pencegahan kebakaran dan ledakan

Indikator yang digunakan meliputi ketersediaan dan penempatan Alat Pemadam Api Ringan (APAR), jarak antara zona penyimpanan limbah mudah terbakar dengan sumber potensi percikan api (seperti panel listrik), serta pemisahan limbah berdasarkan karakteristik mudah terbakar. Indikator ini digunakan untuk menilai tingkat pengendalian risiko kebakaran di dalam TPS Limbah B3.

2. Aspek pengendalian paparan bahan kimia berbahaya

Indikator yang digunakan meliputi keberadaan sistem ventilasi, kelengkapan simbol dan label limbah B3, serta pemisahan zona penyimpanan limbah berdasarkan karakteristik bahayanya. Indikator ini bertujuan untuk menilai sejauh mana TPS Limbah B3 mampu mengurangi potensi paparan bahan kimia berbahaya terhadap pekerja.

3. Aspek pengendalian tumpahan dan kebocoran limbah

Indikator yang digunakan meliputi keberadaan bak penampung ceceran (*secondary containment*), ketersediaan peralatan penanggulangan tumpahan (*spill kit*), serta kondisi fisik kemasan limbah (tidak bocor dan tidak berkarat). Indikator ini digunakan untuk menilai kemampuan TPS Limbah B3 dalam mencegah dan menangani kejadian tumpahan limbah.

4. Aspek keselamatan jalur pedestrian dan jalur *forklift*

Indikator yang digunakan meliputi ketersediaan jalur khusus pejalan kaki (pedestrian), pemisahan jalur pedestrian dengan jalur pergerakan *forklift* atau alat angkut limbah, serta kecukupan lebar jalur untuk mendukung pergerakan pekerja dan alat angkut secara aman. Indikator ini digunakan untuk menilai potensi risiko kecelakaan kerja akibat interaksi antara pekerja dan kendaraan angkut di dalam TPS Limbah B3.

5. Aspek kesiapsiagaan kondisi darurat

Indikator yang digunakan meliputi keberadaan jalur evakuasi, rambu keselamatan, titik kumpul darurat, serta fasilitas tanggap darurat seperti *eye wash* dan kotak P3K. Indikator ini digunakan untuk menilai kesiapan TPS Limbah B3 dalam menghadapi kondisi darurat seperti kebakaran, tumpahan limbah, maupun paparan bahan kimia.

3.5.5 Perancangan Ulang Tempat Penyimpanan Sementara (TPS) Limbah B3

Berdasarkan hasil evaluasi kondisi eksisting Tempat Penyimpanan Sementara (TPS) Limbah B3, disusun rekomendasi perbaikan melalui

perancangan ulang TPS Limbah B3 yang mengacu pada ketentuan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 6 Tahun 2021.

Tahapan perancangan ulang diawali dengan identifikasi jenis dan karakteristik limbah B3 yang dihasilkan, diikuti dengan perhitungan jumlah timbulan limbah B3 harian dan akumulatif, baik pada kondisi normal maupun kondisi *worst case*. Selanjutnya ditentukan jumlah, jenis, dan dimensi kemasan limbah B3 yang sesuai standar, termasuk penggantian kemasan yang telah mengalami korosi dengan kemasan yang layak dan aman. Penyusunan tata letak TPS dilakukan dengan membagi area penyimpanan ke dalam blok-blok berdasarkan jenis dan karakteristik limbah, dilengkapi dengan sekat pembatas antar limbah untuk mencegah pencampuran dan potensi reaksi berbahaya.

Perancangan ulang juga mencakup penentuan dimensi TPS Limbah B3 yang mampu menampung timbulan limbah sesuai perhitungan kapasitas. Selain itu, direncanakan perbaikan sistem bak penampung tumpahan limbah B3 dengan desain tertutup dan terisolasi dari sistem drainase lingkungan guna mencegah limpasan akibat air hujan. Penyediaan fasilitas penunjang keselamatan dan kesehatan kerja (K3) turut direncanakan, meliputi alat pemadam api ringan (APAR), *spill kit*, kotak P3K, penerangan yang memadai, serta sistem ventilasi untuk mengurangi akumulasi uap berbahaya di dalam TPS.

3.6 Kesimpulan dan Saran

Pada tahap ini dilakukan penarikan kesimpulan berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, disertai dengan rekomendasi perbaikan yang sesuai. Selain itu, diberikan saran kepada perusahaan sebagai bahan pertimbangan dalam upaya peningkatan pengelolaan Tempat Penyimpanan Sementara (TPS) limbah B3.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Gambaran Umum

Perusahaan galangan kapal merupakan industri yang menghasilkan berbagai jenis limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) dari aktivitas operasional seperti *sandblasting*, *painting*, pengelasan, perawatan kapal, dan penggunaan bahan kimia pendukung. Limbah B3 yang dihasilkan umumnya berupa oli bekas, *sludge oil*, limbah padat terkontaminasi, pasir blasting, serta kaleng cat bekas yang memerlukan pengelolaan sesuai ketentuan peraturan perundang-undangan.

Objek penelitian dalam tugas akhir ini berfokus pada Tempat Penyimpanan Sementara TPS Limbah B3 di area galangan kapal, khususnya pengelolaan limbah hasil aktivitas *sandblasting*. Berdasarkan kondisi eksisting, penyimpanan limbah pasir blasting masih dilakukan secara terbuka dengan sistem penumpukan langsung pada area tertentu tanpa bangunan pelindung yang memadai. Kondisi tersebut berpotensi menimbulkan pencemaran lingkungan akibat penyebaran debu, paparan terhadap pekerja, serta risiko tercampurnya limbah dengan air hujan. Selain itu, tata letak TPS belum dilengkapi jalur pedestrian yang aman dan terpisah dari jalur kendaraan operasional maupun alat berat sehingga meningkatkan potensi kecelakaan kerja di sekitar area penyimpanan limbah.

Selain aspek tata letak dan sistem penyimpanan, kondisi sarana dan prasarana pendukung pada TPS Limbah B3 juga menjadi faktor penting dalam menjamin keselamatan pekerja serta mencegah terjadinya pencemaran lingkungan. Fasilitas seperti ventilasi, penerangan, jalur evakuasi, sistem penanggulangan keadaan darurat, dan pemisahan area penyimpanan berdasarkan karakteristik limbah perlu tersedia sesuai dengan persyaratan teknis yang berlaku. Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan evaluasi terhadap kondisi eksisting TPS Limbah B3 yang meliputi aspek teknis penyimpanan, kesesuaian tata letak, kondisi lingkungan kerja, serta tingkat pemenuhan terhadap ketentuan pengelolaan limbah B3. Hasil evaluasi tersebut selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam penyusunan rekomendasi perbaikan desain TPS Limbah B3 yang lebih aman, efektif, dan sesuai dengan prinsip keselamatan, kesehatan kerja, serta perlindungan lingkungan.

Berdasarkan data neraca limbah B3 perusahaan tahun 2023-2025, limbah yang dihasilkan meliputi:

Tabel 4. 1 Data Jumlah Timbunan Limbah

No	Jenis Limbah B3	Satuan	Total 2023	Total 2024	Total 2025	Kode Limbah B3
1	Pasir Blasting Bekas	Ton	310.76	331.71	219.04	Limbah B3 dari sumber spesifik (aktivitas <i>sandblasting</i> /perawatan kapal)*
2	<i>Grit blasting</i> Bekas	Ton	25.72	28.24	22.14	Limbah B3 dari sumber spesifik*
3	Kaleng Cat Bekas	Kaleng	6408	9923	8690	B104d (Kemasan bekas B3)
4	Accu Bekas (Baterai)	Buah	81	28	42	A102d (Aki/Baterai bekas)
5	Majun Lapis Bekas	Sak	17	18	10	B110d (Kain majun bekas dan sejenisnya)
6	Filter Oli Bekas	Pcs	130	153	67	B110d (Filter oli/filter solar bekas)
7	<i>Sludge Oil</i> / Minyak Kotor	Liter	621	613	734	Limbah minyak/ <i>sludge</i> spesifik proses
8	Carbon Remover Bekas	Liter	375	900	165	Kemasan/residu bahan kimia B3
9	Cartridge Bekas	Pcs	11	18	1	Disesuaikan jenis cartridge yang digunakan
10	Kaos Tangan Bekas	Sak	10	8	9	B110d
11	Kemasan Terkontaminasi (Pylox/WD-40/dll)	Pcs	141	182	2	B104d
12	Kemasan Terkontaminasi (Botol Tinta Bekas)	Pcs	41	193	241	B104d
13	Kemasan Terkontaminasi (Jerigen Bekas)	Jerigen	20	36	54	B104d
14	Kemasan Terkontaminasi (Stellmaker/Spool)	Pcs	0	5	6	B104d
15	Serbuk Kayu Terkontaminasi B3	Drum	1	1	2	B110d
16	Limbah B3 Elektronik (MCB/Kapasitor/dll)	Pcs	46	77	340	B107d
17	Tissue Industri (Terkontaminasi B3)	Lembar	3287	3654	4722	B110d
18	Baterai Bekas (Baterai UPS Bekas)	Pcs	27	361	52	A102d
19	Tabung Freon (Kemasan Terkontaminasi)	Tabung	0	5	1	Limbah B3 sesuai kandungan refrigeran*
20	Drum Kosong Bekas / Drum Plastik	Drum	7	0	400	B104d

Berdasarkan Lampiran IX Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, limbah B3 dikelompokkan menjadi limbah dari sumber tidak spesifik, sumber spesifik umum, sumber spesifik khusus, serta limbah B3 dari produk yang tidak memenuhi spesifikasi, kedaluwarsa, bekas kemasan, dan tumpahan. Jenis limbah yang dihasilkan di perusahaan galangan kapal, seperti pasir dan *grit blasting* bekas, oli bekas, *sludge oil*, filter oli bekas, aki bekas, majun terkontaminasi, kemasan bekas bahan kimia, serta limbah lain yang terkontaminasi bahan berbahaya, termasuk dalam kelompok limbah yang wajib dikelola sebagai Limbah B3 sesuai klasifikasi pada Lampiran IX tersebut. Pengelompokan tersebut didasarkan pada asal kegiatan, kandungan bahan berbahaya, serta karakteristik limbah yang berpotensi menimbulkan dampak terhadap kesehatan manusia dan lingkungan. Oleh karena itu, seluruh limbah pada Tabel 4.1 memerlukan pengelolaan khusus yang meliputi pengemasan, penyimpanan, pelabelan, pengangkutan, hingga pengolahan sesuai ketentuan PP Nomor 22 Tahun 2021 dan Permen LHK Nomor 6 Tahun 2021.

Berdasarkan data timbulan limbah B3 tahun 2023–2025, limbah pasir *sandblasting* bekas merupakan limbah yang paling dominan dihasilkan perusahaan, yaitu sebesar 310.76 ton pada tahun 2023, meningkat menjadi 331.71 ton pada tahun 2024, dan menurun menjadi 219.04 ton pada tahun 2025. Meskipun mengalami penurunan pada tahun 2025, jumlah tersebut masih jauh lebih besar dibandingkan jenis limbah B3 lainnya sehingga menunjukkan bahwa limbah pasir *sandblasting* menjadi limbah prioritas yang harus menjadi dasar dalam perencanaan kapasitas TPS Limbah B3.

Besarnya timbulan limbah pasir *sandblasting* dipengaruhi oleh tingginya aktivitas *sandblasting* pada proses pembangunan maupun reparasi kapal. Proses ini digunakan untuk menghilangkan karat, kerak, cat lama, serta kontaminan pada permukaan baja sebelum dilakukan proses *coating*. Semakin tinggi aktivitas pembangunan dan perbaikan kapal, semakin besar pula penggunaan media abrasif sehingga volume limbah *sandblasting* yang dihasilkan akan meningkat. Kondisi tersebut sesuai dengan penelitian (Papamanolis, Giannakopoulos and

Kalavrouziotis, 2018) yang menjelaskan bahwa kegiatan *sandblasting* merupakan salah satu aktivitas utama pada industri galangan kapal yang menghasilkan limbah padat dalam jumlah besar serta menjadi sumber pencemaran apabila tidak dikelola dengan baik.

Karakteristik limbah pasir *sandblasting* berbeda dengan limbah B3 lainnya karena memiliki volume yang besar, berbentuk material *granular*, serta mengandung campuran partikel karat, sisa pelapis (*coating*), dan *kontaminan* yang terlepas dari permukaan baja selama proses blasting. Menurut (Kavalarakis, Vouvoudi and Kartsonakis, 2025) limbah *grit blasting* pada industri perkapalan umumnya mengandung campuran media abrasif, serpihan cat, karat, dan logam berat sehingga memerlukan karakterisasi dan pengelolaan yang tepat sebelum dimanfaatkan kembali maupun dibuang.

Selain berpotensi mencemari lingkungan, limbah pasir *sandblasting* juga dapat menghasilkan debu halus yang berisiko terhadap kesehatan pekerja apabila dibiarkan terbuka. (IARC, 2012) melaporkan bahwa paparan partikel *blasting sand* melalui inhalasi dapat menyebabkan perubahan patologis pada paru-paru, termasuk inflamasi dan fibrosis paru setelah paparan jangka panjang. Dengan demikian, pengelolaan limbah pasir *sandblasting* tidak hanya bertujuan memenuhi aspek lingkungan, tetapi juga merupakan upaya pengendalian risiko kesehatan kerja.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penyimpanan limbah pasir *sandblasting* di lapangan terbuka sudah tidak memadai mengingat volume limbah yang dihasilkan setiap tahun sangat besar. Penumpukan secara terbuka memungkinkan material terbawa angin sehingga meningkatkan konsentrasi debu di area kerja, sedangkan air hujan dapat membawa partikel kontaminan ke tanah maupun saluran drainase. Kondisi tersebut bertentangan dengan prinsip pengelolaan limbah B3 yang menekankan pencegahan pencemaran sejak tahap penyimpanan. Oleh karena itu, limbah pasir *sandblasting* memerlukan fasilitas penyimpanan khusus TPS Limbah B3 yang memiliki atap, lantai kedap air, sistem drainase, serta kapasitas yang disesuaikan dengan jumlah timbulan limbah yang dihasilkan perusahaan.

Argumen tersebut sejalan dengan penelitian (Afifazhari *et al.*, 2024) yang menyatakan bahwa redesain TPS Limbah B3 harus mempertimbangkan jenis

limbah yang dihasilkan, kapasitas penyimpanan, serta kesesuaian terhadap ketentuan teknis agar pengelolaan limbah berlangsung aman dan tidak menimbulkan dampak terhadap lingkungan. Penelitian (Miyana and Kusuma, 2024) juga menegaskan bahwa tujuan redesain TPS adalah mengurangi risiko pencemaran lingkungan dan bahaya keselamatan maupun kesehatan pekerja akibat pelepasan limbah B3 ke lingkungan sehingga kapasitas TPS harus disesuaikan dengan jenis dan jumlah limbah yang dihasilkan perusahaan.

Meskipun limbah pasir *sandblasting* menjadi fokus utama, perusahaan juga menghasilkan limbah B3 lain seperti kaleng cat bekas, filter oli bekas, *sludge oil*, limbah elektronik, dan berbagai kemasan terkontaminasi. Limbah tersebut berasal dari aktivitas *coating*, pemeliharaan mesin, dan penggunaan bahan kimia pendukung proses produksi. Namun demikian, apabila dibandingkan dengan limbah pasir *sandblasting*, jumlah limbah tersebut relatif lebih kecil sehingga tidak menjadi faktor dominan dalam penentuan kapasitas TPS. Pengelolaan limbah-limbah tersebut tetap harus dilakukan dengan sistem penyimpanan terpisah sesuai karakteristik masing-masing agar tidak terjadi kontaminasi silang serta mempermudah proses pengangkutan dan pengolahan selanjutnya.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa limbah pasir *sandblasting* merupakan dasar utama dalam redesain TPS Limbah B3. Besarnya timbulan limbah yang dihasilkan setiap tahun menunjukkan bahwa penyimpanan di lapangan terbuka tidak lagi sesuai dengan prinsip pengelolaan limbah B3. Oleh karena itu, diperlukan TPS Limbah B3 yang mampu mengakomodasi kapasitas timbulan limbah, melindungi limbah dari pengaruh cuaca, mengendalikan penyebaran debu, serta meminimalkan potensi pencemaran lingkungan dan risiko kesehatan pekerja.

4.2 Kondisi Eksisting

Selain dilakukan observasi terhadap kondisi fisik TPS Limbah B3, analisis kondisi eksisting juga dilakukan dengan membandingkan temuan lapangan terhadap persyaratan yang tercantum dalam peraturan perundang-undangan dan elemen Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3). Analisis ini bertujuan untuk mengidentifikasi tingkat kesesuaian fasilitas penyimpanan limbah B3 yang telah tersedia serta mengetahui aspek-aspek yang masih memerlukan

perbaikan guna meningkatkan keselamatan kerja dan kepatuhan terhadap regulasi yang berlaku.

Evaluasi dilakukan terhadap beberapa aspek yang berkaitan dengan operasional TPS Limbah B3, meliputi tata letak fasilitas, perpindahan material, pengendalian bahaya, kondisi sarana penyimpanan, pemantauan lingkungan kerja, kesiapsiagaan dan tanggap darurat, hingga administrasi pencatatan limbah B3. Setiap aspek dianalisis berdasarkan kondisi eksisting yang ditemukan di lapangan, kemudian dibandingkan dengan persyaratan dalam regulasi terkait untuk menentukan status kesesuaiannya serta menyusun rekomendasi perbaikan.

Analisis kesesuaian dilakukan dengan mengacu pada Permen LHK No. 6 Tahun 2021, PP No. 22 Tahun 2021, UU No. 1 Tahun 1970 tentang Keselamatan Kerja, Permenaker No. 5 Tahun 2018 tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja Lingkungan Kerja, serta elemen Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3) berdasarkan PP No. 50 Tahun 2012. Hasil analisis kondisi eksisting TPS Limbah B3 disajikan pada Tabel 4.2. Melalui analisis kondisi eksisting ini, dapat diketahui sejauh mana fasilitas TPS Limbah B3 telah memenuhi persyaratan teknis dan aspek keselamatan kerja yang dipersyaratkan. Selain itu, hasil evaluasi juga digunakan untuk mengidentifikasi prioritas perbaikan yang perlu dilakukan, khususnya pada aspek tata letak, sarana penyimpanan, pengendalian risiko, serta fasilitas pendukung lainnya guna mewujudkan sistem pengelolaan limbah B3 yang lebih aman dan efektif.

Tabel 4. 2 Analisis Kondisi Eksisting

No	Elemen/Sub- Elemen SMK3	Isi Ketentuan SMK3	Regulasi	Isi Peraturan/Regulasi	Kondisi Eksisting	Kesimpulan	Rekomendasi
1	Elemen 3.1 Peninjauan Ulang Desain	Desain fasilitas perlu ditinjau ulang agar sesuai kebutuhan operasional dan kapasitas	Permen LHK No. 6 Tahun 2021 Pasal 79 ayat (1)	Jadwal pengangkutan Limbah B3 ditetapkan berdasarkan masa simpan maksimum sebagaimana diatur dalam Pasal 79 ayat (1) Permen LHK Nomor 6 Tahun 2021, yaitu paling lama 90 hari, 180 hari, atau 365 hari sesuai kategori dan jumlah timbulan Limbah B3, sehingga pengangkutan dilakukan sebelum batas waktu penyimpanan terlampaui.	Area penyimpanan terkadang dalam kondisi penuh	Tidak sesuai	Optimasi Jadwal
2	Elemen 9.1 Penanganan Bahan Berbahaya (Kriteria 9.1.2)	Area bahan berbahaya harus memiliki identifikasi, label, dan pengendalian yang jelas	Permen LHK No. 6 Tahun 2021 Pasal 56 ayat (1)	Fasilitas Penyimpanan Limbah B3 dalam Pasal 55 ayat (1) harus dilengkapi dengan: a. simbol Limbah B3; b. label Limbah B3; c. sistem penerangan (lampu) yang memadai; d. ventilasi; e. sistem tanggap darurat; f. sistem keamanan fasilitas; dan g. fasilitas pertolongan pertama.”	Belum seluruh area memiliki label dan identifikasi limbah	Tidak sesuai	Menambahkan label dan signboard pada seluruh area TPS

Lanjutan Tabel 4. 2 Analisis Kondisi Eksisting

No	Elemen/Sub- Elemen SMK3	Isi Ketentuan SMK3	Regulasi	Isi Peraturan/Regulasi	Kondisi Eksisting	Kesimpulan	Rekomendasi
3	Elemen 6.5 Pemeliharaan, Perbaikan, dan Perubahan Sarana Produksi	Sarana produksi harus dipelihara agar aman dan tidak menimbulkan risiko	Permen LHK No. 6 Tahun 2021 Pasal 55 ayat (1) huruf a	Fasilitas Penyimpanan Limbah B3 sebagaimana dimaksud dalam Pasal 54 ayat (1) dapat berupa: a. bangunan; b. tangki dan/atau kontainer; c. silo; d. kolam penyimpanan; e. area penimbunan; dan/atau f. bentuk lainnya sesuai perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi.	Kondisi lantai sudah cukup kedap namun area <i>sandblasting</i> masih kontak langsung dengan tanah	Tidak sesuai	Area limbah <i>sandblasting</i> menggunakan beton kedap
4	Elemen 9.1 Penanganan Bahan Berbahaya (Kriteria 9.1.1)	Pengendalian bahan berbahaya harus mencakup pencegahan tumpahan dan fasilitas pengaman	Permen LHK No. 6 Tahun 2021 Pasal 59 ayat (1) huruf a	Fasilitas Penyimpanan Limbah B3 wajib dilengkapi dengan: a. fasilitas bongkar muat; b. peralatan penanganan tumpahan; dan c. fasilitas pertolongan pertama.	<i>Spill containment</i> dan <i>drainase</i> khusus tersedia	Sesuai	Mengecek kondisi secara berkala

Lanjutan Tabel 4. 2 Analisis Kondisi Eksisting

No	Elemen/Sub- Elemen SMK3	Isi Ketentuan SMK3	Regulasi	Isi Peraturan/Regulasi	Kondisi Eksisting	Kesimpulan	Rekomendasi
	Elemen 6.1 Sistem Kerja	Sistem kerja harus menjamin area kerja aman dari paparan lingkungan	Permen LHK No. 6 Tahun 2021 Pasal 61 ayat (2) huruf k	terlindung dari penyinaran matahari dan masuknya air hujan secara langsung, jika Limbah B3 yang disimpan memiliki sifat mudah mengembang dan/atau menghasilkan gas dan/atau bereaksi akibat temperatur dan tekanan	Area penyimpanan <i>sandblasting</i> dan bagian belakang TPS masih terbuka	Tidak sesuai	Membangun TPS beratap atau bangunan tertutup
6	Elemen 7.2 Pemantauan Lingkungan Kerja	Faktor lingkungan kerja seperti debu harus dipantau dan dikendalikan	Permenaker No. 5 Tahun 2018 adalah Pasal 20 (Faktor Kimia) dan Pasal 3 ayat (1)	pengendalian Faktor Fisika dan Faktor Kimia agar berada di bawah NAB;"	Debu <i>sandblasting</i> berpotensi beterbangan dan mengenai pekerja	Tidak sesuai	Membuat TPS untuk limbah <i>sandblasting</i>
7	Elemen 9.3 Pengendalian Bahan Kimia Berbahaya	Perusahaan mendokumentasikan dan menerapkan prosedur mengenai penyimpanan, penanganan, dan pemindahan sesuai dengan persyaratan	Permen LHK No. 6 Tahun 2021 Pasal 59 ayat (1) huruf b	TPS wajib dilengkapi dengan rambu keselamatan/papan informasi fasilitas	Marka pedestrian dan rambu keselamatan belum memadai	Tidak sesuai	Menambahkan marka permanen dan rambu K3

Lanjutan Tabel 4. 2 Analisis Kondisi Eksisting

No	Elemen/Sub- Elemen SMK3	Isi Ketentuan SMK3	Regulasi	Isi Peraturan/Regulasi	Kondisi Eksisting	Kesimpulan	Rekomendasi
8	Elemen 6.7 Kesiapsiagaan dan Tanggap Darurat	Jalur evakuasi dan akses keadaan darurat harus tersedia, aman, dan tidak terhalang	UU No. 1 Tahun 1970 Pasal 3 ayat (1) huruf g	Menyediakan jalur dan akses penyelamatan diri/evakuasi yang aman	Jalur menuju pintu darurat belum sepenuhnya steril dan terstruktur	Tidak sesuai	<i>Redesign</i> tata letak di TPS
9	Elemen 6.7 Kesiapsiagaan dan Tanggap Darurat (Kriteria Alat Darurat)	Peralatan darurat harus tersedia, dipelihara, dan siap digunakan saat keadaan darurat	Pasal 4 ayat (1) Permenakertrans No. PER.04/MEN/1980	Setiap satu atau kelompok alat pemadam api ringan harus ditempatkan pada posisi yang mudah dilihat dengan jelas, mudah dicapai dan diambil serta dilengkapi dengan pemberian tanda pemasangan	APAR dan eyewash sudah tersedia	Sesuai parsial	Menambah APAR dan inspeksi berkala fasilitas darurat
10	Elemen 7.2 Pemantauan Lingkungan Kerja (Faktor Fisika)	Faktor fisika lingkungan kerja, termasuk pencahayaan, harus dipantau dan memenuhi standar keselamatan kerja	UU No. 1 Tahun 1970 Pasal 3 ayat (1) huruf i	Menyediakan penerangan/pencahayaan yang cukup dan sesuai di tempat kerja	Intensitas penerangan area TPS sudah optimal	sesuai	Pengecekan berkala
11	Elemen 10.1 Catatan K3	Catatan terkait kegiatan operasional dan K3 harus terdokumentasi	Permen LHK No. 6 Tahun 2021 Pasal 80	penghasil Limbah B3 wajib melakukan pencatatan Limbah B3	Volume limbah sudah dicatat di <i>logbook</i>	Sesuai	Membuat sistem <i>logbook</i> yang lebih modern dan

Lanjutan Tabel 4. 2 Analisis Kondisi Eksisting

No	Elemen/Sub-Elemen SMK3	Isi Ketentuan SMK3	Regulasi	Isi Peraturan/Regulasi	Kondisi Eksisting	Kesimpulan	Rekomendasi
		dan dipelihara dengan baik		yang dihasilkan, yang dalam praktiknya memuat: jenis/nama Limbah B3,karakteristik, jumlah/kuantitas atau volume, dan arus keluar-masuk/pengelolaannya (neraca Limbah B3).			area per lot limbah

Berdasarkan Tabel 4.2 hasil analisis kondisi eksisting TPS Limbah B3, diperoleh bahwa sebagian besar aspek pengelolaan masih belum memenuhi ketentuan yang dipersyaratkan dalam regulasi pengelolaan Limbah B3 dan keselamatan kerja. Dari 11 elemen yang dievaluasi, hanya beberapa elemen yang telah sesuai atau sesuai parsial, sedangkan mayoritas masih memerlukan perbaikan baik dari aspek fasilitas, tata letak, maupun pengendalian risiko. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa permasalahan utama terletak pada tata letak penyimpanan limbah, fasilitas penyimpanan limbah, sarana pendukung keselamatan kerja.

Dari sisi kapasitas penyimpanan, hasil observasi menunjukkan bahwa area TPS terkadang berada dalam kondisi penuh. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa jadwal pengangkutan perlu ditingkatkan. Apabila kondisi ini terus berlangsung, terdapat potensi terjadinya penumpukan limbah melebihi kapasitas yang direncanakan sehingga dapat mengganggu operasional dan meningkatkan risiko pencemaran lingkungan. Oleh karena itu, diperlukan optimasi jadwal pengangkutan serta peninjauan kembali kapasitas TPS berdasarkan data timbulan limbah aktual.

Pada aspek identifikasi limbah, masih ditemukan area penyimpanan yang belum dilengkapi label dan identifikasi limbah secara lengkap. Padahal, simbol dan label Limbah B3 merupakan sarana penting untuk memberikan informasi mengenai karakteristik bahaya limbah kepada pekerja maupun pihak lain yang berada di area TPS. Ketidaklengkapan label dapat menyebabkan kesalahan penanganan limbah dan meningkatkan risiko kecelakaan kerja. Oleh karena itu, seluruh area penyimpanan perlu dilengkapi dengan label, simbol, dan papan informasi sesuai karakteristik masing-masing limbah.

Evaluasi terhadap kondisi sarana penyimpanan menunjukkan bahwa meskipun lantai TPS telah menggunakan beton dan lapisan pelindung, masih terdapat area tempat pasir *sandblasting* yang bersentuhan langsung dengan tanah. Kondisi tersebut belum sepenuhnya memenuhi prinsip penyimpanan Limbah B3 yang mensyaratkan perlindungan terhadap media lingkungan. Kontak langsung antara limbah dan tanah berpotensi menyebabkan kontaminasi tanah maupun air tanah apabila terjadi kebocoran atau tumpahan. Oleh karena itu, diperlukan perbaikan lantai menggunakan material kedap seperti beton bertulang dengan

lapisan *epoxy coating* agar seluruh area penyimpanan memiliki tingkat perlindungan yang memadai.

Salah satu temuan yang telah sesuai adalah tersedianya spill containment dan sistem drainase khusus pada area TPS. Keberadaan fasilitas tersebut menunjukkan adanya upaya pengendalian terhadap potensi tumpahan limbah cair sehingga risiko penyebaran kontaminan ke lingkungan dapat diminimalkan. Meskipun demikian, kondisinya harus dilakukan pengecekan berkala.

Temuan yang paling penting dalam penelitian ini berkaitan dengan pengelolaan limbah pasir *sandblasting*. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa area penyimpanan limbah *sandblasting* masih terbuka dan belum memiliki bangunan pelindung yang memadai. Selain itu, bagian belakang TPS juga masih terbuka sehingga limbah berpotensi terpapar langsung oleh hujan dan angin. Kondisi ini tidak sesuai dengan ketentuan penyimpanan Limbah B3 yang mensyaratkan perlindungan terhadap pengaruh cuaca dan lingkungan. Paparan air hujan dapat meningkatkan volume limbah, menyebabkan pencucian kontaminan, serta berpotensi menghasilkan limpasan yang mencemari lingkungan sekitar. Oleh karena itu, pembangunan TPS khusus limbah *sandblasting* yang dilengkapi atap dan dinding pelindung menjadi salah satu prioritas utama dalam usulan perbaikan fasilitas.

Selain masalah penyimpanan, limbah pasir *sandblasting* juga menimbulkan risiko kesehatan kerja berupa penyebaran debu ke lingkungan sekitar TPS. Debu yang beterbangan berpotensi terhirup oleh pekerja maupun menyebar ke area operasional lainnya. Kondisi ini menunjukkan bahwa aspek pemantauan lingkungan kerja dan pengendalian faktor kimia belum sepenuhnya terpenuhi. Oleh karena itu, diperlukan pembangunan fasilitas penyimpanan tertutup serta pengendalian debu melalui pembatas area, penutup material, atau metode pengendalian lainnya untuk meminimalkan paparan terhadap pekerja.

Hasil evaluasi juga menunjukkan bahwa rambu keselamatan dan marka pedestrian masih belum memadai. Padahal, keberadaan rambu dan informasi keselamatan merupakan sarana penting dalam mendukung kesadaran pekerja terhadap potensi bahaya yang ada di TPS. Penambahan rambu K3, marka jalur

pejalan kaki, dan papan informasi bahaya diperlukan untuk meningkatkan efektivitas komunikasi bahaya di area penyimpanan.

Pada aspek kesiapsiagaan darurat, jalur menuju pintu darurat masih belum sepenuhnya steril dan terstruktur sehingga dapat menghambat proses evakuasi apabila terjadi keadaan darurat. Kondisi ini menunjukkan perlunya penataan ulang tata letak TPS agar jalur evakuasi dapat diakses dengan cepat dan aman oleh seluruh pekerja. Sementara itu, fasilitas darurat seperti APAR dan *eyewash* telah tersedia sehingga menunjukkan tingkat pemenuhan yang cukup baik, meskipun masih diperlukan penambahan unit APAR serta pelaksanaan inspeksi berkala untuk memastikan seluruh fasilitas dalam kondisi siap digunakan.

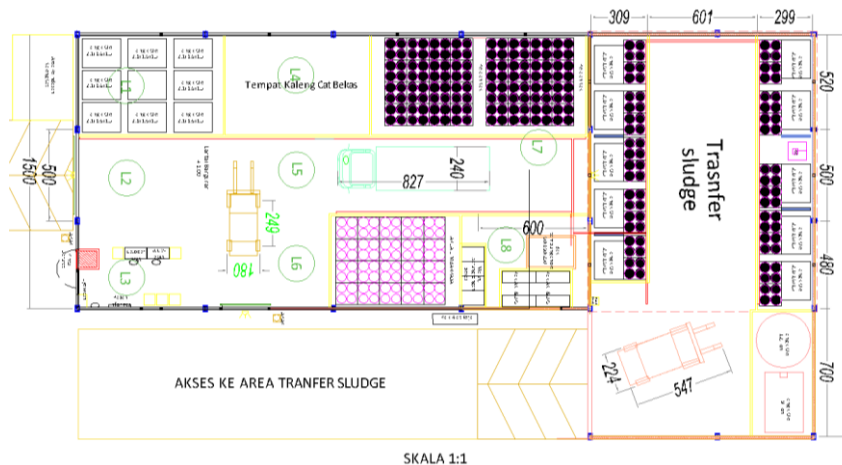
Pada aspek lingkungan kerja, hasil evaluasi menunjukkan bahwa intensitas penerangan di area TPS sudah optimal. Namun kondisi penerangan harus di cek secara berkala. Di sisi lain, aspek administrasi pengelolaan limbah telah berjalan cukup baik yang ditunjukkan dengan adanya pencatatan volume limbah dalam *logbook*. Meskipun demikian, sistem pencatatan masih dapat ditingkatkan melalui penerapan sistem *logbook* yang lebih modern dan pengelompokan area penyimpanan berdasarkan lot limbah sehingga proses *monitoring* menjadi lebih efektif.

Secara keseluruhan, hasil analisis kondisi eksisting menunjukkan bahwa fokus utama perbaikan TPS Limbah B3 berada pada pengelolaan limbah pasir *sandblasting*, peningkatan tata letak penyimpanan, penyediaan jalur pedestrian yang aman, pengendalian debu, peningkatan fasilitas keselamatan, serta optimalisasi kondisi lingkungan kerja. Temuan-temuan tersebut menjadi dasar dalam penyusunan rekomendasi *redesign* TPS Limbah B3 yang lebih sesuai dengan ketentuan regulasi, prinsip keselamatan dan kesehatan kerja, serta perlindungan lingkungan.

4.3 Kondisi Penerangan TPS Limbah B3

Sitem pencahayaan TPS limbah B3 berdasarkan SNI 03- 65752001 tentang tata cara perancangan sistem pencahayaan buatan pada bangunan gedung memiliki tingkat pencahayaan minimal berada pada 100 lux yaitu pada bangunan gudang industri. Pengukuran intensitas penerangan dilakukan pada delapan titik

pengukuran yang mewakili area penyimpanan limbah, area transfer *sludge*, area aktivitas pekerja, serta area sirkulasi di dalam TPS Limbah B3. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa nilai rata-rata intensitas penerangan berkisar antara 620 lux hingga 5.396,67 lux. Nilai penerangan terendah diperoleh pada titik L1 sebesar 620 lux, sedangkan nilai tertinggi berada pada titik L2 sebesar 5.396,67 lux.



Gambar 4. 1 Titik Pengukuran Penerangan

Pencahayaan yang memadai merupakan salah satu aspek penting dalam penerapan keselamatan dan kesehatan kerja di fasilitas penyimpanan limbah B3. Intensitas cahaya yang sesuai memungkinkan pekerja melakukan identifikasi terhadap jenis limbah, simbol dan label bahaya, kondisi fisik kemasan, serta potensi kebocoran atau kerusakan wadah penyimpanan secara lebih akurat. Sebaliknya, pencahayaan yang kurang dapat meningkatkan risiko kesalahan identifikasi limbah, keterlambatan mendeteksi kondisi tidak aman, serta meningkatkan potensi kecelakaan kerja seperti tersandung, terbentur, maupun kesalahan saat proses material handling.

Pada TPS Limbah B3 perusahaan galangan kapal, limbah disimpan dalam berbagai jenis kemasan seperti drum, jerigen, dan *jumbo bag* yang memerlukan inspeksi visual secara berkala. Oleh karena itu, pencahayaan yang memenuhi standar mendukung kegiatan pemeriksaan kondisi kemasan, pembacaan label limbah B3, serta pengawasan terhadap kemungkinan terjadinya korosi, kebocoran, maupun tumpahan limbah. Selain itu, pencahayaan yang baik juga mendukung proses evakuasi apabila terjadi keadaan darurat karena jalur evakuasi, APAR, dan fasilitas tanggap darurat lainnya dapat terlihat dengan jelas.

Meskipun hasil pengukuran menunjukkan bahwa kondisi pencahayaan telah memenuhi persyaratan, pada rancangan ulang TPS Limbah B3 sistem pencahayaan tetap dipertahankan dengan mempertimbangkan distribusi cahaya yang merata pada seluruh area penyimpanan, termasuk area penyimpanan limbah pasir *sandblasting* jalur pedestrian, dan jalur *forklift*. Distribusi pencahayaan yang merata diharapkan dapat mengurangi terbentuknya area gelap (*blind spot*) sehingga aktivitas operasional dapat berlangsung secara lebih aman dan efisien.

4.4 Kondisi Ventilasi TPS Limbah B3

Sistem ventilasi yang digunakan dalam perancangan ini berdasarkan SNI 03-6572-2001 tentang Tata Cara Perancangan Sistem Ventilasi dan Pengkondisian Udara pada Bangunan Gedung termasuk dalam bangunan kelas 7 yang merupakan bangunan penyimpanan atau gudang. Perhitungan kebutuhan ventilasi pada ruangan yaitu 10% dari luasan bangunan. Tabel 4.20 menunjukkan kebutuhan luasan ventilasi tempat penyimpanan sementara (TPS) limbah B3.

Tabel 4. 3 Perhitungan Ventilasi

Ruangan	Panjang (m)	Lebar (m)	Luas (m)	Luas Ventilasi (m) ² x 10%	Dimensi Ventilasi		Hasil Pengukuran		
					Lebar	Panjang	V1	V2	V3
TPS B3	21	17	357	35,7	5	6	1,53	1,63	1,60
					2,5	6	m/s	m/s	m/s

Berdasarkan hasil perhitungan, Tempat Penyimpanan Sementara (TPS) Limbah B3 memiliki luas bangunan sebesar 357 m² sehingga luas ventilasi minimum yang dipersyaratkan berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 6 Tahun 2021 adalah sebesar 10% dari luas lantai, yaitu 35,7 m². TPS Limbah B3 memiliki dua bukaan ventilasi dengan ukuran masing-masing 5 × 6 meter dan 2,5 × 6 meter, sehingga total luas ventilasi mencapai 45 m². Dengan demikian, luas ventilasi yang tersedia telah melebihi persyaratan minimum yang ditetapkan dalam peraturan.

Ventilasi merupakan salah satu komponen penting dalam desain Tempat Penyimpanan Sementara Limbah B3 karena berfungsi menjaga kualitas udara di dalam bangunan melalui proses pertukaran udara secara alami. Sirkulasi udara yang baik dapat mengurangi akumulasi uap bahan kimia, bau, panas, maupun partikel debu yang berpotensi berasal dari limbah yang disimpan. Selain itu, ventilasi juga

berfungsi mengendalikan kelembapan ruangan sehingga dapat meminimalkan percepatan korosi pada kemasan logam seperti drum penyimpanan limbah.

Jenis limbah yang disimpan di TPS perusahaan galangan kapal meliputi oli bekas, *sludge oil*, filter oli bekas, kemasan bekas bahan kimia, limbah cat, serta limbah pasir *sandblasting*. Beberapa jenis limbah tersebut berpotensi menghasilkan uap hidrokarbon, bau, maupun partikel debu selama proses penyimpanan dan pemindahan. Oleh karena itu, keberadaan ventilasi alami menjadi salah satu bentuk pengendalian teknik (*engineering control*) yang bertujuan mengurangi konsentrasi kontaminan di udara sehingga kualitas udara di dalam TPS tetap terjaga dan risiko paparan terhadap pekerja dapat diminimalkan.

Keberadaan ventilasi juga menjadi aspek yang penting pada area penyimpanan limbah pasir *sandblasting*. Meskipun limbah disimpan menggunakan *jumbo bag* di dalam bangunan tertutup, proses pemindahan maupun penataan limbah masih berpotensi menghasilkan debu halus akibat sisa material abrasif yang menempel pada permukaan kemasan. Ventilasi yang memadai membantu mempercepat proses pengenceran konsentrasi debu di udara sehingga dapat mengurangi potensi paparan debu terhadap pekerja selama aktivitas penyimpanan.

Pada rancangan ulang TPS Limbah B3, ventilasi dirancang menggunakan ventilasi alami yang ditempatkan pada dua sisi bangunan sehingga membentuk pola ventilasi silang (*cross ventilation*). Konfigurasi ini memungkinkan udara segar masuk melalui satu sisi bangunan dan udara panas maupun udara yang mengandung kontaminan keluar melalui sisi lainnya secara alami. Selain telah memenuhi persyaratan luas ventilasi minimum berdasarkan Permen LHK Nomor 6 Tahun 2021, desain tersebut juga mendukung terciptanya sirkulasi udara yang lebih efektif sehingga kondisi lingkungan kerja di dalam TPS menjadi lebih aman, nyaman, dan sesuai dengan prinsip keselamatan dan kesehatan kerja.

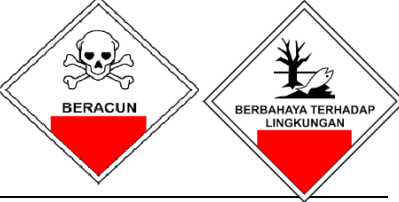
4.5 Identifikasi Simbol Limbah B3 pada TPS Limbah B3

Salah satu persyaratan penting dalam pengelolaan Limbah B3 adalah pemberian simbol dan label yang sesuai dengan karakteristik bahaya limbah. Simbol Limbah B3 berfungsi sebagai media komunikasi bahaya yang memberikan informasi kepada pekerja, pengawas, maupun pihak terkait mengenai potensi risiko yang ditimbulkan oleh suatu limbah. Keberadaan simbol yang sesuai dapat

membantu mencegah kesalahan dalam penanganan, penyimpanan, pengangkutan, serta tindakan tanggap darurat apabila terjadi insiden di area penyimpanan limbah.

Berdasarkan hasil identifikasi terhadap jenis limbah yang dihasilkan oleh perusahaan galangan kapal, terdapat beberapa jenis Limbah B3 yang memiliki karakteristik bahaya berbeda-beda, seperti mudah menyala, beracun, dan berbahaya terhadap lingkungan. Oleh karena itu, setiap jenis limbah harus dilengkapi dengan simbol yang sesuai dengan karakteristik bahayanya sebagaimana diatur dalam ketentuan pengelolaan Limbah B3. Hasil identifikasi simbol Limbah B3 yang digunakan pada TPS Limbah B3 perusahaan dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4. 4 Simbol Limbah B3 Perusahaan Galangan Kapal

Jenis Limbah B3	Kode Limbah	Jenis Kemasan Limbah B3	Karakteristik	Simbol
B110d	Majun terkontaminasi B3	Drum	Padatan mudah menyala	
B104d	Kemasan bekas B3	Drum	Beracun, Berbahaya terhadap lingkungan	
B105d	Minyak Bekas	Drum	Cairan mudah menyala	
B323-1	Sisa Proses <i>Blasting</i>	<i>Jumbo bag</i> dan Keranjang Besi	Beracun, Berbahaya terhadap lingkungan	

Berdasarkan Tabel 4.4, diketahui bahwa limbah yang dihasilkan perusahaan memiliki karakteristik bahaya yang beragam sehingga memerlukan simbol yang berbeda sesuai sifat bahayanya. Limbah majun terkontaminasi B3 (B110d)

dikategorikan sebagai limbah padatan mudah menyala sehingga menggunakan simbol mudah menyala. Karakteristik tersebut menunjukkan bahwa limbah memiliki potensi terbakar apabila terpapar sumber panas atau percikan api sehingga memerlukan penyimpanan yang jauh dari sumber penyulut dan dilengkapi pengendalian kebakaran yang memadai.

Limbah kemasan bekas B3 (B104d) memiliki karakteristik beracun dan berbahaya terhadap lingkungan. Karakteristik ini menunjukkan bahwa sisa bahan kimia yang masih menempel pada kemasan berpotensi menimbulkan dampak negatif terhadap kesehatan manusia maupun lingkungan apabila tidak dikelola dengan benar. Oleh karena itu, limbah kemasan bekas B3 harus disimpan secara terpisah dan diberi label yang jelas untuk menghindari kesalahan penanganan.

Minyak bekas (B105d) termasuk limbah cair mudah menyala yang memerlukan pengelolaan khusus karena berpotensi menyebabkan kebakaran apabila terjadi kebocoran atau kontak dengan sumber panas. Penyimpanan minyak bekas perlu dilengkapi dengan sistem penampungan tumpahan (spill containment) dan dijauhkan dari sumber api guna mengurangi risiko kecelakaan.

Sementara itu, limbah sisa proses blasting (B323-1) memiliki karakteristik beracun dan berbahaya terhadap lingkungan. Karakteristik tersebut disebabkan oleh kemungkinan adanya kandungan logam berat, residu cat, maupun kontaminan lain yang terikut selama proses *sandblasting*. Apabila limbah ini tidak dikelola dengan baik, partikel debu dapat menyebar ke lingkungan sekitar dan berpotensi memberikan dampak terhadap kesehatan pekerja serta mencemari tanah dan badan air. Oleh karena itu, limbah sisa blasting memerlukan sistem penyimpanan yang tertutup, terlindung dari hujan dan angin, serta dilengkapi simbol dan label yang sesuai dengan karakteristik bahayanya.

Secara umum, hasil identifikasi menunjukkan bahwa simbol yang digunakan pada TPS Limbah B3 telah disesuaikan dengan karakteristik masing-masing limbah. Namun demikian, efektivitas fungsi simbol tidak hanya ditentukan oleh kesesuaian jenis simbol, tetapi juga oleh penempatan, ukuran, kondisi fisik simbol, serta keterbacaan oleh pekerja. Oleh karena itu, diperlukan pemeriksaan dan pemeliharaan secara berkala untuk memastikan seluruh simbol dan label

Limbah B3 tetap terlihat jelas dan dapat berfungsi sebagai sarana komunikasi bahaya yang efektif di area TPS Limbah.

4.6 Fasilitas Penunjang K3

Berdasarkan hasil evaluasi terhadap Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 6 Tahun 2021, perlu adanya perencanaan pengadaan fasilitas penanganan tumpahan, fasilitas pertolongan pertama jika terjadi kecelakaan, dan fasilitas dan fasilitas penanggulangan keadaan darurat seperti kebakaran.

a. Fasilitas Peralatan Penanganan Tumpahan

Fasilitas peralatan penanganan tumpahan (*spill kit*) yang perlu disediakan untuk menangani terjadinya tumpahan limbah B3 cair yaitu alat pelindung diri (*chemical gloves, respirator, googles, apron, sepatu boot*), sapu dan skop, *granule absorbent, disposal bag, cable ties*, plang tanda “Awat Licin”.

b. Fasilitas Pertolongan Pertama

Sesuai dengan Permenaker No. 15 Tahun 2008 tentang Pertolongan Pertama pada Kecelakaan di Tempat Kerja, fasilitas pertolongan pertama yang perlu disediakan untuk menangani kecelakaan yaitu 1 kotak P3K dengan tipe A karena dalam unit TPS limbah B3 memiliki pekerja kurang dari 25 pekerja. Kotak P3K memiliki spesifikasi isi seperti kasa steril terbungkus, perban 5cm, perban 10 cm, plester 1,25 cm x 1,25 cm, plester cepat, kapas 25 gram, mittela, gunting, peniti, sarung tangan sekali pakai, masker, pinset, lampu senter, gelas cuci mata, kantong plastik bersih, aquades, povidone iodine, alcohol 70%, buku panduan P3K, daftar isi P3K.

c. Fasilitas Peralatan Penanggulangan Keadaan Darurat

Fasilitas peralatan penanggulangan keadaan darurat yang dibutuhkan yaitu detector dan alat pemadam api ringan. Jenis detektor yang digunakan yaitu detektor asap. Berdasarkan Permenaker No. 2 Tahun 1983 tentang Instalasi Alarm Kebakaran Automatik, pemasangan detektor asap harus memenuhi persyaratan sebagai berikut.

1. Untuk setiap 92 (sembilan puluh dua) m² luas lantai harus dipasang sekurang-kurangnya satu detektor asap atau satu alat penangkap asap.
2. Gerak antar detektor asap atau alat penangkap asap tidak boleh melebihi dari 12 (dua belas) m dalam ruangan biasa dan 18 (delapan belas) m di dalam koridor.
3. Jarak dan titik pusat detektor asap atau alat penangkap asap yang terdekat ke dinding atau pemisah tidak boleh melebihi dari 6 (enam) m dalam ruangan biasa dan 12 (dua belas) m di dalam koridor.

Mengacu pada persyaratan tersebut, maka jumlah detektor yang diperlukan untuk perencanaan TPS limbah B3 dengan luas 357 m² yaitu empat (4) buah detektor asap.

Berdasarkan *National Fire Protection Association* (NFPA), TPS limbah B3 termasuk dalam klasifikasi kebakaran kelas B dimana kebakaran terjadi pada benda gas, uap, dan cair, sehingga jenis alat pemadam api ringan yang sesuai dengan kelas kebakaran yaitu jenis *dry chemical powder*. Menurut Peraturan Menteri Tenaga Kerja Transmigrasi No.: PER 04/MEN/1980, ketentuan-ketentuan pemasangan APAR satu dengan yang lainnya tidak boleh melebihi 15 meter (jarak antar APAR 15 meter). Sehingga didapatkan cara menghitung jumlah APAR. Jumlah kebutuhan APAR TPS limbah B3 sebagai berikut.

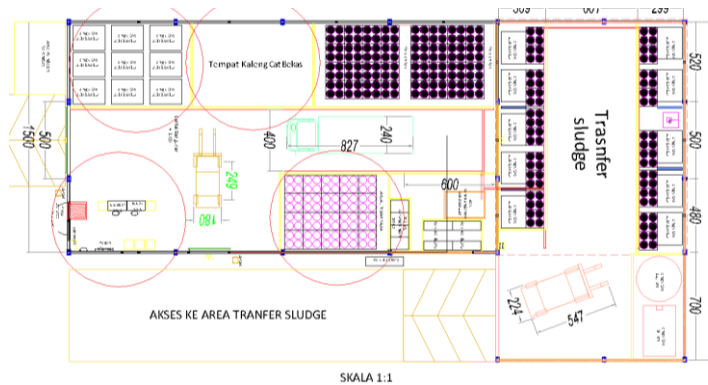
Jumlah APAR =

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah APAR} &= \frac{\text{Luas Bangunan}}{\text{Luas bangunan dilindungi}} \\
 &= \frac{p \times l}{\pi \times r \times r} \\
 &= \frac{(21 \times 17) + (22 \times 7)}{3,14 \times 7,5 \times 7,5} \\
 &= \frac{511}{176,625} \\
 &= 2,8 \approx 3
 \end{aligned}$$

TPS B3 saat ini hanya memiliki 2 APAR sehingga perlu menambahkan 1 APAR

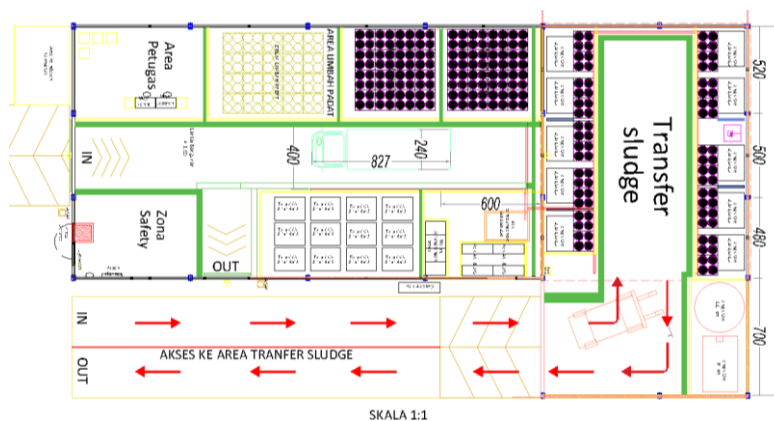
4.7 Redesign Layout TPS B3

Hasil evaluasi terhadap tata letak TPS Limbah B3 eksisting menunjukkan masih terdapat beberapa kondisi yang belum memenuhi prinsip keselamatan dan kesehatan kerja (K3), terutama terkait jalur evakuasi dan pengaturan area kerja. Berdasarkan hasil observasi lapangan, posisi meja kerja petugas beserta fasilitas administrasi ditempatkan di depan akses menuju pintu darurat sehingga berpotensi menghambat proses evakuasi apabila terjadi keadaan darurat seperti kebakaran, tumpahan limbah, maupun paparan gas berbahaya. Selain itu, belum tersedia jalur pedestrian yang secara khusus memisahkan pergerakan pekerja dengan jalur operasional alat angkut (*forklift*).



Gambar 4. 2 Layout Eksisting TPS B3

Oleh karena itu, dilakukan *redesign* tata letak TPS Limbah B3 dengan tujuan meningkatkan aspek keselamatan, kemudahan operasional, serta kesesuaian terhadap ketentuan K3. Perubahan tata letak yang dilakukan meliputi penambahan jalur pedestrian, pemindahan area kerja petugas, serta penataan kembali area di sekitar pintu darurat menjadi zona keselamatan (*Safety area*).



Gambar 4. 3 Layout Rancangan TPS B3

Penambahan jalur pedestrian yang ditunjukkan dengan warna hijau pada layout usulan. Jalur pedestrian dirancang menghubungkan pintu masuk, area penyimpanan limbah, area petugas, hingga pintu darurat sehingga pekerja memiliki jalur berjalan yang aman tanpa harus berbagi ruang dengan jalur pergerakan *forklift* maupun aktivitas pemindahan limbah. Pemisahan jalur pejalan kaki dengan jalur kendaraan merupakan salah satu upaya pengendalian risiko kecelakaan kerja akibat tertabrak atau terjepit alat angkut material. Selain itu, jalur pedestrian juga memberikan panduan yang jelas bagi pekerja maupun tamu untuk berpindah antar area kerja sehingga meningkatkan keteraturan aktivitas di dalam TPS Limbah B3.

Pemindahan tata letak area petugas. Pada layout eksisting, meja kerja dan perlengkapan administrasi ditempatkan di dekat pintu darurat sehingga mengurangi lebar jalur evakuasi dan berpotensi menjadi hambatan saat proses penyelamatan. Pada layout hasil redesign, area petugas dipindahkan ke sisi kiri bagian depan bangunan sehingga tidak lagi menghalangi akses menuju pintu darurat. Penempatan baru tersebut tetap memudahkan petugas dalam melakukan administrasi, pencatatan keluar masuk limbah, serta pengawasan terhadap aktivitas penyimpanan, namun tidak mengganggu fungsi jalur evakuasi.

Perubahan berikutnya dilakukan pada area di sekitar pintu darurat, yang difungsikan sebagai *Zona Safety*. Area ini dirancang sebagai ruang yang harus selalu bebas dari penyimpanan limbah, peralatan, maupun barang lainnya sehingga pintu darurat dapat digunakan sewaktu-waktu tanpa hambatan. Di dalam zona tersebut juga ditempatkan papan informasi penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) serta fasilitas keselamatan lainnya agar mudah terlihat oleh seluruh pekerja sebelum memasuki area penyimpanan limbah. Penempatan papan APD di dekat akses masuk juga berfungsi sebagai media pengingat (*Safety reminder*) sehingga pekerja dapat memastikan penggunaan APD sesuai jenis pekerjaan dan potensi bahaya yang terdapat di TPS Limbah B3.

Perubahan tata letak tersebut diharapkan mampu meningkatkan efektivitas sistem keselamatan di TPS Limbah B3. Jalur evakuasi menjadi lebih terbuka, akses menuju pintu darurat tidak lagi terhalang oleh peralatan kerja, serta pergerakan pekerja menjadi lebih aman karena telah dipisahkan dari jalur operasional *forklift*. Selain meningkatkan keselamatan pekerja, *redesign* layout juga mendukung

kelancaran operasional penyimpanan limbah karena setiap area memiliki fungsi yang lebih jelas dan terorganisasi.

Perancangan ulang layout ini juga telah mempertimbangkan ketentuan UU Nomor 1 Tahun 1970 tentang Keselamatan Kerja, khususnya Pasal 3 ayat (1) yang mengamanatkan penyediaan jalan penyelamatan diri pada saat terjadi keadaan darurat serta pencegahan kecelakaan kerja. Selain itu, Permenaker Nomor 5 Tahun 2018 tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja Lingkungan Kerja mengatur bahwa jalur lalu lintas di tempat kerja harus dirancang sedemikian rupa sehingga menjamin keamanan pekerja selama melakukan aktivitas kerja. Dengan demikian, penambahan jalur pedestrian, pembebasan akses menuju pintu darurat, dan pembentukan zona keselamatan pada layout usulan merupakan bentuk penerapan prinsip K3 dalam perancangan TPS Limbah B3.

Tabel 4. 5 Perubahan Layout TPS B3

Parameter yang Diubah	Kondisi Setelah Redesign	Tujuan Perubahan
Penataan ulang posisi penyimpanan limbah B3	Tata letak disusun berdasarkan alur operasional	Mengoptimalkan proses penyimpanan dan pengangkutan limbah.
Penambahan jalur pedestrian	Jalur pejalan kaki dipisahkan dari jalur <i>forklift</i>	Mengurangi potensi kecelakaan kerja.
Penambahan area <i>Safety</i> dan jalur evakuasi	Area sekitar pintu darurat dibuat bebas hambatan	Mempermudah evakuasi saat keadaan darurat.
Penambahan jumlah APAR	APAR ditempatkan pada titik strategis sesuai kebutuhan	Meningkatkan efektivitas penanggulangan kebakaran.
Penambahan detektor asap	Detektor dipasang pada area penyimpanan	Mempercepat deteksi dini kebakaran.
Relokasi area kerja petugas TPS	Area kerja dipindahkan ke lokasi yang lebih aman	Meningkatkan efisiensi operasional TPS dan menjaga akses evakuasi tetap terbuka.

Berdasarkan Tabel 4.5, *redesign* layout TPS Limbah B3 dilakukan melalui beberapa perubahan yang bertujuan untuk meningkatkan efektivitas pengelolaan limbah sekaligus memenuhi aspek keselamatan dan kesehatan kerja (K3). Perubahan yang diterapkan tidak hanya berfokus pada penataan ulang posisi penyimpanan limbah B3, tetapi juga mencakup penambahan fasilitas pendukung serta pengaturan area kerja agar sesuai dengan alur operasional yang aman dan efisien. Penataan ulang posisi penyimpanan limbah dilakukan berdasarkan urutan

aktivitas mulai dari penerimaan, penyimpanan sementara, hingga proses pengangkutan oleh pihak ketiga. Dengan pengaturan tersebut, proses perpindahan limbah menjadi lebih terorganisir sehingga dapat meminimalkan potensi hambatan maupun risiko kecelakaan akibat pergerakan alat angkut di dalam TPS.

Selain itu, *redesign* juga meliputi penambahan jalur pedestrian yang dipisahkan dari jalur *forklift* untuk mengurangi potensi interaksi langsung antara pekerja dan alat angkut. Area di sekitar pintu darurat juga dikosongkan dan difungsikan sebagai area *Safety* sehingga akses menuju jalur evakuasi tetap terbuka apabila terjadi keadaan darurat. Dari aspek proteksi kebakaran, dilakukan penambahan APAR pada titik-titik strategis serta pemasangan detektor asap sebagai sistem deteksi dini untuk mempercepat penanganan apabila terjadi kebakaran. Area kerja petugas TPS turut direlokasi ke lokasi yang lebih aman sehingga aktivitas administrasi dan pengawasan tidak mengganggu jalur operasional maupun akses evakuasi. Secara keseluruhan, perubahan-perubahan tersebut menunjukkan bahwa *redesign* layout yang dilakukan tidak hanya meningkatkan efisiensi pengelolaan limbah B3, tetapi juga menciptakan lingkungan kerja yang lebih aman, tertata, dan sesuai dengan prinsip-prinsip K3 serta persyaratan teknis penyimpanan limbah B3 yang berlaku.

4.8 Tempat Penyimpanan Sementara (TPS) Pasir *Sandblasting*

Perancangan Tempat Penyimpanan Sementara (TPS) limbah B3 merupakan tahapan penting dalam pengelolaan limbah karena berfungsi sebagai lokasi penyimpanan sebelum limbah diserahkan kepada pengangkut atau pengelola limbah B3 yang memiliki izin. Perancangan TPS tidak hanya mempertimbangkan kapasitas penyimpanan, tetapi juga harus memperhatikan aspek keselamatan kerja, perlindungan lingkungan, serta kepatuhan terhadap peraturan perundang-undangan. Oleh karena itu, kapasitas dan dimensi TPS harus dirancang berdasarkan jumlah timbulan limbah yang dihasilkan agar mampu menampung limbah secara aman tanpa menimbulkan risiko pencemaran maupun gangguan terhadap aktivitas operasional perusahaan.

Pada penelitian ini, limbah yang menjadi objek kajian adalah pasir bekas *sandblasting* yang dihasilkan dari proses persiapan permukaan (*surface preparation*) pada industri galangan kapal. Setelah digunakan, pasir *sandblasting*

mengalami penurunan kualitas akibat tercampur dengan karat, serpihan cat, debu logam, dan kontaminan lainnya sehingga tidak dapat digunakan kembali secara optimal. Limbah tersebut dikategorikan sebagai limbah B3 sehingga penyimpanannya harus dilakukan pada fasilitas yang memenuhi persyaratan teknis sesuai ketentuan yang berlaku.

Dasar perancangan TPS mengacu pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 6 Tahun 2021 tentang Tata Cara dan Persyaratan Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun. Pada peraturan tersebut dijelaskan bahwa fasilitas penyimpanan limbah B3 harus dirancang sesuai dengan karakteristik limbah yang disimpan, metode penyimpanan, kapasitas timbulan limbah, serta dilengkapi dengan sarana pengendalian pencemaran. Untuk limbah yang disimpan dalam bentuk tumpukan (*waste pile*), fasilitas penyimpanan harus memiliki lantai kedap, sistem drainase, penampungan air lindi, serta konstruksi yang mampu mencegah penyebaran limbah ke lingkungan sekitar selama masa penyimpanan. Selain itu, peraturan tersebut juga mengatur batas waktu penyimpanan limbah B3 yang menjadi dasar dalam menentukan kapasitas TPS.

4.8.1 Perancangan dan Perhitungan Kebutuhan TPS Limbah Pasir *Sandblasting*

Perancangan TPS limbah pasir *sandblasting* didasarkan pada data timbulan limbah tertinggi selama periode pengamatan. Berdasarkan Tabel 1, timbulan maksimum terjadi pada tahun 2024 sebesar 331,71 ton/tahun. Untuk mengantisipasi keterlambatan pengangkutan oleh pihak ketiga berizin, digunakan skenario berupa penyimpanan selama 90 hari dengan tambahan 60 hari

Timbulan limbah harian dihitung menggunakan Persamaan (1):

$$\begin{aligned}\text{Timbulan harian} &= \text{Timbulan tahunan} / 365 \text{ hari} \\ &= 331,71 \text{ ton/tahun} \div 365 \text{ hari} \\ &= 0,909 \text{ ton/hari}\end{aligned}$$

Berdasarkan skenario penyimpanan selama 90 hari, diperoleh timbulan limbah sebagai berikut:

$$\text{Timbulan 90 hari} = 0,909 \text{ ton/hari} \times 90 \text{ hari}$$

$$= 81,79 \text{ ton}$$

Kapasitas desain TPS kemudian ditambahkan kapasitas cadangan selama 60 hari sehingga diperoleh:

$$\begin{aligned} \text{Timbulan 60 hari} &= 0,909 \text{ ton/hari} \times 60 \text{ hari} \\ &= 54,53 \text{ ton} \end{aligned}$$

Total Kapasitas Desain

$$\begin{aligned} \text{Timbulan 90 hari + 60 hari} &= 81,79 \text{ ton} + 54,53 \text{ ton} \\ &= 136,32 \text{ ton} \end{aligned}$$

Perhitungan volume penyimpanan menggunakan bulk density pasir *sandblasting* sebesar $1,5 \text{ ton/m}^3$, mengacu pada data teknis material pasir *sandblasting* yang diuji menggunakan standar DS/EN 1097-3, dengan rentang nilai $1400\text{--}1500 \text{ kg/m}^3$

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= 136,32 \text{ ton} \div 1,5 \text{ ton/m}^3 \\ &= 90,88 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Area bunker dirancang dengan tinggi timbunan efektif 1,5 m sehingga kebutuhan luas area timbunan dihitung menggunakan Persamaan (2):

$$\begin{aligned} \text{Luas bunker} &= \text{Volume} \div \text{tinggi timbunan} \\ &= 90,88 \text{ m}^3 \div 1,5 \text{ m} \\ &= 60,59 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Luas tersebut digunakan sebagai dasar dalam menentukan kebutuhan area penyimpanan pasir bekas *sandblasting*

4.8.2 Bahan Material

Pemilihan material pada rancangan TPS Limbah B3 pasir *sandblasting* dilakukan dengan mengacu pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 6 Tahun 2021, khususnya Lampiran XIV tentang Rincian Teknis Penyimpanan Limbah B3. Bangunan TPS dirancang menggunakan dinding beton bertulang, atap spandek *galvalume*, dan lantai beton bertulang untuk memberikan perlindungan terhadap limbah serta menjamin keamanan bangunan selama operasional. Lampiran XIV mengatur bahwa lantai TPS harus kedap air (*impermeabel*), tidak retak, mudah dibersihkan, dilengkapi sistem penampungan tumpahan, serta dirancang agar air hujan tidak masuk ke dalam bangunan.

Oleh karena itu, penggunaan lantai beton bertulang dipilih karena memiliki kekuatan yang tinggi, mampu menahan beban operasional, mudah dibersihkan, serta dapat dilapisi material kedap air sehingga memenuhi persyaratan teknis penyimpanan Limbah B3 dan membantu mencegah pencemaran lingkungan. Dinding menggunakan beton bertulang karena memiliki kekuatan mekanik yang tinggi, tahan terhadap benturan, tidak mudah terbakar, dan memiliki umur pakai yang panjang. Penggunaan beton juga mendukung persyaratan bangunan TPS yang harus kokoh serta mampu mencegah penyebaran debu limbah pasir *sandblasting* ke lingkungan sekitar. Selain berfungsi sebagai elemen struktural, dinding beton memberikan perlindungan terhadap pengaruh cuaca dan aktivitas operasional di area penyimpanan.



Gambar 4. 4 TPS Pasir *Sandblasting*

Atap direncanakan menggunakan spandek *galvalume* karena memiliki bobot yang ringan, ketahanan korosi yang baik, serta mampu melindungi limbah dari paparan hujan dan sinar matahari secara langsung. Penggunaan atap spandek juga mendukung persyaratan TPS Limbah B3 yang mengharuskan limbah disimpan dalam bangunan yang terlindung dari faktor lingkungan sehingga kualitas dan karakteristik limbah tetap terjaga selama penyimpanan sementara.

Lantai TPS dirancang menggunakan beton bertulang dengan lapisan kedap air (*waterproof coating*) sehingga memiliki kekuatan yang memadai untuk menahan beban penyimpanan *jumbo bag* limbah pasir *sandblasting*

maupun lalu lintas *forklift* selama kegiatan operasional. Permukaan lantai dibuat tidak retak, tidak berpori, kedap terhadap rembesan, mudah dibersihkan. Material beton dipilih karena memiliki daya dukung tinggi, tahan terhadap abrasi akibat pergerakan alat angkut, serta memiliki umur layanan yang panjang sehingga sesuai digunakan sebagai lantai fasilitas penyimpanan Limbah B3.

Dengan penggunaan dinding beton bertulang, lantai beton dan atap spandek *galvalume*, rancangan TPS Limbah B3 pasir *sandblasting* telah memenuhi fungsi utama fasilitas penyimpanan, yaitu memberikan perlindungan terhadap limbah, mencegah pencemaran lingkungan, serta mendukung pemenuhan ketentuan penyimpanan Limbah B3 sesuai Permen LHK Nomor 6 Tahun 2021.

4.8.3 Fasilitas Penunjang K3

Pada desain usulan, beberapa fasilitas K3 ditempatkan pada area *Safety Zone* yang berada di dekat pintu keluar darurat. Penempatan fasilitas pada lokasi tersebut bertujuan agar pekerja dapat mengaksesnya dengan cepat ketika terjadi keadaan darurat tanpa harus memasuki area penyimpanan limbah. Selain itu, area ini juga dirancang bebas dari hambatan sehingga tidak mengganggu proses evakuasi.

Fasilitas pertama yang disediakan adalah *emergency shower* dan *eyewash station*. Fasilitas ini berfungsi sebagai sarana pertolongan pertama apabila pekerja mengalami paparan limbah B3 pada kulit maupun mata. Air yang mengalir secara kontinu dapat membantu mengurangi konsentrasi bahan berbahaya sebelum korban memperoleh penanganan medis lebih lanjut. Penempatan *emergency shower* dan *eye wash station* di dekat area kerja memberikan akses yang cepat sehingga dapat meminimalkan tingkat keparahan cedera akibat paparan bahan berbahaya.



Gambar 4. 5 Fasilitas Penunjang K3

Selain itu, pada area yang sama juga disediakan wastafel (*hand wash station*) sebagai fasilitas untuk menjaga kebersihan pekerja setelah melakukan aktivitas penanganan limbah. Pencucian tangan merupakan salah satu upaya pencegahan kontaminasi silang dan mengurangi kemungkinan pekerja membawa residu limbah B3 ke area lain di luar TPS. Keberadaan fasilitas ini juga mendukung penerapan higiene industri dalam aktivitas pengelolaan limbah B3.

Sebagai upaya pengendalian keadaan darurat kebakaran, desain TPS juga dilengkapi dengan Alat Pemadam Api Ringan (APAR) yang ditempatkan di dekat pintu keluar sehingga mudah dijangkau tanpa harus memasuki area yang berpotensi menjadi sumber api. Posisi APAR dipilih agar pekerja dapat melakukan tindakan pemadaman awal (*initial fire fighting*) apabila kebakaran masih dalam skala kecil serta tetap memiliki jalur evakuasi yang aman apabila api tidak dapat dikendalikan.

Di samping APAR, tersedia pula *manual call point* (MCP) atau tombol alarm kebakaran yang dipasang pada dinding di dekat pintu darurat. Fasilitas ini memungkinkan pekerja memberikan peringatan secara cepat kepada seluruh personel apabila terjadi kondisi darurat sehingga proses evakuasi dapat segera dilakukan. Penempatan MCP pada jalur evakuasi memudahkan pekerja mengaktifkan alarm saat meninggalkan area penyimpanan limbah.

Sebagai bagian dari fasilitas pertolongan pertama, desain juga menyediakan kotak P3K (*First Aid Box*) yang ditempatkan pada dinding sehingga mudah terlihat dan mudah dijangkau. Kotak P3K digunakan untuk

memberikan penanganan awal terhadap cedera ringan seperti luka gores, luka sayat, maupun cedera akibat aktivitas penanganan limbah sebelum korban mendapatkan penanganan medis lanjutan.

Salah satu perubahan pada *redesign* TPS Limbah B3 adalah mengganti area meja dan kursi petugas dengan papan informasi (*information board*) yang ditempatkan pada area operasional TPS. Papan informasi ini berfungsi sebagai media penyampaian informasi sekaligus sarana pencatatan aktivitas penyimpanan limbah, khususnya limbah pasir *sandblasting*, seperti jumlah limbah yang masuk, tanggal penyimpanan, kapasitas yang telah terisi, serta jadwal pengangkutan oleh pihak ketiga. Dengan adanya papan informasi, kegiatan pencatatan tetap dapat dilakukan secara efektif tanpa mengganggu aktivitas penyimpanan maupun pergerakan material handling di dalam TPS. Perubahan ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi operasional, mempermudah pemantauan kapasitas penyimpanan limbah pasir *sandblasting*, serta mendukung penerapan pengelolaan limbah B3 yang lebih tertib dan sistematis.

Seluruh fasilitas tersebut ditempatkan pada satu zona keselamatan (*Safety Zone*) sehingga membentuk pusat tanggap darurat yang mudah dikenali oleh pekerja. Pengelompokan fasilitas dalam satu area mempermudah akses, mempercepat respons terhadap keadaan darurat, serta mengurangi waktu pencarian peralatan ketika terjadi insiden. Selain itu, area di sekitar pintu darurat dirancang bebas dari penyimpanan limbah maupun peralatan kerja sehingga fungsi jalur evakuasi tetap terjaga.

Penyediaan fasilitas K3 pada desain TPS pasir *sandblasting* ini mengacu pada Undang-Undang Nomor 1 Tahun 1970 tentang Keselamatan Kerja, khususnya Pasal 3 ayat (1) yang mewajibkan pengurus menyediakan sarana penyelamatan diri, pertolongan pertama, serta perlengkapan keselamatan kerja untuk mencegah dan mengurangi akibat kecelakaan. Selain itu, Permen LHK Nomor 6 Tahun 2021 mengharuskan fasilitas penyimpanan limbah B3 dilengkapi dengan sarana penanggulangan keadaan darurat sesuai karakteristik limbah yang disimpan. Sementara itu, penyediaan APAR mengacu pada Permenaker Nomor PER.04/MEN/1980

tentang Syarat-syarat Pemasangan dan Pemeliharaan APAR, yang mengatur bahwa alat pemadam harus ditempatkan pada lokasi yang mudah terlihat, mudah dijangkau, dan siap digunakan setiap saat.

Dengan adanya fasilitas-fasilitas tersebut, desain TPS pasir *sandblasting* tidak hanya memenuhi kebutuhan operasional penyimpanan limbah, tetapi juga meningkatkan tingkat kesiapsiagaan terhadap keadaan darurat, mempercepat penanganan insiden, serta memberikan perlindungan yang lebih baik bagi pekerja selama melakukan aktivitas pekerjaan.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil evaluasi kondisi eksisting dan perancangan ulang Tempat Penyimpanan Sementara (TPS) Limbah B3 di perusahaan galangan kapal, maka dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa kondisi eksisting TPS Limbah B3 belum sepenuhnya memenuhi persyaratan teknis berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 6 Tahun 2021 serta standar Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3). Ketidaksesuaian ditemukan pada beberapa aspek, antara lain kapasitas penyimpanan, tata letak penyimpanan limbah, penyimpanan limbah pasir *sandblasting* yang masih berada di area terbuka, belum optimalnya pemisahan jalur pedestrian dengan jalur material *handling*, kelengkapan simbol dan label limbah B3, serta beberapa fasilitas penunjang K3 seperti marka keselamatan, jalur evakuasi, dan fasilitas tanggap darurat. Kondisi tersebut berpotensi meningkatkan risiko pencemaran lingkungan maupun kecelakaan kerja.
2. Rekomendasi *redesign* TPS Limbah B3 disusun dengan mengacu pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 6 Tahun 2021, Peraturan Menteri Ketenagakerjaan Nomor 5 Tahun 2018, serta prinsip-prinsip Keselamatan dan Kesehatan Kerja. Perancangan dilakukan menggunakan *software AutoCAD* dan *SketchUp* dengan memperbaiki tata letak penyimpanan, menyediakan area khusus penyimpanan limbah pasir *sandblasting* dalam bangunan tertutup, menyediakan jalur pedestrian dan jalur *forklift* yang terpisah, melengkapi simbol dan label limbah B3, serta menambahkan fasilitas K3 seperti APAR, detektor asap, alarm kebakaran, *spill kit*, *eye wash*, ventilasi, pencahayaan, drainase, dan jalur evakuasi. *Redesign* tersebut diharapkan mampu meningkatkan keselamatan pekerja, mempermudah kegiatan operasional, mengurangi potensi pencemaran lingkungan, serta mendukung kepatuhan perusahaan terhadap ketentuan pengelolaan limbah B3 yang berlaku.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka beberapa saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut.

1. Perusahaan disarankan mengimplementasikan hasil *redesign* TPS Limbah B3 secara bertahap sesuai dengan prioritas risiko dan kemampuan anggaran, dengan mengutamakan pembangunan area penyimpanan limbah pasir *sandblasting* yang tertutup, penataan ulang tata letak penyimpanan, serta penyediaan fasilitas keselamatan yang belum tersedia.
2. Perusahaan perlu melakukan inspeksi dan evaluasi secara berkala terhadap kondisi TPS Limbah B3 untuk memastikan seluruh fasilitas tetap berfungsi dengan baik, termasuk pemeriksaan kondisi kemasan limbah, simbol dan label, ventilasi, sistem drainase, APAR, detektor asap, serta fasilitas tanggap darurat lainnya.
3. Penelitian selanjutnya dapat mengembangkan perancangan TPS Limbah B3 dengan melakukan analisis struktur bangunan secara rinci, simulasi pergerakan kendaraan material handling, analisis biaya implementasi secara lebih komprehensif, maupun kajian efektivitas penerapan *redesign* setelah diimplementasikan sehingga dapat diketahui peningkatan kinerja keselamatan, efisiensi operasional, dan kepatuhan terhadap regulasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Afifazhari, E.R.N. *et al.* (2024) 'Redesain Tempat Penyimpanan Sementara (TPS) Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) pada Perusahaan Jasa Pengangkutan Sesuai dengan Peraturan dan Limbah yang Dihasilkan', *Jurnal Praktik Keinsinyuran*, 1(03), pp. 365–377. Available at: <https://doi.org/10.25170/jpk.v1i03.6461>.
- Afiuddin, A.E. *et al.* (2019) 'Karakterisasi dan Pemilihan Alat Pengendali Limbah *Sandblasting* di Bengkel Blasting Industri Konstruksi Kapal', 4(2).
- Association, N.F.P. (2013) 'NFPA 10: Standard for Portable Fire Extinguishers'. Quincy, MA: National Fire Protection Association. Available at: <https://www.nfpa.org/product/nfpa-10-standard/p0010code/nfpa-10-standard-for-portable-fire-extinguishers-2013/1013e>.
- Ervina, B., Berliana, R. and Fadhil, M.F. (2025) 'Studi Evaluasi Pengelolaan Limbah B3 di Galangan PT . X', X(3).
- Hartati, E. and Elvira, V. (2024) 'Perencanaan Tempat Penyimpanan Sementara Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3)', *Jurnal Tekno Insentif*, 18(1), pp. 1–10. Available at: <https://doi.org/10.36787/jti.v18i1.1400>.
- Hughes, P. and Ferrett, E. (2007) *International Health & Safety at Work: The Handbook for the NEBOSH International General Certificate in Occupational Health and Safety*. 2nd edn. Oxford: Routledge.
- IARC (2012) 'FactSheet Workers' Exposure to *Respirable* Crystalline Silica: Final Rule Overview More than 2 million workers gain protections from deadly dust'. Available at: www.osha.gov/dcs/smallbusiness.
- Indonesia, M.T.K. dan T.R. (1980) 'Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia Nomor 4 Tahun 1980 tentang Syarat-syarat Pemasangan dan Pemeliharaan Alat Pemadam Api Ringan'. Jakarta: Kementerian Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia. Available at: <https://katigaku.top/2023/01/01/regulasi-dasar-hukum-k3/>.
- Indonesia, P. (2021) *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup*. Jakarta: Sekretariat Negara.

- Indonesia, P.R. (2012) 'Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 50 Tahun 2012 tentang Penerapan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja'. Jakarta: Sekretariat Negara Republik Indonesia. Available at: <https://peraturan.bpk.go.id/Home/Details/5263/pp-no-50-tahun-2012>.
- Jawwad, M.A.Y.A.S. (2024) 'Redesain TPS Limbah B3 PT X: Studi Kasus Industri Ransum Pakan Hewan di Jawa Timur', *Venus: Jurnal Publikasi Rumpun Ilmu Teknik*, 2(3), pp. 198–211.
- Kavalarakis, K., Vouvoudi, E. and Kartsonakis, I. (2025) 'Recycling and Reuse of *Grit blasting* Waste for Composite Materials: Directions, Properties and Physical Chemistry Approaches', *Journal of Composites Science*, 9(8), p. 453. Available at: <https://doi.org/10.3390/jcs9080453>.
- Khatami, M.F. and Mirwan, M. (2024) 'Perencanaan ulang TPS Limbah B3 rumah sakit di Surabaya', *Journal Serambi Engineering*, 9(2), p. 1513. Available at: <https://jse.serambimekkah.ac.id/index.php/jse/article/view/1513>.
- Miyana, A.W.A. and Kusuma, M.N. (2024) 'Studi Redesain Tempat Penyimpanan Sementara (TPS) Limbah B3 sesuai dengan Limbah yang Dihasilkan dan Peraturan Terbaru di PT X', *ENVITATS*, 4(1).
- Nasional, B.S. (2000) 'SNI 03-3985-2000: Tata cara perencanaan, pemasangan dan pengujian sistem deteksi dan alarm kebakaran untuk pencegahan bahaya kebakaran pada bangunan gedung'. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional. Available at: <https://dpkp.palangkaraya.go.id/wp-content/uploads/sites/51/2021/06/SNI-03-3985-2000.pdf>.
- Nasional, B.S. (2001) 'SNI 03-6572-2001: Tata cara perancangan sistem ventilasi dan pengkondisian udara pada bangunan gedung'. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional. Available at: <https://pesta.bsn.go.id/produk/detail/6199-sni03-6572-2001>.
- Nsanzimana, J. *et al.* (2025) 'Determinants of improper healthcare waste segregation in a Tertiary Referral Hospital in Southern Rwanda: a cross-sectional study Determinants of improper healthcare waste segregation in a Tertiary Referral', *Critical Public Health*, 35(1), p. Available at: <https://doi.org/10.1080/09581596.2025.2518181>.
- Nurlina (2021) 'Toxic and Hazardous Waste (B3) Management at PT. PAL Indonesia (Persero)', *IJPH (Universitas Airlangga)* [Preprint]. Available at:

<https://e-journal.unair.ac.id/IJPH/article/view/14142/pdf>.

Papamanolis, G., Giannakopoulos, E. and Kalavrouziotis, I.K. (2018) 'Shipyards waste and sustainable management in Greece: case study', *Desalination and Water Treatment*, 127, pp. 90–96. Available at: <https://doi.org/10.5004/dwt.2018.22595>.

Pemerintah Indonesia, M.L.H. dan K. (2021) 'Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 6 Tahun 2021 Tentang Tata Cara dan Persyaratan Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya Dan Beracun', *Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia*, (April), pp. 5–24.

Pemerintah Indonesia, P.R. (2009) 'Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009', 2(5), p. 255. Available at: ???

Pemerintah Indonesia, P.R. (2021) 'Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Pedoman Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup', *Sekretariat Negara Republik Indonesia*, (085459), pp. 1–483. Available at: <http://www.jdih.setjen.kemendagri.go.id/>.

'Peraturan Pemerintah No 101 Tahun 2014' (2014), 2014(3), pp. 1–9. Available at: http://publicacoes.cardiol.br/portal/ijcs/portugues/2018/v3103/pdf/3103009.pdf%0Ahttp://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-75772018000200067&lng=en&tlng=en&SID=5BQIj3a2MLaWUV4OizE%0Ahttp://scielo.iec.pa.gov.br/scielo.php?script=sci_

Permana, R.M. and Hendrasarie, N. (2024) 'Identifikasi Tempat Penyimpanan Sementara Limbah B3 Industri Penggilingan Baja Sidoarjo', *Serambi Engineering*, 9(3), pp. 9390–9397.

Permen LHK No.14 Tahun (2013) 'Permen LHK Nomor 14 Tahun 2013 Tentang Simbol dan Label Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun', *Kementrian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia* [Preprint].

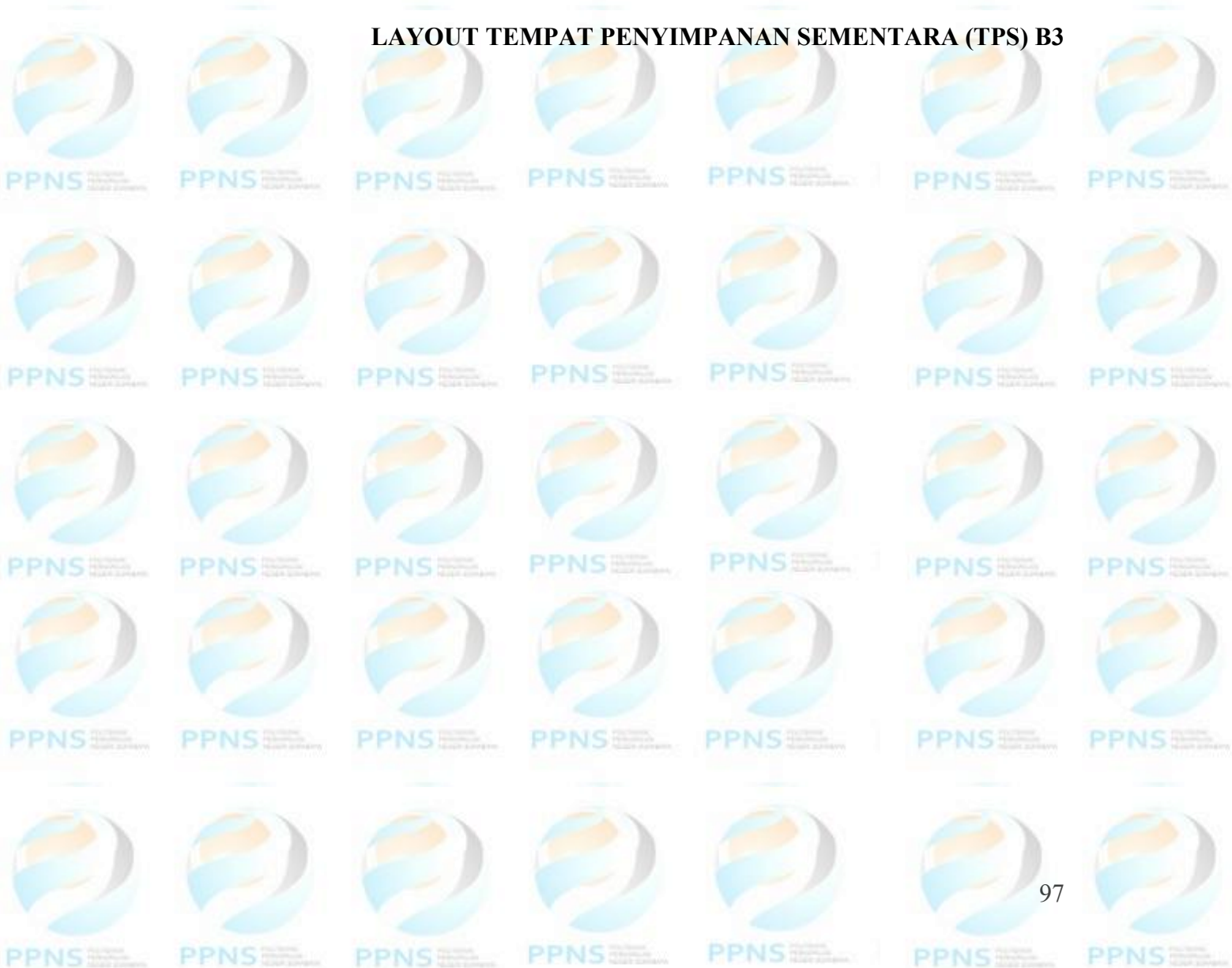
Pratiwi, R.W., Setiawan, A. and Afiuddin, A.E. (2018) 'Perancangan Tempat Penyimpanan Sementara (TPS) Limbah B3 (Studi Kasus: Bengkel Maintenance PT. Varia Usaha)', *Ist Proceeding Conference On Safety Engineering and Its Application*, 1(1), pp. 199–204. Available at: <https://core.ac.uk/download/pdf/236670339.pdf>.

- Putra, F.P. (2025) ‘Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya Dan Beracun (B3) Di Tempat Penyimpanan Sementara PT . X’, 2(5), pp. 613–619.
- Sabela, A. and Putri, R.H.A. (2023) ‘Perencanaan Desain TPS Limbah B3 di Industri Galangan Kapal PT. XXX’, *Environmental Engineering (ITATS)* [Preprint]. Available at: <https://ejurnal.itats.ac.id/envitats/article/view/09>.
- Surabaya, D.L.H.K. (2019) *Buku petunjuk teknis izin penyimpanan sementara limbah B3*. Surabaya: Pemerintah Kota Surabaya. Available at: <https://lh.surabaya.go.id/fileupload/ebook/JUKNIS B3 FIX.pdf>.
- Szyszlak-bargłowicz, J., Zajac, G. and Wolak, A. (2021) ‘Heavy metal content in used engine *oils* depending on engine type and *oil* change interval’, 47(2), pp. 81–94. Available at: <https://doi.org/10.24425/aep.2021.137280>.
- Wisdayana, R. *et al.* (2022) ‘Redesain Tempat Penyimpanan Sementara Limbah B3 di Workshop PT. Purna Baja Harsco’, *Serambi Engineering*, VII(2), pp. 3102–3111.

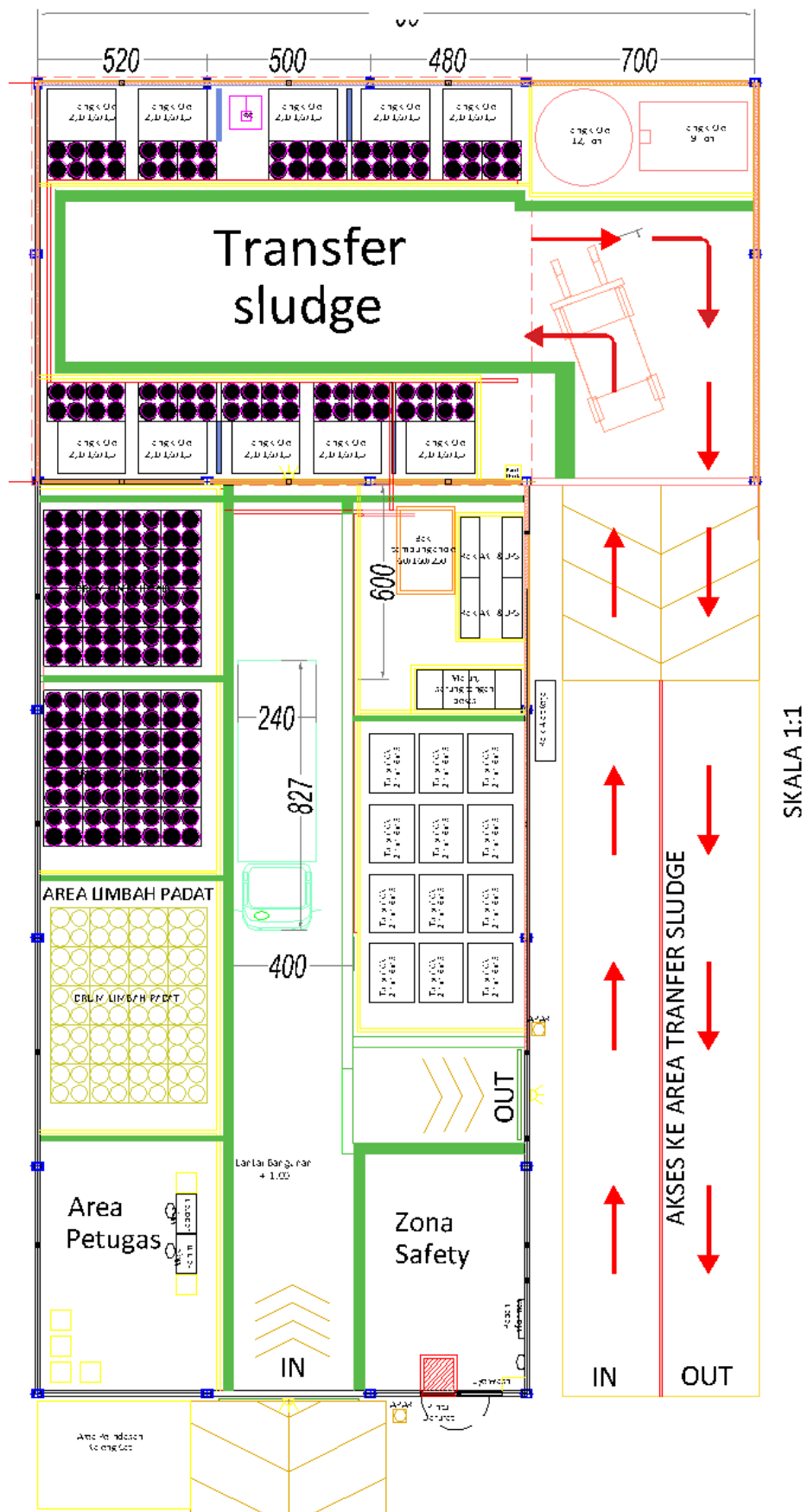


LAMPIRAN I

LAYOUT TEMPAT PENYIMPANAN SEMENTARA (TPS) B3



Halaman ini sengaja dikosongkan



Halaman ini sengaja dikosongkan



LAMPIRAN II
HASIL *CHECKLIST* TEMPAT PENYIMPANAN SEMENTARA (TPS) B3

Halaman ini sengaja dikosongkan

Checklist TPS B3

Sumber: DINAS LINGKUNGAN HIDUP KOTA SURABAYA 2019

Kondisi Bangunan TPS Limbah B3				
No	Obyek Pemeriksaan	Lingkup Pemeriksaan	Observasi	Ket.
1	Kondisi bangunan	a. Kondisi atap (kebocoran)	☐ Ya ☒ Tidak	
		Bahan atap	Spandek	
		b. Dinding bangunan		
		Bahan dinding	Tembok + Spandek	
		Tinggi dinding (m)	(1,65) 55 m	
		c. Lantai kedap air	☒ Ya ☐ Tidak	
		Kemiringan lantai	☒ Ya ☐ Tidak	
		Arah & % kemiringan	1%	
Bak Penampung Ceceran Limbah B3 Cair				
No	Obyek Pemeriksaan	Lingkup Pemeriksaan	Observasi	Ket.
2	Bak penampung	a. Bak penampung tersedia	☒ Ada ☐ Tidak	
		b. Bak penampung tertutup	☒ Ya ☐ Tidak	
		c. Letak bak penampung	di dalam TPS	
		d. Kapasitas bak penampung	2 ton	
		e. Saluran ceceran tersedia	☒ Ada ☐ Tidak	
		Saluran tertutup	☒ Ya ☐ Tidak	
Fasilitas Bangunan Pendukung				
No	Obyek Pemeriksaan	Lingkup Pemeriksaan	Observasi	Ket.
3a	Sistem penerangan	Kondisi penerangan	☒ Cukup ☐ Tidak	
3b	Ventilasi udara	Kondisi ventilasi	☒ Cukup ☐ Tidak	
3c	Simbol Limbah B3	Simbol di luar bangunan	☐ Ada ☒ Tidak	belum lengkap
3d	Jarak dari fasum	Jarak dari RS/pasar/sekolah	___ m	
3e	Koordinat TPS	Titik koordinat bangunan		
Ketentuan Tambahan				
No	Obyek Pemeriksaan	Lingkup Pemeriksaan	Observasi	Ket.
4a	Simbol & label kemasan	Kesesuaian simbol & label	☐ Ada ☒ Tidak	Beberapa orang belum
4b	Penataan kemasan	Penataan kemasan limbah B3	☒ Ada ☐ Tidak	

Halaman ini sengaja dikosongkan

4c	SOP penyimpanan	Ketersediaan SOP	☒ Ada ☐ Tidak	
4d	SOP tanggap darurat	Ketersediaan SOP	☒ Ada ☐ Tidak	
4e	Rencana pengelolaan lanjutan	Rencana pengelolaan limbah	☒ Ada ☐ Tidak	
4f	Pemisahan limbah	Partisi sesuai karakteristik	☒ Ada ☐ Tidak	
4g	APAR	Ketersediaan APAR	☒ Ada ☐ Tidak	
4h	Safety shower	Ketersediaan safety shower	☒ Ada ☐ Tidak	
4i	Logbook	Pencatatan limbah B3	☒ Ada ☐ Tidak	Masih manual

Tambahan

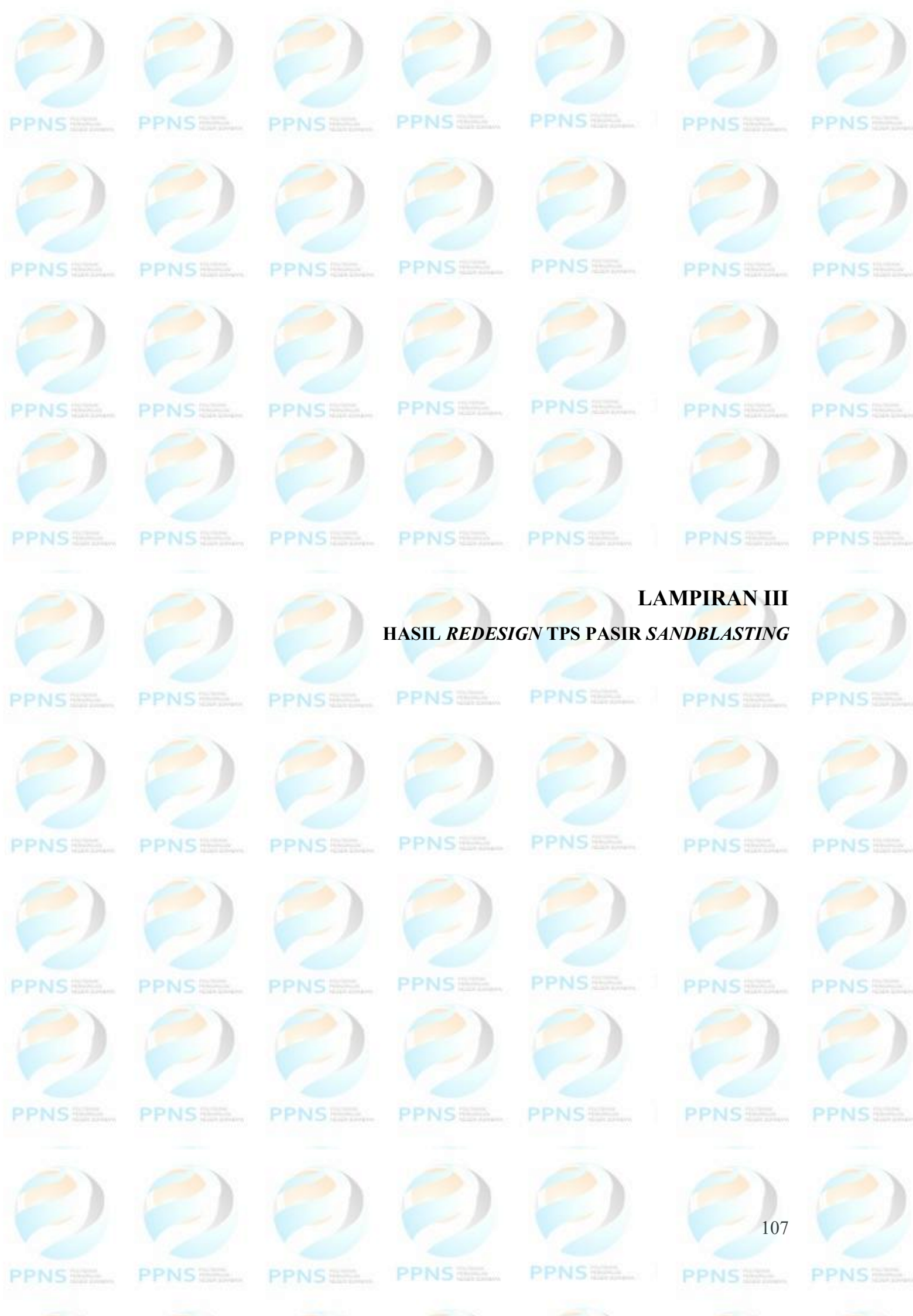
No	Obyek Pemeriksaan	Lingkup Pemeriksaan	Observasi	Ket.
5.1	Bak tampungan & limpasan	TPS memiliki sistem pencegahan limpasan ke lingkungan	☐ Ya ☒ Tidak	Area belakang belum maksimal
5.2	Pelabelan kemasan	Kemasan limbah B3 dilengkapi simbol bahaya (bukan hanya tulisan)	☐ Ya ☒ Tidak	Belum Mengeluh
5.3	Kondisi kemasan	Tidak terdapat drum/kemasan berkarat atau bocor	☐ Ya ☒ Tidak	Banyak drum berkarat
5.4	Lokasi penyimpanan	Tidak ada limbah B3 disimpan di luar TPS	☐ Ya ☒ Tidak	Terdapat limbah diluar /terbuka

Mengetahui
Petugas HSE



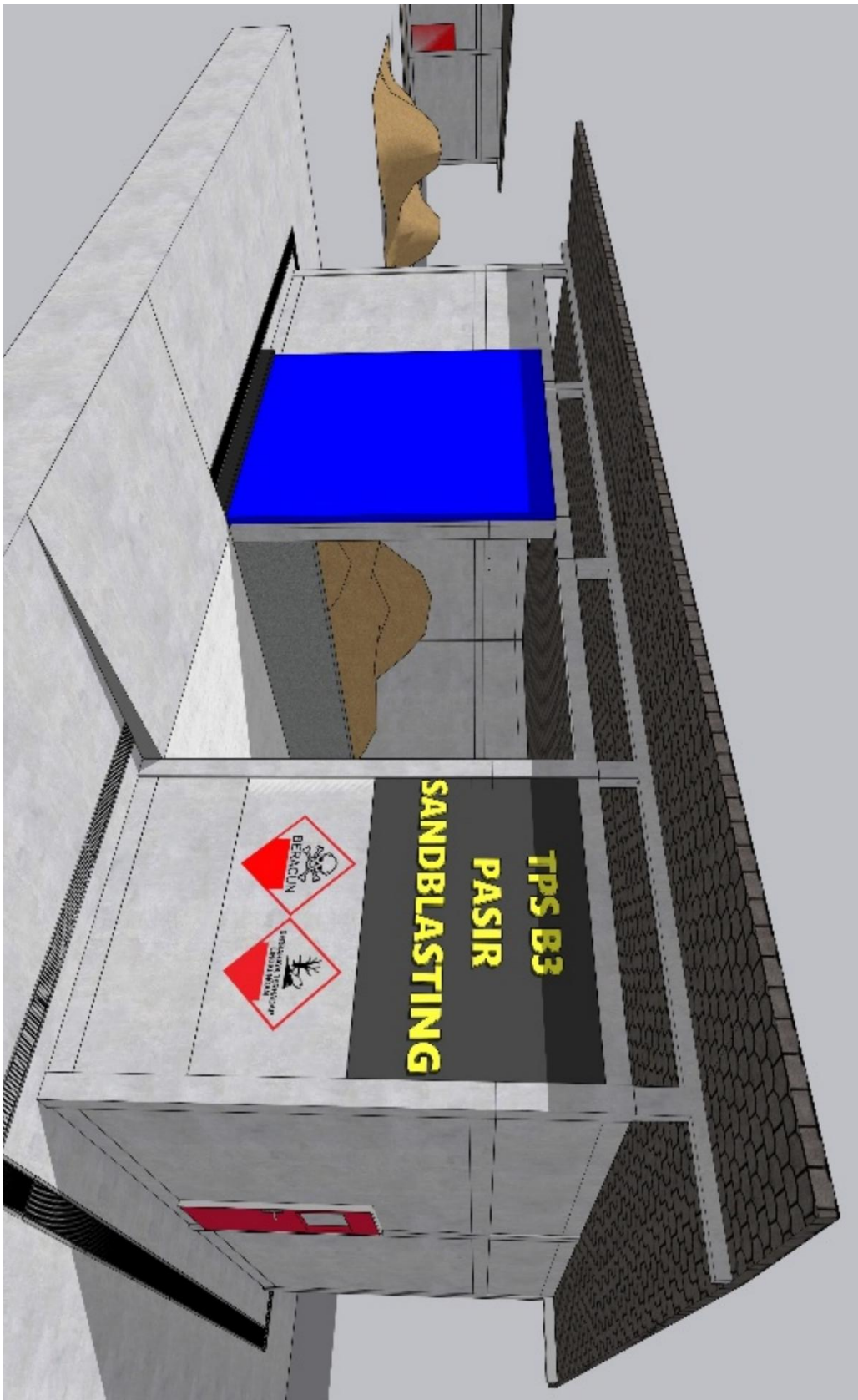
Narendra A

Halaman ini sengaja dikosongkan



LAMPIRAN III
HASIL *REDESIGN* TPS PASIR SANDBLASTING

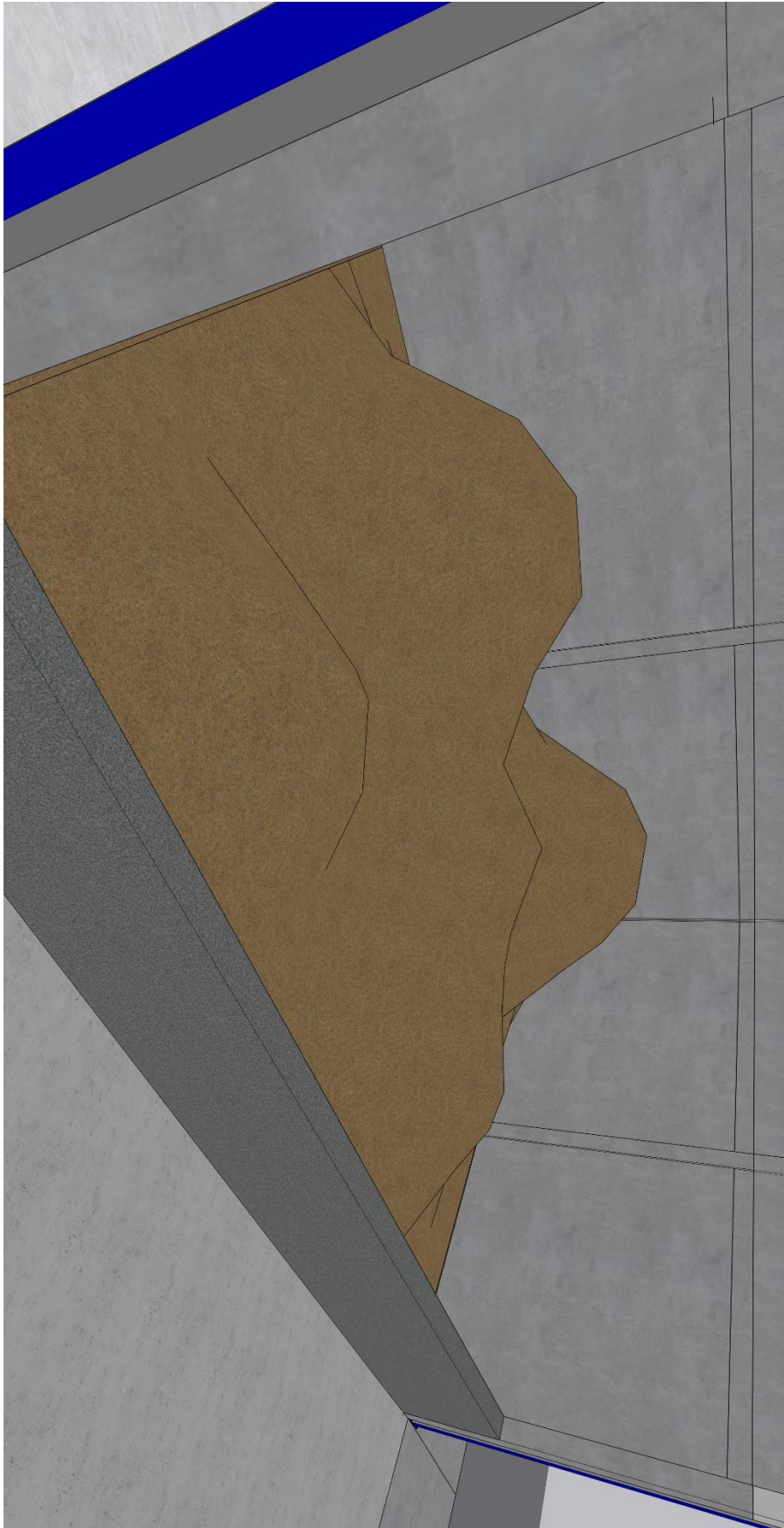
Halaman ini sengaja dikosongkan



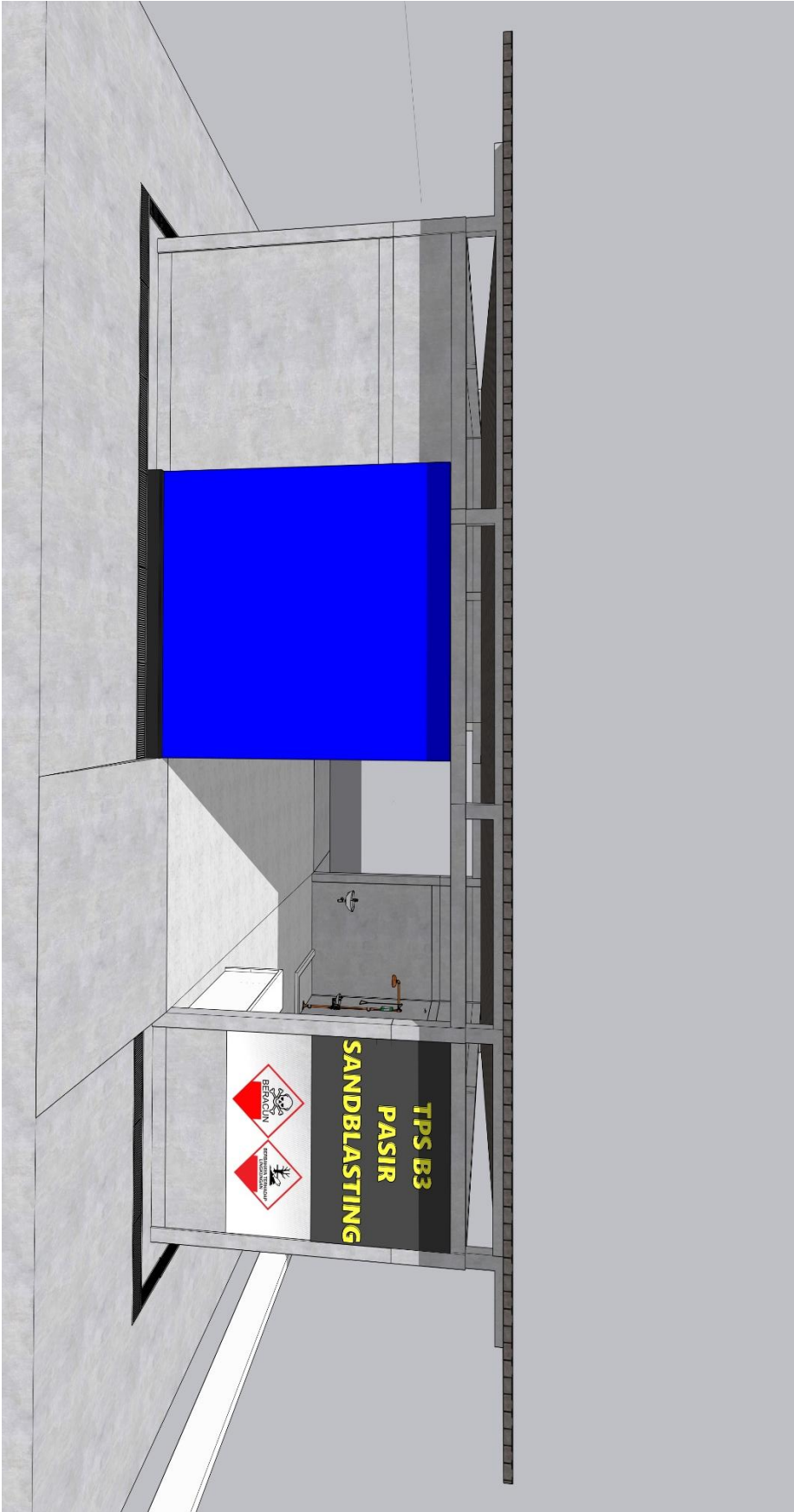
Halaman ini sengaja dikosongkan



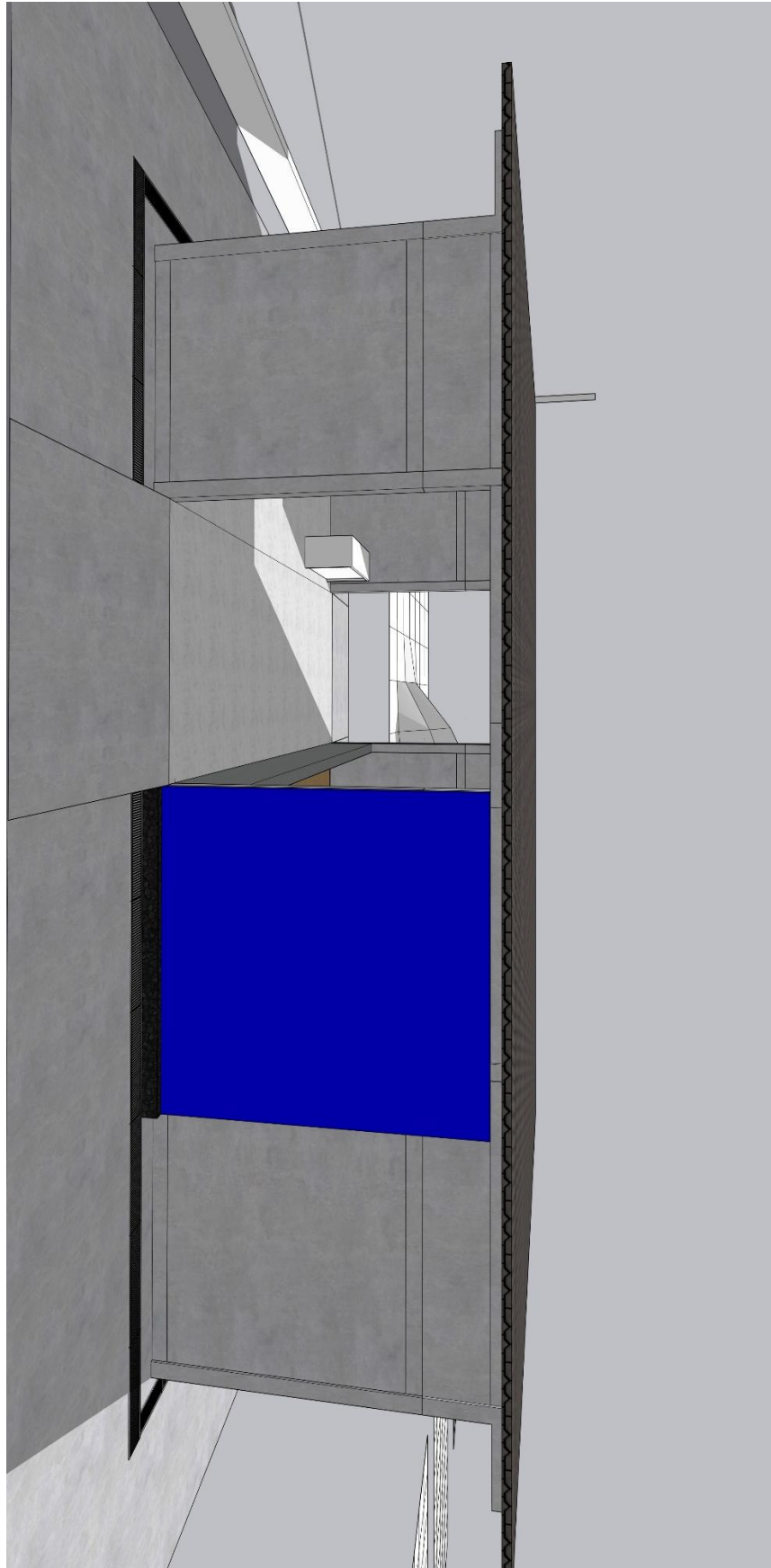
Halaman ini sengaja dikosongkan



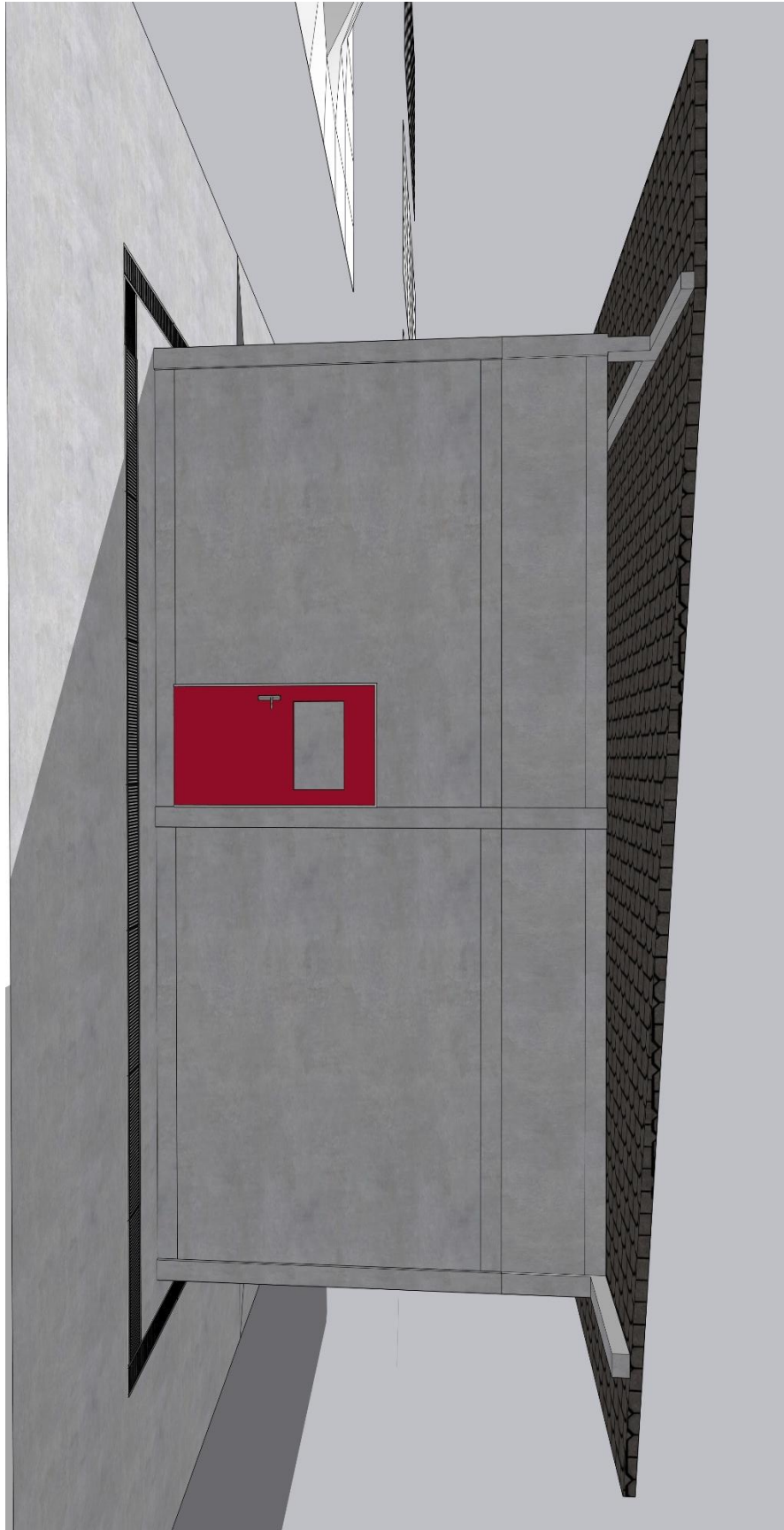
Halaman ini sengaja dikosongkan



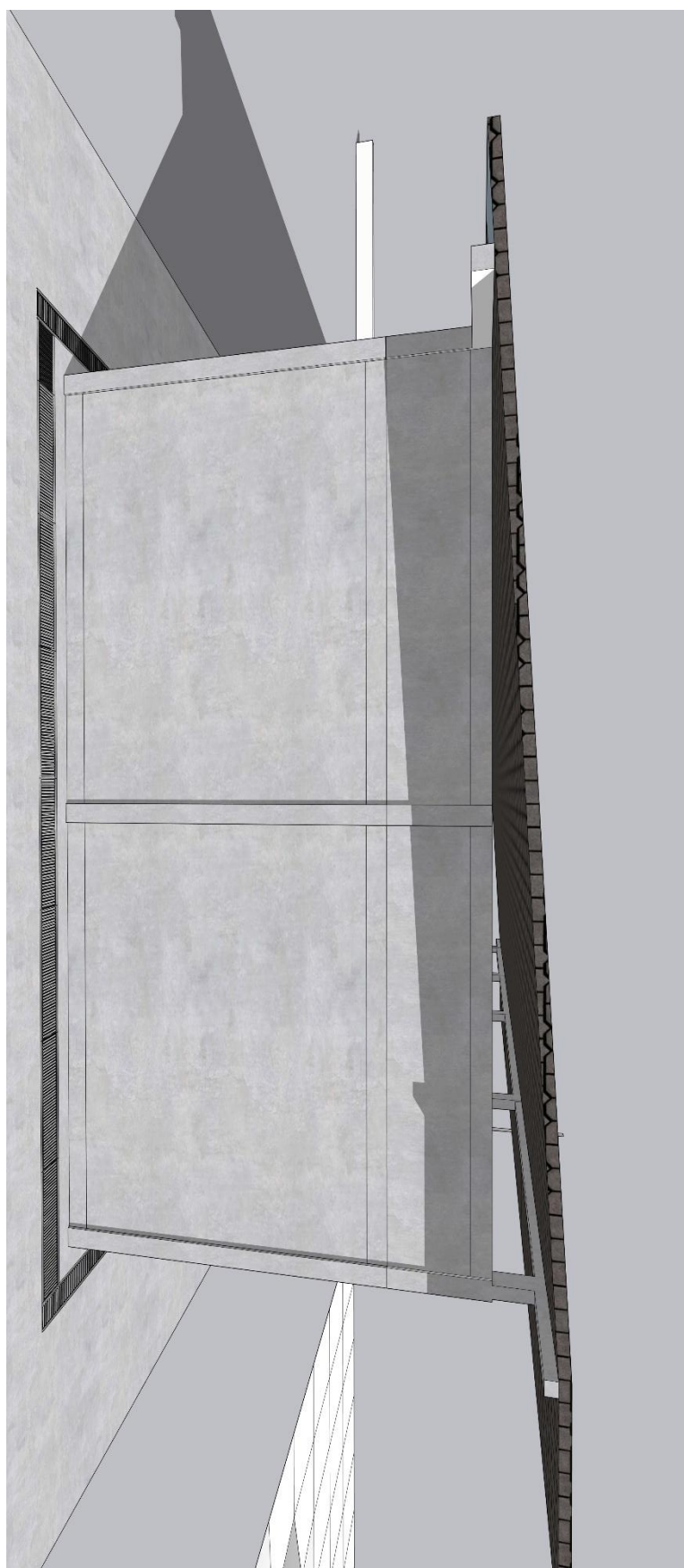
Halaman ini sengaja dikosongkan



Halaman ini sengaja dikosongkan



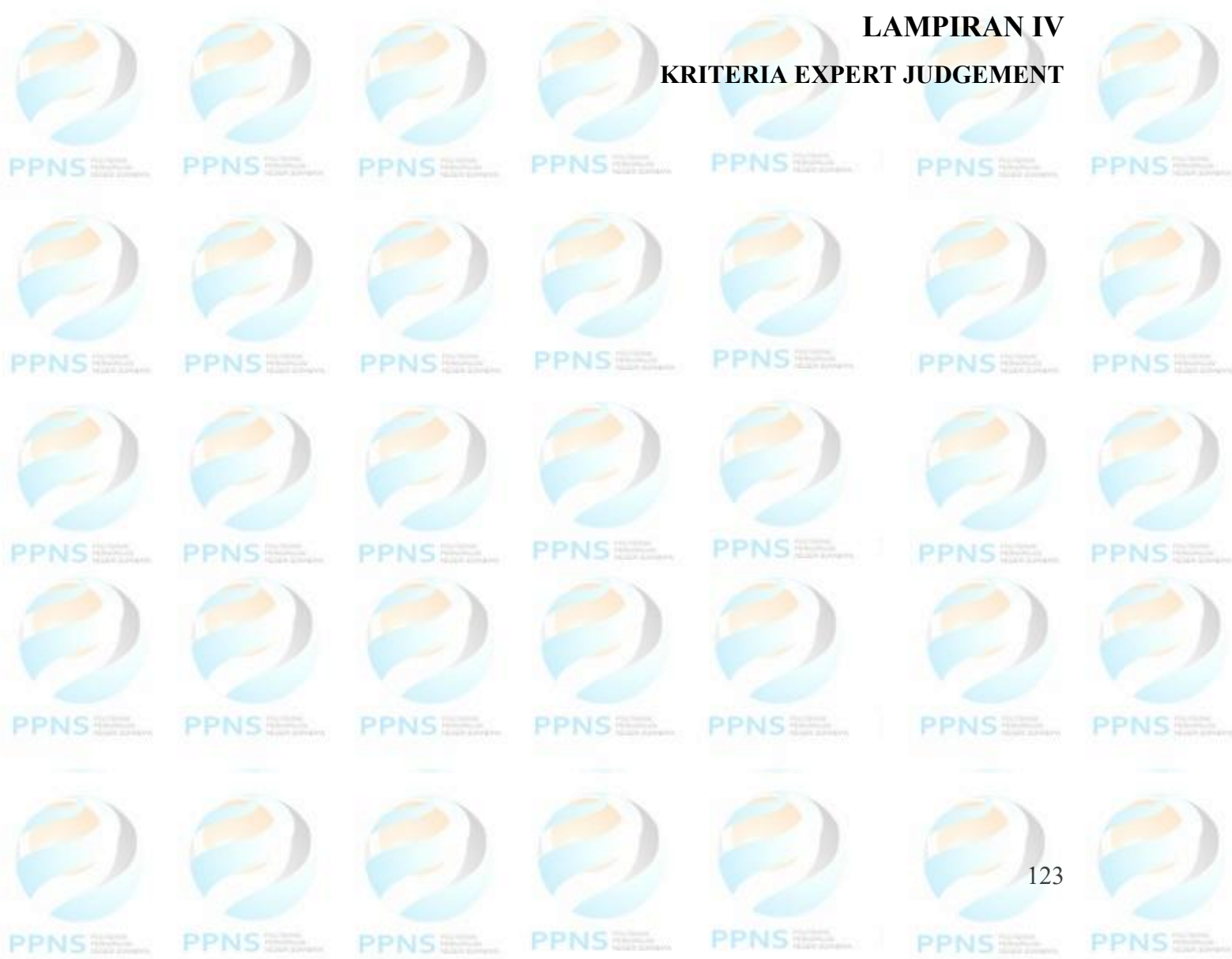
Halaman ini sengaja dikosongkan



Halaman ini sengaja dikosongkan



LAMPIRAN IV
KRITERIA EXPERT JUDGEMENT



Halaman ini sengaja dikosongkan

KRITERIA EXPERT JUDGEMENT

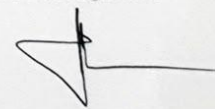
Dalam penelitian ini, validasi hasil redesign Tempat Penyimpanan Sementara (TPS) Limbah B3 dilakukan melalui expert judgement. Expert judgement digunakan untuk memberikan penilaian terhadap kesesuaian rancangan layout dan fasilitas TPS Limbah B3 berdasarkan aspek (K3), persyaratan teknis penyimpanan limbah B3, serta kondisi operasional perusahaan.

Pemilihan expert judgement dilakukan secara purposive dengan mempertimbangkan kompetensi dan pengalaman yang dimiliki. Adapun kriteria expert judgement dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Memiliki kompetensi di bidang K3, lingkungan, atau pengelolaan limbah B3.
2. Memiliki pengalaman kerja minimal 3 tahun pada bidang K3, HSE, atau pengelolaan TPS Limbah B3.
3. Memahami proses operasional perusahaan, khususnya aktivitas yang menghasilkan limbah B3 dan sistem penyimpanannya.
4. Memahami peraturan dan standar yang berkaitan dengan penyimpanan limbah B3, seperti PP Nomor 22 Tahun 2021, Permen LHK Nomor 6 Tahun 2021, serta standar K3 yang berlaku.
5. Memiliki reputasi dan kredibilitas yang baik di perusahaan.
6. Bersedia meluangkan waktu untuk memberikan penilaian, masukan, dan rekomendasi terhadap hasil redesign TPS Limbah B3.
7. Bersikap objektif, independen, dan tidak memiliki konflik kepentingan

Expert judgement yang dipilih pada penelitian ini telah memenuhi seluruh kriteria tersebut sehingga penilaian yang diberikan diharapkan mampu menjadi dasar validasi terhadap usulan redesign TPS Limbah B3. Secara umum, usulan redesign TPS Limbah B3 pada penelitian ini dinilai telah sesuai dengan prinsip keselamatan kerja dan dapat dijadikan sebagai rekomendasi perbaikan terhadap kondisi TPS Limbah B3 yang ada saat ini.

Expert Judgement



Mahatir
PIC TPS B3

Halaman ini sengaja dikosongkan

KRITERIA EXPERT JUDGEMENT

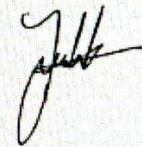
Dalam penelitian ini, validasi hasil redesign Tempat Penyimpanan Sementara (TPS) Limbah B3 dilakukan melalui expert judgement. Expert judgement digunakan untuk memberikan penilaian terhadap kesesuaian rancangan layout dan fasilitas TPS Limbah B3 berdasarkan aspek (K3), persyaratan teknis penyimpanan limbah B3, serta kondisi operasional perusahaan.

Pemilihan expert judgement dilakukan secara purposive dengan mempertimbangkan kompetensi dan pengalaman yang dimiliki. Adapun kriteria expert judgement dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Memiliki kompetensi di bidang K3, lingkungan, atau pengelolaan limbah B3.
2. Memiliki pengalaman kerja minimal 3 tahun pada bidang K3, HSE, atau pengelolaan TPS Limbah B3.
3. Memahami proses operasional perusahaan, khususnya aktivitas yang menghasilkan limbah B3 dan sistem penyimpanannya.
4. Memahami peraturan dan standar yang berkaitan dengan penyimpanan limbah B3, seperti PP Nomor 22 Tahun 2021, Permen LHK Nomor 6 Tahun 2021, serta standar K3 yang berlaku.
5. Memiliki reputasi dan kredibilitas yang baik di perusahaan.
6. Bersedia meluangkan waktu untuk memberikan penilaian, masukan, dan rekomendasi terhadap hasil redesign TPS Limbah B3.
7. Bersikap objektif, independen, dan tidak memiliki konflik kepentingan dalam memberikan penilaian.

Expert judgement yang dipilih pada penelitian ini telah memenuhi seluruh kriteria tersebut sehingga penilaian yang diberikan diharapkan mampu menjadi dasar validasi terhadap usulan redesign TPS Limbah B3. Secara umum, usulan redesign TPS Limbah B3 pada penelitian ini dinilai telah sesuai dengan prinsip keselamatan kerja dan dapat dijadikan sebagai rekomendasi perbaikan terhadap kondisi TPS Limbah B3 yang ada saat ini.

Expert Judgement



Narendra A.
Safety Officer

Halaman ini sengaja dikosongkan



BIOGRAFI PENULIS



BIOGRAFI PENULIS



Penulis tugas akhir ini bernama Gatan Abdillah. Lahir di Bojonegoro pada 4 April 2004. Penulis merupakan anak kedua dari tiga bersaudara dari pasangan Bapak Sukirno dan Ibu Ifa Nuryana. Penulis memulai pendidikan formal di SMP Negeri 1 Baureno dan SMA Negeri 1 Sumberejo. Kemudian, penulis melaksanakan pendidikan tinggi di Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya (PPNS) pada Program Studi Sarjana Terapan Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3). Dalam menjalankan masa perkuliahan penulis juga aktif dalam mengikuti perkuliahan, organisasi serta kepanitiaan tingkat program studi maupun kampus. Pada semester akhir penulis melaksanakan kegiatan *On the Job Training* (OJT) di perusahaan bidang maritim. Hasil dari pengalaman OJT membantu penulis untuk dapat berproses, dan melalui banyak rintangan hingga pada akhirnya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul **"Redesign Tempat Penyimpanan Sementara Berdasarkan Standard K3 di Perusahaan Galangan Kapal"** Penulis mengucapkan syukur kepada Allah SWT karena dapat menyelesaikan masa perkuliahan selama 4 tahun dengan tepat waktu. Dengan suka duka yang penulis alami, semoga dapat menjadi pelajaran berharga sebagai kehidupan setelah masa perkuliahan. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada seluruh pihak yang telah mendukung, mendoakan, dan membantu dalam penyusunan Tugas Akhir ini. Penulis sadar bahwa penulisan Tugas Akhir masih jauh dari kata sempurna, maka dari itu kritik dan saran dapat dikirimkan melalui email gatanabdillah4@gmail.com.