

**USULAN DESAIN *LAYOUT* TEMPAT PENYIMPANAN
SEMENTARA LIMBAH BAHAN BERBAHAYA
DAN BERACUN PADA PT XYZ**

TUGAS AKHIR



DISUSUN OLEH:

RANIA RATNADEWATI ARIF PUTRI

2202045

**POLITEKNIK TRANSPORTASI DARAT BALI
PROGRAM STUDI D-III MANAJEMEN LOGISTIK**

2025

**USULAN DESAIN *LAYOUT* TEMPAT PENYIMPANAN
SEMENTARA LIMBAH BAHAN BERBAHAYA
DAN BERACUN PADA PT XYZ**

TUGAS AKHIR

Diajukan Dalam Rangka Penyelesaian
Program Studi Diploma III Manajemen Logistik
Guna Memperoleh Sebutan Ahli Madya Logistik



DISUSUN OLEH :

RANIA RATNADEWATI ARIF PUTRI

2202045

**POLITEKNIK TRANSPORTASI DARAT BALI
PROGRAM STUDI D-III MANAJEMEN LOGISTIK**

2025

**HALAMAN PERSETUJUAN
TUGAS AKHIR**

**USULAN DESAIN *LAYOUT* TEMPAT PENYIMPANAN
SEMENTARA LIMBAH BAHAN BERBAHAYA
DAN BERACUN PADA PT XYZ**

Disusun Oleh :

**LANIA RATNADEWATI ARIF PUTRI
2202045**

Disetujui untuk diajukan pada
Sidang Akhir Tugas Akhir
Program Studi Diploma III Manajemen Logistik

Menyetujui

DOSEN PEMBIMBING I

DOSEN PEMBIMBING II



Anggun Prima Gilang Rupaka, S.P., M.Si
NIP. 19870423 201902 1 003



Nengah Widiangga Gautama, S.T., M.T
NIP. 19781209 200912 1 002

Tanggal : 24 Juni 2025

Tanggal : 24 Juni 2025

Ditetapkan di : Tabanan

**HALAMAN PENGESAHAN
TUGAS AKHIR**

**USULAN DESAIN *LAYOUT* TEMPAT PENYIMPANAN
SEMENTARA LIMBAH BAHAN BERBAHAYA
DAN BERACUN PADA PT XYZ**

Telah dipersiapkan dan disusun oleh :
RANIA RATNADEWATI ARIF PUTRI
2202045

**TELAH DIPERTAHANKAN DI DEPAN DEWAN PENGUJI
PADA TANGGAL 01 JULI 2025
DAN DINYATAKAN TELAH LULUS DAN MEMENUHI SYARAT**

Tim Penguji

DOSEN PENGUJI I



Ni Luh Darmayanti, S.Kep., Ns., M.M
NIP. 19870513 201902 2 001

DOSEN PEMBIMBING I



Anggun Prima Gilang Rupaka, S.P., M.Si
NIP. 19870423 201902 1 003

DOSEN PENGUJI II



Putu Diva Ariesthana Sadri, ST., M.Sc.
NIP. 19860401 201012 1 004

DOSEN PEMBIMBING II



Nengah Widiangga Gautama, S.T., M.T
NIP. 19781209 200912 1 002

Mengetahui,

KETUA PROGRAM STUDI



Nengah Widiangga Gautama, S.T., M.T

NIP. 19781209 200912 1 002

PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya, Rania Ratnadewati Arif Putri, NIM. 2202045, menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul "**Usulan Desain *Layout* Tempat Penyimpanan Sementara Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun pada PT XYZ**" merupakan karya asli. Seluruh ide yang ada dalam Tugas Akhir ini merupakan hasil penelitian yang saya susun sendiri dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini serta disebutkan dalam daftar pustaka. Selain itu, tidak ada bagian dari Tugas Akhir ini yang telah digunakan sebelumnya untuk memperoleh gelar Ahli Madya atau keserjanaan maupun sertifikat Akademik di suatu Perguruan Tinggi.

Jika pernyataan di atas terbukti sebaliknya, maka saya bersedia menerima sanksi yang ditetapkan oleh Politeknik Transportasi Darat Bali.

Tabanan, 25 Juni 2025

Penulis,



RANIA RATNADEWATI ARIF PUTRI

NIM. 2202045

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur atas rahmat dan karunia Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan anugerah-NYA, sehingga Tugas Akhir yang berjudul "**Usulan Desain Layout Tempat Penyimpanan Sementara Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun pada PT XYZ**" dapat diselesaikan. Dengan segala kerendahan hati, pada kesempatan yang sangat baik ini, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar besarnya kepada :

1. Orang tua dan keluarga yang telah memberikan doa dan selalu mendukung.
2. Ibu Firga Ariani, S.E., M.M.Tr., sebagai Direktur Politeknik Transportasi Darat Bali.
3. Bapak Nengah Widiangga Gautama, S.T, M.T., sebagai Ketua Program Studi Diploma III Manajemen Logistik serta dosen pembimbing II
4. Bapak Anggun Prima Gilang Rupaka, S.P., M.Si., selaku dosen pembimbing I.
5. Seluruh Dosen dan Staf Program Studi Diploma III Manajemen Logistik yang telah memberikan bimbingan selama pendidikan.
6. Rekan Mahasiswa Politeknik Transportasi Darat Bali Angkatan III.

Penulis menyadari tugas akhir ini banyak kekurangan, saran dan masukan sangat diharapkan bagi kesempurnaan penulisan. Semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak, khususnya dalam pengembangan ilmu pengetahuan di bidang pengelolaan limbah B3 serta dapat diterapkan sebagai acuan dalam upaya peningkatan pengelolaan lingkungan.

Tabanan, 25 Juni 2025

Penulis,



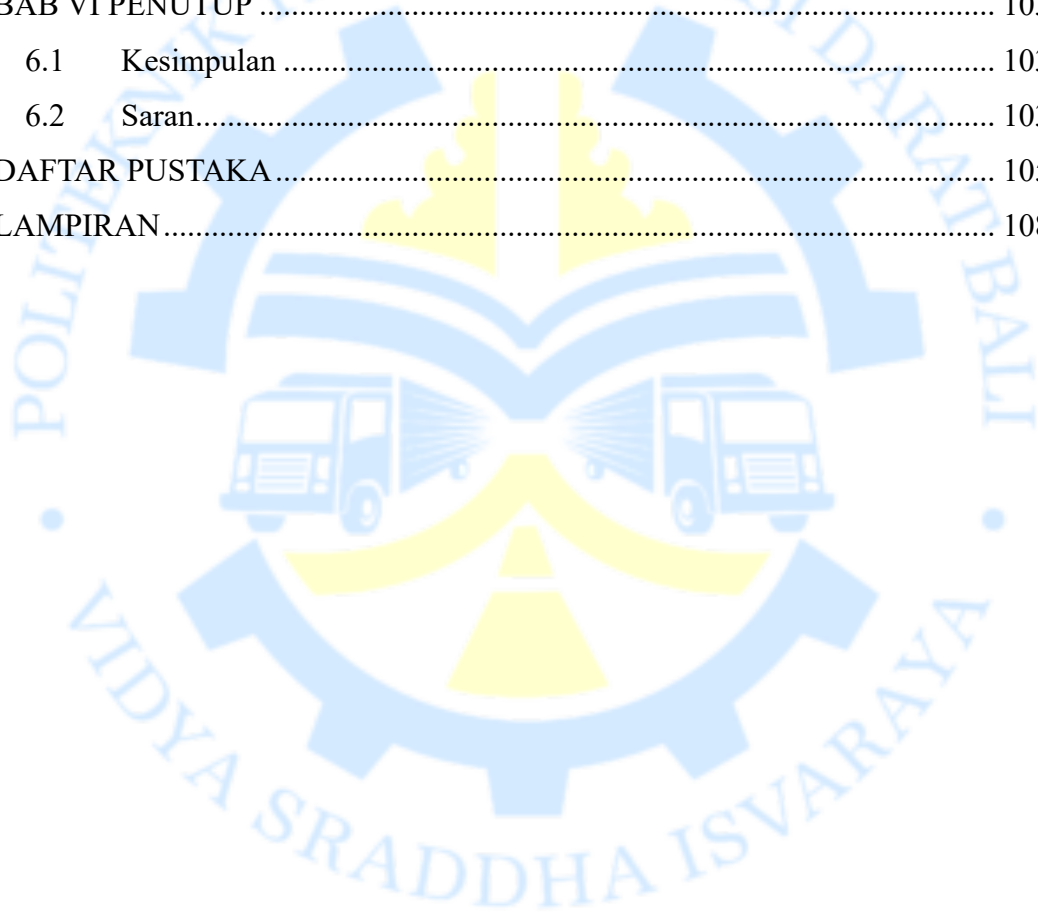
RANIA RATNADEWATI ARIF PUTRI

NIM. 2202045

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
INTISARI.....	xii
<i>ABSTRACT</i>	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batasan Masalah.....	4
BAB II GAMBARAN UMUM.....	5
2.1 Kondisi Wilayah Kajian.....	5
2.2 Kondisi Objek yang dikaji.....	5
BAB III TINJAUAN PUSTAKA.....	7
3.1 Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3).....	7
3.2 Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3).....	15
3.3 Tempat Penyimpanan Sementara (TPS) Limbah B3.....	17
3.4 Teknis dan Perhitungan Perancangan Fasilitas TPS Limbah B3.....	19
3.5 Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) Pengelola TPS Limbah B3....	23
3.6 Regulasi Penyimpanan Limbah Bahan Berbaya dan Beracun (B3).....	24
3.7 Standar Operasional Prosedur (SOP) Pengelola TPS Limbah B3.....	27
3.8 Aplikasi Perancangan.....	28
3.9 Penelitian Terdahulu.....	30
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN.....	34
4.1 Sumber dan Teknik Pengumpulan Data.....	34
4.2 Metode Analisis Data.....	35

4.3	Bagan Alir Penelitian	42
4.4	<i>Timeline</i> Kegiatan Penelitian.....	43
BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....		44
5.1	Hasil Observasi Lapangan terhadap Fasilitas TPS Limbah B3	44
5.2	Evaluasi dan Perbaiki TPS Limbah B3 di PT XYZ	50
5.3	Perhitungan Perancangan Fasilitas TPS Limbah B3.....	72
5.4	Spesifikasi Dimensi Ruang TPS Limbah B3 PT XYZ.....	83
5.5	Desain Usulan TPS Limbah B3 PT XYZ.....	91
BAB VI PENUTUP		103
6.1	Kesimpulan	103
6.2	Saran.....	103
DAFTAR PUSTAKA		105
LAMPIRAN.....		108



DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Penelitian Terdahulu.....	31
Tabel 4. 1 Jadwal Pelaksanaan Kegiatan Penelitian.....	43
Tabel 5. 1 Karakteristik Limbah B3 pada PT XYZ.....	44
Tabel 5. 2 Data Jumlah Timbulan Limbah B3 pada tahun 2024.....	45
Tabel 5. 3 Kondisi Bangunan TPS Limbah B3 di PT XYZ saat ini.....	48
Tabel 5. 4 Kondisi Penyimpanan TPS Limbah B3 di PT XYZ saat ini	49
Tabel 5. 5 Kondisi Pengemasan TPS Limbah B3 di PT XYZ saat ini.....	49
Tabel 5. 6 Kondisi Pelabelan dan Simbol TPS Limbah B3 di PT XYZ saat ini ...	50
Tabel 5. 7 Evaluasi dan Perbaikan Standar Bangunan pada TPS 3.....	51
Tabel 5. 8 Evaluasi dan Perbaikan Standar Bangunan pada TPS 5.....	54
Tabel 5. 9 Evaluasi dan Perbaikan Standar Penyimpanan pada TPS 3	57
Tabel 5. 10 Evaluasi dan Perbaikan Standar Penyimpanan pada TPS 5.....	59
Tabel 5. 11 Evaluasi dan Perbaikan Standar Pengemasan pada TPS 3	61
Tabel 5. 12 Evaluasi dan Perbaikan Standar Pengemasan pada TPS 5.....	63
Tabel 5. 13 Evaluasi dan Perbaikan Standar Palabelan dan Simbol pada TPS 3..	66
Tabel 5. 14 Evaluasi dan Perbaikan Standar Palabelan dan Simbol pada TPS 5..	69
Tabel 5. 15 Data Jumlah Limbah pada TPS 3 dan TPS 5	73
Tabel 5. 16 Spesifikasi Bangunan TPS 3	86
Tabel 5. 17 Spesifikasi Bangunan TPS 5	90

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Simbol Limbah B3 Karakteristik Eksplosif.....	9
Gambar 2. Simbol Limbah B3 Karakteristik Cairan Mudah Menyala	10
Gambar 3. Simbol Limbah B3 Karakteristik Padatan Mudah Menyala	10
Gambar 4. Simbol Limbah B3 Karakteristik Reaktif.....	11
Gambar 5. Simbol Limbah B3 Karakteristik Beracun	12
Gambar 6. Simbol Limbah B3 Karakteristik Berbahaya Terhadap Lingkungan....	13
Gambar 7. Simbol Limbah B3 Karakteristik Infeksius	14
Gambar 8. Simbol Limbah B3 Karakteristik Korosif.....	14
Gambar 9. Bagan Alir Penelitian	42
Gambar 10. Proporsi Jumlah Timbulan Limbah B3 pada tahun 2024.....	46
Gambar 11. Kondisi saat ini TPS 3	47
Gambar 12. Kondisi saat ini TPS 5	47
Gambar 13. Pola Penataan Drum pada Palet	76
Gambar 14. Pola Penataan <i>Jumbo Bag</i> pada Palet.....	76
Gambar 15. Tinggi Tumpukan Kemasan Drum Logam.....	85
Gambar 16. Tinggi Atap TPS 3	86
Gambar 17. Tampak Atas Bangunan TPS 3	87
Gambar 18. Tinggi Tumpukan Kemasan <i>Jumbo Bag</i>	89
Gambar 19. Tinggi Atap TPS 5	90
Gambar 20. Tampak Atas Bangunan TPS 5	91
Gambar 21. Desain Bangunan pada TPS 3	92
Gambar 22. Desain Bangunan pada TPS 5	93
Gambar 23. Representasi Peletakan APAR pada TPS 3	94
Gambar 24. Representasi Peletakan APAR pada TPS 5	95
Gambar 25. Representasi Pemasangan Lampu pada TPS 3.....	96
Gambar 26. Representasi Pemasangan Lampu pada TPS 5.....	97
Gambar 27. Representasi Pemasangan Ventilasi pada TPS 3	98
Gambar 28. Representasi Pemasangan Ventilasi pada Sisi Kanan TPS 5.....	99

Gambar 29. Representasi Pemasangan Ventilasi pada Sisi Kiri TPS 5.....	100
Gambar 30. Perbaikan Pelabelan dan Simbol di TPS 3.....	101
Gambar 31. Perbaikan Pelabelan dan Simbol di TPS	102



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Pedoman Wawancara	108
Lampiran 2. Site Plan Existing TPS Limbah B3 di PT XYZ.....	112
Lampiran 3. SOP Penanganan Limbah B3 Cair di PT XYZ.....	114
Lampiran 4. Intruksi Kerja Penanganan Limbah Padat di PT XYZ	115
Lampiran 5. Gambar Teknis Layout TPS 3.....	117
Lampiran 6. Gambar Teknis Layout TPS 5.....	121
Lampiran 7. Tampilan Isometri Bangunan TPS 3	126
Lampiran 8. Tampilan Isometri Bangunan TPS 5	130
Lampiran 9. Lembar Asistensi Dosen Pembimbing I.....	134
Lampiran 10. Lembar Asistensi Dosen Pembimbing II	137
Lampiran 11. Hasil Cek Turnitin.....	140

INTISARI

Usulan Desain *Layout* Tempat Penyimpanan Sementara Limbah Bahan Berbahaya Dan Beracun Pada PT XYZ

Oleh

RANIA RATNADEWATI ARIF PUTRI

2202045

PT XYZ merupakan perusahaan tekstil berskala besar yang menghasilkan limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) dari kegiatan produksinya. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kondisi Tempat Penyimpanan Sementara (TPS) limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) di PT XYZ serta menyusun usulan desain layout yang sesuai dengan regulasi yang berlaku. Penelitian difokuskan pada dua lokasi TPS, yaitu TPS 3 dan TPS 5, yang masing-masing digunakan untuk menyimpan limbah oli bekas, *Sludge* IPAL, majun terkontaminasi, dan lampu TL bekas. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah studi lapangan dengan pendekatan observasi dan wawancara, dilengkapi dengan perhitungan teknis berbasis regulasi. Analisis dilakukan untuk menghitung kebutuhan fasilitas TPS, meliputi jumlah drum dan *jumbo bag* berdasarkan volume limbah, jumlah palet, blok penyimpanan, lebar lorong (*aisle*) untuk pergerakan *hand stacker*, pencahayaan berdasarkan intensitas standar, luas ventilasi alami, serta jumlah alat pemadam api ringan (APAR) berdasarkan keliling bangunan dan pemodelan menggunakan *AutoCAD* (2D) dan *SketchUp* (3D). Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi TPS yang ada belum memenuhi standar teknis, seperti tidak adanya pemisahan limbah, lantai yang belum kedap air, dan pelabelan yang belum lengkap. Berdasarkan penghitungan, diperoleh kebutuhan jumlah kemasan dan fasilitas penunjang yang sesuai standar. Usulan desain *layout* disusun dengan mempertimbangkan penataan limbah sesuai karakteristik, kebutuhan ruang manuver, dan kelengkapan fasilitas keselamatan, sehingga lebih sesuai dengan regulasi serta meningkatkan efektivitas pengelolaan limbah di PT XYZ.

Kata Kunci : Limbah B3, Tempat Penyimpanan Sementara (TPS), Desain *Layout*

ABSTRACT

Proposed Layout Design for Temporary Storage of Hazardous and Toxic Waste at PT XYZ

By

RANIA RATNADEWATI ARIF PUTRI

2202045

PT XYZ is a large-scale textile manufacturing company that generates hazardous and toxic waste (B3) from its production activities. This study aims to examine the current condition of the Temporary Storage Facility (TPS) for hazardous and toxic waste at PT XYZ and to propose a layout design that complies with existing regulations. The research focuses on two TPS locations, namely TPS 3 and TPS 5, which are used to store used oil waste, wastewater treatment sludge (Sludge IPAL), contaminated rags, and used fluorescent lamps (TL). The method applied in this study is a field study using observation and interview approaches, supported by technical calculations based on regulatory standards. The analysis includes calculating the facility needs for the TPS, such as the number of drums and jumbo bags based on waste volume, number of pallets, storage blocks, aisle width for hand stacker movement, lighting requirements according to standard intensity, natural ventilation area, and the number of fire extinguishers (APAR) based on building perimeter. The layout modeling was conducted using AutoCAD (2D) and SketchUp (3D). The results indicate that the existing TPS does not meet technical standards, including the absence of waste separation, non-impermeable flooring, and incomplete labeling. Based on the calculations, the required quantity of packaging and supporting facilities were identified in accordance with the standards. The proposed layout design takes into account waste segregation based on characteristics, maneuvering space requirements, and the completeness of safety facilities, resulting in improved regulatory compliance and more effective hazardous waste management at PT XYZ.

Keywords : *Hazardous Waste, Temporary Storage Facility (TPS), Layout Design*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

PT XYZ merupakan perusahaan manufaktur yang bergerak di bidang pertekstilan dengan skala produksi tinggi yang memainkan peran penting dalam perekonomian nasional. Sebagai bagian dari industri tekstil yang dinamis, PT XYZ menjalankan berbagai kegiatan dalam proses produksi antara lain, *spinning* (pemintalan), *weaving* (penenunan), *knitting* (perajutan), *bleaching* (pewarnaan), hingga *finishing* yang merupakan kegiatan terakhir pada PT XYZ. Perusahaan ini memanfaatkan beragam bahan baku, seperti *cotton*, *polyester*, *polyester cotton*, *blended* atau semua macam *synthetic fabrica* lainnya yang kemudian diolah untuk menghasilkan produk tekstil berkualitas tinggi yang memenuhi berbagai kebutuhan pasar, baik dalam negeri maupun luar negeri.

Dari kelima kegiatan utama tersebut, proses *spinning* memegang peran yang sangat penting dalam proses produksi perusahaan, karena dalam proses ini bahan baku diproses dan diubah menjadi benang siap untuk digunakan dalam tahap produksi selanjutnya. Keberhasilan dalam proses *spinning* mempengaruhi kualitas dan efisiensi produk akhir (Ropikoh *et al.*, 2022). Kegiatan *spinning* terdiri dari empat departemen yaitu *zenbo*, *chobo*, *kobo*, dan *winding*. Seiring dengan meningkatnya volume produksi, perusahaan ini juga menghasilkan berbagai jenis limbah yang perlu dikelola dengan hati-hati untuk mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan.

Limbah yang dihasilkan perusahaan terdiri dari dua jenis, yaitu limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) serta limbah non-B3. Limbah B3 merupakan sisa dari suatu kegiatan atau usaha yang mengandung bahan, energi, dan/atau komponen lain yang berpotensi mencemari atau merusak lingkungan serta membahayakan kesehatan manusia dan makhluk hidup lainnya, baik secara langsung maupun tidak langsung, tergantung sifat, konsentrasi, dan jumlahnya (Lubis *et al.*, 2023).

Limbah B3 yang timbul di antaranya berupa *Sludge* Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL), oli bekas dari perawatan mesin, majun terkontaminasi atau kain

untuk membersihkan oli perawatan mesin, *fly ash* kering dan basah yang terbentuk selama proses pembakaran, serta *bottom ash* yang dihasilkan dari sisa pembakaran. Selain itu, perusahaan ini juga menghasilkan lampu TL (*tube lamp*) bekas, limbah medis bekas yang mengandung bahan berbahaya, kemasan bekas yang tergolong limbah B3, dan limbah terkontaminasi yang memerlukan pengelolaan sesuai dengan standar lingkungan.

Berdasarkan informasi dari masyarakat sekitar, pengelolaan limbah yang kurang optimal di PT XYZ telah menimbulkan ketidaknyamanan bagi pemukiman di sekitarnya, seperti munculnya bau menyengat dari area penyimpanan limbah, serta kekhawatiran akan pencemaran air tanah akibat kondisi fasilitas yang tidak memadai. Hal ini menunjukkan bahwa permasalahan pengelolaan limbah tidak hanya berdampak internal, tetapi juga telah menimbulkan gangguan eksternal di lingkungan sekitar perusahaan.

Pengelolaan limbah B3 bertujuan untuk mengurangi atau menghilangkan sifat berbahaya dari limbah tersebut, dan menjadi aspek penting dalam operasional industri. Salah satu aspek krusial dalam pengelolaan ini adalah penyimpanan di TPS, yang mencakup pengumpulan dalam wadah aman, pengemasan sesuai standar, pelabelan informatif, serta pelabelan dan pemberian simbol sesuai regulasi yang berlaku saat ini untuk mencegah kontaminasi dan meningkatkan keselamatan.

Dalam upaya mengurangi dampak tersebut, pengelolaan limbah B3 menjadi aspek penting dalam operasional industri, khususnya dalam hal penyimpanan. Berdasarkan PERMEN LHK Nomor 6 tahun 2021, setiap perusahaan yang menghasilkan limbah B3 wajib memiliki TPS limbah B3. TPS limbah B3 harus memenuhi ketentuan teknis yang mencakup pengemasan yang aman, pelabelan informatif, pewadahan sesuai standar, simbol peringatan, dan infrastruktur yang mendukung keselamatan serta mencegah kontaminasi lingkungan.

Dalam konteks penyimpanan, PT XYZ memiliki TPS limbah B3 dengan spesifikasi berbeda. Namun, berdasarkan pengamatan yang dilakukan bahwa kondisi TPS yang ada di PT XYZ saat ini masih perlu ditingkatkan. Adapun masalah yang dihadapi yaitu infrastruktur yang kurang memadai antara lain dinding hanya menggunakan kawat dan lantai tidak kedap air. PERMEN LHK

Nomor 6 tahun 2021, mendorong PT XYZ menyesuaikan sistem dan infrastruktur pengelolaan limbah B3, yang menjadi urgensi dalam penelitian ini. Ketidaksesuaian TPS limbah B3 dengan regulasi tidak hanya berpotensi menimbulkan pencemaran lingkungan, tetapi juga dapat berdampak pada reputasi perusahaan dan ketidakpatuhan terhadap hukum yang berlaku. Oleh karena itu, diperlukan desain ulang dan perbaikan *layout* TPS limbah B3 di PT XYZ guna menyesuaikan regulasi yang berlaku saat ini, serta meningkatkan efektivitas, keselamatan, dan kepatuhan terhadap pengelolaan limbah B3 secara menyeluruh.

1.2 Rumusan Masalah

Bedasarkan latar belakang di atas, maka permasalahan yang terdapat dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana kondisi saat ini pada Tempat Penyimpanan Sementara (TPS) Limbah B3 di PT XYZ?
2. Bagaimana usulan desain *layout* Tempat Penyimpanan Sementara (TPS) Limbah B3 yang memenuhi syarat sesuai regulasi yang berlaku di Indonesia?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui kondisi saat ini pada penyimpanan limbah B3 di PT XYZ.
2. Merancang usulan desain Tempat Penyimpanan Sementara (TPS) Limbah B3 yang memenuhi syarat sesuai dengan regulasi yang berlaku di Indonesia.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diperoleh dari adanya penelitian ini yang diharapkan dapat memberikan manfaat yang tidak hanya untuk penulis tetapi dapat menjadi manfaat bagi pihak lain, sebagai berikut:

1. Bagi PT XYZ
Penelitian ini dapat menjadi dasar untuk meningkatkan efektivitas dalam pengelolaan perusahaan. Selain itu, dengan adanya usulan rancangan desain TPS Limbah B3 yang sesuai dengan regulasi terbaru, perusahaan dapat lebih

mudah menyesuaikan diri dengan peraturan yang berlaku. Peningkatan dalam sistem penyimpanan ini juga dapat meningkatkan efektivitas dan meningkatkan keselamatan dalam pengelolaan limbah B3.

2. Bagi Politeknik Transportasi Darat Bali

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi sarana untuk menambah referensi kepada civitas akademika dan mahasiswa/i mengenai pengelolaan dan perancangan TPS limbah B3 yang efisien dan sesuai dengan regulasi.

3. Bagi Mahasiswa/I

Penelitian ini dapat menjadi sarana pembelajaran yang bermanfaat dalam memahami pentingnya pengelolaan limbah B3 di industri. Mahasiswa/I dapat memperoleh wawasan serta pengalaman dalam menganalisis kondisi saat ini, mengidentifikasi permasalahan, dan merancang solusi yang berbasis regulasi.

1.5 Batasan Masalah

Untuk menjaga fokus dan menghindari perluasan bahasan yang tidak relevan, penelitian ini menetapkan batasan masalah yang dirinci sebagai berikut:

1. Dalam penelitian ini hanya berfokus pada penyimpanan, pengemasan, pelabelan, pemberian simbol, dan kondisi bangunan pada TPS limbah B3.
2. Dalam penelitian ini tidak mempertimbangkan kegiatan pengurangan limbah, baik dari sisi proses produksi maupun upaya pengurangan volume limbah sebelum masuk ke TPS.
3. Dalam penelitian ini tidak termasuk membuat tata cara pengelolaan TPS dan pembuatan SOP untuk proses penyimpanan limbah B3 di PT XYZ.
4. Dalam penelitian ini tidak memperhitungkan biaya dan anggaran revitalisasi serta diasumsikan dana untuk revitalisasi TPS Limbah B3 ini tersedia.
5. Usulan *layout* TPS limbah B3 terfokus pada 2 TPS yaitu TPS 3 dan 5 dan berdasar pada PERMEN LHK No. 14 tahun 2013 dan PERMEN LHK No. 6 tahun 2021.

BAB II

GAMBARAN UMUM

2.1 Kondisi Wilayah Kajian

PT XYZ merupakan perusahaan manufaktur yang bergerak di bidang industri tekstil dan berlokasi di provinsi Jawa Timur. Lokasi ini berada di kawasan yang strategis untuk kegiatan industri karena memiliki akses yang baik terhadap transportasi, tenaga kerja, dan infrastruktur pendukung lainnya. Lingkungan sekitar mendukung keberlangsungan aktivitas industri dengan adanya kemudahan dalam pengadaan bahan baku serta distribusi hasil produksi.

Sebagai bagian dari kawasan industri yang berkembang pesat, wilayah ini juga menghadapi tantangan terkait pengelolaan lingkungan, terutama dalam hal pengelolaan limbah industri. Oleh karena itu, keberadaan sistem manajemen limbah yang baik, termasuk pengelolaan limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3), menjadi aspek krusial yang harus dipenuhi oleh setiap perusahaan yang beroperasi di wilayah ini.

2.2 Kondisi Objek yang dikaji

PT XYZ merupakan perusahaan tekstil yang memiliki beberapa unit produksi, salah satunya adalah departemen *spinning* (pemintalan). Proses ini menjadi fokus utama dalam penelitian karena menghasilkan limbah B3 dari aktivitas pemeliharaan mesin dan operasional harian, seperti oli bekas dan majun bekas terkontaminasi. Limbah tersebut ditampung dalam dua Tempat Penyimpanan Sementara (TPS), yakni TPS 3 dan TPS 5, yang masing-masing memiliki peran dan karakteristik berbeda dalam menampung jenis limbah B3 yang dihasilkan.

TPS 3 digunakan khusus untuk menyimpan limbah oli bekas. Bangunan TPS ini berukuran 4x3 meter dengan struktur yang belum memenuhi standar, seperti dinding dari kawat ram, ventilasi terlalu besar, dan lantai tanah bergelombang yang tidak kedap air. Sistem pencahayaan sudah tersedia, namun fasilitas keselamatan seperti penanganan tumpahan dan sistem blok penyimpanan belum optimal. Kemasan limbah berupa drum logam, tetapi sebagian sudah berkarat dan belum

diberi label lengkap seperti penanda posisi tutup atau keterangan isi untuk kemasan kosong.

Sementara itu, TPS 5 memiliki fungsi lebih kompleks karena digunakan untuk menyimpan tiga jenis limbah B3 sekaligus, yaitu majun bekas, lampu TL bekas, dan *Sludge* IPAL. Ukuran bangunannya lebih besar, yakni 6x4 meter, namun tidak ada pemisahan antar jenis limbah yang berbeda karakteristik. Struktur bangunan juga serupa dengan TPS 3, masih menggunakan kawat ram untuk dinding dan ventilasi yang terlalu terbuka. Selain itu, *Sludge* IPAL belum dikemas dalam *jumbo bag* sebagaimana mestinya, dan belum tersedia tembok pemisah di dalam area penyimpanan.

Kedua TPS tersebut juga memiliki kekurangan dalam aspek pelabelan dan pemberian simbol. Meskipun beberapa kemasan telah dilengkapi simbol sesuai ketentuan, masih terdapat kekurangan seperti tidak adanya simbol untuk kemasan kosong dan label posisi tutup. Hal ini menunjukkan bahwa sistem penyimpanan limbah B3 di PT XYZ, baik di TPS 3 maupun TPS 5, memerlukan peningkatan dari segi teknis dan struktural agar dapat sesuai dengan standar yang ditetapkan dalam PERMEN LHK Nomor 6 Tahun 2021 dan PERMEN LHK Nomor 14 Tahun 2013.

Kondisi saat ini TPS limbah B3 di PT XYZ, yaitu TPS 3 dan TPS 5, belum sepenuhnya memenuhi standar yang ditetapkan dalam PERMEN LHK Nomor 6 tahun 2021 serta PERMEN LHK Nomor 14 Tahun 2013. Kedua lokasi ini menunjukkan perlunya perbaikan baik secara struktural maupun operasional agar dapat memenuhi persyaratan teknis sesuai dengan ketentuan perundangan yang berlaku.

BAB III

TINJAUAN PUSTAKA

3.1 Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3)

Bedasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan (PERMEN LHK) Nomor 6 tahun 2021. Limbah B3 merupakan sisa dari proses kegiatan produksi yang mengandung zat berbahaya karena sifatnya yang beracun, mudah terbakar, reaktif, maupun korosif. Limbah ini dapat berupa zat, energi, atau komponen lainnya yang berpotensi menimbulkan dampak merugikan terhadap lingkungan dan kesehatan manusia. Limbah B3 memiliki karakteristik, konsentrasi, serta jumlah tertentu yang dapat mencemari lingkungan, merusak keseimbangan ekosistem, serta mengancam keselamatan manusia dan makhluk hidup lainnya. Oleh karena itu, penanganan limbah B3 memerlukan perhatian dan penanganan khusus mengingat risiko bahaya yang bisa ditimbulkan, baik secara langsung maupun tidak langsung. Contohnya, limbah dari sektor industri, penggunaan pestisida, serta bahan kimia lainnya yang tidak ditangani dengan baik bisa mencemari media lingkungan seperti tanah, air, dan udara, sehingga berpotensi menyebabkan kerusakan lingkungan yang parah dan berdampak negatif pada kesehatan.

3.1.1 Sumber Limbah Bahan Bahaya dan Beracun (B3)

Produk sampingan dari suatu perusahaan atau kegiatan yang mengandung zat yang berpotensi membahayakan dikenal sebagai Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (Herliana *et al.*, 2024). Pencemaran lingkungan dan menimbulkan risiko terhadap kesehatan manusia dan non-manusia merupakan dua kemungkinan akibat dari limbah B3, berdasarkan sumbernya limbah B3 dibedakan menjadi:

1. Limbah B3 dari sumber tidak spesifik didefinisikan sebagai limbah yang tidak berasal dari proses produksi primer melainkan dari berbagai operasi tambahan. Meskipun tidak terkait dengan proses industri primer, sumber yang tidak spesifik ini tetap berkontribusi terhadap aliran limbah dengan menghasilkan senyawa berbahaya dan beracun. Misalnya, saat melakukan

pemeliharaan alat dapat dihasilkan limbah dari pelumas atau pelarut yang mengandung zat berbahaya.

2. Limbah B3 dari sumber spesifik, adalah limbah yang dihasilkan secara langsung dari proses suatu industri atau kegiatan tertentu. Limbah ini dapat diidentifikasi dan ditentukan secara jelas berdasarkan kajian ilmiah dan analisis proses produksi yang dilakukan. Contoh limbah B3 dari sumber spesifik termasuk limbah yang dihasilkan dari pabrik kimia, seperti sisa bahan baku, produk gagal, atau limbah reaksi yang mengandung zat berbahaya. Karena limbah ini berasal dari proses yang terdefinisi dengan baik, karakteristik dan komposisinya dapat dianalisis dengan tepat, sehingga memudahkan dalam pengelolaan dan penanganannya.
3. Limbah B3 berasal dari bahan berbahaya dan beracun yang telah kedaluwarsa, tumpah, tidak memenuhi spesifikasi produk untuk digunakan, serta bekas kemasan B3. Limbah ini umumnya dihasilkan akibat kesalahan dalam proses produksi atau penggunaan kemasan B3, sehingga menghasilkan zat sisa yang harus dibuang.

3.1.2 Kategori Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3)

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, untuk mempermudah proses identifikasi dan pengelolaan limbah B3, limbah tersebut dibagi menjadi dua kategori, yaitu, antara lain:

1. Limbah B3 kategori 1 adalah limbah yang memberikan dampak akut dan langsung terhadap lingkungan atau manusia.
2. Limbah B3 kategori 2 adalah limbah yang memiliki efek tunda dan berdampak tidak langsung pada lingkungan maupun manusia.

3.1.3 Karakteristik Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3)

Karena limbah B3 memiliki bentuk dan ukuran yang beragam, maka cara penanganannya pun harus beragam. Berikut ini adalah jenis-jenis limbah berdasarkan karakteristiknya yang ditetapkan dalam Peraturan Menteri Lingkungan

Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 6 Tahun 2021 tentang Tata Cara dan Persyaratan Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun

1. Mudah Meledak (Eksplusif)

Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) yang bersifat mudah meledak merupakan jenis limbah yang berpotensi mengalami ledakan pada kondisi suhu dan tekanan standar, yakni 25°C dan 760 mmHg. Limbah ini dapat mengalami reaksi fisik maupun kimia yang menghasilkan gas dalam jumlah besar pada suhu atau tekanan tinggi, sehingga menimbulkan energi ledakan yang signifikan dan berpotensi merusak lingkungan secara instan. Oleh karena itu, pengelolaan limbah B3 yang memiliki karakteristik mudah meledak menjadi aspek yang sangat krusial. Diperlukan upaya pencegahan dan penanganan yang tepat guna meminimalkan risiko kecelakaan yang dapat membahayakan keselamatan manusia maupun kelestarian ekosistem. Untuk mempermudah identifikasi dan meningkatkan kewaspadaan, limbah dengan karakteristik ini diberi label khusus berupa simbol berwarna oranye dengan ikon ledakan dan tulisan “Mudah Meledak”, sebagaimana ditampilkan pada Gambar 1 berikut.



(Sumber: PERMEN LHK No. 14 Tahun 2013)

Gambar 1. Simbol Limbah B3 Karakteristik Eksplosif

2. Mudah Menyala

Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) yang memiliki karakteristik mudah menyala merupakan limbah yang sangat rentan terbakar jika berada dalam kondisi tertentu. Pada tekanan atmosfer standar sebesar 760 mmHg, limbah dalam bentuk cair dikategorikan mudah menyala apabila mengandung alkohol tidak lebih dari 24% berdasarkan volume, atau memiliki titik nyala di

bawah 60°C (140°F). Limbah ini sangat mudah terbakar apabila bersentuhan dengan api terbuka, percikan listrik, atau sumber panas lainnya. Ciri khas limbah jenis ini digambarkan melalui Gambar 2, yang menunjukkan simbol merah dengan gambar nyala api dan tulisan “Cairan Mudah Menyala”.



(Sumber: PERMEN LHK No. 14 Tahun 2013)

Gambar 2. Simbol Limbah B3 Karakteristik Cairan Mudah Menyala

Sementara itu, limbah dalam bentuk padat juga dapat dikategorikan mudah menyala apabila dapat terbakar pada suhu ruang (sekitar 25°C), terutama akibat gesekan, penyerapan kelembaban udara, atau reaksi kimia tak terkendali. Limbah padat dengan karakteristik ini dapat menghasilkan api yang menyala terus-menerus dan sulit dipadamkan. Identifikasi terhadap karakteristik ini umumnya tidak memerlukan uji laboratorium khusus. Simbol untuk limbah padat mudah menyala ditampilkan pada Gambar 3, yang menunjukkan ikon api berwarna hitam dengan latar merah-putih bergaris dan keterangan “Padatan Mudah Menyala”.



(Sumber: PERMEN LHK No. 14 Tahun 2013)

Gambar 3. Simbol Limbah B3 Karakteristik Padatan Mudah Menyala

3. Bersifat Reaktif

Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (Limbah B3) yang reaktif adalah limbah yang memiliki satu atau lebih sifat tertentu yang dapat menimbulkan bahaya:

a. Ketidakstabilan pada Keadaan Normal

Limbah ini tidak stabil dalam kondisi normal dan dapat mengalami perubahan yang signifikan tanpa menghasilkan peledakan. Secara visual, limbah reaktif ini mungkin menunjukkan tanda-tanda seperti gelembung gas, asap, atau perubahan warna, yang mengindikasikan adanya reaksi kimia yang berlangsung.

b. Reaksi dengan Air

Selain itu, bila tercampur dengan air, limbah reaktif memiliki kemampuan untuk meledak atau melepaskan gas, uap, atau bau yang berbahaya. Sangat penting untuk berhati-hati saat menangani limbah jenis ini karena keberadaannya dapat langsung teridentifikasi, tanpa perlu pengujian laboratorium.

c. Limbah Sianida dan Sulfida

Selain itu, gas, uap, atau asap berbahaya dapat dihasilkan oleh sampah yang mengandung sianida atau sulfida saat kadar pH berada di antara 2 dan 12,5. Analisis kualitatif terhadap sampah dapat mengungkap kualitas ini.

Karakteristik limbah reaktif ini sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.



(Sumber: PERMEN LHK No. 14 Tahun 2013)

Gambar 4. Simbol Limbah B3 Karakteristik Reaktif

4. Beracun

Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (Limbah B3) yang beracun adalah limbah yang memiliki karakteristik beracun berdasarkan hasil uji tertentu, seperti TCLP, Uji Toksikologi LD50, dan uji sub-kronis.

a. Penentuan Karakteristik Beracun melalui *Toxicity Characteristic Leaching Procedure* (TCLP)

Limbah diklasifikasikan sebagai B3 kategori 1 apabila kadar zat pencemarnya melebihi batas ambang TCLP-A. Sementara itu, jika kadar zat pencemarnya berada di antara nilai TCLP-A dan TCLP-B maka limbah tersebut termasuk dalam kategori 2.

b. Uji Toksikologi LD50

Jika nilai LD50 kurang dari atau sama dengan 50 mg/kg berat badan, maka limbah digolongkan sebagai B3 kategori 1. Sebaliknya, jika nilai LD50 berada di atas 50 mg/kg tetapi tidak melebihi 5000 mg/kg, maka limbah masuk dalam kategori 2.

c. Uji Sub-kronis

Untuk limbah yang diuji selama 90 hari pada hewan uji mencit dan menunjukkan tanda-tanda toksisitas sub-kronis, maka limbah tersebut diklasifikasikan ke dalam kategori B3 tingkat 2.

Sebagai tanda limbah beracun diberikan simbol khusus dengan tulisan "Beracun", yang berfungsi sebagai penanda visual terhadap risiko kesehatan. Simbol ini dapat dilihat pada Gambar 5 berikut.



(Sumber: PERMEN LHK No. 14 Tahun 2013)

Gambar 5. Simbol Limbah B3 Karakteristik Beracun

5. Berbahaya Terhadap Lingkungan

Limbah B3 yang bersifat berbahaya terhadap lingkungan adalah bahan sisa dari proses industri atau kegiatan lainnya yang dapat mencemari tanah, air, dan udara. Limbah ini berpotensi merusak ekosistem, membunuh flora dan fauna, serta mengganggu keseimbangan lingkungan. Apabila limbah ini terlepas ke alam tanpa pengelolaan yang tepat, dampaknya bisa berlangsung jangka panjang dan sulit dipulihkan. Untuk menandai limbah dengan karakteristik ini, digunakan simbol khusus yang menunjukkan ancaman terhadap lingkungan, yang biasanya berupa gambar pohon dan ikan mati sebagai peringatan visual. Simbol limbah ini dapat ditampilkan sebagai Gambar 6.



(Sumber: PERMEN LHK No. 14 Tahun 2013)

Gambar 6. Simbol Limbah B3 Karaktristik Berbahaya Terhadap Lingkungan

6. Infeksius

Limbah medis padat yang terinfeksi organisme berbahaya yang jarang terlihat di alam dikenal sebagai limbah B3 yang menular. Jumlah mikroba ini cukup banyak, dengan tingkat virulensi yang cukup tinggi, untuk menginfeksi orang yang tidak kebal. Berbagai bentuk limbah yang menular meliputi:

- a. Limbah laboratorium dan limbah dari fasilitas kesehatan.
- b. Puing-puing termasuk benda tajam, beserta jarum suntik, peralatan intravena, pipet pasteur, dan pecahan kaca.
- c. Barang yang terkontaminasi atau diinokulasi.
- d. Limbah sitotoksik, yang dapat membunuh atau membatasi perkembangbiakan sel hidup.

Ciri khas limbah ini digambarkan pada Gambar 7, yang menunjukkan simbol *biohazard* berwarna hitam dengan latar oranye dan tulisan “Infeksius”.



(Sumber: PERMEN LHK No. 14 Tahun 2013)

Gambar 7. Simbol Limbah B3 Karakteristik Infeksius

7. Korosif

Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) yang tergolong korosif merupakan limbah yang memiliki karakteristik tertentu yang dapat menimbulkan kerusakan pada material atau jaringan hidup.

a. Nilai pH yang Ekstrem

Limbah dikategorikan sebagai bersifat korosif apabila memiliki nilai pH yang sangat rendah (≤ 2).

b. Tingkat Iritasi

Selain itu, eritema (kemerahan) dan edema (pembengkakan) merupakan indikator iritasi yang disebabkan oleh limbah korosif.

Ciri khas limbah jenis ini digambarkan melalui Gambar 8.



(Sumber: PERMEN LHK No. 14 Tahun 2013)

Gambar 8. Simbol Limbah B3 Karakteristik Korosif

3.2 Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3)

Pengelolaan limbah B3 mengacu pada serangkaian tindakan yang diambil untuk mengurangi dampak buruk pada ekosistem dan kesehatan manusia yang disebabkan oleh limbah berbahaya dan beracun. Industri, fasilitas kesehatan, fasilitas penelitian, dan bahkan proses domestik tertentu dapat menghasilkan limbah B3 karena adanya bahan berbahaya, mudah meledak, mudah terbakar, atau korosif. Untuk mencegah penanganan limbah B3 yang aman dan pencemaran lingkungan selanjutnya, pengelolaannya harus metodis dan dilakukan sesuai dengan aturan yang relevan (Pramestyawati, 2019).

3.2.1 Pihak-pihak Pengelolaan Limbah B3

Pihak-pihak berikut terlibat dalam proses pengelolaan limbah B3 dan bertanggung jawab atas berbagai aspeknya:

- 1. Penghasil**

Penghasil limbah B3 adalah entitas atau individu yang menghasilkan limbah B3 dalam kegiatan operasionalnya, seperti industri manufaktur, rumah sakit, laboratorium, dan sektor lainnya. Penghasil limbah bertanggung jawab dalam melakukan identifikasi, pencatatan, serta pengemasan limbah sesuai dengan standar yang ditetapkan.

- 2. Pengumpul**

Pengumpul limbah B3 adalah pihak yang bertugas mengumpulkan limbah dari berbagai sumber sebelum dilakukan pengangkutan atau pengolahan lebih lanjut. Pengumpulan ini harus sesuai dengan prosedur yang aman untuk menghindari risiko pencemaran lingkungan atau bahaya terhadap manusia.

- 3. Pengangkut**

Pengangkut limbah B3 merupakan pihak yang bertanggung jawab dalam proses transportasi limbah dari tempat penghasil atau pengumpul menuju lokasi pengolahan atau penimbunan. Pengangkutan harus menggunakan kendaraan khusus yang telah memenuhi standar keamanan dan memiliki izin resmi dari otoritas terkait.

4. Pemanfaat

Pemanfaat limbah B3 adalah pihak yang memanfaatkan kembali limbah B3 dengan tujuan mengurangi dampak negatifnya terhadap lingkungan. Pemanfaatan limbah dapat dilakukan melalui berbagai cara, seperti daur ulang atau pemanfaatan energi dari limbah B3.

5. Pengolah

Pengolah limbah B3 bertugas melakukan proses pengolahan limbah guna mengurangi tingkat bahaya atau mengubah limbah menjadi bentuk yang lebih aman bagi lingkungan. Proses ini dapat mencakup metode fisik, kimia, atau biologis, tergantung pada jenis limbah yang diolah.

6. Penimbun

Penimbun limbah B3 adalah badan usaha yang melakukan kegiatan penimbunan limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) di lokasi tertentu yang telah memenuhi persyaratan teknis dan lingkungan. Penimbunan dilakukan sebagai upaya akhir untuk mengelola limbah B3 yang tidak dapat didaur ulang, digunakan kembali, atau diolah lebih lanjut.

3.2.2 Kegiatan Pengelolaan Limbah B3

Dalam pengelolaan limbah B3, terdapat beberapa kegiatan utama yang harus dilakukan secara berurutan dan sesuai dengan prosedur yang berlaku, yaitu:

1. Pengurangan

Pengurangan limbah B3 merupakan langkah awal yang bertujuan untuk meminimalkan jumlah limbah yang dihasilkan melalui optimalisasi proses produksi, penggunaan bahan baku ramah lingkungan, atau penerapan teknologi yang lebih efisien.

2. Penyimpanan

Limbah B3 yang dihasilkan harus disimpan dalam wadah khusus yang tahan terhadap sifat berbahaya limbah tersebut. Penyimpanan harus dilakukan di tempat yang aman, sesuai dengan regulasi, serta memiliki label yang jelas agar mudah diidentifikasi dan terhindar dari risiko kontaminasi.

3. Pengumpulan

Setelah limbah disimpan dengan baik, tahap berikutnya adalah pengumpulan oleh pihak yang berwenang. Pengumpulan ini dilakukan agar limbah dapat segera dipindahkan ke fasilitas pengolahan atau pemanfaatan tanpa menimbulkan risiko lingkungan.

4. Pengangkutan

Limbah B3 yang telah dikumpulkan akan diangkut menggunakan kendaraan khusus menuju tempat pengolahan atau penimbunan. Pengangkutan limbah harus memperhatikan prosedur keselamatan serta perizinan dari instansi terkait guna memastikan tidak terjadi kebocoran atau insiden selama perjalanan.

5. Pemanfaatan

Mendaur ulang atau mengubah limbah B3 menjadi barang yang dapat digunakan kembali adalah cara pemanfaatannya.

6. Pengolahan

Pengolahan limbah B3 bertujuan untuk mengurangi atau menghilangkan karakteristik berbahaya dari limbah tersebut. Metode pengolahan dapat berupa stabilisasi, netralisasi, pembakaran, atau penggunaan teknologi lainnya sesuai dengan jenis limbah yang ditangani.

7. Penimbunan

Jika limbah B3 tidak dapat dimanfaatkan atau diolah lebih lanjut, langkah terakhir yang dilakukan adalah penimbunan di lokasi yang telah ditentukan. Penimbunan harus dilakukan di tempat yang telah memiliki izin resmi dan dirancang untuk mencegah pencemaran lingkungan, seperti landfill khusus untuk limbah B3.

3.3 Tempat Penyimpanan Sementara (TPS) Limbah B3

Tempat Penyimpanan Sementara (TPS) limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) merupakan fasilitas yang digunakan untuk menyimpan limbah B3 sebelum dilakukan pengangkutan ke lokasi pengolahan atau penimbunan akhir (Pramessti *et al.*, 2023). TPS limbah B3 harus memenuhi standar keamanan dan lingkungan

untuk mencegah pencemaran serta memastikan bahwa limbah tetap terkendali selama masa penyimpanan.

3.3.1 Pengemasan dan Pewadahan

Dalam konteks perencanaan fasilitas TPS, pengemasan dan pewadahan limbah menjadi aspek penting yang harus dipertimbangkan sejak awal. Penentuan kapasitas penyimpanan didasarkan pada estimasi jumlah timbulan limbah secara periodik, yang berguna untuk merancang volume ruang, jumlah kemasan, dan fasilitas pendukung lainnya.

Rata-rata timbulan limbah dapat dihitung berdasarkan data tahunan yang kemudian dirata-ratakan secara bulanan maupun kuartalan dengan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Rata - rata per bulan} \\ = \frac{\text{Jumlah Limbah dalam 1 Tahun}}{12 \text{ (bulan dalam 1 tahun)}} \end{aligned} \quad (3.1)$$

$$\begin{aligned} \text{Rata - rata per 3 bulan} \\ = \text{Rata - rata per bulan} \times 3 \end{aligned} \quad (3.2)$$

Selain memperkirakan jumlah timbulan limbah, terdapat strategi menentukan pengemasan dan pewadahan yang sesuai. Pengemasan dan pewadahan limbah B3 bertujuan untuk mencegah kebocoran, tumpahan, atau reaksi kimia yang dapat membahayakan manusia dan lingkungan. Wadah limbah B3 harus tahan terhadap zat berbahaya dan sesuai dengan kualitas limbah B3. Untuk menghindari kerusakan akibat penyimpanan atau pengangkutan, diperlukan pengemasan yang tepat. Prinsip utama dalam pengemasan dan pewadahan limbah B3 meliputi:

1. Menggunakan wadah yang kedap dan tahan terhadap korosi atau reaksi kimia.
2. Memastikan setiap wadah tertutup rapat untuk menghindari kontaminasi.
3. Memisahkan jenis limbah yang tidak kompatibel untuk mencegah reaksi berbahaya.

4. Menggunakan bahan penyerap di sekitar wadah untuk mengantisipasi kemungkinan kebocoran.

3.3.2 Pelabelan dan Pemberian Simbol

Setiap kemasan limbah B3 harus diberi label dan simbol yang sesuai untuk memastikan identifikasi yang jelas dan mencegah kesalahan penanganan. Pelabelan ini meliputi:

1. Nama dan jenis limbah B3.
2. Sumber atau penghasil limbah.
3. Tanggal penyimpanan.
4. Simbol bahaya yang sesuai dengan sifat limbah (mudah terbakar, beracun, korosif, atau reaktif).
5. Informasi kontak darurat jika terjadi kebocoran atau insiden lainnya.

Selain isi informasi, ukuran label dan simbol juga telah ditentukan berdasarkan standar untuk menjamin keterbacaan dan visibilitas. Pada kemasan limbah B3, ukuran label yang digunakan adalah 15 x 20 cm dan ukuran simbol adalah 10 x 10 cm. Sementara itu, untuk pelabelan dan penandaan pada bangunan TPS, ukuran label ditetapkan sebesar 60 x 80 cm dan ukuran simbol sebesar 25 x 25 cm.

3.4 Teknis dan Perhitungan Perancangan Fasilitas TPS Limbah B3

Beberapa komponen penting dalam perancangan meliputi estimasi kebutuhan jenis dan jumlah kemasan, penataan palet serta blok penyimpanan, perhitungan lebar lorong (*aisle*), hingga kebutuhan pencahayaan, ventilasi, dan apiApi Ringan (APAR).

Setiap elemen tersebut memiliki standar teknis tersendiri yang harus dipenuhi untuk memastikan fasilitas TPS dapat berfungsi secara optimal, aman, dan sesuai ketentuan lingkungan.

3.4.1 Penentuan Kebutuhan Palet

Dalam perencanaan fasilitas penyimpanan limbah B3, kebutuhan palet menjadi salah satu aspek penting yang harus diperhitungkan, karena berkaitan langsung dengan penataan kemasan di dalam TPS. Jenis dan jumlah palet yang

digunakan sangat dipengaruhi oleh jenis kemasan limbah, seperti drum maupun *jumbo bag*.

Setiap jenis kemasan memiliki karakteristik fisik dan kapasitas berbeda, sehingga memerlukan pendekatan perhitungan tersendiri dalam menentukan jumlah palet yang dibutuhkan.

Secara umum, kebutuhan palet untuk drum dihitung berdasarkan kapasitas penyimpanan tiap drum dan jumlah drum yang dapat ditata dalam satu palet. Sementara itu, untuk kemasan *jumbo bag*, satu palet biasanya digunakan untuk satu unit kemasan. Perhitungan kebutuhan palet dilakukan dengan rumus berikut:

1. Penghitungan Jumlah Drum

$$\text{Jumlah Drum} = \frac{\text{Jumlah Limbah (ltr)}}{\text{Kapasitas (ltr)}} \quad (3.3)$$

$$\text{Jumlah Palet} = \frac{\text{Jumlah Drum}}{4} \quad (3.4)$$

Sumber: Murti and Ibrahim, 2018

2. Penghitungan Jumlah *Jumbo Bag*

$$\text{Jumlah Jumbo Bag} = \frac{\text{Jumlah Limbah (kg)}}{\text{Kapasitas (kg)}} \quad (3.5)$$

$$\text{Jumlah Palet} = \frac{\text{Jumlah Jumbo Bag}}{1} \quad (3.6)$$

Sumber: Murti and Ibrahim, 2018

3.4.2 Penentuan Jumlah Blok

Dalam penyusunan limbah di dalam TPS, diperlukan sistem penyimpanan blok, khususnya untuk kemasan *jumbo bag*. Sistem ini ditujukan untuk menjamin kestabilan dan keamanan tumpukan selama masa penyimpanan. Berdasarkan ketentuan dalam PERMEN LHK No. 6 Tahun 2021, setiap dua palet idealnya membentuk satu blok penyimpanan, sehingga kebutuhan blok dapat dihitung dengan:

$$\text{Jumlah Blok} = \frac{\text{Jumlah Palet}}{2} \quad (3.7)$$

3.4.3 Penentuan Lebar *Aisle Hand Stacker Manual*

Lebar *aisle* atau lorong di dalam TPS limbah B3 merupakan aspek penting dalam perancangan tata letak, karena berfungsi untuk mendukung kelancaran aktivitas operasional, terutama saat manuver alat angkut *hand stacker manual*. *Aisle* yang terlalu sempit dapat menghambat pergerakan *hand stacker manual* dan meningkatkan risiko kecelakaan kerja.

Menurut Syah et al., 2024 perancangan tata letak gudang, lebar *aisle* ideal ditentukan berdasarkan dimensi diagonal dari alat angkut yang digunakan. Perhitungan ini mempertimbangkan panjang dan lebar alat untuk memastikan ruang yang cukup. Rumus yang digunakan untuk menghitung kebutuhan lebar *aisle* sebagai berikut

$$d = \sqrt{\text{panjang}^2 + \text{lebar}^2} \quad (3.8)$$

Sumber: Syah et al., 2024

3.4.4 Penentuan Jumlah Lampu

Pencahayaan merupakan salah satu aspek penting dalam perancangan fasilitas Tempat Penyimpanan Sementara (TPS) limbah B3 karena berkaitan langsung dengan keselamatan dan kenyamanan operasional. SNI 03-6575-2001 tentang Tata Cara Perancangan Sistem Penerangan menyebutkan bahwa intensitas pencahayaan minimum untuk ruang penyimpanan atau gudang sebesar 100 *lux*.

Untuk memenuhi standar tersebut, jumlah lampu yang diperlukan ditentukan berdasarkan luas area TPS dan karakteristik teknis lampu yang digunakan. Umumnya, pencahayaan dalam TPS menggunakan sistem penerangan langsung, seperti lampu TL 18 *Watt* dengan intensitas cahaya sekitar 75 *lumen/watt* (Kalukar et al., 2015). Adapun langkah-langkah perhitungannya adalah sebagai berikut:

1. Untuk menentukan luas ruangan menggunakan rumus:

$$A = p \times l \quad (3.9)$$

Keterangan :

A : Luas ruangan (m^2)

p : panjang bangunan (m)

l : lebar bangunan (m)

2. Untuk menentukan *Flux* cahaya (*lumen*) menggunakan rumus:

$$\Phi = I \times P \quad (3.10)$$

Keterangan:

Φ : *Flux* cahaya (*lumen*)

I : 75 *lumen*

P : daya (18 *Watt*)

3. Untuk menentukan Jumlah titik lampu menggunakan rumus:

$$N = \frac{E \times A}{\Phi \text{ lampu} \times LLF \times Cu} \quad (3.11)$$

Sumber: Kalukar et al., 2015

Keterangan:

N : Jumlah titik lampu

E : Intensitas Penerangan (*Lux*)

A : Luas ruangan (m^2)

(LLF) *Light Loss Factor* : 0,8

(Cu) *Coefficient of Utility* : 0,6 (60%)

3.4.5 Penentuan Ukuran Ventilasi

Ventilasi merupakan komponen penting dalam perancangan TPS limbah B3 untuk menjaga sirkulasi udara, mengurangi akumulasi gas berbahaya, serta menciptakan lingkungan kerja yang aman dan sehat. Sistem ventilasi yang baik dapat meminimalkan risiko kebakaran, ledakan, serta paparan zat kimia berbahaya yang mungkin timbul akibat emisi dari limbah B3 yang disimpan.

Menurut SNI 03-6572-2001 tentang Tata Cara Perancangan Sistem Ventilasi dan Pengkondisian Udara, TPS yang termasuk dalam kategori bangunan gudang wajib memiliki sistem ventilasi alami yang memadai. Ventilasi dapat berupa jendela, pintu, bukaan tetap, atau sarana lainnya yang secara teknis mampu mengalirkan udara secara kontinu.

Standar tersebut menetapkan bahwa luas ventilasi minimum adalah 10% dari luas lantai ruangan TPS. Ketentuan ini bertujuan untuk memastikan distribusi udara

yang merata dan pembuangan udara tercemar ke area yang lebih tinggi. Berikut adalah perhitungan untuk menentukan kebutuhan ventilasi.

$$\boxed{\text{Luas Bukaannya} = \text{Luas TPS} \times 10\%} \quad (3.12)$$

Sumber: Pratiwi et al., 2021

3.4.6 Penentuan Jumlah APAR

Sistem keselamatan fasilitas TPS limbah B3, APAR berfungsi sebagai alat mitigasi awal apabila terjadi kebakaran yang disebabkan oleh potensi bahaya dari limbah B3 yang bersifat mudah terbakar, reaktif, atau mengandung senyawa kimia berbahaya.

Menurut Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi No. PER.04/MEN/1980 tentang Syarat-Syarat Pemasangan dan Pemeliharaan APAR, penempatan APAR harus memenuhi beberapa ketentuan teknis, antara lain:

1. Diletakkan di lokasi yang mudah terlihat dan dijangkau.
2. Dapat diambil dengan cepat dalam situasi darurat.
3. Dipasang dengan jarak maksimum antar-APAR sebesar 15 meter.
4. Ketinggian pemasangan tidak boleh lebih dari 120 cm dari permukaan lantai.
5. Jenis APAR yang digunakan harus disesuaikan dengan klasifikasi bahan berbahaya yang disimpan.

Untuk menentukan jumlah APAR yang diperlukan dalam suatu ruang penyimpanan, pendekatan umum yang digunakan adalah berdasarkan keliling bangunan atau area yang harus dijangkau oleh alat pemadam. Perhitungannya dapat dinyatakan dengan rumus:

$$\boxed{\text{Jumlah APAR} = \text{Keliling TPS} / 15 \text{ m}} \quad (3.13)$$

Sumber: PER.04/MEN/1980

3.5 Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) Pengelola TPS Limbah B3

Keselamatan kerja merupakan aspek yang sangat penting dalam pengelolaan Tempat Penyimpanan Sementara TPS limbah B3, mengingat sifat limbah B3 yang dapat menimbulkan dampak negatif terhadap kesehatan manusia dan lingkungan jika tidak ditangani dengan benar. Pengelolaan limbah B3 yang tidak sesuai

prosedur dapat menyebabkan terjadinya kecelakaan kerja seperti paparan bahan kimia berbahaya, kebakaran, ledakan, hingga kontaminasi lingkungan.

Menurut PERMEN LHK Nomor 6 Tahun 2021, pengelola TPS limbah B3 wajib menerapkan prinsip-prinsip Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3), termasuk di antaranya penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) yang sesuai, pelatihan penanganan limbah B3, serta penerapan prosedur tanggap darurat terhadap kemungkinan insiden yang terjadi. Selain itu, fasilitas TPS juga harus dirancang sedemikian rupa agar meminimalkan risiko terhadap pekerja, seperti ventilasi yang memadai, sistem *drainase* yang baik, serta adanya zona aman dan rambu-rambu keselamatan.

3.6 Regulasi Penyimpanan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3)

Penyimpanan limbah B3 diatur oleh berbagai regulasi yang bertujuan untuk memastikan bahwa limbah tersebut dikelola dengan aman dan sesuai dengan standar lingkungan. Regulasi ini mencakup peraturan pemerintah, peraturan menteri, serta keputusan kepala lembaga terkait yang menetapkan tata cara penyimpanan, persyaratan teknis, dan aspek keselamatan dalam pengelolaan limbah B3. Berikut adalah beberapa regulasi utama yang mengatur penyimpanan limbah B3 di Indonesia:

3.6.1 Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.

Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 merupakan dasar hukum utama dalam penyelenggaraan perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup di Indonesia, termasuk dalam pengelolaan B3. Regulasi ini menetapkan kerangka normatif dan prinsip-prinsip dasar yang harus dipenuhi oleh setiap pihak yang melakukan kegiatan usaha dan/atau kegiatan yang menghasilkan limbah B3, termasuk dalam merancang dan membangun TPS Limbah B3. Beberapa ketentuannya, antara lain sebagai berikut:

1. Setiap kegiatan yang menghasilkan limbah B3 wajib dilakukan dengan prinsip kehati-hatian melalui perencanaan sistem pengelolaan limbah yang memadai sejak tahap awal desain fasilitas.
2. Pelaku usaha wajib menyediakan fasilitas yang memenuhi ketentuan teknis dan standar lingkungan, termasuk desain *layout* TPS yang sesuai dengan karakteristik limbah yang dihasilkan.
3. Lokasi dan desain TPS Limbah B3 harus tercantum dalam dokumen lingkungan dan menjadi bagian dari rencana pengelolaan lingkungan yang disetujui oleh instansi berwenang.

3.6.2 Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 6 Tahun 2021 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun.

Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 6 Tahun 2021 merupakan acuan utama dalam pelaksanaan pengelolaan limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3), khususnya dalam hal penyimpanan. Peraturan ini tidak hanya mengatur prosedur administratif dan teknis pengelolaan limbah B3, tetapi juga mencantumkan standar teknis yang harus dipenuhi dalam perancangan desain *layout* TPS Limbah B3.

Standar-standar yang diatur dalam PERMEN LHK No. 6 Tahun 2021 dan harus dijadikan acuan dalam perancangan TPS Limbah B3 antara lain:

1. Struktur dan konstruksi bangunan TPS Limbah B3 harus tertutup, dilengkapi atap, dan memiliki lantai kedap air yang tahan terhadap bahan kimia. Lantai dirancang dengan kemiringan tertentu agar limbah cair dapat mengalir ke penampungan darurat jika terjadi tumpahan.
2. TPS wajib dilengkapi dengan sistem untuk menampung tumpahan limbah, seperti selokan atau bak penahan, guna mencegah pencemaran lingkungan.
3. Pengaturan zonasi limbah di dalam TPS Limbah B3 harus disimpan secara terpisah berdasarkan karakteristik bahayanya untuk mencegah reaksi kimia yang berbahaya.

4. TPS harus memiliki sistem ventilasi alami atau mekanis yang memadai serta pencahayaan cukup agar aktivitas penyimpanan dapat berlangsung dengan aman.
5. Setiap wadah limbah dan TPS Limbah B3 harus diberi label atau rambu yang menunjukkan jenis dan karakteristik limbah B3, untuk menjamin keamanan dan kemudahan identifikasi.
6. Lokasi TPS Limbah B3 harus memiliki akses yang mudah untuk pengangkutan limbah, namun dilindungi dengan pagar atau sistem pengaman untuk mencegah akses tidak sah atau tidak disengaja.
7. TPS Limbah B3 harus dilengkapi dengan alat pemadam kebakaran, kotak P3K, dan perlengkapan darurat lain untuk mengantisipasi kebakaran atau kecelakaan kerja akibat limbah B3.
8. TPS Limbah B3 tidak boleh menyimpan limbah melebihi batas waktu yang diizinkan, yaitu maksimal 90 hari untuk penghasil limbah skala besar, atau 180 hari untuk skala kecil.

3.6.3 Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 14 Tahun 2013 tentang Simbol dan Label Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun.

Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 14 Tahun 2013 merupakan regulasi penting yang digunakan untuk memastikan bahwa setiap desain *layout* TPS Limbah B3 memiliki sistem identifikasi limbah yang jelas dan sesuai standar. Regulasi ini menetapkan standar simbol dan label yang wajib digunakan pada wadah, kontainer, dan area penyimpanan limbah B3 sebagai bagian integral dari sistem keselamatan dan pengelolaan limbah

Penggunaan simbol dan label yang tepat sangat penting dalam desain *layout* TPS karena berfungsi untuk mempermudah identifikasi jenis dan karakteristik bahaya limbah, mencegah kesalahan dalam penanganan, penyimpanan, dan pengangkutan, memberikan peringatan kepada pekerja dan pihak terkait terhadap potensi risiko kesehatan dan keselamatan.

Beberapa standar teknis yang diatur dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 14 Tahun 2013 dan relevan dengan desain *layout* TPS Limbah B3 antara lain sebagai berikut:

1. Simbol bahaya harus mencerminkan sifat limbah dengan bentuk, warna, dan ukuran tertentu sesuai ketentuan dalam peraturan.
2. Label limbah B3 wajib mencantumkan informasi lengkap seperti: nama limbah, kode limbah, nomor generator limbah, tanggal mulai penyimpanan, dan karakteristik bahaya.
3. Penempatan simbol dan label harus dilakukan pada setiap wadah atau drum, serta di pintu masuk atau area zona penyimpanan dalam TPS, sehingga dapat dengan mudah terlihat dan dibaca.
4. Ukuran dan bahan label harus tahan air, tidak mudah luntur, untuk menjamin keterbacaan informasi dalam jangka waktu penyimpanan.
5. Kode warna latar belakang label berbeda untuk setiap jenis bahaya, sebagai bagian dari sistem identifikasi visual yang cepat dan jelas.

3.7 Standar Operasional Prosedur (SOP) Pengelola TPS Limbah B3

Standar Operasional Prosedur (SOP) merupakan pedoman tertulis yang berfungsi untuk memastikan seluruh aktivitas dalam perusahaan berjalan secara sistematis, efektif, dan konsisten. SOP dibuat untuk mengatur langkah-langkah kerja secara terperinci agar setiap tugas dapat diselesaikan dengan cara yang benar, tepat, dan seragam. Dengan adanya SOP, perusahaan dapat memastikan bahwa setiap proses operasional berlangsung sesuai dengan standar yang telah ditentukan, sehingga tujuan perusahaan dapat tercapai secara efisien dan risiko kesalahan dapat diminimalisasi. Selain itu, SOP juga menjadi dasar yang kuat dalam menghadapi berbagai kondisi, baik yang bersifat rutin maupun darurat, serta dapat digunakan sebagai rujukan dalam menyelesaikan berbagai permasalahan yang mungkin timbul di lingkungan kerja.

Dalam SOP tercermin upaya perusahaan dalam menjaga kualitas hasil kerja, meningkatkan disiplin karyawan, serta melindungi tenaga kerja dari potensi kesalahan prosedural yang dapat merugikan. SOP juga membentuk pola pikir dan

kebiasaan kerja yang lebih terstruktur, sehingga setiap individu dalam perusahaan memahami peran dan tanggung jawabnya dengan jelas. Tidak hanya itu, keberadaan SOP menjadi alat pertahanan yang kuat ketika perusahaan menghadapi audit internal maupun eksternal, karena semua proses kerja telah terdokumentasi secara resmi.

Dalam operasionalnya, PT XYZ telah menetapkan dan menerapkan beberapa SOP penting sebagai bagian dari upaya menjaga kelancaran aktivitas dan keselamatan di tempat kerja. Beberapa di antaranya yaitu SOP Penyimpanan dan SOP Tanggap Darurat, yang berfungsi untuk mengatur prosedur penyimpanan barang dengan aman serta memberikan panduan langkah-langkah yang harus diambil dalam situasi darurat. Kedua SOP ini telah disusun dengan detail dan dapat ditemukan dalam lampiran dokumen ini sebagai acuan seluruh karyawan dalam menjalankan tugasnya. Pada PT XYZ, telah disusun dan diterapkan beberapa SOP utama, yaitu SOP penanganan ceceran limbah cair dan Intruksi Kerja penanganan limbah padat. Kedua SOP tersebut dapat dilihat secara rinci dalam Lampiran 3.

3.8 Aplikasi Perancangan

Dalam perancangan fasilitas penyimpanan limbah B3, penggunaan perangkat lunak desain sangat penting untuk memastikan bahwa rancangan memenuhi standar keselamatan, efisiensi ruang, dan kepatuhan terhadap regulasi yang berlaku. Perancangan fasilitas penyimpanan limbah B3 harus mempertimbangkan berbagai aspek teknis dan pengaturan tata letak. Untuk mendukung proses perancangan ini, dua aplikasi utama yang digunakan adalah *AutoCAD* dan *SketchUp*. Kedua perangkat lunak ini memungkinkan perancang untuk membuat model desain yang detail dan akurat, baik dalam format dua dimensi (2D) maupun tiga dimensi (3D), sehingga mempermudah analisis teknis sebelum implementasi di lapangan.

3.8.1 AutoCAD

AutoCAD merupakan perangkat lunak yang dikembangkan oleh Autodesk dan telah menjadi standar industri dalam pembuatan gambar teknis, termasuk desain fasilitas penyimpanan limbah B3. Perangkat lunak ini memungkinkan

perancang untuk membuat sketsa yang presisi serta memastikan bahwa rancangan memenuhi standar keamanan dan regulasi yang berlaku. Beberapa keunggulan *AutoCAD* dalam perancangan fasilitas penyimpanan limbah B3 meliputi:

1. Pembuatan Gambar Teknis dengan Akurasi Tinggi
AutoCAD memungkinkan pembuatan gambar teknis dengan tingkat presisi tinggi, yang sangat penting dalam desain penyimpanan limbah B3 untuk memastikan tata letak yang efisien dan sesuai regulasi. Dimensi ruangan penyimpanan, jalur akses, ventilasi, serta sistem *drainase* dapat dirancang dengan perhitungan skala yang akurat.
2. Kemudahan dalam Modifikasi dan Pengoptimalan Ruang
Dalam proses desain, sering kali dibutuhkan perubahan untuk mengoptimalkan tata letak penyimpanan limbah B3 agar memenuhi standar rincian teknis penyimpanan limbah B3.
3. Kemampuan Integrasi dengan Perangkat Lunak Lain
AutoCAD mendukung berbagai format file seperti DWG, DXF, dan PDF, sehingga rancangan dapat dengan mudah diintegrasikan dengan perangkat lunak lain, seperti *SketchUp* untuk visualisasi 3D atau perangkat lunak simulasi untuk analisis risiko.
4. Standarisasi dan Kepatuhan terhadap Regulasi
Dengan fitur *layering* dan *annotation*, *AutoCAD* memungkinkan perancang untuk menambahkan informasi teknis seperti simbol bahan berbahaya dan beracun sesuai, sistem ventilasi, serta jalur evakuasi dalam kondisi darurat. Dengan demikian, desain yang dihasilkan dapat lebih mudah diverifikasi oleh regulator atau auditor lingkungan.

3.8.2 *SketchUp*

SketchUp adalah perangkat lunak pemodelan 3D yang umum digunakan dalam bidang arsitektur, teknik sipil, dan perencanaan lingkungan. Dalam perancangan penyimpanan limbah B3, *SketchUp* berperan untuk memvisualisasikan desain dari *AutoCAD* secara lebih jelas dan realistis, terutama

terkait tata letak dan infrastruktur penyimpanan (Azizi and Siregar, 2023). Beberapa keunggulan *SketchUp* dalam perancangan fasilitas penyimpanan limbah B3 adalah:

1. Visualisasi 3D yang Realistis dan Mudah Dipahami

SketchUp memungkinkan perancang untuk membuat model tiga dimensi dari fasilitas penyimpanan limbah B3, sehingga memudahkan dalam memahami bagaimana tata letak ruangan, akses keluar-masuk, serta penempatan kontainer limbah yang aman. Dengan model 3D, pemangku kepentingan (misalnya pengelola limbah atau auditor lingkungan) dapat lebih mudah menilai apakah desain sudah sesuai dengan standar yang ditetapkan.

2. Kemudahan dalam Simulasi Tata Letak dan Manajemen Ruang

Hal ini sangat berguna dalam merancang area penyimpanan yang memaksimalkan kapasitas tetapi tetap memperhatikan faktor keamanan dan kenyamanan operasional.

3. Penerapan Material

SketchUp mendukung penambahan tekstur dan material, sehingga dapat digunakan untuk menunjukkan bahan konstruksi penyimpanan limbah B3 seperti dinding tahan bahan kimia atau lantai kedap cairan yang sesuai dengan regulasi. Selain itu, perancang dapat memasukkan simbol dan label limbah B3 sesuai PERMEN LHK No. 14 Tahun 2013.

4. Kolaborasi dengan *AutoCAD* dan Perangkat Lunak Lain

SketchUp dapat mengimpor desain dari *AutoCAD* dalam format DWG, sehingga model 3D dapat dikembangkan. Hasil akhir model 3D dapat diekspor dalam berbagai format, termasuk gambar *render*, animasi *walkthrough*, atau file yang dapat digunakan dalam presentasi kepada pihak regulator dan manajemen perusahaan.

3.9 Penelitian Terdahulu

Penelitian ini merujuk pada studi terkait dengan metode dan tahapan serupa. Hasil dari studi-studi tersebut digunakan sebagai referensi serta sebagai bahan perbandingan untuk menganalisis hasil yang diperoleh. Beberapa penelitian yang dijadikan rujukan disajikan dalam Tabel 3.1 berikut.

Tabel 3. 1 Penelitian Terdahulu

Penulis Komponen	Adhitomo Wirawan, Aulia Fajrin, Riri Zelmiyanti dkk (2023)	Ridha Yaza Saputri (2020)	Innez Shessariefta Dinar Pramestie dan Susi Agustina Wilujeng (2023)
Judul Penelitian	Pembuatan Desain <i>Layout</i> Tempat Penampungan Sementara Limbah B3 pada <i>Teaching Factory Manufacturing of Electronics</i>	Desain Tempat Pengolahan Sampah (TPS) 3R (<i>Reduce, Reuse, Recycle</i>) Pada Kawasan Uin Ar - Raniry Banda Aceh	Evaluasi Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) di PT XYZ
Metode Penelitian	Studi desain menggunakan <i>SketchUp</i> dan <i>AutoCAD</i>	Studi desain berbasis standar SNI 19-3964-1994	Studi evaluatif dengan perbandingan kondisi aktual dan standar regulasi
Metode Penelitian	Studi desain menggunakan <i>SketchUp</i> dan <i>AutoCAD</i>	Studi desain berbasis standar SNI 19-3964-1994	Studi evaluatif dengan perbandingan kondisi aktual dan standar regulasi
Hasil Penelitian	Mengidentifikasi kebutuhan fasilitas penyimpanan limbah B3 dan merancang desain aman dengan APAR dan detektor asap dengan memastikan kepatuhan terhadap regulasi limbah B3	Mengembangkan desain TPS 3R untuk pengolahan sampah domestik yang berfokus pada pengurangan, pemanfaatan kembali, dan daur ulang sampah	Mengidentifikasi karakteristik dan timbulan limbah B3 serta mengevaluasi pengelolaan limbah B3 terhadap regulasi yang berlaku
Gap Research	Fokus terbatas pada lingkungan industri manufaktur elektronik dan tidak mempertimbangkan karakteristik limbah di PT XYZ	Fokus pada sampah domestik, bukan limbah B3 dan tidak mempertimbangkan aspek keamanan dan regulasi khusus limbah B3	Fokus pada evaluasi, tidak membahas desain tata letak TPS limbah B3 dan tidak memberikan solusi desain yang lebih efisien untuk pengelolaan limbah B3 di PT XYZ

Sumber: Penulis (2025)

Penelitian terkait desain *layout* TPS Limbah B3 telah dilakukan oleh beberapa peneliti dengan fokus berbeda sesuai karakteristik lokasi dan jenis limbah. Namun, penelitian sebelumnya masih terbatas untuk konteks spesifik PT XYZ. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan mengisi kesenjangan tersebut dengan menyusun *layout* yang lebih sesuai dengan kebutuhan PT XYZ.

1. Penelitian yang dilakukan oleh Wirawan *et al.*, (2023) berfokus pada perancangan desain tempat penyimpanan sementara limbah B3 di *Teaching Factory Manufacturing Electronics* (TFME) Politeknik Negeri Batam. Studi ini menitikberatkan pada identifikasi kebutuhan fasilitas penyimpanan yang sesuai dengan karakteristik limbah yang dihasilkan di TFME. Selain itu, penelitian tersebut juga mengutamakan aspek keselamatan dengan menyediakan alat pemadam kebakaran dan detektor asap serta memastikan kepatuhan terhadap regulasi yang berlaku. Desain dalam penelitian tersebut dibuat menggunakan perangkat lunak *SketchUp* dan *AutoCAD* untuk meningkatkan akurasi perancangan. Namun, penelitian ini masih terbatas pada lingkungan akademik dan industri manufaktur elektronik, yang karakteristik limbahnya mungkin berbeda dari yang dihasilkan oleh PT X. Oleh karena itu, penelitian ini berupaya untuk mengembangkan desain *layout* TPS limbah B3 yang lebih spesifik untuk PT X dengan mempertimbangkan jenis limbah yang dihasilkan serta alur pengelolaan yang lebih efisien sesuai dengan kebutuhan industri tersebut.
2. Penelitian yang dilakukan oleh Saputri (2020) membahas desain Tempat Pengolahan Sampah (TPS) 3R (*Reduce, Reuse, Recycle*) di kawasan UIN Ar-Raniry Banda Aceh. Penelitian ini lebih menitikberatkan pada aspek pengurangan, pemanfaatan kembali, dan daur ulang sampah domestik dengan mengacu pada standar SNI 19-3964-1994 tentang metode pengambilan dan pengukuran contoh timbulan serta komposisi sampah perkotaan. Meskipun penelitian ini berkaitan dengan perancangan tempat pengolahan sampah, jenis sampah yang ditangani sangat berbeda dari limbah B3 yang memiliki sifat lebih berbahaya dan memerlukan penanganan khusus. Selain itu, pendekatan desain yang digunakan lebih menekankan pada efisiensi pengelolaan sampah

domestik dibandingkan aspek keamanan dan regulasi khusus terkait limbah B3. Oleh karena itu, penelitian ini akan mengembangkan desain TPS limbah B3 yang lebih fokus pada sistem penyimpanan dan pemindahan limbah yang aman serta sesuai dengan standar industri.

3. Penelitian yang dilakukan oleh Pramestie & Wilujeng (2023) meneliti evaluasi pengelolaan limbah B3 di PT XYZ. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi timbulan dan karakteristik limbah B3 di perusahaan tersebut serta melakukan perbandingan antara kondisi pengelolaan limbah saat ini dengan standar yang ideal sesuai dengan regulasi yang berlaku. Meskipun penelitian ini memberikan wawasan terkait pengelolaan limbah B3, studi ini lebih berfokus pada aspek evaluasi dan tidak secara spesifik membahas desain tata letak TPS limbah B3. Oleh karena itu, penelitian ini melangkah lebih jauh dengan menyajikan rancangan desain *layout* TPS limbah B3 yang dapat mengoptimalkan penyimpanan, pemindahan, serta efisiensi dalam pengelolaan limbah B3 di PT XYZ.