

**PERENCANAAN FASILITAS TEMPAT PENYIMPANAN
SEMENTARA (TPS) LIMBAH BAHAN BERBAHAYA DAN
BERACUN (LB3) DI LABORATORIUM MULTIFUNGSI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY BANDA ACEH**

TUGAS AKHIR

Diajukan Oleh:

**MUHAMMAD AZKIYA
NIM. 210702058
Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi
Program Studi Teknik Lingkungan**



**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY
BANDA ACEH
2026 M/1447 H**

LEMBAR PERSETUJUAN

PERENCANAAN FASILITAS TEMPAT PENYIMPANAN SEMENTARA (TPS) LIMBAH BAHAN BERBAHAYA DAN BERACUN (B3) DI LABORATORIUM MULTIFUNGSI UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY BANDA ACEH

TUGAS AKHIR

Diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh
Sebagai Beban Studi Memperoleh Gelar Sarjana dalam Ilmu Teknik Lingkungan

Diajukan oleh:

MUHAMMAD AZKIYA

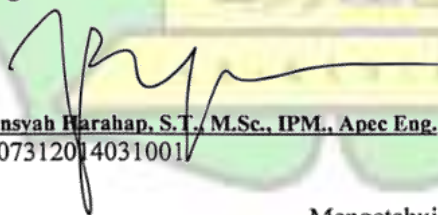
NIM. 210702058

Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi
Program Studi Teknik Lingkungan

Banda Aceh, 07 Januari 2026
Telah Diperiksa dan Disetujui oleh:

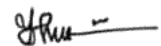
Pembimbing I

Pembimbing II


Dr. Ir. Juliansyah Harahap, S.T., M.Sc., IPM., Apec Eng.
NIP. 198207312014031001


Arief Rahman, M.T.
NIP. 198903102019031012

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Ar-Raniry Banda Aceh


Husnawati Yahya, S.Si., M.Sc.
NIP. 198311092014032002

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

PERENCANAAN FASILITAS TEMPAT PENYIMPANAN SEMENTARA (TPS) LIMBAH BAHAN BERBAHAYA DAN BERACUN (LB3) DI LABORATORIUM MULTIFUNGSI UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR- RANIRY BANDA ACEH

TUGAS AKHIR

Telah Diuji Oleh Panitia Ujian Munaqasyah Tugas Akhir
Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh
Dinyatakan Lulus Serta Diterima Sebagai Salah Satu Beban Studi
Program Sarjana (S-1) Dalam Ilmu Lingkungan

Pada Hari/Tanggal: Senin, 19 Januari 2026
Senin, 30 Rajab 1447
Di Darussalam, Banda Aceh

Panitia Ujian Munaqasyah Tugas Akhir

Ketua,

Sekretaris,

Dr. Ir. Juliansyah Harabap, S.T., M.Sc., IPM., APEC Eng.
NIDN. 2031078204

Arief Rahman, M.T.
NIDN. 2010038901

Penguji I

Penguji II

Aulia Rohendi, M. Sc
NIDN. 2010048202

Ir. Svarifah Seicha Fathma, S.T., M.T.

Mengetahui,

Dekan fakultas sains dan teknologi
UI Ar-Raniry Banda Aceh



Prof. Dr. Ir. Muhammad Dirhamsyah, M.T., IPU.
NIP. 196210021988111001

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Azkiya

NIM : 210702058

Program Studi : Teknik Lingkungan

Fakultas : Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh

Judul : Perencanaan Fasilitas Tempat Penyimpanan Sementara (TPS)
Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (LB3) Di Laboratorium
Multifungsi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh

Dengan ini menyatakan bahwa dalam penulisan Tugas Akhir ini, saya:

1. Mengerjakan sendiri karya ini dan mampu bertanggung jawab atas karya ini;
2. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh maupun di perguruan tinggi lainnya;
3. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan dari dosen pembimbing;
4. Tidak melakukan plagiasi terhadap naskah karya orang lain;
5. Tidak menggunakan karya orang lain tanpa menyebutkan sumber asli atau tanpa izin pemilik karya; dan
6. Tidak memanipulasi dan memalsukan data.

Bila kemudian hari ada tuntutan dari pihak lain atas karya saya, dan telah melalui pembuktian yang dapat dipertanggungjawabkan dan ternyata memang ditemukan bukti bahwa saya melanggar pernyataan ini, maka saya siap dikenai sanksi berdasarkan aturan yang berlaku di Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.

Banda Aceh, 19 Januari 2026


Muhammad Azkiya



ABSTRAK

Nama : Muhammad Azkiya
NIM : 210702058
Program Studi : Teknik Lingkungan
Judul : Perencanaan Fasilitas Tempat Penyimpanan Sementara (TPS) Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (LB3) di Laboratorium Multifungsi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh
Tebal Halaman : 102
Pembimbing I : Dr. Ir. Juliansyah Harahap, S.T., M.Sc., IPM
Pembimbing II : Arief Rahman, M.T.
Kata Kunci : Limbah B3, Tempat Penyimpanan Sementara (TPS), Laboratorium Multifungsi, Pengelolaan Limbah B3, Perencanaan TPS, Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Penelitian ini bertujuan merencanakan fasilitas Tempat Penyimpanan Sementara (TPS) Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) pada Laboratorium Multifungsi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh. Penelitian menggunakan metode deskriptif kuantitatif melalui observasi, wawancara, kuesioner, dan studi regulasi pengelolaan limbah B3. Hasil identifikasi menunjukkan limbah yang dihasilkan berupa limbah cair kimia, limbah padat terkontaminasi, kemasan bahan kimia, dan limbah elektronik dengan karakteristik mudah terbakar, korosif, reaktif, dan beracun. Pengukuran timbulan selama satu minggu menunjukkan limbah cair sebesar 14,65 liter/minggu dan limbah padat sebesar 3,49 kg/minggu. Evaluasi kepatuhan menggunakan Skala Guttman pada tujuh laboratorium menunjukkan capaian 10%–70%, dengan Laboratorium Kimia memperoleh nilai tertinggi 70% (baik), beberapa laboratorium 40% (cukup), serta Laboratorium Biologi dan Arsitektur masing-masing 20% dan 10% (buruk sekali), yang menunjukkan pengelolaan limbah B3 belum terintegrasi sesuai regulasi. Berdasarkan analisis kebutuhan, direncanakan TPS Limbah B3 seluas 27,36 m² (4,8 m × 5,7 m) dengan 6 drum 50 liter untuk limbah cair dan 4 kontainer 500 liter untuk limbah padat guna mendukung pengelolaan limbah yang aman dan sesuai ketentuan.

ABSTRACT

Name : Muhammad Azkiya
Student ID Number : 210702058
Department : Environmental Engineering
Title : *Planning of Temporary Storage Facilities (TPS) for Hazardous and Toxic Waste (LB3) in Multifunctional Laboratories at Ar-Raniry State Islamic University Banda Aceh*
Number of Pages : 102
Advisor I : Dr. Ir. Juliansyah Harahap, S.T., M.Sc., IPM
Advisor II : Arief Rahman, M.T.
Keywords : *Hazardous Waste, Temporary Storage Sites, Multifunctional Laboratories, Hazardous Waste Management, Temporary Storage Site Planning, Budget Plans*

This study aims to plan a Temporary Storage Facility (TPS) for Hazardous and Toxic Waste (B3) at the Multifunction Laboratory of Ar-Raniry State Islamic University, Banda Aceh. The study used a quantitative descriptive method through observation, interviews, questionnaires, and studies of B3 waste management regulations. The identification results showed that the waste generated consisted of chemical liquid waste, contaminated solid waste, chemical packaging, and electronic waste with flammable, corrosive, reactive, and toxic characteristics. Measurements of generation for one week showed liquid waste of 14.65 liters/week and solid waste of 3.49 kg/week. Compliance evaluation using the Guttman Scale in seven laboratories showed an achievement of 10%–70%, with the Chemistry Laboratory obtaining the highest score of 70% (good), several laboratories 40% (sufficient), and the Biology and Architecture Laboratories each 20% and 10% (very poor), which indicates that B3 waste management has not been integrated according to regulations. Based on the needs analysis, a B3 Waste TPS is planned with an area of 27.36 m² (4.8 m × 5.7 m) with 6 50 liter drums for liquid waste and 4 500 liter containers for solid waste to support safe and compliant waste management.

KATA PENGANTAR

Dengan menyebut nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur kami panjatkan kepada Allah Swt. atas rahmat dan petunjuk nya sehingga peneliti dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Perencanaan Fasilitas Tempat Penyimpanan Sementara (TPS) Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (LB3) di Laboratorium Multifungsi di Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh” dengan baik. Shalawat dan salam senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad saw. yang telah membimbing umat manusia menuju kehidupan yang penuh dengan ilmu pengetahuan.

Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar- Raniry Banda Aceh. Tugas Akhir ini selesai berkat bantuan dan bimbingan yang sangat berarti dari berbagai pihak. Dengan ini, penulis mengucapkan rasa hormat dan terima kasih yang mendalam kepada Ayahanda Basyariah dan Ibunda Afriana, selaku orang tua tercinta, atas dukungan luar biasa yang telah diberikan selama penulis menjalani perkuliahan hingga proses penyusunan Tugas Akhir ini, sehingga penulis menyelesaikan dengan tepat waktu. Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada pihak-pihak yang telah memberikan arahan dan bimbingan selama penyusunan Tugas Akhir ini, yaitu kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Muhammad Dirhamsyah, M.T., IPU. Selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.
2. Ibu Husnawati Yahya, S, Si., M.Sc. Selaku Ketua Prodi Teknik Lingkungan Universitas Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.
3. Bapak Aulia Rohendi, S.T., M.Sc. Selaku sekretaris prodi sekaligus dosen pembimbing akademik Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.
4. Bapak Dr. Ir. Juliansyah Harahap, S.T., M.Sc. IPM., APEC Eng. selaku Dosen Pembimbing I atas segala bimbingan, arahan, dan semangat yang selalu diberikan kepada peneliti. Terima Kasih untuk segala pembelajaran dan motivasi yang diberikan saat perkuliahan maupun selama bimbingan yang menjadi penyemangat dalam menyelesaikan

Tugas Akhir ini. Rasa hormat dan bangga, bisa menjadi mahasiswa bimbingan bapak.

5. Bapak Arif Rahman, M.T. selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan saran, masukan, dan bimbingan sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik
6. Seluruh Dosen dan Staf Fakultas Sains dan Teknologi yang ikut serta dalam membantu dan membimbing penulis selama melakukan penelitian Tugas Akhir ini.
7. Seluruh rekan seangkatan sebagai mahasiswa/i program studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Negeri Ar-Raniry yang selalu memberi semangat.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan Tugas Akhir ini masih terdapat banyak kelemahan atau kesalahan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat wawasan dari semua pihak sangat diperlukan untuk meningkatkan kualitas Tugas Akhir ini, Semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca secara khusus bagi mahasiswa Program Studi Teknik Lingkungan. Akhir kata, penulis menyampaikan ucapan terima kasih.

Banda Aceh, 19 Januari 2026



Muhammad Azkiya

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	i
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Batasan Masalah.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (LB3)	6
2.1.1 Definisi Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (LB3).....	6
2.1.2 Limbah B3 Berdasarkan Sumbernya	6
2.1.3 Limbah B3 Berdasarkan Karakteristiknya.....	7
2.1.4 Simbol Limbah B3.....	10
2.1.5 Dampak Limbah B3 Terhadap Lingkungan dan Kesehatan	15
2.2 Perencanaan TPS Limbah B3.....	16
2.3 Kriteria TPS Limbah B3.....	17
2.4 Definisi Laboratorium	19
2.5 Tipe-Tipe Laboratorium	19
2.6 Penelitian Terdahulu.....	20
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	27
3.1 Lokasi dan Waktu Tugas Akhir.....	27
3.1.1 Lokasi Pelaksanaan Tugas Akhir.....	27

3.1.2	Pelaksanaan Tugas Akhir.....	29
3.2	Metode Pengumpulan Data	31
3.2.1	Data Primer	31
3.2.2	Data Sekunder	31
3.2.3	Metode Pengambilan Sampel	32
3.3	Metode Analisis Data	33
3.3.1	Analisis Karakteristik Limbah B3 di Laboratorium UIN Ar-Raniry.....	33
3.3.2	Analisis Tingkat Kesesuaian Pengelolaan Limbah B3 di Laboratorium UIN Ar-Raniry Saat Ini dengan Peraturan yang Berlaku	34
3.3.3	Analisis Perencanaan Desain TPS Limbah B3	36
3.4	Metode Penyajian Data	37
3.5	Tahapan Pelaksanaan Tugas Akhir	38
BAB IV	PEMBAHASAN.....	39
4.1	Identifikasi Jenis dan Karakteristik Limbah B3 Laboratorium	39
4.1.1	Identifikasi Laboratorium Kimia	39
4.1.2	Identifikasi Laboratorium Teknik Lingkungan.....	41
4.1.3	Identifikasi Laboratorium Biologi	42
4.1.4	Identifikasi Laboratorium Arsitektur	43
4.1.5	Identifikasi Laboratorium Pendidikan Teknikolgi Informasi (PTI)	44
4.1.6	Identifikasi Laboratorium Pendidikan Teknik Elektro (PTE)	45
4.1.7	Identifikasi Laboratorium Teknologi Informasi (TI).....	46
4.2	Evaluasi Tingkat Kesesuaian Pengelolaan Limbah B3	47
4.2.1	Evaluasi Laboratorium Kimia.....	47
4.2.2	Evaluasi Laboratorium Teknik Lingkungan.....	50
4.2.3	Evaluasi Laboratorium Biologi.....	51
4.2.4	Evaluasi Laboratorium Pendidikan Teknologi Informasi (PTI)	53
4.2.5	Evaluasi Laboratorium Pendidikan Teknik Elektro (PTE).....	54
4.2.6	Evaluasi Laboratorium Teknologi Informasi.....	55
4.2.7	Evaluasi Laboratorium Arsitektur	56
4.2.8	Rekapitulasi dan analisis Tingkat Kepatuhan Pengelolaan Limbah B3	58

4.2.9	Evaluasi Pengelolaan Limbah B3 Berdasarkan Observasi Lapangan ..	59
4.3	Perencanaan Desain TPS Limbah B3.....	60
4.3.1	Kebutuhan Wadah Penyimpanan.....	62
4.3.2	Penentuan Luas Bangunan TPS Limbah B3.....	64
4.3.3	Rencana Anggaran Biaya (RAB) Detail Pembangunan TPS Limbah B3.....	64
BAB V	PENUTUP.....	70
5.1	Kesimpulan.....	70
5.2	Saran.....	70
DAFTAR PUSTAKA.....		72
LAMPIRAN.....		74



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Sirkulasi Udara Dalam Ruang TPS Limbah B3	18
Gambar 2.2 Contoh Tata Ruang TPS Limbah B3	18
Gambar 3.1 Peta Lokasi Penelitian.....	28
Gambar 3.2 Tahapan Pelaksanaan Tugas Akhir.....	38
Gambar 4.1 Wadah Penampung Limbah B3 Cair Beserta Simbolnya pada Laboratorium Kimia.....	49
Gambar 4.2 Wadah Limbah B3 Cair	63
Gambar 4.3 Wadah Limbah B3 Padat.....	64



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu.....	21
Tabel 3.1 Perencanaan Penyusunan Tugas Akhir	30
Tabel 3.2 Pengumpulan dan Kegunaan Data Primer	31
Tabel 3.3 Pengumpulan dan Kegunaan Data Sekunder	32
Tabel 3.4 Skoring Skala Guttman	34
Tabel 3.5 Kriteria Skor Angket Respon dari Responden	35
Tabel 4.1 Identifikasi Laboratorium Kimia.....	40
Tabel 4.2 Identifikasi Laboratorium Teknik Lingkungan	42
Tabel 4.3 Identifikasi Limbah Laboratorium Biologi	43
Tabel 4.4 Identifikasi Limbah Laboratorium Arsitek.....	44
Tabel 4.5 Identifikasi Limbah Laboratorium PTI	45
Tabel 4.6 Identifikasi Limbah Laboratorium PTE	46
Tabel 4.7 Identifikasi Limbah Laboratorium PTI	47
Tabel 4.8 Evaluasi Laboratorium Kimia	48
Tabel 4.9 Evaluasi Laboratorium Teknik Lingkungan.....	50
Tabel 4.10 Evaluasi Laboratorium Biologi	51
Tabel 4.11 Evaluasi Laboratorium Pendidikan Teknologi Informasi (PTI).....	53
Tabel 4.12 Evaluasi Laboratorium Pendidikan Teknik Elektro (PTE)	54
Tabel 4.13 Evaluasi Laboratorium Teknologi Informasi	55
Tabel 4.14 Evaluasi Laboratorium Arsitek	57
Tabel 4.15 Rekapitulasi dan Analisis Tingkat Pengelolaan Limbah B3	58
Tabel 4.16 Timbulan Limbah Selama Satu Minggu	61
Tabel 4.17 Rekapitulasi Biaya.....	66
Tabel 4.18 RAB Rincian TPS Limbah B3 Laboratorium Multifungsi	67

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran I Wawancara Rumusan Masalah 1	74
Lampiran II Kuesioner Rumusan Masalah 2	75
Lampiran III Gambar Peta Lokasi Perencanaan Desain TPS Limbah B3.....	76
Lampiran IV Desain Tempat Penyimpanan Sementara (TPS) Limbah B3	77



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sebagai negara dengan populasi besar dan pertumbuhan ekonomi yang cepat, Indonesia memegang peranan krusial dalam upaya penurunan emisi gas rumah kaca serta penanggulangan dampak perubahan iklim. Salah satu sektor yang perlu mendapat perhatian khusus adalah sektor bangunan, karena sektor ini memberikan sumbangan signifikan terhadap emisi gas rumah kaca (Adeswastoto et al., 2023). Di perguruan tinggi, laboratorium sangat penting untuk penelitian dan pengajaran, terutama dalam bidang sains dan teknologi. Namun, kegiatan laboratorium juga dapat menghasilkan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (LB3), yang jika tidak ditangani dengan benar dapat membahayakan kesehatan manusia dan lingkungan.

Permasalahan limbah B3 kini telah menjadi isu lingkungan global karena dampak yang ditimbulkannya sering kali melampaui batas wilayah administrasi negara (*transboundary pollution*). Hubungan sebab-akibat pencemaran ini dapat terjadi melalui dua mekanisme: secara tidak sengaja (*unintentional*), seperti akibat kecelakaan industri atau kebocoran wadah saat pengangkutan; maupun secara disengaja (*deliberate*), seperti praktik pembuangan limbah ilegal (*dumping*) ke wilayah perairan atau daratan negara lain untuk menghindari biaya pengolahan yang tinggi. Masalah-masalah global ini memberikan dampak luas yang dirasakan oleh banyak negara, menuntut penanganan serius seperti halnya isu pemanasan global (Wulandari et al., 2022).

Dampak negatif dari pembuangan limbah B3 yang tidak terkelola sangat signifikan bagi kesehatan dan ekosistem. Pencemaran tanah akibat limbah B3 dapat menyebabkan racun terserap ke dalam tumbuhan di sekitarnya. Tanaman yang tumbuh di tanah tercemar logam berat atau residu kimia berisiko mengalami akumulasi racun, sehingga tidak layak lagi menjadi konsumsi manusia maupun hewan karena dapat memicu gangguan kesehatan serius seperti kanker, kerusakan organ, dan gangguan reproduksi (Fazzo et al., 2017). Selain itu, pencemaran air yang dapat menyebabkan timbulnya penyakit seperti dermatitis atau iritasi kulit,

pencemaran tanah yang menjadikan lokasi setempat tidak lagi layak menjadi lokasi untuk pertanian, pencemaran tanah juga dapat mencemari tumbuh-tumbuhan yang ada disekitar, sehingga tumbuh-tumbuhan ini tidak layak lagi menjadi konsumsi manusia maupun hewan. pencemaran udara yang juga menjadi salah satu dampak negatif dari pembuangan limbah B3 tanpa pengelolaan, pencemaran udara juga dapat menjadi salah satu penyebab penyebaran penyakit, dampak yang terjadi juga menyebabkan gangguan pada pernafasan disebabkan bau tidak sedap yang dihasilkan dari limbah B3 seperti bekas obat-obatan (Aji & Hesti Wardhani, 2024).

Risiko lainnya berkaitan dengan limbah padat yang dibuang sembarangan tanpa pengawasan. Limbah padat B3 yang menumpuk dapat mencemari tanah, mengurangi kesuburan, serta merusak ekosistem tanah. Lebih jauh lagi, tumpukan limbah ini berpotensi menjadi tempat berkembang biaknya vektor penyakit yang mengancam kesehatan masyarakat. Oleh karena itu, upaya meminimalisir dampak negatif ini harus dilakukan dengan memastikan setiap kegiatan, termasuk laboratorium pendidikan, memiliki fasilitas penyimpanan yang aman dan menghasilkan limbah seminimal mungkin (Nur Hidayah, 2023).

Saat ini, belum tersedia Tempat Penyimpanan Sementara (TPS) limbah B3 yang sesuai standar di lingkungan laboratorium UIN Ar-Raniry. Padahal, kegiatan praktikum, penelitian, maupun uji laboratorium berpotensi menghasilkan limbah yang tergolong Bahan Berbahaya dan Beracun (B3), meskipun tidak dihasilkan setiap hari dalam jumlah besar. Tanpa adanya fasilitas TPS yang memadai, risiko pencemaran lingkungan, gangguan kesehatan, serta ketidakpatuhan terhadap peraturan perundang-undangan menjadi lebih tinggi. Limbah B3 yang tidak dikelola sesuai ketentuan dapat mencemari air, tanah, maupun udara, sehingga menimbulkan dampak jangka panjang bagi lingkungan sekitar. Perencanaan TPS limbah B3 menjadi langkah penting untuk memastikan bahwa limbah yang dihasilkan dari laboratorium dapat ditangani secara aman, mulai dari tahap pengumpulan, penyimpanan sementara, hingga pengangkutan ke fasilitas pengelolaan resmi. Desain TPS harus mempertimbangkan aspek keamanan, kapasitas penyimpanan, ketahanan terhadap kebocoran, dan perlindungan terhadap potensi bahaya seperti kebakaran atau paparan bahan beracun. Dengan adanya TPS

yang sesuai standar, pengelolaan limbah B3 di lingkungan kampus dapat berjalan lebih teratur, aman, dan sesuai ketentuan yang berlaku, sehingga mendukung terciptanya lingkungan kampus yang sehat dan bebas dari risiko pencemaran.

Oleh karena itu, diperlukan perencanaan yang komprehensif terhadap pembangunan TPS limbah B3 di laboratorium UIN Ar-Raniry, dengan pendekatan yang memenuhi aspek teknis pengelolaan limbah sesuai standar dan ketentuan yang berlaku. Perencanaan ini diharapkan dapat menjadi solusi dalam menciptakan sistem pengelolaan limbah yang aman, efisien, dan ramah lingkungan. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah dalam pengembangan desain fasilitas pengelolaan limbah B3 yang efektif, efisiensi, serta sesuai dengan regulasi nasional terkait pengelolaan limbah B3.

1.2 Rumusan Masalah

Dengan mempertimbangkan pentingnya pengelolaan limbah B3 yang aman serta kebutuhan akan infrastruktur yang sesuai standar, perencanaan Tempat Penyimpanan Sementara (TPS) limbah B3 di laboratorium UIN Ar-Raniry perlu mengintegrasikan pendekatan teknis yang memenuhi ketentuan regulasi. Berdasarkan penjelasan di atas, rumusan masalah yang dapat diajukan adalah:

1. Bagaimana jenis dan karakteristik Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (LB3) yang dihasilkan dari aktivitas Laboratorium Multifungsi?
2. Bagaimana hasil observasi awal terkait pengelolaan limbah B3 pada laboratorium multifungsi dengan peraturan pengelolaan limbah B3 yang berlaku saat ini?
3. Bagaimana rencana sistem pengelolaan dan fasilitas Tempat Penyimpanan Sementara (TPS) limbah B3 yang memenuhi standar teknis dan kebutuhan laboratorium multifungsi?

1.3 Tujuan Penelitian

Berikut ini adalah tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengidentifikasi dan mengklasifikasikan jenis dan karakteristik Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (LB3) yang dihasilkan dari aktivitas Laboratorium Multifungsi.

2. Untuk mengevaluasi tingkat kesesuaian pengelolaan limbah B3 pada laboratorium multifungsi dengan ketentuan peraturan perundang-undangan yang berlaku.
3. Untuk mendesain Tempat Penyimpanan Sementara (TPS) limbah B3 yang memenuhi standar teknis serta sesuai dengan kebutuhan laboratorium.

1.4 Manfaat Penelitian

Berikut ini adalah manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Manfaat Akademis
 - a. Penelitian ini diharapkan dapat menambah literatur ilmiah dalam bidang Teknik Lingkungan, khususnya terkait jenis dan karakteristik Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (LB3) yang dihasilkan dari aktivitas Laboratorium Multifungsi.
 - b. Penelitian ini dapat menjadi referensi akademik bagi peneliti selanjutnya dalam merancang desain fasilitas penyimpanan sesuai regulasi terbaru yaitu PerMen LHK No. 6 Tahun 2021 di lingkungan institusi pendidikan.
 - c. Memberikan data dasar (*baseline data*) mengenai jenis dan volume limbah laboratorium yang dapat digunakan oleh peneliti lain untuk mengembangkan studi lanjutan, seperti analisis dampak lingkungan atau studi kelayakan instalasi pengolahan limbah B3.
2. Manfaat Praktis
 - a. Bagi universitas, menyediakan dokumen perencanaan teknis (*Detailed Engineering Design/DED*) dan Rencana Anggaran Biaya (RAB) yang siap digunakan sebagai dasar pembangunan TPS limbah B3, guna memenuhi kewajiban hukum sesuai Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 dan Permen LHK No. 6 Tahun 2021.
 - b. Bagi pengelola laboratorium multifungsi, menjadi evaluasi terhadap sistem pengelolaan limbah B3 yang telah diterapkan di Laboratorium Multifungsi.

- c. Bagi mahasiswa dan peneliti, meningkatkan kesadaran (*awareness*) dan budaya Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) di kalangan mahasiswa dan dosen mengenai bahaya limbah B3 serta prosedur penanganannya yang benar.

1.5 Batasan Masalah

Agar masalah dapat dikaji untuk memberikan fokus yang jelas dan mendalam pada penelitian ini, diperlukan batasan masalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini difokuskan pada satu lokasi, yaitu laboratorium multifungsi, di lingkungan UIN Ar-Raniry dikarenakan laboratorium ini merupakan fasilitas terpadu yang mewadahi berbagai aktivitas praktikum yang berpotensi menghasilkan Limbah B3.
2. Evaluasi pengelolaan limbah B3 hanya mencakup aspek penyimpanan dan pengumpulan serta kesesuaiannya dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (PP No. 22 Tahun 2021 dan Permen LHK No. 6 Tahun 2021).
3. Perencanaan sistem pengelolaan terbatas pada rancangan teknis fasilitas Tempat Penyimpanan Sementara (TPS) limbah B3, tanpa mencakup aspek Pengolahan, pengangkutan dan pemusnahan akhir limbah.
4. Identifikasi dan karakteristik limbah B3 dilakukan berdasarkan hasil observasi dan data yang diperoleh selama periode penelitian, tanpa melakukan uji laboratorium lanjutan terhadap sifat kimia atau toksikologinya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (LB3)

2.1.1 Definisi Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (LB3)

Menurut Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (LB3) adalah sisa suatu usaha dan/atau kegiatan yang mengandung B3.

Menurut Peraturan Pemerintah No.22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, Bahan Berbahaya dan Beracun yang selanjutnya disingkat B3 adalah zat, energi, dan/atau komponen lain yang karena sifat, konsentrasi, dan/atau jumlahnya, baik secara langsung maupun tidak langsung, dapat mencemarkan dan/atau merusak lingkungan hidup, Kesehatan, serta kelangsungan hidup manusia dan makhluk hidup lain.

2.1.2 Limbah B3 Berdasarkan Sumbernya

Limbah B3 dapat diklasifikasikan berdasarkan sumbernya menurut Peraturan Pemerintah No.22 Tahun 2021. Berdasarkan sumbernya, terdiri dari:

1. Limbah B3 dari sumber tidak spesifik, yaitu limbah B3 yang pada umumnya berasal bukan dari proses utamanya, tetapi berasal dari kegiatan pemeliharaan alat pencucian, pencegahan korosi, pelarutan kerak, pengemasan, dan lain-lain.
2. Limbah B3 dari B3 kedaluwarsa, yaitu limbah B3 yang berasal dari B3 yang kedaluwarsa, B3 yang tumpah seperti oli bekas, dan B3 yang tidak memenuhi spesifikasi produk yang akan dibuang dan sisa kemasan B3.
3. Limbah B3 dari sumber spesifik, yaitu limbah B3 sisa proses suatu industri atau kegiatan yang secara spesifik dapat ditentukan berdasarkan kajian ilmiah.

Limbah B3 dari sumber spesifik sendiri terbagi menjadi 2 yaitu adalah sebagai berikut:

1. Limbah B3 spesifik umum, yaitu kegiatan yang meliputi eksplorasi dan produksi minyak, gas, dan panas bumi, industri penambangan tembaga, emas, batu bara, timah, nikel, dan sejenisnya, Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU), farmasi, fasilitas pelayanan kesehatan dan rumah sakit, *laundry* dan *dry cleaning*, laboratorium dan sebagainya.
2. Limbah B3 spesifik khusus, yaitu kegiatan yang meliputi proses peleburan bijih timah putih, pengendalian pencemaran udara, proses pembakaran batu bara pada fasilitas *stock boiler*, proses pengolahan air limbah dari industri *pulp* pembuatan kertas, proses pembuatan pupuk, perusahaan industri yang menggunakan fasilitas termal seperti pembangkit listrik dan sebagainya.

2.1.3 Limbah B3 Berdasarkan Karakteristiknya

Menurut Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021, tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, Limbah B3 yang memiliki karakteristik B3 yaitu:

- a. Mudah meledak, yaitu limbah yang pada suhu dan tekanan standar yaitu 25°C (dua puluh lima derajat celcius) atau 760 mmHg (tujuh ratus enam puluh *milimeters of mercury*) dapat meledak, atau melalui reaksi kimia dan/atau fisika dapat menghasilkan gas dengan suhu dan tekanan tinggi yang dengan cepat dapat merusak lingkungan sekitar.
- b. Mudah menyala, yaitu limbah berupa cairan yang mengandung alkohol kurang dari 24% (dua puluh empat persen) volume dan/atau pada titik nyala tidak lebih 60°C (enam puluh derajat celcius) atau 140°F (seratus empat puluh derajat fahrenheit) akan menyala jika terjadi kontak dengan api, percikan api atau sumber nyala lain pada tekanan pada tekanan udara 760 mmHg (tujuh ratus enam puluh *milimeters of mercury*). Pengujian sifat mudah menyala untuk limbah bersifat cair dilakukan menggunakan *seta closed cup*, *pesky martens closed cup*, atau metode lain yang setara.
- c. Reaktif, yaitu limbah yang memiliki sifat-sifat berikut:

- Limbah yang pada keadaan normal tidak stabil dan dapat menyebabkan perubahan tanpa peledakan. Limbah ini secara visual menunjukkan adanya antara lain gelembung gas, asap, dan perubahan warna.
 - Limbah yang jika bercampur dengan air berpotensi menimbulkan ledakan, menghasilkan gas, uap, atau asap. Sifat ini dapat diketahui secara langsung tanpa melalui pengujian di laboratorium.
 - Merupakan limbah sianida, sulfida yang pada kondisi pH antara 2 (dua) dan 12,5 (dua belas koma lima) dapat menghasilkan gas, uap, atau asap beracun. Sifat ini dapat diketahui melalui pengujian limbah yang dilakukan secara kualitatif.
- d. Infeksius, yaitu limbah medis padat yang terkontaminasi organisme patogen yang tidak secara rutin ada di lingkungan dan organisme tersebut dalam jumlah dan virulensi yang cukup untuk menularkan penyakit pada manusia rentan. Yang termasuk kedalam limbah infeksius antara lain:
- Limbah yang berasal dari perawatan pasien yang memerlukan isolasi penyakit menular atau perawatan intensif dan limbah laboratorium.
 - Limbah yang berupa benda tajam seperti jarum suntik, perlengkapan intravena, pipet pasteur, dan pecahan gelas.
 - Limbah patologi yang merupakan limbah jaringan tubuh yang terbuang dari proses bedah atau otopsi.
 - Limbah yang berasal dari pembiakan dan *stock* bahan infeksius, organ hewan percobaan, bahan lain yang telah diinokulasi, dan terinfeksi atau kontak dengan bahan yang sangat infeksius.
 - Limbah sitotoksik yaitu limbah dari bahan yang terkontaminasi dari persiapan dan pemberian obat sitotoksik untuk kemoterapi kanker yang mempunyai kemampuan membunuh atau menghambat pertumbuhan sel hidup.
- e. Korosif, yaitu limbah yang memiliki salah satu atau lebih sifat-sifat berikut:
- Limbah dengan pH sama atau kurang dari 2 (dua) untuk limbah bersifat asam dan sama atau lebih besar dari 12,5 (dua belas koma lima) untuk yang bersifat basa. Sifat korosif dari limbah padat

dilakukan dengan mencampurkan limbah dengan air sesuai dengan metode yang berlaku dan jika limbah dengan pH yang lebih kecil atau sama dengan 2 (dua) untuk limbah bersifat asam dan pH lebih besar atau sama dengan 12,5 (dua belas koma lima) untuk yang bersifat basa.

- Limbah yang menyebabkan tingkat iritasi yang ditandai dengan adanya kemerahan atau eritema dan pembengkakan atau edema. Sifat ini dapat diketahui dengan melakukan pengujian pada hewan uji mencit dengan menggunakan metode yang berlaku.

f. Beracun, limbah yang memiliki karakteristik beracun yang dilakukan dengan beberapa pengujian yaitu:

- Penentuan karakteristik beracun melalui TCLP, limbah yang diidentifikasi sebagai Limbah B3 kategori 1 jika limbah memiliki konsentrasi zat pencemar lebih besar dari TCLP-A. Sedangkan limbah B3 kategori 2 adalah limbah yang memiliki konsentrasi zat pencemar sama dengan atau lebih kecil dari TCLP-A dan lebih besar dari TCLP-B.
- Uji toksikologi LD₅₀ limbah yang diidentifikasi sebagai limbah B3 kategori 1 jika uji toksikologi LD₅₀ oral tujuh hari memiliki nilai lebih kecil atau sama dengan 50 mg/kg berat badan pada hewan uji mencit. Sedangkan limbah B3 kategori 2 adalah limbah yang uji toksikologi LD₅₀ oral 7 haru memiliki nilai lebih besar dari 50 mg/kg berat badan pada hewan uji mencit dan lebih kecil atau sama dengan 5000 mg/kg berat badan pada hewan uji mencit.
- Subkronis, limbah diidentifikasi sebagai limbah B3 kategori 2 jika uji toksikologi sub-kronis pada hewan uji mencit selama 90 hari menunjukkan sifat racun sub-kronis, berdasarkan hasil pengamatan pertumbuhan, akumulasi atau biokonsentrasi, studi perilaku respon antara individu hewan uji, dan/atau histopatologis.

2.1.4 Simbol Limbah B3

Pemberian tanda terhadap karakteristik limbah B3 penting dilakukan untuk penentuan dan pengelolaan limbah B3. Penandaan limbah B3 dilakukan dengan simbol limbah B3 dan label limbah B3 berdasarkan PerMen LH No.14 tahun 2013, tentang Simbol dan Label Bahan Berbahaya dan Beracun. Simbol limbah B3 dilakukan berdasarkan bentuk, warna, ukuran, bahan simbol limbah B3 dan label limbah B3.

Tabel 2.1 Karakteristik Simbol Limbah B3

No	Jenis Simbol	Gambar
1.	Mudah meledak	Jingga (R=255, G=153, B=83) Hitam (R=0, G=0, B=0) Merah (R=255, G=0, B=0)
2.	Cairan mudah menyala	Putih (R=255, G=255, B=255) Merah (R=255, G=0, B=0)
3.	Padatan mudah menyala	Putih (R=255, G=255, B=255) Hitam (R=0, G=0, B=0) Merah (R=255, G=0, B=0)
4.	Reaktif	Kuning (R=255, G=255, B=0) Hitam (R=0, G=0, B=0) Merah (R=255, G=0, B=0)

No	Jenis Simbol	Gambar
5.	Beracun	
6.	Korosif	
7.	Infeksius	
8.	Berbahaya terhadap lingkungan	

Sumber: PerMen LH No.14 Tahun 2013

Berdasarkan Tabel 2.1 diatas, berikut adalah penjelasan mengenai spesifikasi visual dan karakteristik masing-masing simbol limbah B3:

1. Simbol limbah B3 mudah meledak, simbol ini memiliki warna dasar jingga atau oranye. Di dalamnya terdapat gambar piktoqram berupa materi limbah yang meledak berwarna hitam yang terletak di bawah sudut atas garis ketupat bagian dalam. Pada bagian tengah simbol terdapat tulisan

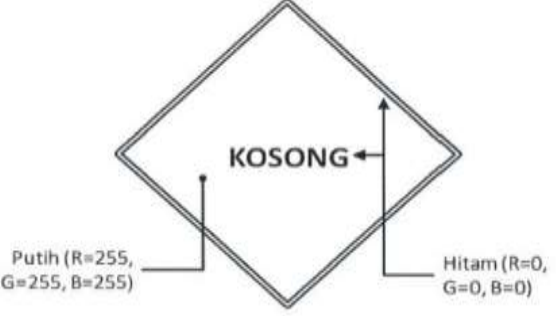
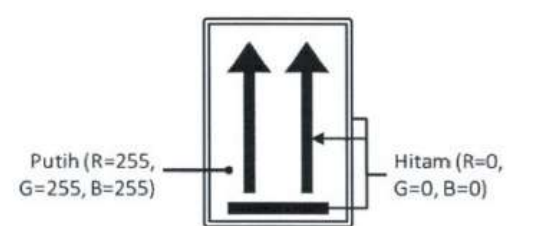
“MUDAH MELEDAK” berwarna hitam yang diapit oleh dua garis sejajar berwarna hitam, sehingga membentuk dua bangun segitiga sama kaki pada bagian dalam belah ketupat. Warna blok segi lima pada bagian bawah simbol adalah merah.

2. Simbol limbah B3 cairan mudah menyala, simbol untuk limbah B3 jenis cairan mudah menyala memiliki latar berwarna merah. Di dalam simbol tersebut terdapat gambar lidah api berwarna putih menyala yang berada pada permukaan putih di sudut atas bagian dalam ketupat. Di bagian tengah simbol tertulis kata "CAIRAN" berwarna putih, sementara di bagian bawah terdapat tulisan "MUDAH MENYALA" yang juga berwarna putih. Warna latar segi lima pada simbol ini adalah putih.
3. Simbol limbah B3 padatan mudah menyala, simbol ini memiliki warna dasar merah dan putih yang berselingan secara vertikal (belang-belang). Simbol ini memuat gambar lidah api berwarna hitam yang menyala pada suatu bidang berwarna hitam. Bagian tengah simbol terdapat tulisan “PADATAN” dan pada bagian bawah terdapat tulisan “MUDAH MENYALA” dengan warna hitam. Warna blok segi lima pada simbol ini adalah kebalikan dari warna dasar simbol (biasanya putih atau transparan menyesuaikan latar).
4. Simbol limbah B3 reaktif, simbol limbah B3 reaktif memiliki warna dasar kuning. Simbol ini memuat gambar berupa lingkaran hitam dengan asap berwarna hitam mengarah ke atas yang terletak pada suatu permukaan garis berwarna hitam. Pada bagian bawah gambar terdapat tulisan “REAKTIF” berwarna hitam. Warna blok segi lima pada bagian bawah simbol adalah merah.
5. Simbol limbah B3 beracun, simbol limbah B3 beracun memiliki warna dasar putih. Simbol ini memuat gambar berupa tengkorak manusia dengan tulang bersilang berwarna hitam dan garis tepi belah ketupat berwarna hitam. Pada bagian bawah gambar terdapat tulisan “BERACUN” berwarna hitam, dan warna blok segi lima pada bagian bawah adalah merah.

6. Simbol limbah B3 korosif, simbol limbah B3 korosif terbagi pada garis horizontal menjadi dua bidang segitiga. Bagian atas belah ketupat memiliki warna dasar putih dengan dua gambar piktogram, yaitu: di sebelah kiri gambar tetesan limbah korosif yang merusak pelat bahan berwarna hitam, dan di sebelah kanan gambar telapak tangan yang terkena tetesan limbah korosif. Bagian bawah belah ketupat memiliki bidang segitiga berwarna hitam dengan tulisan “KOROSIF” berwarna putih. Warna blok segilima pada simbol ini adalah merah.
7. Simbol limbah B3 infeksius, simbol limbah B3 infeksius memiliki warna dasar putih dengan garis pembentuk belah ketupat bagian dalam berwarna hitam. Simbol ini mencakup gambar piktogram infeksius (*biohazard*) berwarna hitam yang terletak di sebelah bawah sudut atas garis belah ketupat. Bagian bawah gambar terdapat tulisan “INFEKSIUS” berwarna hitam, dan blok segilima berwarna merah.
8. Simbol limbah B3 berbahaya, terhadap perairan (lingkungan) simbol ini memiliki warna dasar putih dengan garis pembentuk belah ketupat bagian dalam berwarna hitam. piktogram di dalamnya mencakup gambar pohon kering berwarna hitam, gambar ikan mati berwarna putih, dan gambar tumpahan limbah B3 berwarna hitam. Pada bagian tengah bawah gambar terdapat tulisan “BERBAHAYA TERHADAP” dan di bawahnya terdapat tulisan “LINGKUNGAN” berwarna hitam. Simbol ini juga memiliki blok segilima berwarna merah.

Tabel 2.2 Label Limbah B3

No	Jenis Label	Gambar
1.	Label limbah B3 untuk wadah dan/atau kemasan limbah B3	

No	Jenis Label	Gambar
2.	Label limbah B3 untuk wadah dan/atau kemasan limbah B3 kosong	
3.	Label limbah B3 untuk penunjuk tutup wadah dan/atau kemasan	

Sumber: PerMen LH No.14 Tahun 2013

Berdasarkan Tabel 2.2 diatas, berikut adalah penjelasan rinci mengenai label limbah B3, khususnya label untuk kemasan:

1. Label limbah B3 untuk wadah dan/atau kemasan limbah B3, label limbah B3 berfungsi untuk memberikan informasi tentang asal usul limbah B3, identitas limbah B3, serta kuantifikasi limbah B3 dalam kemasan limbah B3. Label limbah B3 berukuran paling rendah 15 cm dikali 20 cm, dengan warna dasar kuning serta garis tepi berwarna hitam dan tulisan identitas berwarna hitam serta tulisan PERINGATAN! Dengan huruf yang lebih besar berwarna merah.
2. Label limbah B3 untuk wadah kosong label, limbah B3 untuk wadah dan/atau kemasan limbah B3 kosong memiliki bentuk yang sama dengan bentuk dasar simbol limbah B3. Label limbah B3 yang dipasang memiliki ukuran paling rendah 10 cm × 10 cm (sepuluh sentimeter kali sepuluh sentimeter). Pada bagian tengah label terdapat tulisan “KOSONG” dengan warna tulisan berwarna hitam.
3. Label penunjuk tutup wadah label, limbah B3 yang digunakan untuk penunjuk tutup wadah dan/atau kemasan berukuran paling rendah 7 cm ×

15 cm dengan warna dasar yaitu putih dan terdapat dua gambar anak panah yang mengarah ke atas dengan posisi berdiri sejajar di atas blok hitam di dalam frame hitam. Label limbah B3 terbuat dari bahan yang tidak mudah rusak akibat goresan atau karena terkena limbah dan bahan kimia lainnya.

2.1.5 Dampak Limbah B3 Terhadap Lingkungan dan Kesehatan

Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (LB3) memiliki karakteristik yang dapat memberikan dampak signifikan terhadap lingkungan dan kesehatan manusia. Dampak ini tergantung pada jenis limbah, konsentrasi, serta cara penanganannya, pemahaman dampak ini penting sebagai dasar perencanaan sistem pengelolaan yang aman dan berkelanjutan.

- A. Dampak terhadap lingkungan, insinerasi atau pembakaran limbah medis telah lama digunakan sebagai metode pengolahan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (LB3), khususnya dalam sektor pelayanan kesehatan. Namun, sejumlah penelitian menunjukkan bahwa praktik ini menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan. Menurut (Taheri et al., 2021), proses insinerasi menghasilkan emisi berbagai polutan berbahaya ke atmosfer, seperti dioksin dan furan (PCDD/Fs), hidrokarbon aromatik polisiklik (PAH), serta gas anorganik beracun seperti karbon monoksida (CO), nitrogen oksida (NO_x), sulfur dioksida (SO₂), dan hidrogen klorida (HCl). Tidak hanya itu, senyawa karbonil seperti formaldehida serta senyawa organik volatil (VOC) seperti benzena dan toluena juga dilepaskan dalam jumlah signifikan, yang berdampak buruk bagi kesehatan manusia dan kualitas udara sekitar. Selain polusi udara, insinerasi limbah medis juga menghasilkan residu padat berupa abu terbang (*fly ash*) dan abu dasar (*bottom ash*) yang mengandung logam berat beracun seperti timbal (Pb), merkuri (Hg), kadmium (Cd), dan arsenik (As). Residu ini dikategorikan sebagai limbah B3 karena kandungannya dapat mencemari tanah dan air tanah jika tidak dikelola secara tepat. Dalam jangka panjang, akumulasi polutan ini dapat merusak ekosistem, mengganggu rantai makanan, dan meningkatkan risiko gangguan kesehatan masyarakat di sekitar fasilitas pembakaran.

B. Dampak terhadap kesehatan, menurut (Fazzo et al., 2017) dalam tinjauan sistematisnya terhadap 57 studi epidemiologi menemukan bahwa limbah B3 berdampak signifikan terhadap lingkungan dan kesehatan masyarakat, khususnya bagi penduduk yang tinggal di sekitar lokasi pembuangan limbah. Kontaminasi limbah B3 dapat terjadi melalui tanah, air, udara, dan rantai makanan. Paparan ini berisiko menimbulkan gangguan kesehatan seperti gangguan pernapasan, kulit, dan saraf, serta meningkatkan potensi penyakit kronis seperti kanker hati, payudara, kandung kemih, dan limfoma non-Hodgkin. Selain itu, terdapat risiko gangguan reproduksi seperti berat badan lahir rendah, kelahiran prematur, dan anomali kongenital. Polutan utama yang terlibat antara lain dioksin, PCB, logam berat, dan bahan kimia pengganggu endokrin (EDC), jurnal ini menegaskan bahwa pengelolaan limbah B3 yang tidak tepat, terutama di negara berkembang, dapat memperburuk pencemaran dan mengancam masyarakat rentan. Oleh karena itu, dibutuhkan sistem pengolahan limbah yang aman, terintegrasi, dan berbasis teknologi rendah emisi untuk mengurangi risiko lingkungan dan kesehatan.

2.2 Perencanaan TPS Limbah B3

Dalam merencanakan fasilitas Tempat Penyimpanan Sementara (TPS) limbah B3 pada suatu perusahaan, langkah pertama yang harus dilakukan adalah mengidentifikasi data timbulan limbah B3 beserta jenis dan karakteristiknya. Berdasarkan data tersebut, dapat dilakukan perencanaan desain bangunan TPS limbah B3 serta penentuan kebutuhan fasilitas pendukung lainnya, seperti kemasan atau pewadah limbah B3, bak penampungan, dan palet untuk penempatan limbah. Data timbulan yang telah dihimpun kemudian dikonversi ke dalam volume pewadahan, yang selanjutnya digunakan untuk menentukan luas dan dimensi bangunan yang akan dirancang. Proses penggambaran bentuk serta spesifikasi struktur bangunan dilakukan menggunakan perangkat lunak AutoCAD. Sementara itu, sistem ventilasi dirancang berdasarkan ketentuan SNI 03-6572-2001 tentang Tata Cara Perancangan Sistem Ventilasi dan Pengkondisian Udara pada Bangunan

Gedung. Seluruh tahapan ini merupakan bagian integral dari proses perencanaan bangunan TPS limbah B3 (Dewantara et al., 2017).

2.3 Kriteria TPS Limbah B3

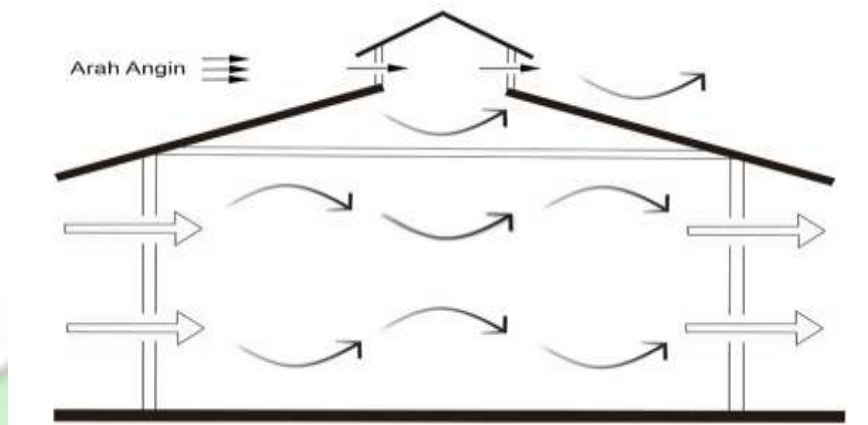
Berdasarkan Permen LHK No.6 Tahun 2021 tentang persyaratan pengelolaan limbah bahan berbahaya dan beracun, kriteria TPS limbah B3 yaitu:

- a. Rancang bangun sesuai dengan jenis, karakteristik dan jumlah limbah B3 yang disimpan.
- b. Luas ruang penyimpanan sesuai dengan jumlah limbah B3 yang disimpan.
- c. Desain dan konstruksi yang mampu melindungi limbah B3 dari hujan dan tertutup.
- d. Atap terbuat dari material yang tidak mudah terbakar.
- e. Memiliki sistem ventilasi dan sirkulasi udara.
- f. Sistem pencahayaan disesuaikan dengan rancang bangun TPS limbah B3.
- g. Lantai kedap air dan tidak bergelombang.
- h. Lantai bagian dalam dibuat melandai turun ke arah bak penampungan tumpahan dengan kemiringan paling tinggi 1%.
- i. Lantai bagian luar dibuat agar air hujan tidak masuk kedalam bangunan TPS limbah B3.
- j. Saluran drainase cecean, tumpahan limbah B3 atau air hasil pembersihan cecean dari tumpahan limbah B3.
- k. Bak penampungan tumpahan limbah B3 atau air hasil pembersihan cecean dari tumpahan limbah B3.
- l. Dilengkapi dengan simbol dan label limbah B3 sesuai dengan ketentuan perundang-undangan.

Selain persyaratan fisik bangunan, penyimpanan limbah B3 yang menggunakan wadah atau kemasan (seperti drum) juga wajib memperhatikan tata letak dan sistem penyimpanan untuk menjamin keselamatan dan kemudahan inspeksi. Berdasarkan Pasal 71 PP No. 22 Tahun 2021, penyimpanan dengan sistem blok harus mematuhi ketentuan yaitu setiap blok paling banyak terdiri atas 2 (dua) kali 3 (tiga) kemasan, memiliki lebar gang antar blok paling sedikit 60 cm

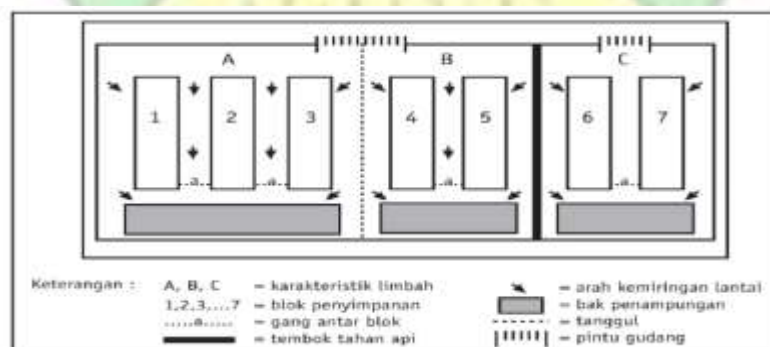
untuk akses manusia atau alat angkut, serta menjaga jarak antara tumpukan kemasan tertinggi dengan atap paling rendah 1 (satu) meter.

Berikut adalah kriteria bangunan TPS limbah B3 yang menunjukkan sirkulasi pada bangunan TPS limbah B3 sesuai dengan Permen LHK No.6 Tahun 2021 yang dapat dilihat pada Gambar 2.1:



Gambar 2.1 Sirkulasi Udara Dalam Ruang TPS Limbah B3
Sumber: Permen LHK No.6 Tahun 2021

Bangunan TPS limbah B3 juga harus dilengkapi dengan fasilitas penunjang dan tata ruang yang baik agar penyimpanan limbah B3 dapat dilakukan dengan baik dan aman bagi limbah B3 itu sendiri dan pekerja. Fasilitas penunjang TPS limbah B3 seperti bak penampungan darurat dan alat penanganan tumpahan limbah B3. Berikut adalah contoh tata ruang TPS limbah B3 berupa bangunan yang dapat dilihat pada Gambar 2.14.



Gambar 2.2 Contoh Tata Ruang TPS Limbah B3
Sumber: Permen LHK No.6 tahun 2021

2.4 Definisi Laboratorium

Laboratorium Pendidikan yang selanjutnya disebut Laboratorium adalah unit penunjang akademik pada lembaga pendidikan, berupa ruangan tertutup atau terbuka, bersifat permanen atau bergerak, dikelola secara sistematis untuk kegiatan pengujian, kalibrasi, dan/atau produksi dalam skala terbatas, dengan menggunakan peralatan dan bahan berdasarkan metode keilmuan tertentu, dalam rangka pelaksanaan pendidikan, penelitian, dan/atau pengabdian kepada masyarakat (PermenPANRB No. 7 Tahun 2019).

Laboratorium merupakan tempat dilakukannya kegiatan pengujian untuk mendapatkan data atau hasil yang diinginkan. Limbah B3 cair laboratorium dikategorikan sebagai limbah B3 dikarenakan sifat dan konsentrasinya mengandung zat yang dapat merusak lingkungan hidup, manusia, dan makhluk hidup lainnya (Fajri et al., 2019). Kegiatan pengujian di laboratorium menghasilkan sisa air buangan yang mengandung bahan kimia yang bersifat asam maupun basa. Bahan kimia yang bersifat asam seperti asam klorida, asam nitrat, asam sulfat, asam fosfat, dan asam karboksilat. Sedangkan, jenis bahan kimia senyawa basa yang digunakan misalnya natrium hidroksida dan kalium hidroksida (Sains & Said, 2021).

Selain mengandung senyawa kimia, limbah laboratorium dapat dikategorikan sebagai limbah B3 dikarenakan mengandung logam berat seperti timbal (Pb), Cd, besi (Fe), dan lainnya. Logam-logam tersebut sangat berbahaya walaupun dalam jumlah yang kecil dan menyebabkan toksik pada makhluk hidup (Adli, 2012). Proses di dalam laboratorium menggunakan bahan kimia, fisika, maupun biologi. Namun, dalam praktiknya logam berat yang termasuk ke dalam bahan kimia memiliki jumlah pencemar yang lebih banyak dibandingkan dengan bahan fisika atau biologi dan memiliki sifat yang sangat berbahaya dikarenakan karakteristiknya.

2.5 Tipe-Tipe Laboratorium

Laboratorium pendidikan menurut Permenpan No. 3 Tahun 2010 dibagi menjadi empat tipe yaitu:

- a. Laboratorium tipe I adalah laboratorium ilmu dasar yang terdapat di sekolah pada jenjang pendidikan menengah, atau unit pelaksana teknis yang menyelenggarakan pendidikan dan/atau pelatihan dengan fasilitas penunjang peralatan kategori I dan II, dan bahan yang dikelola adalah bahan kategori umum untuk melayani kegiatan pendidikan siswa.
- b. Laboratorium tipe II adalah laboratorium ilmu dasar yang terdapat di perguruan tinggi tingkat persiapan (semester I, II), atau unit pelaksana teknis yang menyelenggarakan pendidikan dan/atau pelatihan dengan fasilitas penunjang peralatan kategori I dan II, dan bahan yang dikelola adalah bahan kategori umum untuk melayani kegiatan pendidikan mahasiswa.
- c. Laboratorium tipe III adalah laboratorium bidang keilmuan terdapat di jurusan atau program studi, atau unit pelaksana teknis yang menyelenggarakan pendidikan dan/atau pelatihan dengan fasilitas penunjang peralatan kategori I, II, dan III, dan bahan yang dikelola adalah bahan kategori umum dan khusus untuk melayani kegiatan pendidikan, dan penelitian mahasiswa dan dosen.
- d. Laboratorium tipe IV adalah laboratorium terpadu yang terdapat di pusat studi fakultas atau universitas, atau unit pelaksana teknis yang menyelenggarakan pendidikan dan/atau pelatihan dengan fasilitas penunjang peralatan kategori I, II, dan III, dan bahan yang dikelola adalah bahan kategori umum dan khusus untuk melayani kegiatan penelitian, dan pengabdian kepada masyarakat, mahasiswa dan dosen.

2.6 Penelitian Terdahulu

Berikut ini adalah Tabel 2.3 yang berisi penelitian terdahulu yang dijadikan referensi dalam penelitian ini:

Tabel 2.3 Penelitian Terdahulu

No.	Penulis	Judul	Tahun	Metode	Hasil
1.	M. Roza Iqram Azizi	Redesain Tempat Penyimpanan Sementara (TPS) Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) Pada PT. Adhi Karya (Persero) Tbk Proyek Pembangunan Jalan Tol Ruas Sigli – Banda Aceh	2022	metode deskriptif evaluatif dengan pendekatan studi kasus	Hasil tugas akhir ini menunjukkan bahwa limbah B3 di proyek jalan tol Sibanceh oleh PT. Adhi Karya (Persero) Tbk terdiri dari limbah cair (oli bekas) dan limbah padat (filter oli, kain majun, aki, dan kemasan pelumas bekas). Evaluasi TPS limbah B3 mencakup kondisi fisik, tata letak, serta kemasan limbah, yang menjadi dasar perencanaan desain TPS sesuai timbulan dan karakteristik limbah, termasuk kebutuhan kemasan serta simbol dan label. TPS dirancang berukuran $13 \times 10 \times 6,5$ meter dengan kapasitas simpan 5.900 liter limbah cair dan 20.000 kg limbah padat untuk periode 3 bulan.
2.	Beatrica Julieta	Perancangan Tempat Penyimpanan Sementara (TPS) Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) di Laboratorium Jababeka Infrastruktur	2023	Metode pengumpulan data primer, data sekunder dan perhitungan	Peningkatan aktivitas industri menyebabkan limbah B3 semakin banyak dan berdampak negatif terhadap lingkungan, sehingga diperlukan kesadaran perusahaan untuk menyediakan Tempat Penyimpanan Sementara (TPS) limbah B3 demi menjaga lingkungan dan kesejahteraan karyawan. Laboratorium PT. Jababeka Infrastruktur merupakan

No.	Penulis	Judul	Tahun	Metode	Hasil
				teknis	penghasil limbah B3, namun belum memiliki TPS. Penelitian ini bertujuan merencanakan bangunan TPS limbah B3 di laboratorium tersebut sesuai peraturan. Metode yang digunakan meliputi identifikasi jenis, karakteristik, dan jumlah limbah, serta perhitungan kebutuhan fasilitas TPS. Hasil penelitian mencakup data limbah, kebutuhan wadah, dan desain TPS B3.
3.	Etih Hartati, Verina Elvira	Perencanaan Tempat Penyimpanan sementara Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3)	2024	metode perencanaan teknis berbasis studi lapangan dan literatur	Penelitian ini bertujuan merancang TPS berdasarkan data jenis, jumlah, dan karakteristik limbah, serta mengacu pada PerMenLHK No. 6 Tahun 2021, SNI 02-6572-2001, SNI 03-6575-2001, dan Permenakertrans No. 15 Tahun 2008. Hasil perencanaan menunjukkan kebutuhan lahan 30 m ² , 1 bak penampung (1 m × 0,5 m × 0,5 m), 2 smoke detector, ventilasi minimal 2,47 m ² , dan 3 lampu LED 18 watt.
4.	Retno Dwi Febri Anggraini, Abshoril Fithry	Dampak Pembuangan Limbah Beracun Terhadap Lingkungan Sekitar	2023	Metode penelitian normatif	Limbah B3 adalah limbah yang mengandung zat beracun dan berbahaya yang dapat merusak lingkungan, mengganggu kesehatan, serta mengancam kehidupan manusia dan makhluk hidup lainnya.

No.	Penulis	Judul	Tahun	Metode	Hasil
					Limbah ini tidak hanya dihasilkan oleh industri, tetapi juga dari kegiatan rumah tangga. Penelitian ini menggunakan metode normatif dengan kajian dokumen berupa peraturan, putusan pengadilan, teori hukum, dan pendapat ahli. Di Indonesia, banyak kasus pencemaran terjadi karena rendahnya kesadaran masyarakat terhadap kelestarian lingkungan. Oleh karena itu, diperlukan peningkatan kesadaran agar ekosistem tetap terjaga.
5.	Dias Rahmadanti, Rahayu Subekti	Penegakan Hukum Lingkungan Melalui Sanksi Administratif Terhadap Pelanggaran Limbah B3 di Kota Surakarta	2022	metode penelitian hukum empiris dengan pendekatan kualitatif yang bersifat deskriptif	Penelitian ini bertujuan mengevaluasi efektivitas penegakan sanksi administratif terhadap pelanggaran pembuangan limbah B3 di Kota Surakarta serta hambatan dalam penegakannya. Menggunakan metode empiris dengan pendekatan kualitatif, data diperoleh melalui wawancara dan studi peraturan. Hasilnya menunjukkan bahwa penegakan sanksi belum efektif karena keterbatasan pengawasan dan pembinaan oleh DLH serta kurangnya sarana. Hambatan utama meliputi perubahan struktur organisasi DLH, keterbatasan peraturan dan kewenangan, anggaran operasional, serta kekurangan

No.	Penulis	Judul	Tahun	Metode	Hasil
					sumber daya manusia dan aparat penegak hukum.
6.	Farida Nur Hidayah	Perkembangan Pengaturan Hukum Limbah Bahan Berbahaya Dan Beracun (Limbah B3) di Indonesia	2023	penelitian yuridis-normatif	Penelitian ini membahas pengaturan hukum terkait pengelolaan limbah B3 serta perkembangannya di Indonesia. Metode yang digunakan adalah yuridis normatif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Indonesia telah meratifikasi Konvensi Stockholm melalui UU No. 19 Tahun 2009 untuk mengendalikan bahan pencemar organik persisten (POPs) guna melindungi kesehatan manusia dan lingkungan. Selain itu, UU No. 32 Tahun 2009 menggantikan UU sebelumnya dan menekankan pentingnya pengelolaan limbah B3 karena dampak seriusnya terhadap manusia dan lingkungan jika tidak ditangani dengan baik.
7.	Aisya Nursabrina, Tri Joko, Onny Septiani	Kondisi Pengelolaan Limbah B3 Industri di Indonesia dan Potensi Dampaknya: Studi Literatur	2021	Metode Kajian literatur (literature review) melalui tahapan:	Kajian dari 12 jurnal menunjukkan bahwa pengelolaan limbah B3 industri di Indonesia masih menghadapi banyak tantangan teknis, regulasi, dan implementasi. Perlunya kebijakan yang komprehensif, integratif, dan berkelanjutan serta sinergi antar pemangku kepentingan.

No.	Penulis	Judul	Tahun	Metode	Hasil
				identifikasi pertanyaan, tujuan, seleksi jurnal, ekstraksi data, dan penyajian hasil.	
8.	Muhammad Azkiya	Perencanaan Fasilitas Tempat Penyimpanan Sementara (TPS) Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) Menggunakan Konsep Bangunan Rendah Emisi Pada Laboratorium di Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh	2025	Metode deskriptif kuantitatif dengan observasi, wawancara, studi literatur, <i>purposive sampling</i> , dan analisis Skala	Penelitian ini merencanakan pembangunan Tempat Penyimpanan Sementara (TPS) Limbah B3 seluas 27,36 m ² di Laboratorium Multifungsi UIN Ar-Raniry, Banda Aceh, guna mengatasi pengelolaan limbah saat ini yang belum terintegrasi dengan tingkat kepatuhan laboratorium yang masih bervariasi (10%–70%). Berdasarkan hasil identifikasi, kegiatan laboratorium menghasilkan limbah berkarakteristik mudah terbakar, korosif, reaktif, dan beracun dengan timbulan limbah cair 14,65 liter/minggu dan limbah padat 3,49 kg/minggu. Untuk mengakomodasi volume tersebut secara aman dan sesuai regulasi, fasilitas TPS

No.	Penulis	Judul	Tahun	Metode	Hasil
				Guttman.	B3 dirancang menggunakan 6 drum 50 liter untuk limbah cair dan 4 kontainer 500 liter untuk limbah padat.



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

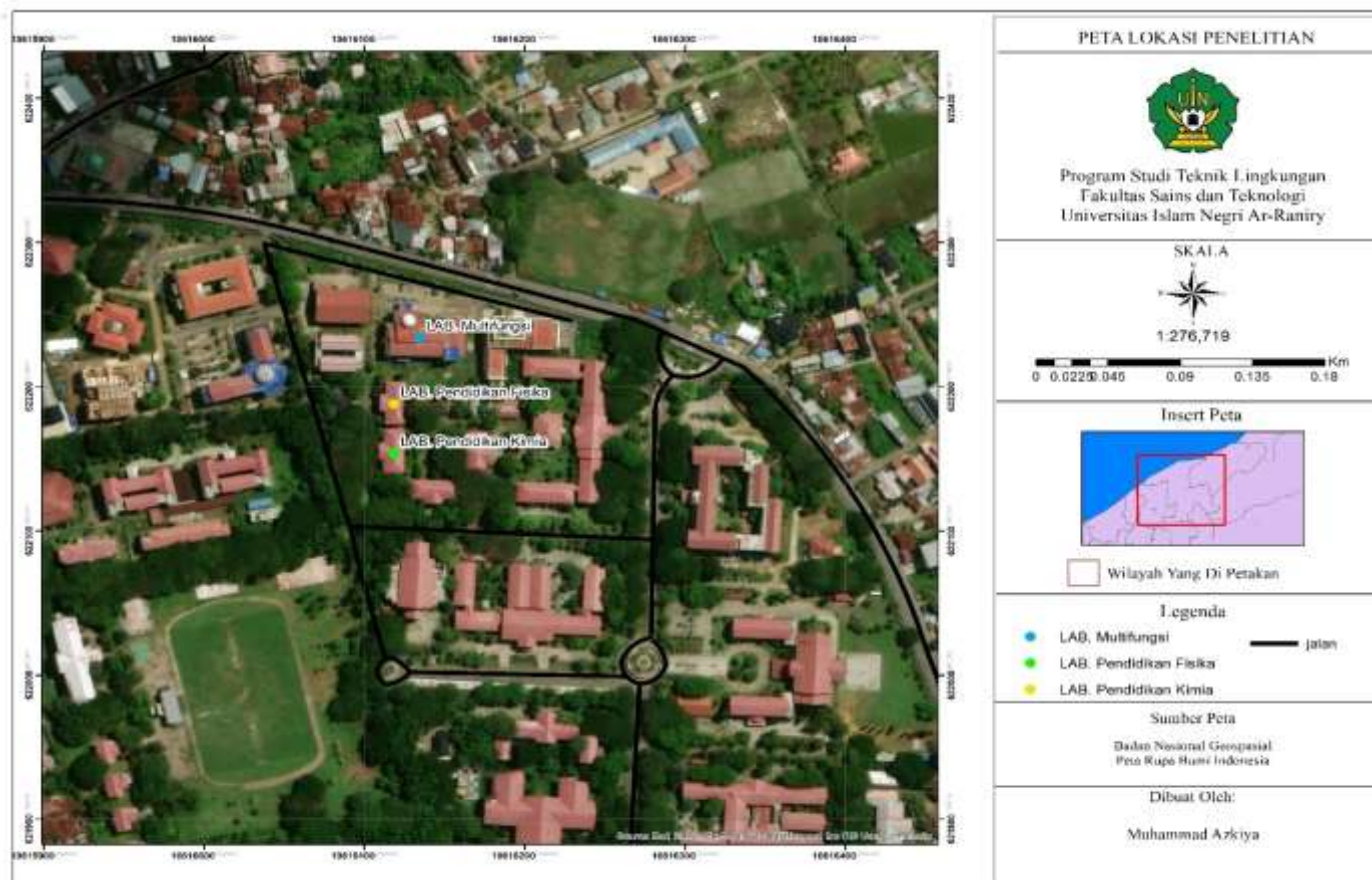
3.1 Lokasi dan Waktu Tugas Akhir

3.1.1 Lokasi Pelaksanaan Tugas Akhir

Lokasi Penelitian ini dilaksanakan di Universitas Islam Negeri (UIN) Ar-Raniry Banda Aceh yang terletak di Jl. Syeikh Abdul Rauf, Kopelma Darussalam, Kecamatan Syiah Kuala, Kota Banda Aceh, Provinsi Aceh. Secara geografis, wilayah kampus UIN Ar-Raniry berada pada koordinat sekitar 5°34'50.6" Lintang Utara dan 95°21'17.4" Bujur Timur.

Objek penelitian ini difokuskan pada laboratorium multifungsi yang berada di lingkungan UIN Ar-Raniry, secara geografis lokasi laboratorium multifungsi berada pada koordinat 5°34'51.3" Lintang Utara dan 95°21'21.2" Bujur Timur. Untuk lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1.





Gambar 3.1 Peta Lokasi Penelitian

3.1.2 Pelaksanaan Tugas Akhir

Waktu pelaksanaan Tugas Akhir ini terhitung dari awal Juni 2025 tahap penyusunan sampai dengan bulan November 2025 tahap akhir dari penyelesaian Tugas Akhir ini. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 3.1.



Tabel 3.1 Perencanaan Penyusunan Tugas Akhir

[illegible]

3.2 Metode Pengumpulan Data

Metode dalam melakukan perencanaan maka hal yang diperlukan yaitu data primer dan data sekunder, diantaranya adalah sebagai berikut:

3.2.1 Data Primer

Data primer dikumpulkan melalui metode observasi dan wawancara. Survei lapangan dilakukan secara langsung di laboratorium multifungsi UIN Ar-Raniry Banda Aceh. Kegiatan survei ini bertujuan untuk mengidentifikasi jenis, karakteristik, dan volume limbah B3 yang dihasilkan, meninjau kondisi eksisting tempat penyimpanan limbah (jika tersedia), serta mengamati kondisi lingkungan sekitar sebagai bahan pertimbangan dalam pemilihan lokasi dan desain TPS.

Wawancara dilakukan dengan pihak-pihak yang terlibat langsung dalam kegiatan laboratorium dan pengelolaan limbah, seperti pengelola laboratorium, laboran, petugas kebersihan, Dosen, dan pihak kampus yang bertanggung jawab terhadap fasilitas lingkungan. Wawancara ini bertujuan untuk memperoleh informasi mendalam mengenai prosedur penanganan limbah B3 yang telah diterapkan, kendala yang dihadapi dalam pengelolaan limbah, serta harapan dan kebutuhan terhadap fasilitas TPS yang ideal. Hasil wawancara digunakan sebagai masukan dalam merancang fasilitas penyimpanan yang sesuai dengan kebutuhan pengguna serta memenuhi standar keselamatan dan prinsip bangunan rendah emisi.

Berikut dapat dilihat pada Tabel 3.2 yaitu teknik pengumpulan dan kegunaan data primer dalam penelitian ini.

Tabel 3.2 Pengumpulan dan Kegunaan Data Primer

No.	Objek Data	Sumber Data	Kegunaan Data
1.	Jenis limbah B3	Laboratorium Multifungsi	Mengetahui klasifikasi limbah
2.	Volume limbah B3	Ketiga laboratorium	Menentukan kapasitas ruang TPS limbah B3
3.	Sistem pengelolaan saat ini	Pengelola lab, laboran, dan dosen	Mengetahui cara penanganan limbah B3 yang berjalan saat ini

3.2.2 Data Sekunder

Data sekunder merupakan data tidak langsung yang didapat dan dijadikan sumber informasi. Studi literatur dilakukan untuk memperoleh landasan teori dan

standar teknis yang relevan dengan perencanaan fasilitas TPS Limbah B3. Literatur yang digunakan meliputi Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No.6 Tahun 2021 tentang Tata Cara dan Persyaratan Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun serta Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No.14 tahun 2013 tentang Simbol dan Label Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun.

Berikut dapat dilihat pada Tabel 3.3 yaitu teknik pengumpulan dan kegunaan data sekunder pada penelitian ini.

Tabel 3.3 Pengumpulan dan Kegunaan Data Sekunder

No.	Objek Data	Sumber Data	Kegunaan Data
1.	Peraturan pengelolaan limbah B3	Permen LHK No.6 Tahun 2021	Menjadi acuan perencanaan teknis dan kesesuaian regulasi
2.	Standar label dan simbol limbah B3	Permen LHK No.14 Tahun 2013	Penyesuaian desain TPS dengan ketentuan pelabelan limbah B3
3.	Informasi bahan kimia	<i>Material Safety Data Sheet</i> (MSDS) dari produsen/pemasok bahan kimia	Menentukan karakteristik limbah B3
4.	Peta lokasi laboratorium	Data spasial yang diolah sendiri menggunakan ArcGis	Menentukan lokasi yang strategis dan sesuai secara spasial untuk fasilitas TPS Limbah B3

3.2.3 Metode Pengambilan Sampel

Sesuai dengan SNI 3964:2025, proses pengambilan sampel untuk pengukuran timbulan dan komposisi sampah biasanya dilakukan selama 8 hari berturut-turut. Namun, jika tidak memungkinkan untuk dilakukan selama 8 hari, pengambilan sampel dapat dilakukan minimal 3 hari yang mewakili hari kerja, hari libur, dan hari puncak timbulan sampah. Metode pengambilan sampel dalam penelitian ini menggunakan metode *purposive* sampling, yaitu teknik penentuan sampel berdasarkan tujuan tertentu dan pertimbangan spesifik. Pemilihan laboratorium sebagai lokasi pengambilan sampel dilakukan secara *purposive* karena laboratorium ini merupakan fasilitas pusat yang memiliki intensitas kegiatan praktikum dan penelitian yang beragam dan memiliki potensi menghasilkan limbah B3 dari aktivitas praktikum.

Pengambilan sampel dilakukan selama 5 hari berturut-turut di masing-masing laboratorium. Setiap laboratorium disediakan wadah khusus berupa plastik

hitam untuk limbah B3 padat dan botol aqua besar untuk limbah B3 cair. Seluruh wadah diberi label limbah B3. Tujuan dari pengambilan sampel ini adalah untuk mengukur jumlah timbulan limbah B3 berdasarkan berat atau volume per hari, serta mengetahui jenis dan karakteristik limbah yang dihasilkan.

3.3 Metode Analisis Data

Metode analisis data dalam penelitian ini bertujuan untuk mengolah dan menginterpretasikan data yang diperoleh dari berbagai sumber, baik data primer maupun data sekunder, guna menjawab tujuan dan permasalahan dalam tugas akhir ini. Proses analisis dilakukan secara bertahap, dimulai dari analisis karakteristik limbah B3 yang dihasilkan oleh laboratorium, analisis tingkat kesesuaian pengelolaan limbah B3 dengan peraturan yang berlaku, hingga perancangan sistem dan desain fasilitas penyimpanan sementara (TPS) limbah B3 sesuai dengan ketentuan teknis yang ditetapkan.

3.3.1 Analisis Karakteristik Limbah B3 di Laboratorium UIN Ar-Raniry

Data primer yang diperoleh melalui observasi lapangan di tiga laboratorium digunakan untuk mengidentifikasi dan mengklasifikasikan limbah B3 berdasarkan jenis, sifat, dan volume yang dihasilkan. Informasi dari wawancara digunakan untuk melengkapi data karakteristik limbah, terutama untuk jenis limbah yang tidak terdokumentasi secara tertulis. Jika tidak terdapat data volume limbah B3, maka peneliti melakukan penyamplingan dengan metode penimbangan limbah (kg) yang kemudian dikonversi ke volume menggunakan data densitas, selama 5 hari berturut-turut pada saat kegiatan laboratorium aktif. Hasil pengukuran selanjutnya dihitung rata-rata hariannya dan diproyeksikan sesuai periode penyimpanan maksimal yang diizinkan dalam peraturan, untuk menentukan kapasitas Tempat Penyimpanan Sementara (TPS) limbah B3.

Menurut (Malayadi, 2017) karakteristik limbah B3 meliputi limbah laboratorium (*flammable*, *harmful*, korosif, toksik, eksplosif, *oxidizing*, karsinogenik, *dangerous for the environment*, limbah organik, dan bahan kadaluarsa). Data primer yang telah diperoleh akan dianalisis dan diolah untuk mendapatkan karakteristik limbah B3. Tahapan pengerjaan yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Melakukan identifikasi limbah apakah limbah tersebut merupakan limbah bahan berbahaya dan beracun atau bukan
2. Melakukan karakterisasi limbah berdasarkan sifatnya, yaitu limbah *ignitability* (kenyala-nyalaan), *flammable* (mudah terbakar), *explosive* (mudah meledak), *corrosive* (menimbulkan karat), buangan penyebab penyakit (*infectious waste*), dan buangan beracun (*toxic waste*). Pengkarakterisasian ini dilakukan dengan menggunakan studi literatur, yaitu melihat *Material Safety Data Sheet* (MSDS) dari tiap limbah padat atau cair yang dihasilkan.
3. Melakukan pengelompokan limbah B3 berdasarkan karakteristiknya yang sejenis.

3.3.2 Analisis Tingkat Kesesuaian Pengelolaan Limbah B3 di Laboratorium UIN Ar-Raniry Saat Ini dengan Peraturan yang Berlaku

Analisis kesesuaian dilakukan dengan membandingkan hasil observasi dan wawancara terkait pengelolaan limbah B3 dengan standar teknis yang ditetapkan dalam regulasi, seperti PerMen LH No. 6 Tahun 2021 dan PP No. 22 tahun 2021.

Analisis ini bertujuan untuk menilai tingkat kesesuaian pengelolaan limbah B3 yang dilakukan di laboratorium UIN Ar-Raniry dengan standar dan ketentuan peraturan yang berlaku. Mengingat laboratorium tersebut belum memiliki fasilitas TPS limbah B3 maka pengelolaan limbah masih bersifat tidak terstruktur dan belum memenuhi kaidah teknis yang ditetapkan oleh pemerintah.

Metode analisis yang digunakan adalah Skala Guttman menurut (Fajriyah, 2020) Skala Guttman disebut juga skala scalogram merupakan metode yang sangat baik untuk meyakinkan hasil penelitian mengenai kesatuan dimensi dan sifat yang diteliti yakni sesuai dan tidak sesuai. Adapun skoring perhitungan responden dalam skala Guttman adalah:

Tabel 3.4 Skoring Skala Guttman

Pertanyaan	Skor Alternatif Jawaban	
	YA	TIDAK
1	1	0
2	0	1

Sumber: Fajriyan (2020)

Jawaban dari responden dapat dibuat skor tertinggi “1” dan terendah “0”. Untuk alternatif jawaban penyusun menentukan untuk jawaban Ya = 1, dan Tidak = 0. Dalam penelitian ini dalam bentuk *checklist*, dengan demikian penyusun mengharapkan jawaban yang didapatkan untuk data nantinya bersifat tegas.

Setelah penyusun mendapatkan jawaban dari responden, kemudian dilakukan analisis data. Data yang didapatkan oleh penyusun masih berupa data mentah yang berisi jawaban dari responden, sehingga perlu dilakukan analisis data. Salah satu tujuan analisis data adalah untuk menyederhanakan seluruh data yang kemudian disajikan dalam susunan sistematis. Setelah itu menafsirkan atau memaknai data yang telah diperoleh.

Data yang didapatkan penyusun bersifat kuantitatif dengan skala Guttman sehingga perlu diolah untuk penarikan kesimpulan. Teknik analisis yang digunakan adalah teknik hitung analisis deskriptif. Adapun teknik statistik yang digunakan dalam penelitian ini adalah persentase. Persentase untuk kemungkinan jawaban diperoleh dari membagi frekuensi yang diperoleh kemudian dikalikan 100%. Adapun rumusnya sebagai berikut:

$$P = \frac{f}{n} \times 100\%$$

Keterangan:

P = Presentase

F = Frekuensi dari setiap jawaban yang dipilih

N = Jumlah

100% = Konstanta

Berikut ini adalah tabel kriteria skor angket respon dari responden dalam menentukan kriteria persentase yang didapat.

Tabel 3.5 Kriteria Skor Angket Respon dari Responden

No.	Persentase Batas Interval	Kategori Penilaian
1.	0-20%	Buruk Sekali
2.	21-40%	Buruk
3.	41-60%	Cukup
4.	61-80%	Baik
5.	81-100%	Baik Sekali

Sumber: Fajriyah (2020)

Evaluasi pengelolaan limbah B3, apabila data yang didapat bersifat kuantitatif menggunakan Skala Guttman, maka data perlu diolah untuk menarik kesimpulan. Teknik hitung persentase merupakan teknik analisis yang digunakan.

3.3.3 Analisis Perencanaan Desain TPS Limbah B3

Pengolahan data akan dilakukan dengan cara mengkombinasikan data primer dan data sekunder. Data tersebut akan disajikan dalam bentuk tabel, gambar desain dan naratif. Setelah diketahui data timbulan dan karakteristik limbah B3 akan dilakukan redesain terhadap TPS limbah B3 sesuai dengan timbulan, jenis dan karakteristik limbah B3. Redesain TPS limbah B3 dilakukan berdasarkan peraturan terkait pengelolaan limbah B3 yang nantinya akan menghasilkan *Detail Engineering Design* (DED) TPS limbah B3. Berikut adalah persamaan yang digunakan pada perhitungan pada tahapan redesain TPS limbah B3, yang meliputi:

1. Penentuan luas TPS limbah B3

$$\text{Luas TPS} = \text{Panjang TPS} \times \text{Lebar TPS} \dots\dots\dots (3.1)$$

2. Jumlah kebutuhan wadah limbah B3

$$\text{Jumlah kemasan} = \frac{\text{Total limbah B3 waktu penyimpanan}}{\text{Kapasitas satu kemasan}} \dots\dots\dots (3.2)$$

Adapun perencanaan yang dilakukan terdiri atas dua aspek utama, yaitu perencanaan sistem pengelolaan limbah B3 dan perencanaan desain TPS Limbah B3.

1. Perencanaan sistem pengelolaan limbah B3, dalam menyusun alur sistem pengelolaan limbah dari laboratorium hingga ke TPS, yaitu:
 - Pemilahan limbah berdasarkan jenis/sifat .
 - Pengumpulan di wadah berlabel B3.
 - Pelabelan dan pencatatan.
 - Transportasi internal ke TPS.
 - Penyimpanan sementara.
2. Dalam melakukan perencanaan desain TPS limbah B3 dilakukan melalui tahapan-tahapan berikut ini:
 - Mengetahui jumlah timbulan dan karakteristik limbah B3.

- Menghitung luas bangunan TPS limbah B3 sesuai dengan timbulan dan karakteristik limbah B3.
- Melakukan desain TPS limbah B3 berdasarkan peraturan yang berlaku.
- Mengaplikasikan desain dengan menggunakan aplikasi menggambar AutoCAD dan SketchUp.

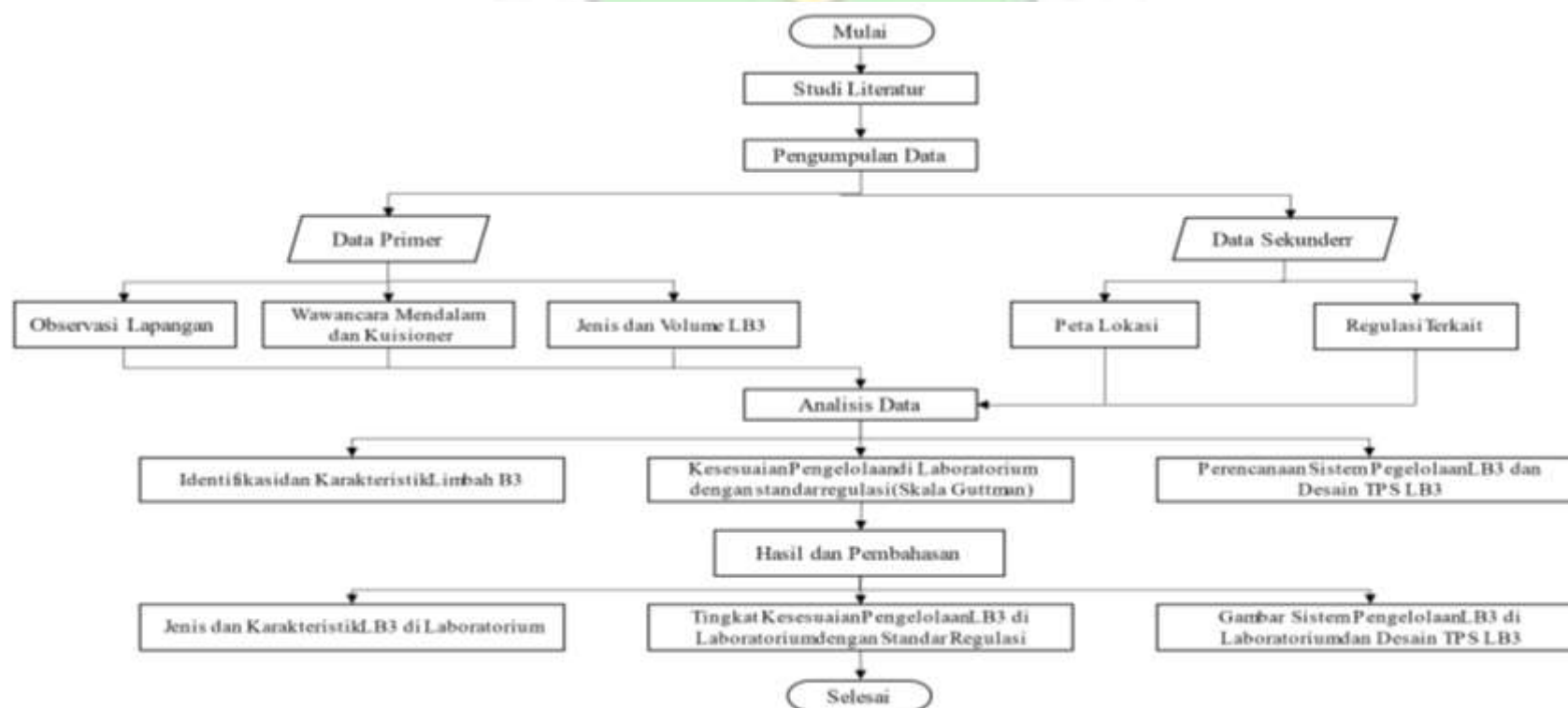
3.4 Metode Penyajian Data

Penyajian data dalam penelitian ini dilakukan secara sistematis dan terstruktur agar memudahkan pembaca dalam memahami hasil penelitian. Data yang telah dikumpulkan dan diolah akan disajikan dalam beberapa bentuk sebagai berikut:

- Tabel, digunakan untuk menampilkan data hasil observasi, klasifikasi limbah B3 berdasarkan jenis dan sifat, hasil skorsing skala guttman, serta volume limbah B3 dari 3 laboratorium. Tabel juga digunakan untuk menampilkan perbandingan kesesuaian pengelolaan limbah B3 dengan peraturan yang berlaku.
- Dokumentasi, digunakan untuk memperkuat bukti observasi di lapangan, seperti kondisi eksisting laboratorium, lokasi pengumpulan limbah, serta potensi lokasi pembangunan TPS B3.
- Desain perencanaan TPS limbah B3 disajikan dalam bentuk gambar 2D dan 3D menggunakan software AutoCAD dan SketchUP.
- Narasi deskriptif, Penjelasan naratif digunakan untuk mendeskripsikan data hasil wawancara, hasil analisis regulasi, serta pertimbangan teknis dalam perencanaan desain TPS.
- Lampiran pendukung, Termasuk data mentah hasil wawancara, dokumen regulasi, gambar lokasi perencanaan desain TPS limbah B3, serta catatan lapangan lainnya yang digunakan sebagai rujukan dan bukti proses penelitian.

3.5 Tahapan Pelaksanaan Tugas Akhir

Dalam pelaksanaan Tugas Akhir ini dilakukan secara sistematis yang dituangkan dalam diagram alir yang ada di bawah ini, dapat dilihat pada gambar diagram berikut:



Gambar 3.2 Tahapan Pelaksanaan Tugas Akhir

BAB IV

PEMBAHASAN

4.1 Identifikasi Jenis dan Karakteristik Limbah B3 Laboratorium

Identifikasi jenis dan karakteristik limbah B3 merupakan tahapan awal yang penting dalam perencanaan Tempat Penyimpanan Sementara (TPS) limbah B3. Identifikasi ini bertujuan untuk mengetahui variasi jenis limbah B3 yang dihasilkan dari aktivitas masing-masing laboratorium, beserta karakteristik umumnya, sehingga dapat digunakan sebagai dasar dalam penentuan sistem pewadahan dan perencanaan kapasitas TPS limbah B3.

Identifikasi limbah B3 dalam penelitian ini dilakukan melalui observasi langsung terhadap kegiatan praktikum dan penelitian di setiap laboratorium, pengamatan terhadap sisa bahan kimia dan material terkontaminasi, serta pencocokan nama limbah dengan kode limbah B3 sesuai Lampiran IX Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021. Karakteristik limbah B3 yang dicantumkan dalam tabel diidentifikasi secara deskriptif berdasarkan sifat umum bahan kimia dan material yang digunakan dalam kegiatan laboratorium, serta mengacu pada literatur dan regulasi terkait limbah B3.

4.1.1 Identifikasi Laboratorium Kimia

Laboratorium Kimia merupakan laboratorium dengan potensi timbunan limbah B3 terbesar di lingkungan Laboratorium Multifungsi UIN Ar-Raniry karena intensitas kegiatan praktikum dan penelitian yang tinggi serta penggunaan berbagai jenis bahan kimia. Berdasarkan hasil identifikasi pada Tabel 4.1, limbah B3 yang dihasilkan meliputi limbah cair dan limbah padat yang berasal dari sisa reaksi kimia, pencucian peralatan laboratorium, serta material pendukung praktikum yang terkontaminasi bahan kimia.

Jenis limbah B3 yang teridentifikasi antara lain senyawa anorganik dan organik seperti logam berat (misalnya senyawa timbal, merkuri, dan nikel), larutan asam kuat dan basa kuat, serta bahan kimia organik seperti formaldehida dan pelarut organik. Limbah cair tersebut secara deskriptif memiliki karakteristik korosif dan beracun, yang ditentukan berdasarkan sifat umum bahan kimia yang

dapat menyebabkan iritasi, luka bakar kimia, serta potensi pencemaran lingkungan apabila dibuang tanpa pengelolaan yang sesuai. Selain limbah cair, Laboratorium Kimia juga menghasilkan limbah B3 padat berupa tisu, masker, sarung tangan bekas, serta kemasan bahan kimia yang terkontaminasi. Secara deskriptif, limbah padat tersebut memiliki potensi bahaya yang sama dengan limbah cair karena masih mengandung residu bahan kimia berbahaya. Namun berdasarkan hasil observasi lapangan, pemilahan limbah B3 di Laboratorium Kimia baru diterapkan pada limbah cair, sedangkan limbah B3 padat masih dibuang bersama limbah non-B3.

Hasil identifikasi ini menunjukkan bahwa meskipun jenis dan karakteristik umum limbah B3 di Laboratorium Kimia dapat diidentifikasi dengan cukup jelas, penerapan pengelolaan limbah B3 masih belum menyeluruh. Kondisi tersebut menegaskan perlunya sistem pengelolaan limbah B3 yang lebih terstruktur, khususnya melalui pemisahan limbah cair dan padat serta penyediaan fasilitas penyimpanan sementara yang memenuhi standar teknis, guna meminimalkan risiko pencemaran lingkungan dan paparan bahan berbahaya terhadap pengguna laboratorium. Daftar jenis limbah B3 yang teridentifikasi di Laboratorium Kimia disajikan pada Tabel 4.1 berikut.

Tabel 4.1 Identifikasi Laboratorium Kimia

No.	Nama	kode LB3	Karakteristik
1.	Timbal Nitrat	A106d	Beracun
2.	Diklorometana (DCM)	A103a	Beracun
3.	Formaldehida	A2240	Beracun
4.	Natrium Oksalat	A106d	Beracun
5.	Merkuri (III) Sulfat	A105d	Beracun
6.	Nikel (II) sulfat	A106d	Beracun
7.	Zinc Sulfat	A106d	Beracun
8.	Kobalt (II) Nitrat	A106d	Beracun
9.	Natrium Nitroprusida	A106d	Beracun
10.	Barium Klorida	A106d	Beracun
11.	Klorofom	A2166	Beracun
12.	Timbal (II) Asetat	A2261	Beracun
13.	Tembaga (II) Oksida	A106d	Beracun
14.	Kobalt (II) Klorida	A106d	Beracun

No.	Nama	kode LB3	Karakteristik
15.	Amonium Hidroksida	A101c	Korosif
16.	Kalium Permanganat	A106d	Reaktif
17.	Natrium Nitrat	A106d	Reaktif
18.	Tembaga Nitrat	A106d	Beracun
19.	Asam Nitrat	A105c	Korosif
20.	Tembaga Sulfat	A106d	Beracun
21.	Barium Nitrat	A106d	Beracun
22.	Asam Nitrit	A106d	Beracun
23.	Zinc Nitrat	A106d	Beracun
24.	Kalium Dikromat	A2155	Beracun
25.	Tembaga (II) Nitrat	A106d	Beracun
26.	Natrium Hipoklorit	A104c	Korosif
27.	Asam Florida	A106d	Beracun
28.	Barium Hidroksida	A106d	Korosif
29.	Natrium Hidroksida	A108c	Korosif
30.	Kalium Hidroksida	A107c	Korosif
31.	Kalsium Oksida	A106d	Korosif
32.	Hidrogen Peroksida	A106d	Reaktif

4.1.2 Identifikasi Laboratorium Teknik Lingkungan

Laboratorium Teknik Lingkungan menghasilkan limbah B3 yang berasal dari kegiatan praktikum dan penelitian yang berkaitan dengan analisis kualitas air, tanah, dan limbah. Berdasarkan hasil identifikasi pada Tabel 4.2, jenis limbah B3 yang dihasilkan meliputi sisa reagen kimia, larutan asam dan basa, serta residu hasil pengujian seperti lumpur atau endapan yang mengandung bahan kimia berbahaya.

Jenis reagen yang umum digunakan dalam praktikum analisis kualitas lingkungan antara lain asam kuat, basa kuat, serta bahan kimia pendukung analisis yang berpotensi menimbulkan bahaya apabila tidak dikelola dengan baik. Secara deskriptif, limbah cair yang dihasilkan memiliki karakteristik korosif dan beracun, yang ditentukan berdasarkan sifat umum bahan kimia yang digunakan dalam proses analisis, seperti kemampuan menyebabkan iritasi, kerusakan jaringan, serta potensi pencemaran lingkungan.

Hasil observasi lapangan menunjukkan bahwa limbah bahan kimia cair dari Laboratorium Teknik Lingkungan masih dibuang langsung ke wastafel atau saluran pembuangan tanpa melalui proses pengumpulan dan penyimpanan

sementara sebagai limbah B3. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa meskipun jenis dan karakteristik limbah B3 dapat diidentifikasi secara deskriptif, pengelolaan limbah B3 pada Laboratorium Teknik Lingkungan belum dilakukan secara sistematis dan terpisah sesuai dengan ketentuan yang berlaku. Daftar jenis limbah B3 yang teridentifikasi di Laboratorium Teknik Lingkungan disajikan pada Tabel 4.2 berikut.

Tabel 4.2 Identifikasi Laboratorium Teknik Lingkungan

No.	Nama	Kode LB3	Karakteristik
1.	Kalium(Potassium) Thiocyanate	A106d	Beracun
2.	Natrium(Sodium) Thiosulphate	A106d	Beracun
3.	Natrium Metabisulfite	A106d	Beracun
4.	Mercury (II) Sulfate	A105d	Beracun
5.	Mangan(II) Sulfate	A106d	Beracun
6.	Natrium (Sodium) Hydroxide	A108c	Korosif
7.	Natrium Iodida	A106d	Beracun
8.	HCL (Asam Klorida)	A110c	Korosif
9.	Asam Sulfanilate	A106d	Reaktif
10.	Natrium (Sodium) Nitrate	A106d	Beracun
11.	Mercury(II) Chloride	A105d	Beracun
12.	Perak Sulfate	A106d	Beracun
13.	Ferro Ammonium Sulfate	A106d	Beracun
14.	Asam sulphate (Asam Sulfat)	A109c	Korosif
15.	Hydrogen Peroxide	A106d	Reaktif
16.	Iodine	A106d	Beracun

4.1.3 Identifikasi Laboratorium Biologi

Laboratorium Biologi menghasilkan limbah B3 yang berasal dari kegiatan praktikum dan penelitian yang melibatkan bahan kimia, bahan biologis, serta material pendukung lainnya. Berdasarkan hasil identifikasi pada Tabel 4.3, limbah B3 yang dihasilkan berupa limbah cair dan limbah padat yang berpotensi menimbulkan risiko terhadap kesehatan manusia dan lingkungan.

Jenis limbah B3 yang dihasilkan antara lain larutan bahan kimia pengawet, sisa antibiotik, media kultur, serta material sekali pakai seperti tisu, masker, dan sarung tangan yang terkontaminasi. Secara deskriptif, limbah dari Laboratorium Biologi memiliki karakteristik beracun dan berpotensi infeksius, yang ditentukan

berdasarkan sifat umum bahan kimia dan material biologis yang digunakan dalam kegiatan laboratorium.

Hasil observasi lapangan menunjukkan bahwa limbah B3 dari Laboratorium Biologi belum dikelola secara khusus dan masih bercampur dengan limbah non-B3. Limbah padat yang terkontaminasi umumnya dibuang ke tempat sampah umum tanpa perlakuan awal, sedangkan limbah cair belum dikumpulkan sebagai limbah B3. Kondisi ini berpotensi menimbulkan risiko paparan bahan berbahaya bagi pengguna laboratorium serta meningkatkan potensi pencemaran lingkungan. Oleh karena itu, diperlukan sistem pengelolaan limbah B3 yang lebih terstruktur melalui pemisahan, pewadahan, dan penyimpanan sementara yang sesuai dengan ketentuan pengelolaan limbah B3. Daftar jenis limbah B3 yang teridentifikasi di Laboratorium Biologi disajikan pada Tabel 4.3 berikut.

Tabel 4.3 Identifikasi Limbah Laboratorium Biologi

No.	Nama	Kode	Karakteristik
1.	Alkohol	A110b	Mudah menyala
2.	Natrium Hidroksida	A108c	Korosif
3.	Minyak Spiritus	A110b	Mudah menyala
4.	chloramphenicol CT0013B	A337-2	Mudah menyala
5.	Test KIT Merkury	A106d	Beracun
6.	Chloroform	A2166	Beracun
7.	TRIS Base	A106d	Beracun
8.	Czero Oxygen Solution	A106d	Beracun
9.	Gene Aid Purification/Extraction Kit	A106d	Beracun
10.	Media Agar	A106d	Infeksius

4.1.4 Identifikasi Laboratorium Arsitektur

Laboratorium Arsitektur menghasilkan limbah B3 yang berasal dari kegiatan praktikum perancangan, pembuatan maket, serta pekerjaan material bangunan skala laboratorium. Berdasarkan hasil identifikasi pada Tabel 4.4, jenis limbah B3 yang dihasilkan meliputi sisa cat berbasis minyak dan air, thinner, pelarut organik, lem sintetis, serta kemasan bahan kimia seperti kaleng cat dan wadah pelarut.

Jenis limbah tersebut dikategorikan sebagai limbah B3 karena mengandung senyawa organik volatil (volatile organic compounds/VOC) dan bahan kimia berbahaya yang berpotensi menimbulkan dampak negatif terhadap kesehatan dan lingkungan. Secara deskriptif, limbah cat dan pelarut memiliki karakteristik mudah

menyala dan beracun, yang ditentukan berdasarkan sifat umum bahan yang mudah menguap, berbau tajam, serta bersifat iritatif apabila terhirup atau kontak langsung dengan kulit.

Hasil observasi lapangan menunjukkan bahwa limbah B3 yang dihasilkan pada Laboratorium Arsitektur belum dikelola secara khusus. Limbah sisa cat dan pelarut umumnya dibiarkan mengering atau dibuang bersama limbah padat non-B3, sedangkan kemasan bahan kimia bekas tidak diberi perlakuan khusus sebelum dibuang. Kondisi ini berpotensi menimbulkan risiko pencemaran lingkungan, terutama melalui emisi uap kimia dan residu bahan berbahaya yang tertinggal pada kemasan. Oleh karena itu, diperlukan pengelolaan limbah B3 yang lebih terstruktur melalui pemisahan dan penyimpanan sementara yang sesuai dengan ketentuan pengelolaan limbah B3. Daftar jenis limbah B3 yang teridentifikasi di Laboratorium Arsitektur disajikan pada Tabel 4.4 berikut.

Tabel 4.4 Identifikasi Limbah Laboratorium Arsitektur

No.	Nama	Kode LB3	Karakteristik
1.	Cat Kayu/Besi	A325-1	Mudah menyala
2.	Cat Akrilik	A325-1	Beracun
3.	Varnish	A325-1	Mudah menyala
4.	Tisu bekas	B110d	Mudah menyala
5.	Baterai	A102d	Korosif
6.	Cartridge	B353-1	Beracun
7.	Sisa Lem	A304-1	Mudah menyala
8.	Alat terkontaminasi Thinner/Lem	B104d	Beracun

4.1.5 Identifikasi Laboratorium Pendidikan Teknikolgi Informasi (PTI)

Limbah B3 yang dihasilkan pada Laboratorium Pendidikan Teknologi Informasi berasal dari kegiatan praktikum perangkat keras komputer, perawatan peralatan elektronik, serta penggantian komponen yang mengalami kerusakan. Berdasarkan hasil identifikasi pada Tabel 4.5, jenis limbah B3 yang teridentifikasi meliputi komponen elektronik bekas (*e-waste*), kabel, papan rangkaian tercetak (*Printed Circuit Board/PCB*), serta perangkat elektronik yang sudah tidak berfungsi.

Limbah elektronik tersebut dikategorikan sebagai limbah B3 karena secara umum mengandung logam berat seperti timbal, merkuri, dan kadmium, serta

senyawa kimia berbahaya lainnya yang berpotensi mencemari lingkungan apabila tidak dikelola dengan baik. Secara deskriptif, karakteristik limbah B3 dari Laboratorium Pendidikan Teknologi Informasi bersifat beracun dan berbahaya bagi lingkungan, terutama apabila terjadi pelindian logam berat ke tanah atau air. Hasil observasi lapangan menunjukkan bahwa limbah elektronik yang dihasilkan masih disimpan sementara di ruang laboratorium atau dibuang bersama limbah umum tanpa adanya pemilahan dan pencatatan khusus sebagai limbah B3. Praktik tersebut berpotensi menyebabkan akumulasi limbah elektronik dan meningkatkan risiko paparan bahan berbahaya bagi pengguna laboratorium dan petugas kebersihan. Kondisi ini menunjukkan perlunya sistem pengelolaan limbah B3 yang lebih baik, khususnya melalui pengumpulan, penyimpanan sementara, dan penyaluran limbah elektronik ke pihak pengelola limbah B3 berizin. Daftar jenis limbah B3 yang teridentifikasi di Laboratorium Pendidikan Teknologi Informasi disajikan pada Tabel 4.5 berikut.

Tabel 4.5 Identifikasi Limbah Laboratorium PTI

No.	Nama	Kode LB3	Karakteristik
1.	Main Board	B107d	Beracun
2.	Prosesor (CPU)	B107d	Beracun
3.	Hard Disk	B107d	Beracun
4.	Solid State Drive	B107d	Beracun
5.	Flash Disk	B107d	Beracun
6.	Keyboard	B107d	Beracun
7.	Mouse	B107d	Beracun
8.	Kabel	B107d	Beracun
9.	Baterai	A102d	Beracun
10.	Cartridge Printer	B353-1	Beracun
11.	Aki kering	A102d	Korosif
12.	Lampu Neon	B107d	Beracun
13.	PSU Komputer	B107d	Beracun

4.1.6 Identifikasi Laboratorium Pendidikan Teknik Elektro (PTE)

Laboratorium Pendidikan Teknik Elektro menghasilkan limbah B3 dari kegiatan praktikum kelistrikan dan elektronika. Berdasarkan hasil identifikasi pada Tabel 4.6, jenis limbah yang dihasilkan meliputi papan rangkaian, komponen elektronik, baterai bekas, dan sisa bahan pendukung praktikum.

Secara deskriptif, limbah tersebut memiliki karakteristik beracun karena mengandung logam berat dan senyawa kimia berbahaya. Hasil observasi menunjukkan bahwa limbah B3 pada laboratorium ini belum dikelola secara terpisah dan masih diperlakukan sebagai limbah umum. Identifikasi jenis dan karakteristik limbah B3 pada seluruh laboratorium ini menunjukkan adanya variasi potensi bahaya limbah yang dihasilkan, sehingga diperlukan perencanaan TPS limbah B3 yang mampu mengakomodasi perbedaan jenis dan karakteristik limbah tersebut. Daftar jenis limbah B3 yang teridentifikasi di Laboratorium Pendidikan Teknik Elektro disajikan pada Tabel 4.6 berikut.

Tabel 4.6 Identifikasi Limbah Laboratorium PTE

No.	Nama	Kode LB3	Karakteristik
1.	Sisa Timah Solder	B323-4	Beracun
2.	Flux Cair	B328-3	Mudah menyala
3.	Baterai	A102d	Reaktif
4.	komponen elektronik	B107d	Beracun
5.	Lampu TL	B107d	Beracun
6.	Kabel	B107d	Beracun

4.1.7 Identifikasi Laboratorium Teknologi Informasi (TI)

Laboratorium Teknologi Informasi menghasilkan limbah B3 yang berasal dari kegiatan praktikum dan pengelolaan perangkat teknologi informasi, khususnya yang berkaitan dengan penggunaan, perawatan, dan penggantian peralatan komputer serta perangkat jaringan. Berdasarkan hasil identifikasi pada Tabel 4.7, jenis limbah B3 yang dihasilkan meliputi limbah elektronik (*e-waste*) seperti unit komputer rusak, monitor, perangkat jaringan, kabel, papan rangkaian tercetak (*Printed Circuit Board/PCB*), serta komponen pendukung lainnya yang sudah tidak dapat digunakan.

Limbah elektronik tersebut dikategorikan sebagai limbah B3 karena secara umum mengandung logam berat dan senyawa berbahaya, seperti timbal, merkuri, dan kadmium, yang berpotensi menimbulkan dampak negatif terhadap kesehatan dan lingkungan. Secara deskriptif, limbah B3 dari Laboratorium Teknologi Informasi memiliki karakteristik beracun dan berbahaya bagi lingkungan, terutama apabila komponen elektronik mengalami kerusakan fisik dan terjadi pelepasan atau pelindian zat berbahaya ke tanah dan air.

Berdasarkan hasil identifikasi tersebut, dapat disimpulkan bahwa meskipun timbulan limbah B3 pada Laboratorium Teknologi Informasi relatif lebih kecil dibandingkan laboratorium berbasis kimia, namun tetap memerlukan pengelolaan khusus. Oleh karena itu, limbah elektronik yang dihasilkan perlu dikumpulkan dan disimpan sementara di TPS limbah B3 sebelum diserahkan kepada pihak pengelola limbah B3 berizin, guna mencegah pencemaran lingkungan dan meningkatkan keselamatan kerja di lingkungan laboratorium. Daftar jenis limbah B3 yang teridentifikasi di Laboratorium Teknologi Informasi disajikan pada Tabel 4.7 berikut.

Tabel 4.7 Identifikasi Limbah Laboratorium PTI

No.	Nama	Kode LB3	Karakteristik
1.	Main Board	B107d	Beracun
2.	Prosesor (CPU)	B107d	Beracun
3.	Hard Disk	B107d	Beracun
4.	Solid State Drive	B107d	Beracun
5.	Flash Disk	B107d	Beracun
6.	Keyboard	B107d	Beracun
7.	Mouse	B107d	Beracun
8.	Kabel	B107d	Beracun
9.	Baterai	A102d	Beracun
10.	Cartridge bekas Printer	B353-1	Beracun
11.	Aki kering	A102d	Korosif
12.	Lampu Neon	B107d	Beracun
13.	PSU Komputer	B107d	Beracun

4.2 Evaluasi Tingkat Kesesuaian Pengelolaan Limbah B3

Evaluasi sistem pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (LB3) dilakukan secara spesifik pada tiap unit laboratorium untuk mengidentifikasi kepatuhan terhadap alur pengelolaan yang meliputi pengurangan, pewadahan, dan penyimpanan. Berikut adalah pembahasan sistem pengelolaan pada masing-masing laboratorium.

4.2.1 Evaluasi Laboratorium Kimia

Laboratorium kimia memiliki intensitas penggunaan bahan kimia paling tinggi, berdasarkan hasil penyebaran kuesioner, diperoleh hasil data evaluasi sebagai berikut:

Tabel 4.8 Evaluasi Laboratorium Kimia

No.	Pertanyaan (Faktual, Ya/Tidak)	Ya	Tidak
Bagian A: Upaya PENGURANGAN Limbah			
1.	Apakah laboratorium memiliki aturan tertulis (SOP) tentang cara membuang sisa limbah B3?		√
2.	Apakah ada arahan (lisan/tertulis) untuk menggunakan bahan berbahaya dan beracun secukupnya agar sisa bahan (limbah) yang dihasilkan bisa berkurang?	√	
Bagian B: Proses PENGUMPULAN & PEMILAHAN Limbah			
3.	Apakah sisa bahan berbahaya (kimia, pelarut, cat, atau flux solder dan B3 lainnya) dikumpulkan di wadah khusus, tidak langsung dibuang ke wastafel atau tempat umum?	√	
4.	Apakah limbah padat (seperti tisu, kain, sarung tangan, sisa kabel, atau media kultur) dipisahkan dari sampah biasa?		√
5.	Apakah dilakukan pemilahan berdasarkan jenis limbah (misal: asam-basa, elektronik, cat/pelarut, infeksius, atau logam berat)?	√	
6.	Apakah ada petugas/laboran yang bertanggung jawab khusus dalam pengumpulan dan pencatatan limbah B3?	√	
Bagian C: Proses PENYIMPANAN Limbah Sementara			
7.	Jika jawaban Q3 "Ya", Apakah laboratorium memiliki area khusus untuk menyimpan limbah B3 sementara (seperti lemari kimia, ruang TPS kecil, atau rak limbah elektronik)?	√	
8.	Jika jawaban Q3 "Ya", Apakah setiap wadah limbah diberi label atau tanda bahaya yang jelas (misalnya: "korosif", "mudah terbakar", "toksik", "infeksius", atau "elektronik")?	√	
9.	Jika jawaban Q3 "Ya", Apakah wadah penyimpanan limbah selalu tertutup rapat dan dalam kondisi aman dari kebocoran?	√	
10.	Apakah laboratorium memiliki catatan (<i>logbook</i>) yang berisi jumlah dan tanggal limbah disimpan?		√

Perhitungan persentase:

$$p = \frac{7}{10} \times 100\% = 70\%$$

Berdasarkan hasil evaluasi menggunakan Skala Guttman, Laboratorium Kimia memperoleh skor ketercapaian sebesar 70% yang termasuk dalam kategori baik. Capaian ini menunjukkan bahwa sebagian besar tahapan pengelolaan limbah B3 telah diterapkan sesuai dengan ketentuan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 6 Tahun 2021.

Pada tahap pengurangan limbah, Laboratorium Kimia telah menerapkan upaya minimalisasi limbah melalui pemberian instruksi penggunaan bahan kimia secara efisien kepada praktikan. Namun demikian, secara administratif laboratorium belum memiliki Standar Operasional Prosedur (SOP) tertulis terkait pengelolaan limbah B3, sehingga pelaksanaan pengurangan limbah masih bergantung pada arahan lisan dari laboran. Tahap pewadahan dan pemilahan limbah cair telah dilaksanakan dengan baik. Limbah cair hasil praktikum dikumpulkan dalam wadah khusus berupa jerigen plastik berkapasitas 20 liter dan tidak dibuang ke saluran air umum. Wadah limbah tersebut telah dilengkapi dengan simbol bahaya limbah B3 serta keterangan jenis limbah, sehingga memudahkan identifikasi dan meningkatkan aspek keselamatan di laboratorium. Lebih lengkapnya bisa dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Wadah Penampung Limbah B3 Cair Beserta Simbolnya pada Laboratorium Kimia

Keberadaan simbol dan label pada jerigen limbah menunjukkan bahwa Laboratorium Kimia telah memperhatikan aspek keselamatan dan pemenuhan ketentuan pelabelan limbah B3. Selain itu, pemilahan limbah berdasarkan

karakteristik kimia, seperti limbah asam dan basa, telah diterapkan dan didukung oleh keberadaan petugas khusus yang bertanggung jawab terhadap pengelolaan limbah. Meskipun demikian, kelemahan masih ditemukan pada penanganan limbah padat terkontaminasi, seperti tisu dan sarung tangan, yang belum dipisahkan secara khusus dari sampah domestik.

4.2.2 Evaluasi Laboratorium Teknik Lingkungan

Laboratorium ini berfokus pada pengujian parameter lingkungan. Berikut adalah hasil penelitian kesesuaian pengelolaannya:

Tabel 4.9 Evaluasi Laboratorium Teknik Lingkungan

No.	Pertanyaan (Faktual, Ya/Tidak)	Ya	Tidak
Bagian A: Upaya PENGURANGAN Limbah			
1.	Apakah laboratorium memiliki aturan tertulis (SOP) tentang cara membuang sisa limbah B3?		√
2.	Apakah ada arahan (lisan/tertulis) untuk menggunakan bahan berbahaya dan beracun secukupnya agar sisa bahan (limbah) yang dihasilkan bisa berkurang?	√	
Bagian B: Proses PENGUMPULAN & PEMILAHAN Limbah			
3.	Apakah sisa bahan berbahaya (kimia, pelarut, cat, atau <i>flux solder</i>) dikumpulkan di wadah khusus, tidak langsung dibuang ke wastafel atau tempat umum?		√
4.	Apakah limbah padat (seperti tisu, kain, sarung tangan, sisa kabel, atau media kultur) dipisahkan dari sampah biasa?		√
5.	Apakah dilakukan pemilahan berdasarkan jenis limbah (misal: asam-basa, elektronik, cat/pelarut, infeksius, atau logam berat)?	√	
6.	Apakah ada petugas/laboran yang bertanggung jawab khusus dalam pengumpulan dan pencatatan limbah B3?	√	
Bagian C: Proses PENYIMPANAN Limbah Sementara			
7.	Jika jawaban Q3 "Ya", Apakah laboratorium memiliki area khusus untuk menyimpan limbah B3 sementara (seperti lemari kimia, ruang TPS kecil, atau rak limbah elektronik)?		√
8.	Jika jawaban Q3 "Ya", Apakah setiap wadah limbah diberi label atau tanda bahaya yang jelas (misalnya: "korosif", "mudah terbakar", "toksik", "infeksius", atau "elektronik")?		√

No.	Pertanyaan (Faktual, Ya/Tidak)	Ya	Tidak
9.	Jika jawaban Q3 "Ya", Apakah wadah penyimpanan limbah selalu tertutup rapat dan dalam kondisi aman dari kebocoran?	√	
10.	Apakah laboratorium memiliki catatan (<i>logbook</i>) yang berisi jumlah dan tanggal limbah disimpan?		√

Perhitungan Persentase:

$$p = \frac{4}{10} \times 100\% = 40\%$$

Laboratorium Teknik Lingkungan memperoleh skor ketercapaian sebesar 40% dengan kategori cukup. Hasil ini menunjukkan bahwa beberapa tahapan pengelolaan limbah B3 telah diterapkan, namun belum sepenuhnya memenuhi ketentuan peraturan yang berlaku.

Upaya pengurangan limbah telah dilakukan melalui pembatasan penggunaan bahan kimia dan pengawasan oleh dosen maupun laboran. Limbah hasil praktikum umumnya telah dikumpulkan, namun belum seluruhnya dipilah berdasarkan karakteristik dan belum dilengkapi dengan pelabelan yang sesuai. Selain itu, laboratorium belum memiliki fasilitas Tempat Penyimpanan Sementara (TPS) Limbah B3 yang terstandar, sehingga limbah disimpan secara sementara di dalam ruang laboratorium.

4.2.3 Evaluasi Laboratorium Biologi

Laboratorium Biologi memfasilitasi kegiatan praktikum yang berkaitan dengan makhluk hidup, mikrobiologi, dan fisiologi. Hasil evaluasi disajikan pada Tabel 4.10 berikut:

Tabel 4.10 Evaluasi Laboratorium Biologi

No.	Pertanyaan (Faktual, Ya/Tidak)	Ya	Tidak
Bagian A: Upaya PENGURANGAN Limbah			
1.	Apakah laboratorium memiliki aturan tertulis (SOP) tentang cara membuang sisa limbah B3?	√	
2.	Apakah ada arahan (lisan/tertulis) untuk menggunakan bahan berbahaya dan beracun secukupnya agar sisa bahan (limbah) yang dihasilkan bisa berkurang?	√	

No.	Pertanyaan (Faktual, Ya/Tidak)	Ya	Tidak
Bagian B: Proses PENGUMPULAN & PEMILAHAN Limbah			
3.	Apakah sisa bahan berbahaya (kimia, pelarut, cat, atau <i>flux solder</i>) dikumpulkan di wadah khusus, tidak langsung dibuang ke wastafel atau tempat umum?		√
4.	Apakah limbah padat (seperti tisu, kain, sarung tangan, sisa kabel, atau media kultur) dipisahkan dari sampah biasa?		√
5.	Apakah dilakukan pemilahan berdasarkan jenis limbah (misal: asam-basa, elektronik, cat/pelarut, infeksius, atau logam berat)?		√
6.	Apakah ada petugas/laboran yang bertanggung jawab khusus dalam pengumpulan dan pencatatan limbah B3?		√
Bagian C: Proses PENYIMPANAN Limbah Sementara			
7.	Jika jawaban Q3 "Ya", Apakah laboratorium memiliki area khusus untuk menyimpan limbah B3 sementara (seperti lemari kimia, ruang TPS kecil, atau rak limbah elektronik)?		√
8.	Jika jawaban Q3 "Ya", Apakah setiap wadah limbah diberi label atau tanda bahaya yang jelas (misalnya: "korosif", "mudah terbakar", "toksik", "infeksius", atau "elektronik")?		√
9.	Jika jawaban Q3 "Ya", Apakah wadah penyimpanan limbah selalu tertutup rapat dan dalam kondisi aman dari kebocoran?		√
10.	Apakah laboratorium memiliki catatan (<i>logbook</i>) yang berisi jumlah dan tanggal limbah disimpan?		√

Perhitungan Persentase:

$$p = \frac{2}{10} \times 100\% = 20\%$$

Laboratorium Biologi memiliki tingkat kepatuhan yang rendah dengan skor ketercapaian sebesar 20% dan termasuk dalam kategori buruk sekali. Kondisi ini menunjukkan bahwa pengelolaan limbah B3 di laboratorium tersebut belum dilaksanakan secara memadai.

Sebagian besar limbah B3 yang dihasilkan belum dikelola sesuai tahapan yang ditetapkan, baik dari segi pengurangan, pemilahan, maupun pewadahan.

Limbah berpotensi berbahaya masih tercampur dengan limbah non-B3 dan belum dilengkapi dengan sistem pelabelan serta penyimpanan yang aman.

4.2.4 Evaluasi Laboratorium Pendidikan Teknologi Informasi (PTI)

Pengelolaan limbah di Laboratorium PTI juga berada dalam kategori sangat kurang. Limbah spesifik yang dihasilkan, seperti baterai bekas dan *cartridge* tinta printer, belum dikelola sesuai standar limbah B3. Tidak tersedia fasilitas kotak penampungan khusus (*drop box*) untuk limbah ini, sehingga pembuangannya menyatu dengan jalur sampah domestik kampus.

Tabel 4.11 Evaluasi Laboratorium Pendidikan Teknologi Informasi (PTI)

No.	Pertanyaan (Faktual, Ya/Tidak)	Ya	Tidak
Bagian A: Upaya PENGURANGAN Limbah			
1.	Apakah laboratorium memiliki aturan tertulis (SOP) tentang cara membuang sisa limbah B3?	√	
2.	Apakah ada arahan (lisan/tertulis) untuk menggunakan bahan berbahaya dan beracun secukupnya agar sisa bahan (limbah) yang dihasilkan bisa berkurang?	√	
Bagian B: Proses PENGUMPULAN & PEMILAHAN Limbah			
3.	Apakah sisa bahan berbahaya (kimia, pelarut, cat, atau flux solder) dikumpulkan di wadah khusus, tidak langsung dibuang ke wastafel atau tempat umum?	√	
4.	Apakah limbah padat (seperti tisu, kain, sarung tangan, sisa kabel, atau media kultur) dipisahkan dari sampah biasa?	√	
5.	Apakah dilakukan pemilahan berdasarkan jenis limbah (misal: asam-basa, elektronik, cat/pelarut, infeksius, atau logam berat)?		√
6.	Apakah ada petugas/laboran yang bertanggung jawab khusus dalam pengumpulan dan pencatatan limbah B3?		√
Bagian C: Proses PENYIMPANAN Limbah Sementara			
7.	Jika jawaban Q3 "Ya", Apakah laboratorium memiliki area khusus untuk menyimpan limbah B3 sementara (seperti lemari kimia, ruang TPS kecil, atau rak limbah elektronik)?		√
8.	Jika jawaban Q3 "Ya", Apakah setiap wadah limbah diberi label atau tanda bahaya yang jelas (misalnya: "korosif", "mudah terbakar", "toksik", "infeksius", atau "elektronik")?		√
9.	Jika jawaban Q3 "Ya", Apakah wadah penyimpanan limbah selalu tertutup rapat dan dalam kondisi aman dari kebocoran?		√

No.	Pertanyaan (Faktual, Ya/Tidak)	Ya	Tidak
10.	Apakah laboratorium memiliki catatan (<i>logbook</i>) yang berisi jumlah dan tanggal limbah disimpan?		√

Perhitungan Persentase:

$$p = \frac{4}{10} \times 100\% = 40\%$$

Laboratorium Pendidikan Teknologi Informasi memperoleh skor ketercapaian sebesar 40% dan termasuk dalam kategori cukup. Limbah B3 yang dihasilkan berupa limbah elektronik, baterai, dan tinta printer. Pengelolaan limbah telah dilakukan secara terbatas pada tahap pengumpulan, namun belum didukung oleh sistem pemilahan, pelabelan, serta penyimpanan yang sesuai dengan ketentuan Peraturan Menteri LHK Nomor 6 Tahun 2021.

4.2.5 Evaluasi Laboratorium Pendidikan Teknik Elektro (PTE)

Berbeda dengan laboratorium sains, Laboratorium PTE belum menerapkan sistem pengelolaan limbah B3 sama sekali. Limbah padat yang dihasilkan dari aktivitas penyolderan, seperti sisa timah (*solder dross*) dan potongan komponen elektronik (*e-waste*), masih dianggap sebagai sampah umum. Akibatnya, limbah ini dibuang bercampur dengan sampah kertas atau plastik di tempat sampah terbuka tanpa pemilahan. Kondisi ini terjadi karena belum adanya aturan internal maupun pemahaman bahwa limbah elektronik mengandung logam berat berbahaya yang memerlukan penanganan khusus.

Tabel 4.12 Evaluasi Laboratorium Pendidikan Teknik Elektro (PTE)

No.	Pertanyaan (Faktual, Ya/Tidak)	Ya	Tidak
Bagian A: Upaya PENGURANGAN Limbah			
1.	Apakah laboratorium memiliki aturan tertulis (SOP) tentang cara membuang sisa limbah B3?	√	
2.	Apakah ada arahan (lisan/tertulis) untuk menggunakan bahan berbahaya dan beracun secukupnya agar sisa bahan (limbah) yang dihasilkan bisa berkurang?	√	
Bagian B: Proses PENGUMPULAN & PEMILAHAN Limbah			
3.	Apakah sisa bahan berbahaya (kimia, pelarut, cat, atau <i>flux solder</i>) dikumpulkan di wadah khusus, tidak langsung dibuang ke wastafel atau tempat umum?	√	

No.	Pertanyaan (Faktual, Ya/Tidak)	Ya	Tidak
4.	Apakah limbah padat (seperti tisu, kain, sarung tangan, sisa kabel, atau media kultur) dipisahkan dari sampah biasa?	√	
5.	Apakah dilakukan pemilahan berdasarkan jenis limbah (misal: asam-basa, elektronik, cat/pelarut, infeksius, atau logam berat)?		√
6.	Apakah ada petugas/laboran yang bertanggung jawab khusus dalam pengumpulan dan pencatatan limbah B3?		√
Bagian C: Proses PENYIMPANAN Limbah Sementara			
7.	Jika jawaban Q3 "Ya", Apakah laboratorium memiliki area khusus untuk menyimpan limbah B3 sementara (seperti lemari kimia, ruang TPS kecil, atau rak limbah elektronik)?		√
8.	Jika jawaban Q3 "Ya", Apakah setiap wadah limbah diberi label atau tanda bahaya yang jelas (misalnya: "korosif", "mudah terbakar", "toksik", "infeksius", atau "elektronik")?		√
9.	Jika jawaban Q3 "Ya", Apakah wadah penyimpanan limbah selalu tertutup rapat dan dalam kondisi aman dari kebocoran?		√
10.	Apakah laboratorium memiliki catatan (logbook) yang berisi jumlah dan tanggal limbah disimpan?		√

Perhitungan Persentase:

$$p = \frac{4}{10} \times 100\% = 40\%$$

Laboratorium Pendidikan Teknik Elektro memperoleh skor ketercapaian sebesar 40% dengan kategori cukup. Limbah B3 yang dihasilkan umumnya berupa limbah elektronik dan sisa bahan solder. Pengelolaan limbah telah dilakukan pada tahap pengumpulan, namun belum disertai dengan pemilahan dan pelabelan yang sesuai standar. Selain itu, belum tersedia fasilitas TPS Limbah B3 sehingga limbah masih disimpan secara sementara di area laboratorium.

4.2.6 Evaluasi Laboratorium Teknologi Informasi

Tabel 4.13 Evaluasi Laboratorium Teknologi Informasi

No.	Pertanyaan (Faktual, Ya/Tidak)	Ya	Tidak
Bagian A: Upaya PENGURANGAN Limbah			
1.	Apakah laboratorium memiliki aturan tertulis (SOP) tentang cara membuang sisa limbah B3?	√	

No.	Pertanyaan (Faktual, Ya/Tidak)	Ya	Tidak
2.	Apakah ada arahan (lisan/tertulis) untuk menggunakan bahan berbahaya dan beracun secukupnya agar sisa bahan (limbah) yang dihasilkan bisa berkurang?	√	
Bagian B: Proses PENGUMPULAN & PEMILAHAN Limbah			
3.	Apakah sisa bahan berbahaya (kimia, pelarut, cat, atau <i>flux solder</i>) dikumpulkan di wadah khusus, tidak langsung dibuang ke wastafel atau tempat umum?	√	
4.	Apakah limbah padat (seperti tisu, kain, sarung tangan, sisa kabel, atau media kultur) dipisahkan dari sampah biasa?	√	
5.	Apakah dilakukan pemilahan berdasarkan jenis limbah (misal: asam-basa, elektronik, cat/pelarut, infeksius, atau logam berat)?		√
6.	Apakah ada petugas/laboran yang bertanggung jawab khusus dalam pengumpulan dan pencatatan limbah B3?		√
Bagian C: Proses PENYIMPANAN Limbah Sementara			
7.	Jika jawaban Q3 "Ya", Apakah laboratorium memiliki area khusus untuk menyimpan limbah B3 sementara (seperti lemari kimia, ruang TPS kecil, atau rak limbah elektronik)?		√
8.	Jika jawaban Q3 "Ya", Apakah setiap wadah limbah diberi label atau tanda bahaya yang jelas (misalnya: "korosif", "mudah terbakar", "toksik", "infeksius", atau "elektronik")?		√
9.	Jika jawaban Q3 "Ya", Apakah wadah penyimpanan limbah selalu tertutup rapat dan dalam kondisi aman dari kebocoran?		√
10.	Apakah laboratorium memiliki catatan (<i>logbook</i>) yang berisi jumlah dan tanggal limbah disimpan?		√

Perhitungan Persentase:

$$p = \frac{4}{10} \times 100\% = 40\%$$

Laboratorium Teknologi Informasi juga memperoleh skor ketercapaian sebesar 40% dengan kategori cukup. Pola pengelolaan limbah yang diterapkan relatif serupa dengan laboratorium Pendidikan Teknologi Informasi, di mana limbah telah dikumpulkan namun belum dikelola secara terstandar.

4.2.7 Evaluasi Laboratorium Arsitektur

Laboratorium Arsitektur menghasilkan jenis limbah B3 yang spesifik, yaitu kemasan bertekanan (*aerosol*) dari kaleng cat semprot bekas dan sisa lem perekat

maket. Berdasarkan hasil evaluasi, pengelolaan limbah jenis ini belum dilakukan sama sekali. Kaleng aerosol bekas yang memiliki risiko meledak jika terpapar panas, masih dibuang sembarangan ke tempat sampah terbuka.

Tabel 4.14 Evaluasi Laboratorium Arsitektur

No.	Pertanyaan (Faktual, Ya/Tidak)	Ya	Tidak
Bagian A: Upaya PENGURANGAN Limbah			
1.	Apakah laboratorium memiliki aturan tertulis (SOP) tentang cara membuang sisa limbah B3?		√
2.	Apakah ada arahan (lisan/tertulis) untuk menggunakan bahan berbahaya dan beracun secukupnya agar sisa bahan (limbah) yang dihasilkan bisa berkurang?	√	
Bagian B: Proses PENGUMPULAN & PEMILAHAN Limbah			
3.	Apakah sisa bahan berbahaya (kimia, pelarut, cat, atau flux solder) dikumpulkan di wadah khusus, tidak langsung dibuang ke wastafel atau tempat umum?		√
4.	Apakah limbah padat (seperti tisu, kain, sarung tangan, sisa kabel, atau media kultur) dipisahkan dari sampah biasa?		√
5.	Apakah dilakukan pemilahan berdasarkan jenis limbah (misal: asam-basa, elektronik, cat/pelarut, infeksius, atau logam berat)?		√
6.	Apakah ada petugas/laboran yang bertanggung jawab khusus dalam pengumpulan dan pencatatan limbah B3?		√
Bagian C: Proses PENYIMPANAN Limbah Sementara			
7.	Jika jawaban Q3 "Ya", Apakah laboratorium memiliki area khusus untuk menyimpan limbah B3 sementara (seperti lemari kimia, ruang TPS kecil, atau rak limbah elektronik)?		√
8.	Jika jawaban Q3 "Ya", Apakah setiap wadah limbah diberi label atau tanda bahaya yang jelas (misalnya: "korosif", "mudah terbakar", "toksik", "infeksius", atau "elektronik")?		√
9.	Jika jawaban Q3 "Ya", Apakah wadah penyimpanan limbah selalu tertutup rapat dan dalam kondisi aman dari kebocoran?		√
10.	Apakah laboratorium memiliki catatan (logbook) yang berisi jumlah dan tanggal limbah disimpan?		√

Perhitungan Persentase:

$$p = \frac{1}{10} \times 100\% = 10\%$$

Laboratorium Arsitektur memiliki tingkat kepatuhan terendah dengan skor ketercapaian sebesar 10% dan termasuk dalam kategori buruk sekali. Limbah B3 berupa sisa cat, pelarut, dan bahan finishing belum dikelola sesuai ketentuan. Sebagian besar limbah masih dibuang bersama limbah domestik dan tidak dilakukan pemilahan, pewadahan, maupun pelabelan, sehingga berpotensi menimbulkan risiko pencemaran lingkungan.

4.2.8 Rekapitulasi dan analisis Tingkat Kepatuhan Pengelolaan Limbah B3

Penelitian ini menerapkan metode evaluasi Skala Guttman dalam menilai kesesuaian pengelolaan limbah B3 di laboratorium dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 6 Tahun 2021 yang mengatur tata cara serta persyaratan pengelolaan limbah bahan berbahaya dan beracun.

Tabel 4.15 Rekapitulasi dan Analisis Tingkat Pengelolaan Limbah B3

No.	Laboratorium	Skor	Ketercapaian
1.	Kimia	70%	Baik
2.	Teknik Lingkungan	40%	Buruk
3.	Biologi	20%	Buruk sekali
4.	Pendidikan Elektro	40%	Buruk
5.	Pendidikan Teknologi Informasi	40%	Buruk
6.	Teknologi Informasi	40%	Buruk
7.	Arsitek	10%	Buruk Sekali

Rekapitulasi tingkat kepatuhan pengelolaan limbah B3 pada tujuh laboratorium menunjukkan adanya variasi skor ketercapaian yang cukup signifikan, yaitu berada pada rentang 10% hingga 80%. Perbedaan capaian tersebut mencerminkan bahwa penerapan pengelolaan limbah B3 di lingkungan laboratorium UIN Ar-Raniry belum berjalan secara merata dan masih bergantung pada kebijakan serta praktik pengelolaan di masing-masing laboratorium. Beberapa laboratorium telah menerapkan sebagian tahapan pengelolaan limbah B3, seperti pengumpulan dan pewadahan, namun belum didukung oleh sistem pengelolaan yang terstandar dan terpadu. Kondisi ini menunjukkan bahwa secara umum pengelolaan limbah B3 masih bersifat parsial dan belum sepenuhnya memenuhi ketentuan yang ditetapkan dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 6 Tahun 2021.

Laboratorium Kimia menunjukkan tingkat kepatuhan tertinggi yang didukung oleh penerapan pewadahan dan pelabelan limbah yang sesuai, salah satunya melalui penggunaan jerigen limbah B3 berkapasitas 20 liter yang dilengkapi simbol bahaya. Sebaliknya, Laboratorium Biologi dan Laboratorium Arsitektur memiliki tingkat kepatuhan terendah karena belum diterapkannya tahapan pengelolaan limbah B3 secara menyeluruh. Variasi tingkat kepatuhan tersebut menegaskan perlunya perencanaan Tempat Penyimpanan Sementara (TPS) limbah B3 yang terpusat dan terstandar guna meningkatkan kepatuhan serta meminimalkan risiko pencemaran lingkungan.

4.2.9 Evaluasi Pengelolaan Limbah B3 Berdasarkan Observasi Lapangan

Berdasarkan hasil observasi lapangan yang dilakukan secara langsung di masing-masing laboratorium, dapat disintesis bahwa pengelolaan limbah B3 di Laboratorium Multifungsi UIN Ar-Raniry secara umum masih bersifat parsial dan belum terintegrasi dalam satu sistem pengelolaan yang utuh. Pada tahap awal, hasil observasi menunjukkan bahwa pemilahan limbah B3 di tingkat sumber hanya dilakukan pada Laboratorium Kimia, dan itupun terbatas pada limbah B3 cair. Sementara itu, limbah B3 padat seperti tisu, masker, dan sarung tangan bekas yang terkontaminasi bahan kimia masih dibuang ke tempat sampah umum. Kondisi ini menunjukkan bahwa pemilahan limbah B3 belum diterapkan secara menyeluruh dan konsisten sesuai dengan ketentuan pengelolaan limbah B3.

Selain itu, hasil observasi menunjukkan bahwa pada sebagian besar laboratorium selain Laboratorium Kimia, limbah bahan kimia cair masih dibuang langsung ke wastafel atau toilet (termasuk toilet laki-laki) tanpa melalui proses pengumpulan dan penyimpanan sementara. Praktik ini tidak sesuai dengan prinsip pengelolaan limbah B3 dan berpotensi mencemari sistem perpipaan serta lingkungan perairan. Kondisi tersebut diperparah dengan fakta bahwa meskipun Laboratorium Multifungsi telah memiliki Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL), namun berdasarkan hasil observasi lapangan, IPAL tersebut saat ini sudah tidak berfungsi dan tidak digunakan dalam pengelolaan limbah cair, sehingga pembuangan limbah kimia cair secara langsung semakin meningkatkan risiko pencemaran lingkungan. Di sisi lain, hingga saat penelitian dilakukan belum

tersedia Tempat Penyimpanan Sementara (TPS) Limbah B3 yang terpusat dan memenuhi standar teknis. Limbah B3 umumnya disimpan sementara di dalam atau di sekitar ruang laboratorium, tanpa pengaturan jarak aman, sistem ventilasi khusus, maupun fasilitas pengendalian tumpahan. Praktik penyimpanan ini tidak hanya bertentangan dengan ketentuan PP Nomor 22 Tahun 2021, tetapi juga meningkatkan potensi paparan bahan berbahaya terhadap pengguna laboratorium.

Dari sisi administratif, hasil observasi menunjukkan bahwa pencatatan dan pendokumentasian limbah B3, baik terkait karakteristik maupun jumlah timbulan limbah, belum dilakukan oleh seluruh laboratorium yang berada di Laboratorium Multifungsi, sehingga data timbulan limbah B3 yang tersedia masih sangat terbatas dan belum terdokumentasi secara sistematis. Ketidakhadiran data pencatatan ini menyebabkan pengelolaan limbah B3 tidak berbasis data, sehingga menyulitkan proses evaluasi kinerja, perencanaan fasilitas, serta pelaporan pengelolaan limbah B3 sesuai ketentuan peraturan yang berlaku. Berdasarkan sintesis tersebut, dapat disimpulkan bahwa meskipun terdapat upaya awal dalam pengelolaan limbah B3, namun diperlukan peningkatan sistem yang lebih terstruktur melalui penyediaan TPS Limbah B3 yang terstandar sebagai pusat pengelolaan limbah B3 di lingkungan laboratorium.

4.3 Perencanaan Desain TPS Limbah B3

Perencanaan desain TPS Limbah B3 didasarkan pada data timbulan limbah riil yang dihasilkan oleh laboratorium. Data ini penting untuk menentukan kapasitas penyimpanan yang dibutuhkan agar TPS mampu menampung limbah selama periode simpan yang direncanakan.

Pengukuran timbulan limbah dilakukan selama satu minggu kerja (Senin-Jumat) pada laboratorium penghasil limbah dominan (Kimia, Biologi, Teknik Lingkungan). Hasil pengukuran menunjukkan fluktuasi harian timbulan limbah cair dan padat. Data rata-rata timbulan ini kemudian akan diproyeksikan untuk masa simpan 90 hari. Rincian data timbulan limbah disajikan pada Tabel 4.16.

Tabel 4.16 Timbulan Limbah Selama Satu Minggu

Nama Lab	Sifat	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	Total	Rata-Rata
Kimia	Cair	7.8 L	0.4 L	0.6 L	1.4 L	0.25 L	10,45L	2,09 L
	Padat	0	0	0,160 kg	1,015 kg	0,230 kg	1,405 kg	0,281
Biologi	Cair	0	0	0	0	0	0	0
	Padat	0	0	1,160 kg	0	0,440 kg	1,600 kg	0,32
Teknik Lingkungan	Cair	1,5 L	1,2 l	0	1,5 L	0	4,20 L	0,84
	Padat	0	0	0	0,410 kg	0,075 kg	0,485 kg	0,097

Pada perencanaan TPS Limbah B3 berdasarkan data timbulan limbah B3 diperoleh melalui observasi dan pengukuran langsung selama satu minggu kerja operasional, yaitu mulai hari Senin hingga Jumat, pada Laboratorium Kimia, Biologi, dan Teknik Lingkungan. Pengambilan sampel selama satu minggu ini dilakukan untuk mendapatkan gambaran fluktuasi harian yang representatif terhadap aktivitas laboratorium. Berdasarkan hasil rekapitulasi pengukuran selama satu minggu tersebut, tercatat total timbulan limbah cair sebesar 14,65 Liter dan limbah padat sebesar 3,49 kg. Data timbulan mingguan ini selanjutnya digunakan sebagai basis perhitungan untuk mengestimasi akumulasi limbah selama masa simpan yang direncanakan.

Data timbulan mingguan tersebut selanjutnya digunakan sebagai basis perhitungan untuk mengestimasi total akumulasi limbah yang harus ditampung. Dalam perencanaan ini, kapasitas desain TPS ditetapkan untuk masa penyimpanan sementara selama 90 hari. Penetapan durasi ini mengacu pada standar waktu penyimpanan limbah B3 sebagaimana diatur dalam Peraturan Menteri LHK No. 6 Tahun 2021. Untuk mendapatkan total kapasitas desain yang dibutuhkan selama 90 hari, dilakukan konversi dari data mingguan menjadi rata-rata timbulan harian, kemudian dikalikan dengan masa simpan. Berikut adalah rincian perhitungannya:

1. Perhitungan Kapasitas Limbah Cair

Diketahui total timbulan selama 5 hari kerja adalah 14,65 Liter. Maka, rata-rata timbulan harian adalah:

$$\text{Rata - rata} = \frac{14,65 \text{ L}}{5 \text{ hari}} = 2,93 \text{ Liter/hari}$$

Sehingga, total proyeksi timbulan selama 90 hari masa simpan adalah

$$\text{Total} = 2,93 \text{ Liter} \times 90 \text{ hari} = 263,7 \text{ Liter} \sim 264 \text{ Liter}$$

2. Perhitungan Kapasitas Limbah Padat

Diketahui total timbulan selama 5 hari kerja adalah 3,49 kg. Maka, rata-rata timbulan harian adalah:

$$\text{Rata - rata} = \frac{3,49 \text{ kg}}{5 \text{ hari}} = 0,698 \text{ kg/hari}$$

Sehingga, total proyeksi timbulan selama 90 hari masa simpan adalah:

$$\text{Total} = 0,698 \text{ kg} \times 90 \text{ hari} = 62,82 \text{ kg} \sim 63 \text{ kg}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, maka desain fasilitas TPS limbah B3 direncanakan harus mampu menampung minimal 264 Liter limbah cair dan 63 kg limbah padat agar operasional penyimpanan berjalan aman dan sesuai regulasi.

4.3.1 Kebutuhan Wadah Penyimpanan

Perhitungan jumlah wadah limbah B3 cair dilakukan dengan menggunakan drum berkapasitas 50 liter sebagai media penyimpanan limbah cair. Karena satuan timbulan limbah dan kapasitas wadah telah dinyatakan dalam satuan yang sama, maka jumlah wadah yang dibutuhkan ditentukan melalui perbandingan langsung antara volume timbulan limbah cair dengan kapasitas masing-masing wadah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Wadah yang dibutuhkan} &= \frac{\text{Timbulan Limbah (L)}}{\text{Kapasitas Wadah}} \\ &= \frac{264 \text{ L}}{50 \text{ L}} \\ &= 5,28 \text{ buah} \sim 6 \text{ buah} \end{aligned}$$

Wadah yang digunakan untuk penyimpanan limbah B3 cair berupa drum berkapasitas 50 liter, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3.2.



Gambar 4.2 Wadah Limbah B3 Cair

Berbeda dengan limbah B3 padat diperlukan konversi terlebih dahulu karena memiliki satuan yg berbeda antara timbulan dan kapasitas wadah berikut langkah yang perlu dilakukan untuk menentukan jumlah wadah yang digunakan untuk limbah B3 pada:

1. Konversi menggunakan massa jenis
diketahui massa jenis curah limbah medis campuran 0,037 kg/L maka:

$$\text{Volume (L)} = \frac{\text{massa (kg)}}{\rho}$$

$$\text{Volume (L)} = \frac{63}{0,037} = 1.702 \text{ L} \sim 1.700 \text{ L}$$

2. Menentukan jumlah wadah yang digunakan

$$\begin{aligned} \text{Wadah yang digunakan} &= \frac{\text{Timbulan Limbah (L)}}{\text{Kapasitas wadah}} \\ &= \frac{1.700 \text{ L}}{500 \text{ L}} \\ &= 3,4 \text{ buah} \sim 4 \text{ buah} \end{aligned}$$

Wadah yang digunakan untuk penyimpanan limbah B3 padat berupa container berkapasitas 500 liter, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Wadah Limbah B3 Padat

4.3.2 Penentuan Luas Bangunan TPS Limbah B3

Penentuan luas penyimpanan yang dibutuhkan memerlukan data timbulan, jumlah wadah dan lahan yang tersedia pada kondisi lapangan. Jumlah timbulan limbah B3 dan jumlah wadah yang dibutuhkan terlampir pada tabel. Berikut merupakan hal lain yang perlu diperhatikan dalam penentuan luas lahan untuk penyimpanan limbah B3:

1. Jarak antar blok sebesar 60 cm dan memiliki ketinggian dengan jarak minimum antar tinggi limbah paling tinggi dengan atap sebesar 1 meter serta ketebalan dinding 30 cm.
2. Penggunaan palet yang digunakan untuk alas penyimpanan limbah B3 memiliki dimensi panjang 1,2 meter × lebar 1,2 meter dan tinggi 0,2 meter.
3. Memiliki pembatas antar limbah yang tidak boleh digabung dengan sekat yang sesuai dengan PerMen LHK No.06 tahun 2021.
4. Untuk tinggi bangunan TPS limbah B3 akan ditentukan 4 meter.

Menentukan panjang bangunan dan lebar bangunan TPS Limbah B3

1. Perhitungan bangunan TPS limbah B3 cair (Drum)

- Panjang bangunan = $(2 \times \text{panjang palet}) + (3 \times \text{jarak antar blok}) + (\text{ketebalan dinding})$

- Panjang bangunan = $(2 \times 1,2 \text{ m}) + (3 \times 0,6 \text{ m}) + (2 \times 0,3)$
 $= 2,4 \text{ m} + 1,8 \text{ m} + 0,6$
 $= 4,8 \text{ meter}$
- Lebar bangunan = (panjang palet) + $(4 \times \text{jarak antar blok}) +$
(ketebalan dinding)
- Lebar Bangunan = $(2 \times 1,2 \text{ m}) + (4 \times 0,6 \text{ m}) + (3 \times 0,3)$
 $= 2,4 \text{ m} + 2,4 \text{ m} + 0,9$
 $= 5,7 \text{ meter}$
- Total = $P \times L$
 $= 4,8 \text{ m} \times 5,7 \text{ m}$
 $= 27,36 \text{ m}^2$

2. Untuk tinggi bangunan TPS limbah B3 akan ditentukan 4 meter
3. Luas bangunan TPS limbah B3 adalah $27,36 \text{ m}^2$
4. Bak penampung, wadah penampung tumpahan harus dapat menampung 110% dari total kapasitas drum untuk limbah cair, didapatkan volume untuk bak penampung sebagai berikut (PerMenLHK No.6 tahun 2021):
Vol. bak penampung = $110\% \times \text{kapasitas drum}$
 $= 110\% \times 0,05 \text{ m}^3$
 $= 0,055 \text{ m}^3$

Sehingga volume yang diperlukan untuk tempat penyimpanan sementara limbah B3 laboratorium multifungsi sebesar $0,055 \text{ m}^3$, sehingga dengan mempertimbangkan luas lahan yang tersedia maka bak penampung memiliki ukuran $1 \text{ m} \times 0,5 \text{ m} \times 0,1 \text{ m}$ agar mampu menampung tumpahan limbah B3.

5. Fasilitas penyimpanan limbah B3 berbasis gedung diwajibkan oleh PP No. 22 Tahun 2021 untuk menyertakan ventilasi sebagai salah satu kriterianya. Selain itu, untuk penyimpanan sementara limbah B3 harus terdapat sirkulasi udara yang baik, menghindari pengendapan gas dan reaksi dengan limbah B3 yang disimpan. Berdasarkan SNI 03-6572-2001 ventilasi yang dimiliki standar dengan luas minimal 10% dari luas bangunan. Maka luas ventilasi udara minimal yang dibutuhkan:

$$\text{Luas ventilasi} = 10\% \times \text{luas bangunan}$$

$$= 10\% \times 27,36 \text{ m}^2$$

$$= 2,7 \text{ m}^2 \sim 3 \text{ m}^2$$

6. Pencahayaan

Di tempat penyimpanan sementara, pencahayaan yang baik dapat membantu proses penyimpanan dan pengangkutan limbah bahan berbahaya dan beracun. Sistem penerangan harus memenuhi persyaratan keselamatan dan kenyamanan yang ada, menurut SNI 03-6575-2001

$$N = \frac{E \times L \times W}{\phi \times LLF \times Cu \times n}$$

$$= \frac{100 \text{ lux} \times 4,8 \text{ m} \times 5,7 \text{ m}}{1.350 \times 1 \times 0,65 \times 1}$$

$$= 3 \text{ buah lampu}$$

4.3.3 Rencana Anggaran Biaya (RAB) Detail Pembangunan TPS Limbah B3

Adapun Rencana Anggaran Biaya (RAB) dalam pembangunan TPS limbah B3 di Laboratorium Multifungsi adalah sebagai berikut.

Tabel 4.17 Rekapitulasi Biaya

No.	Uraian Pekerjaan	Jumlah Harga (Rp)
I	PEKERJAAN PERSIAPAN & K3	4.683.840
II	PEKERJAAN STRUKTUR & SIPIL (TANAH & BETON)	19.688.000
III	PEKERJAAN ARSITEKTUR & ATAP	40.265.000
IV	PEKERJAAN MEKANIKAL & ELEKTRIKAL	12.250.000
V	PEKERJAAN DRAINASE & KELENGKAPAN K3	15.575.000
	TOTAL BIAYA KONSTRUKSI	92.461.840
	Jasa Kontraktor & Overhead (10%)	9.444.584
	ESTIMASI BIAYA TOTAL (RAB)	101.906.424
	DIBULATKAN	Rp 103.910.000

Tabel 4.18 RAB Rincian TPS Limbah B3 Laboratorium Multifungsi

No.	Uraian Pekerjaan	Vol	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
I	PEKERJAAN PERSIAPAN				
1.	Mobilisasi dan demobilisasi alat/material	1	Ls	2.000.000	2.000.000
2.	Pembersihan lahan & perataan tanah	20	m ²	15.000	300.000
3.	Pengukuran dan pemasangan <i>bowplank</i>	16	m'	55.240	883.84
4.	Papan nama proyek & rambu K3 proyek	1	Ls	500.000	500.000
5.	Air kerja dan listrik kerja	1	Ls	1.000.000	1.000.000
	Total				4.683.840
II	PEKERJAAN STRUKTUR DAN SIPIL				
1.	Galian Tanah Pondasi & Bak Penampung	6	m ³	95.000	570.000
2.	Urugan Pasir Bawah Pondasi & Lantai (T=10cm)	2	m ³	250.000	500.000
3.	Pondasi Tapak Beton Bertulang (60x60cm)	4	Unit	750.000	3.000.000
4.	Pekerjaan <i>Sloof</i> Beton Bertulang 15/20	16	m'	180.000	2.880.000
5.	Kolom Praktis Beton Bertulang 15/15	16	m'	138.000	2.208.000
6.	Ring Balok Beton Bertulang 15/15	16	m'	145.000	2.320.000
7.	Lantai Beton Bertulang K-300 (T=15cm)	2.4	m ³	1.400.000	3.360.000
8.	Pemasangan <i>Wiremesh</i> M8 (1 Lapis)	16	m ²	65.000	1.040.000
9.	Pekerjaan <i>Screeding</i> Kemiringan Lantai 1%	16	m ²	85.000	1.360.000
10.	Pembuatan Bak Penampung 1m x 0,5m x 0,1 m	1	Unit	1.500.000	1.500.000
11.	Pembuatan Tanggul Pintu (<i>Ramp</i>) Beton	1	Unit	950.000	950.000
	Total				19.688.000

No.	Uraian Pekerjaan	Vol	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
III	PEKERJAAN ARSITEKTUR & ATAP				
1.	Pasangan Dinding Bata Ringan (<i>Hebel</i>)	48	m ²	145.000	6.960.000
2.	Plesteran Dinding (Luar Dalam)	96	m ²	65.000	6.240.000
3.	Acian Dinding Halus	96	m ²	35.000	3.360.000
4.	Pengecatan Dinding (Cat <i>Weatherproof</i>)	96	m ²	45.000	4.320.000
5.	Pemasangan Roster Beton (Ventilasi Alami)	25	Bh	25.000	625.000
6.	Pintu Besi Tahan Api (<i>Steel Fire Door</i>)	1	Unit	4.500.000	4.500.000
7.	Rangka Atap Baja Ringan (C75.75)	24	m ²	180.000	4.320.000
8.	Penutup Atap Upvc Alderon (Tahan Api/Kimia)	24	m ²	190.000	4.560.000
9.	Listplank Grc	20	m'	45.000	900.000
10.	<i>Coating Lantai Epoxy Chemical Resistant</i> (1000 Micron)	16	m ²	280.000	4.480.000
	Total				40.265.000
IV	PEKERJAAN MEKANIKAL & ELEKTRIKAL (EXPLOSION PROOF)				
1.	Instalasi Titik Lampu (Kabel Nyyhy + Conduit Gip)	2	Titik	350.000	700.000
2.	Lampu LED <i>Explosion Proof</i> 20-40w (Warom/Hrlm)	2	Unit	1.800.000	3.600.000
3.	Saklar Tunggal <i>Explosion Proof</i>	1	Unit	1.200.000	1.200.000
4.	Instalasi Stop Kontak (Kabel Nym 3x2.5)	1	Titik	300.000	300.000
5.	<i>Exhaust Fan</i> Dinding <i>Explosion Proof</i> 12-16 Inch	1	Unit	2.500.000	2.500.000
6.	Box Mcb Presto + Mcb Schneider	1	Unit	450.000	450.000
7.	Sistem Penangkal Petir & Grounding (Splitzen + Bc)	1	Ls	3.500.000	3.500.000
	Total				12.250.000
V	PEKERJAAN DRAINASE & KELENGKAPAN K3				
1.	Pembuatan Saluran Parit Beton (U-Ditch/Cor Manual)	10	m'	250.000	2.500.000

No.	Uraian Pekerjaan	Vol	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
2.	Tutup Saluran (<i>Grating Steel Galvanis Heavy Duty</i>)	2	m ²	1.900.000	3.800.000
3.	Emergency Eyewash Station (Wall Mounted SS304)	1	Unit	3.800.000	3.800.000
4.	Instalasi Air Bersih (Pipa PVC AW 3/4")	15	m'	45.000	675.000
5.	Simbol & Label Limbah B3 (Plat Aluminium/Akrilik)	1	Set	1.500.000	1.500.000
6.	APAR (Alat Pemadam Api Ringan) 6kg Powder	2	Unit	550.000	1.100.000
7.	Chemical Spill Kit (Kapasitas 45 Liter)	1	Set	2.200.000	2.200.000
	Total				15.575.000



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari penelitian yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Aktivitas Laboratorium Multifungsi menghasilkan limbah B3 yang beragam (cair, padat, aerosol, dan *e-waste*) dengan karakteristik dominan beracun, korosif, mudah menyala, dan infeksius. Praktik pemilahan dan pengelolaan limbah di tingkat sumber saat ini belum dilakukan secara terpadu.
2. Tingkat kepatuhan pengelolaan limbah B3 terhadap Permen LHK No. 6 Tahun 2021 secara umum masih rendah. Hanya Laboratorium Kimia yang mencapai kategori Baik (70%). Laboratorium lainnya berada pada kategori Buruk (40%) hingga Buruk Sekali (10%-20%), dengan kendala utama berupa ketiadaan SOP, kebiasaan membuang limbah cair langsung ke saluran wastafel, dan ketiadaan TPS yang memadai.
3. Berdasarkan Desain fasilitas TPS Limbah B3 direncanakan dengan luas 27,36 m² (4,8 m × 5,7 m) guna menampung proyeksi timbulan selama 90 hari, yakni 264 liter limbah cair (menggunakan 6 drum) dan 63 kg limbah padat (menggunakan 4 kontainer). Bangunan ini dirancang dengan fasilitas keselamatan sesuai regulasi (*spill containment*, ventilasi, APAR, *eyewash*) dengan Rencana Anggaran Biaya (RAB) sebesar Rp 103.910.000.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan keterbatasan yang ditemukan, maka saran yang dapat diberikan kepada peneliti selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Peneliti selanjutnya disarankan melakukan identifikasi limbah B3 melalui pengujian karakteristik limbah secara langsung, tidak hanya berdasarkan studi literatur. Pada penelitian ini, identifikasi limbah B3 mengacu pada MSDS dan Lampiran IX PP No. 22 Tahun 2021 tanpa uji laboratorium, sehingga karakteristik limbah masih merepresentasikan sifat bahan awal. Oleh karena itu, pengujian seperti pH, kandungan logam berat, dan

toksisitas diperlukan agar klasifikasi limbah lebih akurat dan sesuai kondisi lapangan.

2. Peneliti selanjutnya disarankan untuk menyempurnakan metode evaluasi pengelolaan limbah B3 dengan mengintegrasikan hasil observasi lapangan, kuesioner, dan wawancara secara lebih mendalam. Pada penelitian ini, evaluasi pengelolaan limbah B3 telah dilakukan melalui observasi langsung kondisi laboratorium serta penyebaran kuesioner kepada pengelola laboratorium. Namun demikian, penelitian selanjutnya diharapkan dapat meningkatkan intensitas dan frekuensi observasi, serta memperdalam wawancara dengan laboran dan penanggung jawab laboratorium, sehingga kesesuaian antara kondisi administratif dan praktik aktual di lapangan dapat tergambarkan secara lebih komprehensif. Selain itu, evaluasi juga disarankan untuk diperluas hingga mencakup tahapan pengangkutan dan penyerahan limbah kepada pihak ketiga berizin agar sistem pengelolaan limbah B3 dapat dianalisis secara menyeluruh.
3. Peneliti selanjutnya disarankan untuk menyempurnakan perencanaan fasilitas Tempat Penyimpanan Sementara (TPS) limbah B3 dengan menggunakan data timbulan limbah jangka panjang serta mempertimbangkan kondisi eksisting secara lebih detail. Pada penelitian ini, perencanaan TPS didasarkan pada data timbulan limbah hasil pengukuran selama satu minggu operasional laboratorium, sehingga belum sepenuhnya mencerminkan variasi aktivitas praktikum dan penelitian dalam jangka waktu yang lebih panjang. Penelitian selanjutnya diharapkan dapat menggunakan data timbulan bulanan atau semesteran, serta mempertimbangkan keterbatasan lahan, kapasitas pengelolaan institusi, dan aspek operasional lainnya, agar desain TPS limbah B3 yang dihasilkan lebih realistis, aplikatif, dan mudah diimplementasikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adeswastoto, H., Setiawan, B., Desrimon, A., Febryanto, F., Putra, A. A., & Islah, M. (2023). Analisis Penerapan Green Building Pada Bangunan Gedung Klinik Universitas Pahlawan. *Journal of Engineering Science and Technology Management (JES-TM)*, 3(1), 37–43.
- Aji, S., & Hesti Wardhani, D. (2024). Pengolahan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) dengan Teknologi Insinerasi pada Fasilitas Pengelolaan Limbah Terpadu (FPLT) Kawasan Medan. *Jpii*, 2(1), 17–25.
- Dewantara, F. A., Setiani, V., & Rizal, M. C. (2017). Perancangan Tempat Penyimpanan Sementara (TPS) Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) pada Perusahaan Galangan Kapal. *Proceeding 1st Conference on Safety Engineering and Its Application*, 2581, 219–225.
- Fajri, A., Arista, D., & Sari, M. (2019). Pengolahan Limbah Laboratorium Kimia Dengan Sistem Penyaringan Sederhana. *Sainstek: Jurnal Sains dan Teknologi*, 10(1), 20.
- Fazzo, L., Minichilli, F., Santoro, M., Ceccarini, A., Della Seta, M., Bianchi, F., Comba, P., & Martuzzi, M. (2017). Hazardous waste and health impact: A systematic review of the scientific literature. *Environmental Health: A Global Access Science Source*, 16(1), 1–11.
- Malayadi, A. F. (2017). Karakteristik Dan Sistem Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya Dan Beracun Laboratorium Universitas Hasanuddin Kota Makassar. *Skripsi*, 6.
- Nur Hidayah, F. (2023). Perkembangan Pengaturan Hukum Limbah Bahan Berbahaya Dan Beracun (Limbah B3) Di Indonesia. *Jurnal Indonesia Sosial Teknologi*, 4(02), 211–225.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 6

Tahun 2021 tentang Tata Cara dan Persyaratan Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3).

Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 14 Tahun 2013 tentang Simbol dan Label Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3).

Peraturan Menteri Pendayagunaan Aparatur Negara dan Reformasi Birokrasi Republik Indonesia Nomor 07 Tahun 2019 tentang Jabatan Fungsional Pranata Laboratorium Pendidikan.

Peraturan Menteri Pendayagunaan Aparatur Negara dan Reformasi Birokrasi Republik Indonesia Nomor 03 Tahun 2010 tentang Jabatan Fungsional Pranata Laboratorium Pendidikan.

Sains, J. P., & Said, M. (2021). Pengolahan Air Limbah Laboratorium dengan Menggunakan Koagulan Alum Sulfat dan Poli Aluminium Klorida (PAC). *New York, 2009(C)*, 38–43.

Siti Amalia Fajriyah, E. W. (2022). Evaluasi Pengelolaan Limbah Medis. *Evaluasi Pengelolaan Limbah Medis*, 20(17), 1021–1030.

Taheri, A. A., Abdali, A., Taghilou, M., Haes Alhelou, H., & Mazlumi, K. (2021). Investigation of Mineral Oil-Based Nanofluids Effect on Oil Temperature Reduction and Loading Capacity Increment of Distribution Transformers. *Energy Reports*, 7, 4325–4334.

Wulandari, F. W., Azizah, N., & Subrayanti, D. (2022). Pengaruh Pembuangan Limbah B3 Singapura Ke Pulau Batam Terhadap Hubungan Bilateral Indonesia-Singapura (Studi Kasus Pembuangan Limbah B3 Pada Tahun 2004 dan dampaknya di Era Globalisasi saat ini). *Innovative: Journal Of Social Science Research*, 2(1), 572–578.

LAMPIRAN

Lampiran I Wawancara Rumusan Masalah 1

No.	Pertanyaan Wawancara	Tujuan pertanyaan
1.	Pak/Bu, untuk kegiatan praktikum/penelitian di laboratorium ini, bahan kimia apa saja yang paling sering dipakai mahasiswa? (Bantu mereka: misal asam klorida, alkohol, aseton, formalin, dll.)	Mendapatkan daftar bahan kimia utama
2.	Nah, selain praktikum, laboratorium ini kan dipakai juga untuk penelitian (misalnya skripsi atau dosen). Bahan kimia apa yang sering dipakai untuk penelitian? Apakah ada bahan khusus atau berbeda dari yang untuk praktikum?	Mendapatkan daftar bahan kimia yg digunakan untuk penelitian (yg mungkin berbeda)
3.	Selain limbah cair, bagaimana penanganan untuk limbah padat? Misalnya limbah padat terkontaminasi (tisu bekas, sarung tangan, media filter, dll.)? Alat kaca yang pecah? Bahan kimia yang sudah kadaluarsa?	Mengidentifikasi limbah padat terkontaminasi
4	Dari bahan-bahan kimia yang tadi Bapak/Ibu sebutkan, apakah saat ini sudah ada upaya untuk membedakan sifat bahayanya? Misalnya, apakah limbah yang mudah terbakar dipisah dari yang 'korosif' atau dari yang beracun?	Memahami praktik pemilahan awal berdasarkan karakteristik/sifat bahaya (kunci untuk desain TPS)
5.	Bagaimana dengan bahan yang sudah kadaluarsa, atau sisa sampah padat (tisu, sarung tangan, kaca pecah) dari semua kegiatan itu?	Mengidentifikasi limbah kedaluwarsa dan padat terkontaminasi
6.	Apakah laboratorium ini menyimpan daftar inventaris (stok) bahan kimia? Bolehkah saya melihatnya untuk pencatatan?	Data paling valid untuk daftar bahan kimia
7.	Bagaimana penanganan bahan kimia yang sudah kadaluarsa? Apakah ada yang masih disimpan?	Mengidentifikasi limbah B3 kedaluwarsa
8.	Setelah selesai kegiatan (baik praktikum atau penelitian), sisa cairannya dibuang ke mana? (Apakah ke wastafel, atau ada yang ditampung?)	(Pertanyaan kunci) memvalidasi praktik pembuangan
9.	Apakah semua pengguna laboratorium (termasuk mahasiswa praktikum dan peneliti) diberi arahan khusus tentang cara membuang sisa bahan kimia?	

Lampiran II Kuesioner Rumusan Masalah 2

No.	Pertanyaan (Faktual, Ya/Tidak)	Ya	Tidak
Bagian A: Upaya PENGURANGAN Limbah			
1.	Apakah laboratorium memiliki aturan tertulis (SOP) tentang cara membuang sisa bahan kimia?		
2.	Apakah ada arahan (lisan/tertulis) untuk menggunakan bahan kimia secukupnya agar sisa bahan (limbah) yang dihasilkan bisa berkurang?		
3.	Apakah laboratorium menerapkan prinsip 3R (<i>Reduce, Reuse, Recycle</i>) terhadap limbah padat seperti alat bekas, komponen elektronik, atau kemasan bahan kimia?		
Bagian B: Proses PENGUMPULAN & PEMILAHAN Limbah			
4.	Apakah sisa bahan berbahaya (kimia, pelarut, cat, atau <i>flux solder</i>) dikumpulkan di wadah khusus, tidak langsung dibuang ke wastafel atau tempat umum?		
5.	Apakah limbah padat (seperti tisu, kain, sarung tangan, sisa kabel, atau media kultur) dipisahkan dari sampah biasa?		
6.	Apakah dilakukan pemilahan berdasarkan jenis limbah (misal: asam-basa, elektronik, cat/pelarut, infeksius, atau logam berat)?		
7.	Apakah B3 kadaluarsa dikumpulkan dan dipisahkan dari B3 yang masih aktif dipakai?		
8.	Apakah ada petugas/laboran yang bertanggung jawab khusus dalam pengumpulan dan pencatatan limbah B3?		
Bagian C: Proses PENYIMPANAN Limbah Sementara			
9.	Jika jawaban Q3 "Ya", Apakah laboratorium memiliki area khusus untuk menyimpan limbah B3 sementara (seperti lemari kimia, ruang TPS kecil, atau rak limbah elektronik)?		
10.	Jika jawaban Q3 "Ya", Apakah setiap wadah limbah diberi label atau tanda bahaya yang jelas (misalnya: "korosif", "mudah terbakar", "toksik", "infeksius", atau "elektronik")?		
11.	Jika jawaban Q3 "Ya", Apakah wadah penyimpanan limbah selalu tertutup rapat dan dalam kondisi aman dari kebocoran?		
12.	Jika jawaban Q3 "Ya", apakah lokasi penyimpanan tersebut aman (terlindungi dari hujan dan sinar matahari)?		
13.	Apakah laboratorium memiliki catatan (<i>logbook</i>) yang berisi jumlah dan tanggal limbah disimpan?		

Lampiran III Gambar Peta Lokasi Perencanaan Desain TPS Limbah B3



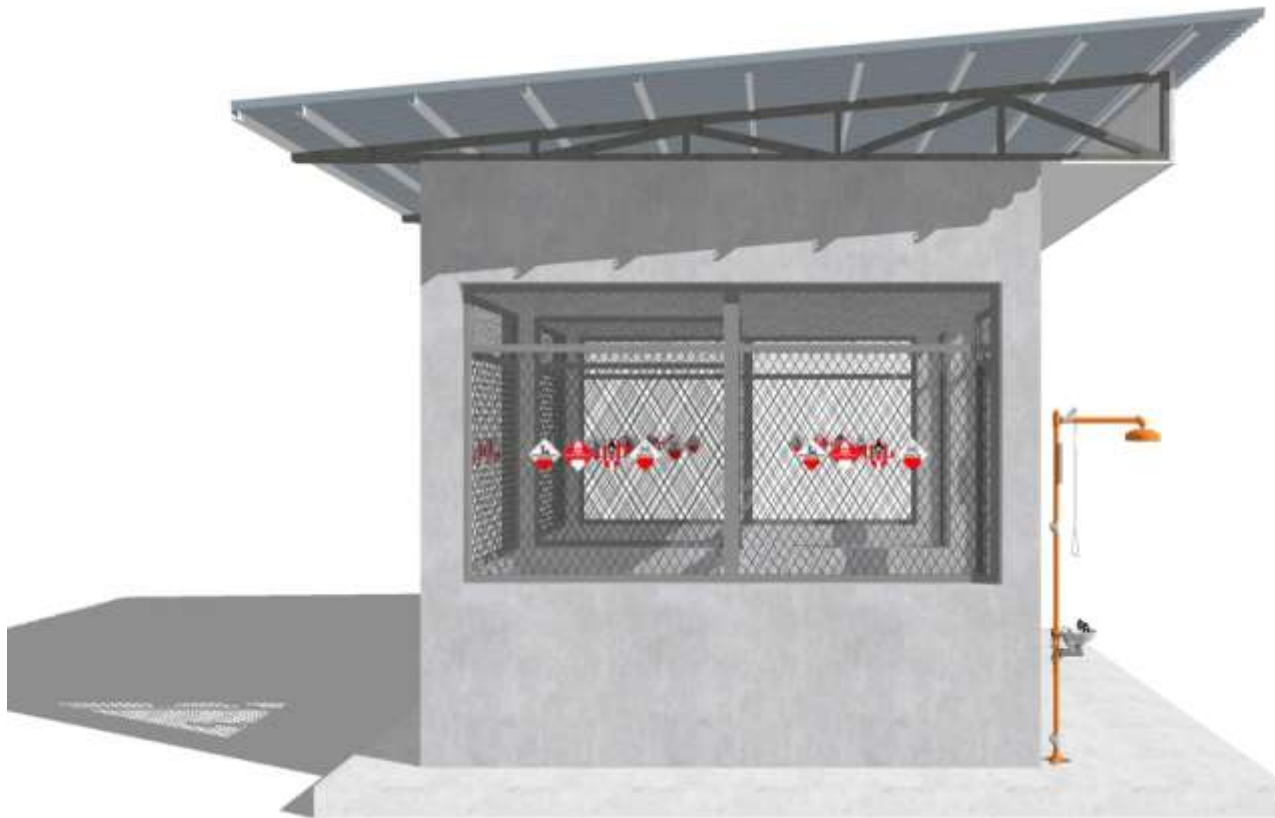
Lampiran IV Desain Tempat Penyimpanan Sementara (TPS) Limbah B3



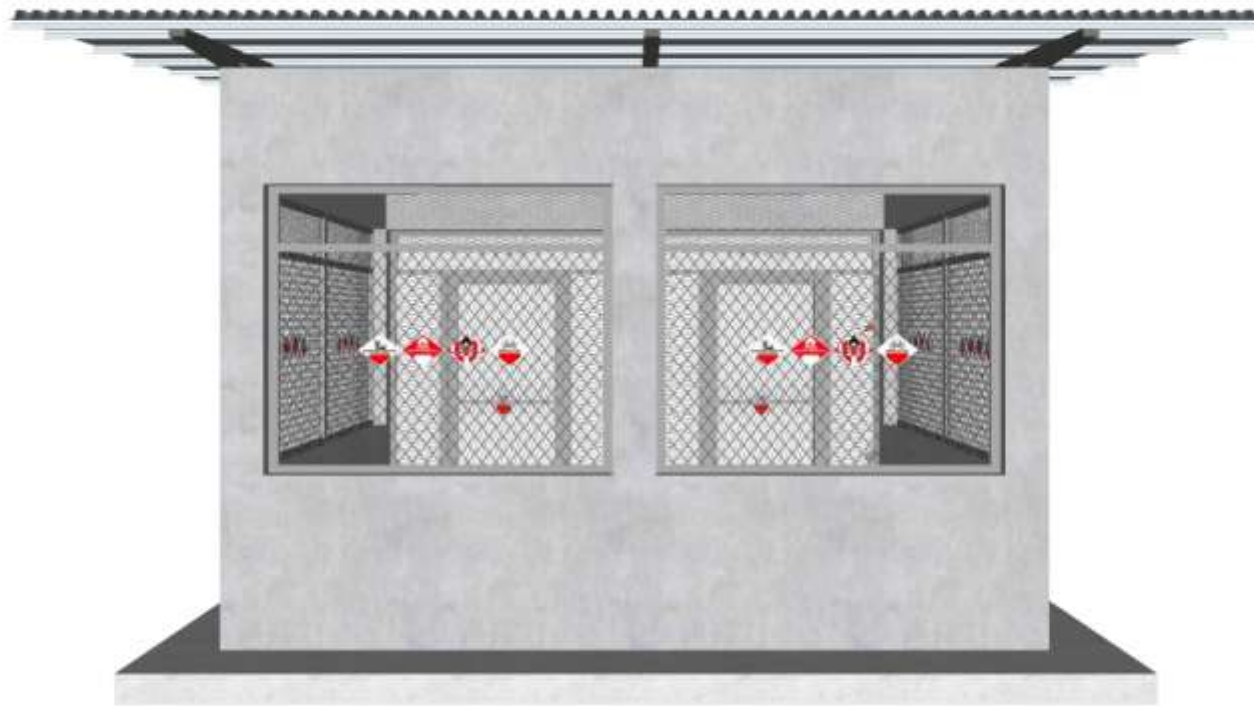
Desain Tempat Penyimpanan Sementara (TPS) Limbah B3



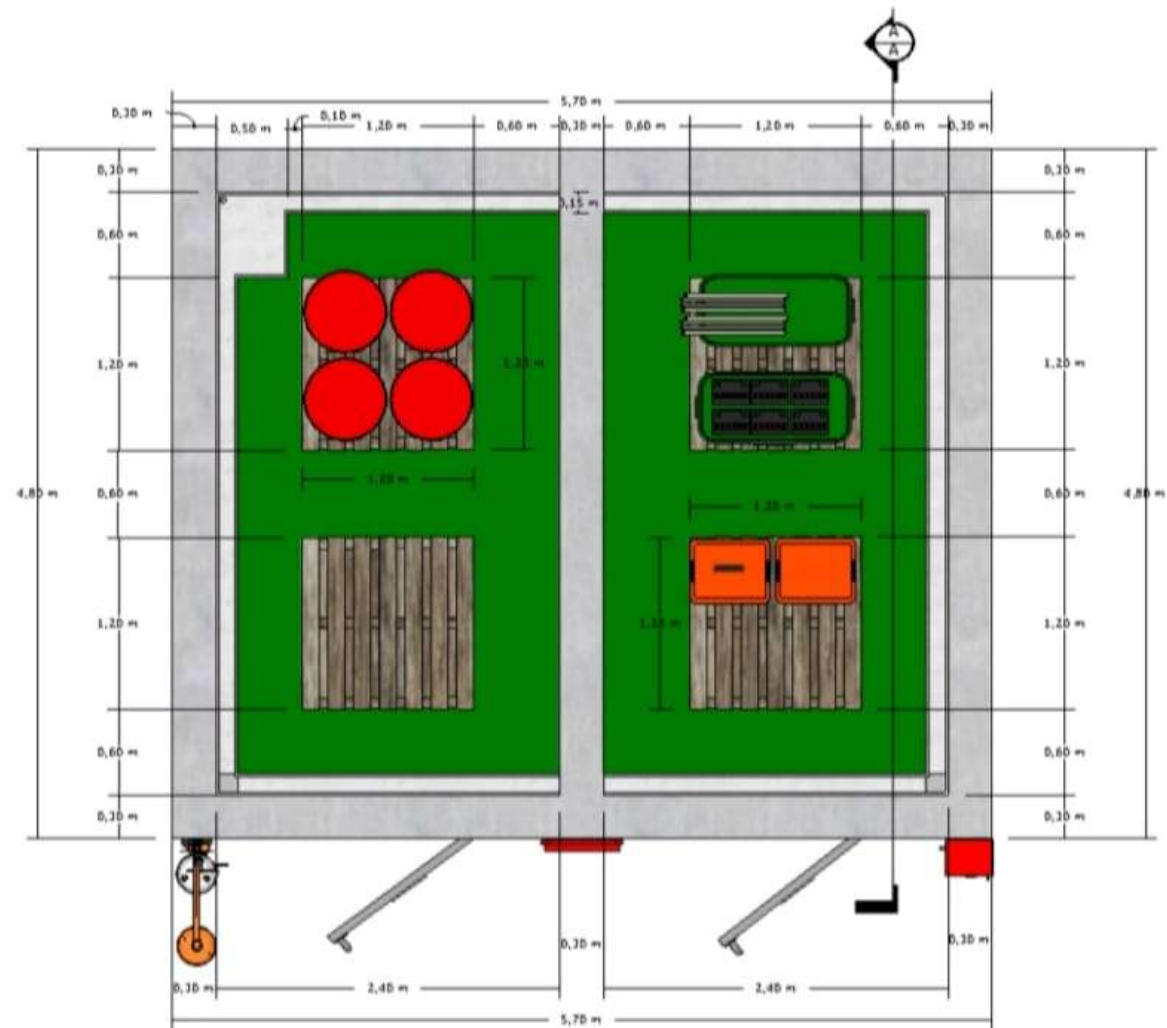
Tampak Depan Tempat Penyimpanan Sementara (TPS) Limbah B3



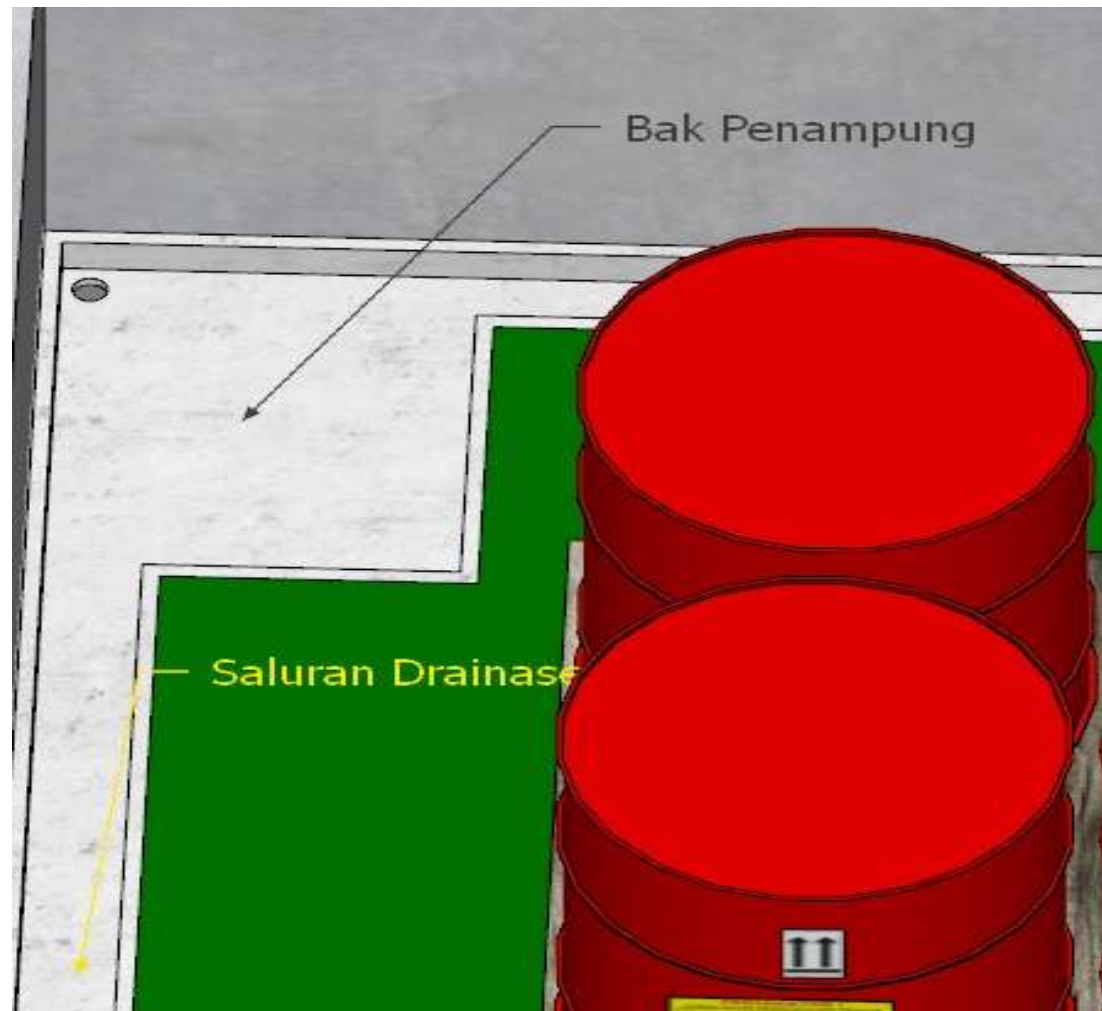
Tampak Samping Tempat Penyimpanan Sementara (TPS) Limbah B3



Tampak Belakang Tempat Penyimpanan Sementara (TPS) Limbah B3



Denah TPS Limbah B3 (Tampak Atas)



Bak Penampung Ceceran Limbah Cair dan Saluran Drainase di Dalam TPS Limbah B3



Simbol dan Label Limbah B3



Tampak Fasilitas Keselamatan TPS Wastafel, Shower dan Eyewash Limbah B3



Penempatan Alat Pemadam Api Ringan (APAR) pada TPS Limbah B3



Penempatan Kotak Pertolongan Pertama Pada Kecelakaan (P3K) pada TPS Limbah B3

Lampiran V Dokumentasi Kegiatan Penelitian

Proses pengumpulan data dengan laboran kimia	Proses pengumpulan data dengan laboran pendidikan teknik elektro				
Proses pengumpulan data dengan laboran biologi	Proses pengumpulan data dengan laboran pendidikan teknologi informasi				
Wadah penampungan limbah B3 padat	Pengukuran limbah B3 padat				
Pengukuran tinggi limbah B3 padat	Wadah penampungan limbah B3 cair				



Pengukuran volume limbah B3 cair

