

SKRIPSI

MANAJEMEN BAHAYA DAN RISIKO TUMPAHAN BONGKAR MUAT BAHAN BERBAHAYA DAN BERACUN

Ditujukan untuk memenuhi sebagian persyaratan mencapai gelar Sarjana Terapan
Transportasi pada Program Studi Sarjana Terapan Rekayasa Sistem Transportasi Jalan



Disusun oleh :

ZHILAL AKBAR MUSTAQBAL

21013088

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
REKAYASA SISTEM TRANSPORTASI JALAN
POLITEKNIK KESELAMATAN TRANSPORTASI JALAN
TEGAL
2025**

HALAMAN PERSETUJUAN

MANAJEMEN BAHAYA DAN RISIKO TUMPAHAN BONGKAR MUAT BAHAN BERBAHAYA DAN BERACUN

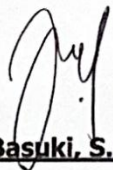
HAZARD AND RISK MANAGEMENT OF HAZARDOUS AND TOXIC MATERIAL LOADING AND UNLOADING SPILLS

Disusun oleh:

Zhilal Akbar Mustaqbal
21013088

Telah disetujui oleh:

Pembimbing 1



Ahmad Basuki, S.Psi., M.Sc.
NIP. 198309252008121001

Tanggal 11 Juni 2025

Pembimbing 2



Frans Tohom, S.T., M.T
NIP. 198806052019021004

Tanggal 17 Juni 2025

HALAMAN PENGESAHAN

**MANAJEMEN BAHAYA DAN RISIKO TUMPAHAN BONGKAR MUAT
BAHAN BERBAHAYA DAN BERACUN**

***HAZARD AND RISK MANAGEMENT OF HAZARDOUS AND TOXIC
MATERIAL LOADING AND UNLOADING SPILLS***

Disusun oleh:

Zhilal Akbar Mustaqbal

21013088

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji

Pada tanggal

Ketua Sidang

Anton Budiharjo, S.Si.T., M.T.

NIP. 198305042008121001

Penguji 1

Yogi Oktopianto, S.T., M.T.

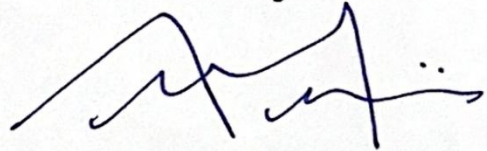
NIP. 199110242019021002

Penguji 2

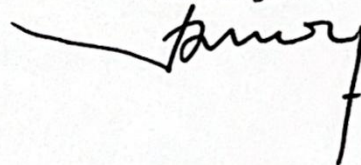
Ahmad Basuki, S.Psi., M.Sc.

NIP. 198309252008121001

Tanda Tangan



Tanda Tangan



Tanda Tangan



Mengetahui,

Ketua Program Studi Sarjana Terapan
Rekayasa Sistem Transportasi Jalan

Rizal Aprianto, M.T.

NIP. 199104152019021005

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Zhilal Akbar Mustaqbal
Notar : 21013088
Program Studi : Rekayasa Sistem Transportasi Jalan

Menyatakan bahwa skripsi dengan judul "Manajemen Bahaya Dan Risiko Tumpahan Bongkar Muat Bahan Berbahaya dan Beracun" ini tidak terdapat bagian dari karya ilmiah lain yang telah diajukan untuk memperoleh gelar akademik di suatu lembaga Pendidikan Tinggi, dan juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang/lembaga lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dalam laporan skripsi ini dan disebutkan sumbernya secara lengkap dalam daftar Pustaka.

Dengan demikian saya menyatakan bahwa skripsi ini bebas dari unsur-unsur plagiasi dan apabila skripsi ini dikemudian hari terbukti merupakan plagiasi dari hasil karya penulis lain dan dengan sengaja mengajukan karya atau pendapat yang merupakan hasil karya penulis lain, maka penulis bersedia menerima sanksi akademik dan/atau sanksi yang berlaku.

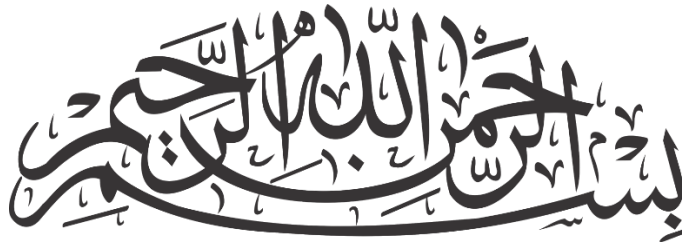
Tegal, 17 Juni 2025

Yang Menyatakan



Zhilal Akbar Mustaqbal

HALAMAN PERSEMBAHAN



BISMILLAHIRRAHMANIRRAHIM

Syukur Alhamdulillah saya panjatkan kepada Allah SWT atas rahmat-Nya yang melimpahkan sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Segala puji saya haturkan kepada Allah SWT atas karunia-Nya yang menghadirkan orang-orang yang selalu memberikan doa dan semangat kepada saya, sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik meskipun masih ada kekurangan. Untuk karya sederhana ini, penulis persembahkan kepada:

1. Inne Indriani selaku ibu tersayang dari penulis yang tiada hentinya mendukung serta mendoakan di setiap sujudnya tentang apa yang selalu penulis impikan waktu kecil. Untuk ibu ku, "terima kasih, atas do'a, air keringat, air mata, harapan dan senyumanmu". Kini penulis telah berada di tahap ini dan berhasil menyelesaikan pendidikan di PKTJ dengan baik.
2. Alm. M. Chairul selaku ayahanda dari penulis yang selalu berpesan "tetap rendah hati dan jadilah yang bermanfaat bagi orang lain". Kalimat singkat namun sangat bermakna bagi penulis hingga mengantarkan penulis sampai menuntaskan pendidikan sampai ke jenjang sarjana.
3. Adhitya Mulya Sudrajat selaku kakak terhebat sekaligus pengganti peran ayah dari penulis dan keluarga yang selalu mengarahkan, mengorbankan, membimbing, mendukung, dan tak lupa mendoakan demi kebaikan adik mu. "Aa, terima kasih atas yang sudah aa usahakan untuk kita." kerja keras dan usaha yang selalu aa ajarkan kepada penulis sampai kapanpun.
4. Muslim Akbar, A.Ma.PKB., S.E., M.M., selaku paman dari penulis yang telah mendukung dan mendoakan penulis, sehingga dapat menyelesaikan pendidikan di PKTJ dengan baik untuk paman ku, "terima kasih telah menjadi panutan baik bagi penulis, nama dan jasamu akan selalu terukir".

5. Dosen Pembimbing "Bapak Ahmad Basuki, S.Psi., M.Psi" serta "Bapak Frans Tohom, S.T., M.T." yang telah memberikan keselamatan luar biasa dan meluangkan waktunya untuk penulis agar dapat menyelesaikan skripsi ini dengan selesai.
6. Bapak Anton Budiharjo, S.Si.T., M.T., Bapak Yogi Oktovianto, S.T., M.T., dan Alm. Ibu Tri Susila Hidayati, S.Pd., M.Si., selalu memberikan dorongan motivasi untuk penulis sehingga dapat menyelesaikan pendidikan di PKTJ dengan baik.
7. Kepada PT Prasadha Pamunah Limbah Industri (PT PPLI), Manager Transport Asep Bahktiar Junaedi, *Departemen Transport*, pembimbing magang PT PPLI. Kak Yoga Triyanto, Kak Faizar Rahman dan Kak Dinar Rizki selaku alumni PKTJ serta pembimbing magang depo Cibitung *Transfer Station* Bapak Anas Kurniawan, Kak Dwi Retnoningsih, Kak Winda dan para karyawan yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.
8. Teman-teman Angkatan 32, dan Adik-adik sewaktu Penulis menempuh Pendidikan di PKTJ yang selalu memberi apresiasi dan doa hingga penulis dapat sampai di titik ini.

KATA PENGANTAR

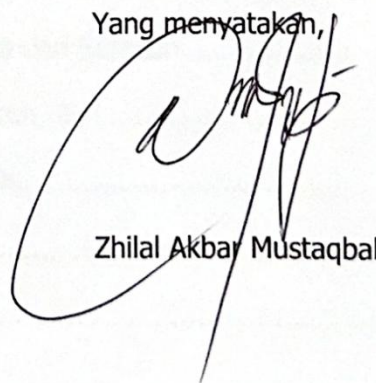
Segala puji dan syukur kami sampaikan kepada Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat, nikmat, dan petunjuk-Nya, memungkinkan penulis menyelesaikan skripsi ini dengan baik dan tepat waktu. Dengan rendah hati, penulis ingin menyampaikan penghargaan yang tulus atas dukungannya serta bimbingan yang sangat berharga selama proses penulisan skripsi berjudul **"MANAJEMEN BAHAYA DAN RISIKO TUMPAHAN BONGKAR MUAT BAHAN BERBAHAYA DAN BERACUN"**. Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan kesempatan bagi penulis untuk menyelesaikan skripsi ini dengan baik dan lancar.
2. Bapak Bambang Istiyanto, S.Si.T., M.T., selaku Direktur Politeknik Keselamatan Transportasi Jalan.
3. Bapak Rizal Aprianto, S.T., M.T., selaku Ketua Prodi Sarjana Terapan Rekayasa Sistem Transportasi Jalan.
4. Bapak Ahmad Basuki, S.Psi., M.Sc., selaku Dosen Pembimbing I yang telah meluangkan waktunya dalam membimbing penulisan dalam penyusunan skripsi.
5. Bapak Frans Tohom, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing II yang telah meluangkan waktunya dalam membimbing penulisan dalam penyusunan skripsi.
6. Orang Tua, Saudara, Keluarga, dan semua pihak yang berperan dalam memberikan dukungan, motivasi dan doa tiada henti.

Penulis berharap dalam penyusunan skripsi ini terdapat saran dan masukan yang membangun demi kesempurnaan skripsi ini.

Tegal, 17 Juni 2025

Yang menyatakan,



Zhilal Akbar Mustaqbal

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN	i
HALAMAN PENGESAHAN	i
HALAMAN PERNYATAAN.....	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	iv
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
INTISARI	xvi
ABSTRACT	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
II.1 Manajemen Bahaya dan Risiko.....	7
II.2 Tumpahan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun.....	7
II.3 Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3).....	9
II.4 Limbah B3 Berdasarkan Karakteristik.....	9
II.5 Bongkar Muat	11
II.5.1 Peralatan Bongkar Muat	11

II.5.2	Kemasan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun	12
II.6	<i>Fault Tree Analysis</i>	15
II.6.1	Langkah Pembuatan <i>Fault Tree Analysis</i> (FTA)	18
II.6.2	Kekurangan Metode FTA	21
II.6.3	Kelebihan Metode FTA	21
II.7	<i>Event Tree Analysis</i>	22
II.7.1	Tujuan Metode <i>Event Tree Analysis</i>	22
II.7.2	Langkah Pembuatan <i>Event Tree Analysis</i> (ETA)	23
II.7.3	Kekurangan Metode <i>Event Tree Analysis</i>	27
II.7.4	Kelebihan Metode <i>Event Tree Analysis</i>	27
II.8	<i>Bow-Tie Analysis</i>	28
II.8.1	Langkah Pembuatan <i>Bow-Tie Analysis</i> (BTA)	29
II.8.2	Manfaat Metode <i>Bow Tie Analysis</i>	31
II.9	Keaslian Penelitian.....	32
BAB III	METODE PENELITIAN	36
III.1	Metodologi Penelitian	36
III.1.1	Variabel Penelitian	37
III.2	Lokasi Penelitian.....	39
III.3	Populasi dan Sample.....	39
III.3.1	Populasi	39
III.3.2	Sampel	40
III.3.3	Teknik Sampling	40
III.4	Bagan Alir	41
III.5	Penjelasan Alir Penelitian.....	42
III.5.1	Survei Pendahuluan	42
III.5.2	Studi Literatur	42
III.5.3	Identifikasi Masalah	43

III.5.4 Rumusan Masalah	43
III.5.5 Tujuan Penelitian.....	43
III.5.6 Pengumpulan Data	44
III.5.7 Identifikasi Faktor dan Dampak Kejadian	50
III.5.8 Membuat <i>Bow-Tie Analysis</i>	51
III.5.9 Evaluasi Standar Operasional Prosedur	51
III.5.10 Rekomendasi Mitigasi	52
III.5.11 Kesimpulan dan Saran	52
III.6 Jadwal Penelitian.....	52
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN	54
IV.1 Hasil Survei dan Analisis Data	54
IV.1.1. Peningkatan Limbah B3 Cibitung <i>Transfer Station</i>	54
IV.1.2. Tumpahan Limbah B3 Cibitung <i>Transfer Station</i>	54
IV.1.3. <i>Fault Tree Analysis</i>	55
IV.1.4. <i>Event Tree Analysis</i>	70
IV.1.5. <i>Bow-Tie Analysis</i>	79
IV.1.6. Identifikasi Bahaya dan Risiko Tumpahan Limbah B3	92
IV.1.7. Evaluasi Penerapan Standar Operasional Prosedur.....	104
IV.2 Pembahasan	105
IV.2.1. Menentukan penyebab utama <i>Fault Tree Analysis</i>	105
IV.2.2. Menentukan nilai probabilitas <i>Event Tree Analysis</i>	106
IV.2.3. Mitigasi penyebab tumpahan <i>Bow-Tie Analysis</i>	108
IV.2.4. Pembahasan Pengendalian Manajemen Bahaya dan Risiko	113
IV.2.5. Ilustrasi Desain Rekomendasi	119
IV.2.6. Rekomendasi	121
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	129
V.1 Kesimpulan.....	129

V.2 Saran	131
DAFTAR PUSTAKA.....	132
LAMPIRAN	138

DAFTAR TABEL

Tabel II. 1 <i>Fault Tree Analysis</i>	15
Tabel II. 2 <i>Likelihood Index</i>	25
Tabel II. 3 <i>Severity</i>	25
Tabel II. 4 <i>Risk Matrix</i>	26
Tabel II. 5 Keaslian Penelitian.....	32
Tabel III. 1 Variabel Penelitian	37
Tabel III. 2 Sampel Penelitian	40
Tabel III. 3 Daftar Wawancara semi terstruktur <i>Fault Tree Analysis</i>	45
Tabel III. 4 Daftar Wawancara <i>Event Tree Analysis</i>	46
Tabel III. 5 Pivotal <i>Event Tree Analysis</i>	46
Tabel III. 6 Wawancara <i>Bow-Tie Analysis</i>	46
Tabel III. 7 Kuesioner metode <i>Fault Tree Analysis</i>	47
Tabel III. 8 Jadwal Penelitian	52
Tabel IV.1 Jumlah peningkatan limbah B3.....	54
Tabel IV. 2 Jumlah Tumpahan Limbah B3	55
Tabel IV. 3 <i>Basic Event Fault Tree Analysis</i>	65
Tabel IV. 4 Minimal <i>Cut Set</i>	66
Tabel IV. 5 Keterangan Minimal <i>Cut Set</i>	67
Tabel IV. 6 Hasil perhitungan nilai kuesioner	68
Tabel IV. 7 Nilai Probabilitas <i>Basic Event</i> Kejadian.....	69
Tabel IV. 8 <i>Likelihood Index</i>	76
Tabel IV. 9 <i>Severity Index</i>	77
Tabel IV. 10 Hasil Penggolongan Dampak Tumpahan Limbah	78
Tabel IV.11 Hasil Risiko Tumpahan Limbah B3	78
Tabel IV. 12 Hasil <i>Output</i> pada <i>Risk Matrix</i>	79
Tabel IV. 13 Daftar Ancaman <i>Bow-Tie Analysis</i> karakteristik beracun.....	81
Tabel IV. 14 Daftar Konsekuensi <i>Bow-Tie Analysis</i> Karakteristik beracun.....	83
Tabel IV. 15 Daftar Ancaman <i>Bow-Tie Analysis</i> karakteristik korosif.....	87
Tabel IV. 16 Daftar Konsekuensi <i>Bow-Tie Analysis</i> Karakteristik korosif.....	89
Tabel IV. 17 Pengendalian Bahaya dan Risiko Karakteristik Beracun	93
Tabel IV. 18 Pengendalian Bahaya dan Risiko Karakteristik Korosif	98
Tabel IV. 19 Data Ketersediaan Instruksi Kerja.....	104

Tabel IV. 20	Rekomendasi berdasarkan karakteristik bahaya	121
Tabel IV. 21	Instruksi kerja penanganan tumpahan LB3 pengangkutan	124

DAFTAR GAMBAR

Gambar I. 1	Data Peningkatan Limbah	2
Gambar I. 2	Data Kejadian Tumpahan Periode 2021 - 2024.....	2
Gambar II. 1	Klasifikasi Bahan Berbahaya dan Beracun.....	9
Gambar II. 2	Karakteristik limbah beracun.....	10
Gambar II. 3	Karakteristik limbah korosif.....	11
Gambar II. 4	<i>Forklift</i>	12
Gambar II. 5	Tanki IBC	13
Gambar II. 6	IBC Logam.....	13
Gambar II. 7	Penyimpanan limbah B3 menggunakan <i>jumbo bag</i>	14
Gambar II. 8	Penyimpanan limbah B3 menggunakan kemasan drum	14
Gambar II. 9	Tempat dasar penyimpanan limbah B3	15
Gambar II. 10	Langkah Pembuatan Metode FTA	18
Gambar II. 11	<i>Cut Set FTA</i>	19
Gambar II. 12	Algoritma MOCUS.....	20
Gambar II. 13	Konstruksi <i>Event Tree Analysis</i> (ETA).....	23
Gambar II. 14	Langkah Pembuatan ETA	24
Gambar II. 15	Diagram <i>Bow-Tie Analysis</i>	28
Gambar II. 16	Langkah <i>Bow Tie Analysis</i>	29
Gambar II. 17	Pengendalian Risiko.....	30
Gambar III. 1	Depo Cibitung <i>Transfer Station</i> (PT PPLI)	39
Gambar III. 2	Bagan Alir Penelitian	41
Gambar IV. 1	Kegiatan wawancara semi terstruktur	56
Gambar IV. 2	Model Grafis Metode <i>Fault Tree Analysis</i>	60
Gambar IV. 3	Model Grafis <i>Fault Tree Analysis</i> Kemasan	61
Gambar IV. 4	Model Grafis <i>Fault Tree Analysis</i> Kemasan	62
Gambar IV. 5	Model Grafis <i>Fault Tree Analysis</i> Faktor Eksternal	63
Gambar IV. 6	Model Grafis <i>Fault Tree Analysis</i> Faktor Main Power	64
Gambar IV. 7	Diagram ETA Tumpahan Proses Bongkar Muat.....	72
Gambar IV. 8	Kondisi kemasan baik.....	73
Gambar IV. 9	Kelengkapan dokumen pengangkutan limbah	74
Gambar IV. 10	Operator <i>Forklift</i>	74
Gambar IV. 11	Kesesuaian jenis dan kemasan	75

Gambar IV. 12 Kontruksi Bow-Tie Analysis karakteristik beracun	80
Gambar IV. 13 Kontruksi Bow-Tie Analysis karakteristik korosif	86
Gambar IV. 14 Rekomendasi Area Penyimpanan	119
Gambar IV. 15 Rekomendasi Lantai <i>Epoxy</i>	120

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Kusioner <i>Fault Tree Analysis</i> (FTA).....	138
Lampiran 2. Wawancara <i>Fault Tree Analysis</i>	140
Lampiran 3. Wawancara <i>Event Tree Analysis</i>	141
Lampiran 4. Pivotal <i>Event Tree Analysis</i>	141
Lampiran 5. Wawancara <i>Bow-Tie Analysis</i>	141
Lampiran 6. Hasil uji validitas dan reliabilitas	143
Lampiran 7. Uji hitung nilai probabilitas faktor.....	144
Lampiran 8. Hasil Nilai Wawancara Probabilitas ETA	145
Lampiran 9. Dokumentasi Penelitian	146
Lampiran 10. Kontruksi Diagram FTA	148
Lampiran 11. <i>Work Instruction Spill Handling at CTS Depo</i>	149

INTISARI

Penelitian ini membahas tumpahan limbah B3 yang dapat mencemari lingkungan serta membahayakan kesehatan dan keselamatan manusia. Data Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) tahun 2022 mencatat 72.542.319 ton limbah B3 yang dihasilkan, dengan 11.723 unit armada B3 menurut Kementerian Perhubungan. Depo Cibitung Transfer Station (CTS) menghadapi tantangan dengan tujuh tumpahan limbah B3 pada periode 2021–2024. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis faktor bahaya dan risiko tumpahan, mengevaluasi standar operasional prosedur (SOP), dan memberikan rekomendasi perbaikan. Metode yang digunakan mencakup analisis kualitatif dan kuantitatif dengan *Fault Tree Analysis* (FTA) untuk menentukan penyebab kecelakaan, *Event Tree Analysis* (ETA) untuk menghitung probabilitas, dan *Bow-Tie Analysis* (BTA) untuk langkah pengendalian. Hasil FTA menunjukkan *Basic Event* dengan probabilitas tertinggi 0,055, sedangkan hasil ETA menunjukkan probabilitas *Output A* sebesar 0,472. Analisis BTA mengintegrasikan permasalahan FTA dan ETA, bahaya dan risiko dihasilkan berdasarkan penyebab tumpahan probabilitas tertinggi serta ditemukan tidak adanya instruksi kerja penanganan tumpahan limbah B3 pada saat pengangkutan. Rekomendasi permasalahan ini, dapat mengimplementasikan tindakan mitigasi penanganan berdasarkan karakteristik kelas bahaya beracun dan korosif dan menyusun instruksi kerja penanganan tumpahan limbah B3 selama pengangkutan.

Kata Kunci: Tumpahan Limbah B3, Bahaya dan Risiko Tumpahan, Probabilitas, Mitigasi Pengendalian, Instruksi Kerja.

ABSTRACT

This research discusses hazardous waste spills that can pollute the environment and endanger human health and safety. Data from the Ministry of Environment and Forestry (KLHK) in 2022 recorded 72,542,319 tons of hazardous waste generated, with 11,723 hazardous fleet units according to the Ministry of Transportation. The Cibitung Transfer Station (CTS) depot faces challenges with seven hazardous waste spills in the 2021-2024 period. The purpose of this study is to analyze the hazard and risk factors of spills, evaluate the standard operating procedures (SOPs), and provide recommendations for improvement. The methods used include qualitative and quantitative analysis with Fault Tree Analysis (FTA) to determine the cause of the accident, Event Tree Analysis (ETA) to calculate the probability, and Bow-Tie Analysis (BTA) for control measures. The FTA results show the Basic Event with the highest probability of 0.055, while the ETA results show the probability of *Output A* of 0.472. BTA analysis integrates FTA and ETA problems, hazards and risks are generated based on the cause of the highest probability spill and it was found that there was no work instruction for handling hazardous waste spills during transportation. Recommendations for this problem can implement mitigation measures based on the characteristics of toxic and corrosive hazard classes and develop work instructions for handling hazardous waste spills during transportation.

Keywords: Hazardous Waste Spill, Spill Hazard and Risk, Probability, Mitigation Control, Work Instruction.