

**PENERAPAN METODE HAZOP DALAM IDENTIFIKASI BAHAYA DAN
PENGENDALIAN RISIKO K3 PADA PROYEK LRT JAKARTA
FASE 1B**

TUGAS AKHIR

*Tugas Akhir Ini Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk
Memperoleh Gelar Sarjana Pada Prodi Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Negeri Padang*



Oleh
NAJWA PUTRI INDRA
NIM. 22323123/2022

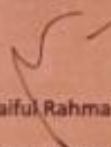
**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK SIPIL
DEPATEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2026**

PERSETUJUAN TUGAS AKHIR**PERSETUJUAN TUGAS AKHIR****PENERAPAN METODE HAZOP DALAM IDENTIFIKASI BAHAYA DAN
PENGENDALIAN RISIKO K3 PADA PROYEK LRT JAKARTA FASE 1B**

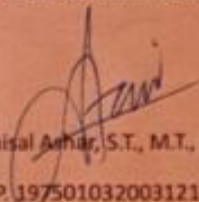
Nama : Najwa Putri Indra
NIM : 22323123
Prodi : S1 Teknik Sipil
Departemen : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik

Padang, 11 Maret 2026

Disetujui Oleh
Dosen Pembimbing


Dr. Ir. Ari Syaiful Rahman Arifin, S.T., M.T.
NIP. 198207072009121004

Mengetahui
Kepala Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik UNP


Ir. Faisal Aghar, S.T., M.T., Ph.D.
NIP. 197501032003121001

PENGESAHAN TUGAS AKHIR

iii

PENGESAHAN TUGAS AKHIR**PENERAPAN METODE HAZOP DALAM IDENTIFIKASI BAHAYA DAN
PENGENDALIAN RISIKO K3 PADA PROYEK LRT JAKARTA FASE 1B**

Nama : Najwa Putri Indra
NIM : 22323123
Prodi : S1 Teknik Sipil
Departemen : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik

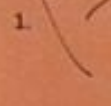
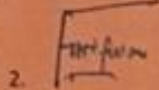
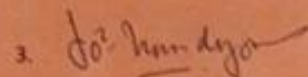
Telah berhasil dipertahankan dihadapan Tim Penguji dan dinyatakan Lulus sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana pada Prodi S1 Teknik Sipil, Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang.

Padang, 11 Maret 2026

Tim Penguji**Nama**

1. Ketua Dr. Ir. Ari Syaiful Rahman Arifin, S.T., M.T.
2. Anggota Ir. Fitra Rifwan, S.Pd., M.T.
3. Anggota Dr. Totoh Andayono, S.T., M.T.

Tanda Tangan

1. 
2. 
3. 

SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Jl. Prof. Dr. Hamka Kampus UNP Air Tawar Padang 25171
Telp. (0751) 705566 - FT (0751) 705564/445118 Fax 705564
E-mail: info@unp.ac.id

SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : MAJRA PUTRI INGRA
NIM/TM : 20031201 / 2003
Program Studi : FT TEKNIK SIPIL
Departemen : Teknik Sipil
Fakultas : FT UNP

Dengan ini menyatakan, bahwa Skripsi/Tugas Akhir/Proyek Akhir saya dengan judul PERENCANAAN MITIGASI BAHAY BAHAN KEKAMPARAN BAHAN DAN PENGENDALIAN RUMAH KACA PROYEK IRT JAKARTA ERT 10 (VELDOROME - MANGGARAI)

Adalah benar merupakan hasil karya saya dan bukan merupakan plagiat dari karya orang lain. Apabila suatu saat terbukti saya melakukan plagiat maka saya bersedia diproses dan menerima sanksi akademis maupun hukum sesuai dengan hukum dan ketentuan yang berlaku, baik di institusi UNP maupun di masyarakat dan negara.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan rasa tanggung jawab sebagai anggota masyarakat ilmiah.

Diketahui oleh,
Kepala Departemen Teknik Sipil

Ir. Faisal Akhar, ST., MT., Ph.D
NIP. 197501082003121001

Saya yang menyatakan,


METERAI TEMPEL
73AMKAT2K77758

MAJRA PUTRI INGRA

BIODATA**A. Data Diri**

Nama Lengkap : Najwa Putri Indra
NIM : 22323123 / 2022
BP : 2022
Tempat/Tanggal Lahir : Padang/ 22 Februari 2005
Jenis Kelamin : Perempuan
Alamat : JL. Wirasakti 8 Siteba
Nomor Telepon : 081378931515

**B. Riwayat Pendidikan**

SD/MI : SD ISLAM AL – AZHAR 32 PADANG
SMP/MTs : SMPN 1 PADANG
SMA/MA/MK : SMAN 1 PADANG

C. Tugas Akhir

Judul : Penerapan Metode HAZOP dalam Identifikasi
Bahaya dan Pengendalian Risiko K3 Pada Proyek
LRT Jakarta Fase 1B
Tanggal Sidang : 11 Maret 2026

Padang, 11 Maret 2026

Najwa Putri Indra

2022/22323123

ABSTRAK**Najwa Putri Indra, 2026. Penerapan Metode HAZOP dalam Identifikasi Bahaya dan Pengendalian Risiko K3 pada Proyek LRT Jakarta Fase 1B**

LRT (Lintas Rel Terpadu) merupakan transportasi umum yang dikembangkan oleh PT. Kereta Api Indonesia (KAI) untuk memudahkan mobilitas warga Jabodetabek. Tujuan penelitian ini adalah untuk 1) mengidentifikasi pekerjaan konstruksi yang memiliki risiko tinggi, 2) menerapkan metode HAZOP untuk mengidentifikasi bahaya dan deviasi pada proses kerja, 3) menilai tingkat risiko berdasarkan parameter likelihood dan severity, 4) memberikan rekomendasi pengendalian risiko berdasarkan hasil analisis HAZOP. Penelitian ini penelitian deskriptif analitis dengan pendekatan kualitatif-kuantitatif, dilakukan pada Proyek LRT Jakarta Fase 1B Segmen Velodrome–Manggarai, dilaksanakan Januari 2026. Pengumpulan data dengan observasi lapangan, wawancara, kuesioner/angket, dokumentasi. Hasil penelitian menunjukkan 1) Identifikasi Pekerjaan Risiko Tinggi Pekerjaan konstruksi yang memiliki risiko tinggi di proyek LRT Fase 1B meliputi penggunaan alat berat (Jack Hammer), pengecoran beton, pengangkatan girder, pemasangan listrik, dan proses pengelasan. 2) Penerapan Metode HAZOP efektif dalam mengidentifikasi bahaya dan deviasi potensial pada berbagai proses Kerja. 3) Penilaian risiko berdasarkan likelihood dan severity menunjukkan risiko terbesar terdapat pada pekerjaan pengangkatan girder dan pengecoran beton. 4) Pengendalian Risiko dengan tindakan teknis (misal metode kerja getaran rendah, pengawasan ketat, penggunaan APD), administratif (SOP, pelatihan), dan proteksi fisik (proteksi listrik, barricade) sangat diperlukan untuk mengurangi risiko kerja.

Kata Kunci: HAZOP, Pengendalian Risiko K3, Proyek LRT

KATA PENGANTAR



Puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya serta telah memberikan banyak kesempatan, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Penerapan Metode HAZOP Dalam Identifikasi Bahaya Dan Pengendalian Risiko K3 Pada Proyek Lrt Jakarta Fase 1b”. Dalam proses penyusunan proposal ini, penulis tidak terlepas dari dukungan dan semangat, serta bimbingan dari berbagai pihak, baik bersifat moril maupun materil. Untuk itu penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Muhammad Anwar, S.Pd., M.T. selaku Dekan Fakultas Ilmu Pendidikan Universitas Negeri Padang.
2. Bapak Dr. Ir. Ari Syaiful Rahman Arifin, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan dan saran terhadap penulisan skripsi ini serta memberikan dorongan dan motivasi.
3. Bapak Ir. Fitra Rifwan, S.Pd., M.T. dan Bapak Dr. Totoh Andayono, S.T., M.T. selaku dosen penguji yang telah memberi kritik dan saran demi kesempurnaan skripsi ini.
4. Seluruh teman-teman yang tidak dapat disebutkan satu persatu, atas dorongan dan semangatnya.
5. Terkhusus Orang tua, dan keluarga yang telah memberikan dukung moril maupun materi selama penulisan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa proposal ini masih jauh dari kesempurnaan untuk itu penulis dengan senang hati menerima kritikan dan saran yang membangun untuk kesempurnaan proposal ini.

Padang 11 Maret 2026

Naiwa Putri Indra

DAFTAR ISI

PERSETUJUAN TUGAS AKHIR	ii
PENGESAHAN TUGAS AKHIR	viii
SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT	ix
BIODATA	v
ABSTRAK	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	7
C. Tujuan dan Manfaat Penelitian	7
D. Batasan Penelitian.....	8
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	9
A. Keselamatan dan Kesehatan kerja	9
B. Regulasi K3 Konstruksi.....	11
C. Manajemen Risiko K3 Konstruksi	14
D. Metode Pengendalian Risiko	18
E. Proyek Transportasi Perkotaan (MRT/LRT).....	22
F. Metode HAZOP (<i>Hazard and Operability Study</i>).....	24
G. Penelitian Terdahulu	34
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	37
A. Jenis Penelitian.....	37
B. Lokasi dan Waktu Penelitian	37
C. Objek Penelitian	37
D. Teknik Pengumpulan Data.....	37
E. Variabel Penelitian	38

F. Prosedur Analisis	38
1. Identifikasi pekerjaan konstruksi.....	38
2. Penentuan node HAZOP.	38
3. Penggunaan <i>guide words</i> untuk menemukan deviasi.	39
4. Penilaian risiko berdasarkan matriks risiko.	39
5. Penyusunan rekomendasi pengendalian risiko.....	40
G. Instrumen Penelitian	40
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	45
A. Hasil Penelitian.....	45
1. Mengidentifikasi Pekerjaan Konstruksi yang Memiliki Resiko Tinggi Pada Proyek LRT Fase 1B.....	45
2. Menerapkan Metode Hazop untuk Mengidentifikasi Bahaya dan Deviasi Pada Proses Kerja.....	46
3. Menilai tingkat resiko berdasarkan parameter likelihood dan severity.....	50
4. Memberikan Rekomendasi Pengendalian Resiko Berdasarkan Hasil Analisis Hazop	76
B. Pembahasan	89
1. Tahapan Pekerjaan Kritis Pada Proyek LRT Jakarta Fase 18.....	89
2. Potensi Bahaya dan Deviasi yang Teridentifikasi Menggunakan Hazop	92
3. Resiko Apa yang Paling Signifikan Berdasarkan Analisis Hazop.....	95
4. Rekomendasi Pengendalian Risiko Untuk Meningkatkan Keselamatan Konstruksi Pada Proyek Tersebut	98
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	101
A. Kesimpulan.....	101
B. Saran.....	101
DAFTAR PUSTAKA	103
LAMPIRAN	109

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1	Penelitian Terdahulu	34
Tabel 3. 1	Matrix Penilaian Risiko	41
Tabel 3. 2	Lembar Kerja Matriks HAZOP.....	42
Tabel 3. 3	Sample Acuan Matriks HAZOP	43
Tabel 4. 1	Pekerjaan Konstruksi yang memiliki risiko tinggi pada proyek LRT Fase 1B	45
Tabel 4. 2	Penerapan HAZOP di Beberapa Node pekerjaan.....	46
Tabel 4. 3	Penilaian Tingkat Risiko Parameter Secara Keseluruhan Node Pekerjaan	48
Tabel 4. 4	Matrik Risiko per pekerjaan	49
Tabel 4. 5	Analisis Bored Pile	51
Tabel 4. 6	Penilaian Tingkat Risiko per Deviasi Pile Cap	55
Tabel 4. 7	Matrik Risiko HAZOP Pile Cap	56
Tabel 4. 8	Penilaian Tingkat Risiko Per Parameter Pekerjaan Casting Pier Head	58
Tabel 4. 9	Matrik Risiko Pekerjaan Casting Pier Head	60
Tabel 4. 10	Penilaian Tingkat Risiko Per Parameter Track Slab.....	62
Tabel 4. 11	Matrik Risiko Pekerjaan Track Slab.....	63
Tabel 4. 12	Penilaian Tingkat Risiko Per Parameter Struktur Atas	65
Tabel 4. 13	Matrik Risiko Pekerjaan Struktur Atas	66
Tabel 4. 14	Penilaian Tingkat Risiko Per Parameter Erection Girder	68
Tabel 4. 15	Matrik Risiko Pekerjaan Erection Girder	68
Tabel 4. 16	Penilaian Tingkat Risiko Per Parameter Pemasangan Listrik.....	71
Tabel 4. 17	Matrik Risiko Pekerjaan Pemasangan Listrik.....	72
Tabel 4. 18	Penilaian Tingkat Risiko Parameter Flash Butt Welding.....	74
Tabel 4. 19	Matrik Risiko Pekerjaan Flash Butt Welding	75
Tabel 4. 20	Rekomendasi pengendalian risiko berdasarkan hasil analisis HAZOP	76

Tabel 4. 21	Tabel Pengendalian Resiko Parameter Bored Pile.....	78
Tabel 4. 22	Tabel Pengendalian Resiko Parameter Pile Cap	80
Tabel 4. 23	Tabel Pengendalian Resiko Parameter Casting Pier Head.....	82
Tabel 4. 24	Tabel Pengendalian Resiko Parameter Track Slab	84
Tabel 4. 25	Tabel Pengendalian Resiko Parameter Struktur Atas	85
Tabel 4. 26	Tabel Pengendalian Resiko Parameter Erection Girder.....	87
Tabel 4. 27	Tabel Pengendalian Resiko Parameter Flash Butt Welding	88
Tabel 4. 28	Tabel Pengendalian Resiko Parameter Pemasangan Listrik	89

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Peta Lokasi Pembangunan LRT Jakarta Fase 1B	3
Gambar 1. 2 Konstruksi LRT Jakarta Fase 1B di Pemukiman Penduduk.....	Error!
Bookmark not defined.	
Gambar 1. 3 Pekerjaan Struktur Pier Sementara Pada Proyek Konstruksi LRT Jakarta Fase 1B.....	5
Gambar 2. 1 <i>Risk Matrix</i>	16
Gambar 2. 2 <i>Hierarki Pengendalian Risiko</i>	17
Gambar 2. 3 Helm Safety	17
Gambar 2. 4 Sarung tangan.....	17
Gambar 2. 5 Rompi Safety.....	18
Gambar 2. 6 Full Body Harness	18
Gambar 2. 7 Sepatu Safety	18
Gambar 2. 8 Kacamata Safety	18
Gambar 2. 9 <i>Diagram Alir Kerja HAZOP</i>	26
Gambar 2. 10 Guide words <i>dalam analisis HAZOP</i>	27
Gambar 2. 11 <i>Contoh bentuk dari HAZOP worksheet</i>	28
Gambar 4. 1 Matrik Risiko HAZOP	49
Gambar 4. 2 Risiko Pekerjaan Bored Pile	54
Gambar 4. 3 Matrik Risiko HAZOP Pile Cap.....	57
Gambar 4. 4 Matrik Risiko HAZOP Casting Pier Head	61
Gambar 4. 5 Matrik Risiko HAZOP Track Slab.....	64
Gambar 4. 6 Matrik Risiko HAZOP Struktur Atas	67
Gambar 4. 7 Matrik Risiko HAZOP Erection Girder	70
Gambar 4. 8 Matrik Risiko HAZOP Pemasangan Listrik.....	73
Gambar 4. 9 Matrik Risiko HAZOP Flash Butt Welding	76

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Lembar Kerja Matrik HAZOP	110
Lampiran 2. Surat Izin Penelitian.....	116
Lampiran 3. Dokumentasi Penelitian	117
Lampiran 4. Surat Tugas Pembimbing	119
Lampiran 5. Surat Tugas Penguji Tugas Akhir	120
Lampiran 6. Catatan Konsultasi Dosen Pembimbing	122

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kecelakaan proyek konstruksi masih terhitung sangat tinggi di Indonesia. Menurut Kementerian Ketenagakerjaan (2015), jumlah kecelakaan kerja yang dialami pekerja konstruksi di Indonesia per tahun 2015 relatif tinggi yaitu 31,9 persen dari total kecelakaan (Nurhijrah, 2018). Hal ini menunjukkan lemahnya penerapan K3 di proyek-proyek pembangunan Jakarta. Oleh karena itu, potensi bahaya pada proses konstruksi perlu diidentifikasi terlebih dahulu sebelum sebuah proyek konstruksi dilaksanakan.

Potensi bahaya proyek konstruksi muncul dari berbagai faktor, seperti pekerjaan di ketinggian yang bisa menyebabkan pekerja atau material jatuh. Menurut *Health and Safety Executive UK (HSE UK) (2021)*, 50% kecelakaan konstruksi disebabkan oleh jatuh dari ketinggian (Simanjuntak et al., 2025). Penggunaan heavy equipment juga berisiko jika operator kurang terlatih atau lalai, berpotensi menimbulkan luka berat atau kerusakan alat (Shringi et al., 2022). Proyek LRT di Jakarta yang padat penduduk dan dekat fasilitas umum meningkatkan risiko bagi pekerja dan masyarakat, sehingga penerapan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) sangat penting.

Dalam upaya menerapkan K3 pada pembangunan fasilitas umum, pemerintah mengeluarkan beberapa peraturan yang menekankan pentingnya perlindungan tenaga kerja, serta kewajiban setiap pihak dalam menerapkan lingkungan kerja yang minim atau bebas risiko kecelakaan. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 50 Tahun 2012 tentang Penerapan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3), K3 didefinisikan sebagai segala kegiatan untuk menjamin dan melindungi keselamatan dan kesehatan tenaga kerja melalui upaya pencegahan kecelakaan kerja dan penyakit akibat kerja. PP ini menekankan bahwa penerapan SMK3 merupakan bagian integral dari sistem manajemen perusahaan dan harus dilakukan secara sistematis, terencana, terukur, dan terintegrasi dengan kegiatan operasional perusahaan.

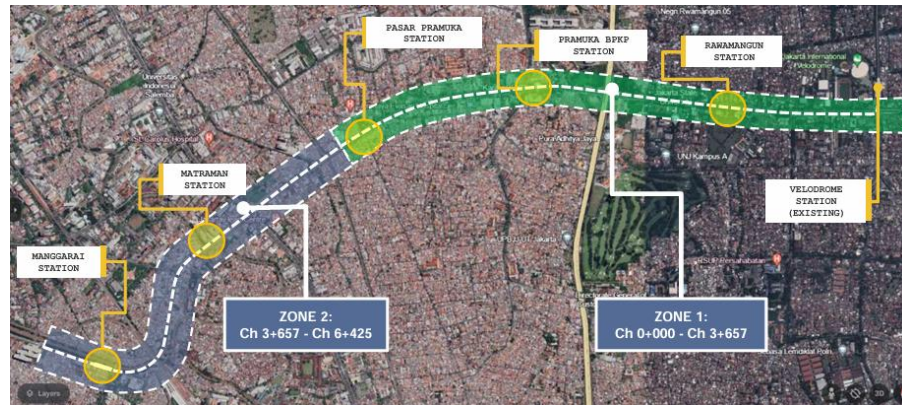
Sebagai penguatan regulasi, kewajiban penerapan K3 juga ditegaskan dalam Undang-Undang Nomor 11 Tahun 2020 tentang Cipta Kerja, yang mengatur bahwa setiap perusahaan wajib menjamin perlindungan keselamatan dan kesehatan kerja bagi tenaga kerja sebagai bagian dari pemenuhan hak pekerja. Ketentuan ini kemudian dijabarkan lebih lanjut melalui peraturan pelaksana di bidang ketenagakerjaan, yang menekankan pentingnya pengendalian risiko berbasis identifikasi bahaya dan penilaian risiko, terutama pada sektor dengan tingkat risiko tinggi seperti konstruksi.

Hal ini merupakan kewajiban setiap pengusaha untuk menjamin kondisi kerja yang memenuhi standar keselamatan. Sementara itu, berdasarkan PP 50/2012, K3 merupakan kegiatan untuk menjamin dan melindungi keselamatan dan kesehatan tenaga kerja melalui upaya pencegahan kecelakaan kerja ataupun penyakit akibat kerja. Menurut Permen PUPR 10/2021 bagian dari sistem manajemen pelaksanaan pekerjaan konstruksi untuk menjamin terwujudnya keselamatan konstruksi diatur dalam Sistem Manajemen Keselamatan Konstruksi (SMKK). Dengan kata lain, SMKK wajib dimiliki oleh setiap pengusaha pembangunan dalam membentuk kondisi kerja yang memenuhi kondisi K3 di ruang kerja konstruksi.

LRT (Lintas Rel Terpadu) merupakan transportasi umum yang dikembangkan oleh PT. Kereta Api Indonesia (KAI) untuk memudahkan mobilitas warga Jabodetabek. Proyek LRT, dibawah pengawasan Kementerian Perhubungan (Kemenhub), ditujukan sebagai cara untuk menurunkan densitas kendaraan pribadi, dan mengarahkan penduduk untuk menggunakan transportasi umum. Sementara itu, menurut Wahyudi et al., (2024), pengarahannya penduduk menggunakan LRT dapat menurunkan emisi karbon dengan adanya penurunan jumlah volume kendaraan pribadi tersebut.

LRT kini tersedia untuk membantu mobilitas penduduk dari lintas Cawang - Cibubur, Cawang - Dukuh Atas, Cawang - Bekasi Timur, Dukuh Atas - Palmerah - Grogol, dan Cibubur - Bogor (Bachtiar & Pasaribu, 2024). Pembangunan LRT di Jakarta sebelumnya sudah menyelesaikan fase 1A. Fase 1A pembangunan LRT

meliputi pembangunan enam stasiun, yakni Stasiun Pegangsaan Dua, Stasiun Boulevard Utara, Stasiun Boulevard Selatan, Stasiun Pulomas, Stasiun Equestrian, serta Stasiun Velodrome, yang kini sudah beroperasi.



Gambar 1. 1 Peta Lokasi Pembangunan LRT Jakarta Fase 1B

Sumber : Data Proyek

Pembangunan fase 1B LRT memiliki jalur sepanjang 6,4 km, dimana jalur tersebut akan melalui lima stasiun yaitu Stasiun Rawamangun, Pramuka BPKP, Pasar Pramuka, Matraman, dan berakhir di Manggarai (Nurokhman et al., 2025). Pembangunan fase 1B dimulai pada 30 Oktober 2023 kemarin, kini sudah mencapai sekitar 80% pembangunan per 4 November 2025, dan ditargetkan dapat beroperasi pada tahun 2026. Menurut Kemenhub, apabila proyek fase 1B tersebut sudah diselesaikan, jalur LRT secara keseluruhan akan memiliki panjang 12,2 km yang menghubungkan antara Stasiun Pegangsaan Dua (Kelapa Gading) dan Stasiun Manggarai.



Gambar 1. 2 Konstruksi LRT Jakarta Fase 1B di Pemukiman Penduduk
Sumber : Data Proyek

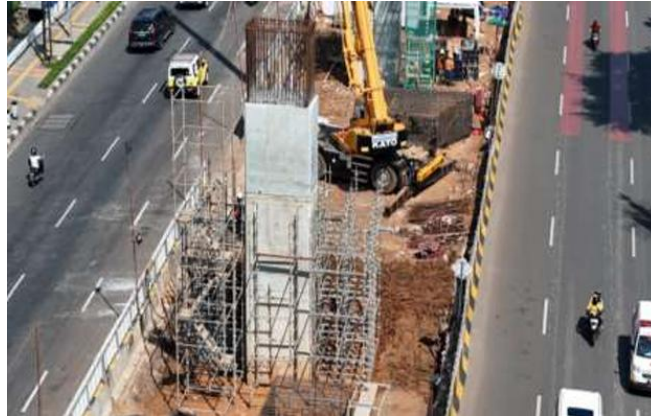
Berdasarkan gambar 1.2 diatas, jalur konstruksi LRT Jakarta Fase 1B membentang di sepanjang kawasan permukiman padat penduduk di tengah Kota Jakarta, dengan deretan rumah yang berdiri sangat rapat satu sama lain. Struktur proyek yang sedang dibangun tampak mendominasi lanskap, ditandai oleh keberadaan beton bertulang, perancah, serta berbagai peralatan konstruksi yang digunakan secara aktif oleh para pekerja di sepanjang lintasan.

Penulis juga mencatat bahwa lokasi proyek berada hanya beberapa meter dari rumah-rumah warga. Jarak yang sangat dekat ini menunjukkan betapa intensnya aktivitas konstruksi yang berlangsung berdampingan dengan area hunian. Banyak rumah yang berjarak sangat tipis dari batas zona pekerjaan, sehingga gangguan seperti kebisingan, debu, dan getaran berpotensi dirasakan secara langsung oleh masyarakat sekitar.

Selain itu, jalan-jalan kecil di sekitar permukiman tampak sempit dan padat, menandakan bahwa pembangunan tersebut berlangsung di area dengan tingkat mobilitas warga yang cukup tinggi. Di sekitar garis proyek, terdapat beberapa bangunan komersial seperti restoran cepat saji dan perkantoran, yang menunjukkan bahwa kawasan ini merupakan area campuran antara fungsi hunian dan aktivitas ekonomi.

Secara keseluruhan, Proyek LRT Jakarta Fase 1B dibangun di tengah lingkungan perkotaan yang sangat padat. Interaksi antara pembangunan

infrastruktur berskala besar dan kehidupan sehari-hari masyarakat sekitar tampak begitu nyata dan berdekatan. Selanjutnya, struktur sementara yang digunakan dalam pembangunan proyek tersebut dapat dilihat pada gambar 1.3 di bawah ini.



Gambar 1. 3 Pekerjaan Struktur Pier Sementara Pada
Proyek Konstruksi LRT Jakarta Fase 1B
Sumber : Data Proyek

Proses pembangunan dilakukan secara bertahap dengan memanfaatkan struktur sementara untuk memastikan stabilitas, keamanan, dan kelancaran pekerjaan pada infrastruktur transportasi massal. Struktur sementara pada pembangunan proyek Konstruksi LRT Jakarta Fase 1B (Velodrome–Manggarai), di mana para pekerja melakukan inspeksi dan pemasangan elemen struktural di atas jalur elevasi yang sedang dibentuk. Area kerja dipenuhi dengan deretan angkur dan besi pengikat yang akan menjadi bagian dari konstruksi lantai rel, menandakan bahwa tahap ini merupakan fase persiapan sebelum pengecoran atau pemasangan track slab. Penggunaan alat pelindung diri oleh pekerja, seperti helm dan rompi keselamatan, menunjukkan penerapan standar K3 di area kerja yang berada di ketinggian dan berdekatan dengan arus lalu lintas padat di bawahnya.

Salah satu metode yang digunakan untuk mengidentifikasi potensi bahaya tersebut adalah metode *Hazard and Operability Analysis* (HAZOP). Metode HAZOP merupakan metode yang disusun untuk mengukur deviasi pekerjaan dari parameter yang telah ditentukan dengan menggunakan *guide words* untuk

mengukur peluang kemungkinan konsekuensi dan dampak dari risiko (Feng et al., 2021). Dengan adanya *guide words* serta *risk matrix*, metode HAZOP bersifat sistematis dan dapat digunakan dalam berbagai proyek konstruksi untuk mengukur potensi bahaya (Marhavidas et al., 2020). Meskipun demikian, potensi bahaya tersebut belum diidentifikasi dengan menggunakan penerapan HAZOP, terkhususnya di pembangunan proyek LRT.

Metode identifikasi bahaya tradisional seperti HIRA (*Hazard Identification and Risk Assessment*), JSA (*Job Safety Analysis*), dan risk matrix pada umumnya masih bersifat terlalu umum sehingga sering kali tidak mampu menangkap kompleksitas bahaya di lapangan. Pendekatan ini cenderung menghasilkan daftar bahaya yang generik tanpa mengungkap akar masalah yang lebih detail, terutama pada aktivitas operasional yang dinamis. Selain itu, metode-metode tersebut tidak menggali deviasi operasional secara mendalam, misalnya perubahan kecil pada kondisi proses, peralatan, atau perilaku kerja yang dapat memicu risiko signifikan. Menurut Sirait et al. (2023), pendekatan umum ini sering melewatkan penyebab deviasi yang sebenarnya penting untuk dikendalikan.

Lebih jauh lagi, metode identifikasi bahaya lama belum mampu menjawab tantangan pekerjaan konstruksi dan industri yang semakin kompleks, seperti *erection segment*, *heavy lifting*, dan pekerjaan bertingkat. Jenis pekerjaan ini membutuhkan pemahaman detail mengenai keterkaitan antar proses, urutan kerja, beban dinamis, serta potensi kegagalan simultan suatu hal yang sulit terakomodasi oleh metode identifikasi bahaya yang sifatnya statis. Akibatnya, risiko spesifik yang muncul pada pekerjaan kompleks tersebut sering kali tidak teridentifikasi secara optimal sehingga berpotensi menurunkan efektivitas manajemen risiko.

B. Rumusan Masalah

1. Apa saja tahapan pekerjaan kritis pada Proyek LRT Jakarta Fase 1B (Velodrome–Manggarai)?
2. Apa saja potensi bahaya dan deviasi yang teridentifikasi menggunakan metode HAZOP pada setiap tahapan pekerjaan tersebut?
3. Risiko apa yang paling signifikan berdasarkan analisis HAZOP dan matriks risiko?
4. Bagaimana perencanaan pengendalian risiko untuk meningkatkan keselamatan konstruksi pada proyek tersebut?

C. Tujuan dan Manfaat Penelitian

1. Tujuan Penelitian

- a. Mengidentifikasi pekerjaan konstruksi yang memiliki risiko tinggi pada proyek LRT Fase 1B.
- b. Menerapkan metode HAZOP untuk mengidentifikasi bahaya dan deviasi pada proses kerja.
- c. Menilai tingkat risiko berdasarkan parameter likelihood dan severity.
- d. Memberikan rekomendasi pengendalian risiko berdasarkan hasil analisis HAZOP.

2. Manfaat Penelitian

a. Manfaat Teoritis

Penelitian ini dilakukan untuk menambah literatur penerapan metode HAZOP dalam manajemen K3 konstruksi.

b. Manfaat Praktis

- 1) Menyediakan data bahaya kritis untuk kontraktor/manajemen proyek.
- 2) Memberikan rekomendasi peningkatan SMKK Permen PUPR 10/2021

c. Manfaat Akademis

Penelitian ini dilakukan guna menjadi referensi bagi mahasiswa lain dalam penelitian sejenis, terkhususnya dalam konstruksi fasilitas transportasi umum.

D. Batasan Penelitian

1. Analisis terbatas pada proyek LRT Jakarta Fase 1B Segmen Velodrome–Manggarai.
2. Fokus pada pekerjaan konstruksi (bukan operasi & pemeliharaan).
3. Metode utama: HAZOP + risk matrix.
4. Data diperoleh melalui observasi, wawancara, dokumen K3 proyek.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Identifikasi Pekerjaan konstruksi yang memiliki risiko tinggi di proyek LRT Fase 1B meliputi penggunaan alat berat (*Jack Hammer*), pengecoran beton, pengangkatan girder, pemasangan listrik, dan proses pengelasan.
2. Penerapan Metode HAZOP efektif dalam mengidentifikasi bahaya dan deviasi potensial pada berbagai proses kerja dengan mengacu pada parameter dan guide words sehingga risiko kerja dapat diprediksi sejak dini.
3. Penilaian risiko berdasarkan likelihood dan severity menunjukkan bahwa risiko terbesar terdapat pada pekerjaan pengangkatan girder dan pengecoran beton yang dapat mengakibatkan kecelakaan fatal dan kegagalan struktur.
4. Pengendalian risiko dengan tindakan teknis (misal metode kerja getaran rendah, pengawasan ketat, penggunaan APD), administratif (SOP, pelatihan), dan proteksi fisik (proteksi listrik, barricade) sangat diperlukan untuk mengurangi risiko kerja.

B. Saran

1. Rekomendasi pengendalian risiko harus diterapkan secara konsisten dengan pengawasan ketat dan evaluasi berkala oleh tim K3 proyek.
2. Seluruh pekerja dan pengawas harus mendapatkan pelatihan keselamatan kerja sesuai risiko yang dihadapi dan prosedur HAZOP.
3. Gunakan teknologi dan metode kerja terbaru yang dapat mengurangi risiko seperti alat dengan getaran rendah dan sistem proteksi listrik otomatis.
4. Proses pemantauan dan evaluasi risiko kerja menggunakan HAZOP dan metode lain harus dilakukan secara berkala agar pengendalian risiko tetap efektif sepanjang proyek.

5. Semua temuan dan tindakan pengendalian risiko harus didokumentasikan dengan baik sebagai bahan evaluasi dan audit K3 proyek.

DAFTAR PUSTAKA

- Abrar, N., & Tamin, R. Z. (2023). "Manajemen Risiko Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) Pembangunan Skybridge Stasiun Kiaracondong." *JOURNAL OF CIVIL ENGINEERING BUILDING AND TRANSPORTATION*. 8(2). Hlm. 190–197. <https://doi.org/10.31289/jcebt.v7i2.10216>
- Agung Wahyudi Biro Perencanaan, O., Perhubungan Jl Medan Merdeka Barat No, K., Gambir, K., & Jakarta Pusat, K. (2024). "Strategi Kebijakan Peningkatan Sektor Transportasi Publik Di Jakarta Menuju Net Zero Emission." *Juremi: Jurnal Riset Ekonomi*. 4(2). Hlm. 557–570. <https://doi.org/10.53625/JUREMI.V4I2.8640>
- Amin, M., Salim Dahdah, S., & Priyana, E. (2025). "Identifikasi bahaya dan penilaian risiko kecelakaan kerja di area perkantoran pt. Wasa mitra engineering dengan metode hiradc dan metode fta." *Intecom: Journal of Information Technology and Computer Science*. 8. Hlm. 1605–1613. <https://doi.org/10.31539/y7ve0894>
- Appicharla, S. (2015). *Application of Cognitive Systems Engineering Approach to Railway Systems (System for Investigation of Railway Interfaces)*. <https://doi.org/10.5772/61527>
- Ariesta, R. A., Indianto, A., & Yanuarini, E. (2022). "Reduksi Lendutan Pci Girder Dengan Pemasangan Diafragma." *Prokons: Jurnal Teknik Sipil*. 16(2). Hlm. 64–70.
- Arimba, A., & Rijaluddin, A. (2024). "Teknis Pelaksanaan Erection dengan Metode Tandem Crane pada Steel Box Girder Jembatan Cikeruh." *SEMINAR TEKNOLOGI MAJALENGKA (STIMA)*. 8. Hlm. 233–243. <https://doi.org/10.31949/STIMA.V8I0.1164>
- Bachtiar, Z., & Pasaribu, R. (2024). "Dampak Lingkungan Ekologis akibat Proyek Pembangunan Jalur Rel Light Rapid Transit (LRT) Jabotabek di Jakarta." *Local Engineering*. 1(1). Hlm. 1–10. <https://doi.org/10.59810/lejlace.v1i1.24>
- Choi, J. Y., & Byeon, S. H. (2020). "HAZOP Methodology Based on the Health, Safety, and Environment Engineering." *International Journal of Environmental Research and Public Health* 2020, Vol. 17, Page 3236. 17(9). Hlm. 3236. <https://doi.org/10.3390/IJERPH17093236>
- Erliana, C. I., & Azis, A. (2020). "Identifikasi Bahaya Dan Penilaian Risiko Pada Stasiun Switchyard Di Pt.Pjb Ubj O&M Pltmg Arun Menggunakan Metode Hazard Identification, Risk Analysis And Risk Control (HIRARC)." *Industrial Engineering Journal*. 9(2). <https://doi.org/10.53912/IEJM.V9I2.575>
- Ezzat, K., Ossaama, Y., Amin, nevine kamal, & Farag, H. (2015). "Risk Assessment for Propane Cooler in Natural Gas Liquefaction Plant." *Advances in Chemical Engineering and Science*. 05. Hlm. 270–281. <https://doi.org/10.4236/aces.2015.53027>

- Fauzi, R. R., Johari, G. J., Hantari, A. N., & Triguna, M. I. (2022). "Identifikasi dan Penilaian Risiko pada Proyek Pembangunan Stasiun Garut Cibatuh." *Jurnal Konstruksi*. 20(1). Hlm. 51–61. <https://doi.org/10.33364/KONSTRUKSI/V.20-1.1014>
- Feng, X., Dai, Y., Ji, X., Zhou, L., & Dang, Y. (2021). "Application of natural language processing in HAZOP reports." *Process Safety and Environmental Protection*. 155. Hlm. 41–48. <https://doi.org/10.1016/J.PSEP.2021.09.001>
- Firdaus, F., & Erwandi, D. (2023). "Kajian literatur: faktor penyebab kecelakaan jatuh dari ketinggian di sektor konstruksi." *Jurnal Kesehatan Tambusai*. 4(2). Hlm. 2297–2302. <https://doi.org/10.31004/JKT.V4I2.15650>
- Fitriyah, S. S., Ratriwardhani, A. R., Sunaryo, M., & Ayu, F. (2023). "Perbandingan Metode Manajemen Risiko Pekerjaan Erection Steel Box Girder di PT. Waskita Karya Jalan Tol JAPEK II." *Teknika*. 18(2). Hlm. 104–113. <https://doi.org/10.26623/TEKNIKA.V18I2.7343>
- Frish, S., Talmor, I., Hadar, O., Shoshany, M., & Shapira, A. (2025). "Enhancing consistency of AHP-based expert judgements: A new approach and its implementation in an interactive tool." *MethodsX*. 14. Hlm. 103341. <https://doi.org/10.1016/J.MEX.2025.103341>
- Hanum, L., Putra, A. B., & Prahara, E. (2023). "Hazard and Risk Analysis Using Hirarc and Hazop Methods on Erection Girder Work." *E3S Web of Conf*. Hlm. 338–01005. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202338801005>
- Hartono, W., Handayani, D., & Prakusya, M. B. (2023). "Analisis Risiko Kecelakaan Kerja Pada Konstruksi Struktur Atas Jembatan." *Matriks Teknik Sipil*. 11(1). Hlm. 48. <https://doi.org/10.20961/mateksi.v11i1.71133>
- Herrera-Pérez, V., Salguero-Caparrós, F., Pardo-Ferreira, M. del C., & Rubio-Romero, J. C. (2023). "Key Factors in Crane-Related Occupational Accidents in the Spanish Construction Industry (2012–2021)." *International Journal of Environmental Research and Public Health* 2023, Vol. 20, Page 7080. 20(22). Hlm. 7080. <https://doi.org/10.3390/IJERPH20227080>
- Idham. (2024). "Analisis Manajemen Resiko Keselamatan Konstruksi Dengan Metode Hazard And Operability (Hazop) Pada Pekerjaan Pondasi Tiang Pancang Rumah Sakit Reksodiwiryono Kota Padang | Journal of Applied Engineering Scienties." *Journal of Applied Engineering Scienties*,. 7(1). Hlm. 84–100.
- Jensen, R. C., Bird, R. L., & Nichols, B. W. (2022). "Risk Assessment Matrices for Workplace Hazards: Design for Usability." *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 19(5). Hlm. 2763. <https://doi.org/10.3390/IJERPH19052763/S1>
- Junita, R., Santi, T. D., Ariscasari, P., Studi, P., Kesehatan, I., & Masyarakat, K. (2025). "Analisis Risiko Keselamatan Kerja Pekerja Terowongan PLTA Aceh Tengah

- Menggunakan Metode HIRADC.” *Jurnal Penelitian Inovatif*. 5(1). Hlm. 567–576. <https://doi.org/10.54082/JUPIN.1326>
- Kurniawan, H., Ayu, I., & Anggraeni, A. (2020). “Analisis Risiko Rantai Pasok Material Terhadap Keterlambatan Pelaksanaan Proyek Konstruksi.” *Rekayasa Sipil*. 14(1). Hlm. 43–50. <https://doi.org/10.21776/UB.REKAYASASIPIL.2020.014.01.6>
- Lahay, F., Armini, N. K., Mardiana, D., & Mangundap, P. (2022). “Analisis Risiko Kecelakaan Kerja dengan Metode Hazard and Operability Study (Hazop) pada Proyek Pembangunan Jembatan Asa’an Pagimana.” *Jurnal Kesmas Untika Luwuk : Public Health Journal*. 13(2). Hlm. 81–90. <https://doi.org/10.51888/phj.v13i2.141>
- Lee, J., & Lee, D. K. (2018). “Application of Industrial Risk Management Practices to Control Natural Hazards, Facilitating Risk Communication.” *ISPRS International Journal of Geo-Information* 2018, Vol. 7, Page 377. 7(9). Hlm. 377. <https://doi.org/10.3390/IJGI7090377>
- Luthfi, R. (2024). “Analisis keselamatan dan kesehatan kerja (k3) pada area produksi dengan metode hazard & operability (hazop).” *Kampus Akademik Publishing*. 2(4). Hlm. 362–376.
- Marhavilas, P. K., Filippidis, M., Koulinas, G. K., & Koulouriotis, D. E. (2020). “A HAZOP with MCDM Based Risk-Assessment Approach: Focusing on the Deviations with Economic/Health/Environmental Impacts in a Process Industry.” *Sustainability* 2020, Vol. 12, Page 993. 12(3). Hlm. 993. <https://doi.org/10.3390/SU12030993>
- Marzoli, R., Suraji, A., & Musyafa, A. (2024). “deviasi penerapan sistem manajemen konstruksi (smkk) di proyek konstruksi.” *Journal sains student RESEARCH*. 2(2). Hlm. 11–17. <https://doi.org/10.61722/JSSR.V2I2.1126>
- Miryani, & Arifin, M. Z. (2016). “Analisis Waktu Dan Biaya Metode Pekerjaan Pier Head Cast In Situ Dan Pier Head Precast Pada Proyek Infrastruktur Fly Over | Prosiding Universitas Wiraraja.” *Prosiding Universitas Wiraraja*. Hlm. 978-602-19681-6–1.
- Moniaga, F., & Rompis, V. (2019). “Analisa sistem manajemen kesehatan dan keselamatan kerja (smk3) proyek konstruksi menggunakan metode hazard identification and risk assessment.” *Jurnal Ilmiah Realtech*. 15. Hlm. 65–73. <https://doi.org/10.52159/realtech.v15i2.86>
- Morgan, J. I., Abbott, R., Furness, P., & Ramsay, J. (2016). “UK rail workers’ perceptions of accident risk factors: An exploratory study.” *International Journal of Industrial Ergonomics*. 55. Hlm. 103–113. <https://doi.org/10.1016/J.ERGON.2016.08.003>
- Muhammad, G., Najendra, F., Aghastya, A., & Nurhadi, M. (2024). “Forecasting of MRT Railway Rail Lifetime on Fatmawati Curve Jakarta-Indonesia.” *SAINSTECH NUSANTARA* . 1(4). Hlm. 40–53. <https://doi.org/10.71225/JSTN.V1i4.60>

- Mukharro, D. A., Wibawa, D. B., Sommeng, A. N., Kartohardjono, S., & Hermansyah, H. (2025). "Assessing the completeness of safeguard identification in hazards and operability (HAZOP) studies for oil and gas facilities as a quality metric: An Indonesian case study." *Process Safety Progress*. 44(3). Hlm. 379–393. <https://doi.org/10.1002/PRS.70004>;WEBSITE:WEBSITE:AICHE;WGROU:STRING:PUBLICATON
- Mustakim, M., Setyaning, L. B., & Riyanto, E. (2025). "Analisis Keselamatan dan Kesehatan Kerja Menggunakan Metode HIRADC (Hazard Identification, Risk Assessment and Determining Control) pada Pekerjaan Girder Proyek Tol Yogyakarta-Bawen Seksi 1." *Surya Beton : Jurnal Ilmu Teknik Sipil*. 9(1). Hlm. 76–85. <https://doi.org/10.37729/SURYABETON.V9I1.6438>
- Nurhijrah, N. (2018). "pencegahan resiko kecelakaan jatuh dari ketinggian pada pekerjaan industri konstruksi di indonesia." *Pena teknik: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Teknik*. 3(1). Hlm. 85–92. https://doi.org/10.51557/PT_JIT.V3I1.172
- Nurokhman, Suryanto, Subagyo, S., & Madazzaman, W. Y. (2025). "Dampak Transportasi Sistem Light Rail Transits Terhadap Kemacetan Lalu Lintas dan Emisi Carbon di Jakarta." *Dampak Transportasi Sistem Ligh Rail Transits Terhadap Kemacetan Lalu Lintas Dan Emisi Carbon Di Jakarta*. 7(1). Hlm. Hal. 1-57.
- Pandithawatta, S., Ahn, S., Rameezdeen, R., Chow, C. W. K., Gorjian, N., & Kim, T. W. (2023). "Development of a Knowledge Graph for Automatic Job Hazard Analysis: The Schema." *Sensors* 2023, Vol. 23, Page 3893. 23(8). Hlm. 3893. <https://doi.org/10.3390/S23083893>
- Penelas, A. de J., & Pires, J. C. M. (2021). "HAZOP Analysis in Terms of Safety Operations Processes for Oil Production Units: A Case Study." *Applied Sciences* 2021, Vol. 11, Page 10210. 11(21). Hlm. 10210. <https://doi.org/10.3390/APP112110210>
- Putri, N. M., Ridwan, M., Honesti, L., Boy, W., & Nofrianto, H. (2025). "Pengaruh pengetahuan, sikap dan tindakan terhadap kecelakaan kerja pada pekerja konstruksi di Kabupaten Sijunjung." *Jurnal Teknik Sipil ITP*. 12(1). Hlm. 18–25. <https://doi.org/10.21063/JTS.2025.V1201.018-025>
- Putri, V. Y., Alayyannur, A., Ardyanto, D., Hosiah, S., Aderilla, R., Dea, S., Kesehatan, M., & Kerja, K. (2024). "Identifikasi Bahaya dan Pengendalian Risiko Kerja dan Peluang pada Pekerjaan Arsitektur Proyek Konstruksi Gedung XYZ." *Jurnal Sehat Mandiri*. 19(2). Hlm. 203–217. <https://doi.org/10.33761/JSM.V19I2.1707>
- Rahmanto, I., & Hamdy, M. I. (2022). "Analisa Resiko Kecelakaan Kerja Karyawan Menggunakan Metode Hazard and Operability (HAZOP) di PT PIB Services PLTU Tembilahan." *Jurnal Teknologi dan Manajemen Industri Terapan*. 1(2). Hlm. 53–60. <https://doi.org/10.55826/TMIT.V1I2.15>

- Romadhon, K. A., & Negoro, Y. P. (2025). "analisis potensi bahaya dan risiko pekerjaan menggunakan metode jsa dan hazop di pt. Cahya mandiri gemilang." *INTECOMS: Journal of Information Technology and Computer Science*. 8(5). Hlm. 1352–1357. <https://doi.org/10.31539/NNW1BR68>
- Saputra, B. R., & Widodo, I. D. (2023). "Analisis Pengendalian Risiko Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) dengan Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) pada PT. ABC." *JMPM (Jurnal Material dan Proses Manufaktur)*. 7(2). Hlm. 128–139. <https://doi.org/10.18196/jmpm.v7i2.19405>
- Shiau, Y. R., Lo, F. Y., & Ko, P. C. (2020). "Early intervention mechanism for preventing electrocution in construction engineering." *Industrial Health*. 59(1). Hlm. 4. <https://doi.org/10.2486/INDHEALTH.2020-0097>
- Shringi, A., Arashpour, M., Golafshani, E. M., Rajabifard, A., Dwyer, T., & Li, H. (2022). "Efficiency of VR-Based Safety Training for Construction Equipment: Hazard Recognition in Heavy Machinery Operations." *Buildings* 2022, Vol. 12, Page 2084. 12(12). Hlm. 2084. <https://doi.org/10.3390/BUILDINGS12122084>
- Silvianita, S., Khamidi, D. M. F., Rochani, I., & Chamelia, D. (2015). "Hazard and Operability Analysis (HAZOP) of Mobile Mooring System." *Procedia Earth and Planetary Science*. 14. Hlm. 208–212. <https://doi.org/10.1016/j.proeps.2015.07.103>
- Simanjuntak, N., Noviantie, H., Kafolakari, S., & Hermawan, A. (2025). "Pencegahan Resiko Kecelakaan Jatuh Dari Ketinggian Pada Pekerjaan Industri Konstruksi di Indonesia." *Journal of Occupational Health and Safety*. 1(1). Hlm. 29–32.
- Syafiq, U., & Perdhana, M. S. (2018). "Kecelakaan Kerja pada Perusahaan Konstruksi: Sebuah Telaah Literatur." *Diponegoro Journal of Management*. 7(2). Hlm. 351–359.
- Syahrit, N., & Putri, P. Y. (2021). "Implementasi K3 Menggunakan Metode Jsa Sebagai Upaya Pencegahan Kecelakaan Kerja (Studi Kasus: Workshop Konstruksi Teknik Sipil Ft Unp)." *Jurnal Applied Science in Civil Engineering*. 2(1). Hlm. 16–19. <https://doi.org/10.24036/ASCE.V2I1.66566>
- Tjakra, B. A. W. S., Langi, J. E. C., & Walangitan, D. R. O. (2017). "Manajemen Risiko Keselamatan Dan Kesehatan Kerja (K3) Pada Proyek- Proyek Konstruksi Di Kota Kupang." *JUTEKS : Jurnal Teknik Sipil*. 1(2). Hlm. 96. <https://doi.org/10.32511/juteks.v1i2.113>
- Trianditanaka, M., & Prafitasiwi, A. G. (2024). "Analisa Kecelakaan Kerja pada Proyek Pembangunan Gardu Induk JIPE Menggunakan Metode Hazop." *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*. 1(1). Hlm. 47–57. <https://doi.org/10.30587/JTSLV1I1.8130>
- Tripathi, K., Kushwaha, N., Gandhi, R., & Vishwavidyalaya, P. (2020). "Hazard Operability Study for Chemical Industry." *IJSRD-International Journal for Scientific Research &*

Development|. 8. Hlm. 2321–0613.

- Usman, K., Ravianda, Y., Pramudita, H., & Adrianto, R. (2020). "Implementing slab track monoblock sleeper system for Indonesian urban metro railway project based on life cycle cost under uncertainty." *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 592(1). Hlm. 012007. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/592/1/012007>
- Xu, J., Li, Z., Wang, H., Zhang, Y., & Zhang, X. (2024). "Construction safety influencing factor analysis of bridge-erecting machines based on structural equation modeling." *Heliyon*. 10(2). Hlm. e24957. <https://doi.org/10.1016/J.HELIYON.2024.E24957>
- Yolanda, E., Lusiana, & Indrayadi, M. (2023). "Perencanaan Keselamatan Dan Kesehatan Kerja (K3) Konstruksi Pada Proyek Konstruksi Perbaikan Berat Stasiun Pandu Jungkat." *Jurnal UNTAN*. 9(3). Hlm. 1–10.
- Yudhaningsih, K., Hughes, V. R., Fitria, F. N., Sumawati, U. D., & Purba, H. H. (2024). "Analisis Risiko Proyek Pada Konstruksi Bangunan: Tinjauan Literatur." *Journal of Industrial and Engineering System*. 3(1). <https://doi.org/10.31599/86kjb875>