



TESIS (IT235305)

**ANALISIS RISIKO KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA
(K3) PADA PEKERJAAN KONSTRUKSI *CORE WALL* DI
PROYEK MENARA KOMUNIKASI**

**KADEK KRISTINA FAJAR LAKSMI
6032232024**

**Dosen Pembimbing :
Ratna Sari Dewi, S.T., M.T., Ph.D.**

**PROGRAM STUDI MAGISTER MANAJEMEN TEKNOLOGI
SEKOLAH INTERDISIPLIN MANAJEMEN DAN TEKNOLOGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
2024**



LEMBAR JUDUL

TESIS (IT235305)

**ANALISIS RISIKO KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA
(K3) PADA PEKERJAAN KONSTRUKSI *CORE WALL* DI
PROYEK MENARA KOMUNIKASI**

**Kadek Kristina Fajar Laksmi
6032232024**

**Dosen Pembimbing :
Ratna Sari Dewi, S.T., M.T., Ph.D.**

**PROGRAM STUDI MAGISTER INOVASI SISTEM DAN TEKNOLOGI
SEKOLAH INTERDISIPLIN MANAJEMEN DAN TEKNOLOGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
2024**

LEMBAR PENGESAHAN TESIS

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar

Magister Manajemen Teknologi (MMT)

di

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

Kadek Kristina Fajar Laksmi

NRP: 6032232024

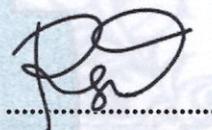
Tanggal Ujian: 19 Juni 2025

Periode Wisuda: September 2025

Disetujui oleh:

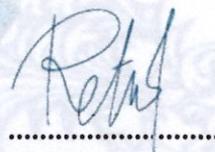
Pembimbing:

1. **Ratna Sari Dewi, S.T., M.T., Ph.D.**
NIP: 198001132008122002

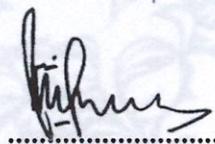


Penguji:

1. **Retno Widyaningrum, S.T., M.T., M.B.A., Ph.D.**
NIP: 199011052024062001



2. **Dr. Ir. Bustanul Arifin Noer, M.Sc.**
NIP: 195904301989031001



DEKAN SEKOLAH INTERDISIPLIN MANAJEMEN DAN TEKNOLOGI,



Prof. Dr.rer.pol. Heri Kuswanto, S.Si., M.Si.
NIP: 198203262003121004

ANALISIS RISIKO KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA (K3) PADA PEKERJAAN KONSTRUKSI *CORE WALL* DI PROYEK MENARA KOMUNIKASI

Nama : Kadek Kristina Fajar Laksmi
NRP : 6032232024
Pembimbing : Ratna Sari Dewi, S.T., M.T., Ph.D.

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis risiko Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) pada pekerjaan konstruksi *core wall* di Proyek Menara Komunikasi yang telah mencapai progres 70%. Pekerjaan didominasi oleh vendor maupun subkontraktor lebih dari 80%, yang menghadirkan tantangan koordinasi dan standarisasi K3. Metode yang digunakan meliputi *Job Safety Analysis (JSA)*, *Hazard Identification, Risk Assessment, and Determining Control (HIRADC)*, *Analytical Hierarchy Process (AHP)*, serta *Cost-Benefit Analysis (CBA)*. Data diperoleh melalui observasi, kuesioner, dan wawancara terhadap lima belas responden dari berbagai posisi, mulai dari pekerja lapangan hingga manajer proyek. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pekerjaan dengan risiko tertinggi adalah *climbing formwork* dan *reforming roof* dengan nilai risiko tinggi. AHP digunakan untuk menetapkan prioritas mitigasi berdasarkan kriteria *severity*, *likelihood*, dan *cost*, di mana *severity* menjadi faktor dominan. CBA menunjukkan bahwa meskipun biaya mitigasi cukup tinggi, pengendalian tersebut efektif dalam menurunkan eksposur risiko secara signifikan, khususnya pada aktivitas kerja di ketinggian dan penggunaan alat berat. Integrasi keempat metode menghasilkan strategi mitigasi yang objektif, efisien secara biaya, dan relevan untuk diterapkan pada proyek konstruksi berskala besar dan kompleks.

Kata Kunci: Keselamatan Dan Kesehatan Kerja, *Job Safety Analysis (JSA)*, HIRADC, *Analytical Hierarchy Process (AHP)*, *Cost-Benefit Analysis*, Mitigasi Risiko, *Core Wall*.

OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY (OHS) RISK ANALYSIS IN CORE WALL CONSTRUCTION ACTIVITIES AT A COMMUNICATION TOWER PROJECT

Name : Kadek Kristina Fajar Laksmi
Student ID : 6032232024
Supervisor : Ratna Sari Dewi, S.T., M.T., Ph.D.

ABSTRACT

This study aims to analyze Occupational Health and Safety (OHS) risks in the core wall construction work of the Communication Tower Project, which has reached 70% progress. Over 80% of the work is carried out by vendors and subcontractors, presenting challenges in coordination and standardization of OHS practices. The methods employed include Job Safety Analysis (JSA), Hazard Identification, Risk Assessment, and Determining Control (HIRADC), Analytical Hierarchy Process (AHP), and Cost-Benefit Analysis (CBA). Data were collected through field observations, questionnaires, and interviews with fifteen respondents ranging from field workers to project managers. The results show that the highest-risk activities are climbing formwork and reforming roof, both classified as high-risk. AHP was used to prioritize mitigation actions based on three criteria: severity, likelihood, and cost, with severity identified as the most dominant factor. CBA indicated that despite the relatively high mitigation costs, the proposed controls are effective in significantly reducing risk exposure, especially for activities at height and heavy equipment operation. The integration of these four methods provides a mitigation strategy that is data-driven, cost-efficient, and applicable to large-scale and complex construction projects.

Keywords: Occupational Health and Safety (OSH), Job Safety Analysis (JSA), HIRADC, Analytical Hierarchy Process (AHP), Cost-Benefit Analysis (CBA), Risk Mitigation, Core Wall Construction.

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kami panjatkan ke hadirat Tuhan YME atas limpahan rahmat, hidayah, serta kesempatan yang diberikan, sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini dengan baik. Tesis ini disusun sebagai salah satu syarat yang harus dipenuhi oleh mahasiswa Program Magister Manajemen Teknologi, bidang keahlian Manajemen Industri, untuk menyelesaikan pendidikan di Sekolah Interdisiplin Manajemen dan Teknologi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Selain itu, penyusunan tesis ini bertujuan untuk melatih mahasiswa dalam mempersiapkan bahan penelitian, menganalisis, serta menyelesaikan berbagai permasalahan yang berpotensi dihadapi di dunia kerja maupun dalam kehidupan sosial.

Penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan, baik secara moral maupun akademis, selama proses penyusunan tesis ini. Secara khusus, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Orang tua tercinta, Ibu dan Bapak yang telah mendoakan, mencurahkan kasih sayang dan perhatiannya serta dukungan moral dan spiritual selama ini.
2. Ucapan terima kasih yang tak terhingga saya persembahkan kepada keluarga tercinta, terutama kepada kakak kandung dan ipar saya atas waktu, pengertian, curahan hati yang panjang, serta dukungan tanpa henti yang selalu menguatkan dalam setiap langkah.
3. **Ibu Ratna Sari Dewi, S.T., M.T., Ph.D.**, selaku dosen pembimbing, yang dengan sabar memberikan bimbingan, arahan, serta motivasi kepada penulis selama proses pengerjaan tesis ini.
4. **Ibu Retno Widyaningrum, S.T., M.T., M.B.A., Ph.D.** dan **Bapak Dr. Ir. Bustanul Arifin Noer, M.Sc.**, selaku dosen penguji proposal dan tesis atas segala arahan, pertanyaan tajam, dan perspektif baru yang telah memperkaya pemahaman saya dan mendorong penyempurnaan tesis ini secara lebih komprehensif.
5. **Ibu Reny Nadlifatin, S.Kom., MBA., Ph.D.**, selaku dosen mata kuliah tesis dan dosen wali saya yang telah membimbing dan memberikan berbagai masukan yang sangat membantu dalam penyusunan serta penyempurnaan proposal tesis ini.
6. **Gita Widi Bhawrika, S.ST., M.M.T., CSCA**, yang sebelumnya menjadi dosen wali saya pada bidang keahlian Manajemen Industri, yang telah memberikan arahan dan motivasi.

7. **Bapak Prof. Ir. I Nyoman Pujawan, M.Eng., Ph.D., CSCP**, selaku Dekan Sekolah Interdisiplin Manajemen dan Teknologi, atas dukungan dan arahnya.
8. **Bapak Prof. Dr.rer.pol. Heri Kuswanto, S.Si., M.Si.**, selaku Dekan Sekolah Interdisiplin Manajemen dan Teknologi yang menjabat saat ini, atas perhatian, dukungan, serta arahnya yang sangat berarti dalam mendukung kelancaran studi dan penyusunan tesis ini.
9. Saya mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada seluruh dosen di Program Magister Manajemen Teknologi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, yang telah dengan tulus membagikan ilmu, wawasan, dan arahan yang tak ternilai selama masa studi. Semoga setiap ilmu yang diberikan menjadi berkah dan membawa manfaat yang luas.
10. Saya juga menyampaikan apresiasi kepada seluruh staf Tata Usaha Program Studi Magister Manajemen Teknologi ITS atas segala bantuan, dukungan administratif, dan pelayanan yang ramah selama proses perkuliahan hingga penyusunan tesis ini.
11. Ucapan terima kasih juga saya sampaikan kepada seluruh rekan mahasiswa seangkatan di kelas PJJ dan khususnya Manajemen Industri Angkatan Genap 2024. Terima kasih atas kebersamaan, kekompakan, serta semangat saling membantu yang selalu terjalin selama masa perkuliahan. Kehangatan dan kerja sama yang terbangun menjadi bagian tak terlupakan dalam perjalanan akademik ini.
12. Tak lupa, rasa hormat dan terima kasih saya tujukan kepada jajaran pimpinan dan rekan-rekan di Proyek Pembangunan Menara Komunikasi yang telah memberikan dukungan, kemudahan, serta menjadi mitra diskusi yang berharga dalam proses penyusunan tesis ini. Terima kasih pula atas kesediaannya menjadi narasumber dan tempat bertukar gagasan yang memperkaya substansi penelitian ini.

Penulis menyadari bahwa tesis ini masih memiliki banyak kekurangan. Oleh karena itu, saran dan masukan yang membangun sangat diharapkan demi penyempurnaan karya ini.

Surabaya, 30 Juni 2025

**Dengan Penuh Kebahagiaan
Kadek Kristina Fajar Laksmi**

DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL.....	ii
ABSTRAK	iii
<i>ABSTRACT</i>	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	6
1.3 Tujuan Penelitian.....	6
1.4 Batasan Masalah.....	7
1.5 Manfaat Penelitian.....	8
1.6 Sistematika Penulisan.....	8
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	11
2.1 Proyek Konstruksi Gedung	11
2.2 Manajemen Risiko	12
2.3 Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3)	14
2.4 Teori Domino	17
2.5 <i>Job Safety Analysis (JSA)</i>	18
2.5.1 Tahapan <i>Job Safety Analysis (JSA)</i>	20
2.6 <i>Hazard Identification and Risk Assessment Determine Control (HIRADC)</i>	21
2.6.1 Identifikasi Bahaya (<i>Hazard Identification</i>)	22
2.6.2 Penilaian Risiko (<i>Risk Assessment</i>)	23
2.6.3 Pengendalian Bahaya (<i>Determining Control</i>)	26
2.7 <i>Analytical Hierarchy Process (AHP)</i>	28
2.7.1 Prinsip <i>Analytical Hierarchy Process (AHP)</i>	28
2.7.2 Kelebihan <i>Analytical Hierarchy Process (AHP)</i>	30
2.7.3 Langkah-Langkah <i>Analytical Hierarchy Process (AHP)</i>	31
2.8 <i>Cost-Benefit Analysis</i>	35
2.8.1 Prinsip Dasar <i>Cost-Benefit Analysis</i>	36
2.8.2 Menghitung Manfaat dan Biaya di Masa Depan.....	37
2.8.3 Kelebihan dan Keterbatasan <i>Cost-Benefit Analysis</i>	37
2.9 Penelitian Terdahulu	39
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....	43
3.1 Alur Pikir Penelitian.....	43
3.2 Konsep Penelitian.....	44
3.3 Tahap Penelitian.....	47
3.3.1 Tahap Identifikasi.....	48
3.3.2 Tahap Pengumpulan Data	49
3.3.3 Tahap Pengolahan Data.....	51
3.3.4 Tahap Analisis dan Interpretasi.....	52
3.3.5 Implikasi Praktis.....	52
3.3.6 Tahap Pengambilan Kesimpulan dan Saran.....	53
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	55
4.1 Gambaran Umum Perusahaan dan Proyek.....	55
4.1.1 Visi dan Misi Perusahaan	56

4.1.1.1 Visi Perusahaan	56
4.1.1.2 Misi Perusahaan	57
4.2 Metode Pelaksanaan dan Penataan Struktur <i>Core Wall</i>	57
4.3 Karakteristik Responden	59
4.4 <i>Job Safety Analysis</i> (JSA)	61
4.5 <i>Hazard Identification, Risk Assessment And Determining Control</i> (HIRADC)	65
4.5.1 Identifikasi bahaya (<i>Hazard Identification</i>)	65
4.5.1.1 Observasi Lapangan	65
4.5.1.2 Wawancara dengan Pekerja dan Supervisor.....	65
4.5.2 Penilaian Risiko.....	67
4.5.3 Pengendalian Risiko	70
4.6 <i>Cost-Benefit Analysis</i> (CBA)	75
4.7 <i>Analytical Hierarchy Process</i> (AHP).....	79
4.7.1 Menentukan Struktur Hirarki	79
4.7.2 Melakukan Skor Perbandingan Kriteria	80
4.7.3 Perhitungan Nilai Tiap Kriteria	82
4.7.4 Skor Alternatif.....	84
4.7.4.1 Skor Nilai “ <i>Severity</i> ” (S)	84
4.7.4.2 Skor Nilai “ <i>Likelihood</i> ”(L).....	85
4.7.4.3 Melakukan Skor Nilai “ <i>Cost</i> ”(C).....	87
4.7.5 Perbandingan Hasil Perhitungan Skor Kriteria Menggunakan <i>Expert Choice</i> dengan Manual.....	89
4.7.6 Perbandingan Hasil Perhitungan Skor Alternatif Menggunakan <i>Expert Choice</i> dengan Manual.....	90
4.7.7 Menghitung Bobot Prioritas Keseluruhan	92
BAB 5 PENUTUP.....	95
5.1 Kesimpulan	95
5.2 Saran.....	96
5.3 Implikasi Manajerial	97
DAFTAR PUSTAKA	99
LAMPIRAN	105

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 <i>Qualitative Measures of Consequences or Impact</i>	24
Tabel 2. 2 <i>Qualitative Measure of Likelihood</i>	24
Tabel 2. 3 <i>Qualitative Risk Analysis Matriks Level of Risk</i>	25
Tabel 2. 4 Matriks Propobabilitas dan Dampak	25
Tabel 2. 5 Penilaian Tingkat Risiko	26
Tabel 2. 6 Skala Tingkat Kepentingan	32
Tabel 2. 7 <i>Random Index (RI)</i>	34
Tabel 2. 8 Penelitian Terdahulu	39
Tabel 4. 1 Karakteristik Responden	59
Tabel 4. 2 <i>Job Safety Analysis</i>	63
Tabel 4. 3 Identifikasi Bahaya.....	67
Tabel 4. 4 Penilaian Risiko Bahaya Pelaksanaan Pekerjaan <i>Core Wall</i>	69
Tabel 4. 5 Pengendalian Risiko atau Upaya Mitigasi	72
Tabel 4. 6 Analisis <i>Cost-Benefit</i>	76
Tabel 4. 7 Lanjutan Analisis <i>Cost-Benefit</i>	78
Tabel 4. 8 Tabel Pairwise Comparison AHP (Bevilacqua, 2000).....	81
Tabel 4. 9 Perbandingan <i>Severity (S)</i> dengan <i>Cost (Co)</i>	81
Tabel 4. 10 Perbandingan Kriteria	81
Tabel 4. 11 Matrik Perbandingan Hasil Kriteria	82
Tabel 4. 12 Perbandingan Bobot Kriteria dan Jumlah	82
Tabel 4. 13 Perbandingan Bobot Kriteria Normalisasi	82
Tabel 4. 14 Menghitung λ_{max}	83
Tabel 4. 15 Matriks Perbandingan Alternatif Pada Kriteria <i>Severity</i>	84
Tabel 4. 16 Matriks Normalisasi Alternatif Kriteria <i>Severity</i>	84
Tabel 4. 17 Matriks Perbandingan Alternatif Pada Kriteria <i>Likelihood</i>	86
Tabel 4. 18 Matriks Normalisasi Alternatif Kriteria <i>Likelihood</i>	86
Tabel 4. 19 Matrik Perbandingan Alternatif Pada Kriteria <i>Cost</i>	87
Tabel 4. 20 Matriks Normalisasi Alternatif Kriteria <i>Cost</i>	88
Tabel 4. 21 Perbandingan Hasil Manual dan <i>Expert Choice</i> Kriteria <i>Severity</i>	90
Tabel 4. 22 Perbandingan Hasil Manual dan <i>Expert Choice</i> Kriteria <i>Likelihood</i>	91
Tabel 4. 23 Perbandingan Hasil Manual dan <i>Expert Choice</i> Kriteria C	92
Tabel 4. 24 Perbandingan hasil Manual dan <i>Expert Choice</i>	93

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 <i>Basic Design</i> Menara Komunikasi	4
Gambar 2. 1 Teori Domino dalam Rangkaian Kejadian Kecelakaan	18
Gambar 2. 2 Bagan Alir HIRADC	22
Gambar 2. 3 Hierarki Pengendalian Risiko	27
Gambar 2. 4 Struktur dekomposisi pada AHP	29
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian.....	47
Gambar 4. 1 Visualisasi Gambar Menara Komunikasi.....	58
Gambar 4. 2 Diagram Karakteristik Responden	60
Gambar 4. 3 Hirarki AHP	80
Gambar 4. 4 <i>Expert Choice</i> Kriteria.....	89
Gambar 4. 5 Hasil Skor Alternatif Terhadap Kriteria Tingkat Keparahan	90
Gambar 4. 6 Hasil Skor Alternatif Terhadap Kriteria <i>Likelihood</i>	91
Gambar 4. 7 Hasil Skor Alternatif Terhadap Kriteria Biaya Mitigasi	91
Gambar 4. 8 Hasil Keseluruhan <i>Expert Choice</i>	93

BAB 1

PENDAHULUAN

Tesis ini akan membahas analisis Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) Saat Pekerjaan Konstruksi *Core Wall* Pada Proyek Menara Komunikasi yang berlokasi di Provinsi Bali.

1.1 Latar Belakang

Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) merupakan aspek yang sangat krusial pada setiap pekerjaan konstruksi yang memiliki tingginya tingkat risiko terkait berbagai jenis pekerjaan yang terdapat di lapangan. Pekerjaan konstruksi tentunya mencakup berbagai aktivitas yang melibatkan pengangkatan material, penggunaan alat berat, pekerjaan pada ketinggian, maupun berbagai proses lain yang tentu saja berpotensi dalam menimbulkan risiko kecelakaan kerja juga dampak buruk terhadap kesehatan pekerja. Penerapan Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) menjadi suatu keharusan untuk mengurangi risiko kecelakaan kerja yang dapat mengakibatkan cedera, kerugian materi, dan bahkan kehilangan nyawa.

Data dari *International Labour Organization* (ILO) menunjukkan lebih dari 2,3 juta kematian setiap tahun akibat kecelakaan kerja, dengan sektor konstruksi sebagai kontributor utama. Di Indonesia, pada 2019 tercatat 130.923 kasus kecelakaan kerja. Tercatat sepanjang tahun 2020 ke atas terjadi berbagai insiden serius seperti pekerja jatuh, kejatuhan material berat, dan kegagalan alat berat, termasuk *crane*, terjadi di proyek besar seperti Tol Trans Sumatera tahun 2020. Proyek Normalisasi Saluran Air tahun 2022 dan Proyek Jembatan Mijil tahun 2021 yang masing-masing menelan korban jiwa hingga dua pekerja. Insiden ini menegaskan pentingnya penerapan sistem keselamatan kerja yang lebih baik untuk mencegah kejadian serupa di masa depan.

Beberapa insiden kecelakaan kerja terjadi di proyek-proyek yang ditangani oleh salah satu perusahaan BUMN ini. Terdapat kecelakaan kerja di proyek Gedung Kejaksaan Agung RI dengan gangguan induksi elektromagnetik menyebabkan *crane* mati mendadak tanpa menimbulkan korban jiwa yang terjadi pada 30 Mei 2024. Sebaliknya, pada 18 Juli 2022 tercatat seorang pekerja meninggal dunia akibat jatuh dari ketinggian saat

menggunakan *crane* dalam proyek Universitas Malikussaleh. Insiden lain terjadi 10 Februari 2020, ketika seorang pekerja tewas tertimpa *crane* di proyek Tol Trans Sumatera ruas Pekanbaru-Dumai. Sementara itu, insiden 4 Februari 2018 di proyek *Double-Double Track* Jakarta menyebabkan empat pekerja meninggal dan satu lainnya luka-luka akibat *crane* yang roboh. Kejadian ini menegaskan pentingnya penerapan standar keselamatan di proyek Pembangunan Menara Komunikasi untuk mencegah risiko serupa di masa depan. Penerapan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) di sektor konstruksi tidak hanya bertujuan melindungi pekerja, tetapi juga diwajibkan oleh regulasi seperti Undang-Undang No. 1 Tahun 1970 dan Peraturan Menteri Tenaga Kerja No. 5 Tahun 1996, yang mewajibkan penerapan K3 secara efektif. Tingginya risiko pada pekerjaan konstruksi, seperti pengangkatan material, penggunaan alat berat, dan pekerjaan di ketinggian, menuntut prioritas pada keselamatan kerja. Data menunjukkan insiden serius seperti jatuhnya *crane* dan kegagalan pondasi sering terjadi, menegaskan pentingnya manajemen risiko, terutama pada proyek-proyek kompleks seperti pembangunan *core wall*.

Lebih dari 80% pekerjaan pada proyek ini ditangani oleh vendor atau subkontraktor. Fakta ini menambah kompleksitas dalam penerapan sistem K3 karena standar keselamatan dan kedisiplinan antar pihak seringkali tidak seragam. Ketergantungan tinggi terhadap tenaga kerja subkontraktor dapat menyebabkan lemahnya kontrol langsung dari kontraktor utama, khususnya dalam penerapan SOP dan penggunaan APD. Beberapa vendor juga diketahui belum memiliki sistem pelaporan insiden dan pemantauan risiko yang memadai, yang berdampak pada keterlambatan respon terhadap potensi bahaya di lapangan. Hingga saat ini, penerapan K3 di lapangan masih menghadapi berbagai tantangan, seperti kurangnya kesadaran pekerja terhadap pentingnya K3, rendahnya kepatuhan terhadap prosedur keselamatan, dan minimnya pengawasan yang konsisten di lokasi proyek. Selain itu, kurangnya koordinasi antar pihak terkait dalam penerapan K3, yang sering kali menyebabkan penundaan dalam menangani potensi bahaya di lapangan. Masalah-masalah ini menunjukkan perlunya upaya yang lebih serius dan komprehensif dalam menerapkan K3 secara efektif. Salah satu elemen kritis dalam pekerjaan konstruksi adalah pelaksanaan *core wall*, yang merupakan struktur penting dalam mendukung beban

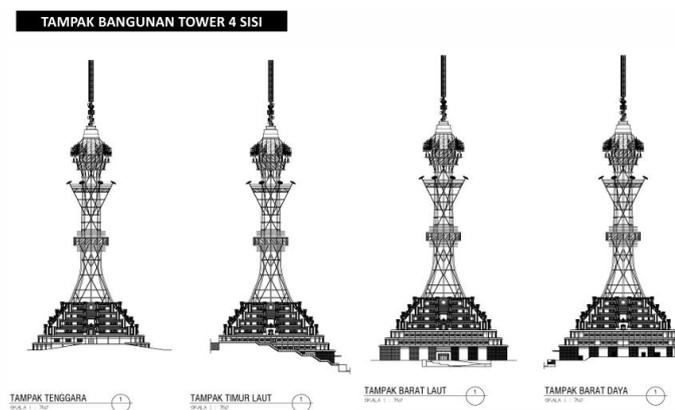
gedung. Oleh karena itu, analisis risiko yang tepat dan sistematis sangat diperlukan untuk memastikan keselamatan selama proses konstruksi. *Core wall* merupakan elemen struktural utama memiliki berfungsi sebagai penguat bangunan terhadap beban vertikal maupun lateral, seperti angin dan gempa (Schuller, 1989). *Core wall* adalah elemen dinding utama dalam struktur bangunan yang berfungsi menahan gaya gravitasi dan gaya geser. Kemampuannya dalam menahan kedua jenis gaya ini menjadikannya solusi yang ekonomis, terutama untuk pembangunan gedung bertingkat tinggi (Bustaman, 2022).

Proyek Menara Komunikasi menggunakan *core wall* sebagai dinding struktural di pusat bangunan untuk menangani beban gravitasi dan geser. Karena perannya yang krusial, konstruksi *core wall* di proyek ini memerlukan pendekatan khusus, mengingat kompleksitasnya. Pembangunan Menara Komunikasi terletak pada ketinggian 1.561,85 meter di atas permukaan laut (MDPL) dan tinggi *core wall* mencapai 104 meter, tentunya memiliki tantangan tersendiri dalam hal keselamatan kerja. Desainnya mencakup tiga lapis tulangan dan proses pemasangan tulangan serta pengecoran *core wall* yang melibatkan penggunaan *Tower Crane* (TC). Selain itu, bentuk segi delapan *core wall* menambah tingkat kesulitan dalam proses konstruksinya. Hingga saat ini, proyek Menara Komunikasi telah mencapai progres 70% dari total pekerjaan yang direncanakan. Pembangunan *core wall*, sebagai elemen struktural utama proyek, juga berjalan sesuai jadwal, dengan fokus pada penerapan standar Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) yang ketat.

Permasalahan keselamatan yang nyata di proyek ini mencakup minimnya pengawasan terhadap kegiatan *lifting* menggunakan *tower crane*, kurangnya pelatihan untuk pekerja kerja tinggi, serta masih adanya pelanggaran penggunaan APD. Selain itu, pekerjaan *core wall* yang dilakukan di area sempit dan tinggi sangat rentan terhadap jatuhnya benda dari atas, kegagalan struktur bekisting, dan gangguan operasional akibat cuaca buruk. Risiko-risiko tersebut tidak hanya membahayakan keselamatan jiwa pekerja, tetapi juga berpotensi mengganggu jadwal penyelesaian proyek jika tidak ditangani dengan manajemen risiko yang tepat. Setiap tahapan pekerjaan tersebut melibatkan potensi risiko keselamatan dan kesehatan bagi para pekerja di lokasi. Potensi

bahaya seperti cuaca ekstrim, kejatuhan material dari ketinggian, kecelakaan akibat peralatan berat, atau terpaparnya pekerja terhadap zat kimia berbahaya seperti debu semen dan bahan aditif beton, semuanya menuntut penerapan standar K3 yang ketat. Selain itu, *core wall* sering kali dibangun secara bertahap seiring dengan naiknya lantai *tower*. Proses ini menciptakan berbagai risiko tambahan, seperti keterbatasan ruang gerak bagi pekerja, bahaya benda jatuh dari ketinggian, serta kemungkinan kegagalan peralatan kerja seperti *scaffolding* dan *formwork*.

Gambar 1. 1 *Basic Design* Menara Komunikasi



Metode *Job Safety Analysis* (JSA) merupakan alat yang sangat efektif untuk mengidentifikasi potensi bahaya spesifik pada setiap tahapan pekerjaan. JSA digunakan untuk menguraikan langkah-langkah pekerjaan secara detail dan menganalisis risiko yang mungkin terjadi, terutama pada aktivitas berisiko tinggi seperti pengelasan, bongkar atau pasang *scaffolding*, dan pemasangan atap. Rekomendasi pengendalian risiko mencakup penggunaan alat pelindung diri (APD) dan pengawasan ketat (Budiharjo, 2024). Metode ini sangat relevan dalam pekerjaan *core wall* yang melibatkan penggunaan alat berat, aktivitas di ketinggian, serta potensi risiko lingkungan seperti cuaca ekstrem. Meski efektif mengidentifikasi bahaya operasional (OSHA, 2002), JSA memiliki keterbatasan pada lingkup spesifik langkah kerja, kurang memberikan pandangan holistik terhadap risiko proyek, dan tidak menyediakan mekanisme untuk menentukan prioritas risiko yang telah diidentifikasi (Supriyadi, Arifin, & Abdi, 2023).

Selain itu, metode *Hazard Identification, Risk Assessment, and Determining Control* (HIRADC) memberikan pendekatan strategis dalam mengidentifikasi, menilai, dan

mengendalikan risiko melalui pemetaan bahaya serta pengelompokan risiko berdasarkan tingkat keparahan dan kemungkinan (OHSAS, 2007). Metode ini membantu menyusun dokumen pengendalian risiko yang terstruktur dan telah diterapkan secara efektif, misalnya, dalam proyek pembangunan gedung. Studi menunjukkan HIRADC mampu mengidentifikasi risiko tinggi pada pekerjaan kolom, balok, dan drainase, dengan rekomendasi pengendalian seperti pengecekan rutin dan penerapan APD (Kholida & Sumarmi, 2023). Akan tetapi, penilaian risiko dalam HIRADC sering kali bersifat subjektif dan tidak menyediakan prioritas kuantitatif, yang menjadi tantangan dalam memastikan objektivitas dan efisiensi mitigasi.

Analytical Hierarchy Process (AHP) melengkapi keterbatasan *Job Safety Analysis (JSA)* dan *Hazard Identification, Risk Assessment, and Determining Control (HIRADC)* melalui pendekatan kuantitatif berbasis data. AHP memungkinkan prioritasasi risiko berdasarkan kriteria yang terukur seperti keparahan, kemungkinan terjadinya risiko, dan biaya mitigasi (*cost*). Pendekatan ini memberikan nilai numerik untuk setiap risiko, sehingga menghasilkan urutan prioritas mitigasi yang lebih jelas dan terarah (Saaty, 1992). Penting untuk menambahkan bahwa pengintegrasian aspek *cost-benefit analysis* ke dalam kerangka kerja mitigasi risiko melalui AHP menjadi kunci dalam pengambilan keputusan yang efektif dan efisien. Dengan memasukkan pertimbangan biaya mitigasi terhadap tingkat risiko yang ada, perusahaan dapat mengalokasikan sumber daya secara optimal, memastikan bahwa tindakan pengendalian yang diterapkan tidak hanya efektif dalam mengurangi risiko tetapi juga layak secara ekonomi. Pendekatan *cost-benefit* ini membantu menghindari pengeluaran yang berlebihan untuk risiko dengan dampak rendah sekaligus memprioritaskan pada pengendalian risiko yang memberikan manfaat terbesar dalam hal keselamatan dan produktivitas (Boardman, Greenberg, Vining, & Weime 2018).

Integrasi antara JSA, HIRADC, AHP, dan analisis *cost-benefit* membentuk solusi yang menyeluruh dan efektif dalam pengelolaan risiko. JSA menyediakan detail bahaya pada setiap langkah operasional, membantu mengidentifikasi risiko yang spesifik dalam proses kerja. HIRADC memperluas cakupan risiko dengan menilai tingkat keparahan dan

kemungkinan bahaya serta menentukan langkah kontrol yang diperlukan. AHP melengkapi kedua metode ini dengan memberikan prioritas mitigasi berbasis data, termasuk faktor biaya mitigasi, sehingga memungkinkan perusahaan untuk mengalokasikan sumber daya pada risiko yang paling kritis terlebih dahulu dan secara ekonomis optimal. Pendekatan gabungan ini memiliki beberapa keunggulan. Pertama, mengurangi subjektivitas dalam pengambilan keputusan karena AHP memberikan kerangka kerja kuantitatif yang konsisten. Kedua, integrasi ini menghasilkan keputusan yang lebih objektif dan transparan, karena setiap risiko dinilai berdasarkan kriteria yang telah disepakati sebelumnya, termasuk dampak finansial. Ketiga, kombinasi ini memastikan keselamatan kerja lebih baik, pengelolaan risiko lebih efisien, dan produktivitas meningkat, terutama pada proyek yang kompleks seperti konstruksi.

Penggabungan JSA yang detail, HIRADC yang sistematis, AHP yang berbasis data, dan *cost-benefit analysis* yang ekonomis membangun pendekatan mitigasi risiko yang efektif sekaligus berkelanjutan. Integrasi ini memastikan pengerjaan *core wall* berjalan lebih aman, efisien, dan sesuai jadwal. Pendekatan tersebut juga mengurangi potensi insiden kerja, meningkatkan produktivitas, serta mendukung keberlanjutan proyek secara keseluruhan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan masalah yang akan diangkat dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana identifikasi sumber penyebab risiko kecelakaan kerja pada Pekerjaan *Core Wall*?
2. Bagaimana tingkat risiko kecelakaan kerja dinilai dan diprioritaskan pada Pekerjaan *Core Wall*?
3. Bagaimana rencana pengendalian maupun mitigasi risiko yang dapat diterapkan pada Pekerjaan *Core Wall* untuk meminimalkan risiko kecelakaan kerja?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah tersebut, tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi sumber penyebab risiko kecelakaan kerja pada pekerjaan *core wall* dengan menggunakan pendekatan yang sistematis untuk memastikan semua potensi bahaya terdeteksi secara menyeluruh
2. Menilai dan memprioritaskan tingkat risiko kecelakaan kerja pada pekerjaan *core wall* dengan menggunakan metode *Job Safety Analysis (JSA)* dan *Hazard Identification, Risk Assessment, and Determining Control (HIRADC)* untuk menentukan risiko yang membutuhkan penanganan segera.
3. Merumuskan rencana pengendalian dan mitigasi risiko kecelakaan kerja yang dapat diterapkan pada pekerjaan *core wall* dengan mengintegrasikan metode *Analytical Hierarchy Process (AHP)* dan analisis *cost-benefit*, sehingga menghasilkan solusi mitigasi yang efektif, efisien secara biaya, dan sesuai dengan kondisi proyek.

1.4 Batasan Masalah

Berdasarkan pemaparan rumusan masalah di atas, diberikan pembatasan penelitian terkait kejelasan indikator penelitian dan sesuai dengan tujuan penelitian. Adapun batasan-batasan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Risiko yang dianalisis dibatasi pada potensi bahaya yang muncul selama proses pelaksanaan pekerjaan *core wall*, seperti pemasangan bekisting (*climbing formwork*), pengecoran, pembongkaran, dan pekerjaan di ketinggian. Risiko administratif, finansial makro proyek, atau non-lapangan tidak dikaji.
2. Responden dalam penelitian ini terdiri atas lima belas orang dari total lima puluh orang staf, yang meliputi tujuh orang personel manajerial, serta delapan orang staf teknis yang memahami dan terlibat langsung dalam pelaksanaan pekerjaan proyek di lapangan. Responden yang menanggapi AHP dilakukan oleh *Project Manager*.
3. Kajian finansial pada penelitian ini mengacu pada asumsi bahwa seluruh komponen biaya pengendalian risiko merupakan biaya langsung (*direct cost*) yang dapat dihitung secara kuantitatif berdasarkan data proyek yang tersedia. Manfaat yang diperhitungkan terbatas pada potensi penurunan jumlah insiden kecelakaan kerja yang bersifat langsung dan terukur. Analisis tidak mencakup manfaat tidak langsung,

seperti peningkatan produktivitas jangka panjang, reputasi perusahaan, atau dampak sosial-ekonomi lainnya yang bersifat kualitatif dan sulit dikuantifikasi secara finansial dalam konteks penelitian ini.

1.5 Manfaat Penelitian

Bagi internal perusahaan, penelitian ini akan menjadi panduan penting dalam mengidentifikasi kejadian risiko kecelakaan kerja yang paling sering terjadi di antara banyaknya data yang tersedia. Selain itu, penelitian ini juga memberikan arahan tentang langkah-langkah yang dapat diambil untuk meminimalkan kejadian tersebut, sehingga dampak dari potensi bahaya dapat diminimalisir dan lingkungan kerja menjadi lebih aman.

Dari segi pengembangan ilmu pengetahuan, penelitian ini turut memperkaya penerapan manajemen risiko, khususnya dalam konteks pekerjaan konstruksi, pembangunan gedung, maupun sektor industri lainnya. Metode yang digunakan dalam penelitian ini dapat membantu dalam menganalisis risiko, mengidentifikasi risiko kritis, serta merumuskan rekomendasi strategis untuk pengelolaan risiko secara lebih efektif. Hal ini menjadikannya relevan tidak hanya untuk praktisi industri, tetapi juga untuk pengembangan keilmuan di bidang manajemen risiko secara umum.

1.6 Sistematika Penulisan

a) BAB I: PENDAHULUAN

Menguraikan pentingnya K3 pada proyek konstruksi *core wall* Menara Komunikasi. Penelitian menggunakan JSA, HIRADC, dan AHP untuk analisis risiko dan mitigasi, serta memasukkan *cost-benefit analysis* untuk pengambilan keputusan mitigasi yang efisien dan efektif.

b) BAB II: TUNJAUAN PUSTAKA

Membahas teori dan penelitian terkait K3, manajemen risiko, metode JSA, HIRADC, AHP, serta *cost-benefit analysis* sebagai dasar pengelolaan risiko yang terintegrasi dan ekonomis.

c) BAB III: METODOLOGI PENELITIAN

Menjelaskan pengumpulan data dan analisis menggunakan JSA, HIRADC, dan AHP. Menyertakan penerapan *cost-benefit analysis* untuk menentukan prioritas mitigasi berdasarkan efektivitas keselamatan dan biaya.

d) BAB IV: HASIL DAN PEMBAHASAN

Menyajikan hasil identifikasi bahaya, penilaian risiko, prioritas mitigasi, dan evaluasi *cost-benefit* dari tindakan pengendalian risiko pada proyek *core wall*.

e) BAB V: KESIMPULAN DAN SARAN

Menarik kesimpulan mengenai efektivitas integrasi metode dan *cost-benefit analysis* dalam mitigasi risiko serta memberikan rekomendasi penerapan K3 yang optimal dan efisien biaya.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menjelaskan istilah dan teori-teori yang berkaitan dengan analisis Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) pada Pekerjaan *Core Wall* di area Pembangunan Menara Komunikasi.

2.1 Proyek Konstruksi Gedung

Proyek dapat didefinisikan sebagai sebuah kegiatan yang memiliki batasan waktu tertentu dan memanfaatkan sumber daya yang tersedia secara terbatas untuk mencapai tujuan yang telah ditentukan. Proyek merujuk pada proyek konstruksi, yaitu kegiatan yang berkaitan dengan pembangunan atau konstruksi fisik. Proyek konstruksi adalah rangkaian kegiatan yang dilaksanakan hanya sekali dan biasanya berlangsung dalam waktu yang relatif singkat. Selama prosesnya, berbagai sumber daya dikelola untuk menghasilkan suatu bentuk fisik berupa bangunan. Pelaksanaan proyek ini melibatkan banyak pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung, yang berkontribusi pada keberhasilan proyek tersebut (Ervianto, 2005).

Proyek konstruksi gedung mencakup pembangunan struktur yang berfungsi sebagai tempat tinggal atau bekerja. Pengerjaannya dilakukan pada lokasi yang relatif terbatas, dengan kondisi pondasi yang umumnya telah diketahui sebelumnya. Contoh proyek jenis ini adalah pembangunan rumah, perkantoran, pabrik, dan hotel. Setiap proyek konstruksi memiliki karakteristik yang unik dan beragam, yang membedakan satu proyek dengan proyek lainnya. Perbedaan ini mencakup aspek perencanaan, spesifikasi pekerjaan, volume pekerjaan, estimasi biaya, hingga tingkat risiko dan ketidakpastian. Proyek pembangunan gedung umumnya memiliki tingkat ketidakpastian yang cenderung lebih rendah dibandingkan dengan jenis proyek lainnya. Hal ini disebabkan oleh spesifikasi dan volume pekerjaan yang biasanya lebih rinci dan terukur. Agar proses pembangunan gedung berjalan lancar dan terhindar dari kecelakaan kerja, penerapan manajemen keselamatan dan kesehatan kerja menjadi sangat penting. Manajemen yang efektif mampu meminimalkan risiko selama pelaksanaan proyek, sehingga hasil akhir dapat tercapai sesuai rencana.

2.2 Manajemen Risiko

Manajemen risiko keselamatan adalah suatu upaya mengelola risiko untuk mencegah terjadinya kecelakaan yang tidak diinginkan secara komprehensif, terencana dan terstruktur dalam suatu sistem yang baik (Ramli, 2010). Namun pendapat lain mengatakan bahwa manajemen risiko adalah suatu kegiatan yang dilakukan untuk menanggapi risiko yang telah diketahui (melalui rencana analisis risiko atau bentuk observasi lain) untuk meminimalisasi konsekuensi buruk yang mungkin muncul (Webb, 1994). Risiko harus didefinisikan dalam bentuk suatu rencana atau prosedur yang reaktif. Manajemen risiko juga dapat diartikan sebagai semua rangkaian kegiatan yang berhubungan dengan risiko, dimana didalamnya termasuk perencanaan (*planning*), penilaian (*assessment*) yang mengidentifikasi dan dianalisis, penanganan (*handling*), dan pemantauan (*monitoring*) risiko (Kerzner, 2001). Menurut Australian Standard/New Zealand Standard 4360:2004, tujuan utama dari manajemen risiko adalah untuk membantu organisasi mengelola risiko secara efektif dan mencapai tujuannya dengan meminimalkan kerugian. Salah satu tujuan penting adalah meminimalkan meluasnya efek yang tidak diinginkan, sehingga dampak risiko dapat dikendalikan sebelum menyebabkan kerugian yang lebih besar.

Manajemen risiko juga bertujuan untuk mendukung pencapaian tujuan organisasi dengan cara mengurangi potensi kerugian yang dapat menghambat pencapaian tersebut. Pendekatan sistematis dalam manajemen risiko memungkinkan program-program organisasi dijalankan secara efisien, sehingga menciptakan keuntungan daripada kerugian. Selain itu, manajemen risiko bertujuan untuk meningkatkan kualitas pengambilan keputusan pada semua level organisasi. Proses ini memberikan kerangka kerja yang memungkinkan pemimpin dan tim untuk membuat keputusan yang lebih baik dengan mempertimbangkan berbagai kemungkinan risiko dan dampaknya. Manajemen risiko juga membantu organisasi dalam menyusun program-program yang tepat untuk meminimalkan kerugian saat terjadi kegagalan. Program ini berfungsi sebagai langkah antisipatif yang dapat mengurangi dampak negatif dari kejadian yang tidak diinginkan.

Tujuan lainnya adalah menciptakan pendekatan manajemen yang bersifat proaktif, bukan reaktif. Sikap proaktif membantu organisasi mengidentifikasi dan mengelola risiko sebelum masalah muncul, sehingga lebih siap menghadapi tantangan dan peluang di masa depan. Secara keseluruhan, manajemen risiko menjadi alat strategis yang esensial untuk mendukung keberlanjutan dan kesuksesan organisasi. Manajemen risiko sangat penting bagi keberlangsungan suatu usaha atau kegiatan dan merupakan alat untuk melindungi perusahaan dari setiap kemungkinan yang merugikan. Manajemen tidak cukup melakukan langkah-langkah pengamanan yang memadai sehingga peluang terjadinya bencana semakin besar. Pelaksanaan manajemen risiko memberikan berbagai manfaat yang signifikan bagi organisasi atau perusahaan, sebagaimana dijelaskan oleh Ramli (2010). Salah satu manfaat utamanya adalah menjamin kelangsungan usaha dengan mengurangi risiko yang ada dalam setiap kegiatan yang berpotensi bahaya yang dapat membantu organisasi dapat beroperasi dengan lebih aman dan berkelanjutan.

Manajemen risiko juga membantu menekan biaya yang mungkin timbul akibat kejadian yang tidak diinginkan. Identifikasi dan pengelolaan risiko sejak awal membantu organisasi mengurangi pengeluaran terkait penanganan insiden atau kerugian yang terjadi. Selain itu, penerapan manajemen risiko meningkatkan rasa aman di kalangan pemegang saham. Para investor merasa lebih percaya terhadap kelangsungan dan keamanan investasinya karena perusahaan telah mengambil langkah-langkah preventif untuk mengelola risiko yang mungkin terjadi. Manfaat lainnya adalah meningkatnya pemahaman dan kesadaran mengenai risiko operasional di semua tingkatan dalam organisasi. Kesadaran ini mendorong setiap individu di organisasi mengambil peran aktif dalam mengelola risiko, sehingga mendukung terciptanya budaya kerja yang lebih aman dan efektif. Terakhir, manajemen risiko memastikan bahwa organisasi memenuhi persyaratan perundangan yang berlaku. Kepatuhan terhadap regulasi tidak hanya membantu menghindari sanksi hukum, tetapi juga meningkatkan reputasi perusahaan di mata publik dan pemangku kepentingan lainnya. Beragam manfaat tersebut menjadikan manajemen risiko sebagai elemen kunci pengelolaan organisasi yang sukses dan berkelanjutan.

2.3 Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3)

Keselamatan dan Kesehatan Kerja adalah suatu program yang dibuat pekerja maupun pengusaha sebagai upaya mencegah timbulnya kecelakaan dan penyakit akibat kerja, dengan cara mengenali hal-hal yang berpotensi menimbulkan kecelakaan dan penyakit akibat kerja serta tindakan antisipatif apabila terjadi kecelakaan dan penyakit akibat kerja, tujuan dari dibuatnya program K3 adalah untuk mengurangi biaya perusahaan apabila timbul kecelakaan dan penyakit akibat kerja (Lestari & Trisyulianti, 2009).

Menurut (Hamali, 2016) keselamatan dan kesehatan kerja telah menjadi perhatian dikalangan pemerintahan dan pelaku bisnis sejak lama. Faktor keselamatan kerja menjadi penting karena sangat terkait dengan kinerja karyawan dan pada gilirannya terhadap kinerja perusahaan. Fasilitas keselamatan kerja yang tersedia di perusahaan akan membuat semakin sedikit kemungkinan terjadinya kecelakaan kerja. Dari dalam buku yang ditulis oleh Hamali (2016) juga mengatakan sistem manajemen keselamatan dan kesehatan kerja adalah bagian dari sistem manajemen perusahaan secara keseluruhan yang, meliputi struktur organisasi, perencanaan, pelaksanaan, tanggung jawab, prosedur, proses, dan sumber daya yang dibutuhkan bagi pengembangan penerapan, pencapaian, pengkajian, serta pemeliharaan kebijakan keselamatan dan kesehatan kerja dalam rangka pengendalian risiko yang berkaitan dengan kegiatan kerja, guna terciptanya tempat kerja yang aman, efisien, dan produktif.

Menurut Hamali (2016) syarat-syarat keselamatan kerja yang harus diterapkan disuatu perusahaan sesuai amanat Undang-Undang Nomor 1 Tahun 1970 tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja memiliki sejumlah tujuan penting yang bertujuan untuk melindungi pekerja, lingkungan kerja, serta fasilitas kerja. Pasal 3 undang-undang ini memuat berbagai upaya untuk menciptakan kondisi kerja yang aman dan sehat. Di antaranya adalah mencegah dan mengurangi risiko kecelakaan kerja, serta meminimalkan kemungkinan terjadinya kebakaran dan ledakan. Undang-undang ini juga memberikan perhatian pada penyediaan jalan atau sarana untuk menyelamatkan diri saat terjadi kebakaran atau situasi berbahaya lainnya. Selain itu, undang-undang ini mengamanatkan penyediaan alat perlindungan diri bagi pekerja dan pemberian pertolongan dalam situasi

kecelakaan. Aspek lingkungan kerja yang diatur oleh undang-undang ini bertujuan mencegah dan mengendalikan bahaya terkait suhu, kelembapan, debu, asap, uap, gas, serta faktor lain seperti suara, getaran, dan radiasi. Aturan ini juga mencakup pencegahan penyakit akibat kerja, baik yang bersifat fisik, psikis, maupun akibat infeksi dan keracunan.

Undang-undang ini juga mengatur pentingnya pencahayaan yang memadai, penyegaran udara yang cukup, serta pemeliharaan kebersihan dan ketertiban lingkungan kerja. Keseserasian antara tenaga kerja, alat kerja, lingkungan, serta proses kerja menjadi fokus lainnya, agar tercipta efisiensi dan keselamatan kerja. Selain itu, pengangkutan orang, hewan, tanaman, atau barang perlu diamankan dan dipermudah, demikian pula dengan pengamanan bangunan serta pekerjaan bongkar muat, perlakuan, dan penyimpanan barang. Upaya pencegahan dari risiko terkena aliran listrik berbahaya juga menjadi perhatian. Terakhir, undang-undang ini menekankan pentingnya penyesuaian serta penyempurnaan sistem pengamanan pada pekerjaan dengan tingkat bahaya kecelakaan yang tinggi. Semua langkah ini diharapkan dapat menciptakan lingkungan kerja yang lebih aman, sehat, dan produktif.

Tujuan utama dari manajemen keselamatan dan kesehatan kerja, sebagaimana dijelaskan oleh Mangkunegara dalam Hamali (2016), adalah untuk memastikan kesejahteraan karyawan dalam berbagai aspek. Hal ini mencakup jaminan keselamatan dan kesehatan kerja yang menyeluruh, baik secara fisik, sosial, maupun psikologis yang dapat membuat setiap individu yang bekerja dapat merasa aman dan terlindungi. Selain itu, manajemen ini bertujuan untuk memastikan bahwa seluruh perlengkapan dan peralatan kerja digunakan secara optimal dan efektif, sehingga mendukung kelancaran operasional kerja. Keamanan hasil produksi juga menjadi fokus, guna menjamin mutu dan kualitas yang dihasilkan. Aspek kesehatan karyawan juga menjadi perhatian penting, di mana pemeliharaan dan peningkatan kesehatan, termasuk kebutuhan gizi, mendapat prioritas. Hal ini bertujuan untuk mendukung kondisi fisik dan mental karyawan agar tetap prima. Manajemen keselamatan dan kesehatan kerja juga dirancang untuk meningkatkan semangat, keserasian, serta partisipasi kerja. Penciptaan lingkungan kerja

yang aman dan nyaman diharapkan mampu melindungi karyawan dari gangguan kesehatan yang berpotensi timbul akibat kondisi lingkungan atau situasi kerja yang kurang mendukung.

Penerapan sistem manajemen keselamatan dan kesehatan kerja (K3) memiliki berbagai manfaat yang signifikan bagi perusahaan, karyawan, dan lingkungan kerja secara keseluruhan. Menurut Suardi (2007), manfaat utama dari sistem ini adalah memberikan perlindungan kepada karyawan. Pekerja, sebagai aset penting perusahaan, harus dijaga keselamatannya. Salah satu dampak positif yang paling nyata dari penerapan sistem ini adalah penurunan angka kecelakaan kerja, sehingga menciptakan lingkungan kerja yang lebih aman dan kondusif. Selain itu, penerapan sistem manajemen K3 menunjukkan kepatuhan perusahaan terhadap peraturan dan undang-undang yang berlaku. Organisasi yang mematuhi regulasi tidak hanya menjaga reputasinya, tetapi juga menghindari risiko tuntutan hukum, citra buruk, serta konflik dengan tenaga kerja yang dapat mengarah pada kebangkrutan. Sebaliknya, perusahaan yang taat pada aturan memiliki peluang lebih besar untuk berkembang secara berkelanjutan.

Manfaat lainnya adalah penghematan biaya. Penerapan sistem manajemen K3 memungkinkan perusahaan mencegah kecelakaan, kerusakan, atau penyakit akibat kerja. Pencegahan ini secara langsung menekan pengeluaran terkait penanganan insiden, sekaligus mengoptimalkan efisiensi biaya operasional. Sistem manajemen K3 turut berperan dalam menciptakan manajemen perusahaan yang efektif melalui integrasi berbagai aspek seperti mutu, lingkungan, keuangan, teknologi informasi, dan keselamatan kerja. Pendekatan ini membantu perusahaan beroperasi secara lebih terstruktur serta mencapai tujuan keuntungan secara maksimal. Selain itu, penerapan sistem manajemen K3 meningkatkan kepercayaan dan kepuasan pelanggan. Karyawan yang merasa aman dan terlindungi akan bekerja dengan lebih optimal, menghasilkan produk dan jasa berkualitas tinggi. Hal ini berdampak positif pada citra perusahaan di mata pelanggan dan mendorong loyalitas mereka terhadap produk atau jasa yang ditawarkan.

2.4 Teori Domino

Efek domino adalah hasil dari kurangnya penerapan sistem keselamatan kerja. Mengatasi hal ini, Heinrich, Peterson, & Roos, (1980) memperkenalkan elemen-elemen dalam teori domino, yang menjelaskan penyebab kecelakaan kerja dan langkah-langkah yang terjadi dalam rangkaian kecelakaan. Teori ini bertujuan untuk mengidentifikasi akar masalah. Berikut adalah lima faktor utama yang saling berhubungan dalam teori domino:

1. Kondisi Kerja

Mengacu pada latar belakang pekerja, seperti kurangnya pengetahuan, atau karakteristik pribadi seperti sifat keras kepala, yang dapat memengaruhi keselamatan kerja.

2. Kelalaian Manusia

Faktor ini mencakup rendahnya motivasi, stres, konflik, atau masalah fisik yang dapat memengaruhi perilaku pekerja di tempat kerja.

3. Tindakan Tidak Aman

Tindakan ini meliputi kecerobohan, pelanggaran rambu keselamatan, ketidakpatuhan terhadap prosedur kerja, tidak menggunakan alat pelindung diri (APD), atau tidak mengurus izin kerja sebelum melakukan pekerjaan berisiko tinggi.

4. Kecelakaan

Kecelakaan kerja, seperti terpeleset, tertimpa benda, atau luka bakar, terjadi akibat kontak langsung dengan sumber bahaya.

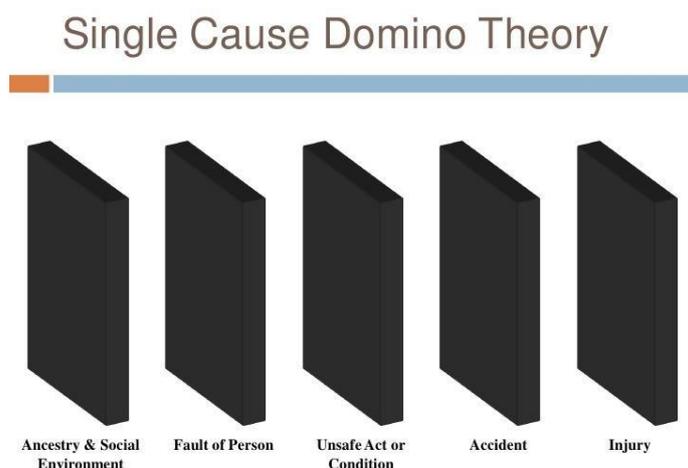
5. Dampak Kerugian

Pekerja: Mengalami cedera, cacat, atau meninggal dunia.

Pengusaha: Menanggung biaya langsung dan tidak langsung.

Konsumen: Menghadapi gangguan ketersediaan produk

Gambar 2. 1 Teori Domino dalam Rangkaian Kejadian Kecelakaan



(Sumber: Heinrich, Peterson, & Roos, 1980)

2.5 Job Safety Analysis (JSA)

Metode yang efektif untuk menganalisis dan menangani bahaya dalam lingkungan kerja adalah *Job Safety Analysis* (JSA). Metode ini bertujuan untuk mencegah terjadinya permasalahan di industri yang dapat menimbulkan kerugian atau hal-hal yang tidak diinginkan. *Job Safety Analysis* (JSA), atau sering disebut analisis keselamatan kerja, merupakan langkah awal dalam mengidentifikasi bahaya dan potensi kecelakaan sebagai bagian dari upaya menciptakan keselamatan kerja. Proses ini melibatkan peninjauan ulang metode kerja serta identifikasi pekerjaan yang tidak aman, diikuti dengan koreksi sebelum kecelakaan terjadi (Bawang, Kawatu, & Wowor, 2018).

Job Safety Analysis (JSA) berfungsi untuk mengevaluasi prosedur kerja guna memastikan pelaksanaannya berjalan sesuai standar, sekaligus memeriksa aspek-aspek perilaku pekerja dalam menjalankan tugas mereka. Inti dari metode ini adalah mengantisipasi, mengeliminasi, serta mengendalikan bahaya untuk mencegah kecelakaan kerja. Bahaya yang telah dikenali dapat ditangani melalui tindakan pengendalian, seperti perubahan fisik atau perbaikan prosedur kerja, yang bertujuan untuk mereduksi potensi risiko (Nurkholis & Adriansyah, 2017). *Job Safety Analysis* (JSA) membutuhkan

pelatihan, pengawasan, serta dokumentasi prosedur kerja untuk mempermudah pemahaman karyawan terhadap proses kerja.

Job Safety Analysis (JSA) juga didefinisikan sebagai teknik yang berfokus pada tugas-tugas pekerjaan untuk mengidentifikasi bahaya sebelum bahaya tersebut terjadi. Teknik ini mencakup analisis hubungan antara pekerja, tugas yang dikerjakan, peralatan yang digunakan, serta lingkungan kerja. Setelah bahaya diidentifikasi, langkah selanjutnya adalah mengembangkan solusi untuk mengurangi atau menghilangkan bahaya sehingga berada dalam batas yang dapat dikendalikan. Keberhasilan penerapan *Job Safety Analysis (JSA)* sangat bergantung pada komitmen manajemen terhadap keselamatan dan kesehatan kerja. Jika manajemen tidak menindaklanjuti bahaya yang teridentifikasi, kepercayaan pekerja terhadap manajemen dapat hilang, yang pada akhirnya memengaruhi keselamatan kerja di lapangan (Sukpto, Djojsubroto, & Permana, 2018).

Pencegahan kecelakaan kerja merupakan salah satu tujuan utama dari penerapan analisis potensi bahaya, khususnya melalui metode *Job Safety Analysis (JSA)*. *Job Safety Analysis (JSA)* melibatkan empat langkah utama. Langkah pertama adalah menentukan pekerjaan yang akan dianalisis, dilanjutkan dengan menguraikan pekerjaan tersebut ke dalam langkah-langkah dasar. Selanjutnya, setiap langkah tersebut dianalisis untuk mengidentifikasi potensi bahaya yang mungkin terjadi. Akhirnya, solusi dikembangkan untuk mengendalikan bahaya yang telah diidentifikasi agar risiko dapat diminimalkan. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Bawang, Kawatu, dan Wowor (2018), *Job Safety Analysis (JSA)* memiliki berbagai manfaat penting. Pertama, metode ini secara langsung membantu mencegah terjadinya kecelakaan kerja dengan mengidentifikasi dan mengeliminasi potensi bahaya. Selain itu, *Job Safety Analysis (JSA)* berfungsi sebagai sarana pelatihan keselamatan yang efektif, khususnya bagi pekerja baru, karena memberikan pemahaman menyeluruh mengenai prosedur kerja yang aman.

Job Safety Analysis (JSA) juga memungkinkan perusahaan untuk meninjau ulang prosedur kerja setelah terjadinya kecelakaan, sehingga dapat dilakukan perbaikan untuk mencegah kejadian serupa di masa depan. Metode ini menjadi panduan awal yang penting untuk pekerjaan baru, membantu karyawan memahami risiko yang mungkin muncul dan

cara mengatasinya. Selain itu, *Job Safety Analysis* (JSA) menawarkan pendekatan pelatihan yang bersifat langsung dan individual, memberikan perhatian khusus kepada setiap pekerja untuk memastikan pemahaman mereka tentang keselamatan kerja. Manfaat lainnya adalah *Job Safety Analysis* (JSA) memungkinkan perusahaan untuk meninjau kembali *Standard Operating Procedure* (SOP) setelah terjadinya kecelakaan atau insiden hampir terjadi (*near miss*). Peninjauan ini berperan penting dalam memastikan bahwa SOP tetap relevan dan efektif dalam menciptakan lingkungan kerja yang aman dan sehat. Beragam manfaat tersebut menjadikan *Job Safety Analysis* (JSA) sebagai alat yang sangat berharga dalam meningkatkan manajemen keselamatan kerja di berbagai sektor.

Job Safety Analysis (JSA) bertujuan untuk mengidentifikasi potensi bahaya yang mungkin timbul dalam setiap aktivitas kerja, sehingga pekerja dapat memahami dan mengenali bahaya tersebut sebelum kecelakaan atau penyakit akibat kerja terjadi. *Job Safety Analysis* (JSA) dirancang untuk meningkatkan keterlibatan aktif pekerja dalam proses identifikasi bahaya, menciptakan lingkungan kerja yang lebih aman, meminimalkan kondisi tidak aman (*unsafe conditions*), dan mengurangi perilaku tidak aman (*unsafe actions*).

2.5.1 Tahapan *Job Safety Analysis* (JSA)

Tahapan-tahapan dalam pelaksanaan *Job Safety Analysis* (JSA) adalah sebagai berikut:

1. Menentukan Pekerjaan yang Akan Dianalisis

Langkah pertama adalah mengidentifikasi pekerjaan kritis berdasarkan dampaknya terhadap kecelakaan, kerusakan aset, dan kerugian produksi. Pekerjaan yang dipilih merupakan prioritas tinggi berdasarkan tingkat risiko yang diidentifikasi.

2. Menguraikan Pekerjaan Menjadi Langkah-Langkah Dasar

Setiap pekerjaan dipecah menjadi langkah-langkah utama yang kemudian dievaluasi efektivitasnya, termasuk aspek keselamatan, kualitas, dan produksi. Proses ini membutuhkan observasi langsung di lokasi kerja untuk memastikan langkah-langkah yang diidentifikasi sesuai.

3. Mengidentifikasi Bahaya pada Setiap Langkah Kerja

Potensi bahaya diidentifikasi berdasarkan dampaknya terhadap keselamatan dan kesehatan kerja. Bahaya ini mencakup segala sesuatu yang dapat menyebabkan cedera, kerusakan, atau kerugian. Identifikasi bahaya bertujuan untuk mengantisipasi insiden dan meminimalkan risiko.

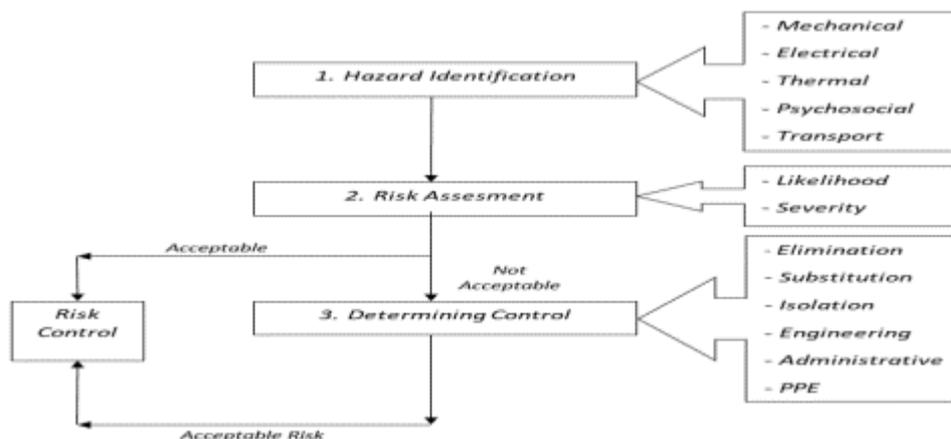
4. Mengendalikan Bahaya

Langkah terakhir adalah mengembangkan prosedur kerja aman berdasarkan hierarki pengendalian, seperti eliminasi bahaya, substitusi, pengendalian teknik, pengendalian administratif, dan penggunaan alat pelindung diri (APD). Pendekatan ini membantu mencegah kecelakaan secara efektif.

2.6 Hazard Identification and Risk Assessment Determine Control (HIRADC)

Hazard Identification and Risk Assessment Determine Control (HIRADC) adalah bagian dari standar OHSAS 18001: 2007 (klausal 4.3.1), yang mana organisasi harus menetapkan menerapkan dan memelihara prosedur untuk meramalkan identifikasi bahaya, penilaian risiko dan penentuan control yang diperlukan, dan merupakan salah satu elemen kunci untuk mewujudkan tempat kerja yang aman. Penggunaan HIRADC terdapat 3 (tiga) tahapan yaitu identifikasi bahaya (*Hazard Identification*), penilaian risiko (*Risk Assessment*) dan pengendalian risiko (*Risk Control*). Sedangkan yang dimaksud dengan risiko sendiri adalah keadaan yang dihadapi oleh seseorang maupun perusahaan yang merupakan keadaan tidak memiliki kepastian. Keadaan ini sendiri dapat memberikan dampak kerugian dan ketidaksesuaian terhadap rencana yang dibuat, baik waktu maupun biaya. Menurut Ihsan, Hamidi, & Putri (2020), proses identifikasi bahaya dalam metode Hazard Identification and Risk Assessment Determine Control (HIRADC) terdiri atas tiga tahapan utama sebagai berikut:

Gambar 2. 2 Bagan Alir HIRADC



(Sumber: Ihsan, Hamidi, & Putri, 2020)

2.6.1 Identifikasi Bahaya (*Hazard Identification*)

Identifikasi risiko adalah langkah awal yang bertujuan untuk mengenali potensi bahaya secara sistematis dan menyeluruh. Proses ini mencakup semua risiko, baik yang masih berada dalam kendali organisasi maupun yang tidak. Identifikasi ini penting untuk memahami bahaya yang mungkin timbul dari bahan, alat, atau sistem yang digunakan di tempat kerja (AS/NZS 4360:2004, 2004). Menurut OHSAS 18001, pelaksanaan manajemen risiko memberikan berbagai manfaat yang signifikan bagi organisasi atau perusahaan, sebagaimana dijelaskan oleh Ramli (2010). Salah satu manfaat utamanya adalah memastikan kelangsungan usaha melalui pengurangan risiko dalam setiap kegiatan yang berpotensi menimbulkan bahaya. Hasilnya, organisasi mampu beroperasi secara lebih aman dan berkelanjutan.

Manajemen risiko turut menekan biaya yang berpotensi muncul akibat kejadian tidak diinginkan. Identifikasi dan pengelolaan risiko sejak dini memungkinkan organisasi mengurangi pengeluaran terkait penanggulangan insiden atau kerugian yang terjadi. Selain itu, penerapan manajemen risiko menciptakan rasa aman bagi pemegang saham. Para investor memiliki kepercayaan lebih besar terhadap kelangsungan dan keamanan investasinya karena perusahaan telah mengambil langkah preventif dalam mengelola risiko yang mungkin terjadi.

Manfaat lain mencakup peningkatan pemahaman dan kesadaran mengenai risiko operasional di semua tingkatan organisasi. Kesadaran ini mendorong setiap individu mengambil peran aktif dalam mengelola risiko, yang pada akhirnya menciptakan budaya kerja yang lebih aman dan efektif. Selain itu, manajemen risiko memastikan organisasi mematuhi persyaratan perundangan yang berlaku. Kepatuhan terhadap regulasi tidak hanya menghindarkan perusahaan dari sanksi hukum, tetapi juga meningkatkan reputasi di mata publik dan pemangku kepentingan lainnya. Beragam manfaat tersebut menjadikan manajemen risiko sebagai elemen kunci dalam pengelolaan organisasi yang sukses dan berkelanjutan.

2.6.2 Penilaian Risiko (*Risk Assessment*)

Berdasarkan AS/NZS 4360:1999, tujuan analisis risiko adalah memisahkan risiko kecil yang dapat ditoleransi dari risiko utama, serta menyediakan data yang relevan untuk mendukung proses evaluasi risiko. Analisis risiko dalam manajemen keselamatan dan kesehatan kerja dilakukan dengan mempertimbangkan tiga aspek utama untuk mendapatkan gambaran yang komprehensif. Sumber risiko menjadi fokus pertama, yaitu faktor atau kondisi yang berpotensi menyebabkan terjadinya risiko. Selanjutnya, analisis dilakukan pada konsekuensi bahaya, yaitu dampak atau kerugian yang mungkin timbul akibat risiko tersebut. Aspek terakhir yang dipertimbangkan adalah kemungkinan terjadinya konsekuensi, yang menggambarkan tingkat peluang bahwa konsekuensi yang telah diidentifikasi benar-benar akan terjadi.

Proses penilaian risiko memiliki dua parameter utama digunakan untuk menilai dan memprioritaskan risiko. Parameter pertama adalah konsekuensi (*consequences*), yang menunjukkan tingkat keparahan dari dampak yang mungkin diakibatkan oleh suatu risiko. Parameter kedua adalah kemungkinan (*likelihood*), yang menggambarkan seberapa besar peluang risiko tersebut akan terjadi. Analisis risiko berdasarkan berbagai aspek dan parameter memungkinkan organisasi merancang strategi yang lebih efektif guna mengelola serta mengurangi dampak potensial risiko di lingkungan kerja. Pendekatan ini mendukung terciptanya lingkungan yang lebih aman sekaligus memastikan kelancaran operasional.

Tabel 2. 1 *Qualitative Measures of Consequences or Impact*

Level	Descriptor	Detail description
1	<i>Insignificant</i>	<i>No injuries, low financial loss</i>
2	<i>Minor</i>	<i>First aid treatment, on-site release immediately contained, medium financial loss</i>
3	<i>Moderate</i>	<i>Medical treatment required, on-site release contained with outside assistance, high financial loss</i>
4	<i>Major</i>	<i>Extensive injuries, loss of production capability, off-site release with no detrimental effect, major financial loss</i>
5	<i>Catastrophic</i>	<i>Death, toxic release off-site with detrimental effect, huge financial loss</i>

(Sumber: Appendix E1 AS/NZS 4360, 1999)

Tabel 2. 2 *Qualitative Measure of Likelihood*

Level	Descriptor	Description
A	<i>Almost certain</i>	<i>Is expected to occur in most circumstances</i>
B	<i>Likely</i>	<i>Will probably occur in most circumstances</i>
C	<i>Possible</i>	<i>Might occur at some time</i>
D	<i>Unlikely</i>	<i>Could occur at some time</i>
E	<i>Rare</i>	<i>May occur only in exceptional circumstances</i>

(sumber: Appendix E1 AS/NZS 4360, 1999)

Selain itu, terdapat skala penilaian risiko yang digunakan untuk menentukan tingkat risiko berdasarkan kombinasi antara konsekuensi dan kemungkinan. Penilaian ini bertujuan untuk mengidentifikasi prioritas tindakan yang perlu dilakukan, baik berupa mitigasi, pengendalian, maupun pengawasan risiko.

Tabel 2. 3 *Qualitative Risk Analysis Matriks Level of Risk*

Likelihood	Consequences				
	<i>Insignificant</i>	<i>Minor</i>	<i>Moderate</i>	<i>Major</i>	<i>Catastrophic</i>
	1	2	3	4	5
<i>A (almost certain)</i>	H	H	E	E	E
<i>B (likely)</i>	M	H	H	E	E
<i>C (moderate)</i>	L	M	H	E	E
<i>D (unlikely)</i>	L	L	M	H	E
<i>E (rare)</i>	L	L	M	H	H

(sumber: Appendix E2 AS/NZS 4360, 1999)

Keterangan:

E = *ekstreme risk, immediate action required*

H = *high risk, senior management attention needed*

M = *moderate risk, management responsibility must be specified*

L = *low risk, manage by routine procedures*

Tabel 2. 4 *Matriks Propabilitas dan Dampak*

Likelihood (Kemungkinan) L		Consequences (Konsekuensi) S				
		<i>Insignificant</i>	<i>Minor</i>	<i>Moderate</i>	<i>Major</i>	<i>Catastrophic</i>
		1	2	3	4	5
<i>Almost certain</i> (Hampir pasti)	5	H	H	E	E	E
<i>Likely</i> (Sering terjadi)	4	M	H	H	E	E
<i>Moderate</i> (Dapat terjadi)	3	L	M	H	E	E
<i>Unlikely</i> (Kadang-kadang)	2	L	L	M	H	E
<i>Rare</i> (Jarang terjadi)	1	L	L	M	H	H

(Sumber: Ramli, 2010)

Tabel 2. 5 Penilaian Tingkat Risiko

TINGKAT	RISIKO
E	Ekstreme risk (Risiko ekstrim)
H	High risk (Risiko tinggi)
M	Moderate risk (Risiko sedang)
L	Low risk (Risiko rendah)

(Sumber: Ramli 2010)

Tabel tersebut merupakan hasil modifikasi dari matriks *Qualitative Risk Analysis Level of Risk*, sehingga memungkinkan risiko dihitung menggunakan rumus atau persamaan berdasarkan standar AS/NZS 4360:1999, nilai tingkat risiko ditentukan menggunakan persamaan yang menggabungkan dua parameter utama, yaitu konsekuensi (*consequences*) dan kemungkinan (*likelihood*). Tingkat risiko dihitung sebagai berikut:

$$R = L \times S \quad 2.1$$

Keterangan:

R = *Risk Rating* (tingkat risiko)

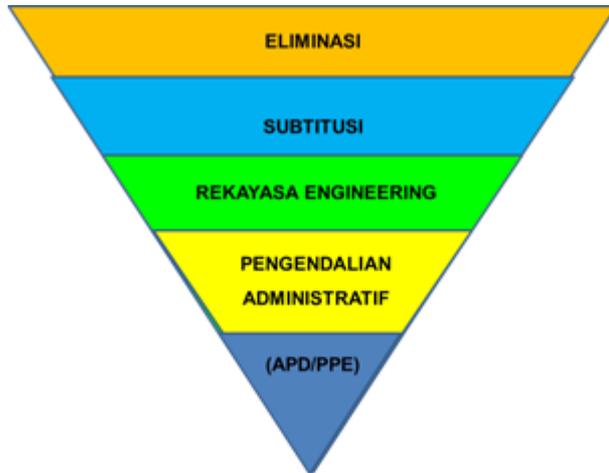
L = *Likelyhood* (kemungkinan)

S = *Consequences* (dampak)

2.6.3 Pengendalian Bahaya (*Determining Control*)

Menurut OHSAS 18002 (2008), setelah penilaian risiko dilakukan dan pengendalian yang ada dievaluasi, organisasi perlu menentukan apakah pengendalian tersebut sudah memadai atau perlu ditingkatkan. Jika diperlukan pengendalian tambahan, langkah-langkah baru harus dirancang dan diimplementasikan berdasarkan prinsip hierarki pengendalian bahaya. Upaya pertama adalah menghilangkan bahaya, diikuti dengan pengurangan risiko, dengan penggunaan alat pelindung diri (APD) sebagai langkah terakhir. Berikut hierarki pengendalian bahaya:

Gambar 2. 3 Hierarki Pengendalian Risiko



(sumber: OHSAS, 2008)

1. Eliminasi (*Elimination*)
Menghilangkan bahaya sepenuhnya melalui perubahan desain atau proses. Contohnya adalah menggunakan alat mekanis untuk menghilangkan risiko dari pekerjaan manual.
2. Substitusi (*Substitution*)
Mengganti bahan atau alat berbahaya dengan alternatif yang memiliki tingkat risiko lebih rendah. Misalnya, menggunakan peralatan dengan arus listrik lebih rendah untuk mengurangi potensi bahaya.
3. Rekayasa Teknik (*Engineering Control*)
Memisahkan bahaya dari pekerja melalui solusi teknis, seperti memasang pelindung mesin, peredam suara, atau ventilasi untuk mengurangi paparan risiko.
4. Pengendalian Administratif (*Administrative Control*)
Menetapkan prosedur kerja dan pelatihan untuk memastikan pekerja memiliki kemampuan dan pemahaman yang memadai. Misalnya, mematuhi rambu keselamatan, mengikuti prosedur standar (SOP), atau menerapkan rotasi kerja untuk mengurangi paparan.
5. Alat Pelindung Diri (*Personal Protective Equipment*)

Menggunakan APD sebagai langkah terakhir untuk melindungi pekerja dari risiko yang tidak dapat sepenuhnya dihilangkan. Contohnya adalah helm, sarung tangan, kaca mata pelindung, dan tali pengaman yang sesuai dengan standar keselamatan.

2.7 Analytical Hierarchy Process (AHP)

Analytical Hierarchy Process (AHP) adalah sebuah konsep untuk pembuatan keputusan berbasis multicriteria (kriteria yang banyak). Beberapa kriteria yang dibandingkan satu dengan lainnya (tingkat kepentingannya) adalah penekanan utama pada konsep *Analytical Hierarchy Process* (AHP) (Saaty, 1990). *Analytical Hierarchy Process* (AHP) merupakan salah satu metode pemecahan masalah yang sering digunakan karena memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan metode lainnya. Menurut Saaty (1992), salah satu alasan utama adalah struktur *Analytical Hierarchy Process* (AHP) yang bersifat hierarkis. Struktur ini memungkinkan penguraian masalah ke dalam berbagai tingkatan, mulai dari kriteria utama hingga subkriteria yang lebih rinci, sehingga membantu pengambilan keputusan secara sistematis dan terarah.

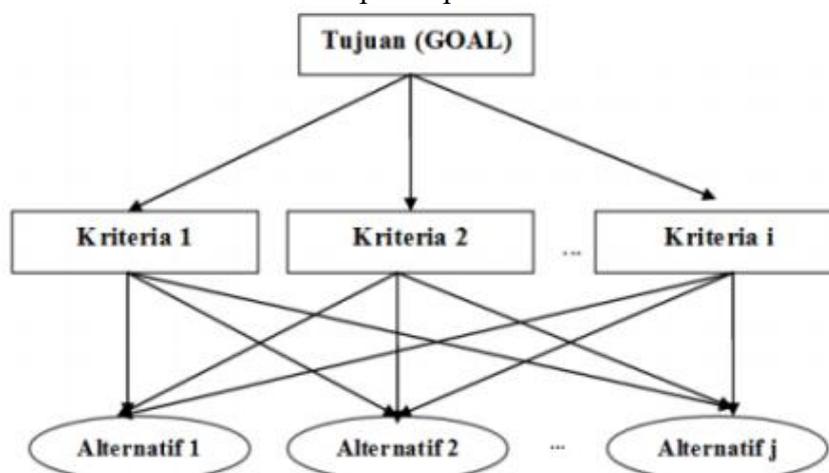
Selain itu, *Analytical Hierarchy Process* (AHP) memperhitungkan validitas pilihan hingga batas toleransi inkonsistensi. Hal ini berarti *Analytical Hierarchy Process* (AHP) dapat mengevaluasi tingkat konsistensi dari berbagai kriteria dan alternatif yang dipilih oleh pengambil keputusan. Metode ini memastikan bahwa keputusan yang diambil memiliki dasar yang logis dan konsisten. Keunggulan lain dari *Analytical Hierarchy Process* (AHP) adalah kemampuannya untuk memperhitungkan daya tahan hasil analisis melalui sensitivitas terhadap perubahan. *Analytical Hierarchy Process* (AHP) memungkinkan analisis sensitivitas terhadap berbagai skenario, sehingga memberikan gambaran tentang bagaimana hasil keputusan dapat bertahan atau berubah ketika terjadi perubahan pada variabel tertentu.

2.7.1 Prinsip Analytical Hierarchy Process (AHP)

Ada beberapa prinsip yang harus dipahami dalam menyelesaikan persoalan dengan *Analytical Hierarchy Process* (AHP), diantaranya adalah: *decomposition*, *comparative judgement*, *synthesis of priority*, dan *logical consistency* (Mulyono, 2007).

Decomposition yaitu memecahkan atau membagi problema yang utuh menjadi unsur-unsur ke bentuk hirarki proses pengambilan keputusan, dimana setiap unsur atau elemen saling berhubungan. Hasil yang akurat diperoleh dengan memecah unsur-unsur hingga tidak memungkinkan pemecahan lebih lanjut, sehingga menghasilkan beberapa tingkatan dari persoalan yang akan diselesaikan. Struktur hirarki keputusan tersebut dapat dikategorikan sebagai *complete* dan *incomplete*. Suatu hirarki keputusan disebut *complete* jika semua pada suatu tingkat memiliki hubungan terhadap semua elemen yang ada pada tingkat berikutnya, sementara hirarki keputusan *incomplete* kebalikan dari hirarki *complete*.

Gambar 2. 4 Stuktur dekomposisi pada AHP



(Sumber: Mulyono, 2007)

Comparative Judgment, dilakukan dengan penilaian tentang kepentingan relatif dua elemen pada suatu tingkat tertentu dalam kaitannya dengan tingkatan di atasnya. Penilaian ini merupakan inti dari *Analytical Hierarchy Process* (AHP) karena akan berpengaruh terhadap urutan prioritas dari elemen-elemennya. Hasil dari penilaian ini lebih mudah disajikan dalam bentuk matriks pairwise comparisons yaitu matriks perbandingan berpasangan membuat tingkat preferensi beberapa alternatif untuk tiap kriteria. Skala preferensi yang digunakan yaitu skala 1 yang menunjukkan tingkat yang paling rendah (*equal importance*) sampai dengan skala 9 yang menunjukkan tinggalkan paling tinggi (*extreme importance*).

Synthesis of priority, dilakukan dengan menggunakan eigen vector method untuk mendapatkan bobot relatif bagi unsur-unsur pengambil keputusan. *Logical Consistency* merupakan karakteristik penting *Analytical Hierarchy Process* (AHP). Hal ini dicapai dengan mengagresikan seluruh eigen vector yang diperoleh dari berbagai tingkatan hirarki dan selanjutnya diperoleh suatu vektor composite tertimbang yang menghasilkan urutan pengambil keputusan.

2.7.2 Kelebihan *Analytical Hierarchy Process* (AHP)

Analytical Hierarchy Process (AHP) memiliki berbagai keunggulan yang menjadikannya metode yang efektif untuk pengambilan keputusan, terutama dalam situasi yang kompleks. Salah satu keunggulan utama adalah kesatuan (*unity*), di mana *Analytical Hierarchy Process* (AHP) mampu menyederhanakan masalah yang luas dan tidak terstruktur menjadi model yang fleksibel dan mudah dipahami. Hal ini mempermudah proses analisis dan komunikasi. Menghadapi kompleksitas (*complexity*), *Analytical Hierarchy Process* (AHP) menggunakan pendekatan sistematis dan terstruktur untuk memecahkan masalah. Pendekatan ini mengintegrasikan elemen-elemen secara deduktif, sehingga mempermudah pemecahan masalah yang kompleks.

Keunggulan lainnya adalah kemampuan *Analytical Hierarchy Process* (AHP) untuk menangani saling ketergantungan (*interdependence*) di antara elemen. Metode ini dapat diterapkan pada elemen-elemen yang bersifat independen tanpa memerlukan hubungan linier, sehingga memberikan fleksibilitas lebih besar dalam analisis. *Analytical Hierarchy Process* (AHP) juga menawarkan struktur hierarki (*hierarchy structuring*) yang merepresentasikan pola berpikir manusia. Elemen-elemen dalam sistem dikelompokkan ke dalam tingkatan-tingkatan hierarki, dengan setiap tingkatan berisi elemen yang serupa, memungkinkan analisis yang lebih terfokus dan sistematis.

Aspek pengukuran (*measurement*), *Analytical Hierarchy Process* (AHP) menyediakan skala pengukuran yang jelas dan metode untuk menentukan prioritas dari setiap elemen. Selain itu, *Analytical Hierarchy Process* (AHP)

memastikan adanya konsistensi (consistency) logis dalam proses penilaian, sehingga prioritas yang ditetapkan lebih dapat diandalkan. Melalui sintesis (*synthesis*), *Analytical Hierarchy Process* (AHP) mampu menghasilkan gambaran menyeluruh mengenai tingkat preferensi setiap alternatif berdasarkan bobot prioritasnya. Ini membantu pengambil keputusan dalam mengevaluasi semua opsi secara komprehensif. *Analytical Hierarchy Process* (AHP) juga memperhatikan pertimbangan alternatif (*trade-off*) dengan membandingkan prioritas relatif antar faktor dalam sistem. Hal ini membantu pengambil keputusan memilih alternatif terbaik sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai.

Keunggulan lainnya adalah kemampuan *Analytical Hierarchy Process* (AHP) dalam penilaian dan konsensus (*judgement and consensus*). Metode ini tidak memerlukan konsensus mutlak tetapi dapat mengintegrasikan berbagai penilaian yang berbeda dari para pihak yang terlibat. Terakhir, *Analytical Hierarchy Process* (AHP) memungkinkan pengulangan proses (*process repetition*), yang memberikan ruang untuk memperjelas definisi masalah, mengembangkan penilaian, dan meningkatkan pemahaman melalui penyempurnaan bertahap. Keunggulan-keunggulan tersebut menjadikan *Analytical Hierarchy Process* (AHP) sebagai alat yang sangat andal dalam mendukung pengambilan keputusan yang kompleks dan strategis.

2.7.3 Langkah-Langkah *Analytical Hierarchy Process* (AHP)

Metode AHP dilakukan langkah-langkah sebagai berikut (Suryadi & Ramdhani, 2000):

1. Mendefinisikan masalah
Menentukan masalah yang akan dipecahkan secara jelas, detail dan mudah dipahami.
2. Membuat struktur hirarki
Membuat struktur hirarki yang diawali dengan tujuan utama sebagai level teratas akan disusul level hirarki yang berada di bawah yaitu kriteria-kriteria yang cocok

untuk mempertimbangkan atau menilai alternatif yang diberikan dan menentukan alternatif tersebut. Tiap kriteria mempunyai intensitas yang berbeda-beda.

3. Melakukan pengisian kuisisioner

Pengisian kuisisioner ini dilakukan oleh responden yang dianggap ahli dalam permasalahan yang dipilih.

4. Menghitung Rataan Geometri

Setelah dilakukan pengambilan data kuisisioner kemudian dilakukan perhitungan rata-rata geometri yang bertujuan untuk menyamakan pendapat yang sudah dipilih oleh responden pada setiap level kriteria. Berikut ini merupakan rumus dari rata-rata geometri:

$$\sqrt[n]{R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n} \qquad 2.2$$

Keterangan:

R1, R2, ..., Rn: Responden n: jumlah responden

n : jumlah responden

5. Melakukan perbandingan berpasangan.

Hasil perbandingan dari masing-masing elemen akan berupa angka dari 1 sampai 9 yang menunjukkan perbandingan tingkat kepentingan suatu elemen.

Tabel 2. 6 Skala Tingkat Kepentingan

Tingkat Kepentingan	Keterangan
1	Kedua elemen mempunyai pengaruh yang sama.
3	Elemen yang satu sedikit lebih penting dari pada elemen yang lainnya.
5	Elemen yang satu lebih penting dari pada elemen yang lainnya.
7	Satu elemen jelas lebih penting dari pada elemen yang lain.
9	Satu elemen mutlak lebih penting dari pada elemen yang lainnya.
2, 4, 6, 8	Nilai antara dua nilai pertimbangan yang berdekatan.
Resiprokal (Kebalikan)	Jika A jauh lebih penting dibanding B dengan skala 7, maka B jauh lebih penting dibanding A dengan skala 1/7

(Sumber: Saaty, 1990)

Penilaian kepentingan disusun dalam bentuk matriks berdimensi $n \times n$, n merupakan jumlah kriteria atau elemen dalam satu level seperti pada rumus dibawah ini:

$$\begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1y} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2y} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{y1} & a_{y2} & \dots & a_{xy} \end{pmatrix} \quad 2.3$$

Matriks tersebut bersifat resiprokal (kebalikan), yaitu:

$$\alpha_{mn} = \frac{1}{\alpha_{nm}} \quad 2.4$$

Dimana x dan y merupakan baris dan kolom matriks. Berikut merupakan contoh perbandingan antara elemen, dengan memisalkan A_1, A_2, \dots, A_n adalah elemen sebanyak n , sementara w_1, w_2, \dots, w_n adalah nilai intensitas masing-masing elemen seperti pada matriks dibawah ini:

$$A = \begin{pmatrix} A_1 & w_1/w_1 & w_1/w_2 & w_1/w_n \\ A_2 & w_2/w_1 & w_2/w_2 & w_2/w_n \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ A_n & w_n/w_1 & w_n/w_2 & w_n/w_n \end{pmatrix} \quad 2.5$$

6. Menjumlahkan setiap elemen matriks

Menjumlahkan setiap elemen matriks berdasarkan kolom kemudian disebut dengan bobot sintesis. Dan seterusnya sesuai dengan jumlah elemen (n) pada level tersebut.

7. Mengitung matriks normalisasi dengan rumus

$$\begin{pmatrix} \frac{w_1/w_1}{x_1} & \frac{w_1/w_2}{x_2} & \dots & \frac{w_1/w_n}{x_n} \\ \frac{w_2/w_1}{x_1} & \frac{w_2/w_2}{x_2} & \dots & \frac{w_2/w_n}{x_n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ \frac{w_n/w_1}{x_1} & \frac{w_n/w_2}{x_2} & \dots & \frac{w_n/w_n}{x_n} \end{pmatrix} \quad 2.6$$

8. Menghitung Bobot Prioritas

Menghitung bobot prioritas dengan cara meratakan setiap baris pada matriks normalisasi.

9. Menghitung *Vector* Bobot (VB)

Menghitung VB dengan cara perkalian matriks antara matriks perbandingan berpasangan yang dirumuskan pada rumus 2.4 dengan bobot prioritas.

10. Menghitung *Vector* Konsistensi (VK)

Menghitung VK dengan cara membagi hasil dari matriks VB dengan masing-masing bobot prioritas.

11. Memeriksa konsistensi Hirarki

Yang diukur dalam AHP adalah rasio konsistensi dengan melihat indeks konsistensi. Apabila matriks perbandingan berpasangan menghasilkan bobot dengan nilai CR < 0,1 maka pendapat dari responden tersebut dianggap konsisten dan dapat diterima sehingga tidak perlu dilakukan penilaian ulang. Mengukur konsistensi atau yang disebut *Consistency Ratio* (CR) memerlukan beberapa tahapan seperti yang dijelaskan berikut ini:

- a. Menghitung eigen maksimum (λ_{max}) dengan meratakan hasil *Vector* Konsistensi (VK).
- b. Menghitung *Consistency Indeks* (CI) dengan rumus: n merupakan jumlah elemen dalam satu level:

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \tag{2.7}$$

Dimana n merupakan jumlah dari parameter yang digunakan.

- c. Menghitung *Consistency Ratio* (CR) dengan menggunakan rumus:

$$CR = \frac{CI}{RI} \tag{2.8}$$

Dimana *Random Index* (RI) menurut Saaty (1990) dapat dilihat sesuai tabel 2.2 dibawah ini

Tabel 2. 7 *Random Index* (RI)

N	1,2	3	4	5	6	7	8
RI	0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41
N	9	10	11	12	13	14	15
RI	1,45	1,49	1,51	1,48	1,56	1,57	1,59

(Sumber: Saaty, 1990)

2.8 *Cost-Benefit Analysis*

Menurut Schniederjans et al. (2010), *Cost-Benefit Analysis* (CBA) merupakan salah satu cara untuk menganalisis biaya dan manfaat suatu pilihan dengan memperkirakan dan mengevaluasi manfaat yang akan diperoleh dari berbagai alternatif tindakan yang bisa diambil. Teknik ini membandingkan manfaat yang didapat sekarang dengan biaya investasi yang harus dikeluarkan, sehingga dapat membantu dalam membuat keputusan. *Cost-Benefit Analysis* juga merupakan sebuah cara yang sistematis untuk menilai seberapa efisien sebuah kebijakan, program, atau proyek dengan membandingkan total manfaat sosial dan total biaya sosial dalam bentuk uang. *Cost-Benefit Analysis* merupakan salah satu metode untuk menilai kebijakan dengan menghitung semua akibat dari kebijakan tersebut dalam nilai uang bagi seluruh masyarakat. Dengan begitu, *Cost-Benefit Analysis* membantu pengambilan keputusan yang bertujuan meningkatkan penggunaan sumber daya secara lebih efektif (Boardman et al., 2018). *Cost-Benefit Analysis* dapat dilakukan dalam beberapa jenis analisis:

1. *Ex-ante Cost-Benefit Analysis*: dilakukan sebelum proyek dimulai, bertujuan untuk menentukan kelayakan proyek atau kebijakan dari segi manfaat bersih sosial yang potensial.
2. *In medias res Cost-Benefit Analysis*: dilakukan saat proyek sedang berjalan, berguna untuk mengevaluasi apakah proyek layak untuk dilanjutkan atau diubah.
3. *Ex-post Cost-Benefit Analysis*: dilakukan setelah proyek selesai, digunakan untuk mengevaluasi apakah proyek telah memberikan manfaat bersih positif.
4. *Comparative Cost-Benefit Analysis*: membandingkan *ex-ante* dan *ex-post* untuk melihat prediksi awal dan realisasi.

Menurut Boardman et al. (2018), pelaksanaan *Cost-Benefit Analysis* (CBA) dilakukan melalui sepuluh langkah sistematis yang dirancang untuk memastikan bahwa setiap kebijakan atau proyek dinilai secara objektif dan menyeluruh. Langkah pertama dimulai dengan menjelaskan tujuan analisis, yaitu menetapkan permasalahan atau kebijakan apa yang akan dievaluasi. Setelah itu, analis harus menentukan berbagai alternatif proyek atau kebijakan yang mungkin dijalankan, sehingga analisis tidak hanya

terbatas pada satu opsi. Langkah ketiga adalah menetapkan *standing*, yaitu menentukan siapa saja yang akan dimasukkan dalam perhitungan manfaat dan biaya seperti apakah seluruh masyarakat, kelompok tertentu, atau hanya wilayah tertentu. Kemudian, seluruh dampak dari proyek atau kebijakan tersebut diidentifikasi dan diukur secara kuantitatif, mencakup manfaat maupun biaya langsung dan tidak langsung. Langkah selanjutnya adalah mengkonversi seluruh dampak tersebut ke dalam satuan moneter, agar dapat dibandingkan secara langsung. Setelah semua nilai diukur, dilakukan proses diskonto terhadap manfaat dan biaya yang terjadi di masa depan agar dapat dinilai dalam satu waktu yang sama, yaitu nilai sekarang (*present value*).

Kemudian, analisis menghitung *Net Present Value* (NPV), yaitu selisih antara manfaat total dan biaya total yang telah didiskonto. NPV menjadi indikator utama dalam menentukan apakah suatu proyek memberikan manfaat bersih bagi masyarakat. Setelah itu, dilakukan analisis sensitivitas untuk menguji bagaimana hasil analisis akan berubah apabila terjadi variasi pada asumsi-asumsi penting seperti tingkat diskonto, estimasi biaya, atau manfaat. Langkah berikutnya adalah memberikan rekomendasi berdasarkan hasil perhitungan dan analisis. Rekomendasi ini harus mempertimbangkan tujuan kebijakan dan dampaknya secara luas. Terakhir, hasil analisis dilaporkan secara lengkap dengan mempertimbangkan berbagai ketidakpastian dan sudut pandang politik yang mungkin memengaruhi penerimaan dan pelaksanaan kebijakan tersebut. Dengan mengikuti kesepuluh langkah ini, CBA dapat menjadi alat evaluasi yang kuat dalam mendukung pengambilan keputusan berbasis bukti dan rasionalitas ekonomi.

2.8.1 Prinsip Dasar *Cost-Benefit Analysis*

Cost-Benefit Analysis (CBA) pada dasarnya bertujuan untuk melihat apakah sebuah proyek atau kebijakan menguntungkan atau tidak (Boardman et al, 2018). Ini dilakukan dengan menghitung selisih antara total *benefit* atau manfaat (B) dan total *cost* atau biaya (C):

$$\text{Net Social Benefit (NSB)} = B - C \quad 2.9$$

Jika NSB lebih dari nol, maka proyek dianggap layak karena memberikan manfaat lebih besar dibandingkan biayanya. Selain itu, *Cost-Benefit Analysis* didasarkan pada

konsep efisiensi Pareto, yaitu suatu kondisi dikatakan efisien jika tidak ada orang yang bisa dibuat lebih baik tanpa membuat orang lain jadi lebih buruk. Namun, karena dalam kenyataannya selalu ada pihak yang dirugikan, maka digunakan pendekatan Potensial Pareto (Kaldor-Hicks). Artinya, proyek dianggap layak jika manfaatnya cukup besar untuk bisa (secara teori) mengganti kerugian pihak yang dirugikan, meskipun kompensasi itu tidak benar-benar dilakukan (Boardman et al., 2018). *Benefit* atau Manfaat diukur berdasarkan *Willingness to Pay* (WTP), yaitu seberapa besar seseorang mau membayar untuk mendapatkan suatu manfaat. *Cost* atau Biaya diukur dari *Opportunity Cost*, yaitu nilai dari pilihan terbaik yang harus dikorbankan karena memilih proyek tersebut.

2.8.2 Menghitung Manfaat dan Biaya di Masa Depan

Semua manfaat dan biaya ini dihitung dalam bentuk uang, termasuk hal-hal seperti waktu, keselamatan, dampak lingkungan, dan bahkan nilai kehidupan manusia (menggunakan pendekatan *Value of Statistical Life* atau VSL) (Boardman et al, 2018). Karena manfaat dan biaya tidak selalu terjadi di waktu yang sama, maka harus dihitung nilainya di masa kini menggunakan rumus:

$$PV = \frac{X_t}{(1+r)^t} \quad 2.10$$

PV = nilai saat ini

X_t = nilai manfaat atau biaya di tahun ke- t

r = tingkat diskonto (biasanya 3,5%)

2.8.3 Kelebihan dan Keterbatasan *Cost-Benefit Analysis*

Menurut Boardman et al. (2018), *Cost-Benefit Analysis* (CBA) memiliki sejumlah kelebihan yang menjadikannya alat analisis penting dalam perumusan kebijakan publik maupun evaluasi proyek. Salah satu keunggulan utamanya adalah kemampuan dalam mendorong efisiensi. CBA membantu para pengambil keputusan untuk menilai apakah suatu kebijakan atau proyek benar-benar meningkatkan kesejahteraan sosial dengan cara menghitung selisih antara manfaat dan biaya secara sistematis dan terukur. CBA juga dikenal sebagai metode yang terstruktur dan transparan, karena seluruh analisis dituangkan dalam bentuk angka-angka yang jelas

(nilai moneter). Hal ini memudahkan perbandingan antar alternatif kebijakan yang tersedia, serta memperkuat dasar objektivitas dalam pengambilan keputusan. Dari segi penerapannya, CBA tergolong fleksibel. Metode ini dapat digunakan pada berbagai jenis kebijakan, program, maupun proyek baik dalam sektor publik seperti regulasi dan infrastruktur, maupun di sektor swasta dan program sosial. Fleksibilitas ini memungkinkan CBA untuk menjangkau berbagai konteks dan kebutuhan evaluatif yang berbeda.

Lebih lanjut, CBA dapat dilakukan dalam dua fase waktu: eks-ante (sebelum proyek dimulai) dan eks-post (setelah proyek selesai). Hal ini menjadikannya berguna tidak hanya sebagai alat perencanaan, tetapi juga sebagai alat evaluasi dan pembelajaran kebijakan di masa depan. Kelebihan lainnya adalah fungsi CBA sebagai alat bantu dalam pengambilan keputusan publik. Dengan menyajikan nilai manfaat bersih sosial (*Net Social Benefit*), CBA dapat menunjukkan apakah suatu kebijakan layak diterapkan berdasarkan keseimbangan antara manfaat yang diperoleh masyarakat dan biaya yang ditanggung. Terakhir, melalui pendekatan yang lebih lanjut seperti *distributionally weighted CBA*, metode ini juga memungkinkan analisis distribusi manfaat dan biaya kepada kelompok masyarakat yang berbeda. Artinya, CBA tidak hanya menilai dari sisi efisiensi total, tetapi juga bisa memperhatikan aspek pemerataan dan dampak terhadap kelompok tertentu yang rentan atau terdampak secara tidak proporsional.

Meskipun berguna, CBA memiliki beberapa keterbatasan. Pertama, sulit untuk menilai nilai-nilai non-moneter seperti keindahan alam atau warisan budaya secara akurat. Kedua, CBA tidak selalu memperhatikan aspek keadilan distribusi, karena hanya fokus pada selisih total manfaat dan biaya. Ketiga, hasil CBA sangat bergantung pada asumsi yang seringkali subjektif, seperti tingkat diskonto dan estimasi biaya. Keempat, pelaksanaannya bisa mahal dan memakan waktu karena membutuhkan data dan sumber daya yang besar. Kelima, angka-angka dalam CBA rentan dimanipulasi demi kepentingan politik. Terakhir, CBA tidak selalu menjamin solusi paling efisien jika pilihan terbaik belum sepenuhnya dipertimbangkan.

2.9 Penelitian Terdahulu

Bagian ini menyajikan beberapa penelitian sebelumnya yang memiliki kesamaan karakteristik dengan penelitian yang dilakukan oleh penulis. Penelitian-penelitian tersebut dipilih berdasarkan relevansinya dengan perumusan masalah dalam penelitian ini, sehingga diharapkan dapat menjadi acuan yang bermanfaat bagi penulis dalam menyelesaikan penelitian ini. Penelitian-penelitian tersebut dirangkum dalam bentuk tabel berikut **Tabel 2.8**.

Tabel 2. 8 Penelitian Terdahulu

Penulis	Topik	Metodologi	Input	Output	Hasil/Temuan	Perbandingan dengan Penelitian Ini
Budiharjo (2024)	Analisis Risiko Kecelakaan Kerja dengan Metode <i>Job Safety Analysis</i> pada Proyek Konstruksi di CV. XYZ	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Job Safety Analysis</i> (JSA) 	Data risiko pekerjaan konstruksi (pengelasan, <i>scaffolding</i> , dll.)	Identifikasi bahaya utama, rekomendasi pengendalian risiko (APD, SOP).	Aktivitas berisiko tinggi termasuk <i>scaffolding</i> dan pengelasan; pengendalian risiko berupa penggunaan APD dan SOP.	Menggunakan JSA, sama dengan penelitian ini. Namun, fokusnya lebih umum dibandingkan dengan <i>core wall</i> .
Yasser A. S. Gamal & Ahmed Moh. Ali Saber (2024)	<i>Analyzing the application of the analytical hierarchy process in developing a robust risk management framework for construction projects in Egypt</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Analytical Hierarchy Process</i> (AHP) 	Data risiko utama dari proyek konstruksi di Mesir	Prioritas risiko berbasis data untuk pengelolaan risiko konstruksi di Mesir.	AHP memberikan prioritas berbasis data untuk mengelola risiko kritis.	Metode AHP digunakan, sama dengan penelitian ini. Namun, penelitian ini fokus pada risiko konstruksi di Mesir, bukan <i>core wall</i> .
Naufal Akbar Muazaky, Fajar Sri Handayani, Ary Setyawan (2024)	<i>Implementation Of Value Engineering Using Analytical Hierarchy Process (Ahp) (Case Study: Flyover Construction Project Of Jpl 64 Km 38+897 Across Surabaya – Solo)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Value Engineering</i> (VE) • <i>Analytical Hierarchy Process</i> (AHP) 	Data biaya dan waktu konstruksi <i>flyover</i>	Rekomendasi metode konstruksi optimal dengan penghematan biaya 10%.	Penghematan biaya 10% dengan penggunaan <i>bore pile</i> d-120.	AHP digunakan, seperti penelitian ini. Namun, fokusnya pada optimasi biaya proyek <i>flyover</i> , bukan mitigasi risiko.
Rotinsulu, F. N. C., Dundu, A. K. T., Malingkas, G. Y., Mondoringin, M. R. I. A., & Thambas, A. H. (2023)	Identification, Risk Assessment and Determine Control (HIRADC) and <i>Job Safety Analysis</i> (JSA)	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Hazard Identification, Risk Assessment, and Determining</i> (HIRADC) • <i>Job Safety Analysis</i> (JSA) 	Data potensi risiko pekerjaan revitalisasi danau (9 pekerjaan)	233 risiko diidentifikasi; strategi pengendalian risiko menggunakan eliminasi, substitusi, teknik, APD.	233 risiko diidentifikasi; pengendalian melalui eliminasi, substitusi, teknik, administrasi, dan APD.	Menggunakan HIRADC dan JSA, sama dengan penelitian ini. Namun, fokusnya pada revitalisasi danau, bukan pekerjaan <i>core wall</i> .
Supriyadi, W. F., Arifin, T. S. P., & Abdi, F. N. (2023)	Analisis Risiko K3 Menggunakan Pendekatan HIRADC dan Metode JSA (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Gedung BPKAD Samarinda)	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Hazard Identification, Risk Assessment, and Determining</i> (HIRADC) • <i>Job Safety Analysis</i> (JSA) 	Data risiko pekerjaan gedung (kolom, ACP, drainase)	Empat pekerjaan utama berisiko tinggi; rekomendasi kontrol risiko dengan APD dan pengecekan rutin.	Empat pekerjaan utama berisiko tinggi (kolom, balok, ACP, drainase); kontrol risiko dilakukan dengan APD dan pengecekan rutin.	HIRADC dan JSA digunakan, serupa dengan penelitian ini. Namun, fokusnya pada pekerjaan umum di gedung, bukan <i>core wall</i> .

Kholida, L., & Sumarmi. (2023)	<i>Implementation of the Hirade Method in Risk Analysis of Diaphragm Wall Work Projects</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Hazard Identification, Risk Assessment, and Determining Control (HIRADC)</i> 	Data risiko pekerjaan dinding diafragma	Empat risiko tinggi pada pekerjaan dinding diafragma; mitigasi dengan APD dan teknik.	Empat risiko tinggi teridentifikasi pada pekerjaan dinding diafragma.	HIRADC digunakan, berbeda dari penelitian ini karena tidak mengintegrasikan JSA atau AHP.
Salim, M. A., Siswanto, A. B., Mindiastiwi, T., & Purwantini. (2023)	Analisis keselamatan dan kesehatan kerja menggunakan metode <i>Job Safety Analysis (JSA)</i> pada Proyek Bendungan Kuwil Kawangkoan	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Job Safety Analysis (JSA)</i> • Wawancara 	Data risiko pekerjaan bendungan (kategori risiko: ekstrim, tinggi, sedang)	Evaluasi risiko ekstrim, tinggi, sedang; mitigasi melalui pengawasan ketat.	Ditemukan 3 tingkat risiko; Risiko ekstrim (5 pekerjaan, 18 bahaya), risiko tinggi (6 pekerjaan, 84 bahaya), dan risiko sedang (6 pekerjaan, 29 bahaya).	JSA digunakan, sama dengan penelitian ini. Namun, penelitian ini lebih fokus pada proyek bendungan, bukan <i>core wall</i> .
Irianto, Basriman, & Sukwika (2022)	Pengembangan Model Metode HIRADC dalam Analisis Risiko Bekerja di Ketinggian pada Proyek Konstruksi PT. X di Jabodetabek	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Hazard Identification, Risk Assessment, and Determining Control (HIRADC)</i> 	Data observasi lapangan, kuesioner, dan wawancara terkait risiko bekerja di ketinggian pada proyek konstruksi.	Risiko bekerja di ketinggian sangat dipengaruhi oleh identifikasi risiko dan kontrol risiko. Hasil menunjukkan pengembangan berkelanjutan kurang signifikan.	Identifikasi risiko dan pengendalian risiko memiliki pengaruh signifikan terhadap risiko bekerja di ketinggian (T-statistik > 1,96).	Penelitian ini serupa dalam menggunakan HIRADC, tetapi fokus pada risiko bekerja di ketinggian di Jabodetabek. Penelitian ini lebih spesifik dengan integrasi JSA, HIRADC, dan AHP untuk pekerjaan <i>core wall</i> .
Riyan Riski Kurniawan, Adwitya Bhaskara (2021)	Identifikasi risiko pekerjaan fondasi menggunakan IBPRP dan JSA di proyek pembangunan Gedung Layanan Pembelajaran FISIP Universitas Jenderal Soedirman.	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Identification and Opportunity Risk Assessment (IBPRP) dan Job Safety Analysis (JSA)</i> • Wawancara 	Data risiko pekerjaan fondasi gedung (49 risiko teridentifikasi)	Prioritas kontrol risiko pekerjaan fondasi; mayoritas risiko rendah.	49 risiko diidentifikasi pada pekerjaan fondasi; mayoritas memiliki risiko rendah.	IBPRP dan JSA digunakan, berbeda dari penelitian ini. Penelitian ini tidak melibatkan AHP dan fokusnya pada pekerjaan fondasi.
Katarina Makka, Katarina Kampova (2021)	<i>Use of the cost-benefit analysis method in the risk management process of SMEs</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Cost-Benefit Analysis (CBA)</i> berbasis analisis risiko dan wawancara perusahaan 	Data kerugian akibat insiden pencurian, biaya investasi sistem keamanan	NPV positif (€16.885,53); keputusan implementasi sistem keamanan	CBA membantu dalam pengambilan keputusan perlindungan properti berbasis efisiensi risiko dan biaya	Studi ini bisa dijadikan acuan penerapan CBA dalam pengelolaan risiko fisik
Shruti Belekar, Siraj Jamadar, Jyoti Manjarekar, Raunak Singh, Prof. Arbaaz Kazi (2021)	<i>Application of Analytical Hierarchy Process (AHP) in Construction Works</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Analytical Hierarchy Process (AHP)</i> 	Data kriteria seperti pengalaman, keselamatan kerja, stabilitas keuangan, kualitas, dan kontrol kualitas dari kontraktor.	Pemeringkatan kontraktor menggunakan kriteria-kriteria yang terstruktur. Menyediakan rekomendasi kontraktor terbaik berdasarkan hasil AHP.	AHP terbukti efektif untuk seleksi kontraktor berbasis multi-kriteria secara sistematis dan objektif. Meningkatkan efisiensi dan keberhasilan proyek konstruksi.	Penelitian ini menggunakan AHP seperti penelitian ini, tetapi fokus pada seleksi kontraktor untuk pekerjaan konstruksi umum, sementara penelitian ini fokus pada pekerjaan <i>core wall</i> dengan integrasi JSA dan HIRADC.

Tabel kajian pustaka dari berbagai penelitian terkait analisis risiko kecelakaan kerja dan metode evaluasinya, dapat disimpulkan bahwa pendekatan *Job Safety Analysis*

(JSA) dan *Hazard Identification, Risk Assessment, and Determining Control* (HIRADC) merupakan metode yang paling umum digunakan dalam identifikasi dan mitigasi risiko di sektor konstruksi. Beberapa penelitian mengombinasikan JSA dengan metode lain seperti *Analytical Hierarchy Process* (AHP) untuk membantu penentuan prioritas mitigasi secara objektif. Penelitian Budiharjo (2024) berfokus pada proyek *core wall* dengan pendekatan JSA, menghasilkan temuan risiko tinggi pada pekerjaan *scaffolding*. Penelitian Yasser & S. Gamal serta Ahmed Moh. Ali Sabeky (2024) memanfaatkan AHP untuk mengelompokkan risiko utama dalam konstruksi di Mesir, yang relevan bila dikombinasikan dengan JSA.

Studi oleh Naufal Muzaky, Sri Handrayani, dan Ary Setyawan (2024) menunjukkan integrasi antara *Value Engineering* dan AHP dapat memberikan efisiensi biaya hingga 10% dalam proyek *Flyover*. Sementara itu, kombinasi HIRADC dan JSA pada penelitian oleh Rotinsulu dkk. (2023) dan Supriadi dkk. (2023) menampilkan pendekatan komprehensif dalam menganalisis risiko dari berbagai komponen struktur seperti kolom dan balok. Penelitian terdahulu seperti oleh Riyan Riski Kurniawan (2021), Katarina Makka (2021), dan Shruti Belukar dkk. (2021) juga menekankan pada integrasi metode kuantitatif seperti AHP dan *Cost Benefit Analysis* (CBA) dalam mengambil keputusan mitigasi risiko, terutama pada proyek gedung dan sistem keamanan perusahaan. Secara umum, narasi ini menunjukkan bahwa tren penelitian terkini mengarah pada integrasi metode kualitatif (JSA, HIRADC) dengan metode kuantitatif (AHP, CBA) untuk memperoleh hasil analisis risiko yang lebih objektif, terukur, dan aplikatif pada berbagai jenis proyek konstruksi dan infrastruktur.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini akan menjelaskan secara rinci tahapan penelitian yang dilakukan secara sistematis sesuai dengan kerangka penelitian dan pendekatan atau metode yang digunakan untuk mencapai tujuan penelitian. Tahapan tersebut meliputi tahap pendahuluan, pengumpulan dan pengolahan data, analisis dan interpretasi data, serta tahap penyusunan kesimpulan dan saran.

3.1 Alur Pikir Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis risiko keselamatan dan kesehatan kerja (K3) dalam pekerjaan konstruksi *core wall* pada Proyek Menara Komunikasi, dengan mengintegrasikan tiga pendekatan utama: *Job Safety Analysis* (JSA), *Hazard Identification, Risk Assessment, and Determining Control* (HIRADC), dan *Analytical Hierarchy Process* (AHP). Selain itu, analisis ini diperkuat dengan pendekatan *Cost-Benefit Analysis* (CBA) sebagai pertimbangan efisiensi ekonomi terhadap prioritas mitigasi risiko yang dihasilkan.

Alur pikir penelitian ini dibangun berdasarkan latar belakang yang menunjukkan tingginya risiko kerja pada proyek konstruksi, khususnya pekerjaan *core wall* yang melibatkan pekerjaan vertikal, penggunaan alat berat, dan paparan bahan berbahaya. Dalam hal ini, pendekatan JSA digunakan untuk mengidentifikasi bahaya spesifik pada setiap langkah kerja; HIRADC digunakan untuk menilai dan mengklasifikasikan risiko berdasarkan tingkat keparahan dan kemungkinan terjadinya; sedangkan AHP digunakan untuk memprioritaskan tindakan mitigasi secara objektif dengan melibatkan berbagai kriteria penilaian. CBA kemudian digunakan untuk mengevaluasi kelayakan ekonomi dari setiap alternatif mitigasi, memastikan bahwa tindakan pengendalian tidak hanya efektif secara teknis tetapi juga efisien secara biaya.

Secara umum, alur berpikir penelitian ini dimulai dari identifikasi masalah keselamatan kerja di pekerjaan *core wall*, dilanjutkan dengan kajian pustaka terkait konsep K3, metode JSA, HIRADC, AHP, dan CBA. Tahapan berikutnya adalah pengumpulan data primer (kuesioner, wawancara, observasi) dan data sekunder

(dokumen proyek, laporan K3), yang kemudian dianalisis secara bertahap menggunakan metode-metode tersebut. Hasil dari integrasi ketiga metode dianalisis secara sistematis untuk menghasilkan rekomendasi mitigasi risiko yang efektif dan efisien.

Melalui kerangka berpikir ini, penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata dalam penyusunan strategi pengelolaan risiko pada proyek konstruksi, terutama untuk pekerjaan yang kompleks seperti core wall. Pendekatan terpadu ini tidak hanya mengedepankan keselamatan kerja, tetapi juga mempertimbangkan efektivitas biaya serta keberlanjutan proyek secara menyeluruh.

3.2 Konsep Penelitian

Penelitian ini merupakan studi kasus yang dilaksanakan pada proyek pembangunan *core wall* Menara Komunikasi sebagai bagian dari analisis keselamatan dan kesehatan kerja (K3) di sektor konstruksi. Fokus penelitian diarahkan pada identifikasi, penilaian, dan pengendalian risiko kerja yang timbul selama proses konstruksi core wall, yang diketahui memiliki kompleksitas tinggi dan risiko signifikan terhadap keselamatan tenaga kerja. Pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah integrasi dari tiga metode utama, yaitu *Job Safety Analysis (JSA)*, *Hazard Identification, Risk Assessment, and Determining Control (HIRADC)*, serta *Analytical Hierarchy Process (AHP)*, yang dilengkapi dengan *Cost-Benefit Analysis (CBA)* sebagai dasar pengambilan keputusan mitigasi yang mempertimbangkan efisiensi ekonomi.

Secara lebih rinci, JSA digunakan untuk mengidentifikasi langkah-langkah kerja dan potensi bahaya spesifik dalam setiap tahapan pekerjaan core wall, seperti pekerjaan pembesian, pemasangan bekisting (*climbing formwork*), pengecoran beton, dan pembongkaran bekisting. Selanjutnya, metode HIRADC digunakan untuk menilai tingkat risiko berdasarkan kombinasi antara kemungkinan kejadian dan dampak yang ditimbulkan. Hasil penilaian risiko ini dikategorikan ke dalam level risiko (tinggi, sedang, rendah), yang menjadi dasar dalam merancang strategi pengendalian.

Menentukan prioritas pengendalian risiko secara objektif dilakukan dengan metode AHP. Melalui proses pembobotan kriteria seperti tingkat keparahan (*severity*), frekuensi (*likelihood*), dan biaya mitigasi (*cost*), metode ini menghasilkan urutan prioritas risiko

yang perlu segera dikendalikan. Hasil ini diperkuat dengan *Cost-Benefit Analysis*, yang menghitung kelayakan ekonomi dari setiap alternatif tindakan mitigasi untuk memastikan bahwa tindakan yang diambil tidak hanya efektif dari sisi teknis, tetapi juga efisien secara biaya. Konsep penelitian ini selaras dengan tujuan utama penelitian, yaitu menciptakan sistem manajemen risiko K3 yang lebih akurat, terukur, dan implementatif dalam proyek-proyek konstruksi berskala besar dan kompleks. Dengan demikian, hasil akhir dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi strategis bagi perusahaan konstruksi, baik dalam pengurangan risiko kerja maupun dalam peningkatan produktivitas dan efisiensi pelaksanaan proyek.

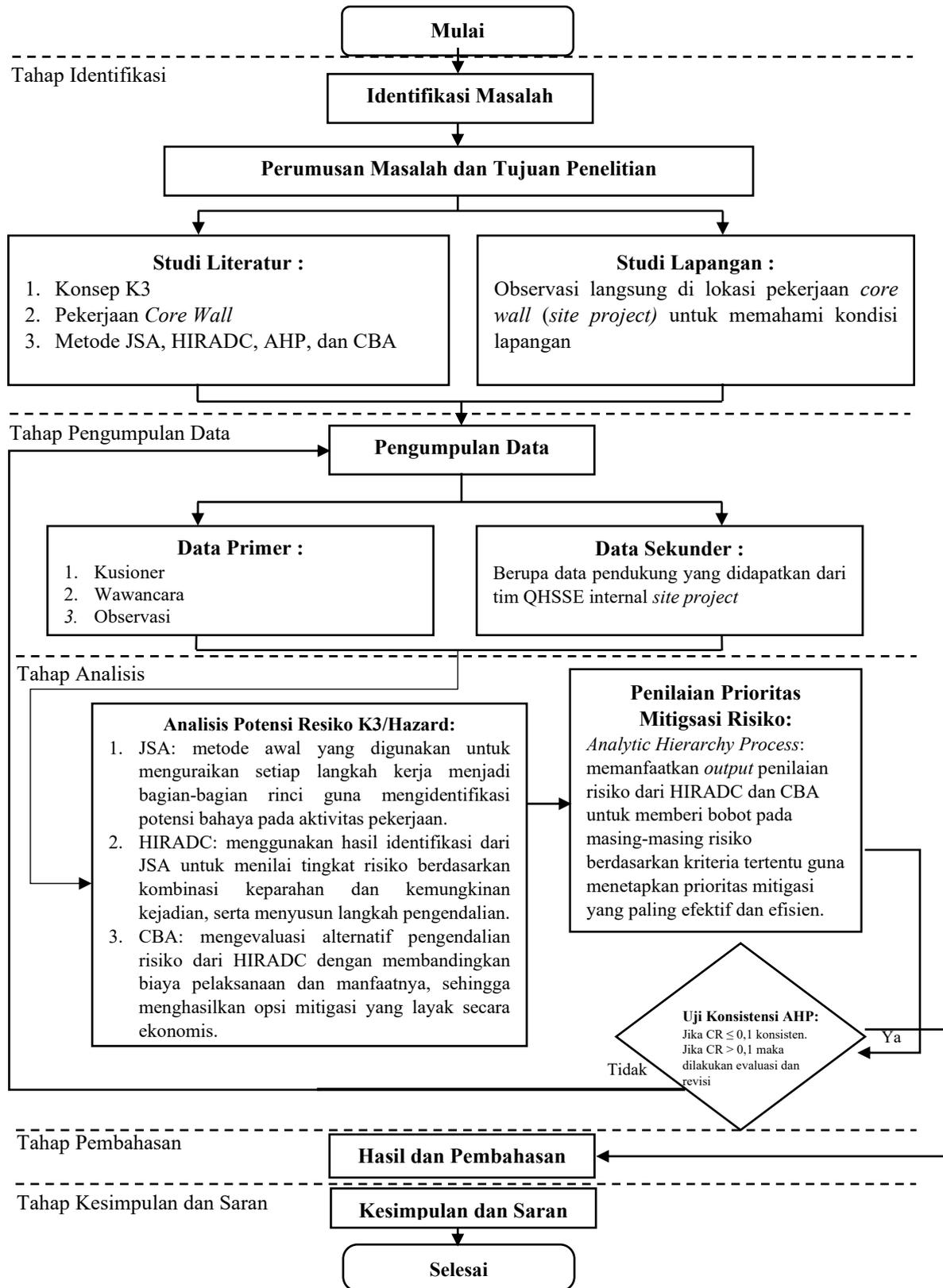
Fokus analisis diarahkan pada serangkaian aktivitas utama dalam pekerjaan konstruksi *core wall* yang memiliki tingkat risiko tinggi dan relevansi langsung terhadap penerapan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3). Berdasarkan hasil observasi dan studi lapangan pada Proyek Menara Komunikasi, terdapat tujuh jenis pekerjaan inti yang dianalisis secara mendalam. Pertama, pekerjaan pembesian (*rebar installation*) dianalisis karena melibatkan pengangkatan dan pengikatan tulangan baja, yang memiliki risiko ergonomis signifikan seperti nyeri otot dan cedera akibat postur kerja yang tidak ergonomis serta kontak dengan ujung tajam tulangan. Kedua, pemasangan bekisting (*climbing formwork*) termasuk pekerjaan dengan risiko tertinggi. Aktivitas ini dilakukan di ketinggian menggunakan sistem formwork vertikal bertahap, dengan potensi bahaya seperti jatuh dari ketinggian dan kegagalan struktur *formwork* yang dapat menyebabkan cedera serius.

Ketiga, pekerjaan pengecoran beton (*concrete casting*) mengandung risiko terpeleset di area kerja yang basah dan licin, serta paparan terhadap bahan kimia seperti aditif beton dan debu semen yang berisiko menimbulkan iritasi kulit atau gangguan pernapasan. Keempat, pembongkaran bekisting (*formwork removal*) dianalisis karena mengandung bahaya tertimpa material berat atau panel yang tidak terlepas sempurna, serta risiko akibat prosedur pelepasan yang tidak sesuai standar keselamatan. Kelima, aktivitas pengangkatan material menggunakan *tower crane* melibatkan risiko besar seperti kegagalan sistem angkat, jatuhnya material berat dari ketinggian, dan kurangnya

koordinasi zona kerja, yang dapat mengakibatkan kecelakaan fatal. Keenam, pekerjaan di ketinggian, seperti *reforming roof* atau pengecoran segmen atas *core wall*, memiliki risiko tinggi akibat keterbatasan ruang kerja, kurangnya pengamanan sisi, serta potensi kejatuhan dari elevasi tinggi yang dapat menyebabkan cedera parah hingga kematian.

Ketujuh, paparan lingkungan dan kimia, termasuk kebisingan dari alat berat serta debu dan uap kimia dari proses konstruksi, turut dianalisis karena dapat menimbulkan gangguan pendengaran dan masalah pernapasan apabila tidak dikendalikan dengan baik. Analisis terhadap seluruh rangkaian pekerjaan tersebut bertujuan untuk merumuskan strategi mitigasi risiko yang tidak hanya efektif secara teknis, tetapi juga efisien dari sisi biaya. Strategi ini dibangun melalui integrasi metode JSA, HIRADC, AHP, serta pendekatan *Cost-Benefit Analysis* (CBA). Pendekatan terpadu ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata terhadap penerapan K3 yang lebih komprehensif, sistematis, dan berkelanjutan pada proyek konstruksi berskala besar.

3.3 Tahap Penelitian



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

3.3.1 Tahap Identifikasi

Tahap ini bertujuan untuk mengenali secara menyeluruh permasalahan yang berkaitan dengan keselamatan dan kesehatan kerja (K3) dalam konteks pekerjaan konstruksi *core wall* di Proyek Menara Komunikasi. Identifikasi dilakukan melalui tiga pendekatan utama, yaitu: studi literatur, studi lapangan, dan analisis awal atas aspek teknis di lokasi proyek.

a) Identifikasi Masalah

Langkah awal mencakup pemahaman terhadap latar belakang proyek, termasuk kondisi pekerjaan *core wall* yang berisiko tinggi. Analisis dilakukan terhadap potensi bahaya, kesenjangan penerapan K3, serta tren kecelakaan kerja pada proyek-proyek sejenis. Proses ini menjadi dasar dalam merumuskan fokus dan batasan penelitian.

b) Studi Literatur

Kajian pustaka dilakukan untuk memperdalam pemahaman teoritis mengenai konsep K3, metode identifikasi dan penilaian risiko (JSA dan HIRADC), serta pendekatan prioritas berbasis data melalui AHP. Selain itu, literatur juga mencakup referensi tentang *Cost-Benefit Analysis* sebagai pertimbangan efisiensi dalam pengendalian risiko. Studi ini berfungsi sebagai landasan ilmiah dalam membangun kerangka metodologi penelitian.

c) Studi Lapangan

Observasi langsung di lokasi proyek dilakukan untuk memperoleh gambaran aktual mengenai tahapan kerja *core wall*, kondisi lingkungan kerja, dan penerapan K3 di lapangan. Data yang dikumpulkan mencakup prosedur operasional, potensi bahaya fisik, kebiasaan kerja, serta catatan penerapan APD dan kontrol teknis lainnya. Studi ini memperkuat validitas analisis dengan memastikan bahwa rancangan metode analisis sesuai dengan kondisi riil di proyek Menara Komunikasi.

3.3.2 Tahap Pengumpulan Data

Tahap ini bertujuan untuk memperoleh data yang relevan dan komprehensif guna mendukung analisis risiko keselamatan dan kesehatan kerja (K3) pada pekerjaan *core wall* di Proyek Menara Komunikasi. Sebelum pengumpulan data dilakukan, peneliti terlebih dahulu menyusun instrumen dalam bentuk formulir penilaian berbasis metode *Job Safety Analysis (JSA)*, *Hazard Identification, Risk Assessment, and Determining Control (HIRADC)*, serta *Analytical Hierarchy Process (AHP)*. Formulir ini dirancang untuk mengidentifikasi potensi bahaya, mengukur tingkat risiko berdasarkan kombinasi probabilitas dan dampak, serta menetapkan urutan prioritas mitigasi berdasarkan bobot kriteria yang relevan.

Proses pengumpulan data mencakup dua jenis sumber, yaitu:

- Data primer, diperoleh melalui observasi lapangan, penyebaran kuesioner tertutup, dan wawancara mendalam kepada pihak yang terlibat langsung dalam pekerjaan konstruksi *core wall*, yaitu pekerja lapangan, *supervisor*, dan manajer proyek.
- Data sekunder, meliputi dokumen pendukung seperti laporan K3, Standar Operasional Prosedur (SOP), catatan kecelakaan kerja sebelumnya, serta hasil inspeksi keselamatan dari tim *Quality, Health, Safety, Security, and Environment (QHSSE)*.

Adapun teknik pengumpulan data dalam penelitian ini terdiri dari:

a) Kuesioner

Digunakan untuk mengidentifikasi potensi bahaya dan risiko kerja berdasarkan pengalaman responden di lapangan. Kuesioner dirancang sesuai prinsip HIRADC untuk menilai probabilitas dan konsekuensi dari setiap risiko.

b) Wawancara Mendalam (*Depth Interview*)

Dilakukan dengan *supervisor* dan manajer proyek untuk menggali informasi mengenai efektivitas pengendalian risiko yang telah diterapkan serta tantangan aktual dalam implementasi K3.

c) Observasi Langsung (*Direct Observation*)

Dilakukan di lokasi proyek untuk memverifikasi data kuesioner dan wawancara, serta mencatat kondisi aktual pelaksanaan pekerjaan *core wall* dan kepatuhan terhadap prosedur K3.

Responden yang terlibat dalam penelitian ini berjumlah lima belas orang, terdiri dari pekerja, dan manajer proyek. Masing-masing memberikan perspektif yang berbeda dan saling melengkapi:

- a) Manajer proyek menyumbangkan informasi terkait strategi manajerial dan kebijakan K3 di proyek.
- b) Pekerja lapangan menyampaikan kondisi kerja aktual dan praktik keselamatan harian yang dijalankan.

Dalam pelaksanaannya, metode HIRADC digunakan untuk menghitung tingkat risiko dengan pendekatan semi-kuantitatif, berdasarkan parameter *severity* dan *likelihood*. Pemetaan ini menghasilkan klasifikasi risiko yang membantu dalam penyusunan pengendalian. Kemudian, metode JSA digunakan untuk memetakan bahaya berdasarkan urutan pekerjaan, seperti pemasangan tulangan, pengecoran, dan pembongkaran bekisting. Hasil JSA memberikan gambaran awal tentang langkah kerja yang memiliki risiko tinggi. Selanjutnya, pendekatan *Cost-Benefit Analysis* (CBA) digunakan untuk mengevaluasi kelayakan ekonomi dari berbagai alternatif pengendalian risiko yang telah diidentifikasi. Setiap tindakan mitigasi dinilai berdasarkan keseimbangan antara biaya pelaksanaan dan manfaat yang dihasilkan dalam menurunkan tingkat risiko. Melalui pendekatan ini, keputusan mitigasi tidak hanya didasarkan pada efektivitas teknis, tetapi juga pada efisiensi penggunaan sumber daya proyek secara keseluruhan.

Hasil dari analisis CBA ini kemudian menjadi landasan dalam proses prioritasasi risiko menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP). Dengan mempertimbangkan kriteria seperti tingkat keparahan, frekuensi kejadian, dan nilai ekonomi mitigasi yang merupakan hasil dari CBA. AHP digunakan untuk menyusun urutan prioritas tindakan pengendalian. Pembobotan dilakukan oleh para ahli K3, sehingga menghasilkan peringkat risiko dari yang paling mendesak hingga yang masih dapat ditangani secara rutin. Secara keseluruhan, integrasi metode JSA, HIRADC, CBA, dan AHP menghasilkan sistem pengelolaan risiko yang tidak hanya sistematis dan terukur, tetapi juga aplikatif dan berbasis efisiensi. Pendekatan terpadu ini mendukung

pengambilan keputusan yang objektif dan strategis dalam upaya menciptakan lingkungan kerja yang lebih aman dan berkelanjutan di proyek konstruksi.

3.3.3 Tahap Pengolahan Data

Tahap ini bertujuan untuk mengolah data hasil identifikasi dan pengumpulan secara sistematis, sehingga menghasilkan informasi yang relevan dan mendalam dalam analisis risiko K3 pada pekerjaan konstruksi core wall. Pengolahan data dilakukan melalui beberapa tahapan yang saling terintegrasi, mencerminkan alur logis dari deteksi bahaya hingga penetapan strategi mitigasi yang efisien secara teknis dan ekonomis. *Job Safety Analysis* diperoleh dari data observasi lapangan dan wawancara diklasifikasikan berdasarkan tahapan aktivitas pekerjaan *core wall*, seperti pekerjaan pembesian, pemasangan dan pembongkaran bekisting, serta pengecoran beton. Setiap aktivitas dianalisis secara rinci untuk mengidentifikasi potensi bahaya yang kemudian dikelompokkan menurut kategorinya, seperti bahaya fisik, mekanik, kimia, atau lingkungan. Selanjutnya, analisis *Hazard Identification, Risk Assessment, and Determining Control* (HIRADC). Penilaian risiko dilakukan dengan pendekatan semi-kuantitatif menggunakan matriks kombinasi antara tingkat probabilitas dan tingkat keparahan dampak (*severity*), sesuai standar risiko perusahaan. Setiap risiko dikategorikan ke dalam tingkat risiko rendah, sedang, tinggi, atau ekstrem. Berdasarkan hasil ini, rekomendasi pengendalian disusun menggunakan prinsip hierarki pengendalian risiko, mulai dari eliminasi, substitusi, rekayasa teknik, pengendalian administratif, hingga penggunaan alat pelindung diri (APD).

Tahap berikutnya adalah integrasi hasil ke dalam analisis *Cost-Benefit Analysis* (CBA). CBA digunakan untuk menilai efisiensi ekonomi dari masing-masing alternatif mitigasi risiko, dengan mempertimbangkan rasio antara biaya pengendalian dan manfaat yang dihasilkan misalnya penurunan risiko, pengurangan potensi kerugian, serta peningkatan produktivitas. Pendekatan ini membantu menghindari pengeluaran yang tidak proporsional untuk risiko yang kurang signifikan, dan sebaliknya memprioritaskan alokasi sumber daya pada risiko yang berdampak tinggi. Berdasarkan hasil CBA, dilakukan proses penentuan prioritas risiko menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP). Hierarki keputusan disusun berdasarkan tiga kriteria utama, yaitu tingkat

keparahan, kemungkinan kejadian, dan biaya mitigasi. Responden ahli diminta melakukan perbandingan berpasangan antar kriteria, dan hasilnya diolah menggunakan metode *eigen vector* untuk memperoleh bobot prioritas. Urutan prioritas ini menjadi dasar dalam penetapan strategi mitigasi yang efektif dan efisien.

Langkah terakhir dari tahap pengolahan data adalah integrasi dan validasi hasil. Seluruh temuan dari JSA, HIRADC, CBA, dan AHP digabungkan untuk membentuk gambaran menyeluruh mengenai risiko kerja di pekerjaan *core wall*. Hasil ini kemudian divalidasi melalui diskusi bersama tim ahli K3, manajemen proyek, dan *stakeholder* terkait guna memastikan keakuratan dan relevansi rekomendasi yang dihasilkan. Keseluruhan proses pengolahan data ini tidak hanya menghasilkan pemetaan risiko yang komprehensif, tetapi juga menyediakan dasar strategis dalam penyusunan rekomendasi mitigasi yang dapat diterapkan secara praktis dan berkelanjutan pada proyek konstruksi *core wall* Proyek Menara Komunikasi.

3.3.4 Tahap Analisis dan Interpretasi

Tahap ini bertujuan untuk menganalisis dan menginterpretasikan data yang telah diolah guna memperoleh pemahaman menyeluruh terkait risiko keselamatan dan kesehatan kerja (K3) pada pekerjaan konstruksi *core wall* di Proyek Menara Komunikasi. Analisis dilakukan secara bertahap, dimulai dari identifikasi bahaya melalui JSA, penilaian risiko menggunakan HIRADC, evaluasi efisiensi pengendalian melalui *Cost-Benefit Analysis* (CBA), hingga penetapan prioritas mitigasi dengan *Analytical Hierarchy Process* (AHP). Proses interpretasi difokuskan pada penarikan makna dari temuan kuantitatif dan kualitatif, seperti tingkat risiko tiap tahapan pekerjaan, efektivitas strategi pengendalian, serta bobot risiko berdasarkan kriteria *severity*, *likelihood*, dan *cost*. Hasil analisis ini kemudian dibandingkan dengan literatur dan standar K3 untuk memastikan bahwa langkah-langkah mitigasi yang direkomendasikan selaras dengan praktik terbaik dan regulasi keselamatan kerja.

3.3.5 Implikasi Praktis

Penerapan metode JSA, HIRADC, AHP, dan CBA memberikan kontribusi nyata dalam meningkatkan efektivitas sistem pengelolaan risiko pada proyek konstruksi. Identifikasi bahaya dan penilaian risiko yang sistematis membantu meminimalkan

potensi kecelakaan kerja, meningkatkan kepatuhan terhadap prosedur keselamatan, serta menciptakan lingkungan kerja yang lebih aman dan terkendali. Melalui AHP dan CBA, strategi pengendalian yang dipilih tidak hanya berdasarkan tingkat bahaya, tetapi juga memperhatikan efisiensi biaya. Hal ini memastikan bahwa sumber daya proyek dialokasikan secara optimal, fokus pada risiko yang paling signifikan dan berdampak. Pendekatan berbasis data ini juga memperkuat kemampuan manajemen proyek dalam mengambil keputusan yang objektif dan strategis. Selain meningkatkan keselamatan, penerapan metode ini juga berdampak pada efisiensi operasional. Secara keseluruhan, integrasi keempat metode ini memperkuat implementasi K3 serta menjadi model pengelolaan risiko yang dapat direplikasi pada proyek konstruksi sejenis.

3.3.6 Tahap Pengambilan Kesimpulan dan Saran

Tahap ini merupakan tahap akhir dari penelitian. Berdasarkan langkah-langkah yang telah dilakukan sebelumnya, dapat dirumuskan kesimpulan sebagai jawaban atas permasalahan yang dibahas, disertai diskusi atau saran sebagai pertimbangan untuk penelitian selanjutnya.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas hasil pengumpulan data dari observasi, wawancara, dan kuesioner dijelaskan secara rinci. Data dikumpulkan dari pekerja proyek konstruksi Menara Komunikasi yang terlibat dalam pekerjaan *core wall*, dengan fokus pada aspek keselamatan dan kesehatan kerja (K3) yang dilaksanakan pada Agustus 2024 hingga Maret 2025. Hasil penelitian kemudian dianalisis untuk mengidentifikasi penyebab, mengevaluasi konsekuensi atau risiko, menentukan langkah pengendalian, menilai tingkat risiko akhir, serta memberikan rekomendasi yang sesuai.

4.1 Gambaran Umum Perusahaan dan Proyek

Perusahaan yang menjadi objek dalam penelitian ini merupakan Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang berfokus pada sektor jasa konstruksi dan investasi infrastruktur, dengan pengalaman lebih dari enam dekade dalam mengerjakan berbagai proyek berskala nasional dan internasional. Sejak didirikan pada tahun 1961, perusahaan telah menunjukkan kapabilitasnya melalui keterlibatan dalam pembangunan jalan tol, gedung bertingkat, jembatan ikonik, serta proyek infrastruktur transportasi dan energi lainnya. Perusahaan ini berkomitmen untuk menerapkan prinsip *Engineering Excellence* melalui integrasi inovasi teknologi, manajemen mutu, serta penerapan prinsip keberlanjutan. perusahaan ini juga telah mengantongi sertifikasi ISO 9001, ISO 14001, dan ISO 45001 sebagai bukti komitmen terhadap manajemen mutu, pengelolaan lingkungan, serta keselamatan dan kesehatan kerja.

Salah satu proyek strategis yang sedang dilaksanakan oleh perusahaan ini adalah Pembangunan Menara Komunikasi yang berlokasi di Provinsi Bali. Proyek ini dirancang sebagai menara multifungsi dengan ketinggian mencapai 115 meter, terletak pada ketinggian 1.561,85 meter di atas permukaan laut. Secara fungsional, Menara Komunikasi bertujuan untuk menjadi pusat penyiaran siaran digital (*multiplexing*) bagi wilayah Bali Utara dan sekitarnya, serta sebagai pusat pengendalian bencana alam melalui sistem peringatan dini (*early warning system*). Selain fungsi penyiaran dan mitigasi bencana, Menara Komunikasi dikembangkan dengan konsep kawasan wisata edukatif berbasis teknologi. Perencanaan fasilitas pendukung mencakup pembangunan

observatorium digital, museum penyiaran, ruang pameran budaya Bali, area edukasi teknologi informasi, serta restoran bertema *sky view*. Pengembangan tersebut diharapkan dapat mendukung pertumbuhan ekonomi lokal melalui sektor pariwisata berbasis edukasi dan teknologi.

Dilihat dari sisi teknis, Menara Komunikasi menggunakan struktur utama berupa *core wall* beton bertulang berbentuk segi delapan. Struktur ini dirancang untuk memberikan ketahanan terhadap beban gravitasi dan beban lateral akibat angin dan gempa, sekaligus berfungsi sebagai elemen pengaku utama bangunan. Pembangunan *core wall* dilakukan secara bertahap menggunakan sistem *climbing formwork*, dengan dukungan *tower crane* untuk mengatasi tantangan geografis dan ketinggian yang ekstrem. Proyek ini menghadapi berbagai potensi risiko keselamatan kerja, termasuk risiko jatuh dari ketinggian, kejatuhan material, serta paparan terhadap kondisi cuaca ekstrem. Oleh sebab itu, penerapan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) menjadi aspek yang sangat krusial dan dilaksanakan secara konsisten di seluruh tahap pembangunan.

Dengan penerapan teknologi konstruksi modern, pengelolaan risiko yang sistematis, serta dukungan sumber daya manusia yang profesional, perusahaan ini menargetkan penyelesaian proyek Menara Komunikasi sesuai jadwal dan standar mutu yang ditetapkan. Keberhasilan proyek ini diharapkan tidak hanya memperkuat infrastruktur komunikasi dan mitigasi bencana di Bali, tetapi juga memberikan kontribusi terhadap pengembangan pendidikan digital dan pariwisata berkelanjutan, sekaligus memperkuat posisi perusahaan ini sebagai pelaksana utama proyek strategis nasional.

4.1.1 Visi dan Misi Perusahaan

4.1.1.1 Visi Perusahaan

“Pengembang Properti Terkemuka di Indonesia”

Visi ini menggambarkan tujuan jangka panjang perusahaan untuk menjadi pemimpin dalam industri properti di Indonesia. Kata "terkemuka" mencerminkan tekad perusahaan untuk unggul dalam berbagai aspek, seperti kualitas pembangunan, inovasi desain, kepuasan pelanggan, serta kontribusi terhadap pembangunan berkelanjutan. Visi ini juga mencerminkan aspirasi perusahaan untuk membangun reputasi yang kuat di tingkat nasional dan menjadi acuan bagi pengembang lainnya.

4.1.1.2 Misi Perusahaan

Misi perusahaan terdiri dari empat poin utama yang menunjukkan pendekatan strategis dalam mencapai visi tersebut:

- 1. Menciptakan Nilai dan Ekonomi**

Misi ini menunjukkan komitmen perusahaan untuk menghasilkan manfaat ekonomi, baik bagi pemegang saham, pelanggan, maupun masyarakat luas. Penciptaan nilai tidak hanya berkaitan dengan keuntungan finansial, tetapi juga mencakup kontribusi terhadap pembangunan infrastruktur, kawasan hunian, dan peningkatan kualitas hidup.

- 2. Memastikan Budaya Keselamatan di Lingkungan Perusahaan**

Aspek keselamatan merupakan prioritas penting dalam industri properti dan konstruksi. Misi ini menegaskan bahwa perusahaan menanamkan budaya keselamatan sebagai bagian dari operasional sehari-hari, demi melindungi karyawan, mitra kerja, dan masyarakat sekitar dari risiko kerja dan bahaya lainnya.

- 3. Bersinergi dengan Mitra Bisnis**

Keberhasilan suatu proyek properti sangat bergantung pada kerja sama berbagai pihak. Dengan menjadikan sinergi sebagai misi, perusahaan menunjukkan pentingnya kolaborasi dengan kontraktor, pemasok, pemerintah, dan stakeholder lainnya untuk menciptakan hasil yang optimal dan berkelanjutan.

- 4. Memenuhi Harapan Para Pemangku Kepentingan**

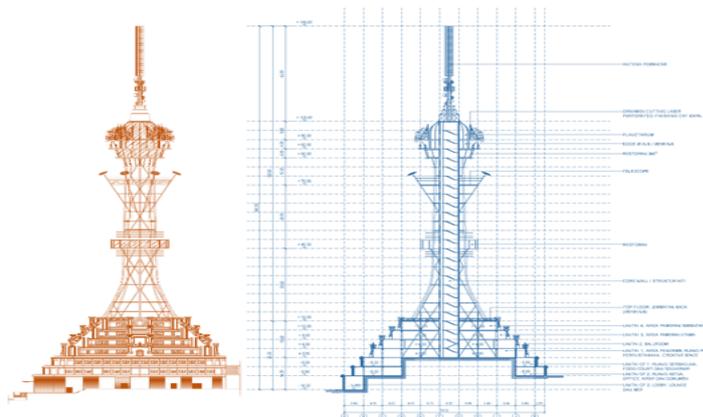
Perusahaan berkomitmen untuk memahami dan menjawab kebutuhan seluruh pemangku kepentingan, termasuk pelanggan, investor, masyarakat, dan pemerintah. Dengan fokus pada kepuasan dan kepercayaan, perusahaan membangun hubungan jangka panjang yang saling menguntungkan.

4.2 Metode Pelaksanaan dan Penataan Struktur *Core Wall*

Pekerjaan *core wall* merupakan salah satu elemen struktural utama dalam pembangunan Proyek Menara Komunikasi, yang berfungsi sebagai sistem penahan beban lateral dan vertikal serta sebagai pusat kekakuan struktur bangunan. *Core wall* pada proyek ini dirancang dengan bentuk segi delapan dan dibangun secara vertikal bertahap hingga mencapai ketinggian 104 meter. Kompleksitas bentuk dan fungsi struktur tersebut

menuntut metode pelaksanaan konstruksi yang presisi dan sistematis, dengan pengendalian risiko yang ketat mengingat medan lokasi berada pada ketinggian $\pm 1.561,85$ mdpl. Metode pelaksanaan pembangunan *core wall* dimulai dengan pekerjaan pembesian (*rebar installation*), yaitu pemasangan tulangan baja sesuai spesifikasi gambar kerja. Selanjutnya dilakukan pemasangan bekisting menggunakan sistem *climbing formwork*, yakni bekisting yang dapat dinaikkan secara bertahap seiring dengan progres pengecoran vertikal. Metode ini dipilih karena efisien untuk bangunan tinggi dan memungkinkan pekerjaan dilakukan secara berulang di tiap segmen lantai. Proses ini didukung oleh penggunaan *tower crane* sebagai alat bantu utama dalam pengangkatan material.

Pekerjaan pengecoran beton (*concrete casting*) dilaksanakan secara bersegmen, menyesuaikan dengan urutan ketinggian dan waktu perkuatan struktur. Beton yang digunakan adalah beton mutu tinggi dengan karakteristik tertentu yang mampu menahan gaya tekan, geser, dan tarik sesuai perhitungan struktur. Setelah beton mengeras dan mencapai kekuatan yang ditentukan, dilanjutkan dengan pembongkaran bekisting (*formwork removal*) untuk kemudian dilanjutkan ke segmen berikutnya. Penataan struktur *core wall* dilakukan secara vertikal terpusat di tengah bangunan, mengikuti rancangan geometrik segi delapan yang telah ditentukan. Penempatan ini bertujuan untuk menciptakan distribusi beban yang merata serta meminimalisir eksentrisitas beban lateral terhadap pusat massa bangunan. Strategi penempatan ini juga mempertimbangkan tata letak elemen struktural lainnya, seperti kolom perimeter dan *shear wall* tambahan, yang saling bekerja sebagai satu kesatuan sistem tahan gempa.



Gambar 4. 1 Visualisasi Gambar Menara Komunikasi

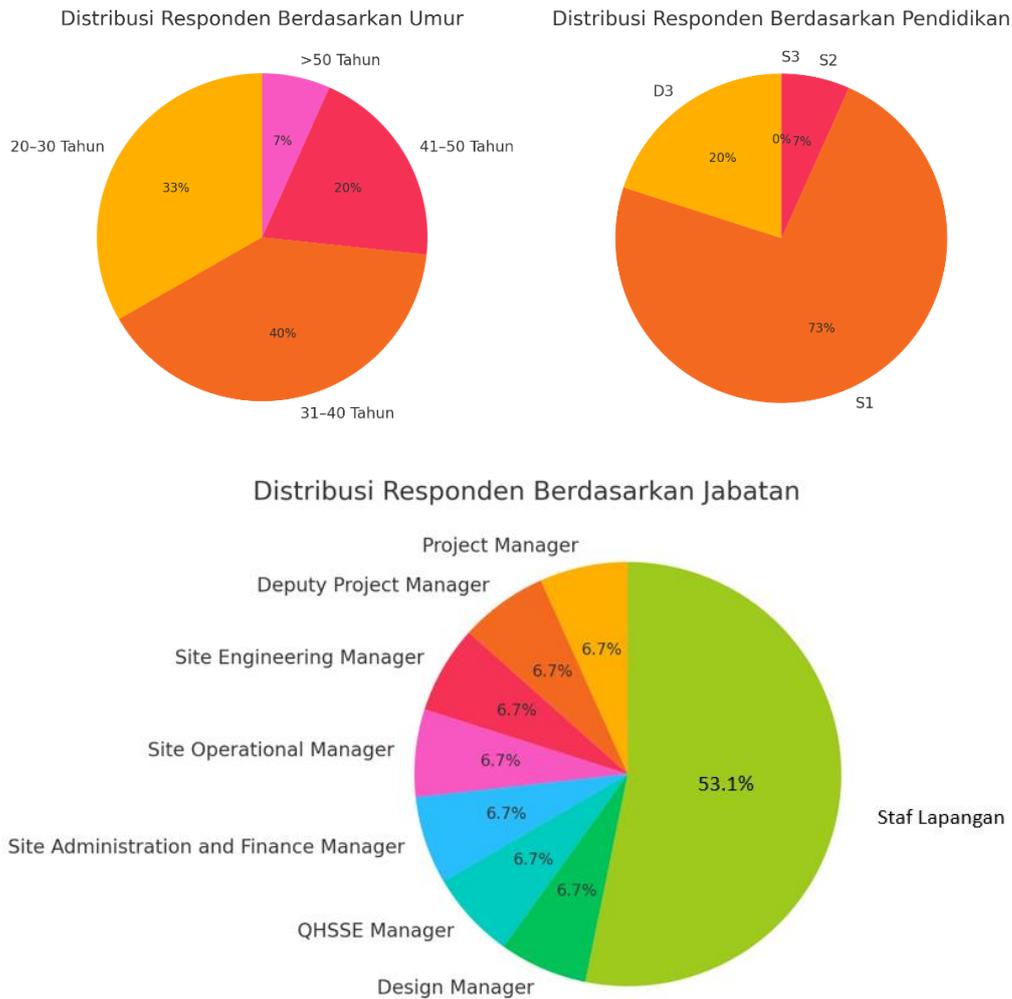
Pelaksanaan konstruksi *core wall* pada proyek Menara Komunikasi menuntut koordinasi intensif antara tim lapangan, pengawas K3, dan perencana struktur, mengingat pekerjaan dilakukan di ketinggian dengan risiko jatuh, kejatuhan material, dan kondisi cuaca ekstrem. Oleh karena itu, seluruh tahapan pelaksanaan dikawal ketat oleh penerapan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3), dengan pengawasan harian terhadap penggunaan alat pelindung diri (APD), pengecekan stabilitas *formwork*, dan prosedur evakuasi darurat. Metode pelaksanaan dan penataan struktur yang terukur, disertai pengendalian risiko yang sistematis, diharapkan mampu memastikan pekerjaan *core wall* selesai tepat waktu, memenuhi standar kualitas struktural, serta menjamin keselamatan tenaga kerja di lapangan.

4.3 Karakteristik Responden

Bagian ini memaparkan data mengenai karakteristik responden yang terlibat dalam penelitian, mencakup usia, tingkat pendidikan, serta jabatan dalam lingkungan kerja. Tujuan penyajian karakteristik ini adalah untuk memberikan gambaran umum tentang profil responden yang menjadi sumber informasi dalam pengumpulan data.

Tabel 4. 1 Karakteristik Responden

Kategori	Jumlah Responden	Presentase
Golongan Umur		
20–30 Tahun	5	33%
31–40 Tahun	6	40%
41–50 Tahun	3	20%
>50 Tahun	1	7%
Golongan Pendidikan		
D3	3	20%
S1	11	73%
S2	1	7%
S3	0	0%
Jabatan		
<i>Project Manager</i>	1	6.7%
<i>Deputy Project Manager</i>	1	6.7%
<i>Site Engineering Manager</i>	1	6.7%
<i>Site Operational Manager</i>	1	6.7%
<i>Site Administration and Finance Manager</i>	1	6.7%
<i>QHSSE Manager</i>	1	6.7%
<i>Design Manager</i>	1	6.7%
Staf Lapangan	8	53.1%



Gambar 4. 2 Diagram Karakteristik Responden

Berdasarkan tabel distribusi, mayoritas responden berada pada rentang usia 31–40 tahun sebesar 40%, diikuti oleh usia 20–30 tahun sebanyak 33%. Hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar responden tergolong dalam usia produktif yang aktif dalam dunia kerja. Responden berusia 41–50 tahun mencakup 20%, sementara yang berusia di atas 50 tahun hanya 7%. Dari sisi pendidikan, responden dengan latar belakang S1 mendominasi dengan proporsi 73%, diikuti oleh lulusan D3 sebanyak 20%, dan S2 hanya 7%, sedangkan tidak ada responden dengan latar belakang pendidikan S3. Hal ini menunjukkan bahwa mayoritas responden memiliki pendidikan tinggi yang relevan dengan bidang pekerjaannya.

Sementara itu, dilihat dari jabatan, sebanyak 53.1% responden merupakan staf lapangan, yang menunjukkan bahwa sebagian besar data diperoleh dari karyawan operasional yang terlibat langsung dalam pelaksanaan kegiatan. Sisanya tersebar merata pada posisi manajerial seperti *Project Manager*, *Deputy Project Manager*, *Site Engineering Manager*, dan lainnya, masing-masing sebesar 6.7%. Secara keseluruhan, komposisi responden dalam penelitian ini cukup representatif untuk menggambarkan pandangan dari berbagai level organisasi, baik dari segi usia, latar belakang pendidikan, maupun struktur jabatan.

4.4 Job Safety Analysis (JSA)

Job Safety Analysis (JSA) dilakukan untuk mengidentifikasi potensi bahaya pada setiap tahapan pekerjaan konstruksi *core wall* di Proyek Menara Komunikasi. Analisis ini bertujuan untuk mengurai kegiatan kerja menjadi langkah-langkah detail guna menemukan risiko yang mungkin terjadi, serta menentukan langkah pengendalian yang tepat agar risiko tersebut dapat diminimalkan.

Pelaksanaan JSA dalam penelitian ini mencakup empat tahapan utama, yaitu:

1. Identifikasi Pekerjaan Berisiko Tinggi

Pekerjaan konstruksi yang memiliki tingkat risiko tinggi seperti pengangkatan dan pemasangan tulangan baja, pengecoran beton, dan pemasangan bekisting (*formwork*) diidentifikasi sebagai fokus utama analisis. Pemilihan pekerjaan dilakukan berdasarkan observasi lapangan dan konsultasi dengan personel proyek.

2. Penguraian Langkah Kerja

Setiap pekerjaan diuraikan menjadi langkah-langkah operasional yang terstruktur. Misalnya, kegiatan pengecoran beton dipecah menjadi persiapan bekisting, pengecekan mutu material, dan proses pengecoran menggunakan *tower crane*.

3. Identifikasi Potensi Bahaya

Setiap langkah kerja diidentifikasi potensi bahaya yang mungkin timbul. Contoh potensi bahaya meliputi kejatuhan material dari ketinggian, tergelincir saat bekerja pada area basah, serta paparan debu semen dan bahan kimia aditif beton.

4. Rencana Pengendalian Bahaya

Berdasarkan potensi bahaya yang diidentifikasi, ditentukan pengendalian yang sesuai dengan prinsip hierarki pengendalian risiko. Langkah pengendalian dapat berupa penggunaan alat pelindung diri (APD) seperti helm dan *safety harness*, prosedur kerja yang jelas (SOP), serta pembatasan akses ke area berisiko tinggi.

Dokumentasi hasil JSA dilakukan dalam format tabel yang terdiri dari kolom: langkah kerja, potensi bahaya, dampak yang ditimbulkan, tingkat risiko awal, serta tindakan pengendalian yang direkomendasikan. Hasil JSA ini menjadi lanjutan setelah penyusunan HIRADC dan akan diintegrasikan lebih lanjut melalui metode AHP untuk menetapkan prioritas mitigasi risiko secara kuantitatif.

Job Safety Analysis (JSA) Form			
Date of Issue :	Revision :	Document Number :	

Tabel 4. 2 Job Safety Analysis

MENARA KOMUNIKASI				Prepared by	Reviewed by	Approved by	
				Supervisor	HSE	Site Manager	Owner (IRT)
Nama	:		Nama				
Jabatan	:		Tanda Tangan				
Item of Work	:	CORE WALL					
Lokasi	:						
Tanggal	:		Tanggal				

NO	Sequence of Basic Job Steps <i>Tahapan pekerjaan</i>	Hazard <i>Bahaya</i>	Risk <i>Risiko</i>	Consequence / severity <i>Akibat</i>	Recommendation action <i>Tindakan Pengendalian</i>
1.	Climbing Formwork (Pemasangan bekisting)	Terjatuh dari ketinggian	Kehilangan keseimbangan saat naik turun formwork	Patah tulang, gegar otak, kematian	Full body harness, guardrail, SOP kerja ketinggian
		Tertimpa material bekisting	Material terlepas saat pengangkatan	Cedera kepala atau tubuh	Helm berstandar, area kerja steril, pengecekan koneksi formwork
		Kecelakaan akibat cuaca ekstrem	Permukaan licin saat hujan, angin kencang	Terpeleset, jatuh	Pembatalan kerja saat cuaca ekstrem, alas anti-slip
2.	Material Handling (Pengangkatan material dengan crane)	Sling crane putus	Kelebihan beban atau sambungan tidak sesuai	Material jatuh, cedera fatal	Pemeriksaan beban, operator bersertifikat, SOP lifting
		Beban ayun terkena pekerja	Beban tidak stabil saat pengangkatan	Cedera tubuh	Pembatas zona kerja, komunikasi rigger
		Crane tersambar petir	Cuaca buruk saat operasi crane	Kematian, kerusakan alat	Hentikan pekerjaan saat badai/petir, grounding alat
3.	Rebar Installation (Pemasangan tulangan)	Cedera otot/punggung akibat postur membungkuk	Mengangkat batang besi secara manual	Cedera punggung	Rotasi kerja, penyuluhan ergonomic
		Luka akibat terkena ujung tulangan	Ujung besi tidak ditutup atau tidak terlihat	Luka tusuk, infeksi	Penutup tulangan (cap), sarung tangan
		Tertimpa saat pengikatan kawat	Terlilit atau tersandung tulangan	Luka kaki, tangan	Area kerja tertata, gunakan APD lengkap
4.	Formwork Removal (Pembongkaran bekisting)	Panel jatuh saat dilepas	Penguncian tidak sempurna	Cedera kepala/lengan	SOP pembongkaran, gunakan scaffolding stabil
		Tertusuk paku atau material sisa	Kurangnya pembersihan sebelum pembongkaran	Luka ringan hingga serius	Pemeriksaan alat dan lokasi sebelum kerja
		Tertimpa pekerja lain dari atas	Tidak ada koordinasi vertikal antar lantai	Cedera berat	Komunikasi visual/HT, sistem izin kerja

Job Safety Analysis (JSA) Form			
Date of Issue :	Revision :	Document Number :	

5.	Crane Operation (Pengoperasian crane)	Crane overload	Beban melebihi kapasitas	Crane tumbang, korban jiwa	Sensor beban otomatis, SOP operasi
		Operator tidak bersertifikat	Tidak memahami prosedur kerja	Salah operasi, beban lepas	Sertifikasi & pelatihan operator
		Gangguan sinyal komunikasi crane	Misunderstanding antara operator dan rigger	Beban salah arah	SOP komunikasi, HT anti-interferensi
6	Concrete Casting (Pengecoran beton)	Terpeleset di permukaan licin	Beton tumpah di permukaan kerja	Luka pergelangan, jatuh	Karpet anti-slip, pembersihan berkala
		Terkena bahan kimia dari aditif beton	Tidak pakai masker/sarung tangan	Iritasi kulit/pernapasan	Gunakan masker, sarung tangan, APD standar
		Cedera akibat vibrator beton	Kabel tidak rapi, operator kurang hati-hati	Getaran berlebihan, kejutan listrik	Pemeriksaan alat, SOP penggunaan vibrator
7.	Reforming Roof (Pekerjaan struktur atap ketinggian)	Jatuh dari area atap saat berjalan	Tidak ada pengaman tepi atap	Cedera kepala, kematian	Guardrail, tali pengaman
		Tertimpa alat atau material dari atas	Benda jatuh dari pekerja atas	Luka parah pada kepala	Tutup alat/material, area steril
		Cuaca ekstrem di ketinggian	Angin kencang, hujan saat bekerja di rooftop	Jatuh akibat terpeleset/angin	Monitoring cuaca, hentikan pekerjaan saat tidak aman
8.	Heavy Equipment (Paparasi kebisingan alat berat)	Kehilangan pendengaran jangka panjang	Terpapar suara >85 dB tanpa pelindung	Gangguan pendengaran permanen	Earplug/earmuff standar, pengawasan harian penggunaan
		Gangguan komunikasi di area bising	Suara operator tidak terdengar	Salah instruksi	Sistem isyarat visual, alat komunikasi tambahan
		Kabel mesin terinjak dan terputus	Area kerja sempit dan berantakan	Korsleting, luka bakar ringan	Penataan kabel, pelindung kabel, inspeksi berkala

4.5 Hazard Identification, Risk Assessment And Determining Control (HIRADC)

4.5.1 Identifikasi bahaya (*Hazard Identification*)

Identifikasi bahaya pada pekerjaan konstruksi *core wall* di proyek Menara Komunikasi dilakukan dengan pendekatan sistematis untuk mendeteksi potensi bahaya yang dapat menimbulkan kecelakaan kerja. Metode yang digunakan dalam proses ini mencakup observasi lapangan, wawancara dengan pekerja dan manajer proyek, serta peninjauan dokumen keselamatan kerja. Identifikasi bahaya menjadi tahap awal dalam sistem manajemen keselamatan kerja untuk memahami risiko yang mungkin terjadi selama pelaksanaan pekerjaan konstruksi *core wall*.

Berikut ini adalah langkah-langkah yang dilakukan dalam proses identifikasi bahaya:

4.5.1.1 Observasi Lapangan

Pengamatan langsung dilakukan di area kerja *core wall* untuk mengidentifikasi potensi bahaya berdasarkan kondisi aktual. Observasi difokuskan pada aktivitas pembesian, *climbing formwork*, pengecoran beton, dan pembongkaran bekisting. Beberapa bahaya utama yang teridentifikasi antara lain risiko jatuh dari ketinggian, tertimpa material, dan paparan debu semen. Seorang pekerja menyatakan, “Ketika pemasangan bekisting di ketinggian, kami harus ekstra hati-hati karena rawan terpeleset, apalagi saat cuaca lembab.”

4.5.1.2 Wawancara dengan Pekerja dan Supervisor

Melibatkan pekerja lapangan, mandor, dan manajer proyek untuk memperoleh informasi mengenai potensi bahaya dari perspektif operasional. Hasil wawancara menunjukkan bahwa kelelahan kerja, penggunaan APD yang tidak konsisten, dan tekanan pekerjaan menjadi faktor penyebab munculnya risiko. Salah satu supervisor mengatakan, “Pekerja sering melepas helm atau rompi saat merasa tidak nyaman, padahal itu sangat berisiko.”

4.5.1.3 Peninjauan SOP dan Laporan K3

Dokumen seperti Standar Operasional Prosedur (SOP), laporan kecelakaan kerja, dan catatan inspeksi K3 dianalisis untuk mengetahui konsistensi penerapan pengendalian risiko. Peninjauan ini menemukan adanya ketidaksesuaian antara

prosedur tertulis dan praktik aktual di lapangan, terutama dalam penggunaan alat pelindung diri (APD).

4.5.1.4 Analisis Bahaya Material dan Lingkungan

Selain bahaya mekanis dan ketinggian, pekerjaan *core wall* juga mengandung risiko paparan bahan kimia seperti aditif beton dan debu semen. Penggunaan tower crane untuk pengangkatan material juga menghadirkan risiko jatuhnya benda berat. Data cuaca ekstrem di lokasi proyek turut memperbesar risiko keselamatan kerja.

4.5.1.5 Masukan dari Tim QHSSE

Tim *Quality, Health, Safety, Security, and Environment* (QHSSE) memberikan masukan terkait evaluasi risiko dari hasil inspeksi rutin. Beberapa risiko tambahan diidentifikasi, seperti tidak adanya pagar pengaman pada area tertentu dan kurangnya pelatihan darurat kebakaran.

Proses identifikasi bahaya pada pekerjaan *core wall* proyek Menara Komunikasi mengungkapkan adanya potensi risiko signifikan yang tersebar pada setiap tahapan pekerjaan, mulai dari risiko fisik akibat alat berat, bahaya jatuh, paparan debu dan bahan kimia, hingga tekanan kerja. Melalui pendekatan observasi, wawancara, dan dokumentasi, identifikasi bahaya ini menjadi dasar dalam merancang langkah pengendalian yang tepat demi menciptakan lingkungan kerja yang lebih aman. Sehingga, identifikasi permasalahan yang disajikan dalam Tabel 4.2 di bawah ini menunjukkan berbagai potensi bahaya beserta faktor penyebabnya pada setiap tahapan pekerjaan konstruksi *core wall*. Tercatat delapan jenis aktivitas kerja yang berpotensi menimbulkan kecelakaan, serta 8 delapan jenis bahaya beserta konsekuensi yang mungkin timbul, mulai dari jatuh dari ketinggian hingga gangguan pendengaran akibat paparan kebisingan. Informasi ini memberikan gambaran menyeluruh mengenai risiko-risiko utama yang dihadapi pekerja selama pelaksanaan pekerjaan *core wall*. Setelah proses identifikasi bahaya dilakukan, tahap berikutnya adalah melakukan penilaian risiko untuk mengukur tingkat keparahan dan kemungkinan terjadinya masing-masing bahaya.

Tabel 4. 3 Identifikasi Bahaya

Faktor Penyebab	Pelaksana Pekerjaan	Proses	Aktivitas	Identifikasi	
				Bahaya	Risiko
Manusia	Pekerja pemasangan bekisting	<i>Climbing Formwork</i>	Pemasangan bekisting di ketinggian	Jatuh dari ketinggian	Cedera kepala, patah tulang, kematian
Mesin	<i>Operator crane</i>	<i>Material Handling</i>	Pengangkatan material dengan crane	Terjatuhnya material berat	Cedera berat atau kematian pekerja
Manusia	Pekerja pengecoran	<i>Concrete Casting</i>	Pengecoran beton	Terpeleset di area licin	Luka ringan hingga serius
Kimia	Pekerja cor	<i>Material Handling</i>	Paparan aditif beton & debu semen	Iritasi kulit & gangguan pernapasan	Penyakit kulit, ISPA
Manusia	Pekerja pembongkaran bekisting	<i>Formwork Removal</i>	Pembongkaran bekisting	Tertimpa material	Cedera punggung/lengan
Mesin	Penggunaan alat berat	<i>Equipment Operation</i>	Pengoperasian crane & alat bantu lainnya	Kegagalan alat	Cedera serius hingga fatal
Ergonomi	Pekerja pemasangan tulangan	<i>Rebar Installation</i>	Mengangkat dan mengikat tulangan baja	Postur kerja tidak ergonomis	Nyeri punggung & kelelahan otot
Suara/Bising	Seluruh pekerja di area <i>core wall</i>	Lingkungan Kerja	Paparan suara alat berat & mesin	Kebisingan tinggi	Gangguan pendengaran

4.5.2 Penilaian Risiko

Setelah dilakukan proses identifikasi bahaya pada pekerjaan core wall proyek Menara Komunikasi, langkah selanjutnya adalah melakukan penilaian risiko untuk mengetahui tingkat keparahan serta kemungkinan terjadinya kecelakaan kerja atau dampak terhadap kesehatan pekerja di lapangan. Penilaian ini bertujuan untuk menyusun prioritas mitigasi secara tepat dan terukur. Proses penilaian risiko dilakukan dengan memanfaatkan data dari observasi lapangan, kuesioner, wawancara, dan dokumen proyek seperti Standar Operasional Prosedur (SOP) dan laporan kecelakaan kerja sebelumnya. Penilaian risiko melibatkan pekerja lapangan, supervisor, dan manajer proyek yang memiliki pengalaman teknis pada pekerjaan core wall, termasuk tim QHSSE (*Quality, Health, Safety, Security, and Environment*). Penilaian risiko dilakukan secara semi-kuantitatif dengan mempertimbangkan dua komponen utama:

- *Likelihood* (Kemungkinan): Peluang terjadinya insiden atau kecelakaan berdasarkan data historis, frekuensi aktivitas, dan observasi lapangan.
- *Severity* (Keparahan): Tingkat dampak atau konsekuensi yang dapat ditimbulkan dari bahaya yang terjadi, baik secara fisik maupun operasional.

Kedua faktor ini kemudian dikombinasikan untuk menghasilkan nilai *risk level*, yang menjadi dasar prioritas pengendalian bahaya. *Risk level* akan menunjukkan seberapa serius bahaya tersebut dan sejauh mana tindakan mitigasi harus segera dilakukan. Proses penilaian risiko juga melibatkan diskusi dengan para ahli di bidang keselamatan, termasuk manajer proyek, *engineer*, dan petugas QHSSE. Beberapa hasil wawancara menunjukkan contoh konkret potensi risiko di berbagai tahapan pekerjaan *core wall*:

- Pemasangan Bekisting (*Climbing Formwork*): risiko jatuh dari ketinggian sangat tinggi karena aktivitas dilakukan secara bertahap ke arah vertikal dengan ruang kerja terbatas. Salah satu pekerja menyampaikan bahwa area kerja sempit dan tidak selalu memiliki perlindungan sisi yang memadai.
- Penggunaan *Tower Crane*: risiko cedera akibat material jatuh atau kegagalan alat angkat. Seorang supervisor menyebutkan bahwa ada insiden sebelumnya di mana tali sling crane kendur dan menyebabkan beton pracetak nyaris jatuh.
- Pekerjaan Pembesian (*Rebar Installation*): potensi bahaya akibat postur tubuh yang tidak ergonomis saat mengikat tulangan. Beberapa pekerja mengeluhkan nyeri punggung akibat bekerja membungkuk dalam waktu lama.
- Pengecoran Beton (*Concrete Casting*): risiko terpeleset karena permukaan basah dan licin, terutama saat pengecoran malam hari atau dalam cuaca lembab.
- Pembongkaran Bekisting (*Formwork Removal*): risiko tertimpa panel bekisting atau alat yang tidak terlepas sempurna. Ada kasus di mana pekerja mengalami cedera tangan karena tertimpa *formwork* yang tidak dikunci dengan benar.
- Paparan Bahan Kimia: paparan dari aditif beton atau uap kimia saat pengecoran menyebabkan iritasi saluran pernapasan. Beberapa pekerja tidak menggunakan masker secara konsisten, terutama saat cuaca panas.
- Kebisingan dari Mesin Berat: aktivitas seperti pengoperasian *tower crane*, mesin vibrator, dan genset menghasilkan kebisingan melebihi ambang batas. Seorang

anggota tim menyebutkan bahwa earplug tidak selalu digunakan karena dirasa mengganggu komunikasi.

Tabel 4. 4 Penilaian Risiko Bahaya Pelaksanaan Pekerjaan *Core Wall*

Faktor Penyebab	Proses	Aktivitas	Identifikasi		Penilaian Risiko		Risk Level
			Bahaya	Risiko	Likelihood	Severity	
Manusia	<i>Climbing Formwork</i>	Pemasangan bekisting	Jatuh dari ketinggian	Cedera kepala atau patah tulang	4	5	20
Mesin	<i>Material Handling</i>	Pengangkatan material	Tertimpa material berat	Cedera berat atau kematian	3	4	12
Manusia	<i>Rebar Installation</i>	Pemasangan tulangan	Risiko ergonomis	Nyeri otot atau punggung	3	3	9
Manusia	<i>Formwork Removal</i>	Pembongkaran bekisting	Tertimpa <i>formwork</i>	Cedera tangan atau lengan	2	3	6
Manusia	<i>Crane Operation</i>	Pengoperasian <i>crane</i>	Cedera mekanis	Bagian tubuh cedera	3	4	12
Kimia	<i>Concrete Casting</i>	Pengecoran beton	Terpeleset di area licin	Memar atau terpeleset	3	2	6
Manusia	<i>Reforming Roof</i>	Pekerjaan di ketinggian	Jatuh saat pemasangan	Gegar otak	4	5	20
Suara/Bising	<i>Heavy Equipment</i>	Paparan kebisingan	Kebisingan tinggi	Gangguan pendengaran	3	2	6

Penilaian risiko terhadap pekerjaan *core wall* di proyek Menara Komunikasi dilakukan dengan metode semi-kuantitatif berdasarkan kombinasi nilai *likelihood* (tingkat kemungkinan) dan *severity* (tingkat keparahan). Tabel tersebut memuat delapan aktivitas utama dalam proses konstruksi *core wall* yang memiliki potensi menimbulkan bahaya terhadap keselamatan dan kesehatan kerja. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa aktivitas pekerjaan di ketinggian pada *reforming roof* memiliki *risk level* tertinggi (20), disebabkan oleh tingginya kemungkinan terjatuh dan dampak fatal seperti gegar otak dan cedera tulang belakang. Disusul oleh aktivitas pemasangan bekisting dan penggunaan alat berat seperti *tower crane*, yang juga memiliki nilai risiko tinggi (masing-masing 16 dan 12), terutama karena potensi jatuh dari ketinggian atau tertimpa material berat.

Aktivitas lainnya, seperti pengoperasian *crane* dan pekerjaan pembesian, menunjukkan nilai risiko sedang (9) akibat cedera mekanis dan postur kerja tidak ergonomis. Sementara itu, aktivitas dengan risiko lebih rendah (6) mencakup paparan kebisingan, terpeleset saat pengecoran, dan paparan bahan kimia, meskipun tetap perlu

dilakukan pengendalian seperti penyediaan APD yang sesuai. Secara umum, tabel ini menggambarkan bahwa bahaya utama dalam pekerjaan *core wall* berpusat pada pekerjaan vertikal dan interaksi dengan alat berat. Oleh karena itu, pengendalian prioritas harus difokuskan pada perlindungan jatuh, sistem kerja pada ketinggian, dan pengawasan ketat terhadap operasi *crane* dan bekisting.

4.5.3 Pengendalian Risiko

Penilaian risiko dalam penelitian ini bertujuan untuk memprioritaskan bahaya dengan nilai risiko tertinggi yang dapat menyebabkan cedera atau kecelakaan serius pada pekerjaan *core wall* di proyek Menara Komunikasi. Berdasarkan wawancara dengan *supervisor*, manajer proyek, dan tim QHSSE, diketahui bahwa fokus utama pengendalian risiko diarahkan pada bahaya-bahaya dengan *likelihood* (tingkat kemungkinan) tinggi dan *Severity* (tingkat keparahan) signifikan. Hasil ini penting untuk memberikan peringkat risiko yang akurat agar langkah mitigasi dapat dilakukan sesuai dengan tingkat prioritasnya. Wawancara dengan pekerja yang memiliki pengalaman lebih dari 10 tahun di proyek, banyak di antaranya menyampaikan bahwa risiko tertinggi berasal dari pekerjaan di ketinggian dan penggunaan alat berat seperti *crane*, yang paling sering terjadi dan memiliki dampak kecelakaan serius. Salah seorang manajer proyek menyatakan:

“Bahaya terbesar yang sering kami hadapi adalah risiko jatuh saat pemasangan formwork atau tertimpa material saat crane mengangkat beban berat. Kami harus benar-benar memastikan bahwa sistem pengaman dan kontrol peralatan berjalan optimal di area tersebut.”

Sejalan dengan itu, tim QHSSE menekankan pentingnya penerapan hirarki pengendalian risiko untuk mengurangi dan mengelola bahaya kerja secara efektif.

Hirarki Pengendalian Risiko:

4.5.3.1 Eliminasi

Menghilangkan bahaya sepenuhnya dari proses kerja. Misalnya, pekerjaan di ketinggian dapat dihindari dengan menggunakan platform kerja dari bawah atau memodifikasi desain struktur agar tidak memerlukan aktivitas di area tinggi.

4.5.3.2 Substitusi

Mengganti metode kerja atau alat berat yang lebih berisiko dengan alternatif yang lebih aman dan modern. Contohnya, mengganti peralatan angkat konvensional dengan sistem *crane* otomatis berfitur pengaman.

4.5.3.3 Rekayasa Teknik (*Engineering Control*)

Memasang pelindung, pagar pengaman, atau sistem penahan jatuh di area kerja vertikal. Di proyek ini, pemasangan guardrail tambahan pada area formwork sangat direkomendasikan.

4.5.3.4 Pengendalian Administratif

Menetapkan SOP kerja, rotasi kerja di area berisiko, serta pelatihan rutin mengenai prosedur keselamatan. Seorang manajer menyampaikan:

“Kami mewajibkan *safety briefing* setiap pagi dan pelatihan penanganan alat berat agar semua pekerja memahami risiko dan prosedurnya.”

4.5.3.5 Alat Pelindung Diri (APD)

Penggunaan APD yang sesuai seperti harness, helm, sarung tangan, masker debu, serta earplug. Ketersediaan dan kepatuhan penggunaan APD diperkuat melalui pengawasan harian dan sanksi bagi pelanggaran.

Berdasarkan hasil wawancara dan pengamatan di lapangan, dua risiko dengan prioritas pengendalian tertinggi adalah:

- Pekerjaan di ketinggian (*reforming roof* dan pemasangan *formwork*), karena tingginya kemungkinan jatuh dan dampak fatal.
- Penggunaan alat berat, seperti *crane*, yang berpotensi menimbulkan cedera berat atau kematian jika terjadi kegagalan teknis.

Tabel 4. 5 Pengendalian Risiko atau Upaya Mitigasi

No	Lokasi Spesifik	Aktivitas	Bahaya K3 / Aspek Lingkungan		Kondisi Operasi/Situasi	Risiko K3/ Dampak Lingkungan	No. Regulasi	Kondisi Sebelum Improvement						
			Sumber	Potensi Bahaya				Kontrol Yang ada saat ini	Likelihood	Severity	Nilai Risiko	Kategori	Upaya Mitigasi	Peluang
1	Core Wall	<i>Climbing Formwork</i>	Pekerjaan di ketinggian	Jatuh dari ketinggian	Pekerjaan vertikal, ruang sempit, permukaan licin	Cedera kepala, patah tulang, kematian	UU No. 1 Tahun 1970	Safety harness, pagar pengaman sebagian	4	5	20	T	- Eliminasi: - - Substitusi: - - Engineering Control: lifeline, guardrail, platform - Administratif: pelatihan kerja tinggi, briefing harian - PPE: full body harness, helm berstandar	
2		<i>Material Handling</i>	Crane/tower crane	Material jatuh saat lifting	Area padat pekerja, beban berat	Cedera fatal, kematian	Permenaker No.5/1996	Operator bersertifikat, SOP lifting	3	4	12	M	- Eliminasi: - Substitusi: - Engineering Control: pembatas zona kerja crane - Administratif: SOP angkat beban, tanda bahaya - PPE: helm, sepatu safety	
3		<i>Rebar Installation</i>	Aktivitas fisik intensif	Postur kerja tidak ergonomis	Lama membungkuk dan angkat beban	Cedera punggung, kelelahan otot	UU No.13/2003	Rotasi kerja, briefing ergonomic	3	3	9	M	- Eliminasi: - - Substitusi: - - Engineering Control: meja kerja ergonomis - Administratif: rotasi tugas, penyuluhan - PPE: sabuk penyangga pinggang	

4	<i>Formwork Removal</i>	Bekisting lepas tidak stabil	Tertimpa panel bekisting	Pekerjaan di ruang terbatas, visibilitas minim	Cedera tangan/lengan	Permenaker No.9/2016	SOP pembongkaran, APD standar	2	3	6	M	- Eliminasi: - - Substitusi: - - Engineering Control: perkuat perancah - Administratif: SOP pelepasan formwork - PPE: helm, sarung tangan
5	<i>Crane Operation</i>	Mesin crane	Kegagalan alat atau human error	Beban tidak stabil, kendala sinyal	Cedera tubuh bagian vital	SNI ISO 45001:2018	Sertifikasi crane operator	3	4	12	M	- Eliminasi: - - Substitusi: - - Engineering Control: guardrail, sistem otomatis berhenti - Administratif: sertifikasi operator - PPE: helm, rompi reflektif
6	<i>Concrete Casting</i>	Permukaan kerja licin	Terpeleset saat pengecoran	Permukaan basah + minim pengawasan	Luka ringan-menengah	Permenaker No.5/1996	Alas kerja anti slip	3	2	6	M	- Eliminasi: - - Substitusi: - - Engineering Control: karpet antiselip - Administratif: jadwal kerja ulang saat hujan - PPE: sepatu boots antiselip
7	<i>Reforming Roof</i>	Kerja di elevasi tinggi	Jatuh saat perakitan struktur	Ketinggian ekstrem, titik anchor terbatas	Gegar otak, patah tulang belakang	SNI ISO 45001:2018	Harness, jalur evakuasi darurat	4	5	20	T	- Eliminasi: - - Substitusi: - - Engineering Control: pengaman sisi & harness anchor - Administratif: pelatihan kerja ketinggian - PPE: full body harness, tali pengaman
8	<i>Heavy Equipment</i>	Tower crane, vibrator, genset	Paparan suara tinggi	Operasi mesin simultan	Gangguan pendengaran	Permenaker No.5/2018	Earplug tersedia, tidak selalu dipakai	3	2	6	M	- Eliminasi: - - Substitusi: - - Engineering Control: pembatas suara, ruang kedap - Administratif: rotasi kerja, waktu istirahat - PPE: earplug, earmuff

Tabel di atas menyajikan pengendalian risiko untuk berbagai aktivitas pekerjaan *core wall* di proyek Menara Komunikasi. Setiap baris pada tabel mencakup identifikasi bahaya berdasarkan proses kerja, nilai penilaian risiko (*likelihood* dan *severity*), serta rekomendasi mitigasi yang disusun berdasarkan prinsip hierarki pengendalian risiko, meliputi eliminasi, substitusi, *engineering control*, administratif, dan penggunaan alat pelindung diri (APD). Berdasarkan tabel tersebut, dapat dilihat bahwa dua aktivitas dengan tingkat risiko tertinggi (*risk level* = 20) adalah:

- Pemasangan bekisting (*climbing formwork*) dengan potensi jatuh dari ketinggian.
- Pekerjaan di ketinggian (*reforming roof*) yang berisiko menyebabkan cedera berat seperti gegar otak.

Kedua aktivitas ini membutuhkan pengendalian risiko komprehensif, antara lain penggunaan *full body harness*, pelatihan kerja ketinggian, pemasangan *guardrail*, dan prosedur kerja vertikal yang ketat.

Risiko tinggi lainnya muncul pada:

- Pengangkatan material menggunakan crane (*risk level* = 12), yang berisiko menimbulkan cedera fatal akibat jatuhnya beban.
- Pengoperasian crane, juga mencatat nilai risiko tinggi yang perlu ditangani dengan SOP yang jelas, operator bersertifikat, dan pembatasan akses area angkat.

Risiko sedang (*risk level* = 9 dan 6), pengendalian lebih difokuskan pada perbaikan posisi kerja ergonomis (*rebar installation*), pengamanan area kerja basah (pengecoran beton), serta kontrol kebisingan dari alat berat. Upaya mitigasi ini dilakukan melalui:

- Rekayasa teknik seperti pemasangan karpet antiselip.
- Administrasi berupa penjadwalan ulang pekerjaan saat cuaca ekstrem.
- Penyediaan APD seperti *earplug* dan *boots* anti selip.

Secara keseluruhan, tabel ini menunjukkan bahwa pekerjaan *core wall* memiliki tingkat risiko yang bervariasi, dengan fokus utama pengendalian pada aktivitas vertikal dan interaksi dengan alat berat. Implementasi hierarki pengendalian yang disiplin menjadi kunci dalam menurunkan tingkat risiko serta meningkatkan keselamatan kerja di proyek Menara Komunikasi.

4.6 Cost-Benefit Analysis (CBA)

Cost-Benefit Analysis (CBA) dalam penelitian ini digunakan untuk menilai kelayakan ekonomi dari berbagai alternatif mitigasi risiko yang telah diidentifikasi dalam pekerjaan konstruksi *core wall* Proyek Menara Komunikasi. Pendekatan ini berperan penting dalam menentukan apakah suatu tindakan pengendalian risiko tidak hanya efektif dari sisi teknis, tetapi juga efisien secara biaya. Dengan demikian, CBA menjadi alat bantu strategis untuk pengambilan keputusan manajemen dalam merancang pengendalian risiko yang optimal.

Langkah awal dalam penerapan CBA dilakukan dengan mengidentifikasi seluruh alternatif mitigasi risiko pada aktivitas pekerjaan berisiko tinggi, seperti *climbing formwork*, *reforming roof*, *crane operation*, serta *material handling*. Setiap alternatif pengendalian risiko dianalisis berdasarkan tiga parameter utama, yaitu tingkat dampak (*severity*), kemungkinan kejadian (*likelihood*), dan biaya mitigasi (*cost*). Data biaya mitigasi dikumpulkan dari dokumen Rencana Keselamatan Konstruksi (RKK) dan Realisasi Anggaran Biaya (RAB), serta divalidasi melalui observasi lapangan dan wawancara dengan tim proyek. Selanjutnya, dilakukan perhitungan nilai eksposur risiko awal sebelum mitigasi dan nilai risiko sisa setelah implementasi pengendalian. Perhitungan tersebut dilakukan dengan eksposur risiko (*risk exposure reduction*) rumus eksposur risiko:

$$\text{Eksposur} = \text{Dampak} \times \text{Kemungkinan} \times \text{Nilai Proyek (\%)} \quad 4.1$$

Selain itu, selisih antara eksposur awal dan setelah mitigasi digunakan untuk menghitung manfaat ekonomi (*benefit*) dari tindakan mitigasi yang dilakukan. Secara keseluruhan, analisis CBA memberikan kontribusi penting dalam pembobotan keputusan mitigasi risiko dengan memperhitungkan aspek ekonomi secara realistis. Tindakan pengendalian yang memiliki nilai manfaat lebih besar daripada biaya (*net benefit* positif) diprioritaskan untuk diimplementasikan. Sedangkan pada kasus di mana biaya lebih besar dari manfaat yang dihitung, keputusan tetap mempertimbangkan konteks risiko ekstrem dan aspek hukum atau kepatuhan terhadap regulasi keselamatan kerja.

Tabel 4. 6 Analisis *Cost-Benefit*

NO	PERISTIWA RISIKO	PENYEBAB RISIKO	RISIKO AWAL						TANGGAPAN	RENCANA MITIGASI	
			DAMPAK			KEMUNGKINAN		EKSPOSUR			
			1-5	%	Nilai	1-5	%	Level			Nilai
1	<i>Climbing Formwork</i>	1. Keterlambatan pengadaan <i>formwork</i> modular dari vendor. 2. Kurangnya pekerja bersertifikat untuk pemasangan dan pengoperasian climbing <i>formwork</i> .	4	2%	110.000.000	5	70	T	63.000.000	Dimitigasi atau diturunkan	- Eliminasi: - - Substitusi: - - <i>Engineering Control</i> : <i>lifeline, guardrail</i> - Administratif: pelatihan kerja tinggi, <i>briefing</i> harian - PPE: <i>full body harness</i> , helm berstandar
2	<i>Material Handling</i>	1. <i>Crane</i> dan <i>hoist</i> tidak tersedia saat waktu pengangkatan bekisting atau rebar. 2. Jalur logistik vertikal tidak direncanakan dengan matang.	3	1%	70.000.000	4	70	M	49.000.000	Dimitigasi atau diturunkan	- Eliminasi: - Substitusi: - <i>Engineering Control</i> : pembatas zona kerja <i>crane</i> - Administratif: SOP angkat beban, tanda bahaya - PPE: <i>helm</i> , sepatu <i>safety</i>
3	<i>Rebar Installation</i>	1. Panjang rebar tidak sesuai dengan desain akibat perubahan elevasi <i>core wall</i> . 2. Kesalahan sambungan rebar (<i>splicing</i>) karena deformasi saat instalasi.	3	0%	25.000.000	3	70	M	17.500.000	Dimitigasi atau diturunkan	- Eliminasi: - - Substitusi: - - <i>Engineering Control</i> : meja kerja ergonomis - Administratif: rotasi tugas, penyuluhan - PPE: sabuk penyangga pinggang
4	<i>Formwork Removal</i>	1. Pengeringan beton belum mencapai waktu minimum, tetapi pelepasan bekisting dipaksakan karena tekanan waktu proyek. 2. Tidak dilakukan pengecekan kekuatan tekan beton sebelum pelepasan <i>formwork</i> .	2	1%	55.000.000	3	60	M	33.000.000	Dimitigasi atau diturunkan dan dimonitor	- Eliminasi: - - Substitusi: - <i>Engineering Control</i> : perkuat perancah - Administratif: SOP pelepasan <i>formwork</i> - PPE: <i>helm</i> , sarung tangan

5	<i>Crane Operation</i>	1. Area kerja sempit menyebabkan kesulitan manuver crane untuk pengangkatan <i>formwork</i> . 2. Operator <i>crane</i> tidak familiar dengan siklus kerja harian core wall yang cepat.	3	2%	120.000.000	4	60	M	72.000.000	Dimitigasi atau diturunkan	- Eliminasi: - - Substitusi: - - <i>Engineering Control</i> : <i>guardrail</i> , sistem otomatis berhenti - Administratif: sertifikasi operator - PPE: helm, rompi reflektif
6	<i>Concrete Casting</i>	1. Proses pengecoran dilakukan dalam cuaca ekstrem tanpa penutup atau pengalihan jadwal. 2. Ketinggian jatuh beton (<i>drop height</i>) terlalu tinggi, menimbulkan segregasi.	3	1%	80.000.000	2	70	M	56.000.000	Dimitigasi atau diturunkan	- Eliminasi: - - Substitusi: - - <i>Engineering Control</i> : karpet antiselip - Administratif: jadwal kerja ulang saat hujan - PPE: sepatu <i>boots</i> antiselip
7	<i>Reforming Roof</i>	1. Penulangan pengikat ke <i>core wall</i> tidak diperiksa, menyebabkan sambungan tidak sempurna. 2. Tidak tersedia perlindungan jatuh (<i>fall protection</i>) di tepi dak selama proses <i>reforming</i> .	4	5%	312.000.000	5	70	T	218.400.000	Dimitigasi atau diturunkan	- Eliminasi: - - Substitusi: - - <i>Engineering Control</i> : pengaman sisi & <i>harness anchor</i> - Administratif: pelatihan kerja ketinggian - PPE: <i>full body harness</i> , tali pengaman
8	<i>Heavy Equipment Exposure</i>	1. Pergerakan alat berat terlalu dekat dengan zona pengecoran <i>core wall</i> tanpa pemisahan visual. 2. Tidak tersedia rambu atau petugas pengatur lalu lintas alat berat (<i>flagman</i>).	3	2%	100.000.000	2	70	M	70.000.000	Dimitigasi atau diturunkan	- Eliminasi: - - Substitusi: - - <i>Engineering Control</i> : pembatas suara, ruang kedap - Administratif: rotasi kerja, waktu istirahat - PPE: <i>earplug</i> , <i>earmuff</i>

Tabel 4. 7 Lanjutan Analisis *Cost-Benefit*

NO	BIAYA MITIGASI	RISIKO SETELAH RENCANA MITIGASI							RISIKO AKHIR	TANGGAPAN ATAS RISIKO
		DAMPAK			KEMUNGKINAN		EKSPOSUR			
		1-5		Nilai	1-5	%	Level	Nilai		
1	110.000.000,00	3	0%	19.500.000	3	50	M	9.750.000	9.750.000	1. Risiko dapat diterima dengan syarat pelaksanaan mitigasi dilakukan penuh dan diawasi oleh tim HSE. 2. Perlu review berkala dalam weekly meeting proyek untuk memastikan tidak naik ke level tinggi.
2	70.000.000,00	4	0%	10.500.000	3	50	M	5.250.000	5.250.000	1. Risiko dapat diterima dan dikendalikan melalui penjadwalan alat secara ketat dan logistik vertikal khusus. 2. Koordinasi harian antara tim lapangan dan logistik wajib dilakukan.
3	25.000.000,00	1	0%	3.750.000	3	55	R	2.062.500	2.062.500	1. Risiko dapat diterima dan dimonitor secara berkala. 2. Tetap perlu inspeksi sambungan oleh QC sebelum pengecoran dilakukan.
4	55.000.000,00	1	0%	8.250.000	3	45	R	3.712.500	3.712.500	1. Risiko dapat diterima namun tetap perlu pengawasan saat pembongkaran . 2. Pastikan waktu curing beton sesuai standar sebelum lepas formwork.
5	120.000.000,00	4	0%	8.250.000	3	45	R	3.712.500	3.712.500	1. Risiko dapat diterima jika SOP pengoperasian dan manuver crane dijalankan dengan disiplin. 2. Tetap disiapkan flagman dan jalur aman untuk menghindari tabrakan.
6	80.000.000,00	1	0%	12.000.000	3	50	R	40.000.000	40.000.000	1. Risiko dapat diterima dan dikendalikan jika pengecoran hanya dilakukan pada cuaca baik. 2. Tetap perlu pemeriksaan slump dan uji kualitas saat casting berlangsung.
7	312.000.000,00	3	1%	46.800.000	3	50	M	156.000.000	156.000.000	1. Risiko perlu tindakan lanjutan terutama dalam pengamanan pekerja di tepi dak. 2. Harus ada evaluasi harian HSE sebelum kegiatan reforming dimulai.
8	100.000.000,00	1	0%	15.000.000	3	50	R	50.000.000	50.000.000	1. Risiko dapat diterima jika jalur alat berat dan jalur pekerja dipisahkan dengan jelas. 2. Flagman harus selalu hadir saat alat berat beroperasi di dekat pekerja.

Berdasarkan hasil analisis diketahui bahwa beberapa tindakan mitigasi mampu menurunkan nilai risiko secara signifikan. Misalnya, pada pekerjaan *climbing formwork*, pengendalian risiko seperti pemasangan *guardrail*, penggunaan *full body harness*, serta pelatihan kerja ketinggian, menurunkan nilai eksposur dari Rp63.000.000 menjadi Rp9.750.000. Meskipun biaya mitigasi untuk tindakan ini cukup besar, yakni Rp110.000.000, namun justifikasi pengambilan keputusan tetap kuat karena menyangar risiko ekstrem yang dapat mengancam keselamatan jiwa dan kelangsungan proyek secara keseluruhan. Demikian pula pada pekerjaan *reforming roof*, dengan risiko awal sebesar Rp218.400.000, tindakan mitigasi seperti sistem perlindungan jatuh (*fall protection*), pelatihan kerja ketinggian, dan pengawasan ketat mampu menurunkan eksposur menjadi Rp156.000.000. Walaupun rasio manfaat terhadap biaya (*Benefit-Cost Ratio*) hanya sebesar 0.20, keputusan implementasi tetap diambil karena tingkat keparahan dari risiko ini berada pada level maksimal (5), yang berimplikasi pada potensi kerugian nyawa dan kerusakan struktural.

Analisis CBA juga menunjukkan bahwa tidak semua mitigasi dengan biaya rendah memiliki manfaat yang proporsional. Beberapa tindakan seperti pengendalian ergonomi pada *rebar installation* atau pembersihan area pengecoran dalam kondisi cuaca ekstrem menunjukkan rasio biaya-manfaat yang lebih seimbang, namun dengan nilai eksposur awal yang memang relatif rendah. Dalam hal ini, efisiensi pengeluaran menjadi pertimbangan utama agar sumber daya proyek tidak dialokasikan secara berlebihan pada risiko minor.

4.7 Analytical Hierarchy Process (AHP)

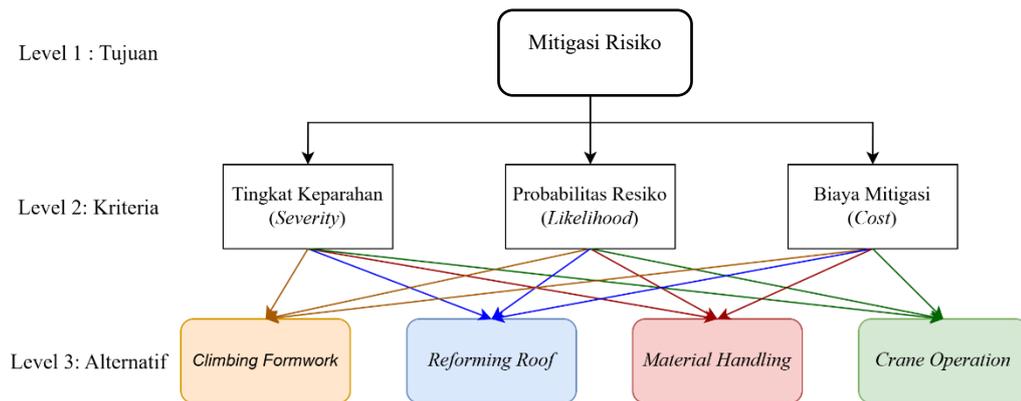
4.7.1 Menentukan Struktur Hirarki

Dalam menentukan mitigasi risiko harus diketahui terlebih dahulu yang dimaksud dengan Hirarki AHP. Hirarki AHP sendiri adalah suatu bagan atau grafik yang menjalar kebawah dimana bagian teratas dari grafik ialah tujuan dari suatu sistem yang didapat melalui kriteria dan alternatif. Hirarki AHP terdiri atas 3 bagian yaitu:

- a. Tujuan atau *Goal*: tujuan dalam pengolahan AHP berkaitan dengan strategi *maintenance* untuk tiap peralatan dimana peralatan tersebut dibagi atas beberapa group yang disebut dengan *machinery group*.

- b. Kriteria: standar yang dibutuhkan sebuah tujuan yang mempengaruhi tujuan secara langsung.
- c. Alternatif: suatu bentuk level terendah suatu kriteria yang mempengaruhi sebuah kriteria dan secara tidak langsung mempengaruhi Tujuan.

Diketahui bentuk hirarki AHP terdiri atas Tujuan, Kriteria dan Alternatif yang membentuk sebuah grafik sebagai berikut:



Gambar 4. 3 Hirarki AHP

Kriteria seperti yang telah dijelaskan sebelumnya terbagi atas 3 jenis yaitu:

- a. Tingkat Keparahan (*Severity*): tingkat dampak atau konsekuensi yang dapat ditimbulkan dari bahaya yang terjadi, baik secara fisik maupun operasional.
- b. Probabilitas terjadi Risiko (*Likelihood*): peluang terjadinya insiden atau kecelakaan berdasarkan data historis, frekuensi aktivitas, dan observasi lapangan.
- c. Biaya Mitigasi (*Cost*): Biaya penanggulangan risiko: kriteria ini nantinya dibandingkan dalam bentuk kuesioner maka didapat kriteria menurut para ahli, yaitu data yang didapat dari pendapat *supervisor* atau orang yang ahli dalam bidang tersebut.

4.7.2 Melakukan Skor Perbandingan Kriteria

Data kuesioner AHP berisi perbandingan kriteria yang telah dijelaskan dengan menggunakan *Pairwise Comparison* membandingkan *Severity*, *Likelihood*, dan *Cost* menggunakan tabel penilaian berikut:

Tabel 4. 8 Tabel Pairwise Comparison AHP (Bevilacqua, 2000)

Rate	Qualitative Scale	Description
1	Equal	The two attributes contribute equally to the criteria
3	Marginally strong	Experience and judgement slightly in favour of one attribute over the other
5	Strong	Experience and judgement strongly in favour of one attribute over the other
7	Very strong	An attribute is strongly favoured and its dominance demonstrated in practice.
9	Extremely strong	The evidence favouring one attribute over another is of the highest possible order of affirmation

Berdasarkan acuan tabel diatas, dibuatlah tabel perbandingan untuk tiap kriteria berikut contoh tabel perbandingan kriteria “*Severity*” dengan “*Cost*”.

Tabel 4. 9 Perbandingan *Severity* (S) dengan *Cost* (Co)

S	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Co
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

Mengacu pada tabel diatas, dipilihlah kriteria yang lebih dominan dengan memilih angka sehingga dapat diketahui perbandingan nilai kriteria yang lebih dominan dengan acuan *pairwise comparison*. Selanjutnya, dilakukan perbandingan dengan kriteria lain maka didapat semua nilai perbandingan. Hasil perbandingan kriteria dari *Project Manager* adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 10 Perbandingan Kriteria

	Skor																	
S	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Co
S	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	L
L	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Co

Hasil diatas diketahui nilai 5, 2, dan 5 yang menyatakan nilai tersebut mempengaruhi seberapa penting suatu nilai atau bobot perbandingan kriteria satu dengan yang lain. Jika nilai yang didapat adalah 1, maka dianggap sama pentingnya. Hasil kuesioner kemudian dibentuk dalam sebuah tabel *matrix score* perbandingan bobot dengan tiga kriteria sesuai dengan tabel di atas. Tujuannya untuk menghitung jumlah total bobot perbandingan dengan cara memasukkan nilai kebalikan skor. Nilai yang telah ada dan nilai kebalikan kriteria didapat hasil tabel matrik sebagai berikut:

Tabel 4. 11 Matrik Perbandingan Hasil Kriteria

KRITERIA			
	S	L	C
S	1	2	5
L	1/2	1	5
C	1/5	1/5	1

4.7.3 Perhitungan Nilai Tiap Kriteria

Berdasarkan hasil yang diperoleh, selanjutnya dilakukan perhitungan sintesis prioritas dengan cara membagi setiap bobot parameter terhadap total jumlah pada masing-masing kolom.

Tabel 4. 12 Perbandingan Bobot Kriteria dan Jumlah

KRITERIA			
	S	L	C
S	1	2	5
L	0.5	1	5
C	0.2	0.2	1
Σ	1.7	3.2	11

Setiap elemen dalam matriks bobot kriteria dihitung dengan membagi nilai pada masing-masing sel terhadap total jumlah pada kolom yang bersesuaian. Sebagai ilustrasi, untuk sel pada baris K dan kolom K (K/K), nilai sebesar 1 dibagi dengan total kolom K, yaitu 1.7, sehingga diperoleh hasil sebesar 0.58. Proses perhitungan ini dilakukan secara konsisten untuk seluruh elemen dalam matriks. Selanjutnya, dilakukan penjumlahan terhadap nilai-nilai pada setiap baris guna memperoleh total bobot parameter kriteria masing-masing baris. Nilai total tersebut kemudian dibagi dengan jumlah elemen (n) dalam matriks. Dalam kasus ini, matriks yang digunakan berukuran 3×3, sehingga nilai n = 3. Dengan demikian, diperoleh bobot parameter hasil normalisasi untuk masing-masing kriteria.

Tabel 4. 13 Perbandingan Bobot Kriteria Normalisasi

KRITERIA				Σ Bobot
	S	L	C	
S	0,59	0,63	0,45	0,56
L	0,29	0,31	0,45	0,35
C	0,12	0,06	0,09	0,09

Pehitungan dianggap benar jika total bobot kriteria = 1. Hasil diatas diketahui $0.56 + 0.35 + 0.09 = 1$ sehingga dapat dinyatakan hasil tersebut telah benar. Selanjutnya, setelah mendapatkan perhitungan bobot kriteria maka dilakukan perhitungan indeks konsistensi dengan menghitung nilai λ terlebih dahulu.

Tabel 4. 14 Menghitung λ_{max}

KRITERIA			
	S	L	C
S	1	2	5
L	0.5	1	5
C	0.2	0.2	1

Menghitung hasil perkalian baris matriks dengan vektor bobot:

$$\text{Baris S: } (1 \times 0.56) + (2 \times 0.35) + (5 \times 0.09) = 0.56 + 0.70 + 0.45 = 1.71$$

$$\text{Baris L: } (0.5 \times 0.56) + (1 \times 0.35) + (5 \times 0.09) = 0.28 + 0.35 + 0.45 = 1.08$$

$$\text{Baris C: } (0.2 \times 0.56) + (0.2 \times 0.35) + (1 \times 0.09) = 0.112 + 0.07 + 0.09 = 0.272$$

Menghitung λ (*eigenvalue*) per baris:

- $\lambda_S: \frac{1.71}{0.56} = 3.05$

- $\lambda_L: \frac{1.08}{0.35} = 3.09$

- $\lambda_C: \frac{0.272}{0.09} = 3.02$

$$\lambda_{max}: \frac{(3.05 + 3.09 + 3.02)}{3} = 3.05$$

Menghitung *Consistency Index* (CI)

$$CI: \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} = \frac{3.05 - 3}{3 - 1} = 0.025$$

Menghitung *Consistency Ratio* (CR)

Diketahui: $n = 3$

Nilai *Random Index* (RI) untuk $n = 3$ adalah 0.58 (standar AHP)

$$CR = \frac{CI}{RI} = \frac{0.025}{0.58} = 0.043$$

$CR < 0.1$, maka perbandingan dianggap konsisten dan valid.

4.7.4 Skor Alternatif

4.7.4.1 Skor Nilai “Severity” (S)

Berdasarkan data yang diperoleh, selanjutnya data tersebut disusun ke dalam bentuk matriks. Setelah itu, dilakukan penjumlahan pada setiap baris dalam matriks tersebut, sehingga diperoleh hasil rekapitulasi yang disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 4. 15 Matriks Perbandingan Alternatif Pada Kriteria *Severity*

TINGKAT KEPARAHAN				
	CF	MH	CO	RR
CF	1	3	3	1
MH	0,3	1	1	0.3
CO	0,3	1	1	0.3
RR	1	3	3	1
Σ	2.7	8.0	8.0	2.7

Matriks di atas digunakan untuk menghitung nilai normalisasi pada setiap sel alternatif. Perhitungan dilakukan menggunakan metode yang sama seperti pada normalisasi matriks kriteria, yaitu membagi setiap nilai dalam sel terhadap total nilai pada kolom yang bersesuaian. Selanjutnya, dilakukan penjumlahan terhadap nilai-nilai pada masing-masing kolom, lalu hasilnya dibagi dengan jumlah elemen dalam matriks. Matriks yang berukuran 4×4, total tiap kolom dibagi empat guna memperoleh nilai normalisasi dari masing-masing alternatif. Hasil perhitungan tersebut disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 4. 16 Matriks Normalisasi Alternatif Kriteria *Severity*

TINGKAT KEPARAHAN					Σ Bobot
	CF	MH	CO	RR	
CF	0.38	0.38	0.38	0.38	0.375
MH	0.13	0.13	0.13	0.13	0.125
CO	0.13	0.13	0.13	0.13	0.125
RR	0.38	0.38	0.38	0.38	0.375

Berdasarkan hasil perhitungan di atas, kemudian dilakukan koreksi dengan menjumlahkan bobot total yaitu $0.375 + 0.125 + 0.125 + 0.375 = 1$. Disimpulkan dari hasil perhitungan di atas dinyatakan benar. Selanjutnya, menghitung hasil perkalian baris matriks dengan vektor bobot:

Baris CF:

$$(1 \times 0.375) + (3 \times 0.125) + (3 \times 0.125) + (1 \times 0.375) = 0.375 + 0.375 + 0.375 + 0.375 = 1.5$$

Baris MH:

$$(0.3 \times 0.375) + (1 \times 0.125) + (1 \times 0.125) + (0.3 \times 0.375) = 0.1125 + 0.125 + 0.125 + 0.1125 = 0.475$$

Baris CO:

$$(0.3 \times 0.375) + (1 \times 0.125) + (1 \times 0.125) + (0.3 \times 0.375) = 0.1125 + 0.125 + 0.125 + 0.1125 = 0.475$$

Baris RR:

$$(1 \times 0.375) + (3 \times 0.125) + (3 \times 0.125) + (1 \times 0.375) = 0.375 + 0.375 + 0.375 + 0.375 = 1.5$$

Menghitung λ (*eigenvalue*) per baris:

- $\lambda_{CF}: \frac{1.5}{0.375} = 4.00$

- $\lambda_{MH}: \frac{0.475}{0.125} = 3.80$

- $\lambda_{CO}: \frac{0.475}{0.125} = 3.80$

- $\lambda_{RR}: \frac{1.5}{0.375} = 4.00$

$$\lambda_{\max}: \frac{(4.00 + 3.80 + 3.80 + 4.00)}{4} = 3.90$$

Menghitung *Consistency Index* (CI)

$$CI: \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} = \frac{3.9 - 4}{4 - 1} = -0.033$$

Menghitung *Consistency Ratio* (CR)

Diketahui: $n = 4$

Nilai *Random Index* (RI) untuk $n = 4$ adalah 0.90 (standar AHP)

$$CR = \frac{CI}{RI} = \frac{-0.033}{0.90} = -0.037$$

$CR < 0.1$, maka perbandingan dianggap konsisten dan valid.

4.7.4.2 Skor Nilai “*Likelihood*”(L)

Berdasarkan data yang diperoleh, selanjutnya data tersebut disusun ke dalam bentuk matriks. Setelah itu, dilakukan penjumlahan pada setiap baris dalam matriks tersebut, sehingga diperoleh hasil rekapitulasi yang disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 4. 17 Matriks Perbandingan Alternatif Pada Kriteria *Likelihood*

PROBABILITAS				
	CF	MH	CO	RR
CF	1	3	3	1
MH	0.3	1	1	0.3
CO	0.3	1	1	0.3
RR	1	3.0	3.0	1
Σ	2.7	8.0	8.0	2.7

Berdasarkan matriks di atas, dapat dihitung nilai normalisasi untuk setiap sel alternatif. Prosedur perhitungannya serupa dengan metode yang digunakan pada normalisasi matriks kriteria, yaitu membagi setiap elemen pada sel dengan total nilai kolom yang bersangkutan. Total nilai pada setiap kolom selanjutnya dihitung, kemudian dibagi dengan jumlah elemen dalam matriks. Hasil akhir perhitungan disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 4. 18 Matriks Normalisasi Alternatif Kriteria *Likelihood*

PROBABILITAS					Σ Bobot
	CF	MH	CO	RR	
CF	0.38	0.38	0.38	0.38	0.375
MH	0.13	0.13	0.13	0.13	0.125
CO	0.13	0.13	0.13	0.13	0.125
RR	0.38	0.38	0.38	0.38	0.375

Berdasarkan hasil di atas, kemudian dilakukan koreksi dengan menjumlahkan bobot total yaitu $0.4 + 0.22 + 0.22 + 0.17 = 1$. Disimpulkan dari hasil perhitungan di atas dinyatakan benar. Selanjutnya, menghitung hasil perkalian baris matriks dengan vektor bobot:

Baris CF:

$$(1 \times 0.375) + (3 \times 0.125) + (3 \times 0.125) + (1 \times 0.375) = 0.375 + 0.375 + 0.375 + 0.375 = 1.5$$

Baris MH:

$$(0.3 \times 0.375) + (1 \times 0.125) + (1 \times 0.125) + (0.3 \times 0.375) = 0.1125 + 0.125 + 0.125 + 0.1125 = 0.475$$

Baris CO:

$$(0.3 \times 0.375) + (1 \times 0.125) + (1 \times 0.125) + (0.3 \times 0.375) = 0.1125 + 0.125 + 0.125 + 0.1125 = 0.475$$

Baris RR:

$$(1 \times 0.375) + (3 \times 0.125) + (3 \times 0.125) + (1 \times 0.375) = 0.375 + 0.375 + 0.375 + 0.375 = 1.5$$

Menghitung λ (*eigenvalue*) per baris:

- $\lambda_{CF}: \frac{1.5}{0.375} = 4.00$

- $\lambda_{MH}: \frac{0.475}{0.125} = 3.80$

- $\lambda_{CO}: \frac{0.475}{0.125} = 3.80$

- $\lambda_{RR}: \frac{1.5}{0.375} = 4.00$

$$\lambda_{max}: \frac{(4.00 + 3.80 + 3.80 + 4.00)}{4} = 3.90$$

Menghitung *Consistency Index* (CI)

$$CI: \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} = \frac{3.9 - 4}{4 - 1} = -0.033$$

Menghitung *Consistency Ratio* (CR)

Diketahui: $n = 4$

Nilai *Random Index* (RI) untuk $n = 4$ adalah 0.90 (standar AHP)

$$CR = \frac{CI}{RI} = \frac{-0.033}{0.90} = -0.037$$

$CR < 0.1$, maka perbandingan dianggap konsisten dan valid.

4.7.4.3 Melakukan Skor Nilai “Cost”(C)

Berdasarkan data yang diperoleh, selanjutnya data tersebut disusun ke dalam bentuk matriks. Setelah itu, dilakukan penjumlahan pada setiap baris dalam matriks tersebut sehingga diperoleh hasil rekapitulasi yang disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 4. 19 Matrik Perbandingan Alternatif Pada Kriteria *Cost*

BIAYA MITIGASI				
	CF	MH	CO	RR
CF	1	3	5	1
MH	0.3	1	4	0.3
CO	0.2	0.25	1	0.2
RR	1	3.0	5.0	1
Σ	2.5	7.3	15.0	2.5

Proses normalisasi nilai alternatif dalam matriks di atas dilakukan dengan metode yang sama seperti perhitungan normalisasi matriks kriteria. Nilai dalam masing-masing sel dibagi dengan total nilai kolom yang bersesuaian. Total kolom yang telah diperoleh

kemudian dibagi dengan jumlah elemen dalam matriks. Matriks berukuran 4×4 menghasilkan pembagi sebesar empat guna memperoleh nilai normalisasi alternatif. Hasil akhir perhitungan disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 4. 20 Matriks Normalisasi Alternatif Kriteria *Cost*

BIAYA MITIGASI					Σ Bobot
	CF	MH	CO	RR	
CF	0.39	0.41	0.33	0.39	0.384
MH	0.13	0.14	0.27	0.13	0.167
CO	0.08	0.03	0.07	0.08	0.065
RR	0.39	0.41	0.33	0.39	0.384

Berdasarkan hasil di atas, kemudian dilakukan koreksi dengan menjumlahkan bobot total yaitu $0.4 + 0.26 + 0.28 + 0.16 = 1$. Disimpulkan dari hasil perhitungan di atas dinyatakan benar. Selanjutnya, menghitung hasil perkalian baris matriks dengan vektor bobot:

Baris CF:

$$(1 \times 0.384) + (3 \times 0.167) + (5 \times 0.065) + (1 \times 0.384) = 0.384 + 0.501 + 0.325 + 0.384 = 1.594$$

Baris MH:

$$(0.3 \times 0.384) + (1 \times 0.167) + (4 \times 0.065) + (0.3 \times 0.384) = 0.1152 + 0.167 + 0.26 + 0.1152 = 0.6574$$

Baris CO:

$$(0.2 \times 0.384) + (0.25 \times 0.167) + (1 \times 0.065) + (0.2 \times 0.384) = 0.0768 + 0.04175 + 0.065 + 0.0768 = 0.26035$$

Baris RR:

$$(1 \times 0.384) + (3 \times 0.167) + (5 \times 0.065) + (1 \times 0.384) = 0.384 + 0.501 + 0.325 + 0.384 = 1.594$$

Menghitung λ (*eigenvalue*) per baris:

- $\lambda_{CF}: \frac{1.594}{0.384} = 4.15$
- $\lambda_{MH}: \frac{0.6574}{0.167} = 3.94$
- $\lambda_{CO}: \frac{0.26035}{0.065} = 4.01$
- $\lambda_{RR}: \frac{1.594}{0.384} = 4.15$

$$\lambda_{\max}: \frac{(4.15 + 3.94 + 4.01 + 4.15)}{4} = 4.06$$

Menghitung *Consistency Index* (CI)

$$CI: \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} = \frac{4.06 - 4}{4 - 1} = 0.02$$

Menghitung *Consistency Ratio* (CR)

Diketahui: $n = 4$

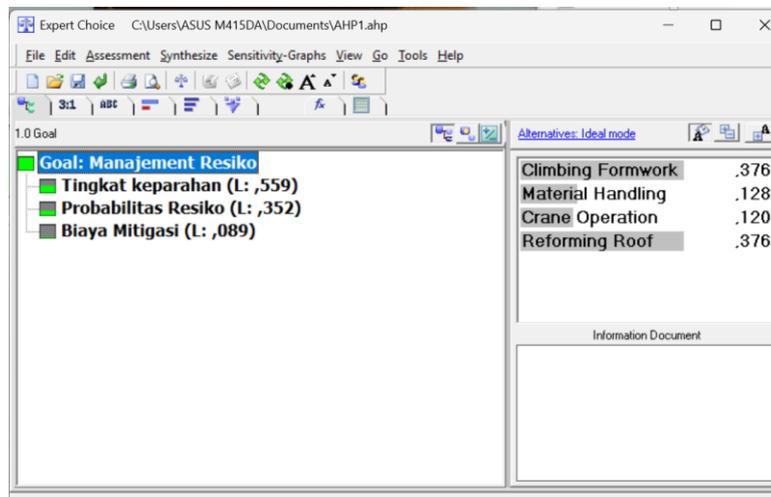
Nilai *Random Index* (RI) untuk $n = 4$ adalah 0.90 (standar AHP)

$$CR = \frac{CI}{RI} = \frac{0.02}{0.90} = 0.022$$

$CR < 0.1$, maka perbandingan dianggap konsisten dan valid.

4.7.5 Perbandingan Hasil Perhitungan Skor Kriteria Menggunakan *Expert Choice* dengan Manual

Perhitungan kriteria dilakukan menggunakan aplikasi *Expert Choice*. *Expert Choice* merupakan perangkat lunak yang dirancang khusus dalam penerapan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP). Data hasil kuesioner diinput ke dalam sistem, sehingga diperoleh hasil perhitungan bobot kriteria. Gambar berikut menunjukkan hasil input data kriteria.



Gambar 4. 4 *Expert Choice* Kriteria

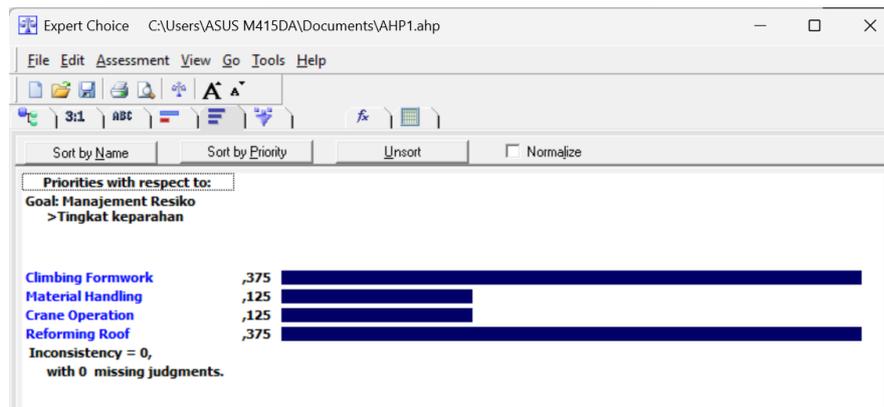
Hasil dari *Expert Choice* sebagai berikut: tingkat keparahan (*Severity*) = 0.559, probabilitas risiko (*Likelihood*) = 0.352, dan biaya mitigasi (*Cost*) = 0.089. Hasil dari

Kriteria Expert Choice kemudian dibandingkan dengan hasil kriteria pada hitungan sebelumnya didapat sebagai berikut:

1. $S \text{ Expert Choice} / S \text{ manual} = 0.559 / 0.56 = 0.99$ hasilnya mendekati 1 maka dianggap sama
2. $L \text{ Expert Choice} / L \text{ manual} = 0.352 / 0.35 = 1.00$ jika dibulatkan hasilnya mendekati 1, jadi dianggap telah memenuhi
3. $C \text{ Expert Choice} / C \text{ manual} = 0.089 / 0.09 = 0.98$ hasilnya mendekati 1 maka dianggap telah memenuhi.

4.7.6 Perbandingan Hasil Perhitungan Skor Alternatif Menggunakan *Expert Choice* dengan Manual

Hasil kuesioner kriteria telah dimasukkan ke dalam *Expert Choice*, dilanjutkan dengan input data kuesioner alternatif. Proses ini menghasilkan perhitungan nilai alternatif terhadap kriteria tingkat keparahan. Hasil perhitungannya ditampilkan sebagai berikut.



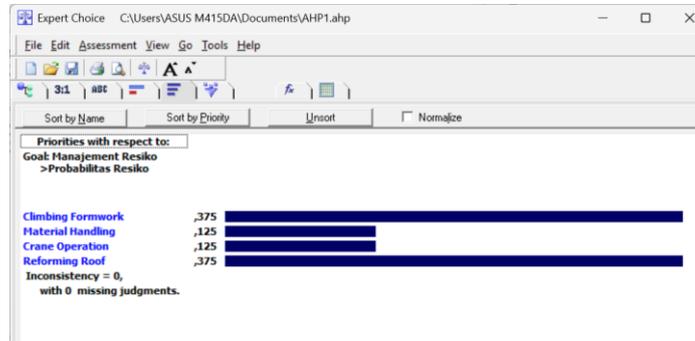
Gambar 4. 5 Hasil Skor Alternatif Terhadap Kriteria Tingkat Keparahan

Hasil yang diperoleh kemudian dibandingkan dengan hasil perhitungan manual. Perbandingan antara keduanya ditampilkan sebagai berikut.

Tabel 4. 21 Perbandingan Hasil Manual dan *Expert Choice* Kriteria *Severity*

Alternatif	Hasil <i>Expert Choice</i>	Hasil Manual	Koreksi (%)
CF	0.375	0.375	0.00
MH	0.125	0.125	0.00
CO	0.125	0.125	0.00
RR	0.375	0.375	0.00
		Koreksi rata-rata	0.00

Hasil perhitungan alternatif terhadap kriteria probabilitas risiko diperoleh melalui proses analisis yang sama. Rincian hasil perhitungan disajikan sebagai berikut.



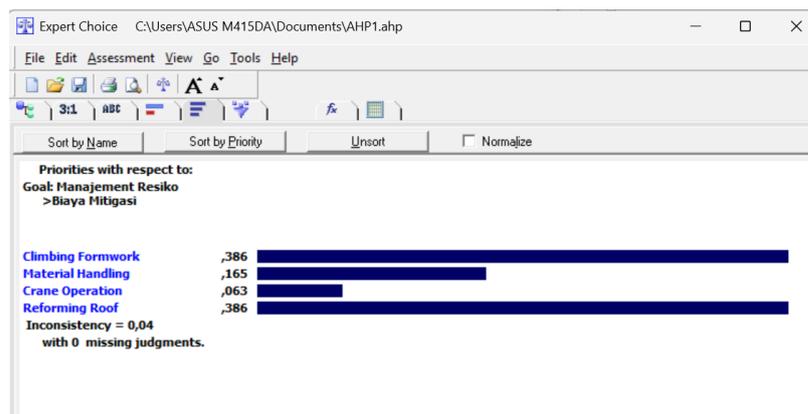
Gambar 4. 6 Hasil Skor Alternatif Terhadap Kriteria *Likelihood*

Hasil tersebut kemudian dibandingkan dengan perhitungan manual guna melihat tingkat konsistensi dan akurasi. Rincian perbandingan ditampilkan sebagai berikut.

Tabel 4. 22 Perbandingan Hasil Manual dan *Expert Choice* Kriteria *Likelihood*

Alternatif	Hasil <i>Expert Choice</i>	Hasil Manual	Koreksi (%)
CF	0.375	0.375	0.00
MH	0.125	0.125	0.00
CO	0.125	0.125	0.00
RR	0.375	0.375	0.00
		Koreksi rata-rata	0.00

Hasil perhitungan alternatif terhadap kriteria biaya mitigasi diperoleh melalui tahapan analisis yang sama. Rincian hasil perhitungan ditampilkan sebagai berikut.



Gambar 4. 7 Hasil Skor Alternatif Terhadap Kriteria Biaya Mitigasi

Hasil yang diperoleh dibandingkan dengan perhitungan manual guna memastikan kesesuaian dan konsistensi nilai. Rincian perbandingan ditunjukkan sebagai berikut.

Tabel 4. 23 Perbandingan Hasil Manual dan Expert Choice Kriteria C

	Hasil <i>Expert Choice</i>	Hasil Manual	Koreksi (%)
CF	0.386	0.384	0.00
MH	0.165	0.167	0.00
CO	0.063	0.065	0.00
RR	0.386	0.384	0.48
		Koreksi rata-rata	0.48

Berdasarkan hasil yang diperoleh, dapat disimpulkan bahwa perhitungan manual telah memenuhi kriteria validitas, karena menghasilkan nilai yang mendekati atau identik dengan hasil perhitungan menggunakan aplikasi *Expert Choice*.

4.7.7 Menghitung Bobot Prioritas Keseluruhan

Perhitungan bobot prioritas dilakukan dengan menggunakan bobot masing-masing kriteria sebagai dasar. Bobot kriteria yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$S = 0.56$$

$$L = 0.35$$

$$C = 0.09$$

Jika menggunakan perhitungan matriks algebra maka bisa diselesaikan sebagai berikut:

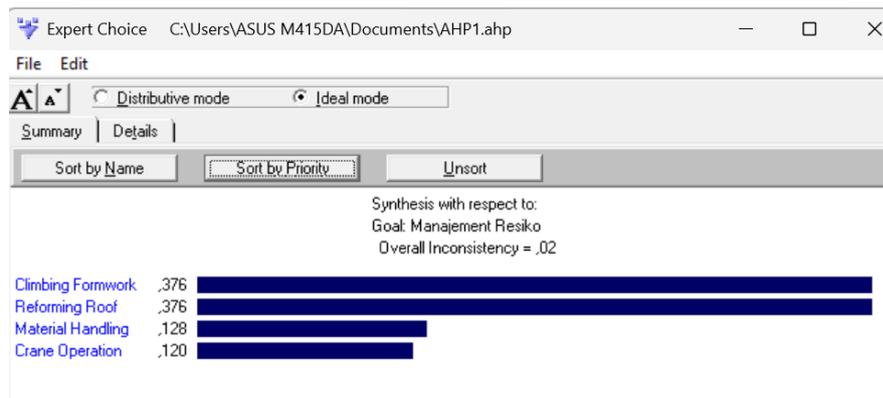
$$\begin{pmatrix} 0,375 & 0,375 & 0,384 \\ 0,125 & 0,125 & 0,167 \\ 0,125 & 0,125 & 0,065 \\ 0,375 & 0,375 & 0,384 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0,56 \\ 0,35 \\ 0,09 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.37581 \\ 0.12878 \\ 0.1196 \\ 0.37581 \end{pmatrix}$$

4. 2

Bobot prioritas masing-masing alternatif dapat diidentifikasi sebagai berikut:

Alternatif	Bobot	Prioritas
<i>Climbing Formwork</i>	0.3751	1
<i>Reforming Roof</i>	0.3751	2
<i>Crane Operation</i>	0.12878	3
<i>Material Handling</i>	0.1196	4

Hasil skor kriteria dan alternatif dibandingkan secara menyeluruh, sehingga diperoleh hasil akhir perhitungan melalui aplikasi *Expert Choice*. Rangkuman hasil keseluruhan disajikan sebagai berikut.



Gambar 4. 8 Hasil Keseluruhan *Expert Choice*

Hasil analisis menghasilkan perbandingan yang menunjukkan urutan prioritas alternatif berdasarkan bobot masing-masing. Perbandingan ini menjadi dasar dalam pengambilan keputusan strategi manajemen risiko yang paling efektif.

Tabel 4. 24 Perbandingan hasil Manual dan *Expert Choice*

Alternatif	Hasil EC	Hasil Manual	Koreksi	Prioritas
<i>Climbing Formwork</i>	0.376	0.376	0.00	1
<i>Reforming Roof</i>	0.376	0.376	0.05	2
<i>Material Handling</i>	0.128	0.129	0.00	3
<i>Crane Operation</i>	0.120	0.120	0.00	4

Hasil perhitungan menggunakan Expert Choice menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang sangat kecil, yaitu sebesar 0.05%, sehingga dapat disimpulkan bahwa hasil tersebut memiliki tingkat konsistensi yang tinggi. Berdasarkan keseluruhan analisis AHP, alternatif manajemen risiko yang memiliki prioritas tertinggi adalah *Climbing Formwork* dan *Reforming Roof* dengan bobot prioritas sebesar 0.376. Selanjutnya, *Material Handling* menempati urutan kedua dengan bobot 0.128, diikuti oleh *Crane Operation* dengan bobot prioritas sebesar 0.120.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis risiko pada pekerjaan *core wall* di Proyek Menara Komunikasi, dapat disimpulkan bahwa dapat disimpulkan bahwa aktivitas ini memiliki tingkat risiko keselamatan dan kesehatan kerja (K3) yang tinggi. Beberapa aktivitas kritis, seperti pemasangan bekisting (*climbing formwork*), *reforming roof*, pengangkatan material menggunakan *crane*, serta pengecoran beton, menunjukkan potensi bahaya serius yang mencakup risiko jatuh dari ketinggian, tertimpa material, gangguan ergonomis, serta paparan bahan kimia berbahaya. Identifikasi dan analisis risiko dilakukan melalui pendekatan terintegrasi yang menggabungkan *Job Safety Analysis* (JSA), *Hazard Identification Risk Assessment and Determining Control* (HIRADC), *Analytical Hierarchy Process* (AHP), serta *Cost-Benefit Analysis* (CBA). Metode HIRADC berhasil memetakan sebagian besar risiko ke dalam kategori sedang hingga tinggi. Melalui penerapan strategi pengendalian seperti pemasangan *guardrail*, penggunaan *full body harness*, pelatihan kerja di ketinggian, serta pengaturan area kerja alat berat, tingkat risiko berhasil ditekan secara signifikan.

Prioritas mitigasi risiko ditentukan menggunakan metode AHP, yang mempertimbangkan tiga kriteria utama: tingkat keparahan (*severity*), kemungkinan kejadian (*likelihood*), dan biaya mitigasi (*cost*). Hasil analisis menunjukkan bahwa *severity* merupakan faktor paling dominan dalam pengambilan keputusan mitigasi. Aktivitas *climbing formwork* dan *reforming roof* menempati posisi tertinggi dalam urutan prioritas karena memiliki risiko tertinggi secara kombinitif. Evaluasi melalui pendekatan CBA menunjukkan bahwa investasi dalam mitigasi risiko, meskipun cukup besar secara nominal, menghasilkan manfaat signifikan dalam mengurangi potensi kecelakaan fatal dan gangguan proyek. Tindakan pengendalian dinilai layak diterapkan berdasarkan pertimbangan efisiensi dan prinsip kehati-hatian terhadap risiko ekstrem. Integrasi metode JSA, HIRADC, AHP, dan CBA membentuk kerangka kerja yang sistematis dan berbasis data dalam manajemen risiko K3. Pendekatan ini memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih objektif, sekaligus mendukung pengalokasian sumber daya yang

efisien pada area kerja berisiko tinggi. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi pedoman praktis bagi manajemen proyek dalam meningkatkan keselamatan kerja, menjaga produktivitas, serta menjamin keberlanjutan pembangunan pada proyek konstruksi berskala besar dan kompleks.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan kesimpulan yang diperoleh, saran yang diberikan adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini secara spesifik menyoroti risiko K3 pada pekerjaan konstruksi *core wall* yang memiliki kompleksitas tinggi dan risiko signifikan. Proyek konstruksi secara keseluruhan mencakup banyak tahapan lain yang juga mengandung potensi bahaya besar, seperti pekerjaan MEP (*Mechanical, Electrical, Plumbing*), struktur atap, pekerjaan *finishing*, dan pekerjaan di area sempit. Penelitian selanjutnya disarankan untuk memperluas cakupan objek kajian agar mencakup keseluruhan aktivitas konstruksi sehingga pemetaan risiko dapat dilakukan secara menyeluruh dan strategi mitigasi yang dihasilkan akan lebih komprehensif serta aplikatif pada skala proyek yang lebih luas.
2. Fokus utama penelitian ini adalah pada risiko fisik dan operasional. Aspek non-teknis seperti tekanan psikologis, kelelahan mental, komunikasi kerja, dan budaya keselamatan belum dianalisis secara mendalam. Integrasi pendekatan multidimensi yang mencakup faktor psikososial dan budaya organisasi dalam penelitian mendatang akan memberikan pemahaman lebih komprehensif terhadap penyebab perilaku tidak aman serta memperkuat efektivitas sistem K3 di lapangan.
3. Aspek finansial dalam penelitian ini dibatasi pada estimasi biaya implementasi pengendalian risiko, tanpa mempertimbangkan investasi proyek secara menyeluruh. Penelitian mendatang sebaiknya memasukkan kajian investasi dan pembiayaan K3 secara holistik, termasuk nilai waktu uang, *return on investment* (ROI), atau *payback period* dari tindakan mitigasi.

5.3 Implikasi Manajerial

Berdasarkan hasil penelitian dan kesimpulan yang diperoleh, implikasi manajerial yang diberikan adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini menunjukkan bahwa manajemen risiko tidak cukup dilakukan secara formalitas atau satu kali di awal proyek. Dokumen-dokumen seperti JSA dan HIRADC harus dijadikan *living documents* yang diperbarui secara berkala sesuai perkembangan di lapangan. Manajemen proyek perlu memperkuat sistem pengelolaan risiko secara menyeluruh. Hal tersebut dapat dimulai dari perencanaan hingga *monitoring* implementasi di lapangan. Evaluasi risiko secara dinamis akan membantu memastikan bahwa tindakan pencegahan tetap relevan terhadap kondisi operasional aktual, khususnya untuk pekerjaan dengan kompleksitas tinggi seperti *core wall*.
2. Kontribusi dari integrasi metode AHP dan CBA salah satunya yaitu kemampuannya membantu manajer proyek dalam pengambilan keputusan pengalokasian sumber daya secara lebih strategis. Tidak semua risiko memerlukan penanganan dengan biaya besar, dan tidak semua bahaya berdampak signifikan. Perusahaan dapat lebih bijak dalam menentukan investasi pada aspek keselamatan berdasarkan tingkat risiko aktual. Sumber daya seperti waktu, tenaga, dan dana sebaiknya diprioritaskan pada aktivitas kerja yang memiliki kombinasi antara dampak besar dan kemungkinan kejadian tinggi, sehingga efisiensi proyek dapat tercapai tanpa mengorbankan keselamatan.
3. Sistem K3 harus terintegrasi langsung ke dalam proses inti bisnis proyek, tidak hanya sebagai kepatuhan administratif. Penilaian risiko dan strategi mitigasi harus menjadi bagian dari *baseline* perencanaan proyek, termasuk dalam penyusunan anggaran, penjadwalan pekerjaan, dan rencana pengadaan. Setiap pengambilan keputusan manajerial harus mempertimbangkan aspek K3 sebagai bagian dari variabel penting yang memengaruhi kualitas dan keberhasilan proyek.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR PUSTAKA

- AS/NZS 4360:1999. (1999). *Risk Management Guidelines*. Sydney: Strathfield NSW 2135.
- AS/NZS 4360:2004. (2004). *Risk Management Guidelines*. Sydney: Strathfield NSW 2135.
- Bawang, J., Kawatu, P. A., & Wowor, R. (2018). Analisis Potensi Bahaya Dengan Menggunakan Metode Job Safety Analysis di Bagian Pengapalan SITE Pakal PT Aneka Tambang Tbk, UPBN Maluku Utara. *Jurnal KESMAS*, 7(5).
- Belekar, S., Jamadar, S., Manjarekar, J., Singh, R., & Kazi, A. (2021). Application of Analytical Hierarchy Process (AHP) in Construction Works. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, 9(3), 132-137.
- Budiharjo. (2024). Analisis Risiko Kecelakaan Kerja Dengan Metode Job Safety Analysis Pada Proyek Konstruksi Di CV. XYZ. *Industri Inovatif - Jurnal Teknik Industri ITN Malang*, 268-282.
- Bustaman, S. A. (2022). *Analisis Pengaruh Struktur Corewall Terhadap Perilaku Seismik Gedung Hotel El Royale Yogyakarta (Analysis The Effect Of Corewall Structure On Seismic At El Royale Hotel Building Yogyakarta)*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia.
- Ervianto, W. I. (2005). *Manajemen Proyek Konstruksi Edisi Revisi*. Yogyakarta: CV. Andi Offset.
- Gamal, Y. A., & Saber, A. M. (2024). Analyzing the application of the analytical hierarchy process in developing a robust risk management framework for

- construction projects in Egypt. *Asian Journal of Civil Engineering*, 25, 3729-3745. doi:<https://doi.org/10.1007/s42107-024-01007-x>
- Hamali, A. Y. (2016). *Pemahaman Manajemen Sumber Daya Manusia*. Yogyakarta: CAPS (Center for Academic Publishing Service).
- Heinrich, H. W., Peterson, D., & Roos, N. (1980). *Industrial Accident Prevention. 5th Edition*. New York: McGraw Hill.
- Ihsan, T., Hamidi, S. A., & Putri, F. A. (2020). Penilaian Risiko dengan Metode HIRADC Pada Pekerjaan Konstruksi Gedung Kebudayaan Sumatera Barat. *Jurnal Civronlit Unbari*, 5(2), 67-74. doi:<https://doi.org/10.33087/civronlit.v5i2.67>
- International Labour Organization, ILO. (2018). *Meningkatkan Keselamatan dan Kesehatan Pekerja Muda*. Jakarta: Kantor Perburuhan Internasional.
- Irianto, D., Basriman, I., & Sukwika, T. (2022). Pengembangan Model Metode HIRADC dalam Analisis Risiko Bekerja di Ketinggian pada Proyek Konstruksi PT. X di Jabodetabek. *Journal of Industrial Hygiene and Occupational Health*, 7(1), 53-68. doi:<http://dx.doi.org/10.21111/jihoh.v7i1.8114>
- Kerzner, H. (2001). *Project Management; Systems Approach to Planning, Scheduling and Controlling*. New York: John Wesley and Sons.
- Kholida, L., & Sumarmi. (2023). Implementation of the Hiradc Method in Risk Analysis of Diaphragm Wall Work Projects. *Journal of Applied Science, Engineering, Technology, and Education*, 5(2), 232–239. doi:<https://doi.org/10.35877/454RI.asci2337>
- Kurniawan, R. R., & Bhaskara, A. (2021). Identifikasi risiko pekerjaan fondasi menggunakan IBPRP dan JSA di proyek pembangunan Gedung Layanan

- Pembelajaran FISIP Universitas Jenderal Soedirman. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Sipil*, 18(1), 64-75.
- Lestari, T., & Trisyulianti, E. (2009). Hubungan Keselamatan dan Kesehatan (K3) dengan Produktivitas Kerja Karyawan (Studi Kasus: Bagian Pengolahan PTPN VIII Gunung Mas, Bogor). *Jurnal Manajemen*, 73-79.
- Muazaky, N. A., Handayani, F. S., & Setyawan, A. (2024). Implementation Of Value Engineering Using Analytical Hierarchy Process (Ahp) (Case Study: Flyover Construction Project Of Jpl 64 Km 38+897 Across Surabaya – Solo). *Sustainable Civil Building Management and Engineering Journal*, 1(4), 1-10.
- Mulyono, S. (2007). *Riset Operasi Edisi Revisi*. Jakarta: Lembaga Penerbit Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia.
- Nurkholis, & Adriansyah, G. (2017). Pengendalian Bahaya Kerja Dengan Metode Job Safety Analysis Pada Penerimaan Afval Lokal Bagian Warehouse Di PT. ST. *Teknika : Engineering and Sains Journal*, 1(1), 11-16.
- Occupational Safety and Health Administration (OSHA). (2002). *Job Hazard Analysis (OSHA 3071)*. Diambil kembali dari Occupational Safety and Health Administration (OSHA): <https://www.osha.gov/sites/default/files/publications/osha3071.pdf>
- OHSAS. (2007). *OHSAS 18001:2007 Occupational Health and Safety Management Systems – Requirements*. British Standards Institution (BSI).
- OHSAS. (2008). *OHSAS 18002:2008 Occupational Health and Safety Management Systems – Guidelines for Implementation*. British Standards Institution (BSI).

- Ramli, S. (2010). *Pedoman Praktis Manajemen Risiko Dalam Prespektif K3 OHS Risk Management*. Jakarta: Dian Agung.
- Rotinsulu, F. N., Dundu, A. K., Malingkas, G. Y., Mondoringin, M. R., & Thambas, A. H. (2023). Identification, Risk Assessment and Determine Control (HIRADC) and Job Safety Analysis (JSA). *Journal of Engineering, Social and Health*, 2(10), 1133-1141.
- Saaty, T. L. (1990). *Analytical Hierarchy Process, Theory, Methodology, Process and Application* (Vol. 48). Upper Sadle River: Prentice Hall.
- Saaty, T. L. (1992). *Multicriteria Decision Making: The Analytic Hierarchy Process*. New York: RWS Publications.
- Salim, M. A., Siswanto, A. B., Mindaistiwi, T., & Purwantini. (2023). Analisis keselamatan dan kesehatan kerja menggunakan metode Job Safety Analysis (JSA) pada Proyek Bendungan Kuwil Kawangkoan. *Jurnal Serambi Engineering*, VIII(1), 4891-4900.
- Schuller, W. (1989). *Struktur Bangunan Bertingkat Tinggi*. Bandung: PT. Bresco.
- Suardi, R. (2007). *Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja*. Jakarta: PPM.
- Sukpto, P., Djojsubroto, H., & Permana, H. (2018). Penerapan Metode Job Safety Analysis and Risk Score untuk Meningkatkan Keselamatan dan Kesehatan Kerja pada Departemen Printing, Sewing dan Assembly PT. PAI, Bandung (Suatu Pendekatan Participatory Ergonomic). *JURNAL KESEHATAN*, 9(3), 403-411.
- Supriyadi, W. F., Arifin, T. S., & Abdi, F. N. (2023). Analisis Risiko K3 Menggunakan Pendekatan HIRADC dan Metode JSA (Studi Kasus: Proyek Pembangunan

Gedung BPKAD Samarinda). *Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Sipil*, 72-81.

Suryadi, K., & Ramdhani, M. A. (2000). *Sistem Pendukung Keputusan Suatu Wacana Struktural Idealis dan Implementasi Konsep Pengambilan Keputusan*. Bandung: Remaja Rosda Karya.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

LAMPIRAN

KUSIONER PENELITIAN TESIS

Judul Penelitian :

ANALISIS RISIKO KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA (K3) PADA PEKERJAAN KONSTRUKSI CORE WALL DI PROYEK MENARA KOMUNIKASI

Kepada Yth,

Bapak/Ibu Responden Penelitian

Di tempat.

Dengan hormat,

Dalam rangka menyelesaikan Tesis program Magister/Pascasarjana (S2) di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya, saya selaku peneliti memiliki kewajiban untuk melaksanakan kegiatan penelitian. Sehubungan dengan hal tersebut, saya memohon kesediaan Bapak/Ibu selaku responden untuk meluangkan waktu dalam mengisi kuesioner ini dengan memilih jawaban yang telah disediakan.

Kuesioner ini bertujuan untuk mengetahui dan menganalisis tingkat risiko keselamatan dan kesehatan kerja (K3) pada pekerjaan konstruksi *core wall* di Proyek Menara Komunikasi. Penelitian ini menggunakan pendekatan terintegrasi yang meliputi *Job Safety Analysis (JSA)*, *Hazard Identification*, *Risk Assessment*, and *Determining Control (HIRADC)*, *Analytical Hierarchy Process (AHP)*, serta *Cost-Benefit Analysis (CBA)*. Informasi dari Bapak/Ibu akan sangat berharga dalam membantu pengembangan strategi mitigasi risiko yang lebih efektif dan efisien.

Jawaban dari kuesioner ini akan digunakan hanya untuk kepentingan akademik dan dijamin kerahasiaannya. Oleh karena itu, kami sangat mengharapkan pengisian kuesioner dilakukan dengan jujur dan objektif sesuai kondisi sebenarnya di lapangan.

Atas perhatian dan kesediaan Bapak/Ibu dalam berpartisipasi, kami ucapkan terima kasih.

Denpasar, 1 Maret 2025

Peneliti

Kadek Kristina Fajar Laksmi

Identitas Responden

Nama : **Usia** :
Jabatan : **Pendidikan** :

I. PEMBOBOTAN KOMPONEN

Petunjuk pengisian kusioner pembobotan komponen:

1. Penilaian terhadap elemen-elemen permasalahan dari setiap tingkatan yang diteliti skala kepentingannya dinyatakan secara numerik, dengan skala angka dari 1 sampai dengan 9.
2. Angka-angka tersebut menunjukkan suatu perbandingan dari 2 elemen pernyataan dengan skala kuantitatif 1 sampai dengan 9 untuk menilai tingkat intensitas kepentingan suatu elemen terhadap elemen yang lain dengan kriteria sebagai berikut:

Intensitas Kepentingan	Keterangan / Definisi Verbal	Penjelasan
1	Sama pentingnya (<i>equal importance</i>)	Bobot kepentingan dari suatu elemen matriks adalah sama penting dibandingkan elemen matriks yang lain.
3	Sedikit lebih penting (<i>moderate importance</i>)	Bobot kepentingan dari suatu elemen matriks adalah sedikit lebih penting dibandingkan elemen matriks yang lain.
5	Lebih penting (<i>strong importance</i>)	Bobot kepentingan dari suatu elemen matriks adalah cukup penting dibandingkan elemen matriks yang lain.
7	Jelas lebih penting (<i>very strong importance</i>)	Bobot kepentingan dari suatu elemen matriks adalah sangat penting dibandingkan elemen matriks yang lain.
9	Mutlak sangat penting (<i>extreme importance</i>)	Bobot kepentingan dari suatu elemen matriks adalah mutlak dibandingkan elemen matriks yang lain.
2, 4, 6, 8	Nilai di antara kedua pertimbangan	Nilai diberikan berdasarkan persetujuan dari pihak perusahaan.

3. Jika elemen pada kolom 1 (sebelah kiri) lebih penting daripada kolom 2 (sebelah kanan), maka nilai perbandingan diisikan pada kolom 1, dan sebaliknya.

CONTOH PENGISIAN

Memberikan tanda lingkaran pada skala kepentingan sebagai berikut:

Likelihood	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Severity
------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----------

PENGISIAN KUSIONER

1. Kusioner perbandingan berpasangan komponen

Kriteria	Penelitian																		Kriteria
Risiko jatuh saat pemasangan bekisting	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	SOP kerja ketinggian & full body harness diterapkan	
Beban crane melebihi kapasitas aman	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Area pengangkatan diberi batas/pengaman	
Risiko terpeleset saat pengecoran	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	APD lengkap digunakan saat pengecoran	
Risiko tertusuk ujung besi saat pemasangan tulangan	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Sarung tangan dan sepatu safety selalu digunakan	
Cuaca ekstrem mengganggu keselamatan kerja	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Supervisi keselamatan selalu hadir di lapangan	
Lokasi tulangan sempit dan semrawut menyebabkan potensi tersandung/terjepit	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Jalur evakuasi & titik kumpul tersedia dan diketahui oleh seluruh pekerja	
Tindakan pengendalian harus mampu menurunkan risiko secara nyata dan signifikan.	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Tindakan pengendalian sebaiknya hemat biaya dan tidak membebani anggaran proyek.	
Tindakan keselamatan perlu diterapkan walaupun biayanya tinggi, selama manfaatnya besar terhadap keselamatan kerja.	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Tindakan keselamatan yang bermanfaat jangka panjang dapat diprioritaskan, meskipun efeknya tidak langsung.	
Biaya tambahan untuk keselamatan harus diminimalkan selama risiko masih dapat ditoleransi.	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Manfaat jangka panjang dari pencegahan kecelakaan dapat lebih penting daripada efisiensi biaya jangka pendek.	

Keterangan bobot kepentingan: 1 (sama penting), **3** (sedikit lebih penting), **5** (lebih penting), **7** (jelas lebih penting), **9** (mutlak sangat penting); **2, 4, 6, 8** (nilai di antara kedua pertimbangan).

WAWANCARA PENELITIAN TESIS

Judul Penelitian :

ANALISIS RISIKO KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA (K3) PADA PEKERJAAN KONSTRUKSI CORE WALL DI PROYEK MENARA KOMUNIKASI

A. Profil Responden & Umum (5 Pertanyaan)

1. Apa jabatan, latar belakang pendidikan, dan pengalaman kerja Anda di bidang konstruksi dan K3?
2. Sejak kapan Anda terlibat dalam proyek konstruksi core wall ini?
3. Bagaimana peran Anda dalam pengawasan atau pengelolaan aspek keselamatan di proyek ini?
4. Menurut Anda, seberapa penting aspek keselamatan kerja dalam proyek core wall?
5. Apa kebijakan K3 yang menjadi pedoman utama dalam pekerjaan struktur vertikal seperti core wall?

B. Job Safety Analysis (JSA)

1. Apakah JSA disusun secara tertulis dan menjadi dokumen wajib sebelum pekerjaan dimulai?
2. Siapa saja yang terlibat dalam penyusunan JSA? Apakah melibatkan pekerja langsung di lapangan?
3. Tahapan pekerjaan mana dalam core wall yang Anda anggap paling kritis dari sisi keselamatan?
4. Apakah JSA disesuaikan untuk kondisi kerja malam hari atau cuaca ekstrem?
5. Bagaimana proses briefing atau toolbox meeting dilakukan sebelum pekerjaan harian dimulai?
6. Apakah pernah terjadi insiden yang tidak tercantum dalam JSA sebelumnya?
7. Seberapa sering JSA direvisi atau diperbarui sesuai dinamika di lapangan?
8. Bagaimana respons pekerja terhadap hasil JSA yang dijelaskan oleh pengawas?
9. Apakah terdapat pengawasan langsung terkait kepatuhan terhadap JSA di lapangan?
10. Apakah ada indikator keberhasilan dari penerapan JSA yang digunakan?

C. HIRADC (*Hazard Identification, Risk Assessment, and Determining Control*)

1. Bagaimana proses identifikasi bahaya dilakukan di proyek ini?
2. Apakah digunakan metode klasifikasi risiko berdasarkan severity dan likelihood?
3. Apakah ada formulir atau sistem digital untuk HIRADC di proyek ini?
4. Siapa yang bertanggung jawab terhadap pelaksanaan dan pembaruan dokumen HIRADC?
5. Bagaimana strategi pengendalian risiko ditentukan (eliminasi, substitusi, rekayasa, administratif, APD)?

6. Apakah pekerja diberikan pelatihan khusus untuk memahami HIRADC?
7. Sejauh mana manajemen melakukan audit terhadap implementasi kontrol risiko di lapangan?
8. Apakah HIRADC digunakan untuk menilai juga risiko ergonomi dan psikososial?

D. CBA (*Cost-Benefit Analysis*)

1. Bagaimana pendekatan manajemen proyek dalam menyeimbangkan biaya keselamatan dan manfaatnya?
2. Apakah ada perhitungan (estimasi) nilai ekonomi dari pencegahan kecelakaan di proyek ini?
3. Menurut Anda, investasi K3 seperti pelatihan, APD berkualitas, atau sistem sensor apakah sepadan dengan hasilnya?
4. Dalam praktiknya, apakah pernah terjadi penundaan pengadaan sistem K3 karena pertimbangan biaya?
5. Apakah tindakan pencegahan yang dianggap “mahal” pernah diabaikan atau ditunda?
6. Bagaimana cara proyek menilai apakah satu program K3 cukup efektif dan layak untuk diteruskan secara biaya?
7. Apakah ada evaluasi tahunan atau periodik terhadap efisiensi program K3 dari segi biaya?

E. Praktik Lapangan & Rekomendasi

1. Apa tantangan terbesar dalam penerapan sistem keselamatan kerja di struktur core wall?
2. Apa usulan perbaikan Anda untuk sistem penilaian dan mitigasi risiko di proyek sejenis?
3. Menurut Anda, apakah pendekatan seperti JSA, HIRADC, AHP, dan CBA bisa diterapkan lebih luas di proyek konstruksi lain?

BIODATA PENULIS



Penulis bernama Kadek Kristina Fajar Laksmi, lahir di Kota Mataram. Berdomisi di Bali untuk saat ini. Penulis merupakan seorang profesional di bidang sumber daya manusia dan manajemen umum dengan latar belakang pendidikan psikologi serta fokus pada manajemen teknologi. Memiliki pengalaman di sektor konstruksi, pelayanan publik, dan industri jasa, penulis menunjukkan komitmen tinggi dalam optimalisasi proses SDM, pengembangan organisasi, serta pengelolaan administrasi proyek secara strategis. Pendidikan formal dimulai dari Universitas Surabaya (2016–2020) dengan gelar Sarjana Psikologi. Selama menempuh pendidikan, penulis memiliki pengalaman riset dan pelatihan terkait energi terbarukan di Pusat Studi Energi Terbarukan. Saat ini sedang menempuh studi Magister Manajemen Teknologi di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya. Dalam perjalanan kariernya, penulis pernah menjabat sebagai HRGA di PT Utama Karya (Persero) (2021–2024), terlibat langsung dalam proyek strategis pembangunan Gedung Layanan Estetik RSUP di Bali. Penulis memiliki ketertarikan mendalam terhadap pengembangan teknologi proyek yang berorientasi pada prinsip keberlanjutan, pengambilan keputusan strategis berbasis analisis kuantitatif seperti Multi-Criteria Decision Making (MCDM), serta penerapan inovasi untuk mendorong kemajuan sektor konstruksi dan energi di Indonesia. Penulis dapat dihubungi melalui email: kadek.kristinafajar1@gmail.com.

