

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Studi Penelitian Sebelumnya

Penelitian sebelumnya dilakukan dengan menggunakan temuan-temuan yang relevan dari penelitian sebelumnya untuk memberikan pemahaman umum kepada peneliti tentang penelitian ini dan memberikan wawasan untuk penelitian selanjutnya, sehingga menyempurnakan teori yang digunakan untuk menyusun penelitian. Penelitian dikutip oleh para akademisi sebagai referensi untuk penelitian lanjutan yang akan dilakukan guna menambah informasi yang mendukung temuan tersebut. Tabel 2.1 menunjukkan pemeriksaan temuan penelitian sebelumnya dari sejumlah jurnal yang relevan dengan penelitian yang terdahulu.

Tabel 2. 1 Penelitian Sebelumnya

No	Nama Peneliti	Tahun	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
1	Alvin Nur Choirudin	2023	Identifikasi Bahaya Dan Risiko Pada Proyek Rehabilitasi Saluran Induk Tarum Utara Leuweung Seureuh Berbasis HIRADC Dan FTA	Dengan dilakukan pengolahan data dan metode penerapan HIRADC mampu menurunkan tingkat potensi bahaya dari 166 potensi, menjadi 80 potensi bahaya.
2	Haryanto Pandapotan Pasaribu	2017	Metode <i>Failure Mode & Effect Analysis</i> (FMEA) Dan <i>Fault Tree Analysis</i> (FTA) Untuk Mengidentifikasi Potensi Dan Penyebab Kecelakaan Kerja Pada Proyek Gedung	Temuan penelitian menunjukkan bahwa aktivitas pengiriman baja tulangan ke lapangan merupakan aktivitas yang paling sering terjadi kecelakaan. Kecelakaan ini disebabkan oleh kurangnya fokus, koordinasi yang buruk, dan penyakit.

No	Nama Peneliti	Tahun	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
3	Siti Rochmana	2017	Perancangan Profil Risiko Dengan Menggunakan Metode Fta Dan Fmea Pada Proses Produksi Pabrik Amdk K3PG	Setelah mengidentifikasi aktivitas yang terlibat dalam proses produksi, ditemukan 142 risiko, dengan 91 di tingkat tinggi dan 51 di tingkat medium. Karena individu dapat mengakses basis data risiko dan membuat perubahan berdasarkan kondisi perusahaan, hasilnya menyarankan pembuatan dasbor risiko, juga dikenal sebagai profil risiko, yang memfasilitasi manajemen dan pemantauan risiko.
4	Linda Nuriawati	2017	Evaluasi Penerapan (K3) Berdasarkan <i>Fault Tree Analysis</i> (FTA), <i>Failure Modes & Effect Analysis</i> (FMEA) Dan Preliminary Hazard Analysis (PHA) Di Jurusan Tiplt Smk Negeri 1 Magelang	Bengkel Jurusan Teknik Instalasi Tenaga Listrik SMK Negeri 1 Magelang memperoleh nilai Baik (B) dengan prosentase keberhasilan 73,6% setelah menerapkan K3.

No	Nama Peneliti	Tahun	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
5	Mira Anjar Gita	2015	Analisa Risiko Kecelakaan Kerja Proyek Marvell City Linden Tower Surabaya Dengan Metode FMEA (<i>Failure Mode & Analysis</i>) dan FTA (<i>Fault Tree Analysis</i>)	Metode FMEA untuk analisis risiko kecelakaan kerja mengidentifikasi tiga posisi paling berbahaya untuk proyek Linden Tower II. Empat komponen kemudian diidentifikasi dari pohon akar penyebab dari tiga pekerjaan berbahaya menggunakan metode FTA: aspek teknis, lingkungan, manajemen, dan manusia.

(Sumber: Hasil Penelitian Sebelumnya)

2.2 Penelitian Sekarang

Penelitian sekarang ialah penelitian pada proyek pembangunan *flyover* aloha, Sidoarjo. Metode penelitian yang akan digunakan adalah FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) dan FTA (*Fault Tree Analysis*) untuk mengetahui akar pemicu terjadinya kecelakaan di tempat kerja bernilai risiko tinggi. Berdasarkan perhitungan nilai angka prioritas risiko, temuan studi ini memungkinkan kita untuk menentukan pekerjaan mana yang mungkin berisiko tinggi terhadap bahaya. Dengan menggunakan teknik FMEA dan FTA, bisnis dapat menentukan sejauh mana potensi risiko dan tingkat keparahan risiko tersebut jika terjadi. Kita dapat mengamati sekali lagi sejauh mana potensi bahaya dan tingkat keparahan bahaya yang telah dihilangkan melalui penggunaan langkah-langkah manajemen bahaya. Arah penerapan K3 dalam organisasi akan diputuskan oleh program pengendalian yang dihasilkan.

2.3 Proyek

Proyek adalah kegiatan jangka pendek dengan tujuan dan sasaran tertentu, jangka waktu tertentu, dan alokasi sumber daya tertentu. (2013, Manajemen

Konstruksi). Dari uraian tersebut jelas bahwa atribut utama proyek adalah sebagai berikut:

- Proyek bersifat sementara, sehingga titik awal dan akhir jelas.
- Memiliki tujuan dan sasaran dalam bentuk hasil akhir.
- Waktu, uang, dan kualitas yang dibutuhkan untuk mencapai tujuan dan sasaran ini telah ditetapkan.
- Aktivitas bervariasi dalam intensitas dan jenis selama berlangsungnya proyek, sehingga tidak berulang atau tidak berulang.

Proyek konstruksi adalah proyek yang melibatkan pembangunan infrastruktur dan biasanya melibatkan tugas-tugas mendasar dari disiplin ilmu arsitektur dan teknik sipil. Proyek ini juga mencakup disiplin ilmu lain seperti geoteknik, teknik lanskap, teknik mesin, teknik listrik, dan teknik industri. Proyek konstruksi melewati beberapa tahap, dimulai dengan pembuatan inisiatif pembangunan, diikuti oleh survei, dan seterusnya, hingga proyek beroperasi penuh dan mampu memenuhi fungsi yang dimaksudkan..

2.4 Flyover (Jembatan Layang)

Jalan layang adalah jenis jembatan yang membentang di atas jalan. jalan yang dibangun pada tingkat yang berbeda untuk menghindari tempat atau wilayah yang sering mengalami kemacetan lalu lintas. Jalan layang melewati perlintasan kereta api. Jalan layang adalah jenis perangkat jalan tol yang digunakan untuk melewati rintangan yang disebabkan oleh kemacetan lalu lintas di persimpangan, lingkungan kumuh yang menantang, atau lokasi rawa. (Allawy, M. Farid 2018; Ramadan, 2015).

Karena titik akses jalan layang lebih sedikit, konflik penggabungan dan divergensi pada jalur masuk atau keluar lebih jarang terjadi, yang dapat mengurangi emisi gas buang. Kelancaran ini merupakan salah satu manfaat dari konstruksi Jalan Layang. Manfaat lainnya adalah dapat mengatasi masalah mobilitas dan aksesibilitas, yang dapat meningkatkan kinerja lalu lintas. Karena emisi gas buang dari kendaraan berkecepatan rendah lebih besar daripada kendaraan berkecepatan tinggi, peningkatan kecepatan kendaraan inilah yang menyebabkan penurunan emisi gas buang. (Pradana, Devan Rasendriya, 2021)

Membangun jalan layang memiliki kelemahan yaitu berpotensi menciptakan daerah kumuh jika penghuni liar tidak terkendali dan area di bawah jalan layang tersebut dimanfaatkan oleh pengendara sepeda motor sebagai tempat parkir untuk berteduh saat cuaca buruk, yang memperburuk kemacetan lalu lintas. (Devan Rasendriya, 2021)

2.5 Manajemen Risiko

Identifikasi, analisis, evaluasi, penanganan risiko kerugian, pemantauan pengendalian risiko, dan alokasi sumber daya keuangan untuk mengurangi dampak kerugian merupakan langkah-langkah dalam proses manajemen risiko yang sedang berlangsung. Risiko yang terkait dengan keuangan, operasi, perimeter, dan strategi dapat timbul dari kerugian ini. (Marquette University, 2016).

Namun, penerapan manajemen risiko dalam praktik memerlukan penggunaan setiap sumber daya manusia yang ada, khususnya untuk entitas manajemen risiko seperti manusia, karyawan, dan organisasi. Konsep penerapan manajemen risiko terpadu dapat muncul dari hal ini. (Irdawati & dkk, 2021, p. 3-4).

2.6 K3 (Kesehatan dan Keselamatan Kerja)

Organisasi Perburuhan Internasional (ILO) mengartikan keselamatan dan kesehatan kerja atau K3 sebagai semua keadaan dan unsur yang memengaruhi kesehatan dan keselamatan pekerja dan orang lain di tempat kerja. Peraturan Menteri PUPR Nomor 10 Tahun 2021 tentang Pedoman Sistem Manajemen Keselamatan Konstruksi Pasal 1 Ayat 11 juga mengatur tentang K3 (Keselamatan dan Kesehatan Kerja).

2.6.1 Pengertian Kesehatan dan Keselamatan Kerja

K3 berdasarkan Suma'mur adalah serangkaian tindakan yang dimaksudkan untuk membuat tempat kerja yang aman dan tenteram bagi pekerja di bidang terkait (Lestari et al. 2020). Menurut Sedarmayanti, keselamatan dan kesehatan kerja meliputi pemantauan terhadap personel, peralatan, perlengkapan, dan proses, termasuk tempat kerja, untuk mencegah terjadinya kecelakaan (Hidayatullah & Tjahjawati, 2017).

Perlindungan karyawan dari bahaya yang diakibatkan oleh kecelakaan kerja dikenal sebagai keselamatan. Sehat berarti karyawan tidak menderita penyakit fisik maupun mental akibat pekerjaannya.

2.6.2 Tujuan Kesehatan dan Keselamatan Kerja

Mangkunegara dalam (Tannady, 2017) menyatakan bahwa tujuan K3 adalah sebagai berikut:

1. Memastikan bahwa setiap pekerja memiliki jaminan kesehatan dan keselamatan fisik, sosial, dan mental di tempat kerja.
2. Memastikan bahwa semua peralatan dan perkakas kerja digunakan seefisien mungkin.
3. Memastikan keselamatan semua hasil produksi.
4. Memastikan bahwa kesehatan gizi karyawan terjaga dan ditingkatkan.
5. Meningkatkan keterlibatan, kegembiraan, dan keharmonisan di lokasi kerja.

Berlandaskan Undang-Undang Nomor 1 Tahun 1970, tujuan utama penerapan K3 adalah menjaga dan menjamin keselamatan setiap pekerja dan pekerja lain dalam bekerja (D. S. Widodo, 2021):

2.7 Peraturan dan Perundang – Undangan Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3)

Pelaksanaan dasar Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) di jasa konstruksi (Republik & Indonesia, 1999) adalah :

1. Peraturan Pemerintah Nomor 50 Tahun 2012 tentang Penyelenggaraan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja :
 - a. Sistem manajemen perseroan secara keseluruhan meliputi Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3) yang mengendalikan risiko terkait pekerjaan untuk mendatangkan tempat kerja yang tentram, efektif, dan produktif.
 - b. K3 adalah segala tindakan yang dilakukan untuk menjamin dan memelihara kesehatan dan keselamatan pekerja dengan mencegah terjadinya kecelakaan dan penyakit akibat pekerjaannya.
2. Undang-Undang Nomor 1 Tahun 1970 tentang Keselamatan Kerja (Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 1 Tahun 1970), Yang termasuk dalam maksud dan tujuan Undang-Undang adalah :
 - a. Menjamin keselamatan dan kesehatan kerja bagi tenaga kerja dan setiap orang lain yang bekerja.

- b. Menjamin pemanfaatan dan aksesibilitas sumber daya produksi secara efektif.
 - c. Proses produksi yang efisien.
3. Sistem Manajemen Keselamatan Konstruksi Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 10 Tahun 2021 (Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2021). Setiap RKK memiliki komponen SMKK, yang meliputi :
- a. Dukungan Keselamatan Konstruksi memastikan bahwa pekerja memiliki peralatan dan pelatihan yang mereka butuhkan untuk aman di lokasi konstruksi dan bahwa mereka ditangani dengan tepat.
 - b. Di lokasi konstruksi, keselamatan pekerja diawasi oleh Operasi Keselamatan Konstruksi.
 - c. Penilaian efektivitas penerapan SMKK memastikan bahwa proyek konstruksi mendatang menggunakan praktik terbaik yang ditemukan selama proyek Keselamatan dalam Konstruksi.
4. Standart Internasional ISO 45001 : 2018
- Standar internasional untuk mengevaluasi kualitas organisasi adalah Organisasi Internasional untuk Standardisasi, atau ISO. ISO merupakan sarana untuk meningkatkan sistem manajemen mutu dan sangat penting dalam menilai legitimasi bisnis yang ingin bersaing dalam skala global. (ISO 45001, 2018).

2.8 Faktor Risiko Kecelakaan Kerja

Sesuai dengan Pasal 1 Nomor 27 Peraturan Menteri PUPR Nomor 10 Tahun 2021 tentang Pedoman Sistem Manajemen Keselamatan Konstruksi, pada tahap konstruksi akibat kelalaian, sehingga mengakibatkan kerugian harta benda, penurunan produktivitas, kematian, cacat tetap, dan kerusakan lingkungan. Secara umum, terdapat dua variabel yang berperan dalam terjadinya kecelakaan kerja, yakni faktor lingkungan (kondisi tidak aman) dan faktor manusia (tindakan tidak aman).

2.8.1 Faktor Manusia

Faktor manusia (tindakan tidak aman) diakibatkan oleh beberapa hal berikut:

1. Ketidakseimbangan fisik di antara para pekerja
2. Pendidikan yang tidak memadai

3. Melakukan tugas tanpa izin
4. Melakukan tugas di luar bidang kompetensinya.
5. Membawa beban yang terlalu berat.
6. Penggunaan alat pelindung diri, atau APD, sebenarnya hanyalah kedok.
7. Bekerja secara berlebihan atau melebihi jam kerja.

2.8.2 Faktor Lingkungan

Berikut ini adalah beberapa penyebab terjadinya masalah lingkungan (kondisi tidak aman):

1. Peralatan yang tidak sesuai
2. Kebakaran yang membahayakan
3. Paparan kebisingan
4. Paparan radiasi
5. Sistem peringatan yang terlalu ketat
6. Keamanan yang tidak memadai
7. Ventilasi dan pencahayaan yang berlebihan atau tidak memadai
8. Kondisi suhu yang membahayakan
9. Karakteristik karyawan yang berisiko.

2.9 Klasifikasi Kecelakaan Akibat Kerja

Organisasi Perburuhan Internasional (ILO) pada tahun 1952 mengatakan bahwa kegagalan mengembangkan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3) dapat mengakibatkan bahaya berikut (Alvin Nur Choirudin, 2023) :

2.9.1 Klasifikasi Menurut Jenis Kecelakaan Kerja

1. Terjatuh;
2. Tertimpa objek;
3. Tertimpa sesuatu yang bukan objek jatuh;
4. Terjepit oleh material;
5. Aktivitas yang tidak terkendali;
6. Impak hawa tinggi;
7. Terkena setrum;
8. Terkena zat berbahaya atau radiasi;
9. Macam-macam lainnya, terdiri dari kecelakaan yang belum termasuk dalam kategori sebelumnya.

2.9.2 Klasifikasi Menurut Penyebab

1. Mesin
2. Alat Angkut dan Alat Angkat
3. Peralatan Lain
4. Bahan-bahan, Zat – zat dan Radiasi
5. Lingkungan Tempat Kerja

2.9.3 Klasifikasi Menurut Sifat Luka

Fraktur, Diskolasi/keseleo, Regang otot/urat, Lebam dan luka dalam yang lain, Amputasi, Gegar dan remuk, Lecur, Keracunan – keracunan mendadak, Mati lemas, Pengaruh setrum, Pengaruh radiasi dan cedera lainnya.

2.9.4 Klasifikasi Menurut Letak Kecelakaan atau Luka di Tubuh

1. Mengklasifikasikan letak luka yang berada di seluruh bagian tubuh dari mulai kepala hingga ujung kaki.

2.10 Tindakan Penerapan SMK3 pada Pelaksanaan Jembatan dan Jalan Tol

1. Jaminan Kemampuan
 - a. Sumber daya keuangan, material, dan manusia
 - b. Unifikasi
 - c. Akuntabilitas dan tanggung jawab
 - d. Konsultasi, inspirasi, kesadaran
 - e. Keterampilan dan pelatihan
2. Dukungan Tindakan
3. Identifikasi Sumber Bahaya dan Pengendalian Risiko
4. Pengukuran dan Penilaian
 - a. Pengujian dan inspeksi
 - b. Pemeriksaan SMK3
 - c. Tindakan korektif dan preventif
5. Tinjauan oleh Pihak Manajemen
 - a. Penilaian Pelaksanaan Kebijakan Keselamatan dan Kesehatan Kerja
 - b. Kinerja, Sasaran, dan Target Keselamatan dan Kesehatan Kerja
 - c. Hasil Pemeriksaan Sistem Manajemen K3
 - d. Penilaian efektivitas pelaksanaan Sistem Manajemen K3 dan kebutuhan:
 - 1) Perubahan perundang-undangan

- 2) Permintaan pasar dan pihak terkait
- 3) Perubahan produk sebagai hasil dari inisiatif perubahan
- 4) Modifikasi organisasi bisnis
- 5) Kemajuan dalam ilmu pengetahuan dan teknologi, seperti epidemiologi
- 6) Pengetahuan yang dikumpulkan pada kejadian yang melibatkan keselamatan dan kesehatan kerja
- 7) Pemberitahuan
- 8) Masukan, tertentu dari karyawan

2.11 Analisis Risiko

Analisis risiko bisa dilakukan pada berbagai aspek kedalaman, tergantung pada bahaya, tujuan analisis, serta pengetahuan, data, dan sumber daya yang ada. Analisis risiko bisa bersifat kuantitatif, semi-kuantitatif, kualitatif, atau kombinasi dari ketiganya, tergantung pada keadaan. Analisis kualitatif, semi-kuantitatif, dan kuantitatif diurutkan dari rendah ke tinggi dalam hal kompleksitas dan biaya (ISO: 31000)..

Mengontraskan dengan analisis kualitatif, analisis risiko semi-kuantitatif yang digunakan pada tahap ini memberikan prediksi risiko yang lebih menyeluruh dalam prioritas risiko. Pendekatan ini memungkinkan untuk melakukan beberapa kombinasi dengan mengalikan tingkat frekuensi dengan besaran numerik konsekuensinya. (Australian Commonwealth, 2004 dalam Mira Anjar Gita, 2015)

2.12 Identifikasi Risiko

Karena risiko baru dapat diidentifikasi saat proyek berjalan selama siklus proyek, identifikasi risiko merupakan proses berulang. Dari kasus ke kasus, akan ada variasi signifikan dalam jumlah pengulangan dan peserta dalam setiap siklus. Semua risiko, baik yang ada dalam organisasi maupun yang tidak, harus diidentifikasi untuk membuat daftar risiko menyeluruh tentang hasil potensial yang dapat memengaruhi setiap komponen struktur..

Analisis deduktif digunakan dalam Analisis Pohon Kesalahan (FTA). Dengan menggunakan pohon logika menurun, pertama-tama analisis ini mengidentifikasi kejadian yang dapat mengakibatkan implikasi kejadian puncak. FTA adalah teknik yang dapat digunakan untuk menentukan penyebab kecelakaan tertentu.

2.13 Pengendalian Risiko

Hal ini harus diterapkan untuk menurunkan risiko ke tingkat yang dapat diterima berdasarkan persyaratan, peraturan, dan standar yang berulang.

Penerapan alat pengendalian risiko dan potensi manfaatnya bagi setiap tempat kerja harus dipertimbangkan sebelum menerapkannya. Berikut ini beberapa hal yang perlu dipertimbangkan;

- Tingkat potensi risiko atau bahaya;
- Pemahaman terhadap risiko atau bahaya dan cara menghilangkannya;
- Ketersediaan dan kesesuaian instrumen untuk menghilangkan atau menghilangkan risiko;

Salah satu strategi pengendalian risiko adalah Hirarki Pengendalian. Peralatan pelindung diri, pengendalian teknik, pengendalian administratif, pengendalian penggantian, dan pengendalian eliminasi merupakan langkah awal, hierarki pengendalian risiko merupakan serangkaian langkah untuk mencegah dan mengendalikan potensi bahaya.



Gambar 2. 1 Hirarki Pengendalian Risiko

(Sumber: ISO 45001:2018)

1) Eliminasi

Merupakan tindakan pengendalian risiko jangka panjang yang perlu diprioritaskan untuk diterapkan. Eliminasi dapat dilakukan dengan merelokasi sistem atau objek terkait pekerjaan yang tingkatnya melampaui

Nilai Batas Ambang (NAB) yang diizinkan atau yang keberadaannya berada pada tingkat standar, peraturan, atau pembatasan K3. Eliminasi merupakan strategi pengendalian risiko yang paling efektif.

2) Substitusi

Tujuan substansi untuk mengganti bahan dan perabot yang lebih aman atau kurang berisiko dengan yang lebih berisiko untuk menjaga paparan dalam batas yang diizinkan.

3) Pengendalian Teknik

Penutup ban berjalan, pelindung mesin, pengecoran beton untuk pondasi mesin, dan modifikasi struktural lainnya merupakan contoh pengendalian rekayasa atau rekayasa yang mengubah objek kerja untuk menjaga seseorang dari paparan risiko yang mungkin terjadi.

4) Isolasi

Isolasi ialah teknik penanganan risiko yang melibatkan menjauhkan seseorang dari objek kerja. Misalnya, menggunakan kendali jarak jauh untuk mengoperasikan mesin produksi dari ruang terbatas.

5) Pengendalian Administrasi

Pengawasan rutin diperlukan untuk memastikan kepatuhan terhadap pengendalian administratif ini, yang sangat bergantung pada perilaku karyawan. Pendekatan ini terdiri dari perekrutan karyawan baru berdasarkan jenis pekerjaan yang harus dilakukan.

6) Alat Pelindung Diri

Peralatan pelindung diri (APD) biasanya dipakai untuk solusi penanganan sementara ketika sistem penanganan yang lebih permanen tidak dapat diterapkan. Dalam strategi pengendalian risiko di tempat kerja, peralatan pelindung diri (APD) ditempatkan terakhir. Berdasarkan Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia Nomor 08 Tahun 2010 tentang Alat Pelindung Diri, tujuan dan jenisnya adalah:

a) Alat Pelindung Kepala

Melindungi kepala terhadap benturan, jatuh, atau terhantam sesuatu keras atau barang yang bergerak bebas di udara, serta dari radiasi

panas, api, cipratan bahan kimia, mikroba, dan hawa yang sangat tinggi atau rendah, dikenal sebagai pelindung kepala.



Gambar 2. 2 Alat Pelindung Kepala

(Sumber: Google)

b) Alat Pelindung Mata dan Muka

Tujuannya alat pelindung mata dan wajah ialah untuk mengamankan wajah dan mata dari zat berbahaya, partikel di udara dan air, cipratan benda kecil, panas atau uap panas, serta radiasi gelombang elektromagnetik. hantaman atau pukulan dari objek tajam atau keras, emisi cahaya.



Gambar 2. 3 Alat Pelindung Mata dan Muka (a) Kacamata (b) Goggles (c) Masker Fullface (d) Topeng Las

(Sumber: Google)

c) Alat Pelindung Telinga

Alat pelindung yang disebut pelindung telinga berfungsi untuk melindungi alat bantu dengar dari tekanan atau kebisingan. Penutup telinga dan penyumbat telinga merupakan bagian dari perlengkapan pelindung telinga ini.



Gambar 2. 4 Alat Pelindung Telinga (a) Ear Plug (b) Ear Muff

(Sumber: Google)

d) **Alat Pelindung Pernafasan**

Alat pelindung pernafasan agar terhindar dari kemungkinan terpapar gas, uap, debu, atau udara yang tercemar atau beracun, peralatan pelindung pernafasan berfungsi melindungi organ pernafasan.



Gambar 2. 5 Alat Pelindung Pernafasan (a) Masker (b) Reusable Respirator

(Sumber: Safetysign, 2017)

e) **Alat Pelindung Tangan**

Saat bekerja pada proyek konstruksi, sarung tangan penting untuk pelindung tangan. Sarung tangan berfungsi untuk melindungi tangan dan jari dari luka, lecet, dan suhu ekstrem, serta risiko paparan bahan kimia.



Gambar 2. 6 Alat Pelindung Tangan

(Sumber: Pusat Info Pelatihan K3, 2018)

f) Alat Pelindung Kaki

Fungsi alat pelindung kaki adalah untuk melindungi kaki dari terpeleset atau tergelincir, terkena zat kimia dan kuman berbahaya, terbentur.



Gambar 2. 7 Alat Pelindung Kaki

(Sumber: Pusat Info Pelatihan K3, 2018)

g) Pakaian Pelindung

Pakaian pelindung berguna untuk mengamankan badan sebagian atau seluruh bagian badan dari bahaya temperatur panas atau dingin yang ekstrim, dan percikan bahan-bahan kimia. Kategori pakaian pelindung bisa terlihat dari warna pakaian pelindung. Pakaian pelindung dipilah berdasarkan banyak kategori, seperti jenis proyek, jenis identitas pegawai, dan lainnya. Yang paling utama, pakaian pelindung harus memiliki visibilitas yang tinggi agar pekerja yang menggunakannya mudah terlihat dan dikenali.



Gambar 2. 8 Pakaian Pelindung

(Pusat Info Pelatihan K3, 2018)

h) **Alat Pelindung Jatuh Perorangan**

Sabuk pengaman, yang biasanya digunakan saat memanjat dan membangun di dataran tinggi, berfungsi untuk melindungi tubuh dari risiko terjatuh.



Gambar 2. 9 Alat Pelindung Jatuh Perorangan

(Sumber: Google)

2.14 Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Angkatan Bersenjata AS adalah yang pertama kali menggunakan *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) di militer pada akhir tahun 1940-an. Sebelum suatu produk atau layanan dikirimkan ke pelanggan, Metode rekayasa yang disebut FMEA digunakan untuk mendefinisikan, menemukan masalah, kesalahan, dan masalah lain pada suatu sistem, desain, proses, dan/atau layanan. (Mayangsari et al., 2015).

FMEA adalah metode yang mudah dipahami. Setiap mode kesalahan komponen sistem tercantum dalam tabel, beserta konsekuensi masalahnya. Pendekatan ini metodis, efisien, dan menyeluruh, meskipun terkadang digambarkan sebagai pendekatan yang memakan waktu. FMEA secara umum dipahami sebagai metode yang mengidentifikasi tiga hal, khususnya::

1. Kemungkinan alasan mengapa sistem, desain, dan proses dapat gagal seiring berjalannya waktu.
2. Konsekuensi dari kesalahan fungsi.
3. Tingkat keparahan dampak kesalahan terhadap operasi sistem, desain, dan alur kerja.

Berikut ini adalah tindakan yang harus dilakukan untuk melakukan FMEA:
(Trisna Anggi Prasetya, 2017)

1. Periksa setiap tugas yang mungkin memiliki risiko bangunan yang dapat menurunkan kualitas.
2. Buat daftar mekanisme kegagalan yang terkait dengan setiap item pekerjaan yang berisiko.
3. Pertimbangkan kemungkinan konsekuensi dari risiko kegagalan setiap item pekerjaan.
4. Gunakan indeks keparahan untuk menentukan dampak kegagalan pada tingkat keparahan tertentu.
5. Buat daftar kemungkinan alasan mengapa setiap item dapat gagal.
6. Dengan menggunakan indeks keparahan, tentukan kemungkinan bahwa setiap item pekerjaan akan mengalami salah satu kemungkinan penyebab kegagalan.
7. Sebagai tindakan pencegahan terhadap kemungkinan penyebab kegagalan, buatlah daftar kendali desain yaitu bentuk pencegahan dalam potensi penyebab kegagalan.
8. Gunakan indeks keparahan untuk menentukan tingkat skala deteksi untuk setiap item pekerjaan berdasarkan daftar kendali desain.
9. Tentukan tingkat prioritas setiap keparahan, kejadian, dan deteksi, yang juga dikenal sebagai RPN.

10. Urutkan kesalahan berdasarkan prioritas menurut RPN yang memerlukan perhatian lebih.

Referensi evaluasi diperlukan untuk memastikan besarnya nilai guna mengevaluasi derajat keparahan, kejadian, dan deteksi.

- **Severity (S) (berdasarkan tingkat keparahan risiko)**

Berdasarkan kriteria skala keparahan, keparahan peringkat yang sesuai dengan dampak paling serius untuk skenario kegagalan tertentu. Gita, Mira Anjar (2015). Skala keparahan pada Tabel 2.2.

Tabel 2. 2 Skala *Severity*

Effect	Kriteria Kejadian	Ranking
Sangat Tinggi	Efek kegagalan yang sangat parah	5
Tinggi	Efek kegagalan yang parah	4
Sedang	Efek kegagalan yang jarang parah	3
Kecil	Efek kegagalan yang sedikit parah	2
Sangat Kecil	Efek kegagalan yang tidak parah	1

Sumber: Carlson (2010)

- **Occurance (berdasarkan tingkat kejadian risiko)**

Frekuensi penyebab kegagalan (kemungkinan kecelakaan kerja), khususnya dari suatu proyek yang berlangsung dan berujung pada kegagalan, dikenal sebagai kejadian. Satu mewakili "hampir tidak pernah" sementara lima mewakili "hampir sering." Pasaribu Pandapotan dkk. (2017). Tabel 2.3 menampilkan skala kejadian.

Tabel 2. 3 Skala *Occurance*

Probability of Occurance	Ranking
Selalu Terjadi: kegagalan hampir tidak bisa dihindarkan	5
Sering Terjadi: Kegagalan yang sering terjadi berulang-ulang	4
Kadang-kadang Terjadi: Kegagalan yang biasa terjadi	3
Hampir Tidak Pernah Terjadi: kegagalan yang terjadi beberapa kali saja	2
Tidak Pernah Terjadi: kegagalan mustahil, tak pernah ada kegagalan terjadi dalam kegiatan	1

Sumber: Carlson (2010)

- **Detection (berdasarkan tingkat deteksi risiko)**

Kemampuan mengidentifikasi atau mencegah kegagalan (kemungkinan kecelakaan kerja) diukur dengan deteksi. Satu mewakili kemampuan alat untuk mengatur atau mengidentifikasi kegagalan, dan sepuluh mewakili ketidakmampuannya untuk melakukannya. Pasaribu Pandapotan dkk. (2017). Tabel 2.4 menampilkan skala deteksi.

Tabel 2. 4 Skala *Detection*

Deteksi	Kemungkinan Terdeteksi	Ranking
Selalu Terdeteksi	Mudah dideteksi dan tindak pencegahan berhasil dengan baik	5
Sering Terdeteksi	Sangat mudah dideteksi dan tindak pencegahan berhasil sangat baik	4
Kadang-kadang Terdeteksi	Bersifat moderat dan metode pencegahan kadang berhasil	3
Hampir Tidak Pernah Terdeteksi	Sulit dideteksi dan metode pencegahan kurang efektif	2
Tidak Pernah Terdeteksi	Sangat sulit untuk dideteksi dan metode pencegahan tidak efektif	1

Sumber: Carlson (2010)

- **Perhitungan nilai *Risk Priority Number* (RPN)**

Hasil perhitungan dari tiga factor tingkat keparahan dampak, kemungkinan terjadinya penyebab, dan kemungkinan ditemukannya alasan adalah *Risk Priority Number* (RPN), yaitu peringkat numerik risiko dari setiap kemungkinan mode atau penyebab kegagalan (Mira Anjar Gita, 2015). Oleh karena itu, rumus berikut dapat digunakan untuk memperoleh nilai RPN:

$$RPN = Severity \times Occurance \times Detection$$

2.15 Fault Tree Analysis (FTA)

Fault tree analysis (FTA) adalah salah satu metode analisis penting dalam rekayasa sistem keselamatan. FTA dimaksudkan untuk membantu mengidentifikasi potensi penyebab kegagalan sistem sebelum kegagalan benar-benar terjadi. Itu juga dapat digunakan untuk mengevaluasi probabilitas penggunaan acara teratas. Saat menggunakan metode FTA, Analisis sering kali dimulai dengan peristiwa yang paling signifikan dan bekerja lapis demi lapis, dari atas ke bawah, untuk

mengidentifikasi penyebab langsung dan tidak langsung dari bencana. FTA berkontribusi pada identifikasi bahaya yang terkait dengan kegagalan. Pendekatan ini menggunakan perhitungan dari atas ke bawah, dimulai dengan anggapan bahwa peristiwa puncak gagal atau hilang, dan kemudian membahas secara rinci tentang alasan di balik peristiwa puncak tersebut hingga ke penyebab yang mendasarinya. (Alvin N.C, 2023)

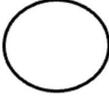
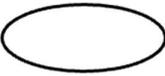
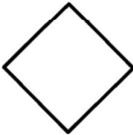
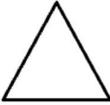
Menurut Manggenre et al. (2019), *Fault Trees Analysis* (FTA) adalah metode pengendalian mutu yang menganalisis kegagalan sistem dari sekelompok objek yang berinteraksi untuk melacak cacat secara *top-down*. *Fault Tree Analysis*, dalam arti yang berbeda. Menemukan mode kegagalan pada level tertinggi sistem adalah langkah pertama dalam analisis FTA. (Bastuti S, 2019).

FTA melibatkan *Gates* dan *events*. *Gates* menggambarkan hasil, sedangkan *events* menggambarkan input untuk *gates*. Kesalahan dapat ditentukan sebagai *root cause* (yaitu, awal dari masalah), berkontribusi (yaitu, faktor – faktor yang memperburuk masalah), atau melindungi (yaitu, faktor – faktor yang mengurangi kemungkinan kegagalan) masalah. Langkah-langkah membangun FTA:

1. Identifikasi semua peristiwa besar yang kemungkinan akan ditentukan untuk dianalisis dan temukan penyebabnya.
2. Pelajari tentang sistem dengan membiasakan diri dengan peralatan, tempat kerja, dan SOP operasional.

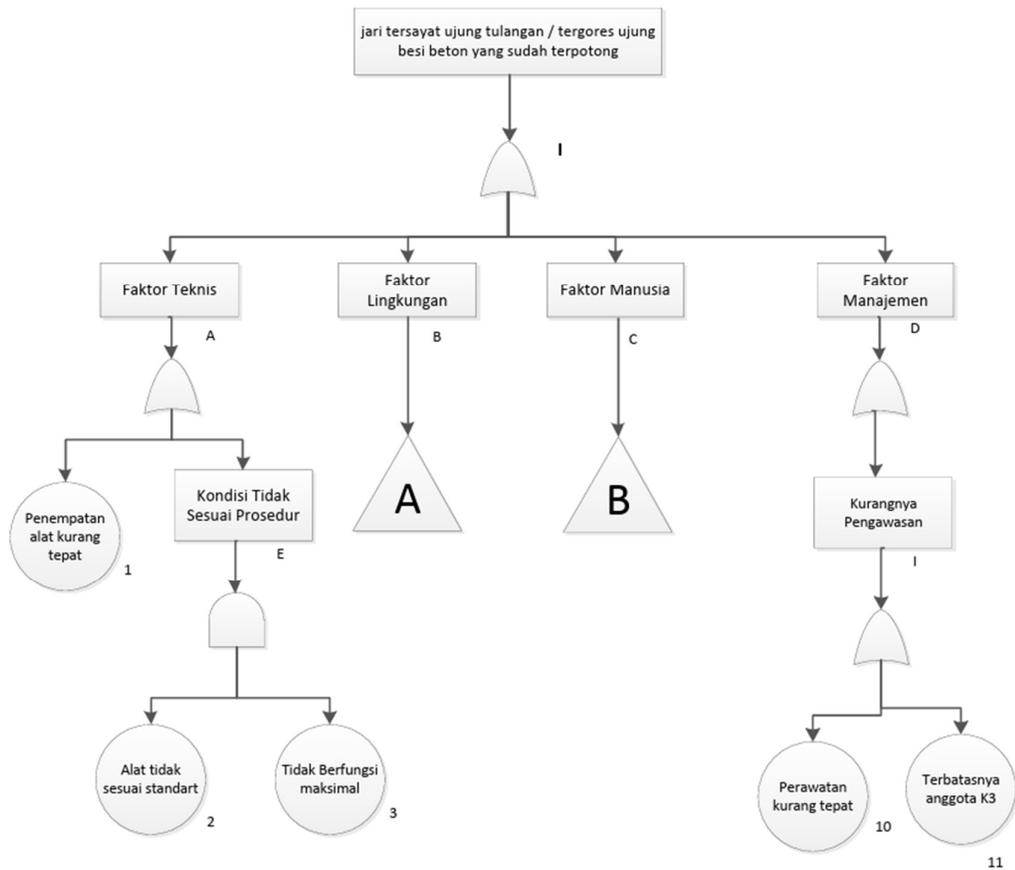
Melihat penyebab suatu insiden atau kecelakaan kerja secara terperinci merupakan salah satu manfaat dari penerapan pendekatan FTA. Dari kejadian tertinggi hingga penyebab terendah (kejadian dasar), analisis pohon kegagalan diilustrasikan dengan cermat. Pendekatan FTA menggunakan simbol yang berbeda untuk menggambarkan analisis pohon kegagalan. Tabel 2.5 menampilkan informasi berikut.

Tabel 2. 5 Simbol *Fault Tree Analysis*

Simbol	Nama Simbol	Keterangan
	<i>Top Event</i>	Peristiwa puncak yang akan ditentukan penyebab kegagalannya yang terletak dibagian teratas.
	<i>Basic Event</i>	Kejadian dasar yang tidak membutuhkan analisa lanjutan.
	<i>Conditioning Event</i>	Kejadian tertentu (bersyarat) yang digunakan pada gerbang logika bila memenuhi kondisi tertentu.
	<i>Undeveloped Event</i>	Kejadian yang belum berkembang, sehingga tidak perlu mencari penyebab kegagalan karena tidak tersedianya informasi.
	<i>Transferred Event</i>	Menunjukkan bahwa fault tree berhubungan lebih lanjut dengan fault tree di lembaran / halaman selanjutnya.
	<i>And gate</i>	Simbol gerbang yang digunakan apabila kesalahan manual akibat seluruh input masalah yang terjadi.
	<i>Or gate</i>	Simbol gerbang yang digunakan apabila muncul kesalahan akibat salah satu input yang terjadi.

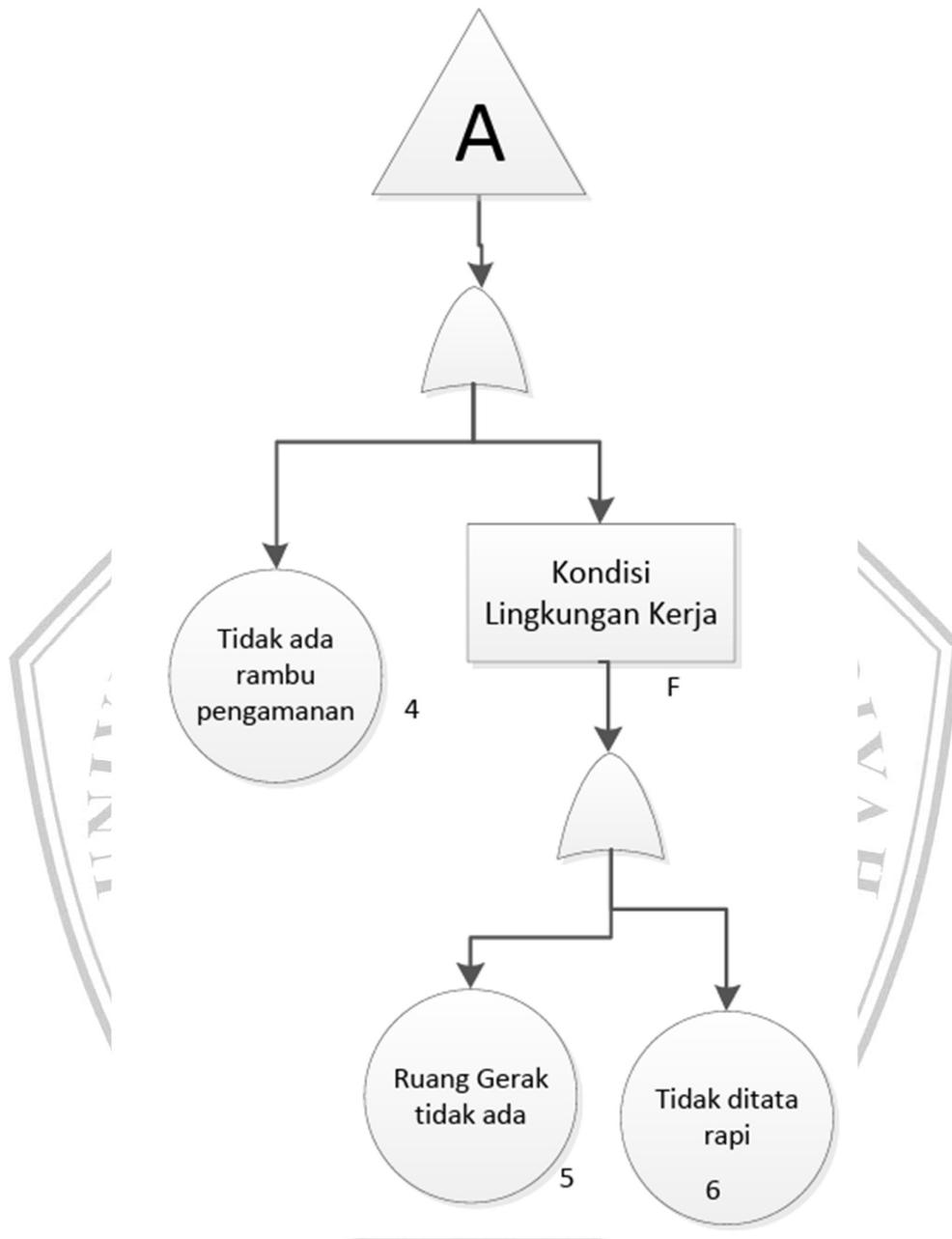
(Sumber: Kartikasari dan Romadhon, 2019)

Untuk mempermudah pengerjaan kombinasi kejadian sederhana, penggambaran FTA menggunakan notasi huruf dan angka. Angka Romawi digunakan untuk kejadian puncak, notasi huruf digunakan untuk kejadian antara, dan notasi angka digunakan untuk kejadian dasar. Ilustrasi analisis pohon kesalahan ditunjukkan pada Gambar 2.10–2.12 seperti yang dijelaskan di bawah ini.



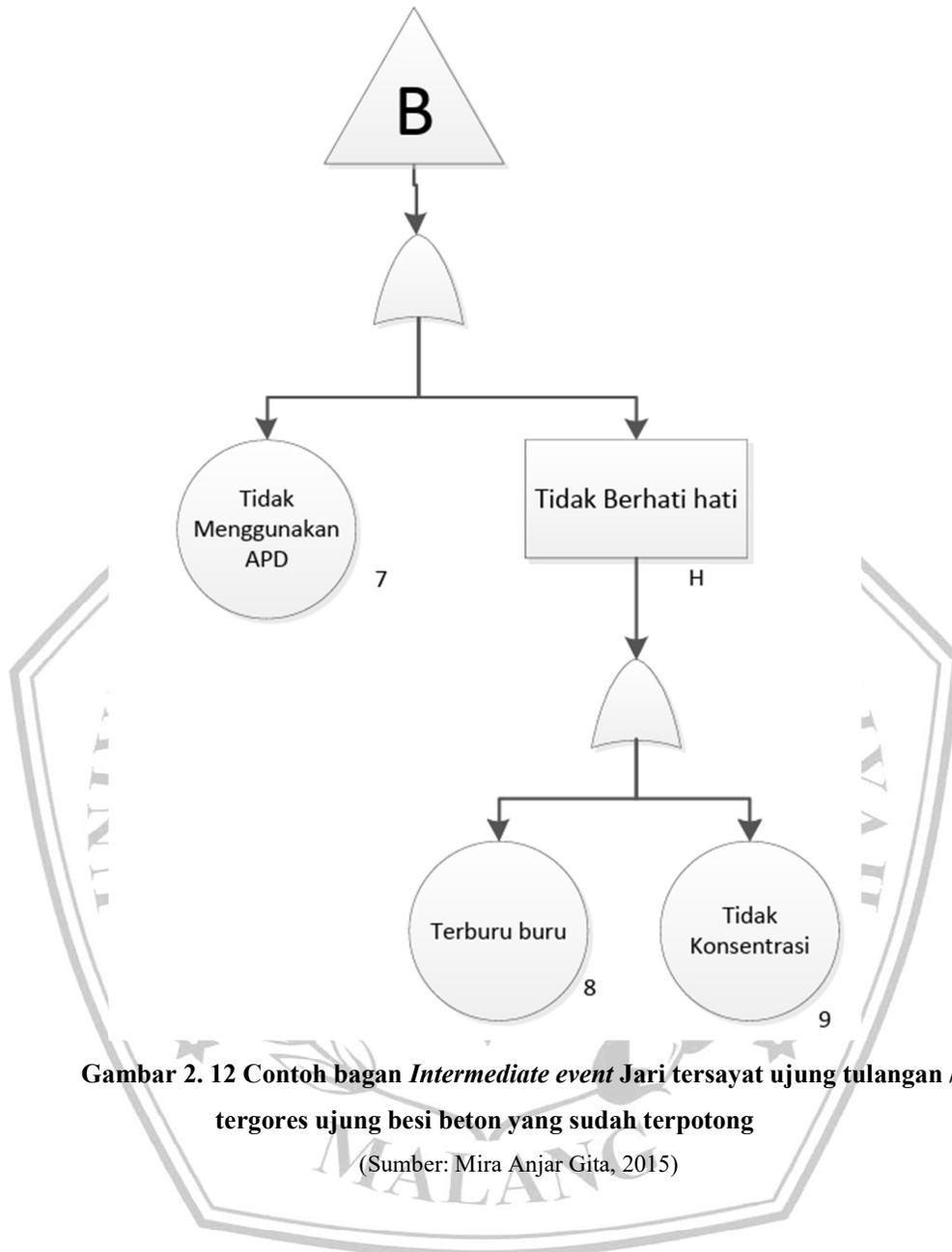
Gambar 2. 10 Contoh bagan *Fault tree analysis* Jari tersayat ujung tulangan / tergores ujung besi beton yang sudah terpotong

(Sumber: Mira Anjar Gita, 2015)



Gambar 2. 11 Contoh bagan *Intermediate event* Jari tersayat ujung tulangan / tergores ujung besi beton yang sudah terpotong

(Sumber: Mira Anjar Gita, 2015)



Gambar 2. 12 Contoh bagan *Intermediate event* Jari tersayat ujung tulangan / tergores ujung besi beton yang sudah terpotong

(Sumber: Mira Anjar Gita, 2015)