IDENTIFIKASI DAN PENGENDALIAN RISIKO KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA PADA PROSES *SAWMILL* MENGGUNAKAN METODE HIRARC DAN FMEA (STUDI KASUS: PT. KARYA MINA PUTRA)

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Strata-1
Program Studi Teknik Industri - Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia

Nama : Shabrina Farahiyah Andika Anggraeni
No. Mahasiswa : 21522296

PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI PROGRAM SARJANA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2025

PERNYATAAN KEASLIAN

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya mengakui bahwa tugas akhir ini adalah hasil karya saya sendiri kecuali kutipan dan ringkasan yang seluruhnya sudah saya jelaskan sumbernya. Jika dikemudian hari ternyata terbukti pengakuan saya ini tidak benar dan melanggar peraturan yang sah maka saya bersedia ijazah yang telah saya terima ditarik kembali oleh Universitas Islam Indonesia.

Yogyakarta, 29 – 07 – 2025



(Shabrina Farahiyah Andika Anggrani)
21522296

SURAT BUKTI PENELITIAN



Rembang, 03 Februari 2025

Nomor : 008/SJPM/KMPK/I/2025

Perihal : Surat Keterangan Pelaksanaan Penelitian

Lamp : -

Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama	: Bagus Prasetia A
Jabatan	: Personalia (HRD)

menerangkan bahwa,

Nama	: Shabrina Farahiyah A.A
NIM	: 21522296
Nama Universitas	: Universitas Islam Indonesia Yogyakarta
Jurusan	: Fakultas Teknologi Industri

Telah melaksanakan penelitian tugas akhir Industri di perusahaan kami, dengan keterangan sebagai berikut,

Tanggal	: 1 Januari-2 Februari 2025
Di bagian	: K3

Demikianlah surat keterangan ini dibuat, untuk digunakan sebagaimana mestinya

Hormat kami

Bagus Prasetia A

Ka. Personalia

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

IDENTIFIKASI DAN PENGENDALIAN RISIKO KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA PADA PROSES *SAWMILL* MENGGUNAKAN METODE HIRARC DAN FMEA (STUDI KASUS: PT. KARYA MINA PUTRA)

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Shabrina Farahiyah Andika Anggraeni

No. Mahasiswa : 21522296

Yogyakarta, 26 Juni 2025

Dosen Pembimbing



(Atyanti Dyah Prabaswari, S.T., M.Sc.)

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

IDENTIFIKASI DAN PENGENDALIAN RISIKO KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA PADA PROSES *SAWMILL* MENGGUNAKAN METODE HIRARC DAN FMEA
(STUDI KASUS: PT. KARYA MINA PUTRA)

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Shabrina Farahiyah Andika Anggraeni
No. Mahasiswa : 21522296

Telah dipertahankan di depan sidang penguji sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata-1 Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, 29 Juli 2025

Tim Penguji

Atyanti Dyah Prabaswari, S.T., M.Sc.	
Ketua	
Ir. Muchamad Sugarindra, S.T., M.T.I., IPM.	
Anggota I	
Wahyudhi Sutrisno, S.T., M.M., M.T	150825
Anggota II	

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Industri Program Sarjana
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia

Ir. Muhammad Ridwan Andi Purnomo, S.T., M.Sc., Ph.D., IPM.
NIK 01522010

HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan mengucapkan rasa syukur kepada Allah SWT dan Nabi Muhammad SAW, serta doa dan dukungan dari keluarga saya, Kepada Ayah saya Bpk. Kasmin, Ibu saya Ibu Dian Aryani Dwi Astuti, dan kedua Adik saya yaitu Shadafi dan Shahnaz. Tak lupa juga kepada teman-teman saya yang selalu menemani, memberi masukan serta motivasi, dan selalu mendengarkan keluh kesah saya. Serta saya ucapkan terima kasih yang sedalam dan sebesarbesarnya kepada ibu Atyanti Dyah Prabaswari, S.T., M.Sc. atas bimbingan dan motivasi yang ibu berikan sangatlah bermanfaat bagi saya dalam menyelesaikan Tugas Akhir saya.

MOTTO

"Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan"

(Q.S. Al-Insyirah:6)

"Cukuplah Allah menjadi penolong kami dan allah adalah sebaik-baiknya pelindung"

(Q.S. Ali Imran:173)

"Bekerjalah seolah kamu hidup selamanya, dan beribadahlah seolah kamu mati esok hari"

Ali bin Abi Thalib

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullaahi Wabarakatuh

Alhamdulillahirabbil'alamin, puji syukur kehadirat Allah SWT atas berkat, rahmat dan hidayah-Nya serta shalawat dan salam selalu tercurah kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW, keluarga serta pengikutnya hingga akhir zaman, sehingga penulis dapat menyusun dan menyelesaikan laporan tugas akhir yang berjudul "Identifikasi Dan Pengendalian Risiko Keselamatan Dan Kesehatan Kerja Pada Proses *Sawmill* Menggunakan Metode HIRARC dan FMEA (Studi Kasus: PT. Karya Mina Putra)".

Laporan Tugas Akhir ini menjadi salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar sarjana Strata-1 pada Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia. Pada penyusunan laporan tugas akhir ini, penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah ikut membantu, membimbing, dan mendukung penulis untuk dapat menyelesaikannya. Untuk itu, dengan penuh rasa syukur penulis ingin mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Hari Purnomo, M.T., IPU., ASEAN.Eng., selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Ir. Muhammad Ridwan Andi Purnomo, S.T., M.Sc., Ph.D., IPM., selaku Ketua Program Studi Teknik Industri Program Sarjana, Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
3. Ibu Atyanti Dyah Prabaswari, S.T., M.Sc., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah senantiasa bersabar dan sangat meluangkan waktunya untuk membimbing serta mengarahkan.
4. Kepada PT. Karya Mina Putra yang telah memberikan kesempatan memberikan penulis kesempatan dan fasilitas untuk melaksanakan penelitian Tugas Akhir.
5. Kedua orang tua penulis, Bapak Kasmin dan Ibu Dian Aryani D.A. serta saudara kandung penulis, Shadafi Raihan. A.B. dan Shahnaz Dzakiyyah. A.K. yang selalu memberikan doa, perhatian, kasih sayang, semangat, materi, dan nasehat-nasehat yang tiada hentinya dan sangat berharga bagi penulis untuk dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih terdapat banyak kekurangan dan ketidaksempurnaan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun, sehingga laporan tugas akhir penulis dapat menjadi lebih baik. Penulis berharap semoga laporan tugas akhir ini berguna bagi penulis maupun para pembacanya kelak. *Aamiin*.

Wassalamualaikum Warahmatullaahi Wabarakatuh.

Yogyakarta, 29 Juli 2025



Shabrina Farahiyah Andika Anggraeni

ABSTRAK

Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) merupakan aspek penting dalam industri manufaktur guna menciptakan lingkungan kerja yang aman dan produktif. PT. Karya Mina Putra, perusahaan yang bergerak di bidang pengolahan hasil laut dan kayu, mencatat adanya insiden kecelakaan kerja pada proses *sawmill* selama dua tahun terakhir (2023–2024), dengan total 13 kejadian. Proses *sawmill* seperti pemotongan, pengoperasian mesin, dan *molding* menjadi titik kritis penyebab kecelakaan kerja akibat penggunaan alat berat serta kepatuhan terhadap prosedur kerja yang rendah. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan mengendalikan potensi bahaya serta menentukan prioritas risiko dengan menerapkan metode HIRARC (*Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control*) dan FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*). Hasil analisis menunjukkan bahwa terdapat beberapa aktivitas kerja yang memiliki tingkat risiko tinggi hingga ekstrem, khususnya pada proses pengoperasian mesin dan pemotongan kayu. Dari hasil perhitungan RPN, diperoleh beberapa risiko dengan prioritas tinggi yang memerlukan tindakan pengendalian segera. Penelitian ini menghasilkan usulan strategi pengendalian pengendalian teknis, administratif, dan penggunaan alat pelindung diri (APD). Kemudian berdasarkan pengendalian pokayoke usulan perbaikan yang dapat direkomendasikan antara lain yang pertama yaitu "*Interlock servis*", "*Lock Out Tag Out* (LOTO)", "*Visual Ais*", "APD *compliance sensor system*, dan "*Know-How Prosedure*". Diharapkan penerapan metode ini dapat mengurangi tingkat kecelakaan kerja secara signifikan dan mendukung tercapainya target *zero accident* di lingkungan kerja *sawmill* PT. Karya Mina Putra.

Kata Kunci: **Keselamatan dan Kesehatan kerja, *Sawmill*, HIRARC, FMEA, Risiko Kecelakan**

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN ii
SURAT BUKTI PENELITIAN iii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING iv
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI v
HALAMAN PERSEMBAHAN vi
MOTTO vii
KATA PENGANTAR viii
ABSTRAK ix
DAFTAR ISI x
DAFTAR TABEL xii
DAFTAR GAMBAR xiii
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 5
1.3 Tujuan Penelitian 6
1.4 Manfaat Penelitian 6
1.5 Batasan Penelitian 7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 8
2.1 Kajian Literatur 8
2.2 Landasan Teori 22
2.2.1 Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) 22
2.2.2 Manajemen Risiko 22
2.2.3 Potensi Bahaya 23
2.2.4 Risiko 23
2.2.5 HIRARC (*Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control*) 24
2.2.6 FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) 28
2.2.7 *Cost Benefit* 30
2.2.8 Pokayoke 30
BAB III METODE PENELITIAN 33
3.1 Objek Penelitian 33
3.2 Subjek Penelitian 33
3.3 Jenis Data Penelitian 33
3.4 Metode Pengumpulan Data 34
3.5 Alur Penelitian 34
BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA 40
4.1 Pengumpulan Data 40
4.1.1 Struktur Organisasi 40
4.1.2 *Job Description* 41
4.1.3 Produk yang Dihasilkan 43
4.2 Pengolahan Data 44

4.2.1 *Sawmill* 44
4.2.2 HIRARC (*Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control*) 44
4.3 FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) 50
BAB V PEMBAHASAN 58
5.1 HIRARC (*Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control*) 58
5.1.1 Identifikasi Bahaya (*Hazard Identification*).....58
5.1.2 Penilaian Risiko (*Risk Assessment*) 58
5.1.3 Pengendalian Risiko (*Risk Control*) 59
5.2 FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) 61
5.2.1 Analisis *Risk Priority Number*.....61
5.2.2 Mitigasi *Risk Priority* 62
5.3 Analisis *Cost Benefit* 63
BAB VI PENUTUP 65
6.1 Kesimpulan.....65
6.2 Saran 65
DAFTAR PUSTAKA 67

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kajian Literatur 18
Tabel 2. 2 Skala *Likelihood* 24
Tabel 2. 3 Skala *Severity* 25
Tabel 2. 4 *Risk Matriks* 25
Tabel 2. 5 *Risk Priority Number (RPN)* 29
Tabel 4. 1Data Kecelakaan Kerja 43
Tabel 4. 2 *Hazard Identification* 44
Tabel 4. 3 *Risk Assesment* 46
Tabel 4. 4 *Risk Control* 47
Tabel 4. 5 *Severity* 50
Tabel 4. 6 *Occurrence* 51
Tabel 4. 7 *Detection* 51
Tabel 4. 8 *Risk Priority Number* (RPN) 52
Tabel 4. 9 Identifikasi Risiko 53
Tabel 4. 10 Perhitungan RPN 55
Tabel 4. 11 Nilai S, O, D dan RPN 55
Tabel 5. 1 *Risk Assesment* 58
Tabel 5. 2 Penilaian Risiko Eksrem 60
Tabel 5. 3 Perbandingan alat kontrol lama dan usulan baru (APD) 61
Tabel 5. *4 Cost Benefit* 63

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Grafik *pie chart* kecelakaan kerja PT. Karya Mina Putra 3
Gambar 2. 1 *Hierarcy of Control* 26
Gambar 3. 1 Alur Penelitian bagian A 35
Gambar 3. 2 Alur Penelitian bagian B 36
Gambar 4. 1 Struktur Organisasi 40

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri di Indonesia mengalami pertumbuhan pesat seiring dengan perkembangan zaman. Hal ini ditandai dengan meningkatnya jumlah perusahaan besar yang beroperasi di berbagai daerah di Indonesia. Salah satu bidang industri yang mengalami perkembangan pesat adalah industri pengolahan kayu. Sektor ini berperan penting dalam ekonomi nasional karena didukung oleh keberadaan sumber daya alam yang banyak. Dibidang manufaktur dan jasa, terdapat berbagai macam pekerjaan yang membutuhkan tenaga kerja yang kompeten untuk menjaga kelangsungan dan efisiensi proses produksi. Oleh karena itu, diharapkan industri dapat menyediakan lingkungan kerja yang aman serta fasilitas yang memadai (Dzikruloh et al., 2023). Untuk mencapai tujuan bisnis yang optimal, perusahaan harus didukung karyawan yang berkualitas dan memiliki tingkat produktivitas yang tinggi. Salah satu faktor utama dalam pengelolaan sumber daya manusia (SDM) yang efektif adalah implementasi sistem Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3). Sistem K3 berperan untuk menciptakan tempat kerja yang aman dan memastikan kesehatan para pekerja, yang pada akhirnya mendukung peningkatan efisiensi serta produktivitas di perusahaan. Dengan menerapkan sistem K3 yang efektif, perusahaan tidak hanya patuh terhadap regulasi yang ada tetapi juga mampu menjaga kelangsungan operasional serta meningkatkan daya saing dalam industri yang semakin ketat.

Kesehatan dan keselamatan kerja (K3) menurut OHSAS mencakup semua kondisi serta faktor yang berpotensi mempengaruhi keselamatan dan kesehatan tenaga kerja atau pihak lain (kontraktor, pemasok, pengunjung, dan tamu) di suatu lokasi atau area kerja (A Tanisri & Siregar, 2022) Penerapan K3 di setiap perusahaan bertujuan untuk menciptakan lingkungan kerja yang aman, nyaman, sehat serta ramah lingkungan dan sejahtera bagi tenaga kerja, serta melindungi dari bahaya dan risiko kecelakaan kerja (M. B. Anthony, 2019; Kuswanda et al., 2021). Secara yuridis, implementasi K3 telah diatur didalam undang-undang (UU) nomor 14 tahun 1969 tentang Ketentuan Pokok Tenaga Kerja (Undang-undang Republik Indonesia Nomor 14 Tahun 1969 Tentang Ketentuan-ketentuan Pokok Mengenai Tenaga Kerja, 1969), UU nomor 1 tahun 1970 tentang Keselamatan Kerja (Undang-undang Republik Indonesia

Nomor 1 Tahun 1970 Tentang Keselamatan Kerja, 1970), UU nomor 3 tahun 1992 tentang Jaminan Sosial Tenaga Kerja (Undang- undang Republik Indonesia Nomor 3 Tahun 1992 Tentang Jaminan Sosial Tenaga Kerja 1992), UU nomor 23 tahun 1992 tentang Kesehatan, dan UU nomor 13 tahun 2003 tentang Ketenagakerjaan (Undang-undang Republik Indonesia Nomor 23 Tahun 1992 Tentang Kesehatan, 1992), sehingga asas legalitas tersebut mengikat semua pihak yang menjalankan suatu usaha (Rahmadaniel Yasmi et al., 2024).

Berdasarkan penelitian terdahulu di PMU Revitalisasi Industri Kayu Demak, terlihat bahwa proses *sawmill* memiliki tingkat kecelakaan yang tinggi, terutama karena penggunaan mesin gergaji berkecepatan tinggi, manual *handling* yang tidak ergonomis, serta potensi kejatuhan objek kerja, yang dapat mengakibatkan cedera serius hingga amputasi. Kecelakaan di *sawmill* sering kali disebabkan oleh kurangnya kepatuhan terhadap SOP, penggunaan APD yang belum optimal, serta sistem pengendalian risiko yang kurang efektif, sehingga diperlukan penilaian dan strategi mitigasi yang lebih baik untuk meningkatkan keselamatan kerja dan mengurangi potensi bahaya di lingkungan industri kayu (Koesyanto, 2020).

PT. Karya Mina Putra adalah perusahaan manufaktur yang berdiri pada tahun 1994 dan berlokasi di Rembang, Jawa Tengah. Perusahaan ini bergerak dalam produksi hasil laut, perikanan, dan kayu. PT. Karya Mina Putra memiliki kapasitas produksi yang cukup besar untuk memenuhi permintaan pasar domestik maupun internasional. Namun, penelitian ini difokuskan pada sektor produksi kayu yang mencakup berbagai jenis produk, seperti *decking, beam, pole, fences, garden tile, roll border,* dan *shiplap*. Proses produksi di PT. Karya Mina Putra dilakukan melalui beberapa tahapan yang sistematis. Dimulai dari pembuatan garis pola, pemotongan kayu menggunakan mesin *bansaw*, pemrosesan *molding* S3S/S4S, pengeringan kayu menggunakan KD oven, pemotongan sesuai dengan permintaan pelanggan, pemeriksaan kualitas kayu yang telah diproses, hingga tahap revisi untuk memastikan produk akhir sesuai dengan standar perusahaan. Dengan menerapkan prosedur produksi yang terstruktur, perusahaan memastikan bahwa setiap produk kayu yang dihasilkan memiliki kualitas tinggi dan memenuhi spesifikasi pasar.

Penelitian ini dilakukan pada divisi Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) di PT. Karya Mina Putra. Berdasarkan hasil wawancara dengan divisi K3 terkait proses *sawmill*, khususnya pada bagian pemotongan kayu menggunakan *bandsaw*, *saw doctor*, *cutting*, serta proses *molding* (S3S/S4S) terdapat tingkat kecelakaan kerja yang cukup tinggi diantara proses lainnya. Divisi *sawmill* memiliki tingkat kecelakaan kerja yang cukup tinggi, Seperti yang ditunjukkan

dari perhitungan *Frequency rate* (FR) yang sesuai dengan standar ISO 45001:2018, yaitu indikator untuk mengukur jumlah kecelakaan kerja per satu juta jam kerja. Dari jumlah 500 karyawan diperusahaan, sebanyak 70 karyawan bekerja pada divisi s*awmill*. Dalam dua tahun terakhir (2023-2024) terdapat 13 kasus kecelakaan dari berbagai insiden kecelakaan kerja yang terjadi pada area *sawmill*, baik akibat kurangnya kepatuhan dalam penggunaan APD maupun kondisi lingkungan kerja yang tidak aman. Berdasarkan informasi yang didapat dari divisi K3, selama dua tahun terakhir, perusahaan mencatat sebanyak 13 insiden kecelakaan kerja dibagian *sawmill*, yang menghasilkan nilai FR sebesar 52,51 kecelakaan per satu juta jam kerja. Meskipurn ISO tidak secara eksplisit menetapkan batas klasifikasi. Namun, nilai FR $\geq$ 10 termasuk kedalam kategori tinggi (Fitri & Efelina, 2021).

Insiden tersebut berpotensi menyebabkan cedera bagi pekerja serta menimbulkan dampak finansial dan non-finansial bagi perusahaan, seperti kerusakan produk dan penurunan produktivitas. Berikut merupakan grafik *pie chart* yang menunjukkan persentase kecelakaan kerja yang terjadi dalam proses produksi kayu (*sawmill*) selama dua tahun terakhir.



Gambar 1. 1 Grafik *pie chart* kecelakaan kerja PT. Karya Mina Putra

Berdasarkan grafik *pie chart* di atas, terdapat berbagai jenis kecelakaan kerja yang terjadi di PT. Karya Mina Putra dalam dua tahun terakhir. Kasus terbanyak adalah kaki tertimpa kayu (31%), diikuti oleh tangan terkena kayu (23%) dan jari tangan kejepit kayu (15%). Selain itu, terdapat insiden lain yaitu tangan terkena pisau *molding* (7%), pelipis terkena kayu (8%), jari kaki tertimpa kayu (8%), dan luka bakar (8%). Berdasarkan data diatas, maka adanya perincian biaya terkait kerugian yang dikelurkan oleh PT. Karya Mina Putra selama 2 tahun terakhir. Berikut merupakan tabel rincian biaya tersebut.

Berdasarkan data kecelakaan yang terdapat pada grafik diatas, Kecelakaan kerja yang terjadi di proses *sawmill* tidak hanya menimbulkan kerugian finansial seperti biaya pengobatan, tetapi juga berdampak signifikan terhadap produktivitas operasional. Penundaan proses akibat penanganan insiden, absennya pekerja yang mengalami cedera, serta terhambatnya alur kerja akibat kecelakaan menyebabkan terjadinya penurunan *output* produksi. Hal ini menunjukkan bahwa kecelakaan kerja berkontribusi langsung terhadap berkurangnya volume produksi serta dapat mempengaruhi ketepatan waktu pengiriman produk kepada pelanggan.

Berdasarkan gambar grafik *pie chart* diatas, maka perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk meminimalisir kecelakaan kerja pada proses *sawmill* di PT. Karya Mina Putra dengan cara melakukan identifikasi bahaya, penilaian risiko, analisis kegagalan pada proses *sawmill*, serta pengendalian risiko untuk mencegah dan mengurangi potensi terjadinya kecelakaan kerja agar perusahaan dapat mencapai tujuan program K3 yaitu *zero accident* sesuai dengan yang diinginkan oleh perusahaan. Perbaikan pada penelitian ini menggunakan metode HIRARC (*Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control*) dan FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) untuk meneliti kecelakaan kerja pada PT. Karya Mina Putra.

Metode HIRARC (*Hazard Identification Risk Assessment and Risk Control*) adalah rangkaian proses identifikasi bahaya dalam aktivitas rutin dan non rutin. HIRARC bertujuan untuk mencegah dan mengurangi kemungkinan terjadinya kecelakaan kerja dengan menghindari serta mengurangi risiko yang muncul dengan cara menghindari dan meminimalkan risiko terjadinya kecelakaan tersebut secara efektif dan menjaga keamanan proses kegiatan yang dilakukan (Cahya Maulana & Haryono, 2024).

Identifikasi bahaya serta penilaian risiko dan pengendaliannya merupakan bagian dari sistem manajemen risiko yang merupakan dasar dari SMK3 sistem manajemen keselamatan dan kesehatan kerja yang terdiri dari identifikasi bahaya (*hazard identification*), penilaian risiko (*risk assessment*) dan pengendalian risiko (*risk control*). Penggunaan metode HIRARC dalam penelitian ini juga didukung oleh banyaknya literatur yang telah mengaplikasikan metode ini dalam analisis kecelakaan kerja di perusahaan. Berdasarkan pencarian di Google Scholar, terdapat sekitar 3.010 publikasi yang menggunakan HIRARC untuk menganalisis risiko kecelakaan kerja, terutama di lingkungan perusahaan dan pada berbagai divisi kerja yang memiliki potensi bahaya tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa HIRARC merupakan metode yang cukup luas digunakan dan diakui efektivitasnya dalam konteks identifikasi dan pengendalian risiko kerja. Dibandingkan dengan metode lain seperti HIRA dan HIRADC, HIRARC dinilai

lebih fleksibel dalam unit kerja kecil dan menengah, dimana HIRA hanya fokus pada penilaian risiko tanpa kontrol langsung, sedangkan HIRADC cenderung komoleks secara *administrative*. Namun, dalam penggunaan metode HIRARC saja dalam identifikasi dan pengendalian risiko memiliki keterbatasan. pada metode HIRARC, penilaian risiko hanya mempertimbangkan dua parameter utama, yaitu tingkat keparahan (*severity*) dan kemungkinan (*likelihood*), tanpa memperhitungkan sejauh mana suatu bahaya dapat dideteksi sebelum menyebabkan kecelakaan (Dian Safhira Firdaus AK1, 2023).

Oleh karena itu, pendekatan tambahan menggunakan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) diperlukan sebagai pelengkap. FMEA digunakan untuk mengidentifikasi potensi kegagalan secara lebih rinci melalui tiga parameter, yakni *severity*, *occurrence*, dan *detection*, yang menghasilkan nilai *Risk Priority Number* (RPN). RPN digunakan untuk menentukan prioritas pengendalian risiko (Fithri et al., 2020). Dimana *detection* pada FMEA menjadi pembeda dengan metode HIRARC, *detection* tersebut merupakan ukuran kemampuan untuk mengontrol atau mengendalikan kegagalan yang mungkin terjadi (Firmansyah et al., 2025). Maka dari itu diharapkan, FMEA dapat membantu dalam tahap *risk control*, khususnya untuk memilih tindakan pengendalian yang paling mendesak dan efektif. Dimana pada kedua metode tersenut sama-sama menggunakan *severity*, tetapi FMEA memberikan perspektif yang lebih komprehensif karena menggabungkan aspek frekuensi dan deteksi kegagalan, sehingga mendukung pengambilan keputusan yang lebih tepat dalam upaya mitigasi risiko (Kurniawan et al., 2023).

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk melakukan evaluasi lebih mendalam terhadap efektivitas metode pengendalian yang telah diterapkan serta mengusulkan pengendalian risiko yang lebih optimal dengan menggunakan dua metode diatas yaitu HIRARC (*Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control*) dan FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*). Diharapkan dengan metode ini, identifikasi bahaya dan penilaian risiko dapat dilakukan lebih komrehensif, dan pada analisis kegagalan dapat memberikan solusi yang lebih efektif dalam mengurangi tingkat kecelakaan kerja serta meningkatkan keselamatan dan Kesehatan kerja (K3) di PT. Karya Mina Putra.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka yang menjadi rumusan masalah dalam penelitian ini, yaitu:

1. Bagaimana tingkat risiko kecelakaan kerja yang terjadi pada proses *sawmill* di PT. Karya Mina Putra?
2. Apa saja faktor penyebab utama kecelakaan kerja pada proses *sawmill* di PT. Karya Mina Putra?
3. Bagaimana strategi yang tepat dalam mengurangi risiko kecelakaan kerja pada proses *sawmill* menggunakan metode HIRARC dan FMEA?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari dilakukannya penelitian ini, sebagai berikut:

1. Menganalisi tingkat risiko kecelakaan kerja yang terjadi dalam proses *sawmill* di PT, untuk mengetahui seberapa besar potensi bahaya yang berdampak pada keselamatan kerja.
2. Mengidentifikasi faktor utama penyebab kecelakaan kerja dilingkungan perusahaan dengan melakukan analisis terhadap berbagai aspek yang berkontribusi terhadap insiden kerja, baik dari segi teknis, lingkungan, maupun faktor manusia.
3. Menentukan strategi pengendalian risiko yang tepat dengan menerapkan metode HIRARC (*Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control*) dan FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) untuk mengurangi potensi kecelakaan kerja serta meningkatkan keselamatan dan Kesehatan kerja (K3) di PT. Karya Mina Putra.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi Peneliti
   a. Mengimplementasikan teori keselamatan dan Kesehatan kerja (K3) yang telah didapatkan diperkuliahan.
   b. Meningkatkan ilmu pengetahuan dan pengalaman yang terjadi dilapangan sebagai bahan pertimbangan untuk penelitian Tugas Akhir.
2. Bagi Perusahaan
   a. Mengetahui risiko bahaya, potensi bahaya yang terjadi sehingga dapat meminimalisir terjadinya kecelakaan kerja.
   b. Mengetahui penyebab dari potensi bahaya yang terjadi pada proses *sawmill*.
   c. Mendapatkan rekomendasi usulan pegendalian risiko pada potensi bahaya yang memiliki level ekstrem.

3. Bagi Universitas
    a. Memberikan kesempatan bagi mahasiswa untuk mengetahui lebih dekat mengenai dunia industri.
    b. Menjalin Kerjasama yang baik dan menguntungkan antara universitas dan perusahaan yang terkait.

1.5 Batasan Penelitian

Berikut merupakan batasan penelitian:

1. Penelitian ini dilakukan pada proses *sawmill* di PT. Karya Mina Putra.
2. Penelitian ini mencakup pengendalian risiko pada proses sawmill di PT. Karya Mina Putra.
3. Pada penelitian ini dilakukan pengambilan data pada 1 januari 2025 – 2 Februari 2025.
4. Data pada penelitian ini didapatkan dengan cara observasi dan wawancara dengan narasumber yang bersangkutan.
5. Pada penelitian ini hanya berfokus pada jenis bahaya dan tingkat risiko yang memiliki level ekstrem agar dapat diberikan rekomendasi usulan pengendalian risiko yang tepat.

.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Literatur

Dalam kajian ini, telah diteliti penelitian sebelumnya yang memiliki keterkaitan dengan penelitian yang dilakukan oleh (Mau, 2023) berjudul "Identifikasi Bahaya, Penilaian dan Pengendalian Risiko Menggunakan Metode HIRARC dan FMEA di PT. Surya Karya Setiabudi, Yogyakarta" Tujuan dari penelitian tersebut adalah untuk mengidentifikasi tingkat bahaya dan risiko Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) serta memberikan rekomendasi langkah-langkah mencegah dan mengendalikan kecelakaan kerja. Objek penelitian ini adalah PT. Surya Karya Setiabudi, sebuah perusahaan konstruksi yang bergerak di bidang produksi *Ready Mix, Asphalt Mixing Plant*, dan *Stone Crusher*. Penelitian ini menerapkan metode HIRARC dan FMEA untuk mengidentifikasi dan menganalisis risiko kecelakaan kerja. Namun, penelitian ini masih memiliki beberapa keterbatasan, seperti fokus yang hanya pada satu industri, minimnya evaluasi terhadap efektivitas pengendalian risiko yang diterapkan, serta kurangnya analisis terhadap faktor manusia seperti kelelahan dan tekanan kerja. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dari total risiko yang teridentifikasi, terdapat 3 risiko dengan kategori ekstrem, 4 risiko tinggi, dan 3 risiko sedang**,** dengan risiko tertinggi meliputi terjatuh dari ketinggian (RPN 360), kecelakaan di jalan (RPN 320), dan tertimpa alat berat (RPN 243)**.** Sebagai langkah mitigasi, penelitian ini merekomendasikan penerapan SOP yang lebih ketat, sistem administrasi keselamatan yang lebih baik, serta peningkatan kepatuhan dalam penggunaan APD guna menekan angka kecelakaan kerja.

Penelitian yang dilakukan oleh (Syabana & Basuki (2022) (Sumberdaya Bumi Berkelanjutan et al., 2022) berjudul "Analisis Risiko Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) mnggunakan metode *Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control* (HIRARC) di PT. Bintang Timur Samudra" pada penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi tingkat risiko yang dapat terjadi pada proses produksi kapal aluminium dan merancang strategi untuk mengurangi bahaya demi meningkatkan keselamatan kerja. Objek penelitian ini terletak pada proses produksi kapal aluminium, terutama pada pekerjaan yang terkait dengan lambung kapal di PT. Bintang Timur Samudera. Data diperoleh melalui identifikasi di lapangan, wawancara dengan tenaga ahli K3, dan penyebaran kuesioner kepada pekerja guna mengetahui potensi bahaya yang sering muncul di lingkungan produksi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat 20 potensi bahaya dengan tingkat risiko sedang (100%), yang setelah dilakukan pengendalian menurun menjadi 10% risiko sedang dan 90% risiko rendah. Strategi mitigasi yang diterapkan meliputi penggunaan alat pelindung diri (APD) yang sesuai dengan pekerjaan, pemasangan rambu keselamatan (*safety signs*), serta modifikasi alat kerja untuk meningkatkan nilai keselamatan di area produksi.

Penelitian yang dilakukan oleh (Adi Rusdi Widya, S. K., 2024)berjudul "Analisis Pengendalian Risiko K3 dalam Proses Produksi Pembuatan Stator Dengan Metode *Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control* (HIRARC) di Perusahaan Pembuat Komponen Otomotif" pada penelitian ini bertujuan untuk menilai tingkat risiko dari bahaya yang diidentifikasi, mengembangkan metode pengendalian risiko, dan memastikan efektivitas penerapan HIRARC dalam mengurangi kecelakaan kerja. Objek penelitian ini adalah proses produksi stator di perusahaan pembuat komponen otomotif, dengan fokus pada identifikasi potensi bahaya di lingkungan kerja dan penerapan sistem pengendalian risiko berbasis HIRARC (*Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control*). Hasil dari Penelitian ini didapatkan analisis 30 potensi kecelakaan dengan *risk assessment* terdapat sebanyak 12 *low risk*, 13 *moderate risk*, dan 5 *high risk*. Kemudian diperoleh empat jenis pengendalian risiko sesuai dengan hirarki pengendalian risiko yaitu *personal protective equipment* (PPE), *administrative control, engineering control* dan *elimination*. Setelah dilakukan pengendalian nilai risiko
mengalami penurunan dengan tidak adanya risiko pada *zero level very high risk*, 3 moderate riskdan 27 *low risk*. Startegi mitigasi Perusahaan melakukan Perbaikan, Pembuatan standar operasional prosedur (SOP), Pengawasan terhadap penggunaan alat pelindung diri, melakukan

pengawasan secara berkala dan melakukan Pelatihan K3 kepada pekerja meningkatnya kesadaran tentang keselamatan saat bekerja.

Penelitian yang dilakukan oleh (Pamungkas et al. 2024) berjudul "Analisis Risiko Mesin Bubut di Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya Menggunakan Metode HIRARC" pada penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kemungkinan kecelakaan yang dapat terjadi sehingga dapat dicegah. Metode yang digunakan untuk mencegah dan meminimalisir kecelakaan pada bengkel permesinan di PPNS yaitu HIRARC (*Hazard Identification Risk Assesment and Risk Control*). Objek penelitian ini adalah bengkel permesinan di Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya (PPNS), yang digunakan oleh mahasiswa dalam praktik kerja untuk mengoperasikan mesin bubut. Hasil penelitian dari *Hazard Identification Risk Assesment and Risk Control* (HIRARC) di bengkel permesinan pada Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya aktivitas pembubutan dengan pengoperasian mesin bubut terdapat 17 kategori risiko rendah, 11 kategori risiko sedang, dan 3 dengan kategori risiko tinggi. Pengendalian yang dapat dilakukan adalah menggunakan sistem penguncian dan pemberhentian darurat yang efektif untuk mematikan mesin secara cepat jika terjadi situasi, memberikan *safety briefing* terlebih dahulu sebelum menjalankan mesin, Memasang label dan petunjuk yang jelas untuk memberikan informasi tentang penggunaan yang aman, serta instruksi darurat, dan Penggunaan atribut pakaian dan APD yang sesuai dengan aturan bengkel.

Penelitian yang dilakukan oleh (Wati & Andung Jati Nugroho, 2023) berjudul "Analisis Resiko Kecelakaan Kerja Dengan Metode *Hazard Identification Risk Assesment & Risk Control* (HIRARC) Studi Kasus: PT. Madubaru PG PS Madukismo" pada penelitian ini bertujuan untuk menganalisis potensi bahaya dan risiko kecelakaan kerja di bagian produksi serta menentukan strategi pengendalian yang efektif guna meningkatkan keselamatan kerja di perusahaan. Objek penelitian ini adalah PT. Madubaru PG PS Madukismo, sebuah pabrik gula yang menggunakan baha baku tebu dan memiliki berbagai stasiun produksi seperti gilingan, pemurnian, penguapan, kristalisasi, putaran, dan penyelesaian. Penelitian ini mengidentifikasi berbagai potensi bahaya yang terjadi selama proses produksi, seperti terjatuh, terjepit mesin, tertimpa alat berat, tersengat listrik, serta paparan bahan kimia dan kebisingan tinggi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada aktivitas kerja di PG Madukismo terdapat 1 aktivitas kerja dengan kategori *extreme risk*, 34 aktivitas dengan kategori *high risk*, 67 aktivitas kerja dengan aktivitas kerja kategori *moderate risk* dan 15 aktivitas kerja dengan kategori *low risk*. Pengendalian yang dapat dilakukan adalah dengan melakukan pengawasan penggunaan APD seperti masker, *safety*

shoes, safety gloves, safety glasses, ear plug, safety harnessdan helm pada saat melakukan proses kerja. Menerapkan *engineering control* dengan, membuat pegangan tangan pada tangga yang tidak memiliki pegangan dan membuat pagar pelindung dan memasang *toe board* dan lain-lain. *Administrative control* yaitu dengan memasang *warning sign* dan *safety guard,* memahami dan melakukan aktivitas kerja sesuai SOP.

Penelitian yang dilakukan oleh (Khairani & Amalia, 2023) berjudul "*Potential Risk of Work Accident in The Production Process of Gudeg Chicken using The Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) Method"* Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis potensi bahaya kerja dalam proses produksi ayam gudeg serta mengembangkan strategi pengendalian guna meningkatkan keselamatan kerja bagi para pekerja. Objek penelitian ini adalah Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM) pengolahan ayam gudeg di Yogyakarta, yang melibatkan berbagai tahapan produksi, mulai dari pencucian, pemotongan, pemasakan, hingga distribusi produk**.** Penelitian ini menggunakan metode FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa risiko kecelakaan kerja tertinggi berkaitan dengan posisi duduk yang tidak ergonomis pada proses penyortiran Gudeg Ayam. Penghapusan risiko ini tidak perlu dilakukan, namun diperlukan beberapa langkah pengendalian, seperti substitusi area produksi, rekayasa teknis melalui modifikasi meja atau kursi kerja karyawan, pengendalian administratif, serta penggunaan alat pelindung diri (APD) guna meningkatkan keselamatan kerja.

Penelitian yang dilakukan oleh (Wahyudin & Sofiyanurriyanti, 2023) berjudul "*Identification Of Potencial Hazards In Palm Oil Companies In The Sterilizer Section Using The HIRARC Method*" penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi potensi bahaya kerja pada bagian *sterilizer* di industri kelapa sawit serta merancang strategi pengendalian untuk mengurangi kecelakaan kerja**.** Objek penelitian ini adalah bagian *sterilizer* di perusahaan pengolahan kelapa sawit**,** yang merupakan salah satu titik kritis dalam proses produksi *Crude Palm Oil* (CPO). Hasil penelitian menunjukkan bahwa aktivitas dengan risiko kecelakaan tertinggi adalah penarikan kabel *sling* pada *winch* dan pemasangan kait pada *lorry* dengan persentase 33,33%, yang dikategorikan sebagai risiko ekstrem. Risiko kecelakaan lainnya termasuk penarikan *lorry* menggunakan *winch* serta pembukaan pintu *sterilizer*, yang memiliki tingkat risiko tinggi sebesar 21,33%**,** serta beberapa aktivitas lainnya dengan tingkat risiko sedang sebesar 12%. Strategi pengendalian yang direkomendasikan meliputi perawatan rutin pada *hook* dan kabel *sling*, penggantian *winch* dengan sistem yang lebih aman, peningkatan

kepatuhan terhadap prosedur kerja, serta penggunaan APD seperti sarung tangan dan kacamata pelindung guna mengurangi risiko kecelakaan kerja.

Penelitian yang dilakukan oleh (Nurul Amalia et al., 2024) berjudul "*Identification of Occupational Safety and Health Hazards at Paint and Welding Workshop using the HIRARC Method*" penelitian ini bertujuan untuk menganalisis potensi bahaya yang ada di bengkel perbaikan, pengecatan, dan pengelasan mobil, serta memberikan rekomendasi pengendalian risiko guna meningkatkan keselamatan kerja. Objek penelitian ini adalah *Bengkel Body Repair, Paint, and Welding "Family 99",* sebuah usaha kecil dan menengah yang bergerak di bidang perbaikan mobil, pengecatan, dan pengelasan**.** Hasil penelitian menunjukkan bahwa dari 14 tahapan kerja yang dianalisis, terdapat dua tahapan dengan nilai risiko tertinggi, yaitu pengelupasan cat dengan nilai risiko 12 dan pengamplasan (tahap pertama, kedua, dan ketiga) dengan nilai risiko 9. Untuk mengurangi risiko kecelakaan, strategi pengendalian yang direkomendasikan mencakup pengendalian administratif, penyediaan alat pelindung diri (APD), serta peningkatan kesadaran pekerja terhadap keselamatan kerja melalui pelatihan rutin**.**

Penelitian yang dilakukan oleh (Saraswati et al., 2023) berjudul "*The Analysis of Cofferdam Construction Based on Risk Assessment Using HIRARC and FMEA*" Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan pengendalian risiko K3 dalam konstruksi *cofferdam* pada proyek bendungan menggunakan metode HIRARC dan FMEA**.** Objek penelitian adalah pembangunan *cofferdam* pada proyek Bendungan Tamblang**,** yang berfungsi untuk mengarahkan aliran sungai selama proses konstruksi**.** Hasil penelitian menunjukkan bahwa dari 16 potensi bahaya yang teridentifikasi, sebanyak 12 risiko masuk dalam kategori sedang dan 4 risiko tergolong rendah. Analisis menggunakan metode FMEA menunjukkan bahwa bahaya dengan *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi adalah keruntuhan *cofferdam* akibat hujan ekstrem dengan persentase 9,69%**,** sedangkan risiko lainnya meliputi longsor pada area galian serta cedera akibat penggunaan alat berat. Strategi mitigasi yang direkomendasikan mencakup eliminasi, substitusi, kontrol teknis, administrasi, serta penggunaan alat pelindung diri (APD) guna meningkatkan keselamatan kerja selama pembangunan *cofferdam*.

Penelitian yang dilakukan oleh (Pramudya et al., 2022)berjudul "*Safety Application and Health Work (K3) at Department of CNC Lathe Using HIRARC Method* (Case Study of PT. Swadaya Graha)" penelitian ini bertujuan untuk menganalisis potensi bahaya dan risiko kecelakaan kerja pada operator mesin bubut CNC serta memberikan rekomendasi pengendalian risiko guna meningkatkan keselamatan kerja. Objek penelitian ini adalah bagian CNC lathe di

PT. Swadaya Graha**,** yang berfokus pada identifikasi potensi bahaya dalam pengoperasian mesin bubut CNC, termasuk percikan api, paparan asap, dan risiko cedera akibat material panas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dari 5 potensi bahaya yang teridentifikasi**,** terdapat 1 risiko ekstrem, 1 risiko tinggi, dan 3 risiko sedang. Faktor utama yang berkontribusi terhadap kecelakaan kerja meliputi kurangnya penggunaan alat pelindung diri (APD), ketidakdisiplinan pekerja, serta kurangnya pemahaman terhadap prosedur keselamatan kerja**.** Untuk mengurangi risiko kecelakaan, strategi pengendalian yang direkomendasikan mencakup pemasangan *safety sign,* penerapan *safety briefing* harian, serta peningkatan kepatuhan terhadap prosedur operasi standar (SOP) guna menciptakan lingkungan kerja yang lebih aman.

Penelitian yang dilakukan oleh (Anityasari et al., 2025) berjudul "*Designing Government-Owned Facilities for Heavy Vehicles and Equipment Using BLOCPLAN Algorithm, HIRARC Analysis, and Arena Simulation*" Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi risiko keselamatan kerja serta meningkatkan efisiensi tata letak fasilitas pemerintah yang digunakan untuk perawatan dan penyimpanan kendaraan berat dan peralatan di Tambaksari, Surabaya. Objek penelitian ini adalah lokasi fasilitas milik Surabaya *City Department of Water Resources, Road, and Drainage* (SCDWRRD)**,** yang memiliki area seluas 15.457 m² dan digunakan untuk berbagai aktivitas seperti penyimpanan suku cadang, perawatan kendaraan berat, dan pengelasan peralatan drainase. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan penerapan metode yang digunakan, jarak perjalanan total di dalam fasilitas dapat dikurangi sebesar 47,32%, pergerakan berulang (*backtracking*) berkurang 43,31%, dan pergerakan silang (*cross-movement*) berkurang 47,37%**,** sehingga meningkatkan efisiensi dan keselamatan kerja. Selain itu, risiko kecelakaan kerja yang teridentifikasi mencakup tumpahan bahan bakar, praktik pengelasan yang tidak aman, serta tata letak yang kurang optimal. Strategi mitigasi yang direkomendasikan meliputi penyesuaian tata letak dengan algoritma BLOCPLAN, implementasi sistem keselamatan berbasis HIRARC, serta penggunaan simulasi Arena untuk mengevaluasi efektivitas desain yang diusulkan**.**

Penelitian yang dilakukan oleh (Liandar et al., 2023) berjudul "*Hazard and Risk Analysis of Driven Pile Foundation Works Using HIRARC Method*" Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi potensi bahaya dalam pekerjaan pondasi tiang pancang serta menentukan strategi pengendalian risiko guna meningkatkan keselamatan kerja. Objek penelitian ini adalah proses pekerjaan pondasi tiang pancang, yang mencakup berbagai tahapan kerja seperti persiapan, pemindahan tiang pancang, pemancangan menggunakan alat pancang, serta

penyambungan tiang dengan teknik pengelasan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat 42 potensi bahaya yang teridentifikasi**,** dengan 21 bahaya berada pada tingkat risiko rendah dan 21 bahaya pada tingkat risiko sedang. Strategi mitigasi yang direkomendasikan untuk mengurangi risiko kecelakaan kerja meliputi pengecekan alat sebelum digunakan, pemeriksaan kompetensi operator, pembatasan akses di area kerja, pemasangan rambu peringatan, serta penggunaan APD yang sesuai.

Penelitian yang dilakukan oleh (Putri & Hasibuan, 2022) berjudul "*Implementation of Risk Control Hazards Identification using PDCA Method to Reduce Potential Work Accidents at Tissue Company*" Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis faktor penyebab kecelakaan kerja di industri pengolahan tisu serta merancang strategi pengendalian guna meningkatkan keselamatan kerja. Objek penelitian ini adalah industri pengolahan tisu, yang melibatkan berbagai mesin produksi seperti mesin *facial tissue*, mesin *napkin*, dan mesin *rolling* yang memiliki tingkat risiko kecelakaan kerja yang tinggi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tiga indikator utama penyebab kecelakaan kerja adalah lingkungan kerja, prosedur operasional standar (SOP), dan program keselamatan kerja, dengan faktor program K3 sebagai penyebab tertinggi kecelakaan kerja. Risiko ekstrem yang ditemukan dalam penelitian ini meliputi pemindahan jumbo *roll* menggunakan *clam forklift* serta pengangkatan dan peletakan jumbo *roll* menggunakan *hoist crane*, yang memiliki potensi bahaya signifikan. Strategi mitigasi yang direkomendasikan untuk mengurangi risiko kecelakaan kerja mencakup rekayasa teknis seperti penyesuaian jalur kerja, pemasangan tanda keselamatan, pelatihan penggunaan alat berat, serta pemantauan penggunaan alat pelindung diri (APD) bagi pekerja guna menciptakan lingkungan kerja yang lebih aman.

Penelitian yang dilakukan oleh (Widi Astuti et al., 2022) berjudul "*Efforts to Prevent Work Accidents with the Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) Method*" Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi potensi bahaya dan risiko kecelakaan kerja pada proyek konstruksi jalur kereta api layang Solo Balapan-Kadipiro serta menentukan strategi pengendalian guna meningkatkan keselamatan kerja. Objek penelitian ini adalah pekerjaan pemasangan precast channel, pemasangan geotekstil, dan pekerjaan badan jalan pada proyek konstruksi jalur kereta api layang Solo Balapan-Kadipiro**.** Hasil penelitian menunjukkan bahwa dari 49 risiko yang teridentifikasi**,** terdapat 14 risiko pada pekerjaan pemasangan precast channel, 19 risiko pada pemasangan geotekstil, dan 16 risiko pada pekerjaan badan jalan. Analisis menggunakan metode FMEA menunjukkan bahwa bahaya dengan *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi

adalah longsor pada dinding galian saat aktivitas penggalian dengan RPN 460,8**,** diikuti oleh risiko tertabrak atau terbentur alat berat saat pemasangan geotekstil dengan RPN 405,5, serta risiko tertabrak kereta api saat melakukan marking dan staking out pada pemasangan *precast channel* dengan RPN 344,1. Strategi mitigasi yang direkomendasikan meliputi pemasangan rambu peringatan, pembatasan area kerja dengan *safety line*, pemantauan pergerakan alat berat, serta penerapan SOP yang lebih ketat guna meningkatkan keselamatan kerja di lokasi proyek**.**

Penelitian yang dilakukan oleh (Bagus & Basuki, 2024) berjudul "*Analysis of Potential Hazards in the Production Process of Railway Passenger Benches Using Hazard Identification, Risk Assessment and Risk Control* (HIRARC) *and Fault Tree Analysis* (FTA) *Methods Case Study*: PT. Empat Putera Utama Bersama" Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi potensi bahaya dalam proses produksi kursi penumpang kereta api serta menentukan strategi pengendalian risiko guna meningkatkan keselamatan kerja. Objek penelitian ini adalah PT. Empat Putera Utama Bersama, perusahaan yang bergerak dalam produksi kursi penumpang kereta api, dengan fokus pada tahap persiapan, produksi, perakitan, dan finishing. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat 4 aktivitas utama dan 11 sub-aktivitas yang memiliki potensi bahaya, dengan 3 aktivitas dikategorikan sebagai risiko ekstrem, 2 aktivitas sebagai risiko tinggi, 2 aktivitas sebagai risiko sedang, dan 4 aktivitas sebagai risiko rendah**.** Risiko tertinggi ditemukan pada aktivitas perakitan kursi, pemotongan rangka besi, serta pemasangan kursi pada rangka yang masih tajam**.** Strategi mitigasi yang direkomendasikan mencakup perbaikan prosedur kerja (SOP), penerapan sanksi bagi pekerja yang tidak menggunakan APD, pemasangan rambu peringatan, serta pelatihan keselamatan kerja guna mengurangi tingkat kecelakaan di area produksi.

Penelitian yang dilakukan oleh (Zheng et al., 2024) berjudul *"Analyzing the Risk of the Ammonia Storage Facility Using Extended FMEA Model Based on Probabilistic Linguistic GLDS Method with Consensus Reaching"*. Penelitian tersebut bertujuan untuk mengevaluasi risiko kegagalan pada fasilitas penyimpanan amonia dengan menggunakan pendekatan FMEA yang diperluas**,** khususnya dengan mengintegrasikan metode probabilistik linguistik dan konsensus antar pakar. Objek penelitian berupa fasilitas penyimpanan amonia yang sangat berisiko karena sifat bahan kimia yang mudah terbakar, korosif, dan volatil. Penelitian ini menunjukkan bahwa metode FMEA tradisional memiliki keterbatasan dalam menangani ketidakpastian penilaian risiko serta rendahnya kesepakatan antar ahli. Oleh karena itu, dikembangkan kerangka kerja FMEA hibrida dengan pendekatan PLTs (*Probabilistic*

Linguistic Terms), konsensus berbasis tingkat kesepakatan, serta metode GLDS untuk memprioritaskan risiko secara lebih akurat. Hasil studi kasus menunjukkan bahwa kegagalan pompa pendingin air kondensor dan kegagalan transfer level merupakan mode kegagalan dengan skor risiko tertinggi. Penelitian ini menyimpulkan bahwa metode FMEA yang dikembangkan mampu meningkatkan reliabilitas hasil analisis risiko dan dapat diterapkan untuk pengambilan keputusan pengendalian risiko yang lebih tepat, khususnya dalam lingkungan industri dengan ketidakpastian tinggi.

Penelitian yang dilakukan oleh (Li et al., 2024) berjudul *"An Information Fusion FMEA Method to Assess the Risk of Healthcare Waste"*. Penelitian ini bertujuan untuk menilai risiko dalam pengelolaan limbah medis di Nanjing Jiangning Hospital, Tiongkok, dengan mengembangkan metode FMEA berbasis fusi informasi heterogen. Metode yang digunakan menggabungkan pendekatan FMEA dengan variabel linguistik 2-tuple dan probabilitas interval, sehingga mampu mengolah data dalam berbagai bentuk seperti angka, interval, dan istilah linguistik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode ini memberikan hasil evaluasi risiko yang lebih akurat dibandingkan metode FMEA konvensional, dengan risiko tertinggi terdapat pada kesalahan pencatatan berat limbah. Adapun keterbatasan yang ditemukan dalam penelitian ini adalah belum diterapkannya proses konsensus antar pakar dan tidak adanya sistem pembobotan individu dalam tim FMEA. Penelitian ini menegaskan bahwa pendekatan FMEA dapat dikembangkan untuk menangani kompleksitas data dan meningkatkan akurasi prioritisasi risiko dalam berbagai konteks operasional, termasuk di bidang layanan kesehatan dan lingkungan kerja lainnya.

Penelitian yang dilakukan oleh (Kardos et al., 2021) berjudul *"Risk Assessment Using the FMEA Method in the Organization of Running Events"*. Penelitian ini menerapkan metode FMEA dalam penyelenggaraan Rajec Marathon di Slovakia untuk menilai dan mengurangi risiko demi peningkatan keselamatan acara. Hasilnya menunjukkan bahwa FMEA berhasil mengidentifikasi risiko utama seperti jalur yang tidak jelas (RPN 175), lalu lintas berbahaya (RPN 567), dan keterlambatan penanganan medis (RPN 144). Setelah tindakan pengendalian diterapkan, nilai RPN masing-masing risiko menurun signifikan, menunjukkan efektivitas metode FMEA dalam mendukung keselamatan operasional. Penelitian yang dilakukan oleh (Janius et al., 2017)berjudul *"Development of a Disaster Action Plan for Hospitals in Malaysia Pertaining to Critical Engineering Infrastructure Risk Analysis"*. Penelitian ini dilakukan pada lima rumah sakit pemerintah di Malaysia dengan tujuan menganalisis risiko gangguan pasokan

listrik dan air selama bencana, serta menyusun rencana aksi bencana (DAP) yang komprehensif. Hasil penelitian mengelompokkan ancaman infrastruktur ke dalam empat kategori, yaitu perendaman, kegagalan teknis, ketidaksiapan, dan kejadian tak terduga. Rumah sakit di Kelantan diklasifikasikan memiliki risiko tinggi, sedangkan rumah sakit di Selangor berada pada tingkat risiko sedang hingga rendah. Penelitian ini menghasilkan kerangka rencana tanggap darurat yang memperhatikan kerentanan teknis dan pentingnya koordinasi lintas sektor dalam menghadapi bencana.

Penelitian yang dilakukan oleh (Chen et al., 2022) berjudul *"Hazard Identification & Risk Control in Aluminum Production"*. Penelitian ini mengembangkan kerangka identifikasi bahaya berbasis bukti dan mengevaluasi efektivitas pengendalian risiko pada proses produksi aluminium elektrolitik di sebuah perusahaan besar di Tiongkok. Bahaya diklasifikasikan ke dalam empat faktor utama, yaitu manusia, peralatan, lingkungan, dan manajemen, serta dianalisis melalui tiga tahapan evolusi: dorman, bersiap, dan aktif. Metode yang digunakan meliputi *Fault Tree Analysis* (FTA), *Event Tree Analysis* (ETA), dan bow-tie diagram untuk memetakan penyebab serta dampak potensial dari kecelakaan, khususnya ledakan aluminium cair. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pendekatan berbasis bukti ini efektif dalam meningkatkan strategi pengendalian risiko dan pencegahan kecelakaan kerja di sektor industri berat.

Berikut merupakan kajian literatur berdasarkan penelitian terdahulu:

Tabel 2. 1 Kajian Literatur

No	Penulis dan Tahun	Objek Penelitian	Metode				Hasil	
			HIRA	HIRARC	FTA	FMEA	Pengendalia Risiko	Identifikasi Risiko dan Bahaya
1	(Mau, 2023)	PT. Surya Karya Setiabudi, perusahaan kontruksi		√		√	√	
2	(Asri Marwa Syabana, 2022)	proses produksi kapal aluminium, PT. Bintang Timur Samudera		√				√
3	(Adi Rusdi Widya, S. K., 2024)	proses produksi stator di perusahaan otomotif		√			√	
4	(Chantya Wulan Pamungkas, 2024)	Bengkel Permesinan		√			√	
5	(Wati & Andung Jati Nugroho, 2023)	PT. Madubaru PG PS Madukismo		√			√	

No	Penulis dan Tahun	Objek Penelitian	Metode				Hasil	
			HIRA	HIRARC	FTA	FMEA	Pengendalia Risiko	Identifikasi Risiko dan Bahaya
6	(Khairani & Amalia, 2023)	Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM) pengolahan ayam gudeg di Yogyakarta				√		√
7	(Wahyudin & Sofiyanurriyanti, 2023)	bagian *sterilizer* di perusahaan pengolahan kelapa sawit		√			√	
8	(Nurul Amalia et al., 2024)	UMKM *Bengkel Body Repair, Paint, and Welding "Family 99*		√				√
9	(Saraswati et al., 2023)	*cofferdam* pada proyek Bendungan		√		√	√	
10	(Pramudya et al., 2022)	PT. Swadaya Graha, pengoperasian mesin bubut		√				√
11	(Anityasari et al., 2025)	lokasi fasilitas milik Surabaya *City Department of Water Resources, Road, and Drainage* (SCDWRRD)		√				√

No	Penulis dan Tahun	Objek Penelitian	Metode				Hasil	
			HIRA	HIRARC	FTA	FMEA	Pengendalia Risiko	Identifikasi Risiko dan Bahaya
12	(Liandar et al., 2023)	proses pekerjaan pondasi tiang pancang		√				√
13	(Putri & Hasibuan, 2022)	industri pengolahan tisu	√					√
14	(Widi Astuti et al., 2022)	proyek konstruksi jalur kereta api layang Solo Balapan-Kadipiro				√		√
15	(Bagus & Basuki, 2024)	PT. Empat Putera Utama Bersama		√	√		√	
16	(Zheng et al., 2024)	Fasilitas penyimpanan amonia				√		√
17	(Li et al., 2024)	Pengelolaan limbah medis di Nanjing Jiangning Hospital, Tiongkok				√	√	
18	(Kardos et al., 2021)	Rajec Marathon di Slovakia				√	√	
19	(Janius et al., 2017)	lima rumah sakit pemerintah di Malaysia		√				√

No	Penulis dan Tahun	Objek Penelitian	Metode				Hasil	
			HIRA	HIRARC	FTA	FMEA	Pengendalia Risiko	Identifikasi Risiko dan Bahaya
20	(Chen et al., 2022)	proses produksi aluminium elektrolitik			√			√

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3)

Kesehatan dan keselamatan kerja (K3) merupakan salah satu cara untuk melindungi karyawan ditempat kerja dari bahaya kecelakaan dan penyakit akibat kerja. Penerapan K3 yang tidak dipertimbangkan untuk kinerja karyawan dapat berdampak pada produktivitas kerja karyawan. Kesehatan karyawan dapat terrganggu oleh penyakit akibat kerja atau keselamatan kerja yang tidak diawasi (Sukwika & Pranata, 2022).

2.2.2 Manajemen Risiko

Manajement berawal dari kata *to manage* yang berarti kontrol, mengendalikan, menangani atau mengelola. Kemudian kata-kata benda "manajemen" atau *manajement* memiliki beberapa arti yang pertama Kelola, kendali ataupun ditangani "*managing*", kemudian yang kedua yaitu perlakukan secara terampil untuk menangani sesuatu berupa *skillfull treatment*. Gabungan dari kedua pengertian yaitu berhubungan dengan dikelolanya sesuatu perusahaan dalam mencapai tujuan tertentu. Risiko merupakan kemungkinan kerugian (*Risk is the possibility of lost*) yaitu probabilitas sesuatu peristiwa berada diantara nol dan satu (Alamsyah et al., 2021).

Manajemen risiko K3 merupakan suatu upaya mengelola risiko K3 untuk mencegah terjadinya kecelakaan yang tidak diinginkan secara komprehensif, terencana dan terstruktur dalam suatu kesisteman yang baik. Manajemen risiko K3 berkaitan dengan bahaya dan risiko yang ada ditempat kerja yang dapar menimbulkan kerugian bagi perusahaan (Mohandes et al., 2025). Menerapkan suatu manajemen risiko secara tepat, diperlukan beberapa tahapan yang harus dilakukan oleh perusahaan menurut (Alamsyah et al., 2021) yaitu.

a. Identifikasi Bahaya

   Pada tahap identifikasi bahaya pihak manajemen perusahaan diharapkan mampu menjelaskan secara detail bentuk-bentuk risiko yang telah di identifikasi sebelumnya, seperti ciri-ciri risiko dan fator-faktor timbulnya risiko tersebut.

b. Menempatkan ukuran dari suatu bahaya

   Kemudian pada tahap ini pihak perusahaan dapat menentukan ukuran atau skala yang dipakai termasuk metodelogi yang digunakan dalam penelitian.

c. Menempatkan alternatif-alternatif

   Pada tahap ini manajemen dapat melakukan pengolahan data yang kemudia dijabarkan dan dikemukakan sebagai alternatif. Pengendalian manajemen risiko K3 yang terakhir

yaitu pengendalian risiko (*risk control*) merupakan Langkah penting dalam menentukan kesluruhan manajemen risiko. Pada tahap ini yaitu realisasi untuk pengelolaan risiko, dalam proses ini perlu adanya strategi untuk mengendalikan risiko dalam manajemen risiko K3. Strategi tersebut dibagi menjadi tiga, yaitu menekan probabilitas, menekan konsekuensi dan pengalihan risiko.

2.2.3 Potensi Bahaya

Potensi bahaya (*Hazard*) merupakan tindakahan untuk menentukan potensi bahaya yang timbul. Dari karakteristik bahaya yang diketahui, dapat ditentukan tindakan atau Langkah keselamatan kerja yang dapat dilakukan (Pramudya et al., 2022). Identifikasi bahaya juga merupakan salah satu Langkah awal yang bertujuan untuk mengendaalikan dan mengidentifikasi bahaya. Berdasarkan Menteri ketenagakerjaan sebagaimana tercntum dalam PERMANAKER No. 05/MEN/1996 menyebutkan bahwa proses identifikasi sumber bahaya dilakukan dengan mempertimbangkan kondisi kejadian yang dianggap berpotensi menimbulkan bahaya dan jenis kecelakaan yang mungkin terjadi.

2.2.4 Risiko

Risiko merupakan kombinasi dari beberapa kemungkinan terjadinya bahaya atau paparan dengan keparahan dari cedera atau gangguan Kesehatan yang disebabkan oleh kejadian atau paparan tersebut (A Tanisri & Siregar, 2022).

2.2.5 HIRARC (*Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control*)

Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control (HIRARC) adalah prosedur untuk mengidentifikasi semua elemen yang dapat menyebabkan kerugian, mempertimbangkan tingkat kemungkinan yang membahayakan dilingkungan kerja, dan memantau tindakan pencegahan risiko untuk memmastikan bahwa risiko dapat dikendalikan secara terus menerus(Chantya Wulan Pamungkas, 2024)

HIRARC digunakan dalam tiga tahap yaitu identifikasi bahaya risiko, penilaian risiko, dan pengendalian risiko. Berikut merupakan penjelasan dari masing-masing tahapan (Ahmad et al., 2016).

a. *Hazard Identification* (Identifikasi Bahaya)

   Bahaya merupakan segala bentuk kejadian, situasi, atau kondisi yang memiliki potensi menimbulkan dampak bahaya, seperti cedera, luka, kerusakan lingkungan atau peralatan, hingga kematian. Tahap ini melibatkan proses inspeksi di setiap area kerja untuk mengidentifikasi potensi risiko yang dapat membahayakan.

b. *Risk Assessment* (Penilaian Risiko)

   Penilaian risiko dilakukan dengan mengukur tingkat kemungkinan terjadinya bahaya (*likelihood*/L) serta tingkat keparahan dampak yang ditimbulkan (*severity*/S). Berdasarkan *Australian/New Zealand Standard for Risk Management* (AS/NZ *Standard*) 4360 tahun 2004 (Ramdan & Supriyadi, 2017), skala *likelihood* dan *severity* memiliki kriteria serta tingkat penilaian yang berbeda, sebagaimana ditampilkan dalam tabel berikut.

Tabel 2. 2 Skala *Likelihood*

Tingkat	Kriteria	Keterangan	Deskripsi
5	*Almost Certain*	Dapat terjadi setiap saat	Kemungkinan terjadi minimal 1 kali tiap minggu
4	*Likely*	Sangat sering terjadi	Kemungkinan terjadi minimal 1 kali tiap bulan
3	*Possible*	Dapat terjadi sekali-kali	Kemungkinan terjadi minimal 1 kali tiap 3 bulan
2	*Unlikely*	Jarang terjadi	Kemungkinan terjadi minimal 1 kali tiap tahun

Tingkat	Kriteria	Keterangan	Deskripsi
1	*Rare*	Hampir tidak pernah terjadi	Kemungkinan tidak terjadi dalam 1 tahun

Berdasarkan tabel diatas, dapat dilihat bahwa skala *likelihood* memiliki 5 kriteria tingkatan, dimana jika semakin tinggi tingkatan tersebut maka dapat diartikan kemungkinan terjadi bahaya yang semakin sering.

Tabel 2. 3 Skala *Severity*

Tingkat	Kriteria	Keterangan
5	*Catastrophic*	Menyebabkan fatal > 1 orang, kerugian sangat besar, dan seluruh kegiatan terhenti.
4	*Major*	Cedera berat, kerugian besar, dan gangguan produksi.
3	*Moderate*	Cedera sedang, perlu penanganan medis, kerugian finansial yang besar.
2	*Minor*	Cedera ringan dan kerugian finansial yang sedikit.
1	*Insignificant*	Tidak terjadi cedera dan kerugian finansial sedikit.

Kemudian setelah diketahui nilai *likelihood* dan *severity*, maka selanjutnya yaitu menghitung nilai risiko menggunakan *risk matrix* dengan rumus sebagai berikut.

Risiko = *Likelihood* × *Severity*

Level kategori risiko dapat diketahui pada *risk matrix* seperti tabel dibawah ini.

Tabel 2. 4 *Risk Matriks*

Likehood	***Severity***				
	1	**2**	**3**	**4**	**5**
5	*High*	*High*	*Extreme*	*Extreme*	*Extreme*
4	*Moderate*	*High*	*Extreme*	*Extreme*	*Extreme*
3	*Low*	*Moderate*	*High*	*Extreme*	*Extreme*
2	*Low*	*Low*	*Moderate*	*High*	*Extreme*
1	*Low*	*Low*	*Moderate*	*High*	*High*

Keterangan:

Extreme : Aktivitas pekerjaan sangat berisiko dan tidak boleh

dilanjutkan, tindakan pengendalian segera dilakukan.

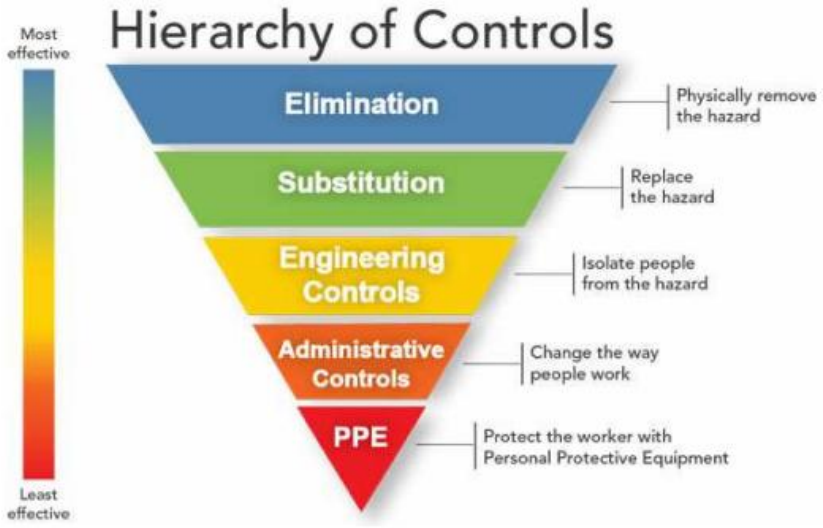
High : Aktivitas pekerjaan berisiko besar dan tidak boleh dilaksanakan hingga risiko sudah direduksi, tindakan pengendalian segera dilakukan.

Moderate : Aktivitas pekerjaan berisiko sedang dan diperlukan sebuah tindakan pengendalian.

Low : Aktivitas pekerjaan berisiko rendah (risiko masih dapat diterima) dan tidak memerlukan tindakan pengendalian.

c. *Risk Control* (Pengendalian Risiko)

Risk controls merupakan tindakan yang diambil untuk meminimalisir atau mengeliminasi risiko kecelakaan kerja melalui eliminasi, *substitusi engginering control warning system administrative control* dan alat pelindung diri (Ajslev et al., 2022).



Gambar 2. 1 *Hierarcy of Control*

Sumber dari NIOSH model of HOC (https://www.cdc.gov/niosh/hierarchy-of-controls/about/index.html)

Berikut merupakan keterangan dari *hierarchy of control menurut* (Ajslev et al., 2022)

1. *Elimination*

   Penghapusan risiko keselamatan dengan merancang tugas atau proses di luar proses kerja dianggap sebagai bentuk kerja keselamatan yang paling efektif. Jika suatu proses yang penuh risiko menghilang, risiko yang terkait dengannya pun ikut menghilang. Maksud dari bentuk pencegahan ini adalah untuk meminimalkan

interaksi manusia dengan peralatan, material, dan proses yang mengandung risiko. Dengan demikian, risiko kesalahan manusia dihilangkan dari proses kerja.

2. *Substitution*

   Substitusi berarti mengurangi risiko dengan menggunakan metode, bahan, atau proses yang tidak terlalu berbahaya daripada yang direncanakan. Ini dapat mencakup penerapan penanganan bahan secara otomatis daripada manual, mengganti bahan kimia yang tidak terlalu berbahaya dengan bahan kimia yang berbahaya, atau mengganti mesin dengan alternatif yang lebih baru dan lebih aman. Dengan melakukan substitusi ini, ketergantungan pada tindakan manusia berkurang, namun tidak seefektif dengan eliminasi.

3. *Engineering Controls*

   Penerapan perangkat keselamatan dan sistem peringatan yang terpasang pada mesin dan peralatan disebut kontrol teknik. Kontrol ini digunakan untuk memisahkan pekerja dari bahaya dan mengurangi kemungkinan terjadinya kesalahan. Kontrol tersebut meliputi pelindung, sistem penguncian otomatis, atau alarm pengaktifan pada peralatan, sistem deteksi, jaring pengaman, atau sistem keselamatan jatuh.

4. *Administrative Controls*

   Kontrol administratif adalah sistem peringatan, sinyal, tanda, label, instruksi, pelatihan, pendidikan, atau prosedur untuk memengaruhi perilaku, reaksi, atau praktik orang. Kontrol ini mencakup pengembangan metode dan prosedur kerja, pemilihan personel, pelatihan, bimbingan, pengawasan, instruksi, perencanaan, motivasi, rotasi pekerjaan, manajemen perubahan, perubahan perilaku/budaya/praktik, atau inspeksi. Mencapai tingkat tinggi pada semua inisiatif ini jarang terjadi.

5. PPE (*Personal Protective Equipment*)

   Personal Protective Equipment (PPE) atau yang disebut dengan APD merupakan suatu alat keselamatan yang bertujuan agar dapat menjaga tubuh manusia dari kemungkinan terpaparnya bahaya. Alat ini digunakan sebagai upaya dalam mengurangi akibat bahaya yang ada di lingkungan kerja dan menjadi pilihan terakhir dalam tindakan pengendalian risiko.

Meskipun metode HIRARC efektif dalam memberikan penilaian awal terhadap risiko kerja, tetapu metode HIRARC memiliki keterbatasan dimana hanya mempertimbangkan dua parameter yaitu *severity* dan *likelihood*. Pada metode HIRARC tidak mempertimbangkan untuk mendeteksi bahaya, dan belum menyediakan dasar yang rinci untuk menentukan urutan prioritas pengendalian risiko. Oleh karena itu, metode FMEA *(Failure Mode and Effect Analysis*) diperlukan agar pada proses penilaian risiko menjadi lebih menyeluruh.

2.2.6 FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*)

FMEA merupakan metode yang di fungsikan dalam mengembangkan sebuah produk juga manajemen operasi untuk menganalisis mode kegagalan dalam range keparahan sistem dan klarifikasi kegagalan (Labib & Ayudyah Eka Apsari, 2024). Metode FMEA digunakan untuk memperkuat proses penilaian risiko dengan pendekatan yang lebih sistematis dan kuantitatif, dengan mempertimbangkan *severity, occurrence,* dan *detection,* serta FMEA juga memberikan nilai *Risk Priority Number* (RPN) yang dapat digunakan untuk memprioritaskan pengendalian terhadap risiko paling kritis. Dengan begitu FMEA dapat membantu dalam tahap *risk control* dengan memberikan dasar perhitungan yang lebih terarah untuk tindakan pencegahan. FMEA menggunakan tiga input penting yaitu *Severity* (S), *Occurrence* (O), *Detection* (D) yang difungsikan untuk mendapatkan nilai *Risk Priority Number* (RPN) dilakukan dengan cara mengalikan nilai *Severity* (S), *Occurrence* (O) dan *Detection* (D) (Labib & Ayudyah Eka Apsari, 2024) .*Severity* (S) adalah perkiraan tingkat keparahan dampak pada komponen yang mempengaruhi kinerja mesin yang di identifikasi. *Occurrence* (O) adalah perkiraan frekuensi *defect*. Sedangkan *detecation* (D) mencari kemungkinan penyebab mekanis yang dapat menyebabkan kerusakan dan mengambil tindakan perbaikan (Labib & Ayudyah Eka Apsari, 2024). Langkah ini ditunjukkan untuk menilai tingkat risiko kecelakaan kerja dengan menghitung *Risk Priority Number* (RPN) untuk setiap risiko kecelakaan kerja menggunakan metodologi FMEA. Nilai RPN dihitung dengan mengalikan tingkat keparahan (S), frekuensi (O), dan nilai diagnostik (D) (Rizal et al., 2022) .

1. *Severity* (S)

   Severity menunjukkan tingkat keseriusan akibat yang ditimbulkan. Skala atau peringkat yang digunakan dalam penelitian ini didasarkan pada skala keparahan. Standar ini menjelaskan dampak potensial dari cedera kerja, penyakit, bahaya sosial dan psikologis serta bahaya terhadap mesin dan peralatan. Tingkat keparahan atau keselamatan cedera akibat kerja didefinisikan pada skala 1 sampai 10, dengan 1 menunjukkan peristiwa

yang hampir nol tingkat keparahannya dan 10 menunjukkan peristiwa yang memerlukan perhatian.

2. *Occurrence* (O)

   Occurence merupakan tingkat kegagalan yang diukur (kemungkinan kecelakaan kerja) terutama terkait dengan pekerjaan yang dilakukan. Skala yang digunakan berkisar dari 1 (jarang) sampai 10 (jarang). Kecelakaan atau cedera akibat kerja diklasifikasikan dalam skala 1 sampai 10. 1 menunjukkan peristiwa yang jarang terjadi, dan 10 menunjukkan peristiwa yang hampir tidak dapat dihindari.

3. *Detection* (D)

   Detection merupakan ukuran kemampuan untuk mendeteksi atau mengendalikan kegagalan (potensi kecelakaan kerja) yang mungkin terjadi. Skala yang digunakan adalah 1 (instrumen dapat memeriksa atau mendeteksi kesalahan). Tingkat deteksi atau deteksi ditentukan secara bertahap dari level 1 hingga level 10. Level 10 jika alat pendeteksi atau pencegahan kecelakaan kerja tidak mampu mengendalikan atau mendeteksi kecelakaan kerja pada level 1 jika alat pendeteksi atau pencegahan kecelakaan kerja dapat menjamin pengendalian atau deteksi kecelakaan di tempat kerja.

Penghitungan *Risk Priority Number* (RPN) merupakan bagian penting dari FMEA karena prioritas risiko yang merupakan risiko kritis akan diketahui dari nilai RPN. Nilai RPN dihitung dengan mengalikan nilai *Saverity* (S), *Occurrence* (O) dan *Detection* (D).

Tabel 2. 5 *Risk Priority Number (RPN)*

Nilai RPN	**Kondisi**
RPN: 95-125	Prioritas utama untuk kontrol proses
RPN :61-94	Prioritas kedua untuk dilakukan kontrol proses
RPN :27-60	Prioritas ketiga untuk dilakukan kontrol proses
RPN :1-26	Risiko yang masih dapat diterima berdasarkan

(sumber: Melanson, Annick., Sylvie Nadeau. 2019)

https://www.scirp.org/pdf/AJIBM_2019012314492588.pdf

Nilai pada rata – rata *Saverity* (S), *Occurrence* (O) dan *Detection* (D) untuk masing-masing variabel dengan menggunakan rumus rerata, yaitu:

$$\text{Rerata} = \frac{\text{Jumlah nilai S,O,D semua responden}}{\text{Jumlah responden}}$$

Langkah ini bertujuan untuk mengidentifikasi kombinasi-kombinasi penyebab kecelakaan terjadi.

Penggunaan metode HIRARC dan FMEA pada penelitian ini untuk memperoleh hasil identifikasi dan penilaian risiko yang lebih menyeluruh, dimana pada metode HIRARC memberikan gambaran besar terhadap potensi bahaya, sedangkan FMEA memberikan analisis terhadap kegagalan proses dan tingkat prioritas risiko berdasarkan perhitungan RPN.

2.2.7 *Cost Benefit*

Analisis manfaat-terbesar (CBA) merupakan instrumen penting untuk menilai konsekuensi ekonomi dari inisiatif SDM, yang mencakup praktik HRM yang berkelanjutan. CBA mengevaluasi keuntungan nyata, termasuk peningkatan produktivitas dan penurunan absensi, dan faktor tidak berwujud, seperti peningkatan moral karyawan dan peningkatan kohesi tempat kerja (Shao et al., 2024; Rasool et al., 2019). Menegaskan bahwa organisasi yang memprioritaskan kesejahteraan karyawan dan faktor lingkungan menghasilkan manfaat timbal balik, yang memperkuat keuntungan jangka panjang dari praktik manajemen sumber daya manusia yang berkelanjutan (Hossain et al., 2025).

2.2.8 Pokayoke

Poka Yoke berasal dari bahasa Jepang yokeru yang berarti “menghindari” dan poka yang berarti “kesalahan (diakibatkan kelalaian atau ketidaksengajaan)”. Jadi secara sederhana Poka Yoke adalah menghindari kesalahan dalam produksi atau kerja. Konsep Poka Yoke ditemukan oleh Shigeo Shingo, seorang insinyur di *Matsushita manufacturing* dan merupakan bagian dari *Toyota Production System*. Poka Yoke awalnya disebut sebagai Baka Yoke, namun karena artinya kurang pantas, yaitu “menghindari ketololan”, maka kemudian diubah menjadi Poka Yoke (Yanti Nababan et al., 2020). Poka yoke berasal dari bahasa jepang yang artinya adalah mencegah kesalahan yang dikarenakan oleh kecerobohan oleh tenaga manusia. Menurut konsep poka yoke pada dasarnya sifat manusia adalah pelupa dan cenderung untuk berbuat salah,

apalagi yang sering terjadi ditempat kerja, pekerjalah yang sering disalahkan (Dave, 2015). Salah satu caranya mengurangi atau menghilangkan kesalahan yang bersumber pada manusia atau *human error* adalah dengan Poka Yoke. Sistem kerja poka yoke dapat dengan mudah mencegah defect pada sumbernya sebelum muncul defect pada proses sesudahnya sehingga cara inilah yang paling efektif untuk mengurangi waktu inspeksi (Suzaki, 1994). Pada dasarnya terdapat 3 fungsi dasar Poka Yoke (Hakim, 2023) diantaranya yaitu:

a. *Control*

   Melakukan *controlling* pada tiap proses agar tidak menimbulkan *defect* produk.

b. *Shutdown*

   Berhenti melakukan proses produksi Ketika mendeteksi adanya faktor yang menimbulkan *defect.*

c. *Warning*

   Memberikan informasi atau peringatan kepada stakeholder Ketika terdapat potensi yang dapat menyebabkan *defect* produk.

Metodelogi pokayoke terdiri dari (Yanti Nababan et al., 2020):

1. *Identify Problem*

   Merupakan langkah awal dalam mengidentifikasi permasalahan dengan melakukan identifikasi proses yang berpotensi dalam menimbulkan permasalahan.

2. *Observation at workstation*

   Merupakan langkah setelah mengetahui sumber masalah dan masalah apa saja yang terjadi menggunakan diagram tulang ikan.

3. *Brainstorming ForIdea*

   Dilakukan dengan cara mengajukan masalah yang diteliti kepada pihak internal perusahaan yang terkait, kemudian mempelajari masalah tersebut dan setelahnya akan dicari rencana dan solusi perbaikan menggunakan kreatifitas pemikiran yang ada oleh beberapa pihak internal perusahaan yang berkaitan tersebut.

4. *Select Best Idea*

   Setelah mendapatkan beberapa alternatif solusi oleh beberapa pihak internal perusahaan yang terkait, langkah selanjutnya adalah dengan memilih solusi terbaik dari semua solusi yang terkumpul.

5. *Implementation Plan and Implementation*

Pada tahap ini perusahaan mulai mengimplementasikan solusi terbaik yang didapat melalui perundingan yang telah dilakukan sebelumnya.

6. *Monitoring and Sign Off*

   Merupakan langkah terakhir, langkah dimana saatnya perusahaan memonitor setiap proses produksi menggunakan perbaikan yang telah ditetapkan.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Objek Penelitian

Objek pada penelitian ini adalah terkait dengan bahaya (*Hazard*) yang terdapat pada proses *sawmill* di PT. Karya Mina Putra.

3.2 Subjek Penelitian

Adapun subjek dari penelitian ini adalah proses produksi pada tahap *sawmill* di PT. Karya Mina Putra. Dimana pada proses produksi kayu memiliki 7 bagian, yaitu pembuatan garis pola, pemotongan kayu dengan mesin *bandsaw, molding* S3S/S4S, KD oven, pemotongan kayu sesuai permintaan, pemeriksaan kayu yang telah dipotong, revisi kayu yang tidak sesuai dengan *standard* perusahaan. Dari ketujuh proses tersebut masih ada proses yang terdapat kecelakaan tinggi yaitu pada proses *sawmill*.

3.3 Jenis Data Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer dan data sekunder. Data tersebut dikumpulkan sebagai informasi yang mendukung dilaksanakannya penelitian ini. Berikut merupakan jenis data penelitian yang digunakan.

a. Data Primer

   Data primer merupakan data yang didapatkan melalui observasi dan wawancara secara langsung. Pada penelitian ini, data primer yang didapatkan dari wawancara dan observasi secara langsung dengan narasumber yang bersangkutan terkait kegiatan aktivitas produksi pada tahap *sawmill* di PT. Karya Mina Putra Kayu. Observasi dan wawancara dilakukan dengan pihak yang bersangkutan. Adapun jenis data yang diambil berupa data kecelakaan kerja, profil perusahaan dan proses produksi yang terdapat pada PT. Karya Mina Putra.

b. Data Sekunder

   Data sekunder merupakan jenis data yang diperoleh melalui kajian literatur, baik dari jurnal, artikel, buku, dan lain sebagainya.

3.4 Metode Pengumpulan Data

Pada penelitian ini terdapat beberapa metode yang digunakan dalam melakukan pengumpulan data, yaitu sebagai berikut:

a. Observasi

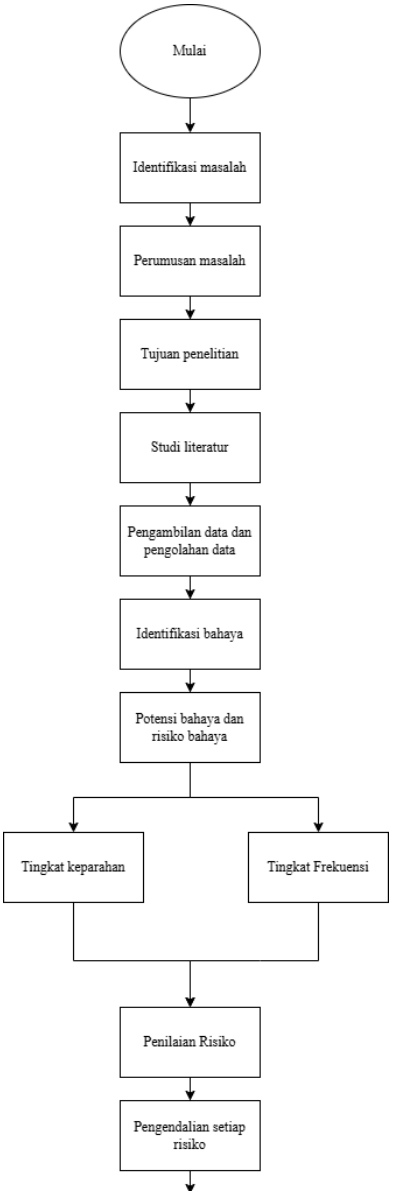
   Observasi merupakan salah satu metode yang diterapkan dalam penelitian ini untuk mengamati, mendengar, dan mencatat berbagai aspek penting yang berhubungan dengan permasalahan yang sedang diteliti. Kegiatan ini bertujuan untuk memperoleh data yang tepat dan relevan guna mendukung validitas penelitian. Dalam konteks penelitian ini, observasi dilakukan dengan tujuan untuk mengidentifikasi dan menganalisis berbagai aktivitas pekerjaan yang berlangsung di lingkungan kerja, termasuk potensi bahaya dan risiko yang mungkin terjadi. Mencakup pemantauan terhadap penggunaan alat dan mesin yang beroperasi di setiap proses produksi.

b. Wawancara

   Wawancara merupakan kegiatan yang diperoleh secara langsung melalui lisan/perkataan seseorang (narasumber) dengan peneliti. Data yang dikumpulkan menggunakan metode ini yaitu potensi bahaya (*likelihood* dan *severity*), serta *severity, occurrence* dan *detection* pada metode FMEA dan usulan pengendalian yang tepat.

3.5 Alur Penelitian

Berikut merupakan alur *flowchart* dari penelitian ini.



Gambar 3. 1 Alur Penelitian bagian A



Gambar 3. 2 Alur Penelitian bagian B

Berikut merupakan alur penelitian diatas, berikut merupakan penjelasannya:

1. Mulai
2. Identifikasi Masalah

   Pada tahap identifikasi dilakukan dengan cara observasi langsung sehingga mendapatkan permasalahan yang dapat diselesaikan dengan keilmun Teknik Industri.
3. Perumusan Masalah

   Setelah dilakukan identifikasi masalah kemudian tahap selanjutnya yaitu perumusan masalah yang mana dalam penelitian yang terkait dengan penilaian risiko potensi bahaya, akar penyebab dari potensi bahaya yang memiliki kategori level risiko yang ekstrim dan pengendaliannya pada proses *sawmill* di PT. Karya Mina Putra.
4. Tinjauan Pustaka

   Tahap tinjauan Pustaka ini dilakukan dengan tujuan sebagai referensi untuk memperkuat landasan dan mendukung pelaksanaan penelitian ini. Terdapat 2 jenis tinjauan pustaka, yaitu:

   a. Kajian Literatur, merupakan jurnal-jurnal penelitian terdahulu (dalam kurun waktu lima tahun terakhir) yang berkaitan dengan penelitian yang

dilakukan.

b. Landasan Teori, merupakan teori-teori yang digunakan (dalam kurun waktu tidak terbatas) guna untuk mendukung pelaksanaan penelitian ini.

5. Pengumpulan Data

   Pengumpulan data berupa data primer yang didapat berdasarkan observasi dan wawancara

6. Pengambilan Data Menggunakan HIRARC

   Dalam pengelolaan data dengan metode HIRARC dlakukan dalam beberapa tahap yaitu:

   1. Membuat data level risiko pada setiap tahap produksi disusun dalam bentuk tabel agar lebih mudah dibaca. Selanjutnya, data tersebut akan diolah menggunakan metode HIRARC. Analisis metode HIRARC dalam proses ini melibatkan beberapa tahap, yaitu:

      A. Jenis kegiatan dan kondisi lapangan

         Pengambilan data dilakukan dengan wawancara kepada narasumber yang bersangkutan dalam kegiatan proses produksi, selain itu peneliti akan melihat langsung bagaimana proses produksi serta melakukan analisis kegiatan yang memiliki potensi bahaya serta dapat menyebabkan kecelakaan kerja.

      B. Potensi bahaya dan risiko

         Setelah melakukan pengamatan terkait proses produksi, kemudian dialkukan analisis lebih rinci terkait risiko serta bahaya yang dapat timbul berdasarkan kegiatan yang dilakukan.

      C. Tingkat keparahan

         Setelah melakukan analisis potensi bahaya, selanjutnya menentukan tingkat keparahan berdasarkan potensi bahaya yang terjadi tersebut dengan memberikan nilai berdasarkan skala 1 sampai 5.

      D. Tingkat frekuensi terjadi

         Pada tahap ini dilakukan penilaian terkait tingkat frekuensi yang terjadi dengan melihat kemungkinan potensi bahaya tersebut dapat terjadi. Penilaian akan dilakukan berdasarkan segi kualitatifnya, dimana kemungkinan potensi bahaya tersebut akan terjadi serta melihat seberapa sering kejadian kecelakaan tersebut pernah terjadi.

E. Nilai risiko dan level risiko

Pada tahap nilai risiko dan level risiko maka dilakukan dengan cara perkalian antara nialai tingkat keparahan dengan tingkat frekuensi terjadi, kemudian hasil dari perkalian tersebut akan dilihat berdasarkan *risk mapping* level risiko yang didapat.

2. Pemetaan Proses Produksi Berdasarkan Level Risiko

Pada pemetaan proses produksi berdasarkan level risiko dengan memberikan kode warna pada setiap proses produksi berdasarkan level risiko (Hijau = risiko rendah, kuning = risiko sedang, biru = risiko tinggi dan merah = risiko ekstrem).

3. Solusi dan Rekomendasi Berdasarkan Level Risiko

Kemudian memberikan solusi dan rekomendasi pada setiap proses produksi. Dimana pemberian solusi dan rekomendasi berdasarkan peraturan pemerintah serta para *expert*.

7. FMEA

Dalam melakukan pengolahan data menggunakan metode FMEA, terdapat beberapa tahap, yaitu:

1. Identifikasi mode kegagalan

Pada tahap ini menggunakan hasil dari HIRARC, dilakukannya analisis untuk mengidentifikasi bagaiamana kegagalan dapat terjadi.

2. Penilaian risiko dengan *severity, occurrence, detection* (S, O, D)

Dengan dilakukan penilaian S, O, D dapat memahami seberapa besar dampak kegagalan, seberapa sering terjadi, dan seberapa mudah dideteksi sebelum menimbulkan masalah

3. Menghitung *Risk Priority Number* (RPN)

Dengan melakukan perhitungan *risk priority number* dapat membantu menentukan prioritas mitigasi. Dimana semakin tinggi nilai RPN maka semakin mendesak tindakan pencegahan yang harus dilakukan.

4. Menetntukan tindakan perbaikan dan mitigasi risiko

Setelah mengetahui prioritas risiko melalui RPN yaitu menentukan solusi yang efektif.

8. Analisis Hasil dan Pembahasan

Setelah data yang dimiliki tersebut diolah, kemudian dilanjutkan dengan membuat analisis dari hasil pengolahan data yang sudah dilakukan. Hasil dan pembahasan

tersebut akan membantu dalam hal membuat kesimpulan dan juga saran yang akan diberikan.

9. Kesimpulan dan Saran

   Tahapan ini dilakukan penarikan kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan dan memberikan saran kepada PT. Karya Mina Putra sesuai dengan rumusan dan tujuan dari penelitian ini.

10. Selesai.

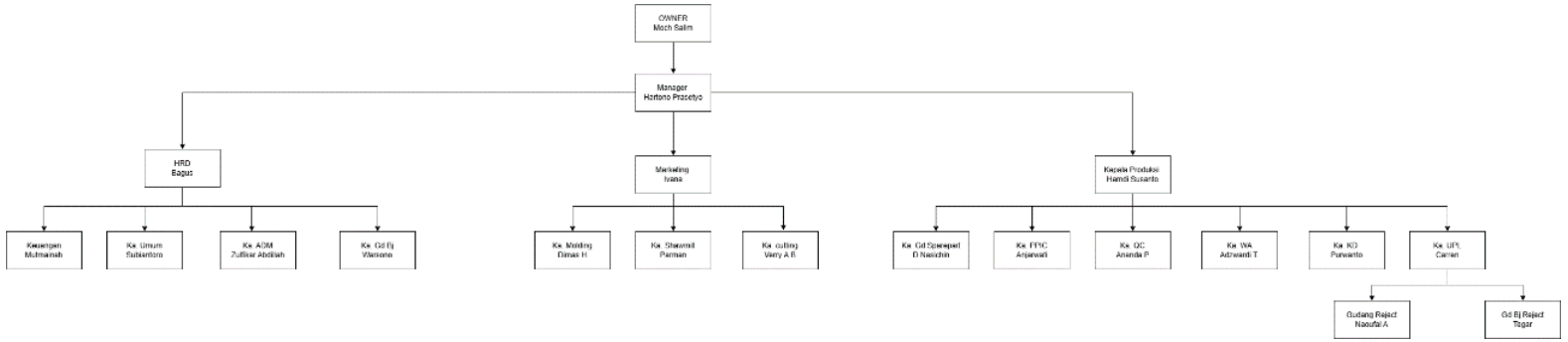
BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 Pengumpulan Data

4.1.1 Struktur Organisasi

Berikut merupakan struktur organisasi di PT. Karya Mina Putra:



Gambar 4. 1 Struktur Organisasi

4.1.2 *Job Description*

Berikut merupakan deskripsi tugas masing-masing jabatan pada PT. Karya Mina Putra:

1. Owner

   Bertanggung jawab atas kebijakan yang dibuat dan membuat keputusan serta memberikan arahan terkait visi, misi dan tujuan jangka panjang dari perusahaan. Sebagai orang yang mengarahkan dan berfungsi untuk memastikan keberlangsungan dan perkembangan bisnis secara menyeluruh.

2. Manager

   Mengawasi semua divisi untuk memastikan agar setiap divisi bekerja sesuai dengan target dan mengkoordinasikan operasional dan juga melaporkan pencapaian kepada pemilik selain itu fungsinya adalah menjaga keselarasan dan mencapai tujuan dari perusahaan.

3. HRD

   Mengatur sumber daya manusia berupa pelatihan, pengembangan dan rekrutmen serta memastikan ketersediaan sumber daya yang memiliki kualitas yang baik.

4. Keuangan

   Mengelola keuangan perusahaan, transaksi, pengelolaan anggaran dan penulisan laporan keuangan, memiliki fungsi menjaga kestabilan keuangan perusahaan.

5. Ka. Umum

   Mengurus kebutuhan operasional umum yaitu dengan penyediaan alat dan fasilitas seperti kebersihan dan keamanan, memiliki fungsi membantu terjadinya kelancaran aktivitas dengan menyediakan fasilitas.

6. Ka. ADM

   Mengatur administrasi yang mencakup arsip, dokumentasi dan komunikasi administrasi yang memiliki fungsi agar operasional berjalan baik.

7. Marketing

   Mengatur pemasaran dan startegi untuk meningkatkan penjualan dan menjalanin hubungan yang baik dengan pelanggan agar dapat meningkatkan penjualan dan memperkuat branding perusahaan.

8. Ka *Molding*

   Mengawasi proses mencetak kayu agar memenuhi standar kualitas dan menjamin agar produk ini sesuai dengan spesifikasi.

9. Ka. *Sawmill*

   Mengawasi proses pemotongan(gergaji) hingga pengolahan dan menyediakan bahan untuk diproduksi selanjutnya.

10. Ka. *Cutting*

    Mengawasi proses pemotongan bahan kayu dengan ukuran yang sesuai dengan spesifikasi dan bertanggung jawab untuk memenuhi spesifikasi yang ditentukan dari produk.

11. Kepala Produksi

    Mengatur berjalannya kegiatan produksi dan menagtur kegiatan sesuai dengan jadwal yang ditentukan agar menghasilkan *output* yang telah ditentukan.

12. Ka. Gd *Sparepart*

    Mengatur jumlah suku cadang untuk proses produksi dan memastikan untuk suku cadang yang akan digunakan selalu ada.

13. Ka. PPIC

    Mengatur berjalannya proses produksi, perencanaan produksi dan pengendalian persediaan bahan baku untuk kelancaran proses produksi.

14. Ka. QC

    Pemantauan terhadap produk dan melakukan pengujian terhadap selama proses produksi dan menganalisa sebab kegagalan dari produk serta memberikan saran perbaikan.

15. Ka. WA

    Mengawasi agar proses pewarnaan sesuai dengan standar yang diinginkan dan memberikan Teknik pelatihan dalam proses pewarnaan dan pemilihan bahan.

16. Ka. KD (*Kiln Dry*)

    Mengawasi proses pengeringan dalam oven dan mengatur suhu serta kelembapan, menjaga peralatan untuk pengeringan serta memeriksa kualitas dan suhu kayu.

17. Ka. UPL

    Mengelola limbah perusahaan berupa serbuk kayu untuk dijadikan bahan pembakaran usaha gamping.

18. Gd *Reject*

    Untuk mengatur produk yang tidak memenuhi standar dengan mengelompokkan produk yang ditolak agar tidak tercampur dengan produk yang baik.

4.1.3 Produk yang Dihasilkan

Berikut merupakan hasil produksi yang dihasilkan oleh PT. Karya Mina Putra Kayu:

1. *Decking* merupakan suatu produk kayu untuk lantai luar ruangan seperti teras, dek kolam renang dan area taman, produk ini dibuat memiliki daya tahan baik terhadap kelembapan bahan yang digunakan biasanya dari kayu Bangkirai yang memiliki keunggulan *finishing* yang halus.
2. *Beam* merupakan produk kayu berupa balok kayu yang digunakan dalam kontruksi bangunan yang berfungsi sebagai penopang struktur, beam sering digunakan dalam pembuatan rumah, bahan yang digunakan adalah kayu Merbau.
3. *Pole* merupakan tiang kayu yang digunakan untuk keperluan termasuk tiang listrik dan pagar, kualitas ini dirancang untuk tahan terhadap beban yang berat dan cuaca yang ekstrem, kayu yang digunakan untuk membuat tiang adalah kayu Bangkirai.
4. *Fences* merupakan pagar kayu untuk pembatasan area, desain ini dibuat sesuai dengan keinginan pelanggan dengan menggunakan kayu Kempes.
5. *Garden Tile* merupakan ubin taman dari kayu untuk menghiasi luar ruangan agar tempat tersebut lebih terstruktur, kayu yang digunakan untuk membuat produk ini adalah kayu Meranti.
6. *Roll Border* dan *Shiplap* merupakan produk untuk dekorasi dan penyekat, roll border adalah kayu berbentuk gulungan yang digunakan untuk dekorasi sedangkan shiplap digunakan untuk kontruksi dinding interior untuk memberikan tampilan tradisional, bahan yang digunakan untuk membuat kedua produk ini adalah kayu Jati.

4.1.4 Data Kecelakaan Kerja

Berikut merupakan data kecelakaan kerja di PT. Karya Mina Putra:

Tabel 4. 1Data Kecelakaan Kerja

Tahun	Jumlah Kasus	Jenis Kecelakaan
2023	5 kejadian	• Tangan terkena pisau *moulding* (1 kasus) • Jari tangan kejepit kayu (1 kasus) • Kaki tertimpa kayu (1 kasus) • Tangan terkena kayu (2 kasus)
2024	8 Kejadian	• Luka Bakar (1 kasus) • Kaki Tertimpa kayu (3 kasus) • Tangan terkena kayu (1 kasus) • Pelipis terkena kayu (1 kasus) • Jari tangan terjepit kayu (1 kasus) • Jari kaki tertimpa kayu (1 kasus)

4.2 Pengolahan Data

4.2.1 *Sawmill*

Industri penggergajian kayu merupakan suatu usaha yang menghasilkan barang setengah jadi yang kemudian diolah dan diproses menjadi barang lanjutan untuk dijadikan produk tertentu (Muhdi et al., 2021).

4.2.2 HIRARC *(Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control)*

Hazard Identification, Risk Assessment and Risk Control (HIRARC) adalah rangkaian langkah untuk mengidentifikasi bahaya yang mungkin timbul dalam operasi rutin atau non rutin suatu organisasi, selanjutnya melakukan penilaian risiko terhadap bahaya tersebut, dan kemudian membuat program untuk mengendalikan bahaya sehingga tingkat risiko dapat diminimalkan ke tingkat yang lebih rendah untuk mencegah terjadinya kecelakaan (Jainul et al., 2024).

4.2.2.1 *Hazard Identification*

Hazard Identification atau identifikasi bahaya dilakukan dengan observasi lapangan dan wawancara dengan kepala produksi dan divisi K3 yang mengacu pada aktivitas pekerjaan yang sedang berlangsung. Berikut merupakan tabel hasil identifikasi bahaya pada proses *sawmill*.

Tabel 4. 2 *Hazard Identification*

No	Aktivitas	Potensi Bahaya	Risiko Bahaya
1	Pemindahan kayu bulat ke jalur potong	Terjepit kayu bulat, Tertimpa kayu bulat saat pemindahan	Cedera serius pada tubuh seperti (patah tulang, memar).
2	Penyesuaian posisi kayu bulat dimeja potong	Tangan terjepit, Tangan terkena mata pisau	Tangan terjepit dapat menyebabkan (patah tulang memar), Terkena mata pisau dapat menyebabkan (Luka terbuka, pendarahan serius)
3	Pemotongan utama menggunakan *bandsaw*	Luka serius dari pisau, kebisingan ekstrem	Luka potong sampai dengan menyebabkan amputasi jika bersentuhan langsung dengan pisau pada saat mesin menyala, Kehilangan pendengaran akibat kebisingan tinggi.
4	Pemindahan hasil potongan	Cedera otot (angkat beban besar), terpleset	Cedera otot/tulang belakang, Terkilir atau keseleo.

No	Aktivitas	Potensi Bahaya	Risiko Bahaya
5	Pembersihan area dari serbuk kayu	Terpleset, paparan debu dari kayu	Terkilir atau kesleo, gangguan pernafasan (batuk, sesak)

4.2.2.2 *Risk Assessment*

Pada tahapan penilaian risiko dilakukan untuk menilai tingkat bahaya dari kecelakaan kerja atau penyakit akibat kerja. Tujuannya adalah untuk menentukan langkah pengendalian yang diperlukan serta merancang strategi keselamatan dan kesehatan kerja (K3) yang tepat. Penilaian ini biasanya dilakukan berdasarkan dua aspek utama, yaitu kemungkinan terjadinya (*likelihood*) dan tingkat dampaknya (*consequence*).

Tabel 4. 3 *Risk Assesment*

No	**Aktivitas**	**Potensi Bahaya**	**Risiko Bahaya**	**Penilaian Risiko**			***Risk Level***	***Risk Matrix***
				L	**S**	**LxS**		
1	Pemindahan kayu bulat ke jalur potong	Terjepit kayu bulat, Tertimpa kayu bulat saat pemindahan	Cedera serius pada tubuh seperti (patah tulang, memar).	3	3	9	Tinggi	
2	Penyesuaian posisi kayu bulat dimeja potong	Tangan terjepit, Tangan terkena mata pisau	Luka potong sampai dengan menyebabkan amputasi jika bersentuhan langsung dengan pisau pada saat mesin menyala, Kehilangan pendengaran akibat kebisingan tinggi.	3	3	9	Tinggi	
3	Pemotongan utama menggunakan *bandsaw*	Luka serius dari pisau, kebisingan ekstrem	Luka potong sampai dengan menyebabkan amputasi jika kontak langsung dengan pisau, Kehilangan pendengaran akibat kebisingan tinggi.	3	5	15	extreme	
4	Pemindahan hasil potongan	Cedera otot (angkat beban besar), terpleset	Cedera otot/tulang belakang, Terkilir atau keseleo.	2	3	6	sedang	

No	Aktivitas	Potensi Bahaya	Risiko Bahaya	Penilaian Risiko			*Risk Level*	*Risk Matrix*
				L	S	LxS		
5	Pembersihan area dari serbuk kayu	Terpleset, paparan debu dari kayu	Terkilir atau kesleo, gangguan pernafasan (batuk, sesak)	3	2	6	sedang	

4.2.2.3 *Risk Control*

Pada tahapan ini *Risk control* adalah suatu metode yang digunakan untuk mengatasi potensi bahaya yang ada di lingkungan kerja. Dalam penerapannya, pemilihan alat atau tindakan pengendalian harus mempertimbangkan apakah kontrol tersebut dapat diterapkan secara efektif dan memberikan manfaat bagi kondisi kerja di sekitarnya.

Tabel 4. 4 *Risk Control*

No	Aktivitas	Potensi Bahaya	Risiko Bahaya	*Risk Level*	Pengendalian Risiko	
					Risk Method	*Risk Controls*
1	Pemindahan kayu bulat ke jalur potong	Terjepit kayu bulat, Tertimpa kayu bulat saat pemindahan	Cedera serius pada tubuh seperti (patah tulang, memar).	Tinggi	*Engginering control, Personal Protective Equipment* (PPE/APD)	menggunakan alat bantu pemindahan kayu bulat (*chain conveyor*) atau forklif, APD lengkap (*helm*, sepatu *safety)*

No	Aktivitas	Potensi Bahaya	Risiko Bahaya	*Risk Level*	Pengendalian Risiko	
					Risk Method	***Risk Controls***
2	Penyesuaian posisi kayu bulat dimeja potong	Tangan terjepit, Tangan terkena mata pisau	Tangan terjepit dapat menyebabkan (patah tulang memar), Terkena mata pisau dapat menyebabkan (Luka terbuka, pendarahan serius)	Tinggi	*Engginering control, Personal Protective Equipment* (PPE/APD)	Pasang pelindung mata pisau (*guarding*), pelatihan K3, penggunaan sarung tangan anti potong *(cut-resistant gloves)*
3	Pemotongan utama menggunakan *bandsaw*	Luka serius dari pisau, kebisingan ekstrem	Luka potong sampai dengan menyebabkan amputasi jika bersentuhan langsung dengan pisau pada saat mesin menyala, Kehilangan pendengaran akibat kebisingan tinggi.	Extreme	*Engginering control, Administrative control, dan Personal Protective Equipment* (PPE/APD)	Gunakan pelindung pisau, *Earplug* standar SNI (≥NRR 25 dB) dan *Earmuff*, penggunaan sarung tangan anti potong *(cut-resistant gloves),* Pelahan K3
4	Pemindahan hasil potongan	Cedera otot (angkat beban besar), terpleset	Cedera otot/tulang belakang, Terkilir atau keseleo.	Sedang	*Administrative control, Personal Protective Equipment* (PPE/APD)	Pelatihan K3, sepatu *safety anti slip,* forklif

No	Aktivitas	Potensi Bahaya	Risiko Bahaya	*Risk Level*	Pengendalian Risiko	
					Risk Method	***Risk Controls***
5	Pembersihan area dari serbuk kayu	Terpleset, paparan debu dari kayu	Terkilir atau kesleo, gangguan pernafasan (batuk, sesak)	Sedang	*Personal Protective Equipment* (PPE/APD)	Menggunakan masker respirator P2/N95, sepatu *safety anti-slip*

4.2.3 FMEA *(Failure Mode and Effect Analysis)*

FMEA merupakan sebuah metode yang digunakan untuk mengurangi atau menghilangkan risiko kegagalan yang mungkin terjadi. Tujuan utama dari FMEA, yang masih relevan hingga saat ini, adalah untuk mencegah terjadinya kecelakaan kerja akibat masalah keselamatan serta insiden yang tidak diinginkan. Pendekatan FMEA menilai tingkat risiko kecelakaan kerja secara sistematis dengan menggunakan tiga parameter utama, yaitu:

4.2.3.1 *Severity (S)*

Severity adalah ukuran tingkat keparahan akibat dari kecelakaan kerja. Penelitian ini menggunakan standar *incident severity scale*, namun hanya menilai dampak berupa luka fisik yang mungkin terjadi (Mau, 2023). Skala *severity* dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4. 5 *Severity*

Tingkat	Dampak	Akibat Luka
10	Kehilangan nyawa dan merubah kehidupan	Kematian sejumlah orang (masal)
9		Kematian individu (seorang)
8		Perlu perawatan serius dan menimbulkan cacat permanen
7	Berdampak besar bagi individu sehingga tidak dapat lagi mengikuti aktivitas	Dirawat lebih dari 12 jam, kerungian besar
6		Dirawat lebih 12 jam
5	Dampak yang diterima sedang (hanya 1-2 hari tidak ikut dalam aktivitas)	Keram, kejang terkilir, peta ringan, luka gores, luka bakar ringan, kesleo ringan, melepuh, terpleset, tersengat panas
4		
3		
2	Tidak berdampak (individu tidak terdampak)	Memar, terisis ringan, sengatan matahari, sengatan serangga, terkena serpihan
1		

4.2.3.2 *Occurrence (O)*

Occurrence adalah seberapa sering penyebab kegagalan atau potensi kecelakaan kerja terjadi dalam suatu proyek. Frekuensinya diukur dengan skala dari 1 (sangat jarang) hingga 10 (sangat sering) (Mau, 2023). Skala *Occurrence* dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4. 6 *Occurrence*

Probabilitas Kejadian	Tingkat Kejadian	Nilai
Sangat tinggi dan tidak bisa dihindari	>1 in 2	10
	1 in 3	9
Tinggi dan sering terjadi	1 in 8	8
	1 in 20	7
Sedang dan sering terjadi	1 in 80	6
	1 in 400	5
Rendah dan relatif jarang terjadi	1 in 2.000	4
	1 in 15.000	3
Sangat rendah dan hampir tidak pernah terjadi	1 in 150.000	2
	1 in 1.500.000	1

4.2.3.3 *Detection (D)*

Detection adalah suatu cara untuk menilai seberapa besar kemampuan dalam mendeteksi atau mengendalikan kegagalan (potensi terjadinya kecelakaan kerja) (Mau, 2023). Tingkat kemampuan ini dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4. 7 *Detection*

Deteksi	Kemungkinan Terdeteksi	Rangking
Hampir tidak mungkin	Tidak ada alat pengontrol yang mampu mendeteksi	10
Sangat jarang	Alat pengontrol saat ini sangat sulit mendeteksi bentuk dan penyebab kegagalan sangat jarangan	9
Jarang	Kemampuan alat kontrol untuk mendeteksi penyebab sangat rendah	8
Sangat jarang		7
Rendah	Kemampuan alat kontrol untuk mendeteksi penyebab rendah	6
Sedang	Kemapuan alat kontrol untuk mendeteksi penyebab sedang	5

Agak tinggi	Kemampuan alat kontrol untuk mendeteksi penyebab sedang sampai tinggi	4
tinggi	Kemampuan alat kontrol untuk mendeteksi penyebab tinggi	3
Sangat tinggi	Kemampuan alat kontrol untuk mendeteksi penyebab sangat tinggi	2
Hampir pasti	Kemampuan alat kontrol untuk mendeteksi penyebab hampir pasti	1

Selanjutnya melakukan perhitungan *Risk Priority Number* (RPN) merupakan bagian penting dalam FMEA karena dari nilai RPN akan diketahui prioritas risiko yang termasuk risiko kritis. Nilai RPN dihitung dengan cara mengkalikan nilai *Severity, Occurrence*, dan *Detection.*

RPN: *Severity x Occurrence x Detection*

Kemudian menentukan skala *Risk Priority Number* (RPN) sesuai dengan tingkatan prioritas seperti pada tabel berikut ini:

Tabel 4. 8 *Risk Priority Number* (RPN)

Nilai RPN	**Kondisi**
RPN: 95-125	*Priority* pertama untuk dilakukan control proses
RPN: 61-94	*Priority* kedua untuk dilakukan control proses
RPN: 27-60	*Priority* ketiga untuk dilakukan control proses
RPN:1-26	Risiko yang masih dapat diterima berdasarkan kondisi pasti selama tidak ada perubahan pada parameter RPN

Berdasarkan pengukuran menggunakan parameter pada tabel diatas maka didapatkan hasil identifikasi risiko pada PT. Karya Mina Putra, sebagai berikut:

Tabel 4. 9 Identifikasi Risiko

No	Langkah pekerjaan/ prosesdur	*Efek Failure Mode*	S	Penyebab *Failure Mode*	O	Pendekteksian yang sudah dilakukan	D
1	Pemindahan kayu bulat ke jalur potong	Terjepit kayu bulat, Tertimpa kayu bulat saat pemindahan	5	- kayu bulat tidak diposisikan dengan benar - Tidak menggunakan alat bantu angkat - Area kerja tidak rapih	5	memakai alat bantu forklif	3
2	Penyesuaian posisi kayu bulat dimeja potong	Tangan terjepit, Tangan terkena mata pisau	5	- Kurangnya perhatian operator saat penyesuaian posisi kayu bulat - Tidak menggunakan alat bantu pendorong - Tidak ada pelindung mesin	6	Pengawasan, pelatihan operator	8
3	Pemotongan utama menggunakan *bandsaw*	Luka serius dari pisau, kebisingan ekstrem	6	- Tidak memakai APD (sarung tangan, *earplug*) - Tidak ada pelindung pisau	7	Pengawasan, pengecekan mesin	8
4	Pemindahan hasil potongan	Cedera otot (angkat beban besar), terpleset	4	- Beban terlalu berat tanpa alat bantu, Posisi angkat tidak ergonomis - Lantai kerja licin	5	Pengawasan, alat bantu forklif	3

No	Langkah pekerjaan/ prosesdur	*Efek Failure Mode*	S	Penyebab *Failure Mode*	O	Pendekteksian yang sudah dilakukan	D
5	Pembersihan area dari serbuk kayu	Terpleset, paparan debu dari kayu	4	- Serbuk kayu berserakan - Tidak memakai masker	4	Penggunaan masker	8

Tabel 4. 10 Perhitungan RPN

No	Langkah pekerjaan/ prosesdur	Penyebab *Failure Mode*	RPN
1	Terjepit kayu bulat, Tertimpa kayu bulat saat pemindahan	Cedera serius pada tubuh seperti (patah tulang, memar).	75
2	Tangan terjepit, Tangan terkena mata pisau	Tangan terjepit dapat menyebabkan (patah tulang memar), Terkena mata pisau dapat menyebabkan (Luka terbuka, pendarahan serius)	90
3	Luka serius dari pisau, kebisingan ekstrem	Luka potong sampai dengan menyebabkan amputasi jika bersentuhan langsung dengan pisau pada saat mesin menyala, Kehilangan pendengaran akibat kebisingan tinggi.	126
4	Cedera otot (angkat beban besar), terpleset	Cedera otot/tulang belakang, Terkilir atau keseleo.	60
5	Terpleset, paparan debu dari kayu	Terkilir atau kesleo, gangguan pernafasan (batuk, sesak)	48

Tabel 4. 11 Nilai S, O, D dan RPN

No	Potensi Bahaya	Potensi Risiko	S	O	D	RPN
1	Terjepit kayu bulat, Tertimpa kayu bulat saat pemindahan	Cedera serius pada tubuh seperti (patah tulang, memar).	5	5	3	75

No	Potensi Bahaya	Potensi Risiko	S	O	D	RPN
2	Tangan terjepit, Tangan terkena mata pisau	Tangan terjepit dapat menyebabkan (patah tulang memar), Terkena mata pisau dapat menyebabkan (Luka terbuka, pendarahan serius)	5	6	8	90
3	Luka serius dari pisau, kebisingan ekstrem	Luka potong sampai dengan menyebabkan amputasi jika bersentuhan langsung dengan pisau pada saat mesin menyala, Kehilangan pendengaran akibat kebisingan tinggi.	6	7	8	126
4	Cedera otot (angkat beban besar), terpleset	Cedera otot/tulang belakang, Terkilir atau keseleo.	4	5	3	60
5	Terpleset, paparan debu dari kayu	Terkilir atau kesleo, gangguan pernafasan (batuk, sesak)	4	4	8	48

Berdasarkan hasil analisis metode HIRARC dan FMEA, ditemukan bahwa aktivitas pemotongan kayu menggunakan mesin *bandsaw* termasuk dalam kategori risiko ekstrem, yang ditunjukkan oleh nilai *severity* dan *likelihood* yang tinggi pada HIRARC, serta nilai *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi pada FMEA. Penilaian FMEA ini disusun berdasarkan hasil diskusi dan wawancara dengan pihak divisi K3 untuk memastikan bahwa identifikasi dan penilaian risiko sesuai dengan kondisi lapangan. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengendalian

risiko lanjutan dengan meninjau kembali efektivitas alat pelindung diri (APD) serta sistem pengendalian yang selama ini digunakan.

BAB V

PEMBAHASAN

5.1 HIRARC (Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control)

5.1.2 Identifikasi Bahaya *(Hazard Identification)*

Pada penelitian yang dilakukan, terdapat proses *sawmill* di PT. Karya Mina Putra. Berdasarkan hasil pengolahan data yang diambil dengan cara observasi lapangan pada proses *sawmill* dan wawancara kepada divisi K3 dan karyawan yang bekerja pada proses *sawmill* menggunakan metode HIRARC (*Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control*), terdapat 5 (lima) aktivitas pekerjaan pada proses *sawmill* yaitu aktivitas pada proses *bandsaw* yaitu pemindahan kayu bulat ke jalur potong, penyesuaian posisi kayu bulat dimeja potong, pemotongan utama menggunakan *bandsaw*, pemindahan hasil potongan, pembersihan area dari serbuk kayu. Dengan masing-masing potensi bahaya yaitu terjepit kayu bulat, tertimpa kayu bulat saat pemindahan, tangan terjepit, tangan terkena mata pisau, luka serius dari pisau, kebisingan ekstrem, cedera otot (angkat beban besar), terpleset, paparan debu dari kayu.

5.1.3 Penilaian Risiko *(Risk Assessment)*

Setelah mengidentifikasi potensi bahaya, tahap selanjutnya adalah melakukan penilaian risiko dengan cara mengalikan nilai *likehood* (L) dan *severity* (S). Nilai *likelihood* (L) didapatkan dari seberapa sering kemungkinan potensi bahaya terjadi, sedangkan nilai *severity* (S) didapatkan dari tingkat keparahan dari terjadinya potensi bahaya tersebut. Penilaian risiko ini berdasarkan potensi bahaya risiko dari tiap masing-masing aktivitas pekerjaan yang terdapat di *bandsaw*. Proses ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui *risk level* dari terjadinya potensi bahaya tersebut dengan 4 kategori, yaitu *low*, *moderate*, *high*, dan *extreme* kemudian didapatkan *risk matrix* (peta risiko) sebagai berikut.

Tabel 5. 1 *Risk Assesment*

Likehood	***Severity***				
	1	**2**	**3**	**4**	**5**
5					
4					

3		Terpleset, paparan debu kayu	Terjepit kayu bulat, tertimpa kayu bulat saat pemindahan, tangan terjepit, tangan terkena mata pisau	Luka serius dari pisau, kebisingan ekstrem
2			Cedera otot (angkat beban besar), terpleset	
1				

Pada tabel diatas dapat dilihat bahwa terdapat 10 potensi bahaya dari 5 aktivitas pekerjaan yang terdapat pada proses *sawmill* yaitu pada proses *bandsaw* di PT. Karya Mina Putra. Potensi bahaya yang memiliki kategori level risiko ekstrem (*extreme*) ada 1 yaitu pada pemotongan utama menggunakan *bandsaw*. Untuk potensi bahaya yang memiliki kategori level risiko tinggi (*high*) ada 2 yaitu pada pemindahan kayu bulat ke jalur potong dan pada aktivitas penyesuaian posisi kayu bulat dimeja potong. untuk potensi bahaya yang memiliki level risiko sedang (*moderate*) ada 2, yaitu pada pemindahan hasil potongan dan pembersihan diarea hasil serbuk kayu. rendah (*low*) yaitu tidak terjadi.

5.1.4 Pengendalian Risiko *(Risk Control)*

Setelah dilakukan penilaian risiko, maka tahap selanjutnya yaitu pengendalian risiko (*risk controls*) dimana tahap ini dilakukan dengan tujuan untuk meminimalisir risiko berdasarkan susunan *hierarchy of controls risk*, yaitu *elimination*, *substitution*, *engineering controls*, *administrative controls*, dan PPE atau APD. Pada penelitian ini terdapat 1 potensi bahaya *extreme* yang dilakukan tiga pengendalian risiko berupa *Engginering control, Administrative control, Personal Protective Equipment* (PPE/APD) yaitu pada pemotongan utama menggunakan *bandsaw*. Kemudian untuk pengendalian risiko yang berupa *engginering control* yaitu pada potensi bahaya luka serius dari pisau potong. Sedangkan pengendalian risiko dalam bentuk *Personal Protective Equipment* (PPE/APD) yaitu terdapat pada potensi bahaya kebisingan dan luka serius dari pisau, dan pengendalian risiko dalam bentuk *Administrative control* yaitu pelatihan K3. Untuk itu, dilakukan evaluasi terhadap efektivitas pengendalian yang telah diterapkan. Ditemukan bahwa beberapa alat pelindung diri (APD) yang digunakan sebelumnya tidak mampu memberikan perlindungan optimal. Maka disusunlah usulan alat kontrol baru yang dirancang lebih sesuai dengan karakteristik bahaya pada proses *sawmill* yaitu pada *bandsaw*.

Rekomendasi usulan pengendalian risiko terhadap potensi bahaya yang diberikan yaitu hanya untuk potensi bahaya yang memiliki kategori level risiko ekstrem. Seperti yang sudah dijelaskan pada poin sebelumnya, terdapat satu potensi bahaya yang memiliki kategoti level ekstrem seperti yang terlihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 5. 2 Penilaian Risiko Eksrem

No	Aktivitas	Potensi Bahaya	Risiko Bahaya	Penilaian Risiko			*Risk Level*	*Risk Matrix*
				L	S	L x S		
1.	Pemotongan utama mnggunakan *bandsaw*	Luka serius dari pisau dan kebisingan eksrem	Luka potong sampai dengan menyebabkan amputasi jika bersentuhan langsung dengan pisau pada saat mesin menyala, Kehilangan pendengaran akibat kebisingan tinggi.	3	5	15	*Extreme*	

Berdasarkan tabel diatas, berikut merupakan rekomendasi usulan yang diberikan dari potensi bahaya eksrem pada pemotongan utama menggunakan *bandsaw*, rekomendasi usulan tersebut yaitu

1. *Engginering Control*

   Pengendalian pada *engineering control* yaitu dilakukan dengan pendekatan pokayoke.

2. *Administrative Control*

   Menerapkan SOP yang ketat untuk penggunaan *bandsaw*, Jadwalkan untuk pergantian operator agar paparan kebisingan tinggi tidak terlalu lama untuk satu operator, melakukan pelatihan K3 rutin bagi operator (termasuk penggunaan APD dan penaganan darurat).

3. *Personal Protective Equipment* (PPE/APD)

Menggunakan sarung tangan anti potong *(cut-resistant gloves)* pada saat bekerja, menggunakan pelindung telinga seperti *earplug* standar SNI (≥NRR 25 dB) dan *earmuff*. Dimana sesuai dengan undang-undang Per.08/men/vii/2010 Tahun 2010 Tentang Alat Pelindung Diri(Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia,, 2010)

Berdasarkan hasil identifikasi dan penilaian risiko menggunakan metode HIRARC, disusun strategi pengendalian risiko baru yang difokuskan pada aktivitas dengan kategori risiko ekstrem. Usulan pengendalian ini mempertimbangkan hirarki pengendalian risiko dan mengutamakan pengendalian teknis (*engineering control*), *administrative control*, serta penggunaan APD yang lebih tepat. Alat pengendalian yang lama terbukti tidak cukup efektif. Berikut merupakan perbandingan alat kontrol lama dan usulan baru:

Tabel 5. 3 Perbandingan alat kontrol lama dan usulan baru (APD)

Aktivitas	Alat kontrol lama	Alat kontrol baru	Alasan perubahan
Pemotongan utama menggunakan *bandsaw*	Sarung tangan kain	Sarung tangan tahan potong (*cut-resistant gloves*)	Sarung tangan kain tidak mampu menahan gesekan/pisau. *Cut-resistant gloves* sesuai standar EN 388 (Riza Firmansyah et al., 2020)
	Tidak menggunakan *earplug*	*Earplug* standar SNI (≥NRR 25 dB) dan *earmuff*	Melindungi pendengaran dari kebisingan mesin, menurut (skurr,1984) dalam jurnal(Mochamad Ridwan Hidayat, et.al, n.d.)

5.2 FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*)

5.2.2 Analisis *Risk Priority Number*

Dalam memberikan penilaian mengenai nilai *Risk priority number* dilakukan dengan wawancara kepada pihak yang dianggap *expert* oleh peneliti yaitu terdiri dari divisi K3. Berdasarkan perhitungan *Risk priority number* (RPN) pada tabel 4.9 aktivitas pada pemotongan utama menggunakan *bandsaw* teridentifikasi berpotensi bahaya. Berdasarkan tabel 4.9 dapat

diketahui bahwa jika *risk event* dengan nilai RPN melebihi nilai kritis RPN 95-125 yaitu sebesar 126 ditemukan pada aktivitas pemotongan utama menggunakan *bandsaw*.

5.2.3 Mitigasi *Risk Priority*

Berdasarkan tabel 4.9 kategori RPN tinggi dengan nilai RPN sebesar 126 terdapat pada aktivitas pemotongan utama menggunakan *bandsaw* yang menyebabkan luka serius dari pisau, kebisingan ekstrem, sehingga diperlukan pengendalian yaitu dengan penerapan *pokayoke*.

5.2.3.1 Pokayoke

Poka yoke berasal dari bahasa jepang yang artinya adalah mencegah kesalahan yang dikarenakan oleh kelalaian oleh tenaga manusia. Berdasarkan konsep poka yoke, sifat alami manusia adalah pelupa dan cenderung melakukan kesalahan, terutama yang sering muncul ditempat kerja, dimana pekerja biasanya menjadi pihak yang disalahkan (Dave, 2015). Salah satu metode untuk mengurangi atau mengihindari kesalahan yang berasal dari manusia atau *human error* adalah dengan menggunakan Poka Yoke. Berikut adalah beberapa usulan pengendalian menggunakan pendekatan pokayoke.

1. *Interlock servis (maintenance interlock sensor)*
    - Memasang *sensor interlock* pada penutup pelindung mesin (cover/*safety guard*), sensor tersebut akan memutuskan aliran listrik ke motor saat penutup dibuka pada saat servis mesin. Mesin tidak akan bisa dinyalakan kembali sebelum penutup dipasang dan dikunci dengan benar. Mekanisme ini untuk memastikan bahwa perawatan hanya dapat dilakukan dalam kondisi benar-benar aman, serta mencegah mesin beroperasi saat bagian tubuh teknisi masih berada diarea berbahaya.
    - Tujuannya yaitu mencegah kecelakaan kerja akibat mesin tiba-tiba menyala saat diservis.
2. *Lock Out Tag Out (LOTO)*
    - Menyediakan sistem penguncian dan pelebelan (LOTO) pada mesin *bandsaw*. Teknisi yang melakukan servis akan memasang gembok pribadi dan label peringatan sehingga tidak ada orang lain yang bisa menyalakan mesin selama proses servis berlangsung.
    - Tujuannya mencegah *human eror* dari operator lain saat mesin sedang diservis
3. *Visual Aids*
    - Pemasangan stiker bertuliskan “jangan dinyalakan saat diservis” diarea kerja
    - Tujuannya untuk memberikan peringatan visual yang langsung terlihat untuk mencegah salah paham atau kelalaian antar pekerja

4. APD *Compliance Sensor System*
    - Mengusulkan pemasangan sensor otomatis pada area masuk ke ruang produksi untuk memastikan pekerja telah menggunakan APD atau belum, sistem bisa menggunakan sensor visual (kamera AI) atau *proximity detector* yang terhubung kesistem. Jika APD tidak terdeteksi, maka:

      “pintu otomatis tidak akan terbuka” atau “mesin tidak bisa diaktifkan”
    - Tujuannya yaitu meningkatkan kepatuhan pekerja terhadap aturan K3 tanpa pengawasan manual, dan mengurangi potensi kecelakaan akibat tidak menggunakan APD.
5. *Know-How Prosedure*

    Menyusun SOP perawatan mesin:
    - “Penggunaan LOTO”
    - “Pengechekan sensor *interlock*”

      Tujuannya yaitu untuk meningkatkan disiplin pemahaman teknik keselamatan saat perawatan mesin.

5.3 Analisis *Cost Benefit*

Setelah dilakukan identifikasi dan evaluasi risiko, aktivitas utama yaitu pemotongan kayu menggunakan mesin *bandsaw* teridentifikasi sebagai aktivitas dengan tingkat risiko ekstrem. Potensi kecelakaan yang mungkin terjadi antara lain luka serius, amputasi, hingga gangguan pendengaran akibat paparan kebisingan mesin. Oleh karena itu, tindakan pengendalian risiko yang efektif sangat diperlukan untuk mencegah kerugian lebih lanjut.

Berdasarkan wawancara dari pihak perusahaan, PT. Karya Mina Putra mengalami kerugian finansial akibat kecelakaan kerja di area pengolahan kayu selama dua tahun terakhir. Kerugian ini mencakup biaya pengobatan akibat kecelakaan. Setelah dilakukan analisis menggunakan HIRARC dan FMEA, aktivitas dengan mesin *bandsaw* ditetapkan sebagai prioritas utama untuk dikendalikan. Berikut ini merupakan perbandingan antara alat kontrol lama dan usulan baru yang direkomendasikan.

Tabel 5. *4 Cost Benefit*

No	Komponen	Alat kontrol lama	Usulan Baru	Harga satuan (Rp)	Jumlah Pekerja	Total Biaya (Rp)
1	Sarung tangan	Sarung tangan kain biasa	Sarung tangan anti potong	80.000	10	800.000

			(*Cut-resistant gloves*)			
2	Pelindung telinga	Tidak digunakan	*Earplug* standar SNI (≥NRR 25 dB)	30.000	10	300.000
			earmuff	60.000	10	600.000
Total Investasi						Rp. 1.700.000

Jika dibandingkan dengan total kerugian akibat kecelakaan kerja sebelumnya, maka biaya investasi awal sebesar Rp 1.700.000 untuk pembelian APD yang sesuai untuk digunakan pada pemotongan utama menggunakan *bandsaw*. Selain mempertimbangkan aspek biaya langsung sepeti pengadaan APD dan pengobatan akibat kecelakaan kerja, analisis *cost-benefit* juga perlu melihat efektivitas sistem pengendalian risiko secara menyeluruh, khususnya melalui implementasi *standar operasional prosedur* (SOP). Berdasarkan hasil wawancara dengan divisi K3, perusahaan telah memiliki SOP yang mengatur kewajiban penggunaan APD sebelum memasuki area kerja *sawmill*. SOP tersebut mencakup kewajiban mengenakan sarung tangan, sepatu *safety*, helm, serta masker yang sesuai dengan potensi bahaya yang dihadapi dalam proses pemotongan sampai penghalusan kayu. Adanya SOP ini menjadi bagian wajib dalam pendekatam sistematis terhadap keselamatan kerja. Dengan begitu, biaya K3 tidak hanya dihitung dari sisi nominal, tetapi juga diukur dari peningkatan kedisiplinan kerja. Maka perusahaan berpeluang untuk mengurangi potensi kerugian jangka panjang dan sekaligus meningkatkan efisiensi kerja secara keseluruhan.

Selain manfaat dalam aspek finansial, penerapan pengendalian risiko ini juga memberikan dampak positif lainnya, antara lain:

- Mengurangi jumlah kecelakaan kerja secara signifikan dengan menerapkan penggunaan APD dan SOP
- Meningkatkan perlindungan terhadap tenaga kerja dalam menjalankan aktivitas berisiko tinggi
- Meminimalkan gangguan operasional akibat kecelakaan yang menyebabkan absensi atau penurunan produktivitas.
- Memastikan perusahaan tetap mematuhi ketentuan regulasi K3, khususnya yang tercantum dalam Permenaker No. 08 Tahun 2010 mengenai penggunaan alat pelindung diri (APD) (Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia, 2010).

BAB VI
PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan proses pengolahan hingga analisi data, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil pengkategorian level risiko pada *risk assessment* dari potensi bahaya yang terjadi pada proses *sawmill* di PT. Karya Mina Putra yaitu terdapat Potensi bahaya yang memiliki kategori level risiko ekstrem (*extreme*) ada 1 yaitu pada pemotongan utama menggunakan *bandsaw*. Untuk potensi bahaya yang memiliki kategori level risiko tinggi (*high*) ada 2 yaitu pada pemindahan kayu bulat ke jalur potong dan pada aktivitas penyesuaian posisi kayu bulat dimeja potong. untuk potensi bahaya yang memiliki level risiko sedang (*moderate*) ada 2, yaitu pada pemindahan hasil potongan dan pembersihan diarea hasil serbuk kayu. rendah (*low*) yaitu tidak terjadi.
2. Berdasarkan hasil identifikasi bahaya, penilaian risiko (HIRARC), dan analisis FMEA pada proses *sawmill* di PT. Karya Mina Putra, dapat disimpulkan bahwa terdapat beberapa faktor utama penyebab kecelakaan kerja yaitu tidak menggunakan APD, tidak adanya pemeriksaan mesin secara berkala, kurang pelatihan keselamatan kerja dan kepatuhan SOP, lingkungan kerja yang tidak tertata dengan baik.
3. Rekomendasi usulan penegndalian risiko yang dapat diberikan pada potensi bahaya yang ekstrem yaitu pada kegiatan pemotongan utama menggunakan *bandsaw* di PT. Karya Mina Putra yaitu untuk mengatasi risiko tinggi yang terkait dengan aktivitas pemotongan utama menggunakan *bandsaw*, diterapkan tiga jenis kontrol utama, yaitu *engginering control, administrative control,* dan pemakaian alat pelindung diri (APD). *Engginering control* dilakukan dengan penerapan pokayoke yaitu "*Interlock servis*", "*Lock Out Tag Out* (LOTO)", "*Visual Ais*", "APD *compliance sensor system*", "*Know-How Prosedure*".

6.2 Saran

Berdasarkan dengan penelitian adapun saran yang dari peneliti yang dapat diberikan berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Diperlukan langkah-langkah lanjutan dari pihak perusahaan terkait dengan risiko berbahaya yang tergolong sangat tinggi agar dapat mengurangi kemungkinan terjadinya bahaya tersebut dan menuju status perusahaan yang *zero accident*.
2. Perusahaan disarankan untuk mempertimbangkan saran yang tercantum dalam penelitian ini sebagai referensi dalam proses pengambilan keputusan, terutama mengenai keselamatan dan kesehatan di tempat kerja.

DAFTAR PUSTAKA

A Tanisri, R. H., & Siregar, D. (2022). Pengendalian Bahaya dan Risiko K3 Menggunakan Metode HIRADC dan FTA Pada Industri Kerupuk. In *Journal of Industrial and Engineering System* (Vol. 3, Issue 2).

Ajslev, J. Z. N., Møller, J. L., Andersen, M. F., Pirzadeh, P., & Lingard, H. (2022). *The Hierarchy of Controls as an Approach to Visualize the Impact of Occupational Safety and Health Coordination. International Journal of Environmental Research and Public Health*, *19*(5). https://doi.org/10.3390/ijerph19052731

Alamsyah, C. W., Walujodjati, E., & Rahadian, S. P. (2021). Manajemen Risiko K3 Pekerjaan Jalan Tol Cisumdawu Phase III. http://jurnal.itg.ac.id/

Anityasari, M., Loverinca Millenia, V., Akbar, R. A., Yuanus, F., & Suef, M. (2025). *Designing Government Owned Facilities for Heavy Vehicles and Equipments using BLOCPLAN Algorithm, HIRARC Analysis, and Arena Simulation*. In Tekmapro: *Journal of Industrial Engineering and Management* (Vol. 20, Issue 1).

Asri Marwa Syabana, M. B. (2022). Analisis Risiko Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) Menggunakan Metode *Hazard Identification, Risk Assessment and Risk Control* (HIRARC) di PT. Bintang Timur Samudera. In J. Semintan (Vol. 1, Issue 1). https://ejurnal.itats.ac.id/semitan

Bagus, D., & Basuki, G. (2024). *Analysis of Potential Hazards in the Production Process of Railway Passenger Benches Using Hazard Identification*. *Risk Assessment and Risk Control*, 45. https://doi.org/10.31284/j.jtm.2025.v6i1.6642

Cahya Maulana, F., & Haryono, D. S. (2024). Analisis Pengendalian Risiko Kecelakaan Kerja di Kilang dan Unit Utilitas PPSDM Migas Cepu. Majalah Ilmiah Swara Patra, 14(1), 13–20. https://doi.org/10.37525/sp/2024-1/492

Chantya Wulan Pamungkas, l. a. n. l. n. k. m. p. a. d. o. r. (2024). Analisis Risiko Mesin Bubut di Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya Menggunakan Metode Hirarc. *Jurnal Sains Student Research*.

Chen, Y., Sun, Z., Hou, Y., Gao, D., & Li, Z. (2022). *Hazard identification & risk control in aluminum production*. *Process Safety and Environmental Protection*, *165*, 336–346. https://doi.org/10.1016/j.psep.2022.07.017

Dian Safhira Firdaus AK1), L. W. A. (2023). Implementasi Risiko Kecelakaan Kerja pada Proses Produksi Makanan Ringan Dengan Menggunakan Metode hirarc, hazop, dan fmea (Studi Kasuspada PT. Indofood Fortuna Makmur). Jurnal Mitra Teknik Industri.

Dzikruloh, M., Vitasari, P., Haryanto, S., & Studi Teknik Industri S-, P. (2023). Pengendalian Risiko Kecelakaan Kerja Dengan Pendekatan *Job Safety Analysis* Pada Pabrik Kayu Palet di Kebotohan. Jurnal Mahasiswa Teknik Industri), *6*(2).

Firmansyah, B. D., Fitra, A., & Listyanto, R. E. (2025). Analisis Pengendalian Kualitas pada Proses Produksi dengan Menggunakan Metode Fmea (*Failure Mode and Effect Analysis*) di PT XYZ. *Journal Scientific of Mandalika (Jsm)*.

Fithri, P., Nofriyanti, Hasan, A., & Kurnia, I. (2020). *Risk Analysis for Occupational Safety and Health in Manufacturing Company Using FMEA and FTA Methods: A Case Study*. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, *1003*(1). https://doi.org/10.1088/1757-899X/1003/1/012073

Fitri, R. A., & Efelina, V. (2021). Analisis *Frequency Rate* dan *Severity Rate* dalam Kecelakaan Kerja di PT XYZ. Go-Integratif: Jurnal Teknik Sistem Dan Industri, *2*(2), 102–111. https://doi.org/10.35261/gijtsi.v2i2.5644

Hakim, A. (2023). Analisis Penyebab Defect Kabinet Fall Board Menggunakan Pendekatan *Analytical Hierarcy Process* (AHP) dan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) (Studi Kasus: Section Press Edge PPR, PT. Yamaha Indonesia). Universitas Islam Indonesia.

Hossain, M. Z., Purnima, F. H., & Sohana, F. (2025). A Cost-Benefit Analysis of Sustainable Human Resource Management Practices: Evaluating the Impact on HRM Effectiveness and Organizational Performance. *European Journal of Management, Economics and Business*, *2*(3), 49–63. https://doi.org/10.59324/ejmeb.2025.2(3).05

Jainul, M., Lubis, A., Sihombing, G., Bayu, A., Yanto, H., Industri, T., Bina, U., & Informatika, S. (2024). Analisis Resiko Kecelakaan Kerja Menggunakan Metode Hirarc Pada PT. Telkom Indonesia Jakarta Utara. In *IMTechno: Journal of Industrial Management and Technology* (Vol. 5, Issue 1). http://jurnal.bsi.ac.id/index.php/imtechno

Janius, R., Abdan, K., & Zulkaflli, Z. A. (2017). Development of a disaster action plan for hospitals in Malaysia pertaining to critical engineering infrastructure risk analysis. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, *21*, 168–175. https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2016.12.002

Kardos, P., Lahuta, P., & Hudakova, M. (2021). Risk Assessment Using the FMEA method in the Organization of Running Events. *Transportation Research Procedia*, *55*, 1538–1546. https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.07.143

Khairani, T. S., & Amalia, R. (2023). Potential Risk of Work Accident in The Production Process of Gudeg Chicken using The Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) Method. *Agroindustrial Journal*, *9*(1), 32. https://doi.org/10.22146/aij.v9i1.84164

Kurniawan, D., Risiko, A., Keselamatan, B., Kesehatan, D., Dengan, K., Metode, M., Dan, H., Pada, F., Finishing, P., Yogyakarta, U. T., & Glagahsarino, J. (2023). Analisisis Risiko Bahaya Keselamatan Dan Kesehatan Kerja Dengan Menggunakan Metode Hirarc Dan Fmea Pada Proses Finishing. *Jurnal Rekayasa Proses Dan Industri Terapan*, *1*(3).

Labib, D., & Ayudyah Eka Apsari. (2024). Analisis Risiko Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) Menggunakan Metode Failure Metode and Effect Analysis (FMEA) dan Fault Tree Analysis (FTA). *Jurnal Ilmiah Teknik Industri Dan Inovasi*, *2*(1), 45–64. https://doi.org/10.59024/jisi.v2i1.599

Li, H., Miao, H., Chen, L., Su, Q. Z., Liu, Z., Xie, C., Liang, J., Wu, S., Cui, A. Q., Xu, C., Dong, B., Li, D., Chen, S., Zhong, H. N., & Zheng, J. (2024). Characterization, hazard identification, and risk assessment of volatile organic compounds in Poly (butylene adipate-co-terephthalate)-based food contact articles. *Food and Chemical Toxicology*, *190*. https://doi.org/10.1016/j.fct.2024.114808

Liandar, S., Putra, A. B., & Prahara, E. (2023). Hazard and Risk Analysis of Driven Pile Foundation Works Using HIRARC Method. *E3S Web of Conferences*, *388*. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202338801004

Mau, C. A. (2023). Identifikasi Bahaya, Penilaian dan Pengendalian Risiko Menggunakan Metode Hirarc dan Fmea di PT. Surya Karya Setiabudi, Yogyakarta. *Sinlimatek.*

Mohandes, S. R., Karasan, A., Gündoğdu, F. K., Singh, A. K., Mahdiyar, A., Poor Sabet, P. G., & Zayed, T. (2025). Occupational safety and health risk assessment during maintenance stage of construction projects: A multi-pronged fuzzy-based approach. *Expert Systems with Applications*, *280*. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2025.127522

Muhdi, Rifai, Harahap, R. D., & Hanafiah, D. S. (2021). The effect of occupational health and safety to employee performance in the sawmills industries in Langkat, North Sumatra,

Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *912*(1). https://doi.org/10.1088/1755-1315/912/1/012037

Nurul Amalia, E., Noor Tianisa, B., Lia Nursucilowati, L., Ditra Rizallihadi, M., Heru Mahartiko, A., Aliya Sabriyanti, F., Febrianti, A., Pare Sanda, D., Fakrul Nizam, M., Widowati, E., & Nur Laila Sulistyani, U. (2024). Identification of Occupational Safety and Health Hazards at Paint and Welding Workshop using the HIRARC Method. *Journal of Safety Education*, *2*, 28–42. https://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/jse

Pramudya, I., Andesta, D., & Gresik, U. M. (2022). Safety Application and Health Work (K3) at Department of cnc Lathe Using Hazard Identification Risk Assesment and Risk Control (HIRARC) Method (Case Study of PT. Swadaya Graha). In *Journal of Applied Engineering and Technological Science* (Vol. 4, Issue 1).

Putri, E. Y., & Hasibuan, S. (2022). *Implementation of Risk Control Hazards Identification using PDCA Method to Reduce Potential Work Accidents at Tissue Company*.

Rahmadaniel Yasmi, M., Amrullah, E., & Rian Zeva, R. (2024). Implementasi Metode Hira dan Hazop Untuk Meminimalisir Potensi Bahaya Kesehatan dan Keselamatan Kerja Pada Industri Furnitur. In *Jurnal Teknik Industri* (Vol. 19, Issue 1).

Republik Indonesia. (2010). *Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia*.

Riza Firmansyah, Y., Tristanti Puspitasari, S., Ilmu Kesehatan Masyarakat, J., & Ilmu Keolahragaan, F. (2020). Pengaruh Pemberian Sarung Tangan Kerja Terhadap Produktivitas pada Pekerja (Studi Kasus di Restoran). *Sport Science and Health |*, *2*(11), 2020. http://journal2.um.ac.id/index.php/jfik/indexhttp://fik.um.ac.id/

Rizal, M., Jufriyanto, M., & Rizqi, A. W. (2022). Analisis Risiko Kecelakaan Kerja Dengan Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) (Studi Kasus: Pekerja Project Economizer, Tangki Scrubber dan Draiyer di Bengkel Fabrikasi PT. Petrokimia Gresik). *Jurnal Sains, Teknologi Dan Industri*, *20*(1), 156–165.

Saraswati, N. N., Juliastuti, Haripriambodo, T., & Kesuma, L. M. (2023). The analysis of cofferdam construction based on risk assessment using HIRARC and FMEA methods. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *1169*(1). https://doi.org/10.1088/1755-1315/1169/1/012023

Adi Rusdi Widyaa, S. K. (2024). Analisis Pengendalian Risiko K3 dalam Proses Produksi Pembuatan Stator Dengan Metode Hazard Identification Risk Assesment Control (HIRARC) di Perusahaan Pembuat Komponen Otomotif. *Konsorsium Seminar Nasional Waluyo Jatmiko*, 69–81. https://doi.org/10.33005/wj.v17i1.113

Sukwika, T., & Pranata, H. D. (2022). Analisis Keselamatan dan Kesehatan Kerja Bidang Freight Forwader Menggunakan Metode HIRADC. *Jurnal Teknik*, *20*(1), 1–13. https://doi.org/10.37031/jt.v20i1.182

Sumberdaya Bumi Berkelanjutan, J., Marwa Syabana, A., & Basuki Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya, M. (2022). Analisis Risiko Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) Menggunakan Metode Hazard Identification, Risk Assessment and Risk Control (HIRARC) di PT. Bintang Timur Samudera. In *J. SEMITAN* (Vol. 1, Issue 1). https://ejurnal.itats.ac.id/semitan

Tiara Puspitasari, H. K. (2020). Potensi Bahaya dan Penilaian Risiko Menggunakan Metode HIRARC Info Artikel. *Higeia Journal of Public Healtsh Research and Development*. https://doi.org/10.15294/higeia/v4i1/32269

Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 1 Tahun 1970 Tentang Keselamatan Kerja, 1(1970). https://peraturan.bpk.go.id/Download/36609/UU%20Nomor%201%20Tahun%201970.pdf

Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 3 Tahun 1992 Tentang Jaminan Sosial Tenaga Kerja, Pub. L. No. 3, 3 (1992). https://peraturan.bpk.go.id/Download/35313/UU%20Nomor%203%20Tahun%201992.pdf

Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 14 Tahun 1969 Tentang Ketentuan-Ketentuan Pokok Mengenai Tenaga Kerja, Pub. L. No. 14, 14 (1969). https://peraturan.bpk.go.id/Download/38388/UU%20Nomor%2014%20Tahun%201969.pdf

Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 23 Tahun 1992 Tentang Kesehatan, Pub. L. No.23,23(1992). https://peraturan.bpk.go.id/Download/35354/UU%20Nomor%2023%20Tahun%201992.pdf

Wahyudin, & Sofiyanurriyanti. (2023). *Identification Of Potential Hazards In Palm Oil Companies In The Sterilizer Section Using The HIRARC Method*. *21*(1), 145–157.

Wati, S., & Andung Jati Nugroho. (2023). Analisis Resiko Kecelakaan Kerja Dengan Metode Hazard Identification Risk Assessment & Risk Control (HIRARC). *Jurnal Penelitian Rumpun Ilmu Teknik*, *2*(3), 227–244. https://doi.org/10.55606/juprit.v2i3.2256

Widi Astuti, S., Dhisa Alfariji, M., & Prativi, A. (2022). *Efforts to Prevent Work Accidents With The Failure Mode and Effect Analaysis* (FMEA) Method. *Journal of World Science*. https://doi.org/10.47701/jws.v1i11.145

Yanti Nababan, N., Faizal, A., Edgar Jatnika, M., & Teknik, F. (2020). Usulan Perbaikan Defect Pada Sablon Plastik Menggunakan Metode Poka Yoke di CV. Bayor PRINT 69. In *Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi Terapan* (Vol. 6, Issue 2).

Zheng, Q., Tang, J., Wang, W., Deveci, M., & Mardani, A. (2024). Analyzing the risk of the ammonia storage facility using extended FMEA model based on probabilistic linguistic GLDS method with consensus reaching. *International Journal of Hydrogen Energy*, *62*, 1231–1244. https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2024.03.103