

**INTEGRASI METODE *FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS* (FMEA) DAN
ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS (AHP) UNTUK MENGIDENTIFIKASI FAKTOR
RISIKO KECELAKAAN KERJA DI STASIUN GILINGAN PT MADUBARU (PG – PS)
MADUKISMO**

TUGAS AKHIR

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



Nama : Muhammad Altariza Naswadya Rama

No. Mahasiswa : 21522076

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

2026

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi berjudul “Integrasi Metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan *Analytical Hierarchy Process* (AHP) untuk Mengidentifikasi Faktor Risiko Kecelakaan Kerja serta Usulan Perbaikan di Stasiun Gilingan PT Madubaru (PG – PS) Madukismo”, merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Semua sumber data, kutipan, dan ringkasan yang digunakan dalam penelitian ini telah saya sebutkan dan rujuk sesuai dengan ketentuan yang berlaku. Kemudian apabila dikemudian hari terbukti bahwa pernyataan ini tidak benar dan terdapat pelanggaran terhadap ketentuan akademik dan peraturan yang berlaku, maka saya bersedia menerima konsekuensi, termasuk ijazah yang telah saya terima ditarik kembali oleh Universitas Islam Indonesia.

Yogyakarta, 22 Februari 2026



(Muhammad Altariza Naswadya Rama)

21522076

SURAT BUKTI PENELITIAN



FAKULTAS
TEKNOLOGI INDUSTRI

Gedung KH. Mas Mansur
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 898444 ext. 4110, 4100
F. (0274) 895007
E. fti@uii.ac.id
W. fti.uii.ac.id

Nomor : 03/Ka.Lab DSK&E/70/Lab. DSK&E/I/2026

Hal : **Surat Keterangan Penelitian**

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Kami yang bertanda tangan di bawah ini Kepala Laboratorium Desain Sistem Kerja dan Ergonomi (DSK&E), Program Studi Teknik Industri Universitas Islam Indonesia, dengan ini ingin memberitahukan bahwa mahasiswa di bawah telah melakukan penelitian di Laboratorium DSK&E.

Nama Peneliti : Muhammad Altariza Naswadya Rama
NIM : 21522076
Program Studi : Teknik Industri-FTI-UII
Tempat Penelitian : 1. PT Madubaru (PG - PS) Madukismo
2. Laboratorium Desain Sistem Kerja & Ergonomi
Waktu Penelitian : 1 November - 23 Desember 2025
Judul Penelitian : Integrasi Metode *Failure Mode Effect Analysis* (FMEA) dan *Analytical Hierarchy Process* (AHP) untuk Mengidentifikasi Faktor Risiko Kecelakaan Kerja serta Usulan Perbaikan di Stasiun Gilingan PT Madubaru (PG - PS) Madukismo
Dosen pembimbing : Atyanti Dyah Prabaswari, S.T., M.Sc.

Demikian surat keterangan ini kami buat, agar dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

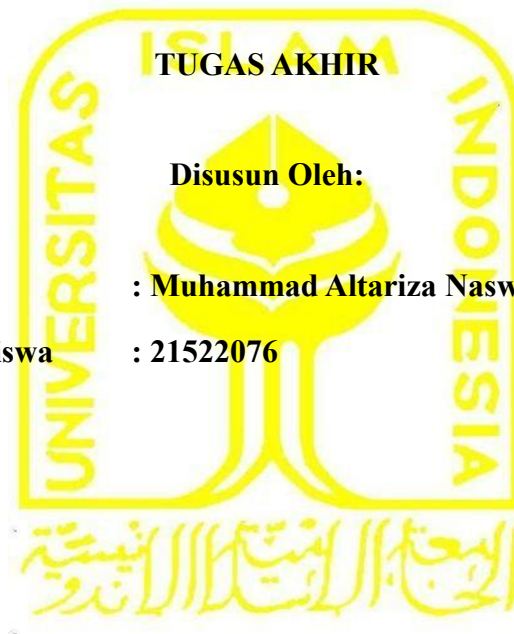
Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Yogyakarta, 27 Januari 2026
Kepala Laboratorium DSK&E,

Chancard Basumerda, S.T., M.Sc.

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

**INTEGRASI METODE *FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS* (FMEA) DAN
ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS (AHP) UNTUK MENGIDENTIFIKASI FAKTOR
RISIKO KECELAKAAN KERJA SERTA USULAN PERBAIKAN
DI STASIUN GILINGAN PT MADUBARU (PG - PS) MADUKISMO**



Disusun Oleh:
Nama : Muhammad Altariza Naswadya Rama
No. Mahasiswa : 21522076

Yogyakarta, 22 Februari 2026

Dosen Pembimbing

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Atyanti'.

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

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI
INTEGRASI METODE *FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS* (FMEA) DAN
***ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS* (AHP) UNTUK MENGIDENTIFIKASI FAKTOR**
RISIKO KECELAKAAN KERJA SERTA USULAN PERBAIKAN
DI STASIUN GILINGAN PT MADUBARU (PG - PS) MADUKISMO

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh:

Nama : Muhammad Altariza Naswadya Rama

No. Mahasiswa : 21522076

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, 22 Februari 2026

Tim Penguji

Atyanti Dyah Prabaswari, S.T., M.Sc.
Ketua

Wahyudi Sutrisno, S.T., M.M., M.T
Anggota I

Elanjati Worldailmi, S.T., M.Sc.
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.015220101

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillah Rabbil 'Alamin, puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia yang telah diberikan. Tugas akhir ini penulis persembahkan dengan penuh rasa syukur dan cinta kepada Ayah tercinta Gunardi Aji Prawoto dan Ibu tercinta Lita Kartika Ningrum yang senantiasa hadir dengan penuh kasih sayang mengiringi langkah penulis, motivasi, doa, dan dukungan yang selalu mengalir di setiap keadaan. Untuk adik tercinta Muhammad Afriza Adiswara Alifianda yang senantiasa memberikan keceriaan dan dukungan yang turut mewarnai perjalanan penulis.

MOTTO

“Dan bahwa manusia hanya memperoleh apa yang telah diusahakannya, dan sesungguhnya usahanya itu kelak akan diperlihatkan (kepadanya), kemudian akan diberi balasan kepadanya dengan balasan yang paling sempurna.”
(Qs. An – Najm: 39 – 41)

“Don’t Quit, Suffer Now and Live the Rest of Your as a Champion”
(Muhammad Ali)

“Dari Terbentur, Terbentur, Terbentur, Kemudian Terbentuk”
(Tan Malaka)

KATA PENGANTAR

Assalamu’alaikum Warahmatullaahi Wabarakaatuh.

Segala puji bagi Allah Subhanahu wa Ta’ala, penulis panjatkan rasa syukur atas limpahan rahmat, taufik, dan hidayah – Nya. Shalawat beserta salam senantiasa tercurah kepada junjungan Nabi Muhammad Shallallahu ‘alaihi wasallam, yang menjadi suri teladan bagi seluruh umat manusia. Dengan izin Allah Subhanahu wa Ta’ala, penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir yang berjudul “Integrasi Metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan *Analytical Hierarchy Process* (AHP) untuk Mengidentifikasi Faktor Risiko Kecelakaan Kerja serta Usulan Perbaikan di Stasiun Gilingan PT Madubaru (PG – PS) Madukismo” dengan baik.

Pelaksanaan Tugas Akhir ini dilakukan untuk memenuhi syarat kelulusan dan mencapai gelar Sarjana Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia. Tugas Akhir ini tidak akan terselesaikan tanpa dukungan, bantuan, bimbingan, motivasi, dan doa dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Untuk itu penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir Hari Purnomo, M.T., IPU, ASEAN.Eng, selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri (FTI) Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Dr. Drs. Imam Djati Widodo, M.Eng.Sc., selaku Ketua Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Ir. Muhammad Ridwan Andi Purnomo, S.T., M.Sc., Ph.D., IPM., selaku Ketua Program Studi Teknik Industri Program Sarjana Universitas Islam Indonesia.
4. Ibu Atyanti Dyah Prabaswari, S.T., M.Sc., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah membimbing dan memberikan arahan kepada penulis, sehingga dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini dengan baik.
5. Bapak Drs. H. Budi Hidayat selaku Direktur Utama PT. Madubaru (PG – PS) Madukismo yang telah memberikan kesempatan bagi penulis untuk melaksanakan Tugas Akhir.
6. Bapak Irwan Hartono selaku pembimbing lapangan selama melaksanakan pengambilan data Tugas Akhir.
7. Kepada kedua orang tua penulis, Bapak Gunardi Aji Prawoto dan Ibu Lita Kartika Ningrum, serta saudara laki – laki penulis Muhammad Afriza Adiswara Alifianda, yang telah memberikan kasih sayang, doa, motivasi, penyemangat, serta bimbingan yang tak hingga kepada penulis selama perjalanan hidupnya.
8. Kepada sahabat seperjuangan penulis semasa perkuliahan hingga menjalankan Tugas Akhir “4 Sekawan TA”, Muhammad Ichlasul Amal Mastur, Aldy Firmansyah, dan Muhammad Hafidz Arriza Ramadhan, yang selalu memberikan canda tawa dan semangat kepada penulis semasa menyusun Tugas Akhir.

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Yogyakarta, 22 Februari 2026



Muhammad Altariza Naswadya Rama
21522076

ABSTRAK

PT Madubaru (PG – PG) Madukismo merupakan perusahaan agroindustri yang bergerak dibidang pengolahan gula kristal putih dan ethanol di Daerah Istimewa Yogyakarta. Proses produksi gula melibatkan banyak tahapan yang kompleks. Di balik kompleksitas ini terdapat risiko kesehatan dan keselamatan kerja yang tinggi, terutama di tempat kerja dengan tingkat paparan mesin yang tinggi dan lingkungan kerja yang berubah – ubah. Di Stasiun Gilingan PT Madubaru (PG – PS) Madukismo, pada periode bulan Januari 2025 hingga November 2025 diketahui terjadi 3 kali kecelakaan kerja yaitu pada periode bulan Juli, Agustus, dan November, sehingga perlu adanya identifikasi untuk meminimalisasi kecelakaan kerja. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi faktor risiko kecelakaan kerja dan memberikan usulan perbaikan di Stasiun Gilingan PT Madubaru (PG – PS) Madukismo. Penelitian ini menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) untuk mengidentifikasi dan menilai risiko kecelakaan kerja berdasarkan pada setiap aktivitas produksi di Stasiun Gilingan. Kemudian sebagai metode pendukung FMEA, digunakan metode *Fault Tree Analysis* (FTA) untuk mengidentifikasi akar penyebab masalah (*root cause*) berdasarkan nilai *Risk Priority Number* (RPN) dengan nilai tertinggi. Setelah itu, digunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) untuk mengambil keputusan dalam memilih rekomendasi terbaik. Hasil penelitian menunjukkan terdapat 14 potensi kecelakaan kerja pada seluruh aktivitas produksi di Stasiun Gilingan, dan di dapatkan satu potensi kecelakaan kerja yang memiliki nilai RPN tertinggi berdasarkan penilaian *severity*, *occurrence*, dan *detection* yaitu luka bakar akibat nira panas dan air imbibisi pada aktivitas penggilingan tebu dengan nilai RPN sebesar 336, sehingga ditetapkan sebagai risiko dominan yang harus diprioritaskan penanganannya. Metode FTA digunakan untuk mendukung FMEA, dan didapatkan *top event* yaitu nilai RPN tertinggi, *intermediate event*, dan *basic event*, sehingga diketahui akar penyebab masalah hingga paling dasar. Pembobotan AHP bertujuan untuk mendapatkan rekomendasi perbaikan terbaik dan didapatkan rekomendasi terbaik yaitu *administrative control* dengan bobot sebesar 0,484, sehingga dipilih strategi pengendalian risiko yang mudah diterapkan, biaya yang rendah, serta mampu meningkatkan kesadaran dan kepatuhan pekerja.

Kata Kunci: FMEA, FTA, AHP, Manajemen Risiko, Kecelakaan Kerja, Stasiun Gilingan.

DAFTAR ISI

HALAMAN 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 GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.5 Batasan Penelitian.....	6
1.6 Sistematika Penelitian.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	8
2.1 Kajian Literatur	8
2.2 Landasan Teori.....	21
2.2.1 Keselamatan dan Kesehatan Kerja.....	21
2.2.2 Manajemen Risiko	22
2.2.3 Risiko	22
2.2.4 Lingkungan Kerja	23
2.2.5 Kecelakaan Kerja	26
2.2.6 Failure Mode Effect Analysis (FMEA).....	27
2.2.7 <i>Fault Tree Analysis</i> (FTA).....	33
2.2.8 Analytical Hierarchy Process (AHP)	36
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	44
3.1 Subjek Penelitian	44
3.2 Objek Penelitian.....	44
3.3 Jenis Data Penelitian	44
3.4 Metode Pengumpulan Data.....	45
3.5 Alur Penelitian	47
BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA.....	51
4.1 Profil Perusahaan	51
4.1.1 Sejarah Singkat Perusahaan	51
4.1.2 Visi dan Misi Perusahaan.....	52
4.2 Proses Produksi di Stasiun Gilingan PT Madubaru (PG – PS) Madukismo.....	52
4.3 Pengumpulan Data	61
4.3.1 Data Kecelakaan Kerja	61
4.3.2 Failure Mode Effect Analysis (FMEA).....	64

4.4	Pengolahan Data	66
4.4.1	Identifikasi Risiko dan Penilaian Risiko Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)	66
4.4.2	Pengurutan Nilai Risk Priority Number (RPN)	73
BAB V	PEMBAHASAN	104
5.1	<i>Failure Mode and Effect Analysis</i> (FMEA)	104
5.1.1	Identifikasi Risiko dan Penilaian Risiko <i>Failure Mode and Effect Analysis</i> (FMEA)	104
5.1.2	Pengurutan Nilai <i>Risk Priority Number</i> (RPN)	110
5.2	<i>Fault Tree Analysis</i> (FTA)	111
5.2.1	Analisis <i>Root Cause</i> di potensi bahaya di Stasiun Gilingan	111
5.3	<i>Analytical Hierarchy Process</i> (AHP)	115
5.3.1	Hierarki	115
5.3.2	<i>Comparative Judgement, Priority Weight, dan Consistency Ratio</i>	116
5.3.3	Pengambilan Keputusan	124
5.4	<i>Cost Benefit Analysis</i> (CBA)	125
5.4.1	Biaya Sebelum Pengendalian	126
5.4.2	Estimasi Biaya Setelah Pengendalian	126
5.4.3	<i>Benefit Cost Ratio</i>	128
BAB VI	PENUTUP	129
6.1	Kesimpulan	129
6.2	Saran	130
DAFTAR PUSTAKA		132

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 <i>Fault Tree Analysis</i> Diagram.....	33
Gambar 2. 2 Struktur Hierarki	38
Gambar 3. 1 Alur Penelitian.....	47
Gambar 4. 1 PT Madubaru (PG - PS) Madukismo.....	51
Gambar 4. 2 Stasiun Gilingan PT Madubaru (PG – PS) Madukismo.....	53
Gambar 4. 3 Kedatangan Tebu.....	54
Gambar 4. 4 Proses Pemindahan Tebu.....	55
Gambar 4. 5 Proses Pencacahan dan Penghancuran Tebu	56
Gambar 4. 6 Proses Pengilingan Tebu	57
Gambar 4. 7 Proses <i>Maintenance</i> Mesin	61
Gambar 4. 8 <i>Fault Tree Analysis</i> (FTA) <i>Top Event</i> Potensi Bahaya dan Risiko.....	81
Gambar 4. 9 Struktur Hierarki Rekomendasi Perbaikan Terbaik	82
Gambar 5. 1 Struktur Hierarki Rekomendasi Perbaikan.....	115

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kajian Literatur.....	18
Tabel 2. 2 Kriteria Penilaian <i>Severity</i>	30
Tabel 2. 3 Kriteria Penilaian <i>Occurrence</i>	31
Tabel 2. 4 Kriteria Penilaian <i>Detection</i>	31
Tabel 2. 5 Simbol – Simbol FTA	35
Tabel 2. 6 Skala Penilaian Perbandingan Berpasangan	39
Tabel 2. 7 Matriks Perbandingan Berpasangan.....	39
Tabel 2. 8 Indeks Konsistensi Acak	41
Tabel 4. 1 Potensi Bahaya dan Risiko Aktivitas Kedatangan Tebu.....	54
Tabel 4. 2 Potensi Bahaya dan Risiko Aktivitas Pemindahan Tebu.....	55
Tabel 4. 3 Potensi Bahaya dan Risiko Aktivitas Pencacahan dan Penghancuran Tebu	56
Tabel 4. 4 Potensi Bahaya dan Risiko Aktivitas Penggilingan Tebu	60
Tabel 4. 5 Potensi Bahaya dan Risiko Aktivitas Maintenance Mesin.....	61
Tabel 4. 6 Laporan Data Kecelakaan Kerja Periode Juli 2025	62
Tabel 4. 7 Laporan Data Kecelakaan Kerja Periode Agustus 2025	63
Tabel 4. 8 Laporan Data Kecelakaan Kerja Periode November 2025	63
Tabel 4. 9 Risiko Kecelakaan Kerja di Stasiun Gilingan PT Madubaru (PG – PS) Madukismo .	64
Tabel 4. 10 Perhitungan RPN.....	67
Tabel 4. 11 Pengurutan Nilai RPN.....	73
Tabel 4. 12 Pembobotan Antar Kriteria	83
Tabel 4. 13 Pembobotan Antar Sub Kriteria	83
Tabel 4. 14 Perbandingan Alternatif Terhadap Kriteria Kemudahan Implementasi	84
Tabel 4. 15 Perbandingan Alternatif Terhadap Kriteria Biaya.....	84
Tabel 4. 16 Perbandingan Alternatif Terhadap Sub Kriteria Penurunan <i>Severity</i>	85
Tabel 4. 17 Perbandingan Alternatif Terhadap Sub Kriteria Penurunan <i>Occurence</i>	85
Tabel 4. 18 Perbandingan Alternatif Terhadap Sub Kriteria Peningkatan <i>Detection</i>	86
Tabel 4. 19 Matriks Perbandingan Berpasangan Kriteria	86
Tabel 4. 20 Matriks Perbandingan Berpasangan Sub Kriteria.....	87
Tabel 4. 21 Matriks Perbandingan Berpasangan Alternatif Terhadap Kriteria Kemudahan Implementasi.....	87
Tabel 4. 22 Matriks Perbandingan Berpasangan Alternatif Terhadap Kriteria Biaya.....	88
Tabel 4. 23 Matriks Perbandingan Berpasangan Alternatif Terhadap Sub Kriteria Penurunan <i>Severity</i>	88
Tabel 4. 24 Matriks Perbandingan Berpasangan Alternatif Terhadap Sub Kriteria Penurunan <i>Occurence</i>	89
Tabel 4. 25 Matriks Perbandingan Berpasangan Alternatif Terhadap Sub Kriteria Peningkatan <i>Detection</i>	89
Tabel 4. 26 Matriks Rata – rata Perbandingan Berpasangan (Kriteria)	90
Tabel 4. 27 Matriks Rata – rata Perbandingan Berpasangan Sub Kriteria.....	90
Tabel 4. 28 Matriks Rata – rata Perbandingan Berpasangan Alternatif Terhadap Kriteria Kemudahan Implementasi	91
Tabel 4. 29 Matriks Rata – rata Perbandingan Berpasangan Alternatif Terhadap Kriteria Biaya	91

Tabel 4. 30 Matriks Rata – rata Perbandingan Berpasangan Alternatif Terhadap Sub Kriteria Penurunan <i>Severity</i>	92
Tabel 4. 31 Matriks Rata – rata Perbandingan Berpasangan Alternatif Terhadap Sub Kriteria Penurunan <i>Occurence</i>	92
Tabel 4. 32 Matriks Rata – rata Perbandingan Berpasangan Alternatif Terhadap Sub Kriteria Penurunan <i>Detection</i>	92
Tabel 5. 1 Hasil Pengurutan Nilai RPN.....	110
Tabel 5. 2 Hasil <i>Comparative Judgment</i> , <i>Priority Weight</i> , dan <i>Consistency Ratio</i> dari Level 1 (Kriteria)	117
Tabel 5. 3 Hasil <i>Comparative Judgment</i> , <i>Priority Weight</i> , dan <i>Consistency Ratio</i> dari Level 2 (Sub Kriteria).....	118
Tabel 5. 4 Hasil <i>Comparative Judgment</i> , <i>Priority Weight</i> , dan <i>Consistency Ratio</i> Alternatif Terhadap Kriteria Kemudahan Implementasi	119
Tabel 5. 5 Hasil <i>Comparative Judgment</i> , <i>Priority Weight</i> , dan <i>Consistency Ratio</i> Alternatif Terhadap Kriteria Biaya.....	120
Tabel 5. 6 Hasil <i>Comparative Judgement</i> , <i>Priority Weight</i> , dan <i>Consistency Ratio</i> Alternatif Terhadap Sub Kriteria Penurunan <i>Severity</i>	121
Tabel 5. 7 Hasil <i>Comparative Judgement</i> , <i>Priority Weight</i> , dan <i>Consistency Ratio</i> Alternatif Terhadap Sub Kriteria Penurunan <i>Occurrence</i>	122
Tabel 5. 8 Hasil <i>Comparative Judgement</i> , <i>Priority Weight</i> , dan <i>Consistency Ratio</i> Alternatif Terhadap Sub Kriteria Peningkatan <i>Detection</i>	123
Tabel 5. 9 Biaya Pengobatan Sebelum Penerapan <i>Administrative Control</i>	126
Tabel 5. 10 Biaya Lainnya Sebelum Penerapan <i>Administrative Control</i>	126
Tabel 5. 11 Biaya Investasi Penerapan <i>Administrative Control</i>	126
Tabel 5. 12 Biaya Pengobatan Sesudah Penerapan <i>Administrative Control</i>	127
Tabel 5. 13 Perbandingan Sebelum dan sesudah menerapkan <i>Administrative Control</i>	127

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri pengolahan gula merupakan sektor strategis yang mendukung keberhasilan pangan nasional. Permintaan gula yang terus meningkat mendorong setiap pabrik gula untuk meningkatkan kapasitas produksi dan efisiensinya. Proses produksi gula melibatkan banyak tahapan yang kompleks. Di balik kompleksitas ini terdapat risiko kesehatan dan keselamatan kerja yang tinggi, terutama di tempat kerja dengan tingkat paparan mesin yang tinggi dan lingkungan kerja yang berubah – ubah. Keselamatan dan kesehatan kerja merupakan aspek yang tidak dapat dipisahkan dari kegiatan operasional di industri pengolahan gula. Menurut (Pranoto & Yuamita, 2025), penerapan aspek keselamatan dan kesehatan kerja (K3 sangat penting untuk menjamin bahwa seluruh proses produksi berlangsung dengan aman, efisien, serta bebas dari potensi kerugian bagi pekerja maupun perusahaan. Ketentuan terkait keselamatan kerja sudah dibuat oleh (Pemerintah Republik Indonesia, 1970) yang tercantum dalam Undang – Undang No.1 Tahun 1970 yang menjelaskan bahwa pentingnya pengendalian terhadap berbagai faktor risiko di lingkungan pekerjaan, antara lain yaitu faktor kondisi peralatan, bahan yang digunakan, lingkungan tempat kerja, serta perilaku tenaga kerja.

Kecelakaan kerja merupakan peristiwa yang tidak direncanakan dan terjadi secara tidak terduga, yang dapat menimbulkan kerugian baik berupa materi maupun dampak terhadap pekerja (Sulistyaningtyas, 2021). Kecelakaan kerja sering kali terjadi akibat pengawasan dan penerapan K3 yang belum optimal, ditambah dengan perilaku kerja yang tidak sesuai. (Luthfia et al., 2023).. Kecelakaan kerja merupakan bentuk kerugian bagi perusahaan, baik yang menyebabkan cedera ringan, cedera berat, kematian, maupun kerusakan peralatan. Kejadian ini muncul karena interaksi berbagai faktor, seperti manusia, peralatan, metode kerja, dan kondisi lingkungan. Upaya pencegahan perlu dilakukan terhadap penyebab kecelakaan kerja, sehingga pada suatu pekerjaan dapat dikelola dengan lebih hati – hati, terukur, dan tepat, untuk mencegah terulangnya peristiwa yang sama (Dahlan, 2017).

PT Madubaru (PG – PS) Madukismo merupakan perusahaan agroindustri yang bergerak di bidang pengolahan tebu dan ethanol di Daerah Istimewa Yogyakarta. Proses produksi di pabrik gula PT Madubaru (PG – PS) Madukismo terdiri dari berbagai stasiun kerja, salah satunya stasiun

gilingan. Stasiun gilingan memegang peranan penting dalam proses produksi karena merupakan tahap awal proses ekstraksi nira dari tebu (Ardhany et al., 2024). Dalam proses produksinya, stasiun gilingan mengoperasikan berbagai mesin berkapasitas besar dan bertekanan tinggi seperti *mill tandem*, *gearbox*, *conveyor*, *unigrator*, *cane crane*, *cane carrier*. Pengoperasian mesin – mesin tersebut berlangsung secara kontinu selama musim giling. Kondisi lingkungan kerja di stasiun gilingan tergolong ekstrem yang ditandai dengan suhu yang tinggi, tingkat kebisingan yang tinggi, dan kondisi lantai kerja yang licin. Selain itu, pekerja juga terlibat dalam kegiatan operasional maupun pemeliharaan, sehingga meningkatkan berbagai potensi bahaya keselamatan kerja.

Selain karakteristik proses kerja, dipilihnya Stasiun gilingan sebagai objek penelitian juga didukung oleh data kecelakaan kerja yang telah terjadi. Diketahui bahwa pada periode bulan Januari 2025 – November 2025 terjadi 3 kali kecelakaan kerja di stasiun gilingan yaitu pada periode bulan Juli terjadi kecelakaan kerja di depan mesin *unigrator* gilingan, saat memperbaiki posisi tebu tangan korban tertancap bilah tebu. Pada periode bulan Agustus terjadi kecelakaan kerja pada proses pemindahan tebu dari truk ke penggilingan menggunakan *unloading cane crane*, korban terpeleset dan terjepit sehingga kaki korban mengalami pembengkakan. Pada periode bulan November terjadi kecelakaan kerja pada saat memperbaiki rantai untuk memindahkan plat, korban tergores plat dan mengakibatkan luka gores sepanjang 15 cm. Kecelakaan kerja yang terjadi mengindikasikan bahwa sistem pengendalian risiko di area stasiun gilingan belum sepenuhnya optimal. Data tersebut menunjukkan bahwa aktivitas operasional di stasiun gilingan memiliki potensi bahaya yang nyata sehingga memerlukan perhatian lebih dalam upaya pengendalian risiko kecelakaan kerja.

Aktivitas pada stasiun gilingan melibatkan interaksi yang lebih intens antara pekerja dengan mesin yang beroperasi secara langsung. Pada stasiun gilingan, pekerja tidak hanya melakukan pengawasan terhadap jalannya proses produksi, tetapi juga terlibat dalam berbagai aktivitas operasional dan penanganan material tebu secara manual. Kondisi tersebut menyebabkan pekerja lebih sering terpapar potensi bahaya fisik yang berasal dari pergerakan mesin, material tebu, maupun kondisi lingkungan kerja di sekitar area penggilingan. Kesalahan dalam penanganan material atau keterlambatan dalam mengendalikan aliran tebu pada sistem penggilingan dapat berpotensi menimbulkan kecelakaan kerja yang membahayakan pekerja. Selain dampak pada keselamatan pada pekerja, kegagalan yang terjadi pada stasiun gilingan juga dapat memengaruhi kelancaran proses produksi secara keseluruhan, mengingat stasiun ini merupakan tahapan awal

dalam proses ekstraksi nira tebu. Oleh karena itu, risiko yang muncul pada stasiun gilingan tidak hanya berkaitan dengan aspek keselamatan kerja, tetapi juga berdampak pada keberlangsungan operasional pabrik secara menyeluruh, sehingga menjadikan stasiun gilingan sebagai objek yang relevan untuk dilakukan analisis terkait risiko kecelakaan kerja.

Untuk membantu PT. Madubaru (PG – PS) Madukismo dalam upaya mengidentifikasi faktor risiko kecelakaan kerja khususnya di stasiun gilingan, maka penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) yang bertujuan untuk mengidentifikasi faktor penyebab kegagalan dengan mengacu pada nilai *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi. Nilai RPN dihitung melalui perkalian antara tingkat keparahan (*Severity*), frekuensi kejadian (*Occurrence*), dan kemampuan deteksi (*Detection*) (Elbert et al., 2019). Melalui analisis FMEA, perusahaan dapat fokus pada sumber risiko terbesar yang berpotensi menyebabkan kecelakaan kerja di stasiun gilingan, sehingga upaya pencegahan dan perbaikan dapat dilakukan secara lebih efektif dan tepat sasaran. Namun, FMEA memiliki keterbatasan dalam menjelaskan hubungan sebab akibat secara mendalam dan mengasumsikan bahwa ketiga parameter memiliki bobot yang sama. Untuk melengkapi keterbatasan tersebut, terdapat metode *Fault Tree Analysis* (FTA) yang digunakan sebagai pendekatan deduktif yang berfokus pada analisis penyebab utama (*root cause*) dari suatu kegagalan atau kecelakaan. FTA terbukti efektif dalam menelaah akar penyebab masalah setelah diidentifikasi menggunakan FMEA, dengan mengungkapkan hubungan logis antara berbagai faktor penyebab dalam bentuk pohon kesalahan (*fault tree*) dan *basic event* yang berkontribusi terhadap kejadian kegagalan atau kecelakaan (Jawad & Yanto, 2025). Dengan demikian, integrasi FMEA dan FTA memungkinkan identifikasi risiko hanya pada tingkat potensi kegagalan, tetapi juga pada akar penyebab yang mendasari.

Dalam perhitungan FMEA, bobot *severity*, *occurrence*, dan *detection* diasumsikan sebanding, namun pada kenyataannya setiap kriteria memiliki bobot yang berbeda (Aslani et al., 2014). Untuk mengatasi perbedaan pembobotan tersebut, diperlukan integrasi metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dengan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP). Metode AHP membantu menyelesaikan permasalahan yang bersifat kompleks dengan cara menyusun elemen – elemen keputusan ke dalam bentuk hierarki, mulai dari tujuan, kriteria, hingga alternatif. Sehingga memungkinkan pengambil keputusan mempertimbangkan berbagai aspek secara sistematis sehingga dapat diperoleh bobot dan prioritas (Munthafa & Mubarak, 2017). Penggunaan metode AHP dalam proses pembobotan didasarkan pada kemampuannya untuk mengubah permasalahan

yang semula tidak terstruktur menjadi suatu model keputusan yang lebih sistematis, sehingga proses analisis menjadi lebih jelas dan mudah untuk dipahami. Metode AHP tidak hanya membantu menyusun kriteria dan bobot secara lebih sistematis melalui matriks perbandingan berpasangan, tetapi juga dapat menghitung nilai validitas dengan perhitungan *consistency ratio*. Selain itu, AHP juga dapat memastikan bahwa data yang digunakan tetap dapat diterima dengan menetapkan batas toleransi terhadap tingkat inkonsistensi pada berbagai kriteria yang dipilih (Malik & Haryanti, 2018). Dengan demikian, peran AHP dapat melengkapi dan mengatasi berbagai keterbatasan yang terdapat pada metode FMEA.

Berdasarkan penjelasan tersebut, penelitian ini penting untuk dilakukan guna mengidentifikasi dan menganalisis faktor risiko kecelakaan kerja di stasiun gilingan PT Madubaru (PG – PS) Madukismo dengan menggunakan integrasi metode FMEA, FTA, dan AHP sebagai upaya meningkatkan produktivitas dan efisiensi terhadap operasional perusahaan. Dengan adanya integrasi ketiga metode tersebut, penelitian ini diharapkan perusahaan dapat mengetahui risiko kecelakaan kerja dapat terjadi, menetapkan prioritas yang tepat, mengetahui akar penyebabnya, sehingga dapat menjadi dasar pengambilan keputusan dalam pengelolaan risiko, dan memperoleh rekomendasi perbaikan terbaik pada peningkatan keselamatan kerja sehingga tercipta lingkungan kerja yang lebih sehat, proses produksi menjadi lebih optimal, produktif, dan efisien sesuai standar keselamatan kerja.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, dapat dirumuskan beberapa permasalahan yang menjadi fokus dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana hasil identifikasi risiko kecelakaan kerja yang ada di stasiun gilingan PT Madubaru (PG – PS) Madukismo dengan menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)?
2. Bagaimana hasil analisis pohon kesalahan berdasarkan nilai RPN tertinggi untuk mengetahui sumber penyebab risiko kecelakaan kerja di stasiun gilingan PT Madubaru (PG – PS) Madukismo dengan menggunakan metode *Fault Tree Analysis* (FTA)?
3. Apa rekomendasi perbaikan yang tepat untuk meminimalkan risiko kecelakaan kerja di stasiun gilingan PT Madubaru (PG – PS) Madukismo berdasarkan hasil prioritas FMEA, analisis *root cause* dengan FTA, dan hasil pembobotan dengan AHP?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan, dapat dirumuskan tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi dan menganalisis faktor risiko kecelakaan kerja pada aktivitas operasional di stasiun gilingan PT Madubaru (PG – PS) Madukismo menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA).
2. Menganalisis sumber penyebab utama (*root cause*) dari risiko kecelakaan kerja berdasarkan *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi menggunakan metode *Fault Tree Analysis* (FTA).
3. Menentukan dan memprioritaskan rekomendasi perbaikan terbaik untuk meminimalkan risiko kecelakaan kerja di stasiun gilingan PT Madubaru (PG – PS) Madukismo berdasarkan hasil prioritas FMEA, analisis *root cause* dengan FTA, dan hasil pembobotan dengan AHP.

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi berbagai pihak, baik dari sisi praktis maupun akademis, sebagai berikut:

1. Bagi Akademik

Penelitian ini diharapkan dapat menambah kajian ilmiah di bidang manajemen risiko K3, terutama terkait penerapan metode FMEA, FTA, dan AHP, penelitian ini menunjukkan cara yang lebih sistematis untuk mengidentifikasi risiko, memprioritaskan risiko, menganalisis akar penyebab, dan penentuan prioritas risiko. Hasilnya bisa menjadi referensi bagi mahasiswa, peneliti, atau akademisi yang ingin mengembangkan metode analisis risiko di sektor industri.

2. Bagi Perusahaan

Penelitian ini diharapkan dapat membantu perusahaan supaya bisa lebih mudah dalam mengidentifikasi dan memprioritaskan risiko kecelakaan kerja, mengetahui akar penyebabnya, serta menetapkan rekomendasi perbaikan yang paling efektif. Perusahaan dapat meningkatkan keselamatan, mengurangi potensi kerugian akibat kecelakaan, mengatur sumber daya lebih efisien dan menjadi dasar pengambilan keputusan dalam peningkatan keselamatan dan kinerja operasional melalui metode FMEA, FTA, dan AHP.

3. Bagi Peneliti

Penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan pemahaman dan kemampuan peneliti dalam menerapkan pengetahuan yang diperoleh selama masa perkuliahan ke dalam sektor industri secara langsung, khususnya melalui penggunaan metode FMEA, FTA, dan AHP.

1.5 Batasan Penelitian

Adapun batasan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini berfokus pada Stasiun Gilingan di PT Madubaru (PG – PS) Madukismo.
2. Pengambilan data dilakukan pada bulan November 2025 – Desember 2025.
3. Penelitian difokuskan pada identifikasi risiko dan potensi bahaya menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), analisis root cause menggunakan *Fault Tree Analysis* (FTA), dan penentuan prioritas perbaikan terbaik menggunakan *Analytical Hierarchy Process* (AHP).
4. Berdasarkan hasil identifikasi dan analisis risiko menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan analisis *root cause* dengan menggunakan metode *Fault Tree Analysis* (FTA), rekomendasi perbaikan ditentukan menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) dengan mengacu pada alternatif pengendalian yang terpilih untuk meningkatkan penerapan K3 di stasiun gilingan PT Madubaru (PG – PS) Madukismo.

1.6 Sistematika Penelitian

Adapun sistematika penelitian ini adalah sebagai berikut:

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, serta batasan penelitian.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi kajian teori dan penelitian terdahulu yang relevan dengan topik penelitian.

BAB III : METODE PENELITIAN

Bab ini menjelaskan alur pelaksanaan penelitian, metode yang digunakan, lokasi penelitian, waktu penelitian, jenis data penelitian, dan metode pengumpulan data.

BAB IV : PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Bab ini menguraikan proses pengolahan data yang telah dikumpulkan sebelumnya dengan menggunakan metode yang dipilih, serta menyajikannya dalam bentuk tabel atau gambar untuk memperjelas hasil analisis.

BAB V : PEMBAHASAN

Bab ini menjelaskan mengenai hasil dari proses pengolahan data yang telah dilakukan sebelumnya. Berdasarkan hasil tersebut, akan disusun rekomendasi sebagai solusi terhadap permasalahan yang ditemukan.

BAB VI : PENUTUP

Bab ini menyajikan hasil akhir berupa kesimpulan sebagai jawaban atas tujuan penelitian yang telah ditetapkan, serta memuat saran yang relevan dengan topik penelitian sebagai acuan untuk pengembangan atau penerapan lebih lanjut.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Literatur

Kajian literatur merupakan elemen penting dalam sebuah penelitian, yang dibuat untuk memberikan landasan teoritis dan memperkuat argumentasi ilmiah perihal topik yang dibahas. Kajian literatur dalam penelitian bertujuan untuk memberikan referensi pada penelitian dengan mengeksplorasi kesesuaian antara penelitian saat ini dengan penelitian sebelumnya dalam konteks penelitian yang sama. Kajian literatur kali ini menyajikan penelitian mengenai *Failure Mode Effect Analysis* (FMEA), *Fault Tree Analysis* (FTA), dan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP). Berikut ini merupakan penelitian sebelumnya yang memiliki keterkaitan dengan penelitian ini:

Menurut Panić & Xiaojun (2025) dalam penelitiannya yang berjudul “*Failure Mode and Effect Analysis – Analytical Hierarchy Process (FMEA – AHP) Model in Supplier Risk Management*”, memaparkan bahwa manajemen risiko merupakan proses penting dalam organisasi yang bertujuan untuk mengidentifikasi, menganalisis, dan mengendalikan risiko yang berpotensi memengaruhi pencapaian tujuan serta kinerja operasional perusahaan. Penelitian ini menerapkan metode terintegrasi *Failure Mode and Effect Analysis – Analytical Hierarchy Process (FMEA – AHP)* untuk mengidentifikasi dan mengelola risiko pemasok pada sebuah perusahaan pertambangan. Pada tahap awal, metode FMEA digunakan untuk mengidentifikasi, mengevaluasi, dan menentukan prioritas risiko pemasok berdasarkan tingkat keparahannya. Selanjutnya, metode AHP dimanfaatkan untuk menentukan alternatif mitigasi risiko dengan mengevaluasi setiap alternatif berdasarkan beberapa kriteria pengambilan keputusan. Hasil validasi menunjukkan bahwa model risiko yang diusulkan mampu mendukung manajer dalam menyusun rencana manajemen risiko serta memilih tindakan yang paling tepat. Pendekatan ini juga menyediakan kerangka kerja manajemen risiko perusahaan yang bersifat fleksibel dan dapat diterapkan pada berbagai jenis risiko, skala organisasi, maupun sektor industri.

Menurut Zokaei et al. (2025) dalam penelitiannya yang berjudul “*Safety Risk Assessment by Creating a Combined Model of FMEA, FTA, and AHP Fuzzy Method Case Study: Steel Industry Exploitation Phase*”, memaparkan bahwa perumusan dan penerapan penilaian risiko merupakan salah satu faktor utama dalam manajemen keselamatan dan kesehatan kerja (K3). Penggunaan metode penilaian risiko yang tepat dan akurat memiliki peran penting dalam meningkatkan

efektivitas manajemen risiko di dalam organisasi. Penelitian ini mengidentifikasi lima skenario kecelakaan kerja yang dianggap paling signifikan pada tahap operasional industri baja. Estimasi probabilitas kejadian dan identifikasi akar penyebab kecelakaan dilakukan menggunakan metode *Fuzzy Fault Tree Analysis* (FTA), sedangkan tingkat keparahan dampak kecelakaan dikumpulkan dan dianalisis berdasarkan pendapat 14 orang ahli industri. Variabel – variabel yang diperoleh dari tahapan sebelumnya kemudian digunakan sebagai input dalam mendapatkan kesimpulan dari *fuzzy* yang dikembangkan menggunakan *software* MATLAB, dimana nilai akhir *Risk Priority Number* (RPN) dihitung berdasarkan *if – then rules* yang telah ditetapkan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa risiko kecelakaan akibat terjatuh dari ketinggian, tertimpa benda jatuh, dan sengatan listrik memiliki probabilitas kejadian yang lebih tinggi dibandingkan dengan jenis kecelakaan lainnya. risiko jatuh dari ketinggian dan sengatan listrik termasuk dalam kategori menengah hingga tinggi, dengan nilai RPN masing – masing sebesar 0,665 dan 0,563. Sementara itu tertimpa benda jatuh berada pada kategori risiko menengah hingga rendah dengan nilai RPN sebesar 0,37.

Menurut Parman et al. (2025) dalam penelitiannya yang berjudul “*Integrated FMEA – AHP Risk Assessment and Mitigation for Cargo Handling Delays*”, memaparkan bahwa gangguan operasional dalam proses penanganan kargo menimbulkan dampak serius terhadap efisiensi terminal karena berpengaruh langsung pada waktu sandar kapal serta daya saing strategis pelabuhan. Penelitian ini menjawab kebutuhan akan kerangka kerja identifikasi risiko yang komprehensif dan pemeringkatan tindakan pencegahan secara sistematis pada aktivitas logistik yang berkaitan dengan operasi curah kering. Metode yang digunakan mengintegrasikan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan *Analytical Hierarchy Process* (AHP) diusulkan dan diterapkan pada salah satu Pelabuhan curah kering di Gresik. Data empiris diperoleh dari lima manajer operasional yang memiliki pengalaman kerja lebih dari lima tahun melalui wawancara dan kuisioner. Data pendukung lainnya berasal dari catatan internal kinerja operasional yang mendokumentasikan 76 kejadian gangguan logistik sepanjang tahun 2024. Hasil analisis FMEA mengidentifikasi 18 kategori, yaitu proses internal, tenaga kerja, infrastruktur teknis, dan faktor lingkungan. Berdasarkan peringkat RPN, risiko paling kritis meliputi ketidakefisienan arus kendaraan (RPN = 216,75), kegagalan mekanis pada komponen *grab* (RPN = 194,88), gangguan akibat kondisi cuaca (RPN = 181,44), dan keterbatasan kapasitas armada transportasi (RPN = 157,76). Kemudian dianalisis kembali menggunakan metode AHP dan menghasilkan urutan prioritas implementasi strategi mitigasi risiko, yang mencakup koordinasi manajemen secara rutin,

pemeliharaan pencegahan terjadwal, peningkatan infrastruktur, dan penerapan prosedur operasional yang fleksibel. Penilaian para ahli menunjukkan tingkat konsistensi yang sangat baik dengan nilai *Consistency Ratio* (CR) sebesar 0,02. Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menegaskan bahwa pendekatan terintegrasi FMEA – AHP mampu menyediakan informasi yang akurat untuk meningkatkan efektivitas pengelolaan risiko penanganan kargo melalui pengalokasian aset yang optimal.

Menurut Sabrinawati & Putra (2024) dalam penelitiannya yang berjudul “*Analysis of The Risk of Work Accidents in High – Story Building Constraction Projects Using the FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) Method*”, memaparkan bahwa proyek konstruksi merupakan suatu proses yang kompleks dan dinamis, yang dimulai dari tahap perencanaan dan perancangan hingga pelaksanaan serta penyelesaian pekerjaan. Setiap tahapan dalam pelaksanaan proyek konstruksi memiliki potensi yang dapat menimbulkan kecelakaan kerja dan kerugian proyek. Penelitian ini melakukan analisis risiko kecelakaan kerja pada proyek pembangunan gedung kuliah dan laboratorium FISIP tahap 2 UPN “Veteran” Jawa Timur dengan menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Tujuan penelitian ini adalah mengidentifikasi potensi risiko kecelakaan kerja serta menentukan tingkat keparahan, frekuensi kejadian, kemampuan deteksi, dan nilai Risk Priority Number (RPN) pada setiap aktivitas konstruksi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa risiko kecelakaan kerja dengan nilai RPN tertinggi terdapat pada pekerjaan struktur pondasi, khususnya risiko pekerja mengalami cedera akibat material konstruksi, dengan nilai RPN sebesar 174.857,14. Oleh karena itu, pekerjaan struktur pondasi memerlukan perhatian paling besar dan harus menjadi prioritas dalam penerapan langkah – langkah pengendalian risiko.

Menurut Fadillah (2025) dalam penelitiannya yang berjudul “*Occupational Accident Risk Analysis in the Production Process of Barokah Furniture Industry Pasuruan Using FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) and FTA (Fault Tree Analysis)*”, bertujuan untuk menganalisis risiko kecelakaan kerja pada proses produksi di Barokah Furniture Pasuruan dengan menggunakan metode FMEA dan FTA. Industri furniture memiliki berbagai potensi bahaya dalam proses produksinya, seperti penggunaan alat potong, paparan debu kayu, dan praktik kerja manual yang berisiko tinggi, sehingga diperlukan evaluasi risiko secara sistematis untuk meminimalkan kecelakaan kerja. Metode FMEA digunakan untuk mengidentifikasi potensi kegagalan dan menentukan prioritas risiko berdasarkan nilai *Risk Priority Number* (RPN), yang diperoleh dari

kombinasi tingkat keparahan, frekuensi kejadian, dan kemampuan deteksi. Hasil analisis mengidentifikasi sebanyak 20 mode kegagalan, dengan tiga risiko yang memiliki nilai RPN tertinggi, yaitu cedera akibat kontak dengan mata gergaji (RPN = 250), gangguan pernapasan akibat paparan debu berlebih (RPN = 196), dan cedera tangan akibat penggunaan mesin serut manual yang tidak aman dan pisau mesin (RPN = 180). Kemudian, analisis menggunakan FTA dilakukan untuk memetakan akar penyebab permasalahan dari mode kegagalan yang diprioritaskan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penyebab utama kecelakaan kerja di Barokah *Furniture* meliputi tidak tersedianya standaro operasional prosedur kerja aman, kurangnya penyediaan dan penggunaan APD, penerapan praktik kerja manual yang tidak aman, dan pengendalian bahaya debu yang masih minim. Berdasarkan temuan tersebut, rekomendasi perbaikan yang diusulkan meliputi penyusunan SOP, pelaksanaan pelatihan keselamatan dan kesehatan kerja bagi seluruh pekerja. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan bagi perusahaan dalam meningkatkan sistem K3 secara berkelanjutan.

Menurut Anggita et al. (2025) dalam penelitiannya yang berjudul “*Occupational Health and Safety Risk Analysis Using FMEA Methods (Failure Mode and effect Analysis) Approach in Industrial Engineering Manufacturing Process Laboratory of PGRI Adi Buana Surabaya University*”, membahas mengenai laboratorium proses manufaktur program studi teknik industri Universitas PGRI Adi Buana Surabaya yang merupakan fasilitas yang digunakan untuk kegiatan pembelajaran, produksi, dan penelitian. Kesalahan kecil dalam penggunaan alat atau ketidaksesuaian dalam penerapan prosedur kerja dapat menyebabkan kecelakaan kerja seperti cedera fisik, kebakaran, hingga kerusakan peralatan laboratorium. Oleh karena itu, analisis risikok3 sangat diperlukan untuk meminimalkan terjadinya kecelakaan kerja. Penelitian ini menggunakan metode FMEA untuk mengidentifikasi potensi mode kegagalan dan menentukan penyebab peling dominan dari risiko kecelakaan kerja. Evaluasi risiko dilakukan berdasarkan tiga parameter yaitu *severity*, *occurrence*, dan *detection*. Hasil analisis K3 dengan metode FMEA mengidentifikasi 9 potensi risiko kecelakaan kerja di laboratorium proses manufaktur teknik industri Universitas PGRI Adi Buana Surabaya. Berdasarkan hasil pengolahan data, nilai RPN tertinggi yang diperoleh adalah sebesar 40,86, sedangkan nilai RPN tertinggi kedua yaitu gangguan pendengaran akibat kebisingan mesin dengan nilai RPN sebesar 37,58. Temuan ini menunjukkan bahwa risiko tersebut memiliki tingkat prioritas yang cukup tinggi dalam upaya manajemen risiko sehingga memerlukan perhatian khusus dan penerapan langkah pengendalian yang tepat.

Menurut Golkhani et al. (2018) dalam penelitiannya yang berjudul “*The Use of Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) and Analytic Hierarchy Process (AHP) Methods to Determain the Most Important Safety Hazards*”, memaparkan bahwa karakteristik bahaya di industri baja yang bersifat kompleks dan saling berkaitan, penelitian ini bertujuan untuk melakukan penilaian risiko secara menyeluruh untuk mengidentifikasi akar penyebab dan kondisi nyata yang memicu terjadinya risiko dan merumuskan solusi untuk menurunkan tingkat risiko tersebut. Penelitian ini dilakukan pada industri semen di wilayah Khorasan Razavi pada tahun 2017. Metode *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) and Analytic Hierarchy Process (AHP)* digunakan untuk mengidentifikasi dan menentukan prioritas bahaya keselamatan kerja yang paling signifikan. Nilai *Risk Priority Number (RPN)* dihitung berdasarkan perkalian tiga parameter, yaitu *severity*, *occurrence*, dan *detection*. Dalam metode FMEA, konsep toleransi risiko digunakan untuk mengelompokkan risiko ke dalam kategori dapat diterima dan tidak dapat diterima. Hasil penelitian menunjukkan bahwa risiko getaran *flange* dan kerusakan *flange* akibat tekanan air berlebih di dalam tungku, serta kurangnya pencahayaan saat pemasangan peralatan di dalam tungku, termasuk dalam kategori risiko tinggi. Analisis lanjutan menggunakan AHP menunjukkan bahwa risiko kerusakan *flange* akibat tekanan air berlebih dan kondisi pencahayaan yang tidak memadai memiliki bobot prioritas yang lebih tinggi dibandingkan bahaya lainnya. penelitian ini menekankan pentingnya penggunaan metode pengambilan keputusan yang terstruktur untuk meminimalkan pengaruh subjektivitas dalam proses penilaian risiko.

Menurut Bao et al. (2017) dalam penelitiannya yang berjudul “*An Occupational Disease Assessment of the Mining Industry’s Occupational Health and Safety Management System Based on FMEA and an Improved AHP Model*”, memaparkan bahwa untuk menganalisis, mengendalikan, dan mencegah risiko kecelakaan kerja secara efektif serta menjamin keandalan pembobotan risiko, penelitian ini mengembangkan metode penilaian terintegrasi yang berbasis *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)* dan model *Analytical Hierarchy Process (AHP)*. Sistem manajemen penyakit akibat kerja pada industri pertambangan di wilayah barat daya Provinsi Hubei yang menerapkan *Occupational Health and Safety Assessement Series (OHSAS 18001)* dijadikan sebagai studi kasus. Tiga faktor risiko yaitu paparan debu, kebisingan, dan gas dipilih sebagai objek penelitian. Metode FMEA diterapkan melalui penyebaran kuisioner kepada para ahli untuk menyusun matriks penilaian pada setiap indikator berdasarkan nilai RPN. Kemudian analisis dilakukan menggunakan kerangka kerja terintegrasi FMEA dan AHP. Hasil

penelitian menunjukkan bahwa tingkat risiko penyakit akibat kerja dalam sistem manajemen K3 di industri pertambangan berada pada kategori sedang, yang sejalan dengan hasil pemeriksaan kesehatan yang dilaporkan oleh pusat pengendalian dan pencegahan penyakit Kota Ezhou pada tahun 2015. Temuan ini membuktikan bahwa model penelitian berbasis FMEA dan AHP, layak dan efektif untuk digunakan dalam evaluasi penyakit akibat kerja. Metode ini dapat diintegrasikan ke dalam manajemen proses perusahaan untuk mendukung upaya pencegahan penyakit akibat kerja secara dini serta meningkatkan berkelanjutan terhadap keselamatan dan kesehatan kerja pada pekerja.

Menurut Mayasi & Rusindiyanto (2023) dalam penelitiannya yang berjudul “*Analysis of the Potential Hazards of Work Accidents Departement of Production Using Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) and Fault Tree Analysis (FTA) Methods in PT. XYZ*”, memaparkan mengenai sebuah perusahaan yang bergerak di bidang industri gula kristal putih dengan bahan baku berupa tebu di Kabupaten Jombang. Seiring dengan perkembangan dunia industri, perusahaan dituntut untuk meningkatkan kualitas dan kuantitas produk, yang secara tidak langsung meningkatkan potensi terjadinya kecelakaan kerja dalam proses produksi. Untuk meminimalkan risiko tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi potensi bahaya kecelakaan kerja pada departemen produksi dengan menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan *Fault Tree Analysis* (FTA). Hasil analisis FMEA menunjukkan tiga potensi bahaya dengan nilai RPN tertinggi, yaitu potensi paparan abu panas di stasiun ketel ($RPN = 33,716$), potensi robohnya crane di stasiun gilingan ($RPN = 27,192$), dan potensi terjadinya ledakan pipa dan tangka di stasiun evaporasi ($RPN = 23,549$). Kemudian, metode FTA digunakan dengan menetapkan ketiga potensi bahaya tersebut sebagai top event untuk mengidentifikasi akar penyebab terjadinya kecelakaan. Hasil analisis dikelompokkan ke dalam tiga aspek, yaitu manusia, peralatan, dan lingkungan. Faktor manusia meliputi kurangnya konsentrasi kerja, kelalaian, dan ketidakpatuhan terhadap SOP. Faktor peralatan disebabkan oleh mesin yang sudah tua dan kurangnya pemeliharaan. Faktor lingkungan meliputi kondisi suhu, tekanan, dan kelembaban yang tinggi yang dapat mempercepat terjadinya korosi pada peralatan berbahan logam. berdasarkan hasil tersebut, rekomendasi yang dapat diberikan kepada perusahaan antara lain penerapan sanksi bagi karyawan yang tidak mematuhi peraturan keselamatan, pemberian pelatihan kerja sesuai bidang masing – masing, dan pelaksanaan pemeliharaan mesin secara rutin dan terjadwal.

Menurut Haryanto & Latifa (2020) dalam penelitiannya yang berjudul “*Risk Analysis of Toll Road Accident Using FMEA and AHP Methods*”, bertujuan untuk mengidentifikasi penyebab kecelakaan di jalan tol menggunakan metode FMEA dengan mengamati tiga faktor, yaitu “faktor manusia”, “faktor kendaraan”, dan “faktor jalan”. Kemudian alternatif penanganan kecelakaan dianalisis menggunakan metode AHP berdasarkan tiga kriteria, yaitu “biaya”, “waktu”, dan “dampak”. Hasil penelitian analisis FMEA, faktor risiko tertinggi berasal dari “faktor manusia” yang dipicu oleh kelalaian. Berdasarkan analisis AHP menunjukkan bahwa kriteria dengan bobot tertinggi adalah kriteria “dampak” dengan nilai 0,77. Alternatif solusi yang dipilih adalah “pemenuhan kelayakan fungsional” dengan bobot 0,42. Pemenuhan kelayakan fungsional ini dapat dilakukan dengan menambah perlengkapan jalan, seperti rambu lalu lintas dan pemasangan marka *rumble strip*.

Menurut Indrawati & Mulyatno (2025) dalam penelitiannya yang berjudul “Pemetaan Risiko dengan Metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan *Analytic Hierarchy Process* (AHP) pada Proyek Pembangunan Kapal *Landing Craft Tank* (LCT) 1500 DWT di Galangan Jakarta”, bertujuan untuk memetakan risiko pada proyek pembangunan kapal Kapal *Landing Craft Tank* (LCT) 1500 DWT di PT Dok dan Perkapalan Kodja Bahari. Penelitian ini menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) untuk mengidentifikasi mode kegagalan. Terdapat empat mode kegagalan dengan tingkat risiko tinggi, yaitu “keterlambatan dalam pengajuan permintaan material” dengan nilai RPN sebesar 280, “keterlambatan pemasok dalam memenuhi batas waktu pengiriman” dengan nilai RPN sebesar 336, “kesalahan gambar pada proses *mould loft*” dengan nilai RPN sebesar 96, dan “perubahan desain yang berdampak pada penundaan proses *mould loft*” dengan nilai RPN sebesar 144. Penelitian ini juga menggunakan metode *Analytic Hierarchy Process* (AHP) untuk menentukan prioritas mitigasi. Hasil analisis menunjukkan bahwa terdapat sejumlah langkah mitigasi yang penting untuk dilakukan meliputi “peningkatan pemahaman *lofter* terhadap gambar kapal” dengan nilai prioritas sebesar 0,21374, “penyesuaian desain berdasarkan rekomendasi biro klasifikasi” dengan nilai prioritas sebesar 0,38582, “peningkatan koordinasi proyek untuk memastikan spesifikasi material ditetapkan dengan jelas” dengan nilai prioritas sebesar 0,87500, dan “pelaksanaan briefing dan koordinasi yang lebih intensif antara pemasok dan pemilik proyek agar jadwal kedatangan material sesuai dengan kebutuhan produksi” dengan nilai prioritas sebesar 0,63699.

Menurut Prisilia & Purnomo (2022) dalam penelitiannya yang berjudul “Manajemen Risiko K3 dengan Metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan *Fault Tree Analysis* (FTA) untuk Mengidentifikasi Potensi dan Penyebab Kecelakaan Kerja (Studi Kasus: Tahap II Pembangunan Gedung Laboratorium DLH Banyuwangi)”, memaparkan mengenai pelaksanaan proyek pembangunan Gedung Laboratorium DLH Banyuwangi Tahap II, khususnya pada pekerjaan struktur, tercatat terdapat beberapa jenis kecelakaan kerja. Jenis kecelakaan tersebut meliputi terinjak benda tajam (23%), Kejatuhan material dari atas (24%), jatuh akibat terpeleset atau tersandung (16%), terbentur benda keras (21%), terkena runtuh bangunan (11%), dan terjatuh dari ketinggian (5%). Berbagai kejadian tersebut menimbulkan sejumlah risiko terhadap keselamatan pekerja maupun kelancaran proyek. Untuk meminimalkan risiko yang terjadi, diterapkan manajemen risiko K3 dengan menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan *Fault Tree Analysis* (FTA). Berdasarkan hasil analisis FMEA, diketahui bahwa kejadian menginjak benda tajam merupakan mode kegagalan dengan *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi, yaitu sebesar 36. Kemudian, hasil analisis FTA mengindikasikan 2 *top event*, 4 *intermediate event*, dan 5 *basic event* sebagai penyebab terjadinya kecelakaan. Upaya perbaikan yang direkomendasikan meliputi pelaksanaan briefing SOP kepada seluruh pekerja di lokasi proyek, penerapan aturan kerja yang disiplin, dan pelaksanaan pengawasan secara rutin untuk meningkatkan kepatuhan terhadap aspek keselamatan kerja.

Menurut Utami et al. (2022) dalam penelitiannya yang berjudul “Penerapan FMEA dan AHP dalam Perumusan Strategi Mitigasi Risiko Proses Penyaluran Jaringan Gas”, bertujuan untuk meminimalkan permasalahan yang terjadi di perusahaan yaitu kebocoran gas, kebakaran pipa, meteran yang tidak berfungsi, dan gangguan lainnya yang dapat menghambat distribusi gas sehingga penerapan manajemen risiko menjadi sangat diperlukan. Penelitian ini menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) untuk mengidentifikasi dan menilai risiko yang muncul dalam proses penyaluran gas dan menentukan langkah mitigasi. Penelitian ini juga menggunakan metode *Analytic Hierarchy Process* (AHP) untuk memilih strategi terbaik dari beberapa alternatif mitigasi yang ada. Hasil perhitungan *Risk Priority Number* (RPN), risiko dengan prioritas tertinggi yaitu “potensi kebakaran pada pipa berdiameter 20 mm” dengan nilai RPN sebesar 144. Kemudian dilakukan penetapan strategi mitigasi dengan menggunakan pendekatan *Benefit, Cost, Opportunity, and Risk* (BCOR). Hasil perhitungan kriteria, benefit menjadi aspek dengan nilai tertinggi yaitu 0,340. Sementara itu, dari perhitungan alternatif strategi

dengan nilai tertinggi yaitu “pemasangan *sign system* yang melarang kegiatan pembakaran sampah di jalur pipa atau di area tang berdekatan dengan pipa (A1)”, dengan nilai sebesar 0,428 sebagai langkah untuk mengurangi risiko secara efektif.

Menurut Hamdani & Ernawati (2023) dalam penelitiannya yang berjudul “Analisis dan Mitigasi Risiko Rantai Pasok Menggunakan Metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) di PG. Wringin Anom Situbondo”, bertujuan untuk mengidentifikasi risiko dan memberikan rekomendasi perbaikan untuk mengurangi potensi kegagalan dalam aktivitas rantai pasok di PG. Wringin Anom Situbondo. Penelitian ini menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dengan menilai risiko berdasarkan tingkat keparahan (*severity*), frekuensi kejadian (*occurrence*), dan kemampuan deteksi (*detection*). Hasil penelitian menunjukkan adanya 27 *risk event* yang disebabkan oleh 36 *risk agent* pada proses *plan*, *source*, dan *make*. Pada penelitian ini ditemukan pula empat risiko prioritas yang perlu segera mendapatkan tindakan mitigasi supaya operasional rantai pasok tidak terganggu dan berjalan lancar. Keempat risiko tersebut dikategorikan sebagai risiko kritis sehingga perlu diberikan rekomendasi perbaikan atau strategi alternatif berdasarkan hasil penilaian. Penelitian ini diharapkan mampu mendukung pelaksanaan mitigasi risiko yang sudah dianalisis, sehingga dapat menekan kerugian produksi, mengurangi pemborosan waktu, serta menjaga kualitas produk untuk mencapai tujuan perusahaan.

Menurut Syaputra et al. (2024) dalam penelitiannya yang berjudul “Integrasi Metode FMEA dan FTA dalam Analisis Risiko Keselamatan dan Kesehatan Kerja di Bengkel Bubut”, bertujuan untuk menganalisis dan menilai tingkat risiko K3 pada Bengkel Bubut BBM dengan memanfaatkan metode FMEA dan FTA. Dalam perkembangan sektor industri yang semakin kompleks, pengendalian kecelakaan kerja menjadi kebutuhan penting karena berkaitan langsung dengan perlindungan tenaga kerja, keberlangsungan operasional, dan pencegahan kerugian material dan dampak lingkungan. Penelitian ini berfokus pada identifikasi potensi bahaya dan evaluasi tingkat risikonya, baik sebelum maupun setelah terjadinya kecelakaan kerja. Pengumpulan data dilakukan melalui observasi lapangan, wawancara dengan pekerja, dan penyebaran kuisioner untuk memperoleh gambaran menyeluruh mengenai kondisi kerja. Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan metode FMEA, risiko dengan tingkat prioritas tertinggi adalah paparan pasir atau partikel debu pada area mata, dengan nilai RPN sebesar 118,9. Analisis menggunakan metode FTA digunakan untuk menelusuri faktor – faktor penyebab

kecelakaan, yang menghasilkan lima akar penyebab dominan berdasarkan informasi dari tenaga kerja. Hasil penelitian menunjukkan perlunya peningkatan budaya keselamatan, konsistensi penggunaan APD, dan perbaikan prosedur kerja yang lebih terstruktur untuk menurunkan potensi terjadinya kecelakaan kerja di lingkungan bengkel.

Menurut Aulawi et al. (2022) dalam penelitiannya yang berjudul “Analisis Risiko Kegagalan Proses Produksi Dodol Menggunakan Metode FTA, FMEA, dan AHP”, membahas mengenai pengendalian mutu dalam proses produksi dodol. Pengendalian mutu dalam proses produksi merupakan aspek penting bagi setiap perusahaan karena tingkat kegagalan yang rendah berbanding lurus dengan minimnya potensi kerugian. Pada PD. Aditya Dodol, permasalahan utama yang dihadapi adalah tingginya presentase kegagalan produksi yang berkisar antara 2 – 3% setiap bulan. Kondisi ini menunjukkan perlunya pendekatan sistematis untuk mengidentifikasi sumber permasalahan dan merumuskan strategi perbaikan yang tepat. Penelitian ini bertujuan untuk menekan tingkat kegagalan proses produksi dodol melalui penerapan beberapa metode analitis. Metode *Fault Tree Analysis* (FTA) digunakan untuk mengetahui faktor penyebab kegagalan secara hierarki, sedangkan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dimanfaatkan untuk menilai tingkat risiko setiap potensi kegagalan berdasarkan bobot potensinya. Kemudian, *Analytical Hierarchy Process* (AHP) diterapkan untuk menentukan alternatif strategi yang paling efektif dalam mengatasi permasalahan produksi. Hasil analisis menunjukkan bahwa kegagalan produksi terutama bersumber dari ketidaksempurnaan dalam pengolahan bahan baku, kegagalan pada tahap pengemasan, dan kurang optimalnya proses distribusi. Faktor dominan yang memengaruhi berbagai kegagalan tersebut berkaitan dengan kesalahan yang dilakukan oleh tenaga kerja. Oleh karena itu, strategi yang direkomendasikan adalah mendorong partisipasi aktif tenaga kerja dengan membuka ruang penyampaian ide dan gagasan sebagai bagian dari upaya perbaikan berkelanjutan dalam sistem produksi perusahaan.

Tabel 2. 1 Kajian Literatur

No	Penulis dan Tahun	Objek Penelitian	Metode					
			FMEA	Fuzzy FMEA	FTA	Fuzzy FTA	AHP	Fuzzy AHP
1	Panić & Xiaojun (2025)	Industri Pertambangan	✓				✓	
2	Zokaei et al. (2025)	Industri Baja		✓		✓		✓
3	Parman et al. (2025)	<i>Cargo Handling</i>	✓				✓	
4	Sabrinawati & Putra (2024)	Proyek Konstruksi	✓					
5	Fadillah (2025)	Industri <i>Furniture</i>	✓		✓			
6	Anggita et al. (2025)	Laboratorium Proses Manufaktur Teknik Industri Universitas PGRI Adi Buana	✓					
7	Golkhani et al. (2018)	Industri Semen	✓				✓	

No	Penulis dan Tahun	Objek Pebelitian	Metode					
			FMEA	Fuzzy FMEA	FTA	Fuzzy FTA	AHP	Fuzzy AHP
8	Bao et al. (2017)	Industri Pertambangan	✓				✓	
9	Mayasi & Rusindiyanto (2023)	Agroindustri Gula Kristal Putih	✓		✓			
10	Haryanto & Latifa (2020)	Jalan Tol	✓				✓	
11	Indrawati & Mulyatno (2025)	Industri Perkapalan	✓				✓	
12	Prisilia & Purnomo (2022)	Pembangunan Gedung Laboratorium DLH Banyuwangi	✓		✓			
13	Utami et al. (2022)	Industri Pengolahan Jaringan Gas	✓				✓	
14	Hamdani & Ernawati (2023)	Agroindustri Gula Kristal Putih	✓					

No	Penulis dan Tahun	Objek Penelitian	Metode					
			FMEA	Fuzzy FMEA	FTA	Fuzzy FTA	AHP	Fuzzy AHP
15	Syaputra et al. (2024)	Bengkel Bubut	✓		✓			
16	Aulawi et al. (2022)	Industri Pengolahan Dodol	✓		✓		✓	

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Keselamatan dan Kesehatan Kerja

Menurut (OHSAS 18001, 2007), Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) bertujuan untuk meningkatkan dan menjaga derajat kesehatan fisik, mental, serta sosial pekerja pada tingkat yang optimal di seluruh jenis pekerjaan. Keselamatan dan Kesehatan Kerja adalah semua kondisi dan faktor yang dapat berdampak pada keselamatan dan kesehatan kerja tenaga kerja maupun orang lain (kontraktor, pemasok, pengunjung, dan tamu) di tempat kerja. Keselamatan dan Kesehatan Kerja berfungsi sebagai langkah pencegahan terhadap gangguan kesehatan yang timbul akibat aktivitas maupun kondisi lingkungan kerja. Dengan demikian, Keselamatan dan Kesehatan Kerja dapat dipahami sebagai bentuk perlindungan bagi pekerja agar terhindar dari berbagai risiko yang berpotensi merugikan kesehatan mereka dalam menjalankan pekerjaan (Simbolon et al., 2024)

2.2.1.1 Keselamatan Kerja

Menurut (Stelea, George, Afrim, & Balan, 2017), keselamatan kerja merupakan salah satu komponen dalam manajemen K3 yang menitikberatkan pada aspek perilaku pekerja. Perilaku kerja yang tidak aman muncul akibat berbagai faktor, antara lain sebagai berikut:

1. Pekerja tidak dilengkapi dengan Alat Pelindung Diri (APD) yang memadai untuk mendukung pelaksanaan pekerjaan secara aman.
2. Pekerja tidak mematuhi peraturan serta prosedur keselamatan kerja yang telah ditetapkan.
3. Tingginya tekanan pekerjaan mendorong pekerja untuk mengabaikan ketentuan keselamatan kerja.
4. Pekerja dengan sengaja tidak menggunakan APD dengan tujuan untuk menghemat waktu.
5. Kondisi pekerja yang kurang fokus, mengalami kelelahan, stres, atau beban pikiran yang tinggi menyebabkan abai terhadap aspek keselamatan kerja.
6. Kurangnya komunikasi antar pekerja untuk saling mengingatkan pentingnya menggunakan APD.

2.1.1.2 Kesehatan Kerja

Menurut (Reese, 2018) kesehatan kerja diartikan sebagai kondisi fisik, mental, dan sosial seseorang yang tidak hanya terbebas dari penyakit atau gangguan kesehatan, tetapi juga mampu berfungsi dan berinteraksi secara baik dengan lingkungan serta pekerjaannya. Aspek kesehatan menekankan upaya mempertahankan kondisi sehat, bukan semata – mata berfokus pada pengobatan, perawatan, atau penyembuhan penyakit. Oleh karena itu, perhatian utama dalam

bidang kesehatan lebih diarahkan pada tindakan potensi timbulnya penyakit serta pemeliharaan kesehatan secara optimal.

2.2.2 Manajemen Risiko

Manajemen risiko merupakan serangkaian prosedur dan metode yang digunakan untuk mengidentifikasi, mengukur, memantau, serta mengendalikan risiko yang muncul dari aktivitas dalam suatu organisasi. Tujuan utama dari manajemen risiko adalah meningkatkan kinerja organisasi atau perusahaan melalui pengelolaan risiko yang tepat. Penerapan sistem manajemen risiko yang terstruktur dengan baik dapat membantu organisasi dalam menghadapi kejadian yang tidak terduga, sekaligus meningkatkan kualitas pengambilan keputusan serta memperkuat kepercayaan dari para pemangku kepentingan (Pratiwi & Kurniawan, 2017). Menurut (Gunawan, 2024), manajemen risiko memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kinerja perusahaan. Penerapan manajemen risiko berperan positif dalam meningkatkan hasil kinerja perusahaan dan dianggap sebagai salah satu pedoman penting dalam pengelolaan sumber daya secara efektif. Penerapan manajemen risiko dalam suatu perusahaan memberikan berbagai manfaat yang mendukung peningkatan kinerja, diantaranya adalah sebagai berikut (Fahmi, 2010):

1. Perusahaan memiliki dasar yang lebih kuat dan terukur dalam proses pengambilan keputusan.
2. Memberikan panduan bagi perusahaan dalam mengidentifikasi dan memahami berbagai pengaruh yang berpotensi menimbulkan dampak, baik dalam jangka pendek maupun jangka panjang.
3. Membantu perusahaan dalam meminimalkan kemungkinan terjadinya risiko kerugian.
4. Mendorong manajer untuk lebih berhati – hati dalam proses pengambilan keputusan serta mengantisipasi risiko yang menimbulkan kerugian, khususnya kerugian finansial.
5. Melalui penerapan manajemen risiko yang dirancang secara sistematis, perusahaan dapat membangun arah kebijakan dan mekanisme pengelolaan yang berkelanjutan.

2.2.3 Risiko

Risiko merupakan kondisi ketidakpastian mengenai peristiwa yang mungkin terjadi di masa depan, sehingga diperlukan pertimbangan dalam setiap pengambilan keputusan (Lestari, Kurniari, & Darmaputra, 2023). Risiko memungkinkan terjadinya peristiwa yang dapat menimbulkan kerugian dimana besar kecilnya risiko dipengaruhi oleh kombinasi antara peluang terjadinya dan tingkat dampak yang ditimbulkan. Kerugian umumnya dipandang sebagai hal yang merugikan,

seperti kehilangan, ancaman, maupun konsekuensi negatif lainnya. Oleh karena itu, kerugian sebagai bentuk ketidakpastian perlu dipahami dan dikelola secara efektif oleh perusahaan sebagai bagian dari strategi, sehingga dapat memberikan nilai tambah dalam upaya pencapaian tujuan perusahaan (Harianto, 2019).

Identifikasi risiko merupakan proses analisis yang dilakukan secara sistematis dan berkelanjutan untuk menemukan potensi kerugian yang dapat mengancam perusahaan, lembaga, maupun aktivitas yang sedang direncanakan, dilaksanakan, atau dioperasikan. Proses identifikasi risiko diawali dengan beberapa tahapan, yaitu (Chuzaini, 2020):

1. Memahami konsep risiko, yang diartikan sebagai tingkat ketidakpastian terhadap kemungkinan terjadinya suatu peristiwa atau tidak tercapainya tujuan dalam periode waktu tertentu.
2. Mengidentifikasi berbagai jenis risiko yang berpotensi dihadapi oleh pelaku usaha, termasuk menentukan risiko yang dapat memengaruhi suatu proyek serta mendokumentasi karakteristik dari masing – masing risiko tersebut.

Risiko dapat diidentifikasi melalui sumber risiko (*source*), kejadian atau peristiwa (*event*), dan dampak yang ditimbulkan (*effect*). Tahap awal yang perlu dilakukan adalah memahami secara jelas sumber dan peristiwa yang memicu munculnya risiko. Risiko dapat berasal dari berbagai sumber, (Godfrey, 1996) dalam bukunya mengatakan bahwa sumber risiko dapat mencakup aspek politik, lingkungan, perencanaan, pemasaran, ekonomi, keuangan, faktor alam, proyek, teknis, sumber daya manusia, kriminalitas, dan keselamatan. Setiap sumber risiko tersebut memiliki potensi menimbulkan perubahan dan ketidakpastian yang dapat memengaruhi pencapaian tujuan.

2.2.4 Lingkungan Kerja

Lingkungan kerja merupakan keseluruhan kondisi yang berada di sekitar pekerja dan memengaruhi rasa aman, nyaman, serta kepuasan dalam melaksanakan dan menyelesaikan pekerjaan yang diberikan. Lingkungan kerja mencakup segala aspek di sekitar pekerja yang dapat berdampak pada pelaksanaan tugas, baik berupa peralatan yang digunakan, kondisi fisik tempat kerja, maupun metode kerja, baik secara individu maupun kelompok (Saputra & Mahaputra, 2022). Lingkungan kerja baik bersifat fisik maupun non fisik, memiliki pengaruh langsung maupun tidak langsung terhadap kinerja pekerja dalam melaksanakan tugasnya. Oleh karena itu, kondisi dan suasana lingkungan kerja menjadi faktor penting yang memengaruhi kinerja pekerja. Lingkungan kerja yang kondusif cenderung meningkatkan semangat kerja para pekerja.

Sebaliknya lingkungan kerja yang tidak mampu memenuhi kebutuhan pekerja dapat menimbulkan rasa bosan, kelelahan, serta menurunkan motivasi kerja, sehingga pekerja tidak dapat menjalankan tugas secara efektif dan pada akhirnya berdampak pada penurunan kinerja (Danisa & Komari, 2023).

Menurut Sedarmayanti (2017) dalam (Okadilah & Syarifuddin, 2021), jenis lingkungan kerja dapat diklasifikasikan ke dalam dua kategori utama, yaitu lingkungan kerja fisik dan lingkungan kerja non fisik. Masing – masing kategori akan dijelaskan secara lebih lanjut sebagai berikut:

1. Lingkungan Kerja Fisik

Lingkungan kerja fisik mencakup seluruh kondisi fisik yang terdapat di sekitar area kerja yang dapat memengaruhi para pekerja, baik secara langsung maupun tidak langsung. Lingkungan kerja fisik tersebut dapat dikelompokkan ke dalam dua kategori yaitu:

- 1) Lingkungan kerja yang berhubungan langsung dengan pekerja, seperti fasilitas kerja berupa pusat kerja, meja, kursi, dan perlengkapan kerja lainnya.
- 2) Lingkungan kerja perantara, yaitu kondisi lingkungan yang mempengaruhi keadaan fisik dan kenyamanan manusia, meliputi bau tak sedap, suhu udara, sirkulasi udara, tingkat kelembaban, pencahayaan, kebisingan, serta getaran mekanis.

2. Lingkungan Kerja Non Fisik

Lingkungan kerja non fisik mencakup seluruh kondisi yang berkaitan dengan hubungan kerja, baik antara pekerja dengan pemimpin, sesama rekan kerja, maupun dengan bawahan. Aspek lingkungan kerja non fisik ini merupakan faktor penting yang tidak dapat diabaikan oleh perusahaan, perusahaan perlu menciptakan kondisi yang mendukung terjalannya kerja sama yang harmonis antara atasan dan bawahan serta antar pekerjadengan kedudukan yang setara. Hal tersebut diharapkan dapat membangun suasana kerja yang bersifat kekeluargaan, didukung oleh komunikasi yang efektif dan pengendalian diri yang baik di lingkungan kerja. Adapun kondisi lingkungan kerja non fisik meliputi:

1) Faktor Lingkungan Sosial

Kondisi sosial yang dipengaruhi terhadap kinerja pekerja, seperti latar belakang keluarga yang mencakup status keluarga, jumlah anggota keluarga, tingkat kesejahteraan, dan aspek sosial lainnya.

2) Faktor Status Sosial

Semakin tinggi status sosial yang dimiliki seseorang, akan semakin besar pula kewenangan dan keleluasaan dalam proses pengambilan keputusan.

3) Faktor Hubungan Industrial Dalam Perusahaan

Hubungan industrial dalam perusahaan mencakup hubungan kerja antar pekerja maupun hubungan antara pekerja dengan atasan.

4) Faktor Sistem Informasi

Ketersediaan sistem yang mampu menjamin kecepatan dan kelancaran dan komunikasi antar anggota organisasi melalui dukungan teknologi informasi dan komunikasi, sehingga proses kerja dapat berlangsung lebih efektif dan efisien.

Sebagai tolak ukur dalam menggambarkan fenomena secara konkret, diperlukan indikator – indikator yang mampu mengonfirmasi suatu kondisi, termasuk lingkungan kerja, melalui berbagai gejala nyata yang diamati. Indikator tersebut penting digunakan dalam proses evaluasi untuk menilai apakah lingkungan kerja telah sesuai dan mampu memberikan dampak positif bagi pekerja. Menurut Afandi (2018, hlm. 66) dalam (Danisa & Komari, 2023), terdapat beberapa indikator lingkungan kerja meliputi:

1. Pencahayaan

Apabila pencahayaan disediakan secara memadai dan tepat, pekerja dapat bekerja dengan lebih cepat, melakukan lebih sedikit kesalahan, serta meningkatkan efisiensi kerja dengan tingkat kelelahan mata yang lebih rendah.

2. Warna

Warna merupakan salah satu faktor penting dalam meningkatkan efisiensi kerja, karena berpengaruh terhadap kondisi mental pekerja. Pemilihan warna yang tepat pada area kerja dan peralatan kerja dapat membantu menciptakan suasana kerja yang nyaman, sehingga pekerja lebih fokus menyelesaikan pekerjaannya.

3. Udara

Faktor udara umumnya berkaitan dengan kondisi suhu ruangan, sistem sirkulasi udara, serta tingkat kelembaban atau kandungan uap air di dalam udara.

4. Suara

Untuk mengendalikan tingkat kebisingan, peralatan yang menghasilkan suara keras, perlu ditempatkan pada lokasi khusus agar tidak mengganggu konsentrasi pekerja dalam melaksanakan pekerjaannya.

2.2.5 Kecelakaan Kerja

Kecelakaan kerja merupakan peristiwa yang terjadi dalam kaitannya dengan aktivitas pekerjaan, termasuk kejadian yang dialami pekerja selama perjalanan dari tempat tinggal menuju lokasi kerja maupun sebaliknya, serta gangguan kesehatan atau penyakit yang timbul akibat pengaruh lingkungan kerja (Kementerian Ketenagakerjaan Republik Indonesia, 2021).

2.2.5.1 Jenis – Jenis Kecelakaan Kerja

Secara umum terdapat tiga jenis kecelakaan kerja yaitu *accident*, *incident*, dan *near miss*. Berikut merupakan uraian selengkapnya:

1. *Accident*

Accident merupakan suatu peristiwa yang tidak direncanakan dan tidak diharapkan yang menimbulkan dampak merugikan baik terhadap manusia maupun terhadap aset atau harta benda.

2. *Incident*

Incident merupakan peristiwa yang tidak direncanakan dan tidak diharapkan, namun belum menimbulkan kerugian atau dampak negatif.

3. *Near Miss*

Near miss merupakan peristiwa hampir terjadinya kecelakaan, yaitu kondisi yang berpotensi menimbulkan *accident* maupun *incident*, namun belum sampai menyebabkan dampak kerugian.

Kecelakaan kerja juga dapat diuraikan berdasarkan lokasi dan waktu yaitu kecelakaan kerja akibat langsung kerja, kecelakaan kerja pada saat atau waktu kerja, kecelakaan diperjalanan, dan penyakit akibat kerja. Terdapat juga kecelakaan kerja berdasarkan tingkat akibat yang ditimbulkan, seperti:

1. Kecelakaan Kerja Ringan

Kecelakaan kerja ringan merupakan kecelakaan kerja yang perlu pengobatan di hari itu dan dapat melanjutkan kembali pekerjaan atau istirahat kurang dari 2 hari. Contohnya yaitu terpeleset, tergores, terkena pecahan kaca, terjatuh, ataupun terkilir.

2. Kecelakaan Kerja Sedang

Kecelakaan kerja sedang merupakan kecelakaan kerja yang memerlukan pengobatan dan perlu pengobatan selama lebih dari 2 hari. Contohnya yaitu terkena luka sampai robek, luka bakar, dan lain sebagainya.

3. Kecelakaan Kerja Berat

Kecelakaan kerja berat merupakan kecelakaan kerja yang mengalami amputasi dan atau kegagalan fungsi tubuh. Contohnya yaitu patah tulang, cedera pada organ vital, kehilangan anggota tubuh, dan kematian.

2.2.5.2 Penyebab Kecelakaan Kerja

Terdapat dua kategori penyebab kecelakaan kerja yaitu:

1. Kondisi Berbahaya (*Unsafe Condition*)

Kondisi berbahaya *unsafe condition* merupakan lingkungan fisik yang dapat menimbulkan kecelakaan. Contohnya seperti mesin yang tidak terdapat pengaman, kondisi lingkungan kerja yang tidak sesuai, alat pelindung diri yang tidak efektif, lantai yang licin, dan tidak terdapat fasilitas yang memadai.

2. Tindakan Berbahaya (*Unsafe Action*)

Tindakan berbahaya atau *unsafe action* merupakan perilaku atau kesalahan – kesalahan yang dapat menimbulkan kecelakaan. Contohnya seperti ceroboh, tidak memakai alat pelindung diri, dan lain sebagainya.

2.2.6 Failure Mode Effect Analysis (FMEA)

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) merupakan suatu metode rekayasa yang digunakan untuk menetapkan, mengidentifikasi serta menghilangkan potensi kegagalan, permasalahan, kesalahan, atau hal serupa pada sistem, desain, proses, maupun jasa sebelum produk atau layanan

tersebut sampai kepada konsumen (Hakim & Cahyana, 2024). Adapun tujuan dari FMEA menurut (Chrysler, 2008) yaitu:

1. Mengidentifikasi penyebab kegagalan proses dalam memenuhi kebutuhan pelanggan.
2. Memperkirakan risiko penyebab tertentu yang menyebabkan kegagalan.
3. Mengevaluasi rencana pengendalian untuk mencegah kegagalan.
4. Melaksanakan prosedur yang diperlukan untuk memperoleh suatu proses bebas dari kesalahan.

Menurut Stamatis (1995) dalam (Rachman et al., 2016), FMEA terbagi menjadi dua jenis, yaitu:

1. *Design FMEA*

Design FMEA digunakan untuk menganalisis produk sebelum produksi dimulai, dengan menitikberatkan pada potensi kegagalan yang muncul akibat kelemahan dalam desain.

2. *Process FMEA*

Process FMEA digunakan untuk menganalisis proses manufaktur dan perakitan, dengan berfokus pada potensi kegagalan yang muncul akibat kelemahan dalam desain proses produksi atau perakitan. *Process FMEA* memberikan berbagai manfaat bagi perusahaan antara lain yaitu:

- a. Membantu mengevaluasi proses manufaktur baru.
- b. Meningkatkan pemahaman bahwa potensi kegagalan dalam proses perlu diperhatikan.
- c. Mengidentifikasi kelemahan proses sehingga *engineer* dapat menetapkan pengendalian yang tepat untuk mengurangi produk yang tidak sesuai.
- d. Meningkatkan kemampuan mendeteksi ketidaksesuaian produk.
- e. Menentukan prioritas tindakan perbaikan pada proses.

2.2.6.1 Langkah – Langkah FMEA

Menurut (Simsekler et al., 2019), terdapat langkah – langkah dalam FMEA, yaitu:

1. Melakukan Kajian Proses atau Produk

Tim melakukan peninjauan berdasarkan *blueprint* untuk FMEA produk atau *flowchart* untuk FMEA proses. Pada FMEA produk, tim perlu mengamati produk atau *prototype* secara langsung. Sedangkan pada FMEA proses, tim harus menelusuri rangkaian aktivitas produksi untuk memahami alur dan tahapan proses yang berlangsung.

2. Tim FMEA melakukan *Brainstorming*

Brainstorming dilakukan dengan menggunakan metode *round – robin*, dimana setiap anggota tim wajib menyampaikan idenya. Ide yang disampaikan berfokus pada penyebab kegagalan produk atau proses yang sedang dianalisis. Kemudian, ide – ide tersebut dikelompokkan berdasarkan jenis kegagalan atau tingkat keparahannya.

3. Menentukan Tingkat Keparahan (*Level Severity*)

Tingkat keparahan menggambarkan besarnya dampak yang ditimbulkan bila suatu kegagalan terjadi, dan dinilai dalam bentuk skor. Pada analisis produk, penentuan tingkat keparahan didasarkan pada dampak terhadap pelanggan. Sedangkan pada analisis proses, tingkat keparahan ditentukan berdasarkan pengaruhnya terhadap jalannya proses.

4. Menentukan Tingkat Kejadian (*Level Occurrence*)

Tingkat kejadian menunjukkan seberapa sering suatu kegagalan muncul, yang dinilai dalam bentuk skor. Penentuan nilai ini dilakukan dengan meninjau catatan kejadian kegagalan selama satu tahun terakhir.

5. Menentukan Tingkat Deteksi (*Level Detection*)

Tingkat deteksi menggambarkan seberapa besar peluang kegagalan atau dampaknya dapat ditemukan, yang dinilai dalam bentuk skor. Penilaiannya dilakukan dengan mengidentifikasi pengendalian yang saat ini tersedia dan mampu mendeteksi kegagalan maupun efek yang ditimbulkan.

6. Menentukan *Risk Priority Number* (RPN)

Risk Priority Number (RPN) diperoleh dari hasil perkalian antara skor *severity*, *occurrence*, dan *detection*. Nilai ini digunakan sebagai acuan dalam membandingkan kondisi awal dengan RPN yang telah diperbarui setelah tindakan perbaikan diterapkan.

7. Menentukan Prioritas Kegagalan untuk Tindakan

Tindakan perbaikan ditentukan berdasarkan tingkat prioritas kegagalan melalui nilai RPN.

8. Melakukan Tindakan untuk Mengurangi Risiko

Tindakan perbaikan dilakukan sesuai dengan rekomendasi yang diberikan.

9. Menghitung Kembali Nilai *Risk Priority Number* (RPN) Setelah Tindakan

Setelah tindakan perbaikan diterapkan, nilai baru untuk *severity*, *occurrence*, dan *detection* perlu ditetapkan. RPN yang diperbarui ini disebut sebagai *resulting RPN*. Metode FMEA

tidak menetapkan target RPN tertentu, sehingga dapat menentukan sendiri sejauh mana perubahan perlu dilakukan.

2.2.6.2 Variabel dalam FMEA

Dalam FMEA terdapat tiga variabel yaitu *severity*, *occurrence*, dan *detection*. Ketiga variabel tersebut digunakan untuk menetapkan nilai rating tingkat keparahan pada *potential failure mode*. Penilaian diberikan menggunakan skala 1 sampai 10, dimana nilai 1 menunjukkan dampak paling ringan dan nilai 10 menunjukkan dampak paling besar. Pemilihan skala harus disesuaikan dengan karakteristik *potential failure mode* dan referensi dari studi literatur (Rachman et al., 2016). Berikut merupakan penjelasan dari *severity*, *occurrence*, dan *detection*:

1. *Severity*

Severity merupakan aspek penilaian yang digunakan untuk menunjukkan tingkat keparahan dan dampak serius dari suatu *failure mode*, dengan kriteria penilaian adalah sebagai berikut:

Tabel 2. 2 Kriteria Penilaian *Severity*

<i>Severity</i>	<i>Effect</i>	<i>Rank</i>
Tidak memiliki efek.	Tidak menimbulkan efek	1
Dampak yang tidak signifikan terhadap kinerja sistem.	Sangat sedikit	2
Memberikan sedikit pengaruh terhadap kinerja sistem.	Sedikit	3
Mengalami gangguan yang berdampak kecil pada kinerja sistem.	Kecil	4
Mengalami penurunan performa secara bertahap.	Tinggi	5
Sistem beroperasi dengan aman, namun mengalami penurunan performa yang mempengaruhi hasil <i>output</i> .	Signifikan	6
Sistem beroperasi, namun tidak dapat berfungsi dengan maksimal.	Besar	7
Sistem tidak beroperasi.	Ekstrim	8

Kegagalan pada sistem yang dapat menimbulkan dampak berbahaya.	Berbahaya	9
Kegagalan yang terjadi bersifat sangat berbahaya dan secara langsung memengaruhi aspek keselamatan.	Sangat Berbahaya	10

(Sukania & Wijaya, 2023)

2. *Occurrence*

Occurrence merupakan aspek penilaian yang digunakan untuk menggambarkan tingkat frekuensi atau seberapa sering penyebab kegagalan terjadi, dengan kriteria penilaian adalah sebagai berikut:

Tabel 2. 3 Kriteria Penilaian *Occurrence*

<i>Occurrence</i>	<i>Effect</i>	<i>Rank</i>
Kegagalan hampir tidak pernah terjadi.	Hampir tidak berdampak	1
Kemungkinan terjadi kegagalan rendah.	Rendah	2 – 3
Kegagalan jarang terjadi.	Sedang	4 – 6
Kegagalan terjadi secara berulang.	Tinggi	7 – 8
Kegagalan sering terjadi.	Sangat Tinggi	9 – 10

(Sukania & Wijaya, 2023)

3. *Detection*

Detection merupakan aspek penilaian yang digunakan untuk menunjukkan kemampuan sistem dalam mengendalikan atau mendeteksi penyebab kegagalan yang beroperasi, dengan kriteria penilaian adalah sebagai berikut:

Tabel 2. 4 Kriteria Penilaian *Detection*

<i>Detection</i>	<i>Effect</i>	<i>Rank</i>
Pemeriksaan selalu mampu mendeteksi penyebab kegagalan.	Hampir Pasti	1
Pemeriksaan memiliki kemampuan yang sangat tinggi dalam mendeteksi penyebab kegagalan.	Sangat Tinggi	2

<i>Detection</i>	<i>Effect</i>	<i>Rank</i>
Pemeriksaan memiliki kemampuan yang cukup baik dalam mendeteksi penyebab kegagalan.	Tinggi	3
Pemeriksaan memiliki kemampuan yang memadai untuk mendeteksi penyebab kegagalan.	Menengah Atas	4
Pemeriksaan memiliki kemampuan tingkat sedang dalam mendeteksi penyebab kegagalan.	Sedang	5
Pemeriksaan memiliki kemampuan yang rendah dalam mendeteksi penyebab kegagalan.	Rendah	6
Pemeriksaan memiliki kemampuan yang sangat rendah dalam mendeteksi penyebab kegagalan.	Sangat Rendah	7
Pemeriksaan memiliki kemampuan “remote” untuk mendeteksi penyebab kegagalan.	Kecil	8
Pemeriksaan memiliki kemampuan “very remote” untuk mendeteksi penyebab kegagalan.	Sangat Kecil	9
Pemeriksaan tidak mampu mendeteksi penyebab kegagalan.	Tidak Pasti	10

(Sukania & Wijaya, 2023)

2.2.6.3 Perhitungan Risko Priority Number (RPN)

Risk Priority Number (RPN) merupakan indikator tingkat kekritisian yang digunakan untuk menentukan prioritas tindakan korektif atau upaya pengurangan kemungkinan terjadinya kegagalan sistem sesuai dengan mode kegagalan yang teridentifikasi. Nilai RPN diperoleh dari hasil perkalian tiga kriteria utama tingkat keparahan (*severity*) kemungkinan kejadian

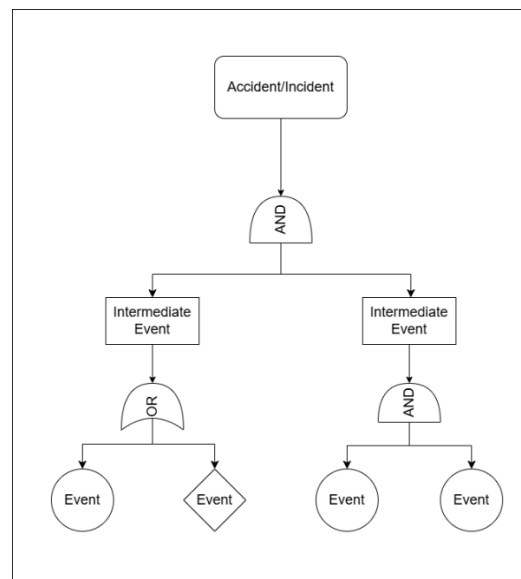
(*occurrence*), dan kemampuan deteksi (*detection*). Nilai RPN dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$RPN = SEVERITY \times OCCURRENCE \times DETECTION$$

Hasil perhitungan RPN menggambarkan tingkatan keparahan potensi kegagalan (*potential failure*). Semakin besar nilai RPN, maka semakin tinggi pula tingkat kekritisitas atau permasalahan pada sistem (Rinoza et al., 2021).

2.2.7 Fault Tree Analysis (FTA)

Fault Tree Analysis (FTA) merupakan teknik analisis yang digunakan untuk mengidentifikasi berbagai risiko yang berkontribusi terhadap terjadinya kegagalan atau kecelakaan. Pendekatan yang digunakan bersifat *top – down*, dimulai dengan menetapkan kejadian puncak (*top event*) sebagai asumsi awal kegagalan, kemudian menguraikan secara sistematis faktor – faktor penyebabnya hingga mencapai penyebab dasar (*root cause*). Dalam FTA, terdapat gerbang logika yang digunakan untuk menggambarkan kondisi yang memicu terjadinya kegagalan, baik yang berasal dari satu kondisi tunggal maupun kombinasi dari beberapa kondisi. Penyusunan struktur FTA umumnya melibatkan dua jenis gerbang logika, yaitu gerbang AND dan gerbang OR (Arman et al., 2022). Penerapan metode FTA bertujuan untuk mengetahui faktor – faktor penyebab kegagalan atau kecelakaan yang terjadi di lingkungan perusahaan (Hidayat, 2020).



Gambar 2. 1 *Fault Tree Analysis Diagram*

Untuk melakukan analisis penyebab dasar (*root cause*) menggunakan FTA, terdapat beberapa tahapan yang perlu diperhatikan. Berikut merupakan tahapan FTA (Suliantoro et al., 2018)

1. Mengidentifikasi *Top Event*

Pada tahap ini dilakukan identifikasi terhadap kegagalan yang terjadi berdasarkan kondisi di lapangan untuk menentukan kejadian puncak (*top event*). Kemudian, kejadian tersebut dianalisis secara lebih lanjut untuk mengetahui faktor – faktor penyebabnya hingga mencapai kegagalan paling dasar (*basic event*).

2. Membuat *Fault Tree* Menggunakan Simbol FTA

Pada tahap ini dilakukan penyusunan model grafis berupa diagram *fault tree* yang menggambarkan hubungan logis penyebab terjadinya *top event* melalui penggunaan simbol – simbol logika, sehingga alur dan jejak kegagalan dapat diidentifikasi secara jelas.

3. Analisa Kualitatif

Pada tahap ini dilakukan dengan menentukan minimal *cut set*. *Cut set* merupakan kombinasi dari beberapa *basic event* yang apabila seluruh peristiwa tersebut terjadi secara bersamaan dapat memicu terjadinya *top event*. Sementara itu, minimal *cut set* merupakan kombinasi peristiwa paling sederhana atau paling sedikit yang masih mampu menyebabkan terjadinya *top event*.

4. Analisa Kuantitatif

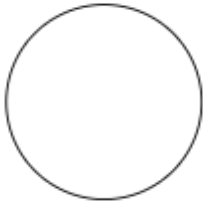
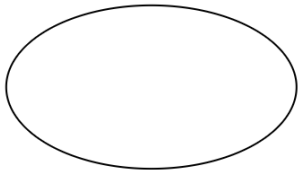
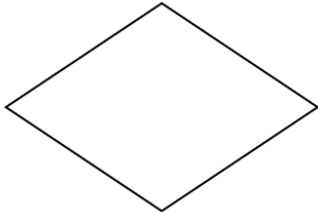
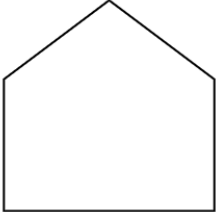
Pada tahap ini dilakukan perhitungan nilai probabilitas dari peristiwa yang dianalisis, dengan tujuan untuk mengetahui tingkat kemungkinan terjadinya kegagalan pada suatu sistem.

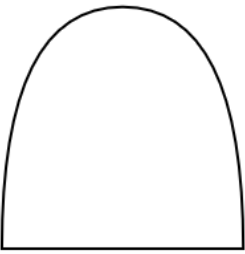
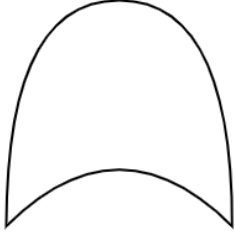
5. Analisa *Fault Tree*

Pada tahap ini dilakukan analisis untuk memperoleh pemahaman mengenai faktor – faktor penyebab kegagalan dan menentukan langkah perbaikan yang perlu dilakukan.

Metode *Fault Tree Analysis* (FTA) menggunakan berbagai simbol yang sering digunakan untuk menggambarkan suatu kejadian dalam proses analisis. Berikut merupakan daftar simbol pada FTA (Krisnaningsih et al., 2021)

Tabel 2. 5 Simbol – Simbol FTA

Event Symbols	Keterangan
 <p><i>Basic Event</i></p>	<p>Peristiwa dasar yang menjadi pemicu terjadinya kesalahan dan tidak memerlukan pengembangan lebih lanjut dalam proses analisis.</p>
 <p><i>Conditioning Event</i></p>	<p>Kondisi khusus yang dapat diterapkan atau dihubungkan dengan berbagai jenis gerbang logika dalam proses analisis.</p>
 <p><i>Undevelopment Event</i></p>	<p>Peristiwa yang tidak dapat dianalisis atau diuraikan lebih lanjut karena keterbatasan informasi pendukung.</p>
 <p><i>External Event</i></p>	<p>Peristiwa yang diperkirakan terjadi dalam suatu kondisi tertentu.</p>

 <i>Intermediate Event</i>	<p>Peristiwa kegagalan yang terjadi akibat interaksi antara beberapa kegagalan yang dihubungkan melalui penggunaan gerbang logika.</p>
 Gerbang <i>AND</i>	<p>Kesalahan terjadi akibat tindakan manual dari semua input permasalahan terjadi.</p>
 Gerbang <i>OR</i>	<p>Kesalahan yang muncul akibat terjadinya salah satu faktor atau input permasalahan terjadi.</p>

Sumber: (Krisnaningsih et al., 2021)

2.2.8 Analytical Hierarchy Process (AHP)

Analytical Hierarchy Process (AHP) merupakan suatu metode dalam pengambilan keputusan yang dikembangkan oleh Thomas Lorie Saaty yang digunakan untuk memilih alternatif terbaik berdasarkan solusi yang diusulkan dalam penyelesaian suatu permasalahan. Salah satu elemen utama dalam AHP yaitu struktur hierarki yang menjadi kerangka dasar analisis. Struktur hierarki dapat memecahkan berbagai masalah kompleks atau belum terstruktur menjadi bagian – bagian yang lebih kecil, sehingga setiap komponen dapat dievaluasi secara lebih sistematis. Sehingga seluruh bagian masalah dapat disusun kembali menjadi suatu hierarki yang utuh untuk menghasilkan keputusan yang lebih rasional dan terukur (Juniantoro et al., 2023).

2.2.8.1 Prinsip AHP

Menurut (Saaty & Vargas, 2012), terdapat tiga prinsip dari *Analytical Hierarchy Process* (AHP) meliputi *Dekomposisi*, *Comparative Judgements*, Sintesa Prioritas. Berikut merupakan penjelasannya:

1. Dekomposisi

Dekomposisi merupakan suatu langkah dimana permasalahan yang kompleks dipecah menjadi bagian – bagian yang lebih kecil melalui susunan hierarki. Tujuannya untuk menyusun permasalahan mulai dari yang paling umum hingga yang lebih spesifik. Pada bentuk permasalahan paling dasar, struktur hierarki terdiri dari tiga tingkat yaitu tujuan, kriteria, dan alternatif. Setiap kelompok alternatif dapat diperluas menjadi tingkat yang lebih rinci apabila dibutuhkan untuk memasukkan lebih banyak kriteria atau aspek penilaian lainnya. Pada tingkat teratas hanya terdapat satu tujuan, sedangkan tingkat dibawahnya berisi beberapa elemen yang dapat dibandingkan karena memiliki tingkat kepentingan yang relatif sebanding dan tidak menunjukkan perbedaan yang terlalu besar. Jika terdapat elemen yang berbeda secara signifikan, maka perlu ditambahkan tingkat baru agar hierarki tetap terstruktur dengan baik. Berikut level pada struktur hierarki:

- Level pertama: Tujuan Keputusan (*Goal*)
- Level kedua: Kriteria – kriteria
- Level ketiga: Alternatif – alternatif

Penyusunan hierarki dilakukan untuk mempermudah pengambilan keputusan dengan mempertimbangkan seluruh unsur yang berperan dalam suatu sistem. Berbagai permasalahan menjadi sulit ditangani karena proses penyelesaiannya dilakukan tanpa melihat bahwa setiap masalah memiliki susunan dan hubungan antar komponen yang membentuk satu kesatuan.

2. *Comparative Judgements*

Pada tahap *Comparative Judgements*, setiap elemen dibandingkan secara berpasangan untuk menentukan tingkat kepentingan. Proses penilaian ini menjadi bagian paling penting dalam AHP karena hasilnya akan menentukan urutan prioritas setiap elemen. Penilaian tersebut kemudian disajikan dalam bentuk *pairwise comparison matrix*, yaitu matriks yang menampilkan tingkat kepentingan berbagai alternatif terhadap setiap kriteria. Skala yang

digunakan berupa angka, mulai dari nilai 1 yang menunjukkan tingkat kepentingan paling rendah (*equal importance*), hingga nilai 9 yang menunjukkan tingkat kepentingan paling tinggi (*extreme importance*).

3. Sintesis Prioritas

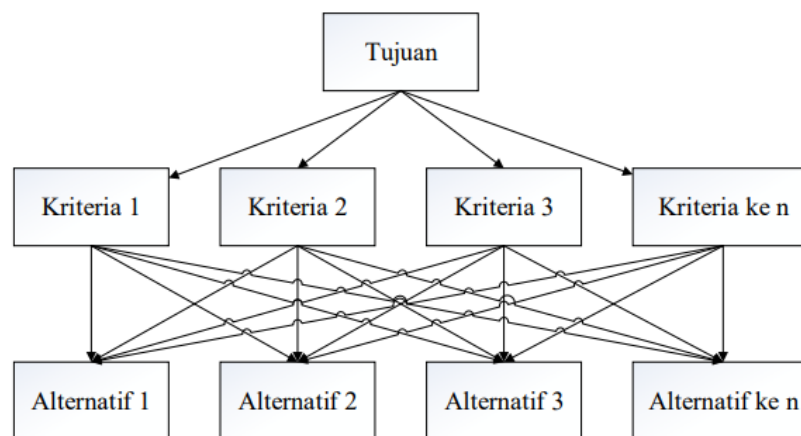
Proses sintesis prioritas dilakukan dengan mengalikan nilai prioritas lokal setiap elemen dengan nilai prioritas kriteria level di atasnya. Nilai – nilai tersebut kemudian dijumlahkan untuk setiap elemen pada level yang dipengaruhi oleh kriteria tersebut. Hasil akhirnya adalah prioritas keseluruhan, yaitu gabungan dari seluruh prioritas yang sudah disesuaikan. Prioritas keseluruhan inilah yang digunakan untuk memberikan bobot pada prioritas lokal di level terbawah sesuai dengan kriteria masing – masing.

2.2.8.2 Tahapan AHP

Terdapat beberapa tahapan dalam pengambilan keputusan dengan AHP adalah sebagai berikut:

1. Menyusun Struktur Masalah dan Mengembangkan Model Keterkaitan.

Permasalahan yang akan dianalisis diuraikan menjadi dua komponen, yaitu kriteria dan alternatif, kemudian disusun dalam bentuk struktur hierarki sebagai berikut:



Gambar 2. 2 Struktur Hierarki

2. Membentuk Matriks Perbandingan Berpasangan.

Penilaian terhadap kriteria dan alternatif dilakukan dengan perbandingan berpasangan. Menurut (Saaty, 1988), untuk berbagai jenis permasalahan, penggunaan skala 1 sampai 9 dianggap paling efektif untuk menyampaikan penilaian atau preferensi. Nilai dan definisi pendapat kualitatif dari skala perbandingan Saaty yaitu:

Tabel 2. 6 Skala Penilaian Perbandingan Berpasangan

Intensitas Kepentingan	Keterangan
1	Kedua elemen sama pentingnya.
3	Elemen yang satu sedikit lebih penting daripada elemen yang lainnya.
5	Elemen yang satu lebih penting daripada yang lainnya.
7	Satu elemen jelas lebih mutlak penting daripada elemen lainnya.
9	Satu elemen mutlak penting daripada elemen lainnya.
2,4,6,8	Nilai – nilai antara dua nilai pertimbangan – pertimbangan yang berdekatan.

Perbandingan dilakukan berdasarkan penilaian pengambilan keputusan mengenai tingkat kepentingan suatu elemen terhadap elemen lainnya. Proses perbandingan berpasangan dimulai dari level hierarki tertinggi untuk menentukan kriteria, misalnya A, kemudian dipilih elemen – elemen seperti A1, A2, dan A3. Susunan elemen yang dibandingkan tersebut kemudian disajikan dalam bentuk matriks seperti pada tabel dibawah sebagai berikut:

Tabel 2. 7 Matriks Perbandingan Berpasangan

	A1	A2	A3
A1	1		
A2		1	
A3			1

Untuk menentukan tingkat kepentingan relatif antar elemen, digunakan skala nilai 1 sampai 9 sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2.7. Penilaian ini diberikan oleh seorang pengambil keputusan yang memiliki keahlian dan keterlibatan dalam permasalahan yang dianalisis. Jika sebuah elemen dibandingkan dengan dirinya sendiri, maka bilangannya adalah 1. Apabila elemen i diberi nilai tertentu saat dibandingkan dengan elemen j, maka perbandingan elemen j terhadap i merupakan nilai kebalikannya.

Dalam metode AHP ini, penilaian alternatif dapat dilakukan secara langsung (*direct*), yaitu dengan memasukkan data kuantitatif. Nilai tersebut biasanya diperoleh dari hasil analisis sebelumnya atau dari pengalaman dan pemahaman mendalam mengenai masalah keputusan. Jika pengambil keputusan memiliki pengetahuan yang cukup tentang persoalan yang dihadapi, maka dapat langsung memberikan bobot pada setiap alternatif

3. Penentuan Prioritas.

Setiap kriteria dan alternatif perlu dinilai melalui perbandingan berpasangan. Hasil perbandingan tersebut kemudian diolah untuk menentukan peringkat dari seluruh alternatif yang ada. Baik kriteria kualitatif maupun kriteria kuantitatif dapat dibandingkan berdasarkan penilaian yang telah ditentukan, sehingga menghasilkan bobot dan prioritas. Bobot tersebut dihitung menggunakan matriks atau melalui penyelesaian persamaan matematis.

Pertimbangan dari setiap perbandingan berpasangan digabungkan untuk memperoleh prioritas keseluruhan melalui langkah – langkah sebagai berikut:

- a. Melakukan pengkuadratan terhadap matriks perbandingan berpasangan.
- b. Menjumlahkan nilai pada setiap baris dan kemudian menormalkan matriks tersebut.

4. Konsistensi logis.

Setiap elemen disusun secara sistematis dan dinilai dengan konsisten berdasarkan kriteria yang logis. Matriks bobot yang dihasilkan dari perbandingan berpasangan harus menunjukkan hubungan kardinal dan ordinal. Hubungan tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut (Suryadi & Ramdhani, 2000):

- Hubungan kardinal: $a_{ij} \cdot a_{jk} = a_{ik}$
- Hubungan ordinal: $A_i > A_j, A_j > A_k \text{ maka } A_i > A_k$

Hubungan diatas dapat dilihat dari dua hal sebagai berikut:

- a. Dengan menggunakan pola preferensi multiplikatif, misalnya jika kopi dianggap tiga kali lebih nikmat daripada teh, dan teh dinilai dua kali lebih nikmat dibandingkan air mineral, maka kopi dapat dikatakan enam kali lebih nikmat daripada air mineral.

- b. Dengan menggunakan pola preferensi transitif, misalnya jika kopi lebih nikmat daripada teh dan teh lebih nikmat daripada air mineral, maka kopi juga lebih nikmat dibandingkan air mineral.

Realitanya, sering muncul penyimpangan dari hubungan tersebut, sehingga matriks tidak sepenuhnya konsisten. Ketidakkonsistenan ini biasanya disebabkan oleh ketidakpastian dalam preferensi seseorang.

Perhitungan konsistensi logis dilakukan dengan mengikuti langkah – langkah sebagai berikut:

- a. Mengalikan dengan matriks prioritas yang sesuai.
- b. Menjumlahkan hasil perkalian perbaris.
- c. Hasil penjumlahaan pada setiap baris dibagi dengan prioritas yang sesuai, kemudian seluruh hasil pembagian tersebut dijumlahkan.
- d. Hasil c dibagi jumlah elemen, akan didapat λ maks.
- e. Indeks konsistensi (CI) = $(\lambda \text{ maks} - n) / (n - 1)$.
- f. Rasio konsistensi = CI/RI, dimana RI merupakan indeks *random* konsistensi. Jika rasio konsistensi $\leq 0,1$, maka hasil perhitungan data dapat dibenarkan.

Tabel 2. 8 Indeks Konsistensi Acak

N	1,2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RI	0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,54	1,56	1,57	1,58

5. Analisis Sensitivitas.

Analisis sensitivitas digunakan untuk menilai apakah keputusan atau hasil akhir akan berubah ketika nilai suatu parameter diubah. Jika berubahnya nilai parameter mengakibatkan berubahnya suatu keputusan, maka keputusan tersebut dianggap sensitif terhadap perubahan parameter atau faktor tersebut.

2.2.8.3 Aksioma AHP

AHP berlandaskan pada tiga aksioma utama sebagai berikut:

1. Aksioma Resiprokal

Aksioma ini menjelaskan, jika PC (EA, EB) merupakan nilai perbandingan berpasangan antara elemen A dan elemen B dengan mempertimbangkan C sebagai elemen induknya, yang menunjukkan seberapa banyak elemen A memiliki suatu karakteristik dibandingkan elemen B, maka $PC(EB, EA) = 1/PC(EA, EB)$. Sebagai contoh, jika A dinilai lima kali lebih besar daripada B, maka B bernilai 1/5 dari A.

2. Aksioma Homogenitas

Aksioma ini menyatakan bahwa elemen – elemen yang dibandingkan sebaiknya tidak memiliki perbedaan yang terlalu besar. Jika perbedaannya terlalu signifikan, maka hasil perbandingan cenderung mengandung kesalahan yang tinggi. Oleh karena itu, saat menyusun hierarki, elemen perlu diatur sedemikian rupa agar tidak menghasilkan tingkat akurasi yang rendah dan konsistensi yang memadai.

3. Aksioma Ketergantungan

Aksioma ini menyatakan bahwa prioritas suatu elemen dalam hierarki tidak dipengaruhi oleh elemen pada tingkat dibawahnya. Dengan demikian, prinsip komposisi hierarki dapat diterapkan secara konsisten.

2.2.8.4 Kelebihan dan Kelemahan AHP

Berikut kelebihan dan kelemahan AHP:

- A. Kelebihan

1. Kesatuan (*Unity*)

AHP membantu mengubah permasalahan yang kompleks dan belum terstruktur menjadi sebuah model analitis yang lebih teratur, fleksibel, dan mudah dipahami dalam proses pengambilan keputusan.

2. Kompleksitas (*Complexity*)

AHP menyelesaikan permasalahan yang bersifat kompleks dengan memanfaatkan pendekatan sistematis serta pengintegrasian informasi secara deduktif, sehingga proses analitis dapat dilakukan secara lebih terstruktur.

3. Saling Ketergantungan (*Interdependence*)

AHP dapat diterapkan pada berbagai elemen dalam suatu sistem yang bersifat independent dan tidak menuntut adanya hubungan linear antar elemen tersebut.

4. Struktur Hierarki (*Hierarchy Structure*)

AHP mewakili pemikiran alamiah yang mengelompokkan elemen – elemen dalam sebuah sistem ke dalam beberapa tingkatan, dimana setiap tingkat berisi elemen yang memiliki karakteristik atau fungsi yang sejenis.

B. Kelemahan

1. AHP sangat bergantung pada input utamanya, yaitu penilaian seorang ahli. Karena penilaian tersebut didasarkan pada persepsi, unsur subjektivitas tidak dapat dihindari. Selain itu, apabila ahli memberikan penilaian yang kurang tepat, hasil model yang dihasilkan juga menjadi tidak akurat.
2. AHP merupakan metode matematis yang tidak disertai proses pengujian statistik, sehingga model yang dihasilkan tidak memiliki ukuran tingkat kepercayaan terhadap kebenarannya.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Subjek Penelitian

Subjek dalam penelitian kali ini adalah pekerja yang beraktivitas di stasiun gilingan PT Madubaru (PG – PS) Madukismo. Pekerja tersebut terlibat langsung dalam proses penggilingan tebu yang meliputi kegiatan pengoperasian mesin, pemantauan proses, hingga pemeliharaan rutin. Pekerja dipilih menjadi subjek penelitian karena memiliki potensi paparan risiko kerja yang tinggi akibat interaksi langsung dengan peralatan berat dan lingkungan kerja yang kondisinya selalu berubah.

3.2 Objek Penelitian

Objek penelitian kali ini adalah stasiun gilingan PT Madubaru (PG – PS) Madukismo yang terletak di Jl. Padokan, Rogocolo, Tirtonirmolo, Kecamatan Kasihan, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta. Objek penelitian berfokus pada identifikasi faktor risiko kecelakaan kerja berdasarkan aktivitas kerja di stasiun gilingan.

3.3 Jenis Data Penelitian

Penelitian ini menggunakan dua jenis data, yaitu data primer dan data sekunder. Berikut penjelasannya:

1. Data Primer

Data primer merupakan data yang diperoleh langsung dari lapangan melalui wawancara dan observasi lapangan kepada mandor dan pekerja di stasiun gilingan PT Madubaru (PG – PS) Madukismo. Data yang didapatkan berupa data kecelakaan kerja di stasiun gilingan. Selain itu, didapatkan juga informasi mengenai permasalahan K3, tahapan produksi di stasiun gilingan, dan dokumentasi lapangan yang berkaitan dengan penelitian.

2. Data Sekunder

Data sekunder merupakan pendukung data pendukung yang diperoleh dari berbagai sumber seperti buku dan literatur, untuk memperkuat teori dan menjadi acuan dalam penyelesaian masalah penelitian. Literatur yang digunakan mencakup jurnal dan penelitian terdahulu yang relevan dengan topik yang diteliti.

3.4 Metode Pengumpulan Data

Adapun metode pengumpulan data pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Wawancara

Wawancara merupakan bentuk komunikasi antara dua pihak atau lebih yang biasanya dilakukan secara tatap muka dimana satu pihak bertindak sebagai pewawancara dan pihak lainnya sebagai narasumber. Tujuan utama wawancara adalah memperoleh informasi atau data melalui pertanyaan yang diajukan pewawancara dan dijawab oleh narasumber (Rahmawati et al., 2024). Dalam penelitian ini, penulis melakukan wawancara dengan mandor stasiun gilingan dan beberapa pekerja di stasiun gilingan. Wawancara ini berfokus pada pembahasan terkait permasalahan K3, tahapan yang terdapat dalam keseluruhan proses di stasiun gilingan, serta data kecelakaan kerja di stasiun gilingan PT. Madubaru (PG – PS) Madukismo.

2. *Focus Group Discussion*

Focus Group Discussion merupakan diskusi kelompok terarah yang dilakukan secara sistematis dan terstruktur untuk membahas suatu isu atau permasalahan tertentu. FGD termasuk dalam metode penelitian kuantitatif yang digunakan untuk memperoleh data dan informasi secara mendalam melalui interaksi antar anggota kelompok. Keunggulan FGD yaitu terletak pada kemampuannya dalam menggali informasi mengenai norma, persepsi, dan opini dalam waktu yang relatif singkat. Hal tersebut terjadi karena adanya dinamika kelompok yang mendorong anggota untuk menyampaikan pendapatnya dan memberikan tanggapan terhadap pandangan anggota lainnya (Saleh et al., 2023). Melalui proses diskusi ini, peneliti dapat mengumpulkan informasi dan menilai *Risk Priority Number* (RPN) yang meliputi *Severity*, *Occurrence*, dan *Detection* pada metode FMEA.

3. Observasi Lapangan

Observasi lapangan merupakan metode penelitian yang dilakukan secara langsung di lokasi penelitian dengan tujuan memperoleh data nyata, sehingga hasil yang diperoleh lebih akurat dan sesuai dengan kondisi sebenarnya (Nikmah, 2023). Observasi lapangan dilakukan di stasiun gilingan PT. Madubaru (PG – PS) Madukismo dengan memantau dan mengamati aktivitas kerja para pekerja dan melakukan dokumentasi.

4. Studi Literatur

Studi literatur merupakan metode yang digunakan untuk mengumpulkan, menganalisis, serta menyintesis berbagai sumber informasi yang relevan dan telah dipublikasikan sebelumnya. Studi literatur mencakup penelusuran beragam referensi, seperti buku, artikel, laporan, jurnal, dan sumber lain guna memperoleh pemahaman yang lebih komprehensif mengenai topik yang diteliti (Jamaludin et al., 2023). Studi literatur bertujuan untuk menelusuri berbagai teori yang memiliki keterkaitan dengan permasalahan penelitian, sehingga dapat dijadikan sebagai acuan atau dasar dalam menganalisis dan membahas hasil penelitian. Pada penelitian ini, studi literatur yang digunakan berkaitan dengan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), *Fault Tree Analysis* (FTA), dan *Analytical Hierarchy Process* (AHP) yang bersumber dari jurnal, buku, dan artikel ilmiah.

3.5 Alur Penelitian

Adapun alur penelitian ini adalah sebagai berikut:



Gambar 3. 1 Alur Penelitian

1. Mulai

Peneliti memulai penelitian dengan menentukan lokasi penelitian dan objek penelitian sesuai dengan topik yang akan diangkat.

2. Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah dilakukan untuk memperoleh pemahaman yang jelas mengenai permasalahan yang akan diteliti. Identifikasi masalah dibantu dengan observasi lapangan

yang difokuskan pada permasalahan kecelakaan kerja berdasarkan aktivitas kerja pada proses produksi di stasiun gilingan PT Madubaru (PG – PS) Madukismo, hal tersebut dilakukan untuk mengidentifikasi risiko yang ada. Permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini berkaitan dengan manajemen risiko K3 sebagai upaya perbaikan sistem kerja dan meningkatkan produktivitas di stasiun gilingan PT Madubaru (PG – PS) Madukismo.

3. Menentukan Rumusan Masalah

Peneliti merumuskan permasalahan yang didapat dari observasi lapangan dalam bentuk pertanyaan dan berkaitan dengan tujuan dari penelitian. Rumusan masalah berfungsi sebagai landasan dalam menentukan tahap selanjutnya dan membantu mengarahkan proses penelitian supaya tujuan akhirnya dapat lebih terarah.

4. Menentukan Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian menggambarkan hasil yang diharapkan dapat tercapai melalui pelaksanaan penelitian. Tujuan penelitian disusun untuk menjawab rumusan masalah yang telah ditetapkan, sehingga tujuan penelitian dan rumusan masalah saling berhubungan dengan jelas.

5. Tinjauan Pustaka

Tinjauan pustaka dilakukan sebagai dasar dalam menentukan metode yang tepat untuk digunakan sesuai dengan permasalahan yang diteliti dan tujuan penelitian yang ingin dicapai. Tinjauan pustaka dibagi menjadi dua jenis, yaitu kajian induktif dan kajian deduktif. Kajian induktif memuat telaah terhadap jurnal ilmiah dari penelitian – penelitian sejenis yang telah dilakukan sebelumnya, sedangkan kajian deduktif berisi teori dan konsep yang relevan dengan penelitian yang akan dilakukan. Tinjauan pustaka yang dikaji dalam penelitian ini berkaitan dengan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), *Fault Tree Analysis* (FTA), dan *Analytical Hierarchy Process* (AHP).

6. Pengumpulan Data

Peneliti melakukan pengumpulan data dengan data primer maupun sekunder dan data penunjang yang dikumpulkan berkaitan dengan metode yang digunakan dalam penelitian.

7. Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan pada data yang telah diperoleh sebelumnya dengan menggunakan metode yang digunakan. Berikut merupakan tahapan pengolahan data yang akan diolah menggunakan metode yang digunakan dalam penelitian ini:

A. *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*

Pada penelitian ini, metode FMEA digunakan untuk mengidentifikasi risiko berdasarkan aktivitas proses produksi di stasiun gilingan PT Madubaru (PG – PS) Madukismo dan memberikan penilaian risiko dari risiko K3. Penilaian yang diberikan menggunakan variabel FMEA yaitu *Severity* (S), *Occurrence* (O), dan *Detection* (D). Penilaian diberikan dengan rentang nilai 1 – 10 untuk masing – masing risiko. Setelah itu, mencari nilai *Risk Priority Number* (RPN) dari masing – masing risiko dengan cara mengalikan antara nilai *severity*, *occurrence*, dan *detection*.

$$RPN = S \times O \times D$$

Selanjutnya dilakukan pengurutan nilai RPN dari mulai risiko yang mendapatkan nilai RPN tertinggi sampai terendah. Faktor risiko dengan nilai RPN tertinggi, ditetapkan sebagai faktor dominan.

B. *Fault Tree Analysis (FTA)*

Pada penelitian ini, metode FTA digunakan untuk menganalisis akar penyebab masalah (*root cause*) pada nilai RPN tertinggi. Dalam analisis *root cause*, nilai RPN tertinggi akan diidentifikasi dengan menggunakan variabel FTA, yaitu *top event*, *intermediate event*, dan *basic event*, beserta gerbang logikanya seperti AND dan OR. Setelah itu, dilakukan pemodelan fault tree dari *top event* hingga *basic event*nya. Sehingga dapat diketahui berbagai penyebab permasalahan dari risiko dengan nilai RPN tertinggi.

C. *Analytical Hierarchy Process (AHP)*

Pada penelitian ini, metode AHP digunakan untuk memperoleh rekomendasi perbaikan terbaik, dengan melakukan pembobotan pada setiap kriteria, sub kriteria, dan alternatif. Pada pembobotan tersebut akan dilakukan uji konsistensi untuk memastikan bahwa penilaian yang diberikan konsisten dan tidak saling bertentangan.

8. Analisis Hasil dan Pembahasan

Setelah melakukan pengolahan data, peneliti akan melakukan analisis dan pembahasan berdasarkan hasil pengolahan data, sehingga dapat menjadi dasar untuk menentukan rekomendasi terhadap permasalahan pada penelitian ini.

9. Kesimpulan dan Saran

Pada tahap ini, dilakukan penarikan kesimpulan berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dan penyusunan saran berupa rekomendasi sebagai bahan pertimbangan bagi perusahaan dan penelitian selanjutnya untuk meminimalisir terjadinya permasalahan,

10. Selesai

Tahap ini menandakan bahwa penelitian sudah selesai dilakukan oleh peneliti.

BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 Profil Perusahaan

4.1.1 Sejarah Singkat Perusahaan



Gambar 4. 1 PT Madukbaru (PG - PS) Madukismo

PT Madubaru (PG – PS) Madukismo merupakan perusahaan agroindustri yang berfokus pada pengolahan tebu, yang menaungi Pabrik Gula (PG) Madukismo dan Pabrik Spiritus (PS) di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta yang bertanggung jawab dalam mendukung keberhasilan program penyediaan pangan nasional, yaitu komoditas gula. Perusahaan ini terletak di Dusun Padokan, Tirtonirmolo, Kasihan, Bantul. Saat ini, kepemilikan PT. Madubaru (PG – PS) Madukismo terdiri dari 65% saham milik Sri Sultan Hamengku Buwono X yang dikelola oleh Kraton Ngayogyakarta Hadiningrat, dan 35% dimiliki oleh pemerintah pusat melalui PT. Rajawali Nusantara Indonesia (PT. RNI), sebuah Badan Usaha Milik Negara (BUMN). Pengelolaan perusahaan dilakukan secara bersama – sama dengan orientasi menghadapi tantangan di era globalisasi, dimana petani diposisikan sebagai mitra strategis dalam kegiatan operasional perusahaan.

Produk utama yang dihasilkan oleh PT. Madubaru Madubaru (PG – PS) Madukismo awalnya adalah gula jenis *Superior Head Sugar* (SHS) IA dengan volume produksi tahunan berkisar antara 35.000 sampai 40.000 ton. Seiring dengan perkembangan teknologi dan kebutuhan pasar, perusahaan kemudian beralih memproduksi gula kristal putih (GKP) kelas I sebagai produk utama. Selain itu, PT. Madubaru juga menghasilkan produk sampingan berupa alkohol murni dengan kadar kemurnian 95% dan spiritus bakar dengan kadar 94%.

Kapasitas pengolahan tebu yang dimiliki oleh PT. Madubaru (PG – PS) Madukismo saat ini mencapai sekitar 3.500 ton perhari. Jenis tebu yang digunakan sebagai bahan baku antara lain yaitu BZ 132, PS 56, PS 58, dan PS 30. Sejak diterbitkannya Instruksi Presiden nomor 9 tahun 1975, sistem pengadaan bahan baku mengalami perubahan signifikan. Jika sebelumnya perusahaan mengusahakan bahan baku tebu secara mandiri, maka pasca kebijakan tersebut, pasokan bahan baku dialihkan kepada petani tebu rakyat intensif (TRI) yang bermitra langsung dengan perusahaan. Melalui pola kemitraan ini, pasokan bahan baku mencapai sekitar 500.000 ton tebu pertahun dengan luas area tanam berkisar antara 6.000 hingga 7.000 hektar. Area ini tersebar di beberapa wilayah strategis di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta dan sekitarnya, meliputi Kabupaten Bantul, Sleman, Kulon Progo, serta wilayah Kabupaten Purworejo, Sragen, dan Magelang.

4.1.2 Visi dan Misi Perusahaan

Berikut merupakan visi dan misi PT Madubaru (PG - PS) Madukismo

1. Visi

PT Madubaru (PG – PS) Madukismo menjadi perusahaan agro industri yang unggul di Indonesia dengan petani sebagai mitra sejati.

2. Misi

- a. Menghasilkan gula dan ethanol yang berkualitas untuk memenuhi permintaan masyarakat dan industri di Indonesia.
- b. Menghasilkan produk dengan memanfaatkan teknologi maju yang ramah lingkungan, dikelola secara profesional dan inovatif, memberikan pelayanan yang prima kepada pelanggan serta mengutamakan kemitraan dengan petani.
- c. Mengembangkan produk/bisnis baru yang mendukung bisnis inti.
- d. Menempatkan karyawan dan *stakeholder* lainnya sebagai bagian penting dalam proses penciptaan keunggulan perusahaan dan pencapaian *shareholder values*.

4.2 Proses Produksi di Stasiun Gilingan PT Madubaru (PG – PS) Madukismo

Dilakukan pengamatan terkait potensi bahaya dan risiko kecelakaan kerja yang mungkin terjadi pada proses produksi di stasiun gilingan PT Madubaru (PG – PS) Madukismo. Pengamatan ini bertujuan untuk mengidentifikasi seluruh kegiatan dengan risiko tinggi pada proses produksi, sehingga dapat dilakukan penilaian risiko dengan menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan *Analytichal Hierarchy Process* (AHP). Pada pengamatan kali ini didampingi

oleh bapak Nashruddin Abdussalam selaku Kasie Stasiun Gilingan PT Madubaru (PG – PS) Madukismo.

Stasiun gilingan PT Madubaru (PG – PS) Madukismo merupakan tahap awal proses pengolahan tebu dimana di stasiun gilingan berlangsung proses pemerahan tebu yang bertujuan untuk memperoleh nira dalam jumlah maksimal dan meminimalkan kandungan nira yang tersisa dalam ampas. Berikut merupakan proses produksi di stasiun gilingan PT Madubaru (PG – PS) Madukismo:



Gambar 4. 2 Stasiun Gilingan PT Madubaru (PG – PS) Madukismo

1. Kedatangan Tebu di Stasiun Gilingan

Setelah dilakukan proses penimbangan, tebu diantarkan ke area stasiun gilingan untuk dilakukan proses giling. Selama proses kedatangan, lori dan truk yang memuat tebu mengantre untuk masuk giliran proses pemindahan tebu.



Gambar 4. 3 Kedatangan Tebu

Berdasarkan pengamatan di lapangan, aktivitas ini memiliki potensi bahaya dan risiko kecelakaan kerja. Berikut merupakan potensi bahaya dan risiko kecelakaan kerja pada aktivitas kedatangan tebu di stasiun gilingan:

Tabel 4. 1 Potensi Bahaya dan Risiko Aktivitas Kedatangan Tebu

Potensi Bahaya	Risiko
Gangguan pernapasan yang timbul akibat paparan debu dari kondisi jalan yang berdebu dan polusi udara akibat knalpot dari truk yang masih menyala selama antrean.	Pekerja akan mengalami penyakit pernapasan dan iritasi pada mata jika terus menerus terpapar, sehingga menurunkan konsentrasi dan produktivitas kerja.

2. Pemindahan Tebu dari Lori ke Meja Tebu

Pada tahap ini dilakukan pemindahan tebu dengan bantuan *unloading cane crane* dan diletakkan di atas meja tebu (*cane table*). Stasiun Gilingan PT Madubaru (PG – PS) Madukismo memiliki 2 unit *unloading cane crane* dan 2 unit *cane table*, dimana pada *cane table* dilengkapi dengan mata pisau (*cane cutter*) berbentuk ulir yang beroperasi secara berotasi.



Gambar 4. 4 Proses Pemindahan Tebu

Berdasarkan pengamatan di lapangan, aktivitas ini memiliki potensi bahaya dan risiko kecelakaan kerja. Berikut merupakan potensi bahaya dan risiko kecelakaan kerja pada aktivitas pemindahan tebu di stasiun gilingan:

Tabel 4. 2 Potensi Bahaya dan Risiko Aktivitas Pemindahan Tebu

Potensi Bahaya	Risiko
Tebu terjatuh dari rantai pengait saat sedang diangkat <i>unloading cane crane</i> .	Pekerja tertimpa atau tersenggol muatan tebu, sehingga dapat terjadi cedera serius pada pekerja, seperti memar, luka goresan, dan patah tulang.
Tertancap bilah tebu saat memperbaiki posisi tebu pada proses pengaitan rantai <i>unloading cane crane</i> .	Pekerja akan mengalami luka tusuk pada bagian tubuh yang tertancap bilah tebu dan dapat mengalami infeksi jika tidak segera ditangani.
Terpeleset dan terjepit saat memperbaiki posisi tebu pada proses pengaitan rantai <i>unloading cane crane</i> .	Pekerja akan terjatuh sehingga mengalami pembengkakan dan cedera.

3. Pencacahan dan Penghancuran Tebu

Tebu selanjutnya akan dibawa menuju ke mesin *unigrator* melalui *cane carrier*. Pada tahap ini, tebu diproses dengan cara ditumbuk hingga menjadi serabut – serabut halus dengan tujuan membuka sel tebu, memperlebar serat, dan meningkatkan luas permukaan cacahan sehingga proses ekstraksi nira dapat berlangsung lebih optimal.



Gambar 4. 5 Proses Pencacahan dan Penghancuran Tebu

Berdasarkan pengamatan di lapangan, aktivitas ini memiliki potensi bahaya dan risiko kecelakaan kerja. Berikut merupakan potensi bahaya dan risiko kecelakaan kerja pada aktivitas pencacahan dan penghancuran tebu di stasiun gilingan:

Tabel 4. 3 Potensi Bahaya dan Risiko Aktivitas Pencacahan dan Penghancuran Tebu

Potensi Bahaya	Risiko
Tingkat kebisingan yang tinggi karena melibatkan mesin pada proses pencacahan dan penghancuran tebu.	Pekerja akan mengalami gangguan pendengaran karena frekuensi bekerja di area yang melibatkan mesin sangat tinggi.
Terkena butiran tebu halus dan debu pada proses pencacahan dan penghalusan tebu.	Pekerja akan mengalami iritasi mata dan gangguan pernapasan.

4. Penggilingan Tebu

PT Madubaru (PG – PS) Madukismo memiliki 5 buah mesin gilingan untuk menunjang proses penggilingan, terdiri atas gilingan I, gilingan II, gilingan III, gilingan IV, dan gilingan V yang disusun secara berurutan dimana pada masing – masing mesin gilingan dilengkapi oleh tiga buah *roll* gilingan yaitu *roll* atas, *roll* muka, *roll* belakang. Masing – masing *roll* memiliki kecepatan putar yang berbeda sesuai dengan fungsinya. Sistem antrean pada proses penggilingan tebu menerapkan sistem *First In First Out* (FIFO), dimana tebu yang pertama kali masuk ke dalam antrean akan diproses terlebih dahulu. Penerapan sistem ini bertujuan untuk meminimalkan kerusakan tebu serta menjaga kualitas

tebu agar berada dalam kondisi Bersih, Segar, dan Manis (BSM). Berikut merupakan penjelasan proses produksi dari setiap unit mesin gilingan:



Gambar 4. 6 Proses Pengilingan Tebu

a. Gilingan I

Tebu yang sudah melalui proses pencacahan dan penghancuran menghasilkan serabut – serabut tebu, serabut tersebut kemudian dibawa oleh *cane carrier* menuju ke gilingan I. Pada gilingan I terjadi pemerahan tahap pertama diantara *roll* muka dengan *roll* atas, yang menghasilkan nira yang akan dialirkan melalui *trash plate* dan ampas. Ampas hasil pemerahan tahap pertama kemudian mengalami pemerahan tahap kedua, yaitu diantara *roll* belakang dengan *roll* atas, sehingga dihasilkan nira perahan pertama dan ampas.

b. Gilingan II

Ampas hasil gilingan I selanjutnya diangkut menggunakan *cane carrier* menuju ke gilingan II. Pada gilingan II terjadi pemerahan kembali karena ampas hasil gilingan I masih memiliki kadar gula yang cukup tinggi. Pemerahan di gilingan II menghasilkan nira perahan lanjut, dimana nira perahan lanjut masih mengandung sisa ampas, sehingga perlu dilakukan proses pemisahan. Proses pemisahan dilakukan menggunakan *vibrating screen*, dimana sisa ampas yang masih bertekstur kasar akan tertahan pada *vibrating screen* dan kemudian akan dikembalikan ke gilingan II, sedangkan nira yang keluar melalui talang goyang akan disaring kembali menggunakan saringan DSM (*Dutch State Mines*). Bagian yang tidak tersaring akan diproses kembali ke gilingan III, sementara nira mentah yang telah tersaring akan diteruskan ke *door clone* untuk dilakukan pemisahan kotoran berat seperti pasir, tanah, atau benda lainnya.

c. Gilingan III

Ampas hasil gilingan II selanjutnya akan diangkut menggunakan *cane carrier* menuju ke gilingan III. Pada gilingan III terjadi pemerahan kembali namun terdapat perbedaan dari proses pemerahan pada gilingan sebelumnya. Ampas hasil gilingan II akan disemprotkan air imbibisi. Air imbibisi merupakan air yang digunakan sebagai ekstraksi ampas dengan menggunakan air maupun nira hasil penggilingan. Air imbibisi dibedakan menjadi dua jenis yaitu imbibisi menggunakan air panas dan imbibisi menggunakan nira. Tujuan pemberian air imbibisi adalah untuk melarutkan dan mengeluarkan sisa nira yang masih terkandung dalam ampas, sehingga gula yang masih terkandung dalam ampas dapat ditekan seminimal

mungkin. Nira hasil gilingan III kemudian ditampung ke dalam bak penampungan dan dialirkan kembali ke gilingan II untuk digunakan sebagai nira imbibisi. Sementara itu, ampas hasil gilingan III diangkut menuju ke gilingan IV setelah penambahan air imbibisi.

d. Gilingan IV

Ampas hasil gilingan III selanjutnya akan diangkut menggunakan *cane carrier* menuju ke gilingan IV. Pada gilingan IV dilakukan kembali pemerahan terhadap ampas hasil gilingan III dan disemprotkan kembali air imbibisi untuk mengeluarkan sisa nira yang masih terkandung pada ampas. Nira yang dihasilkan pada gilingan IV dikumpulkan ke dalam bak penampungan dan dipompa menuju ke gilingan III sebagai nira imbibisi dengan penambahan larutan susu kapur sebelumnya. Sementara itu, ampas hasil gilingan IV diangkut menuju ke gilingan V setelah penambahan air imbibisi.

e. Gilingan V

Ampas hasil gilingan IV selanjutnya akan diangkut menggunakan *cane carrier* menuju ke gilingan V. Pada gilingan V dilakukan pemerahan terakhir untuk memastikan bahwa kandungan gula pada tebu sudah tidak ada. Nira yang dihasilkan pada gilingan V ditampung dan dialirkan ke gilingan IV sebagai nira imbibisi setelah dicampur dengan larutan susu kapur. Sementara itu, ampas akhirnya dibawa menuju stasiun ketel menggunakan *conveyor elevator* untuk dimanfaatkan sebagai bahan bakar ketel uap. Sedangkan ampas halus dibawa ke *vacuum filter* yang nantinya akan menghasilkan blotong. Blotong nantinya akan dimanfaatkan sebagai bahan baku pupuk organik untuk lahan tebu karena mengandung unsur hara yang masih berguna bagi tanaman.

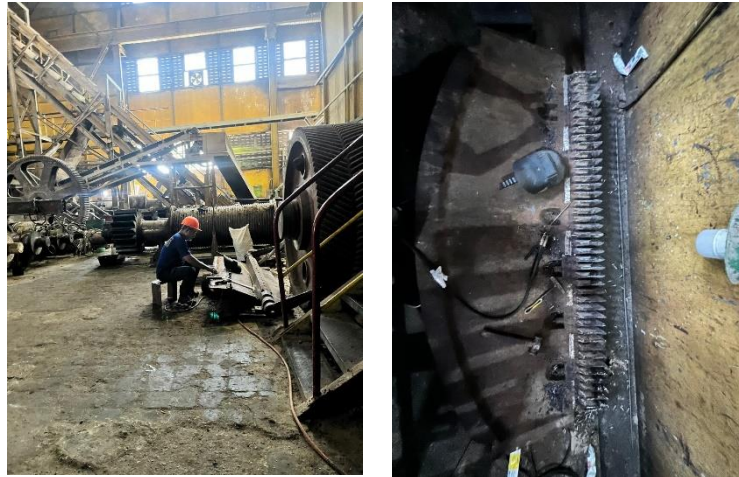
Berdasarkan pengamatan di lapangan, aktivitas ini memiliki potensi bahaya dan risiko kecelakaan kerja. Berikut merupakan potensi bahaya dan risiko kecelakaan kerja pada aktivitas penggilingan tebu di stasiun gilingan:

Tabel 4. 4 Potensi Bahaya dan Risiko Aktivitas Penggilingan Tebu

Potensi Bahaya	Risiko
Tingkat kebisingan yang tinggi karena melibatkan mesin pada proses penggilingan tebu.	Pekerja akan mengalami gangguan pendengaran karena frekuensi bekerja di area yang melibatkan mesin sangat tinggi.
Suhu lingkungan kerja yang panas dan lembab karena melibatkan mesin dan uap panas.	Pekerja akan cepat dehidrasi dan mengurangi tingkat konsentrasi sehingga dapat mengurangi tingkat produktivitas pekerja.
Lantai basah akibat percikan nira yang tidak langsung di bersihkan.	Pekerja akan terlepeset dan terjatuh, yang mengakibatkan cedera pada anggota tubuh pekerja.
Percikan nira panas dan penyemprotan air imbibisi.	Pekerja akan mengalami luka bakar melempuh karena terkena nira panas dan air imbibisi yang relatif panas.
Permukaan lantai dan situasi pencahayaan yang kurang memadai.	Pekerja akan terjatuh dan tersandung akibat kontur jalan yang tidak rata dan pencahayaan yang kurang memadai.
Pada saat membenarkan rantai <i>conveyor</i> panjang untuk memindahkan plat ampas tebu.	Pekerja akan tergores pada anggota tubuh yang terkena plat ampas tebu.

5. *Maintenance* Mesin di Stasiun Gilingan

PT Madubaru (PG – PS) Madukismo melakukan *maintenance* seluruh stasiun produksi saat berakhirnya musim giling, namun juga dapat dilakukan *maintenance* saat kondisi darurat seperti mesin atau bagian mesin terdapat kerusakan sehingga mengganggu jalannya proses produksi. Proses *maintenance* melibatkan pekerja yang kompeten dalam melakukan *maintenance* pada mesin gilingan.



Gambar 4. 7 Proses *Maintenance* Mesin

Berdasarkan pengamatan di lapangan, aktivitas ini memiliki potensi bahaya dan risiko kecelakaan kerja. Berikut merupakan potensi bahaya dan risiko kecelakaan kerja pada aktivitas *Maintenance* Mesin di stasiun gilingan:

Tabel 4. 5 Potensi Bahaya dan Risiko Aktivitas *Maintenance* Mesin

Potensi Bahaya	Risiko
Terkena percikan las pada saat <i>maintenance</i> mesin.	Anggota tubuh pekerja akan mengalami luka bakar.
Tersandung kotak perkakas pada saat <i>maintenance</i> mesin.	Pekerja akan terjatuh yang dapat mengakibatkan cedera pada anggota tubuh.

4.3 Pengumpulan Data

Pada tahap pengumpulan data, penelitian ini menggunakan data yang berkaitan dengan tema penelitian sebagai dasar dalam proses pengolahan dan analisis data. Jenis dan sumber data yang digunakan dalam penelitian ini akan dijelaskan secara rinci sebagai berikut:

4.3.1 Data Kecelakaan Kerja

Selama bulan Januari hingga November 2025, stasiun gilingan PT Madubaru (PG – PS) Madukismo tercatat mengalami 3 kejadian kecelakaan kerja. Ketiga kecelakaan kerja tersebut terjadi karena faktor *human eror* seperti, tertancap bilah tebu, terpeleset dan terjepit, serta tergores plat. Kejadian tersebut mengindikasikan bahwa pelaksanaan kerja di stasiun gilingan masih tidak aman. Data kecelakaan kerja diperoleh dari arsip kecelakaan kerja PT Madubaru (PG – PS) Madukismo. Berikut data laporan kecelakaan kerja periode bulan Januari hingga November di stasiun gilingan PT Madubaru (PG – PS) Madukismo:

1. Insiden Kecelakaan Pada Periode Juli 2025

Tabel 4. 6 Laporan Data Kecelakaan Kerja Periode Juli 2025

DATA KORBAN	
Nama	: Tugino
Jenis Kelamin	: Laki – laki
Tanggal Lahir	: 26 Juni 1975
Alamat	: Senggetan RT 10, Tirtonirmolo.
Jabatan/Status	: KNS (Karyawan Non Staff)
INSIDEN	
Tanggal Insiden	: 5 Juli 2025
Waktu Insiden	: 13.30 WIB
Pekerjaan Saat Terjadi Insiden	: Membenarkan tebu yang tidak sesuai posisi
Lokasi	: Stasiun Gilingan
KRONOLOGI KEJADIAN	
<p>Pada pukul 13.30 di depan <i>unigrator</i> gilingan, terdapat tebu yang tidak sesuai dengan posisi saat hendak di pindahkan ke meja tebu. Pada saat membenarkan posisi tebu, tangan saudara Tugino tertancap bilah kayu tebu, kemudian sore harinya langsung dibawa ke klinik untuk mendapatkan perawatan dan diperbolehkan untuk pulang.</p>	

2. Insiden Kecelakaan Pada Periode Agustus 2025

Tabel 4. 7 Laporan Data Kecelakaan Kerja Periode Agustus 2025

DATA KORBAN	
Nama	: Sarjini
Jenis Kelamin	: Laki – laki
Tanggal Lahir	: Bantul, 5 Desember 1975
Alamat	: Mrisi
Jabatan/Status	: PKWT (Perjanjian Kerja Waktu Tertentu)
INSIDEN	
Tanggal Insiden	: 24 Agustus 2025
Waktu Insiden	: 20.50 WIB
Pekerjaan Saat	: Proses Merantai Tebu
Terjadi Insiden	
Lokasi	: Stasiun Gilingan
KRONOLOGI KEJADIAN	
<p>Pada proses merantai tebu dari truk, saudara Sarjini terpeleset dan terjatuh saat hendak turun dari truk, karena terjepit antara truk dan penyangga. Sesaat setelah kejadian, saudara Sarjini belum merasakan sakit, namun selang sehari setelah kejadian kakinya mulai membengkak dan dibawa ke klinik untuk mendapatkan pengobatan.</p>	

3. Insiden Kecelakaan Pada Periode November 2025

Tabel 4. 8 Laporan Data Kecelakaan Kerja Periode November 2025

DATA KORBAN	
Nama	: Tugino
Jenis Kelamin	: Laki – laki
Tanggal Lahir	: 26 Juni 1975
Alamat	: Senggetan RT 10, Tirtonirmolo.
Jabatan/Status	: KNS (Karyawan Non Staff)
INSIDEN	
Tanggal Insiden	: 5 November 2025
Waktu Insiden	: 08.10 WIB

Pekerjaan Saat : Membenarkan tebu yang tidak sesuai posisi
Terjadi Insiden
Lokasi : Stasiun Gilingan
KRONOLOGI KEJADIAN
Saat hendak membenarkan rantai panjang untuk memindahkan plat, perut sebelah kiri saudara Tugino tergores plat, sehingga mengakibatkan luka gores sepanjang ± 15 cm. Kemudian dibawa ke klinik untuk mendapatkan perawatan lebih lanjut dan diperbolehkan pulang untuk istirahat.

4.3.2 Failure Mode Effect Analysis (FMEA)

Failure Mode Effect Analysis (FMEA) merupakan suatu metode rekayasa yang digunakan untuk menetapkan, mengidentifikasi serta menghilangkan potensi kegagalan, permasalahan, kesalahan, atau hal serupa pada sistem, desain, proses, maupun jasa sebelum produk atau layanan. Metode ini bertujuan untuk mengidentifikasi risiko kecelakaan kerja. Berikut merupakan risiko kecelakaan kerja di Stasiun Gilingan PT Madubaru (PG – PS) Madukismo:

Tabel 4. 9 Risiko Kecelakaan Kerja di Stasiun Gilingan PT Madubaru (PG – PS) Madukismo

NO	Aktivitas	Potensi Bahaya	Risiko
1	Kedatangan Tebu	Gangguan pernapasan dan iritasi mata yang timbul akibat paparan debu dari kondisi jalan yang berdebu dan polusi udara akibat knalpot dari truk yang masih menyala selama antrean.	Pekerja akan mengalami penyakit pernapasan dan iritasi pada mata jika terus menerus terpapar, sehingga menurunkan konsentrasi dan produktivitas kerja.
2	Pemindahan Tebu dari Lori ke Meja Tabu	Tebu terjatuh dari rantai pengait saat sedang diangkat <i>unloading cane crane</i> .	Pekerja tertimpa atau tersenggol muatan tebu, sehingga dapat terjadi cedera serius pada pekerja, seperti memar, luka goresan, dan patah tulang.

NO	Aktivitas	Potensi Bahaya	Risiko
		Tertancap bilah tebu saat memperbaiki posisi tebu pada proses pengaitan rantai <i>unloading cane crane</i> .	Pekerja akan mengalami luka tusuk pada bagian tubuh yang tertancap bilah tebu dan dapat mengalami infeksi jika tidak segera ditangani.
		Terpeleset dan terjepit saat memperbaiki posisi tebu pada proses pengaitan rantai <i>unloading cane crane</i> .	Pekerja akan terjatuh sehingga mengalami pembengkakan dan cedera.
3	Pencacahan dan Penghancuran Tebu	Tingkat kebisingan yang tinggi karena melibatkan mesin pada proses pencacahan dan penghancuran tebu.	Pekerja akan mengalami gangguan pendengaran karena frekuensi bekerja di area yang melibatkan mesin sangat tinggi.
		Terkena butiran tebu halus dan debu pada proses pencacahan dan penghalusan tebu.	Pekerja akan mengalami iritasi mata dan gangguan pernapasan.
4	Penggilingan Tebu	Tingkat kebisingan yang tinggi karena melibatkan mesin pada proses penggilingan tebu.	Pekerja akan mengalami gangguan pendengaran karena frekuensi bekerja di area yang melibatkan mesin sangat tinggi.
		Suhu lingkungan kerja yang panas dan lembab karena melibatkan mesin dan uap panas.	Pekerja akan cepat dehidrasi dan mengurangi tingkat konsentrasi sehingga dapat mengurangi tingkat produktivitas pekerja.
		Lantai basah akibat percikan nira yang tidak langsung di bersihkan.	Pekerja akan terpeleset dan terjatuh, yang mengakibatkan

NO	Aktivitas	Potensi Bahaya	Risiko
			cedera pada anggota tubuh pekerja.
		Percikan nira panas dan penyemprotan air imbibisi.	Pekerja akan mengalami luka bakar melempuh karena terkena nira panas dan air imbibisi yang relatif panas.
		Permukaan lantai dan situasi pencahayaan yang kurang memadai.	Pekerja akan tersandung dan terjatuh akibat kontur jalan yang tidak rata dan pencahayaan yang kurang memadai.
		Pada saat membenarkan rantai <i>conveyor</i> panjang untuk memindahkan plat ampas tebu.	Pekerja akan tergores pada anggota tubuh yang terkena plat ampas tebu.
5	<i>Maintenance</i> Mesin	Terkena percikan las pada saat <i>maintenance</i> mesin.	Anggota tubuh pekerja akan mengalami luka bakar ringan.
		Tersandung kotak perkakas pada saat <i>maintenance</i> mesin.	Pekerja akan terjatuh yang dapat mengakibatkan cedera pada anggota tubuh.

4.4 Pengolahan Data

4.4.1 Identifikasi Risiko dan Penilaian Risiko Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Identifikasi risiko dan penilaian risiko *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dilakukan untuk mengenali potensi kegagalan beserta dampaknya, yang diperoleh melalui hasil penumpukan data di stasiun gilingan PT Madubaru (PG – PS) Madukismo. Identifikasi ini menjadi dasar dalam proses penilaian risiko. Penilaian risiko dilakukan menggunakan *Risk Priority Number* (RPN) dengan mengalikan tiga parameter yaitu tingkat keparahan (*severity*), kemungkinan kejadian (*occurrence*), dan kemampuan deteksi (*detection*). Berikut merupakan perhitungan *Risk Priority Number*:

Tabel 4. 10 Perhitungan RPN

Identifikasi Risiko						Penilaian Risiko			
No	Aktivitas Kerja	Identifikasi Potensi Bahaya	Deskripsi Potensi Bahaya	Mode Kegagalan	Akibat Kegagalan	S	O	D	RPN
1	Kedatangan Tebu	Gangguan Pernapasan dan iritasi mata	Gangguan pernapasan dan iritasi mata yang timbul akibat paparan debu dari kondisi jalan yang berdebu dan polusi udara akibat knalpot dari truk yang masih menyala selama antrean.	Jalanan berdebu dan polusi udara dari knalpot truk.	Pekerja berisiko mengalami penyakit pernapasan dan iritasi pada mata.	4	9	2	72
2	Pemindahan Tebu dari Lori ke Meja Tebu	Tebu terjatuh saat proses <i>unloading</i> mengakibatkan cedera serius.	Tebu berpotensi jatuh saat proses <i>unloading</i> .	Kesalahan pengoperasian <i>unloading crane</i> dan kurang telitinya pekerja saat	Pekerja berisiko tersenggol tebu atau tertimpa tebu sehingga	10	6	5	300

Identifikasi Risiko						Penilaian Risiko			
No	Aktivitas Kerja	Identifikasi Potensi Bahaya	Deskripsi Potensi Bahaya	Mode Kegagalan	Akibat Kegagalan	S	O	D	RPN
				mengaitkan rantai <i>unloading crane</i> .	mengakibatkan cedera serius.				
		Tertancap bilah tebu.	Pekerja berpotensi tertancap bilah tebu yang tajam saat merantai tebu.	Pekerja tidak menggunakan sarung tangan sebagai APD yang seharusnya dikenakan.	Menimbulkan luka tusuk pada tangan atau kaki pekerja sehingga mengakibatkan infeksi bila tidak segera ditangani.	4	7	2	56
		Terjepit dan tersandung.	Pekerja berpotensi terjepit antara truk dengan lori serta tersandung rel lori.	Area kerja yang sempit, ketidak hati – hatian pekerja.	Menyebabkan cedera memar, terkilir, patah tulang.	7	7	5	245
3	Pencacahan dan Penghancuran Tebu	Tingkat kebisingan berlebih.	Pekerja terpapar kebisingan tinggi yang barasal dari operasi mesin <i>unigrator</i> .	Mesin beroperasi <i>nonstop</i> selama musim giling, Pekerja tidak	Paparan kebisingan berlebih dapat mengakibatkan gangguan	7	10	3	210

Identifikasi Risiko						Penilaian Risiko			
No	Aktivitas Kerja	Identifikasi Potensi Bahaya	Deskripsi Potensi Bahaya	Mode Kegagalan	Akibat Kegagalan	S	O	D	RPN
				menggunakan APD pendengaran.	pendengaran, penurunan konsentrasi, dan kelelahan.				
		Gangguan pernapasan dan iritasi mata.	Pekerja terpapar debu dan serabut halus dari hasil cacahan tebu.	Paparan debu dan serpihan tebu, pekerja tidak menggunakan masker dan <i>safety goggles</i> sebagai APD.	Mengakibatkan gangguan pernapasan, iritasi mata, penurunan kenyamanan saat bekerja.	4	9	2	72
4	Penggilingan Tebu	Gangguan Pendengaran.	Pekerja terpapar kebisingan tinggi yang berasal dari mesin gilingan.	Paparan mesin terus menerus, pekerja tidak menggunakan <i>earplug</i> sebagai APD.	Mengakibatkan gangguan pendengaran dan penurunan konsentrasi saat bekerja.	7	10	3	210

Identifikasi Risiko						Penilaian Risiko			
No	Aktivitas Kerja	Identifikasi Potensi Bahaya	Deskripsi Potensi Bahaya	Mode Kegagalan	Akibat Kegagalan	S	O	D	RPN
		Kelelahan dan dehidrasi.	Pekerja mengalami kelelahan fisik dan kekurangan cairan akibat beban kerja tinggi, lingkungan kerja panas, dan durasi kerja di area gilingan yang lama.	Suhu lingkungan kerja tinggi dan lembab, paparan panas mesin.	Menurunkan konsentrasi pekerja dan daya tahan tubuh pekerja.	5	9	5	225
		Terpeleset dan terjatuh.	Area gilingan berpotensi licin akibat percikan nira, sehingga meningkatkan risiko terpeleset dan terjatuh.	Lantai basah akibat percikan nira, pembersihan tidak rutin.	Pekerja mengalami cedera seperti memar, terkilir, patah tulang.	7	8	2	112
		Luka bakar akibat nira panas dan air imbibisi.	Pekerja berpotensi terkena percikan nira panas dan	Percikan nira panas dan air imbibisi, pelindung percikan	Mengakibatkan luka bakar pada kulit pekerja.	8	6	7	336

Identifikasi Risiko						Penilaian Risiko			
No	Aktivitas Kerja	Identifikasi Potensi Bahaya	Deskripsi Potensi Bahaya	Mode Kegagalan	Akibat Kegagalan	S	O	D	RPN
			penyemprotan air imbibisi yang panas.	pada mesin bekerja tidak efektif.					
		Tersandung dan terjatuh.	Pekerja berpotensi tersandung akibat permukaan lantai yang tidak rata.	Permukaan lantai tidak rata, pencahayaan kurang memadai.	Pekerja akan mengalami cedera seperti memar, terkilir, patah tulang.	7	7	2	98
		Tergores plat ampas tebu saat membenarkan posisi rantai <i>conveyor</i> .	Pekerja berpotensi mengalami luka gores akibat kontak langsung dengan plat ampas tebu yang tajam saat membenarkan rantai <i>conveyor</i> .	Pekerja tidak berhati – hati, kurang konsentrasi.	Menimbulkan luka gores pada tangan atau anggota tubuh lain.	3	5	2	30

Identifikasi Risiko						Penilaian Risiko			
No	Aktivitas Kerja	Identifikasi Potensi Bahaya	Deskripsi Potensi Bahaya	Mode Kegagalan	Akibat Kegagalan	S	O	D	RPN
5	Maintenance Mesin	Luka bakar akibat percikan las.	Pekerja berpotensi terkena percikan api dan logam panas saat mengelas.	Tidak menggunakan APD saat mengelas, tidak mengenakan baju lengan panjang.	Menimbulkan luka bakar pada kulit pekerja.	8	8	2	128
		Terjatuh akibat tersandung perkakas.	Pekerja berpotensi tersandung perkakas yang tidak tertata dengan rapi.	Penempatan <i>toolbox</i> tidak aman sehingga merugikan pekerja lain.	Pekerja dapat terjatuh dan mengalami cedera seperti memar, terkilir.	5	5	2	50

Berdasarkan tabel 4.10 terdapat *worksheet* FMEA yang mencakup variabel identifikasi risiko dan penilaian risiko. Pada variabel identifikasi risiko terawatt sub variabel yaitu aktivitas kerja, identifikasi potensi bahaya, deskripsi potensi bahaya, mode kegagalan dan akibat kegagalan. Pada variabel penilaian risiko terdapat sub variabel yaitu S (*severity*), O (*occurence*), D (*detection*), dan RPN. Pada masing – masing kolom diidentifikasi risiko yang kemungkinan dapat terjadi berdasarkan aktivitas kerja di stasiun gilingan. Setelah itu, dilakukan perhitungan RPN dan didapatkan nilai RPN konvensional melalui perkalian ketiga parameter yaitu *severity x occurrence x detection*. Terdapat 14 potensi bahaya yang mungkin terjadi pada aktivitas kerja di stasiun gilingan PT Madubaru (PG – PS) Madukismo yang didapatkan dari identifikasi risiko.

4.4.2 Pengurutan Nilai Risk Priority Number (RPN)

Tabel 4. 11 Pengurutan Nilai RPN

Identifikasi Risiko						Penilaian Risiko			
Rank	Aktivitas Kerja	Identifikasi Potensi Bahaya	Deskripsi Potensi Bahaya	Mode Kegagalan	Akibat Kegagalan	S	O	D	RPN
1	Penggilingan Tebu	Luka bakar akibat nira panas dan air imbibisi.	Pekerja berpotensi terkena percikan nira panas dan penyemprotan air imbibisi yang panas.	Percikan nira panas dan air imbibisi, pelindung percikan pada mesin bekerja tidak efektif.	Mengakibatkan luka bakar pada kulit pekerja.	8	6	7	336
2	Pemindahan Tebu dari Lori ke Meja Tebu	Tebu terjatuh saat proses <i>unloading</i> mengakibatkan cedera serius.	Tebu berpotensi jatuh saat proses <i>unloading</i> .	Kesalahan pengoperasian <i>unloading crane</i> dan kurang telitinya pekerja saat mengaitkan rantai <i>unloading crane</i> .	Pekerja berisiko tersenggol tebu atau tertimpa tebu sehingga mengakibatkan cedera serius.	10	6	5	300

Identifikasi Risiko						Penilaian Risiko			
Rank	Aktivitas Kerja	Identifikasi Potensi Bahaya	Deskripsi Potensi Bahaya	Mode Kegagalan	Akibat Kegagalan	S	O	D	RPN
3	Pemindahan Tebu dari Lori ke Meja Tebu	Terjepit dan tersandung.	Pekerja berpotensi terjepit antara truk dengan lori serta tersandung rel lori.	Area kerja yang sempit, ketidak hati – hatian pekerja.	Menyebabkan cedera memar, terkilir, patah tulang.	7	7	5	245
4	Penggilingan Tebu	Kelelahan dan dehidrasi.	Pekerja mengalami kelelahan fisik dan kekurangan cairan akibat beban kerja tinggi, lingkungan kerja panas, dan durasi kerja di area gilingan yang lama.	Suhu lingkungan kerja tinggi dan lembab, paparan panas mesin.	Menurunkan konsentrasi pekerja dan daya tahan tubuh pekerja.	5	9	5	225
5	Pencacahan dan Penghancuran Tebu	Tingkat kebisingan berlebih.	Pekerja terpapar kebisingan tinggi yang berasal dari operasi mesin <i>unigrator</i> .	Mesin beroperasi <i>nonstop</i> selama musim giling, Pekerja tidak	Paparan kebisingan berlebih dapat mengakibatkan gangguan	7	10	3	210

Identifikasi Risiko						Penilaian Risiko			
Rank	Aktivitas Kerja	Identifikasi Potensi Bahaya	Deskripsi Potensi Bahaya	Mode Kegagalan	Akibat Kegagalan	S	O	D	RPN
				menggunakan APD pendengaran.	pendengaran, penurunan konsentrasi, dan kelelahan.				
6	Penggilingan Tebu	Gangguan Pendengaran.	Pekerja terpapar kebisingan tinggi yang berasal dari mesin gilingan.	Paparan mesin terus menerus, pekerja tidak menggunakan <i>earplug</i> sebagai APD.	Mengakibatkan gangguan pendengaran dan penurunan konsentrasi saat bekerja.	7	10	3	210
7	<i>Maintenance</i> Mesin	Luka bakar akibat percikan las.	Pekerja berpotensi terkena percikan api dan logam panas saat mengelas.	Tidak menggunakan APD saat mengelas, tidak mengenakan baju lengan panjang.	Menimbulkan luka bakar pada kulit pekerja.	8	8	2	128

Identifikasi Risiko						Penilaian Risiko			
Rank	Aktivitas Kerja	Identifikasi Potensi Bahaya	Deskripsi Potensi Bahaya	Mode Kegagalan	Akibat Kegagalan	S	O	D	RPN
8	Penggilingan Tebu	Terpeleset dan terjatuh.	Area gilingan berpotensi licin akibat percikan nira, sehingga meningkatkan risiko terpeleset dan terjatuh.	Lantai basah akibat percikan nira, pembersihan tidak rutin.	Pekerja mengalami cedera seperti memar, terkilir, patah tulang.	7	8	2	112
9	Penggilingan Tebu	Tersandung dan terjatuh.	Pekerja berpotensi tersandung akibat permukaan lantai yang tidak rata.	Permukaan lantai tidak rata, pencahayaan kurang memadai.	Pekerja akan mengalami cedera seperti memar, terkilir, patah tulang.	7	7	2	98
10	Pencacahan dan Penghancuran Tebu	Gangguan pernapasan dan iritasi mata.	Pekerja terpapar debu dan serabut halus dari hasil cacahan tebu.	Paparan debu dan serpihan tebu, pekerja tidak menggunakan masker dan <i>safety</i>	Mengakibatkan gangguan pernapasan, iritasi mata, penurunan	4	9	2	72

Identifikasi Risiko						Penilaian Risiko			
Rank	Aktivitas Kerja	Identifikasi Potensi Bahaya	Deskripsi Potensi Bahaya	Mode Kegagalan	Akibat Kegagalan	S	O	D	RPN
				<i>goggles</i> sebagai APD.	kenyamanan saat bekerja.				
11	Kedatangan Tebu	Gangguan Pernapasan dan iritasi mata	Gangguan pernapasan dan iritasi mata yang timbul akibat paparan debu dari kondisi jalan yang berdebu dan polusi udara akibat knalpot dari truk yang masih menyala selama antrean.	Jalanan berdebu dan polusi udara dari knalpot truk.	Pekerja berisiko mengalami penyakit pernapasan dan iritasi pada mata.	4	9	2	72

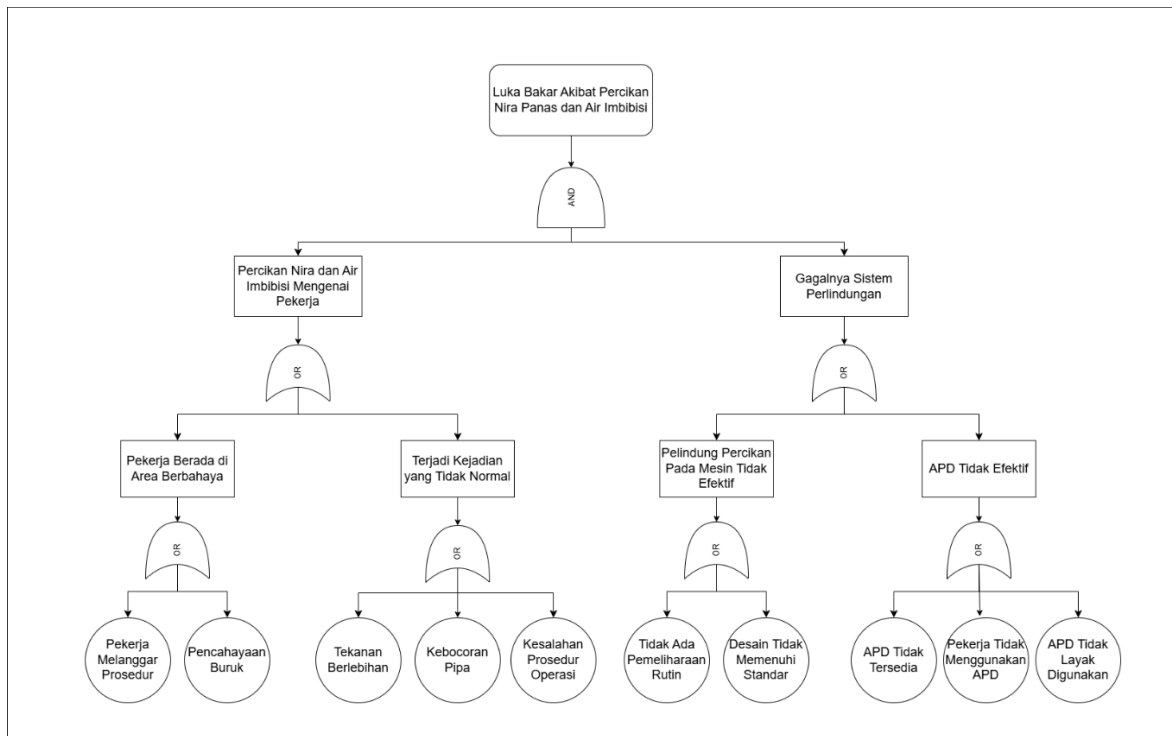
Identifikasi Risiko						Penilaian Risiko			
Rank	Aktivitas Kerja	Identifikasi Potensi Bahaya	Deskripsi Potensi Bahaya	Mode Kegagalan	Akibat Kegagalan	S	O	D	RPN
12	Pemindahan Tebu dari Lori ke Meja Tebu	Tertancap bilah tebu.	Pekerja berpotensi tertancap bilah tebu yang tajam saat merantai tebu.	Pekerja tidak menggunakan sarung tangan sebagai APD yang seharusnya dikenakan.	Menimbulkan luka tusuk pada tangan atau kaki pekerja sehingga mengakibatkan infeksi bila tidak segera ditangani.	4	7	2	56
13	Maintenance Mesin	Terjatuh akibat tersandung perkakas.	Pekerja berpotensi tersandung perkakas yang tidak tertata dengan rapi.	Penempatan <i>toolbox</i> tidak aman sehingga merugikan pekerja lain.	Pekerja dapat terjatuh dan mengalami cedera seperti memar, terkilir.	5	5	2	50
14	Penggilingan Tebu	Tergores plat ampas tebu saat membenarkan posisi rantai <i>conveyor</i> .	Pekerja berpotensi mengalami luka gores akibat kontak langsung dengan plat ampas tebu yang tajam saat	Pekerja tidak berhati – hati, kurang konsentrasi.	Menimbulkan luka gores pada tangan atau anggota tubuh lain.	3	5	2	30

Identifikasi Risiko						Penilaian Risiko			
Rank	Aktivitas Kerja	Identifikasi Potensi Bahaya	Deskripsi Potensi Bahaya	Mode Kegagalan	Akibat Kegagalan	S	O	D	RPN
			membenarkan rantai <i>conveyor</i> .						

Setelah melakukan identifikasi risiko dan penilaian risiko, kemudian pada tabel 4.11 dilakukan pengurutan nilai RPN untuk mengetahui potensi bahaya pada aktivitas kerja yang harus diprioritaskan untuk menjadi fokus perhatian. Pengurutan nilai RPN dilakukan dari nilai RPN tertinggi hingga terendah, semakin tinggi nilai RPN maka semakin besar tingkat kegagalan yang terjadi. Didapatkan nilai RPN tertinggi yaitu sebesar 336, pada aktivitas kerja penggilingan tebu yang memiliki potensi bahaya luka bakar akibat nira panas dan air imbibisi, yang mengakibatkan luka bakar pada kulit pekerja. Nilai RPN terendah yaitu sebesar 30, pada aktivitas kerja penggilingan tebu yang memiliki potensi bahaya tergores plat ampas tebu saat membenarkan posisi rantai *conveyor*, yang mengakibatkan luka gores pada tangan atau anggota tubuh yang terkena goresan.

4.4.2 Identifikasi *Fault Tree Analysis* (FTA)

Fault Tree Analysis (FTA) digunakan untuk mengidentifikasi akar penyebab masalah (*root cause*) dari suatu kegagalan atau kecelakaan. FTA berfokus pada fungsi sistem dan dikenal menggunakan pendekatan *top – down*, karena proses identifikasi dimulai dari tingkat sistem atau kejadian puncak (*top event*), kemudian ditelusuri secara bertahap ke tingkat yang lebih rendah untuk mengidentifikasi penyebabnya (Priyanta, 2000). Setelah melakukan pengurutan nilai RPN, diketahui bahwa nilai RPN tertinggi yaitu pada aktivitas kerja penggilingan tebu yang memiliki potensi bahaya luka bakar akibat nira panas dan air imbibisi, yang mengakibatkan luka bakar pada kulit pekerja, dengan perolehan nilai RPN sebesar 336. Hasil RPN dengan nilai tertinggi menjadi prioritas untuk diperhatikan dan dijadikan sebagai *top event* untuk dianalisis menggunakan *Fault Tree Analysis* (FTA). Berikut merupakan analisis *fault tree analysis* pada *top event* potensi bahaya dan risiko kecelakaan kerja di stasiun gilingan PT Madubaru (PG – PS) Madukismo:



Gambar 4. 8 *Fault Tree Analysis (FTA) Top Event* Potensi Bahaya dan Risiko

4.4.3 Pembobotan *Analytical Hierarchy Process (AHP)*

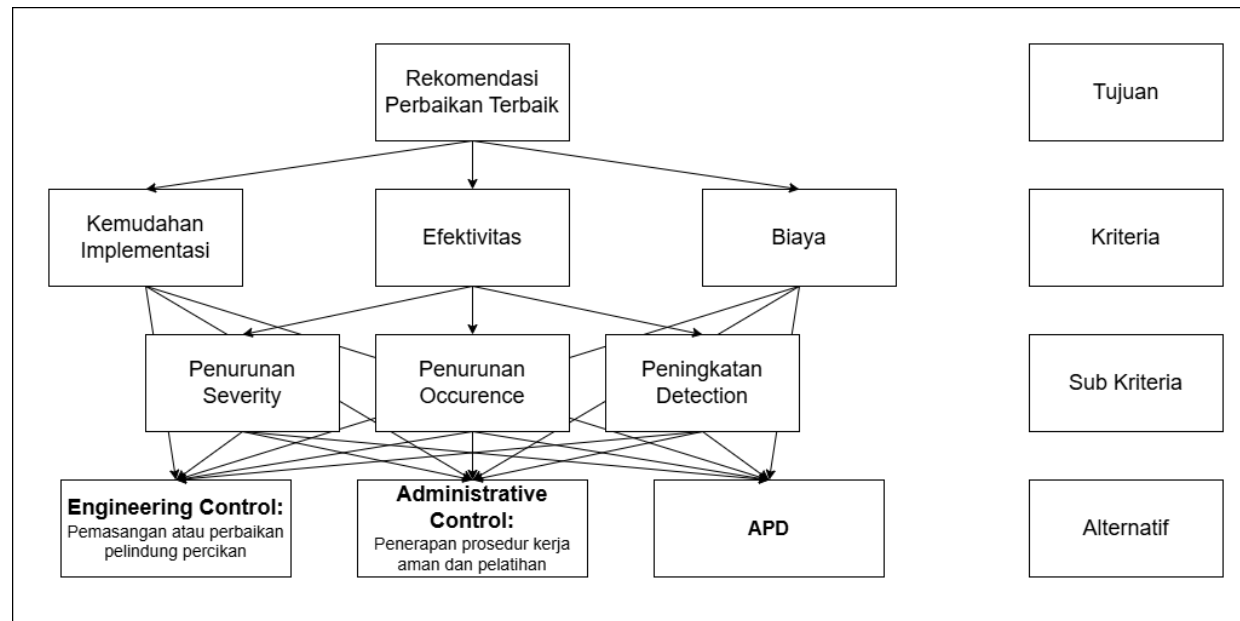
Analytical Hierarchy Process (AHP) sering digunakan sebagai metode pengambilan keputusan dalam menyelesaikan berbagai permasalahan, seperti perencanaan, penentuan alternatif, penetapan prioritas, pemilihan kebijakan, alokasi sumber daya, identifikasi kebutuhan, peramalan dan perencanaan, perancangan sistem, pengukuran kinerja, optimasi, dan menyelesaikan konflik (Rofingtun & Larasati, 2020). Pada penelitian ini AHP digunakan untuk mempermudah pengambilan keputusan terkait rekomendasi perbaikan dari permasalahan yang terdapat di stasiun gilingan PT Madubaru (PG – PS) Madukismo yang berbasis kriteria, sub kriteria, dan alternatif. AHP memungkinkan penetapan bobot prioritas pada setiap kriteria dan alternatif, serta terdapat uji konsistensi untuk memastikan bahwa penilaian yang diberikan konsisten dan tidak saling bertentangan (Septiani et al., 2025).

Berdasarkan hasil identifikasi risiko FMEA terhadap penilaian RPN dengan nilai tertinggi dan identifikasi akar penyebab masalah *fault tree analysis*, diperoleh aktivitas kerja dengan risiko kecelakaan yang memiliki potensi bahaya yang tinggi pada aktivitas penggilingan tebu, dimana potensi bahaya yang timbul yaitu luka bakar akibat nira panas dan air imbibisi, yang mengakibatkan luka bakar pada kulit pekerja, dengan perolehan nilai RPN sebesar 336. Oleh

karena itu, diperlukan rekomendasi perbaikan yang terbaik dengan menggunakan AHP. Berikut merupakan tahapan dalam pengambilan keputusan dengan menggunakan AHP:

1. Membangun Hierarki

Permasalahan yang akan diselesaikan diuraikan terlebih dahulu ke dalam unsur – unsurnya, yaitu kriteria dan alternatif, kemudian disusun secara sistematis ke dalam suatu struktur hierarki. Adapun struktur hierarki adalah sebagai berikut:



Gambar 4. 9 Struktur Hierarki Rekomendasi Perbaikan Terbaik

2. *Comparative Judgement*

Penilaian dilakukan dengan membandingkan tingkat kepentingan relatif antara dua elemen pada satu level di atasnya. Hasil penilaian tersebut kemudian disusun dalam bentuk matriks perbandingan berpasangan (*pairwise comparison*). Matriks ini diisi dengan nilai angka yang merepresentasikan tingkat kepentingan suatu elemen dibandingkan dengan elemen lainnya. nilai – nilai dalam matriks perbandingan berpasangan diperoleh dari hasil kuisisioner yang diisi oleh mandor stasiun gilingan PT Madubaru

(PG – PS) Madukismo. Perbandingan berpasangan kali ini membagi 3 level perbandingan yaitu perbandingan berpasangan kriteria (level 1), perbandingan berpasangan sub kriteria (level 2), dan perbandingan berpasangan alternatif (level 3). Adapun kuisioner penilaian perbandingan berpasangan adalah sebagai berikut:

A. Level 1: Perbandingan Berpasangan Kriteria

Tabel 4. 12 Pembobotan Antar Kriteria

Kriteria	Skala																	Kriteria
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Kemudahan Implementasi							x											Biaya
Kemudahan Implementasi					x													Efektivitas
Biaya											x							Efektivitas

B. Level 2: Perbandingan Berpasangan Sub Kriteria

Tabel 4. 13 Pembobotan Antar Sub Kriteria

Sub Kriteria	Skala																	Sub Kriteria
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Penurunan <i>Severity</i>							x											Penurunan <i>Occurence</i>
Penurunan <i>Severity</i>					x													Peningkatan <i>Detection</i>
Penurunan <i>Occurence</i>							x											Peningkatan <i>Detection</i>

C. Level 3: Perbandingan Berpasangan Alternatif

Tabel 4. 14 Perbandingan Alternatif Terhadap Kriteria Kemudahan Implementasi

Kriteria (Kemudahan Implementasi)									Skala									Kriteria (Kemudahan Implementasi)								
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9									
Engineering Control															x			Administrative Control								
Engineering Control											x							APD								
Administrative Control								x										APD								

Tabel 4. 15 Perbandingan Alternatif Terhadap Kriteria Biaya

Kriteria (Biaya)									Skala									Kriteria (Biaya)								
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9									
Engineering Control													x					Administrative Control								
Engineering Control			x															APD								
Administrative Control											x							APD								

Tabel 4. 16 Perbandingan Alternatif Terhadap Sub Kriteria Penurunan *Severity*

[illegible]

Tabel 4. 17 Perbandingan Alternatif Terhadap Sub Kriteria Penurunan *Occurence*

[illegible]

Tabel 4. 18 Perbandingan Alternatif Terhadap Sub Kriteria Peningkatan *Detection*

Sub Kriteria (Peningkatan <i>Detection</i>)									Skala									Sub Kriteria (Peningkatan <i>Detection</i>)								
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9									
<i>Engineering Control</i>											x							<i>Administrative Control</i>								
<i>Engineering Control</i>							x											APD								
<i>Administrative Control</i>					x													APD								

Kuisisioner diatas menggambarkan tingkat kepentingan antar kriteria, sub kriteria, dan alternatif yang selanjutnya akan disusun ke dalam bentuk matriks perbandingan berpasangan sebagai berikut:

A. Perhitungan Perbandingan Berpasangan Level 1 (Kriteria)

Tabel 4. 19 Matriks Perbandingan Berpasangan Kriteria

Perbandingan Berpasangan				Dalam Desimal		
Kriteria	Kemudahan Implementasi	Efektivitas	Biaya	Kemudahan Implementasi	Efektivitas	Biaya
Kemudahan Implementasi	1	5	3	1	5	3
Efektivitas	1/5	1	3	0,2	1	3
Biaya	1/3	1/3	1	0,333333	0,333333	1
			Jumlah	1,53	6,33	7

B. Perhitungan Perbandingan Berpasangan Level 2 (Sub Kriteria)

Tabel 4. 20 Matriks Perbandingan Berpasangan Sub Kriteria

Perbandingan Berpasangan				Dalam Desimal		
Sub Kriteria	Penurunan <i>Severity</i>	Penurunan <i>Occurence</i>	Peningkatan <i>Detection</i>	Penurunan <i>Severity</i>	Penurunan <i>Occurence</i>	Peningkatan <i>Detection</i>
Penurunan <i>Severity</i>	1	3	5	1	3	5
Penurunan <i>Occurence</i>	1/3	1	3	0,333333	1	3
Peningkatan <i>Detection</i>	1/5	1/3	1	0,2	0,333333	1
Jumlah				1,53	4,33	9

C. Perhitungan Perbandingan Berpasangan Level 3 (Alternatif)

Tabel 4. 21 Matriks Perbandingan Berpasangan Alternatif Terhadap Kriteria Kemudahan Implementasi

Perbandingan Berpasangan				Dalam Desimal		
Alternatif	<i>Engineering Control</i>	<i>Administrative Control</i>	APD	<i>Engineering Control</i>	<i>Administrative Control</i>	APD
<i>Engineering Control</i>	1	1/7	1/3	1	0,143	0,333333
<i>Administrative Control</i>	7	1	2	7	1	2
APD	3	1/2	1	3	0,5	1
Jumlah				10	1,67	3,33

Tabel 4. 22 Matriks Perbandingan Berpasangan Alternatif Terhadap Kriteria Biaya

Perbandingan Berpasangan				Dalam Desimal		
Alternatif	<i>Engineering Control</i>	<i>Administrative Control</i>	APD	<i>Engineering Control</i>	<i>Administrative Control</i>	APD
<i>Engineering Control</i>	1	1/5	1/7	1	0,2	0,143
<i>Administrative Control</i>	5	1	1/3	5	1	0,333333
APD	7	3	1	7	3	1
Jumlah				13	4,20	1,48

Tabel 4. 23 Matriks Perbandingan Berpasangan Alternatif Terhadap Sub Kriteria Penurunan Severity

Perbandingan Berpasangan				Dalam Desimal		
Alternatif	<i>Engineering Control</i>	<i>Administrative Control</i>	APD	<i>Engineering Control</i>	<i>Administrative Control</i>	APD
<i>Engineering Control</i>	1	5	7	1	5	7
<i>Administrative Control</i>	1/5	1	3	0,2	1	3
APD	1/7	1/3	1	0,143	0,333333	1
Jumlah				1,34	6,33	11

Tabel 4. 24 Matriks Perbandingan Berpasangan Alternatif Terhadap Sub Kriteria Penurunan *Occurence*

Perbandingan Berpasangan				Dalam Desimal		
Alternatif	<i>Engineering Control</i>	<i>Administrative Control</i>	APD	<i>Engineering Control</i>	<i>Administrative Control</i>	APD
<i>Engineering Control</i>	1	3	5	1	3	5
<i>Administrative Control</i>	1/3	1	3	0,333333	1	3
APD	1/5	1/3	1	0,2	0,333333	1
Jumlah				1,53	4,33	9

Tabel 4. 25 Matriks Perbandingan Berpasangan Alternatif Terhadap Sub Kriteria Peningkatan *Detection*

Perbandingan Berpasangan				Dalam Desimal		
Alternatif	<i>Engineering Control</i>	<i>Administrative Control</i>	APD	<i>Engineering Control</i>	<i>Administrative Control</i>	APD
<i>Engineering Control</i>	1	1/3	3	1	0,333333	3
<i>Administrative Control</i>	3	1	5	3	1	5
APD	1/3	1/5	1	0,333333	0,2	1
Jumlah				4,33	1,53	9

3. Menghitung *Priority Weight*

Setelah membentuk perbandingan berpasangan, kemudian menghitung *priority weight* yaitu dengan membagi setiap nilai pada matriks dengan jumlah pada kolom yang bersesuaian, setelah itu dilakukan penjumlahan dan perhitungan rata – rata (*eigen vektor* atau *local priority*) pada setiap baris. Nilai rata – rata menunjukkan *priority weight* untuk masing – masing baris yang berkaitan. Berikut merupakan tahapan perhitungannya:

- 1) Setiap nilai pada kolom dibagi dengan total nilai kolom yang bersangkutan sehingga diperoleh matriks ternormalisasi.
- 2) Seluruh nilai pada masing – masing baris dan kolom dijumlahkan dan hasilnya dibagi dengan jumlah elemen untuk memperoleh nilai rata – rata.

A. Level 1 Berdasarkan Kriteria

Tabel 4. 26 Matriks Rata – rata Perbandingan Berpasangan (Kriteria)

Kriteria	Kemudahan Implementasi	Efektivitas	Biaya	Total Weight Matriks	Rata – Rata (Eigen Vektor)
Kemudahan Implementasi	0,6522	0,7895	0,4286	1,8702	0,6234
Efektivitas	0,1304	0,1579	0,4286	0,7169	0,2390
Biaya	0,2174	0,0526	0,1429	0,4129	0,1376
Total	1,00	1,00	1,00	3,00	1,00

B. Level 2 Berdasarkan Sub Kriteria

Tabel 4. 27 Matriks Rata – rata Perbandingan Berpasangan Sub Kriteria

Sub Kriteria	Penurunan Severity	Penurunan Occurence	Peningkatan Detection	Total Weight Matriks	Rata – Rata (Eigen Vektor)
Penurunan Severity	0,6522	0,6923	0,5556	1,9000	0,6333
Penurunan Occurence	0,2174	0,2308	0,3333	0,7815	0,2605

Sub Kriteria	<i>Penurunan Severity</i>	<i>Penurunan Occurence</i>	<i>Peningkatan Detection</i>	Total Weight Matriks	Rata – Rata (Eigen Vektor)
<i>Peningkatan Detection</i>	0,1304	0,0769	0,1111	0,3185	0,1062
Total	1,00	1,00	1,00	3,00	1,00

C. Level 3 Berdasarkan Alternatif

Tabel 4. 28 Matriks Rata – rata Perbandingan Berpasangan Alternatif Terhadap Kriteria Kemudahan Implementasi

Alternatif	<i>Engineering Control</i>	<i>Administrative Control</i>	APD	Total Weight Matriks	Rata – Rata (Eigen Vektor)
<i>Engineering Control</i>	0,0909	0,0870	0,1000	0,2779	0,2779
<i>Administrative Control</i>	0,6364	0,6087	0,6000	1,8451	0,6150
APD	0,2727	0,3043	0,3000	0,8771	0,2924
Total	1,00	1,00	1,00	3,00	1,00

Tabel 4. 29 Matriks Rata – rata Perbandingan Berpasangan Alternatif Terhadap Kriteria Biaya

Alternatif	<i>Engineering Control</i>	<i>Administrative Control</i>	APD	Total Weight Matriks	Rata – Rata (Eigen Vektor)
<i>Engineering Control</i>	0,0769	0,0476	0,0968	0,2213	0,0738
<i>Administrative Control</i>	0,3846	0,2381	0,2258	0,8485	0,2828
APD	0,5385	0,7143	0,6774	1,9302	0,6434
Total	1,00	1,00	1,00	3,00	1,00

Tabel 4. 30 Matriks Rata – rata Perbandingan Berpasangan Alternatif Terhadap Sub Kriteria Penurunan *Severity*

Alternatif	<i>Engineering Control</i>	<i>Administrative Control</i>	APD	Total Weight Matriks	Rata – Rata (Eigen Vektor)
<i>Engineering Control</i>	0,7447	0,7895	0,6364	2,1705	0,7235
<i>Administrative Control</i>	0,1489	0,1579	0,2727	0,5796	0,1932
APD	0,1064	0,0526	0,0909	0,2499	0,0833
Total	1,00	1,00	1,00	3,00	1,00

Tabel 4. 31 Matriks Rata – rata Perbandingan Berpasangan Alternatif Terhadap Sub Kriteria Penurunan *Occurence*

Alternatif	<i>Engineering Control</i>	<i>Administrative Control</i>	APD	Total Weight Matriks	Rata – Rata (Eigen Vektor)
<i>Engineering Control</i>	0,6522	0,6923	0,5556	1,9000	0,6333
<i>Administrative Control</i>	0,2174	0,2308	0,3333	0,7815	0,2605
APD	0,1304	0,0769	0,1111	0,3185	0,1062
Total	1,00	1,00	1,00	3,00	1,00

Tabel 4. 32 Matriks Rata – rata Perbandingan Berpasangan Alternatif Terhadap Sub Kriteria Penurunan *Detection*

Alternatif	<i>Engineering Control</i>	<i>Administrative Control</i>	APD	Total Weight Matriks	Rata – Rata (Eigen Vektor)
<i>Engineering Control</i>	0,2308	0,2174	0,3333	0,7815	0,2605

Alternatif	Engineering Control	Administrative Control	APD	Total Weight Matriks	Rata – Rata (Eigen Vektor)
Administrative Control	0,6923	0,6522	0,5556	1,9000	0,6333
APD	0,0769	0,1304	0,1111	0,3185	0,1062
Total	1,00	1,00	1,00	3,00	1,00

4. Menghitung Consistency Ratio

Pada tahap ini dilakukan pengujian untuk memastikan kevalidan dari *eigen vektor* yang dihasilkan dari perhitungan *priority weight* sebelumnya. Berikut merupakan langkah – langkah perhitungan *consistency ratio*:

A. Level 1 Berdasarkan Kriteria

- Matriks perbandingan berpasangan yang belum melalui proses normalisasi akan dikalikan dengan *eigen vektor*.

$$Kriteria = \begin{bmatrix} 1 & 5 & 3 \\ 0,2 & 1 & 3 \\ 0,333333 & 0,333333 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0,6234 \\ 0,2390 \\ 0,1376 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2,2311 \\ 0,7765 \\ 0,4251 \end{bmatrix}$$

- Menghitung *eigen value*, hasil dari proses perkalian tersebut selanjutnya dibagi dengan *eigen vektor*.

$$\begin{bmatrix} 2,2311 \\ 0,7765 \\ 0,4251 \end{bmatrix} : \begin{bmatrix} 0,6234 \\ 0,2390 \\ 0,1376 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3,5789 \\ 3,2495 \\ 3,0887 \end{bmatrix}$$

- Nilai yang diperoleh dari hasil penjumlahan, selanjutnya dibagi dengan jumlah baris atau kolom. Nilai akhir dari perhitungan tersebut ditetapkan sebagai λ maksimum.

$$\lambda \text{ maks} = \frac{3,5789 + 3,2495 + 3,0887}{3} = \frac{9,20}{3} = 3,0658$$

- Menghitung indeks konsistensi (CI).

Rumus:

$$\frac{(\lambda_{maks} - n)}{(n - 1)}$$

$$\frac{(3,0658 - 3)}{(3 - 1)} = \frac{0,0658}{2} = 0,0329$$

- e. Menghitung rasio konsistensi (CR).

Rumus:

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

Rasio konsistensi = CI/RI, dimana RI merupakan indeks random konsistensi. Jika rasio konsistensi $\leq 0,1$, maka hasil perhitungan data dapat dibenarkan. Pada penelitian ini menggunakan $n = 3$, dikarenakan terdapat 3 kriteria, sub kriteria, dan alternatif. Sehingga berdasarkan tabel indeks acak, $RI = 0,58$.

$$CR = \frac{0,0329}{0,58} = 0,0568$$

Dikarenakan nilai $CR < 0,1$ atau 10%, maka matriks perbandingan berpasangan pada level 1 berdasarkan kriteria dinilai dengan pertimbangan yang konsisten dan *eigen vektor* yang dihasilkan dapat diandalkan, sehingga penilaian dapat diterima.

B. Level 2 Berdasarkan Sub Kriteria

- a. Matriks perbandingan berpasangan yang belum melalui proses normalisasi akan dikalikan dengan *eigen vektor*.

$$\text{Sub Kriteria} = \begin{bmatrix} 1 & 3 & 5 \\ 0,333333 & 1 & 3 \\ 0,2 & 0,333333 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0,6333 \\ 0,2605 \\ 0,1062 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1,9456 \\ 0,7901 \\ 0,3197 \end{bmatrix}$$

- b. Menghitung *eigen value*, hasil dari proses perkalian tersebut selanjutnya dibagi dengan *eigen vektor*.

$$\begin{bmatrix} 1,9456 \\ 0,7901 \\ 0,3197 \end{bmatrix} : \begin{bmatrix} 0,6333 \\ 0,2605 \\ 0,1062 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3,0720 \\ 3,0330 \\ 3,0112 \end{bmatrix}$$

- c. Nilai yang diperoleh dari hasil penjumlahan, selanjutnya dibagi dengan jumlah baris atau kolom. Nilai akhir dari perhitungan tersebut ditetapkan sebagai λ maksimum.

$$\lambda \text{ maks} = \frac{3,0720 + 3,0330 + 3,0112}{3} = \frac{9,12}{3} = 3,0387$$

- d. Menghitung indeks konsistensi (CI).

Rumus:

$$\frac{(\lambda \text{ maks} - n)}{(n - 1)}$$

$$\frac{(3,0387 - 3)}{(3 - 1)} = \frac{0,0387}{2} = 0,0194$$

- e. Menghitung rasio konsistensi (CR).

Rumus:

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

Rasio konsistensi = CI/RI, dimana RI merupakan indeks random konsistensi. Jika rasio konsistensi $\leq 0,1$, maka hasil perhitungan data dapat dibenarkan. Pada penelitian ini menggunakan $n = 3$, dikarenakan terdapat 3 kriteria, sub kriteria, dan alternatif. Sehingga berdasarkan tabel indeks acak, $RI = 0,58$.

$$CR = \frac{0,0194}{0,58} = 0,0334$$

Dikarenakan nilai $CR < 0,1$ atau 10%, maka matriks perbandingan berpasangan pada level 2 berdasarkan sub kriteria dinilai dengan pertimbangan yang konsisten dan *eigen vektor* yang dihasilkan dapat diandalkan, sehingga penilaian dapat diterima.

C. Level 3 Berdasarkan Alternatif

1) Perbandingan Berpasangan Alternatif Terhadap Kriteria Kemudahan Implementasi

- a. Matriks perbandingan berpasangan yang belum melalui proses normalisasi akan dikalikan dengan *eigen vektor*:

$$Alt\ Thd\ K.\ Imple = \begin{bmatrix} 1 & 0,143 & 0,333333 \\ 7 & 1 & 2 \\ 3 & 0,5 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0,0926 \\ 0,6150 \\ 0,2924 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,2779 \\ 1,8481 \\ 0,8777 \end{bmatrix}$$

- b. Menghitung *eigen value*, hasil dari proses perkalian tersebut selanjutnya dibagi dengan *eigen vektor*:

$$\begin{bmatrix} 0,2779 \\ 1,8481 \\ 0,8777 \end{bmatrix} : \begin{bmatrix} 0,0926 \\ 0,6150 \\ 0,2924 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3,0007 \\ 3,0049 \\ 3,0023 \end{bmatrix}$$

- c. Nilai yang diperoleh dari hasil penjumlahan, selanjutnya dibagi dengan jumlah baris atau kolom. Nilai akhir dari perhitungan tersebut ditetapkan sebagai λ maksimum.

$$\lambda \text{ maks} = \frac{3,0007 + 3,0049 + 3,0023}{3} = \frac{9,01}{3} = 3,0026$$

- d. Menghitung indeks konsistensi (CI).

Rumus:

$$\frac{(\lambda \text{ maks} - n)}{(n - 1)}$$

$$\frac{(3,0026 - 3)}{(3 - 1)} = \frac{0,0026}{2} = 0,0013$$

- e. Menghitung rasio konsistensi (CR).

Rumus:

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

Rasio konsistensi = CI/RI , dimana RI merupakan indeks random konsistensi. Jika rasio konsistensi $\leq 0,1$, maka hasil perhitungan data dapat dibenarkan. Pada penelitian ini menggunakan $n = 3$, dikarenakan terdapat 3 kriteria, sub kriteria, dan alternatif. Sehingga berdasarkan tabel indeks acak, $RI = 0,58$.

$$CR = \frac{0,0013}{0,58} = 0,0023$$

Dikarenakan nilai $CR < 0,1$ atau 10%, maka matriks perbandingan berpasangan pada level 3 berdasarkan alternatif terhadap kriteria kemudahan implementasi dinilai dengan pertimbangan yang konsisten dan *eigen vektor* yang dihasilkan dapat diandalkan, sehingga penilaian dapat diterima.

2) Perbandingan Berpasangan Alternatif Terhadap Kriteria Biaya

- a. Matriks perbandingan berpasangan yang belum melalui proses normalisasi akan dikalikan dengan *eigen vektor*:

$$Biaya = \begin{bmatrix} 1 & 0,2 & 0,143 \\ 5 & 1 & 0,333333 \\ 7 & 3 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0,0738 \\ 0,2828 \\ 0,6434 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,2223 \\ 0,8662 \\ 2,0083 \end{bmatrix}$$

- b. Menghitung *eigen value*, hasil dari proses perkalian tersebut selanjutnya dibagi dengan *eigen vektor*:

$$\begin{bmatrix} 0,2223 \\ 0,8662 \\ 2,0083 \end{bmatrix} : \begin{bmatrix} 0,0738 \\ 0,2828 \\ 0,6434 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3,0127 \\ 3,0624 \\ 3,1215 \end{bmatrix}$$

- c. Nilai yang diperoleh dari hasil penjumlahan, selanjutnya dibagi dengan jumlah baris atau kolom. Nilai akhir dari perhitungan tersebut ditetapkan sebagai λ maksimum.

$$\lambda \text{ maks} = \frac{3,0127 + 3,0624 + 3,1215}{3} = \frac{9,1966}{3} = 3,0655$$

- d. Menghitung indeks konsistensi (CI).

Rumus:

$$\frac{(\lambda_{maks} - n)}{(n - 1)}$$

$$\frac{(3,0655 - 3)}{(3 - 1)} = \frac{0,0655}{2} = 0,0328$$

- e. Menghitung rasio konsistensi (CR).

Rumus:

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

Rasio konsistensi = CI/RI, dimana RI merupakan indeks random konsistensi. Jika rasio konsistensi $\leq 0,1$, maka hasil perhitungan data dapat dibenarkan. Pada penelitian ini menggunakan $n = 3$, dikarenakan terdapat 3 kriteria, sub kriteria, dan alternatif. Sehingga berdasarkan tabel indeks acak, $RI = 0,58$.

$$CR = \frac{0,0328}{0,58} = 0,0565$$

Dikarenakan nilai $CR < 0,1$ atau 10%, maka matriks perbandingan berpasangan pada level 3 berdasarkan alternatif terhadap kriteria biaya dinilai dengan pertimbangan yang konsisten dan *eigen vektor* yang dihasilkan dapat diandalkan, sehingga penilaian dapat diterima.

- 3) Perbandingan Berpasangan Alternatif Terhadap Sub Kriteria Penurunan *Severity*
- a. Matriks perbandingan berpasangan yang belum melalui proses normalisasi akan dikalikan dengan *eigen vektor*:

$$Alt Thd Penurunan Sev = \begin{bmatrix} 1 & 5 & 7 \\ 0,2 & 1 & 3 \\ 0,143 & 0,333333 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0,7235 \\ 0,1932 \\ 0,0833 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2,2726 \\ 0,5878 \\ 0,2511 \end{bmatrix}$$

- b. Menghitung *eigen value*, hasil dari proses perkalian tersebut selanjutnya dibagi dengan *eigen vektor*:

$$\begin{bmatrix} 2,2726 \\ 0,5878 \\ 0,2511 \end{bmatrix} : \begin{bmatrix} 0,7235 \\ 0,1932 \\ 0,0833 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3,1411 \\ 3,0427 \\ 3,0137 \end{bmatrix}$$

- c. Nilai yang diperoleh dari hasil penjumlahan, selanjutnya dibagi dengan jumlah baris atau kolom. Nilai akhir dari perhitungan tersebut ditetapkan sebagai λ maksimum.

$$\lambda \text{ maks} = \frac{3,1411 + 3,0427 + 3,0137}{3} = \frac{9,1975}{3} = 3,0658$$

- d. Menghitung indeks konsistensi (CI).

Rumus:

$$\frac{(\lambda \text{ maks} - n)}{(n - 1)}$$

$$\frac{(3,0658 - 3)}{(3 - 1)} = \frac{0,0658}{2} = 0,0329$$

- e. Menghitung rasio konsistensi (CR).

Rumus:

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

Rasio konsistensi = CI/RI, dimana RI merupakan indeks random konsistensi. Jika rasio konsistensi $\leq 0,1$, maka hasil perhitungan data dapat dibenarkan. Pada penelitian ini menggunakan $n = 3$, dikarenakan terdapat 3 kriteria, sub kriteria, dan alternatif. Sehingga berdasarkan tabel indeks acak, $RI = 0,58$.

$$CR = \frac{0,0329}{0,58} = 0,0568$$

Dikarenakan nilai $CR < 0,1$ atau 10%, maka matriks perbandingan berpasangan pada level 3 berdasarkan alternatif terhadap sub kriteria penurunan *severity* dinilai dengan pertimbangan yang konsisten dan *eigen vektor* yang dihasilkan dapat diandalkan, sehingga penilaian dapat diterima.

4) Perbandingan Berpasangan Alternatif Terhadap Sub Kriteria Penurunan *Occurrence*

- a. Matriks perbandingan berpasangan yang belum melalui proses normalisasi akan dikalikan dengan *eigen vektor*:

$$\text{Alt Thd Penurunan Occ} = \begin{bmatrix} 1 & 3 & 5 \\ 0,33333 & 1 & 3 \\ 0,2 & 0,33333 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0,6333 \\ 0,2605 \\ 0,1062 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1,9456 \\ 0,7901 \\ 0,3197 \end{bmatrix}$$

- b. Menghitung *eigen value*, hasil dari proses perkalian tersebut selanjutnya dibagi dengan *eigen vektor*.

$$\begin{bmatrix} 1,9456 \\ 0,7901 \\ 0,3197 \end{bmatrix} : \begin{bmatrix} 0,6333 \\ 0,2605 \\ 0,1062 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3,0720 \\ 3,0330 \\ 3,0112 \end{bmatrix}$$

- c. Nilai yang diperoleh dari hasil penjumlahan, selanjutnya dibagi dengan jumlah baris atau kolom. Nilai akhir dari perhitungan tersebut ditetapkan sebagai λ maksimum.

$$\lambda \text{ maks} = \frac{3,0720 + 3,0330 + 3,0112}{3} = \frac{9,12}{3} = 3,0387$$

- d. Menghitung indeks konsistensi (CI).

Rumus:

$$\frac{(\lambda \text{ maks} - n)}{(n - 1)}$$

$$\frac{(3,0387 - 3)}{(3 - 1)} = \frac{0,0387}{2} = 0,0194$$

- e. Menghitung rasio konsistensi (CR).

Rumus:

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

Rasio konsistensi = CI/RI, dimana RI merupakan indeks random konsistensi. Jika rasio konsistensi $\leq 0,1$, maka hasil perhitungan data dapat dibenarkan. Pada penelitian ini menggunakan $n = 3$, dikarenakan terdapat 3 kriteria, sub kriteria, dan alternatif. Sehingga berdasarkan tabel indeks acak, $RI = 0,58$.

$$CR = \frac{0,0194}{0,58} = 0,0334$$

Dikarenakan nilai $CR < 0,1$ atau 10%, maka matriks perbandingan berpasangan pada level 3 berdasarkan alternatif terhadap sub kriteria penurunan *occurence* dinilai dengan pertimbangan yang konsisten dan *eigen vektor* yang dihasilkan dapat diandalkan, sehingga penilaian dapat diterima.

5) Perbandingan Berpasangan Alternatif Terhadap Sub Kriteria Peningkatan *Detection*

- a. Matriks perbandingan berpasangan yang belum melalui proses normalisasi akan dikalikan dengan *eigen vektor*:

$$Alt Thd Peningkatan Det = \begin{bmatrix} 1 & 0,333333 & 3 \\ 3 & 1 & 5 \\ 0,333333 & 0,2 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0,2605 \\ 0,6333 \\ 0,1062 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,7901 \\ 1,9456 \\ 0,3197 \end{bmatrix}$$

- b. Menghitung *eigen value*, hasil dari proses perkalian tersebut selanjutnya dibagi dengan *eigen vektor*:

$$\begin{bmatrix} 0,7901 \\ 1,9456 \\ 0,3197 \end{bmatrix} : \begin{bmatrix} 0,2605 \\ 0,6333 \\ 0,1062 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3,0330 \\ 3,0720 \\ 3,0112 \end{bmatrix}$$

- c. Nilai yang diperoleh dari hasil penjumlahan, selanjutnya dibagi dengan jumlah baris atau kolom. Nilai akhir dari perhitungan tersebut ditetapkan sebagai λ maksimum.

$$\lambda \text{ maks} = \frac{3,0330 + 3,0720 + 3,0112}{3} = \frac{9,12}{3} = 3,0387$$

- d. Menghitung indeks konsistensi (CI).

Rumus:

$$\frac{(\lambda \text{ maks} - n)}{(n - 1)}$$

$$\frac{(3,0387 - 3)}{(3 - 1)} = \frac{0,0387}{2} = 0,0194$$

- e. Menghitung rasio konsistensi (CR).

Rumus:

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

Rasio konsistensi = CI/RI , dimana RI merupakan indeks random konsistensi. Jika rasio konsistensi $\leq 0,1$, maka hasil perhitungan data dapat dibenarkan. Pada penelitian ini menggunakan $n = 3$, dikarenakan terdapat 3 kriteria, sub kriteria, dan alternatif. Sehingga berdasarkan tabel indeks acak, $RI = 0,58$.

$$CR = \frac{0,0194}{0,58} = 0,0334$$

Dikarenakan nilai $CR < 0,1$ atau 10%, maka matriks perbandingan berpasangan pada level 3 berdasarkan alternatif terhadap sub kriteria peningkatan *detection* dinilai dengan pertimbangan yang konsisten dan *eigen vektor* yang dihasilkan dapat diandalkan, sehingga penilaian dapat diterima.

5. Pengambilan Keputusan

Setelah melakukan perhitungan *consistency ratio*, tahapan selanjutnya yaitu pengambilan keputusan yang merupakan tahapan terakhir dalam metode AHP. Seluruh bobot yang dihasilkan pada setiap level hierarki diintegrasikan untuk menentukan tingkat prioritas masing – masing alternatif. Nilai prioritas didapatkan dari perkalian antara bobot kriteria, sub kriteria, dan alternatif, kemudian dijumlahkan. Setelah itu, alternatif yang memiliki nilai prioritas keseluruhan tertinggi ditetapkan sebagai pilihan terbaik atau rekomendasi dalam proses pengambilan keputusan. Adapun keputusan yang diambil adalah sebagai berikut:

Pengambilan Keputusan						
	Attribute					Alt. Weight Evaluation
	Kemudahan Implementasi	Efektivitas			Biaya	
	0,62341	0,23897			0,13763	
Attribute Weight		Penurunan Severity	Penurunan Occurence	Peningkatan Detection		
		0,63335	0,26050	0,10616		
Alternatif						
Engineering Control	0,09262	0,72351	0,63335	0,26050	0,07377	0,223
Administrative Control	0,61502	0,19319	0,26050	0,63335	0,28284	0,484
APD	0,29236	0,08331	0,10616	0,10616	0,64339	0,293

Pengambilan keputusan dilakukan dengan menggunakan perhitungan *alternative weight evaluation* dan dipilih alternatif sebagai rekomendasi adalah *administrative control* dengan nilai sebesar 0,484. Kondisi ini didukung oleh hasil pembobotan pada proses perbandingan berpasangan yang mengarah pada *administrative control* sebagai usulan perbaikan yang paling diprioritaskan.

BAB V

PEMBAHASAN

5.1 *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*

5.1.1 Identifikasi Risiko dan Penilaian Risiko *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*

Pada aktivitasnya stasiun gilingan PT Madubaru (PG – PS) Madukismo terdapat 5 proses aktivitas operasional produksi, yaitu aktivitas kedatangan tebu, aktivitas pemindahan tebu dari lori ke meja tebu, aktivitas pencacahan dan penghancuran tebu, aktivitas penggilingan tebu, dan aktivitas *maintenance* mesin. Berdasarkan hasil identifikasi risiko dan penilaian risiko kecelakaan kerja berdasarkan aktivitas operasional produksi menggunakan metode FMEA, diperoleh 14 potensi bahaya yang kemungkinan dapat terjadi atau bahkan sudah terjadi yang dapat mencelakakan pekerja dan orang di area stasiun gilingan.

Berdasarkan *worksheet* FMEA, identifikasi risiko dan penilaian risiko dilakukan pada 14 potensi bahaya tersebut. Pada identifikasi risiko terdapat variabel aktivitas kerja, potensi bahaya, deskripsi potensi bahaya, mode kegagalan, dan akibat kegagalan. Pada penilaian risiko terdapat variabel *Severity* (S), *Occurrence* (O), *Detection* (D), dan RPN. Berikut penjelasan lengkap identifikasi risiko dan penilaian risiko:

1. Pada Aktivitas Kerja Kedatangan Tebu dengan Potensi Bahaya Gangguan Pernapasan dan Iritasi Mata (RPN = 72).

Gangguan pernapasan dan iritasi mata memperoleh nilai RPN sebesar 72. Gangguan pernapasan dan iritasi mata pada aktivitas kedatangan tebu disebabkan karena debu dari jalan yang berdebu akibat banyaknya aktivitas truk yang berlalu lalang dan terbawa angin, serta polusi udara dari knalpot truk yang masih menyala selama antrean sehingga dapat menimbulkan gangguan pernapasan dan iritasi mata. Nilai *severity* yang didapatkan sebesar 4 menunjukkan dampak yang timbul pada potensi ini tergolong kecil, karena gangguan pernapasan dan iritasi mata dapat mengganggu kenyamanan pekerja. Nilai *occurrence* yang didapatkan sebesar 9 menunjukkan frekuensi risiko ini sangat tinggi, karena frekuensi produksi pada musim giling nonstop, sehingga kedatangan tebu terus menerus terjadi. Nilai *detection* yang didapatkan sebesar 2 menunjukkan potensi ini mudah untuk dideteksi, karena debu terlihat jelas oleh pekerja di area kedatangan tebu.

2. Pada Aktivitas Kerja Pemindahan Tebu dengan Potensi Bahaya Tebu Terjatuh Saat proses *Unloading* (RPN = 300).

Tebu terjatuh saat proses *unloading* memperoleh nilai RPN sebesar 300. Tebu terjatuh pada aktivitas pemindahan tabu disebabkan karena adanya kesalahan pengoperasian *unloading crane* dan kurang telitinya pekerja saat mengaitkan rantai, sehingga tebu bisa terlepas dari kaitannya, akibatnya pekerja tersenggol atau tertimpa tebu dan dapat mengalami cedera fisik serius seperti luka berat, patah tulang. Nilai *severity* yang didapatkan yaitu sebesar 10 yang menunjukkan potensi ini sangat berbahaya yang dapat berpotensi fatal. Nilai *occurrence* yang didapatkan sebesar 6 yang menunjukkan bahwa potensi ini memiliki frekuensi kejadian jarang terjadi apabila tidak terjadi kesalahan pengoperasian. Nilai *detection* yang didapatkan yaitu sebesar 5 yang menunjukkan bahwa potensi bahaya ini tidak selalu mudah dideteksi sebelum kejadian, karena *human error* hanya dapat dideteksi apabila suatu kejadian sudah terjadi.

3. Pada Aktivitas Kerja Pemindahan Tebu dengan Potensi Bahaya Tertancap Bilah Tebu (RPN = 56).

Tertancap bilah tebu memperoleh nilai RPN sebesar 56. Tertancap bilah tebu pada aktivitas pemindahan tebu disebabkan karena tidak menggunakan APD yang sesuai, akibatnya dapat terkena luka tusuk pada anggota tubuh pekerja dan dapat terinfeksi apabila tidak segera ditangani. Nilai *severity* yang didapatkan yaitu sebesar 4 menunjukkan potensi ini berdampak kecil bagi kinerja sistem, karena luka tusuk dapat langsung ditangani. Nilai *occurrence* yang didapat yaitu sebesar 7 menunjukkan potensi ini dapat terjadi secara berulang, karena aktivitas penanganan tebu dilakukan berulang selama musim giling dan masih terdapat pekerja yang tidak patuh terhadap pemakaian APD. Nilai *detection* yang didapatkan yaitu sebesar 2 yang menunjukkan potensi ini mampu untuk dideteksi, karena dapat dilihat secara visual atau dari keluhan pekerja.

4. Pada Aktivitas Kerja Pemindahan Tebu dengan Potensi Bahaya Terjepit dan Tersandung (RPN = 245).

Terjepit dan tersandung memperoleh nilai RPN sebesar 245. Terjepit dan tersandung pada aktivitas pemindahan tebu disebabkan karena kondisi area kerja yang sempit serta kurang berhati-hatinya pekerja saat melakukan aktivitas di sekitar truk dan lori, akibatnya pekerja dapat mengalami cedera fisik seperti memar, terkilir, dan patah tulang. Nilai *severity* yang

didapatkan yaitu sebesar 7 menunjukkan potensi ini memiliki dampak cedera yang tergolong cukup serius, karena menyebabkan cedera yang membutuhkan perawatan medis. Nilai *occurrence* yang didapatkan yaitu sebesar 7 menunjukkan bahwa frekuensi kejadian tergolong tinggi, karena pada aktivitasnya pekerja akan terus menerus berada di area rel kereta. Nilai *detection* yang didapatkan yaitu sebesar 5 menunjukkan bahwa potensi ini berada di tingkat sedang, terutama pada saat aktivitas kerja yang padat.

5. Pada Aktivitas Kerja Pencacahan dan Penghancuran dengan Potensi Bahaya Tingkat Kebisingan Berlebih (RPN = 210).

Tingkat kebisingan berlebih memperoleh nilai RPN sebesar 210. Tingkat kebisingan berlebih pada aktivitas pencacahan dan penghancuran tebu disebabkan karena mesin beroperasi secara *nonstop* selama musim giling dan pekerja tidak menggunakan APD, akibatnya pekerja mengalami gangguan pendengaran sehingga konsentrasi pekerja menurun. Nilai *severity* yang didapatkan yaitu sebesar 7 menunjukkan dampak tergolong cukup serius, karena gangguan pendengaran dapat bersifat permanen sehingga dapat memengaruhi kualitas hidup dan kinerja pekerja. Nilai *occurrence* yang didapatkan yaitu sebesar 10 menunjukkan potensi risiko sering terjadi, karena pekerja terus menerus berada di area kerja tersebut. Nilai *detection* yang didapatkan yaitu sebesar 3 menunjukkan kemampuan dalam mendeteksi cukup baik, karena dapat dirasakan dengan jelas.

6. Pada Aktivitas Kerja Pencacahan dan Penghancuran dengan Potensi Bahaya Gangguan Pernapasan dan Iritasi Mata (RPN = 72).

Gangguan pernapasan dan iritasi mata memperoleh nilai RPN sebesar 72. Gangguan pernapasan dan iritasi mata pada aktivitas pencacahan dan penghancuran tebu disebabkan karena paparan debu dan serpihan tebu yang terhirup atau masuk ke area mata, akibatnya pekerja mengalami gangguan pernapasan, iritasi mata, dan mengganggu kenyamanan pekerja. Nilai *severity* yang didapatkan sebesar 4 menunjukkan dampak yang timbul tergolong kecil, karena gangguan pernapasan dan iritasi mata dapat mengganggu kenyamanan pekerja. Nilai *occurrence* yang didapatkan sebesar 9 menunjukkan potensi ini memiliki frekuensi yang sangat tinggi, karena frekuensi produksi pada musim giling nonstop, sehingga kedatangan tebu terus menerus terjadi. Nilai *detection* yang didapatkan sebesar 2 menunjukkan potensi ini mudah untuk dideteksi, karena debu terlihat jelas oleh pekerja di area pencacahan dan penghancuran tebu.

7. Pada Aktivitas Kerja Penggilingan Tebu dengan Potensi Bahaya Gangguan Pendengaran (RPN = 210).

Gangguan pendengaran memperoleh nilai RPN sebesar 210. Gangguan pendengaran pada aktivitas kerja penggilingan tebu disebabkan karena paparan kebisingan mesin secara terus menerus dan ketidakpatuhan pekerja dalam menggunakan APD, akibatnya pekerja mengalami gangguan pendengaran dan penurunan konsentrasi kerja. Nilai *severity* yang didapatkan sebesar 7 menunjukkan dampak yang timbul tergolong besar, karena gangguan pendengaran dapat bersifat permanen, mempengaruhi kualitas hidup, dan kinerja pekerja. Nilai *occurrence* yang didapatkan sebesar 10 menunjukkan frekuensi paparan kebisingan terjadi secara terus menerus, karena mesin gilingan beroperasi setiap hari selama musim giling berlangsung. Nilai *detection* yang didapatkan sebesar 3 menunjukkan bahwa potensi bahaya kebisingan dapat diketahui, namun dampaknya tidak secara langsung dirasakan.

8. Pada Aktivitas Kerja Penggilingan Tebu dengan Potensi Bahaya Kelelahan dan Dehidrasi (RPN = 225).

Kelelahan dan dehidrasi memperoleh nilai RPN sebesar 225. Kelelahan dan dehidrasi pada aktivitas kerja penggilingan tebu disebabkan karena suhu lingkungan kerja yang tinggi dan lembab, serta paparan panas dari mesin gilingan yang beroperasi terus menerus, akibatnya pekerja mengalami penurunan konsentrasi dan menurunnya daya tahan tubuh pekerja. Nilai *severity* yang didapatkan sebesar 5 menunjukkan kelelahan dan dehidrasi dapat mengganggu kesehatan dan kinerja pekerja. Nilai *occurrence* yang didapatkan sebesar 9 menunjukkan bahwa risiko ini sering terjadi, karena kondisi lingkungan kerja yang panas. Nilai *detection* yang didapatkan sebesar 5 menunjukkan bahwa kondisi kelelahan dan dehidrasi tidak selalu mudah terdeteksi, karena gejalanya sering dianggap sebagai kondisi kerja yang wajar oleh pekerja.

9. Pada Aktivitas Kerja Penggilingan Tebu dengan Potensi Bahaya Terpeleset dan Terjatuh (RPN = 112).

Terpeleset dan terjatuh memperoleh nilai RPN sebesar 112. Terpeleset dan terjatuh pada aktivitas kerja penggilingan tebu disebabkan karena lantai basah akibat percikan nira dan pembersihan lantai tidak dilakukan rutin, akibatnya pekerja akan terpeleset dan terjatuh dan menyebabkan cedera fisik seperti memar, terkilir, hingga patah tulang. Nilai *severity*

yang didapatkan sebesar 7 menunjukkan potensi ini memberikan dampak cedera yang tergolong besar, karena dapat menyebabkan cedera berat yang membutuhkan penanganan medis. Nilai *occurrence* yang didapatkan sebesar 8 menunjukkan bahwa potensi ini sering terjadi secara berulang, karena percikan nira dan kondisi lantai basah berada dalam area gilingan. Nilai *detection* yang didapatkan sebesar 2 menunjukkan bahwa potensi ini memiliki kemampuan deteksi yang sangat tinggi, karena kondisi lantai licin cukup mudah untuk dilihat, namun sering kali tidak segera dibersihkan sehingga menyebabkan terpeleset dan terjatuh.

10. Pada Aktivitas Kerja Penggilingan Tebu dengan Potensi Bahaya Luka Bakar Akibat Nira Panas dan Air Imbibisi (RPN = 336).

Luka bakar akibat nira panas dan air imbibisi memperoleh nilai RPN sebesar 336. Luka bakar akibat nira panas dan air imbibisi pada aktivitas kerja penggilingan tebu disebabkan karena percikan nira dan air imbibisi yang tidak terkendali dan pelindung pada mesin tidak bekerja efektif, akibatnya pekerja mengalami luka bakar pada kulit. Nilai *severity* yang didapatkan sebesar 8 menunjukkan potensi ini memberikan dampak cedera yang tergolong ekstrem, karena luka bakar menyebabkan kerusakan jaringan kulit. Nilai *occurrence* yang didapatkan sebesar 6 menunjukkan bahwa potensi ini sering terjadi secara berulang, karena percikan nira dan kondisi lantai basah berada dalam area gilingan. Nilai *detection* yang didapatkan sebesar 7 menunjukkan bahwa kemampuan untuk di deteksi sangat rendah, karena ketidakefisienan pelindung percikan sering kali tidak terlihat.

11. Pada Aktivitas Kerja Penggilingan Tebu dengan Potensi Bahaya Tersandung dan Terjatuh (RPN = 98).

Tersandung dan terjatuh memperoleh nilai RPN sebesar 98. Tersandung dan terjatuh disebabkan karena permukaan lantai yang tidak rata dan kondisi pencahayaan yang kurang baik di area gilingan, akibatnya pekerja mengalami cedera seperti terkilir, memar, hingga patah tulang. Nilai *severity* yang didapatkan yaitu sebesar 7 menunjukkan bahwa dampak yang ditimbulkan tergolong besar, karena dapat menyebabkan cedera berat yang membutuhkan penanganan medis. Nilai *occurrence* yang didapatkan yaitu sebesar 7 menunjukkan bahwa potensi ini dapat terjadi secara berulang, karena kondisi lantai di area kerja yang tidak rata. Nilai *detection* yang didapatkan yaitu sebesar 2 menunjukkan bahwa potensi ini mudah untuk di deteksi, namun tidak kadang kala tidak segera ditindaklanjuti.

12. Pada Aktivitas Kerja Penggilingan Tebu dengan Potensi Bahaya Tergores Plat Ampas Tebu (RPN = 30).

Tergores plat ampas tebu memperoleh nilai RPN sebesar 30. Tergores plat ampas tebu disebabkan karena kurangnya kehati – hatian dan konsentrasi dari pekerja, akibatnya terkena luka gores pada tangan atau anggota tubuh lainnya. nilai *severity* yang didapatkan yaitu sebesar 3 menunjukkan bahwa potensi ini memiliki dampak yang tergolong ringan, karena luka gores umumnya tidak bersifat fatal dan dapat ditangani melalui pertolongan pertama. Nilai *occurrence* yang didapatkan yaitu sebesar 5 menunjukkan bahwa potensi ini jarang terjadi pada saat membenarkan rantai *conveyor*. Nilai *detection* yang didapatkan yaitu sebesar 2 menunjukkan bahwa potensi ini sangat mudah untuk dilihat, karena plat yang tajam masih bisa diantisipasi oleh pekerja.

13. Pada Aktivitas Kerja *Maintenance* Mesin dengan Potensi Bahaya Luka Bakar Akibat Percikan Las (128).

Luka bakaar akibat percikan las memperoleh nilai RPN sebesar 128. Luka bakar akibat percikan las disebabkan karena ketidakpatuhan pekerja dalam penggunaan APD saat mengelas dan pekerja tidak memakai pakaian lengan panjang, akibatnya pekerja terkena luka bakar pada kulit. Nilai *severity* yang didapatkan yaitu sebesar 8 menunjukkan bahwa tingkat keparahan dampak tergolong tinggi, karena luka bakar dapat menyebabkan kerusakan pada jaringan kulit. Nilai *occurrence* yang didapatkan yaitu sebesar 8 menunjukkan potensi ini dapat terjadi berulang, karena proses pengelasan dilakukan berkala saat *maintenance*. Nilai *detection* yang didapatkan yaitu sebesar 2 menunjukkan bahwa potensi ini cukup mudah dideteksi, namun kadang kala sering diabaikan.

14. Pada Aktivitas Kerja *Maintenance* Mesin dengan Potensi Bahaya Terjatuh Akibat Tersandung Perkakas (RPN = 50).

Terjatuh akibat tersandung perkakas memperoleh nilai RPN sebesar 50. Terjatuh akibat tersandung disebabkan karena penempatan toolbox yang ditaruh sembarangan, akibatnya pekerja yang berlalu lalang terjatuh dan mengalami cedera seperti memar atau terkilir. Nilai *severity* yang didapatkan yaitu sebesar 5 menunjukkan bahwa potensi ini memiliki tingkat keparahan yang dampaknya tidak mengancam nyawa yaitu cedera seperti memar atau terkilir. Nilai *occurrence* yang didapatkan yaitu sebesar 5 menunjukkan bahwa potensi ini memiliki frekuensi cukup sering terjadi, apabila pekerja pekerja masih sembarangan

menaruh perkakas. Nilai detection yang didapatkan yaitu sebesar 2 menunjukkan bahwa potensi ini masih bisa dideteksi dan terlihat, namun pekerja sering mengabaikannya.

5.1.2 Pengurutan Nilai *Risk Priority Number* (RPN)

Pengurutan RPN dilakukan untuk mengetahui potensi bahaya pada aktivitas kerja yang harus diprioritaskan untuk menjadi fokus perhatian. Pengurutan nilai RPN dilakukan dari nilai RPN tertinggi hingga terendah, semakin tinggi nilai RPN maka semakin besar tingkat kegagalan yang terjadi. Berdasarkan hasil pengurutan nilai RPN, diketahui bahwa nilai RPN tertinggi yaitu pada potensi bahaya. Faktor risiko dengan nilai RPN tertinggi, ditetapkan sebagai faktor dominan. Berikut merupakan tabel hasil pengurutan nilai RPN:

Tabel 5. 1 Hasil Pengurutan Nilai RPN

Rank	Aktivitas Kerja	Potensi Bahaya	RPN
1	Penggilingan Tebu.	Luka bakar akibat nira panas dan air imbibisi.	336
2	Pemindahan tebu dari lori ke meja tebu.	Tebu terjatuh saat proses unloading.	300
3	Pemindahan tebu dari lori ke meja tebu.	Terjepit dan tersandung.	245
4	Penggilingan Tebu.	Kelelahan dan dehidrasi.	225
5	Pencacahan dan penghancuran tebu.	Tingkat kebisingan berlebih.	210
6	Penggilingan Tebu.	Gangguan pendengaran.	210
7	<i>Maintenance</i> mesin	Luka bakar akibat percikan las.	128
8	Penggilingan Tebu.	Terpeleset dan terjatuh.	112
9	Penggilingan Tebu.	Tersandung dan terjatuh.	98
10	Pencacahan dan penghancuran tebu.	Gangguan pernapasan dan iritasi mata.	72
11	Kedatangan tebu.	Gangguan pernapasan dan iritasi mata.	72

12	Pemindahan tebu dari lori ke meja tebu.	Tertancap bilah tebu.	56
13	<i>Maintenance</i> mesin.	Terjatuh akibat tersandung perkakas.	50
14	Penggilingan Tebu.	Tergores Plat Ampas Tebu.	30

Didapatkan nilai RPN tertinggi yaitu sebesar 336, pada aktivitas kerja penggilingan tebu yang memiliki potensi bahaya luka bakar akibat nira panas dan air imbibisi, yang mengakibatkan luka bakar pada kulit pekerja. Nilai RPN terendah yaitu sebesar 30, pada aktivitas kerja penggilingan tebu yang memiliki potensi bahaya tergores plat ampas tebu saat membenarkan posisi rantai *conveyor*, yang mengakibatkan luka gores pada tangan atau anggota tubuh yang terkena goresan.

5.2 *Fault Tree Analysis* (FTA)

5.2.1 Analisis *Root Cause* di potensi bahaya di Stasiun Gilingan

Metode FTA digunakan untuk menganalisis akar penyebab masalah (*root cause*) pada nilai RPN tertinggi. Dalam analisis *root cause*, nilai RPN tertinggi akan diidentifikasi dengan menggunakan variabel FTA, yaitu *top event*, *intermediate event*, dan *basic event*, beserta gerbang logikanya seperti AND dan OR. Setelah itu, dilakukan pemodelan *fault tree* dari *top event* hingga *basic event*nya. Sehingga dapat diketahui berbagai penyebab permasalahan dari risiko dengan nilai RPN tertinggi.

Nilai RPN tertinggi yaitu pada aktivitas kerja penggilingan tebu yang memiliki potensi bahaya luka bakar akibat nira panas dan air imbibisi, nilai RPN tertinggi tersebut akan dijadikan sebagai kejadian puncak (*top event*). Potensi bahaya tersebut dipengaruhi oleh sejumlah faktor yang saling berhubungan dan dirangkai menggunakan gerbang logika AND dan OR untuk menunjukkan keterkaitan antar faktor penyebab. Berikut penjelasan dari diagram *Fault Tree Analysis* (FTA):

1. *Top Event* (Luka Bakar Akibat Percikan Nira Panas Dan Air Imbibisi)

Top event pada diagram yaitu luka bakar akibat nira panas dan air imbibisi. Potensi bahaya ini merupakan kondisi kondisi paling kritis yang menjadi fokus perhatian untuk dianalisis, karena memiliki tingkat dampak keselamatan dan kesehatan pekerja yang tinggi. *Top event* dihubungkan dengan dua *intermediate event* tingkat satu menggunakan gerbang logika AND. Hal ini menunjukkan bahwa luka bakar terjadi bukan hanya karena satu penyebab

saja, melainkan merupakan hasil dari kombinasi dua kondisi yang terjadi secara bersamaan, yaitu adanya percikan yang mengenai pekerja dan kegagalan sistem perlindungan.

2. *Intermediate Event*

Intermediate event merupakan kejadian yang menjembatani hubungan antara *top event* dan *basic event*. Kejadian ini masih bisa diuraikan lebih lanjut karena merupakan hasil kombinasi beberapa penyebab dibawahnya. *Intermediate event* pada diagram diatas dibagi menjadi dua tingkatan yaitu:

1) *Intermediate Event* Tingkat Satu

Intermediate event tingkat satu, terdiri atas dua kejadian yaitu:

a. Percikan nira panas dan air imbibisi mengenai pekerja

Kejadian ini menggambarkan kondisi dimana pekerja secara langsung terpapar percikan nira dan air imbibisi selama pekerja melakukan aktivitas di area penggilingan tebu. Kejadian ini dihubungkan dengan gerbang logika OR yang menunjukkan bahwa kejadian tersebut dapat terjadi apabila salah satu penyebab dibawahnya muncul, tanpa harus semuanya terjadi secara bersamaan.

b. Gagalnya sistem perlindungan

Kejadian ini menggambarkan kondisi dimana sistem perlindungan keselamatan kerja tidak mampu mencegah dampak percikan. Kegagalan ini juga menggunakan gerbang logika OR, yang menunjukkan bahwa satu kegagalan sistem saja sudah cukup untuk membuat perlindungan menjadi tidak efektif.

2) *Intermediate Event* Tingkat Dua

Intermediate event tingkat dua merupakan turunan dari *intermediate event* tingkat satu dan menjelaskan sumber penyebab kejadian masing – masing kondisi. Berikut merupakan penjelasannya:

a. Percikan nira dan air imbibisi mengenai pekerja

Pada kejadian percikan nira dan air imbibisi mengenai pekerja, terdapat dua kondisi yang timbul yaitu pekerja berada di area berbahaya dan terjadi kejadian yang tidak normal. Kondisi pekerja berada di area berbahaya menggambarkan situasi dimana pekerja melakukan aktivitas kerja pada area

yang memiliki tingkat risiko tinggi terhadap paparan percikan nira dan air imbibisi. Keberadaan pekerja di area itu dapat meningkatkan kemungkinan terjadinya kontak langsung dengan nira panas dan air imbibisi, terutama apabila tidak disertai dengan pengendalian teknis, administratif, maupun APD yang memadai.

Kemudian pada terjadi kejadian yang tidak normal merupakan kondisi operasional yang dari keadaan kerja yang seharusnya. Kondisi ini dapat berupa gangguan proses, ketidakstabilan tekanan, atau kesalahan dalam pengoperasian peralatan, yang secara langsung dapat memicu terjadinya percikan nira panas dan air imbibisi. Kejadian tidak normal ini, memperbesar potensi bahaya karena sistem berada pada kondisi yang tidak terkendali, sehingga risiko kecelakaan kerja dapat meningkat.

Kedua kondisi tersebut dihubungkan dengan gerbang logika OR, yang menunjukkan bahwa salah satu dari kondisi tersebut sudah cukup untuk menyebabkan percikan mengenai pekerja.

b. Gagalnya sistem perlindungan

Pada gagalnya sistem perlindungan, terdapat dua kondisi yang timbul yaitu pelindung percikan pada mesin yang bekerja tidak efektif dan APD yang tidak efektif. Kondisi pelindung percikan pada mesin yang tidak berjalan efektif menggambarkan bahwa sistem pelindung yang seharusnya berfungsi sebagai penghalang atau pengarah percikan tidak mampu bekerja secara optimal. Ketidakefektifan ini dapat menyebabkan percikan nira panas dan air imbibisi tetap menyebar ke area kerja dan mengenai pekerja.

Kemudian pada APD yang tidak efektif menggambarkan kondisi dimana alat pelindung diri tidak mampu memberikan perlindungan yang memadai terhadap bahaya panas atau kurangnya kesadaran pekerja betapa pentingnya menggunakan APD lengkap saat bekerja. Dalam kondisi tersebut, meskipun sistem perlindungan lain tersedia, pekerja tetap berada pada risiko tinggi mengalami luka bakar.

Kedua kondisi tersebut dihubungkan dengan gerbang logika OR, yang menandakan bahwa kegagalan pada salah satu sistem perlindungan sudah

cukup untuk menyebabkan sistem keselamatan secara keseluruhan menjadi tidak efektif.

3. *Basic Event*

Basic event merupakan kejadian paling dasar dalam diagram FTA yang tidak diuraikan lebih lanjut dan dianggap sebagai akar penyebab masalah. *Basic event* ini dapat berasal dari faktor manusia, teknis, maupun sistem manajemen. berikut merupakan penjelasannya:

1) Pekerja berada di area berbahaya

Basic event akibat muncul akibat perilaku pekerja dan kondisi lingkungan kerja yang tidak mendukung keselamatan kerja. Pelanggaran prosedur kerja yang dilakukan oleh pekerja menunjukkan rendahnya tingkat kepatuhan terhadap standar operasional yang diterapkan, sehingga pekerja berpotensi berada di zona yang tidak aman saat bekerja di area gilingan. Selain itu, kondisi pencahayaan yang buruk dapat memperburuk keadaan, seperti minimnya jangkauan penglihatan sehingga pekerja melakukan kesalahan.

2) Terjadinya kejadian yang tidak normal

Basic event akibat dari gangguan proses dan kesalahan pengoperasian peralatan. Tekanan berlebihan dalam sistem dapat menyebabkan ketidakstabilan aliran dan meningkatkan kemungkinan terjadinya semburan nira panas dan air imbibisi. Kebocoran pipa juga dapat menjadi penyebab, karena memungkinkan keluarnya nira panas dan air imbibisi secara tidak terkendali. Selain itu, kesalahan prosedur operasi menunjukkan ketidakpatuhan pekerja dalam menjalankan prosedur kerja, baik karena kurangnya pemahaman, kelalaian, ataupun kurangnya pengawasan. Hal ini dapat memicu kondisi operasional yang tidak normal.

3) Pelindung percikan pada mesin tidak efektif

Basic event akibat kurang efektifnya pelindung percikan pada mesin, yang disebabkan oleh kurangnya manajemen perawatan dan kelemahan teknis. Tidak adanya pemeliharaan rutin menyebabkan kondisi pelindung mengalami penurunan fungsi karena pemakaian yang terus menerus seiring berjalannya waktu, sehingga tidak mampu bekerja dengan optimal. Selain itu, desain pelindung yang tidak memenuhi standar keselamatan kerja mengakibatkan efektivitas dalam melindungi pekerja menjadi sangat terbatas.

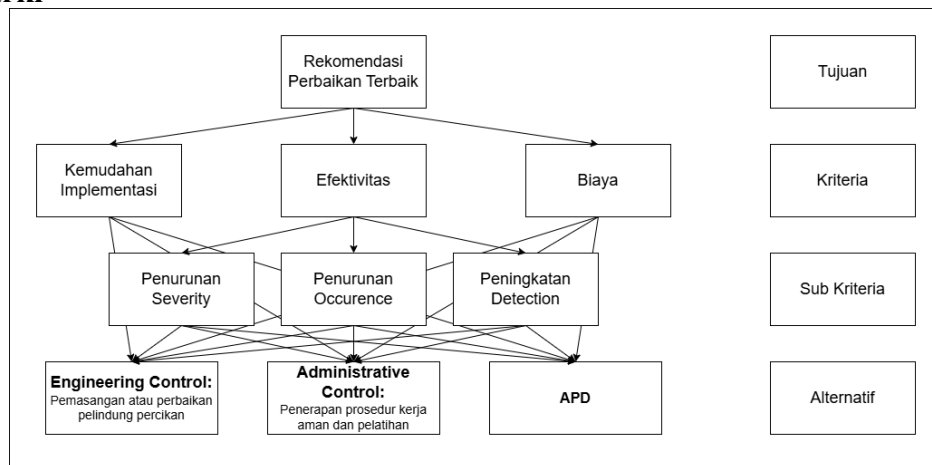
4) APD tidak efektif

Basic event akibat APD yang tidak efektif berkaitan dengan ketersediaan APD dan perilaku pekerja terhadap penggunaan APD. Ketiadaan APD menunjukkan bahwa lemahnya sistem manajemen keselamatan kerja di lingkungan kerja. Selain itu, APD yang tersedia namun tidak digunakan oleh pekerja menunjukkan adanya masalah pada kedisiplinan pekerja terhadap budaya keselamatan kerja maupun pengawasan. Kemudian terdapat juga APD yang tidak layak digunakan, baik karena rusak maupun tidak sesuai spesifikasi, juga mengakibatkan perlindungan terhadap bahaya panas menjadi tidak optimal, sehingga pekerja berisiko mengalami luka bakar.

Seluruh *basic event* tersebut dihubungkan dengan gerbang logika OR, yang menunjukkan bahwa masing – masing *basic event* memiliki kontribusi terhadap terjadinya kejadian pada tingkat di atasnya. Dengan kata lain, kemunculan satu *basic event* saja cukup untuk memicu *intermediate event* terkait, yang pada akhirnya dapat berkontribusi terhadap terjadinya *top event* yaitu luka bakar akibat nira panas dan air imbibisi.

5.3 Analytical Hierarchy Process (AHP)

5.3.1 Hierarki



Gambar 5. 1 Struktur Hierarki Rekomendasi Perbaikan

Hierarki AHP pada gambar diatas dibuat untuk menentukan rekomendasi perbaikan terbaik dalam pengendalian risiko kecelakaan kerja di stasiun gilingan PT Madubaru (PG – PS) Madukismo. Metode AHP dapat menyediakan berbagai pertimbangan secara multikriteria dengan struktur hierarki pengambilan keputusan yang sistematis. Struktur hierarki terdiri atas empat tingkatan yaitu tujuan, kriteria, sub kriteria, dan alternatif. Berikut penjelasan selengkapnya.

1. Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai yaitu rekomendasi perbaikan terbaik.

2. Kriteria

Kriteria menggambarkan aspek utama dalam pengambilan keputusan, yaitu kemudahan implementasi, efektivitas, dan biaya. Kemudahan implementasi menggambarkan bahwa sejauh mana alternatif dapat mudah untuk diterapkan tanpa merubah sistem yang sudah ada. Efektivitas menggambarkan kemampuan alternatif dalam menurunkan tingkat risiko kecelakaan kerja. Biaya menggambarkan besarnya biaya yang diperlukan dalam penerapan alternatif.

3. Sub Kriteria

Pada sub kriteria, efektivitas pengendalian risiko dinilai lebih spesifik melalui penurunan *severity*, penurunan *occurrence*, dan peningkatan *detection*. Penurunan *severity* menggambarkan kemampuan alternatif dalam mengurangi tingkat keparahan dampak kecelakaan. Penurunan *occurrence* menggambarkan kemampuan alternatif menurunkan kemungkinan terjadinya bahaya. Peningkatan *detection* menggambarkan kemampuan alternatif dalam mendeteksi potensi bahaya sebelum bahaya terjadi. Sub kriteria ini sejalan dengan FMEA, sehingga dapat memberikan dasar yang kuat dalam mengevaluasi kinerja setiap alternatif.

4. Alternatif

Alternatif yang dievaluasi yaitu *engineering control*, *administrative control*, dan APD. *Engineering control* berfokus pada pengendalian bahaya di sumbernya melalui pemasangan atau perbaikan pelindung percikan. *Administrative control* berfokus pada penerapan prosedur kerja aman dan pelatihan untuk meningkatkan kepatuhan dan kesadaran pekerja. APD berfokus pada perlindungan langsung terhadap pekerja.

5.3.2 Comparative Judgement, Priority Weight, dan Consistency Ratio

Penilaian dilakukan dengan membandingkan tingkat kepentingan relatif antara dua elemen pada satu level di atasnya. Hasil penilaian tersebut kemudian disusun dalam bentuk matriks perbandingan berpasangan (*pairwise comparison*). Matriks ini diisi dengan nilai angka yang merepresentasikan tingkat kepentingan suatu elemen dibandingkan dengan elemen lainnya. nilai – nilai dalam matriks perbandingan berpasangan diperoleh dari hasil kuisisioner yang diisi oleh mandor stasiun gilingan PT Madubaru (PG – PS) Madukismo. Perbandingan berpasangan kali ini

membagi 3 level perbandingan yaitu perbandingan berpasangan kriteria (level 1), perbandingan berpasangan sub kriteria (level 2), dan perbandingan berpasangan alternatif (level 3).

Kemudian setelah membentuk perbandingan berpasangan, kemudian menghitung *priority weight* yaitu dengan membagi setiap nilai pada matriks dengan jumlah pada kolom yang bersesuaian, setelah itu dilakukan penjumlahan dan perhitungan rata – rata (*eigen vektor* atau *local priority*) pada setiap baris.

Setelah dilakukan *priority weight* tahap selanjutnya yaitu melakukan pengujian *consistency ratio* untuk memastikan kevalidan dari *eigen vektor* yang dihasilkan dari perhitungan *priority weight* sebelumnya.

5.3.2.1 Comparative Judgment, Priority Weight, dan Consistency Ratio dari Level 1 (Kriteria)

Tabel 5. 2 Hasil *Comparative Judgment*, *Priority Weight*, dan *Consistency Ratio* dari Level 1 (Kriteria)

Kriteria	Kemudahan Implementasi	Efektivitas	Biaya	Kemudahan Implementasi	Efektivitas	Biaya	1	2	3	Eugen Value	λ maks	CI	RI	CR
							Total Weight Matrix	Eugen Vector	Perkalian Matriks					
Kemudahan Implementasi	1	5	3	0,6522	0,7895	0,4286	1,8702	0,6234	2,2311	3,5789	3,0658	0,0329	0,5800	0,0568
Efektivitas	1/5	1	3	0,1304	0,1579	0,4286	0,7169	0,2390	0,7765	3,2495				
Biaya	1/3	1/3	1	0,2174	0,0526	0,1429	0,4129	0,1376	0,4251	3,0887				
Total	1,53	6,33	7,00	1,00	1,00	1,00	3,00	1,00	3,43	9,20				

Berdasarkan hasil perhitungan pada tabel diatas, didapatkan hasil pembobotan dan uji konsistensi pada level 1 kriteria. Didapatkan λ maks yaitu 3,0658 yang mendekati nilai ideal, hal ini menunjukkan bahwa matriks kriteria memiliki tingkat konsistensi yang baik. Kemudian pada nilai *consistency index* (CI) didapatkan sebesar 0,0329. Nilai CI yang relatif kecil ini menunjukkan bahwa tingkat inkonsistensi dalam penilaian kriteria berada pada level yang rendah, sehingga struktur perbandingan yang digunakan dianggap stabil. Pada nilai *random index* (RI) didapatkan sebesar 0,58 dan sudah ditetapkan nilainya sebagai perbandingan untuk menilai apakah tingkat

inkonsistensi yang terjadi masih berada dalam batas yang dapat diterima. Dari nilai CI dan RI tersebut, didapatkan *consistency ratio* (CR) sebesar 0,0568. Nilai CR yang didapatkan lebih kecil dari batas toleransi yang ditetapkan pada metode AHP yaitu sebesar 0,1. Hal ini menunjukkan bahwa penilaian perbandingan level 1 (Kriteria) yang dilakukan bersifat konsisten dan dapat diterima.

5.3.2.2 Comparative Judgment, Priority Weight, dan Consistency Ratio dari Level 2 (Sub Kriteria)

Tabel 5. 3 Hasil *Comparative Judgment*, *Priority Weight*, dan *Consistency Ratio* dari Level 2 (Sub Kriteria)

Sub Kriteria	Penurunan Severity	Penurunan Occurrence	Peningkatan Detection	Penurunan Severity	Penurunan Occurrence	Peningkatan Deteksi	1	2	3	Eugen Value	λ maks	CI	RI	CR
							Total Weight Matrix	Eugen Vector	Perkalian Matriks					
Penurunan Severity	1	3	5	0,6522	0,6923	0,5556	1,9000	0,6333	1,9456	3,0720	3,0387	0,0194	0,5800	0,0334
Penurunan Occurrence	1/3	1	3	0,2174	0,2308	0,3333	0,7815	0,2605	0,7901	3,0330				
Peningkatan Detection	1/5	1/3	1	0,1304	0,0769	0,1111	0,3185	0,1062	0,3197	3,0112				
Total	1,53	4,33	9,00	1,00	1,00	1,00	3,00	1,00	3,06	9,12				

Berdasarkan hasil perhitungan pada tabel diatas, didapatkan hasil pembobotan dan uji konsistensi pada level 2 sub kriteria. Didapatkan λ maks yaitu 3,0387 yang mendekati nilai ideal, hal ini menunjukkan bahwa matriks kriteria memiliki tingkat konsistensi yang baik. Kemudian pada nilai *consistency index* (CI) didapatkan sebesar 0,0194. Nilai CI yang relatif kecil ini menunjukkan bahwa tingkat inkonsistensi dalam penilaian kriteria berada pada level yang rendah, sehingga struktur perbandingan yang digunakan dianggap stabil. Pada nilai *random index* (RI) didapatkan sebesar 0,58 dan sudah ditetapkan nilainya sebagai perbandingan untuk menilai apakah tingkat inkonsistensi yang terjadi masih berada dalam batas yang dapat diterima. Dari nilai CI dan RI tersebut, didapatkan *consistency ratio* (CR) sebesar 0,0334. Nilai CR yang didapatkan lebih kecil dari batas toleransi yang ditetapkan pada metode AHP yaitu sebesar 0,1. Hal ini menunjukkan bahwa penilaian perbandingan level 2 (Sub Kriteria) yang dilakukan bersifat konsisten dan dapat diterima.

5.3.2.3 Comparative Judgment, Priority Weight, dan Consistency Ratio dari Level 3 (Alternatif)

1. Comparative Judgment, Priority Weight, dan Consistency Ratio Alternatif Terhadap Kriteria Kemudahan Implementasi

Tabel 5. 4 Hasil *Comparative Judgment, Priority Weight, dan Consistency Ratio* Alternatif Terhadap Kriteria Kemudahan Implementasi

Kemudahan Implementasi	<i>Engineering Control</i>	<i>Administrative Control</i>	APD	<i>Engineering Control</i>	<i>Administrative Control</i>	APD	1	2	3	Eugen Value	λ maks	CI	RI	CR
							Total Weight Matrix	Eugen Vector	Perkalian Matriks					
<i>Engineering Control</i>	1	1/7	1/3	0,0909	0,0870	0,1000	0,2779	0,0926	0,2779	3,0007	3,0026	0,0013	0,5800	0,0023
<i>Administrative Control</i>	7	1	2	0,6364	0,6087	0,6000	1,8451	0,6150	1,8481	3,0049				
APD	3	1/2	1	0,2727	0,3043	0,3000	0,8771	0,2924	0,8777	3,0023				
Total	11,00	1,64	3,33	1,00	1,00	1,00	3,00	1,00	3,00	9,01				

Berdasarkan hasil perhitungan pada tabel diatas, didapatkan hasil pembobotan dan uji konsistensi pada level 3 Alternatif terhadap kriteria kemudahan implementasi. Didapatkan λ maks yaitu 3,0026 yang mendekati nilai ideal, hal ini menunjukkan bahwa matriks kriteria memiliki tingkat konsistensi yang baik. Kemudian pada nilai *consistency index* (CI) didapatkan sebesar 0,0013. Nilai CI yang relatif kecil ini menunjukkan bahwa tingkat inkonsistensi dalam penilaian kriteria berada pada level yang rendah, sehingga struktur perbandingan yang digunakan dianggap stabil. Pada nilai *random index* (RI) didapatkan sebesar 0,58 dan sudah ditetapkan nilainya sebagai perbandingan untuk menilai apakah tingkat inkonsistensi yang terjadi masih berada dalam batas yang dapat diterima. Dari nilai CI dan RI tersebut, didapatkan *consistency ratio* (CR) sebesar 0,0023. Nilai CR yang didapatkan lebih kecil dari batas toleransi yang ditetapkan pada metode AHP yaitu sebesar 0,1. Hal ini menunjukkan bahwa penilaian perbandingan level 3 alternatif terhadap kriteria kemudahan implementasi yang dilakukan bersifat konsisten dan dapat diterima.

2. *Comparative Judgement, Priority Weight, dan Consistency Ratio* Alternatif Terhadap Kriteria Biaya

Tabel 5. 5 Hasil *Comparative Judgement, Priority Weight, dan Consistency Ratio* Alternatif Terhadap Kriteria Biaya

Biaya	<i>Engineering Control</i>	<i>Administrative Control</i>	APD	<i>Engineering Control</i>	<i>Administrative Control</i>	APD	1	2	3	Eugen Value	λ maks	CI	RI	CR
							Total Weight Matrix	Eugen Vector	Perkalian Matriks					
<i>Engineering Control</i>	1	1/5	1/7	0,0769	0,0476	0,0968	0,2213	0,0738	0,2223	3,0127	3,0655	0,0328	0,5800	0,0565
<i>Administrative Control</i>	5	1	1/3	0,3846	0,2381	0,2258	0,8485	0,2828	0,8662	3,0624				
APD	7	3	1	0,5385	0,7143	0,6774	1,9302	0,6434	2,0083	3,1215				
Total	13,00	4,20	1,48	1,00	1,00	1,00	3,00	1,00	3,10	9,20				

Berdasarkan hasil perhitungan pada tabel diatas, didapatkan hasil pembobotan dan uji konsistensi pada level 3 Alternatif terhadap kriteria biaya. Didapatkan λ maks yaitu 3,0655 yang mendekati nilai ideal, hal ini menunjukkan bahwa matriks kriteria memiliki tingkat konsistensi yang baik. Kemudian pada nilai *consistency index* (CI) didapatkan sebesar 0,0328. Nilai CI yang relatif kecil ini menunjukkan bahwa tingkat inkonsistensi dalam penilaian kriteria berada pada level yang rendah, sehingga struktur perbandingan yang digunakan dianggap stabil. Pada nilai *random index* (RI) didapatkan sebesar 0,58 dan sudah ditetapkan nilainya sebagai perbandingan untuk menilai apakah tingkat inkonsistensi yang terjadi masih berada dalam batas yang dapat diterima. Dari nilai CI dan RI tersebut, didapatkan *consistency ratio* (CR) sebesar 0,0565. Nilai CR yang didapatkan lebih kecil dari batas toleransi yang ditetapkan pada metode AHP yaitu sebesar 0,1. Hal ini menunjukkan bahwa penilaian perbandingan level 3 alternatif terhadap kriteria biaya yang dilakukan bersifat konsisten dan dapat diterima.

3. *Comparative Judgement, Priority Weight, dan Consistency Ratio* Alternatif Terhadap Sub Kriteria Penurunan *Severity*

Tabel 5. 6 Hasil *Comparative Judgement, Priority Weight, dan Consistency Ratio* Alternatif Terhadap Sub Kriteria Penurunan *Severity*

Penurunan <i>Severity</i>	<i>Engineering Control</i>	<i>Administrative Control</i>	APD	<i>Engineering Control</i>	<i>Administrative Control</i>	APD	1	2	3	<i>Eugen Value</i>	λ maks	CI	RI	CR
							<i>Total Weight Matrix</i>	<i>Eugen Vector</i>	Perkalian Matriks					
<i>Engineering Control</i>	1	1/5	1/7	0,0769	0,0476	0,0968	0,2213	0,0738	0,2223	3,0127	3,0655	0,0328	0,5800	0,0565
<i>Administrative Control</i>	5	1	1/3	0,3846	0,2381	0,2258	0,8485	0,2828	0,8662	3,0624				
APD	7	3	1	0,5385	0,7143	0,6774	1,9302	0,6434	2,0083	3,1215				
Total	13,00	4,20	1,48	1,00	1,00	1,00	3,00	1,00	3,10	9,20				

Berdasarkan hasil perhitungan pada tabel diatas, didapatkan hasil pembobotan dan uji konsistensi pada level 3 Alternatif terhadap sub kriteria penurunan *severity*. Didapatkan λ maks yaitu 3,0655 yang mendekati nilai ideal, hal ini menunjukkan bahwa matriks kriteria memiliki tingkat konsistensi yang baik. Kemudian pada nilai *consistency index* (CI) didapatkan sebesar 0,0328. Nilai CI yang relatif kecil ini menunjukkan bahwa tingkat inkonsistensi dalam penilaian kriteria berada pada level yang rendah, sehingga struktur perbandingan yang digunakan dianggap stabil. Pada nilai *random index* (RI) didapatkan sebesar 0,58 dan sudah ditetapkan nilainya sebagai perbandingan untuk menilai apakah tingkat inkonsistensi yang terjadi masih berada dalam batas yang dapat diterima. Dari nilai CI dan RI tersebut, didapatkan *consistency ratio* (CR) sebesar 0,0565. Nilai CR yang didapatkan lebih kecil dari batas toleransi yang ditetapkan pada metode AHP yaitu sebesar 0,1. Hal ini menunjukkan bahwa penilaian perbandingan level 3 alternatif terhadap sub kriteria penurunan *severity* yang dilakukan bersifat konsisten dan dapat diterima.

4. *Comparative Judgement, Priority Weight, dan Consistency Ratio* Alternatif Terhadap Sub Kriteria Penurunan *Occurrence*

Tabel 5. 7 Hasil *Comparative Judgement, Priority Weight, dan Consistency Ratio* Alternatif Terhadap Sub Kriteria Penurunan *Occurrence*

Penurunan <i>Occurence</i>	<i>Engineering Control</i>	<i>Administrative Control</i>	APD	<i>Engineering Control</i>	<i>Administrative Control</i>	APD	1	2	3	<i>Eugen Value</i>	λ maks	CI	RI	CR
							<i>Total Weight Matrix</i>	<i>Eugen Vector</i>	Perkalian Matriks					
<i>Engineering Control</i>	1	3	5	0,6522	0,6923	0,5556	1,9000	0,6333	1,9456	3,0720	3,0387	0,0194	0,5800	0,0334
<i>Administrative Control</i>	1/3	1	3	0,2174	0,2308	0,3333	0,7815	0,2605	0,7901	3,0330				
APD	1/5	1/3	1	0,1304	0,0769	0,1111	0,3185	0,1062	0,3197	3,0112				
Total	1,53	4,33	9,00	1,00	1,00	1,00	3,00	1,00	3,06	9,12				

Berdasarkan hasil perhitungan pada tabel diatas, didapatkan hasil pembobotan dan uji konsistensi pada level 3 Alternatif terhadap sub kriteria penurunan *occurrence*. Didapatkan λ maks yaitu 3,0387 yang mendekati nilai ideal, hal ini menunjukkan bahwa matriks kriteria memiliki tingkat konsistensi yang baik. Kemudian pada nilai *consistency index* (CI) didapatkan sebesar 0,0194. Nilai CI yang relatif kecil ini menunjukkan bahwa tingkat inkonsistensi dalam penilaian kriteria berada pada level yang rendah, sehingga struktur perbandingan yang digunakan dianggap stabil. Pada nilai *random index* (RI) didapatkan sebesar 0,58 dan sudah ditetapkan nilainya sebagai perbandingan untuk menilai apakah tingkat inkonsistensi yang terjadi masih berada dalam batas yang dapat diterima. Dari nilai CI dan RI tersebut, didapatkan *consistency ratio* (CR) sebesar 0,0334. Nilai CR yang didapatkan lebih kecil dari batas toleransi yang ditetapkan pada metode AHP yaitu sebesar 0,1. Hal ini menunjukkan bahwa penilaian perbandingan level 3 alternatif terhadap sub kriteria penurunan *occurrence* yang dilakukan bersifat konsisten dan dapat diterima.

5. Comparative Judgement, Priority Weight, dan Consistency Ratio Alternatif Terhadap Sub Kriteria Peningkatan *Detection*

Tabel 5. 8 Hasil *Comparative Judgement*, *Priority Weight*, dan *Consistency Ratio* Alternatif Terhadap Sub Kriteria Peningkatan *Detection*

Peningkatan <i>Detection</i>	<i>Engineering Control</i>	<i>Administrative Control</i>	APD	<i>Engineering Control</i>	<i>Administrative Control</i>	APD	1	2	3	<i>Eugen Value</i>	λ maks	CI	RI	CR
							Total Weight Matrix	<i>Eugen Vector</i>	Perkalian Matriks					
<i>Engineering Control</i>	1	1/3	3	0,2308	0,2174	0,3333	0,7815	0,2605	0,7901	3,0330	3,0387	0,0194	0,5800	0,0334
<i>Administrative Control</i>	3	1	5	0,6923	0,6522	0,5556	1,9000	0,6333	1,9456	3,0720				
APD	1/3	1/5	1	0,0769	0,1304	0,1111	0,3185	0,1062	0,3197	3,0112				
Total	4,33	1,53	9,00	1,00	1,00	1,00	3,00	1,00	3,06	9,12				

Berdasarkan hasil perhitungan pada tabel diatas, didapatkan hasil pembobotan dan uji konsistensi pada level 3 Alternatif terhadap sub kriteria penurunan *occurrence*. Didapatkan λ maks yaitu 3,0387 yang mendekati nilai ideal, hal ini menunjukkan bahwa matriks kriteria memiliki tingkat konsistensi yang baik. Kemudian pada nilai *consistency index* (CI) didapatkan sebesar 0,0194. Nilai CI yang relatif kecil ini menunjukkan bahwa tingkat inkonsistensi dalam penilaian kriteria berada pada level yang rendah, sehingga struktur perbandingan yang digunakan dianggap stabil. Pada nilai *random index* (RI) didapatkan sebesar 0,58 dan sudah ditetapkan nilainya sebagai perbandingan untuk menilai apakah tingkat inkonsistensi yang terjadi masih berada dalam batas yang dapat diterima. Dari nilai CI dan RI tersebut, didapatkan *consistency ratio* (CR) sebesar 0,0334. Nilai CR yang didapatkan lebih kecil dari batas toleransi yang ditetapkan pada metode AHP yaitu sebesar 0,1. Hal ini menunjukkan bahwa penilaian perbandingan level 3 alternatif terhadap sub kriteria penurunan *occurrence* yang dilakukan bersifat konsisten dan dapat diterima.

5.3.3 Pengambilan Keputusan

Berikut merupakan hasil pengambilan keputusan AHP:

Pengambilan Keputusan						
	Attribute					Alt. Weight Evaluation
	Kemudahan Implementasi	Efektivitas			Biaya	
	0,62341	0,23897			0,13763	
Attribute Weight		Penurunan Severity	Penurunan Occurence	Peningkatan Detection		
		0,63335	0,26050	0,10616		
Alternatif						
Engineering Control	0,09262	0,72351	0,63335	0,26050	0,07377	0,223
Administrative Control	0,61502	0,19319	0,26050	0,63335	0,28284	0,484
APD	0,29236	0,08331	0,10616	0,10616	0,64339	0,293

Berdasarkan hasil pengambilan keputusan diatas, *Attribute Weight* menunjukkan masing – masing kepentingan kriteria, dimana kemudahan implementasi memiliki bobot tertinggi sebesar 0,62341, yang mengindikasikan bahwa alternatif yang mudah diterapkan dan tidak memerlukan perubahan sistem yang kompleks menjadi prioritas utama dalam pengambilan keputusan. Efektivitas memiliki bobot sebesar 0,23897, menandakan bahwa kemampuan alternatif dalam menurunkan tetap dipertimbangkan. Sementara itu, biaya memiliki bobot terendah sebesar 0,13763, yang menunjukkan bahwa aspek finansial dipertimbangkan namun tidak menjadi faktor dominan.

Administrative control menunjukkan memperoleh nilai akhir tertinggi sebesar 0,484 dan menjadi rekomendasi perbaikan terbaik. Hal ini menunjukkan bahwa penerapan prosedur kerja aman dan pelatihan pekerja merupakan alternatif yang paling sesuai, terutama karena unggul dalam kemudahan implementasi dan peningkatan kemampuan deteksi. Alternatif APD menempati peringkat kedua dengan nilai sebesar 0,293, yang menunjukkan bahwa APD cukup efektif dalam menurunkan tingkat keparahan dampak kecelakaan, meskipun sangat bergantung pada kepatuhan pekerja. Sementara itu, *engineering control* memperoleh nilai terendah sebesar 0,223, karena

meskipun efektif secara teknis, alternatif ini dinilai kurang unggul dari kemudahan implementasi dan biaya.

Secara keseluruhan, hasil pengambilan keputusan menunjukkan bahwa *administrative control* merupakan rekomendasi perbaikan paling tepat, diikuti oleh APD dan *engineering control*. *Administrative control* dipilih karena strategi pengendalian risiko yang mudah diterapkan, biaya yang rendah, dan mampu meningkatkan kesadaran dan kepatuhan pekerja dalam menerapkan prinsip kerja aman.

5.4 Cost Benefit Analysis (CBA)

Menurut Siegel dan Shimp (1994) dalam (Putra et al., 2020) *Cost Benefit Analysis* (CBA) merupakan cara untuk menentukan apakah hasil yang menguntungkan dari sebuah alternatif akan cukup untuk dijadikan alasan dalam menentukan biaya pengambilan alternatif. Analisis ini telah dipakai secara luas dalam hubungannya dengan proyek pengeluaran modal. *Cost Benefit Analysis* (CBA) merupakan metode evaluasi yang digunakan untuk menilai alternatif sumber daya atau program dengan manfaat lebih besar. CBA mengukur biaya dan manfaat intervensi secara sistematis, serta mempengaruhi hasil keputusan besar dalam sebuah perusahaan atau organisasi.

Pada penelitian ini akan dilakukan analisis terhadap biaya yang dikeluarkan perusahaan dengan membandingkan biaya yang ditanggung oleh perusahaan sebelum penerapan *administrative control* dengan biaya yang dikeluarkan setelah penerapan *administrative control*. Berikut merupakan *cost benefit analysis* yang terdapat di stasiun gilingan PT Madubaru (PG – PS) Madukismo berdasarkan data perusahaan dan wawancara:

5.4.1 Biaya Sebelum Pengendalian

Berikut ini merupakan biaya yang dikeluarkan oleh stasiun gilingan sebelum melakukan *administrative control*:

Tabel 5. 9 Biaya Pengobatan Sebelum Penerapan *Administrative Control*

Jenis Kejadian	Frekuensi/ Tahun	Biaya/Kejadian	Total
Cedera Ringan (P3K/klinik pratama madukismo, obat, dan perban).	1	Rp 250.000	Rp 250.000
Cedera Sedang (<i>medical treatment case</i>)	2	Rp 600.000	Rp 1.200.000
		Sub Total	Rp 1.450.000

Berdasarkan tabel diatas, diketahui biaya yang dikeluarkan untuk jenis kejadian yang dialami selama periode bulan Januari – November 2025 adalah sebesar Rp 1.450.000.

Tabel 5. 10 Biaya Lainnya Sebelum Penerapan *Administrative Control*

Komponen	Estimasi
Kelelahan dan penurunan fokus kerja.	Rp. 1.500.000
Penurunan produktivitas	Rp. 700.000
Sub Total	Rp 2.200.000

Tabel diatas merupakan biaya lainnya sebelum penerapan pengendalian. Dimana didapatkan biaya lainnya yang dikeluarkan meliputi kelelahan dan penurunan fokus kerja, dan penurunan produktivitas akibat dari pekerja yang mengalami kecelakaan kerja pada priode Januari – November sebesar Rp 2.200.000.

5.4.2 Estimasi Biaya Setelah Pengendalian

Tabel 5. 11 Biaya Investasi Penerapan *Administrative Control*

Komponen	Estimasi
Pembuatan SOP pada setiap aktivitas kerja serta pengoperasian mesin dan alat.	Rp 800.000
<i>Breafing</i> K3 harian	Rp 250.000
Rambu Spanduk K3	Rp 500.000
Dokumentasi Pendataan Insiden	Rp 300.000
Sistem Izin Kerja	Rp 300.000

Sub Total	Rp 2.150.000
------------------	---------------------

Tabel diatas merupakan biaya investasi penerapan pengendalian, dimana investasi yang harus dikeluarkan oleh perusahaan meliputi pembuatan SOP, *breafing* K3 harian, rambu spanduk K3, dokumentasi pendataan insiden, dan sistem izin kerja yaitu sebesar Rp 2.600.000.

Tabel 5. 12 Biaya Pengobatan Sesudah Penerapan *Administrative Control*

Jenis Kejadian	Frekuensi/ Tahun	Biaya/Kejadian	Total
Cedera Ringan (P3K/klinik pratama madukismo, obat, dan perban).	1	Rp 200.000	Rp 200.000
Cedera Sedang (<i>medical treatment case</i>)	2	Rp 350.000	Rp 700.000
Sub Total			Rp 900.000

Tabel diatas merupakan biaya pengobatan sesudah penerapan pengendalian. Berdasarkan tabel diatas, diketahui biaya yang dikeluarkan untuk jenis kejadian yang dialami selama periode bulan Januari – November 2025 setelah menerapkan *administrative control* adalah sebesar Rp 1.100.000.

Tabel 5. 13 Perbandingan Sebelum dan sesudah menerapkan *administrative control*

Kondisi	Estimasi
Sebelum Menerapkan <i>Administrative Control</i>	Rp. 3.650.000
Sesudah menerapkan <i>Administrative Control</i>	Rp. 3.050.000
Penghematan	Rp 600.000

Berdasarkan tabel diatas, didapatkan penghematan biaya sebelum dan sesudah penerapan *administrative control* sebesar 600.000.

5.4.3 Benefit Cost Ratio

Berdasarkan perbandingan sebelum dan sesudah menerapkan *administrative control*, diperoleh penghematan biaya dari selisih total biaya sebelum dan sesudah penerapan pengendalian. nilai penghematan tersebut sebesar Rp 600.000 yang direpresentasikan sebagai *benefit*. Sementara itu, biaya investasi penerapan *administrative control*, yaitu sebesar Rp 2.150.000 yang direpresentasikan sebagai *cost*. Kedua hal tersebut, menjadi dasar perhitungan dalam analisis *benefit cost ratio*. Berikut merupakan perhitungan *benefit cost ratio*:

$$\text{Benefit Cost Ratio} = \frac{\text{Benefit}}{\text{Cost}} = \frac{600.000}{2.150.000} = 0,28$$

Diperoleh nilai *benefit cost ratio* yaitu sebesar 0,28 yang menunjukkan bahwa manfaat diperoleh belum sepenuhnya menutupi biaya investasi yang dikeluarkan, karena nilai *benefit cost ratio* < 1. Hal ini mengindikasikan bahwa jika penilaian hanya didasarkan pada penghematan biaya jangka pendek, penerapan *administrative control* belum memberikan keuntungan ekonomi secara langsung. Meskipun demikian, penerapan pengendalian administratif tetap layak dan relevan untuk dilaksanakan, mengingat biaya implementasinya relatif rendah, tidak memerlukan perubahan teknis yang kompleks, serta mudah diintegrasikan ke dalam sistem kerja yang sudah ada. Selain itu, *administrative control* berpotensi memberikan manfaat jangka panjang, seperti peningkatan kepatuhan terhadap prosedur kerja, penguatan budaya K3, serta penurunan frekuensi dan tingkat keparahan kecelakaan kerja secara bertahap, yang pada akhirnya dapat menekan potensi kerugian yang lebih besar di masa mendatang.

BAB VI

PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Berikut merupakan kesimpulan untuk menjawab tujuan dari penelitian ini:

1. Berdasarkan hasil identifikasi dan penilaian risiko kecelakaan kerja di stasiun gilingan PT Madubaru (PG – PS) Madukismo menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), didapatkan 14 potensi bahaya yang berasal dari 5 aktivitas produksi di stasiun gilingan. Analisis nilai *Risk Priority Number* (RPN) menunjukkan bahwa potensi bahaya dengan tingkat risiko tertinggi adalah luka bakar akibat nira panas dan air imbibisi pada aktivitas penggilingan tebu dengan nilai RPN sebesar 336, sehingga ditetapkan sebagai risiko dominan yang harus diprioritaskan penanganannya. Potensi bahaya ini disebabkan karena percikan nira dan air imbibisi yang tidak terkendali dan pelindung pada mesin tidak bekerja efektif, akibatnya pekerja mengalami luka bakar pada kulit. Sebaliknya, potensi bahaya dengan tingkat risiko terendah adalah tergores plat ampas tebu pada aktivitas kerja penggilingan tebu dengan nilai RPN sebesar 30. disebabkan karena kurangnya kehati – hatian dan konsentrasi dari pekerja, akibatnya terkena luka gores pada tangan atau anggota tubuh lainnya.
2. Berdasarkan hasil analisis menggunakan metode *Fault Tree Analysis* (FTA) terhadap risiko dengan nilai RPN tertinggi, yaitu luka bakar akibat nira panas dan air imbibisi pada aktivitas kerja penggilingan tebu. Nilai RPN tertinggi menjadi prioritas dominan, sehingga dijadikan menjadi *top event*. Kejadian tersebut tidak disebabkan karena satu faktor saja, melainkan merupakan hasil kombinasi berbagai penyebab yang saling berkaitan. Pada diagram FTA, *top event* dipicu dua tingkatan *intermediate event*. *Intermediate event* tingkat satu yaitu percikan nira panas dan air imbibisi mengenai pekerja dan gagal nya sistem perlindungan, dua kondisi ini dapat berangsung secara bersamaan sehingga dihubungkan oleh gerbang logika AND.

Intermediate event tingkat dua merupakan turunan penyebab dari *intermediate event* tingkat satu, yaitu percikan nira panas dan air imbibisi mengenai pekerja dipicu oleh dua penyebab melalui gerbang logika OR yaitu karena pekerja berada di area yang berbahaya dan terjadinya kejadian yang tidak normal. Kondisi pekerja berada di area yang berbahaya

disebabkan oleh *basic event* berupa pekerja melanggar prosedur kerja dan pencahayaan yang buruk. Sedangkan terjadinya kejadian yang tidak normal dipicu oleh tekanan berlebih, kobocoran pipa, dan kesalahan prosedur operasi.

Intermediate event gagalnya sistem perlindungan juga dipengaruhi oleh dua penyebab melalui gerbang logika OR, yaitu pelindung percikan pada mesin tidak efektif dan APD yang tidak efektif. pelindung percikan yang tidak efektif disebabkan oleh *basic event* yaitu tidak adanya pemeliharaan rutin dan desain pelindung yang tidak memenuhi standar. Sedangkan APD yang tidak efektif disebabkan oleh *basic event* yaitu APD tidak tersedia, pekerja tidak menggunakan APD, dan APD tidak layak digunakan.

3. Didapatkan struktur hierarki AHP yang terdiri dari tujuan, kriteria, sub kriteria, dan alternatif. Pada penelitian ini, pembobotan AHP bertujuan untuk mendapatkan rekomendasi perbaikan terbaik. Kriteria yang digunakan yaitu kemudahan implementasi, efektivitas, dan biaya. Sub kriteria yang digunakan yaitu pada kriteria efektivitas karena pengendalian risiko dinilai lebih spesifik, meliputi penurunan *severity*, penurunan *occurrence*, dan peningkatan *detection*. Alternatif perbaikan yang digunakan yaitu *engineering control*, *administrative control*, dan APD. *Comparative Judgment*, *Priority Weight*, dan *Consistency Ratio* dilakukan pada tiga level perbandingan yaitu level 1 antar kriteria, level 2 antar sub kriteria, dan level 3 alternatif terhadap kriteria dan sub kriteria. Level 1 antar kriteria, ketiga level tersebut menghasilkan penilaian perbandingan yang bersifat konsisten dan dapat diterima. Hasil pengambilan keputusan dari membandingkan multikriteria dan didapatkan alternatif yang ditetapkan sebagai rekomendasi terbaik adalah *administrative control* yang memiliki nilai tertinggi sebesar 0,484. *Administrative control* dipilih strategi pengendalian risiko yang mudah diterapkan, biaya yang rendah, dan mampu meningkatkan kesadaran dan kepatuhan pekerja dalam menerapkan prinsip kerja aman.

6.2 Saran

Berikut merupakan saran untuk penelitian selanjutnya maupun perusahaan:

1. Untuk penelitian selanjutnya diharapkan dapat mengembangkan kajian risiko kecelakaan kerja dengan pendekatan metodologi yang lebih variatif, seperti penggunaan *Fuzzy FMEA* atau *Fuzzy AHP*, agar penilaian risiko lebih fleksibel dan mampu menggambarkan kondisi yang sebenarnya. Penelitian ini juga dapat diperluas ke stasiun kerja lain sehingga potensi risiko keselamatan dan kesehatan kerja dapat diketahui secara lebih lengkap. Penelitian

selanjutnya diharapkan dapat memperluas kajian dengan menambahkan pembahasan mengenai perilaku pekerja dan budaya keselamatan kerja di lingkungan perusahaan.

2. Untuk perusahaan diharapkan menggunakan penelitian ini sebagai acuan dalam memperbaiki dan memperkuat penerapan K3, khususnya di stasiun gilingan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengendalian administratif sangat penting, sehingga perusahaan perlu memastikan SOP ditetapkan secara konsisten, aturan kerja aman disampaikan dengan jelas, dan memastikan seluruh pekerja memahami dan mematuhi ketentuan K3 yang berlaku. Selain itu, perusahaan dapat menerapkan sistem pengendalian keselamatan kerja yang sudah diakui secara internasional, seperti OHSAS 18001, ISO 45001, dan ILO – OSH 2001, untuk pengawasan dan evaluasi, pelatihan, mengetahui kebijakan K3, dan dokumentasi pendataan K3.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggita, P., Pigunawati, Titisari, M. A., & Hadi, S. (2025). Occupational Health and Safety Risk Analysis Using FMEA Methods (Failure Mode and Effect Analysis) Approach in Industrial Engineering Manufacturing Process Laboratory of PGRI Adi Buana Surabaya University. *Occupational Health*, 23(02), 98–106. <https://doi.org/10.36456/rwxk0q97>
- Ardhany, M. F., Fauzan, R., Ramadhan, F., & Nugroho, A. J. (2024). Pengendalian Kualitas Produk Gula Studi Kasus PT Madubaru PG. PS. Madukismo Yogyakarta. *Manufaktur: Publikasi Sub Rumpun Ilmu Keteknikan Industri*, 2(2), 95–107. <https://doi.org/10.61132/manufaktur.v2i2.340>
- Arman, U. D., Melasari, J., & Suwanda, A. R. (2022). Identifikasi Penyebab Kecelakaan Kerja Konstruksi Menggunakan Accident Root Cause Tracing Model (ARCTM) dan Fault Tree Analysis (FTA). *Cantilever: Jurnal Penelitian Dan Kajian Bidang Teknik Sipil*, 11(1), 17–28. <https://doi.org/10.35139/cantilever.v11i1.112>
- Aslani, R. K., Feili, H. R., & Javanshir, H. (2014). A Hybrid of Fuzzy FMEA-AHP to Determine Factors Affecting Alternator Failure Causes. *Management Science Letters*, 4(9), 1981–1984. <https://doi.org/10.5267/j.msl.2014.8.024>
- Aulawi, H., Kurniawan, W. A., & Sopian. (2022). Analisis Risiko Kegagalan Proses Produksi Dodol Menggunakan Metode FTA, FMEA dan AHP. 20(2), 102–112. <https://jurnal.itg.ac.id/>
- Bao, J., Johansson, J., & Zhang, J. (2017). An Occupational Disease Assessment of the Mining Industry's Occupational Health and Safety Management System Based on FMEA and an Improved AHP Model. *Sustainability*, 9(1), 1–10. <https://doi.org/10.3390/su9010094>
- Chrysler. (2008). *Potential Failure Mode and Effects Analysis (FMEA): Reference Manual*. Chrysler LLC, Ford Motor Company, General Motors Corporation.
- Dahlan, M. (2017). Analisis Penyebab Kecelakaan Kerja Berdasarkan Hasil Investigasi Kecelakaan Kerja di PT. PAL Indonesia. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 3.
- Danisa, D., & Komari, N. (2023). Kajian Teoritis Lingkungan Kerja dan Kinerja Karyawan. *MBAIC: Management Business Innovation Conference*, 989–1001.
- Elbert, J., Setyawan, A. B., & Widjaja, S. B. (2019). Pengendalian Kualitas Menggunakan Metode FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) di PT. Asia Mandiri Lines Surabaya. *Calyptra: Jurnal Ilmiah Mahasiswa Universitas Surabaya*, 7(2), 1–14. <http://www.beritasatu.com/ekonomi/353695->
- Fadillah, M. A. R. (2025). Occupational Accident Risk Analysis in the Production Process of Barokah Furniture Industry Pasuruan Using FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) and FTA (Fault Tree Analysis) Methods. *Jurnal Manajemen Risiko*, 06, 150–161. <https://ejournal.uki.ac.id/index.php/mr/index>
- Golkhani, F., Ravandi, M. R. G., Baesmat, S., & Balochkhane, F. A. (2018). The Use of Failure Mode Effects Analysis (FMEA) and Analytic Hierarchy Process (AHP) Methods to Determine the Most Important Safety Hazards. *Health Education and Health Promotion*, 6(1), 17–21. <https://doi.org/10.29252/HEHP.6.1.17>
- Gunawan, R. M. B. (2024). The Role of Risk Management in Enhancing Company Resilience. *Eduvest-Journal of Universal Studies*, 4(5), 4151–4159. <http://eduvest.greenvest.co.id>
- Hakim, M. L., & Cahyana, A. S. (2024). Quality Control Analysis Using the Failure Mode and Effect Analysis Method. *Procedia of Engineering and Life Science*, 7, 37–42. <https://doi.org/https://doi.org/10.21070/pels.v7i0.1589>

- Hamdani, M. I. S., & Ernawati, D. (2023). Analisis dan Mitigasi Risiko Rantai Pasok Menggunakan Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) Di PG. Wringin Anom Situbondo. *Juminten - Jurnal Manajemen Industri Dan Teknologi*, 4, 49–60. <https://doi.org/10.33005/juminten.v4i1.645>
- Haryanto, E. G., & Latifa, E. A. (2020). RISK Analysis of Toll Road Accident Using FMEA and AHP Methods. *Applied Research on Civil Engineering and Environment (ARCEE)*, 1, 22–28.
- Hidayat, A. A. (2020). Analisis Program Keselamatan Kerja dalam Usaha Meningkatkan Produktivitas Kerja dengan Pendekatan HIRARC dan FTA (Studi Kasus: PT Mitra Karsa Utama). *Scientifict Journal of Industrial Engineering*, (2), 1–6.
- Indrawati, A. E. H., & Mulyatno, I. P. (2025). Pemetaan Risiko dengan Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) dan Analytic Hierarchy Process (AHP) Pada Proyek Pembangunan Kapal Landing Craft Tank (LCT) 1500 DWT di Galangan Jakarta. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 13(1), 1. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/naval>
- Jamaludin, U., Pribadi, R. A., & Sarni, S. (2023). Implementasi Model Problem Based Learning Pada Pembelajaran IPA untuk Mengembangkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa. *Didaktik: Jurnal Ilmiah PGSD FKIP Universitas Mandiri*, 9(2), 3247–3256. <https://doi.org/https://doi.org/10.36989/didaktik.v9i2.1015>
- Jawad, A. A., & Yanto. (2025). Penerapan Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) dan Fault Tree Analysis (FTA) dalam Menilai Tingkat Risiko Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) serta Strategi Pencegahan Kecelakaan pada PLTMG Sumbagut 2 Peaker. *Jurnal Ilmiah Dan Teknologi*, 55–63.
- Juniantoro, M. R. A., Setiawan, A. F., & Wahyuni, F. S. (2023). Implementasi Metode Analytical Hierarchy Process (AHP) Pada Sistem Pendukung Keputusan Kualitas Benih Tebu Berbasis Website (Studi Kasus: Balittas Malang). *Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika*, 7(5), 2927–2935.
- Kementerian Ketenagakerjaan Republik Indonesia. (2021). Tata Cara Penyelenggaraan Program Jaminan Kecelakaan Kerja, Jaminan Kematian, dan Jaminan Hari Tua. *Peraturan Menteri Ketenagakerjaan Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2021*.
- Krisnaningsih, E., Gautama, P., Fatih, M., & Syams, K. (2021). Usulan Perbaikan Kualitas dengan Menggunakan Metode FTA dan FMEA. *Jurnal InTent*, 4(1), 41–54.
- Luthfia, N., Aletta, A., & Amin, F. A. (2023). Faktor Faktor Yang Berhubungan Dengan Kecelakaan Kerja Di Bengkel Las Kecamatan Johan Pahlawan Kabupaten Aceh Barat Tahun 2022. *Journal of Health and Medical Science*, 2, 1–12.
- Malik, A. yusuf, & Haryanti, T. (2018). Penerapan Metode Analytical Hierarchy Process (AHP) untuk Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Program Keahlian Pada SMK Daarul Ulum Jakarta. *Jurnal Pilar Nusa Mandiri*, 14(1), 123–130. <http://bsi.ac.id>
- Mayasi, S. R., & Rusindiyanto. (2023). Analysis of the Potential Hazards of Work Accidents Department of Production Using Failure Mode Effect Analysis (FMEA) and Fault Tree Analysis (FTA) Methods in PT. XYZ. *IJIEM - Indonesian Journal of Industrial Engineering and Management*, 4(3), 375. <https://doi.org/10.22441/ijiem.v4i3.21005>
- Munthafa, A. E., & Mubarak, H. (2017). Penerapan Metode Analytical Hierarchy Process Dalam Sistem Pendukung Keputusan Penentuan Mahasiswa Berprestasi. *Jurnal Siliwangi*, 3(2).
- Nikmah, K. (2023). Penerapan Metode Pembelajaran Observasi Lapangan Pada Mata Kuliah Studi Arsip untuk Meningkatkan Kemampuan Berikir Kritis Mahasiswa. *ASANKA: Journal of Social Science and Education*, 04(01), 26–33. <https://jurnal.iainponorogo.ac.id/index.php/asanka>

- Okadilah, S., & Syarifuddin. (2021). Pengaruh Motivasi dan Lingkungan Kerja Terhadap Kinerja Karyawan pada CV Indah Baru Group Genteng. *Jurnal Ilmiah Administrasi Bisnis Dan Inovasi*, 5(2), 155–167.
- Panić, M., & Xiaojun, Q. (2025). Failure mode and effects analysis–analytic hierarchy process (FMEA-AHP) model in supplier risk management. *The Journal of Risk Model Validation*, 33–57. <https://doi.org/10.21314/JRMV.2025.009>
- Parman, Agustin, D. F., & Sophia, A. V. (2025). Integrated Risk Assessment and Mitigation Strategy Prioritization for Cargo Handling Delays in Dry Bulk Port Terminals: A Combined FMEA-AHP Analysis. *Airlangga Journal of Innovation Management*, 6(4), 803–822. <https://doi.org/10.20473/ajim.v6i4.81817>
- Pranoto, B., & Yuamita, F. (2025). Analisis Pengendalian Risiko Kecelakaan Kerja Menggunakan Metode Job Safety Analysis (JSA). *Jurnal Rekayasa Proses Dan Industri Terapan*, 3(2), 01–11. <https://doi.org/10.59061/repit.v3i2.1042>
- Pratiwi, D., & Kurniawan, B. (2017). Pengaruh Penrapan Manajemen Resiko Terhadap Kinerja Keuangan Industri Perbankan. *Jurnal Akuntansi Bisnis*, 10(1). <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.30813/jab.v10i1.988>
- Prisilia, H., & Purnomo, D. A. (2022). Manajemen Risiko K3 dengan Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) dan Fault Tree Analysis (FTA) untuk Mengidentifikasi Potensi dan Penyebab Kecelakaan Kerja (Studi Kasus: Tahap II Pembangunan Gedung Laboratorium DLH Banyuwangi). *Tekmapro : Journal of Industrial Engineering and Management*, 17(2), 73–84. <https://doi.org/https://doi.org/10.33005/tekmapro.v17i2.299>
- Putra, I. G. B. A. W., Prijanto, A., Sukendar, N. M. C., & Arisena, G. M. K. (2020). Kajian Analisis Biaya dan Manfaat (Cost-Benefit Analysis) Kawasan Agrowisata di Indonesia. *AGROMIX*, 11(2), 189–201. <https://doi.org/10.35891/agx.v11i2.1919>
- Rachman, A., Adiarto, H., & Liansari, G. P. (2016). Perbaikan Kualitas Produk Ubin Semen Menggunakan Metode Failure Mode and Effect Analysis dan Failure Tree Analysis di Institusi Keramik. *Jurnal Online Institut Teknologi Nasional*, 4(2), 24–35.
- Rahmawati, A., Halimah, N., Karmawan, K., & Setiawan, A. A. (2024). Optimalisasi Teknik Wawancara Dalam Penelitian Field Research Melalui Pelatihan Berbasis Participatory Action Research Pada Mahasiswa Lapas Pemuda Kelas IIA Tangerang. *Jurnal Abdimas Prakasa Dakara*, 4(2), 135–142. <https://doi.org/10.37640/japd.v4i2.2100>
- Reese, C. D. (2018). *Occupational Health and Safety Management*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781351228848>
- Rinoza, M., Junaidi, & Kurniawan, A. (2021). Analisa RPN (Risk Priority Number) Terhadap Keandalan Komponen Mesin Komposer Double Screw Menggunakan Metode FMEA di Pabrik Semen PT. XYZ. *Buletin Utama Teknik*, 34–40. <https://doi.org/10.30743/but.v17i1.4311>
- Rofingaton, S., & Larasati, R. (2020). Pelatihan Analytical Hierarchy Process (AHP) dengan Menggunakan Aplikasi Expert Choice V.11. *Jurnal Pengabdian Pada Masyarakat*, 3, 135–144. <https://doi.org/https://doi.org/10.52062/v3i1.2216>
- Saaty, T. L. (1988). *What is the Analytic Hierarchy Process?* (G. Mitra, Ed.; NATO ASI series, Vol. F48).
- Saaty, T. L., & Vargas, L. G. (2012). *Models, Methods, Concepts & Applications of the Analytic Hierarchy Process* (Vol. 175). Springer US. <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3597-6>

- Sabrinawati, M., & Putra, I. N. D. P. (2024). Analysis of the Risk of Work Accidents in High-Story Building Construction Projects using the FMEA (Failure Modes and Effects Analysis) Method. *Formosa Journal of Multidisciplinary Research*, 3(5), 1391–1406. <https://doi.org/10.55927/fjmr.v3i5.9520>
- Saleh, L. M., Russeng, S. S., Awaluddin, Yusbud, M., Dwiseli, F., Syafitri, N. M., & Rahmadani, Y. (2023). Focus Group Discussion (FGD) Terhadap Kecelakaan Pada Pekerja Sektor Transportasi Darat di Kota Parepare. *Jurnal Ilmu Kedokteran Dan Kesehatan*, 10(4), 1767–1776.
- Septiani, M., Farhan, D. M., & Sofica, V. (2025). Sistem Penunjang keputusan Pemilihan Siswa Berprestasi di SMP 3 Negeri Tambun Selatan Menggunakan Metode AHP. *JIMASIA: Jurnal Ilmiah Sistem Informasi Akuntansi*, 5, 47–58. <https://doi.org/https://doi.org/10.33365/jimasia.v5i1.383>
- Simbolon, R. R., Harramain, F. P., & Sonjaya, M. R. P. (2024). Occupational Safety and Health (OSH) Implementation as A Determinant of Work Productivity Optimization. *Pajak - Pajak Dan Manajemen Keuangan*, 1(3), 17–31.
- Simsekler, M. C. E., Kaya, G. K., Ward, J. R., & Clarkson, P. J. (2019). Evaluating Inputs of Failure Modes and Effects Analysis in Identifying Patient Safety Risks. *International Journal of Health Care Quality Assurance*, 32(1), 191–207. <https://doi.org/10.1108/IJHCQA-12-2017-0233>
- Sukania, I. W., & Wijaya, C. (2023). Analisis Sistem Perawatan Mesin Produksi Menggunakan Metode FMEA di PT. X. *Jurnal Energi Dan Manufaktur*, 15(2), 103–111. <https://doi.org/10.24843/jem.2022.v15.i02.p06>
- Suliantoro, H., Bakhtiar, A., & Sembiring, J. I. (2018). Analisis Penyebab Kecacatan dengan Menggunakan Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) dan Metode Fault Tree Analysis (FTA) di PT. Alam Daya Sakti Semarang. *Industrial Engineering Online Journal*, 7(1).
- Sulistyaningtyas, N. (2021). Analisis Faktor-Faktor Penyebab Kecelakaan Akibat Kerja Pada Pekerja Konstruksi: Literature Review Analisis Faktor-Faktor Penyebab Kecelakaan Akibat Kerja Pada Pekerja Konstruksi: Literature Review Analysis of Factors Causing Work-Related Accidents In Construction Workers: Literature Review. In *Journal of Health Quality Development E* (Vol. 1, Number 1).
- Suryadi, Kadarsah., & Ramdhani, M. Ali. (2000). *Sistem Pendukung Keputusan: Suatu Wacana Struktural Idealisasi dan Implementasi Konsep Pengambilan Keputusan*. Remaja Rosdakarya.
- Syaputra, W., Fakhri, N., Ardian, S. R., & Nugroho, A. J. (2024). Integrasi Metode FMEA dan FTA dalam Analisis Risiko Keselamatan dan Kesehatan Kerja di Bengkel Bubut. *Jurnal Teknologi Dan Manajemen Industri Terapan (JTMIT)*, 3(1), 47–56.
- Utami, K. S., Sitania, F. D., & Profita, A. (2022). Penerapan FMEA dan AHP Dalam Perumusan Strategi Mitigasi Risiko Proses Penyaluran Jaringan Gas Application of FMEA And AHP in the Formulation of Risk Mitigation Strategies in Gas Network Distribution Process. *JIME (Journal of Industrial and Manufacture Engineering)*, 6(1), 23–35. <https://doi.org/10.31289/jime.v6i1.6187>
- Zokaei, M., Abbasi, M., Abbasi, J., & Zarie, M. (2025). Safety Risk Assessment by Creating a Combined Model of FMEA, FTA and AHP Fuzzy Methods Case Study: Steel Industry Exploitation Phase. *Iran Occupational Health*, 1–21. <http://ioh.iums.ac.ir>