Analisis dan Perbaikan Risiko Kecelakaan Kerja Menggunakan Metode *Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control* dan 5W+1H di *Section Metal Machining*

TUGAS AKHIR

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

Nama : Azita Salsabiela Gunawan
No. Mahasiswa : 22522057

PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI PROGRAM SARJANA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2026

PERNYATAAN KEASLIAN

PERNYATAAN KEASLIAN

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

Yogyakarta, 22 Februari 2026



(Azita Salsabiela Gunawan)

22522057

SURAT BUKTI PENELITIAN

SURAT KETERANGAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama :
Jabatan : Human Resources Staff

Dengan ini menerangkan bahwa:

Nama : Azita Salsabiela Gunawan
NIM : 22522057
Program Studi : Teknik Industri
Perguruan Tinggi : Universitas Islam Indonesia

Telah menyelesaikan kegiatan observasi di untuk kepentingan pengambilan data tugas akhir pada tanggal 24 November 2025.

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk digunakan sebagaimana mestinya.

Bogor, 24 November 2025
Hormat kami,



Human Resources Staff

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

Analisis dan Perbaikan Risiko Kecelakaan Kerja Menggunakan Metode *Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control* dan 5W+1H di *Section Metal Machining*

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Azita Salsabiela Gunawan

No. Mahasiswa : 22522057

Yogyakarta, 11 Maret 2026

Dosen Pembimbing



(Chancard Basuherda, S.T., M.Sc.)

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

Analisis dan Perbaikan Risiko Kecelakaan Kerja Menggunakan Metode *Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control* dan 5W+1H di *Section Metal Machining*

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Azita Salsabiela Gunawan

No. Mahasiswa : 22522057

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

Yogyakarta, 6 Maret 2026

Tim Penguji

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

Ir. Hartomo, M.Sc., Ph.D. IPU., ASEAN.Eng.
Anggota I

Ratih Dianingtyas Kurnia, S.T., Ph.D.
Anggota II

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

Ir. Muhammad Badwan Andi Purnomo, S.T., M.Sc., Ph.D., IPM
NIK. 015220101

HALAMAN PERSEMBAHAN

Tugas Akhir ini dipersembahkan kepada orang tua dan keluarga tercinta atas doa, dukungan, dan pengorbanan yang tulus, serta kepada dosen pembimbing dan sivitas akademika Universitas Islam Indonesia yang telah memberikan bimbingan dan ilmu pengetahuan selama proses penyusunan Tugas Akhir ini.

MOTTO

“Dan bahwa manusia hanya memperoleh apa yang telah diusahakannya,
dan sesungguhnya usahanya itu kelak akan diperlihatkan.”
(QS. An-Najm: 39–40)

“Sesungguhnya Allah mencintai seseorang yang apabila mengerjakan suatu pekerjaan,
ia mengerjakannya dengan sungguh-sungguh dan sebaik-baiknya.”
(HR. Al-Baihaqi)

“Kesuksesan tidak datang dari kebetulan, tetapi dari usaha, ketekunan, dan kesabaran
dalam menghadapi setiap proses.”

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan pada hadirat Allah SWT. yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini dengan judul "Analisis dan Perbaikan Risiko Kecelakaan Kerja Menggunakan Metode *Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control* dan 5W+1H di *Section Metal Machining*" secara lancar dan tepat waktu sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata-1 Teknik Industri, Fakultas Tekonologi Industri, Universitas Islam Indonesia.

Penyusunan laporan ini bertujuan untuk mengidentifikasi potensi bahaya, menilai tingkat risiko, dan menentukan langkah pengendalian risiko yang diharapkan dapat berkontribusi dalam peningkatan keselamatan dan kesehatan kerja di *section metal machining*. Selama pelaksanaan kerja praktik, penulis menghadapi beberapa kendala, seperti proses pengolahan dan analisis data, serta penyesuaian dengan lingkungan kerja di lapangan. Namun, berkat bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, kesulitan tersebut dapat diatasi dengan baik. Pada kesempatan ini, penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk menempuh pendidikan dan menyelesaikan Tugas Akhir.
2. Ketua Program Studi Teknik Industri Universitas Islam Indonesia atas dukungan dan arahannya selama proses akademik berlangsung.
3. Chancard Basumerda, S.T., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir atas waktu, bimbingan, dan masukan yang sangat berharga dalam penyusunan laporan ini.
4. Pimpinan PT. X yang telah memberikan kesempatan dan izin untuk melaksanakan kerja praktik di perusahaan.
5. Pembimbing Lapangan di PT. X atas arahan, bimbingan, serta ilmu yang diberikan selama kegiatan berlangsung.
6. Kedua orang tua penulis yang senantiasa memberikan doa, dukungan, perhatian, dan motivasi yang tiada henti selama proses penyusunan dan penyelesaian Tugas Akhir ini.
7. Orang-orang terdekat penulis yang telah memberikan bantuan, dukungan moral, serta semangat kepada penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis berharap kritik dan saran yang membangun dapat menjadi masukkan positif untuk penulis ke depannya. Semoga laporan ini menjadi salah satu bahan referensi yang menarik perhatian pihak-pihak berkepentingan.

ABSTRAK

Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) merupakan aspek penting dalam kegiatan industri manufaktur, khususnya pada aktivitas kerja di *section metal machining* yang melibatkan pengoperasian mesin dan peralatan berisiko tinggi. *Section metal machining* memiliki potensi bahaya yang dapat menyebabkan kecelakaan kerja apabila tidak dikelola dengan baik. Berdasarkan kondisi tersebut, diperlukan analisis dan perbaikan risiko kecelakaan kerja secara sistematis guna mengidentifikasi potensi bahaya, menilai tingkat risiko, serta menentukan langkah pengendalian yang tepat.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan memperbaiki potensi bahaya dan tingkat risiko untuk mencegah terjadinya kecelakaan kerja. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control* (HIRARC) dan 5W+1H.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa potensi bahaya pada mesin-mesin produksi, yaitu tidak dilengkapi penggunaan *push stick*, penerapan standar pakaian kerja dan proses *deburring* otomatis, penambahan *dust collector*, postur tubuh yang tidak alami, serta pemasangan penjepit otomatis, *shield* transparan, *noise barrier, tool rest, guard,* peringatan *"hot surface",* dan peredam getaran. Tingkat risiko kecelakaan kerja, yaitu risiko amputasi (*high* = 12), gegar otak (*high* = 12), luka sayat (*high* = 12), luka tusuk (*high* = 12), luka abrasi (*high* = 12), patah tulang (*high* = 10), luka sobek (*high* = 10), memar (*med* = 9), luka bakar (*med* = 8), iritasi mata (*med* = 8), gangguan pendengaran (*med* = 6), batuk (*med* = 6), kelelahan (*med* = 6), melepuh (*med* = 6), dan nyeri otot (*med* = 6). Rekomendasi perbaikan untuk mencegah terjadinya kecelakaan kerja adalah penggunaan *push stick* dan meja kerja *adjustable*, penerapan standar pakaian kerja dan proses *deburring* otomatis, penambahan *dust collector*, serta pemasangan penjepit otomatis, *shield* transparan, *noise barrier, tool rest, guard,* peringatan *"hot surface",* dan peredam getaran.

***Kata kunci**: Keselamatan dan Kesehatan Kerja, HIRARC, 5W+1H, Metal Machining.*

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN ..... **ii**
SURAT BUKTI PENELITIAN ..... **iii**
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING ..... **iv**
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI ..... **v**
HALAMAN PERSEMBAHAN ..... **vi**
MOTTO ..... **vii**
KATA PENGANTAR ..... **viii**
ABSTRAK ..... **ix**
DAFTAR ISI ..... **x**
DAFTAR TABEL ..... **xii**
DAFTAR GAMBAR ..... **xiv**
BAB I PENDAHULUAN **1**
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 4
1.3 Tujuan Penelitian 4
1.4 Manfaat Penelitian 5
1.5 Batasan Penelitian 5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA **7**
2.1 Kajian Literatur 7
2.2 Landasan Teori 15
2.2.1 Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) 15
2.2.1 Kecelakaan Kerja 16
2.2.2 Industri Manufaktur 16
2.2.3 5W+1H 17
2.2.4 *Hazard Identification, Risk Assessment, Risk Control* (HIRARC) 17
2.2.5 *Hierarchy of Control* 19
BAB III METODE PENELITIAN **21**
3.1 Subjek Penelitian 21
3.2 Objek Penelitian 21
3.3 Lokasi dan Waktu Penelitian 21
3.4 Jenis Penelitian 22
3.5 Metode Pengumpulan Data 22
3.6 Alur Penelitian 22
BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA **26**
4.1 Profil Perusahaan 26
4.2 Pengumpulan Data 27
4.2.1 Mesin Gergaji Pita *(Bandsaw Machine)* 27
4.2.2 Mesin Bubut *(Lathe Machine)* 28
4.2.3 Mesin Frais *(Milling Machine)* 29
4.2.4 Mesin Bor *(Drilling Machine)* 29
4.2.5 Mesin Gerinda *(Grinding Machine)* 30
4.2.6 Mesin Amplas *(Sanding Machine)* 31
4.2.7 *Punch and Bending Machine* 31
4.3 Identifikasi Potensi Bahaya dan Usulan Perbaikan 32
4.3.1 Mesin Gergaji Pita *(Bandsaw Machine)* 32
4.3.2 Mesin Bubut *(Lathe Machine)* 35
4.3.3 Mesin Frais *(Milling Machine)* 38

4.3.4 Mesin Bor *(Drilling Machine)* 41
4.3.5 Mesin Gerinda *(Grinding Machine)* 44
4.3.6 Mesin Amplas *(Sanding Machine)* 47
4.3.7 *Punch and Bending Machine* 50
4.4 *Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control* (HIRARC) 53
4.4.1 Mesin Gergaji Pita *(Bandsaw Machine)* 55
4.4.2 Mesin Bubut *(Lathe Machine)* 56
4.4.3 Mesin Frais *(Milling Machine)* 57
4.4.4 Mesin Bor *(Drilling Machine)* 58
4.4.5 Mesin Gerinda *(Grinding Machine)* 59
4.4.6 Mesin Amplas *(Sanding Machine)* 60
4.4.7 *Punch and Bending Machine* 61
BAB V PEMBAHASAN 62
5.1 Analisis Potensi Bahaya *(Hazard Identification)* 62
5.1.1 Mesin Gergaji Pita *(Bandsaw Machine)* 62
5.1.2 Mesin Bubut *(Lathe Machine)* 62
5.1.3 Mesin Frais *(Milling Machine)* 62
5.1.4 Mesin Bor *(Drilling Machine)* 63
5.1.5 Mesin Gerinda *(Grinding Machine)* 63
5.1.6 Mesin Amplas *(Sanding Machine)* 63
5.1.7 *Punch and Bending Machine* 63
5.2 Analisis Tingkat Risiko *(Risk Assessment)* 64
5.2.1 Mesin Gergaji Pita *(Bandsaw Machine)* 64
5.2.2 Mesin Bubut *(Lathe Machine)* 65
5.2.3 Mesin Frais *(Milling Machine)* 66
5.2.4 Mesin Bor *(Drilling Machine)* 67
5.2.5 Mesin Gerinda *(Grinding Machine)* 68
5.2.6 Mesin Amplas *(Sanding Machine)* 69
5.2.7 *Punch and Bending Machine* 70
5.3 Analisis Langkah Pengendalian Risiko *(Risk Control)* 71
5.3.1 Mesin Gergaji Pita *(Bandsaw Machine)* 71
5.3.2 Mesin Bubut *(Lathe Machine)* 72
5.3.3 Mesin Frais *(Milling Machine)* 72
5.3.4 Mesin Bor *(Drilling Machine)* 73
5.3.5 Mesin Gerinda *(Grinding Machine)* 74
5.3.6 Mesin Amplas *(Sanding Machine)* 74
5.3.7 *Punch and Bending Machine* 75
BAB VI PENUTUP 77
6.1 Kesimpulan 77
6.2 Saran 77
DAFTAR PUSTAKA 78
LAMPIRAN A-1

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kajian Literatur 13
Tabel 2. 2 Skala Tingkat Kemungkinan *(Likelihood)* 18
Tabel 2. 3 Skala Tingkat Keparahan *(Severity)* 18
Tabel 2. 4 *Risk Matrix* 18
Tabel 2. 5 Tindakan 19
Tabel 4. 1 Analisis Bahaya & Usulan Perbaikan - *Bandsaw Machine* (1) 32
Tabel 4. 2 Analisis Bahaya & Usulan Perbaikan - *Bandsaw Machine* (2) 33
Tabel 4. 3 Analisis Bahaya & Usulan Perbaikan - *Bandsaw Machine* (3) 33
Tabel 4. 4 Analisis Bahaya & Usulan Perbaikan - *Bandsaw Machine* (4) 34
Tabel 4. 5 Analisis Bahaya & Usulan Perbaikan - *Bandsaw Machine* (5) 34
Tabel 4. 6 Analisis Bahaya & Usulan Perbaikan - *Lathe Machine* (1) 35
Tabel 4. 7 Analisis Bahaya & Usulan Perbaikan - *Lathe Machine* (2) 36
Tabel 4. 8 Analisis Bahaya & Usulan Perbaikan - *Lathe Machine* (3) 36
Tabel 4. 9 Analisis Bahaya & Usulan Perbaikan - *Lathe Machine* (4) 37
Tabel 4. 10 Analisis Bahaya & Usulan Perbaikan - *Lathe Machine* (5) 37
Tabel 4. 11 Analisis Bahaya & Usulan Perbaikan - *Milling Machine* (1) 38
Tabel 4. 12 Analisis Bahaya & Usulan Perbaikan - *Milling Machine* (2) 39
Tabel 4. 13 Analisis Bahaya & Usulan Perbaikan - *Milling Machine* (3) 39
Tabel 4. 14 Analisis Bahaya & Usulan Perbaikan - *Milling Machine* (4) 40
Tabel 4. 15 Analisis Bahaya & Usulan Perbaikan - *Milling Machine* (5) 40
Tabel 4. 16 Analisis Bahaya & Usulan Perbaikan - *Drilling Machine* (1) 41
Tabel 4. 17 Analisis Bahaya & Usulan Perbaikan - *Drilling Machine* (2) 41
Tabel 4. 18 Analisis Bahaya & Usulan Perbaikan - *Drilling Machine* (3) 42
Tabel 4. 19 Analisis Bahaya & Usulan Perbaikan - *Drilling Machine* (4) 43
Tabel 4. 20 Analisis Bahaya & Usulan Perbaikan - *Drilling Machine* (5) 43
Tabel 4. 21 Analisis Bahaya & Usulan Perbaikan - *Grinding Machine* (1) 44
Tabel 4. 22 Analisis Bahaya & Usulan Perbaikan - *Grinding Machine* (2) 45
Tabel 4. 23 Analisis Bahaya & Usulan Perbaikan - *Grinding Machine* (3) 45
Tabel 4. 24 Analisis Bahaya & Usulan Perbaikan - *Grinding Machine* (4) 46
Tabel 4. 25 Analisis Bahaya & Usulan Perbaikan - *Grinding Machine* (5) 46
Tabel 4. 26 Analisis Bahaya & Usulan Perbaikan - *Sanding Machine* (1) 47
Tabel 4. 27 Analisis Bahaya & Usulan Perbaikan - *Sanding Machine* (2) 48
Tabel 4. 28 Analisis Bahaya & Usulan Perbaikan - *Sanding Machine* (3) 48
Tabel 4. 29 Analisis Bahaya & Usulan Perbaikan - *Sanding Machine* (4) 49
Tabel 4. 30 Analisis Bahaya & Usulan Perbaikan - *Sanding Machine* (5) 49
Tabel 4. 31 Analisis Bahaya & Usulan Perbaikan - *Punch & Bending Machine* (1) 50
Tabel 4. 32 Analisis Bahaya & Usulan Perbaikan - *Punch & Bending Machine* (2) 51
Tabel 4. 33 Analisis Bahaya & Usulan Perbaikan - *Punch & Bending Machine* (3) 51
Tabel 4. 34 Analisis Bahaya & Usulan Perbaikan - *Punch & Bending Machine* (4) 52
Tabel 4. 35 Analisis Bahaya & Usulan Perbaikan - *Punch & Bending Machine* (5) 52
Tabel 4. 36 *Risk Matrix* 53
Tabel 4. 37 Tindakan 53
Tabel 4. 38 Hasil Analisis Metode HIRARC - *Bandsaw Machine* 55
Tabel 4. 39 Hasil Analisis Metode HIRARC - *Lathe Machine* 56
Tabel 4. 40 Hasil Analisis Metode HIRARC - *Milling Machine* 57
Tabel 4. 41 Hasil Analisis Metode HIRARC - *Drilling Machine* 58
Tabel 4. 42 Hasil Analisis Metode HIRARC - *Grinding Machine* 59

Tabel 4. 43 Hasil Analisis Metode HIRARC - *Sanding Machine* 60
Tabel 4. 44 Hasil Analisis Metode HIRARC - *Punch and Bending Machine*..... 61

DAFTAR GAMBAR

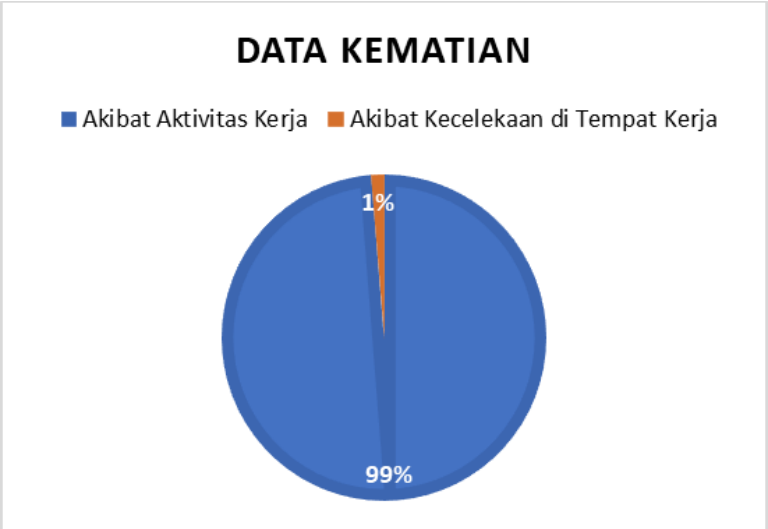
Gambar 1. 1 Data Kematian 1
Gambar 1. 2 Jumlah Kecelakaan Kerja di Indonesia 2
Gambar 1. 3 Jumlah Kecelakaan Kerja di Jawa Barat 2
Gambar 2. 1 *Hierarchy of Control* 19
Gambar 3. 1 Alur Penelitian 23
Gambar 4. 1 PT. X 26
Gambar 4. 2 *Bandsaw Machine* (1) 27
Gambar 4. 3 *Bandsaw Machine* (2) 27
Gambar 4. 4 *Lathe Machine* (1) 28
Gambar 4. 5 *Lathe Machine* (2) 28
Gambar 4. 6 *Milling Machine* 29
Gambar 4. 7 *Drilling Machine* (1) 29
Gambar 4. 8 *Drilling Machine* (2) 29
Gambar 4. 9 *Grinding Machine* (1) 30
Gambar 4. 10 *Grinding Machine* (2) 30
Gambar 4. 11 *Sanding Machine* (1) 31
Gambar 4. 12 *Sanding Machine* (2) 31
Gambar 4. 13 *Punch Machine* 31
Gambar 4. 14 *Bending Machine* 31
Gambar A - 1 Surat Bukti Penelitian A-1
Gambar A - 2 Daftar Pertanyaan dengan Operator Mesin A-2
Gambar A - 3 PT. X A-3
Gambar A - 4 Wawancara dengan Petugas K3 ..... A-3
Gambar A - 5 Wawancara dengan *Manager* Departemen Produksi A-3

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) adalah suatu usaha untuk mengurangi atau menekan kemungkinan terjadinya kecelakaan dan penyakit yang disebabkan oleh pekerjaan. Sasaran utama dari K3 adalah melindungi hak-hak pekerja yang berkaitan dengan keselamatannya saat menjalankan tugas demi kesejahteraan hidup, peningkatan hasil kerja, dan produktivitas komunitas. Hal ini juga bertujuan untuk memastikan keamanan bagi orang lain yang ada di area kerja dan menjamin bahwa sumber daya produksi dikelola dan digunakan dengan aman dan efisien (Heka et al., 2022).

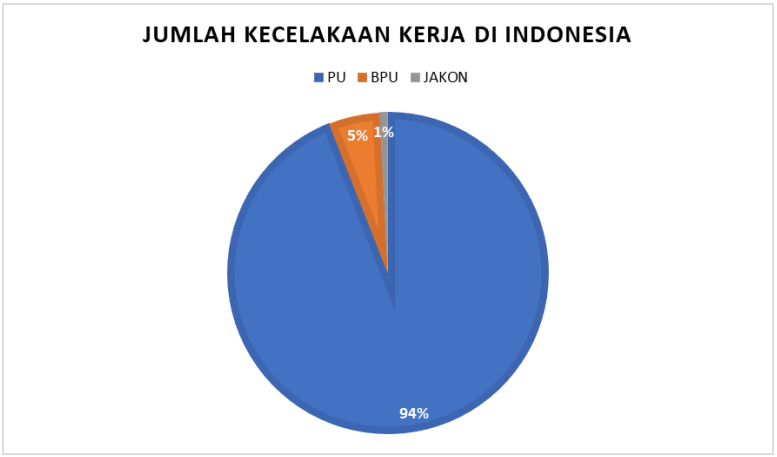
Menurut *International Labour Organization* (ILO) di tahun 2023, isu mengenai keselamatan dan kesehatan di tempat kerja tetap menjadi persoalan global yang sangat mendesak. ILO mencatat bahwa setiap tahun ada sekitar 2,93 juta kematian yang diakibatkan oleh hal-hal yang berhubungan dengan pekerjaan di mana sekitar 2,6 juta kematian akibat penyakit yang berhubungan dengan pekerjaan dan 330 ribu kematian akibat kecelakaan di tempat kerja. ILO juga menginformasikan bahwa setiap tahunnya terdapat lebih dari 395 juta kasus cedera yang tidak fatal dialami oleh pekerja (ILO, 2023).



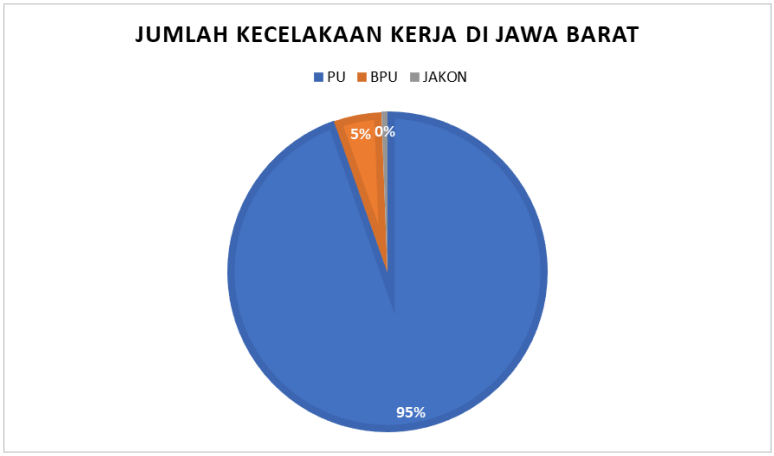
Gambar 1. 1 Data Kematian

Berdasarkan data BPJS Ketenagakerjaan Tahun 2023, jumlah kecelakaan kerja di Indonesia tercatat mencapai 506.892 kasus pada Pekerja Penerima Upah (PU), 27.766 kasus dari Pekerja Bukan Penerima Upah (BPU), dan 4.334 kasus dari Pekerja Jasa

Konstruksi (Jakon). Total tersebut menempatkan Provinsi Jawa Barat sebagai wilayah dengan jumlah kecelakaan kerja tertinggi di Indonesia, yaitu sebanyak 90.874 kasus PU, 4.062 kasus BPU, dan 572 kasus Jakon. Angka ini menegaskan bahwa Jawa Barat merupakan wilayah dengan tingkat risiko kecelakaan kerja paling tinggi yang sangat dipengaruhi oleh tingginya konsentrasi industri manufaktur dan jumlah tenaga kerja formal yang besar di provinsi tersebut (BPJS, 2023).



Gambar 1. 2 Jumlah Kecelakaan Kerja di Indonesia



Gambar 1. 3 Jumlah Kecelakaan Kerja di Jawa Barat

Industri manufaktur adalah industri yang mengubah bahan mentah menjadi barang setengah jadi maupun barang jadi. Pada tahap produksi, industri manufaktur memerlukan perhatian pada K3, sebuah aspek krusial dalam perusahaan yang sangat berkaitan dengan kesehatan dan keselamatan kerja. Perlindungan bagi para pekerja adalah tanggung jawab yang harus dipenuhi oleh perusahaan kepada karyawannya, sehingga mereka dapat bekerja dengan lebih tenang, aman, dan nyaman demi tercapainya target produksi (Nuryono & Aini, 2020).

PT. X, selaku perusahaan yang bergerak di bidang manufaktur, menghadapi isu serupa yang di mana aktivitas kerja di *section metal machining* melibatkan pengoperasian mesin gergaji pita *(bandsaw machine)*, mesin bubut *(lathe machine)*, mesin frais *(milling machine)*, mesin bor *(drilling machine)*, mesin gerinda *(grinding machine)*, mesin amplas *(sanding machine)*, serta *punch and bending machine.* Aktivitas tersebut memiliki risiko kecelakaan kerja meliputi amputasi, gegar otak, luka sayat, luka tusuk, luka abrasi, patah tulang, luka sobek, memar, luka bakar, iritasi mata, gangguan pendengaran, batuk, kelelahan, melepuh, dan nyeri otot. Oleh karena itu, penelitian ini penting dilakukan untuk menurunkan tingkat risiko kecelakaan kerja di *section metal machining.* Penelitian ini juga memberikan dukungan untuk penerapan K3 sebagai tanggung jawab perusahaan dalam mengikuti peraturan nasional dan internasional, serta meningkatkan kesejahteraan para pekerja dan keberlanjutan operasional.

Beberapa pendekatan untuk mengatasi risiko kecelakaan kerja yang telah ada meliputi *Hazard and Operability Study* (HAZOP), *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), serta *Job Safety Analysis* (JSA). HAZOP berfokus pada temuan bahaya dalam proses industri melalui analisis penyimpangan, sedangkan FMEA berfokus pada penilaian secara kuantitatif terhadap mode kegagalan dan pengaruhnya. Sementara itu, JSA berfokus pada setiap tahapan pekerjaan untuk mengidentifikasi bahaya dan langkah-langkah pencegahan. Namun, pendekatan-pendekatan ini sering kali tidak mencakup keseluruhan karena tidak sepenuhnya menggabungkan perspektif manusia dan organisasi, sehingga efektivitasnya terbatas dalam lingkungan manufaktur berat (Rayoga, 2024).

Metode yang tepat untuk mengatasi masalah penelitian ini adalah gabungan antara metode *Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control* (HIRARC) dan 5W+1H. Metode HIRARC berfokus pada identifikasi potensi bahaya, penilaian tingkat risiko berdasarkan kemungkinan *(likelihood)* dan tingkat keparahan *(severity),* serta penentuan langkah pengendalian risiko secara sistematis. Sementara itu, 5W+1H berfokus pada penyusunan usulan perbaikan secara terstruktur dengan menjawab aspek apa *(what)* potensi bahaya yang dapat terjadi, siapa *(who)* yang berisiko terdampak, di mana *(where)* potensi bahaya terjadi, kapan *(when)* risiko kecelakaan terjadi, mengapa *(why)* potensi bahaya dapat terjadi, serta bagaimana *(how)* upaya pengendalian yang dilakukan (Aprilla & Yulhendra, 2023). Penggabungan kedua metode ini dipilih karena mampu memberikan analisis risiko kecelakaan kerja yang komprehensif sekaligus

menghasilkan rekomendasi perbaikan yang aplikatif dan mudah diterapkan di *section metal machining*.

Hasil yang diharapkan dari penelitian ini adalah teridentifikasinya potensi bahaya dan tingkat risiko kecelakaan kerja di *section metal machining*, serta dihasilkannya usulan perbaikan keselamatan dan kesehatan kerja yang terstruktur berdasarkan metode HIRARC dan 5W+1H. Hasil penelitian ini juga diharapkan dapat menjadi bahan evaluasi bagi perusahaan dalam meningkatkan penerapan K3 dan menurunkan tingkat risiko kecelakaan kerja, sehingga tercipta lingkungan kerja yang lebih aman dan sehat.

1.2 Rumusan Masalah

Berikut merupakan rumusan masalah pada penelitian ini:

1. Apa saja potensi bahaya yang terdapat pada aktivitas kerja di *section metal machining*?
2. Seberapa besar tingkat risiko kecelakaan kerja berdasarkan hasil analisis menggunakan metode *Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control* (HIRARC)?
3. Bagaimana usulan perbaikan keselamatan dan kesehatan kerja yang dapat diterapkan untuk meminimalkan risiko kecelakaan kerja berdasarkan 5W+1H di *section metal machining*?

1.3 Tujuan Penelitian

Berikut merupakan tujuan dari penelitian ini:

1. Mengidentifikasi potensi bahaya yang terdapat pada aktivitas kerja di *section metal machining*.
2. Menentukan seberapa besar tingkat risiko kecelakaan kerja berdasarkan hasil analisis menggunakan metode *Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control* (HIRARC).
3. Menentukan usulan perbaikan keselamatan dan kesehatan kerja yang dapat diterapkan untuk menurunkan risiko kecelakaan kerja berdasarkan 5W+1H di *section metal machining*.

1.4 Manfaat Penelitian

Berikut merupakan manfaat dari penelitian ini:

1. Bagi Akademik

Berikut merupakan manfaat dari dari penelitian ini bagi akademik:

a. Sebagai sarana untuk memperkuat hubungan kerja sama antara lingkungan akademik dan industri manufaktur.
b. Memberikan umpan balik bagi perguruan tinggi dalam menyesuaikan kurikulum K3, khususnya terkait metode HIRARC dan 5W+1H untuk menganalisis dan memperbaiki potensi bahaya dan tingkat risiko guna mencegah terjadinya kecelakaan kerja agar lebih sesuai dengan tuntutan dunia kerja.
c. Menyajikan kontribusi nyata perguruan tinggi dalam menghasilkan lulusan yang berkompeten dan berpikir analitis.

2. Bagi Perusahaan

Berikut merupakan manfaat dari dari penelitian ini bagi perusahaan:

a. Memberikan sudut pandang yang objektif tentang potensi bahaya, tingkat risiko, dan langkah pengendalian risiko kecelakaan kerja di *section metal machining* berdasarkan hasil analisis metode HIRARC.
b. Mendukung peningkatan penerapan K3 melalui penyusunan rekomendasi perbaikan yang terstruktur dan mudah diterapkan berdasarkan 5W+1H untuk meminimalkan risiko kecelakaan kerja dan meningkatkan keselamatan operasional di *section metal machining*.

1.5 Batasan Penelitian

Berikut merupakan batasan dari penelitian ini:

1. Penelitian ini berfokus di *section metal machining* departemen produksi PT. X yang menghadapi risiko kecelakaan kerja tertinggi, tanpa mencakup proses di luar area *section* tersebut.
2. Evaluasi risiko kecelakaan kerja dilakukan dengan metode *Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control* (HIRARC) untuk mengidentifikasi bahaya, menilai tingkat risiko, dan menentukan langkah pengendalian risiko.
3. 5W+1H digunakan untuk merekomendasikan usulan perbaikan K3 berdasarkan hasil analisis HIRARC, tanpa membahas tahap implementasi dan evaluasi lanjutan di perusahaan.

4. Sumber data yang digunakan berasal dari pengamatan langsung di lapangan, wawancara dengan operator mesin dan petugas K3, serta dokumen *internal* perusahaan terkait aktivitas kerja dan catatan kecelakaan kerja yang pernah terjadi di *section metal machining*.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Literatur

Penelitian yang dilakukan oleh Wong et al. (2022) menganalisis penelolaan risiko keselamatan dan kesehatan kerja pada proyek konstruksi Bendungan Mengkuang menggunakan metode *Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control* (HIRARC). Metode ini digunakan untuk mengidentifikasi potensi bahaya, menilai tingkat risiko berdasarkan kemungkinan *(likelihood)* dan tingkat keparahan *(severity)*, serta menentukan langkah pengendalian yang tepat. Penelitian ini dilakukan karena proyek konstruksi bendungan memiliki tingkat kompleksitas dan risiko yang tinggi, terutama terkait keselamatan pekerja, stabilitas struktur, serta potensi keterlambatan dan pembengkakan biaya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan HIRARC mampu menurunkan tingkat risiko secara signifikan setelah dilakukan pengendalian, khususnya pada risiko yang berkaitan dengan kesalahan manusia, kondisi lingkungan kerja, dan metode kerja yang tidak aman. Oleh karena itu, metode HIRARC dijadikan sebagai pendekatan utama dalam penelitian ini karena mampu mengidentifikasi penyebab risiko secara sistematis guna meningkatkan efektivitas pengendalian risiko kerja (Wong et al., 2022).

Penelitian yang dilakukan oleh Ilmi (2025) menganalisis risiko keselamatan dan kesehatan kerja pada industri pengolahan kelapa sawit menggunakan *Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control* (HIRARC). Metode ini digunakan untuk mengidentifikasi potensi bahaya, menilai tingkat risiko berdasarkan kemungkinan *(likelihood)* dan tingkat keparahan *(severity)*, serta menentukan langkah pengendalian yang sesuai pada setiap stasiun kerja. Penelitian ini dilakukan karena proses produksi kelapa sawit melibatkan pekerjaan fisik berat, paparan suhu tinggi, ruang kerja terbatas, serta penggunaan mesin berisiko tinggi yang berpotensi menyebabkan kecelakaan kerja dan gangguan kesehatan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sebagian besar risiko tinggi berasal dari paparan suhu tinggi, ruang kerja sempit, serta tindakan tidak aman pekerja. Oleh karena itu, metode HIRARC dijadikan sebagai pendekatan utama dalam penelitian ini karena mampu mengidentifikasi sumber bahaya secara sistematis dan menjadi dasar dalam penentuan tindakan pengendalian risiko (Nurul Ilmi, 2025).

Penelitian yang dilakukan oleh Fasiah dan Hosyah (2022) menganalisis risiko keselamatan dan kesehatan kerja menggunakan metode *Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control* (HIRARC) sebagai pendekatan utama dalam mengidentifikasi dan mengevaluasi potensi bahaya di lingkungan kerja. Metode ini digunakan untuk mengidentifikasi potensi bahaya, menilai tingkat risiko berdasarkan kemungkinan *(likelihood)* dan tingkat keparahan *(severity)*, serta menentukan langkah pengendalian yang tepat, sehingga risiko-risiko dominan dapat diprioritaskan untuk dilakukan pengendalian. Penelitian ini dilakukan karena masih ditemukannya aktivitas kerja berisiko tinggi yang berpotensi menyebabkan kecelakaan akibat kondisi lingkungan kerja, penggunaan peralatan, serta tindakan tidak aman pekerja. Hasil penelitian menunjukkan bahwa risiko tinggi umumnya disebabkan oleh kurangnya kepatuhan terhadap prosedur kerja, paparan bahaya fisik, dan keterbatasan pengendalian teknis (Hosiah & Zakkiy Fasya, 2022).

Penelitian yang dilakukan oleh Anwar et al. (2024) menganalisis risiko keselamatan dan kesehatan kerja pada bengkel pemesinan di Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) menggunakan metode *Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control* (HIRARC). Metode ini digunakan untuk mengidentifikasi potensi bahaya, menilai tingkat risiko berdasarkan kemungkinan *(likelihood)* dan tingkat keparahan *(severity)*, serta menentukan langkah pengendalian yang sesuai dengan *hierarchy of control*. Penelitian ini dilakukan karena aktivitas praktikum di bengkel pemesinan melibatkan penggunaan mesin, peralatan tajam, pengelasan, serta *material handling* yang memiliki potensi kecelakaan kerja tinggi apabila tidak dikelola secara sistematis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sebagian besar risiko berada pada tingkat sedang yang disebabkan oleh rendahnya kesadaran dan kepatuhan siswa terhadap aturan K3, kurangnya rambu keselamatan, serta pengendalian administratif yang belum optimal (Anwar et al., 2024).

Penelitian yang dilakukan oleh Qamarani dan Vikaliana (2024) menganalisis risiko keselamatan dan kesehatan kerja pada proses *welding frame body* di industri manufaktur otomotif menggunakan metode *Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control* (HIRARC). Metode ini digunakan untuk mengidentifikasi potensi bahaya, menilai tingkat risiko berdasarkan kemungkinan *(likelihood)* dan tingkat keparahan *(severity)*, serta menentukan langkah pengendalian yang sesuai pada setiap aktivitas kerja pengelasan. Penelitian ini dilakukan karena proses pengelasan melibatkan penggunaan mesin, paparan panas, percikan las, asap las, serta aktivitas *material handling* yang berpotensi

menyebabkan kecelakaan kerja apabila tidak dikelola secara sistematis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat 19 potensi bahaya dengan tingkat risiko yang didominasi kategori sedang hingga tinggi, terutama disebabkan oleh paparan percikan las, asap las, kebisingan mesin, dan perilaku kerja tidak aman (Qamarani & Vikaliana, 2024).

Penelitian yang dilakukan oleh Katranis et al. (2025) menganalisis risiko keselamatan dan kesehatan kerja pada sistem *Human-Robot Collaboration* (HRC) sebagai bagian dari upaya keselamatan kerja. Pendekatan yang digunakan sejalan dengan konsep *Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control* (HIRARC) di mana potensi bahaya diidentifikasi berdasarkan parameter utama, yaitu jarak antara manusia dan robot, kecepatan gerak robot, serta orientasi kepala manusia selama aktivitas kolaborasi. Parameter-parameter tersebut digunakan untuk menilai tingkat risiko secara kuantitatif dengan mempertimbangkan tingkat keparahan *(severity)* dan tingkat kemungkinan *(likelihood)* terjadinya bahaya pada setiap skenario interaksi manusia dan robot. Penelitian ini dilakukan karena lingkungan kerja HRC bersifat dinamis dan memiliki potensi risiko tinggi akibat perubahan kondisi kerja dan perilaku manusia yang sulit diprediksi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bahaya dan tingkat risiko dapat meningkat meskipun pada aktivitas kerja yang sama, terutama ketika jarak aman tidak terjaga, kecepatan robot tinggi, dan tingkat kewaspadaan manusia menurun (Katranis et al., 2025).

Penelitian yang dilakukan oleh Sulaiman et al. (2025) menganalisis risiko keselamatan dan kesehatan kerja pada unit kilang minyak di industri pengolahan minyak dan gas menggunakan metode *Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control* (HIRARC). Metode ini digunakan un untuk mengidentifikasi potensi bahaya, menilai tingkat risiko berdasarkan kemungkinan *(likelihood)* dan tingkat keparahan *(severity)*, serta menentukan langkah pengendalian yang sesuai berdasarkan *hierarchy of control*. Penelitian ini dilakukan karena aktivitas operasional kilang melibatkan kondisi kerja ekstrem, seperti tekanan dan suhu tinggi, kebocoran gas dan minyak, serta penggunaan peralatan berteknologi tinggi yang berpotensi menyebabkan kecelakaan kerja serius apabila tidak dikelola secara sistematis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa beberapa area kerja, seperti *evaporator, separator,* dan *stabilizer* memiliki tingkat risiko tergolong tinggi hingga sangat tinggi, terutama akibat potensi kebocoran, ledakan, dan kebakaran (Sulaiman et al., 2025).

Penelitian yang dilakukan oleh Pramudya et al. (2022) menganalisis risiko keselamatan dan kesehatan kerja pada Departemen CNC *Lathe* di PT. Swadaya Graha menggunakan metode *Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control* (HIRARC). Metode ini digunakan untuk mengidentifikasi potensi bahaya, menilai tingkat risiko berdasarkan kemungkinan *(likelihood)* dan tingkat keparahan *(severity)*, serta menentukan langkah pengendalian yang tepat. Penelitian ini dilakukan karena aktivitas pengoperasian mesin CNC melibatkan potensi bahaya, seperti percikan gram dan asap proses pembubutan, material panas, material jatuh saat pemindahan, serta kondisi area kerja berdebu yang dapat menyebabkan kecelakaan kerja apabila tidak dikelola secara sistematis. Hasil penelitian menunjukkan adanya 5 potensi bahaya dengan tingkat risiko yang terdiri dari 1 risiko sangat tinggi, 1 risiko tinggi, dan 3 risiko sedang yang sebagian besar disebabkan oleh kurangnya penggunaan alat pelindung diri, rendahnya kedisiplinan pekerja, serta ketidakpatuhan terhadap standar operasional prosedur (Pramudya et al., 2022).

Penelitian yang dilakukan oleh Ristiawati et al. (2023) menganalisis risiko keselamatan dan kesehatan kerja pada laboratorium Rumah Sakit Qolbu Insan Mulia menggunakan metode *Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control* (HIRARC). Metode ini digunakan untuk mengidentifikasi potensi bahaya, menilai tingkat risiko berdasarkan kemungkinan *(likelihood)* dan tingkat keparahan *(severity)*, serta menentukan langkah pengendalian yang tepat. Penelitian ini dilakukan karena aktivitas laboratorium melibatkan paparan bahaya fisik, kimia, biologis, ergonomi, mekanik, listrik, psikososial, dan limbah medis yang berpotensi menyebabkan kecelakaan kerja maupun penyakit akibat kerja apabila tidak dikelola secara sistematis. Hasil penelitian menunjukkan terdapat 17 sumber potensi bahaya dengan tingkat risiko yang didominasi kategori tinggi sebesar 71%, kategori sedang 23%, dan kategori rendah 6% yang sebagian besar berasal dari paparan mikroorganisme, bahan kimia, benda tajam, postur kerja tidak ergonomis, dan tekanan psikologis (Ristiawati et al., 2023).

Penelitian yang dilakukan oleh Purwanto et al. (2022) menganalisis risiko keselamatan dan kesehatan kerja pada Divisi *Maintenance* CV. Dira Utama Sejahtera menggunakan metode *Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control* (HIRARC). Metode ini digunakan untuk mengidentifikasi potensi bahaya, menilai tingkat risiko berdasarkan kemungkinan *(likelihood)* dan tingkat keparahan *(severity)*, serta menentukan langkah pengendalian yang tepat. Penelitian ini dilakukan karena aktivitas *maintenance*

melibatkan pekerjaan berisiko tinggi, seperti pengelasan, pemotongan, penggerindaan, penggunaan mesin bor, serta penanganan bahan kimia yang berpotensi menyebabkan kecelakaan kerja apabila tidak dikendalikan secara sistematis. Hasil penelitian menunjukkan terdapat 9 potensi bahaya dengan tingkat risiko yang didominasi kategori sangat tinggi sebesar 11%, tinggi sebesar 44,4%, sedang sebesar 33,3%, dan rendah sebesar 11,1% yang sebagian besar disebabkan oleh perilaku kerja tidak aman, penggunaan alat pelindung diri yang tidak optimal, serta kondisi lingkungan kerja yang berbahaya (Purwanto et al., 2022).

Penelitian yang dilakukan oleh Surya dan Ririh (2021) menganalisis risiko keselamatan dan kesehatan kerja pada lantai produksi PT. DRA Component Persada menggunakan metode *Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control* (HIRARC). Metode ini digunakan untuk mengidentifikasi potensi bahaya, menilai tingkat risiko berdasarkan kemungkinan *(likelihood)* dan tingkat keparahan *(severity)*, serta menentukan langkah pengendalian yang tepat. Penelitian ini dilakukan karena aktivitas di lantai produksi melibatkan penggunaan mesin produksi, penanganan material secara manual, kondisi lingkungan kerja yang panas dan bising, serta tata letak mesin yang berdekatan, sehingga berpotensi menyebabkan kecelakaan kerja apabila tidak dikelola secara sistematis. Hasil penelitian menunjukkan terdapat 8 potensi bahaya yang teridentifikasi dengan tingkat risiko rendah hingga sedang di mana risiko dengan nilai tertinggi berkaitan dengan bagian tubuh atau pakaian pekerja yang dapat terjerat roda mesin berputar, penumpukan material di area produksi, serta paparan hawa panas akibat kurangnya ventilasi (Ririh, 2021).

Penelitian yang dilakukan oleh Fadilah dan Herbawani (2022) menganalisis faktor risiko terjadinya kecelakaan kerja menggunakan metode *Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control* (HIRARC) sebagai tolok ukur melalui pendekatan *literature review*. Metode ini digunakan untuk mengidentifikasi potensi bahaya, menilai tingkat risiko berdasarkan kemungkinan *(likelihood)* dan tingkat keparahan *(severity)*, serta menentukan langkah pengendalian yang tepat. Penelitian ini dilakukan karena insiden kecelakaan kerja masih banyak terjadi akibat penyimpangan dalam penerapan HIRARC, seperti perilaku kerja tidak aman, penggunaan alat pelindung diri yang tidak optimal, kurangnya keterampilan pekerja, kelelahan kerja, kondisi peralatan yang tidak memadai, dan lingkungan kerja yang tidak aman. Hasil kajian terhadap 10 jurnal menunjukkan bahwa faktor risiko kecelakaan kerja yang teridentifikasi melalui HIRARC

didominasi oleh faktor manusia, mesin, metode, material, dan lingkungan yang berkontribusi terhadap terjadinya kecelakaan kerja di berbagai sektor industry (Fadilah & Herbawani, 2022).

Penelitian yang dilakukan oleh Prayoga et al. (2023) menganalisis risiko keselamatan dan kesehatan kerja pada CV. Brens Bakery menggunakan metode *Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control* (HIRARC). Metode ini digunakan untuk mengidentifikasi potensi bahaya, menilai tingkat risiko berdasarkan kemungkinan *(likelihood)* dan tingkat keparahan *(severity)*, serta menentukan langkah pengendalian yang sesuai dengan *hierarchy of control*. Penelitian ini dilakukan karena aktivitas produksi roti melibatkan berbagai potensi bahaya, seperti lantai licin, paparan debu tepung, penggunaan peralatan tajam, kebisingan mesin, paparan panas dari oven dan penggorengan, serta risiko listrik dan kebocoran gas yang dapat menyebabkan kecelakaan kerja apabila tidak dikelola secara sistematis. Hasil penelitian menunjukkan terdapat 30 risiko kecelakaan kerja yang teridentifikasi dengan tingkat risiko didominasi oleh kategori rendah sebesar 43%, sedang sebesar 37%, dan tinggi sebesar 20% (Prayoga et al., 2023).

Penelitian yang dilakukan oleh Nurmahmudi et al. (2023) menganalisis risiko keselamatan dan kesehatan kerja pada kegiatan pengoperasian mesin bubut di *workshop* teknik pemesinan SMK Negeri 1 Lembah Melintang menggunakan metode *Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control* (HIRARC). Metode ini digunakan untuk mengidentifikasi potensi bahaya, menilai tingkat risiko berdasarkan kemungkinan *(likelihood)* dan tingkat keparahan *(severity)*, serta menentukan langkah pengendalian yang tepat. Penelitian ini dilakukan karena kegiatan praktik pemesinan melibatkan penggunaan mesin berputar, benda kerja panas, peralatan tajam, serta perilaku kerja yang berpotensi menyebabkan kecelakaan apabila tidak dikelola secara sistematis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dari 21 potensi insiden yang teridentifikasi pada aktivitas membubut, tingkat risiko keselamatan kerja secara umum berada pada kategori rendah, meskipun masih ditemukan risiko dengan kategori sedang hingga tinggi pada beberapa aktivitas tertentu (Nurmahmudi et al., 2023).

Penelitian yang dilakukan oleh Ramadanti et al. (2021) menganalisis risiko keselamatan dan kesehatan kerja pada aktivitas *Work from Home* (WFH) menggunakan metode *Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control* (HIRARC) untuk mengidentifikasi potensi bahaya, menilai tingkat risiko berdasarkan kemungkinan

(likelihood) dan tingkat keparahan *(severity)*, serta menentukan langkah pengendalian yang sesuai dengan *hierarchy of control*. Penelitian ini dilakukan karena penerapan WFH menyebabkan berbagai potensi risiko, khususnya risiko ergonomi, psikologis, dan kesehatan akibat kondisi kerja yang tidak ergonomis dan pekerjaan yang bersifat monoton. Hasil penelitian menunjukkan bahwa risiko tertinggi berada pada kategori sangat tinggi meliputi kejenuhan akibat pekerjaan monoton dan nyeri pada punggung, sedangkan risiko lainnya berada pada kategori tinggi hingga sedang (Ramadanti et al., 2021).

Tabel 2. 1 Kajian Literatur

No	Judul	Penulis	Tahun	Objek Penelitian	Metode
1	*Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control* (HIRARC) *for* Mengkuang Dam *Construction*	Wong et al.	2022	Industri Konstruksi	HIRARC
2	*Analysis of Occupational Health and Safety Risks in the Palm Oil Processing Industry Using the* HIRARC *Method*	Ilmi	2025	Agroindustri	HIRARC
3	*Analysis of Occupational Health and Safety Risks in the Manufacturing Industry with the* HIRARC *Method at* PT. X	Fasiah & Hosyah	2022	Industri Manufaktur	HIRARC
4	*Analysis and Control of Occupational Safety Risks Using the* HIRARC *Method in the Machining Workshop*	Anwar et al.	2024	Sektor Pendidikan	HIRARC
5	*Application of the Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control Method in the Welding Frame Body Process (a Case*	Qamarani & Vikaliana	2024	Industri Manufaktur	HIRARC

No	Judul	Penulis	Tahun	Objek Penelitian	Metode
	Study in Indonesia *Company)*				
6	*Dynamic Risk Assessment for Human-Robot Collaboration Using a Heuristics-Based Approach*	Katranis et al.	2025	Industri Manufaktur	HIRARC
7	*Occupational Health and Safety Risk Assessment Application in Oil Refinery Using Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control* (HIRARC)	Sulaiman et al.	2025	Industri Pertambangan	HIRARC
8	*Safety Application and Health Work at Department of* CNC *Lathe Using Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control* (HIRARC) *Method* (*Case Study of* PT. Swadaya Graha)	Pramudya et al.	2022	Industri Manufaktur	HIRARC
9	*Hazard Risk Analysis in the Laboratory of* Qolbu Insan Mulia (QIM) *Hospital Using the Hazard Identification Risk Assessment and Risk Control* (HIRARC) *Approach*	Ristiawati et al.	2023	Industri Kesehatan	HIRARC
10	*Work Accident Analysis Using* HIRARC *Method (Hazard Identification, Risk Assessment and Risk Control) in Maintenance Division* CV. Prosperous Utama Dira	Purwanto et al.	2022	Industri Manufaktur	HIRARC

No	Judul	Penulis	Tahun	Objek Penelitian	Metode
11	Analisis Risiko Kecelakaan Kerja Menggunakan Metode HIRARC dan Diagram *Fishbone* pada Lantai Produksi PT. DRA Component Persada	Surya & Ririh	2021	Industri Manufaktur	HIRARC & *Fishbone Diagram*
12	Analisis Faktor Risiko Terjadinya Kecelakaan Kerja dengan Menggunakan HIRARC sebagai Tolak Ukur: *Literatur Review*	Fadilah & Herbawani	2022	Berbagai Industri	HIRARC
13	Analisis Risiko Kecelakaan Kerja CV. Brens Bakery Menggunakan Metode *Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control* (HIRARC)	Prayoga et al.	2023	Industri Pangan	HIRARC
14	Analisis Risiko Keselamatan Kerja di Mesin Bubut Menggunakan Metode HIRARC	Nurmahmudi et al.	2024	Sektor Pendidikan	HIRARC
15	Analisis Risiko K3 dan Kesehatan Lingkungan pada saat *Work from Home* Menggunakan Metode HIRARC	Ramadanti et al.	2021	Sektor Jasa	HIRARC

2.2 Landasan Teori

Berikut merupakan landasan teori terkait dengan penelitian ini:

2.2.1 Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3)

Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) merupakan suatu usaha yang memastikan terciptanya lingkungan kerja yang aman, bebas dari masalah fisik dan mental melalui pelatihan, arahan, dan pengawasan terhadap pelaksanaan tugas para pekerja, serta pemberian dukungan sesuai dengan peraturan yang ada, baik dari instansi pemerintah maupun dari perusahaan tempat mereka bernaung. Keselamatan dan Kesehatan Kerja

(K3) berfungsi sebagai bentuk perlindungan bagi tenaga kerja, mengurangi jumlah insiden di tempat kerja, serta menjaga aset perusahaan dengan memberikan jaminan lingkungan yang aman dan sehat bagi semua karyawan, demi melindungi Sumber Daya Manusia (SDM) di Indonesia (Sari et al., 2023).

Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) adalah salah satu faktor utama dalam menciptakan suasana kerja yang aman dan sehat. Penerapan K3 secara terencana terbukti dapat mengurangi angka kecelakaan kerja dengan signifikan. Sistem ini mencakup perencanaan, pelaksanaan, penilaian, dan pengembangan berkelanjutan terhadap prosedur kerja, penggunaan alat pelindung diri, serta pelatihan bagi pekerja untuk mengenali dan menangani potensi risiko di lokasi kerja. Keberhasilan penerapan K3 yang efektif sangat dipengaruhi oleh komitmen dari pihak manajemen dan budaya keselamatan yang dijalin dalam organisasi (Joko Sudiarto et al., 2023).

2.2.1 Kecelakaan Kerja

Kecelakaan kerja merupakan situasi tak terduga yang tidak diinginkan atau suatu insiden yang tidak diharapkan yang bisa mengakibatkan cedera pada individu atau kerusakan pada properti. Kecelakaan kerja biasanya dipicu oleh 2 faktor, yaitu perilaku manusia yang berbahaya *(unsafe act)* dan kondisi lingkungan yang berisiko *(unsafe condition).* Berdasarkan hasil penelitian, diketahui bahwa sekitar 80-85% kecelakaan kerja disebabkan oleh faktor manusia, seperti kelalaian atau kesalahan dari orang-orang yang terlibat (Syahril et al., 2023).

Kecelakaan kerja adalah setiap tindakan atau keadaan yang tidak aman yang dapat mengakibatkan kecelakaan di mana dampaknya tidak hanya mengenai pekerja dan keluarganya, tetapi juga berpengaruh terhadap perusahaan, negara, dan masyarakat secara keseluruhan. Kecelakaan kerja tidak hanya dalam bentuk kerugian finansial, tetapi juga dapat menyebabkan hilangnya nyawa yang tentunya tidak dapat dinilai dengan uang. Kehilangan tenaga kerja di beberapa posisi menjadi kerugian yang signifikan karena tidak semua teknologi mampu menggantikan keterampilan yang dimiliki oleh manusia. Selain itu, kecelakaan di tempat kerja sangat mungkin menyebabkan penurunan produktivitas perusahaan (Huwaida et al., 2023).

2.2.2 Industri Manufaktur

Manufaktur adalah istilah yang berasal dari bahasa Latin *"manus factus"* yang berarti dihasilkan melalui tangan. Kata *"manufacture"* pertama kali muncul pada tahun 1576, sedangkan kata *"manufacturing"* pertama kali muncul pada tahun 1683. Secara umum,

arti dari kata “manufaktur” merujuk pada proses mengubah bahan mentah menjadi produk. Proses ini mencakup desain produk, pemilihan bahan, dan tahapan di mana produk tersebut diproduksi (Supriyanto, 2020).

Industri manufaktur merupakan sebuah bidang industri yang mengubah bahan mentah menjadi barang setengah jadi maupun barang jadi melalui langkah-langkah produksi yang sistematis, termasuk perancangan, pengolahan, perakitan, hingga pengawasan kualitas. Proses manufaktur umumnya memerlukan alat mesin, tenaga kerja, teknologi, serta sistem pengelolaan produksi untuk menciptakan barang yang memiliki nilai lebih dan dapat memenuhi permintaan dari konsumen maupun industri lainnya (Muhammad & Susilowati, 2021)

2.2.3 5W+1H

5W+1H adalah metode analisis yang digunakan untuk mengidentifikasi dan menjelaskan suatu masalah secara sistematis dengan mengajukan 6 pertanyaan dasar *(what, who, where, when, why, and how).* Metode ini bertujuan untuk mendapatkan pemahaman yang mendalam tentang suatu peristiwa atau masalah, sehingga dapat dibuat solusi atau langkah perbaikan yang tepat (Sajidah Tiara Ayu Wiranda & Iriani Iriani, 2024).

Pendekatan 5W+1H digunakan dalam konteks kesehatan dan keselamatan kerja untuk menganalisis penyebab risiko atau kecelakaan kerja dan membuat langkah pengendalian yang efektif. Pendekatan ini menjelaskan aspek apa *(what)* potensi bahaya yang dapat terjadi, siapa *(who)* yang berisiko terdampak, di mana *(where)* potensi bahaya terjadi, kapan *(when)* risiko kecelakaan terjadi, mengapa *(why)* potensi bahaya dapat terjadi, serta bagaimana *(how)* upaya pengendalian yang dilakukan. Metode ini sering digunakan sebagai alternatif untuk pendekatan HIRARC guna memastikan bahwa tindakan perbaikan yang diusulkan spesifik, terarah, dan aplikatif (Hosiah & Zakkiy Fasya, 2022).

2.2.4 *Hazard Identification, Risk Assessment, Risk Control* (HIRARC)

Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control (HIRARC) adalah suatu metode yang digunakan untuk mengidentifikasi potensi bahaya, menilai tingkat risiko, dan menentukan langkah pengendalian risiko pada setiap aktivitas kerja guna mencegah terjadinya kecelakaan kerja dan penyakit akibat kerja (Ririh, 2021). Berikut merupakan 3 langkah tahapan dalam proses HIRARC:

1. Identifikasi Bahaya *(Hazard Identification)*

Identifikasi bahaya *(hazard identification)* adalah proses yang terstruktur untuk menemukan potensi bahaya dalam kegiatan suatu organisasi dengan tujuan mengungkap

kemungkinan risiko yang mungkin muncul. Hal ini bertujuan untuk meminimalkan peluang terjadinya kecelakaan kerja, memberikan pemahaman kepada seluruh tenaga kerja, serta sebagai basis informasi dan strategi untuk pencegahan dan keselamatan bagi semua pihak terkait (Ririh, 2021).

2. Penilaian Risiko *(Risk Assessment)*

Penilaian risiko *(risk assessment)* digunakan untuk menetapkan level risiko atau menentukan prioritas dengan mempertimbangkan kemungkinan terjadinya kecelakaan *(likelihood)* dan sejauh mana dampak yang mungkin timbul *(severity)* (Ririh, 2021). merupakan rumus perhitungan penilaian risiko *(risk assessment)*:

$$Risk\ Assesment = Kemungkinan\ (Likelihood) \times Keparahan\ (Severity)$$

Tabel 2. 2 Skala Tingkat Kemungkinan *(Likelihood)*

Tingkat	Deskripsi	Keterangan
1	*Rare*	Hampir Tidak Pernah Terjadi
2	*Unlikely*	Jarang Terjadi
3	*Possible*	Terjadi Sesekali
4	*Likely*	Sering Terjadi
5	*Most Certain*	Terjadi Setiap Saat

Tabel 2. 3 Skala Tingkat Keparahan *(Severity)*

Tingkat	Deskripsi	Keterangan
1	*Insignificant*	Hampir Tidak Pernah Terjadi
2	*Minor*	Jarang Terjadi
3	*Moderate*	Terjadi Sesekali
4	*Major*	Sering Terjadi
5	*Catastrophic*	Terjadi Setiap Saat

Tabel 2. 4 *Risk Matrix*

Tingkat Kemungkinan *(Likelihood)*	**Tingkat Keparahan *(Severity)***				
	(1) *Insignificant*	(2) *Minor*	(3) *Moderate*	(4) *Major*	(5) *Catastrophic*
(1) *Rare*	L (1)	L (2)	L (3)	L (4)	M (5)
(2) *Unlikely*	L (2)	L (4)	M (6)	M (8)	H (10)
(3) *Possible*	L (3)	M (6)	M (9)	H (12)	H (15)
(4) *Likely*	L (4)	M (8)	H (12)	H (16)	VH (20)
(5) *Most Certain*	M (5)	H (10)	H (15)	VH (20)	VH (25)

Tabel 2. 5 Tindakan

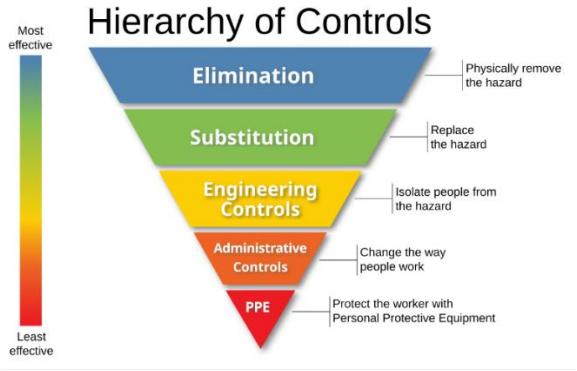
Risk Score	**Kategori**	**Indikator Warna**	**Tindakan**
1-4	*Low*	*Green*	Dapat dipertimbangkan sebagai potensi bahaya yang dapat diterima dan tidak memerlukan suatu tindakan khusus.
5-9	*Medium*	*Yellow*	Membutuhkan perencanaan pengendalian bahaya.
10-16	*High*	*Red*	Membutuhkan tindakan pengedalian potensi bahaya dengan segera.
17-25	*Very High*	*Dark Red*	Membutuhkan tindakan pengedalian potensi bahaya dengan sesegera mungkin.

3. Pengendalian Risiko *(Risk Control)*

Pengendalian risiko adalah tindakan untuk menangani ancaman yang mungkin ada di area kerja. Pengendalian risiko sangat penting untuk menjaga kesehatan dan keselamatan lingkungan kerja, serta memenuhi ketentuan hukum atau peraturan yang berlaku. Setelah risiko dianalisis dan dinilai, keputusan dapat diambil terkait langkah-langkah pencegahan yang perlu diterapkan di tempat kerja. Penentuan bentuk upaya pengendalian harus mempertimbangkan penghilangan bahaya *(elimination)*, penggantian *(substitution)*, pengendalian teknik *(engineering control)*, pengendalian administratif *(administrative control)*, dan penyediaan alat pelindung diri *(personal protective equipment)* (Ririh, 2021).

2.2.5 *Hierarchy of Control*

Hierarchy of Control merupakan suatu kerangka yang diterapkan dalam bidang Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) untuk mengetahui seberapa efektif berbagai metode pengurangan risiko dan membantu dalam menemukan cara untuk menerapkan solusi yang layak dan efektif (Sehgal & Milton, 2021). Berikut merupakan model dari *Hierarchy of Control:*



Gambar 2. 1 *Hierarchy of Control*

a. *Elimination* merupakan langkah pengendalian yang melibatkan modifikasi desain untuk menghilangkan potensi bahaya.
b. *Substitution* merupakan langkah pengendalian dengan mengganti metode atau alat yang memiliki risiko tinggi dengan yang lebih aman.
c. *Engineering Control* merupakan langkah pengendalian dengan memperbaiki alat teknik yang rusak agar tidak menyebabkan risiko bagi pekerja dan lingkungan kerja.
d. *Administrative Control* merupakan langkah pengendalian yang meliputi penyusunan peringatan, peraturan, dan instruksi kerja lain yang bersifat administratif untuk mencegah terjadinya bahaya.
e. *Personal Protective Equipment* (PPE) merupakan langkah pengendalian yang melibatkan penggunaan peralatan pelindung pribadi untuk meminimalkan risiko dari kemungkinan kecelakaan yang dapat terjadi.

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1 Subjek Penelitian

Subjek penelitian dalam tugas akhir ini adalah pekerja di *section metal machining*. khususnya operator mesin yang terlibat langsung dalam aktivitas tersebut. Jumlah responden dalam penelitian ini adalah 1 orang operator untuk setiap mesin. Pemilihan 1 responden per mesin dilakukan karena setiap operator bertanggung jawab langsung terhadap pengoperasian dan pengendalian mesin tersebut, sehingga dianggap paling memahami potensi bahaya dan risiko kerja yang dapat terjadi. Jam kerja responden adalah pukul 07.00–11.00 WIB dan 12.00–16.00 WIB dengan jam istirahat pukul 11.00–12.00 WIB. Pengamatan dan pengambilan data dilakukan selama jam kerja aktif untuk memperoleh gambaran kondisi kerja yang aktual dan sesuai dengan aktivitas operasional sehari-hari.

3.2 Objek Penelitian

Objek penelitian dalam tugas akhir ini adalah aktivitas kerja di *section metal machining* untuk pengoperasian mesin gergaji pita *(bandsaw machine)*, mesin bubut *(lathe machine)*, mesin frais *(milling machine)*, mesin bor *(drilling machine)*, mesin gerinda *(grinding machine)*, mesin amplas *(sanding machine)*, serta *punch and bending machine* yang mencakup pemakaian mesin, peralatan kerja, prosedur operasi, keadaan lingkungan, serta hubungan pekerja dengan sarana produksi. Penelitian ini berfokus pada identifikasi bahaya *(hazard identification)*, penilaian tingkat risiko *(risk assessment),* dan langkah pengendalian risiko *(risk control)*.

3.3 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di PT. X pada bulan November tahun 2025. PT. X merupakan sebuah perusahaan manufaktur yang bergerak di bidang produksi *transformator* (trafo) untuk berbagai kebutuhan industri dan distribusi tenaga listrik. Lokasi tersebut dipilih karena memiliki risiko bahaya fisik dan mekanis yang besar.

3.4 Jenis Penelitian

Jenis penelitian dalam tugas akhir ini adalah penelitian deskriptif kuantitatif dengan menerapkan metode *Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control* (HIRARC) dan 5W+1H. Pendekatan kuantitatif diterapkan pada tahap penilaian risiko *(risk assessment)* dalam metode HIRARC melalui penentuan nilai tingkat kemungkinan *(likelihood)* dan tingkat keparahan *(severity)* untuk memperoleh tingkat risiko pada setiap aktivitas kerja secara objektif dan terukur. Sementara itu, pendekatan deskriptif diterapkan pada tahap pengendalian risiko *(risk control)* menggunakan 5W+1H untuk merekomendasikan usulan perbaikan K3 yang tepat berdasarkan aspek apa *(what)* potensi bahaya yang dapat terjadi, siapa *(who)* yang berisiko terdampak, di mana *(where)* potensi bahaya terjadi, kapan *(when)* risiko kecelakaan terjadi, mengapa *(why)* potensi bahaya dapat terjadi, serta bagaimana *(how)* upaya pengendalian yang dilakukan.

3.5 Metode Pengumpulan Data

Berikut merupakan metode pengumpulan data pada penelitian ini:

1. Observasi Lapangan

Peneliti mengamati secara langsung aktivitas kerja, kondisi lingkungan, penggunaan alat pelindung diri, serta potensi bahaya dan risiko yang mungkin terjadi di *section metal machining*.

2. Wawancara

Peneliti melakukan wawancara dengan operator mesin dan petugas K3 untuk memperoleh informasi terkait prosedur kerja yang diterapkan, potensi bahaya dan risiko yang mungkin terjadi, serta riwayat insiden atau hampir celaka *(near miss)* yang dialami pekerja.

3. Dokumen *Internal* Perusahaan

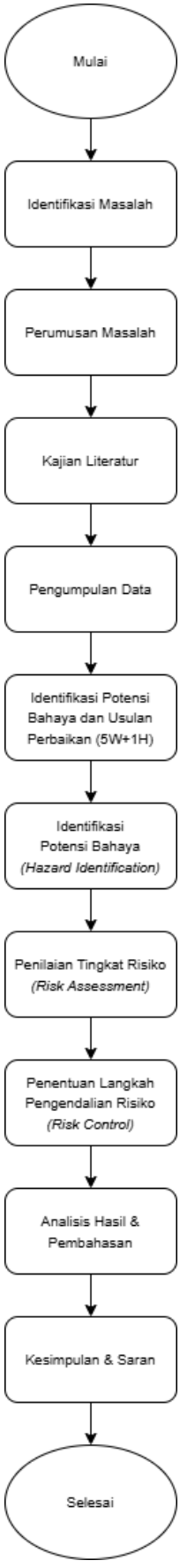
Peneliti mengumpulkan dokumen terkait aktivitas kerja dan catatan kecelakaan kerja yang pernah terjadi di *section metal machining* untuk mendukung analisis dalam metode HIRARC dan 5W+1H.

4. Studi Literatur

Peneliti menggunakan jurnal, laporan penelitian, standar K3, dan teori yang relevan terkait metode HIRARC dan 5W+1H sebagai dasar teori.

3.6 Alur Penelitian

Berikut merupakan alur dari penelitian ini:



Gambar 3. 1 Alur Penelitian

1. Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah dilakukan untuk menemukan isu utama yang muncul di *section metal machining*. Tahap ini dilaksanakan melalui observasi awal di lokasi kerja dan wawancara dengan pekerja di *section* tersebut dan petugas K3. Temuan awal ini berfungsi sebagai landasan untuk menetapkan fokus penelitian dan merumuskan masalah yang akan ditelaah lebih mendalam.

2. Perumusan Masalah

Peneliti menyusun pertanyaan penelitian untuk memberikan kejelasan dan ukuran pada penelitian. Pertanyaan ini mencakup identifikasi potensi bahaya, penilaian tingkat risiko, dan penentuan langkah pengendalian risiko menggunakan metode HIRARC dan 5W+1H. Pertanyaan penelitian ini berfungsi sebagai panduan untuk seluruh proses penelitian.

3. Kajian Literatur

Kajian literatur dilakukan untuk memperoleh pemahaman mengenai teori, teknik, dan penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan topik penelitian. Literatur yang dianalisis mencakup publikasi internasional dan nasional mengenai metode HIRARC, 5W+1H, K3, dan *hierarchy of control*. Tahap ini mendukung peneliti dalam menetapkan landasan teori yang kokoh dan menguatkan alasan pemilihan pendekatan yang diambil dalam penelitian, serta membandingkan hasil-hasil sebelumnya dengan situasi di *section metal machining*.

4. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan melalui pengamatan langsung di lapangan, wawancara dengan operator mesin dan petugas K3, dokumen *internal* perusahaan (aktivitas kerja dan catatan kecelakaan kerja), serta studi literatur. Pengamatan dilakukan dengan mengamati secara langsung aktivitas kerja, keadaan mesin, penggunaan alat pelindung diri, dan suasana aktivitas kerja. Wawancara dilakukan untuk mengumpulkan informasi yang lebih mendalam mengenai potensi bahaya dan risiko kecelakaan kerja yang dapat terjadi.

5. Analisis Potensi Bahaya dan Usulan Perbaikan (5W+1H)

Analisis potensi bahaya dilakukan dengan mengidentifikasi potensi sumber bahaya pada setiap mesin di *section metal machining* melalui observasi langsung, wawancara operator, dan dokumen *internal* perusahaan. Berdasarkan hasil analisis tersebut, usulan perbaikan dianalisis menggunakan 5W+1H (*what, who, where, when, why,* dan *how*) untuk merekomendasikan langkah pengendalian yang lebih spesifik dan mudah diterapkan guna meningkatkan efektivitas keselamatan dan kesehatan kerja di lingkungan penelitian.

6. Identifikasi Potensi Bahaya *(Hazard Identification)*

Identifikasi potensi bahaya dilakukan dengan cara mendokumentasikan semua aktivitas kerja di *section metal machining* dan mengidentifikasi kemungkinan bahaya yang dapat terjadi. Setiap aktivitas kerja dianalisis untuk mencari bahaya fisik, mekanik, dan ergonomi. Hasil dari identifikasi ini disusun dalam tabel HIRARC yang mencakup potensi bahaya dan penyebab terjadinya bahaya tersebut.

7. Penilaian Tingkat Risiko (Metode HIRARC)

Penilaian risiko dilakukan dengan menghitung skor dari setiap potensi bahaya yang telah diidentifikasi melalui rumus tingkat kemungkinan *(likelihood)* × tingkat keparahan *(severity)*. Kemudian, mengklasifikasikan skor tersebut ke dalam kategori rendah *(low)*, sedang *(medium)*, tinggi *(high)*, dan sangat tinggi *(very high)*. Hasil dari penilaian risiko membantu peneliti dalam mengidentifikasi potensi bahaya mana yang harus mendapatkan tindakan pengendalian secepatnya.

8. Penentuan Langkah Pengendalian Risiko (Metode HIRARC)

Pengendalian risiko dilakukan berdasarkan hasil penilaian risiko pada metode HIRARC yang mengacu pada *hierarchy of control* dengan fokus pada pengendalian teknik, pengendalian administratif, dan penggunaan alat pelindung diri. Pengendalian risiko difokuskan pada potensi bahaya dengan tingkat sedang tinggi *(high)* dan sangat tinggi *(very high)* sebagai prioritas utama. Setiap tindakan pengendalian dirumuskan dengan mempertimbangkan kondisi nyata di lapangan, kemampuan perusahaan, serta efektivitas pengendalian dalam menurunkan tingkat risiko. Hasil pengendalian risiko ini diharapkan mampu menurunkan nilai risiko ke tingkat yang dapat diterima dan meminimalkan potensi terjadinya kecelakaan kerja.

9. Analisis Hasil & Pembahasan

Analisis hasil dan pembahasan dilakukan dengan menjelaskan informasi dari proses identifikasi potensi bahaya, penilaian tingkat risiko, dan penentuan langkah pengendalian risiko menggunakan metode HIRARC dan 5W+1H secara lebih rinci. Analisis ini dipakai untuk menjawab pertanyaan penelitian dan menyajikan gambaran menyeluruh tentang situasi K3 di *section metal machining*.

10. Kesimpulan & Saran

Kesimpulan mencakup ringkasan mengenai potensi bahaya, tingkat risiko, dan langkah pengendalian risiko. Sementara itu, saran berfungsi sebagai panduan untuk penelitian yang akan datang dalam usaha meminimalkan risiko terjadinya kecelakaan kerja.

BAB IV
PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 Profil Perusahaan



Gambar 4. 1 PT. X

PT. X merupakan sebuah perusahaan multinasional terkemuka dalam penyediaan solusi infrastruktur energi. Perusahaan induk yang berbasis di Mesir ini telah beroperasi secara global dan terkenal dalam merancang, memproduksi, serta menyediakan layanan terkait produk listrik dan infrastruktur energi terintegrasi yang mencakup transformator, serta layanan *Engineering, Procurement, and Construction* (EPC). Kehadiran PT. X di Indonesia merupakan bagian dari strategi ekspansi perusahaan untuk mendukung pembangunan infrastruktur energi, serta distribusi listrik di kawasan Asia Tenggara dan Pasifik.

PT. X berfokus pada perancangan dan produksi transformator daya yang berkualitas tinggi dengan kapasitas 400MV dan 500kV. Perusahaan ini telah menjadi salah satu pemain penting dalam sektor infrastruktur listrik dengan fasilitas produksi yang mampu memenuhi kebutuhan utilitas, industri, serta proyek-proyek strategis nasional dan internasional. Produk utama yang dihasilkan mencakup transformator tenaga, gardu induk bergerak *(mobile substations),* serta solusi lengkap mulai dari desain, produksi hingga instalasi, dan layanan purna jual. Produk-produk ini tidak hanya dipasarkan di Indonesia tetapi juga melayani kebutuhan di kawasan Asia Tenggara, Pasifik Selatan, Timur Tengah, dan lain-lain.

Perusahaan juga menjalin berbagai kerja sama strategis dengan mitra lokal maupun nasional untuk memaksimalkan tingkat komponen dalam negeri dan memperkuat kontribusinya terhadap pembangunan infrastruktur energi di Indonesia. Komitmen perusahaan terhadap kualitas dan penerapan standar global diwujudkan melalui

kepemilikan sertifikasi sistem manajemen mutu, serta penerapan prosedur operasional yang ketat pada setiap tahapan proses produksi. Selain itu, perusahaan didukung oleh fasilitas laboratorium pengujian yang memadai untuk memastikan bahwa setiap produk yang dihasilkan memenuhi standar keselamatan, keandalan, dan kinerja, sehingga mampu menunjang proses manufaktur yang efisien, aman, dan sesuai dengan kebutuhan pelanggan.

4.2 Pengumpulan Data

PT. X merupakan perusahaan yang bergerak di bidang manufaktur di mana aktivitas kerja di *section metal machining* di departemen produksi melibatkan pengoperasian berbagai jenis mesin, antara lain mesin gergaji pita *(bandsaw machine)*, mesin bubut *(lathe machine)*, mesin frais *(milling machine)*, mesin bor *(drilling machine)*, mesin gerinda *(grinding machine)*, mesin amplas *(sanding machine)*, serta *punch and bending machine*. Setiap mesin memiliki karakteristik aktivitas kerja yang berbeda, mulai dari pemotongan, pembentukan, hingga penyelesaian permukaan logam yang menuntut keterlibatan langsung operator dalam aktivitas pengaturan mesin, pemasangan dan pelepasan benda kerja, serta pengawasan proses produksi. Kondisi tersebut menyebabkan adanya potensi bahaya dan risiko kecelakaan kerja yang beragam, sehingga diperlukan identifikasi dan analisis secara sistematis untuk memastikan keselamatan dan kesehatan kerja selama proses produksi berlangsung.

4.2.1 Mesin Gergaji Pita *(Bandsaw Machine)*



Gambar 4. 2 *Bandsaw Machine* (1)



Gambar 4. 3 *Bandsaw Machine* (2)

Mesin gergaji pita *(bandsaw machine)* digunakan untuk memotong bahan logam dan fiber, seperti baja atau tembaga. Misalnya, memotong lempengan tembaga sesuai gambar kerja atau potongan kasar untuk komponen struktural. Mesin ini membantu

mempersiapkan bahan baku dan memungkinkan pemotongan lurus hingga ketebalan tertentu. Proses pemotongan dilakukan dengan menggunakan bilah berbentuk pita yang bergerak secara kontinu. Material dijepit pada meja kerja agar tetap stabil selama proses berlangsung, sehingga hasil potongan lebih presisi dan sesuai spesifikasi. Penggunaan mesin ini mendukung efisiensi waktu kerja dan memastikan ukuran material lebih seragam sebelum memasuki tahap pemesinan selanjutnya.

4.2.2 Mesin Bubut *(Lathe Machine)*



Gambar 4. 4 *Lathe Machine* (1)



Gambar 4. 5 *Lathe Machine* (2)

Mesin bubut *(lathe machine)* berperan untuk membentuk bagian silindris atau berputar, seperti poros, spindel, dan ulir drat. Mesin ini digunakan untuk memutar bahan logam dan mengikisnya dengan pahat, serta memungkinkan pembuatan bagian-bagian, seperti *bobbin* kumparan atau elemen struktural dengan toleransi ketat dan krusial. Proses pembubutan dilakukan dengan menjepit benda kerja pada *chuck* yang terhubung dengan s*pindle*, kemudian benda kerja diputar dan pahat digerakkan secara terkontrol untuk menyayat permukaannya. Penggunaan mesin bubut sangat penting dalam proses *metal machining* karena mampu menghasilkan komponen presisi yang berperan krusial dalam perakitan produk akhir.

4.2.3 Mesin Frais *(Milling Machine)*



Gambar 4. 6 *Milling Machine*

Mesin frais *(milling machine)* digunakan untuk membuat bentuk kompleks pada bahan logam, seperti slot atau kanal pada penyambung atau *mounting bracket* untuk komponen trafo. Mesin ini memungkinkan pemrosesan presisi dengan *cutter* atau mata bor yang berputar, serta membantu membentuk bagian-bagian logam yang memerlukan akurasi tinggi untuk mengoptimalkan aliran arus. Pada pengoperasiannya, benda kerja dijepit pada meja mesin, kemudian *cutter* yang berputar akan menyayat permukaan material sesuai arah pergerakan meja. Fleksibilitas pergerakan meja dalam beberapa sumbu memungkinkan mesin frais menghasilkan berbagai variasi bentuk dengan ketelitian yang tinggi.

4.2.4 Mesin Bor *(Drilling Machine)*



Gambar 4. 7 *Drilling Machine* (1)

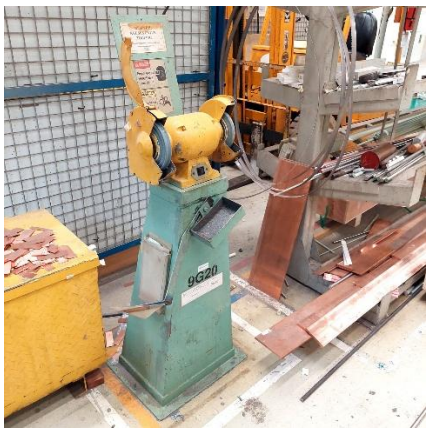


Gambar 4. 8 *Drilling Machine* (2)

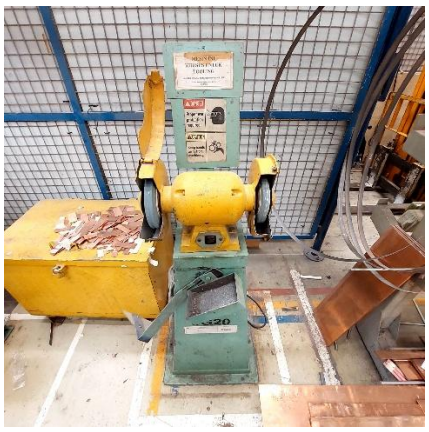
Mesin bor *(drilling machine)* berperan untuk membuat lubang pada bahan logam, seperti pada terminal penyambung atau pemasangan baut khusus untuk komponen *internal*. Mesin ini bekerja dengan memutar mata bor dan memberikan tekanan ke arah benda kerja, sehingga menghasilkan lubang dengan diameter dan kedalaman sesuai spesifikasi

tertentu. Proses pengeboran dilakukan dengan menjepit material pada meja kerja agar tetap stabil selama operasi berlangsung, sehingga hasil lubang lebih presisi dan tidak menyimpang dari titik yang telah ditentukan. Mesin bor sangat penting dalam proses perakitan karena memastikan setiap komponen dapat dipasang dengan tepat dan kuat sesuai kebutuhan struktur.

4.2.5 Mesin Gerinda *(Grinding Machine)*



Gambar 4. 9 *Grinding Machine* (1)



Gambar 4. 10 *Grinding Machine* (2)

Mesin gerinda *(grinding machine)* digunakan untuk menghaluskan atau mengasah permukaan logam, seperti menghilangkan bagian yang tajam pada ujung logam atau menghilangkan *burr* pada komponen setelah pemotongan. Mesin ini membantu mencapai *finishing* halus yang diperlukan untuk mengurangi celah pada bagian sambungan dan meningkatkan kontak penyambungan. Proses penggerindaan dilakukan dengan menggunakan batu gerinda yang berputar pada kecepatan tinggi untuk mengikis permukaan material secara bertahap. Penggunaan mesin gerinda sangat penting dalam tahap akhir proses pemesinan karena berperan dalam meningkatkan kualitas permukaan, keamanan komponen, serta kesiapan material sebelum masuk ke tahap perakitan.

4.2.6 Mesin Amplas *(Sanding Machine)*



Gambar 4. 11 *Sanding Machine* (1)



Gambar 4. 12 *Sanding Machine* (2)

Mesin amplas *(sanding machine)* berperan untuk menghaluskan lagi permukaan fiber dan logam, seperti pipa fiber atau plat tembaga setelah dipotong atau digerenda. Mesin ini menggunakan sabuk abrasif untuk menghilangkan *burr* dan ketidakrataan yang penting untuk meningkatkan kontak penyambungan terminal *bushing* trafo guna mengurangi panas saat arus listrik mengalir. Proses pengamplasan ini penting untuk menghasilkan permukaan yang lebih rata dan bersih, sehingga meningkatkan kualitas kontak pada penyambungan terminal *bushing* trafo. Permukaan yang halus dan presisi membantu meminimalkan celah sambungan, sehingga dapat mengurangi potensi panas berlebih saat arus listrik mengalir.

4.2.7 *Punch and Bending Machine*



Gambar 4. 13 *Punch Machine*



Gambar 4. 14 *Bending Machine*

Punch and bending machine digunakan untuk membuat lubang *(punching)* dan pembengkokkan *(bending)* logam, seperti membentuk *bracket* atau penghubung dari plat tembaga. Mesin ini memungkinkan pembentukan cepat dan presisi untuk komponen trafo dengan mengoptimalkan ruang dan kekuatan. Pada proses *punching*, material diberi

tekanan menggunakan *dies* untuk menghasilkan lubang dengan ukuran dan posisi yang akurat. Sementara itu, proses *bending* dilakukan dengan memberikan tekanan terkontrol untuk membentuk sudut tertentu tanpa merusak struktur material. Penggunaan mesin ini mendukung efisiensi produksi, serta memastikan komponen trafo memiliki bentuk yang optimal, kuat, dan sesuai dengan kebutuhan perakitan.

4.3 Identifikasi Potensi Bahaya dan Usulan Perbaikan

Berdasarkan hasil observasi terhadap mesin-mesin produksi, dilakukan identifikasi potensi bahaya dan rekomendasi usulan perbaikan secara sistematis menggunakan 5W+1H (*what, who, where, when, why,* dan *how*) agar rekomendasi yang dihasilkan lebih spesifik, aplikatif, dan sesuai dengan kondisi aktual di lapangan.

4.3.1 Mesin *Gergaji Pita (Bandsaw Machine)*

Berikut merupakan usulan perbaikan menggunakan 5W+1H pada aktivitas kerja pengoperasian mesin gergaji pita *(bandsaw machine)* di *section metal machining*:

Tabel 4. 1 Analisis Bahaya & Usulan Perbaikan - *Bandsaw Machine* (1)

5W+1H	Pertanyaan	Jawaban
What	Apa potensi bahaya yang dapat terjadi?	Jari atau tangan operator terluka atau terpotong oleh mata gergaji. Bahaya ini dapat menimbulkan risiko luka sayat, luka potong, atau amputasi.
Who	Siapa yang berisiko terdampak?	Operator mesin gergaji pita *(bandsaw machine).*
Where	Di mana potensi bahaya terjadi?	Area kerja mesin gergaji pita *(bandsaw machine)* di *section metal machining*.
When	Kapan risiko kecelakaan terjadi?	Saat proses pemotongan material (benda kerja) berlangsung dan posisi jari atau tangan operator berada dekat area potong.
Why	Mengapa potensi bahaya dapat terjadi?	Karena operator tidak menggunakan alat bantu pendorong *(push stick).*
How	Bagaimana upaya pengendalian yang dilakukan?	Penggunaan alat bantu pendorong *(push stick)* untuk mendorong material (benda kerja) dan meminimalkan risiko tangan dekat mata gergaji.

Tabel 4. 2 Analisis Bahaya & Usulan Perbaikan - *Bandsaw Machine* (2)

5W+1H	Pertanyaan	Jawaban
What	Apa potensi bahaya yang dapat terjadi?	Jari atau tangan operator terjepit atau tertimpa material (benda kerja). Bahaya ini dapat menimbulkan risiko memar atau patah tulang.
Who	Siapa yang berisiko terdampak?	Operator mesin gergaji pita *(bandsaw machine).*
Where	Di mana potensi bahaya terjadi?	Area kerja mesin gergaji pita *(bandsaw machine)* di *section metal machining*.
When	Kapan risiko kecelakaan terjadi?	Saat proses pemasangan, penjepitan, dan pemotongan material (benda kerja) berlangsung.
Why	Mengapa potensi bahaya dapat terjadi?	Karena mesin tidak dilengkapi sistem penjepit otomatis.
How	Bagaimana upaya pengendalian yang dilakukan?	Pemasangan sistem penjepit otomatis agar material (benda kerja) selalu stabil dan terkunci saat proses pemotongan.

Tabel 4. 3 Analisis Bahaya & Usulan Perbaikan - *Bandsaw Machine* (3)

5W+1H	Pertanyaan	Jawaban
What	Apa potensi bahaya yang dapat terjadi?	Mata atau kulit operator terkena serpihan logam. Bahaya ini dapat menimbulkan risiko iritasi mata, luka ringan pada kulit, atau gangguan penglihatan sementara.
Who	Siapa yang berisiko terdampak?	Operator mesin gergaji pita *(bandsaw machine).*
Where	Di mana potensi bahaya terjadi?	Area kerja mesin gergaji pita *(bandsaw machine)* di *section metal machining*.
When	Kapan risiko kecelakaan terjadi?	Saat proses pemotongan material (benda kerja) berlangsung dan serpihan logam beterbangan dari area potong.

5W+1H	Pertanyaan	Jawaban
Why	Mengapa potensi bahaya dapat terjadi?	Karena mesin tidak dilengkapi *shield* transparan pada area pemotongan.
How	Bagaimana upaya pengendalian yang dilakukan?	Pemasangan *shield* transparan pada area pemotongan untuk meminimalkan paparan serpihan secara langsung kepada operator.

Tabel 4. 4 Analisis Bahaya & Usulan Perbaikan - *Bandsaw Machine* (4)

5W+1H	Pertanyaan	Jawaban
What	Apa potensi bahaya yang dapat terjadi?	Operator terpapar kebisingan tinggi. Bahaya ini dapat menimbulkan risiko penurunan konsentrasi atau gangguan pendengaran.
Who	Siapa yang berisiko terdampak?	Operator mesin gergaji pita *(bandsaw machine).*
Where	Di mana potensi bahaya terjadi?	Area kerja mesin gergaji pita *(bandsaw machine)* di *section metal machining*.
When	Kapan risiko kecelakaan terjadi?	Saat mesin beroperasi dalam durasi kerja yang panjang dan menghasilkan intensitas suara tinggi secara terus-menerus.
Why	Mengapa potensi bahaya dapat terjadi?	Karena mesin tidak dilengkapi *noise barrier.*
How	Bagaimana upaya pengendalian yang dilakukan?	Pemasangan *noise barrier* di sekitar mesin untuk mengurangi penyebaran dan intensitas kebisingan di area kerja.

Tabel 4. 5 Analisis Bahaya & Usulan Perbaikan - *Bandsaw Machine* (5)

5W+1H	Pertanyaan	Jawaban
What	Apa potensi bahaya yang dapat terjadi?	Operator mengalami sakit punggung dan leher. Bahaya ini dapat menimbulkan risiko nyeri otot pada punggung dan leher.
Who	Siapa yang berisiko terdampak?	Operator mesin gergaji pita *(bandsaw machine).*

5W+1H	Pertanyaan	Jawaban
Where	Di mana potensi bahaya terjadi?	Area kerja mesin gergaji pita *(bandsaw machine)* di *section metal machining*.
When	Kapan risiko kecelakaan terjadi?	Saat operator bekerja dalam posisi membungkuk atau menunduk dalam durasi yang cukup lama selama proses pemotongan.
Why	Mengapa potensi bahaya dapat terjadi?	Karena posisi kerja operator yang tidak alami atau ergonomis.
How	Bagaimana upaya pengendalian yang dilakukan?	Penggunaan meja kerja *adjustable* untuk menyesuaikan tinggi meja dengan postur operator agar mengurangi posisi membungkuk.

4.3.2 Mesin *Bubut (Lathe Machine)*

Berikut merupakan usulan perbaikan menggunakan 5W+1H pada aktivitas kerja pengoperasian mesin bubut *(lathe machine)* di *section metal machining*:

Tabel 4. 6 Analisis Bahaya & Usulan Perbaikan - *Lathe Machine* (1)

5W+1H	Pertanyaan	Jawaban
What	Apa potensi bahaya yang dapat terjadi?	Kepala atau anggota tubuh operator terhantam material (benda kerja). Bahaya ini dapat menimbulkan risiko memar, patah tulang, atau gegar otak.
Who	Siapa yang berisiko terdampak?	Operator mesin bubut *(lathe machine).*
Where	Di mana potensi bahaya terjadi?	Area kerja mesin bubut *(lathe machine)* di *section metal machining.*
When	Kapan risiko kecelakaan terjadi?	Saat proses pembubutan berlangsung dan operator berada dekat area bubut.
Why	Mengapa potensi bahaya dapat terjadi?	Karena mesin tidak dilengkapi *shield* transparan pada area pembubutan.

5W+1H	Pertanyaan	Jawaban
How	Bagaimana upaya pengendalian yang dilakukan?	Pemasangan *shield* transparan pada area pembubutan untuk mencegah material (benda kerja) terpental keluar dari mesin.

Tabel 4. 7 Analisis Bahaya & Usulan Perbaikan - *Lathe Machine* (2)

5W+1H	Pertanyaan	Jawaban
What	Apa potensi bahaya yang dapat terjadi?	Jari atau tangan operator terluka atau tertusuk oleh pahat mesin bubut. Bahaya ini dapat menimbulkan risiko luka sayat atau luka tusuk.
Who	Siapa yang berisiko terdampak?	Operator mesin bubut *(lathe machine).*
Where	Di mana potensi bahaya terjadi?	Area kerja mesin bubut *(lathe machine)* di *section metal machining.*
When	Kapan risiko kecelakaan terjadi?	Saat proses pembubutan berlangsung dan posisi jari atau tangan operator berada dekat area bubut.
Why	Mengapa potensi bahaya dapat terjadi?	Karena operator tidak menggunakan alat bantu penahan *(tool rest).*
How	Bagaimana upaya pengendalian yang dilakukan?	Penggunaan alat bantu penahan *(tool rest)* untuk menjaga jarak aman tangan operator dari pahat selama proses pembubutan berlangsung.

Tabel 4. 8 Analisis Bahaya & Usulan Perbaikan - *Lathe Machine* (3)

5W+1H	Pertanyaan	Jawaban
What	Apa potensi bahaya yang dapat terjadi?	Pakaian operator tersangkut *chuck* mesin bubut. Bahaya ini dapat menimbulkan risiko patah tulang.
Who	Siapa yang berisiko terdampak?	Operator mesin bubut *(lathe machine).*
Where	Di mana potensi bahaya terjadi?	Area kerja mesin bubut *(lathe machine)* di *section metal machining.*
When	Kapan risiko kecelakaan terjadi?	Saat proses pembubutan berlangsung dan *chuck* berputar dengan kecepatan tinggi.

5W+1H	Pertanyaan	Jawaban
Why	Mengapa potensi bahaya dapat terjadi?	Karena *chuck* mesin bubut yang berputar dengan kecepatan tinggi dan terbuka.
How	Bagaimana upaya pengendalian yang dilakukan?	Penerapan standar pakaian kerja untuk mencegah penggunaan pakaian longgar yang berisiko tersangkut *chuck.*

Tabel 4. 9 Analisis Bahaya & Usulan Perbaikan - *Lathe Machine* (4)

5W+1H	Pertanyaan	Jawaban
What	Apa potensi bahaya yang dapat terjadi?	Mata atau kulit operator terkena serpihan logam. Bahaya ini dapat menimbulkan risiko iritasi mata, luka ringan pada kulit, atau gangguan penglihatan sementara.
Who	Siapa yang berisiko terdampak?	Operator mesin bubut *(lathe machine).*
Where	Di mana potensi bahaya terjadi?	Area kerja mesin bubut *(lathe machine)* di *section metal machining.*
When	Kapan risiko kecelakaan terjadi?	Saat proses pembubutan material berlangsung dan serpihan logam beterbangan dari area bubut.
Why	Mengapa potensi bahaya dapat terjadi?	Karena mesin tidak dilengkapi *shield* transparan.
How	Bagaimana upaya pengendalian yang dilakukan?	Pemasangan *shield* transparan pada area pembubutan untuk meminimalkan paparan serpihan secara langsung kepada operator.

Tabel 4. 10 Analisis Bahaya & Usulan Perbaikan - *Lathe Machine* (5)

5W+1H	Pertanyaan	Jawaban
What	Apa potensi bahaya yang dapat terjadi?	Operator mengalami sakit punggung dan leher. Bahaya ini dapat menimbulkan risiko nyeri otot pada punggung dan leher.
Who	Siapa yang berisiko terdampak?	Operator mesin bubut *(lathe machine).*

5W+1H	Pertanyaan	Jawaban
Where	Di mana potensi bahaya terjadi?	Area kerja mesin bubut *(lathe machine)* di *section metal machining.*
When	Kapan risiko kecelakaan terjadi?	Saat operator bekerja dalam posisi membungkuk atau menunduk dalam durasi yang cukup lama selama proses pembubutan.
Why	Mengapa potensi bahaya dapat terjadi?	Karena posisi kerja operator yang tidak alami atau ergonomis.
How	Bagaimana upaya pengendalian yang dilakukan?	Penggunaan meja kerja *adjustable* untuk menyesuaikan tinggi meja dengan postur operator agar mengurangi posisi membungkuk.

4.3.3 Mesin *Frais (Milling Machine)*

Berikut merupakan usulan perbaikan menggunakan 5W+1H pada aktivitas kerja pengoperasian mesin frais *(milling machine)* di *section metal machining*:

Tabel 4. 11 Analisis Bahaya & Usulan Perbaikan - *Milling Machine* (1)

5W+1H	Pertanyaan	Jawaban
What	Apa potensi bahaya yang dapat terjadi?	Jari atau tangan operator terluka atau terpotong oleh *cutter.* Bahaya ini dapat menimbulkan risiko luka potong atau amputasi.
Who	Siapa yang berisiko terdampak?	Operator mesin frais *(milling machine).*
Where	Di mana potensi bahaya terjadi?	Area kerja mesin frais *(milling machine)* di *section metal machining.*
When	Kapan risiko kecelakaan terjadi?	Saat proses *milling* berlangsung dan posisi jari atau tangan operator berada dekat area *milling*.
Why	Mengapa potensi bahaya dapat terjadi?	Karena mesin tidak dilengkapi pelindung *(guard)* pada area *cutter.*
How	Bagaimana upaya pengendalian yang dilakukan?	Pemasangan pelindung *(guard)* pada area *cutter* untuk membatasi akses langsung ke bagian *cutter.*

Tabel 4. 12 Analisis Bahaya & Usulan Perbaikan - *Milling Machine* (2)

5W+1H	Pertanyaan	Jawaban
What	Apa potensi bahaya yang dapat terjadi?	Jari atau tangan operator terjepit pada *pinch point.* Bahaya ini dapat menimbulkan risiko memar atau patah tulang.
Who	Siapa yang berisiko terdampak?	Operator mesin frais *(milling machine).*
Where	Di mana potensi bahaya terjadi?	Area kerja mesin frais *(milling machine)* di *section metal machining.*
When	Kapan risiko kecelakaan terjadi?	Saat proses pemasangan atau *milling* berlangsung.
Why	Mengapa potensi bahaya dapat terjadi?	Karena mesin tidak dilengkapi sistem penjepit otomatis.
How	Bagaimana upaya pengendalian yang dilakukan?	Pemasangan sistem penjepit otomatis untuk meningkatkan keamanan dan kestabilan benda kerja.

Tabel 4. 13 Analisis Bahaya & Usulan Perbaikan - *Milling Machine* (3)

5W+1H	Pertanyaan	Jawaban
What	Apa potensi bahaya yang dapat terjadi?	Mata atau kulit operator terkena serpihan logam. Bahaya ini dapat menimbulkan risiko iritasi mata, luka ringan pada kulit, atau gangguan penglihatan sementara.
Who	Siapa yang berisiko terdampak?	Operator mesin frais *(milling machine).*
Where	Di mana potensi bahaya terjadi?	Area kerja mesin frais *(milling machine)* di *section metal machining.*
When	Kapan risiko kecelakaan terjadi?	Saat proses *milling* material berlangsung dan serpihan logam beterbangan dari area *milling*.
Why	Mengapa potensi bahaya dapat terjadi?	Karena mesin tidak dilengkapi *shield* transparan pada area *milling.*

5W+1H	Pertanyaan	Jawaban
How	Bagaimana upaya pengendalian yang dilakukan?	Pemasangan *shield* transparan pada area *milling* untuk meminimalkan paparan serpihan secara langsung kepada operator.

Tabel 4. 14 Analisis Bahaya & Usulan Perbaikan - *Milling Machine* (4)

5W+1H	Pertanyaan	Jawaban
What	Apa potensi bahaya yang dapat terjadi?	Operator terpapar getaran mekanis secara terus-menerus. Bahaya ini dapat menimbulkan kelelahan.
Who	Siapa yang berisiko terdampak?	Operator mesin frais *(milling machine).*
Where	Di mana potensi bahaya terjadi?	Area kerja mesin frais *(milling machine)* di *section metal machining.*
When	Kapan risiko kecelakaan terjadi?	Saat mesin beroperasi dalam durasi yang panjang dan menghasilkan getaran secara terus-menerus.
Why	Mengapa potensi bahaya dapat terjadi?	Karena mesin tidak dilengkapi sistem peredam getaran.
How	Bagaimana upaya pengendalian yang dilakukan?	Pemasangan sistem peredam getaran untuk mengurangi paparan getaran terhadap operator.

Tabel 4. 15 Analisis Bahaya & Usulan Perbaikan - *Milling Machine* (5)

5W+1H	Pertanyaan	Jawaban
What	Apa potensi bahaya yang dapat terjadi?	Operator terpapar kebisingan tinggi. Bahaya ini dapat menimbulkan risiko penurunan konsentrasi atau gangguan pendengaran.
Who	Siapa yang berisiko terdampak?	Operator mesin frais *(milling machine).*
Where	Di mana potensi bahaya terjadi?	Area kerja mesin frais *(milling machine)* di *section metal machining.*
When	Kapan risiko kecelakaan terjadi?	Saat mesin beroperasi dalam durasi kerja yang panjang dan menghasilkan intensitas suara tinggi secara terus-menerus.

5W+1H	Pertanyaan	Jawaban
Why	Mengapa potensi bahaya dapat terjadi?	Karena mesin tidak dilengkapi *noise barrier.*
How	Bagaimana upaya pengendalian yang dilakukan?	Pemasangan *noise barrier* di sekitar mesin untuk mengurangi penyebaran dan intensitas kebisingan di area kerja.

4.3.4 Mesin *Bor (Drilling Machine)*

Berikut merupakan usulan perbaikan menggunakan 5W+1H pada aktivitas kerja pengoperasian mesin bor *(drilling machine)* di *section metal machining*:

Tabel 4. 16 Analisis Bahaya & Usulan Perbaikan - *Drilling Machine* (1)

5W+1H	Pertanyaan	Jawaban
What	Apa potensi bahaya yang dapat terjadi?	Jari atau tangan operator terluka atau tertusuk oleh mata bor. Bahaya ini dapat menimbulkan risiko luka sayat atau luka tusuk.
Who	Siapa yang berisiko terdampak?	Operator mesin bor *(drilling machine).*
Where	Di mana potensi bahaya terjadi?	Area kerja mesin bor *(drilling machine)* di *section metal machining.*
When	Kapan risiko kecelakaan terjadi?	Saat proses pengeboran berlangsung dan posisi jari atau tangan operator berada dekat area mata bor.
Why	Mengapa potensi bahaya dapat terjadi?	Karena mesin tidak dilengkapi pelindung *(guard)* pada area mata bor.
How	Bagaimana upaya pengendalian yang dilakukan?	Pemasangan pelindung *(guard)* pada area mata bor untuk membatasi akses langsung ke bagian mata bor.

Tabel 4. 17 Analisis Bahaya & Usulan Perbaikan - *Drilling Machine* (2)

5W+1H	Pertanyaan	Jawaban
What	Apa potensi bahaya yang dapat terjadi?	Jari atau tangan operator terjepit pada *pinch point.* Bahaya ini dapat menimbulkan risiko memar atau patah tulang.

5W+1H	Pertanyaan	Jawaban
Who	Siapa yang berisiko terdampak?	Operator mesin bor *(drilling machine).*
Where	Di mana potensi bahaya terjadi?	Area kerja mesin bor *(drilling machine)* di *section metal machining.*
When	Kapan risiko kecelakaan terjadi?	Saat proses pemasangan atau pengeboran berlangsung
Why	Mengapa potensi bahaya dapat terjadi?	Karena mesin tidak dilengkapi sistem penjepit otomatis.
How	Bagaimana upaya pengendalian yang dilakukan?	Pemasangan sistem penjepit otomatis untuk meningkatkan keamanan dan kestabilan benda kerja.

Tabel 4. 18 Analisis Bahaya & Usulan Perbaikan - *Drilling Machine* (3)

5W+1H	Pertanyaan	Jawaban
What	Apa potensi bahaya yang dapat terjadi?	Mata atau kulit operator terkena pecahan mata bor. Bahaya ini dapat menimbulkan risiko luka sayat atau iritasi mata.
Who	Siapa yang berisiko terdampak?	Operator mesin bor *(drilling machine).*
Where	Di mana potensi bahaya terjadi?	Area kerja mesin bor *(drilling machine)* di *section metal machining.*
When	Kapan risiko kecelakaan terjadi?	Saat proses pengeboran berlangsung dengan mata bor yang aus atau parameter putar tidak sesuai.
Why	Mengapa potensi bahaya dapat terjadi?	Karena mesin tidak dilengkapi *shield* transparan pada area pengeboran.
How	Bagaimana upaya pengendalian yang dilakukan?	Pemasangan *shield* transparan pada area pengeboran untuk melindungi operator dari risiko lontaran fragmen apabila terjadi patahan.

Tabel 4. 19 Analisis Bahaya & Usulan Perbaikan - *Drilling Machine* (4)

5W+1H	Pertanyaan	Jawaban
What	Apa potensi bahaya yang dapat terjadi?	Operator terpapar debu atau partikel logam halus. Bahaya ini dapat menimbulkan risiko iritasi saluran pernapasan, batuk, atau gangguan pernapasan ringan.
Who	Siapa yang berisiko terdampak?	Operator mesin bor *(drilling machine).*
Where	Di mana potensi bahaya terjadi?	Area kerja mesin bor *(drilling machine)* di *section metal machining.*
When	Kapan risiko kecelakaan terjadi?	Saat proses pengeboran berlangsung.
Why	Mengapa potensi bahaya dapat terjadi?	Karena kurang tersedia *exhaust ventilation* atau *dust collector* di area kerja.
How	Bagaimana upaya pengendalian yang dilakukan?	Penambahan sistem *exhaust ventilation* atau *dust collector* untuk menghisap partikel langsung dari sumbernya.

Tabel 4. 20 Analisis Bahaya & Usulan Perbaikan - *Drilling Machine* (5)

5W+1H	Pertanyaan	Jawaban
What	Apa potensi bahaya yang dapat terjadi?	Operator terpapar kebisingan tinggi. Bahaya ini dapat menimbulkan risiko penurunan konsentrasi atau gangguan pendengaran.
Who	Siapa yang berisiko terdampak?	Operator mesin bor *(drilling machine).*
Where	Di mana potensi bahaya terjadi?	Area kerja mesin bor *(drilling machine)* di *section metal machining.*
When	Kapan risiko kecelakaan terjadi?	Saat mesin beroperasi dalam durasi kerja yang panjang dan menghasilkan intensitas suara tinggi secara terus-menerus.

5W+1H	Pertanyaan	Jawaban
Why	Mengapa potensi bahaya dapat terjadi?	Karena mesin tidak dilengkapi *noise barrier.*
How	Bagaimana upaya pengendalian yang dilakukan?	Pemasangan *noise barrier* di sekitar mesin untuk mengurangi penyebaran dan intensitas kebisingan di area kerja.

4.3.5 Mesin Gerinda (*Grinding Machine)*

Berikut merupakan usulan perbaikan menggunakan 5W+1H pada aktivitas kerja pengoperasian mesin gerinda *(grinding machine)* di *section metal machining*:

Tabel 4. 21 Analisis Bahaya & Usulan Perbaikan - *Grinding Machine* (1)

5W+1H	Pertanyaan	Jawaban
What	Apa potensi bahaya yang dapat terjadi?	Jari atau tangan operator terluka oleh roda gerinda. Bahaya ini dapat menimbulkan risiko luka abrasi serius atau luka sayat.
Who	Siapa yang berisiko terdampak?	Operator mesin gerinda *(grinding machine).*
Where	Di mana potensi bahaya terjadi?	Area kerja mesin gerinda *(grinding machine)* di *section metal machining.*
When	Kapan risiko kecelakaan terjadi?	Saat proses *drilling* berlangsung dan posisi jari atau tangan operator berada dekat area roda gerinda.
Why	Mengapa potensi bahaya dapat terjadi?	Karena operator tidak menggunakan alat bantu penahan *(tool rest).*
How	Bagaimana upaya pengendalian yang dilakukan?	Penggunaan alat bantu penahan *(tool rest)* dengan jarak aman sesuai standar (±2–3 mm dari roda gerinda) untuk menopang benda kerja secara stabil dan mencegah tangan operator terlalu dekat dengan roda gerinda yang berputar.

Tabel 4. 22 Analisis Bahaya & Usulan Perbaikan - *Grinding Machine* (2)

5W+1H	Pertanyaan	Jawaban
What	Apa potensi bahaya yang dapat terjadi?	Anggota tubuh operator terkena pecahan roda gerinda. Bahaya ini dapat menimbulkan risiko luka sobek atau trauma.
Who	Siapa yang berisiko terdampak?	Operator mesin gerinda *(grinding machine).*
Where	Di mana potensi bahaya terjadi?	Area kerja mesin gerinda *(grinding machine)* di *section metal machining.*
When	Kapan risiko kecelakaan terjadi?	Saat proses *drilling* berlangsung dengan mata bor yang aus atau tidak terpasang sesuai prosedur.
Why	Mengapa potensi bahaya dapat terjadi?	Karena mesin tidak dilengkapi *shield* transparan pada area *drilling.*
How	Bagaimana upaya pengendalian yang dilakukan?	Pemasangan *shield* transparan pada area *drilling* untuk melindungi operator dari serpihan atau pecahan roda gerinda yang dapat terlempar saat proses penggerindaan berlangsung.

Tabel 4. 23 Analisis Bahaya & Usulan Perbaikan - *Grinding Machine* (3)

5W+1H	Pertanyaan	Jawaban
What	Apa potensi bahaya yang dapat terjadi?	Operator terkena percikan api dan serpihan logam. Bahaya ini dapat menimbulkan risiko luka bakar ringan atau iritasi kulit.
Who	Siapa yang berisiko terdampak?	Operator mesin gerinda *(grinding machine).*
Where	Di mana potensi bahaya terjadi?	Area kerja mesin gerinda *(grinding machine)* di *section metal machining.*
When	Kapan risiko kecelakaan terjadi?	Saat proses *drilling* berlangsung.
Why	Mengapa potensi bahaya dapat terjadi?	Karena mesin tidak dilengkapi *shield* transparan pada area *drilling.*

5W+1H	Pertanyaan	Jawaban
How	Bagaimana upaya pengendalian yang dilakukan?	Pemasangan *shield* transparan pada area *drilling* untuk membatasi dan mengarahkan percikan dan serpihan logam.

Tabel 4. 24 Analisis Bahaya & Usulan Perbaikan - *Grinding Machine* (4)

5W+1H	Pertanyaan	Jawaban
What	Apa potensi bahaya yang dapat terjadi?	Anggota tubuh operator terkena logam panas. Bahaya ini dapat menimbulkan risiko luka bakar ringan atau melepuh.
Who	Siapa yang berisiko terdampak?	Operator mesin gerinda *(grinding machine).*
Where	Di mana potensi bahaya terjadi?	Area kerja mesin gerinda *(grinding machine)* di *section metal machining.*
When	Kapan risiko kecelakaan terjadi?	Saat atau setelah proses *drilling* berlangsung.
Why	Mengapa potensi bahaya dapat terjadi?	Karena tidak tersedia tanda *"hot surface"* di area kerja.
How	Bagaimana upaya pengendalian yang dilakukan?	Pemasangan tanda peringatan *"hot surface"* di area kerja untuk meningkatkan kewaspadaan operator bahwa material (benda kerja) hasil *drilling* masih dalam kondisi panas.

Tabel 4. 25 Analisis Bahaya & Usulan Perbaikan - *Grinding Machine* (5)

5W+1H	Pertanyaan	Jawaban
What	Apa potensi bahaya yang dapat terjadi?	Operator terpapar debu atau partikel logam halus. Bahaya ini dapat menimbulkan risiko iritasi saluran pernapasan, batuk, atau gangguan pernapasan.
Who	Siapa yang berisiko terdampak?	Operator mesin gerinda *(grinding machine).*
Where	Di mana potensi bahaya terjadi?	Area kerja mesin gerinda *(grinding machine)* di *section metal machining.*

5W+1H	Pertanyaan	Jawaban
When	Kapan risiko kecelakaan terjadi?	Saat proses *drilling* berlangsung.
Why	Mengapa potensi bahaya dapat terjadi?	Karena kurang tersedia *exhaust ventilation* atau *dust collector* di area kerja.
How	Bagaimana upaya pengendalian yang dilakukan?	Penambahan sistem *exhaust ventilation* atau *dust collector* untuk menghisap partikel langsung dari sumbernya.

4.3.6 Mesin *Amplas (Sanding Machine)*

Berikut merupakan usulan perbaikan menggunakan 5W+1H pada aktivitas kerja pengoperasian mesin amplas *(sanding machine)* di *section metal machining*:

Tabel 4. 26 Analisis Bahaya & Usulan Perbaikan - *Sanding Machine* (1)

5W+1H	Pertanyaan	Jawaban
What	Apa potensi bahaya yang dapat terjadi?	Jari atau tangan operator terluka oleh *belt* amplas. Bahaya ini dapat menimbulkan risiko luka abrasi.
Who	Siapa yang berisiko terdampak?	Operator mesin amplas *(sanding machine).*
Where	Di mana potensi bahaya terjadi?	Area kerja mesin amplas *(sanding machine)* di *section metal machining*.
When	Kapan risiko kecelakaan terjadi?	Saat proses pengamplasan berlangsung dan posisi jari atau tangan operator berada dekat area pengamplasan.
Why	Mengapa potensi bahaya dapat terjadi?	Karena mesin tidak dilengkapi pelindung *(guard)* pada area *belt* yang terbuka.
How	Bagaimana upaya pengendalian yang dilakukan?	Pemasangan pelindung *(guard)* pada area *belt* yang terbuka untuk mengurangi kemungkinan kontak langsung antara jari atau tangan operator dengan *belt* amplas yang bergerak.

Tabel 4. 27 Analisis Bahaya & Usulan Perbaikan - *Sanding Machine* (2)

5W+1H	Pertanyaan	Jawaban
What	Apa potensi bahaya yang dapat terjadi?	Jari atau tangan operator terjepit atau tertimpa material (benda kerja). Bahaya ini dapat menimbulkan risiko memar atau patah tulang.
Who	Siapa yang berisiko terdampak?	Operator mesin amplas *(sanding machine).*
Where	Di mana potensi bahaya terjadi?	Area kerja mesin amplas *(sanding machine)* di *section metal machining*.
When	Kapan risiko kecelakaan terjadi?	Saat proses pengamplasan berlangsung dan posisi jari atau tangan operator berada dekat area pengamplasan.
Why	Mengapa potensi bahaya dapat terjadi?	Karena mesin tidak dilengkapi sistem penjepit otomatis.
How	Bagaimana upaya pengendalian yang dilakukan?	Pemasangan sistem penjepit otomatis agar material (benda kerja) selalu stabil dan terkunci saat proses pengamplasan.

Tabel 4. 28 Analisis Bahaya & Usulan Perbaikan - *Sanding Machine* (3)

5W+1H	Pertanyaan	Jawaban
What	Apa potensi bahaya yang dapat terjadi?	Operator terpapar debu atau partikel logam halus. Bahaya ini dapat menimbulkan risiko iritasi saluran pernapasan, batuk, atau gangguan pernapasan.
Who	Siapa yang berisiko terdampak?	Operator mesin amplas *(sanding machine).*
Where	Di mana potensi bahaya terjadi?	Area kerja mesin amplas *(sanding machine)* di *section metal machining*.
When	Kapan risiko kecelakaan terjadi?	Saat proses pengamplasan berlangsung.
Why	Mengapa potensi bahaya dapat terjadi?	Karena kurang tersedia *exhaust ventilation* atau *dust collector* di area kerja.

5W+1H	Pertanyaan	Jawaban
How	Bagaimana upaya pengendalian yang dilakukan?	Penambahan sistem *exhaust ventilation* atau *dust collector* untuk menghisap partikel langsung dari sumbernya.

Tabel 4. 29 Analisis Bahaya & Usulan Perbaikan - *Sanding Machine* (4)

5W+1H	Pertanyaan	Jawaban
What	Apa potensi bahaya yang dapat terjadi?	Operator terpapar kebisingan tinggi. Bahaya ini dapat menimbulkan risiko penurunan konsentrasi atau gangguan pendengaran.
Who	Siapa yang berisiko terdampak?	Operator mesin amplas *(sanding machine).*
Where	Di mana potensi bahaya terjadi?	Area kerja mesin amplas *(sanding machine)* di *section metal machining*.
When	Kapan risiko kecelakaan terjadi?	Saat mesin beroperasi dalam durasi kerja yang panjang dan menghasilkan intensitas suara tinggi secara terus-menerus.
Why	Mengapa potensi bahaya dapat terjadi?	Karena mesin tidak dilengkapi *noise barrier.*
How	Bagaimana upaya pengendalian yang dilakukan?	Pemasangan *noise barrier* di sekitar mesin untuk mengurangi penyebaran dan intensitas kebisingan di area kerja.

Tabel 4. 30 Analisis Bahaya & Usulan Perbaikan - *Sanding Machine* (5)

5W+1H	Pertanyaan	Jawaban
What	Apa potensi bahaya yang dapat terjadi?	Operator mengalami sakit punggung dan leher. Bahaya ini dapat menimbulkan risiko nyeri otot pada punggung dan leher.
Who	Siapa yang berisiko terdampak?	Operator mesin amplas *(sanding machine).*
Where	Di mana potensi bahaya terjadi?	Area kerja mesin amplas *(sanding machine)* di *section metal machining*.

5W+1H	Pertanyaan	Jawaban
When	Kapan risiko kecelakaan terjadi?	Saat operator bekerja dalam posisi membungkuk atau menunduk dalam durasi yang cukup lama selama proses pengamplasan.
Why	Mengapa potensi bahaya dapat terjadi?	Karena posisi kerja operator yang tidak alami atau ergonomis.
How	Bagaimana upaya pengendalian yang dilakukan?	Penggunaan meja kerja *adjustable* untuk menyesuaikan tinggi meja dengan postur operator agar mengurangi posisi membungkuk.

4.3.7 *Punch and Bending Machine*

Berikut merupakan usulan perbaikan menggunakan 5W+1H pada aktivitas kerja pengoperasian *punch and bending machine* di *section metal machining*:

Tabel 4. 31 Analisis Bahaya & Usulan Perbaikan - *Punch & Bending Machine* (1)

5W+1H	Pertanyaan	Jawaban
What	Apa potensi bahaya yang dapat terjadi?	Jari atau tangan operator terjepit oleh mekanisme *punch.* Bahaya ini dapat menimbulkan risiko memar, patah tulang, atau amputasi.
Who	Siapa yang berisiko terdampak?	Operator *punch machine*.
Where	Di mana potensi bahaya terjadi?	Area kerja *punch machine* di *section metal machining*.
When	Kapan risiko kecelakaan terjadi?	Saat proses penekanan material berlangsung dan posisi jari atau tangan operator berada dekat area *punch*.
Why	Mengapa potensi bahaya dapat terjadi?	Karena mesin tidak dilengkapi sistem penjepit otomatis.
How	Bagaimana upaya pengendalian yang dilakukan?	Pemasangan sistem penjepit otomatis agar material (benda kerja) selalu stabil dan terkunci saat proses penekanan.

Tabel 4. 32 Analisis Bahaya & Usulan Perbaikan - *Punch & Bending Machine* (2)

5W+1H	Pertanyaan	Jawaban
What	Apa potensi bahaya yang dapat terjadi?	Jari atau tangan operator terjepit oleh mekanisme *bending.* Bahaya ini dapat menimbulkan risiko memar, patah tulang, atau amputasi.
Who	Siapa yang berisiko terdampak?	Operator *bending machine*.
Where	Di mana potensi bahaya terjadi?	Area kerja *bending machine* di *section metal machining*.
When	Kapan risiko kecelakaan terjadi?	Saat proses pembentukan berlangsung dan posisi jari atau tangan operator berada dekat area *bending*.
Why	Mengapa potensi bahaya dapat terjadi?	Karena mesin tidak dilengkapi sistem penjepit otomatis.
How	Bagaimana upaya pengendalian yang dilakukan?	Pemasangan sistem penjepit otomatis agar material (benda kerja) selalu stabil dan terkunci saat proses pembentukan.

Tabel 4. 33 Analisis Bahaya & Usulan Perbaikan - *Punch & Bending Machine* (3)

5W+1H	Pertanyaan	Jawaban
What	Apa potensi bahaya yang dapat terjadi?	Jari atau tangan operator terluka oleh tepi pelat logam. Bahaya ini dapat menimbulkan risiko luka sayat.
Who	Siapa yang berisiko terdampak?	Operator *punch machine*.
Where	Di mana potensi bahaya terjadi?	Area kerja *punch machine* di *section metal machining*.
When	Kapan risiko kecelakaan terjadi?	Saat proses pemindahan atau penanganan pelat logam.
Why	Mengapa potensi bahaya dapat terjadi?	Karena penerapan proses *deburring* masih dilakukan secara manual.

5W+1H	Pertanyaan	Jawaban
How	Bagaimana upaya pengendalian yang dilakukan?	Penerapan proses *deburring* secara otomatis untuk menghilangkan sisi tajam sebelum material dipindahkan ke proses berikutnya.

Tabel 4. 34 Analisis Bahaya & Usulan Perbaikan - *Punch & Bending Machine* (4)

5W+1H	Pertanyaan	Jawaban
What	Apa potensi bahaya yang dapat terjadi?	Anggota tubuh operator terkena pelat logam yang melenting. Bahaya ini dapat menimbulkan risiko memar.
Who	Siapa yang berisiko terdampak?	Operator *bending machine*.
Where	Di mana potensi bahaya terjadi?	Area kerja *bending machine* di *section metal machining*.
When	Kapan risiko kecelakaan terjadi?	Saat proses *bending* berlangsung.
Why	Mengapa potensi bahaya dapat terjadi?	Karena mesin tidak dilengkapi sistem penjepit otomatis.
How	Bagaimana upaya pengendalian yang dilakukan?	Pemasangan sistem penjepit otomatis agar material (benda kerja) selalu stabil dan terkunci saat proses pembentukan.

Tabel 4. 35 Analisis Bahaya & Usulan Perbaikan - *Punch & Bending Machine* (5)

5W+1H	Pertanyaan	Jawaban
What	Apa potensi bahaya yang dapat terjadi?	Operator mengalami sakit punggung dan leher. Bahaya ini dapat menimbulkan risiko nyeri otot pada punggung dan leher.
Who	Siapa yang berisiko terdampak?	Operator *punch and bending machine.*
Where	Di mana potensi bahaya terjadi?	Area kerja *punch and bending machine* di *section metal machining*.

5W+1H	Pertanyaan	Jawaban
When	Kapan risiko kecelakaan terjadi?	Saat operator bekerja dalam posisi membungkuk atau menunduk dalam durasi yang cukup lama selama proses kerja.
Why	Mengapa potensi bahaya dapat terjadi?	Karena posisi kerja operator yang tidak alami atau ergonomis.
How	Bagaimana upaya pengendalian yang dilakukan?	Penggunaan meja kerja *adjustable* untuk menyesuaikan tinggi meja dengan postur operator agar mengurangi posisi membungkuk.

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

Berdasarkan aktivitas kerja di *section metal machining* yang melibatkan pengoperasian berbagai mesin, antara lain mesin gergaji pita *(bandsaw machine)*, mesin bubut *(lathe machine)*, mesin frais *(milling machine)*, mesin bor *(drilling machine)*, mesin gerinda *(grinding machine)*, mesin amplas *(sanding machine)*, serta *punch and bending machine*, maka digunakan metode *Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control* (HIRARC) untuk mengidentifikasi potensi bahaya, menilai tingkat risiko, dan menentukan langkah pengendalian risiko guna meminimalkan risiko kecelakaan kerja.

Tabel 4. 36 *Risk Matrix*

Tingkat Kemungkinan *(Likelihood)*	**Tingkat Keparahan *(Severity)***				
	(1) *Insignificant*	(2) *Minor*	(3) *Moderate*	(4) *Major*	(5) *Catastrophic*
(1) *Rare*	L (1)	L (2)	L (3)	L (4)	M (5)
(2) *Unlikely*	L (2)	L (4)	M (6)	M (8)	H (10)
(3) *Possible*	L (3)	M (6)	M (9)	H (12)	H (15)
(4) *Likely*	L (4)	M (8)	H (12)	H (16)	VH (20)
(5) *Most Certain*	M (5)	H (10)	H (15)	VH (20)	VH (25)

Tabel 4. 37 Tindakan

Risk Score	**Kategori**	**Indikator Warna**	**Tindakan**
1-4	*Low*	*Green*	Dapat dipertimbangkan sebagai potensi bahaya yang dapat diterima dan tidak memerlukan suatu tindakan khusus.

Risk Score	**Kategori**	**Indikator Warna**	**Tindakan**
5-9	*Medium*	*Yellow*	Membutuhkan perencanaan pengendalian bahaya.
10-16	*High*	*Red*	Membutuhkan tindakan pengedalian potensi bahaya dengan segera.
17-25	*Very High*	*Dark Red*	Membutuhkan tindakan pengedalian potensi bahaya dengan sesegera mungkin.

4.4.1 Mesin Gergaji Pita *(Bandsaw Machine)*

Berikut merupakan hasil analisis menggunakan metode *Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control* (HIRARC) pada aktivitas kerja pengoperasian mesin gergaji pita *(bandsaw machine)* di *section metal machining*:

Tabel 4. 38 Hasil Analisis Metode HIRARC - *Bandsaw Machine*

Identifikasi Bahaya *(Hazard Identification)*		**Penilaian Risiko** *(Risk Assesment)*				**Pengendalian Risiko** *(Risk Control)*	
Bahaya	**Penyebab**	**Risiko**	**Tingkat Kemungkinan** *(Likelihood)*	**Tingkat Keparahan** *(Severity)*	***Risk Level***	**Pengendalian Sekarang**	**Rekomendasi Pengendalian**
Jari atau tangan operator terluka atau terpotong oleh mata gergaji.	Operator tidak menggunakan alat bantu pendorong *(push stick).*	Luka sayat, luka potong, amputasi.	3	4	*High*	Penggunaan *hand gloves,* pemasangan pelindung pada area mata gergaji.	Penggunaan *push stick.*
Jari atau tangan operator terjepit atau tertimpa material (benda kerja).	Mesin tidak dilengkapi sistem penjepit otomatis.	Memar, patah tulang.	3	3	*Med*	Penggunaan *hand gloves*, pemasangan sistem penjepit permanen.	Pemasangan sistem penjepit otomatis.
Mata atau kulit operator terkena serpihan logam.	Mesin tidak dilengkapi *shield* transparan pada area pemotongan.	Iritasi mata, luka ringan pada kulit, gangguan penglihatan sementara.	4	2	*Med*	Penggunaan *safety glasses.*	Pemasangan *shield* transparan pada area pemotongan.
Operator terpapar kebisingan tinggi.	Mesin tidak dilengkapi *noise barrier.*	Penurunan konsentrasi, gangguan pendengaran.	3	2	*Med*	Penggunaan *earmuff.*	Pemasangan *noise barrier* di sekitar mesin.
Operator mengalami sakit punggung dan leher.	Posisi kerja operator yang tidak alami atau ergonomis.	Nyeri otot pada punggung dan leher.	3	2	*Med*	Penggunaan meja kerja standar sesuai spesifikasi mesin.	Penggunaan meja kerja *adjustable.*

4.4.2 Mesin Bubut *(Lathe Machine)*

Berikut merupakan hasil analisis menggunakan metode *Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control* (HIRARC) pada aktivitas kerja pengoperasian mesin bubut *(lathe machine)* di *section metal machining*:

Tabel 4. 39 Hasil Analisis Metode HIRARC - *Lathe Machine*

Identifikasi Bahaya *(Hazard Identification)*		**Penilaian Risiko** *(Risk Assesment)*				**Pengendalian Risiko** *(Risk Control)*	
Bahaya	**Penyebab**	**Risiko**	**Tingkat Kemungkinan** *(Likelihood)*	**Tingkat Keparahan** *(Severity)*	***Risk Level***	**Pengendalian Sekarang**	**Rekomendasi Pengendalian**
Kepala atau anggota tubuh operator terhantam material (benda kerja).	Mesin tidak dilengkapi *shield* transparan pada area pembubutan.	Memar, patah tulang, gegar otak.	3	4	*High*	Penggunaan *helmet* dan pakaian kerja sesuai standar, pemasangan sistem penjepit permanen.	Pemasangan *shield* transparan pada area pembubutan.
Jari atau tangan operator terluka atau tertusuk oleh pahat mesin bubut.	Operator tidak menggunakan alat bantu penahan *(tool rest).*	Luka sayat, luka tusuk.	3	4	*High*	Penggunaan *hand gloves.*	Penggunaan *tool rest.*
Pakaian operator tersangkut *chuck* mesin bubut.	Operator tidak menggunakan standar pakaian kerja.	Patah tulang.	2	5	*High*	Penggunaan pakaian kerja sesuai standar.	Penerapan aturan standar pakaian kerja.
Mata atau kulit operator terkena serpihan logam.	Mesin tidak dilengkapi *shield* transparan.	Iritasi mata, luka ringan pada kulit, gangguan penglihatan sementara.	4	2	*Med*	Penggunaan *safety glasses.*	Pemasangan *shield* transparan pada area pembubutan.
Operator mengalami sakit punggung dan leher.	Posisi kerja operator yang tidak alami atau ergonomis.	Nyeri otot pada punggung dan leher.	3	2	*Med*	Penggunaan meja kerja standar sesuai spesifikasi mesin.	Penggunaan meja kerja *adjustable.*

4.4.3 Mesin Frais *(Milling Machine)*

Berikut merupakan hasil analisis menggunakan metode *Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control* (HIRARC) pada aktivitas kerja pengoperasian mesin frais *(milling machine)* di *section metal machining*:

Tabel 4. 40 Hasil Analisis Metode HIRARC - *Milling Machine*

Identifikasi Bahaya *(Hazard Identification)*		**Penilaian Risiko** *(Risk Assesment)*				**Pengendalian Risiko** *(Risk Control)*	
Bahaya	**Penyebab**	**Risiko**	**Tingkat Kemungkinan** *(Likelihood)*	**Tingkat Keparahan** *(Severity)*	***Risk Level***	**Pengendalian Sekarang**	**Rekomendasi Pengendalian**
Jari atau tangan operator terluka atau terpotong oleh *cutter.*	Mesin tidak dilengkapi pelindung *(guard)* pada area *cutter.*	Luka potong, amputasi.	3	4	*High*	Penggunaan *hand gloves.*	Pemasangan pelindung *(guard)* pada area *cutter.*
Jari atau tangan operator terjepit pada *pinch point.*	Mesin tidak dilengkapi sistem penjepit otomatis.	Memar, patah tulang.	3	3	*Med*	Penggunaan *hand gloves, p*emasangan sistem penjepit permanen.	Pemasangan sistem penjepit otomatis.
Mata atau kulit operator terkena serpihan logam.	Mesin tidak dilengkapi *shield* transparan pada area *milling.*	Iritasi mata, luka ringan pada kulit, gangguan penglihatan sementara.	4	2	*Med*	Penggunaan *safety glasses* dan pakaian kerja sesuai standar.	Pemasangan *shield* transparan pada area *milling*.
Operator terpapar getaran mekanis secara terus-menerus.	Mesin tidak dilengkapi sistem peredam getaran.	Kelelahan.	3	2	*Med*	Perawatan dan pemeriksaan mesin secara rutin.	Pemasangan sistem peredam getaran.
Operator terpapar kebisingan tinggi.	Mesin tidak dilengkapi *noise barrier.*	Penurunan konsentrasi, gangguan pendengaran.	3	2	*Med*	Penggunaan *earmuff.*	Pemasangan *noise barrier* di sekitar mesin.

4.4.4 Mesin Bor *(Drilling Machine)*

Berikut merupakan hasil analisis menggunakan metode *Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control* (HIRARC) pada aktivitas kerja pengoperasian mesin bor *(drilling machine)* di *section metal machining*:

Tabel 4. 41 Hasil Analisis Metode HIRARC - *Drilling Machine*

Identifikasi Bahaya *(Hazard Identification)*		**Penilaian Risiko** *(Risk Assesment)*				**Pengendalian Risiko** *(Risk Control)*	
Bahaya	**Penyebab**	**Risiko**	**Tingkat Kemungkinan** *(Likelihood)*	**Tingkat Keparahan** *(Severity)*	***Risk Level***	**Pengendalian Sekarang**	**Rekomendasi Pengendalian**
Jari atau tangan operator terluka atau tertusuk oleh mata bor.	Mesin tidak dilengkapi pelindung *(guard)* pada area mata bor.	Luka sayat, luka tusuk.	3	4	*High*	Penggunaan *hand gloves* dan ragum.	Pemasangan pelindung *(guard)* pada area mata bor.
Jari atau tangan operator terjepit pada *pinch point.*	Mesin tidak dilengkapi sistem penjepit otomatis.	Memar, patah tulang.	3	3	*Med*	Penggunaan *hand gloves,* pemasangan sistem penjepit permanen.	Pemasangan sistem penjepit otomatis.
Mata atau kulit operator terkena pecahan mata bor.	Mesin tidak dilengkapi *shield* transparan pada area pengeboran.	Luka sayat, iritasi mata.	2	4	*Med*	Penggunaan *safety glasses* pakaian kerja sesuai standar.	Pemasangan *shield* transparan pada area pengeboran.
Operator terpapar debu atau partikel logam halus.	Kurang tersedia *exhaust ventilation* atau *dust collector* di area kerja.	Iritasi saluran pernapasan, batuk, gangguan pernapasan.	3	2	*Med*	Penggunaan *safety mask.*	Penambahan *exhaust ventilation* atau *dust collector.*
Operator terpapar kebisingan tinggi.	Mesin tidak dilengkapi *noise barrier.*	Penurunan konsentrasi, gangguan pendengaran.	3	2	*Med*	Penggunaan *earmuff.*	Pemasangan *noise barrier* di sekitar mesin.

4.4.5 Mesin Gerinda *(Grinding Machine)*

Berikut merupakan hasil analisis menggunakan metode *Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control* (HIRARC) pada aktivitas kerja pengoperasian mesin gerinda *(grinding machine)* di *section metal machining*:

Tabel 4. 42 Hasil Analisis Metode HIRARC - *Grinding Machine*

Identifikasi Bahaya *(Hazard Identification)*		**Penilaian Risiko** *(Risk Assesment)*				**Pengendalian Risiko** *(Risk Control)*	
Bahaya	**Penyebab**	**Risiko**	**Tingkat Kemungkinan** *(Likelihood)*	**Tingkat Keparahan** *(Severity)*	***Risk Level***	**Pengendalian Sekarang**	**Rekomendasi Pengendalian**
Jari atau tangan operator terluka oleh roda gerinda.	Operator tidak menggunakan alat bantu penahanan *(tool rest).*	Luka abrasi, luka sayat.	3	4	*High*	Penggunaan *hand glove,* pemasangan pelindung pada area roda gerinda.	Penggunaan *tool rest.*
Anggota tubuh operator terkena pecahan roda gerinda.	Mesin tidak dilengkapi *shield* transparan pada area *drilling.*	Luka sobek, trauma.	2	5	*High*	Penggunaan pakaian kerja sesuai standar.	Pemasangan *shield* transparan pada area *drilling.*
Operator terkena percikan api dan serpihan logam.	Mesin tidak dilengkapi *shield* transparan pada area *drilling.*	Luka bakar ringan, iritasi kulit.	4	2	*Med*	Penggunaan *safety glasses* dan pakaian kerja sesuai standar.	Pemasangan *shield* transparan pada mesin.
Anggota tubuh operator terkena logam panas.	Tidak tersedia tanda *"hot surface"* di area kerja.	Luka bakar ringan, melepuh.	3	2	*Med*	Penggunaan *hand gloves* dan alat penjepit material.	Pemasangan tanda *"hot surface"* di area kerja.
Operator terpapar debu atau partikel logam halus.	Kurang tersedia *exhaust ventilation* atau *dust collector* di area kerja.	Iritasi saluran pernapasan, batuk, gangguan pernapasan.	3	2	*Med*	Penggunaan *safety mask.*	Penambahan *exhaust ventilation* atau *dust collector.*

4.4.6 Mesin Amplas *(Sanding Machine)*

Berikut merupakan hasil analisis menggunakan metode *Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control* (HIRARC) pada aktivitas kerja pengoperasian mesin amplas *(sanding machine)* di *section metal machining*:

Tabel 4. 43 Hasil Analisis Metode HIRARC - *Sanding Machine*

Identifikasi Bahaya *(Hazard Identification)*		**Penilaian Risiko** *(Risk Assesment)*				**Pengendalian Risiko** *(Risk Control)*	
Bahaya	**Penyebab**	**Risiko**	**Tingkat Kemungkinan** *(Likelihood)*	**Tingkat Keparahan** *(Severity)*	***Risk Level***	**Pengendalian Sekarang**	**Rekomendasi Pengendalian**
Jari atau tangan operator terluka oleh *belt* amplas.	Mesin tidak dilengkapi pelindung *(guard)* pada area *belt* yang terbuka.	Luka abrasi.	3	3	*Med*	Penggunaan *hand gloves.*	Pemasangan pelindung *(guard)* pada area *belt* yang terbuka.
Jari atau tangan operator terjepit atau tertimpa material (benda kerja).	Mesin tidak dilengkapi sistem penjepit otomatis.	Memar, patah tulang.	3	3	*Med*	Penggunaan *hand gloves*, pemasangan sistem penjepit permanen.	Pemasangan sistem penjepit otomatis.
Operator terpapar debu atau partikel logam halus.	Kurang tersedia *exhaust ventilation* atau *dust collector* di area kerja.	Iritasi saluran pernapasan, batuk, gangguan pernapasan.	3	2	*Med*	Penggunaan *safety mask.*	Penambahan *exhaust ventilation* atau *dust collector.*
Operator terpapar kebisingan tinggi.	Mesin tidak dilengkapi *noise barrier.*	Penurunan konsentrasi, gangguan pendengaran.	3	2	*Med*	Penggunaan *earmuff.*	Pemasangan *noise barrier* di sekitar mesin.
Operator mengalami sakit punggung dan leher.	Posisi kerja operator yang tidak alami atau ergonomis.	Nyeri otot pada punggung dan leher.	3	2	*Med*	Penggunaan meja kerja standar sesuai spesifikasi mesin.	Penggunaan meja kerja *adjustable.*

4.4.7 *Punch and Bending Machine*

Berikut merupakan hasil analisis menggunakan metode *Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control* (HIRARC) pada aktivitas kerja pengoperasian *punch and bending machine* di *section metal machining*:

Tabel 4. 44 Hasil Analisis Metode HIRARC - *Punch and Bending Machine*

Identifikasi Bahaya *(Hazard Identification)*		**Penilaian Risiko** *(Risk Assesment)*				**Pengendalian Risiko** *(Risk Control)*	
Bahaya	**Penyebab**	**Risiko**	**Tingkat Kemungkinan** *(Likelihood)*	**Tingkat Keparahan** *(Severity)*	***Risk Level***	**Pengendalian Sekarang**	**Rekomendasi Pengendalian**
Jari atau tangan operator terjepit oleh mekanisme *punch.*	Mesin tidak dilengkapi sistem penjepit otomatis.	Memar, patah tulang, amputasi.	3	4	*High*	Penggunaan *hand gloves*, pemasangan sistem penjepit permanen.	Pemasangan sistem penjepit otomatis.
Jari atau tangan operator terjepit oleh mekanisme *bending.*	Mesin tidak dilengkapi sistem penjepit otomatis.	Memar, patah tulang, amputasi.	3	4	*High*	Penggunaan *hand gloves*, pemasangan sistem penjepit permanen.	Pemasangan sistem penjepit otomatis.
Jari atau tangan operator terluka oleh tepi pelat logam.	Penerapan proses *deburring* secara manual.	Luka sayat.	4	3	*High*	Penggunaan *hand gloves.*	Penerapan proses *deburring* secara otomatis.
Anggota tubuh operator terkena pelat logam yang melenting.	Mesin tidak dilengkapi sistem penjepit otomatis.	Memar.	3	3	*Med*	Penggunaan pakaian kerja kerja sesuai standar, pemasangan sistem penjepit permanen.	Pemasangan sistem penjepit otomatis.
Operator mengalami sakit punggung dan leher.	Posisi kerja operator yang tidak alami atau ergonomis.	Nyeri otot pada punggung dan leher.	3	2	*Med*	Penggunaan meja kerja standar sesuai spesifikasi mesin.	Penggunaan meja kerja *adjustable.*

BAB V
PEMBAHASAN

5.1 Analisis Potensi Bahaya *(Hazard Identification)*

Berdasarkan hasil identifikasi potensi bahaya *(hazard identification),* aktivitas kerja di *section metal machining* memiliki berbagai potensi bahaya yang dapat menimbulkan risiko terhadap keselamatan dan kesehatan kerja, baik bahaya mekanik, fisik, dan ergonomi.

5.1.1 Mesin Gergaji Pita *(Bandsaw Machine)*

Berdasarkan tabel 4. 38, potensi bahaya yang dapat terjadi dari penggunaan mesin gergaji pita *(bandsaw machine),* antara lain jari atau tangan operator terluka atau terpotong oleh mata gergaji karena operator tidak menggunakan alat bantu pendorong *(push stick),* jari atau tangan operator terjepit atau tertimpa material (benda kerja) terjadi mesin tidak dilengkapi sistem penjepit otomatis, mata atau kulit operator terkena serpihan logam karena mesin tidak dilengkapi *shield* transparan pada area pemotongan, operator terpapar kebisingan tinggi karena mesin tidak dilengkapi *noise barrier,* serta operator mengalami sakit punggung dan leher karena posisi kerja operator yang tidak alami atau ergonomis.

5.1.2 Mesin Bubut *(Lathe Machine)*

Berdasarkan tabel 4. 39, potensi bahaya yang dapat terjadi dari penggunaan mesin bubut *(lathe machine),* antara lain kepala atau anggota tubuh operator terhantam material (benda kerja) karena mesin tidak dilengkapi *shield* transparan pada area pembubutan, jari atau tangan operator terluka atau tertusuk oleh pahat mesin bubut karena operator tidak menggunakan alat bantu penahan *(tool rest),* pakaian operator tersangkut *chuck* mesin bubut karena operator tidak menggunakan pakaian ketat, mata atau kulit operator terkena serpihan logam karena mesin tidak dilengkapi *shield* transparan, serta operator mengalami sakit punggung dan leher karena posisi kerja operator yang tidak alami atau ergonomis.

5.1.3 Mesin *Frais (Milling Machine)*

Berdasarkan tabel 4. 40, potensi bahaya yang dapat terjadi dari penggunaan mesin frais *(milling machine),* antara lain jari atau tangan operator terluka atau terpotong oleh *cutter* karena mesin tidak dilengkapi pelindung *(guard)* pada area *cutter,* jari atau tangan operator terjepit pada *pinch point* karena mesin tidak dilengkapi sistem penjepit otomatis, mata atau kulit operator terkena serpihan logam karena mesin tidak dilengkapi *shield*

transparan pada area *milling,* operator terpapar getaran mekanis secara terus-menerus karena mesin tidak dilengkapi sistem peredam getaran, serta operator terpapar kebisingan tinggi karena mesin tidak dilengkapi *noise barrier.*

5.1.4 Mesin Bor *(Drilling Machine)*

Berdasarkan tabel 4. 41, potensi bahaya yang dapat terjadi dari penggunaan mesin bor *(drilling machine),* antara lain jari atau tangan operator terluka atau tertusuk oleh mata bor karena mesin tidak dilengkapi pelindung *(guard)* pada area mata bor, jari atau tangan operator terjepit pada *pinch point* karena mesin tidak dilengkapi sistem penjepit otomatis, mata atau kulit operator terkena pecahan mata bor karena mesin tidak dilengkapi *shield* transparan pada area pengeboran, operator terpapar debu atau partikel logam halus karena kurang tersedia *exhaust ventilation* atau *dust collector* di area kerja, serta operator terpapar kebisingan tinggi karena mesin tidak dilengkapi *noise barrier*

5.1.5 Mesin Gerinda *(Grinding Machine)*

Berdasarkan tabel 4. 42, potensi bahaya yang dapat terjadi dari penggunaan mesin gerinda *(grinding machine),* antara lain jari atau tangan operator terluka oleh roda gerinda karena operator tidak menggunakan alat bantu penahan *(tool rest),* anggota tubuh operator terkena pecahan roda gerinda karena mesin tidak dilengkapi *shield* transparan pada area *drilling,* operator terkena percikan api dan serpihan logam karena mesin tidak dilengkapi *shield* transparan pada area *drilling,* anggota tubuh operator terkena logam panas karena tidak tersedia tanda *"hot surface"* di area kerja, serta operator terpapar debu atau partikel logam halus karena kurang tersedia *exhaust ventilation* atau *dust collector* di area kerja.

5.1.6 Mesin Amplas *(Sanding Machine)*

Berdasarkan tabel 4. 43, potensi bahaya yang dapat terjadi dari penggunaan mesin amplas *(sanding machine),* antara lain jari atau tangan operator terluka oleh *belt* amplas karena mesin tidak dilengkapi pelindung *(guard)* pada area *belt* yang terbuka, jari atau tangan operator terjepit atau tertimpa material (benda kerja) karena tidak dilengkapi sistem penjepit otomatis, operator terpapar debu atau partikel logam halus karena kurang tersedia *exhaust ventilation* atau *dust collector* di area kerja, operator terpapar kebisingan tinggi karena mesin tidak dilengkapi *noise barrier,* serta operator mengalami sakit punggung dan leher karena posisi kerja operator yang tidak alami atau ergonomis.

5.1.7 *Punch and Bending Machine*

Berdasarkan tabel 4. 44, potensi bahaya yang dapat terjadi dari penggunaan *punch and bending machine,* antara lain jari atau tangan operator terjepit oleh mekanisme *punch*

karena tidak dilengkapi sistem penjepit otomatis, jari atau tangan operator terjepit oleh mekanisme *bending* karena tidak dilengkapi sistem penjepit otomatis, jari atau tangan operator terluka oleh tepi pelat logam karena proses *deburring* masih dilakukan secara manual, anggota terkena pelat logam yang melenting karena tidak dilengkapi sistem penjepit otomatis, serta operator mengalami sakit punggung dan leher karena posisi kerja operator yang tidak alami atau ergonomis.

5.2 Analisis Tingkat Risiko *(Risk Assessment)*

Berdasarkan hasil penilaian tingkat risiko *(risk assessment),* aktivitas kerja di *section metal machining* menunjukkan bahwa beberapa potensi bahaya memiliki tingkat risiko sedang *(medium)* hingga tinggi *(high)* yang disebabkan oleh interaksi langsung antara operator dengan berbagai mesin produksi.

5.2.1 Mesin Gergaji Pita *(Bandsaw Machine)*

Berdasarkan pada tabel 4. 38, risiko kecelakaan kerja dengan luka sayat, luka potong, atau amputasi memiliki tingkat kemungkinan *(likelihood)* pada skala 3 karena operator bekerja dekat dengan area pemotongan, sedangkan tingkat keparahan *(severity)* pada skala 4 karena dampak cedera yang dapat ditimbulkan cukup berat. Hasil penilaian menempatkan risiko ini pada kategori tinggi *(high)* yang artinya membutuhkan tindakan pengendalian potensi bahaya dengan segera.

Berdasarkan tabel 4. 38, risiko kecelakaan kerja dengan memar atau patah tulang memiliki tingkat kemungkinan *(likelihood)* pada skala 3 karena proses penempatan material (benda kerja) masih dilakukan secara manual, sedangkan tingkat keparahan *(severity)* pada skala 3 karena dampak cedera yang dapat ditimbulkan sedang. Hasil penilaian menempatkan risiko ini pada kategori sedang *(medium)* yang artinya membutuhkan perencanaan pengendalian bahaya.

Berdasarkan tabel 4. 38, risiko kecelakaan kerja dengan iritasi mata, luka ringan pada kulit, atau gangguan penglihatan sementara memiliki tingkat kemungkinan *(likelihood)* pada skala 4 karena operator bekerja di dekat area pemotongan tanpa adanya *shield* transparan yang memadai, sedangkan tingkat keparahan *(severity)* pada skala 2 karena dampak cedera yang dapat ditimbulkan ringan dan tidak menimbulkan cedera serius atau permanen. Hasil penilaian menempatkan risiko ini pada kategori sedang *(medium)* yang artinya membutuhkan perencanaan pengendalian bahaya.

Berdasarkan tabel 4. 38, risiko kecelakaan kerja dengan penurunan konsentrasi atau gangguan pendengaran memiliki tingkat kemungkinan *(likelihood)* pada skala 3 karena operator bekerja dalam durasi yang bervariasi, sedangkan tingkat keparahan *(severity)* pada skala 2 dampak cedera yang dapat ditimbulkan ringan dan dapat diminimalkan dengan penggunaan alat pelindung pendengaran. Hasil penilaian menempatkan risiko ini pada kategori sedang *(medium)* yang artinya membutuhkan perencanaan pengendalian bahaya.

Berdasarkan tabel 4. 38, risiko kecelakaan kerja dengan nyeri otot pada punggung dan leher memiliki tingkat kemungkinan *(likelihood)* pada skala 3 karena operator bekerja dalam durasi panjang di meja dengan tinggi yang tidak sesuai postur tubuh, sedangkan tingkat keparahan *(severity)* pada skala 2 karena dampak cedera yang dapat ditimbulkan ringan dan dapat diminimalkan dengan penyesuaian meja kerja atau istirahat yang teratur. Hasil penilaian menempatkan risiko ini pada kategori sedang *(medium)* yang artinya membutuhkan perencanaan pengendalian bahaya.

5.2.2 Mesin Bubut *(Lathe Machine)*

Berdasarkan tabel 4. 39, risiko kecelakaan kerja dengan memar, patah tulang, atau gegar otak memiliki tingkat kemungkinan *(likelihood)* pada skala 3 karena operator bekerja dekat dengan area pembubutan, sedangkan tingkat keparahan *(severity)* pada skala 4 karena dampak cedera yang dapat ditimbulkan cukup berat. Hasil penilaian menempatkan risiko ini pada kategori tinggi *(high)* yang artinya membutuhkan tindakan pengendalian potensi bahaya dengan segera.

Berdasarkan tabel 4. 39, risiko kecelakaan kerja luka sayat atau luka tusuk memiliki tingkat kemungkinan *(likelihood)* pada skala 3 karena operator bekerja dekat dengan area pahat mesin bubut tanpa menggunakan alat bantu penahan, sedangkan tingkat keparahan *(severity)* pada skala 4 karena dampak cedera yang dapat ditimbulkan cukup berat. Hasil penilaian menempatkan risiko ini pada kategori tinggi *(high)* yang artinya membutuhkan tindakan pengendalian potensi bahaya dengan segera.

Berdasarkan tabel 4. 39, risiko kecelakaan kerja dengan patah tulang memiliki tingkat kemungkinan *(likelihood)* pada skala 2 karena operator menggunakan pakaian longgar yang dapat tersangkut pada *chuck* mesin bubut, sedangkan tingkat keparahan *(severity)* pada skala 5 karena dampak cedera yang dapat ditimbulkan parah pada bagian anggota tubuh. Hasil penilaian menempatkan risiko ini pada kategori tinggi *(high)* yang artinya membutuhkan tindakan pengendalian potensi bahaya dengan segera.

Berdasarkan tabel 4. 39, risiko kecelakaan kerja dengan iritasi mata, luka ringan pada kulit, atau gangguan penglihatan sementara memiliki tingkat kemungkinan *(likelihood)* pada skala 4 karena operator bekerja di dekat area pembubutan tanpa adanya *shield* transparan yang memadai, sedangkan tingkat keparahan *(severity)* pada skala 2 karena dampak cedera yang dapat ditimbulkan ringan dan tidak menimbulkan cedera serius atau permanen. Hasil penilaian menempatkan risiko ini pada kategori sedang *(medium)* yang artinya membutuhkan perencanaan pengendalian bahaya.

Berdasarkan tabel 4. 39, risiko kecelakaan kerja dengan nyeri otot pada punggung dan leher memiliki tingkat kemungkinan *(likelihood)* pada skala 3 karena operator bekerja dalam durasi panjang di meja dengan tinggi yang tidak sesuai postur tubuh, sedangkan tingkat keparahan *(severity)* pada skala 2 karena dampak cedera yang dapat ditimbulkan ringan dan dapat diminimalkan dengan penyesuaian meja kerja atau istirahat yang teratur. Hasil penilaian menempatkan risiko ini pada kategori sedang *(medium)* yang artinya membutuhkan perencanaan pengendalian bahaya.

5.2.3 Mesin Frais *(Milling Machine)*

Berdasarkan tabel 4. 40, risiko kecelakaan kerja dengan luka potong atau amputasi memiliki tingkat kemungkinan *(likelihood)* pada skala 3 karena operator bekerja dekat dengan area *milling*, sedangkan tingkat keparahan *(severity)* pada skala 4 karena dampak cedera yang dapat ditimbulkan cukup berat. Hasil penilaian menempatkan risiko ini pada kategori tinggi *(high)* yang artinya membutuhkan tindakan pengendalian potensi bahaya dengan segera.

Berdasarkan tabel 4. 40, risiko kecelakaan kerja dengan memar atau patah tulang memiliki tingkat kemungkinan *(likelihood)* pada skala 3 karena operator bekerja dekat dengan area *pinch point*, sedangkan tingkat keparahan *(severity)* pada skala 3 karena dampak cedera yang dapat ditimbulkan sedang. Hasil penilaian menempatkan risiko ini pada kategori sedang *(medium)* yang artinya membutuhkan perencanaan pengendalian bahaya.

Berdasarkan tabel 4. 40, risiko kecelakaan kerja dengan iritasi mata, luka ringan pada kulit, atau gangguan penglihatan sementara memiliki tingkat kemungkinan *(likelihood)* pada skala 4 karena operator bekerja di dekat area *milling* tanpa adanya *shield* transparan yang memadai, sedangkan tingkat keparahan *(severity)* pada skala 2 karena dampak cedera yang dapat ditimbulkan ringan dan tidak menimbulkan cedera serius atau

permanen. Hasil penilaian menempatkan risiko ini pada kategori sedang *(medium)* yang artinya membutuhkan perencanaan pengendalian bahaya.

Berdasarkan tabel 4. 40, risiko kecelakaan kerja dengan kelahan memiliki tingkat kemungkinan *(likelihood)* pada skala 3 karena operator bekerja dalam durasi panjang, sedangkan tingkat keparahan *(severity)* pada skala 2 karena karena dampak cedera yang dapat ditimbulkan ringan dan dapat diminimalkan dengan pengendalian yang tepat. Hasil penilaian menempatkan risiko ini pada kategori sedang *(medium)* yang artinya membutuhkan perencanaan pengendalian bahaya.

Berdasarkan tabel 4. 40, risiko kecelakaan kerja dengan penurunan konsentrasi atau gangguan pendengaran memiliki tingkat kemungkinan *(likelihood)* pada skala 3 karena operator bekerja dalam durasi yang bervariasi, sedangkan tingkat keparahan *(severity)* pada skala 2 dampak cedera yang dapat ditimbulkan ringan dan dapat diminimalkan dengan penggunaan alat pelindung pendengaran. Hasil penilaian menempatkan risiko ini pada kategori sedang *(medium)* yang artinya membutuhkan perencanaan pengendalian bahaya.

5.2.4 Mesin Bor *(Drilling Machine)*

Berdasarkan tabel 4. 41, risiko kecelakaan kerja luka sayat atau luka tusuk memiliki tingkat kemungkinan *(likelihood)* pada skala 3 karena operator bekerja dekat dengan area mata bor, sedangkan tingkat keparahan *(severity)* pada skala 4 karena dampak cedera yang dapat ditimbulkan cukup berat. Hasil penilaian menempatkan risiko ini pada kategori tinggi *(high)* yang artinya membutuhkan tindakan pengendalian potensi bahaya dengan segera.

Berdasarkan tabel 4. 41, risiko kecelakaan kerja dengan memar atau patah tulang memiliki tingkat kemungkinan *(likelihood)* pada skala 3 karena operator bekerja dekat dengan area *pinch point*, sedangkan tingkat keparahan *(severity)* pada skala 3 karena dampak cedera yang dapat ditimbulkan sedang. Hasil penilaian menempatkan risiko ini pada kategori sedang *(medium)* yang artinya membutuhkan perencanaan pengendalian bahaya.

Berdasarkan tabel 4. 41, risiko kecelakaan kerja dengan luka sayat atau iritasi mata memiliki tingkat kemungkinan *(likelihood)* pada skala 2 karena operator bekerja dekat dengan area pengeboran tanpa adanya *shield* transparan, sedangkan tingkat keparahan *(severity)* pada skala 4 karena dampak cedera yang dapat ditimbulkan cukup berat. Hasil

penilaian menempatkan risiko ini pada kategori sedang *(medium)* yang artinya membutuhkan perencanaan pengendalian bahaya.

Berdasarkan tabel 4. 41, risiko kecelakaan kerja dengan iritasi saluran pernapasan, batuk, atau gangguan pernapasan memiliki tingkat kemungkinan *(likelihood)* pada skala 3 karena operator terpapar debu atau partikel logam halus, sedangkan tingkat keparahan *(severity)* pada skala 2 karena dampak cedera yang dapat ditimbulkan ringan dan tidak menimbulkan cedera serius atau permanen. Hasil penilaian menempatkan risiko ini pada kategori sedang *(medium)* yang artinya membutuhkan perencanaan pengendalian bahaya.

Berdasarkan tabel 4. 41, risiko kecelakaan kerja dengan penurunan konsentrasi atau gangguan pendengaran memiliki tingkat kemungkinan *(likelihood)* pada skala 3 karena operator bekerja dalam durasi yang bervariasi, sedangkan tingkat keparahan *(severity)* pada skala 2 dampak cedera yang dapat ditimbulkan ringan dan dapat diminimalkan dengan penggunaan alat pelindung pendengaran. Hasil penilaian menempatkan risiko ini pada kategori sedang *(medium)* yang artinya membutuhkan perencanaan pengendalian bahaya.

5.2.5 Mesin Gerinda *(Grinding Machine)*

Berdasarkan tabel 4. 42, risiko kecelakaan kerja dengan luka abrasi atau luka sayat memiliki tingkat kemungkinan *(likelihood)* pada skala 3 karena operator bekerja dekat dengan area *grinding*, sedangkan tingkat keparahan *(severity)* pada skala 4 karena dampak cedera yang dapat ditimbulkan cukup berat. Hasil penilaian menempatkan risiko ini pada kategori tinggi *(high)* yang artinya membutuhkan tindakan pengendalian potensi bahaya dengan segera.

Berdasarkan tabel 4. 42, risiko kecelakaan kerja dengan luka sobek atau trauma memiliki tingkat kemungkinan *(likelihood)* pada skala 2 karena, sedangkan tingkat keparahan *(severity)* pada skala 5 karena dampak cedera yang dapat ditimbulkan parah pada aspek fisik maupun mental. Hasil penilaian menempatkan risiko ini pada kategori tinggi *(high)* yang artinya membutuhkan tindakan pengendalian potensi bahaya dengan segera.

Berdasarkan tabel 4. 42, risiko kecelakaan kerja dengan luka bakar ringan atau iritasi kulit memiliki tingkat kemungkinan *(likelihood)* pada skala 4 karena operator bekerja dekat dengan area *drilling* tanpa adanya *shield*, sedangkan tingkat keparahan *(severity)* pada skala 2 karena dampak cedera yang dapat ditimbulkan ringan dan dapat diminimalkan dengan penggunaan alat pelindung diri. Hasil penilaian menempatkan

risiko ini pada kategori sedang *(medium)* yang artinya membutuhkan perencanaan pengendalian bahaya.

Berdasarkan tabel 4. 42, risiko kecelakaan kerja dengan luka bakar ringan atau melepuh memiliki tingkat kemungkinan *(likelihood)* pada skala 4 karena operator bekerja dekat dengan area permukaan logam panas, sedangkan tingkat keparahan *(severity)* pada skala 2 karena dampak cedera yang dapat ditimbulkan ringan dan dapat diminimalkan dengan penggunaan alat pelindung diri. Hasil penilaian menempatkan risiko ini pada kategori sedang *(medium)* yang artinya membutuhkan perencanaan pengendalian bahaya.

Berdasarkan tabel 4. 42, risiko kecelakaan kerja dengan iritasi saluran pernapasan, batuk, atau gangguan pernapasan memiliki tingkat kemungkinan *(likelihood)* pada skala 3 karena operator terpapar debu atau partikel logam halus, sedangkan tingkat keparahan *(severity)* pada skala 2 karena dampak cedera yang dapat ditimbulkan ringan dan tidak menimbulkan cedera serius atau permanen. Hasil penilaian menempatkan risiko ini pada kategori sedang *(medium)* yang artinya membutuhkan perencanaan pengendalian bahaya.

5.2.6 Mesin Amplas *(Sanding Machine)*

Berdasarkan tabel 4. 43, risiko kecelakaan kerja dengan luka abrasi memiliki tingkat kemungkinan *(likelihood)* pada skala 3 karena operator bekerja dekat dengan area *belt* amplas, sedangkan tingkat keparahan *(severity)* pada skala 3 karena dampak cedera yang dapat ditimbulkan sedang. Hasil penilaian menempatkan risiko ini pada kategori sedang *(medium)* yang artinya membutuhkan perencanaan pengendalian bahaya.

Berdasarkan tabel 4. 43, risiko kecelakaan kerja dengan memar atau patah tulang memiliki tingkat kemungkinan *(likelihood)* pada skala 3 karena proses penempatan material (benda kerja) masih dilakukan secara manual, sedangkan tingkat keparahan *(severity)* pada skala 3 karena dampak cedera yang dapat ditimbulkan sedang. Hasil penilaian menempatkan risiko ini pada kategori sedang *(medium)* yang artinya membutuhkan perencanaan pengendalian bahaya.

Berdasarkan tabel 4. 43, risiko kecelakaan kerja dengan iritasi saluran pernapasan, batuk, atau gangguan pernapasan memiliki tingkat kemungkinan *(likelihood)* pada skala 3 karena operator terpapar debu atau partikel logam halus, sedangkan tingkat keparahan *(severity)* pada skala 2 karena dampak cedera yang dapat ditimbulkan ringan dan tidak menimbulkan cedera serius atau permanen. Hasil penilaian menempatkan risiko ini pada kategori sedang *(medium)* yang artinya membutuhkan perencanaan pengendalian bahaya.

Berdasarkan tabel 4. 43, risiko kecelakaan kerja dengan penurunan konsentrasi atau gangguan pendengaran memiliki tingkat kemungkinan *(likelihood)* pada skala 3 karena operator bekerja dalam durasi yang bervariasi, sedangkan tingkat keparahan *(severity)* pada skala 2 dampak cedera yang dapat ditimbulkan ringan dan dapat diminimalkan dengan penggunaan alat pelindung pendengaran. Hasil penilaian menempatkan risiko ini pada kategori sedang *(medium)* yang artinya membutuhkan perencanaan pengendalian bahaya.

Berdasarkan tabel 4. 43, risiko kecelakaan kerja dengan nyeri otot pada punggung dan leher memiliki tingkat kemungkinan *(likelihood)* pada skala 3 karena operator bekerja dalam durasi panjang di meja dengan tinggi yang tidak sesuai postur tubuh, sedangkan tingkat keparahan *(severity)* pada skala 2 karena dampak cedera yang dapat ditimbulkan ringan dan dapat diminimalkan dengan penyesuaian meja kerja atau istirahat yang teratur. Hasil penilaian menempatkan risiko ini pada kategori sedang *(medium)* yang artinya membutuhkan perencanaan pengendalian bahaya.

5.2.7 *Punch and Bending Machine*

Berdasarkan pada tabel 4. 44, risiko kecelakaan kerja dengan luka sayat, luka potong, atau amputasi memiliki tingkat kemungkinan *(likelihood)* pada skala 3 karena operator bekerja dekat dengan area *punch* saat penekanan material (benda kerja), sedangkan tingkat keparahan *(severity)* pada skala 4 karena dampak cedera yang dapat ditimbulkan cukup berat. Hasil penilaian menempatkan risiko ini pada kategori tinggi *(high)* yang artinya membutuhkan tindakan pengendalian potensi bahaya dengan segera.

Berdasarkan pada tabel 4. 44, risiko kecelakaan kerja dengan luka sayat, luka potong, atau amputasi memiliki tingkat kemungkinan *(likelihood)* pada skala 3 karena operator bekerja dekat dengan area *bending* saat pembentukan material (benda kerja), sedangkan tingkat keparahan *(severity)* pada skala 4 karena dampak cedera yang dapat ditimbulkan cukup berat. Hasil penilaian menempatkan risiko ini pada kategori tinggi *(high)* yang artinya membutuhkan tindakan pengendalian potensi bahaya dengan segera.

Berdasarkan tabel 4. 44, risiko kecelakaan kerja dengan luka sayat memiliki tingkat kemungkinan *(likelihood)* pada skala 4 karena operator menangani pelat logam secara manual, sedangkan tingkat keparahan *(severity)* pada skala 3 karena dampak cedera yang dapat ditimbulkan sedang. Hasil penilaian menempatkan risiko ini pada kategori tinggi *(high)* yang artinya membutuhkan tindakan pengendalian potensi bahaya dengan segera.

Berdasarkan tabel 4. 44, risiko kecelakaan kerja dengan memar memiliki tingkat kemungkinan *(likelihood)* pada skala 3 karena operator terkadang menangani material yang belum sepenuhnya stabil, sedangkan tingkat keparahan *(severity)* pada skala 3 karena dampak cedera yang dapat ditimbulkan sedang. Hasil penilaian menempatkan risiko ini pada kategori sedang *(medium)* yang artinya membutuhkan perencanaan pengendalian bahaya.

Berdasarkan tabel 4. 44, risiko kecelakaan kerja dengan nyeri otot pada punggung dan leher memiliki tingkat kemungkinan *(likelihood)* pada skala 3 karena operator bekerja dalam durasi panjang di meja dengan tinggi yang tidak sesuai postur tubuh, sedangkan tingkat keparahan *(severity)* pada skala 2 karena dampak cedera yang dapat ditimbulkan ringan dan dapat diminimalkan dengan penyesuaian meja kerja atau istirahat yang teratur. Hasil penilaian menempatkan risiko ini pada kategori sedang *(medium)* yang artinya membutuhkan perencanaan pengendalian bahaya.

5.3 Analisis Langkah Pengendalian Risiko *(Risk Control)*

Berdasarkan hasil langkah pengendalian risiko *(risk control),* upaya pengendalian risiko yang saat ini dijalankan di *section metal machining* belum sepenuhnya mampu meminimalkan risiko kecelakaan kerja. Oleh karena itu, direkomendasikan upaya pengendalian tambahan untuk meningkatkan kesehatan dan keselamatan kerja.

5.3.1 Mesin Gergaji Pita *(Bandsaw Machine)*

Berdasarkan tabel 4. 1, upaya pengendalian tambahan yang dapat diterapkan adalah penggunaan alat bantu pendorong *(push stick)* untuk mendorong material (benda kerja) dan meminimalkan risiko tangan dekat mata gergaji. Berdasarkan tabel 4. 2, upaya pengendalian tambahan yang dapat diterapkan adalah pemasangan sistem penjepit otomatis agar material (benda kerja) selalu stabil dan terkunci saat proses pemotongan. Berdasarkan tabel 4. 3, upaya pengendalian tambahan yang dapat diterapkan adalah pemasangan *shield* transparan pada area pemotongan untuk meminimalkan paparan serpihan secara langsung kepada operator.

Berdasarkan tabel 4. 4, upaya pengendalian tambahan yang dapat diterapkan adalah pemasangan *noise barrier* di sekitar mesin untuk mengurangi penyebaran dan intensitas kebisingan di area kerja. Berdasarkan tabel 4. 5, upaya pengendalian tambahan yang dapat diterapkan adalah penggunaan meja kerja *adjustable* untuk menyesuaikan tinggi meja dengan postur operator agar mengurangi posisi membungkuk. Hasil analisis ini

sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Anwar et al. (2024) bahwa penerapan metode HIRARC mampu menurunkan tingkat risiko setelah dilakukan pengendalian sesuai *hierarchy of control* (Anwar et al., 2024). Oleh karena itu, penerapan langkah-langkah pengendalian yang tepat pada setiap potensi bahaya, mulai dari pengendalian teknis, pengendalian administratif, dan penggunaan alat pelindung diri, tidak hanya meningkatkan keselamatan operator, tetapi juga mendukung efisiensi dan kelancaran proses kerja di area pengoperasian mesin gergaji pita *(bandsaw machine)*.

5.3.2 Mesin Bubut *(Lathe Machine)*

Berdasarkan tabel 4. 6, upaya pengendalian tambahan yang dapat diterapkan adalah pemasangan *shield* transparan pada area pembubutan untuk mencegah material (benda kerja) terpental keluar dari mesin. Berdasarkan tabel 4. 7, upaya pengendalian tambahan yang dapat diterapkan adalah alat bantu penahan *(tool rest)* untuk menjaga jarak aman tangan operator dari pahat selama proses pembubutan berlangsung. Berdasarkan tabel 4. 8, upaya pengendalian tambahan yang dapat diterapkan adalah penerapan aturan standar pakaian kerja untuk mencegah penggunaan pakaian longgar yang berisiko tersangkut *chuck.*

Berdasarkan tabel 4. 9, upaya pengendalian tambahan yang dapat diterapkan adalah pemasangan *shield* transparan pada area pembubutan untuk meminimalkan paparan serpihan secara langsung kepada operator. Berdasarkan tabel 4. 10, upaya pengendalian tambahan yang dapat diterapkan adalah penggunaan meja kerja *adjustable* untuk menyesuaikan tinggi meja dengan postur operator agar mengurangi posisi membungkuk. Hasil analisis ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Nurmahmudi et al. (2023) bahwa penerapan metode HIRARC mampu mengidentifikasi risiko kategori sedang hingga tinggi dan menurunkannya setelah dilakukan pengendalian yang sesuai (Nurmahmudi et al., 2023). Oleh karena itu, penerapan langkah-langkah pengendalian yang tepat pada setiap potensi bahaya, mulai dari pengendalian teknis, pengendalian administratif, dan penggunaan alat pelindung diri, tidak hanya meningkatkan keselamatan operator, tetapi juga mendukung efisiensi dan kelancaran proses kerja di area pengoperasian mesin bubut *(lathe machine)*.

5.3.3 Mesin Frais *(Milling Machine)*

Berdasarkan tabel 4. 11, upaya pengendalian tambahan yang dapat diterapkan adalah pemasangan pelindung *(guard)* pada area *cutter* untuk membatasi akses langsung ke bagian *cutter.* Berdasarkan tabel 4. 12, upaya pengendalian tambahan yang dapat

diterapkan adalah pemasangan sistem penjepit otomatis untuk meningkatkan keamanan dan kestabilan benda kerja. Berdasarkan tabel 4. 13, upaya pengendalian tambahan yang dapat diterapkan adalah pemasangan *shield* transparan pada area *milling* untuk meminimalkan paparan serpihan secara langsung kepada operator.

Berdasarkan tabel 4. 14, upaya pengendalian tambahan yang dapat diterapkan adalah pemasangan sistem peredam getaran untuk mengurangi paparan getaran terhadap operator. Berdasarkan tabel 4. 15, upaya pengendalian tambahan yang dapat diterapkan adalah pemasangan *noise barrier* di sekitar mesin untuk mengurangi penyebaran dan intensitas kebisingan di area kerja. Hasil analisis ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Pramudya et al. (2022) bahwa penerapan metode HIRARC mampu mengidentifikasi risiko kategori tinggi dan menurunkannya setelah dilakukan pengendalian sesuai *hierarchy of control* (Pramudya et al., 2022). Oleh karena itu, penerapan langkah-langkah pengendalian yang tepat pada setiap potensi bahaya, mulai dari pengendalian teknis, pengendalian administratif, dan penggunaan alat pelindung diri, tidak hanya meningkatkan keselamatan operator, tetapi juga mendukung efisiensi dan kelancaran proses kerja di area pengoperasian mesin frais *(milling machine).*

5.3.4 Mesin Bor *(Drilling Machine)*

Berdasarkan tabel 4. 16, upaya pengendalian tambahan yang dapat diterapkan adalah pemasangan pelindung *(guard)* pada area mata bor untuk membatasi akses langsung ke bagian mata bor. Berdasarkan tabel 4. 17, upaya pengendalian tambahan yang dapat diterapkan adalah pemasangan sistem penjepit otomatis untuk meningkatkan keamanan dan kestabilan benda kerja. Berdasarkan tabel 4. 18, upaya pengendalian tambahan yang dapat diterapkan adalah pemasangan *shield* transparan pada area pengeboran untuk melindungi operator dari risiko lontaran fragmen apabila terjadi patahan.

Berdasarkan tabel 4. 19, upaya pengendalian tambahan yang dapat diterapkan adalah penambahan sistem *exhaust ventilation* atau *dust collector* untuk menghisap partikel langsung dari sumbernya. Berdasarkan tabel 4. 20, upaya pengendalian tambahan yang dapat diterapkan adalah pemasangan *noise barrier* di sekitar mesin untuk mengurangi penyebaran dan intensitas kebisingan di area kerja. Hasil analisis ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Purwanto et al. (2022) bahwa penerapan metode HIRARC mampu menurunkan tingkat risiko setelah dilakukan pengendalian sesuai *hierarchy of control* (Purwanto et al., 2022). Oleh karena itu, penerapan langkah-langkah pengendalian yang tepat pada setiap potensi bahaya, mulai dari pengendalian teknis,

pengendalian administratif, dan penggunaan alat pelindung diri, tidak hanya meningkatkan keselamatan operator, tetapi juga mendukung efisiensi dan kelancaran proses kerja di area pengoperasian mesin bor *(drilling machine).*

5.3.5 Mesin Gerinda *(Grinding Machine)*

Berdasarkan tabel 4. 21, upaya pengendalian tambahan yang dapat diterapkan adalah penggunaan alat bantu penahan *(tool rest)* dengan jarak aman sesuai standar (±2–3 mm dari roda gerinda) untuk menopang benda kerja secara stabil dan mencegah tangan operator terlalu dekat dengan roda gerinda yang berputar. Berdasarkan tabel 4. 22, upaya pengendalian tambahan yang dapat diterapkan adalah pemasangan *shield* transparan pada area *drilling* untuk melindungi operator dari serpihan atau pecahan roda gerinda yang dapat terlempar saat proses penggerindaan berlangsung. Berdasarkan tabel 4. 23, upaya pengendalian tambahan yang dapat diterapkan adalah pemasangan *shield* transparan pada area *drilling* untuk membatasi dan mengarahkan percikan dan serpihan logam.

Berdasarkan tabel 4. 24, upaya pengendalian tambahan yang dapat diterapkan adalah pemasangan tanda peringatan *"hot surface"* di area kerja untuk meningkatkan kewaspadaan operator bahwa material (benda kerja) hasil *drilling* masih dalam kondisi panas. Berdasarkan tabel 4. 25, upaya pengendalian tambahan yang dapat diterapkan adalah pemasangan sistem *exhaust ventilation* atau *dust collector* untuk menghisap partikel langsung dari sumbernya. Hasil analisis ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Purwanto et al. (2022) bahwa penerapan metode HIRARC mampu menurunkan tingkat risiko setelah dilakukan pengendalian sesuai *hierarchy of control* (Purwanto et al., 2022). Oleh karena itu, penerapan langkah-langkah pengendalian yang tepat pada setiap potensi bahaya, mulai dari pengendalian teknis, pengendalian administratif, dan penggunaan alat pelindung diri, tidak hanya meningkatkan keselamatan operator, tetapi juga mendukung efisiensi dan kelancaran proses kerja di area pengoperasian mesin gerinda *(grinding machine).*

5.3.6 Mesin Amplas *(Sanding Machine)*

Berdasarkan tabel 4. 26, upaya pengendalian tambahan yang dapat diterapkan adalah pemasangan pelindung *(guard)* pada area *belt* yang terbuka untuk mengurangi kemungkinan kontak langsung antara jari atau tangan operator dengan *belt* amplas yang bergerak. Berdasarkan pada tabel 4. 27, upaya pengendalian tambahan yang dapat diterapkan adalah pemasangan sistem penjepit otomatis agar material (benda kerja) selalu stabil dan terkunci saat proses pengamplasan. Berdasarkan tabel 4. 28, upaya

pengendalian tambahan yang dapat diterapkan adalah penambahan sistem *exhaust ventilation* atau *dust collector* untuk menghisap partikel langsung dari sumbernya.

Berdasarkan tabel 4. 29, upaya pengendalian tambahan yang dapat diterapkan adalah pemasangan *noise barrier* di sekitar mesin untuk mengurangi penyebaran dan intensitas kebisingan di area kerja. Berdasarkan tabel 4. 30, upaya pengendalian tambahan yang dapat diterapkan adalah penggunaan meja kerja *adjustable* untuk menyesuaikan tinggi meja dengan postur operator agar mengurangi posisi membungkuk. Hasil analisis ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Prayoga et al. (2023) bahwa penerapan metode HIRARC mampu mengidentifikasi risiko paparan debu, kebisingan, dan penggunaan peralatan kerja (Prayoga et al., 2023). Oleh karena itu, penerapan langkah-langkah pengendalian yang tepat pada setiap potensi bahaya, mulai dari pengendalian teknis, pengendalian administratif, dan penggunaan alat pelindung diri, tidak hanya meningkatkan keselamatan operator, tetapi juga mendukung efisiensi dan kelancaran proses kerja di area pengoperasian mesin amplas *(sanding machine).*

5.3.7 *Punch and Bending Machine*

Berdasarkan tabel 4. 31, upaya pengendalian tambahan yang dapat diterapkan adalah pemasangan sistem penjepit otomatis agar material (benda kerja) selalu stabil dan terkunci saat proses penekanan. Berdasarkan tabel 4. 32, upaya pengendalian tambahan yang dapat diterapkan adalah pemasangan sistem penjepit otomatis agar material (benda kerja) selalu stabil dan terkunci saat proses pembentukan. Berdasarka tabel 4. 33, upaya pengendalian tambahan yang dapat diterapkan adalah penerapan proses *deburring* secara otomatis untuk menghilangkan sisi tajam sebelum material dipindahkan ke proses berikutnya.

Berdasarkan tabel 4. 34, upaya pengendalian tambahan yang dapat diterapkan adalah pemasangan sistem penjepit otomatis agar material (benda kerja) selalu stabil dan terkunci saat proses pembentukan. Berdasarkan tabel 4. 35, upaya pengendalian tambahan yang dapat diterapkan adalah penggunaan meja kerja *adjustable* untuk menyesuaikan tinggi meja dengan postur operator agar mengurangi posisi membungkuk. Hasil analisis ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Qamarani dan Vikaliana (2024) bahwa penerapan metode HIRARC mampu mengidentifikasi risiko kategori tinggi akibat penggunaan mesin dan aktivitas kerja, serta menurunkannya setelah diterapkan pengendalian teknis sesuai *hierarchy of control* (Qamarani & Vikaliana, 2024). Oleh karena itu, penerapan langkah-langkah pengendalian yang tepat pada setiap potensi

bahaya, mulai dari pengendalian teknis, pengendalian administratif, dan penggunaan alat pelindung diri, tidak hanya meningkatkan keselamatan operator, tetapi juga mendukung efisiensi dan kelancaran proses kerja di area pengoperasian *punch and bending machine.*

BAB VI
PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Berikut merupakan kesimpulan pada penelitian ini:

1. Pada *section metal machining*, potensi bahaya pada mesin-mesin produksi (mesin gergaji pita, bubut, frais, bor, gerinda, amplas, serta *punch and bending*), yaitu tidak dilengkapi penggunaan *push stick*, penerapan standar pakaian kerja dan proses *deburring* otomatis, penambahan *dust collector*, postur tubuh yang tidak alami, serta pemasangan penjepit otomatis, *shield* transparan, *noise barrier, tool rest, guard,* peringatan *"hot surface",* dan peredam getaran.
2. Berdasarkan hasil penilaian, tingkat risiko kecelakaan kerja pada mesin-mesin produksi (mesin gergaji pita, bubut, frais, bor, gerinda, amplas, serta *punch and bending*), yaitu risiko amputasi (*high* = 12), gegar otak (*high* = 12), luka sayat (*high* = 12), luka tusuk (*high* = 12), luka abrasi (*high* = 12), patah tulang (*high* = 10), luka sobek (*high* = 10), memar (*med* = 9), luka bakar (*med* = 8), iritasi mata (*med* = 8), gangguan pendengaran (*med* = 6), batuk (*med* = 6), kelelahan (*med* = 6), melepuh (*med* = 6), dan nyeri otot (*med* = 6).
3. Usulan perbaikan K3 yang dapat diterapkan untuk meminimalkan risiko kecelakaan kerja, yaitu penggunaan *push stick* dan meja kerja *adjustable*, penerapan standar pakaian kerja dan proses *deburring* otomatis, penambahan *dust collector*, serta pemasangan penjepit otomatis, *shield* transparan, *noise barrier, tool rest, guard,* peringatan *"hot surface",* dan peredam getaran.

6.2 Saran

Berikut merupakan saran untuk penelitian ini:

a. Bagi perusahaan, PT. X disarankan untuk meningkatkan pengendalian keselamatan kerja di *section metal machining* melalui penerapan pengendalian teknis, pengendalian administratif, serta penggunaan alat pelindung diri secara konsisten.
b. Bagi penelitian selanjutnya, disarankan untuk mengembangkan penelitian dengan mengombinasikan metode HIRARC dan metode lain, serta memperluas objek penelitian guna memperoleh hasil analisis dan perbaikan risiko kecelakaan kerja yang lebih komprehensif.

DAFTAR PUSTAKA

Anwar, R. P., Kurniawan, A., Mulianti, & Abadi, Z. (2024). Analysis and Control of Occupational Safety Risks Using the HIRARC Method in the Machining Workshop. *Journal of Engineering Researcher and Lecturer*, *3*(2). https://doi.org/10.58712/jerel.v3i2.142

Aprilla, B. F., & Yulhendra, D. (2023). Penerapan Metode HIRARC dalam Menganalisis Risiko Bahaya dan Upaya Pengendalian Kecelakaan Kerja di Area Crusher dan Belt Conveyor PT. Semen Padang. *Jurnal Bina Tambang*, *8*(1).

BPJS. (2023). Jumlah Kasus Kecelakaan Kerja di Indonesia. https://www.scribd.com/document/732506524/1697681400344-62-Data-Kecelakaan-Kerja-dan-Penyakit-Akibat-Kerja-s-d-Semester-I-Tahun-2023?utm_source=chatgpt.com

Fadilah, A., & Herbawani, C. K. (2022). Analisis Faktor Risiko Terjadinya Kecelakaan Kerja dengan Menggunakan HIRARC sebagai Tolak Ukur: Literatur Review. *Media Kesehatan Masyarakat Indonesia, 21*(4). https://doi.org/10.14710/mkmi.21.4.292-296

Heka, A. E., Fauzi, Y. R., Barry, A., & Aisah, S. N. (2022). Pelatihan Keselamatan dan Kesehatan Kerja serta Pencegahan Kecelakaan Kerja Pada Mesin Produksi bagi Guru SMK Syuhada Banjarmasin. *Jurnal IMPACT: Implementation and Action*, *4*(2). https://doi.org/10.31961/impact.v4i2.1268

Hosiah, H., & Zakkiy Fasya, A. H. (2022). Analysis of Occupational Health and Safety Risks in the Manufacturing Industry with the HIRARC Method at PT. X. *Devotion : Journal of Research and Community Service*, *3*(12). https://doi.org/10.36418/dev.v3i12.252

Huwaida, A. T., Karsona, A. M., & Surjanti, J. (2023). Pelindungan Hukum terhadap Pekerja yang Mengalami Kecelakaan Kerja dalam Perjalanan Pulang dari Tempat Kerja. *Jurnal Poros Hukum Padjadjaran*, *4*(2). https://doi.org/10.23920/jphp.v4i2.1135

ILO. (2023). a Call for Safer and Healthier Working Environments. *Ilo*, 1–20. https://www.ilo.org/publications/call-safer-and-healthier-working-environments

Joko Sudiarto, Chriswardani Suryawati, & Hanifa Maher Denny. (2023). Analisis Pengelolaan Keselamatan dan Kesehatan Kerja Karyawan Rumah Sakit di Masa Pandemi Covid-19 : Literature Review. *Media Publikasi Promosi Kesehatan Indonesia (MPPKI)*, *6*(5). https://doi.org/10.56338/mppki.v6i5.3377

Katranis, G., Plahl, F., Grimstadt, J., Mamaev, I., Vock, S., & Morozov, A. (2025). *Dynamic Risk Assessment for Human-Robot Collaboration Using a Heuristics-based Approach*. https://doi.org/10.3850/978-981-94-3281-3_esrel-sra-e2025-p5223-cd

Muhammad, I., & Susilowati, I. H. (2021). Analisa Manajemen Risiko K3 dalam Industri Manufaktur di Indonesia: Literature Review. *PREPOTIF : Jurnal Kesehatan Masyarakat*, *5*(1). https://doi.org/10.31004/prepotif.v5i1.1635

Nurmahmudi, N., Rifelino, R., Nabawi, R. A., & Irzal, I. (2023). Analisis Risiko Keselamatan Kerja di Mesin Bubut Menggunakan Metode HIRARC. *Al-DYAS*, *3*(1). https://doi.org/10.58578/aldyas.v3i1.2428

Nurul Ilmi. (2025). Analysis of Occupational Health and Safety Risks in the Palm Oil Processing Industry Using the HIRARC Method. *Journal of Industrial System Engineering and Management*, *4*(1). https://doi.org/10.56882/jisem.v4i1.45

Nuryono, A., & Aini, M. N. (2020). Analisis Bahaya dan Resiko Kerja di Industri Pengolahan Teh dengan Metode HIRA atau IBPR. *Journal of Industrial and Engineering System*, *1*(1). https://doi.org/10.31599/jies.v1i1.166

Pramudya, I., Andesta, D., & Hidayat. (2022). Safety Application and Health Work (K3) at Department of CNC Lathe using Hazard Identification Risk Assessment and Risk Control (HIRARC) Method (Case Study Of Pt. Swadaya Graha). *Journal of Applied Engineering and Technological Science*, *4*(1). https://doi.org/10.37385/jaets.v4i1.1114

Prayoga, D., Zuki, M., & Hidayat, L. (2023). Analisis Risiko Kecelakaan Kerja CV. Brens Bakery Menggunakan Metode HIRARC (Hazard Identification Risk Assessment and Risk Control). *Jurnal Agroindustri*, *13*(2). https://doi.org/10.31186/jagroindustri.13.2.202-217

Qamarani, A. S., & Vikaliana, R. (2024). Application of the Hazard Identification Risk Assessment and Risk Control Method in the Welding Frame Body Process (a Case Study in Indonesian Company). *JENIUS : Jurnal Terapan Teknik Industri*, *5*(1). https://doi.org/10.37373/jenius.v5i1.457

Ramadanti, A., Khoirunnisa, A., Riezka, A., Wibowo, D. P. A., & Yasmin, M. A. (2021). Analisis Risiko K3 dan Kesehatan Lingkungan Pada saat Work from Home Menggunakan Metode HIRARC. *Health Safety Environmental Journal*, *1*(1).

Rayoga, R. Z. (2024). Analisis Risiko K3 dengan Menggunakan Job Safety Analysis dan Metode FMEA Pada Warehouse PT. ABC. *Industrial Engineering Online Journal*, *13*(3).

Ririh, K. R. (2021). Analisis Risiko Kecelakaan Kerja Menggunakan Metode HIRARC dan Diagram Fishbone Pada Lantai Produksi PT. DRA Component Persada. *Go-Integratif : Jurnal Teknik Sistem Dan Industri*, *2*(2). https://doi.org/10.35261/gijtsi.v2i2.5658

Ristiawati, Rofiqoh Aulia Ilmi, Imam Purnomo, Yuniarti, Nur Lu'luk Fitriyani, & Afif Aditama. (2023). Hazard Risk Analysis in the Laboratory of Qolbu Insan Mulia (QIM) Hospital Using the Hazard Identification Risk Assessment and Risk Control (HIRARC) Approach. *Open Access Indonesian Journal of Medical Reviews*, *3*(6). https://doi.org/10.37275/oaijmr.v3i6.365

Sajidah Tiara Ayu Wiranda, & Iriani Iriani. (2024). Upaya Meminimalisir Tingkat Cacat Proses Produksi Pada Fabrikasi Pipe Support MSP – Triraya Menggunakan Metode Fishbone Diagram Dan 5w + 1H. *Venus: Jurnal Publikasi Rumpun Ilmu Teknik* , *2*(1). https://doi.org/10.61132/venus.v2i1.82

Sari, C. Y., Bela Sinambela, L. S., Utami, R., Ayustin, S., & Claresta, A. W. (2023). Pengaruh Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) terhadap Kinerja Karyawan. *Jurnal Ilmu Kedokteran Dan Kesehatan*, *10*(10). https://doi.org/10.33024/jikk.v10i10.12107

Sulaiman, Y. A., Reza Firnanda, Sindy Nindia M.H, Lutfia Agustin, & And Ach. Dafid. (2025). Occupational Health and Safety Risk Assessment Application in Oil Refinery Using Hazard Identification, Risk Assessment and Risk Control (HIRARC). *Tibuana*, *8*(2). https://doi.org/10.36456/tibuana.8.2.10502

Supriyanto, E. (2020). "Manufaktur Dalam Dunia Teknik Industri". *Jurnal Industri Elektro Dan Penerbangan*, *3*(3).

Syahril, S. W., Suharni A. Fachrin, & Farihah Muhsanah. (2023). Gambaran Penerapan Keselamatan dan Kesehatan Kerja Rumah Sakit (K3RS) di RSUD Lapatarai Kabupaten Barru. *Window of Public Health Journal*, *4*(2). https://doi.org/10.33096/woph.v4i2.630

Wong, C. F., Teo, F. Y., Selvarajoo, A., Tan, O. K., & Lau, S. H. (2022). Hazard Identification Risk Assessment and Risk Control (HIRARC) for Mengkuang Dam Construction. *Civil Engineering and Architecture*, *10*(3). https://doi.org/10.13189/cea.2022.100302

LAMPIRAN

SURAT KETERANGAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama :
Jabatan : Human Resources Staff

Dengan ini menerangkan bahwa:

Nama : Azita Salsabiela Gunawan
NIM : 22522057
Program Studi : Teknik Industri
Perguruan Tinggi : Universitas Islam Indonesia

Telah menyelesaikan kegiatan observasi di untuk kepentingan pengambilan data tugas akhir pada tanggal 24 November 2025.

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk digunakan sebagaimana mestinya.

Bogor, 24 November 2025
Hormat kami,

Human Resources Staff

Gambar A - 1 Surat Bukti Penelitian

1. Apa saja potensi bahaya yang dapat terjadi selama proses pengoperasian mesin di area kerja?
2. Apa saja risiko yang dapat terjadi selama proses pengoperasian mesin di area kerja?
3. Seberapa besar tingkat kemungkinan *(likelihood)* potensi bahaya tersebut dapat terjadi dalam aktivitas kerja sehari-hari?
4. Seberapa besar tingkat keparahan *(severity)* dari potensi bahaya tersebut apabila kecelakaan benar-benar terjadi?
5. Apa alasan atau pertimbangan yang mendasari penilaian tingkat keparahan *(severity)* tersebut?
6. Apa alasan atau pertimbangan yang mendasari penilaian tingkat kemungkinan terjadinya *(likelihood)* tersebut?
7. Apakah pernah terjadi insiden atau hampir terjadi kecelakaan *(near miss)* yang berkaitan dengan potensi bahaya tersebut?
8. Upaya pengendalian apa saja yang saat ini telah diterapkan perusahaan untuk meminimalkan risiko dari potensi bahaya tersebut?
9. Apakah pengendalian yang ada saat ini menurut Anda sudah efektif dalam menurunkan risiko kecelakaan kerja?
10. Apakah terdapat kendala dalam penerapan upaya pengendalian yang telah ditetapkan?
11. Menurut Anda, tindakan tambahan apa yang perlu dilakukan untuk meningkatkan K3 di area tersebut?

Gambar A - 2 Daftar Pertanyaan dengan Operator Mesin



Gambar A - 3 PT. X



Gambar A - 4 Wawancara dengan Petugas K3



Gambar A - 5 Wawancara dengan *Manager* Departemen Produksi