

RESEARCH ARTICLE

Analisis Dan Usulan Pengendalian Risiko Menggunakan Metode *Hazard Identification, Risk Assessment and Risk Control* (HIRARC) Dan *Fault Tree Analysis* (FTA) Untuk Mengurangi Potensi Kecelakaan Kerja di PT. XYZ

Nadia Sadira Sam, Sheila Amalia Salma* and Ilma Mufidah

Fakultas Rekayasa Industri, Universitas Telkom, Bandung, 40257, Jawa Barat, Indonesia

* Corresponding author: sheilaamalias@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) merupakan aspek yang krusial dalam terciptanya lingkungan kerja yang aman, terutama di PT. XYZ yang bergerak di bidang manufaktur panel listrik. Aktivitas ini memiliki potensi risiko tinggi seperti luka akibat benda tajam, cedera otot, hingga risiko tersengat listrik. Data kecelakaan kerja tahun 2022-2024 mencatat 25 kasus, mayoritas disebabkan oleh bahaya non-mesin dan rendahnya kepatuhan terhadap prosedur keselamatan. Dari penelitian ini memiliki tujuan untuk mengidentifikasi potensi bahaya, menilai tingkat risiko, serta menganalisis akar penyebab kecelakaan dan menyusun usulan pengendalian risiko menggunakan metode HIRARC dan *Fault Tree Analysis* (FTA). HIRARC digunakan untuk menilai tingkat risiko berdasarkan *likelihood* dan *consequence*, sedangkan FTA digunakan untuk menelusuri penyebab utama kecelakaan. Hasil penelitian menunjukkan aktivitas penyambungan kabel besar dan pemasangan skun memiliki risiko tertinggi. Penyebab utama kecelakaan meliputi kurangnya pelatihan kerja, ketidakpatuhan SOP, serta kondisi lingkungan kerja yang tidak tertata. Usulan pengendalian disusun berdasarkan hierarki pengendalian, mulai dari eliminasi hingga penggunaan APD yang tepat. Implementasi pengendalian ini diharapkan dapat menurunkan tingkat risiko dan jumlah kecelakaan kerja di PT. XYZ.

Key words: K3, HIRARC, FTA, Kecelakaan Kerja, Pengendalian Risiko.

Pendahuluan

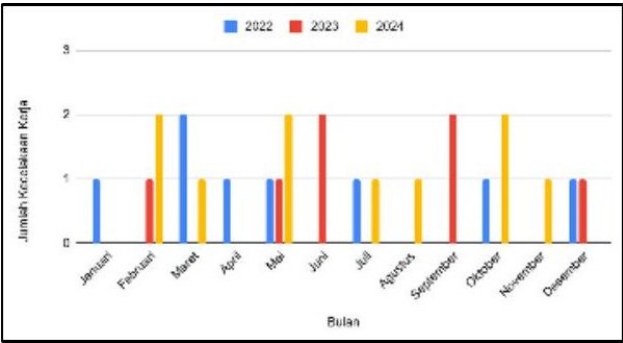
Semakin majunya perkembangan zaman yaitu di era industri modern, terjadi peningkatan jumlah angka kecelakaan kerja dan penyakit akibat kerja sehingga menyebabkan berbagai kerugian untuk pekerja maupun perusahaan itu sendiri. Kenaikan angka kecelakaan dan penyakit akibat kerja di Indonesia tahun 2017-2024 dapat dilihat pada gambar 1:

Berdasarkan grafik di atas, terdapat grafik yang menunjukkan angka kasus kecelakaan akibat kerja dari tahun 2017 hingga tahun 2024 yang mengalami kenaikan yang sangat signifikan. Hal ini harus menjadi concern utama bagi setiap perusahaan agar memerhatikan dan menerapkan aspek kesehatan dan juga keselamatan kerja. Keselamatan dan Kesehatan Kerja adalah aspek penting yang meliputi seluruh kegiatan dilakukan untuk memastikan dan meningkatkan keselamatan dan kesehatan tenaga kerja dengan melakukan upaya pencegahan terjadinya kecelakaan kerja dan penyakit akibat kerja. Pada setiap perusahaan wajib menerapkan SMK3 atau sistem manajemen kesehatan dan keselamatan kerja. Tak terkecuali bagi PT. XYZ yang merupakan Perusahaan di bidang manufaktur dengan kegiatan usahanya yaitu melayani segala keperluan yang dibutuhkan oleh PT. PLN Indonesia dengan melakukan sistem pengendalian kualitas pada pekerjaan



Gambar 1. Jumlah kecelakaan kerja di Indonesia tahun 2017-2024

repair, reverse engineering dan produksi manufaktur peralatan ketenagalistrikan dan juga berperan dalam memenuhi kebutuhan *emergency repair* yang mendukung pertumbuhan industri dalam negeri. Di PT.



Gambar 2. Angka Kecelakaan Kerja di PT XYZ

XYZ, ditemukan beberapa kejadian kecelakaan kerja di workshop pada rentang tahun 2022-2024 seperti berikut:

Berdasarkan diagram pada gambar 2 di atas, diketahui bahwa jumlah kecelakaan kerja di PT XYZ tidak mengalami perubahan yang drastis. Dari total 25 kali terjadinya kecelakaan kerja dalam 3 tahun tersebut, 9 diantaranya disebabkan oleh mesin dan 16 diantaranya disebabkan oleh non mesin seperti lantai yang licin dan mengakibatkan operator terpeleset. Selain itu, didapatkan bahwa 18 dari 25 kejadian menyebabkan sakit tangan dan tangan terluka dan 9 kejadian lainnya menyebabkan sakit mata. Selanjutnya dilakukan perhitungan *frequency rate*, *severity rate* dan *Safe-T-Score* untuk membandingkan tingkat kecelakaan kerja tahun sekarang dan tahun sebelumnya. Dengan melakukan perhitungan menggunakan *Safe-T-Score*, didapatkan hasil perhitungan STS sebesar $-0,5$ pada periode 2022-2023 dan $1,1$ pada periode 2023-2024 yang berarti hasil tersebut tidak menunjukkan perubahan yang signifikan, akan tetapi hasil perhitungan STS pada periode 2023-2024 lebih tinggi jika dibandingkan dengan periode 2022-2023 yang berarti pengendalian kecelakaan kerja mengalami penurunan di tahun 2024. Di divisi K3L PT XYZ sendiri telah memiliki SOP keselamatan kerja, namun implementasinya di lapangan masih kurang optimal. Pelatihan dasar K3 dan penggunaan mesin jarang dilakukan, dan kepatuhan penggunaan APD masih rendah meskipun APD tersedia. Penurunan efektivitas pengendalian kecelakaan menunjukkan perlunya evaluasi terhadap kegiatan kerja, mengingat banyaknya potensi bahaya fisik, biologis, dan psikologis. Sebelumnya, identifikasi bahaya telah dilakukan menggunakan metode HIRARC, namun data *risk rating* dinilai kurang valid karena sumber informasi tidak sesuai dengan kondisi lapangan, dan pengendalian risiko hanya mengacu pada template standar. Oleh karena itu, penelitian ini akan kembali melakukan analisis dan pengusulan pengendalian risiko menggunakan metode HIRARC secara lebih relevan dan tepat sasaran.

Dari penelitian ini memiliki tujuan dalam mengidentifikasi dan menilai risiko kecelakaan kerja di PT XYZ menggunakan metode HIRARC, serta menelusuri akar penyebab kejadian kecelakaan melalui pendekatan FTA. Dengan menggabungkan kedua metode tersebut, diharapkan diperoleh pemahaman yang lebih mendalam mengenai hubungan sebab-akibat antar faktor risiko, sehingga dapat dirumuskan langkah pengendalian yang lebih efektif untuk menurunkan angka kecelakaan kerja, penyakit akibat kerja dan meningkatkan produktivitas pekerjaan.

Tinjauan Pustaka

Keselamatan dan Kesehatan Kerja

Keselamatan dan kesehatan kerja (K3) dapat dipahami sebagai konsep yang bertujuan untuk menjaga keutuhan kondisi fisik dan mental pekerja secara khusus, dan pada umumnya, guna mendukung terciptanya masyarakat yang Sejahtera [1]. Keselamatan dan kesehatan

Table 1. Faktor Manusia

Faktor Manusia	Contoh Kasus
Perilaku tidak aman	Pekerja melanggar prosedur kerja dan keamanan
	Pekerja tidak menggunakan APD
	Pekerja yang bekerja dalam kondisi yang tidak stabil / kelelahan
Kesalahan manusia	Kurangnya pelatihan terhadap penggunaan mesin yang akan digunakan
	Kesalahan dalam berkomunikasi
	Ketidakteitian dalam melakukan pekerjaan
Kondisi fisik	Kelelahan fisik
	Penyakit
Kondisi mental	Stress dan depresi
	Kecemasan

kerja dipahami sebagai cabang ilmu yang berfokus pada penerapan langkah-langkah dalam upaya mencegah kecelakaan kerja serta terjadinya penyakit akibat aktivitas kerja.

SMK3

Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK 3) merupakan bagian dari sistem dalam manajemen perusahaan terkait pengendalian risiko dalam berbagai kegiatan kerja guna menciptakan tempat kerja yang aman, efisien dan produktif [2].

Kecelakaan Kerja

Kecelakaan kerja merupakan kejadian yang tidak diinginkan serta tidak terduga terjadi di tempat kerja atau ketika sedang melakukan aktivitas kerja yang dapat menyebabkan cedera, penyakit, kerugian materi, kerusakan lingkungan hingga bahkan kematian. Menurut Firdaus dkk (2022), keselamatan kerja merupakan hal penting dalam mencegah terjadinya penyakit, kecacatan serta kematian yang diakibatkan dari kecelakaan kerja, sehingga keselamatan kerja yang diterapkan secara benar merupakan langkah yang harus diprioritaskan.

Penyakit Umum dan Penyakit Akibat Kerja

Penyakit umum adalah penyakit yang dapat diderita oleh semua orang dan oleh karena itu, seluruh orang harus melakukan pemeriksaan sebelum melakukan pekerjaan. Sedangkan penyakit akibat kerja adalah gangguan kesehatan yang dialami pekerja akibat paparan risiko di lingkungan kerja.

Faktor-faktor yang Memengaruhi Terjadinya Accident atau Kecelakaan Kerja

1. Faktor manusia adalah salah satu penyebab utama dari terjadinya kecelakaan kerja, Faktor manusia meliputi (Tabel 1):
2. Faktor Peralatan dapat mencakup seluruh aspek yang berkaitan dengan penggunaan mesin dan peralatan di workshop atau lingkungan kerja seperti (Tabel 2):
3. Faktor Lingkungan merupakan faktor yang terdapat di lingkungan pekerjaan dan mencakup situasi kerja yang berdampak pada

Table 2. Faktor Peralatan

Faktor Peralatan	Contoh Kasus
Peralatan rusak	Mesin yang sudah tidak layak pakai
	Alat pelindung diri yang rusak
Peralatan tidak sesuai	Penggunaan mesin yang tidak sesuai dengan fungsi
	Peralatan yang tidak ergonomis
Peralatan tidak lengkap	Peralatan tidak memenuhi standar
	Minimnya peralatan keselamatan yang dibutuhkan

keselamatan pekerja. Faktor lingkungan meliputi kondisi fisik tempat kerja, kondisi lingkungan kerja yang tidak sesuai, gangguan eksternal, bencana alam dan bahan-bahan berbahaya.

Metode *Safe-T-Score*

Metode *Safe-T-Score* adalah suatu alat analisis statistik yang digunakan dalam membandingkan angka kecelakaan kerja antara dua periode waktu yang berbeda. Menurut Dwijayanti (2020). Perhitungan *Safe-T-Score* meliputi:

1. *Frequency Rate* (FR) atau banyaknya jumlah kecelakaan (jam/manusia)

$$FR = \frac{\text{Jumlah Kecelakaan Kerja yang Terjadi} \times 1.000.000}{\text{Jam Kerja Orang}} \quad (1)$$

2. *Severity rate* (SR) atau tingkat keparahan kecelakaan

$$SR = \frac{\text{Jumlah hari yang hilang} \times 1.000.000}{\text{Jam Kerja}} \quad (2)$$

3. *Safe-T-Score* (STS)

$$STS = \frac{FR \text{ Kini} - FR \text{ Lalu}}{FR \text{ Lalu}} \quad (3)$$

Metode *Hazard Identification Risk Assessment and Risk Control* (HIRARC)

Menurut Achmad dalam Supriyadi (2017), HIRARC adalah proses dalam mengidentifikasi dan mengevaluasi bahaya yang terjadi di perusahaan, setelah itu melakukan penilaian risiko dari bahaya yang teridentifikasi selanjutnya membuat pengendalian risiko bahaya tersebut untuk meminimalisir risiko menjadi lebih rendah sehingga dapat mencegah terjadinya kecelakaan [3]. Berikut merupakan tahapan dari penggunaan metode HIRARC:

1. Identifikasi bahaya merupakan sesuatu yang dapat menyebabkan cedera pada manusia hingga kerusakan pada mesin, alat dan lingkungan ataupun menyebabkan kerugian.
2. Analisis Risiko untuk menentukan tingkat risiko dari setiap bahaya dan mengetahui tingkat prioritas dalam perancangan penanganannya.
3. Penilaian risiko adalah merupakan suatu penilaian yang digunakan dalam melakukan identifikasi potensi bahaya yang kemungkinan terjadi. Penilaian risiko dilakukan dengan mengalikan *likelihood* atau *probability* kecelakaan kerja itu terjadi dengan *severity/consequence* yang menunjukkan seberapa parah dampak dari kecelakaan tersebut. Gambar 3 berikut merupakan skala Penilaian Risiko pada standar AS/NZS 4360 [4]. Tabel 3 berikut merupakan deskripsi dari *risk rating*:

Frekuensi Risiko	Dampak Risiko				
	1	2	3	4	5
5	H	H	E	E	E
4	M	H	E	E	E
3	L	M	H	E	E
2	L	L	M	H	E
1	L	L	M	H	H

Gambar 3. Skala *Risk Rating***Table 3.** Deskripsi *Risk Rating*

Deskripsi	Aksi
Extreme	Pekerjaan tersebut tidak boleh dilakukan dan dilanjutkan hingga kemungkinan risiko dapat diminimalkan. Jika risiko tidak dapat dikurangi karena keterbatasan sumber daya, maka tidak ada pekerjaan yang dapat dilakukan.
High	Pekerjaan tidak bisa dijalankan hingga risikonya berkurang. Sumber daya yang dialokasikan untuk mengurangi risiko perlu dipertimbangkan. Jikalau risiko terdeteksi dapat terjadi dalam pelaksanaan pekerjaan, segera lakukan tindakan.
Medium	Diperlukannya tindakan dalam mengurangi risiko tetapi harus dilakukan perhitungan biaya yang diperlukan dengan hati-hati dan dibatasi sejauh pengukuran risiko perlu diterapkan dengan baik dan benar.
Low	Tidak diperlukannya pengawasan dan pengontrolan tambahan. Sesuatu yang diwaspadai merupakan solusi yang lebih hemat ataupun peningkatan yang tidak memerlukan tambahan biaya. Pemantauan diperlukan guna memastikan bahwa kontrol dipelihara dan diterapkan dengan tepat.

4. Pengendalian Risiko

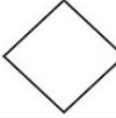
Setelah dilakukannya penilaian risiko, hasil penilaian tersebut akan digunakan sebagai dasar dalam melakukan pengendalian risiko. Setiap pengendalian risiko yang dilakukan akan dianalisa secara lengkap. Setelah pengendalian risiko dibuat, selanjutnya akan dilakukan pembuatan potensi penurunan *risk rating* yang akan dijadikan acuan atau target dari pengendalian risiko yang dibuat.

Metode *Fault Tree Analysis* (FTA)

Metode *Fault Tree Analysis* (FTA) adalah sebuah metode yang digunakan untuk mengidentifikasi dan menganalisis tiap aspek yang berpotensi dalam terjadinya peristiwa yang tidak diinginkan [5]. Berikut merupakan langkah-langkah dari metode *Fault Tree Analysis*:

1. Mengidentifikasi Kejadian Puncak (*Top Level Event*)
2. Menyusun Urutan *Causes and Effects* Pohon Kesalahan Menggunakan Diagram
3. Menganalisis *Fault Tree*

Dalam penggunaan metode *Fault Tree Analysis*, gambar 4 menunjukkan simbol yang digunakan:

Simbol	Nama Simbol	Keterangan
	<i>Top Event</i>	Peristiwa puncak yang akan ditentukan penyebab kegagalannya
	<i>Basic Event</i>	Kejadian dasar yang tidak membutuhkan analisa lanjutan
	<i>Conditioning Event</i>	Kejadian tertentu bila memenuhi suatu kondisi tertentu
	<i>Undeveloped Event</i>	Kejadian yang belum berkembang, sehingga tidak membutuhkan analisis lanjut karena tidak tersedianya informasi
	<i>Transferred Event</i>	Uraian lanjutan dari suatu peristiwa pada halaman selanjutnya
	<i>Gate OR</i>	Simbol gerbang digunakan apabila muncul kesalahan akibat salah satu input yang terjadi
	<i>Gate AND</i>	Simbol gerbang digunakan apabila kesalahan manual akibat seluruh input masalah terjadi.

Gambar 4. Simbol dalam FTA

Metodologi Penelitian

Pada penelitian ini, digunakan metode *Hazard Identification, Risk Assessment and Risk Control* (HIRARC) dan juga *Fault Tree Analysis* (FTA).

- Mengidentifikasi Potensi Bahaya di Lingkungan Kerja (HIRARC)
Pada tahap ini dilakukan pengidentifikasian dan pendataan terhadap seluruh potensi bahaya yang terdapat di lingkungan kerja perusahaan. Identifikasi bahaya ini mencakup kategori seperti bahaya fisik, kimia, biologis dan ergonomis.
- Menentukan Tingkat Risiko (HIRARC)
Selanjutnya dilakukan analisis risiko untuk menentukan kemungkinan maupun dampak dari bahaya. Hal ini bertujuan untuk memahami sejauh mana bahaya tersebut bisa menimbulkan risiko pada pekerjaan. Selanjutnya dilakukan penilaian tingkat risiko dengan mengalikan nilai *likelihood* dan *severity* dari suatu bahaya. Nilai *likelihood* menunjukkan seberapa besar kemungkinan bahaya tersebut dapat terjadi, sementara nilai *severity* menunjukkan seberapa parah akibat atau dampak jika bahaya tersebut terjadi.
- Analisis Penyebab (FTA)
Analisis Penyebab menggunakan metode *Fault Tree Analysis* yang berfungsi untuk mengidentifikasi dan menganalisis penyebab dari suatu kejadian yang terjadi yang tidak diinginkan. Berikut merupakan tahapannya [6]:
 - Mengidentifikasi atau melakukan penentuan *top event* berdasarkan dari hasil penilaian tingkat risiko. Risiko yang termasuk dalam kategori *high* dan *extreme* akan menjadi *top event* dalam *Fault Tree Analysis*.
 - Penyusunan urutan sebab-akibat yang disajikan dalam bentuk diagram pohon kesalahan yang dapat menggambarkan hubungan logis antara kejadian utama dan penyebabnya. Susunan

ini ditentukan dari hasil wawancara dengan narasumber yang mencakup penyebab langsung maupun penyebab tidak langsung dari kejadian. Berdasarkan dari hasil wawancara juga dapat menentukan susunan *basic events* hingga *intermediate events*.

- Setelah membuat pohon kesalahan, selanjutnya dilakukan *review* analisis untuk memahami penyebab utama kegagalan dalam sistem serta memberikan rekomendasi perbaikan pada desain, prosedur atau kebijakan yang relevan.
- Pengendalian Risiko (HIRARC)
Pengendalian risiko dilakukan dengan memprioritaskan *basic events* yang memiliki tingkat risiko tertinggi sesuai dengan urutan efektivitas dari eliminasi, substitusi, rekayasa, administrasi dan APD. Pengendalian risiko ini dapat mengimplementasikan strategi untuk mengurangi hingga menghilangkan risiko yang berpotensi terjadi.

Hasil dan Pembahasan

Pada penelitian ini terdapat tahap pengumpulan data yang terbagi menjadi 2, yaitu pengumpulan data primer dan pengumpulan data sekunder. Pengumpulan data primer didapatkan dari hasil observasi langsung terkait kegiatan yang berkorelasi dengan keselamatan dan kesehatan kerja di lapangan yaitu workshop PT XYZ yang sedang menjalankan proses perakitan panel listrik. Sedangkan data sekunder diperoleh dari unit bagian divisi K3L PT XYZ. Data Sekunder ini berupa profil perusahaan PT XYZ. Berikut merupakan Aktivitas dan Sumber Bahaya yang terdapat di workshop PT XYZ:

Hazard Identification

Hazard identification yang bertujuan untuk mengenali segala bentuk potensi bahaya yang bisa menyebabkan kecelakaan, cedera, kerusakan peralatan dan lingkungan di PT XYZ ini dilakukan melalui observasi langsung ke area kerja lalu melakukan pengumpulan informasi mengenai aktivitas kerja dan kondisi lingkungan yang terdapat di workshop PT XYZ seperti berikut:

- Pemotongan dan pembentukan rangka panel, rincian lengkap disajikan pada Tabel 4.
- Perakitan komponen elektrik dan mekanikal (MCB, MCCB, CT, relay, dll.) rincian lengkap disajikan pada Tabel 5.
- Pengkabelan internal panel, rincian lengkap disajikan pada Tabel 6.

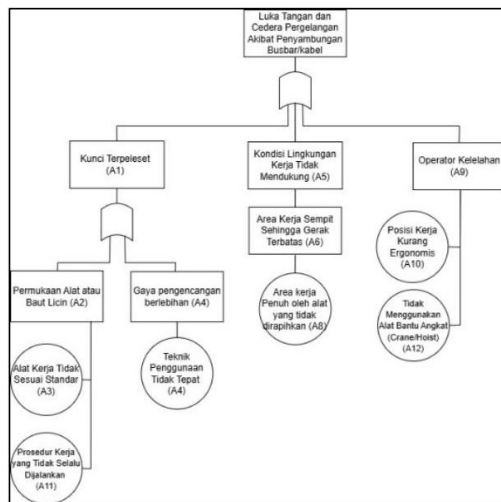
Risk Assessment Result

Risk assessment result didapatkan dari proses penilaian risiko dari berbagai bahaya atau potensi kejadian yang dapat menghambat kemungkinan terjadi) dan *consequence* (dampak) dari risiko tersebut. Berikut merupakan *risk assesment result* dari kegiatan perakitan panel listrik untuk unit PLN: kegiatan kerja berdasarkan kombinasi antara *likelihood* dan *consequence* (dampak) dari risiko tersebut. Tabel 7 berikut merupakan *risk assesment result* dari kegiatan perakitan panel Listrik:

Berdasarkan hasil perhitungan *risk rating* yang ditunjukkan pada tabel 8 di atas, dapat diketahui bahwa pada proses kerja Pemotongan dan Pembentukan Rangka Panel, seluruh aktivitasnya termasuk ke dalam level risiko medium. Pada proses kerja Perakitan Komponen Elektrikal dan Mekanikal (MCB, MCCB, CT, relay, dll.) terdapat 2 aktivitas dengan level risiko *low*, 2 aktivitas dengan level risiko medium dan 1 aktivitas dengan level risiko *high*, yaitu penyambungan busbar/kabel besar. Sedangkan pada proses kerja Pengkabelan Internal Panel terdapat 1 aktivitas dengan level risiko *low*, 2 aktivitas dengan risiko *medium*, dan 1 aktivitas dengan risiko *high* yaitu aktivitas pemasangan

Table 4. Hazard Identification Pemotongan dan Pembentukan Rangka Panel

Proses Kerja	Langkah Kerja	Potensi Bahaya	Risiko
Pemotongan dan pembentukan rangka panel	Pengukuran dan penandaan	Terpeleset saat mengambil posisi ukur, tangan tergores alat ukur tajam	Cedera ringan, jatuh
	Pemotongan material	Terkena serpihan logam, percikan api, terpotong alat tajam	Luka bakar, luka sayat, sakit mata
	Pembentukan dan perakitan awal	Terjepit rangka, posisi kerja tidak ergonomis	Cedera otot, nyeri punggung, memar
	Pengelasan dan finishing	Paparan asap las, terkena sinar las, luka bakar	Iritasi mata, pernapasan, luka bakar

**Gambar 5.** FTA penyambungan kabel busbar

skun dengan risiko cedera otot ringan dan nyeri tangan. Untuk aktivitas dengan risiko *high*, selanjutnya akan dianalisis penyebab lebih lanjutnya menggunakan metode *Fault Tree Analysis* (FTA).

Analisis Penyebab (FTA)

Berdasarkan *Risk Rating* sebelumnya, dilakukan analisis penyebab menggunakan metode *Fault Tree Analysis* (FTA) untuk mengetahui penyebab terjadinya dua aktivitas yang beresiko tinggi seperti penyambungan kabel busbar/kabel besar dan juga pemasangan skun. Pada tahap awal analisis penyebab ini dilakukan wawancara kepada operator kedua aktivitas tersebut yang selanjutnya dibuatkan ke dalam bentuk FTA seperti pada gambar 5 berikut:

1. FTA penyambungan kabel busbar/kabel besar Dalam diagram FTA tersebut, dijelaskan bahwa luka tangan dan cedera pergelangan saat penyambungan busbar/kabel disebabkan oleh tiga faktor, yaitu kunci tepeleset, kondisi lingkungan kerja yang tidak

Table 5. Perakitan Komponen Elektrikal dan Mekanikal (MCB, MCCB, CT, relay, dll)

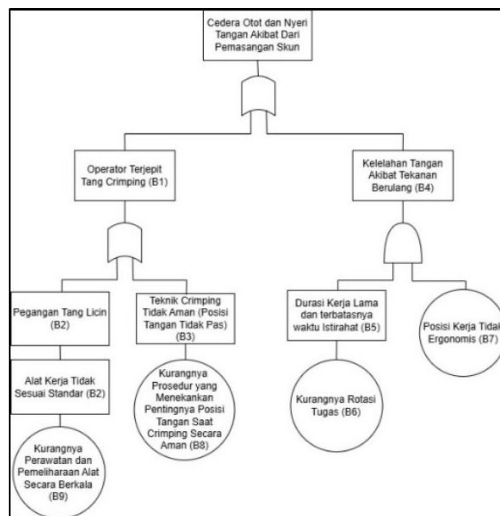
Proses Kerja	Langkah Kerja	Potensi Bahaya	Risiko
Perakitan Komponen Elektrikal dan Mekanikal (MCB, MCCB, CT, relay, dll.)	Pemasangan rel dan dudukan	Terkena bor, serpihan logam, posisi kerja yang membungkuk	Cedera tangan mata, nyeri punggung
	Pemasangan komponen mekanikal	Tangan terjepit saat memasang komponen, posisi kerja yang tidak ergonomis	Memar, pegal, keseleo ringan
	Penyambungan busbar/kabel besar	Kunci yang terpeleset, logam berat terjatuh	Luka tangan, cedera pada pergelangan
	Pemasangan komponen kontrol	Terlilit kabel, salah koneksi jika terdapat tegangan uji, tertusuk ujung kabel	Cedera kecil, risiko korsleting pada saat pengujian
	Pengecekan ulang	Risiko listrik statis jika terdapat daya saat pengujian parsial	Tersengat listrik ringan, luka bakar ringan

Table 6. Hazard Identification Pengkabelan Internal Panel

Proses Kerja	Langkah Kerja	Potensi Bahaya	Risiko
Pengkabelan Internal Panel	Pemotongan dan penandaan kabel	Terkena alat tajam, salah label menyebabkan kesalalman sambungan	Cidera ringan, risiko gangguan fungsi panel
	Pemasangan akun	Terjepit tang crimping, kelelahan pada tangan karena tekanan berulang	Cidera otot ringan dan nyeri tangan
	Penarikan kabel ke jalur ducluig	Tangan tergores decluting, posisi tubuh bungkuk lama	Luka ringan risiko nyeri punggung
	Penyambungan ke terminal	Terkena tegangan ruji jika panel mudah, salah sambung	Terkena sengatan listrik ringan, konsleting

Table 7. Risk Assessment Result

Aktivitas	Hazard Aspect	Risiko	Penilaian Risiko			Level Risiko
			Likelihood	Consequences	Nilai risiko	
Pemotongan dan pembentukan rangka panel						
Pengukuran dan penandaan	Terpeleset saat mengambil posisi ukur, tangan tergores alat ukur tajam	Cedera ringan, jatuh	3	2	6	Medium
Pemotongan material	Terkena serpihan logam, percikan api, terpotong alat tajam	Luka bakar, luka sayat, sakit mata	3	2	6	Medium
Pembentukan dan perakitan awal	Terjepit rangka, posisi kerja tidak ergonomis	Cedera otot, nyeri punggung, memar	2	3	6	Medium
Pengelasan dan finishing	Paparan asap las, terkena sinar las, luka bakar	Iritasi mata pernapasan, luka bakar	2	3	6	Medium



Gambar 6. FTA Pemasangan Skun



Gambar 7. Kunci Torsi

Risk Control

Pengendalian risiko adalah suatu proses kunci dan penentu seluruh proses manajemen risiko. Pengendalian risiko memiliki peran untuk meminimalisir level risiko, mulai dari level terendah hingga level tidak dapat ditoleransi. Berikut merupakan pengendalian risiko dari setiap pekerjaan pada aktivitas perakitan panel listrik:

1. *Risk Control* pada aktivitas penyambungan kabel busbar/kabel besar.

Terdapat 6 penyebab potensi bahaya yang dapat menyebabkan luka tangan dan cedera pergelangan akibat penyambungan busbar/kabel besar. Keenam penyebab potensi bahaya tersebut meliputi alat kerja tidak sesuai standar, prosedur kerja yang tidak selalu dijalankan, teknik penggunaan tidak tepat, area kerja penuh dengan alat yang tidak dirapikan, posisi kerja kurang ergonomis dan tidak menggunakan alat bantu angkat (*crane/hoist*). Berdasarkan risiko utama yang teridentifikasi yaitu luka tangan dan cedera pergelangan, selanjutnya diberikan usulan pengendalian dalam bentuk:

- a. Eliminasi, meliputi menghilangkan alat yang tidak sesuai standar, menghilangkan proses manual yang rawan akan risiko, menghilangkan alat/barang yang tidak diperlukan dari area kerja, menghilangkan posisi kerja yang tidak ergonomis.
- b. Substitusi, meliputi mengganti alat yang sesuai standar dan ergonomis seperti alat bantu otomatis berupa kunci torsi yang merupakan alat bantu otomatis yang dapat menghindari pengencangan berlebih yang dapat merusak busbar atau baut (gambar 7).

mendukung dan operator kelelahan. Kunci terpeleset dapat terjadi akibat alat atau baut licin dikarenakan alat kerja tidak sesuai standar maupun teknik pengencangan yang salah. Untuk kondisi lingkungan kerja yang tidak mendukung dikarenakan karena lingkungan kerja yang sempit dan meja kerja yang tidak rapi terutama karena alat kerja tidak dirapikan. Sementara itu, kelelahan operator dapat terjadi karena posisi kerja yang tidak ergonomis dan tidak menggunakan alat bantu angkat.

2. FTA Pemasangan Skun Pada diagram FTA gambar 6 di atas menunjukkan bahwa cedera otot dan nyeri tangan disebabkan oleh dua faktor utama yaitu operator terjepit tang crimping dan juga kelelahan tangan akibat tekanan berulang. Cedera karena terjepit tang crimping dapat terjadi karena kurangnya perawatan dan pemeliharaan alat secara berkala yang membuat alat kerja tidak sesuai standar sehingga pegangan tang menjadi licin. Selain itu, kurangnya prosedur yang menekankan pentingnya posisi tangan saat crimping secara aman dapat menyebabkan teknik crimping yang dilakukan operator menjadi tidak aman.

Table 8. Risk Assessment Result

Aktivitas	Hazard Aspect	Risiko	Penilaian Risiko			Level Risiko
			Like lihood	Conseq uences	Nilai risiko	
Pemotongan dan pembentukan rangka panel						
Pengukuran dan penandaan	Terpeleset saat mengambil posisi ukur, tangan tergores alat ukur tajam	Cedera ringan, jatuh	3	2	6	Medium
Pemotongan material	Terkena serpihan logam, percikan api, terpotong alat tajam	Luka bakar, luka sayat, sakit mata	3	2	6	Medium
Pembentukan dan perakitan awal	Terjepit rangka, posisi kerja tidak ergonomis	Cedera otot, nyeri punggung, memar	2	3	6	Medium
Pengelasan dan finishing	Paparan asap las, terkena sinar las, luka bakar	Iritasi mata pernapasan, luka bakar	2	3	6	Medium
Perakitan komponen elektrikal dan mekanikal (MCB, MCCB, CT, relay, dll.)						
Pemasangan rel dan dudukan	Terkena bor, serpihan logam, posisi kerja yang membungkuk	Cedera tangan mata, nyeri punggung	3	2	6	Medium
Pemasangan komponen mekanikal	Tangan terjepit saat memasang komponen, posisi kerja yang tidak ergonomis	Memar, pegal, keseleo ringan	2	2	4	Low
Penyambungan busbar/kabel besar	Kunci yang terpeleset, logam berat terjatuh	Luka tangan, cedera pada pergelangan	3	3	9	High
Pemasangan komponen kontrol	Terlilit kabel, salah koneksi jika terdapat tegangan uji, tertusuk ujung kabel	Cedera kecil, risiko korsleting pada saat pengujian	1	1	1	Low
Pengecekan ulang	Risiko listrik statis jika terdapat daya saat pengujian parsial	Tersengat listrik ringan, luka bakar ringan	2	3	6	Medium
Pengkabelan Internal Panel						
Pemotongan dan penandaan kabel	Terkena alat tajam, salah label menyebabkan kesalahan sambungan	Cedera ringan, risiko gangguan fungsi panel	3	2	6	Medium
Pemasangan skun	Terjepit tang crimping, kelelahan pada tangan karena tekanan berulang	Cedera otot dan nyeri tangan	3	3	9	High
Penarikan kabel ke jalur ducting	Tangan tergores ducting, posisi tubuh membungkuk lama	Luka ringan, risiko nyeri punggung	2	2	4	Low
Penyambungan ke terminal	Terkena tegangan uji jika panel sudah energize, salah sambung	Terkena sengatan listrik ringan, korsleting	2	3	6	Medium

Selain itu terdapat juga alat bantu *crane/hoist* yang dapat menjaga keselamatan kerja karena pengangkatan yang sebelumnya manual beresiko menjadi lebih aman dan efisien seperti gambar 8 berikut:

c. Pengendalian teknik

Meliputi perawatan rutin alat kerja, pemasangan reminder visual/prosedur di area kerja, modifikasi alat agar lebih mudah digunakan.

d. Pengendalian administratif

Meliputi pelatihan dan SOP penggunaan alat, pengawasan ketat, pelatihan K3, penerapan 5R (Ringkas, Rapi, Resik, Rawat, Rajin), inspeksi area dan melakukan identifikasi risiko dan usulan pengendalian menggunakan metode HIRARC dan FTA.

e. APD Sarung tangan dalam gambar 9 di atas merupakan sarung tangan isolasi listrik yang berfungsi untuk melindungi tubuh



Gambar 8. Alat Bantu Electric Hoist



Gambar 9. Sarung Tangan Isolasi Listrik



Gambar 10. One Set APD



Gambar 11. Sabuk Penyangga Pinggang

operator dari aliran arus listrik saat bekerja. Selain sarung tangan isolasi listrik, terdapat juga rekomendasi APD yang berupa *safety shoes*, *safety helmet* dan *safety warepack* seperti dalam berikut:

Gambar 10 di atas merupakan ilustrasi dari *safety shoes*, *safety helmet*, *safety wearpack* yang berfungsi untuk melindungi pekerja dari berbagai risiko di tempat kerja. *Safety shoes* dapat melindungi kaki pekerja dari benturan, tusukan, dan risiko listrik. *Safety helmet* berfungsi untuk menjaga kepala dari cedera benturan atau benda keras yang jatuh. Sedangkan untuk *safety wearpack*, dapat memberikan perlindungan tubuh secara menyeluruh dari paparan bahan berbahaya selama berjalannya aktivitas kerja. Selain dari APD di atas, terdapat juga rekomendasi APD yaitu sabuk penyangga pinggang seperti pada gambar 11 berikut: Sabuk penyangga pinggang berfungsi membantu otot pinggang untuk menopang tulang belakang, mengurangi tekanan pada otot dan sendi tulang belakang serta mencegah cedera.

2. Risk Control pada aktivitas pemasangan skun



Gambar 12. Tang Crimping Elektrik



Gambar 13. Meja Ergonomis

Berdasarkan risiko utama yang teridentifikasi yaitu cedera otot dan nyeri tangan akibat dari pemasangan skun, selanjutnya diberikan usulan pengendalian dalam bentuk:

- Eliminasi, meliputi menghilangkan alat crimping manual, menghilangkan proses manual berulang, dan menghilangkan tugas monoton.
- Substitusi, meliputi penggantian tang crimping manual dengan tang crimping elektrik, seperti gambar 12 berikut:

Penggantian alat ke tang crimping elektrik agar proses crimping menjadi lebih efisien karena operator tidak perlu mengeluarkan banyak tenaga dan waktu untuk setiap sambungan dan juga dapat mengurangi kelelahan pada operator. Selain itu bisa mengganti alat dengan desain ergonomis seperti meja yang adjustable. Penggunaan meja ergonomis (gambar 13) dapat mengurangi risiko nyeri punggung, leher dan cedera postur. Selain itu, penggantian jadwal tugas yang awalnya monoton menjadi jadwal yang berotasi agar operator dapat memiliki waktu istirahat yang sesuai.

- Pengendalian teknik, meliputi penambahan pelumas atau *maintenance* alat *crimping*, penambahan alat bantu penahan kabel/tangan (Gambar 14). Alat bantu penahan kabel tersebut berfungsi untuk menahan posisi kabel dengan stabil saat proses crimping dilakukan. Selain itu, diperlukan juga meja kerja ergonomis, alat bantu angkat kabel/skun seperti holder atau jig khusus (Gambar 15). Holder atau jig khusus ini berfungsi untuk menahan kabel dan skun pada posisi yang tepat agar tangan operator bisa mempermudah pekerjaan operator.
- Pengendalian administratif, meliputi jadwal perawatan berkala dan SOP pemeriksaan alat, pelatihan teknik crimping yang aman dan briefing sebelum kerja, jadwal rotasi kerja dan monitoring, pelatihan ergonomi, penerapan SOP posisi kerja, dan melakukan identifikasi risiko dan usulan pengendalian menggunakan metode HIRARC dan FTA.



Gambar 14. Alat Bantu Penahan Kabel



Gambar 15. Holder atau Jig Khusus



Gambar 16. Sarung Tangan

- e. APD, meliputi sarung tangan kerja seperti (Gambar 16): Dengan penggunaan sarung tangan ini dapat melindungi tangan dari luka dan goresan, selain itu juga dapat melindungi operator terhadap risiko listrik jika mereka bekerja dengan kabel yang bertegangan. Selain sarung tangan, terdapat juga rekomendasi yang berupa wrist support seperti berikut (Gambar 17): Penggunaan wrist support saat pemasangan skun dapat mengurangi nyeri dan ketegangan pada pergelangan tangan akibat aktivitas crimping yang memerlukan tekanan dan gerakan yang berulang.



Gambar 17. Wrist Support

Kesimpulan

Penelitian ini menyimpulkan bahwa aktivitas perakitan panel listrik di PT. XYZ memiliki berbagai potensi bahaya kerja, seperti cedera akibat alat tajam, luka oleh logam berat, sengatan listrik, nyeri otot akibat postur kerja tidak ergonomis, dan risiko terpeleset karena lingkungan kerja yang kurang tertata, yang diklasifikasikan sebagai bahaya fisik, mekanik, ergonomis, dan listrik. Hasil penilaian risiko menunjukkan sebagian besar aktivitas berada pada tingkat risiko sedang hingga tinggi, khususnya pada penyambungan kabel besar dan pemasangan skun. Penyebab utama kecelakaan kerja meliputi penggunaan alat yang tidak sesuai standar, postur kerja yang buruk, ketidakpatuhan terhadap SOP, dan kurangnya alat bantu angkat. Pengendalian risiko disarankan melalui pendekatan hierarki, seperti eliminasi sumber bahaya, substitusi alat yang lebih aman, rekayasa teknis, kontrol administratif melalui pelatihan dan pengawasan, serta penggunaan APD yang sesuai, dengan dukungan analisis HIRARC dan FTA untuk merancang pengendalian yang lebih efektif.

Daftar Pustaka

1. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 1 Tahun 1970 tentang Keselamatan Kerja [Undang-Undang]; 1970.
2. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 50 Tahun 2012 tentang Penerapan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3) [Peraturan Pemerintah]; 2012.
3. Hidayat MC, Nuruddin M. Analisis Identifikasi Bahaya Kecelakaan Kerja Menggunakan Job Safety Analysis (JSA) dengan Pendekatan Hazard Identification, Risk Assessment and Risk Control (HIRARC) (Studi Kasus PT. Smelting Plan Refinery). JUSTI (Jurnal Sistem dan Teknik Industri). 2022;2(4):557-69.
4. Irawan S, Panjaitan TW, Bendatu LY. Penyusunan Hazard Identification Risk Assessment and Risk Control (HIRARC) di PT. X. Jurnal Titra. 2015;3(1):15-8.
5. Alijojo W, Jacob E. E-book Teknik Penilaian Risiko (Risk Assessment Techniques – RAT); 2021.
6. Roban R, Perdana MF, Man B, Hermawan A, Yudha HS. Penerapan Keselamatan Kerja dengan Metode Fault Tree Analysis untuk Meningkatkan Produktivitas Kerja di PD. Sinar Mekar. Application of Work Safety Using the Fault Tree Analysis (FTA) Method to Increase Work Productivity at UD. Blooming Light.