



Analisis Risiko Kecelakaan Kerja Menggunakan Metode HIRARC dan *Fault Tree Analysis* (FTA) pada Proses *Progressive dan Welding* di PT X

Dominicus Alferdo Rivaldi¹, Ferida Yuamita²

Program Studi Teknik Industri, Universitas Teknologi Yogyakarta, Jl. Glagahsari
No 63, Warungboto, Kec. Umbulharjo, Kota Yogyakarta, Daerah Istimewa
Yogyakarta, 55164

Penulis Korespondensi: (1) dominicusalferdo@gmail.com (2) feridayuamita@uty.ac.id

Abstract. *Occupational Occupational Safety and Health (OSH) plays an important role in preventing workplace accidents and maintaining productivity in manufacturing industries. PT X is a metal manufacturing company with high-risk activities in the Progressive and Welding processes. In 2025, the company recorded six workplace accidents, indicating the need for systematic risk evaluation. This study aims to identify workplace hazards, assess risk levels, analyze the root causes of accidents, and propose appropriate control measures. A descriptive quantitative approach was employed using the Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control (HIRARC) method integrated with Fault Tree Analysis (FTA). Data were collected through observations, interviews, and company documentation. The HIRARC results identified workplace hazards with different risk levels, while FTA revealed that accidents were primarily caused by human, machine, method, material, and environmental factors. Based on these findings, risk control recommendations were developed according to the hierarchy of controls, including engineering controls, administrative controls, the proper use of personal protective equipment (PPE), and improved safety training. These recommendations are expected to reduce workplace accident risks and enhance the implementation of Occupational Safety and Health (OSH) in the company.*

Keywords: *Occupational Safety and Health, HIRARC, Fault Tree Analysis, Risk Assessment, Workplace Accidents.*

Abstrak. Kecelakaan kerja merupakan salah satu permasalahan yang dapat mengganggu keselamatan pekerja serta menurunkan efektivitas proses produksi pada industri manufaktur. PT X merupakan perusahaan manufaktur pengolahan logam yang memiliki potensi bahaya pada proses Progressive dan Welding karena melibatkan penggunaan mesin berkapasitas besar dan aktivitas pengelasan. Berdasarkan data perusahaan tahun 2025, terjadi enam kejadian kecelakaan kerja yang terdiri atas dua kasus tangan terjepit mesin, dua kasus tangan tergores *scrap*

material, satu kasus terkena percikan las, dan satu kasus tertimpa material. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi potensi bahaya, menilai tingkat risiko, menganalisis akar penyebab kecelakaan kerja, serta menyusun rekomendasi pengendalian untuk meminimalkan risiko kecelakaan kerja. Penelitian menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif dengan metode *Hazard Identification*,

Risk Assessment, and Risk Control (HIRARC) yang diintegrasikan dengan *Fault Tree Analysis (FTA)*. Data diperoleh melalui observasi, wawancara, serta dokumentasi perusahaan. Hasil analisis HIRARC menunjukkan bahwa potensi bahaya pada proses *Progressive* dan *Welding* berada pada kategori risiko rendah, sedang, tinggi, dan ekstrem, sehingga memerlukan prioritas pengendalian sesuai tingkat risikonya. Selanjutnya, analisis FTA mengidentifikasi bahwa kecelakaan kerja dipengaruhi oleh faktor manusia, mesin, metode kerja, material, dan lingkungan kerja. Berdasarkan hasil analisis tersebut, rekomendasi pengendalian disusun mengacu pada hirarki pengendalian risiko yang meliputi pengendalian teknis, pengendalian administratif, peningkatan kepatuhan penggunaan alat pelindung diri, serta penguatan program pelatihan dan pengawasan K3. Penerapan rekomendasi tersebut diharapkan dapat menurunkan potensi kecelakaan kerja serta meningkatkan efektivitas penerapan Keselamatan dan Kesehatan Kerja di perusahaan.

Kata kunci: Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3), *HIRARC*, *Fault Tree Analysis*, Analisis Risiko, Kecelakaan Kerja.

1. LATAR BELAKANG

Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) merupakan aspek penting dalam industri manufaktur untuk melindungi pekerja sekaligus menjaga kelancaran proses produksi. Aktivitas yang melibatkan mesin dan material logam memiliki potensi bahaya yang tinggi sehingga memerlukan manajemen risiko yang efektif. PT X sebagai perusahaan pengolahan logam menjalankan proses *Progressive* dan *Welding* yang berisiko menimbulkan kecelakaan kerja, seperti tangan terjepit mesin, tergores *scrap material*, terkena percikan las, dan tertimpa material. Berdasarkan data perusahaan tahun 2025, tercatat enam kasus kecelakaan kerja yang menunjukkan bahwa pengendalian risiko masih perlu ditingkatkan karena kecelakaan dapat berdampak pada keselamatan pekerja, produktivitas, serta kerugian perusahaan (Syarif & Sumardi, 2023; Gea et al., 2023).

Metode *Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control* (HIRARC) digunakan untuk mengidentifikasi bahaya, menilai tingkat risiko, dan menentukan pengendalian, sedangkan *Fault Tree Analysis* (FTA) digunakan untuk mengidentifikasi akar penyebab kecelakaan kerja. Integrasi kedua metode tersebut menghasilkan analisis yang lebih komprehensif sehingga dapat mendukung penyusunan rekomendasi pengendalian yang lebih tepat. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan menganalisis risiko kecelakaan kerja pada proses Progressive dan Welding di PT X sebagai dasar peningkatan penerapan K3 di lingkungan kerja (Giovanni et al., 2025; Manurung et al., 2025).

2. KAJIAN TEORITIS

1. Keselamatan dan Kesehatan Kerja

Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) merupakan upaya untuk melindungi pekerja dari potensi bahaya selama proses kerja sekaligus menciptakan lingkungan kerja yang aman dan produktif. Penerapan K3 membantu mengurangi risiko kecelakaan, meningkatkan produktivitas, serta meminimalkan kerugian perusahaan akibat insiden kerja (Syarif & Sumardi, 2023).

2. *Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control* (HIRARC)

HIRARC merupakan metode manajemen risiko yang terdiri atas identifikasi bahaya, penilaian tingkat risiko berdasarkan *likelihood* dan *severity*, serta penentuan tindakan pengendalian sesuai tingkat risiko. Metode ini digunakan untuk menetapkan prioritas pengendalian sehingga potensi kecelakaan kerja dapat diminimalkan (Giovanni et al., 2025).

3. *Fault Tree Analysis* (FTA)

Fault Tree Analysis (FTA) adalah metode analisis yang digunakan untuk mengidentifikasi akar penyebab suatu kecelakaan melalui hubungan sebab-akibat dari suatu *top event*. Metode ini membantu menemukan faktor penyebab yang berasal dari manusia, mesin, metode, material, maupun lingkungan sehingga dapat menjadi dasar penyusunan

pengendalian risiko yang lebih efektif (Manurung et al., 2025).

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menerapkan pendekatan deskriptif kuantitatif untuk menganalisis risiko kecelakaan kerja pada proses *Progressive* dan *Welding* di PT X. Pengumpulan data dilakukan melalui observasi, wawancara, serta studi dokumentasi yang meliputi data kecelakaan kerja, SOP, dan dokumen pendukung perusahaan. Analisis diawali dengan metode *Fault Tree Analysis* (FTA) untuk mengidentifikasi akar penyebab kecelakaan, kemudian dilanjutkan menggunakan metode *Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control* (HIRARC) guna mengidentifikasi potensi bahaya, menilai tingkat risiko berdasarkan *likelihood* dan *severity*, serta menyusun rekomendasi pengendalian sesuai hirarki pengendalian risiko. Hasil penelitian diharapkan menjadi dasar dalam meningkatkan penerapan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) pada proses *Progressive* dan *Welding* di PT X.

Identification, Risk Assessment, and Risk Control (HIRARC) guna mengidentifikasi potensi bahaya, menilai tingkat risiko berdasarkan *likelihood* dan *severity*, serta menyusun rekomendasi pengendalian sesuai hirarki pengendalian risiko. Hasil penelitian diharapkan menjadi dasar dalam meningkatkan penerapan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) pada proses *Progressive* dan *Welding* di PT X.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Gambaran Umum Proses Progressive dan Welding

Proses *Progressive* dan *Welding* merupakan tahapan utama dalam produksi komponen logam di PT X yang memiliki berbagai potensi bahaya akibat penggunaan mesin dan aktivitas pengelasan. Oleh karena itu, dilakukan analisis menggunakan metode FTA dan HIRARC untuk mengidentifikasi penyebab kecelakaan serta tingkat risiko pada setiap aktivitas.

2. Pengolahan Data Fault Tree Analysis (FTA)

Analisis *Fault Tree Analysis* (FTA) dilakukan untuk mengidentifikasi akar penyebab kecelakaan kerja pada proses Progressive dan Welding melalui penentuan *top event*, *basic event*, dan penyusunan diagram FTA.

a. Penentuan Top Event

Penentuan *top event* dilakukan berdasarkan hasil identifikasi kecelakaan kerja yang memiliki tingkat risiko tertinggi pada proses Progressive dan Welding.

No	Jenis Insiden/Kecelakaan	Top Event
1	Tangan operator terjepit mesin <i>progressive</i> saat proses <i>stamping</i>	Cedera tangan akibat terjepit mesin <i>progressive</i>
2	Tangan tergores benda tajam seperti <i>scrap</i>	Cedera tangan akibat kontak dengan <i>scrap material</i>
3	Terpental gulungan saat memotong penyangga ketika memasukkan <i>coil</i> ke bantalan	Cedera operator akibat terpental gulungan <i>coil</i> saat pemasangan
4	Operator memasuki area robot aktif dan terpapar busur las	Cedera akibat paparan busur las <i>welding robot</i>
5	Operator menghirup asap logam (<i>fumes</i>) berlebih	Gangguan kesehatan akibat paparan asap logam (<i>fumes</i>)
6	Operator terkena percikan saat proses pengelasan	Cedera operator akibat percikan las <i>welding robot</i>

Hasil identifikasi *top event* menjadi dasar dalam menentukan faktor penyebab kecelakaan pada tahap analisis berikutnya.

b. Identifikasi Basic Event

Setelah top event ditentukan, dilakukan identifikasi basic event untuk mengetahui faktor faktor yang menjadi penyebab dasar kecelakaan kerja berdasarkan hasil observasi dan wawancara.

No	Faktor	Basic Event
1	Manusia	Operator tidak menggunakan APD yang sesuai, seperti sarung tangan, <i>face shield</i> , kacamata las, dan helm keselamatan saat melakukan pekerjaan.
2	Manusia	Operator belum memahami potensi bahaya pada mesin <i>progressive</i> dan <i>welding robot</i> karena kurangnya pelatihan dan sosialisasi K3.
3	Manusia	Operator tidak mematuhi prosedur kerja (SOP) pada saat mengoperasikan mesin.
4	Manusia	Pengawasan terhadap kepatuhan penerapan K3 oleh <i>supervisor</i> atau <i>leader</i> produksi belum dilakukan secara konsisten.
5	Peralatan	<i>Machine guarding</i> pada mesin <i>progressive</i> tidak terpasang, rusak, atau tidak berfungsi sebagaimana mestinya.
6	Peralatan	<i>Safety fence</i> atau <i>light curtain</i> pada area <i>welding robot</i> tidak berfungsi atau dinonaktifkan.
7	Peralatan	Sistem ventilasi (<i>Local Exhaust Ventilation/LEV</i>) pada area <i>welding robot</i> tidak mampu menghisap asap las (<i>fumes</i>) secara optimal.
8	Metode	Prosedur <i>Lock Out Tag Out</i> (LOTO) tidak diterapkan sebelum melakukan pekerjaan pada area <i>welding robot</i> .
9	Metode	Prosedur pemasangan <i>coil</i> tidak dilaksanakan sesuai tahapan yang tercantum dalam SOP.
10	Metode	Evaluasi dan peninjauan risiko kerja tidak dilakukan secara berkala terhadap aktivitas produksi.
11	Lingkungan	Area kerja yang sempit membatasi ruang gerak operator sehingga meningkatkan risiko kontak dengan mesin atau material.
12	Lingkungan	Area <i>welding</i> tidak dilengkapi <i>welding curtain/screen</i> sehingga paparan busur las dan percikan las dapat mengenai operator di sekitarnya.

Hasil identifikasi menunjukkan bahwa penyebab kecelakaan kerja dipengaruhi oleh faktor manusia, mesin, metode kerja, material,

dan lingkungan kerja. Faktor faktor tersebut kemudian digunakan dalam penyusunan diagram FTA.

c. Diagram Fault Tree Analysis

Berdasarkan hasil identifikasi top event dan basic event, selanjutnya disusun diagram FTA untuk menggambarkan hubungan sebab akibat dari setiap kejadian kecelakaan kerja.

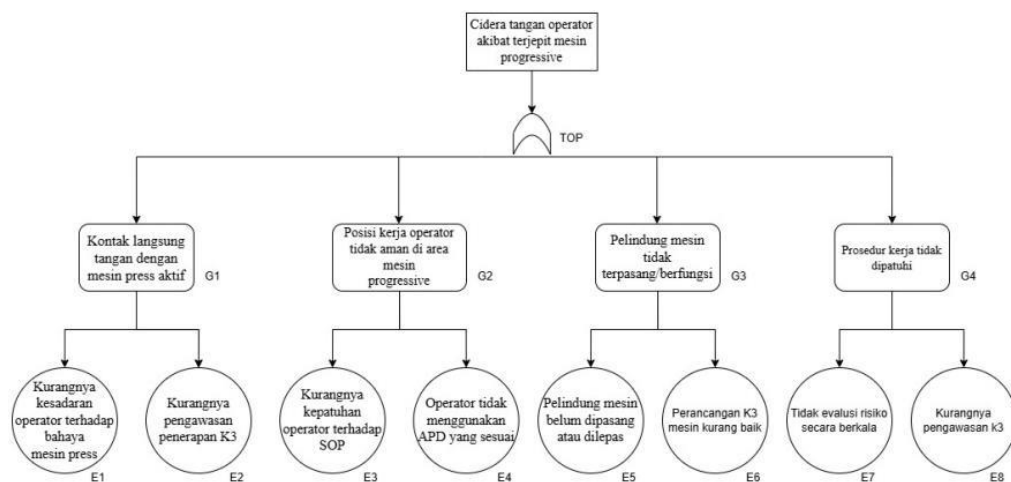


Diagram FTA menunjukkan bahwa kecelakaan kerja pada proses Progressive dan Welding dipengaruhi oleh kombinasi beberapa faktor yang saling berkaitan. Hasil analisis tersebut menjadi dasar dalam penyusunan rekomendasi pengendalian risiko untuk mengurangi potensi terjadinya kecelakaan kerja.

3. Pengolahan Data HIRARC

a. HIRARC Mesin Progressive

	Aktivitas/Area Kerja	Bahaya	Risiko	(L×S)	Tingkat Risiko	Pengendalian Risiko
1	Pemindahan coil ke feeder mesin	Coil tertimpa atau terjatuh saat proses pemindahan	Cedera tangan dan kaki	12	High	- Menggunakan alat bantu material handling (hoist/crane). - Memastikan operator menggunakan APD lengkap.

						- Melakukan inspeksi alat angkat secara berkala.
2	Pengoperasian mekanisme penjepit coil	Tangan terjepit penjepit coil	Cedera serius pada tangan	16	Extreme	- Pemasangan machine guarding pada area penjepit. - Penerapan SOP kerja yang aman. - Pelatihan operator secara berkala.
3	Pengoperasian feeder otomatis	Tangan terjepit feeder otomatis	Cedera tangan hingga amputasi	20	Extreme	- Pemasangan interlock safety dan emergency stop. - Larangan memasukkan tangan ke area feeder saat mesin beroperasi. - Pengawasan kerja secara rutin.
4	Operasional mesin progressive	Paparan kebisingan mesin	Gangguan pendengaran	10	High	- Penggunaan earplug atau earmuff. - Pengukuran kebisingan secara berkala. - Pembatasan waktu paparan kebisingan.
5	Proses stamping	Lentangan scrap atau serpihan plat	Cedera mata dan wajah	12	High	- Pemasangan pelindung area kerja (safety cover).

						- Penggunaan kacamata keselamatan (<i>safety glasses</i>). - Pembersihan scrap secara berkala.
6	Penanganan material hasil proses	Adanya burry pada material	Luka gores pada tangan	6	Medium	- Penggunaan sarung tangan kerja. - Pemeriksaan kualitas hasil potong. - Pembersihan burry sebelum proses berikutnya.
7	Pengambilan produk dan scrap	Serpihan logam tajam	Luka sayat dan tusukan	12	High	- Penggunaan sarung tangan tahan potong (<i>cut resistant gloves</i>). - Penyediaan wadah scrap yang aman. - Penerapan housekeeping area kerja.
8	Penggantian atau penyetelan dies	Tangan terjepit komponen dies	Cedera tangan	12	High	- Penerapan prosedur Lock Out Tag Out. - Penggunaan alat bantu saat pemasangan dies. - Pemeriksaan kondisi dies sebelum digunakan.

Berdasarkan hasil penelitian, aktivitas pada mesin Progressive memiliki tingkat risiko yang bervariasi, mulai dari kategori rendah hingga ekstrem. Risiko dengan kategori tinggi dan ekstrem menjadi prioritas utama dalam penerapan pengendalian agar potensi

kecelakaan kerja dapat diminimalkan melalui perbaikan prosedur kerja, penggunaan APD, serta pemeliharaan mesin secara berkala.

b. HIRARC Mesin Welding

Penilaian risiko pada mesin Welding dilakukan terhadap seluruh aktivitas pengelasan yang berpotensi menimbulkan bahaya bagi operator. Analisis dilakukan menggunakan metode HIRARC untuk menentukan tingkat risiko serta menetapkan langkah pengendalian sesuai dengan potensi bahaya yang teridentifikasi.

No	Aktivitas/Area Kerja	Bahaya	Risiko	(L×S)	Tingkat Risiko	Pengendalian Risiko
1	Pengoperasian welding robot	Kabel atau konektor rusak	Tersengat listrik	15	High	- Melakukan inspeksi kabel dan konektor secara berkala. - Mengganti kabel yang rusak atau terkelupas. - Menggunakan APD berupa sarung tangan isolasi dan sepatu keselamatan.
2	Setting robot (<i>teach mode</i>)	Pergerakan lengan robot	Terbentur atau terjepit lengan robot	12	High	- Mengaktifkan mode keselamatan (<i>teach mode safety</i>). - Membatasi akses area kerja robot. - Memberikan pelatihan pengoperasian robot kepada operator.
3	Loading dan unloading fixture	Lengan robot bergerak otomatis	Terjepit atau tertimpa lengan robot	15	High	- Memastikan robot dalam kondisi berhenti sebelum proses loading. - Memasang sistem interlock dan emergency stop. - Menerapkan SOP kerja yang aman.

4	Area pengelasan robot aktif	Radiasi busur las	Gangguan penglihatan dan iritasi mata	16	Extreme	- Memasang <i>safety fence</i> dan tirai las (<i>welding curtain</i>). - Menggunakan kacamata atau helm las sesuai standar. - Membatasi akses ke area pengelasan saat robot beroperasi.
5	Proses pengelasan otomatis	Asap las (<i>fumes</i>)	Gangguan sistem pernapasan	16	Extreme	- Memasang sistem ventilasi dan <i>fume extractor</i>. - Melakukan pemantauan kualitas udara secara berkala. - Menggunakan respirator sesuai kebutuhan.
6	Area sekitar <i>safety fence</i>	Radiasi UV residual	Iritasi kulit dan mata	9	Medium	- Menutup celah pada <i>safety fence</i>. - Memastikan pelindung area kerja terpasang dengan baik. - Menggunakan APD yang sesuai.
7	Penanganan hasil pengelasan	Tepi hasil las masih panas	Luka bakar atau luka gores	6	Medium	- Menggunakan sarung tangan tahan panas. - Memberikan waktu pendinginan sebelum penanganan produk.

						- Memberikan tanda peringatan pada material panas.
8	Area kerja welding robot	Lantai licin akibat spatter	Terpeleset dan terjatuh	9	Medium	- Membersihkan area kerja secara rutin. - Menerapkan program <i>housekeeping</i> . - Menggunakan sepatu keselamatan anti-slip.
9	Pelepasan konektor atau torch	Kontak dengan arus listrik	Tersengat listrik	8	Medium	- Memastikan sumber listrik telah dimatikan sebelum pekerjaan dilakukan. - Menerapkan prosedur <i>Lock Out Tag Out</i> . - Melakukan pemeriksaan peralatan secara berkala.

Hasil penilaian menunjukkan bahwa aktivitas pada mesin Welding memiliki tingkat risiko yang berbeda pada setiap tahapan pekerjaan. Oleh karena itu, diperlukan pengendalian melalui penerapan prosedur kerja yang sesuai, penggunaan alat pelindung diri secara konsisten, peningkatan pengawasan, serta pelaksanaan pelatihan K3 untuk mengurangi potensi kecelakaan kerja selama proses pengelasan.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, metode Fault Tree Analysis (FTA) menunjukkan bahwa kecelakaan kerja pada proses Progressive dan Welding tidak hanya dipicu oleh satu penyebab, tetapi dipengaruhi oleh berbagai faktor

yang saling berhubungan, meliputi faktor manusia, mesin, metode kerja, material, dan lingkungan kerja. Selanjutnya, penerapan metode Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control (HIRARC) mampu mengidentifikasi potensi bahaya serta mengelompokkan Tingkat Risiko pada setiap aktivitas kerja ke dalam kategori Low risk, Medium Risk, High Risk, dan Extreme Risk. Berdasarkan hasil tersebut, diperlukan penerapan pengendalian yang sesuai melalui peningkatan disiplin dalam menjalankan prosedur kerja, penggunaan alat pelindung diri (APD) secara konsisten, pemeliharaan mesin secara berkala, serta penguatan pelatihan dan pengawasan K3 untuk menekankan risiko kecelakaan kerja pada proses Progressive dan welding.

DAFTAR REFERENSI

- Andriani, D., Ratnaningsih, A., & Putra, P. (2022). Analisis HIRARC risiko K3 fabrikasi dan erection gedung baja pembangunan Hotel Loji Kridanggo Boyolali. *Jurnal Teknik Sipil*, 8(2), 70–81. <https://doi.org/10.26760/rekaracana>
- Burliyan, I., Lestani, M. E., & Purnomo, A. (2025). Operational risk control strategies in fuel distribution using HIRARC and FTA. *Eduvest – Journal of Universal Studies*, 5(9), 10610–10622. <https://doi.org/10.59188/eduvest.v5i9.51103>
- Darmawan, D., Puspita, A. D., & Santosa, G. (2022). Analisis keselamatan dan kesehatan kerja dengan pendekatan Hazard Identification Risk Assessment and Fault Tree Analysis pada PT WGI. *JISO: Journal of Industrial and Systems Optimization*, 5(1), 10–17. <https://doi.org/10.51804/jiso.v5i1.10-17>
- Daulay, R. F., & Nuruddin, M. (2022). Analisis K3 di Bengkel Dwi Jaya Motor dengan menggunakan metode HIRA terintegrasi metode FTA. *JUSTI (Jurnal Sistem dan Teknik Industri)*, 2(4), 571–579. <https://doi.org/10.30587/justicb.v2i4.4246>
- Fikri, A. M., Mahbubah, N. A., & Negoro, Y. P. (2022). Pengelolaan risiko kecelakaan kerja di *open area* konstruksi berbasis pendekatan HIRARC. *Jurnal Surya Teknika*, 9(2), 441–449. <https://doi.org/10.37859/jst.v9i2.4263>
- Habibi, M., Pohan, I. F., Wibowo, M. A. A., & Fauzan, A. T. (2025). Analisa potensi bahaya dan risiko kegiatan bongkar muat peti kemas dengan metode

- HIRARC (Studi kasus: PT ABC). *Integrative Perspectives of Social and Science Journal*, 2(3), 4821–4833. <https://doi.org/10.61132/ipssj.v2i3.644>
- Hardiansah, H., Sukmono, Y., & Saptaningtyas, W. W. (2023). Analisis risiko kecelakaan kerja dengan metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) dan Fault Tree Analysis (FTA). *Jurnal Teknik Industri (JATRI)*, 1(1), 1–9. <https://doi.org/10.30872/jatri.v1i1.493>
- Ningsih, W., Assyifa, Pramudita, M. A., & Budiharjo. (2025). Analisis risiko keselamatan dan kesehatan kerja pada Pabrik Tahu Pak Abdullah dengan menggunakan metode HIRADC. *Hikamatzu Journal of Multidisciplinary*, 2(1). <https://doi.org/10.70235/hjm.v2i1.206>
- Panday, R., & Rachmat, B. (2020). Hazard identification, risk assessment and risk control in chemical industry. *International Journal of Recent Technology and Engineering*, 8(6), 4429–4433. <https://doi.org/10.35940/ijrte.F9229.038620>
- Priyanka, V., & Basaria, F. T. (2023). Minimizing work risks in Indonesia: A case study analysis of hazard identification, risk assessment, and risk control implementation. *E3S Web of Conferences*, 426. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202342601017>
- Raharja, M. A., & Nusyirwan, D. (2023). Identifikasi penerapan sistem manajemen K3 menggunakan metode Fault Tree Analysis. *Jurnal Sustainable: Jurnal Hasil Penelitian dan Industri Terapan*, 12(1). <https://doi.org/10.31629/sustainable.v12i1.5630>
- Sufa, M. S., & Astuti, T. R. (2024). Work accident risk analysis using HIRARC and FTA methods (Case study: Suwarno Meubel). *E3S Web of Conferences*, 517. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202451715009>
- Syarif, A. A., Harahap, U. N., Sinaga, S. J., & Siregar, M. Z. (2023). Analisis sistem kesehatan dan keselamatan kerja di PT Sumber Sawit Makmur dengan metode Hazard Identification Risk Assessment and Risk Control (HIRARC) dan Fault Tree Analysis (FTA). *Jurnal Al Ulum LPPM Universitas Al Washliyah Medan*, 11(1), 7–15. <https://doi.org/10.47662/alulum.v11i1.432>
- Wibowo, D. H., Pangastuti, N., & Parningotan, S. (2024). Analisis risiko K3 menggunakan metode HIRARC pada proyek konstruksi. <https://doi.org/10.61132/venus.v2i4.427>
- Giovanni, A., Fathimahhayati, L. D., & Pawitra, T. A. (2023). Risk analysis of occupational health and safety using Hazard Identification, Risk Assessment

- and Risk Control (HIRARC) method. *Indonesian Journal of Industrial Engineering and Management*, 4(2).
<https://doi.org/10.22441/ijiem.v4i2.20398>
- 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>
- Zaman, M. B., Pitana, T., Prastowo, H., Priyanta, D., Siswantoro, N., Maulana, F. S., & Busse, W. (2023). Occupational health and safety risk assessment of shipyard using HIRARC method. *AIP Conference Proceedings*.
<https://doi.org/10.1063/5.0117105>
- Santoso, D. O., Kurniawan, D., & Hidayat, H. (2022). Analisa risiko keselamatan dan kesehatan kerja menggunakan metode HIRARC. *Jurnal Media Teknik dan Sistem Industri*. <https://doi.org/10.35194/jmtsi.v6i1.1580>
- Ahmad, R., Kurniawan, B., & Sari, D. P. (2021). Hazard identification and risk assessment using HIRARC method in manufacturing industry. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*.
<https://doi.org/10.1088/1757-899X/1034/1/012032>
- Pratama, M. F., Ismiyah, E., & Rizqi, A. W. (2022). Analisis risiko keselamatan dan kesehatan kerja menggunakan metode HIRARC di departemen laboratorium. *Jurnal Ilmiah GIGA*, 25(2).
<https://doi.org/10.47313/jig.v25i2.1922>