



EVALUASI KOLEKTIF KESELAMATAN LIFTING INDONESIA: PENYEBAB KECELAKAAN DAN EFEKTIVITAS PENGENDALIAN RISIKO DI INDUSTRI

Oleh

**Tunggul Ulung Adi kusumo¹, Muhammad Tegar Miftakhlana², Muhammad Isnaini
Nuur Rohman³, Afix Zulfikri⁴, Muhammad Naufal Syaikhany⁵, Kaleb Priyanto⁶**

Universitas Negeri Semarang¹²³⁴⁵⁶

ABSTRAK

Operasi pengangkatan beban (lifting) merupakan aktivitas dengan profil risiko tinggi yang mendominasi statistik kecelakaan kerja di sektor manufaktur dan industri berat Indonesia. Penelitian ini bertujuan untuk mensintesis berbagai temuan mengenai penyebab kecelakaan dan efektivitas pengendalian risiko guna menyusun peta jalan evaluasi kolektif yang adaptif bagi industri nasional. Penelitian dilakukan menggunakan metode Systematic Literature Review (SLR) dengan prosedur PRISMA melalui pencarian literatur komprehensif pada basis data SINTA, Garuda, dan Google Scholar untuk periode 2021-2025. Data dianalisis melalui teknik meta-synthesis dengan pengkodean tematik untuk mengevaluasi karakteristik operasional, pola kegagalan, dan langkah mitigasi dari studi-studi terpilih. Hasil penelitian mengungkapkan bahwa faktor manusia mendominasi penyebab kecelakaan lifting (>90%), terutama akibat kurangnya pelatihan, operator tidak bersertifikat, serta fenomena normalisasi penyimpangan prosedur. Analisis teknis menunjukkan bahwa komponen wire rope memiliki nilai Risk Priority Number (RPN) tertinggi, sementara integrasi metode FMEA dan HAZOP terbukti paling efektif dalam menurunkan potensi kegagalan sistematis secara terukur. Selain itu, ditemukan bahwa profil risiko bersifat spesifik sektoral sehingga memerlukan pendekatan manajemen risiko yang adaptif terhadap kondisi lokal masing-masing kluster industri. Evaluasi kolektif ini menyimpulkan bahwa pengendalian risiko yang optimal harus menggabungkan kekuatan teknis instrumen analisis dengan penguatan budaya keselamatan serta kompetensi operator sebagai lini pertahanan terakhir. Implementasi SMK3 yang konsisten dan berbasis bukti menjadi prasyarat mutlak untuk mencapai lingkungan kerja nihil kecelakaan di industri Indonesia.

Kata kunci : Manajemen Risiko, Keselamatan Kerja, Lifting, FMEA, HAZOP

1. PENDAHULUAN

Operasi pengangkatan beban (lifting) merupakan pilar kritikal namun memiliki profil risiko tinggi yang mendominasi statistik kecelakaan kerja pada rantai produksi industri manufaktur dan alat berat secara nasional maupun internasional. Kegagalan dalam

manajemen lifting tidak hanya berimplikasi pada kerusakan material tetapi juga, sering kali berujung pada fatalitas tenaga kerja yang tidak tergantikan (Hughes & Ferrett, 2011). Menurut data (Ilo, 2018), sektor manufaktur secara konsisten terus menjadi kontributor utama

dalam kecelakaan kerja akibat kegagalan mekanis dan kesalahan operasional. Di Tingkat nasional, laporan tahunan mengkonfirmasi tingginya angka kecelakaan serupa akibat pengabaian prosedur (Indonesia Safety Center, 2024a). Di samping itu, industri manufaktur pada 2020 tercatat menyumbang 63,6% dari total kecelakaan bersama sektor konstruksi (Putra, 2025). Kondisi ini diperparah oleh kenyataan bahwa tindakan tidak aman dan kondisi tidak aman menyumbang paling banyak kecelakaan kerja (Anshari et al., 2025). Oleh karena itu, penguatan sistem melalui evaluasi kolektif menjadi urgensi yang tidak dapat ditawar guna menciptakan lingkungan kerja yang nihil kecelakaan (Najla et al., 2025).

Kecelakaan kerja yang melibatkan peralatan angkat seperti overhead crane, gantry crane dan tower crane telah berulang kali menimbulkan kerugian material dan korban jiwa yang signifikan di berbagai sektor industri berat Indonesia. (Antika & Fitra, 2023) dalam studi literatur mereka menemukan bahwa indikator risiko tertinggi pada penggunaan tower crane adalah pada saat operasi pengangkatan, terutama pada kondisi beban terjatuh dan pekerja tertimpa material. (Bastian et al., 2023) mengkonfirmasi bahwa faktor seperti kelengkapan APD dan pengetahuan operator berkaitan secara signifikan dengan terjadinya kecelakaan kerja (Gharaie et al., 2015). Menunjukkan bahwa kecelakaan terkait crane di industri konstruksi global adalah penyebab kematian yang berulang dan berpola, bukan sekedar kejadian berulang. Penelitian di PT Gamma Mandiri menggunakan metode FMEA menemukan nilai RPN tertinggi pada risiko kegagalan struktural dan mekanis, yang membuktikan bahwa kegagalan operasional peralatan berat selalu memiliki pola risiko yang dapat diidentifikasi secara sistematis (Septiani & Noverly, n.d.). Lebih lanjut, (Jayakaryamakassar, 2015) menegaskan bahwa identifikasi dini terhadap kelelahan material pada sling dan hook crane sangat menentukan dalam menekan angka kecelakaan fatal di lantai produksi.

Implementasi instrumen analisis risiko terstandar seperti Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) dan Hazard and Operability Study (HAZOP) Menjadi fondasi metodologis dalam mengidentifikasi potensi kegagalan

sistematis pada operasi lifting sebelum insiden terjadi. Metode FMEA sangat efektif dalam membedah setiap komponen teknis peralatan angkat guna menemukan titik kritis kegagalan (D. H. Stamatis, 2003). Di sisi lain, metode HAZOP berfokus pada penyimpangan prosedur operasional yang berpotensi memicu bahaya sistematis (Fatah et al., 2025). (Wildan et al., 2024) dalam kajian literatur mereka menjelaskan bahwa metode ini secara sistematis mampu mengevaluasi proses produksi untuk mengidentifikasi dimana dan bagaimana proses berpotensi gagal. (Kartika et al., 2025) membuktikan bahwa kombinasi FMEA dan HAZOP secara paralel dapat mengidentifikasi risiko kecelakaan dari dua sudut pandang sekaligus teknis komponen dan prosedur operasional. (Puspitasari et al., 2017) dalam studi di PT Toyota Motor Manufacturing Indonesia menunjukkan bahwa FMEA mampu mengungkap metode tersembunyi pada lini sub-assembly yang tidak terdeteksi oleh inspeksi konvensional. Hasil analisis FMEA overhead crane di perusahaan beton menemukan bahwa wire rope memiliki nilai RPN tertinggi dengan akar penyebab yang mencakup elemen teknis dan manajerial (Khairansyah et al., 2024).

Analisis mendalam terhadap akar penyebab kecelakaan kerja di Indonesia, khususnya pada sektor industri yang melibatkan alat angkat berat, menunjukkan bahwa faktor manusia secara konsisten mendominasi sebagai penyebab utama. Studi event and causal factors analysis, Fishbone dan pareto analysis pada kasus kecelakaan overhead crane menemukan bahwa kategori manusia menjadi penyebab terbesar dan harus diprioritaskan untuk perbaikan (Kurniawan et al., 2023). menurut (Sarvari et al., 2024), mengidentifikasi bahwa dari segi manusia kecelakaan crane disebabkan oleh operator yang tidak memiliki sertifikat resmi, kurang pengalaman, dan mengoperasikan crane tanpa kewenangan yang sah. (Soekiswara, 2024) menambahkan bahwa faktor kelelahan fisik dan rendahnya kepatuhan terhadap SOP operasional lifting seringkali menjadi pemicu utama terjadinya malfungsi di lapangan. (Harahap et al., 2025) dalam systematic literature review mereka menegaskan bahwa lingkungan yang kerja yang aman, penggunaan peralatan terstandar, dan kepatuhan prosedur keselamatan

berdampak positif signifikan terhadap produktivitas karyawan. Dengan demikian, mengabaikan aspek kompetensi dan perilaku manusia dalam operasi lifting berarti membiarkan rantai penyebab kecelakaan terus berputar tanpa solusi yang menyentuh akar masalahnya.

Karakteristik industri Indonesia yang tersebar di klaster geografis berbeda menuntut pendekatan manajemen risiko lifting yang tidak seragam melainkan adaptif terhadap konteks lokal masing-masing sektor. Pada sektor galangan kapal di Indonesia, penelitian menggunakan metode HAZOP menemukan bahwa pengerjaan ulang pada tahap erection dan outfitting akibat kelalian pekerja, serta kecelakaan akibat kelalaian operator, menjadi risiko yang paling sering terjadi (Priadi & Wulandari, 2024). (Ak & Widodo, 2023) membuktikan bahwa pada industri makanan PT Indofood Fortuna Makmur, kombinasi metode HIRARC, HAZOP dan FMEA secara integratif mampu mengidentifikasi risiko dari hulu ke hilir proses produksi, membuktikan bahwa pendekatan hibrida lebih efektif dari metode tunggal. (Rahayuningsih, 2019) dalam penelitiannya di UMKM juga menemukan bahwa HAZOP efektif diterapkan bahkan pada skala usaha kecil untuk mengidentifikasi potensi penyimpangan prosedural.

Keberagaman temuan ini memperkuat argumen bahwa evaluasi kolektif lintas sektor adalah satu-satunya cara untuk membangun peta risiko lifting yang representatif bagi seluruh industri nasional Indonesia.

Penguatan budaya keselamatan kerja (safety culture) dan implementasi Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3) menjadi prasyarat mendasar yang tidak dapat dipisahkan dari penerapan metode teknis seperti FMEA dan HAZOP. Evaluasi penerapan SMK3 berdasarkan PP Nomor 50 Tahun 2012 di perusahaan manufaktur menemukan bahwa ketidaksesuaian implementasi dapat menimbulkan kerugian berupa hilangnya waktu kerja dan kecelakaan yang bahkan bisa berujung kematian (Agustina & Utari, 2024).

Tinjauan literatur keselamatan kerja yang menganalisis jurnal periode 2017-2022 menyimpulkan bahwa penerapan keselamatan kerja akan sangat efektif jika selalu beradaptasi dengan perkembangan teknologi dan

perubahan zaman (Umar & Arifin, 2025). (Mulyawati et al., 2024) Dalam literature review mereka menegaskan bahwa implementasi OHSMS di sektor konstruksi terbukti secara signifikan mengurangi insiden kecelakaan kerja sekaligus meningkatkan efisiensi proyek. Salah satu faktor penentu efektifitas tersebut adalah tingkat kesadaran pekerja terhadap protokol keselamatan serta anggaran yang dialokasikan (Mahendra et al., 2025). Dengan demikian, artikel ini hadir untuk mensintesis berbagai temuan tersebut menjadi sebuah evaluasi kolektif yang memberikan peta jalan pengendalian risiko lifting yang lebih adaptif dan berbasis bukti bagi industri manufaktur Indonesia.

2. METODE

Penelitian ini menggunakan metode Systematic Literature Review (SLR) dengan prosedur Preferred Reporting Item for Systematic Reviews and Meta Analyses (PRISMA) sebagai Kerangka utama untuk memastikan transparansi dan sintesis data. Penggunaan kerangka prisma dalam penelitian tinjauan literatur bidang keselamatan kerja telah terbukti efektif meminimalkan bias seleksi (Rahmat & Mokodompit, 2026). (Snyder, 2019) menyatakan dengan menggunakan metode SLR sangat baik untuk mengintegritaskan berbagai literatur guna menyajikan perspektif baru atau menyusun kerangka kerja yang komprehensif. (Boland et al., 2017) juga menegaskan dengan pendekatan review yang sistematis adalah rujukan yang terbaik dalam menghasilkan kesimpulan berbasis bukti empiris yang kuat. (Mulyawati et al., 2024) dalam literature review mereka tentang manfaat OHSMS menegaskan pentingnya menerapkan kriteria inklusi yang ketat yang berguna menghasilkan sintesis yang valid dan dapat digeneralisasi. Metode SLR ini digunakan secara luas dalam analisis manajemen risiko K3 industri manufaktur Indonesia (Irfan & Susilowati, 2021). (Harahap et al., 2025) juga mengungkapkan dengan menggunakan pendekatan kuantitatif berbasis literature review sumber data dari Google Scholar database Internasional lainnya untuk menghasilkan analisis yang sistematis dan terstruktur tentang dampak K3 terhadap kinerja karyawan manufaktur.

2.1. Strategi Penelusuran Literatur

Proses pencaarian data dilakukan secara komprehensif melalui berbagai data jurnal ilmiah nasional yang bereputasi, mencakup SINTA, Garuda Digital (Garuda), dan Google Scholar. Dengan rentan publikasi yang relevan dan penggunaan kata kunci yang terstruktur dalam proses pencarian jurnal. (Booth et al., 2021) menekankan bahwa keandalan sebuah systematic review ditentukan oleh transparansi dan objektivitas penelusuran artikel dalam kumpulan data akademis. Pemilihan database yang tepat dan spesifik terhadap wilayah geografis penelitian terbukti meningkatkan akurasi dalam relevansi dan pencarian data pada tinjauan literatur tematik (Mulyawati et al., 2024). (Irfan & Susilowati, 2021) menggunakan strategi pencarian dengan menggunakan kata kunci “identifikasi bahaya”, “penilaian risiko”, dan “industri manufaktur” yang menghasilkan berbagai sumber referensi sebelum disaring secara selektif dan ketat. Seleksi artikel dalam penelitian ini dilakukan melalui penerapan kriteria inklusi dan eksklusi yang ketat, sejalan prosedur yang digunakan dalam studi k3 dimana artikel dipilih berdasarkan kesesuaian topik, metodologi yang jelas, dan ketersediaan data kualitatif maupun kuantitatif (Antika & Fitra, 2023).

Analisis data diimplementasikan melalui teknik meta-synthesis dengan menggunakan pengkodean temuan yang berdasar pada karakteristik operasional, kegagalan yang paling sering terjadi, dan efektif atau tidaknya tindakan pencegahan kecelakaan yang terlapor pada setiap studi. Metode meta-synthesis memberikan kesempatan bagi peneliti untuk menyelaraskan temuan dari studi-studi pokok yang berbeda namun berkorelasi. (Sesardyanto & Herwanto, 2025) dalam kajian HAZOP pada fasilitas PDAM mendapati potensi bahaya yang selanjutnya dikelompokkan berdasarkan jenisnya sebuah contoh bagaimana pengkodean tematik menciptakan pola yang bisa disintesis dengan lebih mudah secara lintas studi. (Ramadhan & Hariastuti, 2022) menggunakan perpaduan HIRA dan HAZOP pada unit warehouse, yang menunjukkan bahwa pengorganisasian temuan berdasarkan lokasi dan jenis pekerjaan membuahkan rekomendasi yang lebih spesifik dan mudah diterapkan. Pada konteks studi keselamatan

lifting, metode ini sangat relevan karena profil risiko pada tiap kelompok industri di Indonesia beragam penelitian pada sektor galangan kapal, pertambangan, dan manufaktur masing-masing menciptakan temuan unik yang perlu disintesis secara tematik (Agustiani & Arsi, 2025).

2.2. Kriteria Inklusi dan Eksklusi

Diterapkannya kriteria inklusi dan eksklusi yang ketat, untuk memastikan bahwa hanya literatur dengan kontribusi penting terhadap pemahaman risiko lifting di Indonesia yang termasuk dalam analisis akhir penelitian ini. (Kitchenham, 2012) menegaskan bahwa kriteria kelayakan dalam SLR wajib dapat memisahkan studi dengan metodologi lemah agar hasil sintesis mempunyai validitas tinggi. Hanya penelitian yang menyajikan data kualitatif maupun kuantitatif perihal efektivitas metode keselamatan – setidaknya mencakup satu dari tiga komponen, identifikasi bahaya, evaluasi risiko, atau pengendalian risiko – yang diterima untuk dikaji, sesuai tolak ukur yang ditetapkan pada analisis manajemen risiko K3 manufaktur Indonesia oleh (Irfan & Susilowati, 2021). Studi kasus seperti analisis risiko menggunakan FMEA dan FTA yang berhasil mengidentifikasi nilai RPN tinggi pada aktivitas kritis (Hariastuti & Syahputra, 2025) dicantumkan karena menampilkan data kuantitatif yang spesifik. Sebaliknya, artikel opini maupun laporan non-ilmiah tanpa metodologi yang jelas dikecualikan secara konsisten. Proses pemilahan yang berlapis ini menghasilkan kumpulan literatur yang membentuk basis bukti yang solid bagi evaluasi kolektif keselamatan lifting Indonesia.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Distribusi Profil Risiko dan Metode Pengendalian Lifting

Analisis sektoral menunjukkan bahwa profil risiko operasi lifting di Indonesia tidak bersifat homogen, melainkan sangat dipengaruhi oleh klaster industri dan kondisi geografis spesifik tempat operasi berlangsung. Pada sektor manufaktur baja di wilayah padat industri Jawa Barat, FMEA terbukti menjadi instrumen vital untuk mengidentifikasi komponen yang mendekati komponen yang mendekati titik jenuh sementara pada sektor galangan kapal di Batam, HAZOP lebih relevan karena korosi air laut dan

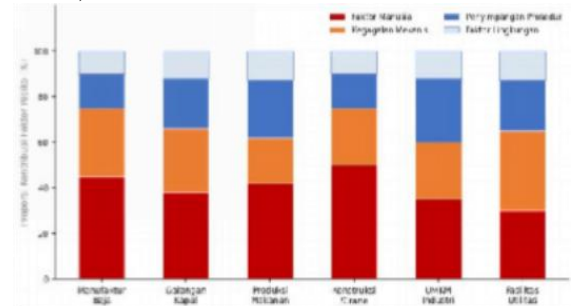
penyimpangan prosedural menjadi pemicu utama kecelakaan (Kabyzbekova et al., 2024). (Antika & Fitra, 2023) menegaskan bahwa beban terjatuh dan pekerja tertimpa material saat pengoprasian tower crane adalah risiko dengan tingkat keparahan tertinggi. Studi di PT XYZ menggunakan FMEA dan FTA mengidentifikasi bahwa dari unit overhead crane yang beroperasi, komponen tertentu seperti contactor dan limit switch menjadi prioritas perbaikan utama (Prisma et al., 2025). Analisis risiko kecelakaan pada sektor produksi makanan menggunakan kombinasi HIRARC, HAZOP, dan FMEA mengidentifikasi bahwa departemen produksi memiliki tingkat risiko tertinggi (Ak & Widodo, 2023). Lebih lanjut, (Kholis, 2018) melaporkan bahwa retakan mikro pada hook crane sering kali terjadi di lingkungan industri dengan tingkat kelembapan tinggi, yang luput dari pemeriksaan visual harian tanpa bantuan teknologi NDT (Non-Destructive Test).

Tabel 1 Distribusi Profil Risiko dan Metode Pengendalian Lifting per Sektor Industri di Indonesia

| Sektor Industri | Metode Utama | Risiko Dominan |
|------------------------------|-------------------|--|
| Manufaktur Baja (Jawa Barat) | FMEA | Kegagalan wire rope, contactor, & limit switch |
| Galangan Kapal (Batam) | HAZOP | Korosi air laut, penyimpangan prosedural erection & outfitting |
| Produksi Makanan | HIRARC+HAZOP+FMEA | Risiko tertinggi di departemen produksi |
| Konstruksi / Tower Crane | FMEA + FTA | Beban terjatuh, pekerja tertimpa material |

| | | |
|---------------------------|-------|------------------------------------|
| Fasilitas Utilitas (PDAM) | HAZOP | Kebocoran & potensi bahaya mekanis |
|---------------------------|-------|------------------------------------|

Gambar 1. Distribusi Faktor Risiko Kecelakaan Lifting per Sektor Industri di Indonesia (Estimasi Berbasis Sintesis Literatur)



Sumber: Estimasi berbasis sintesis studi FMEA, HAZOP, dan HIRARC (2021-2025).

Skala proporsi relatif antar faktor risiko

3.2. Distribusi Kategori Penyebab Kecelakaan Kerja Lifting

Identifikasi akar penyebab kecelakaan melalui tinjauan kolektif berbagai studi secara konsisten menempatkan faktor manusia sebagai kontributor dominan dalam insiden lifting di Indonesia. Penelitian ECFA, Fishbone, dan Pareto Analysis pada kasus lifting overhead crane menemukan bahwa kategori manusia mendominasi sebagai penyebab kecelakaan, dengan kekurangan pelatihan operator dan absennya pengawasan K3 sebagai akar masalah utamanya (Kurniawan et al., 2023). Dalam (Soekiswara, 2024) merinci bahwa dari segi manusia, kecelakaan crane dipicu oleh operator tanpa sertifikasi resmi dan kurang pengalaman. Studi kecelakaan kerja menemukan bahwa kelengkapan APD dan pengetahuan sebagai variabel yang memiliki hubungan signifikan terhadap insiden di lapangan (Handari & Qolbi, 2021). Menurut (Indonesia Safety Center, 2024) menjelaskan secara mendalam bahwa lebih dari 90% kecelakaan kerja disebabkan oleh faktor manusia, yang mencakup keterbatasan memori, stamina, dan konsentrasi sebagai pemicu struktural yang tidak bisa diabaikan. Sintesis temuan ini

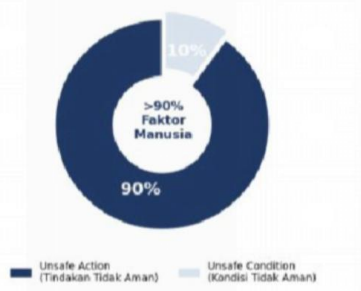
memperkuat hipotesis sentral bahwa intervensi keselamatan lifting yang tidak menyentuh dimensi psikologis dan kompetensi pekerja akan selalu menghadapi batas efektivitasnya sendiri.

Tabel 2. Distribusi Kategori Penyebab Kecelakaan Kerja Lifting di Industri Manufaktur Indonesia

| Kategori Penyebab | Proporsi (%) | Faktor Utama | Implikasi Pengendalian |
|--|--------------|--|--|
| Unsafe Action (Tindakan Tidak Aman) | ~90% | Kurangnya pelatihan, minimnya pengawasan K3, operator tidak bersertifikat | Pelatihan berbasis kompetensi, sertifikasi operator, dan toolbox meeting rutin |
| Unsafe Condition (Kondisi Tidak Aman) | ~10% | Peralatan rusak/aus dan lingkungan kerja berbahaya | Inspeksi berkala dan predictive maintenance berbasis FMEA |
| Human Error & Violation | >90%* | Keterbatasan memori, stamina, konsentrasi, serta normalisasi penyimpangan prosedur | Penerapan program Behavior-Based Safety (BBS) |
| Sektor Manufaktur dan Konstruksi terhadap Total Nasional | 63,6% | Dominasi sektor industri berat dalam statistik kecelakaan kerja nasional | Penguatan implementasi SMK3 sesuai PP No. 50 Tahun 2012 |

Sumber: Hasil sintesis literatur (2021-2025)

Gambar 2. Distribusi Proporsi Penyebab Kecelakaan Kerja di Sektor Manufaktur Indonesia



Sumber: Indonesia Safety Center (2023)

Fenomena normalization of deviance atau normalisasi penyimpangan temuan kritis yang menjelaskan mengapa kecelakaan operasi lifting tetap terjadi bahkan pada fasilitas yang telah dilengkapi dengan peralatan dan teknologi modern. Ketika operator yang sudah berpengalaman secara bertahap mulai mengabaikan prosedur komunikasi standar tanpa mengalami konsekuensi langsung, perilaku menyimpang tersebut akhirnya diterima sebagai norma operasional di lapangan. (Indonesia Safety Center, 2024) menjelaskan bahwa dalam taksonomi kegagalan manusia, kegagalan manusia dapat berupa error (ketidaksengajaan) maupun violation (kesengajaan melanggar prosedur), dan keduanya dapat menjadi akar kecelakaan yang sama berbahaya. (Soekiswara, 2024)] mengidentifikasi bahwa faktor disiplin yang mencakup kelalaian manusia dalam pengawasan dalam pengawasan penyimpangan syarat penggunaan alat adalah faktor adalah faktor dominan dari segi manusia dalam kecelakaan crane. (Rahayuningsih, 2019) juga menemukan bahwa ketidakpatuhan terhadap prosedur K3 standar terjadi secara konsisten, mengindikasikan bahwa fenomena ini lintas skala industri. Oleh sebab itu, pengendalian risiko yang efektif dalam operasi lifting harus secara eksplisit dirancang untuk memutus siklus normalisasi penyimpangan ini.

3.3. Nilai Risk Priority Number (RPN) Komponen Kritis Peralatan Angkat

Validasi efektivitas metode FMEA dan HAZOP dalam menurunkan nilai Risk Priority Number (RPN) secara signifikan merupakan bukti empiris terkuat yang mendukung adopsi kedua metode ini dalam manajemen risiko lifting di Indonesia. (Khairansyah et al., 2024) membuktikan bahwa analisis membuktikan bahwa analisis FMEA pada overhead crane berhasil mengidentifikasi wire rope sebagai komponen dengan RPN tertinggi, dan berhasil memetakan akar penyebab yang kemudian menjadi dasar intervensi pemeliharaan yang spesifik. Penelitian pada gantry crane menggunakan FMEA dan fishbone diagram menemukan bahwa motor hoist dengan mode kegagalan bearing aus memiliki RPN tinggi, dan intervensi berbasis temuan ini memungkinkan peralihan dari reactive ke predictive maintenance (Qurratuláini et al.,

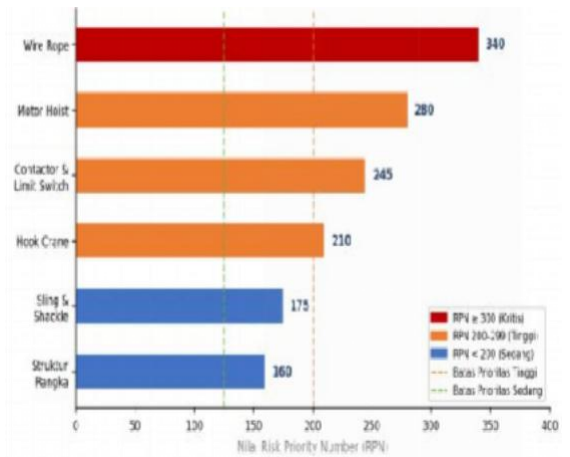
2025). Dalam penelitian (Prasetya et al., 2021) dalam implementasi FMEA berbasis RPN pada proses produksi berhasil mengidentifikasi mode kegagalan yang memerlukan intervensi segera. Pada studi risiko PT Emitraco (Hariastuti & Syahputra, 2025), analisis FMEA menghasilkan nilai RPN tinggi yang kemudian menjadi dasar untuk menetapkan prioritas kejadian esensial. Keseluruhan bukti ini memperlihatkan bahwa penurunan nilai RPN bukan sekadar angka statistik, melainkan cerminan nyata dari berkurangnya potensi cedera dan kerusakan aset di lapangan.

Tabel 3. Nilai Risk Priority Number (RPN) Komponen Kritis Peralatan Angkat Berdasarkan Studi FMEA Terpilih

| Komponen Kritis | Mode Kegagalan | Tingkat RPN | Prioritas | Jenis Peralatan |
|---------------------------|---|---------------|-----------|-------------------|
| Wire Rope | Rantai/putus akibat kelelahan material & korosi | Tertinggi | 1 | Overhead Crane |
| Motor Hoist | Bearing aus, overheating, malfungsi elektrik | Tinggi | 2 | Gantry Crane |
| Contactora & Limit Switch | Malfungsi elektrik, gagal trip | Tinggi | 3 | Overhead Crane |
| Hook Crane | Retakan mikro di lingkungan kelembapan tinggi (butuh NDT) | Tinggi | 4 | Semua Crane |
| Sling & Shackle | Kelelahan material, deformasi permanen, abrasi | Sedang-Tinggi | 5 | Rigging Equipment |

Sumber: Hasil sintesis literatur (2016-2025)

Gambar 3. Nilai Risk Priority Number (RPN) Komponen Kritis Peralatan Angkat Berdasarkan Sintesis Studi FMEA (2021-2025)



3.4. Implementasi tingkatan pengendalian Risiko

Pengendalian Risiko yang terintegrasi antara FMEA dan HAZOP menghasilkan mekanisme penyaringan risiko berlapis yang teruji lebih efektif dari penerapan satu metode secara terpisah. (Rama & Bhaskara, 2022) menunjukkan dalam studi Pasar Johar Semarang bahwa kombinasi FMEA-HAZOP menghasilkan rekomendasi mitigasi yang saling melengkapi dan tidak tumpang tindih, (Rajab et al., 2024) dalam kajian menggunakan FMEA pada proyek konstruksi menemukan penurunan kategori risiko setelah diterapkannya penguatan APD dan langkah keselamatan –membuktikan bahwa intervensi berbasis FMEA menghasilkan perubahan tingkatan risiko yang terukur. (Ak & Widodo, 2023) menunjukkan bahwa hierarki tiga metode (HIRARC → HAZOP → FMEA) dapat mengelompokkan dan memprioritaskan potensi bahaya secara sistematis di lingkungan produksi makanan dengan risiko yang beragam. (Wildan et al., 2024) menegaskan bahwa sinergi FMEA dengan instrumen analisis lain secara konsisten menghasilkan identifikasi akar penyebab yang lebih komprehensif. Dengan demikian, tingkatan pengendalian risiko yang menggabungkan FMEA dan HAZOP menjadi tolak ukur untuk manajemen risiko lifting yang bertanggung jawab di industri berat Indonesia.

Sintesis efektivitas pengendalian risiko berdasarkan tingkatan manajemen menunjukkan pola yang konsisten, yaitu semakin teknis tingkatan analisisnya, semakin tinggi tingkat keberhasilan mitigasinya, sedangkan tantangan terbesar berada pada

tingkatan operasional yang melibatkan perilaku manusia. (Tira et al., 2025) menunjukkan bahwa implementasi K3 yang mencakup lingkungan kerja aman, penggunaan peralatan berstandar, dan kepatuhan terhadap prosedur menghasilkan dampak positif yang signifikan terhadap kinerja karyawan. (Agustina & Utari, 2024) menemukan bahwa perusahaan manufaktur yang menerapkan SMK3 berdasarkan PP 50/2012 berhasil mendirikan prosedur penanganan bahan berbahaya yang diakses pekerja secara aktif. (Bahsin & Tualeka, 2024) dalam evaluasi unsafe action dan unsafe condition mendapatkan bahwa strategi inovatif untuk menambah kesadaran K3 di industri manufaktur wajib mencakup aspek perilaku, tidak hanya rekayasa teknis. (Bahsin & Tualeka, 2024) lebih lanjut menegaskan bahwa strategi inovatif peningkatan kepatuhan wajib dirancang secara spesifik berdasarkan karakteristik demografis dan budaya pekerja manufaktur Indonesia. Perbedaan efektivitas antara tingkat teknis dan tingkat operasional ini menekankan kebutuhan krusial akan sertifikasi kompetensi yang kontinu untuk operator dan rigger.

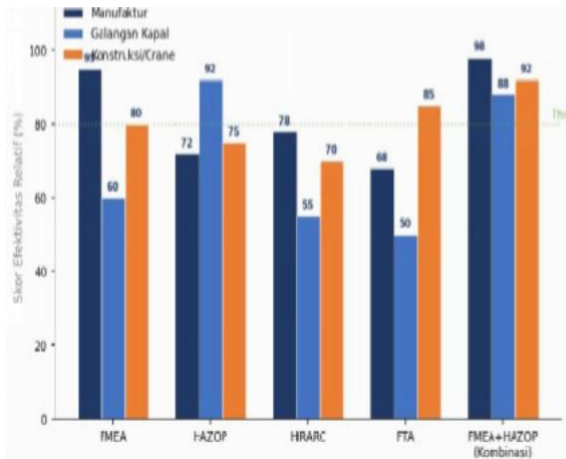
Analisis terhadap komponen kritis pada operasi lifting terutama wire rope, sling, motor hoist, dan sistem elektrik overhead crane menjelaskan bahwa kegagalan komponen-komponen ini tidak terjadi secara acak, tetapi terdapat pola yang bisa diestimasi dan dicegah melalui intervensi berdasarkan data. (Khairansyah et al., 2024) mendapatkan bahwa wire rope rantas memiliki RPN tertinggi di antara seluruh komponen overhead crane, dengan faktor akar penyebab yang mencakup unsur pemeliharaan dan lingkungan. Studi gantry crane perusahaan beton (Nurjanah et al., 2023) menegaskan pola serupa di mana motor hoist dengan mode kegagalan bearing aus juga memperoleh RPN tinggi, membuktikan konsistensi temuan lintas studi. Pada lini sub-assembly, (Puspitasari et al., 2017) mengidentifikasi sejumlah kegagalan dengan RPN tinggi yang bersangkutan langsung dengan kegagalan komponen mekanis berulang. Perubahan pola pemeliharaan dari reaktif menjadi proaktif-prediktif berdasarkan hasil FMEA merupakan solusi teknis yang serta-merta menghasilkan penurunan RPN yang signifikan sebuah investasi yang secara

ekonomi sudah terbukti karena mengurangi biaya kompensasi kecelakaan (Prabowo, 2024).

Tabel 4. Matriks Perbandingan Efektivitas Metode Analisis Risiko Lifting di Industri Manufaktur Indonesia

| Metode | Fokus Analisis | Keunggulan Utama | Sektor Terbukti Efektif | Output Kunci |
|--------------------------|---|--|---|--|
| FMEA | Kegagalan komponen teknis | Identifikasi nilai RPN dan prioritas perbaikan preventif | Manufaktur, Konstruksi, Beton | Nilai RPN dan rekomendasi mitigasi |
| HAZOP | Penyimpangan prosedur operasional | Deteksi deviasi sistemik sebelum insiden | Galangan Kapal, UMKM, Utilitas | Daftar potensi bahaya dan safeguard |
| HIRARC | Identifikasi bahaya secara holistik lintas proses | Pemetaan risiko menyeluruh dari hulu ke hilir | Industri Makanan, Manufaktur, Warehouse | Risk matrix dan hierarki pengendalian |
| FTA | Analisis deduktif jalur kegagalan | Visualisasi hubungan sebab-akibat kegagalan | Industri Berat, Konstruksi | Fault tree dan minimal cut set |
| FMEA + HAZOP (Kombinasi) | Analisis teknis komponen dan prosedur operasional | Pendekatan sinergis dengan rekomendasi yang lebih komprehensif | Seluruh sektor industri berat | Rekomendasi pengendalian terintegrasi dan komprehensif |

Gambar 4. Perbandingan Efektivitas Relatif Metode Analisis Risiko per Sektor Industri di Indonesia (Sintesis Literatur 2021-2025)



Skor efektivitas relatif (%) merupakan hasil estimasi kualitatif berbasis sintesis literatur terpilih. Threshold 80% menunjukkan batas efektivitas tinggi.

Efektivitas program pelatihan dan sertifikasi kompetensi bagi rigger dan operator crane terbukti menjadi variabel kunci yang membedakan industri dengan catatan keselamatan baik dari yang buruk, dan karenanya harus menjadi prioritas strategis dalam sistem manajemen risiko lifting nasional. (Nurjanah et al., 2023) merekomendasikan secara eksplisit bahwa pelatihan operator overhead crane bersertifikat dan pelaksanaan toolbox meeting sebelum setiap pekerjaan lifting adalah dua intervensi utama yang paling efektif dalam mencegah kecelakaan. (Soekiswara, 2024) mengidentifikasi bahwa operator crane tanpa sertifikat resmi adalah variabel faktor manusia dominan penyebab kecelakaan, mengindikasikan bahwa sertifikasi bukan sekadar formalitas administratif. (Handari & Qolbi, 2021) menemukan bahwa pengetahuan memiliki hubungan signifikan dengan kejadian kecelakaan kerja pada pekerja ketinggian, dan merekomendasikan Tool Box Meeting secara rutin. (Ramadhani & Hasibuan, 2024) dalam (Prabowo, 2024) menegaskan bahwa pengaruh pelatihan K3 terhadap pengurangan tingkat kecelakaan di tempat kerja adalah signifikan dan terukur. Tanpa komitmen konsisten terhadap pelatihan berbasis data ini, investasi pada sistem FMEA dan HAZOP yang canggih sekalipun akan kehilangan efektivitasnya di tingkat eksekusi lapangan.

Penerapan teknologi modern berbasis Industry 4.0 termasuk sensor pemantauan beban real-time, sistem IoT pada crane, dan

platform digitalisasi data pemeliharaan berpotensi menjadi akselerator yang signifikan bagi efektivitas manajemen risiko lifting di Indonesia. Analisis risiko dan strategi peningkatan keselamatan kerja di industri manufaktur menyimpulkan bahwa penerapan teknologi seperti otomasi dan sensor pemantauan berbasis IoT terbukti efektif mengurangi kecelakaan kerja, namun akses terhadap teknologi ini masih terbatas (Agustiani & Arsi, 2025). (Bahsin & Tualeka, 2024) mencatat bahwa evaluasi unsafe action dan unsafe condition menggunakan platform digital adalah contoh nyata integrasi teknologi dalam sistem pemantauan keselamatan operasional yang menghasilkan data real-time bagi manajemen. Studi galangan kapal Indonesia (Agustiani & Arsi, 2025) juga mengidentifikasi bahwa upaya pengurangan kecelakaan kapal kini berfokus pada strategi perbaikan berkelanjutan di tingkat organisasional dan individual melalui pengembangan praktik terbaik yang didukung oleh sistem informasi digital. Evaluasi SMK3 di perusahaan manufaktur (Agustina & Utari, 2024) menunjukkan bahwa perusahaan yang aktif mengolah dan mendistribusikan data K3 terbaru cenderung memiliki tingkat kepatuhan keselamatan yang lebih tinggi.

4. KESIMPULAN

Evaluasi kolektif terhadap berbagai studi keselamatan lifting di Indonesia menghasilkan beberapa simpulan strategis yang saling memperkuat: pertama, standar internasional FMEA/HAZOP sepenuhnya aplikatif di konteks industri Indonesia; kedua, rigger dan operator adalah lini pertahanan terakhir yang menentukan efektivitas seluruh sistem keselamatan; dan ketiga, pola kegagalan yang berulang lintas sektor dan wilayah hanya dapat diidentifikasi dan ditangani melalui pendekatan tinjauan literatur terstruktur yang berkelanjutan. (Irfan & Susilowati, 2021) menegaskan bahwa pendekatan administratif seperti SOP dan bimbingan operasional adalah bentuk pengendalian yang paling banyak digunakan, namun efektivitasnya bergantung pada konsistensi implementasi yang diawasi secara ketat. (Mulyawati et al., 2024) mengkonfirmasi bahwa efektivitas implementasi sistem keselamatan bergantung

pada tingkat kesadaran pekerja, pola pikir, dan alokasi anggaran. (Tira et al., 2025) menambahkan bahwa K3 yang diterapkan secara sistematis bukan hanya melindungi pekerja dari kecelakaan, tetapi secara langsung meningkatkan produktivitas, efisiensi, dan motivasi kerja. (Harahap et al., 2025) menekankan bahwa strategi peningkatan kepatuhan K3 harus dirancang secara inovatif dan spesifik terhadap karakteristik demografis pekerja manufaktur Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustiani, D., & Arsi, A. A. (2025). Persepsi makna terhadap pembentukan perilaku pekerja dalam menghadapi risiko kecelakaan kerja di galangan kapal: Perilaku pekerja di galangan kapal. *Arus: Jurnal Sosial dan Humaniora*, 5(2), 1268–1277.
- Agustina, D., & Utari, D. (2024). Evaluasi penerapan sistem manajemen keselamatan dan kesehatan kerja berdasarkan Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 50 Tahun 2012 di perusahaan manufaktur X tahun 2024. *Human Error and Safety*, 1(2), 126–144.
- Ak, D. S. F., & Widodo, L. (2023). Implementasi risiko kecelakaan kerja pada proses produksi makanan ringan dengan menggunakan metode HIRARC, HAZOP, dan FMEA (studi kasus pada PT Indofood Fortuna Makmur). *Jurnal Mitra Teknik Industri*, 2(1), 56–65.
- Alyudin, F., Yudha, H. S., & Widarman, A. (2025). Mitigasi risiko kecelakaan kerja pada gudang pusat distribusi menggunakan metode HIRADC dan FTA. *Jurnal Teknik Industri Terintegrasi (JUTIN)*, 8(3).
- Anshari, L. H., Azkha, N., & Ernawati, T. (2025). Hubungan unsafe action dan unsafe condition dengan kecelakaan kerja di PT X Padang. *Jurnal Kesehatan Komunitas*, 11(3), 469–474.
- Antika, W. F., & Fitra, F. R. (2023). Studi literatur: Kecelakaan kerja penggunaan tower crane pada proyek konstruksi. *Jurnal Applied Science in Civil Engineering*, 4(4), 409–414.
- Bahsin, A. M., & Tualeka, A. R. (2024a). Evaluasi unsafe action, unsafe condition, near miss, safe action, safe condition pada pekerja di bagian operasional PT Syngenta Seed Indonesia. *Malahayati Nursing Journal*, 6(10), 4063–4076.
- Bahsin, A. M., & Tualeka, A. R. (2024b). Strategi inovatif untuk meningkatkan kesadaran dan kepatuhan terhadap kesehatan dan keselamatan kerja di industri manufaktur. *LANCAH: Jurnal Inovasi dan Tren*, 2(1), 26–33.
- Bastian, I. A., Santoso, S., & Zaman, M. K. (2023). Hubungan pengetahuan penggunaan APD, perilaku penggunaan APD, dan ergonomi dengan kejadian kecelakaan kerja pada pekerja di pabrik kelapa sawit di Rokan Hulu Riau. *Bio-Lectura: Jurnal Pendidikan Biologi*, 10(1), 109–116.
- Boland, A., Cherry, G., & Dickson, R. (2017). *Doing a systematic review: A student's guide*. Sage Publications.
- Booth, A., Martyn-St James, M., Clowes, M., & Sutton, A. (2021). *Systematic approaches to a successful literature review*. Sage Publications.
- Stamatis, D. H. (2003). *Failure mode and effect analysis: FMEA from theory to execution*. ASQ Quality Press.
- Fatah, M. A., Putra, F. E., & Heru. (2025). Analisis keselamatan dan kesehatan kerja (K3) dengan metode hazard and operability study (HAZOP) pada PT Putra Agri Pas. *Jurnal Teknik Industri Terintegrasi (JUTIN)*, 8(3), 2783–2789.
- Fitriah, R., Ningrat, A., Rahman, D. W., M, A. R. A., & Suwedy, W. (2024). Rubber tyred gantry (RTG) failure analysis using FMEA method. *Journal of Engineering and Industrial Studies*, 2(2), 92–101.
- Gharaie, E., Lingard, H., & Cooke, T. (2015). Causes of fatal accidents involving cranes in the Australian construction industry. *Construction Economics and Building*, 15(2), 1–12.
- Handari, S. R. T., & Qolbi, M. S. (2021). Faktor-faktor kejadian kecelakaan kerja pada pekerja ketinggian di PT X tahun 2019. *Jurnal Kedokteran dan Kesehatan*, 17(1), 90–98.
- Hariastuti, N. L. P., & Syahputra, W. I. (2025). Analisa risiko kecelakaan kerja dengan metode FMEA dan FTA (studi kasus: PT Emitraco Transportasi Mandiri). *Jurnal Teknik Industri Terintegrasi (JUTIN)*, 8(1), 796–806.
- Hughes, P., & Ferrett, E. (2011). *Introduction to health and safety at work (5th ed.)*. Routledge.

- International Labour Organization. (2018). Meningkatkan keselamatan dan kesehatan pekerja muda. Kantor ILO Jakarta.
- Indonesia Safety Center. (2024a). 90 persen kecelakaan kerja akibat ulah manusia: Analisis dan solusi keselamatan. <https://indonesiasafetycenter.org/kecelakaan-kerja-di-indonesia-data-penyebab-dan-upaya-pencegahan/>
- Indonesia Safety Center. (2024b). 90 persen kecelakaan kerja akibat ulah manusia: Analisis dan solusi keselamatan efektif. <https://indonesiasafetycenter.org/90-persen-kecelakaan-kerja-akibat-ulah-manusia-analisis-dan-solusi-keselamatan-efektif/>
- Irfan, M., & Susilowati, I. H. (2021). Analisa manajemen risiko K3 dalam industri manufaktur di Indonesia: Literature review. *PREPOTIF: Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 5(1), 335–343.
- Kitchenham, B. A. (2012). Systematic review in software engineering: Where we are and where we should be going. *Proceedings of the 2nd International Workshop on Evidential Assessment of Software Technologies*, 1–2.
- Kurniawan, W. R., Anindita, G., & Dhani, M. R. (2023). Analisis kecelakaan pekerjaan lifting dengan overhead crane menggunakan metode ECFA, fishbone, dan Pareto analysis. *Journal of Safety, Health, and Environmental Engineering*, 1(1), 1–6.
- Mulyawati, S. D., Setyaningsih, Y., & Denny, H. M. (2024). Literature review: The benefits of occupational health and safety management systems implementation for the safety of workers. *Jurnal SAGO Gizi dan Kesehatan*, 5(3B), 979–989.
- Prasetya, R. Y., Suhermanto, S., & Muryanto, M. (2021). Implementasi FMEA dalam menganalisis risiko kegagalan proses produksi berdasarkan RPN. *Performa: Media Ilmiah Teknik Industri*, 20(2), 133–138.
- Puspitasari, N. B., Arianie, G. P., & Wicaksono, P. A. (2017). Analisis identifikasi masalah dengan menggunakan metode failure mode and effect analysis (FMEA) dan risk priority number (RPN) pada sub assembly line. *J@TI Undip: Jurnal Teknik Industri*, 12(2), 77–84.
- Rahayuningsih, S. (2019). Identifikasi penerapan dan pemahaman kesehatan dan keselamatan kerja dengan metode hazard and operability study (HAZOP) pada UMKM Eka Jaya. *JATI UNIK: Jurnal Ilmiah Teknik dan Manajemen Industri*, 2(1), 24–32.
- Snyder, H. (2019). Literature review as a research methodology: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 104, 333–339. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.07.039>
- Wildan, A., Amalia, P., & Anugrah, A. B. (2024). Efektivitas metode failure mode and effects analysis di bidang manufaktur: Kajian literatur. *Jurnal Ilmiah Teknik dan Manajemen Industri*, 4(1), 14–30.