

Perancangan Sistem Peringatan Visual Menggunakan Cone Untuk Mengurangi Risiko Tabrakan Forklift Terhadap Material Dan Produk Menggunakan Metode HIRA Dan Metode JSA (Studi Kasus : Karoseri CV. Garuda Jaya)

Uni Pratama Pebrina Br Tarigan^{1*}, Jansen Prayugo², Raymon Lumban Gaol³

^{1,2,3} PUI Product Design, Jurusan Teknik Industri, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Prima Indonesia
Jl. Sampul No.3, Sei Putih Barat, Kec. Medan Petisah, Kota Medan, Sumatera Utara 20118
Email: unipratama@gmail.com, jansenprayugo.jp@gmail.com, raymonlumbangaol32@gmail.com

ABSTRAK

Aktivitas operasional forklift pada industri karoseri memiliki peranan penting dalam proses perpindahan material dan produk antar area kerja. Namun, penggunaan forklift juga menimbulkan potensi bahaya apabila jalur kerja belum tertata dengan baik, ruang gerak terbatas, serta belum adanya penanda visual yang jelas. Kondisi tersebut dapat menyebabkan benturan terhadap material, kerusakan produk, maupun risiko cedera pada pekerja. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem peringatan visual menggunakan safety cone guna mengurangi risiko tabrakan forklift terhadap material dan produk di CV. Garuda Jaya. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah Hazard Identification and Risk Assessment (HIRA) dan Job Safety Analysis (JSA). HIRA digunakan untuk mengidentifikasi potensi bahaya dan menentukan tingkat risiko, sedangkan JSA digunakan untuk menganalisis tahapan pekerjaan serta tindakan pengendalian yang sesuai. Hasil penelitian menunjukkan bahwa beberapa aktivitas forklift berada pada kategori risiko High hingga Extreme, dengan risiko tertinggi terdapat pada proses pemasangan produk ke chassis kendaraan. Berdasarkan hasil analisis tersebut, dirancang sistem peringatan visual menggunakan safety cone pada jalur forklift, area sempit, titik manuver, serta area kerja yang berdekatan dengan pekerja. Penerapan sistem ini diharapkan mampu meningkatkan keselamatan kerja, mengurangi risiko tabrakan, dan menciptakan area kerja yang lebih tertib dan aman.

Kata kunci: Forklift, HIRA, JSA, Keselamatan Kerja, Safety Cone, Peringatan Visual.

ABSTRACT

Forklift operations in the automotive bodywork industry play a crucial role in the process of moving materials and products between work areas. However, the use of forklifts also poses potential hazards if work routes are not properly organized, maneuvering space is limited, and there are no clear visual markers. These conditions can lead to collisions with materials, product damage, or the risk of injury to workers. This study aims to design a visual warning system using safety cones to reduce the risk of forklift collisions with materials and products at CV. Garuda Jaya. The methods used in this study are Hazard Identification and Risk Assessment (HIRA) and Job Safety Analysis (JSA). HIRA is used to identify potential hazards and determine risk levels, while JSA is used to analyze work stages and appropriate control measures. The results of the study indicate that several forklift activities fall into the High to Extreme risk categories, with the highest risk occurring during the process of mounting products onto vehicle chassis. Based on these analysis results, a visual warning system using safety cones was designed for forklift lanes, narrow areas, maneuvering points, and work areas adjacent to workers. The implementation of this system is expected to improve workplace safety, reduce the risk of collisions, and create a more orderly and safe work environment.

Keywords: Forklift, HIRA, JSA, Workplace Safety, Safety Cone, Visual Warning.

Pendahuluan

Perkembangan sektor industri menuntut perusahaan untuk mampu menjaga produktivitas serta keselamatan kerja agar proses operasional dapat berjalan secara efektif dan berkelanjutan. Salah satu aktivitas kerja yang memiliki tingkat risiko cukup tinggi di lingkungan industri adalah pengoperasian forklift. Risiko kecelakaan kerja pada aktivitas forklift dapat dipengaruhi oleh kondisi area kerja, keterampilan operator, tata letak material, hingga keterbatasan ruang gerak saat forklift beroperasi[1]. Selain itu, aktivitas pengoperasian forklift pada area industri memiliki tingkat risiko kategori sedang hingga tinggi sehingga memerlukan tindakan pengendalian secara tepat[2].

CV. Garuda Jaya merupakan perusahaan yang bergerak di bidang industri karoseri yang melakukan proses pembuatan dan modifikasi body kendaraan sesuai kebutuhan pelanggan. Dalam kegiatan produksinya, perusahaan melakukan perpindahan material dan produk antar area kerja menggunakan forklift sehingga alat tersebut menjadi salah satu peralatan

utama yang mendukung kelancaran proses operasional perusahaan[3]. Aktivitas operasional forklift pada industri karoseri memiliki tingkat kompleksitas yang cukup tinggi karena area kerja dipenuhi material, rangka kendaraan, unit produksi, dan aktivitas pekerja yang berlangsung secara bersamaan. Operator forklift sering melakukan manuver pada ruang gerak yang terbatas sehingga meningkatkan potensi terjadinya benturan terhadap material maupun produk[4].

Berdasarkan hasil observasi awal di CV. Garuda Jaya, ditemukan beberapa kejadian yang berkaitan dengan aktivitas forklift, seperti forklift menyentuh panel body kendaraan saat pemindahan material, menenggol unit yang telah selesai dicat, hampir mengenai pekerja saat berpindah antar area kerja, serta benturan body kendaraan pada saat proses pemasangan ke chassis[5]. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa aktivitas forklift masih memiliki potensi risiko yang perlu mendapat perhatian serius dari perusahaan[6]. Selain itu, pada beberapa area kerja belum terdapat pembatas visual yang jelas antara jalur forklift dengan area pekerja sehingga operator dan pekerja sering berada pada lintasan kerja yang sama[7].

Dalam upaya mengurangi risiko kecelakaan kerja, diperlukan metode yang mampu mengidentifikasi potensi bahaya dan menentukan tingkat risiko pada setiap aktivitas kerja. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah *Hazard Identification and Risk Assessment* (HIRA) untuk mengidentifikasi bahaya dan menilai tingkat risiko berdasarkan kemungkinan kejadian dan dampak yang ditimbulkan[8]. Selain itu, metode *Job Safety Analysis* (JSA) digunakan untuk menganalisis tahapan pekerjaan secara lebih rinci sehingga potensi bahaya pada setiap langkah kerja dapat diketahui secara sistematis[9]. Kombinasi metode JSA dan HIRARC juga efektif digunakan untuk mengidentifikasi potensi bahaya dan mengurangi angka kecelakaan kerja pada area workshop fabrikasi[10].

Penelitian mengenai risiko operasional forklift sebelumnya umumnya hanya berfokus pada identifikasi bahaya dan penilaian risiko kerja menggunakan metode HIRA maupun JSA tanpa mengaitkan hasil analisis tersebut dengan rancangan sistem pengendalian visual secara langsung[11]. Selain itu, penelitian terkait penggunaan sistem peringatan visual pada aktivitas forklift di industri karoseri masih terbatas, khususnya yang mengintegrasikan metode HIRA dan JSA sebagai dasar penentuan titik pengendalian risiko[12]. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengintegrasikan hasil identifikasi risiko menggunakan metode HIRA dan JSA dengan rancangan sistem peringatan visual menggunakan *safety cone* guna membantu mengurangi potensi tabrakan forklift terhadap material, produk, maupun pekerja di area produksi CV. Garuda Jaya.

Sebagai upaya pengendalian risiko di lapangan, penelitian ini menggunakan *safety cone* sebagai sistem peringatan visual pada jalur forklift, titik rawan benturan, area sempit, serta lokasi kerja yang berdekatan dengan pekerja. Penggunaan *safety cone* diharapkan dapat membantu operator mengenali batas aman saat bekerja serta membantu pekerja memahami area yang harus dihindari ketika forklift beroperasi[13]. Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis risiko operasional forklift menggunakan metode *Hazard Identification and Risk Assessment* (HIRA) dan *Job Safety Analysis* (JSA) serta merancang sistem peringatan visual menggunakan *safety cone* guna mengurangi risiko tabrakan forklift terhadap material dan produk di Karoseri CV. Garuda Jaya.

Metode Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian deskriptif dengan pendekatan kuantitatif. Penelitian dilakukan untuk menggambarkan kondisi nyata di lapangan terkait potensi bahaya dan risiko kecelakaan kerja pada aktivitas operasional forklift di area produksi karoseri CV. Garuda Jaya. Data penelitian diperoleh melalui observasi lapangan dan wawancara langsung dengan operator forklift untuk mengetahui kondisi operasional, potensi bahaya, serta aktivitas kerja forklift pada area produksi. Wawancara dilakukan dengan operator forklift CV. Garuda Jaya atas nama Adi Robana pada periode 1 April 2025 sampai dengan 1 April 2026. Data yang diperoleh kemudian dianalisis menggunakan metode *Hazard Identification and Risk Assessment* (HIRA) dan *Job Safety Analysis* (JSA) untuk mengetahui tingkat risiko serta menentukan langkah pengendalian yang sesuai terhadap potensi bahaya yang ditemukan. Penelitian ini juga bersifat terapan karena menghasilkan rancangan sistem peringatan visual menggunakan *safety cone* sebagai upaya mengurangi risiko tabrakan forklift terhadap material dan produk.

Penelitian ini dilaksanakan pada tahun 2026 di CV. Garuda Jaya Karoseri yang berlokasi di Jl. Asrama No. 28, Dwi Kora, Kecamatan Medan Helvetia, Kota Medan, Sumatera Utara 20123. Objek penelitian ini adalah aktivitas operasional forklift dalam proses pemindahan material dan produk pada area kerja industri karoseri CV. Garuda Jaya. Fokus penelitian diarahkan pada identifikasi potensi bahaya dan risiko kecelakaan kerja selama forklift beroperasi, terutama risiko tabrakan terhadap material, produk jadi, pekerja, maupun lingkungan kerja sekitar. Metode HIRA digunakan untuk mengidentifikasi dan menilai tingkat risiko kecelakaan kerja, sedangkan metode JSA digunakan untuk menganalisis setiap tahapan pekerjaan operator forklift secara lebih rinci. Berdasarkan hasil analisis tersebut, dirancang sistem peringatan visual menggunakan *safety cone* sebagai salah satu upaya pengendalian risiko pada area operasional forklift.

Hasil Dan Pembahasan

Data Forklift

Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan, CV. Garuda Jaya menggunakan satu unit forklift merek Lonking dengan kapasitas angkat sebesar 7 ton. Forklift digunakan sebagai alat utama dalam proses pemindahan material, rangka kendaraan, bodi kendaraan, dan komponen produksi lainnya yang memiliki ukuran maupun berat cukup besar. Penggunaan forklift membantu mempercepat proses perpindahan material antar area kerja sehingga aktivitas produksi dapat berjalan lebih efisien.

Forklift beroperasi hampir pada seluruh area produksi seperti gudang bahan baku, area produksi, pengecatan, dan area perakitan kendaraan. Intensitas penggunaan forklift yang cukup tinggi menyebabkan alat ini memiliki peranan penting dalam kelancaran proses produksi perusahaan. Namun demikian, ukuran forklift yang cukup besar membutuhkan ruang gerak yang memadai terutama saat melakukan manuver, berbelok, maupun membawa material yang membatasi pandangan operator.

Data spesifikasi forklift yang digunakan perusahaan dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Data Forklift Perusahaan

Uraian	Keterangan
Nama Alat	Forklift
Merek	Lonking
Kapasitas Angkat	7 Ton
Sumber Tenaga	Diesel
Jumlah Unit	1 Unit
Fungsi Utama	Pemindahan material dan produk
Area Operasional	Gudang, Produksi, Perakitan
Kondisi Alat	Digunakan dalam operasional perusahaan

Selain data spesifikasi umum, penelitian ini juga mencatat dimensi forklift untuk mengetahui kebutuhan ruang gerak alat saat beroperasi di area kerja perusahaan. Data dimensi forklift dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Data Dimensi Forklift

Uraian	Ukuran
Panjang Unit	4,7 meter
Lebar Unit	2 meter
Tinggi Unit	2,5 meter
Radius Putar	3,4 meter

Berdasarkan dimensi tersebut, forklift membutuhkan ruang manuver yang cukup luas terutama pada area tikungan dan jalur sempit. Kondisi ini menyebabkan beberapa area kerja memiliki potensi risiko benturan yang cukup tinggi apabila tidak didukung pengaturan jalur dan pembatas visual yang jelas. Oleh karena itu, diperlukan sistem peringatan visual menggunakan safety cone untuk membantu operator mengenali batas aman lintasan forklift saat beroperasi.

Data Kejadian Kecelakaan Kerja Forklift

Berdasarkan hasil observasi dan wawancara dengan pihak perusahaan, ditemukan beberapa kejadian yang berkaitan dengan aktivitas operasional forklift selama periode April 2025 hingga April 2026. Kejadian tersebut meliputi benturan terhadap material, senggolan terhadap produk yang telah selesai diproses, serta kejadian nyaris kecelakaan kerja (near miss) yang melibatkan pekerja di area operasional forklift. Data kejadian ini digunakan sebagai dasar dalam proses identifikasi bahaya dan penilaian risiko menggunakan metode HIRA dan JSA.

Sebagian besar kejadian terjadi akibat keterbatasan ruang gerak forklift, jalur operasional yang masih bercampur dengan aktivitas pekerja, serta kurangnya pembatas visual pada area kerja tertentu. Selain menyebabkan kerusakan material dan produk, kondisi tersebut juga berpotensi membahayakan keselamatan pekerja apabila tidak segera dilakukan tindakan pengendalian.

Data kejadian kecelakaan kerja forklift dapat dilihat pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Data Kejadian Kecelakaan Forklift

No	Tanggal Kejadian	Area Kerja	Uraian Kejadian	Dampak yang Ditimbulkan
1	22-Apr-25	Area Produksi	Forklift menyentuh panel bodi saat memindahkan material ke area buffer karena ruang gerak terbatas	Panel mengalami lecet ringan dan perlu perbaikan
2	17-Aug-25	Area Pengecatan	Forklift menyenggol unit yang telah selesai dicat saat melintas menuju jalur keluar	Permukaan cat tergores dan dilakukan pengecatan ulang

3	9-Jan-26	Area Perakitan	Forklift hampir mengenai pekerja saat berpindah antar unit kerja karena pekerja melintas di jalur alat angkut	Tidak menimbulkan cedera, namun termasuk kejadian hampir celaka
4	23-Feb-26	Area Perakitan	Saat proses pemasangan body ke chassis, posisi body bergeser dan mengenai cabin kendaraan	Body dan cabin mengalami kerusakan ringan

Berdasarkan data tersebut, area perakitan menjadi lokasi dengan jumlah kejadian tertinggi dibanding area lainnya. Hal ini disebabkan karena aktivitas perpindahan unit dan proses pemasangan bodi kendaraan pada area tersebut cukup padat sehingga operator forklift harus melakukan manuver pada ruang gerak yang terbatas. Selain itu, keberadaan pekerja dan material di sekitar jalur operasional forklift juga meningkatkan potensi terjadinya benturan maupun kecelakaan kerja.

Pada area pengecatan, risiko yang muncul berkaitan dengan kemungkinan forklift menyenggol unit yang telah selesai dicat. Kerusakan kecil seperti lecet atau goresan dapat menyebabkan perusahaan melakukan pengecatan ulang yang berdampak pada penambahan waktu proses produksi dan biaya operasional. Oleh karena itu, diperlukan pengendalian risiko berupa pengaturan jalur forklift dan pemasangan safety cone sebagai pembatas visual untuk membantu operator mengenali area aman saat forklift beroperasi.

Pengolahan Data

Analisis Risiko Menggunakan Metode HIRA

Analisis risiko menggunakan metode Hazard Identification and Risk Assessment (HIRA) dilakukan untuk mengetahui tingkat risiko pada setiap aktivitas operasional forklift di area kerja CV. Garuda Jaya. Proses analisis dimulai dengan melakukan identifikasi potensi bahaya berdasarkan hasil observasi lapangan, wawancara dengan operator forklift, serta data kejadian kecelakaan kerja yang telah dikumpulkan sebelumnya. Setelah potensi bahaya teridentifikasi, selanjutnya dilakukan penilaian risiko berdasarkan tingkat kemungkinan terjadinya kecelakaan (*likelihood*) dan tingkat dampak yang ditimbulkan (*severity*).

Penilaian likelihood dilakukan untuk mengetahui seberapa besar kemungkinan suatu kecelakaan dapat terjadi pada aktivitas forklift. Sementara itu, penilaian severity digunakan untuk mengetahui tingkat keparahan dampak yang ditimbulkan apabila kecelakaan terjadi, baik terhadap pekerja, material, maupun produk perusahaan. Nilai likelihood dan severity kemudian dikalikan untuk memperoleh tingkat risiko pada masing-masing aktivitas kerja forklift. Hasil perkalian antara nilai likelihood dan severity kemudian diklasifikasikan menggunakan matriks risiko untuk menentukan kategori risiko pada setiap aktivitas kerja forklift.

Tabel 4. Kategori Risiko

Nilai Risiko	Kategori	Keterangan
1 – 4	Low	Risiko rendah dan masih dapat diterima
5 – 9	Medium	Risiko sedang dan memerlukan pengawasan
10 – 16	High	Risiko tinggi dan perlu tindakan pengendalian
17 – 25	Extreme	Risiko sangat tinggi dan menjadi prioritas utama

Berdasarkan hasil observasi, ditemukan beberapa aktivitas kerja forklift yang memiliki potensi risiko cukup tinggi, terutama pada aktivitas perpindahan material, manuver forklift di area sempit, serta proses pemasangan bodi kendaraan ke chassis. Risiko yang ditemukan meliputi benturan terhadap material, senggolan terhadap produk jadi, hingga potensi forklift mengenai pekerja yang berada di sekitar area operasional. Selain itu, keterbatasan ruang gerak dan kurangnya pembatas visual pada jalur forklift juga menjadi faktor yang meningkatkan potensi kecelakaan kerja. Hasil analisis risiko menggunakan metode HIRA dapat dilihat pada Tabel 5 berikut.

Tabel 5. Analisis Risiko Aktivitas Forklift Menggunakan Metode HIRA

Hazard Identification		Risk Assesment			
Aktivitas Operasional	Identifikasi Bahaya	Likelihood	Severity	Risk Value	Kategori Risiko
Area Gudang Bahan Baku					
Pengangkutan plat besi dan material	Fork Forklift menabrak tumpukan bahan baku	3	3	9	Medium
Bongkar muat material masuk	Material jatuh saat diangkat	3	5	15	High
Area Produksi					
Mobilisasi bahan mentah	Material dan Panel jatuh/tersenggol	3	4	12	High
Forklift mendekati pekerja las	Forklift menabrak operator kerja	2	5	10	High

Melintas di jalur sempit	Sulit bermanuver dan tabrakan	3	3	9	Medium
Area Pengecatan					
Mobilisasi produk mentah	Forklift/produk mentah menabrak produk/unit yang sudah selesai dicat	3	4	12	High
Melintas di jalur sempit	Menyenggol produk/ unit yang sudah siap dicat	2	4	8	Medium
Area Perakitan					
Mobilisasi produk yang sudah selesai dicat	Produk menabrak/menyenggol cabin kendaraan	3	5	15	High
Pergerakan forklift antar unit kerja	Forklift menabrak pekerja	1	5	5	Medium
Pemasangan produk ke chassis kendaraan	Kontak keras antara bodi dan cabin	4	5	20	Extreme

Berdasarkan hasil analisis pada Tabel 5, aktivitas dengan tingkat risiko tertinggi terdapat pada proses pemasangan produk ke chassis kendaraan di area perakitan dengan nilai risiko sebesar 20 dan termasuk kategori *extreme*. Risiko tersebut terjadi akibat adanya kontak keras antara bodi kendaraan dan cabin saat proses pemasangan menggunakan forklift. Tingginya nilai risiko dipengaruhi oleh tingkat keparahan dampak yang besar serta tingginya kemungkinan terjadinya benturan apabila proses pengangkatan dan pemasangan tidak dilakukan secara hati-hati.

Selain itu, beberapa aktivitas operasional forklift juga termasuk dalam kategori risiko tinggi (*high*), seperti bongkar muat material masuk, mobilisasi bahan mentah pada area produksi, mobilisasi produk mentah pada area pengecatan, serta mobilisasi produk yang sudah selesai dicat pada area perakitan. Risiko yang muncul pada aktivitas tersebut meliputi material jatuh saat diangkat, produk tersenggol forklift, hingga benturan terhadap cabin kendaraan. Kondisi area kerja yang sempit dan aktivitas pekerja yang berada di sekitar jalur operasional forklift menjadi faktor utama yang meningkatkan potensi terjadinya kecelakaan kerja.

Pada aktivitas dengan kategori risiko sedang (*medium*), potensi bahaya yang ditemukan meliputi forklift menabrak tumpukan bahan baku, sulit bermanuver pada jalur sempit, serta forklift menyenggol produk yang telah selesai dicat. Meskipun dampak yang ditimbulkan tidak sebesar kategori risiko tinggi, kondisi tersebut tetap dapat menyebabkan kerusakan material, menghambat proses produksi, dan menimbulkan kerugian bagi perusahaan apabila tidak dilakukan tindakan pengendalian yang sesuai.

Secara umum, hasil analisis risiko menggunakan metode HIRA menunjukkan bahwa sebagian besar potensi kecelakaan kerja pada aktivitas forklift dipengaruhi oleh keterbatasan ruang gerak, kurangnya pembatas visual pada jalur operasional, serta tingginya aktivitas perpindahan material dan produk pada area produksi. Oleh karena itu, diperlukan pengendalian risiko berupa pengaturan jalur forklift dan pemasangan safety cone sebagai sistem peringatan visual untuk membantu operator mengenali batas aman saat forklift beroperasi.

Hasil analisis risiko menggunakan metode HIRA juga menunjukkan bahwa perusahaan perlu memprioritaskan pengendalian pada aktivitas dengan kategori risiko *high* dan *extreme*, terutama pada area perakitan dan jalur operasional forklift yang memiliki ruang gerak terbatas. Aktivitas pemasangan produk ke chassis kendaraan menjadi prioritas utama pengendalian karena memiliki nilai risiko tertinggi dan berpotensi menyebabkan kerusakan produk maupun kecelakaan kerja pada pekerja di sekitar area operasional. Oleh sebab itu, perusahaan perlu melakukan pengaturan jalur forklift secara lebih terstruktur, memberikan pembatas visual pada titik rawan, meningkatkan pengawasan terhadap aktivitas operasional forklift, serta menerapkan prosedur kerja yang lebih disiplin pada area dengan tingkat risiko tinggi. Penerapan sistem peringatan visual menggunakan *safety cone* juga dapat menjadi langkah pengendalian awal yang membantu operator mengenali batas aman serta mengurangi potensi benturan terhadap material, produk, maupun pekerja di area produksi.

Analisis Pekerjaan Menggunakan Metode JSA

Analisis pekerjaan menggunakan metode Job Safety Analysis (JSA) dilakukan untuk mengidentifikasi potensi bahaya pada setiap tahapan pekerjaan operasional forklift di CV. Garuda Jaya. Analisis ini dilakukan dengan mengamati urutan pekerjaan operator forklift mulai dari pengangkatan material, perpindahan material antar area kerja, hingga proses pemasangan produk ke chassis kendaraan. Setiap tahapan pekerjaan dianalisis untuk mengetahui potensi bahaya, dampak yang dapat ditimbulkan, serta tindakan pengendalian yang sesuai guna mengurangi risiko kecelakaan kerja.

Berdasarkan hasil pengamatan, ditemukan beberapa potensi bahaya yang sering muncul pada aktivitas forklift seperti forklift mengenai tumpukan bahan baku, material jatuh saat proses pengangkatan, forklift menyenggol produk yang berada di sekitar area kerja, hingga risiko pekerja tertabrak forklift saat berada di jalur operasional. Selain itu, kondisi area kerja yang sempit dan aktivitas produksi yang cukup padat menyebabkan operator forklift mengalami kesulitan saat melakukan manuver pada beberapa area tertentu. Hasil analisis pekerjaan menggunakan metode JSA dapat dilihat pada Tabel 6 berikut.

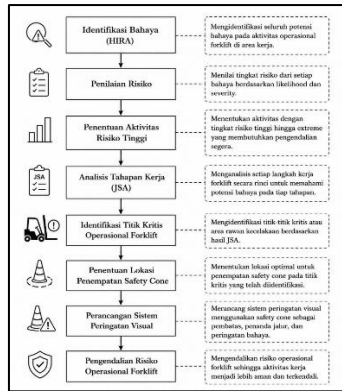
Tabel 6. Hasil Job Safety Analysis (JSA)

No	Area Kerja	Aktivitas	Urutan Pekerjaan	Potensi Bahaya	Akibat yang Ditimbulkan	Tindakan Pengendalian
1	Gudang Bahan Baku	Pengangkutan plat besi dan material	Forklift mengambil material dari tempat penyimpanan lalu dipindahkan ke area produksi	Fork Forklift mengenai tumpukan bahan baku	Material rusak dan jalur terhambat	Memasang cone pada area penyimpanan serta membuat jalur perpindahan yang jelas
2		Bongkar muat material masuk	Material diturunkan dari kendaraan dan dipindahkan ke gudang	Material terjatuh saat proses pengangkatan	Cedera pekerja dan kerusakan bahan	Memastikan beban seimbang, menggunakan bantuan pekerja lain, serta
3	Produksi	Mobilisasi bahan mentah	Material dipindahkan menuju area	Material atau panel tersenggol dan	Kerusakan komponen dan	Menentukan jalur forklift dan memberi tanda
4		Forklift mendekati pekerja las	Forklift melintas di dekat pekerja yang sedang mengelas	Forklift mengenai pekerja	Cedera kerja	Membatasi area kerja las dengan cone dan memberi tanda peringatan
5		Melintas di jalur sempit	Forklift bergerak melewati ruang antar unit kerja	Sulit berbelok dan berpotensi tabrakan	Kerusakan barang dan alat kerja	Menata jalur satu arah serta memasang cone di
6	Pengecatan	Mobilisasi produk mentah	Produk dipindahkan menuju ruang pengecatan	Forklift menabrak unit yang sudah dicat	Cat rusak dan perlu perbaikan ulang	Memisahkan jalur masuk dan keluar serta memasang cone pembatas
7		Melintas di jalur sempit	Forklift melewati area dekat unit siap cat	Menyenggol produk yang berada di sekitar jalur	Lecet atau penyok pada unit	Menjaga jarak aman dan memberi batas jalur
8	Perakitan	Mobilisasi produk selesai dicat	Produk dipindahkan ke area perakitan	Produk mengenai cabin	Kerusakan body dan cabin	Menggunakan bantuan pengarah dan memasang
9		Pergerakan forklift antar unit kerja	Forklift berpindah dari satu unit ke unit	Forklift mengenai pekerja	Cedera pada pekerja	Membuat pemisah jalur pejalan kaki dan jalur forklift
10		Pemasangan produk ke kendaraan	Body diarahkan dan dipasang ke chasis	Benturan keras antara body dan cabin	Kerusakan besar pada kendaraan	Mengurangi kecepatan, memakai bantuan, dan mensterilkan area

Berdasarkan hasil analisis JSA, aktivitas yang memiliki potensi bahaya paling tinggi terdapat pada area produksi dan area perakitan. Pada area produksi, operator forklift mengalami kesulitan saat melakukan manuver pada jalur sempit sehingga meningkatkan kemungkinan terjadinya benturan terhadap material maupun pekerja di sekitar area kerja. Selain itu, aktivitas pengelasan yang berada dekat dengan jalur operasional forklift juga meningkatkan risiko kecelakaan kerja apabila tidak terdapat pembatas area yang jelas.

Pada area pengecatan dan perakitan, potensi bahaya lebih banyak berkaitan dengan kerusakan produk akibat senggolan maupun benturan saat proses perpindahan unit kendaraan. Risiko tersebut dapat menyebabkan kerusakan pada cat, panel bodi, hingga cabin kendaraan sehingga perusahaan perlu melakukan perbaikan ulang yang berdampak pada tambahan waktu produksi dan biaya operasional.

Hasil analisis pekerjaan menggunakan metode JSA menunjukkan bahwa sebagian besar potensi bahaya pada aktivitas forklift dapat dikurangi melalui pengaturan jalur kerja, pemberian pembatas visual, serta peningkatan pengawasan pada area operasional forklift. Oleh karena itu, penggunaan safety cone sebagai sistem peringatan visual dinilai dapat membantu operator forklift mengenali area aman dan mengurangi kemungkinan terjadinya kecelakaan kerja di lingkungan produksi CV. Garuda Jaya.



Gambar 1. Integrasi Hasil Analisis HIRA dan JSA dalam Perancangan Sistem Peringatan Visual

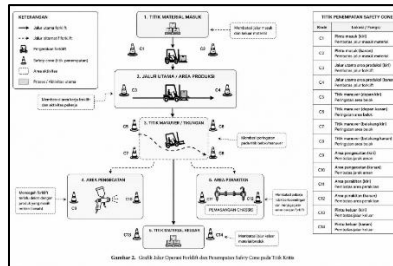
Gambar 1 menunjukkan bahwa hasil identifikasi bahaya menggunakan metode HIRA digunakan untuk menentukan aktivitas dengan tingkat risiko tertinggi. Selanjutnya, metode JSA digunakan untuk menganalisis tahapan kerja secara rinci sehingga diperoleh titik kritis operasional yang menjadi dasar dalam penentuan lokasi pemasangan safety cone sebagai sistem peringatan visual.

Rancangan Sistem Peringatan Visual Menggunakan Safety Cone

Berdasarkan hasil analisis risiko menggunakan metode HIRA dan JSA, diketahui bahwa sebagian besar potensi kecelakaan kerja pada aktivitas forklift dipengaruhi oleh keterbatasan ruang gerak, jalur operasional yang bercampur dengan aktivitas pekerja, serta belum adanya pembatas visual yang jelas pada area kerja. Oleh karena itu, diperlukan suatu sistem pengendalian yang mudah diterapkan dan mampu membantu operator forklift mengenali batas aman saat beroperasi. Salah satu bentuk pengendalian yang diusulkan dalam penelitian ini adalah penggunaan safety cone sebagai sistem peringatan visual pada area operasional forklift.

Safety cone digunakan sebagai pembatas visual untuk membantu mengarahkan pergerakan forklift, memberikan tanda peringatan pada area rawan benturan, serta membatasi area kerja yang tidak boleh dilalui pekerja saat forklift beroperasi. Penggunaan cone dipilih karena mudah dipindahkan, mudah terlihat oleh operator maupun pekerja, serta dapat diterapkan tanpa memerlukan perubahan besar pada tata letak area produksi perusahaan.

Penempatan safety cone dirancang berdasarkan kondisi area kerja dan hasil identifikasi potensi bahaya pada setiap aktivitas forklift. Cone ditempatkan pada jalur utama forklift, area tikungan dan titik manuver, area sempit, area perakitan, area pengecatan, serta area gudang bahan baku yang memiliki tingkat risiko cukup tinggi terhadap terjadinya benturan maupun kecelakaan kerja.



Gambar 2. Grafik Jalur Operasi Forklift dan Penempatan Safety Cone pada Titik Kritis

Gambar 2 menunjukkan grafik konseptual jalur operasional forklift dan titik penempatan safety cone pada titik-titik kritis berdasarkan hasil analisis HIRA dan JSA. Visualisasi ini menggambarkan alur pergerakan forklift mulai dari titik material masuk, jalur utama operasional, area manuver, hingga titik material keluar, serta menunjukkan posisi safety cone sebagai pembatas visual pada setiap area dengan tingkat risiko yang memerlukan pengendalian. Penempatan cone difokuskan pada titik masuk dan keluar material, jalur utama operasional, area tikungan atau manuver, area pengecatan, serta area perakitan sebagai bentuk pengendalian visual untuk membantu operator mengenali batas aman, meningkatkan kewaspadaan saat bermanuver, dan meminimalkan potensi benturan selama aktivitas operasional berlangsung. Rancangan penempatan safety cone dapat dilihat pada Tabel 7 berikut.

Tabel 7. Rancangan Penempatan Safety Cone

Lokasi	Bentuk Penempatan	Tujuan
Jalur utama forklift	Cone dipasang di sisi jalur sebagai batas lintasan forklift.	Mengarahkan pergerakan forklift agar tidak masuk ke area pekerja atau penyimpanan material.
Area tikungan dan titik manuver	Cone dipasang sebelum dan sesudah titik belok.	Memberi peringatan kepada operator agar mengurangi kecepatan dan berhati-hati saat

		bermanuver.
Area sempit	Cone dipasang sebagai pembatas ruang aman.	Menghindari benturan dengan material, produk, atau fasilitas kerja.
Area perakitan	Cone dipasang di sekitar area pemasangan body ke chassis.	Membatasi pekerja yang tidak berkepentingan dan membantu operator mengetahui area aman.
Area pengecatan	Cone dipasang di dekat unit yang telah dicat atau siap dicat.	Mencegah forklift terlalu dekat dengan produk yang rentan mengalami goresan.
Area gudang bahan baku	Cone dipasang pada batas tumpukan material.	Mencegah forklift menyanggol tumpukan material dan menjaga jalur tetap terbuka.

Berdasarkan rancangan tersebut, penggunaan safety cone diharapkan mampu membantu operator forklift mengenali jalur aman dan meningkatkan kewaspadaan saat melakukan perpindahan material maupun produk. Selain itu, pemasangan cone juga dapat membantu pekerja mengetahui area operasional forklift sehingga mengurangi kemungkinan pekerja berada terlalu dekat dengan lintasan alat angkut.

Pada area perakitan dan pengecatan, penggunaan safety cone menjadi sangat penting karena area tersebut memiliki risiko benturan yang cukup tinggi terhadap produk kendaraan yang sedang diproses. Pembatas visual menggunakan cone dapat membantu menjaga jarak aman antara forklift dengan unit kendaraan sehingga risiko kerusakan produk akibat sengolan maupun benturan dapat dikurangi.

Secara keseluruhan, rancangan sistem peringatan visual menggunakan safety cone dinilai dapat menjadi salah satu upaya pengendalian risiko yang sederhana namun efektif untuk diterapkan di lingkungan kerja CV. Garuda Jaya. Selain membantu meningkatkan keselamatan kerja, penggunaan cone juga dapat membantu menciptakan area kerja yang lebih tertata, aman, dan mendukung kelancaran proses produksi perusahaan.

Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa aktivitas operasional forklift di CV. Garuda Jaya masih memiliki tingkat risiko yang cukup tinggi. Hal ini disebabkan karena forklift beroperasi pada area kerja yang juga digunakan untuk aktivitas pekerja, penyimpanan material, serta proses pengerjaan produk kendaraan. Kondisi jalur kerja yang belum tertata dengan baik dan ruang gerak yang terbatas menyebabkan operator forklift harus melakukan manuver secara hati-hati, terutama ketika membawa material berukuran besar. Kondisi tersebut sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa aktivitas forklift pada area industri memiliki risiko tinggi apabila jalur operasional bercampur dengan aktivitas pekerja dan material produksi[14].

Berdasarkan hasil analisis menggunakan metode HIRA, risiko tertinggi ditemukan pada aktivitas pemasangan produk ke chassis kendaraan dengan nilai risiko sebesar 20 dan termasuk kategori *extreme*. Tingginya tingkat risiko pada aktivitas tersebut disebabkan karena proses pemasangan melibatkan produk berukuran besar, membutuhkan tingkat ketelitian tinggi, serta dilakukan pada area kerja yang relatif sempit. Benturan antara bodi kendaraan dan cabin dapat menyebabkan kerusakan produk yang cukup besar sehingga perusahaan perlu melakukan pekerjaan ulang yang berdampak pada tambahan waktu produksi dan biaya operasional[15]. Risiko tersebut menunjukkan bahwa aktivitas pengangkutan dan pemindahan material menggunakan forklift memerlukan pengendalian yang lebih ketat, terutama pada area perakitan kendaraan.

Kategori risiko *high* ditemukan pada beberapa aktivitas seperti bongkar muat material masuk, mobilisasi bahan mentah di area produksi, forklift mendekati pekerja las, mobilisasi produk mentah di area pengecatan, serta mobilisasi produk yang telah selesai dicat. Risiko tersebut umumnya muncul karena jalur forklift masih berada pada area yang belum sepenuhnya bebas dari aktivitas pekerja maupun penempatan material. Selain itu, muatan yang dibawa forklift juga membatasi pandangan operator sehingga meningkatkan kemungkinan terjadinya benturan terhadap pekerja maupun produk di sekitar area kerja. Kondisi tersebut sesuai dengan penelitian mengenai pengoperasian forklift yang menyatakan bahwa keterbatasan pandangan operator dan area kerja yang sempit menjadi faktor utama penyebab kecelakaan kerja forklift[16].

Hasil analisis menggunakan metode JSA memperlihatkan bahwa setiap tahapan pekerjaan forklift memiliki potensi bahaya yang berbeda. Pada tahap pengangkutan material, risiko muncul akibat material yang tidak stabil saat diangkat sehingga berpotensi jatuh atau bergeser. Pada tahap perpindahan material, risiko lebih banyak dipengaruhi oleh jalur kerja yang sempit dan adanya aktivitas pekerja di sekitar lintasan forklift. Sementara itu, pada tahap manuver dan pemasangan produk ke chassis, risiko dipengaruhi oleh keterbatasan radius putar forklift serta titik buta (*blind spot*) yang tidak sepenuhnya dapat dilihat oleh operator. Oleh karena itu, pengendalian risiko perlu dilakukan berdasarkan tahapan pekerjaan agar potensi bahaya dapat diminimalkan secara lebih efektif[17].

Rancangan sistem peringatan visual menggunakan safety cone dinilai sesuai untuk diterapkan di CV. Garuda Jaya karena penggunaannya sederhana, mudah dipindahkan, dan tidak membutuhkan biaya yang besar. Safety cone dapat digunakan sebagai pembatas visual, penanda jalur forklift, serta tanda peringatan pada titik-titik yang memiliki potensi bahaya tinggi[18]. Dengan adanya pembatas visual tersebut, operator forklift dapat lebih mudah mengenali batas aman saat bekerja, sedangkan pekerja lain dapat memahami area yang tidak boleh dilalui ketika forklift sedang beroperasi. Hasil ini didukung oleh penelitian sebelumnya yang menjelaskan bahwa sistem peringatan visual pada jalur kendaraan internal industri mampu membantu meningkatkan kewaspadaan pekerja dan mengurangi potensi terjadinya kecelakaan kerja[19].

Hasil ini juga didukung oleh penelitian internasional yang menunjukkan bahwa penerapan sistem peringatan visual pada area operasional alat angkut mampu meningkatkan kewaspadaan pekerja serta membantu operator mengenali potensi bahaya secara lebih cepat[20]. Penelitian mengenai keselamatan operasional forklift juga menjelaskan bahwa keterbatasan pandangan operator (blind spot) dan rendahnya kesadaran situasional pada area kerja sempit merupakan faktor dominan penyebab terjadinya kecelakaan kerja[21]. Selain itu, pendekatan ergonomi visual pada sistem material handling terbukti mampu meningkatkan keteraturan jalur operasional, memperjelas batas aman kerja, serta meminimalkan risiko interaksi berbahaya antara alat angkut dan pekerja[22]. Dengan demikian, penerapan safety cone pada penelitian ini tidak hanya berfungsi sebagai pembatas visual sederhana, tetapi juga merupakan implementasi prinsip ergonomi kerja yang mendukung peningkatan keselamatan, keteraturan area operasional, dan efisiensi perpindahan material di lingkungan produksi CV. Garuda Jaya.

Selain itu, penggunaan safety cone juga membantu perusahaan dalam menciptakan area kerja yang lebih tertata dan mempermudah pengaturan jalur perpindahan material[23]. Pada area pengecatan dan perakitan, pemasangan cone dapat membantu menjaga jarak aman antara forklift dengan unit kendaraan yang sedang diproses sehingga risiko goresan maupun benturan dapat dikurangi. Penggunaan cone pada jalur utama forklift juga membantu operator dalam menentukan arah pergerakan alat sehingga aktivitas perpindahan material menjadi lebih teratur dan aman.

Namun demikian, penggunaan safety cone tetap perlu didukung dengan pengaturan jalur kerja, kedisiplinan pekerja, dan pengawasan secara rutin. Safety cone yang ditempatkan secara tidak konsisten dapat mengurangi fungsi utamanya sebagai tanda keselamatan kerja. Oleh karena itu, perusahaan perlu menetapkan aturan mengenai titik pemasangan cone, jumlah cone yang digunakan, jarak antar cone, serta pihak yang bertanggung jawab dalam memastikan posisi cone tetap sesuai dengan kebutuhan area kerja. Dengan adanya pengendalian yang terstruktur, risiko kecelakaan kerja pada aktivitas forklift di CV. Garuda Jaya diharapkan dapat dikurangi sehingga proses produksi dapat berjalan dengan lebih aman dan efektif.

Efektivitas penerapan safety cone sebagai sistem peringatan visual sangat dipengaruhi oleh ketepatan penempatan, tingkat keterlihatan, serta kondisi fisik cone selama digunakan pada area operasional[24]. Penempatan cone harus difokuskan pada titik-titik kritis seperti jalur utama forklift, area tikungan, ruang manuver sempit, serta lokasi pemasangan produk ke chassis yang berdasarkan hasil analisis memiliki tingkat risiko tinggi hingga extreme. Selain itu, durabilitas cone juga perlu diperhatikan agar tetap mampu berfungsi secara optimal meskipun berada pada lingkungan kerja dengan intensitas perpindahan material yang tinggi[25]. Penggunaan cone yang mudah bergeser, rusak, atau tidak ditempatkan secara konsisten dapat menurunkan efektivitas sistem peringatan visual dan mengurangi kewaspadaan operator maupun pekerja di sekitar area kerja. Oleh karena itu, perusahaan perlu menetapkan standar penempatan dan melakukan pemeriksaan berkala agar fungsi safety cone sebagai pembatas visual tetap efektif dalam mendukung keselamatan operasional forklift.

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, aktivitas operasional forklift di CV. Garuda Jaya masih memiliki potensi risiko kecelakaan kerja pada beberapa area kerja seperti gudang bahan baku, produksi, pengecatan, dan perakitan. Hasil analisis menggunakan metode Hazard Identification and Risk Assessment (HIRA) menunjukkan bahwa tingkat risiko aktivitas forklift berada pada kategori medium, high, dan extreme, dengan risiko tertinggi terdapat pada aktivitas pemasangan produk ke chassis kendaraan. Selain itu, hasil analisis menggunakan metode Job Safety Analysis (JSA) menunjukkan bahwa potensi bahaya muncul pada setiap tahapan pekerjaan forklift mulai dari proses pengangkatan material, perpindahan material, manuver pada area sempit, hingga penempatan produk kendaraan. Berdasarkan hasil identifikasi dan penilaian risiko tersebut, rancangan sistem peringatan visual menggunakan safety cone dinilai dapat membantu mengurangi potensi tabrakan forklift terhadap material, produk, maupun pekerja sehingga area kerja menjadi lebih aman, tertata, dan mendukung kelancaran proses produksi di CV. Garuda Jaya. Namun demikian, penelitian ini masih memiliki keterbatasan karena hanya dilakukan pada satu perusahaan karoseri serta data penelitian diperoleh berdasarkan hasil observasi dan wawancara selama periode penelitian berlangsung sehingga hasil penelitian belum dapat digeneralisasikan pada seluruh industri manufaktur.

Daftar Pustaka

- [1] M. Husna, D. Kurniasih, P. Nur, and A. Nugroho, "Analysis of the Effect of JSA, Hirarc and Unsafe Action on the Occupation of Work Accidents on Forklift Operations in a Light Steel Company-East Java," *Int. J. Innov. Sci. Res. Technol.*, vol. 7, no. 9, pp. 556–564, 2022. Available: www.ijisrt.com/556
- [2] A. Arjuna, I. Siboro, and P. Pongky, "Analisis Risiko Pekerjaan Pengoperasian Forklift Di Pt. United Tractors Balikpapan," *Identifikasi*, vol. 11, no. 3, pp. 448–451, 2025, doi: 10.36277/identifikasi.v11i3.601.
- [3] J. Jimmy, F. J. Daywin, and G. Soeharsono, "Perancangan Sistem Angkat Forklift Dengan Kapasitas

- Angkat 7 Ton,” *Poros*, vol. 12, no. 1, p. 87, 2017, doi: 10.24912/poros.v12i1.689.
- [4] H. R. Rahman, Nelyana Ashara, Alivia Klarissa Faradilah, Siti Sahara, and Vivian Karim Ladesia, “Analisis Risiko Keselamatan Kerja Terhadap Aktivitas Forklift di PT Pertamina Lubricants Unit Production Jakarta,” *J. TESLINK Tek. Sipil dan Lingkung.*, vol. 5, no. 2, pp. 8–15, 2023, doi: 10.52005/teslink.v5i2.242.
- [5] S. A. Dharmawan and G. C. Asbanu, “Analisis Risiko Keselamatan Kerja pada Kegiatan Operasional dan Bongkar Muat di Terminal Peti Kemas PT . IPC Dwikora Pontianak,” vol. 14, no. 1, pp. 323–350, 2026.
- [6] A. Naufal Hafizh and A. E. Nugraha, “Penerapan Metode Hira (Hazard Identification and Risk Assesment) di PT Pindo Deli Pulp and Paper Mills II,” *J. Ilmu Multidisiplin*, vol. 4, no. 2, pp. 580–590, 2025, doi: 10.38035/jim.v4i2.913.
- [7] Hamdani Muhammad Ilyas and Andesta Deny, “G-Tech : Jurnal Teknologi Terapan,” *G-Tech J. Teknol. Terap.*, vol. 6, no. 2, pp. 295–305, 2022.
- [8] H. F. Qishas *et al.*, “Evaluasi Resiko K3 Pada Perawatan Jembatan Timbang Di Pt. Cahyo Permata Abadi Dengan Metode Job Safety Analysis,” *J. InTent*, vol. 7, no. 2, pp. 67–79, 2024.
- [9] I. Siboro and I. Zulfikar, “Penerapan Keselamatan Dan Kesehatan Kerja Pada Pengoperasian Forklift Di Area Warehouse PT Cahaya Pengajaran Abadi Balikpapan,” vol. 5, pp. 321–326, 2026.
- [10] M. Fitri Suryanti, “Hazard Identification Dan Risk Assessment (Hira) Pada Pengoperasian Forklift,” *J. Ilm. Kesehat. media husada*, vol. 06, pp. 205–214, 2017.
- [11] E. M. I. Khasanah and E. D. Nawawinetu, “Hazads Identification and Risk Assessment of Operational in PT Sinar Indogreen Kencana AAC Production Area’s,” *J. Vocat. Heal. Stud.*, vol. 01, pp. 20–27, 2018, doi: 10.20473/jvhs.V2I1.2018.20-27.
- [12] Erwin Noer Wahyu Murti and A. Eka Apsari, “Analisis Potensi Bahaya dan Risiko Kecelakaan Kerja dengan Metode JSA dan Hira pada Akbar Metatama,” *ULIL ALBAB J. Ilm. Multidisiplin*, vol. 2, no. 9, pp. 4180–4190, 2023, doi: 10.56799/jim.v2i9.2022.
- [13] Muhamad Bob Anthony, “Judul Analisis Risiko Kerja pada Area Workshop Hydraulic dengan Metode HIRA (Hazard Identification and Risk Assesment) di PT. XYZ,” *Manufaktur Publ. Sub Rumpun Ilmu Keteknikan Ind.*, vol. 2, no. 3, pp. 174–188, 2024, doi: 10.61132/manufaktur.v2i3.535.
- [14] Prashodang & Nugraha, “Analisis Risiko Kecelakaan Kerja Menggunakan Metode HIRADC Pada Gudang P.IV Divisi Gudang dan Pengantongan PT XYZ,” *J. Serambi Eng.*, vol. X, no. 1, pp. 12247–12260, 2025.
- [15] A. Musyafa, N. N. Triana, and A. A. W. Rahayu, “Identifikasi Faktor Kecelakaan Kerja Operasional Forklift Dengan,” *J. Teknol. dan Manaj. Ind. Terap.*, vol. 4, no. 2, pp. 340–349, 2025.
- [16] R. M. Gultom and C. I. Asmarawati, “Analisis Risiko Keselamatan Dan Kesehatan Kerja Pada Pengoperasian Forklift Di Pt Xyz Batam,” *J. Comasie*, vol. 7, no. 2, pp. 84–94, 2022.
- [17] A. A. A. Salwa, M. A. Ramadhan, “Jurnal Pendidikan Teknik Bangunan Implementation of Job Safety Analysis to Reduce Work Accident Risks in Plumbing Practice at the Building,” vol. 05, no. 02, pp. 113–128, 2025.
- [18] M. Gnanasekera, “A Collision Cone Based Time-Efficient Method for Aerial Collision Avoidance,” 2026.
- [19] Y. Fang, G. Ni, F. Gao, Q. Zhang, M. Niu, and Z. Ding, “Influencing Mechanism of Safety Sign Features on Visual Attention of Construction Workers: A Study Based on Eye-Tracking Technology,” *Buildings*, vol. 12, no. 11, 2022, doi: 10.3390/buildings12111883.
- [20] R. A. Ruddro and H. A. Mohna, “Visual Communication in Industrial Safety Systems: a Review of Ui/Ux Design for Risk Alerts and Warnings,” *Am. J. Sch. Res. Innov.*, vol. 02, no. 02, pp. 217–345, 2023, doi: 10.63125/wbv4z521.
- [21] X. Li, Y. Kang, W. Chen, F. Liu, Y. Jiao, and Y. Luo, “Recognizing the situation awareness of forklift operators based on EEG techniques in a field experiment,” *Front. Neurosci.*, vol. 18, pp. 1–17, 2024, doi: 10.3389/fnins.2024.1323190.
- [22] P. Dallasega, F. Schulze, and A. Revolti, “Augmented Reality to overcome Visual Management implementation barriers in construction: a MEP case study,” *Constr. Manag. Econ.*, vol. 41, no. 3, pp. 232–255, 2023, doi: 10.1080/01446193.2022.2135748.
- [23] Y. Kim and Y. Choi, “Smart Helmet-Based Proximity Warning System to Improve Occupational Safety on the Road Using Image Sensor and Artificial Intelligence,” *Int. J. Environ. Res. Public Health*, vol. 19, no. 23, 2022, doi: 10.3390/ijerph192316312.
- [24] A. B. Yadav, D. K. Pisal, O. V. Gitte, S. Phadtare, and P. A. A. Kekare, “Industrial Forklift Alert & Anti-Collision System,” vol. 9, no. 12, pp. 36–40, 2026.
- [25] R. Xu, B. W. Kim, S. J. S. Moe, A. N. Khan, K. Kim, and D. H. Kim, “Predictive worker safety assessment through on-site correspondence using multi-layer fuzzy logic in outdoor construction environments,” *Heliyon*, vol. 9, no. 9, p. e19408, 2023, doi: 10.1016/j.heliyon.2023.e19408.