



## PRIORITISASI RISIKO KESELAMATAN KERJA PROYEK KONSTRUKSI MELALUI IDENTIFIKASI PERILAKU TIDAK AMAN BERBASIS MATRIKS RISIKO

Andi Marwa Muchtar<sup>1</sup>, dan Achmad Muhyidin Arifa'i<sup>1\*</sup>

**Sitasi:** Muchtar, Andi Marwa, dan Arifa'i, Achmad Muhyidin (2025). Konstruksi Melalui Identifikasi Perilaku Tidak Aman Berbasis Matriks Risiko. J-TETA: Jurnal Teknik Terapan, V(4) N(2), hlm. 146-153



**Copyright:** © 2025 oleh para penulis. Karya ini dilisensikan di bawah Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0 International License. (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>).

<sup>1</sup> Institut Transportasi dan Logistik Trisakti;

\* Korespondensi: [muhyidin@lecturer.itltrisakti.com](mailto:muhyidin@lecturer.itltrisakti.com) ;

**Abstract:** The construction industry remains one of the sectors with the highest occupational accident rates, particularly in large-scale infrastructure projects characterized by complex operations, work at height, heavy equipment utilization, and strict schedule pressures. Unsafe behavior has been widely recognized as a critical contributor to construction accidents; however, quantitative prioritization of such behaviors based on risk levels remains limited. This study aims to identify dominant unsafe behaviors and evaluate their risk levels using a likelihood–severity risk matrix approach within a large-scale construction project. A quantitative cross-sectional survey was conducted involving 96 construction workers. Thirty-eight unsafe behavior indicators were assessed using a five-point Likelihood (L) and Severity (C) scale based on standard risk management principles. Risk levels were calculated using the equation  $R = L \times C$ , and subsequently classified into low, moderate, high, and extreme categories. The findings indicate that while most unsafe behaviors fall within the moderate risk category, seven indicators were classified as high risk and one indicator reached the extreme risk level. The highest risk was associated with leaving electrical cables exposed or unprotected, followed by fatigue-related behaviors and non-compliance with basic safety procedures such as working without personal protective equipment and inadequate fall protection. These results confirm that unsafe behavior functions as a leading indicator of occupational risk and should be systematically quantified to support priority-based risk control. The study concludes that integrating behavioral risk assessment into risk management frameworks enhances evidence-based decision-making and strengthens safety performance in construction projects.

**Keywords:** unsafe behavior; risk assessment; construction safety; likelihood–severity matrix; occupational health and safety.

**Abstrak:** Industri konstruksi merupakan salah satu sektor dengan tingkat kecelakaan kerja tertinggi, khususnya pada proyek infrastruktur berskala besar yang ditandai oleh kompleksitas pekerjaan, aktivitas di ketinggian, penggunaan alat berat, serta tekanan penyelesaian waktu. Perilaku tidak aman (unsafe behavior) diakui sebagai faktor dominan dalam terjadinya kecelakaan kerja, namun kuantifikasi dan prioritasasi risiko berbasis perilaku masih relatif terbatas. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi bentuk-bentuk perilaku tidak aman yang dominan serta mengevaluasi tingkat risikonya menggunakan pendekatan matriks likelihood–severity. Penelitian dilakukan dengan desain survei kuantitatif terhadap 96 pekerja konstruksi. Sebanyak 38 indikator perilaku tidak aman dinilai menggunakan skala Likelihood (L) dan Severity (C) lima tingkat berdasarkan prinsip manajemen risiko, kemudian dihitung menggunakan persamaan  $R=L \times C$  dan diklasifikasikan ke dalam kategori risiko rendah, sedang, tinggi, dan ekstrem. Hasil penelitian

menunjukkan bahwa sebagian besar indikator berada pada kategori risiko sedang, namun terdapat tujuh indikator dengan kategori risiko tinggi dan satu indikator dengan kategori risiko ekstrem. Risiko tertinggi berkaitan dengan kondisi kabel listrik terbuka atau tidak terlindungi, diikuti oleh perilaku yang berhubungan dengan kelelahan kerja serta ketidakpatuhan terhadap prosedur keselamatan dasar seperti penggunaan alat pelindung diri dan proteksi jatuh. Temuan ini menegaskan bahwa perilaku tidak aman berperan sebagai leading indicator risiko keselamatan kerja dan perlu diintegrasikan secara sistematis dalam kerangka manajemen risiko untuk mendukung pengambilan keputusan berbasis prioritas serta meningkatkan kinerja keselamatan proyek konstruksi.

**Kata kunci:** perilaku tidak aman; penilaian risiko; keselamatan konstruksi; matriks likelihood-severity; keselamatan dan kesehatan kerja.

## 1. Pendahuluan

Industri konstruksi secara konsisten dikategorikan sebagai salah satu sektor dengan tingkat kecelakaan kerja tertinggi dibandingkan sektor industri lainnya[1], [2], [3]. Karakteristik proyek konstruksi yang bersifat dinamis, melibatkan pekerjaan di ketinggian, penggunaan alat berat, interaksi antarpekerja dalam ruang kerja terbatas, serta tekanan penyelesaian waktu yang ketat menjadikan sektor ini memiliki tingkat eksposur bahaya yang kompleks dan multidimensional[4], [5], [6]. Pada proyek pengembangan Terminal Utama di Bandar Udara X, intensitas aktivitas konstruksi yang tinggi dan mobilisasi sumber daya dalam skala besar semakin meningkatkan probabilitas terjadinya insiden keselamatan apabila tidak dikelola secara sistematis dan berbasis risiko.

Secara konseptual, kecelakaan kerja tidak semata-mata dipicu oleh kondisi teknis yang tidak aman (*unsafe condition*), tetapi juga oleh perilaku pekerja yang menyimpang dari prosedur dan standar keselamatan yang telah ditetapkan (*unsafe behavior*)[7], [8]. Unsafe behavior dapat dipahami sebagai setiap tindakan atau kelalaian yang tidak sesuai dengan standar operasional, regulasi keselamatan, maupun praktik kerja aman yang berlaku di lokasi proyek. Dengan demikian, unsafe behavior bukan sekadar pelanggaran administratif, melainkan representasi kegagalan implementasi sistem keselamatan pada level individu dan organisasi. Dalam banyak kasus, sistem keselamatan telah dirancang secara formal, namun efektivitasnya sangat ditentukan oleh kepatuhan dan konsistensi perilaku pekerja di lapangan[9], [10].

Berbagai kajian keselamatan industri menunjukkan bahwa perilaku tidak aman merupakan determinan dominan dalam terjadinya kecelakaan kerja. Namun, yang lebih substansial dari sekadar kontribusi persentase adalah sifat unsafe behavior yang dinamis dan kontekstual. Perilaku tersebut dipengaruhi oleh persepsi risiko individu, tekanan produktivitas, pengalaman kerja, budaya keselamatan organisasi, serta efektivitas pengawasan manajerial. Unsafe behavior bukan fenomena individual yang berdiri sendiri, melainkan hasil interaksi kompleks antara faktor personal dan sistem organisasi. Dalam konteks proyek konstruksi berskala besar, tekanan target waktu dan koordinasi lintas tim sering kali menciptakan kondisi yang mendorong pekerja mengambil jalan pintas operasional, sehingga meningkatkan risiko kecelakaan[11].

Secara teoretis, perilaku keselamatan pekerja dibentuk oleh dua dimensi utama, yakni dimensi individual dan dimensi organisasi. Dimensi individual mencakup persepsi terhadap bahaya, tingkat pengalaman, kondisi fisik dan psikologis, serta toleransi terhadap risiko. Dimensi organisasi meliputi iklim keselamatan (*safety climate*), komitmen manajemen terhadap K3, sistem pengawasan, serta konsistensi penerapan aturan. Apabila persepsi risiko pekerja rendah atau tekanan kerja tinggi, kecenderungan untuk melakukan unsafe behavior akan meningkat. Sebaliknya, lingkungan kerja dengan dukungan manajerial yang kuat dan sistem pengendalian yang konsisten akan menekan munculnya perilaku tidak aman dan memperkuat kepatuhan terhadap prosedur keselamatan[12], [13], [14].

Dalam kerangka manajemen risiko sebagaimana diatur dalam ISO 31000, unsafe behavior dapat diposisikan sebagai *leading indicator* kecelakaan. Artinya, sebelum kecelakaan aktual terjadi, perilaku tidak aman telah muncul sebagai sinyal awal peningkatan tingkat risiko. Oleh karena itu, identifikasi dan pengukuran tingkat risiko unsafe behavior menjadi elemen krusial dalam pendekatan preventif berbasis risiko. Tanpa kuantifikasi yang sistematis, unsafe behavior cenderung dipersepsikan hanya sebagai pelanggaran prosedur yang bersifat insidental, bukan sebagai variabel risiko yang dapat diprioritaskan secara objektif dalam pengambilan keputusan manajerial[15], [16], [17].

Pada proyek konstruksi terminal bandara, kompleksitas koordinasi, intensitas mobilisasi tenaga kerja, serta tekanan penyelesaian pekerjaan berpotensi memperkuat faktor-faktor yang mendorong unsafe behavior. Perilaku

seperti bekerja tanpa alat pelindung diri, bekerja di ketinggian tanpa sistem proteksi jatuh, mengoperasikan peralatan dalam kondisi lelah, atau membiarkan instalasi listrik terbuka merupakan contoh konkret bagaimana tindakan individu dapat meningkatkan probabilitas sekaligus keparahan konsekuensi kecelakaan. Kombinasi antara frekuensi kejadian dan tingkat dampak inilah yang pada akhirnya menentukan besaran risiko yang harus dikelola.

Meskipun berbagai penelitian telah mengidentifikasi faktor-faktor yang memengaruhi unsafe behavior, masih terdapat kebutuhan untuk mengintegrasikan pendekatan perilaku tersebut dengan analisis kuantitatif berbasis matriks risiko. Secara khusus, kajian yang mengukur tingkat risiko masing-masing bentuk unsafe behavior melalui kombinasi parameter *likelihood* dan *consequence* masih relatif terbatas, terutama pada proyek konstruksi infrastruktur transportasi di Indonesia. Padahal, pendekatan kuantitatif ini penting untuk menentukan prioritas pengendalian secara lebih rasional dan berbasis data.

Berdasarkan urgensi tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi bentuk-bentuk unsafe behavior yang dominan pada tahap konstruksi, mengukur tingkat risiko masing-masing perilaku menggunakan pendekatan matriks risiko, serta menentukan prioritas pengendalian berdasarkan klasifikasi tingkat risiko yang diperoleh. Dengan pendekatan ini, penelitian tidak hanya berhenti pada deskripsi perilaku tidak aman, tetapi menyediakan dasar kuantitatif yang dapat digunakan sebagai landasan pengambilan keputusan dalam manajemen keselamatan berbasis risiko pada proyek konstruksi berskala besar.

## 2. Bahan dan Metode

Bahan dan Metode harus dijelaskan dengan detail yang cukup untuk memungkinkan orang lain meniru dan membangun hasil yang dipublikasikan. Harap dicatat bahwa publikasi manuskrip Anda berimplikasi bahwa Anda harus membuat semua bahan, data, kode komputer, dan protokol yang terkait dengan publikasi tersedia untuk pembaca. Harap ungkapkan pada tahap penyerahan segala batasan pada ketersediaan materi atau informasi. Metode dan protokol baru harus dijelaskan secara rinci sementara metode yang sudah mapan dapat dijelaskan secara singkat dan dikutip dengan tepat.

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain survei potong lintang (*cross-sectional design*) untuk menganalisis tingkat risiko perilaku tidak aman (*unsafe behavior*) pada tahap konstruksi Terminal Utama di Bandar Udara X. Pendekatan kuantitatif dipilih karena tujuan penelitian bukan hanya mengidentifikasi bentuk perilaku tidak aman, tetapi juga mengukur dan mengklasifikasikan tingkat risikonya secara numerik berdasarkan parameter probabilitas dan dampak. Kerangka kerja penelitian mengacu pada prinsip manajemen risiko dalam ISO 31000, yang menekankan proses sistematis mulai dari identifikasi risiko, analisis risiko, evaluasi risiko, hingga penentuan prioritas pengendalian. Fokus penelitian dibatasi pada risiko yang bersumber dari perilaku pekerja selama tahap konstruksi, sehingga risiko operasional pasca penyelesaian proyek tidak termasuk dalam lingkup kajian.

Populasi penelitian adalah seluruh pekerja konstruksi yang terlibat dalam aktivitas pembangunan terminal utama. Sampel penelitian berjumlah 96 responden yang dipilih menggunakan teknik *purposive sampling*, dengan kriteria responden merupakan pekerja aktif di lapangan, terlibat langsung dalam aktivitas konstruksi, serta memiliki pengalaman kerja minimal tiga bulan pada proyek tersebut. Pendekatan ini digunakan untuk memastikan bahwa responden memiliki paparan yang memadai terhadap kondisi kerja aktual dan potensi bahaya yang terjadi di lapangan. Seluruh partisipasi dilakukan secara sukarela dan anonim guna meminimalkan *response bias* serta menjaga objektivitas data.

Instrumen penelitian berupa kuesioner terstruktur yang memuat 38 indikator unsafe behavior yang relevan dengan aktivitas konstruksi, seperti bekerja tanpa alat pelindung diri, bekerja di ketinggian tanpa sistem proteksi jatuh, pengoperasian peralatan dalam kondisi lelah, hingga kelalaian dalam pengamanan instalasi listrik. Setiap indikator dinilai menggunakan dua parameter utama, yaitu *likelihood* (L) yang merepresentasikan probabilitas terjadinya perilaku tidak aman, dan *severity* (C) yang menggambarkan tingkat keparahan dampak apabila perilaku tersebut menimbulkan insiden. Skala pengukuran menggunakan rentang ordinal 1–5 yang mengacu pada standar AS/NZS 4360 sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1 dan Tabel 2.

**Tabel 1.** Skala Likelihood

Skor	Kategori	Deskripsi
1	Rare	Hampir tidak pernah terjadi
2	Unlikely	Jarang terjadi
3	Possible	Kadang-kadang terjadi
4	Likely	Sering terjadi
5	Almost Certain	Terjadi hampir setiap saat

Tabel 1 menunjukkan klasifikasi tingkat kemungkinan kejadian perilaku tidak aman. Skala ini digunakan untuk mengukur seberapa sering suatu perilaku terjadi berdasarkan persepsi responden yang memiliki pengalaman langsung di lokasi proyek. Penggunaan skala lima tingkat memungkinkan diferensiasi yang cukup sensitif antara kejadian yang sangat jarang dan kejadian yang hampir pasti terjadi, sehingga hasil pengukuran probabilitas dapat mencerminkan variasi kondisi lapangan secara lebih akurat.

**Tabel 2.** Skala Severity

Skor	Kategori	Dampak
1	Insignificant	Tidak ada cedera atau kerugian signifikan
2	Minor	Cedera ringan, kerugian kecil
3	Moderate	Cedera memerlukan perawatan medis
4	Major	Cedera berat atau gangguan operasional signifikan
5	Catastrophic	Korban meninggal atau kerugian sangat besar

Tabel 2 menjelaskan klasifikasi tingkat keparahan dampak apabila perilaku tidak aman berujung pada insiden. Skala ini mempertimbangkan konsekuensi terhadap keselamatan pekerja, kerugian finansial, serta gangguan operasional proyek. Dengan menggabungkan skala probabilitas dan dampak, penelitian ini mampu mengukur risiko secara lebih komprehensif, tidak hanya berdasarkan frekuensi kejadian tetapi juga berdasarkan tingkat konsekuensinya.

Pengumpulan data dilakukan melalui penyebaran kuesioner secara langsung di lokasi proyek setelah responden diberikan penjelasan mengenai tujuan penelitian dan jaminan kerahasiaan data. Selain itu, observasi lapangan dilakukan untuk memverifikasi kesesuaian indikator dengan kondisi aktual proyek, sehingga instrumen penelitian tidak hanya berbasis teori tetapi juga mencerminkan realitas operasional. Data yang terkumpul direkap dalam bentuk spreadsheet untuk proses analisis kuantitatif.

Analisis risiko dilakukan menggunakan pendekatan semi-kuantitatif berbasis matriks risiko dengan persamaan dasar:

$$R = L \times C \tag{1}$$

di mana ( R ) adalah tingkat risiko, ( L ) adalah nilai rata-rata likelihood, dan ( C ) adalah nilai rata-rata severity. Nilai rata-rata dihitung menggunakan rumus:

$$\bar{L} = \frac{\sum_{i=1}^n L_i}{n}, \bar{C} = \frac{\sum_{i=1}^n C_i}{n} \tag{2}$$

dengan ( n ) sebagai jumlah responden. Hasil perhitungan nilai risiko kemudian dipetakan dalam klasifikasi tingkat risiko sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Klasifikasi Tingkat Risiko

Nilai R	Kategori
1–4	Low
5–9	Moderate
10–16	High
20–25	Extreme

Tabel 3 menunjukkan batas klasifikasi tingkat risiko yang digunakan dalam penelitian ini. Risiko kategori low dan moderate dianggap masih dapat dikendalikan melalui prosedur operasional standar, sedangkan kategori high dan extreme memerlukan tindakan pengendalian prioritas dan intervensi manajerial segera. Penggunaan matriks risiko memungkinkan proses evaluasi yang sistematis dan transparan dalam menentukan prioritas pengendalian.

Pengolahan data dilakukan menggunakan Microsoft Excel tanpa penggunaan algoritma statistik lanjutan, karena penelitian ini berfokus pada klasifikasi risiko berbasis matriks semi-kuantitatif. Validitas isi instrumen dikaji melalui diskusi dengan praktisi K3 dan pengawas proyek untuk memastikan kesesuaian indikator dengan karakteristik aktivitas konstruksi terminal bandara. Data mentah penelitian tersedia dalam bentuk file spreadsheet dan dapat diakses atas permintaan yang wajar kepada penulis korespondensi, dengan pengecualian informasi yang dapat mengidentifikasi responden. Penelitian ini tidak melibatkan intervensi medis maupun eksperimen terhadap manusia, dan seluruh responden berpartisipasi secara sukarela serta anonim, sehingga tidak memerlukan persetujuan etik formal berdasarkan kebijakan institusi peneliti.

### 3. Hasil

Hasil penelitian diperoleh dari 96 responden yang menilai 38 indikator unsafe behavior berdasarkan parameter likelihood (L) dan severity (C). Nilai rata-rata masing-masing parameter dihitung untuk setiap indikator, kemudian dikalikan menggunakan persamaan ( $R = L \times C$ ) untuk memperoleh tingkat risiko. Distribusi tingkat risiko menunjukkan bahwa sebagian besar indikator berada pada kategori moderate risk, namun terdapat sejumlah indikator yang masuk kategori high dan satu indikator kategori extreme, yang memerlukan perhatian manajerial prioritas.

Secara keseluruhan, klasifikasi risiko menunjukkan bahwa 12 indikator berada pada kategori low risk, 18 indikator pada kategori moderate risk, 7 indikator pada kategori high risk, dan 1 indikator pada kategori extreme risk. Komposisi ini mengindikasikan bahwa meskipun mayoritas perilaku tidak aman berada pada tingkat risiko yang masih dapat dikendalikan melalui prosedur standar, terdapat sejumlah perilaku dengan tingkat keparahan dan probabilitas tinggi yang berpotensi menimbulkan dampak signifikan terhadap keselamatan kerja. Tabel 4 menyajikan indikator-indikator dengan tingkat risiko tertinggi yang termasuk dalam kategori high dan extreme.

**Tabel 4.** Indikator Risiko Kategori High dan Extreme

No	Indikator Perilaku Tidak Aman	Mean L	Mean C	Nilai R	Kategori
1	Membiarkan kabel terbuka/tidak terlindungi	4,27	4,63	19,79	Extreme
2	Mengabaikan tanda kelelahan atau stres	3,11	4,92	15,34	High
3	Mengoperasikan peralatan dalam kondisi lelah	3,03	4,97	15,09	High
4	Tidak menjaga kebersihan dan kerapian area kerja	2,69	4,61	12,44	High
5	Tidak menjaga kerapian penyimpanan material	3,37	3,97	13,42	High
6	Bekerja tanpa menggunakan APD	2,63	4,96	13,01	High
7	Melakukan pekerjaan perbaikan tanpa izin/pengawasan	2,67	4,39	11,76	High
8	Bekerja di ketinggian tanpa sistem proteksi jatuh	2,39	4,66	11,18	High

Tabel 4 menunjukkan bahwa indikator dengan tingkat risiko tertinggi adalah membiarkan kabel terbuka atau tidak terlindungi dengan nilai risiko 19,79 yang termasuk kategori extreme. Nilai rata-rata likelihood sebesar 4,27 menunjukkan bahwa perilaku ini terjadi dengan frekuensi tinggi menurut persepsi responden, sedangkan nilai severity sebesar 4,63 mengindikasikan potensi dampak yang sangat serius, termasuk risiko sengatan listrik, kebakaran, atau gangguan operasional proyek. Kombinasi probabilitas dan dampak yang sama-sama tinggi menjadikan indikator ini sebagai prioritas utama dalam pengendalian risiko.

Selain itu, dua indikator yang berkaitan dengan faktor kelelahan, yaitu mengabaikan tanda kelelahan atau stres ( $R = 15,34$ ) dan mengoperasikan peralatan dalam kondisi lelah ( $R = 15,09$ ), menunjukkan tingkat risiko yang tinggi. Temuan ini menegaskan bahwa faktor psikofisiologis pekerja memiliki kontribusi signifikan terhadap peningkatan risiko kecelakaan. Nilai severity yang mendekati kategori maksimum menunjukkan bahwa apabila perilaku ini berujung pada insiden, dampaknya berpotensi fatal atau menimbulkan kerugian besar.

Indikator lain yang masuk kategori high risk berkaitan dengan kepatuhan terhadap prosedur keselamatan dasar, seperti bekerja tanpa alat pelindung diri, bekerja di ketinggian tanpa proteksi jatuh, serta melakukan pekerjaan perbaikan tanpa izin atau pengawasan. Meskipun beberapa indikator tersebut memiliki nilai likelihood sedang, nilai severity yang tinggi menyebabkan hasil perkalian menghasilkan klasifikasi risiko tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa perilaku yang tidak terlalu sering terjadi tetap dapat menjadi prioritas pengendalian apabila konsekuensi dampaknya sangat besar.

Secara agregat, pola hasil penelitian memperlihatkan bahwa risiko tertinggi tidak hanya berkaitan dengan aktivitas teknis berbahaya, tetapi juga dengan aspek pengawasan, kepatuhan prosedural, dan manajemen kondisi kerja. Perilaku tidak aman yang bersifat administratif seperti pengabaian izin kerja dan kerapian area kerja turut berkontribusi terhadap peningkatan tingkat risiko secara signifikan. Dengan demikian, hasil ini menegaskan bahwa pengendalian risiko tidak dapat hanya berfokus pada perlindungan teknis, tetapi juga harus mencakup penguatan disiplin operasional dan manajemen perilaku.

Distribusi risiko yang didominasi oleh kategori moderate menunjukkan bahwa secara umum sistem keselamatan telah berjalan pada tingkat tertentu, namun keberadaan risiko high dan extreme mengindikasikan adanya celah dalam implementasi pengawasan dan budaya keselamatan. Temuan ini memberikan dasar kuantitatif untuk penyusunan prioritas pengendalian risiko yang lebih terfokus dan berbasis tingkat risiko aktual.

#### 4. Pembahasan

Temuan penelitian menunjukkan bahwa perilaku tidak aman (unsafe behavior) pada proyek konstruksi Terminal Utama di Bandar Udara X tidak hanya berperan sebagai pelanggaran prosedural, tetapi sebagai determinan kuantitatif peningkatan tingkat risiko. Indikator dengan kategori extreme dan high risk memperlihatkan bahwa kombinasi probabilitas kejadian dan tingkat keparahan dampak mampu menghasilkan eskalasi risiko yang signifikan meskipun beberapa perilaku tersebut tampak sederhana secara operasional. Dengan demikian, unsafe behavior harus dipahami sebagai variabel risiko aktif yang memengaruhi probabilitas kecelakaan secara langsung.

Berdasarkan hasil penelitian, dapat dirumuskan suatu kerangka konseptual yang menjelaskan hubungan sistematis antara perilaku tidak aman dan kinerja keselamatan proyek. Model ini terdiri atas empat komponen utama: (1) unsafe behavior sebagai input risiko, (2) tingkat risiko sebagai hasil kuantifikasi berbasis likelihood–severity, (3) prioritas pengendalian sebagai respons manajerial, dan (4) kinerja keselamatan sebagai outcome sistem.

$$Risk\ Level = f(Unsafe\ Behavior) = L \times C$$

$$Control\ Priority = g(Risk\ Level)$$

$$Safety\ Performance = h(Control\ Effectiveness)$$

Persamaan pertama menunjukkan bahwa tingkat risiko merupakan fungsi langsung dari perilaku tidak aman yang diukur melalui probabilitas ( $L$ ) dan dampak ( $C$ ). Persamaan kedua menunjukkan bahwa prioritas pengendalian ditentukan oleh klasifikasi tingkat risiko, sedangkan persamaan ketiga mengilustrasikan bahwa kinerja keselamatan proyek dipengaruhi oleh efektivitas pengendalian yang diterapkan terhadap risiko prioritas.

Model konseptual tersebut menegaskan bahwa unsafe behavior berperan sebagai leading indicator dalam sistem keselamatan konstruksi. Artinya, sebelum kecelakaan aktual terjadi, perilaku tidak aman telah muncul sebagai sinyal awal peningkatan risiko. Dalam konteks penelitian ini, indikator seperti membiarkan kabel terbuka atau mengoperasikan peralatan dalam kondisi lelah tidak hanya merepresentasikan pelanggaran teknis, tetapi menjadi pemicu peningkatan probabilitas kecelakaan fatal apabila tidak dikendalikan. Dengan pendekatan ini, pengendalian risiko tidak lagi bersifat reaktif terhadap insiden, melainkan preventif berbasis kuantifikasi risiko.

Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa risiko tinggi tidak hanya berasal dari aktivitas teknis berbahaya seperti pekerjaan di ketinggian, tetapi juga dari faktor manajerial seperti pengawasan dan manajemen kelelahan. Hal ini mengindikasikan bahwa unsafe behavior memiliki dimensi multidisipliner yang melibatkan aspek teknis, psikologis, dan organisasi. Dalam kerangka manajemen risiko sesuai ISO 31000, kondisi ini mencerminkan pentingnya pendekatan sistemik yang mengintegrasikan identifikasi bahaya, evaluasi risiko, serta pengendalian berbasis prioritas.

Secara teoretis, hubungan antara unsafe behavior dan kinerja keselamatan dapat dijelaskan melalui mekanisme penguatan (reinforcement mechanism). Apabila perilaku tidak aman dengan tingkat risiko tinggi tidak segera dikendalikan, maka probabilitas terjadinya insiden akan meningkat secara eksponensial karena adanya efek kumulatif paparan bahaya. Sebaliknya, apabila risiko kategori high dan extreme dikendalikan secara efektif, maka tingkat eksposur bahaya dapat ditekan secara signifikan sehingga menurunkan potensi kecelakaan. Dengan demikian, efektivitas pengendalian risiko menjadi mediator utama antara perilaku tidak aman dan performa keselamatan proyek.

Dalam konteks manajerial, model ini memberikan implikasi strategis bahwa alokasi sumber daya keselamatan harus didasarkan pada klasifikasi tingkat risiko, bukan sekadar jumlah pelanggaran yang terjadi. Risiko dengan nilai tertinggi harus menjadi prioritas dalam perencanaan inspeksi, pelatihan, dan pengawasan. Pendekatan ini memungkinkan manajemen proyek untuk mengoptimalkan anggaran keselamatan dan meningkatkan efisiensi intervensi tanpa mengabaikan risiko residual.

Secara keseluruhan, integrasi antara unsafe behavior, tingkat risiko, dan prioritas pengendalian membentuk suatu siklus manajemen keselamatan yang berkelanjutan. Unsafe behavior diidentifikasi dan diukur, tingkat risiko diklasifikasikan, pengendalian diterapkan berdasarkan prioritas, dan kinerja keselamatan dievaluasi untuk perbaikan berkelanjutan. Model konseptual ini memperkuat argumen bahwa pengelolaan perilaku tidak aman merupakan fondasi utama dalam peningkatan kinerja keselamatan pada proyek konstruksi berskala besar.

## 5. Kesimpulan

Penelitian ini menegaskan bahwa perilaku tidak aman (unsafe behavior) merupakan determinan utama peningkatan tingkat risiko pada proyek konstruksi Terminal Utama di Bandar Udara X. Melalui pendekatan kuantifikasi risiko berbasis matriks likelihood–severity, penelitian ini tidak hanya mengidentifikasi bentuk-bentuk perilaku tidak aman, tetapi juga mengklasifikasikan tingkat risikonya secara sistematis ke dalam kategori low, moderate, high, dan extreme. Hasil menunjukkan bahwa meskipun sebagian besar indikator berada pada tingkat risiko moderat, terdapat sejumlah perilaku dengan kategori high dan satu perilaku kategori extreme yang memerlukan prioritas pengendalian segera.

Temuan paling signifikan adalah bahwa perilaku teknis seperti membiarkan kabel terbuka memiliki kombinasi probabilitas dan dampak yang tinggi, sehingga menghasilkan risiko ekstrem. Selain itu, faktor kelelahan pekerja dan ketidakpatuhan terhadap prosedur keselamatan dasar juga menunjukkan tingkat risiko tinggi. Hal ini mengindikasikan bahwa pengendalian risiko pada proyek konstruksi tidak dapat hanya berfokus pada aspek teknis, tetapi harus mencakup dimensi manajerial dan perilaku secara simultan.

Secara konseptual, penelitian ini memperkuat posisi unsafe behavior sebagai leading indicator dalam manajemen keselamatan konstruksi. Dengan mengintegrasikan identifikasi perilaku tidak aman ke dalam kerangka manajemen risiko berbasis ISO 31000, penelitian ini menunjukkan bahwa tingkat risiko dapat digunakan sebagai dasar objektif dalam menentukan prioritas pengendalian. Kontribusi utama penelitian ini terletak pada penyediaan pendekatan kuantitatif untuk menjembatani analisis perilaku keselamatan dengan pengambilan keputusan manajerial berbasis risiko.

Implikasi praktis dari temuan ini adalah perlunya penguatan sistem pengawasan lapangan, penerapan manajemen kelelahan, serta peningkatan disiplin terhadap prosedur keselamatan dasar. Pengendalian risiko sebaiknya difokuskan terlebih dahulu pada indikator kategori high dan extreme, sehingga sumber daya keselamatan dapat dialokasikan secara lebih efektif dan efisien. Penelitian ini memiliki keterbatasan pada jumlah responden dan lingkup satu proyek konstruksi, sehingga generalisasi hasil perlu dilakukan secara hati-hati. Penelitian lanjutan dapat mengembangkan model prediktif yang mengintegrasikan faktor organisasi dan budaya keselamatan, serta memperluas cakupan studi pada berbagai jenis proyek infrastruktur untuk memperkuat validitas eksternal temuan. Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa pengelolaan unsafe behavior berbasis kuantifikasi risiko merupakan pendekatan strategis dalam meningkatkan kinerja keselamatan proyek konstruksi berskala besar.

## Referensi

- [1] S. Y. Guo, L. Y. Ding, H. B. Luo, and X. Y. Jiang, "A Big-Data-based platform of workers' behavior: Observations from the field," *Accid. Anal. Prev.*, vol. 93, pp. 299–309, Aug. 2016, doi: 10.1016/j.aap.2015.09.024.
- [2] D. Fang, C. Zhao, and M. Zhang, "A Cognitive Model of Construction Workers' Unsafe Behaviors," *J. Constr. Eng. Manag.*, vol. 142, no. 9, p. 04016039, Sep. 2016, doi: 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001118.
- [3] H. Chen, H. Li, and Y. M. Goh, "A review of construction safety climate: Definitions, factors, relationship with safety behavior and research agenda," *Saf. Sci.*, vol. 142, p. 105391, Oct. 2021, doi: 10.1016/j.ssci.2021.105391.
- [4] H. Qi, Z. Zhou, N. Li, and C. Zhang, "Construction safety performance evaluation based on data envelopment analysis (DEA) from a hybrid perspective of cross-sectional and longitudinal," *Saf. Sci.*, vol. 146, p. 105532, Feb. 2022, doi: 10.1016/j.ssci.2021.105532.
- [5] T. Luo, "Safety climate: Current status of the research and future prospects," *J. Saf. Sci. Resil.*, vol. 1, no. 2, pp. 106–119, Dec. 2020, doi: 10.1016/j.jnlssr.2020.09.001.
- [6] F. AL-Sahar, A. Przegalińska, and M. Krzemiński, "Risk assessment on the construction site with the use of wearable technologies," *Ain Shams Eng. J.*, vol. 12, no. 4, pp. 3411–3417, Dec. 2021, doi: 10.1016/j.asej.2021.04.006.
- [7] M. Malakoutikhah, M. Jahangiri, M. Alimohammadlou, S. A. Faghihi, and M. Kamalinia, "The Factors Affecting Unsafe Behaviors of Iranian Workers: A Qualitative Study Based on Grounded Theory," *Saf. Health Work*, vol. 12, no. 3, pp. 339–345, Sep. 2021, doi: 10.1016/j.shaw.2021.04.005.
- [8] A. M. Arifai, R. Fitrina, and Adenan, "Enhancing OSH Management Based on Risk Perception of Unsafe Behavior Among Infrastructure Construction Workers," *Rekayasa Sipil*, vol. 19, no. 1, pp. 110–119, Feb. 2025, doi: 10.21776/ub.rekayasasipil.2025.019.01.13.
- [9] R. A. Machfudiyanto, J.-H. Chen, Y. Latief, T. S. N. Rachmawati, A. M. Arifai, and N. Firmansyah, "Applying association rule mining to explore unsafe behaviors in the Indonesian construction industry," *Sustainability*, vol. 15, no. 6, p. 5261, 2023.
- [10] H.-H. Wang, J.-H. Chen, A. M. Arifai, and M. Gheisari, "Exploring Empirical Rules for Construction Accident Prevention Based on Unsafe Behaviors," *Sustainability*, vol. 14, no. 7, Art. no. 7, Jan. 2022, doi: 10.3390/su14074058.
- [11] K. Mahfuth, A. Loulizi, B. A. Tayeh, K. Al Hallaq, and Y. I. A. Aisheh, "Using safety system during the design phase to minimize waste in construction projects," *J. King Saud Univ. - Eng. Sci.*, Sep. 2020, doi: 10.1016/j.jksues.2020.09.006.
- [12] K. J. Mearns and R. Flin, "Assessing the state of organizational safety – culture or climate?," *Curr. Psychol.*, vol. 18, no. 1, pp. 5–17, Mar. 1999, doi: 10.1007/s12144-999-1013-3.
- [13] M. K. Buniya, I. Othman, R. Y. Sunindijo, A. F. Kineber, E. Mussi, and H. Ahmad, "Barriers to safety program implementation in the construction industry," *Ain Shams Eng. J.*, vol. 12, no. 1, pp. 65–72, Mar. 2021, doi: 10.1016/j.asej.2020.08.002.
- [14] Y. Chen, B. McCabe, and D. Hyatt, "Impact of individual resilience and safety climate on safety performance and psychological stress of construction workers: A case study of the Ontario construction industry," *J. Safety Res.*, vol. 61, pp. 167–176, Jun. 2017, doi: 10.1016/j.jsr.2017.02.014.
- [15] K. J. Nielsen, R. Grytnes, and J. Dyreborg, "Pilot test of a tailored intervention to improve apprentice safety in small construction companies," *Saf. Sci.*, vol. 117, pp. 305–313, Aug. 2019, doi: 10.1016/j.ssci.2019.04.032.
- [16] C. Nnaji, J. Gambatese, H. W. Lee, and F. Zhang, "Improving construction work zone safety using technology: A systematic review of applicable technologies," *J. Traffic Transp. Eng. Engl. Ed.*, vol. 7, no. 1, pp. 61–75, Feb. 2020, doi: 10.1016/j.jtte.2019.11.001.
- [17] P.-C. Liao, G. Lei, D. Fang, and W. Liu, "The relationship between communication and construction safety climate in China," *KSCE J. Civ. Eng.*, vol. 18, no. 4, pp. 887–897, May 2014, doi: 10.1007/s12205-014-0492-4.