

Analisis Risiko Proses Bongkar Muat *Container* Menggunakan Metode *Failure Mode And Effect Analysis (FMEA)* Pada PBM ABC

Shallui Indah Rezeki¹, Fandy Bestario Harlan²
shalluiindah@gmail.com¹, fandybestarioh@gmail.com²
Logistik Perdagangan Internasional^{1,2}
Politeknik Negeri Batam

ABSTRAK

PBM ABC mengalami penurunan produktivitas bongkar muat *container* dari 10 menjadi 6 *container*/jam pada periode Maret-Agustus 2025. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi, menganalisis, dan menentukan prioritas risiko operasional tersebut menggunakan metode *Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)*. Melalui pendekatan deskriptif kualitatif studi kasus, penelitian berfokus pada proses *stevedoring*, *cargodoring*, *receiving*, dan *delivery*. Data dikumpulkan melalui observasi, dokumentasi, dan wawancara mendalam dengan empat informan (*purposive sampling*), lalu divalidasi melalui triangulasi dan *member check*. Analisis data menggabungkan model Miles & Huberman dengan menganalisis penilaian *Severity (S)*, *Occurrence (O)*, dan *Detection (D)* untuk perhitungan *Risk Priority Number (RPN)*. Hasil penelitian mengidentifikasi enam *failure mode*, dengan risiko prioritas tertinggi pada keterlambatan armada *trucking* dalam pengiriman *container* ke area bongkar muat (RPN=216; kategori Tinggi) dan ketergantungan operasional terhadap ketersediaan armada *trucking* dari pihak eksternal (RPN=168). Implikasi penelitian ini memberikan panduan praktis bagi manajemen dalam mengalokasikan sumber daya mitigasi untuk menjaga stabilitas produktivitas operasional.

Kata Kunci: risiko operasional, bongkar muat *container*, FMEA, produktivitas, *trucking*

ABSTRACT

PBM ABC experienced a fluctuating decline in container handling productivity from 10 to 6 containers per hour during the March-August 2025 period. This study aims to identify, analyze, and prioritize these operational risks using the Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) method. Employing a descriptive qualitative case study approach, the research focuses on stevedoring, cargodoring, receiving, and delivery processes. Data were collected through observation, documentation, and in-depth interviews with four informants selected via purposive sampling, then validated using triangulation and member checks. Data analysis integrated the Miles and Huberman model with assessments of Severity (S), Occurrence (O), and Detection (D) to calculate the Risk Priority Number (RPN). The results identified six failure modes, with the

highest priority risks being trucking delays (RPN=216; High category) and dependence on external trucking (RPN=168). The implications of this study provide practical guidance for management in allocating mitigation resources to maintain operational productivity stability.

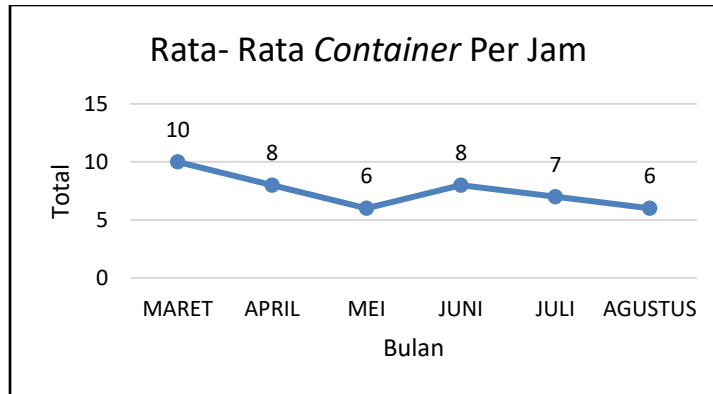
Keywords: *operational risk, container loading and unloading, FMEA, productivity, trucking*

1. Pendahuluan

Kegiatan bongkar muat *container* merupakan aktivitas vital dalam logistik pelabuhan yang memengaruhi kelancaran arus barang dan efisiensi operasional. Produktivitas yang optimal pada proses ini mencerminkan efektivitas pemindahan *container* sekaligus meminimalkan risiko keterlambatan operasional (Raekhan dkk., 2017). Dalam praktiknya, proses bongkar muat *container* melibatkan berbagai tahapan operasional seperti *stevedoring*, *cargodoring*, *receiving*, dan *delivery* yang saling berkaitan dan memiliki potensi risiko operasional yang dapat menghambat kelancaran kegiatan bongkar muat *container* (Defrianto & Purwasih, 2023).

Risiko operasional dalam bongkar muat meliputi keterlambatan pengangkutan *container*, kerusakan alat, kesalahan teknis, hingga gangguan cuaca yang berpotensi menghambat seluruh proses operasional (Audrey dkk., 2023). Risiko-risiko tersebut berdampak pada terjadinya *idle time*, keterlambatan bongkar muat, dan penurunan produktivitas yang mengganggu operasional pelabuhan. Oleh karena itu, manajemen risiko sangat penting untuk mengidentifikasi, menganalisis, dan mengendalikan potensi kegagalan operasional pada aktivitas tersebut (Firdaus Aufa & Salim Dahda, 2023).

PBM ABC merupakan perusahaan bongkar muat *container* yang beroperasi sejak 2023 di Pelabuhan Bintang 99, Batu Ampar, Batam. Data *port log operation* kapal TB 10 periode Maret-Agustus 2025 menunjukkan produktivitas bongkar muat berfluktuasi dan menurun dari 10 menjadi 6 *container/jam*. Penurunan ini menjadi indikator awal adanya hambatan serta potensi risiko operasional yang perlu dianalisis secara mendalam.



Gambar 1. Rata-Rata *Container* Per Jam
Sumber: Diolah oleh Peneliti (2025)

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menganalisis risiko operasional adalah *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) (Indrarespati dkk., 2021). Metode FMEA digunakan untuk mengidentifikasi potensi kegagalan, penyebab kegagalan, dampak yang ditimbulkan, serta menentukan prioritas risiko berdasarkan nilai *Risk Priority Number* (RPN) (Ghani dkk., 2024). Penelitian Pangestuti dkk. (2022) menunjukkan bahwa FMEA dapat digunakan secara kualitatif melalui pendekatan wawancara dan dokumentasi untuk menganalisis risiko operasional perusahaan. Namun, penelitian tersebut masih bersifat umum karena mencakup berbagai aspek bisnis dan belum berfokus pada proses bongkar muat *container* secara spesifik.

Sementara itu, penelitian Firdaus Aufa & Salim Dahda (2023) menerapkan FMEA pada bongkar muat curah kering tanpa mengaitkan risiko dengan produktivitas aktual. Kesenjangan tersebut melandasi kebaruan penelitian ini, yang mengintegrasikan analisis risiko FMEA pada proses bongkar muat *container* dengan data produktivitas operasional aktual.

Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi risiko operasional bongkar muat *container* di PBM ABC menggunakan metode FMEA, menganalisis nilai *Severity*, *Occurrence*, dan *Detection*, serta menentukan prioritas mitigasi berdasarkan *Risk Priority Number* (RPN). Hasil penelitian diharapkan berkontribusi pada kajian manajemen risiko sekaligus menjadi bahan pertimbangan manajemen untuk meningkatkan efisiensi operasional bongkar muat *container* PBM ABC.

2. Kajian Teori & Literature Review

Kajian Teori

Risiko

Risiko merupakan potensi terjadinya peristiwa akibat ketidakpastian yang berdampak merugikan, seperti kerusakan atau hambatan operasional. Secara spesifik, risiko operasional timbul dari kegagalan proses internal, *human error*, kerusakan sistem, maupun faktor eksternal

yang memengaruhi aktivitas perusahaan (Lubis & Imsar, 2022). Manajemen risiko merupakan suatu teknik yang digunakan untuk mengidentifikasi, mengelola, mengukur, dan mengendalikan risiko agar perusahaan dapat meminimalkan dampak kerugian serta menjaga keberlangsungan operasional secara optimal (Ramadan & Basuki, 2023). Proses manajemen risiko mencakup tahapan: identifikasi risiko, analisis risiko, evaluasi atau pemeringkatan risiko, penanganan risiko (*risk response*), dan pemantauan risiko (Pangestuti dkk., 2022).

Bongkar Muat *Container* di Pelabuhan

Kegiatan bongkar muat *container* merupakan proses pemindahan muatan dari kapal ke darat maupun dari darat ke kapal (Rifani dkk., 2016). Perusahaan Bongkar Muat (PBM) adalah badan usaha yang bertanggung jawab melaksanakan kegiatan tersebut dan merupakan salah satu mata rantai penting dalam *supply chain* kepelabuhanan (Dwi Wahyu Wiranata dkk., 2021). Menurut Defrianto & Purwasih (2023), kegiatan bongkar muat meliputi: (1) *Stevedoring*, yaitu kegiatan bongkar muat dari kapal ke dermaga atau sebaliknya; (2) *Cargodoring*, yaitu kegiatan pemindahan *container* dari dermaga ke area penumpukan maupun sebaliknya; (3) *Receiving/Delivery*, yaitu proses penerimaan dan pengiriman *container* dari dan ke pengguna jasa.

Metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)

Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) merupakan metode analisis risiko yang sistematis untuk mengidentifikasi potensi kegagalan (*failure mode*), penyebab kegagalan, dampak yang ditimbulkan, serta menentukan prioritas risiko yang perlu (Rislamy dkk., 2020). Penilaian risiko dalam metode FMEA didasarkan pada tiga kriteria utama (Damongilala dkk., 2022): (1) *Severity* (S), yaitu tingkat keparahan dampak risiko; (2) *Occurrence* (O), yaitu frekuensi terjadinya risiko; dan (3) *Detection* (D), yaitu kemampuan mendeteksi risiko sebelum menimbulkan dampak lebih besar. Ketiga komponen tersebut dikali sebagaimana dikemukakan oleh Wardhani & Utomo (2023) untuk menghitung *Risk Priority Number* (RPN) dengan rumus :

$$RPN = S \times O \times D \dots\dots\dots(1)$$

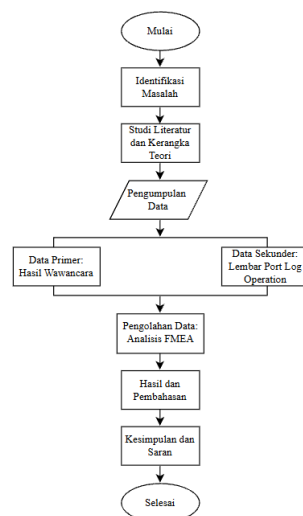
Nilai RPN yang lebih tinggi mengindikasikan bahwa suatu risiko memerlukan prioritas penanganan yang lebih segera. Kategori tingkat risiko mengacu pada Gani dkk. (2023) yaitu: RPN 192-1000 (Tinggi), 65-191 (Sedang), dan 0-64 (Rendah).

Literature Review

Pangestuti dkk. (2022), dalam penelitian berjudul “*Analisis Risiko Operasional Dengan Metode FMEA*”, meneliti risiko operasional PT. Unilever Tbk. sebelum dan selama pandemi

Covid-19 menggunakan wawancara dan dokumentasi tanpa kuesioner kuantitatif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa efektivitas FMEA kualitatif berbasis wawancara dan dokumentasi untuk memetakan lonjakan risiko akibat dinamika lingkungan, meski cakupannya masih bersifat makro pada berbagai lini bisnis. Firdaus Aufa & Salim Dahda (2023) dalam penelitian “*Analisis Risiko Proses Bongkar Muat Curah Kering Menggunakan Metode FMEA di PT. XYZ*”, menerapkan FMEA pada bongkar muat curah kering dan mengidentifikasi hambatan sirkulasi truk sebagai risiko tertinggi, namun studi tersebut belum menghubungkan dampak risiko dengan fluktuasi produktivitas aktual perusahaan. Gani dkk. (2023) dalam penelitian “*Analisis Risiko Kebakaran Di Bandara RR Menggunakan Metode FMEA*”, menegaskan pentingnya kategorisasi skor RPN untuk menentukan prioritas mitigasi secara sistematis, yang kemudian diadopsi sebagai acuan klasifikasi risiko dalam penelitian ini.

Meskipun FMEA efektif memprioritaskan risiko operasional, terdapat *research gap* pada PBM skala kecil dengan *single dominant user* yang mengintegrasikan *failure mode* dengan data produktivitas aktual. Penelitian ini mengisi celah tersebut melalui studi kasus proses bongkar muat *container* di PBM ABC berdasarkan kondisi aktual.



Gambar 2. Alur Penelitian
Sumber: Diolah oleh Peneliti (2025)

Flowchart alur penelitian yang disajikan pada gambar 2. Menggambarkan proses dimulai dengan identifikasi masalah guna mendapatkan pemahaman awal mengenai topik yang diteliti.

3. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif dengan metode FMEA untuk menganalisis risiko operasional pada kegiatan bongkar muat *container* di PBM ABC yang

berlokasi di Pelabuhan Bintang 99, Batu Ampar. Objek penelitian difokuskan pada risiko operasional yang terjadi selama proses bongkar muat *container*. Penelitian dilakukan berdasarkan kondisi operasional aktual perusahaan pada periode Maret-Agustus 2025.

Penentuan informan dilakukan menggunakan teknik *purposive sampling* dengan kriteria: (1) telah bekerja minimal 1 tahun di PBM ABC; (2) terlibat langsung dalam kegiatan operasional bongkar muat; (3) memahami alur operasional bongkar muat serta potensi risikonya; dan (4) bersedia memberikan informasi yang objektif sesuai kondisi aktual. Informan penelitian terdiri dari empat orang, yaitu satu *Supervisor* (RP), dua *Stevedore* (NL dan HN), dan satu *Tally* lapangan (AF). Keragaman jabatan informan bertujuan memperoleh data komprehensif dari perspektif pengawasan, pelaksanaan, dan pencatatan operasional.

Teknik pengumpulan data dilakukan melalui: (1) wawancara mendalam (*in-depth interview*); (2) observasi lapangan terhadap aktivitas bongkar muat *container*; serta (3) studi dokumentasi dari *port log operation* sebagai data sekunder produktivitas operasional (Hermawan & Hariyanto, 2022).

Keabsahan data dilakukan melalui triangulasi sumber yaitu membandingkan hasil wawancara antar informan, dan triangulasi metode, yaitu membandingkan data wawancara, observasi, dan dokumentasi. Selain itu, dilakukan *member check* kepada informan untuk memastikan kesesuaian hasil interpretasi data dengan kondisi operasional yang sebenarnya (Hermawan & Hariyanto, 2022).

Teknik analisis data menggunakan model Miles dan Huberman yang meliputi reduksi data, penyajian data, dan penarikan kesimpulan (Sugiyono, 2013). Setelah proses identifikasi risiko melalui analisis kualitatif selesai, data dianalisis menggunakan metode FMEA melalui penilaian *Severity* (S), *Occurrence* (O), dan *Detection* (D) oleh empat informan. Nilai akhir merupakan rata-rata penilaian seluruh informan yang selanjutnya dikalkulasikan menjadi nilai RPN sebagai dasar penentuan prioritas risiko operasional pada kegiatan bongkar muat *container* di PBM ABC (Pangestuti dkk., 2022).

4. Hasil dan Pembahasan

Hasil

Identifikasi Risiko

Identifikasi risiko dalam penelitian ini dilakukan melalui metode diskusi dan wawancara dengan informan yang terlibat langsung dalam kegiatan operasional bongkar muat *container*

(Yosaka, 2022). Identifikasi risiko dilakukan melalui triangulasi tiga sumber data: (1) wawancara mendalam dengan empat informan yang terlibat langsung dalam operasional bongkar muat *container*; (2) observasi terhadap aktivitas bongkar muat *container*; serta (3) studi dokumentasi dari lembar *port log operation* kapal TB 10 periode Maret-Agustus 2025.

Hasil wawancara yang diperoleh dari informan selanjutnya dianalisis melalui proses pengelompokan informasi menggunakan tahapan reduksi data model Miles dan Huberman (Sugiyono, 2013), yaitu proses pemilihan, penyederhanaan, dan pemfokusan informasi pada poin-poin yang relevan dengan potensi risiko operasional, yang kemudian ditranskripsikan dalam bentuk verbatim sebagaimana disajikan pada Tabel 1. Hasil observasi lapangan digunakan untuk memverifikasi kesesuaian antara pernyataan informan dengan kondisi aktual di lapangan, sedangkan data *port log operation* digunakan sebagai bukti objektif adanya penurunan produktivitas yang menjadi indikator awal keberadaan risiko operasional.

Tabel 1. Kode Verbatim Informan

Verbatim Informan	Tema
“Kendala utama itu trucking karena pengangkutan container dari luar pelabuhan.” (RP, <i>Supervisor</i>)	Keterlambatan trucking
“Crane sering mati karena trucking lama datang, aki jadi konslet karena sering dimatikan.” (NL, <i>Stevedore</i>)	Gangguan operasional alat
“Kalau hujan deras kegiatan bongkar muat dihentikan sementara.” (HN, <i>Stevedore</i>)	Gangguan cuaca
“Container kadang sulit dibuka karena lock rusak.” (HN, <i>Stevedore</i>)	Kendala penanganan container
“Keterlambatan terjadi karena menunggu trucking vendor eksternal yang tidak bisa kita kontrol.” (RP, <i>Supervisor</i>)	Ketergantungan pihak eksternal
“Kurang teliti dalam mencatat nomor container”. (AF, <i>Tally</i>)	Kesalahan pencatatan data

Sumber: Diolah oleh Peneliti (2026)

Berdasarkan hasil kode verbatim terhadap data wawancara sebagaimana disajikan pada Tabel 1, diperoleh enam *failure mode* yang selanjutnya dirumuskan menjadi instrumen penilaian FMEA. Penilaian *Severity* (S), *Occurrence* (O), dan *Detection* (D) dilakukan oleh keempat informan secara independen menggunakan lembar penilaian terstruktur yang diisi pada saat sesi wawancara berlangsung. Nilai akhir diperoleh melalui rata-rata dari keempat penilaian, yang mencerminkan perspektif komprehensif dari fungsi pengawasan (*supervisor*), pelaksanaan lapangan (*stevedore*), dan pencatatan operasional (*tally*). Keenam tema tersebut selanjutnya dirumuskan menjadi *failure mode* dan dikelompokkan ke dalam empat kategori risiko, yaitu risiko proses operasional, risiko internal, risiko eksternal, dan risiko *human error*.

Failure Mode and Effect Analysis oleh Pangestuti dkk. (2022) menjelaskan bahwa setiap *failure mode* dijabarkan secara lebih spesifik sesuai kondisi aktual di lapangan agar sumber risiko, penyebab, serta dampak operasional dapat teridentifikasi secara lebih jelas dalam proses analisis FMEA.

Tabel 2. Identifikasi Risiko

Kode	Failure Mode	Kemungkinan Effect (Dampak)	Kemungkinan Cause (Penyebab)	Kontrol yang Dilakukan
Risiko Operasional				
R1	Kesulitan penanganan <i>container</i> akibat kerusakan sistem <i>lock</i>	- Proses bongkar muat menjadi lebih lama - Perlu alat bantu tambahan	Kerusakan pada sistem pengunci (<i>lock</i>) <i>container</i>	Penanganan manual oleh TKBM menggunakan rantai 1 meter di setiap sudut <i>container</i>
Internal				
R2	Gangguan operasional <i>crane</i> akibat kerusakan komponen alat	Proses bongkar muat terhenti	- Pemakaian <i>crane</i> secara intensif - Kebiasaan mematikan <i>crane</i> saat menunggu kedatangan <i>trucking</i> - Kerusakan komponen mesin	- Perbaikan <i>crane</i> oleh teknisi saat terjadi kerusakan - Pengecekan mesin secara berkala - Penyewaan <i>crane</i> dari vendor apabila diperlukan
Eksternal				
R3	Keterlambatan armada <i>trucking</i> dalam mengangkut <i>container</i> dari depo luar pelabuhan menuju area bongkar muat	- Terjadinya waktu tunggu (<i>idle time</i>) 20-30 menit per siklus - Potensi penambahan biaya operasional seperti upah lembur karyawan dan peningkatan penggunaan bahan bakar peralatan operasional - Penurunan produktivitas bongkar muat	- Jarak tempuh dari depo <i>container</i> di luar kawasan pelabuhan yang tidak dapat dikontrol oleh PBM ABC - Rotasi armada <i>trucking</i> yang lambat akibat jarak tempuh pengambilan <i>container</i>, meskipun jumlah armada yang digunakan (± 10 unit) sebenarnya telah memadai	- Koordinasi dengan pihak <i>trucking</i> - Pengaturan jadwal pengiriman <i>trucking</i>
R4	Gangguan cuaca berupa hujan deras atau angin kencang yang menghentikan sementara kegiatan bongkar muat	Kegiatan bongkar muat dihentikan sementara, <i>delay</i> tidak dapat diprediksi	Kondisi cuaca berupa hujan dan angin kencang, keterbatasan jarak pandang, kondisi alam yang tidak dapat diprediksi, serta karakteristik lokasi pelabuhan yang terbuka	Penghentian sementara operasional saat jarak pandang < 5m demi keselamatan
R5	Ketergantungan operasional terhadap ketersediaan armada <i>trucking</i> dari pihak eksternal	Operasional bongkar muat berpotensi terhenti total apabila vendor gagal menyediakan armada	- PBM ABC tidak memiliki armada <i>trucking</i> sendiri dan bergantung sepenuhnya pada vendor eksternal - Tidak ada vendor cadangan yang dikontrak apabila vendor utama gagal menyediakan armada	Komunikasi dan koordinasi dengan vendor
Human Error				
R6	Kesalahan pencatatan nomor <i>container</i>	Ketidakakuratan data operasional dapat menimbulkan keluhan dari <i>customer</i>	Kurang teliti, kurang fokus, serta pencatatan dilakukan secara manual	Verifikasi data dengan <i>customer</i> dan melakukan revisi apabila diperlukan

Sumber: Diolah oleh Peneliti (2026)

Analisis Risiko Menggunakan Metode FMEA

Setelah seluruh risiko teridentifikasi, tahap selanjutnya adalah melakukan penilaian risiko melalui pendekatan metode FMEA (Pangestuti dkk., 2022). Penilaian tersebut didasarkan pada tiga kriteria utama, yaitu tingkat keparahan *Severity* (S), frekuensi terjadinya kegagalan *Occurrence* (O), dan kemampuan mendeteksi kegagalan *Detection* (D) (Baihaqie dkk., 2022). Nilai akhir merupakan rata-rata penilaian empat informan yang kemudian dikalkulasikan menggunakan persamaan (1) untuk memperoleh nilai RPN.

Sebagai contoh, pada risiko keterlambatan *trucking* diperoleh penilaian *Severity* dari empat informan sebesar 9, 8, 9, dan 10 sehingga diperoleh nilai rata-rata *Severity* sebagai berikut:

$$\frac{9+8+9+10}{4} = 9$$

Nilai *Occurrence* diperoleh dari hasil penilaian informan sebesar 8, 8, 7, dan 9 sehingga diperoleh nilai rata-rata:

$$\frac{8+8+7+9}{4} = 8$$

Nilai *Detection* diperoleh dari hasil penilaian informan sebesar 3, 3, 2, dan 4 sehingga diperoleh nilai rata-rata:

$$\frac{3+3+2+4}{4} = 3$$

Berdasarkan hasil tersebut, nilai RPN dihitung menggunakan persamaan (1):

$$RPN=9 \times 8 \times 3=216$$

Hasil perhitungan tersebut menunjukkan bahwa risiko keterlambatan *trucking* termasuk dalam kategori risiko tinggi sehingga menjadi prioritas utama untuk dilakukan mitigasi.

Untuk melihat tingkat keseragaman penilaian antar informan, dilakukan perhitungan standar deviasi terhadap nilai S, O, dan D pada risiko keterlambatan *trucking*. Perhitungan standar deviasi digunakan untuk mengetahui tingkat variasi jawaban informan dalam memberikan penilaian risiko. Semakin kecil nilai standar deviasi, maka semakin konsisten penilaian antar informan. Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh standar deviasi nilai *Severity* sebesar 1,4, *Occurrence* sebesar 1,3, dan *Detection* sebesar 1,4. Nilai tersebut menunjukkan bahwa penilaian antar informan relatif konsisten karena tidak memiliki perbedaan yang terlalu jauh. Dengan demikian, hasil penilaian risiko yang diperoleh dinilai cukup representatif untuk menggambarkan kondisi operasional aktual di PBM ABC.

Tabel 3. Penilaian *Risk Priority Number* (RPN)

Kode	Failure Mode	Kemungkinan Effect (Dampak)	S	Kemungkinan Cause (Penyebab)	O	Kontrol yang Dilakukan	D	RPN
Risiko Operasional								
R1	Kesulitan penanganan <i>container</i> akibat kerusakan sistem <i>lock</i>	- Proses bongkar muat menjadi lebih lama - Perlu alat bantu tambahan	6	Kerusakan pada sistem pengunci (<i>lock container</i>)	5	Penanganan manual oleh TKBM menggunakan rantai 1 meter di setiap sudut <i>container</i>	2	60
Internal								
R2	Gangguan operasional <i>crane</i> akibat kerusakan komponen alat	- Proses bongkar muat terhenti - Penurunan produktivitas bongkar muat	8	- Pemakaian <i>crane</i> secara intensif - Kebiasaan mematikan <i>crane</i> saat menunggu kedatangan <i>trucking</i> - Kerusakan komponen mesin	4	- Perbaikan <i>crane</i> oleh teknisi saat terjadi kerusakan - Pengecekan mesin secara berkala - Penyewaan <i>crane</i> dari vendor apabila diperlukan	3	96
Eksternal								
R3	Keterlambatan armada <i>trucking</i> dalam mengangkut <i>container</i> dari depo luar pelabuhan menuju area bongkar muat	- Terjadinya waktu tunggu (<i>idle time</i>) 20-30 menit per siklus - Potensi penambahan biaya operasional seperti upah lembur karyawan dan peningkatan penggunaan bahan bakar peralatan operasional - Penurunan produktivitas bongkar muat	9	- Jarak tempuh dari depo <i>container</i> di luar kawasan pelabuhan yang tidak dapat dikontrol oleh PBM ABC - Rotasi armada <i>trucking</i> yang lambat akibat jarak tempuh pengambilan <i>container</i>, meskipun jumlah armada yang digunakan (± 10 unit) sebenarnya telah memadai	8	- Koordinasi dengan pihak <i>trucking</i> - Pengaturan jadwal pengiriman <i>trucking</i>	3	216
R4	Gangguan cuaca berupa hujan deras atau angin kencang yang menghentikan sementara kegiatan bongkar muat	Kegiatan bongkar muat dihentikan sementara, <i>delay</i> tidak dapat diprediksi	4	Kondisi cuaca berupa hujan dan angin kencang, keterbatasan jarak pandang, kondisi alam yang tidak dapat diprediksi, serta karakteristik lokasi pelabuhan yang terbuka	4	Penghentian sementara operasional saat jarak pandang < 5m demi keselamatan	5	80
R5	Ketergantungan operasional terhadap ketersediaan armada <i>trucking</i> dari pihak eksternal	Operasional bongkar muat berpotensi terhenti total apabila vendor gagal menyediakan armada	8	- PBM ABC tidak memiliki armada <i>trucking</i> sendiri dan bergantung sepenuhnya pada vendor eksternal - Tidak ada vendor cadangan yang dikontrak apabila vendor utama gagal menyediakan armada	7	Komunikasi dan koordinasi dengan vendor	3	168
Human Error								
R6	Kesalahan pencatatan nomor <i>container</i>	Ketidakakuratan data operasional dapat menimbulkan keluhan dari <i>customer</i>	5	Kurang teliti, kurang fokus, serta pencatatan dilakukan secara manual	4	Verifikasi data dengan <i>customer</i> dan melakukan revisi apabila diperlukan	2	40

Sumber: Diolah oleh Peneliti (2026)

Tabel 4. Penilaian Standar Deviasi (SD)

Kode	Failure Mode	SD-S	SD-O	SD-D
R1	Kesulitan penanganan <i>container</i> akibat kerusakan sistem <i>lock</i>	3,3	3,0	0,5
R2	Gangguan operasional <i>crane</i> akibat kerusakan komponen alat	0,5	1,0	2,2
R3	Keterlambatan armada <i>trucking</i> dalam mengangkut <i>container</i> dari depo luar pelabuhan menuju area bongkar muat	1,4	1,3	1,4
R4	Gangguan cuaca berupa hujan deras atau angin kencang yang menghentikan sementara kegiatan bongkar muat	0,5	2,9	3,8
R5	Ketergantungan operasional terhadap ketersediaan armada <i>trucking</i> dari pihak eksternal	1,3	2,6	1,3
R6	Kesalahan pencatatan nomor <i>container</i>	2,6	1,7	1,0

Sumber: Diolah oleh Peneliti (2026)

Untuk mengukur konsistensi penilaian antar informan, dilakukan perhitungan standar deviasi (SD) sebagaimana disajikan pada Tabel 4. Standar deviasi digunakan untuk mengukur tingkat penyebaran data terhadap nilai rata-rata penilaian informan. Semakin kecil nilai standar deviasi, maka penilaian antar informan cenderung lebih homogen dan konsisten, sedangkan nilai standar deviasi yang lebih besar menunjukkan adanya variasi penilaian terhadap tingkat risiko (Febriani, 2022). Sebagian besar nilai SD berada pada rentang moderat dan dapat dijelaskan oleh perbedaan posisi jabatan serta intensitas keterlibatan langsung informan terhadap masing-masing risiko. Nilai SD tertinggi ditemukan pada R1 (SD-S= 3,3; SD-O= 3,0) dan R4 (SD-D= 3,8), yang mencerminkan perbedaan persepsi antara *stevedore* yang berhadapan langsung dengan kondisi lapangan dan informan dengan fungsi pengawasan atau pencatatan.

Pembahasan

Selanjutnya dilakukan peringkat berdasarkan nilai RPN dari yang tertinggi hingga terendah untuk menentukan prioritas penanganan risiko seperti pada Tabel 5. Kategori tingkat risiko dalam penelitian ini mengacu pada kriteria yang ditetapkan oleh penelitian Gani dkk. (2023), yaitu RPN 192-1000 (tinggi), 65-191 (sedang), dan 0-64 (rendah).

Tabel 5. Peringkat RPN dan Kategori Risiko

Kode	Failure Mode	RPN	Peringkat RPN	Kategori
R3	Keterlambatan armada <i>trucking</i> dalam mengangkut <i>container</i> dari depo luar pelabuhan menuju area bongkar muat	216	1	Tinggi
R5	Ketergantungan operasional terhadap ketersediaan armada <i>trucking</i> dari pihak eksternal	168	2	Sedang
R2	Gangguan operasional <i>crane</i> akibat kerusakan komponen alat	96	3	
R4	Gangguan cuaca berupa hujan deras atau angin kencang yang menghentikan sementara kegiatan bongkar muat	80	4	
R1	Kesulitan penanganan <i>container</i> akibat kerusakan sistem <i>lock</i>	60	5	Rendah
R6	Kesalahan pencatatan nomor <i>container</i>	40	6	

Sumber: Diolah oleh Peneliti (2026)

Berdasarkan hasil analisis FMEA, risiko keterlambatan armada *trucking* dalam mengangkut *container* dari depo luar pelabuhan menuju area bongkar muat (R3) menempati peringkat tertinggi dengan RPN=216 (kategori Tinggi). Berdasarkan hasil wawancara mendalam dengan RP selaku *supervisor* yang menyatakan bahwa “*kendala utama itu trucking karena pengangkutan container dari luar pelabuhan*”. Tingginya nilai ini juga didorong oleh skor *Severity* (9) dan *Occurrence* (8) yang sangat signifikan. Temuan ini selaras dengan penelitian Firdaus Aufa & Salim Dahda (2023) yang mengidentifikasi sirkulasi truk tidak lancar sebagai risiko dominan dalam kegiatan bongkar muat dengan RPN=192. Persamaan ini mengonfirmasi bahwa ketergantungan terhadap moda transportasi darat eksternal merupakan sumber risiko kritis yang bersifat lintas-perusahaan dalam industri kepelabuhanan. Namun, nilai RPN yang lebih tinggi dalam penelitian ini dapat dijelaskan oleh kondisi spesifik PBM ABC sebagai perusahaan baru yang belum memiliki sistem koordinasi *trucking* yang mapan, sehingga frekuensi keterlambatan lebih tinggi dibandingkan perusahaan yang telah beroperasi lama.

Ketergantungan operasional terhadap ketersediaan armada *trucking* dari pihak eksternal (R5) berada di peringkat kedua dengan RPN=168. Temuan ini bersumber dari wawancara dengan RP yang menegaskan bahwa, “*keterlambatan terjadi karena menunggu trucking vendor eksternal yang tidak bisa kita kontrol*”. Risiko ini memiliki nilai *Occurrence* tinggi (7), yang mencerminkan bahwa PBM ABC tidak memiliki kendali struktural terhadap armada *trucking* milik vendor pihak ketiga. Kondisi ini berbeda dari temuan Pangestuti dkk. (2022) di PT. Unilever yang mengidentifikasi risiko eksternal lebih menonjol selama pandemi karena gangguan rantai pasok. Dalam konteks PBM ABC, ketergantungan eksternal bukan merupakan kondisi temporer akibat krisis, melainkan karakteristik struktural operasional yang permanen, sehingga memerlukan pendekatan mitigasi jangka panjang melalui penguatan mekanisme koordinasi dan komunikasi dengan *vendor*.

Gangguan operasional *crane* akibat kerusakan komponen alat (R2) berada di peringkat ketiga dengan RPN=96 (kategori Sedang). Risiko ini teridentifikasi melalui wawancara dengan NL selaku *stevedore* yang menyatakan bahwa, “*crane sering mati karena trucking lama datang, aki jadi konslet karena sering dimatikan*”. Meskipun frekuensi kejadiannya sedang (*O*=4), dampak keparahannya sangat tinggi (*S*=8) karena dapat menghentikan seluruh lini produksi secara mendadak. Temuan ini mendukung penelitian Li (2024) yang menunjukkan bahwa *hazard* pada operasi *crane* memiliki tingkat risiko tinggi dan memerlukan sistem manajemen risiko yang

komprehensif. Berdasarkan wawancara dengan HN selaku *stevedore* yang menyatakan bahwa “*kalau hujan deras kegiatan bongkar muat dihentikan sementara*”. Gangguan cuaca berupa hujan deras atau angin kencang yang menghentikan sementara kegiatan bongkar muat (R4) dengan RPN=80 dipandang lebih dapat diantisipasi karena memiliki nilai *Detection* yang lebih rendah (D=5), mengingat cuaca dapat diamati melalui pengamatan visual maupun prakiraan.

Dua risiko dengan RPN terendah, yaitu kesulitan penanganan *container* akibat kerusakan sistem *lock* (R1, RPN=60) dan kesalahan pencatatan nomor *container* (R6, RPN=40), masuk dalam kategori Rendah. Teridentifikasi masing-masing melalui wawancara dengan HN yang menyebutkan “*container sulit dibuka karena lock rusak*” dan AF selaku tally lapangan yang mengakui “*kurang teliti dalam mencatat nomor container*”. Kedua risiko ini memiliki nilai *Detection* terbaik (D=2), yang mencerminkan efektivitas kontrol lapangan yang telah berjalan. Penanganan manual menggunakan rantai dan sistem verifikasi *tally sheet* terbukti cukup efektif dalam mendeteksi dan mencegah kedua risiko tersebut sebelum berdampak fatal.

Berdasarkan pemeringkatan RPN, rekomendasi mitigasi disusun untuk meminimalkan probabilitas dan dampak risiko operasional bongkar muat *container* di PBM ABC. Mitigasi difokuskan pada kategori Tinggi dan Sedang (R3, R5, R2, R4) karena berpotensi mengganggu kelancaran operasional secara signifikan. Rincian rekomendasi tersebut disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Mitigasi Risiko & Penanggulangan

Kode	<i>Failure Mode</i>	Mitigasi Risiko	Penanggulangan Risiko
R3	Keterlambatan armada <i>trucking</i> dalam pengiriman <i>container</i> ke area bongkar muat	1) Menyusun sistem penjadwalan kedatangan <i>trucking</i> , disertai konfirmasi kesiapan armada minimal H-3 jam sebelum operasional dimulai. 2) Penerapan batas keterlambatan maksimal dan sanksi penalti dalam kontrak vendor <i>trucking</i> guna memperkuat fungsi kontrol terhadap pihak eksternal. 3) Melakukan koordinasi proaktif dengan TB 10 guna memastikan kesiapan <i>container</i> di area penumpukan internal sebelum bongkar muat, sekaligus meminimalkan risiko keterlambatan jarak tempuh dari depo eksternal. (Firdaus Aufa & Salim Dahda, 2023)	1) Jika keterlambatan mengancam waktu sandar pelabuhan tujuan, supervisor segera berkoordinasi dengan <i>chief officer</i> dan TB 10 untuk menyesuaikan jadwal keberangkatan serta mendokumentasikan bukti lapangan guna mengantisipasi klaim denda <i>customer</i>
R5	Ketergantungan operasional terhadap	1) Melakukan koordinasi intensif dengan pihak TB 10 terkait kesiapan armada	1) Mobilisasi vendor cadangan secara langsung berdasarkan kontrak pra-

Kode	Failure Mode	Mitigasi Risiko	Penanggulangan Risiko
	ketersediaan armada <i>trucking</i> dari pihak eksternal	<i>trucking</i> serta menjamin ketersediaan armada alternatif. 2) Mengevaluasi kinerja vendor <i>trucking</i> secara berkala tiap siklus kapal berdasarkan aspek ketepatan waktu, kesiapan armada, dan responsivitas sebagai dasar kelanjutan kontrak kerja sama. 3) Menetapkan standar minimum jumlah armada per siklus secara eksplisit dalam kontrak kerja sama sebagai kewajiban operasional yang mengikat vendor. (Pangestuti dkk., 2022)	negosiasi. 2) Jika seluruh vendor gagal menyediakan armada, supervisor berkoordinasi dengan TB 10 untuk penjadwalan ulang operasional dan mendokumentasikannya sebagai kendala di luar kendali operasional guna menghindari penalti
R2	Gangguan operasional <i>crane</i> akibat kerusakan komponen alat	1) Melaksanakan preventif <i>maintenance</i> secara terjadwal terhadap komponen alat yang sering mengalami kerusakan, seperti <i>hose</i> , aki, dan sistem hidrolis. 2) Memastikan mekanik <i>standby</i> di lokasi operasional dengan kesiapan peralatan dan suku cadang dasar selama aktivitas bongkar muat. (Li, 2024)	1) Mobilisasi <i>crane</i> sewa eksternal melalui kontrak pra-negosiasi untuk mengeliminasi jeda waktu penanganan. 2) Seluruh kerusakan dicatat dalam <i>port log operation</i> guna mengevaluasi pola kerusakan, memperketat interval <i>preventive maintenance</i> , dan mempercepat jadwal penggantian komponen kritis
R4	Gangguan cuaca berupa hujan deras atau angin kencang yang menghentikan sementara kegiatan bongkar muat	1) Memantau prakiraan cuaca secara berkala untuk penyesuaian jadwal operasional, serta menetapkan prosedur penghentian kerja sementara guna meminimalkan risiko kecelakaan akibat hujan deras atau angin kencang. (Audrey dkk., 2023)	1) Menyusun ulang jadwal bongkar muat bersama <i>chief officer</i> kapal segera setelah cuaca membaik. 2) Jika penghentian akibat cuaca melebihi 2 jam, supervisor berkoordinasi dengan manajemen untuk mengevaluasi opsi penambahan <i>shift</i> atau percepatan kerja pada sesi berikutnya guna meminimalkan keterlambatan kapal

Sumber: Diolah oleh Peneliti (2026)

Secara keseluruhan, rekomendasi mitigasi menitikberatkan pada penguatan koordinasi dan komunikasi operasional untuk meminimalkan hambatan bongkar muat *container* di PBM ABC. Pendekatan ini selaras dengan konsep *risk response* (Pangestuti dkk., 2022), di mana risiko yang tidak dapat dieliminasi sepenuhnya dikelola melalui tindakan preventif dan korektif. Karena risiko tertinggi (R3 dan R5) bersumber dari faktor eksternal, mitigasi realistis difokuskan pada sinkronisasi jadwal dengan vendor *trucking*, bukan pengambilalihan kendali rantai pasok. Temuan ini selaras dengan Firdaus Aufa & Salim Dahda (2023) yang menyarankan alokasi area simpan *container* di dekat lokasi operasional untuk mengatasi risiko sirkulasi *trucking*. Sementara itu, mitigasi internal berupa *preventive maintenance* pada *crane* (R2) lebih terkendali karena berada di

bawah wewenang langsung PBM ABC, sehingga penjadwalan rutin dapat menekan kerusakan alat yang berpotensi menghentikan operasional secara mendadak.

5. Penutup

Kesimpulan

Penelitian ini mengidentifikasi enam risiko operasional pada aktivitas bongkar muat *container* di PBM ABC: keterlambatan armada *trucking* dalam pengiriman *container* ke area bongkar muat (RPN=216), ketergantungan operasional terhadap ketersediaan armada *trucking* dari pihak eksternal (RPN=168), gangguan operasional *crane* akibat kerusakan komponen alat (RPN=96), gangguan cuaca berupa hujan deras atau angin kencang yang menghentikan sementara kegiatan bongkar muat (RPN=80), kesulitan penanganan *container* akibat kerusakan sistem *lock* (RPN=60), dan kesalahan pencatatan nomor *container* (RPN=40).

Temuan ini mengungkapkan bahwa penurunan produktivitas bongkar muat PBM ABC dari 10 menjadi 6 *container*/jam selama periode penelitian lebih dominan disebabkan oleh faktor eksternal khususnya ketergantungan struktural terhadap armada *trucking* vendor pihak ketiga dibandingkan faktor internal seperti kerusakan alat atau *human error*. Kondisi ini menunjukkan bahwa efisiensi operasional PBM skala kecil tidak semata-mata ditentukan oleh kapabilitas teknis internal, melainkan sangat dipengaruhi oleh kemampuan koordinasi dengan mitra eksternal yang berada di luar kendali langsung perusahaan. Oleh karena itu, PBM ABC perlu memperkuat kendali operasional melalui sinkronisasi jadwal dengan vendor eksternal, *preventive maintenance* alat secara berkala, dan penerapan strategi mitigasi terstruktur.

Implikasi Penelitian

Hasil penelitian memberikan panduan praktis bagi manajemen PBM, khususnya PBM skala kecil yang baru beroperasi, dalam mengalokasikan sumber daya untuk pengendalian risiko yang berdampak paling signifikan. Perusahaan perlu memprioritaskan peningkatan koordinasi operasional dengan vendor *trucking* yang jelas, pembentukan sistem monitoring posisi *trucking* secara *real-time*, dan penjadwalan ulang distribusi *container* agar selaras dengan jadwal sandar kapal. Selain itu, program *preventive maintenance handling equipment* perlu dirancang secara berkala untuk meminimalkan risiko kerusakan *crane* mendadak yang dapat menghentikan seluruh operasional.

Keterbatasan Penelitian

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan. Pertama, penelitian hanya dilakukan pada satu perusahaan bongkar muat sehingga hasilnya belum dapat digeneralisasikan pada perusahaan lain yang memiliki karakteristik operasional berbeda.

Kedua, penilaian *Severity*, *Occurrence*, dan *Detection* dalam metode FMEA diperoleh berdasarkan persepsi dan pengalaman empat informan yang terlibat langsung dalam kegiatan bongkar muat *container* di PBM ABC. Meskipun informan memiliki pemahaman yang baik terhadap proses operasional perusahaan, penilaian yang diberikan tetap mengandung unsur subjektivitas. Selain itu, pemberian skor *Severity*, *Occurrence*, dan *Detection* belum didasarkan pada data historis operasional maupun indikator kuantitatif yang mengacu secara langsung pada klasifikasi FMEA, melainkan berdasarkan penilaian profesional (*expert judgment*) dari informan. Kondisi ini berpotensi menimbulkan perbedaan persepsi dalam penentuan tingkat risiko.

Ketiga, metode FMEA yang digunakan dalam penelitian ini berfokus pada penentuan prioritas risiko berdasarkan nilai RPN sehingga belum mampu menjelaskan hubungan sebab-akibat maupun keterkaitan antar risiko yang muncul dalam kegiatan operasional bongkar muat *container*.

Saran

Saran Praktis

PBM ABC disarankan untuk memperkuat koordinasi operasional dengan pihak TB 10 terkait jadwal kedatangan armada *trucking* dan pengiriman *container* guna mengurangi keterlambatan operasional yang dapat menyebabkan *idle time* dan peningkatan biaya operasional perusahaan. Selain itu, perusahaan perlu melakukan *preventive maintenance crane* secara berkala, khususnya pada komponen yang sering mengalami gangguan seperti *hose* hidrolik, aki, dan sistem kelistrikan, agar risiko kerusakan alat saat kegiatan bongkar muat dapat diminimalkan. Perencanaan operasional juga perlu disesuaikan dengan kondisi cuaca dan ketersediaan *container* di area pelabuhan untuk mendukung kelancaran proses bongkar muat.

Saran Teoritis

Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengembangkan analisis risiko menggunakan metode lain, seperti *House of Risk* (HOR) atau *Failure Tree Analysis* (FTA) yang memungkinkan integrasi agen risiko dan respons mitigasi secara lebih sistematis, sehingga lebih aplikatif bagi PBM dengan sumber daya terbatas, serta memperluas objek penelitian pada perusahaan bongkar

muat atau pelabuhan dengan karakteristik operasional berbeda agar hasil penelitian lebih komprehensif dan dapat dibandingkan secara lebih luas. Selain itu, penelitian dapat dilanjutkan ke tahap *action research* untuk menguji efektivitas penerapan usulan mitigasi risiko dalam kegiatan operasional bongkar muat *container*.

DAFTAR PUSTAKA

- Audrey, P., Islamey, P., Devi, Y. N., & Indartono, A. (2023). *Analisa Menggunakan Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) Dalam Kegagalan Proses Bongkar Muat Pada Perusahaan Logistik*.
- Baihaqie, M. I., Andesta, D., & Priyana, E. D. (2022). Identifikasi dan Evaluasi Risiko Operasional Logistik dengan Metode Failure Mode And Effect Analysis (Studi Kasus : PT. ABC Gresik). *Serambi Engineering*, VII(4).
- Damongilala, P., Sutrisno, A., & Mende, J. (2022). Pengukuran Kinerja Operasi Bongkar Muat Peti Kemas Di Pelabuhan Bitung. Dalam *Jurnal Tekno Mesin* (Vol. 8, Nomor 1). <https://doi.org/https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/jtmu/index>
- Defrianto, S. B., & Purwasih, R. (2023). Analisa Kinerja Bongkar Muat Di Terminal Petikemas Makassar New Port. Dalam *SENSISTEK* (Vol. 6, Nomor 1).
- Dwi Wahyu Wiranata, A., Sudirman, S., & Agus Setiono, B. (2021). Analisis Berthing Time terhadap Kinerja Pelayanan Bongkar Muat Curah Kering. *Jurnal Aplikasi Pelayaran dan Kepelabuhanan*, 12(1), 14–26. <https://doi.org/10.30649/japk.v12i1.75>
- Febriani, S. (2022). *Analisis Deskriptif Standar Deviasi*.
- Firdaus Aufa, A., & Salim Dahda, S. (2023). Analisis Risiko Proses Bongkar Muat Curah Kering Dengan Menggunakan Metode FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) Di PT.XYZ. *Journal of Information Technology and Computer Science (INTECOMS)*, 6(2).
- Gani, M., Rian Histiarini, A., Ahistasari, A., & Yesthico Wariori, R. (2023). Analisis Resiko Kebakaran Di Bandara RR Menggunakan Metode FMEA. *Metode Jurnal Teknik Industri*, 9(1).
- Ghani, Z. A., Najwa, A., Mutaqin, Y., Ruf, M. ', & Yusuf, R. (2024). *Analisis Faktor Permasalahan Kegiatan Operasional dengan Metode FMEA di PT Indonesia Kendaraan Terminal* (Vol. 7, Nomor 2).
- Hermawan, S., & Hariyanto, W. (2022). *Buku Ajar Metode Penelitian Bisnis (Kuantitatif dan Kualitatif)*. Umsida Press.
- Indrarespati, R., Haekal, J., Kholil, M., Fakulti,), Mekanikal, K., Pembuatan, D., Tun, U., Onn, H., & Parit, M. (2021). *Analisa Risiko Operasional Persediaan Pada Gudang Bahan Baku UKM Makanan Ringan Metode FMEA*. XV(2), 221–229.

- Li, A. (2024). Risk assessment of crane operation hazards using modified FMEA approach with Z-number and set pair analysis. *Heliyon*, 10(9). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e28603>
- Lubis, M. D. S., & Imsar. (2022). *Analisis Manajemen Risiko Operasional Berdasarkan Pendekatan Enterprise Risk Management (ERM) Pada UD. Anugrah Cabang Rantaurapat*. <https://doi.org/https://doi.org/10.35794/jmbi.v9i3.44457>
- Pangestuti, D. C., Nastiti, H., & Husniaty, R. (2022). *Analisis Risiko Operasional Dengan Metode FMEA*. 10(2), 177.
- Raekhan, M. R., Djakfar, L., & Pujiraharjo, A. (2017). Evaluasi Kinerja Bongkar Muat Di Pelabuhan Umum Gresik. Dalam *Jurnal Transportasi* (Vol. 17, Nomor 2).
- Ramadan, R. M., & Basuki, M. (2023). *Penilaian Risiko Operasional Keselamatan Dan Kesehatan Kerja Pada PT Dewa Ruci Agung Menggunakan Metode FMEA Dan Matrik Risiko*.
- Rifani, M. A., Njatrijani, R., & Saptono, H. (2016). Pelaksanaan Bongkar Muat Barang Pada PT Pelabuhan Indonesia III Cabang Tanjung Intan Cilacap. Dalam *DIPONEGORO LAW REVIEW* (Vol. 5, Nomor 2).
- Rislamy, A. F., Mahbubah, N. A., & Widyaningrum, D. (2020). *Analisis Risiko Kerusakan Pada Alat Berat Grab Dengan Metode Failure Mode And Effect Analysis (Study Kasus: PT Siam Maspion Terminal Gresik)*. 8(1).
- Sugiyono. (2013). *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif Dan R&D*.
- Wardhani, L. K., & Utomo, E. B. (2023). *Analisis Faktor Risiko Dengan Metode FMEA dan Diagram Fishbone Pada Penilaian Kinerja Crew Store Di PT. X (Cabang Pasuruan)*.
- Yosaka, A. R. (2022). *Analisa Risiko Pembangunan Barge Mounted Power Plant (Bmpp) 60 Mw Di PT. PAL Indonesia (Persero) Menggunakan Metode Failure Mode And Effect Analysis (FMEA) Dan Matrik Risiko*.

LAMPIRAN

https://drive.google.com/drive/folders/1IXytT3D050YNxcViyeU8_aGZRWYzGisD?usp=sharing