PRIORITISASI RISIKO KETERLAMBATAN LAYANAN *DELIVERY* PETIKEMAS BERBASIS TRT MENGGUNAKAN METODE FMEA

Parman[1)], Faradhiba Ajani Ratu Balqist[1)], Maya Revanola Zainida[1)]

[1]Manajemen Bisnis, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

E-mail: parman@ppns.ac.id

Abstract

Delays in container delivery services represent a critical operational issue that directly affects truck flow, yard congestion, equipment productivity, and terminal service reliability. This study aims to identify and prioritize the risks contributing to delivery service delays based on the Truck Round Time (TRT) indicator, with the company service standard set at ≤45 minutes. The method employed is Failure Mode and Effect Analysis (FMEA), using three main assessment parameters: Severity, Occurrence, and Detection. Data were collected through operational process observation, interviews, company documents, and assessments from five experts directly involved in terminal operations. The identification process resulted in 12 sub-risks, all of which were validated using the Content Validity Index approach, with I-CVI and S-CVI values of 1.00. The FMEA results indicate that the highest-priority risk is adverse weather conditions, with an RPN of 351.00, followed by RTG breakdown during operations with an RPN of 307.008, and overlapping delivery and vessel unloading activities with an RPN of 171.36. These three risks are also classified as high-risk items in the risk matrix. The findings suggest that improving TRT performance should focus on equipment readiness, yard activity synchronization, and operational contingency procedures.

Keywords: *FMEA, operational risk, container delivery, Truck Round Time, RPN*

Abstrak

Keterlambatan dalam layanan pengiriman peti kemas merupakan permasalahan operasional yang signifikan karena secara langsung memengaruhi kelancaran arus truk, tingkat kepadatan lapangan penumpukan, produktivitas peralatan, serta keandalan pelayanan terminal. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan menentukan prioritas risiko yang berkontribusi terhadap keterlambatan layanan pengiriman peti kemas berdasarkan indikator *Truck Round Time* (TRT), dengan standar pelayanan perusahaan sebesar ≤45 menit. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dengan tiga parameter utama penilaian, yaitu *Severity*, *Occurrence*, dan *Detection*. Data diperoleh melalui observasi terhadap proses operasional, wawancara, telaah dokumen perusahaan, serta penilaian oleh lima orang ahli yang terlibat secara langsung dalam kegiatan operasional terminal. Proses identifikasi menghasilkan 12 subrisiko yang seluruhnya telah divalidasi menggunakan pendekatan *Content Validity Index* (CVI), dengan nilai I-CVI dan S-CVI masing-masing sebesar 1,00. Hasil analisis FMEA menunjukkan bahwa risiko dengan prioritas tertinggi adalah kondisi cuaca buruk dengan nilai *Risk Priority Number* (RPN) sebesar 351,00, diikuti oleh kerusakan *Rubber Tyred Gantry* (RTG) selama kegiatan operasional dengan nilai RPN sebesar 307,008, serta terjadinya tumpang tindih antara aktivitas pengiriman peti kemas dan kegiatan bongkar kapal dengan nilai RPN sebesar 171,36. Ketiga risiko tersebut juga dikategorikan sebagai risiko tinggi berdasarkan hasil pemetaan pada matriks risiko. Temuan penelitian menunjukkan bahwa peningkatan kinerja TRT perlu difokuskan pada peningkatan kesiapan peralatan, sinkronisasi aktivitas di lapangan penumpukan, serta penguatan prosedur kontingensi operasional.

Kata kunci: FMEA, risiko operasional, pengiriman peti kemas, *Truck Round Time*, RPN

PENDAHULUAN

Perusahaan jasa bongkar muat memiliki peran strategis dalam menjaga kelancaran arus petikemas di pelabuhan, terutama pada layanan *delivery* yang menjadi penghubung antara operasi terminal dan distribusi darat. Salah satu indikator yang umum digunakan adalah *Truck Round Time* (TRT), yaitu waktu yang dibutuhkan truk sejak memasuki terminal, menjalani proses pelayanan, hingga keluar dari terminal. Li et al. (2024) menegaskan bahwa kemacetan di gerbang terminal dapat mengganggu efisiensi layanan dan pengaturan kapasitas terminal. Carboni et al. (2025) juga menunjukkan bahwa pengelolaan lalu lintas kendaraan di terminal petikemas perlu dilihat sebagai interaksi antara truk eksternal, kendaraan internal, peralatan terminal, dan konfigurasi operasi. Dalam konteks perusahaan jasa bongkar muat di Surabaya, standar TRT layanan *delivery* ditetapkan maksimal 45 menit. Truk dengan nilai TRT lebih dari 45 menit dikategorikan mengalami keterlambatan layanan. Berdasarkan data operasional Januari–November 2025, jumlah truk yang mengalami keterlambatan masih mendominasi dibandingkan truk yang dapat dilayani sesuai standar. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa keterlambatan layanan *delivery* terjadi secara berulang dan belum sepenuhnya terkendali. Sun et al. (2022) menyatakan bahwa waktu putar truk yang tinggi berkaitan dengan inefisiensi operasi terminal, peningkatan konsumsi energi, dan emisi. Abdelmagid et al. (2022a) serta Gracia et al. (2025) juga menekankan bahwa pengaturan kedatangan truk diperlukan untuk menurunkan waktu tunggu, mengendalikan beban layanan, dan memperbaiki *truck turnaround time*. Namun demikian, pengendalian TRT tidak cukup dilakukan melalui pengaturan kedatangan truk saja. Li et al. (2022) menunjukkan bahwa kinerja truk terminal juga dipengaruhi oleh kapasitas pelayanan blok dan penggunaan peralatan *yard handling*. Oleh karena itu, keterlambatan layanan *delivery* perlu dianalisis sebagai persoalan risiko operasional yang melibatkan kesiapan alat, pengaturan lapangan, sistem informasi, dan koordinasi antarunit kerja.

Permasalahan keterlambatan layanan *delivery* bersifat majemuk karena dapat disebabkan oleh gangguan peralatan, kepadatan blok, kesalahan eksekusi, gangguan sistem, cuaca buruk, serta tumpang tindih aktivitas operasional. Tao et al. (2023) menegaskan bahwa operasi truk dan alokasi penyimpanan di terminal perlu diintegrasikan dengan mempertimbangkan kemacetan lalu lintas internal. Van Battum et al. (2023) juga menunjukkan bahwa hambatan operasional terminal sering kali muncul dari *bottleneck*

yang berulang dan berdampak pada keseluruhan aliran proses. Sejalan dengan itu, Weerasinghe et al. (2024) menekankan pentingnya memperhatikan keterkaitan antara penjadwalan, alokasi sumber daya, kapasitas peralatan, dan indikator kinerja terminal. Dengan demikian, analisis keterlambatan TRT memerlukan pendekatan yang mampu mengidentifikasi titik kegagalan proses, menilai tingkat risiko, dan menentukan prioritas perbaikan secara terukur.

Metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) relevan digunakan karena mampu menguraikan potensi kegagalan proses ke dalam bentuk *failure mode*, penyebab, dampak, dan kontrol yang telah tersedia. Dalam FMEA, prioritas risiko dinilai melalui parameter *Severity*, *Occurrence*, dan *Detection*, yang kemudian dikombinasikan menjadi *Risk Priority Number* (RPN). Liu dan Li (2021) menjelaskan bahwa FMEA dapat digunakan untuk penilaian risiko logistik karena mampu mengakomodasi beberapa kriteria risiko secara sistematis. Gazcón-Rivera et al. (2021) memperluas penerapan FMEA pada industri jasa dan menunjukkan bahwa pendekatan ini dapat memetakan risiko proses layanan transportasi. Pada konteks sistem maritim dan teknis yang kompleks, Li et al. (2022) dan Zhang et al. (2024) juga menunjukkan bahwa FMEA tetap relevan untuk menyusun analisis kegagalan berbasis prioritas. Dengan demikian, FMEA memiliki dasar metodologis yang kuat untuk diterapkan pada layanan *delivery* petikemas yang sensitif terhadap waktu dan dipengaruhi oleh berbagai variabel operasional.

Sebagian besar kajian terminal petikemas masih menekankan optimasi penjadwalan truk, sistem janji kedatangan, simulasi lalu lintas, dan alokasi sumber daya, sedangkan kajian yang secara spesifik memetakan risiko keterlambatan layanan *delivery* berdasarkan TRT dengan pendekatan FMEA masih terbatas. Karakas et al. (2021) menegaskan pentingnya keterkaitan antara operasi *yard block*, operasi truk internal, dan alokasi tambatan, tetapi fokusnya lebih diarahkan pada optimasi operasional daripada penilaian risiko kegagalan proses. Sementara itu, Abdelmagid et al. (2022b) dan Sun et al. (2022) menekankan pentingnya pengendalian kedatangan truk, tetapi belum secara langsung menguraikan *failure mode* penyebab keterlambatan layanan *delivery*. Berdasarkan celah tersebut, penelitian ini diarahkan untuk menganalisis risiko keterlambatan layanan *delivery* petikemas berdasarkan TRT menggunakan metode FMEA. Permasalahan penelitian yang diajukan adalah risiko apa saja yang menyebabkan keterlambatan layanan *delivery*, bagaimana tingkat prioritas risiko berdasarkan *Severity*,

Occurrence, *Detection*, dan RPN, serta risiko apa yang perlu diprioritaskan dalam rekomendasi perbaikan operasional dengan mempertimbangkan peta risiko.

METODE PENELITIAN

Penelitian menggunakan desain deskriptif-kuantitatif pada proses *delivery*, sejak truk masuk hingga keluar terminal setelah mengambil petikemas. Data primer diperoleh melalui observasi, wawancara, dan kuesioner; data sekunder mencakup dokumen operasional TRT Januari-November 2025 serta literatur. Lima expert dipilih secara purposif berdasarkan keterlibatan dan tanggung jawab langsung: satu Superintendent Eksekusi dan Pengendalian Operasi, satu Superintendent Yard, dua Yard Planner, dan satu Yard Talker.

Tahapan analisis meliputi: (1) pemetaan proses dan identifikasi failure mode, penyebab, dampak, serta kontrol berjalan; (2) validasi relevansi 12 risiko; (3) penilaian S, O, dan D; (4) agregasi skor dan perhitungan RPN; serta (5) pemeringkatan dan penyusunan rekomendasi. Validasi menggunakan skala relevansi 1-4; skor 3 atau 4 dinilai relevan. I-CVI dihitung sebagai proporsi expert yang memberikan skor 3 atau 4, sedangkan S-CVI/Ave adalah rerata I-CVI seluruh item (Puspitasari & Febrinita, 2021).

Sebelum pengisian kuesioner, seluruh expert menerima definisi operasional yang sama sebagaimana Tabel 1. Nilai S yang lebih tinggi menunjukkan dampak yang lebih berat; nilai O yang lebih tinggi menunjukkan kejadian yang lebih sering; dan nilai D yang lebih tinggi menunjukkan risiko semakin sulit dideteksi sebelum memengaruhi layanan.

Tabel 1. *Definisi Operasional Skala Severity, Occurrence, dan Detection*

Skor	Severity (S)	Occurrence (O)	Detection (D)
1	Tidak berdampak	> 1 tahun	Pasti; otomatis
2	Sangat kecil	1 kali/tahun	Hampir selalu dini
3	Kecil; proses normal	1 kali/6 bulan	Mudah oleh sistem/operator
4	Ringan; gangguan lokal	1 kali/4 bulan	Umumnya saat pemeriksaan
5	Sedang; aliran terganggu	1 kali/bulan	Kadang saat inspeksi

Skor	Severity (S)	Occurrence (O)	Detection (D)
6	Signifikan; tidak optimal	1 kali/2 minggu	Perlu prosedur tertentu
7	Serius; tindakan segera	1 kali/minggu	Peluang deteksi dini rendah
8	Besar; antrean/TRT naik	1 kali/2-3 hari	Perlu pengawasan ketat
9	Kritis; mayoritas terhambat	1 kali/hari	Setelah dampak signifikan
10	Sangat kritis; layanan terhenti	1 kali/shift	Tidak sebelum dampak besar

Catatan. Nilai D yang semakin tinggi berarti risiko semakin sulit dideteksi sebelum memengaruhi layanan.

Untuk setiap risiko, rerata parameter dihitung sebagai jumlah skor Expert 1 sampai Expert 5 dibagi lima. Selanjutnya, RPNi = rerata Si × rerata Oi × rerata Di. Karena jumlah expert lima, rerata dapat berbentuk desimal 0,20, misalnya 7,80; 8,40; dan 9,00. Pembulatan dua desimal hanya dilakukan setelah perkalian, bukan pada skor individual. Data TRT berfungsi menetapkan besaran dan keberulangan masalah, sedangkan FMEA memeringkat mekanisme penyebab; penelitian ini tidak menafsirkan keduanya sebagai hubungan kausal statistik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil identifikasi risiko menunjukkan bahwa keterlambatan layanan *delivery* petikemas tidak disebabkan oleh satu faktor tunggal, melainkan oleh kombinasi faktor peralatan, sumber daya manusia, sistem operasional, faktor eksternal, dan kondisi lingkungan. Melalui observasi lapangan dan wawancara dengan lima orang *expert* yang memahami proses operasional *delivery*, diperoleh 12 sub-risiko yang berpotensi menyebabkan peningkatan *Truck Round Time* (TRT). Risiko-risiko tersebut kemudian dikelompokkan ke dalam kategori internal, eksternal, dan lingkungan.

Tabel 2

Identifikasi Risiko Keterlambatan Layanan Delivery Petikemas

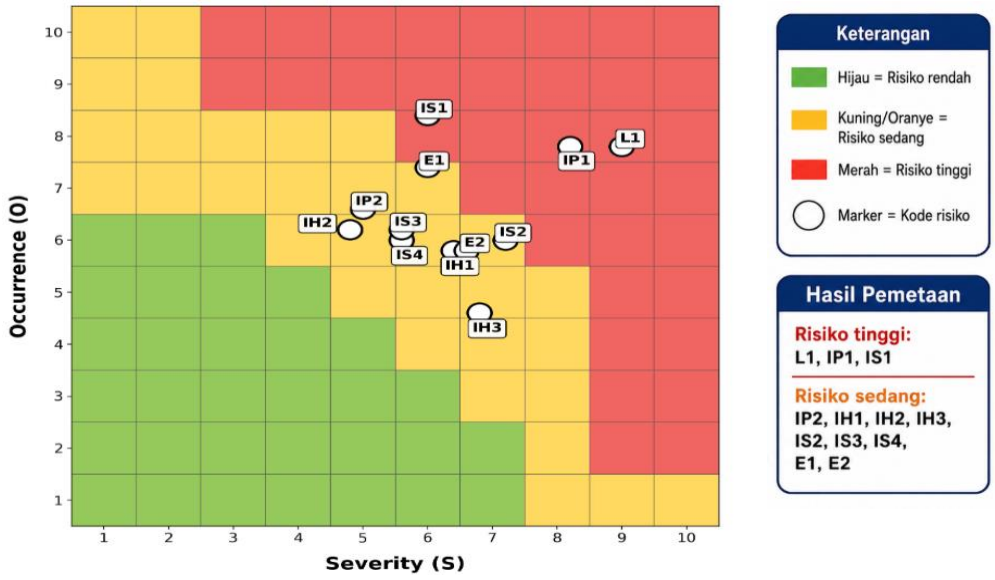
Kategori Risiko	Subkategori Risiko	Kode	Sub-risiko
Internal	Infrastruktur dan Peralatan	IP1	RTG mengalami kerusakan saat kegiatan operasional
Internal	Infrastruktur dan Peralatan	IP2	RTG tidak berada pada posisi blok yang dibutuhkan
Internal	Sumber Daya Manusia	IH1	Kinerja operator RTG kurang optimal saat menjalankan operasional
Internal	Sumber Daya Manusia	IH2	Kesalahan eksekusi pengambilan atau penempatan kontainer oleh operator RTG
Internal	Sumber Daya Manusia	IH3	Kecelakaan kerja akibat kelalaian operator RTG
Internal	Sistem/Proses Operasional	IS1	Terjadi tumpang tindih kegiatan *delivery* dan bongkaran kapal
Internal	Sistem/Proses Operasional	IS2	Gangguan sistem VMT saat operasional
Internal	Sistem/Proses Operasional	IS3	Ketidaksesuaian data VMT dengan kondisi lapangan
Internal	Sistem/Proses Operasional	IS4	TBS belum berjalan optimal
Eksternal	Kendaraan Eksternal	E1	Truk eksternal memasuki blok dan slot yang salah
Eksternal	Kendaraan Eksternal	E2	Kerusakan truk eksternal saat operasional di area *yard*
Lingkungan	Kondisi Lingkungan Operasional	L1	Kondisi cuaca buruk, seperti hujan deras, angin kencang, atau badai

Sebelum dilakukan penilaian menggunakan FMEA, seluruh sub-risiko divalidasi melalui pendekatan *Content Validity Index* (CVI). Hasil validasi menunjukkan bahwa seluruh item memperoleh nilai I-CVI sebesar 1,00 dan S-CVI sebesar 1,00. Nilai tersebut menunjukkan adanya kesepakatan penuh dari para *expert* bahwa setiap risiko yang diidentifikasi relevan dengan kondisi aktual operasional *delivery* petikemas. Validitas ini menjadi dasar penting dalam penelitian karena FMEA sangat bergantung pada ketepatan pendefinisian *failure mode*. Apabila risiko yang dinilai tidak relevan dengan proses aktual, maka nilai *Severity*, *Occurrence*, dan *Detection* yang dihasilkan tidak akan mencerminkan kondisi lapangan secara memadai. Oleh karena itu, hasil CVI mengindikasikan bahwa instrumen FMEA yang digunakan telah layak untuk menilai tingkat prioritas risiko keterlambatan layanan *delivery*.

Setelah seluruh risiko dinyatakan valid, dilakukan penilaian FMEA dengan menggunakan tiga parameter utama, yaitu *Severity* (S), *Occurrence* (O), dan *Detection* (D). Nilai *Severity* menggambarkan tingkat keparahan dampak risiko terhadap kelancaran layanan *delivery*, nilai *Occurrence* menunjukkan tingkat kemungkinan atau frekuensi risiko terjadi, sedangkan nilai *Detection* menunjukkan kemampuan pengendalian yang tersedia untuk mendeteksi atau mencegah risiko sebelum menimbulkan dampak lebih besar. Nilai ketiga parameter tersebut kemudian dikalikan untuk memperoleh *Risk Priority Number* (RPN). Hasil pemeringkatan menunjukkan bahwa risiko dengan nilai RPN tertinggi adalah kondisi cuaca buruk (L1) dengan RPN sebesar 351,00, diikuti oleh kerusakan RTG saat operasional (IP1) dengan RPN sebesar 307,008, dan tumpang tindih kegiatan *delivery* dengan bongkaran kapal (IS1) dengan RPN sebesar 171,36. Ketiga risiko tersebut menjadi perhatian utama karena memiliki kontribusi paling besar terhadap potensi peningkatan TRT.

Tabel 3. *Hasil Pemeringkatan Risiko Berdasarkan Nilai RPN*

Peringkat	Kode	Item Risiko	S	O	D	RPN
1	L1	Kondisi cuaca buruk, seperti hujan deras, angin kencang, atau badai	9,00	7,80	5,00	351
2	IP1	RTG mengalami kerusakan saat kegiatan operasional	8,20	7,80	4,80	307,01
3	IS1	Terjadi tumpang tindih kegiatan *delivery* dan bongkaran kapal	6,00	8,40	3,40	171,36



Gambar 1. Peta risiko

Selain menggunakan nilai RPN, penelitian ini juga menggunakan peta Risiko sesuai dengan gambar 1 yang berbasis kombinasi *Severity* dan *Occurrence*. Hasil pemetaan menunjukkan bahwa tiga risiko, yaitu IP1, IS1, dan L1, berada pada kategori *high risk*. Sementara itu, risiko lainnya berada pada kategori *medium risk*. Penggunaan peta risiko memberikan sudut pandang tambahan karena RPN dapat dipengaruhi oleh nilai *Detection*, sedangkan peta risiko menekankan pada hubungan antara tingkat dampak dan peluang kejadian. Dengan demikian, pemilihan risiko prioritas tidak hanya didasarkan pada nilai RPN tertinggi, tetapi juga mempertimbangkan posisi risiko pada matriks risiko. Kombinasi kedua pendekatan ini memperkuat validitas pengambilan keputusan, karena risiko yang dipilih merupakan risiko yang secara numerik memiliki prioritas tinggi dan secara matriks berada pada kategori risiko tinggi.

SIMPULAN

Hasil analisis penyebab keterlambatan layanan *delivery* petikemas berdasarkan indikator *Truck Round Time* (TRT) dipengaruhi oleh kombinasi faktor lingkungan, kesiapan peralatan, dan pengaturan proses di area *yard*. Dari 12 sub-risiko yang telah divalidasi oleh *expert*, tiga risiko prioritas tertinggi adalah kondisi cuaca buruk dengan RPN 351, kerusakan RTG saat operasional dengan RPN 307, serta tumpang tindih kegiatan *delivery* dan bongkaran kapal dengan RPN 171; ketiganya juga termasuk kategori risiko tinggi pada peta risiko. Temuan ini menunjukkan bahwa pengendalian TRT perlu dilakukan secara sistemik melalui prosedur kontinjensi cuaca, penguatan *preventive maintenance* RTG berbasis jam operasi, penyediaan *critical spare part*, serta sinkronisasi perencanaan *yard*, alokasi RTG, dan pergerakan truk. Perusahaan disarankan menjadikan hasil FMEA sebagai dasar prioritas perbaikan operasional dan melakukan evaluasi berkala terhadap risiko dominan yang mempengaruhi pencapaian standar TRT ≤ 45 menit. Penelitian lanjutan dapat mengintegrasikan FMEA dengan *Fault Tree Analysis* atau metode pengambilan keputusan multikriteria untuk memperdalam analisis akar penyebab dan menentukan strategi mitigasi yang paling efektif.

DAFTAR PUSTAKA

Abdelmagid, A. M., Gheith, M. S., & Eltawil, A. B. (2022a). A comprehensive review of the truck appointment scheduling models and directions for future research.

Transport Reviews, 42(1), 102–126. https://doi.org/10.1080/01441647.2021.1955034

Abdelmagid, A. M., Gheith, M., & Eltawil, A. (2022b). Scheduling external trucks appointments in container terminals to minimize cost and truck turnaround times. *Logistics, 6*(3), 45. https://doi.org/10.3390/logistics6030045

Carboni, A., Deflorio, F., Caballini, C., & Cangelosi, S. (2025). Advances in terminal management: Simulation of vehicle traffic in container terminals. *Maritime Economics & Logistics, 27*, 500–524. https://doi.org/10.1057/s41278-024-00300-5

Gazcón-Rivera, A., Nosedal-Sánchez, J., & Trigos, F. (2021). Transactional failure mode and effect analysis: An application to map risks in the service industry. *Case Studies on Transport Policy, 9*(4), 1475–1487. https://doi.org/10.1016/j.cstp.2021.07.004

Gracia, M. D., Mar-Ortiz, J., & Vargas, M. (2025). Truck appointment scheduling: A review of models and algorithms. *Mathematics, 13*(3), 503. https://doi.org/10.3390/math13030503

Karakas, S., Kirmizi, M., & Kocaoglu, B. (2021). Yard block assignment, internal truck operations, and berth allocation in container terminals: Introducing carbon-footprint minimisation objectives. *Maritime Economics & Logistics, 23*, 750–771. https://doi.org/10.1057/s41278-021-00186-7

Li, H., Teixeira, A. P., & Guedes Soares, C. (2022). An improved failure mode and effect analysis of floating offshore wind turbines. *Journal of Marine Science and Engineering, 10*(11), 1616. https://doi.org/10.3390/jmse10111616

Li, N., Haralambides, H., Sheng, H., & Jin, Z. (2022). A new vocation queuing model to optimize truck appointments and yard handling-equipment use in dual transactions systems of container terminals. *Computers & Industrial Engineering, 169*, 108216. https://doi.org/10.1016/j.cie.2022.108216

Li, S., Jia, S., Tao, Y., & Lin, X. (2024). Gate appointment design in a container terminal: A robust optimization approach. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 184*, 103495. https://doi.org/10.1016/j.tre.2024.103495

Liu, P., & Li, Y. (2021). An improved failure mode and effect analysis method for multi-criteria group decision-making in green logistics risk assessment. *Reliability Engineering & System Safety, 215*, 107826. https://doi.org/10.1016/j.ress.2021.107826

Sun, S., Zheng, Y., Dong, Y., Li, N., Jin, Z., & Yu, Q. (2022). Reducing external container trucks' turnaround time in ports: A data-driven approach under truck appointment systems. *Computers & Industrial Engineering, 174*, 108787. https://doi.org/10.1016/j.cie.2022.108787

Tao, Y., Zhang, S., Lin, C., & Lai, X. (2023). A bi-objective optimization for integrated truck operation and storage allocation considering traffic congestion in container terminals. *Ocean & Coastal Management, 232*, 106417. https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2022.106417

van Battum, C. H., Wiegmans, B., Atasoy, B., van Wingerden, E., de Waal, A., & Tavasszy, L. A. (2023). Performance improvements in container terminals through the Bottleneck Mitigation Cycle. *Maritime Economics & Logistics, 25*, 174–195. https://doi.org/10.1057/s41278-022-00245-7

Weerasinghe, B. A., Perera, H. N., & Bai, X. (2024). Optimizing container terminal operations: A systematic review of operations research applications. *Maritime Economics & Logistics, 26*, 307–341. https://doi.org/10.1057/s41278-023-00254-0

Zhang, P., Zhang, Z.-J., & Gong, D.-Q. (2024). An improved failure mode and effect analysis method for group decision-making in utility tunnels construction project risk evaluation. *Reliability Engineering & System Safety, 244*, 109943. https://doi.org/10.1016/j.ress.2024.109943