

PENGUKURAN EFEKTIVITAS QUAY CONTAINER CRANE MENGUNAKAN METODE OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS DI TERMINAL PETIKEMAS KOJA

Nur Fatimah¹, Wenny Ananda Larasati², Melia Handayani³
nuryfatimah@upi.edu¹, wenny.ananda@upi.edu², melia.handayani@upi.edu³

*Corresponding Author: Wenny Ananda Larasati
wenny.ananda@upi.edu

Universitas Pendidikan Indonesia

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tingkat efektivitas QCC di Terminal Petikemas Koja, mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja alat, serta merumuskan strategi perbaikan yang tepat. Metode analisis yang digunakan adalah Overall Equipment Effectiveness (OEE) sebagai pendekatan pengukuran efektivitas peralatan berdasarkan tiga indikator utama: availability, performance, dan quality, yang kemudian didukung oleh analisis sebab-akibat menggunakan Fishbone Diagram, penentuan faktor dominan dengan Diagram Pareto, serta perumusan rekomendasi perbaikan melalui pendekatan 5W+1H. Hasil penelitian menunjukkan nilai rata-rata OEE sebesar 65,69%, dengan availability 72,55%, performance efficiency 90,74%, dan quality rate 99,27%. Nilai tersebut menunjukkan efektivitas QCC berada pada kategori rata-rata dan belum mencapai kondisi ideal. Faktor-faktor dominan yang mempengaruhi penurunan efektivitas meliputi usia alat yang melewati umur teknis, ketidakteraturan jadwal kapal, serta keterbatasan kompetensi operator. Upaya peningkatan efektivitas dapat dilakukan melalui penerapan predictive maintenance, penerapan sistem koordinasi alokasi alat, serta program pelatihan berkelanjutan (refreshment training) bagi operator.

Kata Kunci: Efektivitas Peralatan, Overall Equipment Effectiveness, Quay Container Crane.

ABSTRACT

This study analyzes the effectiveness level of QCC at Koja Container Terminal, identifies the factors influencing its performance, and formulates appropriate improvement strategies. The analytical method used is Overall Equipment Effectiveness (OEE) based on three indicators: availability, performance, and quality, supported by Fishbone Diagram, Pareto Chart, and the improvement planning using the 5W+1H approach. The results show an average OEE value is 65.69%, with availability at 72.55%, performance efficiency at 90.74%, and quality rate at 99.27%. Indicating that QCC effectiveness remains in the average category and has not yet reached the ideal condition. The dominant factors contributing to decreased effectiveness include equipment age exceeding its technical lifespan, irregular vessel schedules, and limited operator competency. Effectiveness improvement can be achieved through predictive maintenance, the establishment of an equipment allocation coordination system, and the continuous operator refresher training.

Keywords: Equipment Effectiveness, Overall Equipment Effectiveness, Quay Container Crane.

PENDAHULUAN

Perkembangan perdagangan internasional maupun domestik dalam dua dekade terakhir telah menunjukkan pertumbuhan volume arus petikemas secara signifikan, di mana pelabuhan berperan sebagai simpul utama dalam rantai pasok global. Tren ini sehalan dengan meningkatnya integrasi rantai pasok global, di mana daya saing logistik maritim menjadi faktor penentu posisi strategis pelabuhan dalam jaringan perdagangan internasional. Di Indonesia, fenomena ini tercermin dari peningkatan throughput petikemas

di pelabuhan-pelabuhan utama seperti Pelabuhan Tanjung Priok. Perkembangan arus petikemas di Pelabuhan Tanjung Priok menunjukkan tren peningkatan arus petikemas setiap tahunnya. Pada tahun 2020, throughput petikemas tercatat sebesar 6,2 juta Twenty-foot Equivalent Unit (TEUs) dan meningkat menjadi 6,7 juta TEUs pada tahun 2021. Pada tahun 2022 terjadi penurunan menjadi 6,1 juta TEUs, namun meningkat signifikan hingga mencapai 7,6 juta TEUs pada 2024 Logistik News (2022); KOP Utama Tanjung Priok (2023); Maritime Club Indonesia (2024); Maritim News (2025). Peningkatan volume petikemas ini tidak hanya bersifat kuantitatif, tetapi juga menambah kompleksitas operasional, sehingga menimbulkan tekanan terhadap keandalan infrastruktur pelabuhan, khususnya dalam kapasitas dermaga, sistem bongkar muat, dan teknologi manajemen operasional. Di sisi lain peningkatan konektivitas pelayaran mendorong pertumbuhan throughput pelabuhan, dimana throughput yang tinggi memperkuat daya tarik pelabuhan dalam jaringan pelayaran global (Durmaz & Açık, 2024).

Efisiensi logistik menjadi isu strategis karena berimplikasi langsung pada daya saing nasional, menentukan kelancaran arus barang, menekan biaya distribusi, serta memperkuat posisi produk Indonesia di pasar global. Menurut Febriansyah & Sahara (2023), efisiensi logistik dapat menurunkan biaya distribusi sekaligus memperkuat posisi produk di pasar global. Pelabuhan, sebagai simpul utama rantai pasok, tidak hanya berfungsi sebagai titik bongkar muat, tetapi juga sebagai pusat distribusi yang memengaruhi indikator kinerja operasional seperti waiting time, berth working time, dan produktivitas terminal (Ariyani, 2025). Indikator-indikator tersebut sangat bergantung pada keandalan peralatan utama bongkar muat, seperti container crane, gantry crane, dan sistem pendukung lainnya. Robbany et al. (2022) menegaskan bahwa determinan utama kinerja pelabuhan di Indonesia mencakup efisiensi operasional, kualitas layanan, serta keandalan infrastruktur dan fasilitas. Oleh karena itu, peningkatan daya saing logistik nasional tidak hanya bergantung pada volume arus petikemas, tetapi juga pada kemampuan pelabuhan menyediakan layanan yang andal dan responsif terhadap kebutuhan pengguna jasa. Hal ini menegaskan bahwa peran alat bongkar muat menjadi krusial dalam menjaga konsistensi kinerja operasional pelabuhan.

Salah satu peralatan utama dalam kegiatan bongkar muat di terminal petikemas adalah Quay Container Crane (QCC), yang berfungsi memindahkan petikemas dari kapal ke dermaga dan sebaliknya. Boyke (2019) menjelaskan bahwa QCC merupakan jenis gantry crane dengan kecepatan tinggi dan jangkauan horizontal luas, menjadikannya alat vital dalam menjaga kelancaran arus logistik di terminal. QCC juga berperan sebagai bottleneck potensial dalam rantai operasional terminal karena pengaruhnya terhadap alur kerja kapal dan percepatan penanganan muatan. Gangguan pada QCC dapat memicu keterlambatan, kemacetan, hingga eskalasi biaya operasional yang berdampak sistemik pada rantai pasok. Dragović et al. (2025) menegaskan bahwa quay crane operation problem merupakan isu sentral dalam manajemen terminal petikemas, karena penjadwalan dan alokasi crane secara langsung memengaruhi produktivitas, waktu tunggu kapal, serta biaya logistik. Perspektif manajemen aset dan reliability engineering menempatkan QCC sebagai critical asset yang menuntut strategi pemeliharaan berbasis keandalan untuk meminimalkan risiko kegagalan. Notteboom et al. (2022) menekankan bahwa efisiensi quay crane merupakan determinan utama daya saing terminal dalam jaringan pelayaran global. Dengan demikian, pentingnya keandalan peralatan bongkar muat, khususnya quay crane, menuntut adanya integrasi aspek pemeliharaan ke dalam perencanaan operasional terminal.

Terminal Petikemas Koja sebagai salah satu terminal petikemas terbesar di Pelabuhan Tanjung Priok memiliki peran strategis dalam mendukung kelancaran logistik nasional. Berdasarkan data PT Pelabuhan Indonesia (Persero) (2025), terminal ini menempati

peringkat kedua nasional dalam kategori produktivitas layanan petikemas internasional dengan nilai Box Ship Hour (B/S/H) sebesar 58,10, yaitu rata-rata penanganan 58 kontainer per kapal per jam. Meski demikian, muncul sebuah kontradiksi ketika kinerja tinggi tersebut harus ditopang oleh tujuh unit QCC yang sebagian besar telah berumur lebih dari 25 tahun. Kondisi ini menimbulkan risiko keandalan akibat potensi kegagalan teknis, tantangan pemeliharaan yang semakin kompleks dan mahal, serta ketidaksesuaian dengan tuntutan operasional modern yang menekankan kecepatan, integrasi digital, dan efisiensi berkelanjutan. Cahyandaru et al. (2025) menyatakan bahwa kinerja optimal terminal petikemas sangat bergantung pada komposisi peralatan bongkar muat yang efisien, di mana jumlah dan keandalan QCC menjadi faktor penentu produktivitas serta berimplikasi langsung terhadap Vessel Operating Rate dan Berth Working Time. Dengan demikian, paradoks antara produktivitas tinggi dan keterbatasan usia peralatan menjadi titik kritis yang memicu perlunya kajian mendalam mengenai keandalan dan strategi pemeliharaan QCC di Terminal Petikemas Koja.

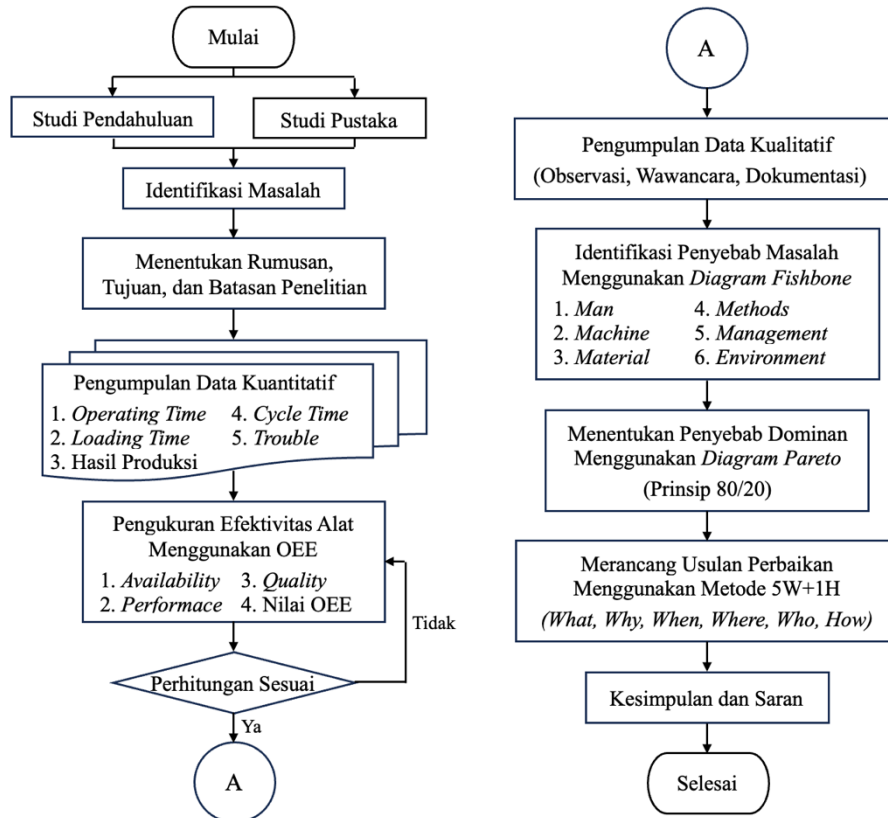
Masalah operasional terkait QCC di Terminal Petikemas Koja juga berimplikasi pada indikator downtime dan inherent availability alat. Data internal terminal menunjukkan bawa tingkat downtime rata-rata QCC mencapai 19,6% dengan breakdown frequency sekitar 7-8 kali per bulan serta inherent availability sebesar 97,14%, masih di bawah target internal terminal sebesar 98%. Kondisi ini menunjukkan adanya celah efektivitas peralatan yang potensial memperlambat bongkar muat dan menambah waktu sandar kapal. Temuan empiris serupa juga menunjukkan bahwa kinerja QCC memiliki pengaruh signifikan terhadap kelancaran dan produktivitas bongkar muat petikemas (Lesmini & Fadhlurrahman, 2021). Rahmadhani et al. (2014) menegaskan bahwa peningkatan usia alat tanpa pemeliharaan yang terencana dapat menurunkan stabilitas performa, meningkatkan downtime, serta mengurangi efisiensi dan kualitas produksi, yang dimana sebagian besar QCC telah berumur lebih dari 25 tahun. Meskipun indikator kinerja telah tersedia, evaluasi efektivitas QCC secara sistematis masih terbatas, terutama dalam mengintegrasikan aspek keandalan, manajemen aset, dan tuntutan operasional modern. Khaldun et al. (2018) juga menambahkan bahwa keterbatasan kinerja alat bongkar muat secara langsung memperpanjang berthing time kapal dan menurunkan tingkat produktivitas terminal. Dengan demikian, masalah ini bukan sekadar teknis, tetapi berdampak pada daya saing pelabuhan dalam jaringan logistik global.

Oleh karena itu, penelitian ini memiliki urgensi ilmiah dengan berkontribusi pada pengembangan kajian efektivitas peralatan pelabuhan dengan pendekatan berbasis data operasional. Di sisi lain, urgensi praktis penelitian ini terletak pada penyediaan dasar pengambilan keputusan manajemen dalam merumuskan strategi pemeliharaan dan peningkatan efektivitas QCC. Penelitian bertujuan untuk menganalisis tingkat efektivitas QCC, mengidentifikasi faktor-faktor yang memengaruhi kinerjanya, serta merumuskan rekomendasi strategis untuk peningkatan efektivitas di Terminal Petikemas Koja. Dengan demikian, kajian ini tidak hanya memberikan kontribusi ilmiah dalam pengembangan teori efektivitas peralatan pelabuhan, tetapi juga berkontribusi praktis sebagai dasar pengambilan keputusan manajemen terminal. Penelitian ini relevan bagi pengelola Terminal Petikemas Koja maupun terminal petikemas lain dengan konteks serupa.

METODE PENELITIAN

Jenis penelitian ini adalah campuran (mixed methods) dengan desain sekuensial eksplanatori. Penelitian ini dilaksanakan di Terminal Petikemas Koja yang berlokasi di Jl. Digul No. 1, Tanjung Priok, Jakarta Utara. Populasi dalam penelitian ini mencakup seluruh kegiatan operasional bongkar muat yang melibatkan penggunaan QCC. Sampel pada

penelitian ini menggunakan teknik sampling jenuh yang mencakup tujuh unit alat QCC. Adapun informan dalam penelitian ini ditentukan menggunakan purposive sampling dan dipilihlah informan sebanyak dua orang yaitu Foreman Manning dari Divisi Operasional Terminal dan Supervisi Peralatan dari Divisi Teknik. Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer dan sekunder yang diperoleh melalui observasi, wawancara, serta studi dokumentasi. Validitas data diperkuat menggunakan teknik triangulasi sumber dan waktu. Alur penelitian ini digambarkan melalui diagram alir berikut.



Gambar 1. Alur Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tingkat efektivitas alat tidak hanya ditentukan oleh frekuensi penggunaannya, tetapi juga sejauh mana alat tersebut dapat beroperasi secara optimal dalam hal ketersediaan mesin, efisiensi kerja, serta tingkat kualitas. Menurut Sukmoro (2023), Overall Equipment Effectiveness (OEE) adalah salah satu alat untuk mengukur seberapa baik perusahaan dalam mengelola peralatannya. OEE terdiri dari tiga komponen penyusunnya, yaitu availability, performance, dan quality. Jika sudah mendapatkan nilai dari ketiga komponen tersebut, nilai OEE didapat dengan mengalikan ketiganya.

Availability menggambarkan tingkat kesiapan alat untuk beroperasi dibandingkan total waktu yang dijadwalkan. Pengukurannya memerlukan data operating time dan loading time, dimana operating time menunjukkan waktu alat benar-benar bekerja produktif, sedangkan loading time adalah total waktu operasi yang tersedia untuk sesuai dengan jadwal kerja. Rumus availability adalah sebagai berikut:

$$Availability = \frac{Operating\ Time}{Loading\ Time} \times 100\% \quad (1)$$

Performance efficiency menunjukkan seberapa optimal alat beroperasi dibandingkan

kapasitas idealnya. Perhitungannya menggunakan data *processed amount*, *ideal cycle time*, dan *operation time*. *Processed amount* mencakup total unit yang diproses (baik normal maupun cacat), sedangkan *ideal cycle time* merupakan waktu tercepat alat untuk memproses satu kontainer. Rumus *performance efficiency* adalah sebagai berikut:

$$Performance = \frac{Processed\ Amount \times Ideal\ Cycle\ Time}{Operation\ Time} \times 100\% \quad (2)$$

Rate of Quality menilai proporsi hasil kerja alat yang memenuhi standar kualitas terhadap total unit yang diproses. Pengukurannya menggunakan data *processed amount* dan *defect amount*, dimana *defect amount* menunjukkan jumlah kerusakan atau gangguan yang menurunkan kualitas hasil kerja alat sesuai komponen *quality* pada rumus OEE. Rumus *rate of quality* adalah sebagai berikut:

$$Rate\ of\ Quality = \frac{Processed\ Amount - Defect\ Amount}{Operation\ Time} \times 100\% \quad (3)$$

Tabel 1. Standar Nilai OEE

Komponen OEE	Standar Ideal
<i>Availability</i>	90%
<i>Performance</i>	95%
<i>Quality</i>	99%
OEE	85%

Tabel 2. Interpretasi Nilai OEE

Nilai OEE	Penilaian
<60%	Rendah
60 – 75%	Rata-rata
75 – 85%	Bagus
>85%	Kelas dunia
100%	Sempurna

Melalui perhitungan ini, nilai Overall Equipment Effectiveness untuk periode Januari 2025 hingga Mei 2025 diperoleh sebagaimana ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel 3. Nilai OEE QCC Januari – Mei 2025

Unit QCC	<i>Availability</i> (%)	<i>Performance</i> (%)	<i>Quality</i> (%)	OEE (%)
C-1	74,16%	91,76%	99,94%	67,91%
C-2	73,34%	90,45%	99,84%	66,26%
C-3	73,98%	96,33%	99,83%	71,14%
C-4	72,00%	93,03%	99,82%	66,85%
C-5	71,73%	89,21%	99,87%	63,86%
C-6	65,99%	89,30%	99,26%	58,46%
C-7	76,64%	85,12%	99,48%	65,35%
Rata-rata	72,55%	90,74%	99,72%	65,69%

Berdasarkan Tabel 3, nilai OEE rata-rata pada unit QCC sebesar 65,69% menempatkan kinerja alat dalam kategori “rata-rata”. Meskipun alat masih dapat beroperasi secara fungsional, nilai tersebut menunjukkan bahwa efektivitasnya belum optimal dan masih jauh dari standar kelas dunia. Hal ini mengindikasikan bahwa terdapat potensi kerugian yang signifikan pada salah satu atau lebih komponen pembentuk OEE.

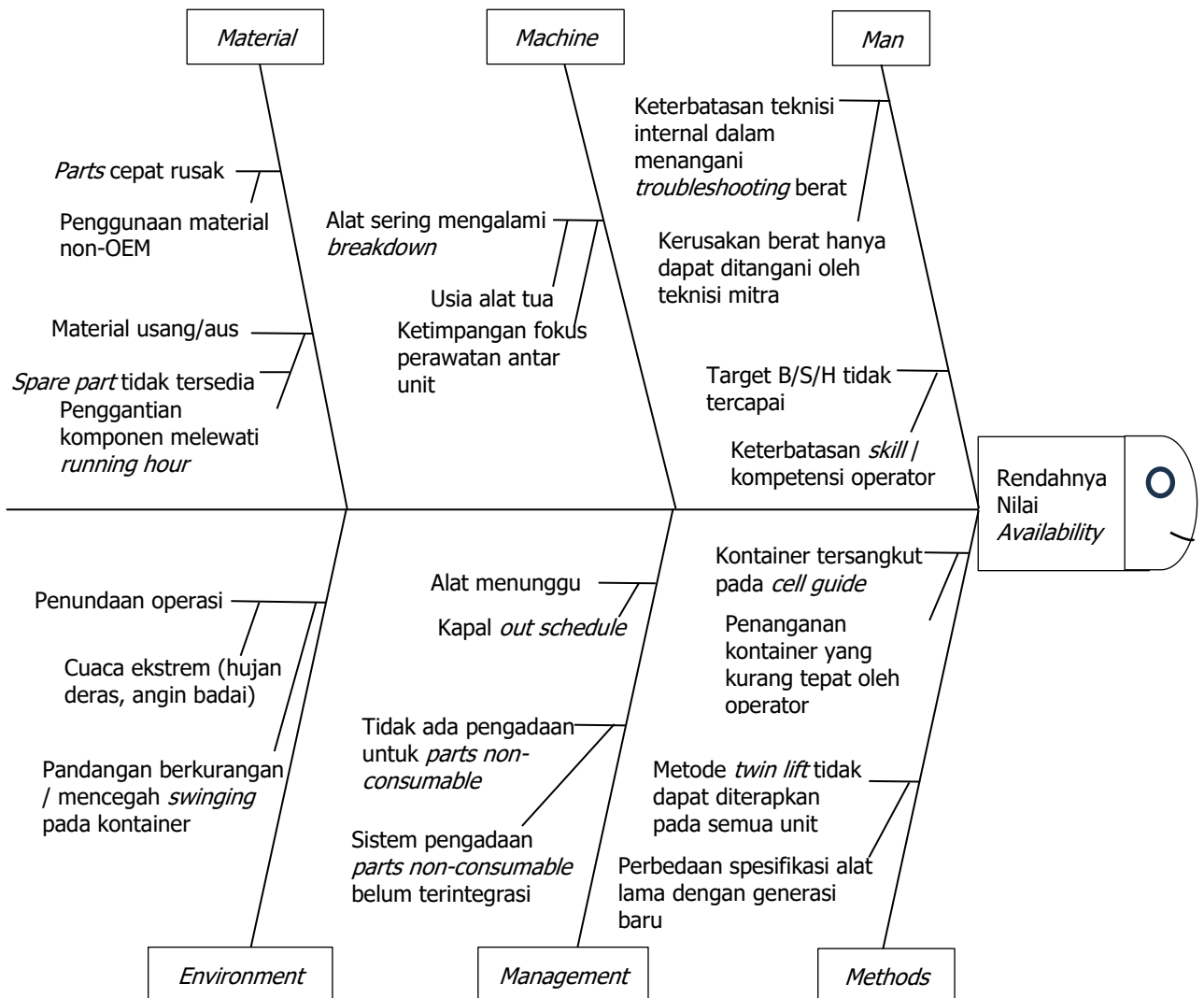
Jika ditinjau secara rinci, komponen quality rate menunjukkan pencapaian yang sangat baik, bahkan melampaui standar ideal 99%. Capaian ini menunjukkan bahwa proses bongkar muat kontainer di Koja telah berjalan dengan tingkat kesalahan yang sangat rendah, mencerminkan efektivitas sistem inspeksi dan kontrol mutu yang diterapkan. Temuan ini sejalan dengan studi Hamzah & Momon (2023), yang menyatakan bahwa rendahnya defect in process berkontribusi langsung terhadap tingginya nilai quality rate, dan menjadi indikator keberhasilan dalam menjaga standar mutu operasional.

Namun demikian, dua komponen lainnya, yaitu availability dan performance efficiency, masih berada di bawah ambang ideal. Rendahnya availability disebabkan oleh tingginya waktu downtime, baik yang bersifat terjadwal (preventive maintenance, inspeksi) maupun tidak terjadwal (breakdown, menunggu instruksi, keterlambatan kapal). Kondisi ini selaras dengan temuan Sabaya et al. (2023) dan Ferdinand & Widiasih (2025), yang menekankan bahwa downtime merupakan faktor dominan yang menurunkan nilai availability, terutama pada alat berat yang telah beroperasi lebih dari satu dekade.

Pada dimensi lain, nilai performance efficiency dipengaruhi oleh kecepatan siklus bongkar muat yang belum optimal. Faktor-faktor seperti kondisi cuaca jenis kontainer (reefer, over dimension), serta keterampilan operator turut mempengaruhi kecepatan kerja alat. Penelitian Nur & Hidayat (2017) dan Aprilia et al. (2024) menunjukkan bahwa kompetensi operator memiliki dampak langsung terhadap kecepatan dan stabilitas kerja alat. Meskipun sertifikasi telah dimiliki, kurangnya pelatihan lanjutan dan pengawasan manajerial menyebabkan stagnasi kemampuan teknis dan non-teknis operator, yang pada akhirnya berdampak pada nilai performance efficiency. Dengan demikian, meskipun kualitas kerja alat QCC di Terminal Petikemas Koja telah mencapai kategori “kelas dunia” dalam aspek mutu, efektivitas keseluruhan masih belum optimal.

Dapat disimpulkan hasil perhitungan Overall Equipment Effectiveness (OEE) menunjukkan efektivitas kerja Quay Container Crane (QCC) di Terminal Petikemas Koja sebesar 65,69%, tergolong rata-rata menurut klasifikasi Symestic dan masih di bawah standar kelas dunia sebesar $\geq 85\%$ dari JIPM. Komponen quality rate sudah sangat baik yang berada di angka $\geq 99\%$, namun komponen availability dan performance efficiency masih rendah akibat downtime tinggi serta kecepatan siklus yang belum optimal. Dengan demikian, perbaikan perlu dilakukan agar dapat meningkatkan efektivitas.

Setelah dilakukan perhitungan OEE dan diketahui bahwa nilai terendah terdapat pada komponen availability, maka tahap selanjutnya mengidentifikasi akar permasalahan menggunakan Fishbone Diagram tipe 5M+1E yang dikemukakan oleh Sulianta (2024). Diagram Fishbone dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2. Fishbone Diagram

Pada faktor man ditemukan permasalahan yaitu: (1) Kerusakan berat pada alat hanya dapat ditangani oleh teknisi mitra karena keterbatasan kemampuan teknisi internal dalam menangani *troubleshooting* kompleks. Ketergantungan ini menyebabkan waktu perbaikan menjadi lebih lama, sehingga meningkatkan downtime dan menurunkan fleksibilitas tim internal. Yunefri (2015) menyatakan bahwa keterbatasan tenaga kerja dengan keahlian teknis memadai dapat menghambat efektivitas perbaikan gangguan operasional secara cepat dan tepat. (2) Keterbatasan kompetensi operator menyebabkan target Box Ship Hour (B/S/H) tidak tercapai akibat variasi keterampilan dan ketidaktepatan dalam penanganan kontainer, seperti kasus kontainer gendong atau zig-zag serta kurangnya kesiapan dalam menangani kontainer khusus seperti reefer, dangerous goods, dan over dimension menambah waktu penyesuaian operasional. Aprilia et al. (2024) menjelaskan bahwa rendahnya profesionalisme dan keterampilan operator crane menjadi salah satu faktor utama penghambat efisiensi bongkar muat, meskipun sebagian telah memiliki sertifikasi keahlian.

Kemudian faktor machine ditemukan permasalahan yaitu: (1) Usia alat yang telah melewati umur teknis ideal menjadi penyebab utama meningkatnya frekuensi *breakdown* pada beberapa unit crane, sehingga keandalannya menurun dan rentan mengalami kerusakan. Liong et al. (2025) menyatakan bahwa mesin berusia tua memiliki tingkat downtime tinggi akibat penurunan reliabilitas. (2) Ketimpangan dalam penerapan fokus

perawatan antar unit terlebih terminal hanya menerapkan jenis perawatan preventive, corrective, dan breakdown maintenance. Siregar dan Munthe (2019) menyatakan bahwa dominasi perawatan korektif meningkatkan tingkat kerusakan dan menurunkan efisiensi produksi.

Selanjutnya faktor material ditemukan permasalahan yaitu: (1) Penggunaan suku cadang non-OEM dilakukan karena material OEM memiliki harga tinggi dan waktu tunggu panjang. Meski lebih ekonomis, material non-OEM terbukti kurang stabil dan lebih cepat rusak. Wibowo dan Haryanto (2015) menyatakan penggunaan komponen non-OEM memang menekan biaya jangka pendek, tetapi berdampak pada peningkatan frekuensi perawatan dan penurunan keandalan alat dalam jangka panjang. (2) Keterbatasan ketersediaan spare part di gudang menyebabkan penggantian komponen sering melewati batas waktu ideal. Kondisi ini meningkatkan risiko kerusakan dan downtime alat. Pangestu (2016) menegaskan pentingnya manajemen persediaan suku cadang untuk mencegah gangguan operasional, sebab kekurangan stok dapat menimbulkan waktu henti tidak terencana, sedangkan stok berlebih justru membebani biaya operasional.

Sementara itu faktor methods ditemukan permasalahan yaitu: (1) Tersangkutnya kontainer atau spreader pada cell guide disebabkan oleh kurangnya ketelitian operator saat penempatan kontainer. Sahara dan Aprilia (2023) yang menyebutkan bahwa kinerja operator dipengaruhi oleh keterbatasan kompetensi teknis, rendahnya motivasi, dan disiplin kerja, sehingga meningkatkan risiko kesalahan operasional seperti ketidaktelitian dalam proses penempatan kontainer. (2) Tidak semua unit crane dapat menerapkan metode twin lift karena perbedaan spesifikasi unit generasi lama dengan yang terbaru dalam kelengkapan sistem hoist dan spreader modern. Ridwan et al. (2023) menunjukkan bahwa keterbatasan peralatan, khususnya Quay Container Crane yang belum mendukung teknologi twin lift, menjadi hambatan dalam optimalisasi sistem dual cycle operation di TPK Koja yang mengakibatkan produktivitas antar unit menjadi tidak merata.

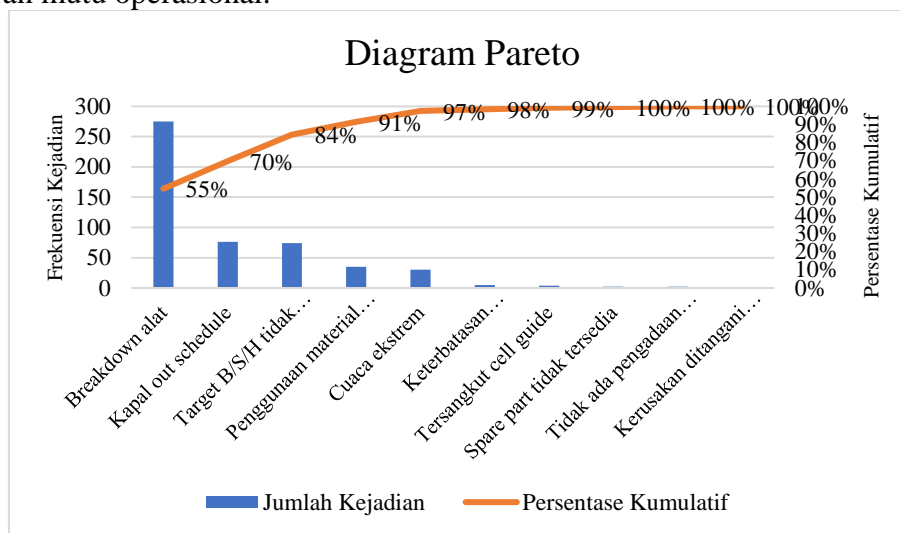
Selain itu faktor management ditemukan permasalahan yaitu: (1) Alat bongkar muat sering mengalami waktu tunggu (idle time) akibat kapal datang di luar jadwal (out schedule) yang dapat mengurangi waktu operasi efektif alat dan menurunkan produktivitas terminal. Firzani dan Suswati (2024) menyebutkan bahwa keterlambatan kedatangan kapal merupakan faktor utama penyebab idle time, yang berdampak pada penurunan efisiensi kerja, produktivitas, serta menimbulkan kerugian finansial bagi perusahaan. (2) Sistem manajemen inventori saat ini hanya mencatat material consumable, sementara komponen non-consumable seperti suku cadang mekanis dan struktural tidak terdaftar. Akibatnya, tidak tersedia cadangan komponen saat terjadi kerusakan, yang memperlambat proses perbaikan dan meningkatkan downtime. Delvika (2016) menegaskan bahwa ketidaksesuaian antara kebutuhan dan ketersediaan suku cadang dapat menghambat jadwal perawatan serta menurunkan keandalan operasional alat.

Lalu faktor environment ditemukan permasalahan yaitu cuaca ekstrem seperti hujan deras, kabut, dan angin kencang dapat mengurangi visibilitas operator serta menyebabkan swinging pada kontainer sehingga operasi sering dihentikan sementara hingga kondisi membaik, sehingga waktu operasi efektif menurun. Ardini et al. (2024) menyebutkan bahwa cuaca ekstrem dapat mengganggu stabilitas crane dan keselamatan kerja, sehingga perlu evaluasi batas aman operasi untuk menjaga efisiensi dan keamanan kegiatan bongkar muat.

Setelah melakukan analisis menggunakan Diagram Fishbone, didapatkanlah faktor-faktor penyebab dari rendahnya nilai Availability alat di Terminal Petikemas Koja. Beberapa faktor penyebab bersifat insidental dan jarang muncul, sedangkan sejumlah

permasalahan lainnya terjadi secara berulang dan memberikan dampak nyata pada tingkat produktivitas bongkar muat di Terminal Petikemas Koja.

Penentuan faktor penyebab yang paling dominan diperlukan sebagai dasar dalam menetapkan prioritas untuk membuat usulan perbaikan. Berikut frekuensi masalah yang sering terjadi yang didapatkan dari dokumen laporan kinerja alat, laporan produksi QCC, dan laporan mutu operasional.



Gambar 3. Diagram Pareto Frekuensi Kejadian

Gambar di atas menunjukkan tingkat frekuensi dan persentase kejadian berbagai permasalahan yang muncul selama kegiatan operasional di Terminal Petikemas Koja. Pengelompokan data berurutan mulai kiri ke kanan sesuai rangking kelas nilai tertinggi sampai yang rendah. Rangking tertinggi adalah permasalahan utama dan terpenting agar segera diselesaikan. Breakdown alat menjadi masalah dominan dalam operasional Quay Container Crane (QCC), dengan frekuensi kejadian sebanyak 275 kali atau 55% dari total masalah yang tercatat. Masalah lain yang cukup signifikan adalah kapal out schedule menempati urutan kedua dengan 76 kejadian atau 15%, yang diikuti oleh target B/S/H tidak tercapai sebanyak 74 kejadian atau 15%. Kedua masalah ini bersama breakdown alat menyumbang 84% dari seluruh masalah operasional.

Masalah-masalah lain seperti penggunaan material non-OEM (7%), cuaca ekstrem (6%), serta kendala teknis minor seperti keterbatasan penerapan twin lift dan tersangkut cell guide, memiliki kontribusi yang lebih kecil terhadap keseluruhan gangguan. Sedangkan masalah terkait spare part, pengadaan spare part non-consumable, maupun penanganan kerusakan oleh mitra hampir tidak mempengaruhi operasional, masing-masing kurang dari 1%.

Berdasarkan hasil analisis menggunakan Fishbone Diagram dan Diagram Pareto, dapat diketahui bahwa tiga jenis permasalahan utama, yaitu breakdown alat (55%), kapal out schedule (15%), dan target B/S/H tidak tercapai (15%), memiliki persentase kumulatif sebesar 84% dari keseluruhan kejadian. Temuan ini mengindikasikan bahwa sebagian besar gangguan operasional di terminal disebabkan oleh beberapa faktor utama dengan tingkat frekuensi yang tinggi.

Dari hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa masalah yang paling dominan adalah breakdown alat, diikuti oleh kapal out schedule, serta target B/S/H tidak tercapai. Dengan demikian, diperlukan suatu usulan untuk mengatasi permasalahan tersebut. Pada sub bab ini akan dibahas usulan perbaikan sebagai upaya peningkatan efektivitas QCC, dengan berlandaskan pada hasil temuan penelitian. Perumusan usulan perbaikan ini menggunakan metode 5W+1H, yang ditampilkan pada tabel berikut.

Tabel 4. Usulan Perbaikan dengan Metode 5W + 1H

Faktor	Penyebab Dominan	Why	What	Where	When	Who	How
Mesin	Alat sering mengalami <i>breakdown</i>	Mengurangi frekuensi <i>breakdown</i> dan meningkatkan keandalan alat	Penerapan sistem <i>predictive maintenance</i>	Area <i>Workshop</i> <i>Main-tenance</i> dan area dermaga	Secara bertahap	Divisi Teknik Divisi IT	Melakukan integrasi data sensor ke sistem CMMS serta analisis tren kondisi komponen
Manajemen	Alat menunggu kapal <i>out schedule</i>	Mengurangi waktu dan meningkatkan penggunaan alat	Penerapan sistem koordinasi alokasi QCC	Area operasi dermaga dan <i>control room</i>	Secara bertahap	Divisi PPG dan Opster	Mengintegrasikan jadwal kapal dan ketersediaan alat untuk redistribusi alat ke kapal lain
Manusia	<i>Skill</i> operator terbatas	Meningkatkan kemampuan teknis operator	Program <i>refreshment training</i> operator	Ruang pelatihan dan area praktik	Setiap semester	Divisi SDM Divisi Opster	Menyelenggarakan pelatihan penyegaran dengan penilaian individu melalui KPI

Berdasarkan Tabel 4, usulan perbaikan dengan metode 5W+1H difokuskan pada tiga aspek utama, yaitu alat (machine), manajemen (management), dan manusia (man). Pada aspek alat, permasalahan utama berasal dari tingginya frekuensi breakdown Quay Container Crane (QCC) yang telah melampaui umur teknis, sehingga berdampak pada meningkatnya downtime dan menurunnya efektivitas operasional. Selama ini, Terminal Petikemas Koja masih mengandalkan preventive, corrective, dan breakdown maintenance. Oleh karena itu, diusulkan penerapan sistem predictive maintenance berbasis pemantauan kondisi alat secara real-time melalui integrasi sensor QCC dengan Computerized Maintenance Management System (CMMS). Pendekatan ini memungkinkan deteksi dini potensi kerusakan sehingga perawatan dapat dilakukan sebelum terjadi kegagalan total, sekaligus mengurangi downtime tak terduga dan meningkatkan keandalan alat.

Pada aspek manajemen, permasalahan dominan terkait rendahnya tingkat pemanfaatan alat akibat idle time yang terjadi ketika kapal mengalami keterlambatan jadwal sandar. Kondisi ini menyebabkan QCC berada dalam kondisi siap operasi namun tidak digunakan, sehingga efisiensi operasional terminal menurun. Usulan perbaikan yang diajukan adalah penerapan sistem koordinasi alokasi alat yang terintegrasi dengan Terminal Operating System (TOS), sehingga penugasan QCC dapat dialihkan secara real-time ke kapal lain yang sedang beroperasi. Implementasi sistem ini membutuhkan koordinasi intensif antara vessel planner, berth planner, dan operator crane agar alokasi alat tetap optimal tanpa mengganggu jadwal bongkar muat. Pendekatan koordinatif tersebut sejalan

dengan prinsip pengendalian operasional yang menekankan keterpaduan antara perencanaan dan pelaksanaan untuk meningkatkan utilisasi sumber daya.

Sementara itu, pada aspek manusia, keterbatasan keterampilan operator QCC menjadi salah satu faktor penghambat pencapaian target produktivitas B/S/H. Operator yang belum optimal dalam mengendalikan alat, mengatur kecepatan siklus, dan menjaga stabilitas kontainer cenderung menghasilkan cycle time yang lebih panjang, sehingga menurunkan efektivitas alat secara keseluruhan. Meskipun operator telah memiliki sertifikasi, masih terdapat kesenjangan antara kompetensi formal dan kemampuan aktual di lapangan, yang diperparah oleh kurangnya pelatihan berkelanjutan dan evaluasi kinerja yang sistematis. Untuk mengatasi hal tersebut, diusulkan pelaksanaan program refreshment training operator QCC secara berkala guna meningkatkan keterampilan teknis, efisiensi operasional, serta pemahaman keselamatan kerja.

Melalui penerapan predictive maintenance, sistem koordinasi alokasi alat, dan program refreshment training operator, diharapkan kinerja operasional QCC dapat meningkat secara berkelanjutan. Ketiga usulan perbaikan ini saling melengkapi dalam mengatasi permasalahan teknis, manajerial, dan sumber daya manusia, sehingga mampu menekan downtime, meningkatkan utilisasi alat, serta mendorong pencapaian target produktivitas terminal secara lebih efektif dan efisien.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat ditarik beberapa kesimpulan yaitu: (1) Tingkat efektivitas QCC masih berada pada kategori rata-rata sebesar 65,69% dengan availability 72,55%, performance 90,74%, dan quality 99,27%. (2) Faktor penyebab penurunan kinerja QCC meliputi faktor manusia yakni keterlambatan kompetensi operator dan teknisi; faktor mesin berupa usia alat yang tua dan ketimpangan pelaksanaan perawatan; faktor material seperti penggunaan komponen non-OEM dan keterlambatan pengadaan suku cadang; faktor metode mencakup ketidaktepatan penanganan kontainer dan perbedaan spesifikasi alat; faktor manajemen yaitu keterlambatan kapal serta sistem pengadaan non-consumable belum terintegrasi; dan faktor lingkungan berupa cuaca ekstrem. (3) Usulan perbaikan difokuskan pada tiga penyebab dominan yaitu penerapan predictive maintenance untuk aspek mesin, penerapan koordinasi alokasi alat untuk aspek manajemen, dan program refreshment training operator untuk aspek manusia.

DAFTAR PUSAKA

- Aprilia, A. D., Purwanto, F. X. A., & Priyono, B. (2024). Analisis Kerja Operator Head Truck Terhadap Penerapan Zero Accident di PT. Terminal Petikemas Surabaya. *Jurnal Cakrawala Ilmiah*, 3(12), 3483–3492.
- Ardini, E. D., Ndori, A., & Indriyani. Kristin Anita. (2024). Analisis Terjadinya Kerusakan pada Kontainer saat Kegiatan Bongkat Muat di MV. Izumi Mas. *Saintifik - Seminar Nasional Transportasi Dan Keselamatan*, 1(1), 227–237.
- Ariyani, D. (2025). Optimalisasi Efisiensi Logistik Maritim: Peran Manajemen Pelabuhan dan Strategi Mengatasi Hambatan Pabean Dalam Meningkatkan Ekspor Impor Indonesia. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 11(A), 95–104. <https://doi.org/https://jurnal.peneliti.net/index.php/JIWP/article/view/9619>
- Boyke, C. (2019). *Perencanaan Pelabuhan dan Terminal* (1st ed.). ITS PRESS.
- Cahyandaru, P., Iskandar, B. H., Hermadi, I., & Safuan. (2025). Optimasi Kinerja Operasional Terminal Petikemas Berdasarkan Handling Capacity (Studi Kasus Terminal Petikemas Koja Tanjung Priok). *Jesya*, 8(2), 1597–1608. <https://doi.org/10.36778/jesya.v8i2.2165>
- Delvika, Y. (2016). Sistem Informasi Manajemen Persediaan Suku Cadang Pada Perusahaan Penyewaan Kendaraan. *Jurnal Sistem Teknik Industri*, 18(2), 84–89.

- <https://doi.org/10.32734/jsti.v18i2.353>
- Dragović, B., Dragović, A., & Dulebenets, M. A. (2025). The Quay Crane Operation Problem at Marine Container Terminals: Bibliometric Analysis, Emerging Trends, and Future Research Opportunities. *Transportation Research Part E Logistics and Transportation Review*. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2025.104266>
- Durmaz, A., & Açık, A. (2024). Determining Growth Drivers in Container Shipping: A Causality Analysis Between Container Throughput and Liner Shipping Connectivity. *Acta Natura et Scientia*, 5(2), 136–149. <https://doi.org/10.61326/actanatsci.v5i2.287>
- Febriansyah, A., & Sahara, S. (2023). Analisis Pengaruh Program Tol Laut Terhadap Efisiensi Logistik Di Indonesia. *Jurnal Ilmiah Manajemen, Ekonomi Bisnis, Kewirausahaan*, 10(2), 515–522. <https://doi.org/10.30640/ekonomika45.v10i2.1956>
- Ferdinand, A., & Widiasih, W. (2025). Analisis Keandalan Mesin Blowing dengan OEE, RCA, dan Pendekatan Siklus PDCA. *Jurnal Tekstil: Jurnal Keilmuan Dan Aplikasi Bidang Tekstil Dan Manajemen Industri*, 8(1), 2797–9229.
- Firzani, S. A., & Suswati, E. (2024). Analisis Dampak Idle Time terhadap Kinerja Operasional Pemuatan Batu Bara di Dermaga Curah Kering 02 Pelabuhan Pulau Baai Bengkulu. *National Seminar on Maritime and Interdisciplinary Studies*, 3(1), 187–191. <https://ejournal.akpelni.ac.id/index.php/NSMIS>
- Hamzah, T. T. N., & Momon, A. (2023). Analisis Total Productive Maintenance Menggunakan Metode Overall Equipment Effectiveness Pada Mesin Injection 2500T New di PT. XYZ. *Jurnal Serambi Engineering*, VIII(1), 4353–4366. <https://doi.org/10.32672/jse.v8i1.4996>
- Khaldun, A. I., Suryailahi, V. I., & Muajir. (2018). Pelaksanaan Bongkar Muat Peti Kemas dan Waktu Penyelesaian (Turn Round Time). *Jurnal Manajemen Bisnis Transportasi dan Logistik*, 4, 297–302. <https://doi.org/https://doi.org/10.54324/j.mbt.v4i3.824>
- KOP Utama Tanjung Priok. (2023, May 12). Capaian Kinerja Pelabuhan Tanjung Priok Tahun 2022. *Oppriok.Kemenuh.Go.Id*. <https://oppiok.kemenuh.go.id/frontend/berita/175>
- Lesmini, L., & Fadhlurrahman, D. R. (2021). Kinerja Quay Container Crane Dalam Kegiatan Bongkar Muat Petikemas Di KSO Terminal Petikemas Koja Jakarta Utara. *Jurnal Transportasi, Logistik Dan Aviassi*, 1(1), 55–64. <https://doi.org/10.52909/jtla.v1i1.38>
- Liong, N., Hasibuan, Aziz Parham Ramadhan, Pilli, N. B., Zacherly, N., & Halim, J. M. (2025). Energy & Engineering Analisis Efektivitas Mesin Blister Dengan Metode OEE Pada Pembuatan Produk Obat Kontrasepsi. *Talenta Conference Series*, 8(1), 856–860. <https://doi.org/10.32734/ee.v8i1.2652>
- Logistik News. (2022, April 4). Throughput Pelabuhan Tanjung Priok Ditengah Lilitan Rantai Pasok Global Akibat Pandemi. *Logistiknews.Id*. <https://www.logistiknews.id/2022/03/04/throughput-pelabuhan-tanjung-priok-ditengah-lilitan-rantai-pasok-global-akibat-pandemi/>
- Maritim News. (2025, November 26). Antara Buffer Area dan Bahu Jalan. *Maritimnews.Com*. <https://maritimnews.com/2025/11/antara-buffer-area-dan-bahu-jalan/>
- Maritime Club Indonesia. (2024, June 27). Pelabuhan Tanjung Priok menempati peringkat ke-23 dalam Indeks Kinerja Pelabuhan Kontainer Global (Container Port Performance Index/CPPI). *Maritimeclubindonesia.Com*. <https://maritimeclubindonesia.com/pelabuhan-tanjung-priok-menempati-peringkat-ke-23-dalam-indeks-kinerja-pelabuhan-kontainer-global-container-port-performance-index-cppi/>
- Notteboom, T., Pallis, A., & Rodrigue, J.-P. (2022). *Port Economics, Management and Policy*.
- Nur, M., & Hidayat, Mhd. I. (2017). Analisis Nilai Overall Equipment Effectiveness Pada Mesin Packer Di PT. Semen Padang Unit Produksi Dan Pengantongan Dumai. *Jurnal Teknik Industri*, 3(2), 110–115. <https://doi.org/10.24014/jti.v3i2.5575>
- Pangestu, R. T. (2016). Analisis Pengendalian Persediaan Spare Part dengan Pendekatan Model Continuous Review dan Model Periodic Review pada Bagian Maintenance PT Yamaha Indonesia [Skripsi, Universitas Islam Indonesia]. <https://dspace.uui.ac.id/handle/123456789/32929>
- Publikasi Capaian Operasional PT Pelabuhan Indonesia (Persero). (2025).
- Rahmadhani, D. F., Taroepratjeka, H., & Fitria, L. (2014). Usulan Peningkatan Efektivitas Mesin

- Cetak Manual Menggunakan Metode Overall Equipment Effectiveness (OEE) (Studi Kasus Di Perusahaan Kerupuk TTN). *Jurnal Online Institut Teknologi Nasional*, 02, 156–5.
- Ridwan, Luhur, P. M. A., & Elnath, G. M. (2023). Pengaruh Performa Quay Container Crane dan Penerapan System Single Cycle dan Dual Cycle Terhadap Bongkar Muat Peti Kemas di KSO Peti Kemas Koja Jakarta. *Jurnal Maritim Polmarin*, 9(1), 45–57. <https://doi.org/10.52492/jmp.v9i1.102>
- Robbany, I., Suhariadi, F., & Budihardjo, A. (2022). Determinants of Port Performance: an Evaluation and Measurement of Port Services in Indonesia. *International Journal of Health Sciences*, 6, 760–774. <https://doi.org/10.53730/ijhs.v6ns7.11242>
- Sabaya, Z., Lasalewo, T., & Junus, S. (2023). Efektivitas Alat Angkut Fixed Crane Menggunakan Metode Overall Equipment Effectiveness (OEE) di PT Pelindo (Persero) Region IV Gorontalo. *Jurnal Vokasi Sains Dan Teknologi*, 2(2), 64–73. <https://doi.org/10.56190/jvst.v2i2.36>
- Sahara, S., & Aprilia, N. (2023). Upaya Meningkatkan Kinerja Pekerja Operator Peralatan Bongkar Muat dan Kesiapan Fasilitas Peralatan Bongkar Muat Petikemas di KSO Terminal Petikemas Koja. *INNOVATIVE: Journal of Social Science Research*, 3.
- Siregar, Hj. N., & Munthe, S. (2019). Analisa Perawatan Mesin Digester dengan Metode Reliability Centered Maintenance pada PTPN II Pagar Merbau. *Journal of Industrial and Manufacturer Engineering*, 3, 87–94. <http://ojs.uma.ac.id/index.php/jime>
- Sukmoro, W. (2023). OEE Demistifikasi - Rahasia Sukses Menguasai Implementasi Overall Equipment Effectiveness, Mendongkrak Produktivitas dan Peningkatan Profitabilitas Bisnis yang Luas Biasa (Lia, Ed.; 1st ed.). PT Mitra Prima Produktivitas. www.jagokaizen.com
- Sulianta, F. (2024). Diagram Fishbone untuk Berbagai Kebutuhan. <https://www.researchgate.net/publication/385503999>
- Wibowo, D. B., & Haryanto, I. (2015). KEGAGALAN FUNGSI Pengereman Bis dan Truk Akibat Rusaknya Komponen Rakitannya. *Rotasi - Jurnal Teknik Mesin*, 17(1), 19–28. <http://ejournal.undip.ac.id/index.php/rotasi>
- Yunefri, Y. (2015). Sistem Pakar Troubleshooting Base Transceiver Station untuk Efisiensi Kinerja Teknisi (Studi Kasus: PT. KMS TELECOM PEKANBARU). *Jurnal Teknologi Informasi & Keuangan Digital Zone*, 6(1), 53–63.