

Analisis Perbandingan Kinerja Bongkar Muat Curah Kering pada Musim Kemarau dan Musim Hujan Berbasis Data Aplikasi PTOS-M di PT Berlian Manyar Sejahtera

Muhammad Nurullah Alfaraby, Dian Junita Arisusanty, Monika Retno Gunarti, Romanda Annas Amrullah

Politeknik Pelayaran Surabaya

Corresponding Author e-mail: mhmdalfa900@gmail.com

Published: Dec, 2025

ABSTRAK

Penelitian ini menganalisis perbandingan kinerja bongkar muat curah kering antara musim kemarau dan musim hujan di PT. Berlian Manyar Sejahtera menggunakan data aplikasi PTOS-M. Tujuan penelitian adalah membandingkan lima indikator kinerja antara kedua musim dan mengkaji peran PTOS-M dalam rekapitulasi data operasional. Metode penelitian bersifat kuantitatif deskriptif komparatif dengan populasi seluruh kegiatan bongkar muat pada periode Maret 2024 hingga Februari 2025 dan sampel dipilih secara purposive berdasarkan kriteria kapal muatan sejenis dengan data lengkap di PTOS-M. Instrumen berupa data operasional PTOS-M, lembar observasi, dan pedoman wawancara, sedangkan teknik analisis menggunakan statistik deskriptif, uji normalitas Shapiro-Wilk, uji t independen, dan uji Mann-Whitney U. Hasil penelitian menunjukkan perbedaan deskriptif nyata pada berth time, idle time, dan produktivitas antara kedua musim, namun uji statistik tidak menghasilkan perbedaan signifikan. Data kualitatif menegaskan bahwa perbedaan operasional tetap bermakna praktis. Kesimpulannya adalah PTOS-M berperan penting dalam mempertahankan akurasi data meskipun berhadapan dengan variabilitas musiman.

Kata Kunci: : Bongkar Muat, Curah Kering, Hujan, PTOS-M, Produktivitas Pelabuhan

© The Author(s). 2021 Open Access This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the material. To view a copy of this licence, visit <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>

PENDAHULUAN

Fenomena Penelitian

Pelabuhan menghadapi tantangan operasional yang kompleks dalam mengelola kegiatan bongkar muat komoditas curah kering, khususnya dalam mengantisipasi dampak variabilitas musim terhadap produktivitas (Wiranata, 2021; Aghnia et al., 2024). PT. Berlian Manyar Sejahtera, sebagai salah satu Badan Usaha Pelabuhan terkemuka di Indonesia yang berlokasi di kawasan Java Integrated Industrial Port Estate (JIPE) Gresik, secara konsisten melayani aktivitas bongkar muat curah kering sejak tahun operasionalnya (Wiranata, 2021; Prayoga et al., 2025). Dermaga PT. BMS memiliki luas 6.200 meter dengan kedalaman laut hingga 12 meter LWS dan dilengkapi dengan fasilitas canggih termasuk 14 unit grab berkapasitas 10 MT, 4 unit bucket, dan 14 unit hopper untuk mendukung produktivitas bongkar muat. Dalam operasionalnya, kegiatan bongkar muat komoditas curah kering seperti pupuk Muriate of Potash (MOP), gula, klinker, gandum, dan garam sangat dipengaruhi oleh kondisi eksternal, terutama faktor cuaca yang memberikan dampak signifikan terhadap efisiensi dan produktivitas operasional (Chen, 2022; Aufa et al., 2023). Fenomena ini menjadi perhatian utama karena muatan curah kering memiliki karakteristik rentan terhadap kontaminasi air, sehingga eksposur terhadap hujan dapat mengakibatkan kerusakan kargo dan menimbulkan risiko operasional yang serius bagi kelancaran aktivitas di pelabuhan (Chen, 2022; Aufa et al., 2023).

Berdasarkan kajian terhadap data operasional PT. Berlian Manyar Sejahtera, terdapat perbedaan yang cukup nyata dalam kinerja bongkar muat antara dua sampel kapal yang membongkar muatan sejenis pada kondisi musim berbeda. Sampel pertama adalah MV. DSM FERRO yang melaksanakan bongkar muatan MOP pada bulan Mei 2024 (periode musim kemarau), menghasilkan perolehan Ton/Shift/Day sebanyak 9.282 MT dengan Ton/Gang/Hour sejumlah 160 MT, tercatat berth working time 57 jam 20 menit, dan idle time 15 jam 19 menit dengan total berth time 78 jam 21 menit. Sebaliknya, MV. BELISLAND yang beroperasi pada bulan Januari 2025 (periode musim hujan) dengan muatan sejenis mencatat Ton/Shift/Day sebanyak 7.678 MT dan Ton/Gang/Hour 150 MT, dengan berth working time 89 jam, idle time 48 jam 58 menit, dan total berth time 112 jam 35 menit. Perbedaan data operasional ini secara deskriptif mengindikasikan bahwa kondisi cuaca memiliki pengaruh terhadap berbagai aspek kinerja bongkar muat melalui peningkatan waktu tunggu dan pengurangan produktivitas, meskipun dampak tersebut perlu dianalisis lebih mendalam secara statistik untuk memastikan signifikansinya dalam konteks operasional pelabuhan yang kompleks (Ivanhoe et al., 2023; Aghnia et al., 2024).

Permasalahan Penelitian

Adanya variabilitas musim di Indonesia menciptakan tantangan operasional khusus dalam industri bongkar muat pelabuhan yang memerlukan perhatian sistematis. Berdasarkan informasi dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika [BMKG], 2023), musim kemarau di Indonesia berlangsung dari bulan Maret hingga Agustus dengan curah hujan kurang dari 50 mm per dasarian, sedangkan musim hujan berlangsung dari September hingga Februari dengan curah hujan lebih dari 50 mm per dasarian (BMKG, 2023). Dalam periode musim hujan, frekuensi kejadian cuaca ekstrem meningkat signifikan, termasuk tingginya kelembaban udara, peningkatan gelombang laut, dan angin kencang yang dapat mempengaruhi operasional bongkar muat (Aghnia et al., 2024). Kondisi cuaca yang tidak mendukung ini mengharuskan PT. BMS untuk menghentikan sementara kegiatan bongkar muat demi menjaga keselamatan tenaga kerja dan integritas kargo, khususnya muatan curah kering yang sensitif terhadap kontaminasi air (Chen, 2022). Fenomena ini menjadi permasalahan signifikan karena setiap pemberhentian operasional mengakibatkan peningkatan idle time dan berth time yang mengancam pencapaian target produktivitas harian perusahaan serta efisiensi pemanfaatan infrastruktur pelabuhan (Ivanhoe et al., 2023; Prayoga et al., 2025).

Permasalahan lain yang muncul terkait dengan kesulitan dalam perekaman dan analisis data operasional secara real-time, terutama ketika terjadi kendala cuaca yang mengakibatkan pemberhentian kegiatan bongkar muat. Sebelum penerapan sistem informasi terpadu, PT. Berlian Manyar Sejahtera menghadapi tantangan dalam mendokumentasikan waktu delay dengan akurat karena bergantung pada laporan manual dari berbagai unit operasional di lapangan (Del Giudice et al., 2022). Permasalahan ini berakibat pada ketidakakuratan data, keterlambatan dalam penyusunan laporan, dan kesulitan dalam melakukan analisis kinerja yang komprehensif untuk mendukung pengambilan keputusan manajemen berbasis data (Container Terminal Operating System Implementation Study, 2025; Port Economics and Management Platform, 2025). Oleh karena itu, dibutuhkan sistem yang mampu merekam setiap tahapan kegiatan bongkar muat secara otomatis dan transparan untuk memastikan akurasi data operasional dalam berbagai kondisi eksternal yang tidak terduga, sehingga memungkinkan pihak manajemen untuk melakukan evaluasi kinerja dengan lebih efektif (Del Giudice et al., 2022; Zahrotul Azizah et al., 2025).

Permasalahan ketiga adalah kebutuhan untuk memahami sejauh mana perbedaan statistik antara kinerja bongkar muat pada musim kemarau dan musim hujan di PT. Berlian Manyar Sejahtera. Meskipun secara deskriptif terlihat adanya perbedaan dalam aspek berth time, berth working time, idle time, dan produktivitas (Ton/Gang/Hour dan Ton/Shift/Day), belum dilakukan analisis statistik formal menggunakan uji parametrik dan non-parametrik untuk menentukan apakah perbedaan

tersebut signifikan atau hanya merupakan variasi normal dalam operasional pelabuhan (Wiranata, 2021; Praktiko et al., 2025). Hal ini penting karena pemahaman yang tepat tentang dampak musim terhadap kinerja bongkar muat dapat membantu pihak manajemen dalam merencanakan strategi operasional yang lebih efektif, mengalokasikan sumber daya dengan lebih optimal, dan mengantisipasi potensi kendala di masa mendatang (Prayoga et al., 2025). Penelitian ini juga perlu mengeksplorasi peran teknologi informasi, khususnya sistem Pelindo Terminal Operating System Multipurpose (PTOS-M) yang telah diterapkan sejak tahun 2024, dalam membantu perusahaan mengelola kendala operasional yang disebabkan oleh faktor cuaca eksternal dengan lebih efisien dan transparan (Zahrotul Azizah et al., 2025; Del Giudice et al., 2022).

Tujuan, Urgensi, dan Kebaruan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan membandingkan kinerja bongkar muat curah kering antara musim kemarau dan musim hujan di PT. Berlian Manyar Sejahtera melalui pendekatan kuantitatif komparatif menggunakan data dari aplikasi PTOS-M, sehingga diperoleh pemahaman yang komprehensif tentang dampak faktor cuaca terhadap lima aspek kinerja utama yaitu berth time, berth working time, idle time, Ton/Gang/Hour, dan Ton/Shift/Day (Wiranata, 2021; Aghnia et al., 2024). Urgensi penelitian ini terletak pada pentingnya data akurat untuk mendukung pengambilan keputusan berbasis data dalam meningkatkan efisiensi operasional pelabuhan, terutama mengingat semakin meningkatnya kompetisi antar pelabuhan dan kebutuhan untuk memaksimalkan pemanfaatan infrastruktur yang telah diinvestasikan dalam era globalisasi dan transformasi digital (Del Giudice et al., 2022; Port Economics and Management Platform, 2025). Kebaruan penelitian ini mencakup tiga aspek penting: pertama, penelitian ini merupakan pengembangan dari studi sebelumnya dengan fokus baru pada perbandingan sistematis antara dua musim dengan metodologi statistik yang lebih ketat mencakup uji normalitas dan uji hipotesis; kedua, penelitian ini mengintegrasikan analisis terhadap peran aplikasi PTOS-M sebagai alat bantu manajemen operasional real-time dalam menghadapi kendala cuaca eksternal; dan ketiga, temuan penelitian ini dapat memberikan kontribusi praktis bagi industri pelabuhan Indonesia dalam mengoptimalkan sistem teknologi informasi untuk meningkatkan ketahanan operasional dan keberlanjutan dalam menghadapi variabilitas musim dan dinamika lingkungan global (Zahrotul Azizah et al., 2025; Chhetri et al., 2025).

METODE

Jenis dan Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan jenis deskriptif komparatif, karena bertujuan menggambarkan secara sistematis kinerja bongkar muat curah kering sekaligus membandingkannya antara musim kemarau dan musim hujan berdasarkan data numerik yang terekam dalam sistem PTOS-M. Penelitian deskriptif berfokus pada penggambaran karakteristik fenomena secara faktual dan akurat untuk menjawab pertanyaan mengenai kondisi aktual subjek penelitian tanpa melakukan manipulasi variabel (Edu, 2021; Creswell & Creswell, 2018). Penelitian komparatif digunakan ketika peneliti ingin menguji perbedaan antara dua kelompok atau lebih pada variabel tertentu sehingga dapat dianalisis apakah perbedaan yang muncul bersifat signifikan atau hanya variasi wajar dalam populasi (Dini, 2021; Sugiyono, 2022). Dengan demikian, metode deskriptif komparatif dalam penelitian ini diarahkan untuk membandingkan lima indikator kinerja bongkar muat, yaitu berth time, berth working time, idle time, Ton/Gang/Hour (T/G/H), dan Ton/Shift/Day (T/S/D), pada dua kondisi musim yang berbeda di dermaga PT. Berlian Manyar Sejahtera.

Secara konseptual, rancangan penelitian kuantitatif komparatif yang digunakan sejalan dengan pandangan bahwa desain penelitian merupakan rencana logis yang menghubungkan permasalahan, data, dan analisis statistik untuk menjawab pertanyaan penelitian secara objektif (Creswell & Creswell, 2018; Sudaryono, 2021). Data numerik yang diperoleh dari aplikasi PTOS-M dianalisis menggunakan teknik statistik deskriptif dan inferensial untuk menggambarkan pola kinerja bongkar muat sekaligus menguji hipotesis mengenai perbedaan kinerja antara musim kemarau dan musim hujan. Pendekatan ini sejalan dengan pemikiran bahwa penelitian kuantitatif menekankan pengukuran variabel secara

objektif, penggunaan instrumen terstandar, dan pengujian hipotesis melalui prosedur statistik agar hasil penelitian dapat digeneralisasikan secara terukur (Sugiyono, 2022; Emzir, 2013).

Instrumen Penelitian dan Teknik Analisis Data

Instrumen utama dalam penelitian ini adalah data operasional yang terekam pada aplikasi Pelindo Terminal Operating System Multipurpose (PTOS-M) yang dioperasikan di dermaga PT. Berlian Manyar Sejahtera. Data tersebut meliputi tonase bongkar muat curah kering per gang per jam (T/G/H), produktivitas per shift per hari (T/S/D), berth time, berth working time, dan idle time untuk kegiatan bongkar muat selama periode penelitian. Selain itu, peneliti menggunakan lembar observasi untuk mencatat kondisi cuaca dan dinamika operasional di lapangan, pedoman wawancara semi terstruktur untuk menggali informasi dari foreman, tally, dispatcher, planner, dan supervisor, serta dokumen pendukung seperti daily report, Statement of Fact (SOF), dan laporan produktivitas terminal. Kombinasi instrumen ini memungkinkan peneliti memperoleh data kuantitatif yang kuat sekaligus konteks kualitatif pendukung untuk interpretasi hasil (Amrullah, 2025; Zahrotul Azizah et al., 2025).

Teknik analisis data yang digunakan meliputi statistik deskriptif dan statistik inferensial. Statistik deskriptif digunakan untuk menggambarkan kinerja bongkar muat pada masing-masing musim melalui ukuran seperti rata-rata, standar deviasi, dan penyajian grafik untuk setiap indikator kinerja, sehingga memberikan gambaran umum perbedaan pola kerja antara musim kemarau dan musim hujan (Dita Kurniasari, 2022; Aghnia et al., 2024). Sebelum dilakukan pengujian hipotesis, data terlebih dahulu diuji normalitasnya menggunakan uji Shapiro–Wilk untuk menentukan apakah distribusi data memenuhi asumsi parametrik (Handayani, 2020). Untuk indikator yang berdistribusi normal, perbedaan kinerja antara musim kemarau dan musim hujan dianalisis menggunakan uji t independen guna menguji apakah terdapat perbedaan rata-rata yang signifikan antara dua kelompok independen (Edu, 2021; Chicco & Bianchini, 2025). Sementara itu, untuk indikator yang tidak berdistribusi normal, digunakan uji Mann–Whitney U sebagai uji nonparametrik untuk membandingkan dua kelompok independen tanpa asumsi distribusi normal (numiqo team, 2025; Technology Networks, 2024). Pendekatan kombinasi uji parametrik dan nonparametrik ini selaras dengan prinsip desain kuantitatif yang menekankan kesesuaian antara karakteristik data dan teknik analisis yang digunakan (Creswell & Creswell, 2018; Novitasari & Saidah, 2025).

Populasi dan Sampel

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh kegiatan bongkar muat muatan curah kering di dermaga PT. Berlian Manyar Sejahtera yang terdokumentasi dalam aplikasi PTOS-M selama periode penelitian, yaitu dari Maret 2024 hingga Februari 2025. Secara konseptual, populasi dipahami sebagai keseluruhan subjek atau unit analisis yang memiliki karakteristik tertentu dan menjadi sasaran generalisasi hasil penelitian (Sugiyono, 2022; Sudaryono, 2021). Dalam konteks ini, setiap call kapal yang melakukan kegiatan bongkar muat curah kering dan terekam lengkap dalam sistem PTOS-M berpotensi menjadi bagian dari populasi penelitian, karena memuat data kuantitatif mengenai waktu operasi dan produktivitas yang relevan dengan tujuan penelitian.

Sampel penelitian dipilih menggunakan teknik sampling non-probability dengan pendekatan purposive, yaitu unit analisis dipilih berdasarkan kriteria tertentu yang ditetapkan peneliti sesuai tujuan studi. Kriteria tersebut antara lain: kapal membongkar muatan curah kering sejenis, data operasionalnya tercatat lengkap pada aplikasi PTOS-M, dan kegiatan bongkar muat dilakukan pada periode yang secara jelas merepresentasikan musim kemarau dan musim hujan sesuai klasifikasi BMKG. Pendekatan ini sejalan dengan pandangan bahwa dalam penelitian terapan, pemilihan sampel dapat difokuskan pada unit yang paling informatif dan relevan dengan permasalahan penelitian selama memenuhi prinsip kecukupan data untuk analisis (Creswell & Creswell, 2018; Sudaryono, 2021). Dalam analisis deskriptif, sampel utama yang diilustrasikan antara lain adalah MV. DSM FERRO yang beroperasi pada musim kemarau dan MV. BELISLAND yang beroperasi pada musim hujan, karena keduanya memiliki jenis muatan yang sama dan data operasional yang rinci, sehingga memberikan gambaran kontras mengenai kinerja bongkar muat pada dua kondisi musim yang berbeda.

Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian dilaksanakan melalui beberapa tahapan yang sistematis. Tahap pertama adalah studi pendahuluan dan penyusunan desain penelitian, yang meliputi identifikasi masalah

lapangan terkait perbedaan kinerja bongkar muat antara musim kemarau dan musim hujan, telaah pustaka mengenai produktivitas pelabuhan dan pengaruh cuaca, serta perumusan tujuan, hipotesis, dan kerangka berpikir penelitian. Pada tahap ini, peneliti merujuk pada literatur metodologi penelitian kuantitatif dan desain komparatif untuk memastikan bahwa rancangan penelitian, pemilihan variabel, serta strategi analisis sesuai dengan standar ilmiah (Sugiyono, 2022; Emzir, 2013; Creswell & Creswell, 2018). Selanjutnya, peneliti melakukan koordinasi dengan manajemen PT. Berlian Manyar Sejahtera untuk memperoleh izin penelitian, akses ke aplikasi PTOS-M, serta dokumen pendukung yang diperlukan.

Tahap kedua adalah pengumpulan data, yang dilakukan melalui tiga jalur utama. Pertama, penarikan data primer dari aplikasi PTOS-M berupa rekapitulasi tonase bongkar muat, waktu kerja efektif, waktu tunggu, dan parameter lain yang relevan dengan lima indikator kinerja bongkar muat pada periode Maret 2024 sampai Februari 2025. Kedua, observasi langsung di lapangan untuk mencermati pelaksanaan kegiatan bongkar muat pada berbagai kondisi cuaca serta mencatat faktor teknis yang berpotensi mempengaruhi kinerja operasional. Ketiga, wawancara terarah dengan pihak terkait seperti foreman, tally, dispatcher, planner, dan supervisor untuk memperoleh penjelasan mengenai prosedur operasional standar, penanganan kendala cuaca, serta peran aplikasi PTOS-M dalam rekapitulasi data secara real time (Amrullah, 2025; Zahrotul Azizah et al., 2025). Tahap ketiga adalah pengolahan dan analisis data, yang diawali dengan pengkodean dan tabulasi data hasil ekstraksi PTOS-M, dilanjutkan dengan analisis statistik deskriptif, uji normalitas, uji t independen, dan uji Mann-Whitney U sesuai karakteristik data. Hasil analisis kemudian diinterpretasikan dengan mengaitkan temuan kuantitatif dan informasi kualitatif dari observasi dan wawancara, sehingga menghasilkan kesimpulan yang komprehensif mengenai perbedaan kinerja bongkar muat antara musim kemarau dan musim hujan serta implikasinya terhadap pengelolaan operasional di dermaga PT. Berlian Manyar Sejahtera.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambaran Umum Hasil Penelitian dan Konteks Musim

Hasil penelitian ini disajikan untuk menjawab tujuan utama, yaitu membandingkan kinerja bongkar muat curah kering antara musim kemarau dan musim hujan di PT. Berlian Manyar Sejahtera serta mengkaji peran aplikasi PTOS-M dalam menunjang rekapitulasi data operasional secara real time. Data kuantitatif diperoleh dari aplikasi Pelindo Terminal Operating System Multipurpose (PTOS-M) dan dokumen resmi perusahaan, sedangkan data kualitatif dikumpulkan melalui observasi langsung di dermaga dan wawancara dengan para pemangku kepentingan operasional. Periode Maret 2024 sampai Agustus 2024 dikategorikan sebagai musim kemarau, sementara September 2024 sampai Februari 2025 dikategorikan sebagai musim hujan berdasarkan distribusi curah hujan di Provinsi Jawa Timur sebagaimana dilaporkan BMKG (BMKG, 2023, 2024). Pengelompokan periode ini penting karena memungkinkan analisis komparatif yang konsisten antara dua kondisi iklim yang berbeda namun berlangsung dalam satu horizon operasional yang berkesinambungan. Dengan demikian, hasil yang diperoleh dapat menggambarkan dampak variabilitas musim terhadap produktivitas bongkar muat secara lebih terukur dan kontekstual.

Secara operasional, PT. Berlian Manyar Sejahtera melayani bongkar muat berbagai komoditas curah kering seperti pupuk MOP, soda ash, gypsum, bentonite, dan raw sugar yang memiliki karakteristik fisik sangat sensitif terhadap paparan air. Kondisi ini menyebabkan cuaca, terutama hujan dan kelembapan tinggi, menjadi faktor eksternal yang berpotensi mengganggu kelancaran proses bongkar muat. Oleh karena itu, perbandingan kinerja antara musim kemarau dan musim hujan menjadi relevan bukan hanya dari sisi teoritis, tetapi juga dari perspektif praktis pengelolaan risiko operasional di pelabuhan (Chen, 2022; Aufa et al., 2023). Selain itu, penelitian ini menggunakan data numerik yang terekam secara kontinu dalam PTOS-M, sehingga setiap perubahan kecil dalam waktu kerja, waktu tunggu, dan produktivitas dapat ditelusuri dan dianalisis dengan tingkat ketelitian yang tinggi (Zahrotul Azizah et al., 2025). Kombinasi karakteristik muatan dan ketersediaan data digital ini menjadikan konteks penelitian kuat dan relevan bagi pengembangan manajemen pelabuhan modern.

Dari sisi metodologis, penelitian ini memanfaatkan statistik deskriptif dan inferensial untuk memahami pola kinerja bongkar muat dalam dua kondisi iklim yang berbeda. Statistik deskriptif

digunakan untuk merangkum data dalam bentuk rata-rata, total jam, dan produktivitas harian, sedangkan statistik inferensial digunakan untuk menguji apakah perbedaan yang tampak secara deskriptif benar-benar signifikan secara statistik (Edu, 2021; Dita Kurniasari, 2022). Pendekatan ini sejalan dengan prinsip analisis kuantitatif yang menuntut keseimbangan antara pemaparan data secara apa adanya dan pengujian hipotesis menggunakan prosedur statistik yang tepat (Creswell & Creswell, 2018). Selain itu, pengumpulan data kualitatif melalui observasi dan wawancara memberikan konteks interpretatif yang membantu menjelaskan mengapa angka-angka tertentu muncul, misalnya peningkatan idle time pada musim hujan meskipun produktivitas masih dapat dipertahankan pada level tertentu. Dengan demikian, desain penelitian ini tidak hanya bersifat numerik, tetapi juga interpretatif.

Konteks musiman yang digunakan dalam penelitian ini mengacu pada definisi resmi BMKG terkait batas curah hujan per dasarian yang membedakan musim kemarau dan musim hujan di Indonesia. Musim kemarau ditandai oleh curah hujan kurang dari 50 mm per dasarian selama tiga dasarian berturut-turut, sedangkan musim hujan ditandai oleh curah hujan sama atau lebih dari 50 mm per dasarian dengan akumulasi sedikitnya 150 mm (BMKG, 2023). Penerapan definisi ini memastikan bahwa pengelompokan data kapal ke dalam dua kategori musim bukan bersifat subjektif, melainkan berlandaskan standar klimatologi nasional. Dengan demikian, ketika hasil penelitian menyatakan bahwa terdapat perbedaan pola kinerja antara dua musim, klaim tersebut merujuk pada perbedaan kondisi iklim yang telah diakui secara ilmiah. Hal ini memperkuat validitas eksternal penelitian, terutama ketika hasilnya hendak dibandingkan dengan studi serupa di pelabuhan lain.

Secara keseluruhan, bagian ini menegaskan bahwa hasil penelitian berdiri di atas fondasi metodologis dan kontekstual yang kuat. Data yang digunakan berasal dari sistem digital terintegrasi dan didukung oleh definisi musim yang baku, sementara analisis menggabungkan pendekatan kuantitatif dan kualitatif. Hal ini penting karena produktivitas bongkar muat tidak hanya dipengaruhi oleh angka tonase dan jam kerja, tetapi juga oleh dinamika lapangan seperti keputusan penghentian sementara saat hujan, kebijakan jam kerja tambahan, serta koordinasi antarunit operasional. Dengan latar ini, pembahasan pada subbagian berikutnya berfokus pada rincian perbandingan kinerja antara musim kemarau dan musim hujan serta implikasinya bagi pengelolaan pelabuhan.

Profil Kinerja Bongkar Muat pada Musim Kemarau

Pada musim kemarau, produktivitas bongkar muat di PT. Berlian Manyar Sejahtera menunjukkan kinerja yang relatif lebih efisien jika dibandingkan dengan musim hujan. Dalam periode Maret hingga Agustus 2024, tercatat 75 kunjungan kapal curah kering dengan total berth time sebesar 7.134,28 jam atau rata-rata 94,03 jam per kapal. Nilai rata-rata ini mencerminkan bahwa sebagian besar kapal dapat menyelesaikan seluruh rangkaian kegiatan sandar, bongkar, dan lepas dalam rentang waktu yang masih tergolong moderat untuk terminal curah kering dengan kapasitas besar. Berth time terpanjang terjadi pada bulan April 2024 dengan total 1.929,70 jam dan rata-rata 128,65 jam per kapal, sedangkan nilai terendah tercatat pada bulan Juli 2024 dengan total 531,34 jam dan rata-rata 66,42 jam per kapal. Variasi ini menunjukkan adanya perbedaan intensitas kedatangan kapal dan tingkat kompleksitas operasi, namun secara umum masih berada dalam rentang waktu yang efisien untuk operasi curah kering (Prakoso, 2021; Aghnia et al., 2024).

Berth working time sebagai indikator waktu kerja efektif bongkar muat juga menunjukkan performa yang baik pada musim kemarau. Total berth working time mencapai 5.898,73 jam dengan rata-rata 77,78 jam per kapal, yang berarti sebagian besar waktu kapal bersandar di dermaga dimanfaatkan untuk kegiatan bongkar muat yang produktif. Nilai tertinggi kembali tercatat pada bulan April, yang menunjukkan bahwa pada saat trafik kapal tinggi, perusahaan mampu menjaga proporsi waktu kerja efektif tetap dominan dibanding waktu tunggu. Nilai terendah terjadi pada bulan Juli, sejalan dengan lebih rendahnya jumlah kedatangan kapal pada bulan tersebut. Secara operasional, hal ini menandakan bahwa pada musim kemarau, kondisi cuaca yang stabil dan minim gangguan memungkinkan kegiatan bongkar muat berlangsung secara konsisten tanpa banyak interupsi (BMKG, 2024; Wahyu Aria Prayoga et al., 2025).

Idle time selama musim kemarau relatif rendah jika dibandingkan dengan musim hujan. Total idle time tercatat sebesar 1.131,91 jam dengan rata-rata 15,09 jam per kapal. Idle time terendah terjadi pada bulan Mei, sedangkan tertinggi pada bulan Maret, ketika awal musim kemarau masih dipengaruhi

sisa-sisa curah hujan dari periode sebelumnya. Nilai idle time yang rendah ini menunjukkan bahwa penghentian sementara kegiatan bongkar muat akibat faktor cuaca atau kendala teknis lain masih dapat ditekan pada tingkat yang dapat diterima secara operasional. Dalam literatur, idle time yang rendah berkorelasi dengan produktivitas yang lebih tinggi dan biaya operasi yang lebih terkendali, karena semakin sedikit waktu alat dan tenaga kerja tidak digunakan (Wahyu Aria Prayoga et al., 2025; Aufa et al., 2023). Kondisi ini menjadi salah satu keunggulan musim kemarau dari perspektif efisiensi terminal.

Dari sisi produktivitas, nilai rata-rata Ton/Gang/Hour (T/G/H) pada musim kemarau mencapai 148,42 MT, sedangkan Ton/Shift/Day (T/S/D) rata-rata sebesar 7.897 MT per hari. Angka ini menunjukkan bahwa kapasitas bongkar muat per jam dan per hari pada musim kemarau berada di level yang cukup optimal untuk terminal curah kering dengan pola operasi multi-shift. Stabilitas cuaca yang ditandai rendahnya intensitas hujan dan angin kencang memungkinkan alat bongkar muat seperti grab, hopper, dan conveyor beroperasi dengan kecepatan dan konsistensi yang tinggi (BMKG, 2024). Hasil ini sejalan dengan kajian yang menyatakan bahwa cuaca yang relatif kering dan stabil berkontribusi terhadap peningkatan throughput pelabuhan dan penurunan waktu tunggu kapal, terutama pada terminal yang menangani komoditas sensitif terhadap air (Aghnia et al., 2024). Dengan demikian, musim kemarau dapat dipandang sebagai periode dengan peluang terbesar untuk mengoptimalkan kapasitas layanan terminal.

Secara keseluruhan, profil kinerja musim kemarau menggambarkan kombinasi yang menguntungkan antara berth time yang moderat, berth working time yang tinggi, idle time yang rendah, dan produktivitas T/G/H serta T/S/D yang relatif lebih baik. Kondisi ini menunjukkan bahwa ketika gangguan cuaca minimal, sistem operasional di PT. Berlian Manyar Sejahtera mampu berjalan secara efisien dan konsisten. Namun, hasil ini sekaligus menegaskan bahwa tingkat efisiensi yang tinggi pada musim kemarau perlu dijadikan acuan standar kinerja yang diupayakan untuk didekati pada musim hujan melalui berbagai strategi mitigasi. Dengan membandingkan profil musim kemarau dan musim hujan, manajemen dapat mengidentifikasi celah kinerja yang secara realistis masih dapat diperbaiki meskipun harus beroperasi di bawah tekanan cuaca yang kurang bersahabat.

Profil Kinerja Bongkar Muat pada Musim Hujan dan Dinamika Idle Time

Pada musim hujan, profil kinerja bongkar muat menunjukkan dinamika yang lebih kompleks akibat variabilitas cuaca yang tinggi. Selama periode September 2024 hingga Februari 2025, tercatat 72 kunjungan kapal curah kering dengan karakteristik operasional yang dipengaruhi secara nyata oleh intensitas hujan dan kondisi permukaan kerja di dermaga. Total berth time pada musim hujan mencapai 8.496,76 jam dengan rata-rata 133,51 jam per kapal, yang berarti sekitar 39 jam lebih lama dibandingkan rata-rata musim kemarau. Peningkatan waktu tambat ini paling mencolok pada bulan Januari 2025 yang mencatat 2.554,48 jam, sedangkan nilai terendah berada pada bulan September 2024 dengan 567,8 jam. Perbedaan ini menunjukkan bahwa pada puncak musim hujan, durasi kapal berada di dermaga cenderung memanjang, baik karena frekuensi penghentian kerja yang tinggi maupun perlambatan proses operasi (BMKG, 2023; BMKG, 2024).

Berth working time pada musim hujan juga meningkat menjadi total 6.725,90 jam dengan rata-rata 88,89 jam per kapal. Sekilas, peningkatan ini dapat ditafsirkan sebagai intensifikasi upaya kerja untuk mengejar target bongkar muat di tengah kondisi yang kurang menguntungkan. Namun, dari sudut pandang efisiensi, meningkatnya waktu kerja efektif tidak selalu berarti peningkatan produktivitas, terutama ketika sebagian besar waktu tersebut dihabiskan untuk penyesuaian terhadap kondisi cuaca dan pengaturan ulang aktivitas di lapangan. Dengan kata lain, meskipun tenaga kerja dan peralatan tetap aktif, ritme kerja menjadi lebih lambat dan berhenti secara berkala untuk memastikan keselamatan dan perlindungan muatan (Wahyu Aria Prayoga et al., 2025). Kondisi ini menggambarkan bagaimana musim hujan mendorong pergeseran dari operasi yang stabil menjadi operasi yang adaptif dengan banyak jeda.

Idle time pada musim hujan mengalami kenaikan tajam hingga 3.581,08 jam dengan rata-rata 49,74 jam per kapal. Nilai ini lebih dari tiga kali lipat rata-rata idle time pada musim kemarau dan merefleksikan frekuensi penghentian kegiatan akibat hujan lebat, kondisi dek yang licin, dan keharusan menutup atau melindungi muatan curah kering agar tidak terkontaminasi air (Chen, 2022; Aufa et al., 2023). Idle time tertinggi tercatat pada Januari 2025 sebesar 1.799,92 jam, yang bertepatan dengan puncak musim hujan di kawasan pesisir Jawa Timur. Nilai terendah terjadi pada bulan September 2024

dengan 87,45 jam, ketika musim hujan baru memasuki fase awal dan intensitas hujan belum setinggi bulan-bulan berikutnya. Secara praktis, besarnya idle time ini berdampak langsung pada meningkatnya biaya operasional dan menurunnya efisiensi pemanfaatan fasilitas dermaga.

Dari sisi produktivitas, T/G/H pada musim hujan rata-rata berada di angka 137,36 MT, sedikit lebih rendah dibanding nilai rata-rata musim kemarau yang mencapai 148,42 MT. Penurunan ini menunjukkan bahwa dalam setiap jam kerja, volume muatan yang dapat dibongkar cenderung lebih kecil pada musim hujan, meskipun total waktu kerja efektif meningkat. Produktivitas tertinggi tercatat pada awal musim hujan ketika intensitas curah hujan belum terlalu tinggi dan gangguan masih relatif jarang. Sebaliknya, penurunan paling menonjol terjadi pada puncak musim hujan ketika frekuensi penghentian kerja meningkat dan operator harus lebih berhati-hati dalam mengoperasikan peralatan bongkar muat. Nilai rata-rata T/S/D selama musim hujan sebesar 7.054,5 MT per hari, lebih rendah dibanding musim kemarau yang mencapai 7.897 MT per hari, yang menegaskan bahwa dalam horizon 24 jam, musim hujan cenderung mengurangi volume bongkar muat yang dapat dicapai akibat kombinasi peningkatan idle time dan perlambatan proses kerja (BMKG, 2023; Aghnia et al., 2024).

Secara analitis, profil musim hujan menunjukkan bahwa cuaca menjadi faktor eksternal dominan yang menghambat kelancaran proses bongkar muat curah kering. Namun, perlu dicatat bahwa meskipun perbedaan rata-rata antara kedua musim cukup jelas secara deskriptif, hasil uji statistik kemudian menunjukkan bahwa perbedaan tersebut tidak signifikan pada tingkat kepercayaan yang digunakan. Hal ini mengindikasikan bahwa selain cuaca, terdapat faktor internal lain seperti kondisi peralatan, pengaturan jadwal kerja, dan ketersediaan armada darat yang turut mempengaruhi kinerja dan menyebabkan variasi data yang cukup besar di kedua musim (Aufa et al., 2023; Wahyu Aria Prayoga et al., 2025). Dengan demikian, strategi peningkatan kinerja pada musim hujan tidak dapat hanya berfokus pada mitigasi cuaca, tetapi juga harus menyentuh aspek-aspek manajerial dan teknis di dalam pelabuhan.

Hasil Uji Statistik dan Interpretasi Signifikansi

Untuk menjawab tujuan penelitian terkait signifikansi perbedaan kinerja antara musim kemarau dan musim hujan, dilakukan serangkaian uji statistik yang diawali dengan uji normalitas. Uji normalitas menggunakan Shapiro–Wilk dipilih karena jumlah sampel pada masing-masing kelompok kurang dari 50, sebagaimana direkomendasikan dalam analisis data kuantitatif dengan ukuran sampel relatif kecil (Handayani, 2020; Dita Kurniasari, 2022). Hasil uji normalitas menunjukkan bahwa variabel berth time, berth working time, T/G/H, dan T/S/D berdistribusi normal pada kedua musim dengan nilai signifikansi lebih besar dari 0,05. Sebaliknya, variabel idle time pada kedua musim menunjukkan nilai signifikansi kurang dari 0,05 sehingga dinyatakan tidak berdistribusi normal dan memerlukan pendekatan uji nonparametrik. Dengan demikian, tahapan analisis berikutnya disesuaikan dengan karakteristik distribusi masing-masing variabel.

Berpijak pada hasil uji normalitas tersebut, uji hipotesis dilakukan dengan mengombinasikan uji t dua sampel independen dan uji Mann–Whitney U. Untuk variabel yang berdistribusi normal, yakni berth time, berth working time, T/G/H, dan T/S/D, digunakan uji t independen guna menguji perbedaan rata-rata antara musim kemarau dan musim hujan (Edu, 2021). Hasilnya menunjukkan bahwa seluruh nilai signifikansi (Sig. 2-tailed) berada di atas 0,05, yang berarti secara statistik tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara kedua musim pada variabel-variabel tersebut. Pada berth time, meskipun rata-rata musim hujan lebih tinggi daripada musim kemarau, hasil uji t menunjukkan perbedaan yang tidak signifikan secara statistik. Pola serupa muncul pada berth working time, T/G/H, dan T/S/D yang secara deskriptif menunjukkan variasi antar musim tetapi secara inferensial tidak memenuhi kriteria perbedaan signifikan ($p > 0,05$).

Untuk variabel idle time, yang tidak berdistribusi normal, digunakan uji Mann–Whitney U sebagai alternatif nonparametrik yang tidak mensyaratkan asumsi kenormalan data. Hasil uji menunjukkan nilai signifikansi sebesar 0,337, juga di atas 0,05, yang berarti perbedaan idle time antara kedua musim tidak signifikan secara statistik meskipun secara deskriptif selisih rata-ratanya cukup besar (Numiqo team, 2025; Technology Networks, 2024). Dengan kata lain, meskipun pada tampilan awal data idle time musim hujan tampak jauh lebih tinggi daripada musim kemarau, secara matematis penyebaran data di kedua kelompok masih saling tumpang tindih sehingga tidak cukup kuat untuk

dinyatakan berbeda secara signifikan. Hal ini menegaskan bahwa uji statistik tidak hanya mempertimbangkan selisih rata-rata, tetapi juga variasi dan distribusi data secara keseluruhan.

Temuan bahwa semua variabel kinerja tidak menunjukkan perbedaan signifikan antara musim kemarau dan musim hujan memiliki implikasi penting bagi interpretasi hasil penelitian. Pertama, hal ini mengindikasikan bahwa variabilitas musiman memang mempengaruhi pola operasional harian, namun dampaknya belum cukup besar jika diukur dengan parameter statistik konvensional pada tingkat signifikansi 5 persen. Kedua, hasil ini menguatkan pentingnya membedakan antara signifikansi statistik dan signifikansi praktis. Secara praktis, selisih rata-rata berth time, idle time, dan produktivitas tetap relevan karena berdampak pada biaya operasional dan pemanfaatan fasilitas dermaga, meskipun secara statistik tidak memenuhi kriteria perbedaan signifikan (Chicco & Bianchini, 2025; Dita Kurniasari, 2022). Dengan demikian, manajemen pelabuhan tetap perlu merespons perbedaan tersebut melalui kebijakan operasional yang tepat.

Dalam konteks metodologi, hasil ini juga menunjukkan bahwa penggunaan kombinasi uji parametrik dan nonparametrik telah dilakukan secara tepat sesuai karakteristik data. Pendekatan tersebut sejalan dengan prinsip yang menyatakan bahwa pemilihan teknik analisis harus disesuaikan dengan sifat distribusi variabel dan ukuran sampel agar kesimpulan yang dihasilkan valid dan dapat dipertanggungjawabkan (Creswell & Creswell, 2018). Di sisi lain, fakta bahwa faktor musim tidak signifikan secara statistik membuka peluang untuk penelitian lanjutan yang memasukkan variabel tambahan seperti kapasitas crane kapal, jadwal kedatangan truk, atau kebijakan jam kerja untuk menjelaskan variasi kinerja yang masih belum sepenuhnya terakomodasi oleh model saat ini. Dengan cara ini, hasil uji statistik tidak hanya berfungsi sebagai jawaban akhir, tetapi juga sebagai pijakan untuk pengembangan penelitian lebih lanjut di bidang manajemen pelabuhan.

Temuan Kualitatif, Peran PTOS-M, dan Implikasi Manajerial

Untuk melengkapi temuan kuantitatif, penelitian ini juga menganalisis hasil wawancara dengan sepuluh narasumber yang terdiri atas foreman, planner, dispatcher, tallyman, dan supervisor operasional. Secara umum, para narasumber menyatakan bahwa pada musim kemarau kegiatan bongkar muat berlangsung lebih lancar karena cuaca stabil, area kerja aman, dan alat bongkar muat dapat dioperasikan secara optimal tanpa banyak jeda. Sebaliknya, pada musim hujan kegiatan yang sedang berlangsung kerap harus dihentikan sementara untuk melindungi muatan dari paparan air, menjaga keselamatan tenaga kerja, serta menunggu kondisi cuaca kembali memungkinkan. Kondisi ini secara praktis menjelaskan mengapa idle time dan berth time meningkat pada musim hujan meskipun hasil uji statistik tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan (Wahyu Aria Prayoga et al., 2025; Aghnia et al., 2024). Dengan demikian, data kualitatif menegaskan bahwa perbedaan operasional yang dirasakan di lapangan tetap nyata dan perlu dikelola secara serius.

Wawancara juga menyoroti peran sentral aplikasi PTOS-M dalam rekapitulasi data operasional. Dispatcher menjelaskan bahwa PTOS-M digunakan untuk mencatat seluruh tahapan kegiatan bongkar muat secara real time, mulai dari kapal sandar, proses kerja, penghentian sementara akibat hujan, hingga kapal lepas dari dermaga. Setiap kejadian delay dicatat sebagai idle time lengkap dengan waktu mulai dan waktu berakhir, kemudian otomatis tergambar dalam time sheet dan daily report. Tallyman menegaskan bahwa pencatatan di lapangan selalu dikonfirmasi dengan dispatcher sebelum diinput ke sistem, sehingga data tonase dan waktu kerja memiliki tingkat akurasi yang lebih tinggi dibanding sistem manual. Planner dan supervisor menambahkan bahwa data historis yang terkumpul dalam PTOS-M sangat membantu dalam menyusun jadwal kerja, evaluasi kinerja, dan pengambilan keputusan manajerial karena semua informasi tersaji secara transparan dan dapat diakses oleh berbagai level organisasi (Humas Pelindo, 2024; Zahrotul Azizah et al., 2025).

Dalam perspektif yang lebih luas, digitalisasi proses operasional melalui sistem seperti PTOS-M merupakan bagian dari transformasi pelabuhan menuju smart port yang mengandalkan data real time untuk pengambilan keputusan. Literatur menunjukkan bahwa penerapan teknologi informasi terintegrasi di pelabuhan dapat meningkatkan transparansi, mengurangi kesalahan pencatatan, dan mempercepat proses evaluasi kinerja (Del Giudice et al., 2022). Dalam konteks penelitian ini, PTOS-M tidak hanya berfungsi sebagai alat pencatat data, tetapi juga sebagai sistem yang memungkinkan perusahaan memonitor dampak variabilitas cuaca terhadap kinerja bongkar muat dari

waktu ke waktu. Dengan demikian, meskipun faktor musim tidak signifikan secara statistik, keberadaan PTOS-M tetap memberikan nilai tambah strategis bagi manajemen pelabuhan.

Implikasi praktis dari temuan ini adalah bahwa manajemen PT. Berlian Manyar Sejahtera dapat memanfaatkan data historis dari PTOS-M untuk merancang strategi adaptasi yang lebih spesifik terhadap kondisi musim hujan. Misalnya, perusahaan dapat mengidentifikasi bulan-bulan dengan idle time tertinggi dan menyusun rencana kontinjensi berupa penyesuaian jadwal kapal, pengaturan ulang jam kerja, atau peningkatan kapasitas perlindungan muatan di dermaga. Selain itu, informasi mengenai pola peningkatan berth time dan penurunan produktivitas pada periode tertentu dapat digunakan sebagai dasar argumentasi dalam negosiasi dengan pengguna jasa terkait waktu sandar dan biaya layanan. Dengan cara ini, data yang dihasilkan PTOS-M benar-benar dimanfaatkan sebagai dasar pengambilan keputusan berbasis bukti, bukan sekadar arsip administratif (Zahrotul Azizah et al., 2025; Humas Pelindo, 2024).

Secara keseluruhan, integrasi antara hasil analisis kuantitatif dan kualitatif menunjukkan bahwa meskipun perbedaan kinerja bongkar muat antara musim kemarau dan musim hujan tidak signifikan secara statistik, dari sudut pandang operasional tetap terdapat perbedaan yang bermakna terkait lamanya proses, frekuensi penghentian kegiatan, dan volume produksi harian. Pada saat yang sama, penerapan PTOS-M terbukti mampu menjaga akurasi rekapitulasi data produktivitas dan waktu operasional, sehingga membantu perusahaan mempertahankan stabilitas kinerja meskipun berhadapan dengan variabilitas cuaca (Zahrotul Azizah et al., 2025). Temuan ini menegaskan bahwa kombinasi pengelolaan risiko cuaca dan pemanfaatan teknologi informasi terintegrasi merupakan kunci untuk menjaga kinerja bongkar muat curah kering di pelabuhan modern. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya menjawab pertanyaan mengenai perbedaan kinerja antar musim, tetapi juga memberikan landasan empiris bagi strategi peningkatan kinerja yang berkelanjutan di PT. Berlian Manyar Sejahtera.

KESIMPULAN

Penelitian ini mengungkapkan temuan utama bahwa kinerja bongkar muat curah kering di PT. Berlian Manyar Sejahtera menunjukkan perbedaan deskriptif yang nyata antara musim kemarau dan musim hujan. Pada musim kemarau, efisiensi operasional tercermin dari rata-rata berth time sebesar 94,03 jam per kapal, berth working time 77,78 jam per kapal, idle time yang rendah 15,09 jam per kapal, dan produktivitas T/G/H 148,42 MT serta T/S/D 7.897 MT per hari. Sebaliknya, musim hujan menunjukkan peningkatan berth time menjadi 133,51 jam per kapal, idle time melonjak hingga 49,74 jam per kapal lebih dari tiga kali lipat musim kemarau, sementara produktivitas menurun menjadi T/G/H 137,36 MT dan T/S/D 7.054,5 MT per hari. Meskipun hasil uji statistik menunjukkan bahwa perbedaan ini tidak signifikan secara matematis pada tingkat kepercayaan 5 persen, temuan kualitatif dari wawancara dengan sepuluh narasumber operasional menegaskan bahwa perbedaan operasional tetap nyata dan bermakna secara praktis. Aplikasi PTOS-M terbukti berperan penting dalam menjaga akurasi rekapitulasi data real time, membantu identifikasi pola hambatan operasional, dan mendukung pengambilan keputusan berbasis data untuk manajemen yang lebih efektif.

Keterbatasan penelitian ini mencakup periode pengamatan yang terfokus pada satu tahun fiskal, analisis terbatas pada satu terminal pelabuhan spesifik, serta belum mengintegrasikan variabel eksternal lain seperti kondisi crane kapal atau kebijakan jam kerja tambahan yang dapat menjelaskan variabilitas data lebih komprehensif. Penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan studi komparatif antar terminal curah kering, mengembangkan model prediktif untuk perencanaan operasional yang lebih robust, serta melakukan investigasi mendalam terhadap faktor managerial yang mempengaruhi kinerja pada musim hujan. Implikasi praktis penelitian ini menunjukkan bahwa manajemen PT. Berlian Manyar Sejahtera dapat memanfaatkan data historis PTOS-M untuk merancang strategi mitigasi cuaca termasuk penjadwalan kapal yang adaptif, peningkatan fasilitas perlindungan muatan, dan optimalisasi jam kerja guna meminimalkan dampak musim hujan terhadap produktivitas dan biaya operasional perusahaan.

REFERENSI

Aghnia, I. N. F., dkk. (2024). Analysis of dry bulk cargo loading and unloading performance at

- Tanjung Tembaga Port (case study: PT Delta Artha Bahari Nusantara). *Prosiding Seminar Nasional Sekolah Tinggi Teknologi Angkatan Laut*, 8(2), 156–175. <https://doi.org/10.21622/seminarpasca.2024.8.2.152>
- Aufa, A. F., Dahda, S. S., & Universitas Muhammadiyah Gresik. (2023). Analisis risiko proses bongkar muat curah kering dengan menggunakan metode FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) di PT. XYZ. *Jurnal Teknik Industri*, 6, 592–598. [https://doi.org/10.1002/1099-0992\(200009/10\)30:5<613::AID-EJSP11>3.3.CO;2-J](https://doi.org/10.1002/1099-0992(200009/10)30:5<613::AID-EJSP11>3.3.CO;2-J)
- Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika. (2023). *Buku prakiraan musim kemarau 2023*. BMKG.
- Chen, J. (2022). Dry bulk commodity: Definition, examples, index, versus container. *Investopedia*.
- Chhetri, P., dkk. (2025). Container dwell time predictive modelling: An application of machine learning algorithms. *Maritime Studies*, 24(2), 201–215. <https://doi.org/10.1080/03088839.2025.2501010>
- Container Terminal Operating System Implementation Study. (2025). Artificial intelligence implementations towards shaping the future of digital world. *Mediterranean Journal of Shipping and Navigation*, 14(1), 69–88. <https://doi.org/10.21622/MARLOG.2025.14.1.69>
- Del Giudice, M., dkk. (2022). Digitalization and new technologies for sustainable port operations. *Maritime Economics & Logistics*, 24(2), 298–328. <https://doi.org/10.1080/03088839.2021.1903600>
- Dita Kurniasari. (2022). [Definisi dan penerapan statistik inferensial dalam penelitian kuantitatif]. *Jurnal* [detail jurnal tidak tercantum di teks].
- Handayani. (2020). [Uji normalitas dalam penelitian kuantitatif]. *Jurnal* [detail jurnal tidak tercantum di teks].
- Humas Pelindo. (2024). [Laporan atau berita resmi terkait penerapan PTOS-M di Pelindo Multi Terminal]. Pelindo Multi Terminal.
- Ivanhoe, I., dkk. (2023). Effect of idle time and berthing on loading and unloading productivity at container terminal. *Proceeding of International Conference on Education, Society and Humanity*, 1(1), 1377–1390. <https://doi.org/10.29407/icesh.v1i1.5647>
- Numiqo team. (2025). [Penjelasan uji Mann–Whitney U]. Numiqo.
- Port Economics and Management Platform. (2025). The digital transformation of ports. PortEconomics Management.
- Prakoso, W. A. (2021). [Alasan pemilihan indikator produktivitas bongkar muat pelabuhan]. *Jurnal* [detail jurnal tidak tercantum di teks].
- Prayoga, W. A., Nugraha, B., Yudianto, P. Y., & Sianturi, I. (2025). Pengaruh idle time terhadap produktivitas kegiatan bongkar muat curah kering di Pelabuhan Java Integrated Industrial and Port Estate (JIPE) (Studi kasus PT Berlian Manyar Sejahtera tahun 2024). *Jurnal Riset Rumpun Ilmu Teknik*, 4(1), 304–311. <https://doi.org/10.55606/jurritek.v4i1.4912>
- Technology Networks. (2024). Mann–Whitney U test: Assumptions and example. *Technology Networks*.
- Wahyu Aria Prayoga, dkk. (2025). Pengaruh idle time terhadap produktivitas kegiatan bongkar muat curah kering di JIPE studi kasus PT. BMS. *Jurnal Riset Rumpun Ilmu Teknik*, 4(1), 304–311.
- Wiranata, A. D. W. (2021). Berthing time analysis of dry bulk loading and unloading service performance. *Jurnal Aplikasi Pelayaran dan Kepelabuhanan*, 12(1), 75. <https://doi.org/10.30649/japk.v12i1.75>
- Zahrotul Azizah, F., Dahri, M., Kurniawan, E., Wani Sihalohe, O., & Monika Retno Gunarti. (2025). Analisis penerapan PTOS-M (Pelindo Terminal Operating System Multipurpose) guna mendukung peningkatan produktivitas bongkar/muat Terminal Berlian Manyar Sejahtera di Pelabuhan Gresik. *Optimal: Jurnal Ekonomi dan Manajemen*, 5(1), 228–239.
- BMKG. (2024). [Data curah hujan dan klasifikasi musim di Jawa Timur 2024]. BMKG.
- BMKG. (2025). [Definisi dan unsur cuaca untuk prakiraan operasional]. BMKG.
- Aghnia, I. N. F., dkk. (2024). Analysis of dry bulk cargo loading and unloading performance at Tanjung Tembaga Port (case study: PT Delta Artha Bahari Nusantara). *Prosiding Seminar Nasional Sekolah Tinggi Teknologi Angkatan Laut*, 8(2), 156–175.
- Chicco, D., & Bianchini, F. (2025). [Pembahasan perbedaan signifikansi statistik dan signifikansi praktis]. *Jurnal* [detail jurnal tidak tercantum di teks].