P-ISSN: 2716-2656, E-ISSN: 2985-9638
JOURNAL MARINE INSIDE
VOLUME 8, ISSUE 2, DECEMBER 2026
https://ejournal.poltekpel-banten.ac.id/index.php/ejmi/

JENIS ARTIKEL: ARTIKEL PENELITIAN

Hubungan persepsi kondisi angin dan gelombang dengan efisiensi sandar kapal di Pelabuhan Sluke Rembang

Titan Dewangga Pradipa*, Andi Prasetiawan, Tri Budi Prasetya

Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang
E-mail koresponden: *titanpradipta02@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini menganalisis hubungan penilaian kondisi angin dan gelombang dengan persepsi efisiensi sandar kapal di Pelabuhan Sluke Rembang. Data kuesioner dari 50 awak kapal PT Pertamina Trans Kontinental dianalisis menggunakan regresi linear berganda. Koefisien regresi skor angin dan gelombang dilaporkan sebesar 0,449 dan 0,217 dengan R^2 0,734. Koefisien tersebut bukan persentase kontribusi; arah interpretasinya bergantung pada pengkodean indikator. Data cuaca digunakan sebagai konteks operasional, bukan sebagai pengganti skor kuesioner. Hasil mendukung perlunya evaluasi dengan log waktu sandar dan pengukuran metocean yang berpasangan sebelum penetapan rekomendasi teknis atau klaim kausal.

Kata Kunci: Efisiensi sandar kapal, gelombang laut, kecepatan angin, open sea port, SPSS.

ABSTRACT

This study examines the association between perceived wind and wave conditions and perceived berthing efficiency at Sluke Port, Rembang. Questionnaire responses from 50 crew members of PT Pertamina Trans Kontinental were analyzed using multiple linear regression. Reported coefficients for wind and wave scores were 0.449 and 0.217, respectively, with R^2 = 0.734. These coefficients are not percentages of contribution; interpretation of their direction depends on item coding. Weather data provide operational context rather than substitute for questionnaire scores. Matched metocean measurements and berthing-time logs are needed before making causal or engineering recommendations.

Keywords: *Berthing efficiency, open sea port, SPSS, wave height, wind speed.*

INFORMASI ARTIKEL

Diterima	Direvisi	Disetujui	Diterbitkan
19 Juli 2026	20 November 2026	25 November 2026	26 Desember 2026

DOI: https://doi.org/10.62391/ejmi.v8i2.237

Cara Mengutip: Titan Dewangga Pradipa, Andi Prasetiawan, Tri Budi Prasetya, "Hubungan persepsi kondisi angin dan gelombang dengan efisiensi sandar kapal di Pelabuhan Sluke Rembang," Journal Marine Inside, vol. 8, no. 2, pp. 423–431, 2026, doi: https://doi.org/10.62391/ejmi.v8i2.237.

AKSES TERBUKA, HAK CIPTA, DAN LISENSI
Hak cipta tetap pada penulis, dengan memberikan hak publikasi pertama kepada Journal Marine Inside. Artikel menggunakan lisensi Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International (CC BY-SA 4.0) sesuai perjanjian publikasi jurnal.

PENDAHULUAN

Pelabuhan mempunyai peran strategis dalam mendukung sistem transportasi laut serta perekonomian nasional melalui penerapan sistem digital, optimalisasi fasilitas kegiatan perdagangan, serta pengembangan infrastruktur yang berkelanjutan (UNCTAD, 2023). Sebagai simpul distribusi logistik dan energi, efisiensi operasional pelabuhan sangat menentukan kelancaran rantai pasok barang dan bahan bakar. Salah satu aspek krusial dalam aktivitas pelabuhan adalah proses sandar (berthing) kapal, yang memerlukan koordinasi antara kondisi teknis, operasional, dan lingkungan laut. Pelabuhan

Sluke Rembang merupakan pelabuhan umum yang dikelola secara resmi di bawah Kantor Unit Penyelenggara Pelabuhan (KUPP) Kelas III Rembang, sehingga memiliki fungsi terbuka untuk melayani kepentingan publik serta memfasilitasi berbagai kegiatan logistik regional lintas sektor di sepanjang jalur Pantura Jawa Tengah.

Dalam beberapa dekade terakhir, perubahan iklim global telah memengaruhi pola cuaca dan kondisi kelautan di berbagai wilayah dunia. Menurut Yustisiabel dkk. [12], laut digunakan sebagai sarana transportasi utama yang menghubungkan suatu negara dengan negara lain, sehingga gangguan terhadap stabilitas kondisi laut dapat menyebabkan keterlambatan logistik dan menurunkan efisiensi pelabuhan secara global. Gelombang laut memiliki pengaruh yang signifikan terhadap berbagai aktivitas di perairan dan kegiatan transportasi laut [8]. Pelabuhan Sluke di Kabupaten Rembang, Jawa Tengah, merupakan salah satu pelabuhan yang berhadapan langsung dengan Laut Jawa dan berkarakteristik *open sea port*, tanpa perlindungan alami dari pulau atau tanjung, sehingga aktivitas kapal sangat dipengaruhi oleh kecepatan angin dan tinggi gelombang laut. Berdasarkan hasil pengamatan lapangan selama periode 30 November hingga 30 Desember 2024, tercatat data tinggi gelombang dan kecepatan angin sebagaimana disajikan pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Data Tinggi Gelombang di Pelabuhan Sluke Rembang

Periode	Tinggi Gelombang (m)	Kondisi Laut
04 Desember 2024	1,25-2,5	Sedang
10 Desember 2024	1,26-2,6	Sedang
13 Desember 2024	1,25-2,5	Sedang
17 Desember 2024	1,25-2,5	Sedang
21 Desember 2024	1,25-2,5	Sedang
26 Desember 2024	1,25-2,5	Sedang
29 Desember 2024	1,26-2,6	Sedang

Sumber: PT Pertamina Trans Kontinental, 2024.

Tabel 2. Data Kecepatan Angin di Pelabuhan Sluke Rembang

Periode	Kecepatan Angin (Knot)	Arah Angin
04 Desember 2024	2-22	Barat daya - barat laut
10 Desember 2024	2-20	Barat daya - barat laut
13 Desember 2024	2-25	Barat daya - barat laut
17 Desember 2024	4-25	Barat daya - barat laut
21 Desember 2024	6-30	Barat daya - barat laut
26 Desember 2024	2-25	Barat daya - barat laut
29 Desember 2024	2-25	Barat daya - barat laut

Sumber: PT Pertamina Trans Kontinental, 2024.

Dalam beberapa kesempatan, peningkatan tinggi gelombang beriringan dengan peningkatan waktu tunggu kapal untuk proses sandar, yang menunjukkan adanya potensi hubungan antara kondisi laut dan efisiensi waktu operasional pelabuhan. Secara teoritis, kecepatan angin memengaruhi gaya dorong dan hambatan kapal saat manuver di perairan terbuka; semakin tinggi kecepatan angin, semakin besar gaya lateral yang bekerja pada badan kapal sehingga diperlukan waktu dan energi lebih besar untuk memposisikan kapal. Sementara itu, tinggi gelombang berpengaruh terhadap kestabilan kapal selama proses sandar dan dapat menimbulkan gerakan roll yang menghambat proses penambatan [5]. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan mengukur seberapa besar pengaruh kecepatan angin dan gelombang laut, baik secara parsial maupun simultan, terhadap efisiensi proses sandar kapal di Pelabuhan Sluke Rembang selama periode 30 November-30 Desember 2024, sehingga hasilnya dapat berkontribusi secara teoritis dan praktis terhadap pengembangan manajemen pelabuhan yang mengintegrasikan data metocean dan prinsip keselamatan pelayaran.

Tinjauan Pustaka

Dalam metode penelitian kuantitatif, istilah pengaruh menggambarkan adanya hubungan sebab-akibat antara variabel yang diteliti, dimana perubahan pada variabel independen dapat memicu

perubahan pada variabel dependen [9]. Dalam kajian ini, pengaruh yang dimaksud adalah sejauh mana perubahan kondisi laut terbuka, khususnya kecepatan angin dan tinggi gelombang laut, berkontribusi terhadap perubahan tingkat efisiensi proses sandar kapal, yang direpresentasikan melalui lamanya waktu sandar hingga kapal tambat dengan aman. Pelabuhan merupakan titik krusial dalam jaringan transportasi laut yang berperan sebagai lokasi bagi kapal untuk melakukan aktivitas sandar, tambat, serta pelayanan terhadap kapal dan muatan [11].

Berdasarkan tingkat perlindungannya terhadap kondisi laut, pelabuhan dapat dibedakan menjadi pelabuhan tertutup, yaitu pelabuhan yang memiliki tingkat perlindungan tinggi melalui keberadaan *breakwater*, teluk alami, atau posisi yang terlindungi oleh daratan sekitarnya [3], dan pelabuhan terbuka (open sea port), yaitu pelabuhan yang berhadapan langsung dengan laut lepas dan memiliki tingkat keterlindungan yang relatif rendah terhadap pengaruh oseanografi [6]. Pelabuhan Sluke Rembang termasuk kategori kedua, sehingga aktivitas sandar kapal sangat rentan terhadap variabilitas kondisi laut. Kecepatan angin diartikan sebagai tingkat pergerakan massa udara yang dinyatakan dalam satuan meter per detik (m/s) dan dipengaruhi oleh perbedaan tekanan atmosfer [2]. Gaya angin yang bekerja pada badan kapal berbanding lurus dengan kuadrat kecepatan angin dan luas bidang tangkap angin kapal, sehingga menyebabkan pergeseran lateral (drift) dan perubahan arah haluan kapal yang menyulitkan pencapaian posisi sandar yang presisi. Penelitian sebelumnya menemukan bahwa angin lateral yang kuat dapat meningkatkan waktu sandar hingga lebih dari 20% karena kapal membutuhkan bantuan tambahan dari *tugboat* dan penyesuaian manuver berulang [10].

Gelombang laut merupakan fenomena dinamis pada permukaan laut yang dipengaruhi oleh angin, tekanan atmosfer, dan topografi dasar laut [8]. Gelombang laut yang tinggi dapat meningkatkan gerakan vertikal dan rotasi kapal, sehingga menyulitkan kapal dalam mempertahankan posisi dan melakukan manuver ketika mendekati dermaga. Kondisi tersebut dapat memperpanjang waktu sandar karena nakhoda dan petugas pemanduan harus menyesuaikan manuver kapal dengan kondisi perairan. Penelitian terdahulu mengenai proses sandar dan tambat kapal menunjukkan pentingnya mempertimbangkan kondisi perairan, keterbatasan ruang manuver, sistem pemantauan tambatan, serta respons kapal terhadap angin dan gelombang [13], [14], [15], [16], [17].

Pengaruh kondisi lingkungan terhadap pergerakan kapal juga menjadi perhatian dalam penelitian mengenai perencanaan rute pelayaran. Beberapa penelitian membahas strategi penghindaran cuaca buruk dan pemanfaatan informasi mengenai respons kapal terhadap gelombang dalam menentukan rute pelayaran [18], [19], [28], [29], [30], [31]. Kajian tersebut menunjukkan pentingnya mempertimbangkan kondisi meteorologi dan oseanografi dalam perencanaan pergerakan kapal. Meskipun perencanaan rute pelayaran memiliki ruang lingkup yang berbeda dengan proses sandar, prinsip penyesuaian manuver terhadap kondisi lingkungan dapat menjadi landasan untuk memahami pengaruh angin dan gelombang terhadap kegiatan sandar kapal.

Efisiensi proses sandar kapal merupakan ukuran keberhasilan operasional pelabuhan dalam memanfaatkan waktu dan sumber daya secara optimal selama kegiatan manuver kapal menuju dermaga. Efisiensi tersebut dipengaruhi oleh interaksi antara kondisi kapal, kemampuan sumber daya manusia, dan kondisi lingkungan [7]. Penelitian mengenai operasional pelabuhan juga menekankan pentingnya penjadwalan pemanduan, alokasi tambatan, pengendalian waktu tunggu, dan koordinasi kedatangan kapal dalam mendukung kelancaran pelayanan [20], [21], [22], [23], [24], [25], [26], [27]. Pengelolaan faktor-faktor tersebut secara terpadu diperlukan untuk mengurangi hambatan operasional dan meningkatkan efisiensi pelayanan kapal [32], [33], [34], [35], [36], [37], [38]. Pada pelabuhan terbuka seperti Pelabuhan Sluke Rembang, kecepatan angin dan tinggi gelombang laut menjadi faktor lingkungan yang perlu diperhatikan karena berada di luar kendali langsung operator pelabuhan.

METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian merupakan rangkaian aktivitas ilmiah yang dilaksanakan melalui tahapan dan teknik yang terstruktur serta dilakukan secara cermat guna mendapatkan informasi yang sesuai demi mencapai tujuan penelitian yang spesifik [1]. Penelitian ini menerapkan pendekatan kuantitatif dengan paradigma positivistik untuk menganalisis populasi dan sampel yang telah ditentukan melalui instrumen penelitian yang disusun secara sistematis [9]. Variabel bebas (independen) dalam penelitian ini adalah kecepatan angin (X1) dan gelombang laut (X2), sedangkan variabel terikat (dependen) adalah efisiensi proses sandar kapal (Y), yang direpresentasikan melalui waktu sandar kapal sejak manuver awal hingga kapal tambat di dermaga.

Populasi penelitian terdiri atas 50 orang personel *crew* kapal PT Pertamina Trans Kontinental yang melakukan kegiatan sandar di Pelabuhan Sluke Rembang selama periode penelitian. Penentuan

jumlah sampel menggunakan rumus Yamane dengan tingkat kesalahan 1%, sehingga diperoleh n = 50/(1+50(0,01)²) = 49,75, yang dibulatkan menjadi 50 responden. Dengan demikian, penelitian ini menggunakan teknik sensus/sampling jenuh terhadap seluruh anggota populasi. Setiap variabel penelitian dijabarkan secara operasional melalui definisi, indikator pengukuran, satuan, dan skala pengukuran, sebagaimana disajikan pada Tabel 3, agar konsep teoritis yang bersifat abstrak dapat diamati dan dianalisis secara empiris.

Pengumpulan data dilakukan melalui observasi lapangan selama dua bulan dan penyebaran kuesioner yang disusun berdasarkan indikator variabel penelitian dengan pengukuran menggunakan Skala *Likert* 1-5. Sebelum digunakan secara menyeluruh, instrumen terlebih dahulu diuji validitas dan reliabilitasnya. Uji validitas dilakukan dengan membandingkan nilai *Corrected Item-Total Correlation* (r hitung) terhadap r tabel pada derajat kebebasan df = n-2 dan taraf signifikansi 0,05, dimana suatu butir dinyatakan valid apabila r hitung lebih besar dari r tabel [4]. Uji reliabilitas dilakukan menggunakan metode *Cronbach's Alpha,* dimana instrumen dinyatakan reliabel apabila nilai Alpha lebih besar dari 0,6. Variabel dalam analisis regresi adalah skor komposit kuesioner (lihat rentang skor Tabel 5), bukan kecepatan angin dalam knot, tinggi gelombang dalam meter atau durasi sandar dalam menit.

Tabel 3. Definisi Operasional Variabel Penelitian

Variabel	Definisi Operasional	Indikator
Kecepatan Angin (X1)	Skor komposit persepsi kondisi angin (kuesioner Likert)	Kecepatan rata-rata; kecepatan maksimum; kategori kondisi angin
Gelombang Laut (X2)	Skor komposit persepsi kondisi gelombang (kuesioner Likert)	Tinggi gelombang signifikan; tinggi gelombang maksimum; kategori kondisi gelombang
Efisiensi Sandar Kapal (Y)	Skor komposit persepsi efisiensi sandar (kuesioner Likert)	Waktu tunggu sebelum sandar; waktu manuver hingga sandar

Sumber: Data diolah, 2026

Tabel definisi operasional menggambarkan konsep fisik; arah coding butir dan pembentukan skor belum ditampilkan. Data BMKG berfungsi sebagai konteks, kecuali tersedia pasangan data cuaca dan waktu sandar untuk setiap observasi. Sebelum pengujian hipotesis, data terlebih dahulu diuji melalui serangkaian uji asumsi klasik, yaitu uji normalitas dengan metode *Kolmogorov-Smirnov* untuk memastikan residual berdistribusi normal (nilai Asymp. Sig > 0,05), uji multikolinearitas dengan mengacu pada nilai *Tolerance* dan *Variance Inflation Factor* (VIF) untuk memastikan tidak terjadi korelasi tinggi antar variabel independen (VIF < 10 dan Tolerance > 0,1), serta uji heteroskedastisitas dengan metode Glejser untuk memastikan varians residual bersifat homogen (nilai signifikansi > 0,05) [8]. Selanjutnya dilakukan uji korelasi untuk mengetahui kekuatan hubungan antar variabel sebelum analisis regresi dilaksanakan. Kriteria keeratan korelasi mengacu pada interval koefisien sebagaimana disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Kriteria Interpretasi Koefisien Korelasi

Interval Koefisien	Tingkat Hubungan
0,00 - 0,20	Sangat lemah
0,21 - 0,40	Lemah
0,41 - 0,70	Cukup
0,71 - 0,90	Kuat
0,91 - 0,99	Sangat kuat
1,00	Korelasi sempurna

Sumber: Sugiyono [9].

Analisis data menggunakan bantuan perangkat lunak SPSS versi 31 melalui tahapan uji instrumen (validitas dan reliabilitas), uji asumsi klasik (normalitas, multikolinearitas, dan heteroskedastisitas), uji korelasi dan koefisien determinasi, uji regresi linier berganda, serta uji hipotesis (uji t dan uji F) [9]. Model regresi linier berganda yang digunakan dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2$$

dengan Y = efisiensi proses sandar kapal; a = konstanta; b1, b2 = koefisien regresi; X1 = kecepatan angin; X2 = gelombang laut. Kriteria pengambilan keputusan uji t dan uji F mengacu pada nilai

signifikansi α = 0,05, dimana H0 ditolak apabila nilai signifikansi lebih kecil dari 0,05 dan nilai t hitung/F hitung lebih besar dari nilai tabel.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Deskripsi Responden dan Statistik Deskriptif

Penelitian dilaksanakan di Pelabuhan Sluke Rembang. Responden berjumlah 50 awak kapal yang terlibat langsung dalam kegiatan sandar. Periode penelitian berlangsung pada November–Desember 2024. Tabel 5 menyajikan hasil analisis statistik deskriptif untuk setiap variabel. Rata-rata jawaban pada ketiga variabel berada pada kisaran 3–4. Kisaran ini menunjukkan penilaian pada tingkat menengah. Jawaban responden cenderung berada antara sikap netral dan setuju. Interpretasi tersebut merujuk pada pernyataan dalam kuesioner, bukan pengukuran langsung kondisi operasional kapal.

Tabel 5. Hasil Analisis Statistik Deskriptif

Variabel	N	Minimum	Maksimum	Mean	Std. Deviasi
Kecepatan Angin (X1)	50	19	40	31,64	5,513
Gelombang Laut (X2)	50	20	39	32,00	4,990
Efisiensi Sandar Kapal (Y)	50	15	30	24,18	3,998

Sumber: Data olahan SPSS, 2026

Uji Instrumen dan Uji Asumsi Klasik

Nilai r tabel yang digunakan adalah 0,279 dengan df = 48 dan α = 0,05. Seluruh butir indikator memiliki nilai r hitung lebih besar daripada nilai acuan tersebut. Berdasarkan kriteria itu, seluruh butir dinyatakan valid untuk digunakan dalam penelitian. Hasil uji reliabilitas disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Uji Reliabilitas

Variabel	Cronbach's Alpha	Keterangan
Kecepatan Angin (X1)	0,859	Reliabel
Gelombang Laut (X2)	0,839	Reliabel
Efisiensi Sandar Kapal (Y)	0,812	Reliabel

Sumber: Data olahan SPSS, 2026

Seluruh variabel penelitian menunjukkan nilai Cronbach's Alpha di atas 0,6, yang mengindikasikan bahwa instrumen penelitian memiliki tingkat konsistensi dan kestabilan yang baik, sehingga layak digunakan pada tahap analisis selanjutnya. Uji normalitas dengan metode *Kolmogorov-Smirnov* menghasilkan nilai signifikansi (Asymp. Sig) sebesar 0,200, lebih besar dari 0,05, sehingga data residual dinyatakan berdistribusi normal. Uji multikolinearitas menunjukkan nilai *Variance Inflation Factor* (VIF) sebesar 3,229 (di bawah 10) dan nilai *Tolerance* sebesar 0,310 (di atas 0,1), sehingga model regresi tidak mengalami gejala multikolinearitas antar variabel independen. Uji heteroskedastisitas dengan metode Glejser menghasilkan nilai signifikansi 0,765 untuk kecepatan angin dan 0,502 untuk gelombang laut (keduanya di atas 0,05), sehingga model dinyatakan bebas dari gejala heteroskedastisitas dan varians residual bersifat homogen pada seluruh observasi. Dengan terpenuhinya seluruh asumsi klasik tersebut, model regresi linier berganda dalam penelitian ini dinyatakan layak *(Best Linear Unbiased Estimator)* untuk digunakan pada tahap pengujian hipotesis.

Uji Korelasi dan Koefisien Determinasi

Uji korelasi digunakan untuk mengetahui hubungan dasar antarvariabel. Analisis ini dilakukan sebelum pemodelan regresi. Korelasi memberikan informasi mengenai hubungan statistik, tetapi tidak membuktikan kausalitas. Tabel 7 menyajikan hasil uji korelasi.

Tabel 7. Hasil Uji Korelasi antar Variabel

Variabel	Kecepatan Angin (X1)	Gelombang Laut (X2)	Efisiensi Sandar (Y)
Kecepatan Angin (X1)	1,000	0,724	0,821
Gelombang Laut (X2)	0,724	1,000	0,742
Efisiensi Sandar (Y)	0,821	0,742	1,000

Sumber: Data olahan SPSS, 2026

Hasil uji korelasi menunjukkan nilai signifikansi sebesar 0,01 (< 0,05) dengan arah hubungan positif antara variabel independen dan variabel dependen, yang menurut kriteria pada Tabel 4 termasuk dalam kategori hubungan yang kuat hingga sangat kuat. Hal ini berarti apabila nilai kecepatan angin dan gelombang laut meningkat, maka waktu yang dibutuhkan dalam proses sandar turut cenderung meningkat, sejalan dengan menurunnya efisiensi operasional. R^2 yang dilaporkan sebesar 0,734 menunjukkan 73,4% variasi skor efisiensi sandar dalam sampel dapat dijelaskan oleh model regresi kedua skor prediktor. Angka tersebut bukan persentase pengaruh sebab-akibat. Sisa variasi mencakup faktor yang tidak dimodelkan dan galat pengukuran.

Tabel 8. Hasil Analisis Regresi Linier Berganda

Variabel	Koefisien (b)	t hitung	Sig.
Konstanta	3,046	-	-
Kecepatan Angin (X1)	0,449	5,004	0,001
Gelombang Laut (X2)	0,217	2,073	0,044

Sumber: Data olahan SPSS, 2026.

Model yang dilaporkan adalah Y = 3,046 + 0,449X1 + 0,217X2. Koefisien b1 dan b2 menyatakan perubahan skor Y per satu unit skor prediktor pada skor prediktor lain tetap. Nilai 0,449 dan 0,217 tidak dapat dikonversi langsung menjadi kontribusi 44,9% dan 21,7%. Arah hubungan fisik dan makna skor yang lebih tinggi belum dapat dipastikan tanpa kunci pengkodean. Konstanta adalah prediksi model pada skor nol, di luar rentang skor yang dilaporkan.

Uji Hipotesis (Uji t dan Uji F)

Hasil uji t menunjukkan bahwa nilai t hitung variabel kecepatan angin sebesar 5,004 dengan signifikansi 0,001 dan variabel gelombang laut sebesar 2,073 dengan signifikansi 0,044, keduanya lebih besar dari t tabel sebesar 2,011 dan signifikansi di bawah 0,05. Dengan demikian, hipotesis H1 dan H2 yang menyatakan bahwa kecepatan angin dan gelombang laut masing-masing berpengaruh secara parsial dan signifikan terhadap efisiensi proses sandar kapal dinyatakan diterima. Uji F yang dilaporkan sebesar 64,924 dengan p = 0,001 mendukung adanya hubungan model secara keseluruhan. Uji F tidak membuktikan hubungan positif untuk masing-masing prediktor atau pengaruh sebab-akibat. Angka uji dan nilai p perlu dicocokkan dengan keluaran SPSS asli. Sebagai pemeriksaan aritmetika, $R^2 = 0,734$ dengan n = 50 dan dua prediktor menyiratkan F sekitar 64,85 (dari angka R^2 yang telah dibulatkan); nilai F tercetak 64,924 masih konsisten dengan pembulatan tersebut. Nilai p pada tabel perlu diperiksa terhadap keluaran SPSS asli, khususnya apakah 0,001 merupakan nilai tepat atau pembulatan.

Pembahasan

Koefisien skor angin yang dilaporkan lebih besar daripada skor gelombang, tetapi perbedaan koefisien mentah tidak secara langsung menunjukkan kontribusi relatif atau dominasi kausal. Mekanisme fisik berupa gaya lateral angin dan gerakan kapal akibat gelombang relevan bagi praktik sandar, namun belum diukur sebagai hubungan antara kondisi cuaca aktual dan durasi sandar dalam model ini. R^2 sebesar 0,734 menggambarkan kecocokan model dalam sampel. Penilaian parsial yang sah memerlukan keluaran regresi lengkap, misalnya koefisien terstandar atau perubahan R^2 pada model yang sesuai, bukan pengalian koefisien regresi dengan 100.

Data metocean yang dipasangkan dengan log sandar diperlukan untuk menilai implikasi fisik. Temuan ini sejalan dengan pandangan bahwa pada pelabuhan terbuka, faktor lingkungan menjadi determinan yang sangat dominan karena berada di luar kendali langsung operator pelabuhan, sehingga manajemen risiko cuaca menjadi elemen kunci dalam menjaga efisiensi dan keselamatan operasional [7]. Hasil ini juga memperkuat penelitian terdahulu mengenai pentingnya struktur pemecah gelombang *(breakwater)* dalam mereduksi tinggi gelombang datang guna mendukung kelancaran aktivitas kepelabuhanan [3], serta relevan dengan kajian mengenai karakteristik gelombang sebagai dasar perencanaan struktur pelindung pelabuhan terbuka [6].

Secara praktis, temuan ini memberikan implikasi bahwa pengelola pelabuhan dan operator kapal perlu memanfaatkan data cuaca maritim secara real-time, khususnya dari BMKG, sebagai dasar penetapan batas aman operasional *(weather limit*) sebelum melaksanakan manuver sandar kapal.

Penelitian ini tidak terlepas dari keterbatasan, yaitu cakupan variabel yang hanya meliputi dua variabel independen dan satu variabel dependen, objek penelitian yang terbatas pada lingkup operasional PT Pertamina Trans Kontinental di Pelabuhan Sluke Rembang, serta periode pengamatan yang relatif singkat selama satu bulan. Oleh karena itu, hasil penelitian ini belum dapat digeneralisasikan secara luas untuk seluruh pelabuhan open sea di Indonesia, dan penelitian selanjutnya disarankan untuk memperluas cakupan variabel (seperti arus laut dan pasang surut), lokasi, serta periode penelitian guna memperoleh hasil yang lebih komprehensif.

SIMPULAN

Pada 50 responden, skor kondisi angin dan gelombang berhubungan dengan skor efisiensi sandar berdasarkan model yang dilaporkan (b = 0,449 dan 0,217; R^2 = 0,734). Arah interpretasi bergantung pada kunci pengkodean. Hasil tidak menunjukkan bahwa angin atau gelombang meningkatkan efisiensi aktual, maupun bahwa koefisien tersebut merupakan persentase kontribusi. Pengelola pelabuhan disarankan mencatat kondisi angin, gelombang, arus, karakteristik kapal, kesiapan kapal tunda dan waktu sandar pada tingkat kejadian. Data tersebut dapat digunakan untuk menguji keterkaitan cuaca dan durasi aktual. Pertimbangan pembangunan pemecah gelombang membutuhkan kajian hidrodinamika, teknis dan ekonomi tersendiri; survei persepsi ini belum cukup untuk menetapkan kelayakannya.

DEKLARASI DAN INFORMASI TAMBAHAN

ORIGINALITAS DAN PENGAJUAN EKSKLUSIF

Para penulis diminta mengonfirmasi bahwa naskah ini asli, belum pernah diterbitkan, dan tidak sedang diajukan ke jurnal lain.

KONTRIBUSI PENULIS

Usulan CRediT (untuk persetujuan penulis): Titan Dewangga Pradipa: konseptualisasi, metodologi, analisis formal, penulisan draf awal. Andi Prasetiawan; Tri Budi Prasetya: investigasi, validasi, serta peninjauan dan penyuntingan naskah.

KONFLIK KEPENTINGAN

Tidak terdapat konflik kepentingan yang dilaporkan.

PENDANAAN

Penelitian ini tidak menerima pendanaan atau hibah khusus dari pihak luar, sesuai informasi yang tersedia.

PERSETUJUAN ETIK

Penelitian menggunakan jawaban kuesioner tentang kondisi angin, gelombang dan efisiensi sandar. Nomor persetujuan etik atau keputusan pengecualian belum dilaporkan.

PERSETUJUAN PARTISIPAN

Naskah melaporkan keterlibatan partisipan. Prosedur persetujuan partisipan sudah didokumentasikan dan dikonfirmasi oleh penulis.

KETERSEDIAAN DATA

Data penelitian meliputi jawaban kuesioner tentang kondisi angin, gelombang dan efisiensi sandar. Permintaan akses data pendukung dapat diajukan kepada penulis korespondensi, dengan memperhatikan izin dan kerahasiaan data.

PENGGUNAAN KECERDASAN BUATAN

ChatGPT (OpenAI) digunakan untuk membantu penyuntingan bahasa, struktur, pemeriksaan konsistensi, dan penyesuaian format naskah. Data, hasil, interpretasi, dan substansi ilmiah menjadi tanggung jawab para penulis.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang atas bimbingan akademik selama proses penyusunan penelitian ini, serta kepada PT Pertamina Trans Kontinental atas dukungan fasilitas, akses data operasional, dan kesediaan crew kapal sebagai responden penelitian. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada seluruh pihak yang telah membantu kelancaran pelaksanaan penelitian ini, baik secara langsung maupun tidak langsung, sehingga artikel ini dapat diselesaikan dengan baik.

INDEPENDENSI EDITORIAL

Penelaahan dan keputusan editorial dilaksanakan secara independen sesuai kebijakan Journal Marine Inside. Keterlibatan penulis dalam tim editorial perlu diungkapkan dan dikelola melalui pengunduran diri dari penanganan naskah sendiri.

HAK CIPTA DAN LISENSI

Hak cipta tetap pada penulis; Journal Marine Inside memperoleh hak publikasi pertama. Ketentuan yang dicantumkan pada template adalah lisensi Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International (CC BY-SA 4.0).

DAFTAR PUSTAKA

[1] Adil, A. (2023). *Metode penelitian kuantitatif dan kualitatif: Teori dan praktik (issue september)*.
[2] BMKG. (2024). *Data cuaca dan kondisi laut Jawa periode muson Barat 2024*.
[3] Husain, F. (2023). Efektifitas kerja bangunan pemecah gelombang pelabuhan Soekarno-Hatta dalam mereduksi tinggi gelombang datang. *2, 46-51*. https://doi.org/10.25042/jrt2k.122023.01
[4] Janna. (2021). Konsep uji validitas dan reliabilitas dengan menggunakan SPSS. *18210047*.
[5] Kløvning, E. M. (2020). Wind affecting berthing operations. *14(3), 721-725*. https://doi.org/10.12716/1001.14.03.26
[6] Pratama, R. L., & Widagdo, S. (2019). Karakteristik tinggi gelombang untuk perencanaan breakwater di pelabuhan jangkar situbondo, Jawa Timur. *1(1), 54-62*.

[7] Sanda, A., Trisna, P., Nofandi, F., Kristanto, V. H., & Rahmawati, M. (2025). Pengaruh lamanya waktu tunggu (waiting time) kapal terhadap efisiensi proses kegiatan discharge dan loading batu bara pada PT adhika samudera jaya. *Economics (JBFE)*.
[8] Sholihah, S. M. (2023). Konsep uji asumsi klasik pada regresi linier berganda. *Jurnal Riset Akuntansi Soedirman, 2*(2), 102-110. https://doi.org/10.32424/1.jras.2023.2.2.10792
[9] Sugiyono. (2021). *Metode penelitian kuantitatif, kualitatif, dan R&D*. Alfabeta.
[10] Usmadi. (2020). Pengujian persyaratan analisis. *7(1), 50-62*.
[11] UNCTAD. (2023). Review of Maritime Transport 2023. *United Nations Conference on Trade and Development*.
[12] Yustisiabel, J., Hukum, F., Luwuk, U. M., Sepriani, E., Persada, U., Indonesia, B., Nasional, P. P., Dokumen, T., & Laut, J. (2025). Pekerja imigran tanpa dokumen melalui jalur laut di pulau kecil: Masalah hukum dan solusi kebijakan. *9(April)*.
[13] Paulauskas, V., & Paulauskas, D.. (2025). Ship mooring methodology designed for ship berthing in extremely limited conditions. *Journal of Marine Science and Engineering*. https://doi.org/10.3390/jmse13030575
[14] Sakakibara, S., & Kubo, M.. (2007). Ship berthing and mooring monitoring system by pneumatic-type fenders. *Ocean Engineering*. https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2006.07.006
[15] Zhu, Y., Li, X., Liu, X., Wen, M., & Chen, D.. (2026). Extreme response prediction and mooring control of a large outfitting ship under typhoon-induced wind-wave conditions using multidimensional environmental contours. *Ocean Engineering*. https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2026.128301
[16] Pham, T. Y., & Nguyen, P. N.. (2025). A Data-Driven framework for predicting ship berthing time and optimizing port operations at Tan Cang Cat Lai Port, Vietnam. *Case Studies on Transport Policy*. https://doi.org/10.1016/j.cstp.2025.101441
[17] Sawaragi, T., Kubo, M., & Aoki, S.-I.. (1984). New mooring system to reduce ship motions and berthing energy. *Coastal Engineering in Japan*. https://doi.org/10.1080/05785634.1984.11924395
[18] Cai, Y., & Wen, Y. Q.. (2014). Ship route design for avoiding heavy weather and Sea conditions. *TransNav*. https://doi.org/10.12716/1001.08.04.09
[19] Han, Z., Zhou, Y., Zhang, J., & Wu, D.. (2025). A ship weather routing optimization method incorporating ship seakeeping model. *TransNav*. https://doi.org/10.12716/1001.19.01.13
[20] Fan, H., Zhang, T.-H., Zhao, J., & Yue, L.-J.. (2025). Berth allocation and tugboat scheduling problem for tidal ports with compound channels: The case of Tianjin port. *Ocean Engineering*. https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2025.120744
[21] Idris, M., Sulistiono, A., Karubaba, O. C., Adiputra, I. K. H. P., & Syah, I. Z.. (2026). Mooring, pilotage, and towage services supporting vessel operations at Tanjung emas port, Semarang. *Jurnal Venus*. https://doi.org/10.48192/vns.v14i1.848
[22] Jia, S., Li, C.-L., & Xu, Z.. (2020). A simulation optimization method for deep-sea vessel berth planning and feeder arrival scheduling at a container port. *Transportation Research Part B: Methodological*. https://doi.org/10.1016/j.trb.2020.10.007
[23] Fei, P., Ning, W., Li, K., Xu, X., Chu, X., & Liu, C.. (2026). Coordinated vessel arrival time prediction and berth allocation optimization for efficient port operations. *Journal of Marine Science and Engineering*. https://doi.org/10.3390/jmse14080758
[24] Zheng, H., Wang, Z., & Duan, S.. (2025). Integrated optimization of vessel sequencing and bulk carrier berth allocation with shifting in a comprehensive port. *Ocean Engineering*. https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2024.119891
[25] Fadiansyah, M. R., Purnomo, P., & Kusumawati, E.. (2022). Pengaruh waiting time dan berth occupancy ratio terhadap integrated port time di PT Pertamina trans kontinental cabang plaju. *Meteor STIP Marunda*. https://doi.org/10.36101/msm.v15i2.234
[26] Kahraman, S., & Zorba, Y.. (2018). Situational awareness analysis of port pilotage services. *Journal of ETA Maritime Science*. https://doi.org/10.5505/jems.2018.48569
[27] Makhado, N., Paepae, T., Sejeso, M., & Harley, C.. (2025). Berth allocation and quay crane scheduling in port operations: A systematic review. *Journal of Marine Science and Engineering*. https://doi.org/10.3390/jmse13071339
[28] Kytariolou, A., & Themelis, N. (2022). Ship routing optimisation based on forecasted weather data and considering safety criteria. *Journal of Navigation*. https://doi.org/10.1017/s0373463322000613
[29] Kaster, H. B. (1965). Ship weather routing in the Pacific. *Navigation*. https://doi.org/10.1002/j.2161-4296.1965.tb02119.x
[30] Abdalsalam, M., & Szlapczynska, J. (2025). Towards improved ship weather routing through Multi-Objective optimization with high performance computing support. *TransNav*. https://doi.org/10.12716/1001.19.01.12
[31] Motte, R. (1983). Ship-based weather routing using dynamical meteorology. *Journal of Navigation*. https://doi.org/10.1017/s0373463300039837
[32] Lee, D.-H., & Qiu Wang, H.. (2010). Integrated discrete berth allocation and quay crane scheduling in port container terminals. *Engineering Optimization*. https://doi.org/10.1080/03052150903406571
[33] Bi, Y., & Li, W. F. (2013). Multi-port and multi-berth integrated scheduling based on container port cluster. *Journal of Computer Applications*. https://doi.org/10.3724/sp.j.1087.2012.00448

[34] Malau, A. G. (2020). Analysis of factors affecting waiting time with turn round time ship in port of Bontang, Indonesia. *Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems*. https://doi.org/10.5373/jardcs/v12i1/20201921

[35] Shahpanah, A., Hashemi, A., Nouredin, G., Zahraee, S. M., & Helmi, S. A. (2014). Reduction of ship waiting time at port container terminal through enhancement of the tug/pilot machine operation. *Jurnal Teknologi*. https://doi.org/10.11113/jt.v68.2931

[36] Radmilovich, Z. R. (1992). Ship-berth link as bulk queueing system in ports. *Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering*. https://doi.org/10.1061/(asce)0733-950x(1992)118:5(474)

[37] Paulauskas, V., Paulauskas, D., & Paulauskas, V. (2025). Port sustainability and probabilistic assessment of ship moorings at port terminal quays. *Sustainability*. https://doi.org/10.3390/su17208973

[38] Samosir, J. (2020). Queuing analysis for the pilotage services at the port of Tanjung Priok (Indonesia port corporation). *Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems*. https://doi.org/10.5373/jardcs/v12sp3/20201260