Journal of Innovative and Creativity
Journal Homepage: https://joecy.org/index.php/joecy
e-mail: journaljoecy@gmail.com

Faculty of Education
University of Pahlawan Tuanku Tambusai
ISSN 2775-771X (Online)
ISSN 2962-570X **(Printed)**
6 (2) 2026, Page: 33351-33359

Analisis Prosedur Sandar Kapal Saat Mengalami Cuaca Dan Kondisi Oseanografi Yang Tidak Normal

Cesario Fata Rabbani[1], Arleiny[2], Suharto[3], Firdaus Sitepu[4]
[1234] Program Studi Teknologi Rekayasa Operasi Kapal Politeknik Pelayaran Surabaya
Corresponding Cesario Fata Rabbani e-mail: cesariofata@gmail.com, arleiny@poltekpel-sby.ac.id, Suhartojoyo660@gmail.com, firdaus.sitepu@poltekpel-sby.ac.id

Published: June, 2026

ABSTRAK

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh pentingnya keselamatan dan efektivitas proses penyandaran kapal yang dipengaruhi oleh kondisi cuaca dan oseanografi, khususnya pasang surut serta arus laut yang tidak normal. Penelitian bertujuan menganalisis pengaruh kondisi oseanografi terhadap proses penyandaran kapal dan mengidentifikasi upaya yang dilakukan untuk menghadapi arus kencang selama manuver sandar. Penelitian menggunakan pendekatan kualitatif dengan metode studi kasus pada MV Nadhif. Populasi penelitian meliputi seluruh awak kapal yang terlibat dalam kegiatan navigasi dan penyandaran, sedangkan sampel ditentukan secara purposive yang terdiri atas pihak kepanduan, nahkoda, *chief officer, second officer, dan third officer*. Instrumen penelitian meliputi pedoman observasi, pedoman wawancara, dokumentasi, dan catatan lapangan. Data dianalisis menggunakan model Miles, Huberman, dan Saldaña melalui reduksi data, penyajian data, dan penarikan kesimpulan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pasang surut memengaruhi stabilitas kapal, jarak freeboard terhadap dermaga, risiko benturan, dan efektivitas tali tambat, sedangkan arus laut meningkatkan gaya lateral yang menyebabkan drift dan kesulitan manuver. Kesimpulan penelitian menunjukkan bahwa keberhasilan proses penyandaran pada kondisi oseanografi yang tidak normal memerlukan prosedur adaptif berupa penyesuaian sudut pendekatan, penggunaan tugboat, pengaturan tali spring, dan koordinasi yang efektif antara awak kapal dan pandu pelabuhan.

Kata Kunci: ***Berthing Operations, Mooring Safety, Oceanographic Conditions, Ship Maneuvering, Tidal Currents***

© The Author(s). 2021 Open Access This article is licensed under a Creative Commons Atibution 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

Transportasi laut memiliki peran yang sangat penting dalam mendukung aktivitas perdagangan global dan sistem logistik internasional karena menjadi sarana utama distribusi barang dalam jumlah besar antarwilayah dan antarnegara (Kusumawati & Press, 2025). Seiring dengan meningkatnya volume perdagangan dunia serta tingginya aktivitas operasional di pelabuhan, aspek keselamatan dan efisiensi operasional kapal menjadi perhatian utama dalam penyelenggaraan transportasi laut modern (Pambayun et al., 2024). Salah satu kegiatan yang memiliki peranan penting dalam operasional pelayaran adalah proses penyandaran kapal (berthing), karena keberhasilan proses tersebut akan menentukan kelancaran berbagai aktivitas pelabuhan, seperti kegiatan bongkar muat, pengisian bahan bakar, pergantian awak kapal, dan berbagai kegiatan operasional lainnya (Dewi et al., 2025a).

Dalam pelaksanaannya, keberhasilan proses penyandaran kapal tidak hanya ditentukan oleh kemampuan olah gerak kapal dan keterampilan awak kapal, tetapi juga sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan perairan. Faktor-faktor oseanografi seperti angin, gelombang, arus, serta pasang surut air laut dapat memengaruhi stabilitas, arah gerak, dan posisi kapal selama proses manuver berlangsung (Hogi et al., 2021; Dewi et al., 2025a; Kusumawati & Press, 2025). Selain itu, karakteristik gelombang dan dinamika perairan di sekitar pelabuhan juga dapat memberikan pengaruh terhadap keamanan dan efektivitas proses sandar kapal (Han et al., 2021).

Kondisi oseanografi yang tidak normal, terutama arus yang kuat dan fluktuasi pasang surut yang signifikan, sering kali menjadi tantangan dalam pelaksanaan proses penyandaran kapal (Sufyan et al., 2022; Candra et al., 2025). Arus yang kencang dapat mempersulit pengendalian arah dan

kecepatan kapal sehingga meningkatkan risiko terjadinya penyimpangan posisi saat mendekati dermaga maupun potensi kecelakaan selama manuver sandar berlangsung (Putra, 2023; Dewi et al., 2025b). Di sisi lain, perubahan tinggi muka air akibat pasang surut dapat memengaruhi kedalaman perairan, kondisi tambatan, serta ruang gerak kapal ketika melakukan pendekatan menuju dermaga (Rusdin et al., 2024; Setyowati & Zahrina, 2024).

Kondisi tersebut akan menjadi semakin kompleks pada kapal berukuran besar yang membutuhkan bantuan kapal tunda serta koordinasi yang baik antara nakhoda, pandu pelabuhan, dan petugas terkait lainnya untuk memastikan proses penyandaran dapat berlangsung dengan aman dan efisien (Yan et al., 2023; Zhang et al., 2022). Salah satu contoh kondisi tersebut terjadi pada proses penyandaran MV Nadhif di Jetty Smelting Gresik yang harus menghadapi dinamika kondisi oseanografi selama pelaksanaan manuver sandar.

Berbagai penelitian terdahulu menunjukkan bahwa faktor lingkungan laut memiliki pengaruh yang signifikan terhadap keselamatan serta keberhasilan manuver kapal pada perairan terbatas maupun kawasan pelabuhan (Dewi et al., 2025a; Hogi et al., 2021). Beberapa studi telah membahas pengaruh angin, gelombang, dan arus terhadap olah gerak kapal serta mengembangkan model simulasi navigasi yang digunakan untuk mendukung pengambilan keputusan selama proses berthing dan unberthing (Han et al., 2021; Zhang et al., 2022; Yan et al., 2023). Namun demikian, penelitian yang secara khusus mengkaji pengaruh pasang surut dan arus kencang terhadap prosedur penyandaran kapal berdasarkan kondisi operasional nyata di lapangan masih relatif terbatas, sehingga diperlukan kajian lebih lanjut untuk memperkaya referensi ilmiah di bidang tersebut (Sufyan et al., 2022; Windupranata et al., 2024).

Berdasarkan kondisi tersebut, terdapat kebutuhan untuk melakukan kajian yang lebih mendalam mengenai pengaruh pasang surut air laut terhadap proses penyandaran kapal serta upaya-upaya yang dapat dilakukan ketika menghadapi arus yang kuat selama pelaksanaan manuver sandar (Candra et al., 2025; Rusdin et al., 2024). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kedua aspek tersebut berdasarkan pengalaman operasional yang terjadi pada MV Nadhif. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi bagi pengembangan pengetahuan mengenai manuver kapal di bawah pengaruh kondisi oseanografi yang tidak normal, sekaligus menjadi referensi praktis bagi perwira kapal, pandu pelabuhan, dan pihak terkait lainnya dalam meningkatkan keselamatan serta efektivitas proses penyandaran kapal (Pambayun et al., 2024; Kusumawati & Press, 2025).

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan metode studi kasus untuk memperoleh pemahaman yang mendalam mengenai prosedur penyandaran kapal ketika menghadapi kondisi cuaca dan oseanografi yang tidak normal, khususnya pasang surut dan arus kencang. Pendekatan kualitatif dipilih karena memungkinkan peneliti untuk memahami fenomena secara alamiah berdasarkan pengalaman, persepsi, dan tindakan para pelaku yang terlibat langsung dalam proses penyandaran kapal (Sugiyono, 2021). Melalui pendekatan ini, berbagai kondisi operasional yang terjadi selama proses sandar dapat dianalisis secara komprehensif sesuai dengan konteks nyata di lapangan. Metode studi kasus digunakan dengan fokus pada aktivitas penyandaran MV Nadhif selama periode praktik laut untuk memperoleh gambaran yang lebih mendalam mengenai pengaruh kondisi oseanografi terhadap keselamatan dan efektivitas manuver sandar kapal (Putra, 2023; Dewi et al., 2025a).

Populasi dalam penelitian ini mencakup seluruh awak kapal yang terlibat dalam kegiatan navigasi dan proses penyandaran di MV Nadhif. Penentuan informan dilakukan menggunakan teknik purposive sampling, yaitu pemilihan responden secara sengaja berdasarkan pertimbangan bahwa mereka memiliki pengalaman, pengetahuan, dan keterlibatan langsung dalam proses penyandaran kapal (Sugiyono, 2021). Informan yang dipilih terdiri atas pihak kepanduan, nahkoda (captain), *chief officer, second officer, dan third officer*. Pemilihan informan tersebut didasarkan pada peran mereka dalam proses perencanaan, pengambilan keputusan, pengawasan, dan pelaksanaan manuver sandar sehingga diharapkan mampu memberikan informasi yang mendalam sesuai dengan tujuan penelitian.

Dalam penelitian ini, peneliti berperan sebagai instrumen utama yang didukung oleh teknik observasi, wawancara, studi dokumentasi, dan studi literatur. Pengumpulan data dilakukan melalui

observasi langsung selama kegiatan praktik laut di MV Nadhif untuk mengamati proses penyandaran kapal pada kondisi operasional yang sebenarnya. Selain itu, wawancara semi terstruktur dilakukan kepada para perwira kapal dan pihak terkait guna memperoleh informasi yang lebih rinci mengenai pengalaman dan tindakan yang dilakukan selama menghadapi kondisi pasang surut dan arus yang kuat. Studi dokumentasi dan studi literatur juga digunakan untuk melengkapi data lapangan melalui berbagai referensi yang berkaitan dengan manuver kapal, keselamatan pelayaran, serta kondisi oseanografi (Pambayun et al., 2024; Kusumawati & Press, 2025). Penggunaan berbagai teknik pengumpulan data tersebut bertujuan untuk memperoleh data yang lebih komprehensif sekaligus meningkatkan kredibilitas hasil penelitian melalui triangulasi sumber dan metode (Sugiyono, 2021).

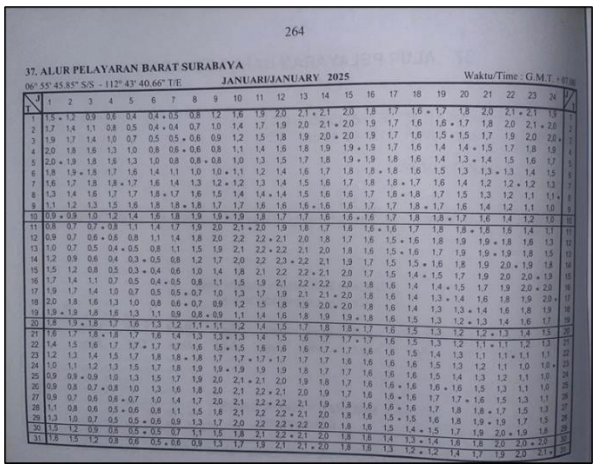
Analisis data dilakukan secara kualitatif dengan mengacu pada model analisis yang terdiri atas reduksi data, penyajian data, dan penarikan kesimpulan (Sugiyono, 2021). Data yang diperoleh dari hasil observasi, wawancara, dan dokumentasi terlebih dahulu diseleksi, dikelompokkan, dan difokuskan sesuai dengan tujuan penelitian. Selanjutnya, data disajikan dalam bentuk uraian naratif yang sistematis sehingga memudahkan proses interpretasi dan identifikasi hubungan antarfenomena yang ditemukan selama penelitian. Tahap akhir dilakukan dengan menarik kesimpulan berdasarkan pola-pola yang muncul dari hasil analisis serta melakukan verifikasi melalui triangulasi untuk memastikan keabsahan dan konsistensi data yang diperoleh.

Pelaksanaan penelitian dilakukan melalui empat tahapan utama. Tahap pertama adalah identifikasi masalah dan studi literatur yang bertujuan untuk memahami fenomena terkait proses penyandaran kapal pada kondisi oseanografi yang tidak normal, khususnya yang dipengaruhi oleh pasang surut dan arus laut (Sufyan et al., 2022; Candra et al., 2025). Tahap kedua adalah pengumpulan data melalui observasi, wawancara, dan dokumentasi selama kegiatan praktik laut di MV Nadhif. Tahap ketiga berupa analisis data secara kualitatif untuk mengidentifikasi berbagai faktor yang memengaruhi keberhasilan proses penyandaran kapal serta upaya yang dilakukan dalam menghadapi kondisi lingkungan yang kurang mendukung. Tahap terakhir adalah penyusunan laporan penelitian secara sistematis dan komprehensif berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan sehingga dapat memberikan gambaran yang jelas mengenai pengaruh pasang surut dan arus kencang terhadap proses penyandaran kapal.

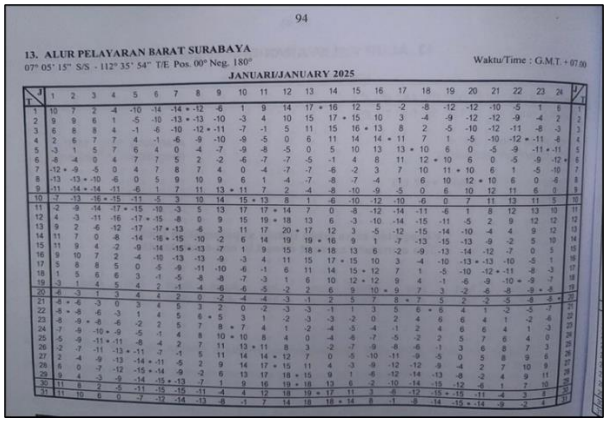
HASIL DAN PEMBAHASAN

Penyajian Data

MV. Nadhif melakukan lego jangkar di Buoy 5 pada 9 Januari 2025 pukul 14.00 WIB dan awalnya dijadwalkan sandar di Dermaga PT Smelting pada 14 Januari 2025 pukul 04.00 WIB. Namun, proses penyandaran mengalami penundaan karena kapal yang sedang berada di dermaga mengalami keterlambatan bongkar muat akibat kerusakan peralatan terminal. Pada 14 Januari 2025 pukul 02.00 WIB, agen kembali menginformasikan bahwa MV. Nadhif harus menunggu karena dermaga belum tersedia. Captain kemudian menjelaskan bahwa apabila kapal belum selesai hingga pukul 10.00 WIB, waktu tunggu akan bertambah karena kondisi arus dan pasang surut di area APBS tidak memungkinkan kapal berlayar dengan aman. Setelah berkoordinasi dengan agen, disepakati bahwa MV. Nadhif mulai melakukan *One Hour Notice* (OHN) pada 15 Januari 2025 pukul 01.00 WIB. Selanjutnya, agen meminta Captain menghubungi Pilot Station Jamuang melalui radio VHF Marine untuk persiapan penyandaran di PT Smelting. Setelah OHN selesai, Captain mengonfirmasi kesiapan kapal kepada Pilot Station Jamuang dan menerima informasi bahwa Pandu 193 sedang menuju kapal menggunakan MP 046.



Gambar 1 Tabel Pasang Surut



Gambar 2 Tabel Arus

Data arus dan pasang surut berdasarkan Gambar 1 dan Gambar 2 merupakan hasil observasi saat kapal MV. Nadhif tiba di area APBS. Data tersebut bertujuan untuk memberikan gambaran terkait kondisi oseanografi yang terjadi.

Analisis Data

1. Stabilitas Kapal

   Fenomena pasang surut merupakan kondisi oseanografi yang secara langsung memengaruhi dinamika permukaan air laut. Perubahan muka air laut akibat siklus pasang dan surut menyebabkan perubahan gaya apung kapal secara periodik. Kondisi tersebut berdampak pada variasi trim dan sarat kapal yang tidak konstan selama proses manuver sandar. Selain itu, arus laut umumnya menguat pada saat pasang maupun surut sehingga memberikan gaya lateral terhadap kapal, terutama ketika kapal bergerak dengan kecepatan rendah pada tahap pendekatan akhir. Secara hidrodinamis, gaya lateral memengaruhi keseimbangan gaya yang bekerja pada lambung kapal, sehingga meningkatkan kecenderungan terjadinya Gerakan menyamping (*sway*) dan perubahan arah haluan (*yaw*).

   Berdasarkan hasil penelitian terhadap proses penyandaran kapal, arus diketahui memberikan pengaruh yang cukup besar terhadap karakteristik manuver kapal, terutama pada tahap pendekatan dengan kecepatan rendah. Peningkatan sudut hanyut (*drift angle*) terjadi akibat interaksi antara arus dan badan kapal sehingga mengurangi efektivitas kemudi dan propulsi dalam mempertahankan stabilitas arah kapal. Oleh karena itu, dukungan eksternal seperti kapal tunda kerap diperlukan untuk menjaga keselamatan dan ketepatan posisi kapal saat proses sandar berlangsung.

2. Jarak Freeboard ke Dermaga

   Perubahan tinggi permukaan laut yang disebabkan oleh siklus pasang surut berdampak langsung terhadap perubahan jarak vertical antara freeboard kapal dan permukaan dermaga. Pada

saat kondisi pasang mencapai puncaknya, selisih ketinggian tersebut cenderung berkurang. Sedangkan pada fase surut maksimum, jarak vertikal menjadi relatif lebih besar. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa hubungan antara kapal dan dermaga bersifat dinamis serta bergantung pada kondisi oseanografi saat proses olah gerak berlangsung.

Dalam kegiatan operasional, arus dengan intensitas tinggi umumnya bertepatan dengan kondisi pasang tertinggi maupun surut terendah. Kondisi tersebut menyebabkan kapal tidak hanya mengalami perubahan posisi secara vertikal akibat naik turunnya permukaan air laut, tetapi juga menerima gaya lateral dari arus yang bekerja pada lambung kapal. Akibatnya, selama tahap pendekatan menuju dermaga, posisi freeboard terhadap struktur sandar mengalami perubahan secara dinamis dan tidak konstan.

3. Risiko Benturan Kapal terhadap Dermaga

   Resiko terjadinya benturan yang tidak terkontrol akan menjadi lebih besar akibat meningkatnya kekuatan arus yang menyebabkan bertambahnya gerakan menyamping (*sway*) sehingga cenderung menggeser posisi kapal, baik mendekati maupun menjauhi sisi dermaga, tergantung pada arah dan intensitas arus yang dominan. Resiko ini semakin tinggi apabila perubahan pasang berlangsung secara cepat sehingga gerak kapal terhadap dermaga menjadi tidak stabil.

4. Efektivitas Tali Tambat

   Efektivitas tali tambat sangat dipengaruhi oleh variasi gaya yang timbul akibat pasang surut dan arus laut yang kuat. Fluktuasi tinggi muka air laut selama siklus pasang surut menyebabkan pergeseran posisi vertikal kapal terhadap bollard dermaga, sehingga memengaruhi sudut kerja serta panjang efektif tali tambat. Kondisi ini berdampak pada distribusi beban yang diterima oleh masing-masing tali yang berubah-ubah mengikuti fluktuasi ketinggian air. Di sisi lain, arus dengan intensitas tinggi menimbulkan gaya lateral tambahan yang bekerja secara dinamis pada badan kapal. Ketika kapal berupaya mempertahankan posisinya di dermaga, gaya tersebut diteruskan ke sistem tambat dalam bentuk peningkatan tegangan. Fenomena ini menunjukkan bahwa beban pada tali tambat tidak bersifat statis, melainkan berubah sesuai interaksi kapal dan kondisi lingkungan sekitarnya.

Gambar 1 memberikan informasi bahwa pada tanggal tersebut kecepatan arus berkisar antara -16 cm/s hingga +19cm/s. Tanda positif dan negatif menunjukkan arah arus yang berlawanan mengikuti siklus pasang surut. Tanda positif memberikan tanda bahwa arus bergerak ke dalam pelabuhan, sedangkan tanda negatif menunjukkan bahwa arus bergerak keluar pelabuhan. Hal tersebut menunjukkan bahwa terjadi perubahan arah arus dalam rentang waktu relatif singkat dari negatif ke positif sehingga berpengaruh terhadap proses sandar kapal. Perubahan tersebut dapat mendorong kapal secara tiba-tiba ke arah berlawanan bahkan menyebabkan *drift*. Untuk mengantisipasi kondisi tersebut, beberapa langkah yang dapat dilakukan antara lain:

1. Penyesuaian Sudut Pendekatan Kapal

   Arus maksimum yang mencapai +19cm/s menyebabkan pendekatan terhadap dermaga tidak dilakukan tegak lurus penuh, namun perlu menggunakan sudut koreksi kecil melawan arus. Tujuannya untuk mengantisipasi *drift*, menjaga garis pendekatan tetap stabil, dan menghindari benturan mendadak.

2. Penggunaan Tugboat

   Tugboat diperlukan untuk menahan buritan agar tidak terseret, membantu mengontrol *sway*, dan mengurangi beban kerja mesin induk.

3. Penambahan Tali Spring

   Penggunaan forward dan aft spring line sangat diperlukan untuk menahan gerakan longitudinal akibat arus, mencegah kapal bergerak maju/mundur saat arus berubah arah, dan menstabilkan posisi sebelum semua tali terpasang. Spring line menjadi kunci pada kondisi arus pasang surut yang berubah.

4. Koordinasi dengan Pilot dan Mooring Gang

   Data arus menunjukkan perubahan arah dalam periode yang singkat. Oleh karena itu, pilot harus memberikan informasi arah arus actual, mooring gang disiagakan lebih awal, dan komunikasi radio harus aktif selama proses sandar berlangsung.

Pembahasan

1. Pengaruh Pasang Surut terhadap Proses Penyandaran Kapal

Berdasarkan hasil analisis data pasang surut dan kondisi gelombang pada periode penelitian, diketahui bahwa fluktuasi tinggi muka air laut serta peningkatan energi gelombang memberikan pengaruh signifikan terhadap proses penyandaran kapal. Secara teoritis, perubahan elevasi permukaan air akibat pasang surut akan memengaruhi posisi vertikal kapal terhadap dermaga, sedangkan gelombang tinggi meningkatkan respons gerakan dinamis kapal. Menurut penelitian terbaru dalam jurnal Ocean Engineering (2021), peningkatan tinggi gelombang secara langsung meningkatkan amplitudo gerakan *heaving* dan *rolling* kapal, terutama pada kondisi kapal berada dalam fase pendekatan akhir menuju dermaga. Kondisi ini menyebabkan kontrol kemudi dan mesin menjadi lebih sensitif karena kapal cenderung mengalami deviasi posisi secara periodik.

Hasil penelitian berikut menunjukkan bahwa ketika kondisi pasang tinggi yang disertai gelombang besar, maka:

a. Kapal mengalami peningkatan gerakan vertikal *(heaving)*, sehingga jarak freeboard terhadap dermaga berubah secara dinamis.
b. Terjadi peningkatan gerakan lateral akibat kombinasi gelombang dan gaya pantul dari struktur dermaga.
c. Risiko benturan meningkat karena kecepatan relatif kapal terhadap dermaga bertambah akibat dorongan gelombang.

Temuan ini sejalan dengan studi dalam Journal of Marine Science and Engineering (2021) yang menyatakan bahwa pada kondisi gelombang tinggi, gaya tumbukan kapal terhadap dermaga dapat meningkat secara signifikan apabila proses pendekatan tidak dilakukan dengan kecepatan minimum yang terkontrol. Selain itu, perubahan elevasi akibat pasang surut juga memengaruhi efektivitas dermaga dan konfigurasi tali tambat. Pada saat pasang maksimum, sudut kerja tali tambat menjadi lebih horizontal, sehingga distribusi beban pada *spring line* dan *breast line* berubah. Jika tidak dilakukan penyesuaian tegangan, beban dinamis dapat terkonsentrasi pada satu titik tambat.

2. Pengaruh Arus Laut terhadap Proses Sandar Kapal

Berdasarkan hasil analisis data manuver kapal yang dikumpulkan selama penelitian, pengaruh arus laut terhadap proses penyandaran dapat diklasifikasikan berdasarkan dua parameter utama, yaitu kecepatan arus (dalam satuan knot) dan arah arus relatif terhadap sumbu memanjang kapal.

Tabel 1 Kategori Kecepatan Arus Laut dan Rekomendasi Tindakan Penyandaran

Kecepatan Arus (knot)	Kategori	Tingkat Bahaya	Rekomendasi Tindakan
< 0,5	Arus Lemah	Rendah	Sandar normal, tanpa tug tambahan
0,5 – 1,0	Arus Sedang	Sedang	Perhatian ekstra, pertimbangkan posisi haluan
1,0 – 2,0	Arus Kuat	Tinggi	Wajib tug assist, koordinasi intens dengan pandu
> 2,0	Arus Sangat Kuat	Sangat Tinggi	Tunda atau batalkan manuver penyandaran

Dari tabel di atas, terlihat bahwa batas kritis kecepatan arus yang masih dapat ditoleransi untuk proses penyandaran tanpa bantuan tug tambahan adalah sebesar 0,5 knot. Di atas batas tersebut, diperlukan penyesuaian prosedur yang semakin kompleks seiring meningkatnya kecepatan arus. Temuan ini sejalan dengan standar operasional yang dikeluarkan oleh *International Maritime Organization (IMO)* dalam *Maritime Safety Committee (MSC) Circular* mengenai prosedur pilot di perairan terbatas.

Selain kecepatan, arah arus memiliki peran yang sama pentingnya dalam menentukan tingkat kesulitan manuver. Arus yang bergerak searah sumbu memanjang kapal (arus memanjang) umumnya dapat dikompenasi dengan pengaturan kecepatan mesin dan penggunaan kemudi. Sebaliknya, arus yang bergerak tegak lurus (arus melintang atau *cross-current*) jauh lebih berbahaya karena menghasilkan gaya lateral yang bekerja pada seluruh bidang proyeksi lambung kapal dan sulit dikompensasi hanya dengan kemudi atau mesin kapal.

Beberapa temuan utama mengenai pengaruh arus laut terhadap proses penyandaran kapal pada kondisi oseanografi yang tidak normal:

a. Arus laut dengan kecepatan di atas 0,5 knot sudah mulai memberikan pengaruh yang terukur terhadap lintasan manuver kapal, sementara kecepatan arus di atas 1,0 knot dikategorikan sebagai kondisi kritis yang memerlukan prosedur adaptif dan bantuan tug tambahan.
b. Arus melintang *(cross-current)* terbukti jauh lebih berbahaya dibandingkan arus memanjang karena menghasilkan gaya lateral yang sulit dikompensasi dan dapat menyebabkan deviasi lintasan yang signifikan dalam waktu singkat.
c. Terdapat korelasi positif yang kuat antara kecepatan arus melintang dan penambahan waktu manuver, dengan setiap kenaikan 0,5 knot kecepatan arus berkontribusi pada rata-rata penambahan waktu 8 hingga 12 menit.
d. Ketidaktersediaan data arus *real-time* merupakan kendala operasional utama yang dihadapi pandu laut, dan menjadi faktor yang berkontribusi terhadap kegagalan manuver dalam beberapa kejadian yang dianalisis.
e. Koordinasi yang efektif antara pilot, nakhoda, dan operator tug—yang dimulai dari tahap perencanaan manuver sebelum kapal memasuki area dermaga—terbukti menjadi faktor penentu keberhasilan penyandaran pada kondisi arus kuat.
f. Implementasi prosedur adaptif yang mencakup pendekatan dari sisi melawan arus, penggunaan sudut kompensasi, dan pengerahan tug secara optimal dapat secara signifikan mengurangi risiko kegagalan manuver meskipun kondisi arus berada di luar parameter normal.

3. Upaya Menghadapi Arus Kencang dalam Proses Sandar Kapal

Berdasarkan hasil analisis data arus, diketahui bahwa kecepatan arus yang tinggi memberikan gaya lateral tambahan pada lambung kapal. Secara hidrodinamika, gaya arus yang bekerja pada kapal sebanding dengan luas bidang terendam dan kuadrat kecepatan arus. Oleh karena itu, peningkatan kecepatan arus secara signifikan akan meningkatkan gaya dorong horizontal yang dapat menyebabkan kapal mengalami drift dari jalur pendekatan Zhang et al. (2022). Pada kondisi arus di atas kategori sedang, kapal yang melakukan manuver sandar tanpa koreksi sudut pendekatan berisiko mengalami deviasi posisi yang dapat menyebabkan benturan pada bagian haluan atau buritan.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa beberapa upaya operasional yang efektif dalam menghadapi arus kencang meliputi:

a. Penyesuaian sudut pendekatan kapal melawan arah arus untuk mengompensasi gaya drift.
b. Pengurangan kecepatan secara bertahap untuk menjaga kontrol manuver tetap stabil.
c. Penggunaan *tugboat* sebagai pengendali tambahan pada haluan atau buritan.
d. Penambahan atau pengaturan ulang tali spring guna menahan gerakan longitudinal kapal.

Temuan ini sejalan dengan penelitian dalam Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering (2023) yang menyatakan bahwa konfigurasi *mooring* yang tepat serta distribusi tegangan tali yang seimbang mampu mengurangi gerakan kapal akibat arus hingga tingkat yang lebih aman. Selain aspek teknis, koordinasi antara nahkoda, pandu, dan mooring crew juga menjadi faktor penting dalam keberhasilan proses sandar pada kondisi arus kencang. Komunikasi yang efektif memungkinkan penyesuaian waktu lempar tali dan pengencangan tali dilakukan secara sinkron dengan kondisi arus yang berubah.

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi pasang surut dan arus laut merupakan faktor oseanografi yang memberikan pengaruh signifikan terhadap proses penyandaran kapal. Fluktuasi pasang surut menyebabkan perubahan posisi vertikal kapal terhadap dermaga yang berdampak pada jarak freeboard, distribusi beban tali tambat, serta tingkat stabilitas kapal selama manuver sandar. Sementara itu, arus laut yang berubah arah dan meningkat kecepatannya terbukti memengaruhi karakteristik manuver kapal melalui peningkatan gaya lateral, sudut hanyut (*drift angle*), serta risiko benturan terhadap dermaga. Untuk menghadapi kondisi tersebut, diperlukan penerapan prosedur adaptif berupa penyesuaian sudut pendekatan kapal, penggunaan tugboat secara optimal, penambahan tali spring, serta koordinasi yang efektif antara nahkoda, pandu, dan mooring gang. Temuan ini menegaskan bahwa keberhasilan proses penyandaran tidak hanya ditentukan oleh kemampuan olah gerak kapal, tetapi juga oleh kemampuan awak kapal dalam mengantisipasi perubahan kondisi oseanografi secara tepat dan berkelanjutan.

Penelitian ini memiliki keterbatasan karena hanya dilakukan pada satu objek penelitian, yaitu MV Nadhif, sehingga hasil yang diperoleh belum dapat digeneralisasikan untuk seluruh jenis kapal dan kondisi pelabuhan yang berbeda. Selain itu, penelitian menggunakan pendekatan kualitatif berbasis studi kasus sehingga belum mengukur secara kuantitatif besarnya pengaruh masing-masing parameter oseanografi terhadap keberhasilan penyandaran kapal. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk melibatkan lebih banyak kapal, pelabuhan, serta data hidrodinamika yang lebih rinci agar diperoleh hasil yang lebih komprehensif. Secara praktis, hasil penelitian ini dapat menjadi bahan pertimbangan bagi perusahaan pelayaran, pandu pelabuhan, dan operator terminal dalam menyusun prosedur penyandaran yang lebih adaptif terhadap kondisi arus dan pasang surut guna meningkatkan keselamatan, efisiensi operasional, dan pengurangan risiko kecelakaan selama proses sandar kapal.

REFERENSI

Bai, X., Zhang, Q., Li, Y., Yang, L., & Zhang, H. (2022). Research on the evaluation index system of autonomous ship berthing and unberthing function. *Applied Mathematics, Modeling and Computer Simulation*. https://doi.org/10.3233/ATDE221058

Candra, E., Nurrahman, Y. A., Kushadiwijayanto, A. A., & Agustina, S. (2025). Karakteristik pasang surut dan arus pasang surut di Pesisir Pulau Maya, Kabupaten Kayong Utara, Kalimantan Barat. *Oseanologia, 4*(2). https://doi.org/10.26418/jose.v4i2.96170

Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2023). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (6th ed.). Sage Publications.

Creswell, J. W., & Poth, C. N. (2023). *Qualitative inquiry and research design: Choosing among five approaches* (5th ed.). Sage Publications.

Dewi, A. K., Bintari, P. N., & Hakim, Z. (2025). Analisis pengaruh angin dan arus terhadap olah gerak kapal pada saat melakukan sandar di pelabuhan. *Journal Marine Inside, 7*(2), 140–146. https://doi.org/10.62391/ejmi.v7i2.145

Emzir. (2022). *Metodologi penelitian kualitatif: Analisis data* (Rev. ed.). Rajawali Pers.

Felski, A., & Zwolak, K. (2022). Advances in ship berthing and unberthing safety assessment and navigation support systems. *Journal of Marine Science and Engineering, 10*(11), 1–18.

Han, X., Dong, S., & Wang, Y. (2021). Interaction between oblique waves and arc-shaped breakwater: Wave action on the breakwater and wave transformation behind it. *Ocean Engineering, 234*, 109252. https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2021.109252

Hogi, F., Syam, M., & Limbong, S. (2021). Analisis pengaruh angin dan arus terhadap olah gerak USV. *FULMAR Andromeda, 5*(1).

Kusumawati, L. (2025). *Pengantar oseanografi*. Open Press.

Pambayun, F. D., Rahmawati, M., & Purwitasari, D. (2024). Analisis penanggulangan risiko kecelakaan kerja proses sandar kapal di Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya. *Jurnal Bintang Pendidikan Indonesia, 2*(4).

Putra, B. D. J. Y. (2023). *Pengaruh teknik olah gerak kapal dan cuaca terhadap posisi sandar kapal dengan kondisi perairan es di sekitarnya* (Skripsi). Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang.

Rusdin, A., Oshikawa, H., Divanesia, A. M. A., & Hatta, M. P. (2024). Analysis and prediction of tidal measurement data from temporary stations using the least squares method. *Civil Engineering Journal, 10*(2). https://doi.org/10.28991/CEJ-2024-010-02-03

Sari, M., & Hayati, R. (2024). Efektivitas program pendaftaran tanah sistematis lengkap (PTSL) pada Kantor Desa Mangkusip Kecamatan Tanta Kabupaten Tabalong. *JAPB, 5*(2), 530–541.

Setyowati, R. W. W., & Zahrina W., N. (2024). Analisis tipe pasang surut menggunakan metode Admiralty (studi kasus: Perairan Sorong, Papua Barat). *Jurnal Hidrografi Indonesia, 6*(1). https://doi.org/10.62703/jhi.v6i1.58

Sudaryono. (2022). *Metodologi penelitian kuantitatif, kualitatif, dan mixed method* (3rd ed.). Rajawali Pers.

Sufyan, A., Akhwady, R., Risandi, J., & Indriasari, V. Y. (2022). Kajian pasang surut dan arus di muara untuk pengembangan Pelabuhan Satui, Kalimantan Selatan. *Jurnal Kelautan: Indonesian Journal of Marine Science and Technology, 14*(3). https://doi.org/10.21107/jk.v14i3.11722

Sugiyono. (2021). *Metode penelitian kuantitatif, kualitatif, dan R&D* (2nd ed.). Alfabeta.

Windupranata, W., Nusantara, C. A. D. S., & Nuraghnia, A. (2024). Variasi spasial karakteristik pasang surut di Laut Jawa berbasiskan model pasut global TPXO9v5. *Buletin Oseanografi Marina, 13*(2). https://doi.org/10.14710/buloma.v13i2.59689

Yan, M., Zheng, Z., Sun, Z., Ma, X., & Dong, G. (2023). Numerical evaluation of the tension mooring effects on the hydrodynamic response of moored ships under harbor oscillations. *Ocean Engineering, 288*, 116127. https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2023.116127

Zhang, Y., Liu, C., Zhang, N., Ye, Q., & Su, W. (2022). Finite-time controller design for the dynamic positioning of ships considering disturbances and actuator constraints. *Journal of Marine Science and Engineering, 10*(8), 1034. https://doi.org/10.3390/jmse10081034