

STUDI PENDAHULUAN PENGARUH ARUS LAUT MUSIMAN TERHADAP WAKTU TEMPUH KAPAL MELALUI PERAIRAN SELAT LOMBOK

PRELIMINARY STUDY OF THE INFLUENCE OF SEASONAL OCEAN CURRENTS ON VESSEL TRAVEL TIME THROUGH THE WATERS OF THE LOMBOK STRAIT

¹Harun I. Akbar*, ²Gentio Harsono, ¹Bayu Sutejo, ¹Teguh A. Pianto, ¹Aninda W. Rudiastuti, ¹Wiwin Ambarwulan, ¹Lena Sumargana, ¹Hari Priyadi, ¹Nurul Hidayat, ¹Agus Y. Sugama

¹Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN)

²Pusat Hidrografi dan Oseanografi TNI Angkatan Laut (Pushidrosal)

*Koresponden Penulis: haru004@brin.go.id

Abstract

Pemantauan karakteristik air laut di Selat Lombok sangat penting karena merupakan jalur pelayaran yang sibuk. Sejak 1 Juli 2020, Indonesia berwenang mengatur alur pelayaran menggunakan *Traffic Separation Scheme* (TSS). Banyak faktor yang mempengaruhi kondisi iklim di Selat Lombok, diantaranya adalah angin muson yang menyebabkan kecepatan dan arah arus berbeda. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi karakteristik arus di Selat Lombok, menganalisis data *Automatic Identification System* (AIS) di kawasan tersebut, dan menganalisis pengaruh arus laut terhadap kecepatan dan arah kapal. Data arus laut yang bersumber dari Marine Copernicus dengan periode satu tahun (Oktober 2020 – September 2021) digunakan untuk menganalisis pola dan karakteristik arus. Data kecepatan dan jenis kapal diperoleh dengan menggunakan data AIS yang bersumber dari vessel finder. Dilakukan analisis overlay data arus dan lalu lintas laut, kemudian geovisualisasi data diimplementasikan dengan menggunakan software ODV. Sedangkan simulasi data kapal dan arus menggunakan Statfit dan Promodel. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pergerakan arus sangat dipengaruhi oleh periode monsun, dimana kecepatan arus yang kuat terjadi pada musim barat dengan periode yang lebih singkat dibandingkan musim lainnya. Kecepatan dan arah arus mempunyai peranan dalam mengubah kecepatan kapal, yang kemudian dapat menjadi bahan pertimbangan dalam menentukan jadwal dan rute kapal demi alasan keamanan dan keselamatan transportasi.

Kata Kunci: Sistem identifikasi otomatis, musim hujan, promodel, penginderaan jauh, arus laut, kapal

Abstract

Monitoring seawater characteristics in the Lombok Strait is very important because it is a busy shipping lane. Since July 1, 2020, Indonesia has the authority to regulate shipping lanes using the Traffic Separation Scheme (TSS). Many factors affect the climatic conditions in the Lombok Strait, including the monsoon winds that cause different current speeds and directions. The purpose of this study is to identify the characteristics of currents in the Lombok Strait, analyze Automatic Identification System (AIS) data in this area, and analyze the effect of ocean currents on ship speed and direction. Ocean current data sourced from Marine Copernicus with a one-year period (October 2020 - September 2021) was used to analyze current patterns and characteristics. Speed and ship type data were obtained using AIS data sourced from the vessel finder. Overlay analysis of current and marine traffic data was carried out, then geovisualization of data implemented by using ODV software. Meanwhile, the simulation of ship and current data used Statfit and Promodel. The results showed that the movement of currents is strongly influenced by the monsoon period, where strong current speeds occur in the west season with a shorter period compared to other seasons. The speed and direction of the current have a role in changing the speed of the ship, which can then be taken into consideration in determining the schedule and route of the ship for reasons of transportation security and safety.

Keywords: Automatic identification system, monsoon, promodel, remote sensing, ocean currents, ship

1. PENDAHULUAN

Selat Lombok merupakan selat yang penting di Indonesia karena fungsi pelayarannya, tidak hanya untuk jalur domestik tetapi juga termasuk jalur internasional. Selain itu, daerah ini merupakan lintasan utama alur pelayaran Indonesia yang terkenal memiliki arus laut yang kuat. Di area ini, kapal berjadwal yang sering beroperasi adalah kapal peti kemas dan kapal penyeberangan, sehingga diperlukan regulasi dan aturan untuk mencapai keselamatan dan keamanan. Salah satunya adalah *Traffic Separation Scheme* (TSS) yang di dapatkan dari informasi yang di keluarkan oleh Direktorat Jenderal Perhubungan Laut yang beroperasi sejak 1 Juli 2020. TSS mengatur sistem rute lalu lintas yang regulasinya berada di bawah naungan *International Maritime Organization* (IMO).

Permasalahan yang terjadi adalah kecelakaan di area TSS ini pada pertengahan

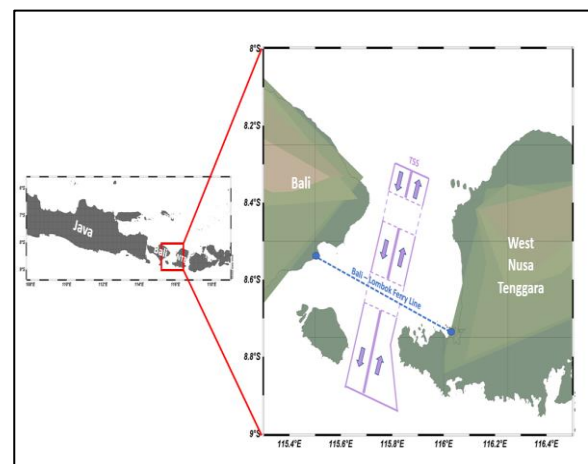
Simulasi numerik navigasi kapal dapat menghitung secara kuantitatif sudut *drift* serta jarak di mana kapal dipengaruhi oleh arus laut (Chen, dkk., 2015). Untuk mengetahui data kecepatan kapal digunakan data *Automatic Identification System* (AIS). AIS adalah sistem pelacakan otomatis di atas kapal untuk secara otomatis mengirimkan informasi tentang kapal dan otoritas pantai (Zhou, dkk., 2020).

Perlambatan dan percepatan pelayaran kapal dipengaruhi oleh dinamika laut (Hasbullah, dkk., 2017). Oleh karena itu, akan sangat bermanfaat apabila karakteristik arus dilibatkan dalam penentuan rute, sehingga dapat mengambil keuntungan dari arus laut dan menghindari arus ketika mereka berlawanan (Chang, dkk., 2013). Berdasarkan prinsip ini, penelitian ini bertujuan untuk: (1) Mengidentifikasi karakteristik arus di Perairan Selat Lombok, (2) Menganalisis data AIS di area ini, dan (3) Menganalisis pengaruh arus laut terhadap kecepatan dan arah kapal. Manfaat dari

November 2020 antara kapal kontainer Cape Callia dengan kapal nelayan Kerinci Indah 02 dengan 7 orang korban yang merupakan anak buah kapal dan nahkoda. Hal ini menginspirasi penulis untuk menganalisa pengaruh arus laut terhadap kecepatan kapal. Hal yang penting adalah mengetahui waktu tempuh dari kapal selama berada di Selat Lombok. Untuk melakukan pelayaran dengan aman dan ekonomis, informasi cuaca dan informasi laut sangat penting untuk perencanaan rute yang optimal (Chen, dkk., 2015). Manfaat dari studi pendahuluan ini yaitu menganalisis pengaruh arus laut secara musiman terhadap waktu tempuh kapal di sepanjang jalur TSS, hal ini dapat digunakan sebagai masukan pembuat keputusan untuk memberikan izin berlayar kepada kapal untuk masuk dan keluar dari jalur TSS dan mengurangi kecelakaan yang mungkin terjadi (Findley, dkk., 2018).

penelitian ini adalah informasi mengenai waktu tempuh kapal akibat pengaruh kecepatan arus dari 4 musim yang berbeda untuk prediksi rute dan penjadwalan waktu layer kapal yang lebih baik.

2. METODE



Gambar 1. Lokasi riset beserta ilustrasi jalur pelayaran di Selat Lombok

Penelitian ini dilakukan di Selat Lombok pada posisi 115,3° - 116,5° E dan 8° - 9° S

(Gambar 1). Batas geografis Selat Lombok berbatasan dengan Pulau Bali di sebelah Barat, Nusa Tenggara Timur di sebelah Timur, Pulau Penida hingga Samudera Hindia di sebelah Selatan, dan Laut Jawa di sebelah Utara Selat Lombok memiliki kedalaman maksimum 1400 m dengan total panjang selat 60 km dan lebar 18 km (Rustam, 2018).

Data yang dikumpulkan dalam penelitian ini adalah data arus laut bulanan dari bulan Oktober 2020 hingga September 2021 menggunakan *Marine Copernicus* dengan resolusi spasial 0,08° atau 9,25 km. Selain itu, data kecepatan kapal yang berkisar antara 8-15 knot dan jenis kapal diperoleh melalui AIS dari *vessel finder*.

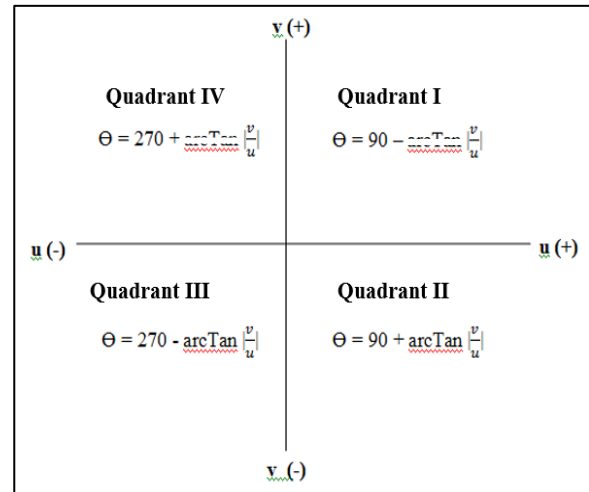
Data arus dianalisis secara musiman berdasarkan perodesasi *Monsoon* yang umum digunakan di Indonesia yaitu:

- Musim Barat: pada bulan Desember, Januari, dan Februari, Musim Peralihan 1: pada bulan Maret, April, dan Mei,
- Musim Timur: pada bulan Juni, Juli, dan Agustus, serta
- Musim Peralihan 2: pada bulan September, Oktober, dan November.

Data arus permukaan dari *Marine Copernicus* dengan format .nc dikonversi ke dalam format *-ascii* dengan menggunakan perangkat lunak ODV. Kecepatan arus laut ke arah Timur (u) dan kecepatan arus laut ke arah Utara (v) dengan satuan m/s dihitung untuk membentuk vektor (R) dengan rumus dalam Persamaan 1.

$$R = \sqrt{(v^2 + u^2)} \dots\dots\dots(1)$$

Adapun penggambaran vektor arus dihitung dari data (u , v) yang diperoleh dari *Marine Copernicus* seperti ditampilkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Kuadran arah arus laut

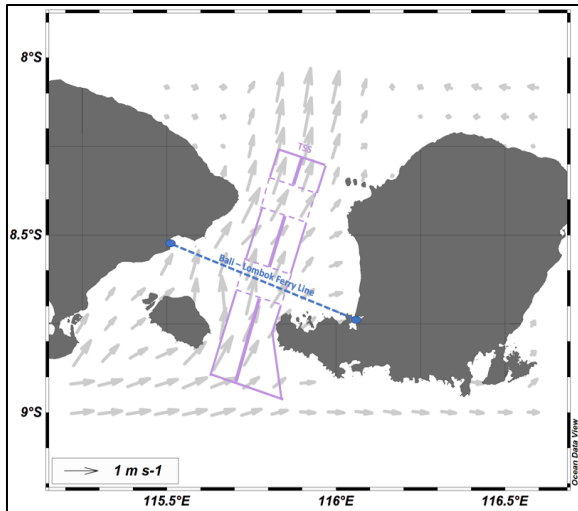
Data yang diolah dikelompokkan berdasarkan musim dengan menggunakan data bulanan dari Oktober 2020 hingga September 2021. Garis TSS, jalur kapal feri, dan arah kapal yang diperoleh dari *vessel finder* dan telah ditunjukkan pada Gambar 1. Kecepatan kapal di area ini dilaporkan sekitar 8-15 knot (4,116-7,717 m/s). Analisis data dilakukan dengan menggunakan periode monsun: Musim Barat pada Desember - Februari, Musim Peralihan 1 pada Maret - Mei, Musim Timur pada Juni - Agustus, serta Musim Peralihan 2 yang terjadi pada September-November.

Sebaran karakteristik arus laut kemudian dianalisis menggunakan aplikasi *Statfit* yang berfungsi untuk menganalisis tipe distribusi statistik data arus sehingga pergerakan kapal yang melewati TSS dapat disimulasikan menggunakan Promodel untuk mengetahui berapa lama waktu tempuh kapal yang dibutuhkan untuk melewati jalur TSS tersebut. Selanjutnya dilakukan analisis pendahuluan untuk mengetahui bagaimana pengaruh arus terhadap pergerakan kapal feri dari Bali-Lombok.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

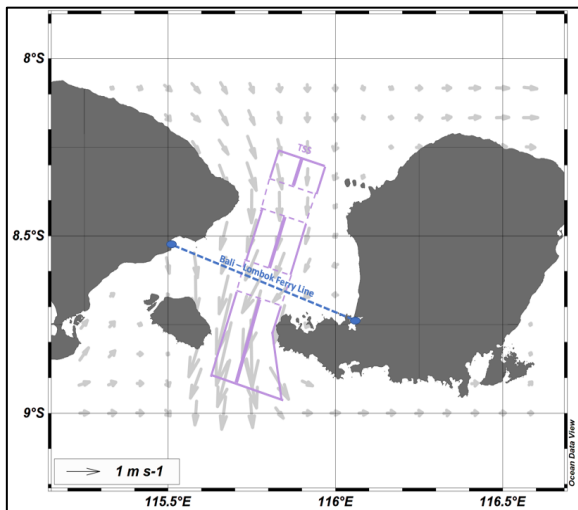
Karakteristik data arus laut musiman di Selat Lombok ditunjukkan pada Gambar 3 hingga Gambar 6. Selama Musim Barat, kecepatan arus cenderung bergerak dari

Samudera Hindia menuju Laut Jawa dengan kecepatan arus berkisar antara 0,059-1,152 m/s. Kecepatan arus meningkat ketika memasuki Selat Lombok (Gambar 3).



Gambar 3. Kecepatan arus di Selat Lombok Pada Musim Barat

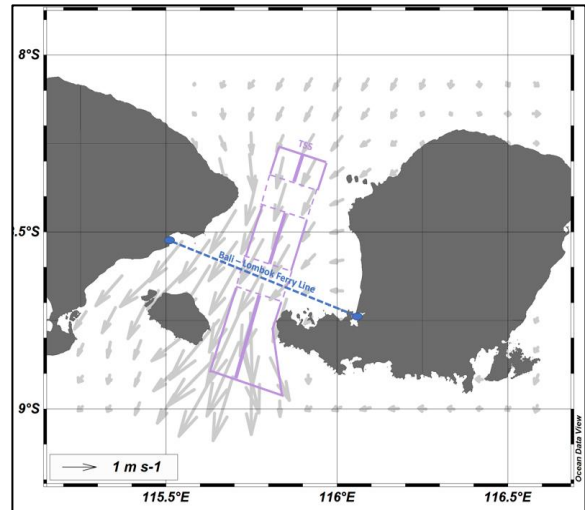
Musim Barat yang terjadi di Selat Lombok relatif lebih singkat dibanding musim lainnya. Hal ini ditandai oleh pergerakan arus laut musim lainnya yang dapat pada Gambar 4, 5, dan 6.



Gambar 4. Kecepatan arus di Selat Lombok pada Musim Peralihan 1

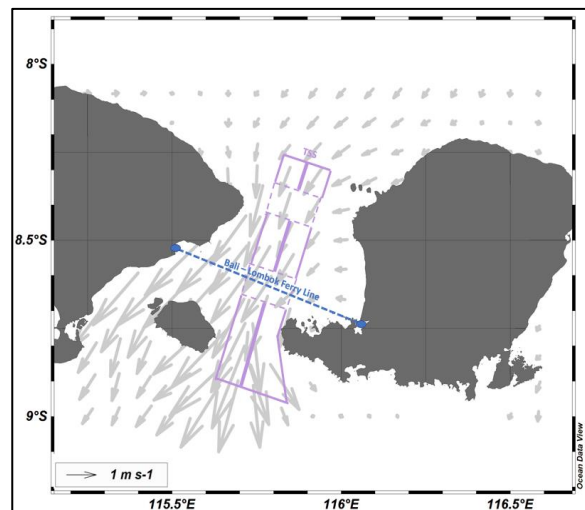
Selama Musim Peralihan 1, kecepatan arus cenderung bergerak dari Laut Jawa menuju Samudera Hindia dengan kecepatan arus berkisar antara 0,356-1,954 m/s

Kecepatan arus meningkat ketika memasuki Selat Lombok.



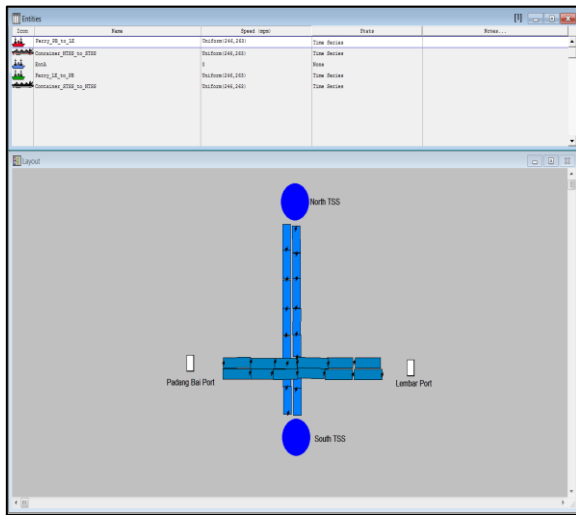
Gambar 5. Kecepatan Arus di Selat Lombok Pada Musim Timur

Selama Musim Timur, kecepatan arus cenderung bergerak dari Laut Jawa menuju Samudera Hindia dengan kecepatan arus berkisar antara 0,043-2,130 m/s. Kecepatan arus meningkat ketika memasuki Selat Lombok.



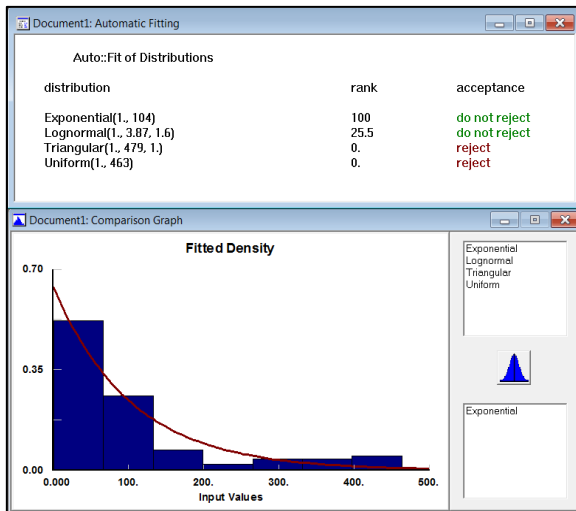
Gambar 6. Kecepatan Arus di Selat Lombok pada Musim Peralihan 2

Proses selanjutnya adalah simulasi model dengan menggunakan promodel. Lokasi ditentukan oleh posisi TSS Utara, Posisi TSS Selatan, pelabuhan Padang Bai, pelabuhan Lembar, dan kecepatan arus dari masing-masing data yang tersedia. *Layout* simulasi model dapat dilihat pada Gambar 7.



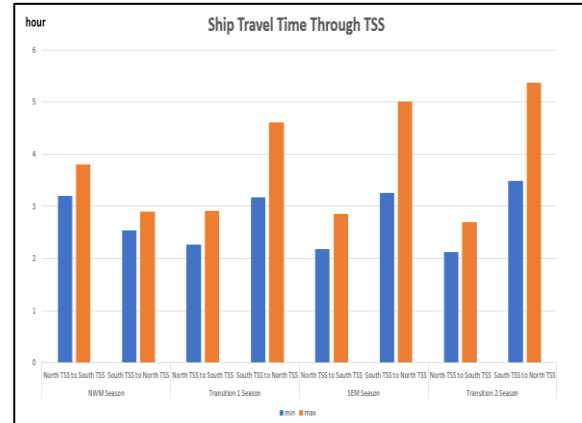
Gambar 7. Tata letak simulasi model

Setelah itu, data arus dari *Marine Copernicus* diolah dengan menggunakan *Staffit* untuk melihat sebaran data di lokasi penelitian. Contoh data kecepatan arus (mpm) pada Musim Barat dapat dilihat pada Gambar 8. Perhitungan ini juga dilakukan pada Musim Peralihan 1, Musim Timur, dan Musim Peralihan 2.



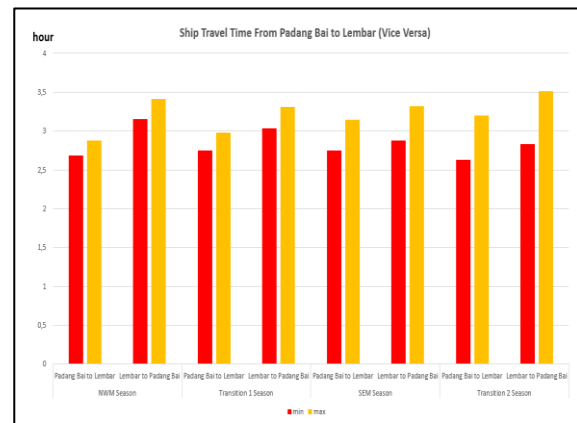
Gambar 8. Distribusi data arus

Hasil ini digunakan sebagai inputan model simulasi untuk mendapatkan kecepatan arus yang dinamis namun masih dalam batas-batas data. Garis TSS adalah sekitar 64,75 km. Rentang waktu tempuh kapal selama melewati Selat Lombok dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Waktu tempuh kapal melewati TSS

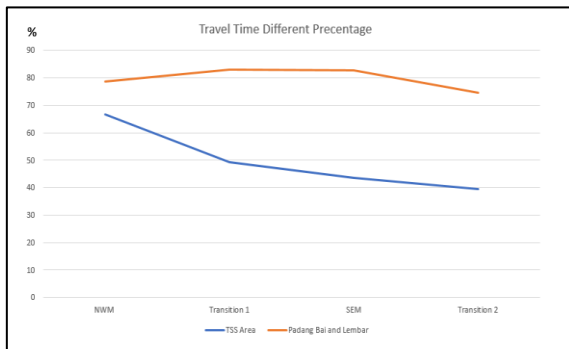
Pengolahan data yang sama juga dilakukan untuk menentukan waktu tempuh kapal dari Padang Bai - Bali ke Lembar - Lombok (sebaliknya) dengan jarak antar pelabuhan sekitar 64 km (Gambar 10).



Gambar 10. Waktu tempuh kapal melalui Teluk Padang - Pelabuhan Lembar.

Langkah terakhir adalah menghitung deviasi waktu tempuh kapal setiap musim dari TSS Utara ke Selatan dan Teluk Padang ke Pelabuhan Lembar (dan sebaliknya). Hasil perhitungan dapat dilihat pada Gambar 11. Hasil ini digunakan sebagai masukan kepada operator pelabuhan untuk menjadwalkan arus kapal di sekitar area ini. Nilai yang mendekati 100% menunjukkan waktu tempuh kapal dengan kapal dari arah berlawanan saling mendekat. Sedangkan nilai yang lebih rendah menunjukkan waktu tempuh kapal berbeda jauh sehingga

estimasi waktu yang diperoleh tidak sama meskipun berlayar di area yang sama.



Gambar 11. Perbedaan waktu perjalanan kapal.

Dalam penelitian ini, ditemukan hasil perbedaan kecepatan dan arah pada setiap musim. Pada saat Musim Barat, arus yang mengarah ke Utara sangat membantu pelayaran dari Samudera Hindia menuju Laut Jawa, berbeda dengan musim lainnya. Dari hasil tersebut, diketahui pula bahwa pada Oktober 2020 - September 2021, Musim Barat yang terjadi lebih pendek dibandingkan dengan Musim Timur. Ditandai dengan arah arus yang dominan ke Musim Timur.

Waktu tempuh kapal di TSS memiliki selisih waktu tempuh yang cukup tinggi (43,5 - 66,6%), dibandingkan dengan kapal yang berlayar dari Bali menuju Lombok yang memiliki kesamaan waktu tempuh (74,6 - 83%). Hal ini terjadi karena arah arus yang mendorong ke arah Utara dan Selatan secara dominan. Sehingga TSS sangat membantu untuk mengatur kapal di area ini. Ketika TSS diimplementasikan, semua kapal yang berlayar di selat ini harus sepenuhnya mematuhi *COLREG 1972 Rule 10*, dan pihak berwenang (dalam hal ini, pemerintah Indonesia) harus memasang sistem pemantauan untuk menjamin keselamatan navigasi (Sunaryo, dkk., 2015).

Simulasi model sangat penting dilakukan untuk merepresentasikan kondisi yang sebenarnya (Dachyar, 2012). Dua jenis lokasi khusus yang menyediakan pergerakan serta melakukan fungsi penahanan dan operasi adalah antrian dan konveyor.

Konveyor dapat bersifat menumpuk atau tidak menumpuk dan memiliki kecepatan dan jarak muatan tertentu (Heflin and Harrell, 1998). Simulasi arah dan kecepatan arus menggunakan jenis konveyor dengan distribusi eksponensial. Berdasarkan penelitian sebelumnya, diketahui bahwa teknik pemodelan simulasi merupakan salah satu metode yang paling efektif dalam analisis kapasitas operasi terminal yang terdiri dari proses stokastik.

Penelitian lebih lanjut perlu dilakukan untuk meningkatkan kualitas hasil studi. Data yang perlu dikumpulkan untuk penelitian lebih lanjut antara lain: kecepatan aktual kapal, jenis kapal, kapasitas kapal, waktu di pelabuhan, ukuran dan bentuk kapal, serta berbagai data yang berhubungan dengan batas kecepatan kapal. Pada kapal penyeberangan, aktivitas antrian selama di pelabuhan juga penting untuk diamati. Untuk setiap kendaraan, pencatatan data berikut penting dilakukan (Özkan, dkk., 2016) yakni (1) Deskripsi kendaraan secara umum (untuk memungkinkan pelacakan setiap kendaraan saat melewati antrian); (2) Waktu kedatangan dan keberangkatan (untuk memungkinkan penghitungan total waktu dalam antrian dan pengaruh waktu dalam sehari terhadap panjang antrian atau waktu tunggu); (3) Jumlah dalam antrian (untuk memungkinkan perkiraan efek posisi antrian terhadap waktu tunggu); (4) Jumlah feri hingga keberangkatan (untuk memungkinkan evaluasi efek posisi antrian terhadap feri yang dinaiki); (5) Keberangkatan antrian (untuk memungkinkan penghitungan kendaraan yang awalnya memasuki antrian, namun kemudian keluar sebelum naik ke kapal).

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil studi pendahuluan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa karakteristik arah dan kecepatan arus dipengaruhi oleh musim hujan. Dari hasil penelitian ini, NWM terjadi lebih pendek

dibandingkan dengan musim lainnya. Data AIS dapat dimanfaatkan untuk memperoleh data kecepatan dan jenis kapal secara umum.

Arus secara dominan mempengaruhi waktu tempuh kapal. Kapal yang berlayar melawan arus memiliki waktu tempuh yang jauh lebih lambat dibandingkan dengan kapal yang berlayar searah. Namun, gerakan horizontal kapal memiliki efek yang tidak signifikan terhadap perubahan ini. Penelitian lebih lanjut perlu dilakukan dengan menggunakan data tambahan dan teknik pengolahan yang berbeda sehingga validasi dan peningkatan akurasi dapat tercapai.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kepala Pusat Geospasial BRIN atas kesempatannya dalam melakukan riset dan menyelesaikan paper ini. Selanjutnya, penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Pushidrosal sebagai penerbit Jurnal Hidrografi Indonesia atas kesempatannya kepada kami untuk dapat melakukan publikasi ilmiah ini.

Hasbullah, Mansyur, Daeng Paroka, and Hanisa Hanisa. 2017. "The Effect of Waves on the Maneuvering Characteristics of Ferry Vessel." *Jurnal Penelitian Enjiniring* 21(1):11–22. doi: 10.25042/jpe.052017.02.

Heflin, Deborah L., and Charles R. Harrell. 1998. "Simulation Modeling and Optimization Using ProModel." *Winter Simulation Conference Proceedings* 1:191–97.

Özkan, Emin Deniz, Selçuk Nas, and Nil Güler. 2016. "Capacity Analysis of Ro-Ro Terminals by Using Simulation Modeling Method." *Asian Journal of Shipping and Logistics* 32(3):139–47. doi: 10.1016/j.ajsl.2016.09.002.

6. DAFTAR PUSTAKA

Chang, Yu Chia, Ruo Shan Tseng, Guan Yu Chen, Peter C. Chu, and Yung Ting Shen. 2013. "Ship Routing Utilizing Strong Ocean Currents." *Journal of Navigation* 66(6):825–35. doi: 10.1017/S0373463313000441.

Chen, Chen, Shigeaki Shiotani, and Kenji Sasa. 2015. "Effect of Ocean Currents on Ship Navigation in the East China Sea." *Ocean Engineering* 104:283–93. doi: 10.1016/j.oceaneng.2015.04.062.

Dachyar, Muhammad. 2012. "Simulation and Optimization of Services at Port of Indonesia." *International Journal of Science and Technology* 44:25–32.

Findley, Daniel J., Tracy J. Anderson, Steven A. Bert, Timothy Nye, and Will Letchworth. 2018. "Evaluation of Wait Times and Queue Lengths at Ferry Terminals." *Research in Transportation Economics* 71(January):27–33. doi: 10.1016/j.retrec.2018.06.009.

Rustam, Ismah. 2018. "Makna Strategis Selat Lombok Dan Perkembangannya Sebagai Jalur Pelayaran Internasional." *Global & Policy* 6(1):83–100.

Sunaryo, Antoni Arif Priadi, and Tri Tjahjono. 2015. "Implementation of Traffic Separation Scheme for Preventing Accidents on the Sunda Strait." *International Journal of Technology* 6(6):990–97. doi: 10.14716/ijtech.v6i6.1966.

Zhou, Yang, Winnie Daamen, Tiedo Vellinga, and Serge P. Hoogendoorn. 2020. "Impacts of Wind and Current on Ship Behavior in Ports and Waterways: A Quantitative Analysis Based on AIS Data." *Ocean Engineering* 213(December 2019):107774. doi: 10.1016/j.oceaneng.2020.107774.

