

INTISARI

Pemodelan arus pasut dapat memberikan informasi mengenai pola dan kecepatan arus untuk keamanan navigasi pelayaran serta pertimbangan dalam pengembangan dermaga. Pemodelan arus pasut dapat dilakukan menggunakan aplikasi seperti MIKE 21 FM. Selat Madura merupakan perairan yang telah banyak dikaji model arus pasut diantaranya karena dinamika pengembangan pelabuhannya. Salah satu rencana pengembangan adalah pelebaran area dermaga pelabuhan di area Teluk Lamong. Pemodelan arus terakhir di Selat Madura menggunakan data pasut 2020-2021 di satu titik dan belum mengkaji area pelebaran dermaga. Oleh karena itu, penelitian ini melakukan pemodelan arus pasut menggunakan MIKE 21 FM dengan data pasut lebih baru tahun 2023-2024 di banyak titik sepanjang *open boundary* untuk mengetahui pola arus pasut Selat Madura, termasuk area pelebaran dermaga.

Pemodelan arus pasut diawali dengan pengumpulan data pasut stasiun Surabaya (SRBY), batimetri, dan data garis pantai di Selat Madura. Data pasut dianalisis harmonik menggunakan metode *least square* untuk mendapatkan amplitudo dan fase komponen harmonik. Data garis pantai hasil digitasi pada citra sentinel-2 dan data batimetri digunakan sebagai acuan pembentukan *mesh*. *Mesh* merupakan jaring yang berbentuk *Triangular Irregular Network* (TIN). TIN pada area dalam Teluk Lamong memiliki luas maksimum 10.000 m² dan pada area luar 100.000 m². Titik tengah TIN memuat informasi hasil pemodelan arus pasut sehingga pada area pelebaran dermaga jauh lebih rapat. Titik-titik pada *mesh* digunakan sebagai masukan prediksi pasut melalui MIKE 21 *toolbox*. Prediksi pasut dilakukan di area batas terbuka yang berada di sisi utara dan sisi timur Selat Madura. Analisis data dilakukan saat pasang purnama pada kondisi menuju pasang, puncak pasang, menuju surut, dan puncak surut pada bulan Juli 2023 (musim timur) dan Januari 2024 (musim barat). Analisis pola arus disajikan secara detail melalui *stick diagram* 20 titik sampel yang disebar di area pesisir, area Alur Pelayaran Barat Surabaya (APBS), dan area tengah perairan. Evaluasi hasil pemodelan dilakukan dengan membandingkan data hasil prediksi pasut dan ekstraksi elevasi pasut dengan data pengamatan pasut SRBY. Faktor penyebab perubahan kecepatan arus ditinjau melalui analisis hasil pemodelan arus pasut. Identifikasi pola arus pasut area pelebaran dermaga ditinjau melalui diagram mawar titik area pelebaran dermaga.

Hasil pengolahan data pasut SRBY menunjukkan tipe pasut perairan Selat Madura adalah campuran condong harian ganda. Hasil pemodelan arus pasut pada musim timur dan barat memiliki karakteristik yang serupa yaitu arah saat pasang dominan bergerak menuju selatan, sedangkan arah saat surut dominan bergerak menuju utara. Kecepatan arus tertinggi fase purnama hasil pemodelan terjadi saat kondisi menuju surut paruh kedua dengan nilai rerata 0,192 m/s pada musim timur dan 0,211 m/s pada musim barat. Hasil penyajian *stick diagram* menunjukkan area tengah selat, area APBS, dan area pesisir memiliki pola perubahan kecepatan yang serupa pada masing-masing area. Hasil evaluasi pemodelan arus pasut melalui perbandingan data prediksi pasut dan ekstraksi elevasi pasut pemodelan dengan data pengamatan SRBY menunjukkan tipe pasut yang serupa. Hasil uji statistik data ekstraksi elevasi hasil pemodelan dengan data pengamatan didapatkan nilai RMSE sebesar 0,368 untuk musim timur dan 0,365 untuk musim barat sehingga hasil pemodelan arus dapat mewakili kondisi arus pasut sebenarnya di lapangan. Hasil identifikasi penyebab perubahan kecepatan arus pasut dipengaruhi oleh kondisi elevasi pasut dan topografi selat. Hasil identifikasi pola arus di area pelebaran Terminal Teluk Lamong dan Petikemas menunjukkan pola arus serupa dengan area tengah perairan Selat Madura akibat pasut dengan rentang rerata kecepatan 0,041 – 0,059 m/s.

Kata kunci: Arus, Pasang Surut, MIKE 21 FM, Selat Madura

ABSTRACT

Tidal current modeling can provide information on current patterns and velocities for maritime navigation safety and considerations in dock development. Tidal current modeling can be conducted using applications such as MIKE 21 FM. The Madura Strait is a well-studied area for tidal current modeling, partly due to the dynamics of port development. One of the planned developments is expanding the dock area at Teluk Lamong. The latest current modeling in the Madura Strait utilized tidal data from 2020–2021 at a single point. Therefore, this study employs MIKE 21 FM with updated tidal data from 2023–2024 collected at multiple points along the open boundary to analyze the tidal current patterns in the Madura Strait, particularly in the dock expansion area.

Tidal current modeling begins with the collection of tidal data Surabaya (SRBY) station, bathymetric data, and shoreline data within in Madura Strait. Tidal data is analyzed harmonically using the least squares method to obtain the amplitude and phase of harmonic components. Bathymetric and coastline data digitized on Sentinel-2 imagery were used as inputs in mesh generation. The mesh is structured as a Triangular Irregular Network (TIN), where the TIN in the Teluk Lamong area has a maximum area of 10,000 m², while the outer area extends up to 100,000 m². The center point of the TIN contains information on the results of tidal current modeling with a denser distribution in the dock expansion area. The mesh points serve as input for tidal prediction through the MIKE 21 toolbox. Tidal predictions are conducted in an open boundary area on the north and east sides of the Madura strait. Data analysis is performed during spring tide conditions at conditions: flood tide, high tide, ebb tide, and low tide in the east season and the west season. Analysis of current patterns is presented in detail through stick diagrams of 20 sample points. The model evaluation is conducted by comparing the predicted tidal data and extracted tidal elevations with observational tidal data from SRBY. Factors causing changes in current velocity are reviewed through analysis of tidal current modeling results. The factors influencing current velocity changes are examined through the analysis of tidal current modeling results. The identification of tidal current patterns in the dock expansion area is carried out using current roses from representative points within the expansion zone.

The results of SRBY tidal data processing indicate that tidal type in the Madura strait is mixed tide, predominantly semidiurnal. The tidal current modeling results for east and west seasons have similar characteristics, with flood currents predominantly moving southward and ebb currents predominantly moving northward. The highest current velocity during the spring tide phase, based on the model, occurs during the second half of the ebb tide, with an average velocity of 0.192 m/s in the east season and 0.211 m/s in the west season. The stick diagram analysis reveals that the middle area of the strait, the Surabaya west shipping channel area, and the coastal area have similar velocity change patterns in each area. The evaluation of tidal current modeling conducted by comparing tidal prediction data and extracted tidal elevations from the model with SRBY observational data, confirms a similar tidal type. Statistical test results of elevation extraction data from modeling results with observational data obtained RMSE values of 0.37, so that the current modeling results can represent the actual tidal current conditions in the field. The results of the identification of the causes of changes in tidal current velocity are influenced by tidal elevation conditions and strait topography. The results of the identification of current patterns in the Teluk Lamong and Petikemas indicate that the current patterns are similar to those in the central Madura strait due to tidal forcing, with an average velocity range of 0.041–0.059 m/s.

Keywords: Currents, Tide, MIKE 21 FM, Madura Strait