

**POLA ARUSLAUT PERMUKAAN SEBELUM DAN SESUDAH
PEMBANGUNAN PELABUHAN TANJUNG BONANG
KABUPATEN REMBANG**

Aulia Surya Gemilang, Kunarso, dan Gentur Handoyo

Departemen Oseanografi, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan,
Universitas Diponegoro, Semarang
Jalan Prof. Soedarto, S.H., Tembalang, Telp/Fax (024)7474698 Semarang 50275
Email : gemilang.as.official@gmail.com, kunarsosmg@gmail.com,
genturhandoyo12@gmail.com

Abstrak

Pembangunan Pelabuhan Tanjung Bonang di Kecamatan Sluke, Kabupaten Rembang diproyeksikan untuk dikembangkan menjadi pelabuhan niaga bertaraf internasional. Faktor oseanografi berupa informasi arus laut sebelum dan sesudah pembangunan pelabuhan sangat dibutuhkan untuk mengetahui dampak pembangunan pelabuhan serta kepentingan pengembangan tata letak dan pengelolaan pelabuhan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dampak pembangunan pelabuhan Tanjung Bonang terhadap pola arus di perairan sekitarnya. Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dan pendekatan model, menggunakan data arus lapangan, data pasang surut dan data batimetri sebelum dan sesudah pembangunan pelabuhan. Pemodelan arus menggunakan masukan data pasang surut sebagai pembangkit arus. Hasil olah data lapangan menunjukkan bahwa pola arus sebelum dan sesudah pembangunan pelabuhan didominasi oleh pasang surut dengan kecepatan maksimum 0,104 m/s dan kecepatan minimum 0,016 m/s. Berdasarkan hasil pemodelan pada kondisi sebelum pembangunan pelabuhan maupun sesudah pembangunan pelabuhan, secara umum arus bergerak ke arah tenggara dan barat laut sesuai pergerakan pasang surut. Terdapat sedikit perbedaan pada kondisi sesudah pembangunan pelabuhan yakni, arus di dekat bangunan pelabuhan mengalami pembelokan arah sesuai bentuk bangunan pelabuhan dan menyebabkan menurunnya kecepatan arus. Kecepatan arus pada kondisi sesudah pembangunan pelabuhan menjadi lebih besar daripada kondisi sebelum pembangunan pelabuhan.

Kata kunci : Pola Arus Laut Permukaan, Pelabuhan Tanjung Bonang

Abstract

Construction of Tanjung Bonang Port in the district of Sluke, Rembang Regency is projected to be developed into an international commercial port. Oceanographic factors such as ocean currents information before and after the construction of the port is needed to determine the impact of port development as well as the interest of developing the layout and management of the port in the future. This study aims to determine the impact of the construction of the Tanjung Bonang port against the currents pattern in the surrounding waters area. This study uses quantitative methods and modeling approaches, using the data of field currents, tide data and bathymetric data before and after the

construction of the port. Currents modeling using tide data input as the currents generator. Results of the processed field data indicate that currents pattern before and after the construction of the port is dominated by the tides with a maximum speed of 0.104 m/s and a minimum speed of 0.016 m/s. Based on modeling results before the construction of the port and after construction of the port, in general, the currents is moving to the southeast and northwest following the movement of the tides. There was little difference in the condition of after construction of the port, the currents near the port experience deflection of its direction according to the shape of the building ports and lead to decreased currents speed. Currents speed on the condition after construction of the port become larger than before the construction of the port.

Keyword : *Sea Surface Currents Pattern, Tanjung Bonang Port*

PENDAHULUAN

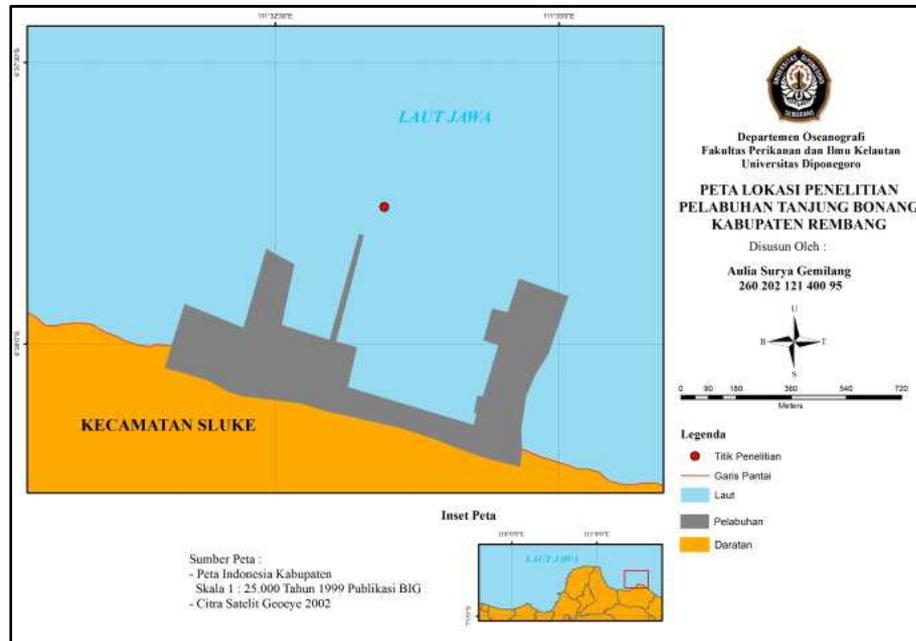
Kabupaten Rembang terletak di wilayah pesisir pantai utara Jawa Tengah dengan panjang pantai mencapai ± 63 km. Pantai yang terbentang dari Kecamatan Kaliorejo s/d Kecamatan Sarang menjadikan Kabupaten Rembang memiliki potensi kelautan yang besar (RKPD Kabupaten Rembang, 2014). Banyak sekali kegiatan di Kabupaten Rembang terkait pengembangan potensi kelautan. Salah satunya adalah pembangunan Pelabuhan Tanjung Bonang di Desa Sendangmulyo, Kecamatan Sluke. Pembangunan Pelabuhan Tanjung Bonang diproyeksikan untuk dikembangkan menjadi pelabuhan niaga bertaraf internasional. Pembangunan pelabuhan pada suatu wilayah tentunya membutuhkan data-data terkait kondisi hidro oseanografi pada wilayah perairan disekitar lokasi, salah satunya adalah arus laut.

Hutabarat (2005) menyatakan bahwa pola arus di perairan dekat pantai di Kabupaten Rembang dipengaruhi oleh pasang surut. Pola pergerakan arus dapat diketahui dengan pengambilan data kecepatan arus di perairan sekitar Pelabuhan Tanjung Bonang, kemudian dilakukan pendekatan model untuk mengetahui pola pergerakan arus dengan batasan ruang dan waktu tertentu pada kondisi perairan sebelum dan sesudah pembangunan pelabuhan. Membandingkan hasil simulasi pola pergerakan arus antara dua hasil model menjadi menarik untuk dilakukan, karena penting untuk mengetahui dampak yang ditimbulkan oleh adanya pembangunan Pelabuhan Tanjung Bonang pada pola arus di perairan sekitarnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perubahan pola pergerakan arus sebelum dan sesudah pembangunan Pelabuhan Tanjung Bonang.

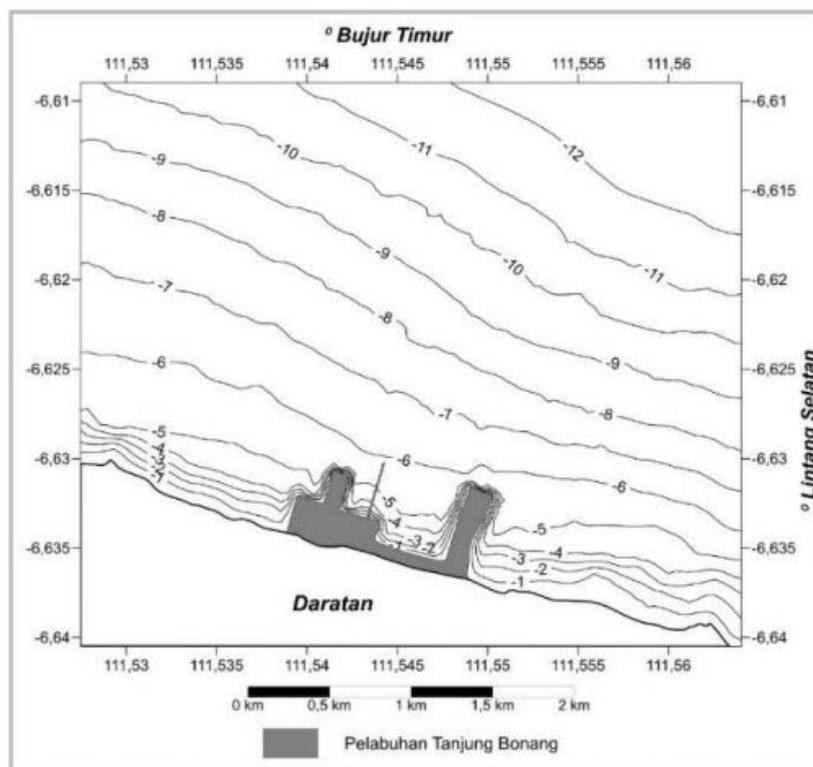
MATERI DAN METODE

Penelitian ini menggunakan data Primer berupa data pengukuran arus lapangan, dan data sekunder berupa data pasang surut bulan Agustus 2016 dari BIG Stasiun Tuban, Peta Batimetri Pelabuhan Tanjung Bonang dari Jurnal Oseanografi Universitas Diponegoro, dan Peta LPI Rembang tahun 2005 publikasi BAKOSURTANAL.

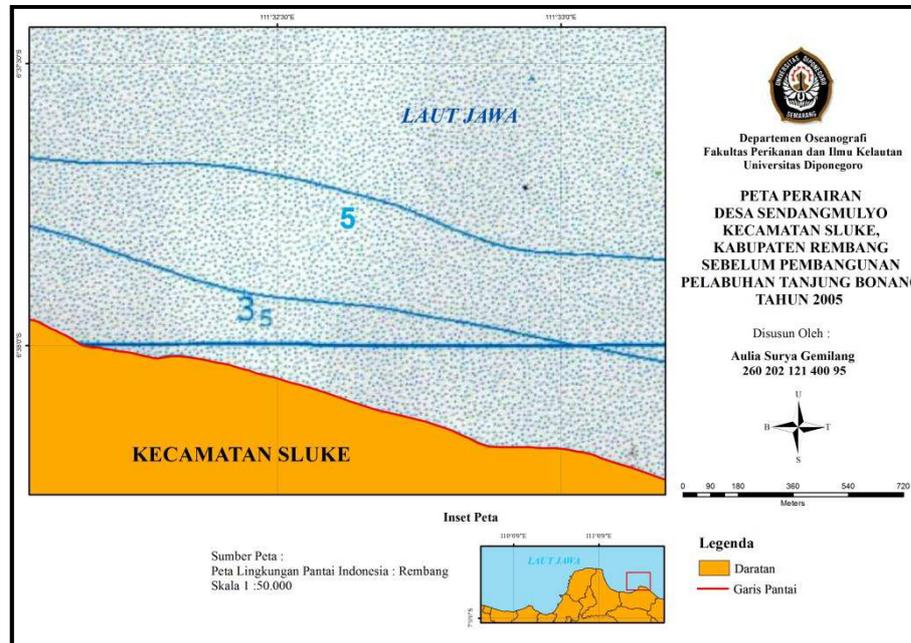
Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif. Metode kuantitatif merupakan adalah metode yang menggunakan data penelitian berupa angka- angka dan analisis menggunakan statistik (Sugiyono, 2009). Lokasi penelitian berada di perairan sekitar Pelabuhan Tanjung Bonang Kabupaten Rembang. Pemilihan lokasi pengambilan data berdasarkan metode *purposive sampling*, yakni metode penentuan lokasi didasarkan alasan tertentu. Pengambilan data arus lapangan menggunakan metode Lagrange dengan alat berupa bola duga (*currents drogue*). Pengambilan data arus dilakukan selama 25 jam dengan pengukuran arus dilakukan setiap satu jam. Pengambilan data arus dilakukan pada kedalaman 0,2d yang mewakili lapisan permukaan perairan.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian



Gambar 2. Peta Batimetri Pelabuhan Tanjung Bonang 2015



Gambar 3. Peta Perairan Desa Sendangmulyo, Sluke, Rembang Sebelum Pembangunan Pelabuhan Tanjung Bonang Tahun 2005

Metode Pengolahan Data

Data pengukuran arus lapangan yang didapat berupa arah dan waktu tempuh bola duga dikonversikan dengan rumus tertentu untuk mendapatkan nilai kecepatan arus dan komponen u dan v arus. Berikut persamaan untuk mencari kecepatan arus :

$$v = \frac{s}{t} \quad (1)$$

dimana:

- v = kecepatan pergerakan partikel air (m/s)
- s = jarak perpindahan partikel air (m)
- t = waktu tempuhnya (s)

Rumus untuk mencari komponen u dan v arus :

$$v_x = \sin \alpha \cdot v \quad (2)$$

$$v_y = \cos \alpha \cdot v \quad (3)$$

dimana :

- v_x = kecepatan pada komponen u
- v_y = kecepatan pada komponen v
- α = arah arus

Data komponen u dan v arus lapangan diolah menggunakan perangkat lunak *World Currents* untuk mengetahui dominasi jenis arus di lokasi penelitian. Pengetahuan mengenai dominasi jenis arus di lokasi penelitian berguna untuk mengetahui masukan data dalam tahap pemodelan arus.

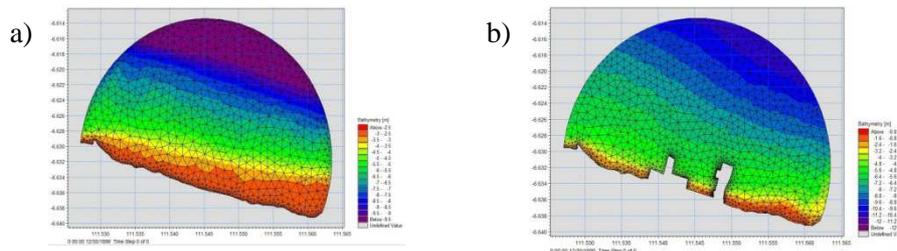
Data pasang surut BIG Stasiun Tuban Agustus 2016 diolah dengan metode Admiralty. Metode Admiralty digunakan untuk mengetahui nilai-nilai komponen pasang surut dan nilai Formzahl untuk mengetahui jenis pasang surut pada suatu perairan.

Arus dimodelkan secara 2 dimensi dengan perangkat lunak pemodelan. Tiap model menggambarkan empat kondisi pasang surut yakni, pasang tertinggi, pasang

menuju surut, surut terendah dan surut menuju pasang. Tiap Model memiliki tiga tahap pengolahan yakni, *Pre Processing Unit*, *Running Program* dan *Post Processing Unit*.

- Tahap *Pre Processing Unit* : membuat kondisi batas boundary condition pada model

<i>Setting Model</i>	Sebelum Pembangunan	Setelah Pembangunan
Batas Darat	362 vertices	425 vertices
Batas Laut	76 vertices	76 vertices
Total Element	2635	2845
Total Nodes	1468	1688



Gambar4. a) *Mesh boundary* model sebelum pembangunan pelabuhan
 b) *Mesh boundary* model sesudah pembangunan pelabuhan

- Tahap *Running Program* : memasukkan nilai-nilai parameter, interval waktu dan lama model berlangsung. Semua dilakukan dengan *caratrial and error*.

<i>Setting model</i>	Sebelum Pembangunan	Setelah Pembangunan
<i>Time Output</i>	120 time steps(5 hari)	120 time steps(5 hari)
<i>Day Out Every</i>	3600 detik	3600 detik
<i>Tidal Force</i>	<i>Pre Pack</i>	Pasang surut BIG Agustus 2016
<i>Bed Resistance</i>	32x10 [^]	32x10 [^]
<i>Lateral Viscosity</i>	0,0015 m ² /s	0,0015 m ² /s

- Tahap *Post Processing Unit* : menampilkan hasil hitungan eksekusi model dalam bentuk angka dan table untuk dilakukan verifikasi dengan data lapangan (khusus untuk pemodelan arus setelah pembangunan, karena kondisi terkini di lapangan sudah dibangun pelabuhan). Verifikasi menggunakan persamaan *Cost Function (CF)*.

$$CF = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \frac{|D_n - M_n|}{\sigma_D}$$

Keterangan:

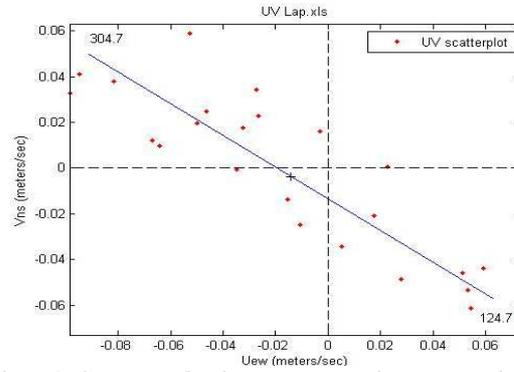
- N : jumlah data pengamatan
- n : nilai ke n, dengan n = 1,2,3,...
- D : nilai pengamatan
- M : nilai model
- σ_D : standar deviasi
- $\sigma_D = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (D_n - \bar{D})^2}$
- \bar{D} : rata-rata data pengamatan

Kriteria kelayakan hasil model untuk rumus *Cost Function* adalah sangat baik untuk nilai $CF < 1$, baik untuk nilai $CF 1 - 2$, lumayan untuk nilai $CF 2 - 3$ dan buruk untuk nilai $CF > 3$.

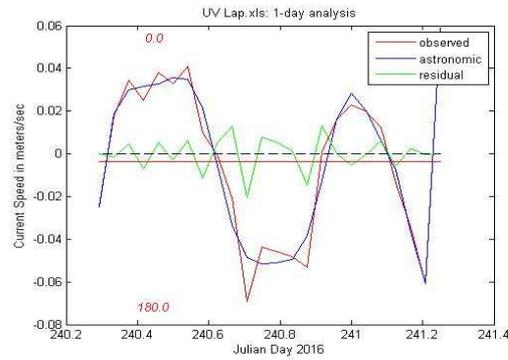
(George et. al., 2010)

Hasil dan Pembahasan

Arus

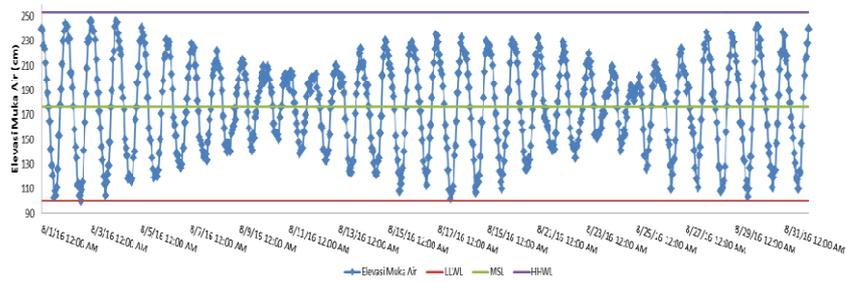


Gambar 5. Scatter plot kecepatan u dan v arus lapangan



Gambar 6. Grafikkarakteristik arus lapangan

Pasang Surut

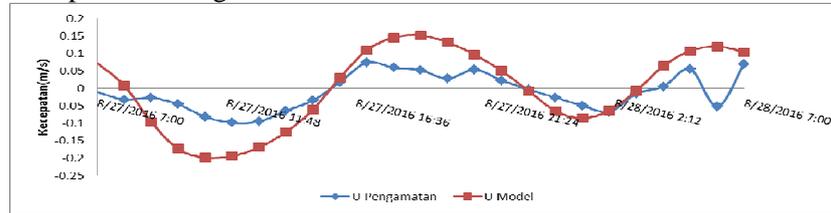


Gambar 7. Elevasi Muka Air Pelabuhan Tanjung Bonang Agustus 2016

Model Arus

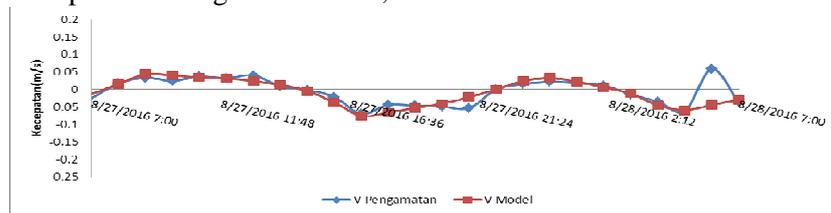
- **Hasil Verifikasi**

Komponen u dengan nilai CF 1,148



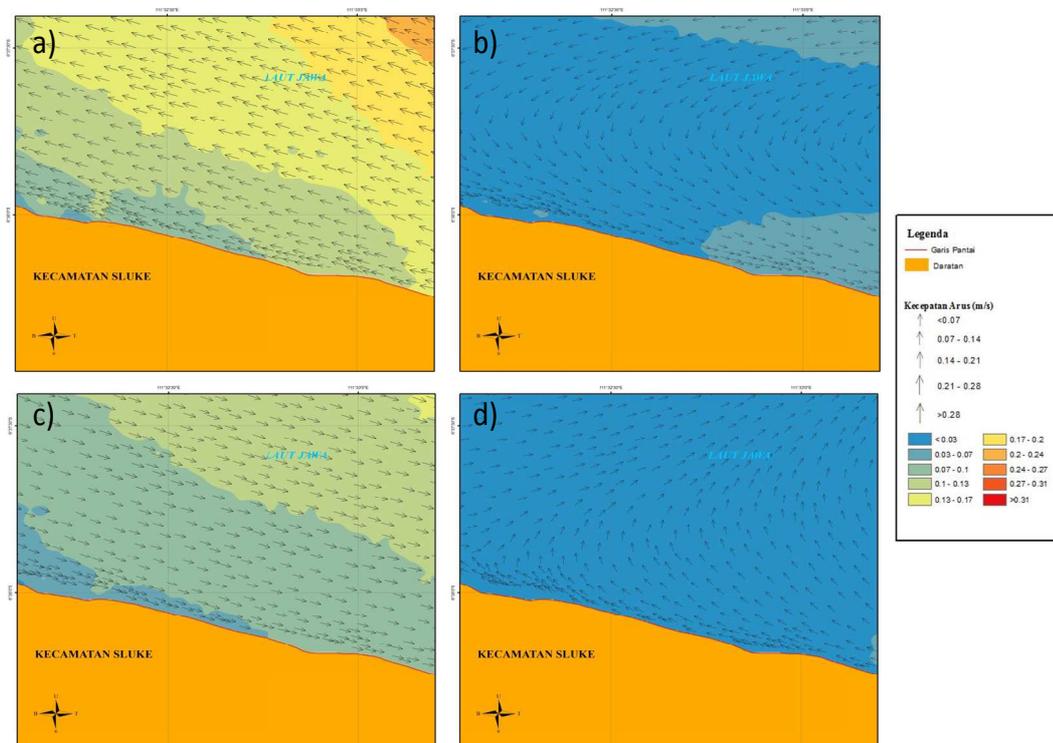
Gambar 8. Grafik verifikasi komponen u arus lapangan dengan model

Komponen v dengan nilai CF 0,366



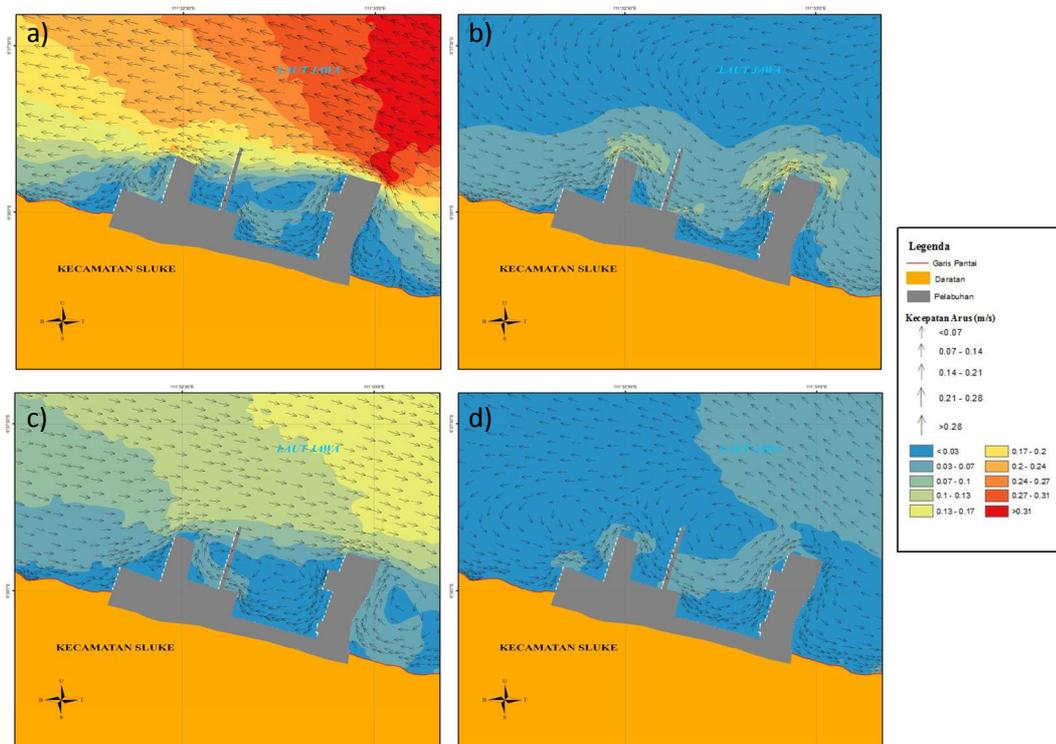
Gambar 9. Grafik verifikasi komponen v arus lapangan dengan model

- **Sebelum Pembangunan Pelabuhan**



Gambar 10. a) Pola Arus saat Surut Pasang Terendah; b) Pola Arus saat Kondisi Surut menuju Pasang; c) Pola Arus saat Kondisi Pasang Tertinggi; d) Pola Arus saat Kondisi Pasang menuju Surut.

- Setelah Pembangunan Pelabuhan



Gambar 11. a) Pola Arus saat Surut Pasang Terendah; b) Pola Arus saat Kondisi Surut menuju Pasang; c) Pola Arus saat Kondisi Pasang Tertinggi; d) Pola Arus saat Kondisi Pasang menuju Surut.

Pembahasan

Pasang Surut Sebagai Pembangkit Arus

Arus di perairan sekitar Pelabuhan Tanjung Bonang didominasi oleh arus pasang surut, hal ini terlihat pada Gambar 3 dan Gambar 4 yang merupakan hasil pengolahan data arus lapangan menggunakan perangkat lunak *world current* tampak bahwa grafik arus lapangan (garis merah) berhimpitan dengan grafik arus astronomi atau arus pasang surut (garis biru). Dominasi arah arus juga bergerak bolak-balik ke dua arah (*bidirectional*) yakni barat laut dan tenggara sesuai arah pergerakan pasang surut. Dominasi pasang surut pada pola arus di sekitar Pelabuhan Tanjung Bonang, Kabupaten Rembang ini sesuai dengan teori dari Hutabarat (2005) yang menyatakan bahwa arus pada wilayah dekat pantai dan muara sungai di perairan Kabupaten Rembang didominasi oleh arus pasang surut.

Pasang surut di lokasi penelitian bertipe tunggal (*diurnal*) dengan nilai Formzahl 5,35 (Gambar 5). Berdasarkan hasil tersebut maka pada perairan sekitar Pelabuhan Tanjung Bonang akan terjadi satu kali pasang dan satu kali surut dalam satu hari, hal ini sesuai dengan hasil penelitian Hutabarat (2005) yang menyatakan bahwa tipe pasang surut di perairan Kabupaten Rembang adalah tunggal. Tipe pasang surut tunggal menandakan bahwa pada perairan Tanjung Bonang akan terjadi satu kali *flood* dan satu kali *ebb* dalam sehari.

Pola Arus Sebelum dan Sesudah Pembangunan Pelabuhan Tanjung Bonang

Pola arus sebelum dan sesudah pembangunan Pelabuhan Tanjung Bonang tetaplah didominasi oleh pasang surut, hal ini terjadi karena lokasi penelitian merupakan perairan dekat pantai yang mana pengaruh pasang surut cukup besar terhadap pembangkitan arus. Kecepatan arus sebelum pembangunan pelabuhan (Gambar 8) berkisar antara $<0,03$ m/s sampai $0,024$ m/s; lebih kecil daripada rentang kecepatan arus setelah pembangunan pelabuhan (Gambar 9) yakni berkisar antara $<0,03$ m/s sampai $>0,31$ m/s. Perbedaan ini terjadi karena adanya perubahan batimetri perairan pada kondisi setelah pembangunan pelabuhan akibat adanya pengerukan di sekitar pelabuhan untuk kepentingan alur pelayaran, perairan setelah pembangunan pelabuhan secara rata-rata lebih dalam dibandingkan perairan sebelum pembangunan pelabuhan. Kecepatan arus pada perairan dekat pantai lebih kecil daripada perairan yang jauh dari pantai, hal ini juga terjadi karena adanya perbedaan kedalaman, semakin jauh dari pantai, kedalaman semakin bertambah (Gambar 2 dan Gambar 3). Perairan yang memiliki kedalaman lebih besar akan memiliki kecepatan arus pasang surut lebih besar pula daripada perairan yang lebih dangkal, hal ini terjadi karena badan air pada lapisan dekat permukaan dan lapisan permukaan akan memiliki lebih sedikit friksi dengan dasar perairan (Thiebaut dan Sentchev, 2017).

Berdasarkan hasil pemodelan pada kondisi sebelum maupun sesudah pembangunan pelabuhan, secara umum arus bergerak sesuai kontur batimetri (Gambar 10a, 10c, 11a, dan 11c) hal ini mengindikasikan bahwa batimetri memandu pergerakan arus. Pergerakan arus pada kondisi pasang menuju surut dan surut menuju pasang terlihat tidak sesuai dengan kontur batimetri (Gambar 10b, 10d, 11b, dan 11d), hal ini terjadi karena pada saat kondisi tersebut terjadi fenomena *slack water*, yakni fenomena yang menunjukkan bahwa kecepatan arus mendekati nol akibat perubahan arah arus (US. Department of Commerce, 2000).

Kecepatan arus pada kondisi surut terendah (Gambar 10a dan 11a) dan pasang tertinggi (Gambar 10c dan 11c) lebih besar daripada kecepatan arus saat kondisi surut menuju pasang (Gambar 10b dan 11b) dan kondisi pasang menuju surut (Gambar 10d dan 11d). Fenomena ini menandakan bahwa gelombang pasang surut di daerah penelitian bertipe *progressive wave*. Ciri dari gelombang pasang surut bertipe *progressive wave* adalah kecepatan arus mencapai nilai maksimum pada saat pasang tertinggi dan surut terendah dan mencapai nilai minimum saat pasang menuju surut dan surut menuju pasang (Hicks, 2006). Kecepatan arus pada saat kondisi pasang menuju surut dan surut menuju pasang menjadi kecil karena pada saat tersebut terjadi kondisi *slack water*, yakni tidak adanya pergerakan air secara horizontal akibat adanya perubahan arah gerak arus pasang surut (US. Department of Commerce, 2000). Pola pergerakan arah arus pada kondisi sebelum dan sesudah pembangunan pelabuhan relatif sama yakni bergerak bolak-balik ke dua arah (*bidirectional*) barat laut dan tenggara sesuai arah pergerakan pasang surut, namun pada kondisi sesudah pembangunan pelabuhan arah arus di dekat bangunan pelabuhan mengalami pembelokan sesuai dengan bentuk bangunan pelabuhan, hal ini terjadi karena arus tidak dapat menembus bangunan pelabuhan. Pembelokan ini juga berakibat menurunnya kecepatan arus di dekat bangunan pelabuhan (Triatmodjo, 2008).

Kesimpulan

Pola arus permukaan di sekitar Pelabuhan Tanjung Bonang sangat dipengaruhi pasang surut. Kecepatan arus sebelum pembangunan pelabuhan berkisar antara $<0,03$ m/s sampai $0,24$ m/s. Kecepatan arus sesudah pembangunan Pelabuhan Tanjung Bonang berkisar antara $<0,03$ m/s sampai $>0,31$ m/s. Sebelum pembangunan pelabuhan arus bergerak menyusuri garis pantai dari arah barat laut dan tenggara, sesuai dengan kondisi pasang surut. Sesudah pembangunan pelabuhan secara umum arah pergerakan arus masih sama yakni bergerak dari barat laut menuju tenggara sesuai dengan kondisi pasang surut, namun pergerakan arus pada daerah dekat pelabuhan mengalami pembelokan sesuai

bentuk bangunan pelabuhan serta memiliki kecepatan yang lebih kecil daripada arus di daerah yang jauh dari pelabuhan.

Daftar Pustaka

- BAPPEDA Kabupaten Rembang. 2014. Rencana Kerja Pembangunan Daerah. Kabupaten Rembang.
- George, M. S., Bertino, L., Johannessen O. M., Samuelsen A. 2010. Validation of a Hybrid Coordinate Model for The Indian Ocean. *Journal of Operational Oceanography*. 3(2) : 25 – 38. Nansen Environmental and Remote Sensing Center. Bergen. Norway
- Hicks, S. D. 2006. Understanding Tides. U.S. Department of Commerce. National Oceanic and Atmospheric Administration. USA
- Hutabarat, J. 2005. Studi Penyusunan dan Pemetaan Potensi Budidaya Laut di Perairan Kabupaten Rembang Jawa Tengah. *Ilmu Kelautan*. 10(4) : 237-244. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Sugiyono. 2009. Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif. Alfabeta. Bandung. 380 hlm
- Thiebaut, M. dan Sentchev, A. 2017. Asymmetry of tidal currents off the W. Brittany coast and assessment of tidal energy resource around the Ushant Island. *Renewable Energy* (105) 2017 : 735-747. Laboratoire d'Océanologie et de Géosciences, Université du Littoral – Côte d'Opale. Wimereux. France
- Triatmodjo, B. 2008. Hidrologi Terapan. Beta Offset. Yogyakarta. 354 hlm
- U.S. Department of Commerce. 2000. Tide and Current Glossary. National Oceanic and Atmospheric Administration. National Ocean Service. Center for Operational Oceanographic and Product Services