

Kajian Pola Arus Laut Dengan Pendekatan Model Hidrodinamika Dua Dimensi Untuk Pengembangan Pelabuhan Kota Tegal

Argian Nisyar Amirullah, Denny Nugroho Sugianto¹, Elis Indrayanti¹

¹Program Studi Oseanografi, Jurusan Ilmu Kelautan,
Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Semarang

dennysugianto@yahoo.com, elis_undip@yahoo.com

Abstrak

Rencana pengembangan pelabuhan Kota Tegal membutuhkan informasi mengenai arus laut. Penelitian pola arus laut tersebut dapat menjadi bahan dasar acuan untuk pengambilan kebijakan dalam rencana pengembangan pelabuhan Kota Tegal. Tujuan Penelitian ini adalah untuk mengkaji pola arus laut di perairan Kota Tegal terhadap pengembangan pelabuhan Kota Tegal. Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dan penentuan lokasi dengan metode area sampling. Pendekatan model hidrodinamika menggunakan perangkat lunak MIKE 21 dengan modul MIKE 21 flow model untuk dua skenario yaitu sebelum dan sesudah pengembangan pelabuhan Berdasarkan hasil penelitian ini didapatkan dominasi arus laut di perairan Kota Tegal adalah arus pasang surut dengan arah timur (25,95%) dan barat (29,76 %). Kecepatan arus laut terendah sebesar 0,009 m/det dan kecepatan arus laut tertinggi sebesar 0,118 m/det serta kecepatan rata-rata sebesar 0,054 m/det. Dari hasil simulasi model menggambarkan pola arus laut yang terjadi sebelum pengembangan pelabuhan tidak jauh berbeda dengan pola arus laut yang terjadi setelah pengembangan pelabuhan. Adanya Pengembangan pelabuhan Kota Tegal berupa reklamasi dan bangunan pemecah gelombang mengakibatkan penurunan kecepatan arus laut yang tidak signifikan.

Kata kunci: Pola arus laut, Perairan Kota Tegal, Pengembangan pelabuhan, MIKE 21 flow model

Abstract

Development of the Tegal harbour plan requires information about current. The study current pattern is expected to become the basic for policy government in Tegal harbour development plan. This study aims to determine the current pattern in the waters of Tegal on development of Tegal harbour. The research method used is a quantitative method and determine the sampling point using the cluster sampling method. Hydrodynamics model approach using software MIKE 21, with MIKE 21 flow model module for two scenarios, namely before and after the development of the harbour. Based on this study showed that dominance of current in the waters of Tegal is tidal current with the east (25,95%) and west (29,76 %). The minimum velocity of current is 0,009 m/sec, the maximum velocity of current is 0,118 m/sec, and the average velocity of current is 0,054 m/sec Results of model simulation illustrate the current pattern that occurred before the development of the harbour is not much different from the current pattern after the development of the harbour. The development of Tegal harbour form of reclaiming and building breakwaters resulting in a decline the velocity of current that insignificant.

Keywords: Current pattern, Waters of Tegal, Development of harbour, MIKE 21 flow model

PENDAHULUAN

Wilayah pesisir Kota Tegal mempunyai potensi-potensi yang dapat dikembangkan. Potensi-potensi pengembangan wilayah tersebut antara lain potensi sumber daya alam dan jasa-jasa lingkungan yang meliputi perikanan, hutan mangrove, Pusat Pendaratan Ikan (PPI), pelabuhan niaga, pariwisata, industri, dll. Pemanfaatan potensi-potensi pesisir untuk pengembangan wilayah memang sangat potensial dan menjanjikan bila dilakukan secara optimal (Diananto, 2006). Sebagai salah satu kota bahari yang sedang berkembang di Indonesia, Kota Tegal terus berupaya mengadakan pembangunan secara berkala terutama pada sektor

perikanan dan kelautan. Pembangunan maupun pengembangan pada sektor perikanan dan kelautan ini tidak lepas dari kondisi pelabuhan di Kota Tegal.

Pelabuhan Kota Tegal yang berada di wilayah pesisir Kota Tegal merupakan pelabuhan yang menjadi pusat aktivitas bongkar muat barang dan perikanan masyarakat Kota Tegal dan daerah Sekitarnya. Menurut Astrid dan Murlina (2007) bahwa daerah sekitar pelabuhan Kota Tegal antara lain Kabupaten Tegal, Pemalang, Brebes, Slawi merupakan daerah industri dengan tingkat pertumbuhan yang cukup tinggi sehingga akan menimbulkan kebutuhan pengembangan akan area pelabuhan. Menurut Peraturan Menteri Perhubungan No. 89 tahun 2013 tentang rencana induk pelabuhan Kota Tegal, rencana pengembangan pelabuhan Kota Tegal terdiri dari beberapa pembangunan antara lain reklamasi, dermaga, kolam putar, bangunan pemecah gelombang, dll.

Kondisi hidro-oseanografi sangat penting di dalam menentukan tata letak suatu pelabuhan. Kondisi hidro-oseanografi yang ditinjau meliputi gelombang, arus laut, sedimentasi dan pengaruhnya terhadap gerak kapal yang masuk ke pelabuhan. Perairan pelabuhan harus tenang terhadap gangguan gelombang dan arus laut sehingga kapal dapat melakukan berbagai kegiatan seperti bongkar muat barang, menaik turunkan penumpang dengan lancar dan aman (Triatmodjo, 2010).

Salah satu alternatif untuk mengkaji pola arus laut adalah dengan menggunakan pendekatan model hidrodinamika, memanfaatkan teknologi komputer yang mampu memberikan gambaran pola arus laut pada suatu perairan. Pendekatan model hidrodinamika dengan menggunakan *software MIKE 21 Flow Model* FM diharapkan dapat memberikan penggambaran pola arus laut di perairan Kota Tegal secara efisien dan efektif, sehingga dapat digunakan untuk aplikasi bidang yang terkait dengan kelautan, terutama untuk kepentingan pengembangan pelabuhan Kota Tegal.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengkaji pola arus laut di perairan Kota Tegal terhadap pengembangan pelabuhan Kota Tegal.

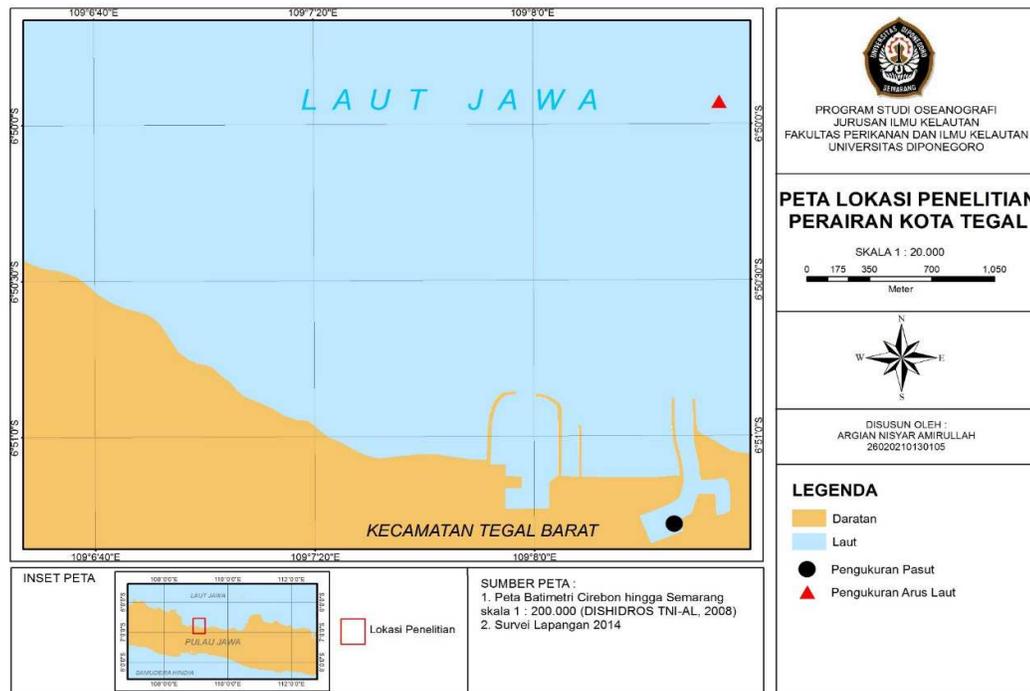
MATERI DAN METODE

Penelitian kajian pola arus laut dengan pendekatan model hidrodinamika dua dimensi untuk pengembangan pelabuhan Kota Tegal terdiri dari rangkaian survey hidro-oseanografi yang dilakukan pada tanggal 26 Mei 2014- 9 Juni 2014.

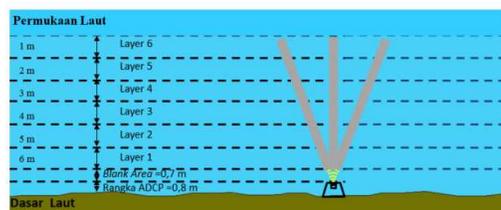
Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif. Penentuan lokasi sampling menggunakan metode area sampling (*Cluster sampling*) dan pengkajian pola arus laut untuk pengembangan pelabuhan Kota Tegal dengan pendekatan model hidrodinamika dua dimensi menggunakan *MIKE 21 flow model* dengan domain *flexible mesh*. Simulasi model pola arus laut dilakukan dengan dua skenario, yaitu skenario pertama sebelum pengembangan pelabuhan dan skenario dua sesudah pengembangan pelabuhan.

Materi yang digunakan dalam penelitian ini meliputi data hasil pengukuran di lapangan (primer) yaitu data arus laut dan data pasang surut. Data sekunder yang berasal dari instansi terkait berupa data angin bulan Mei-Juni 2014 (BMKG Kota Tegal, 2014) dan Peta Batimetri Cirebon hingga Semarang skala 1:200.000 (DISHIDROS TNI-AL, 2008).

Pengukuran arus laut dilakukan pada saat utuk yang tetap menggunakan alat ADCP (*Acoustic Doppler Current Meter*). ADCP SonTek Argonaut-XR diletakkan pada koordinat $6^{\circ} 49' 55,87''$ LS dan $109^{\circ} 8' 34,21''$ BT dengan kedalaman $\pm 7,5$ meter yang sensornya membentuk sistem koordinat kartesian terhadap komponen arus pada arah u (barat-timur/E), v (utara-selatan/N), dan z (vertikal kolom air/U). Kedalaman pengukuran arus dibagi menjadi 6 layer kedalaman yang masing-masing layer sepanjang 1 meter. Interval perekaman pada pengukuran arus yaitu 10 menit pada tanggal 26-28 Mei 2014.



Gambar 1. Stasiun lokasi pengukuran arus dan pengamatan pasang surut



Gambar 2. Sketsa pembagian layer pada ADCP

Pengamatan elevasi muka air dalam menentukan pasang surut dilaksanakan di perairan Kota Tegal pada koordinat $6^{\circ} 51' 17,20''$ LS dan $109^{\circ} 8' 25,70''$ BT. Pengamatan setiap interval 1 jam selama 15 hari yang berlangsung pada tanggal 26 Mei-9 Juni 2014.

Analisis data arus laut dilakukan *plotting* menjadi bentuk grafik yaitu *scatter plot* untuk menggambarkan pola arus yang terjadi menggunakan perangkat lunak *CD-Oceanography*. Kemudian dilakukan pemisahan arus pasut dari arus total untuk masing-masing komponen U dan V . Pemisahan ini dilakukan untuk mengetahui besarnya kontribusi arus pasut terhadap arus total dengan menggunakan perangkat lunak *World Currents 1.03*.

Analisa harmonik pasang surut diolah dengan menggunakan metode Admiralty. Tujuan dari perhitungan ini adalah untuk mendapatkan konstanta harmonik pasang surut yang meliputi Amplitudo (A), M2, S2, K1, O1, N2, K2, P1, M4, MS4. Setelah hasil akhir diperoleh untuk setiap komponen pasang surut, maka ditentukan MSL, HHWL, LLWL dan bilangan *formzahl* (Ongkosongo dan Suyarso, 1989).

Model numerik yang digunakan adalah *Flow Model Flexible Mesh (Unstructured Flexible Mesh)* pada software *MIKE 21*. Pelaksanaan penyelesaian dengan metode numerik

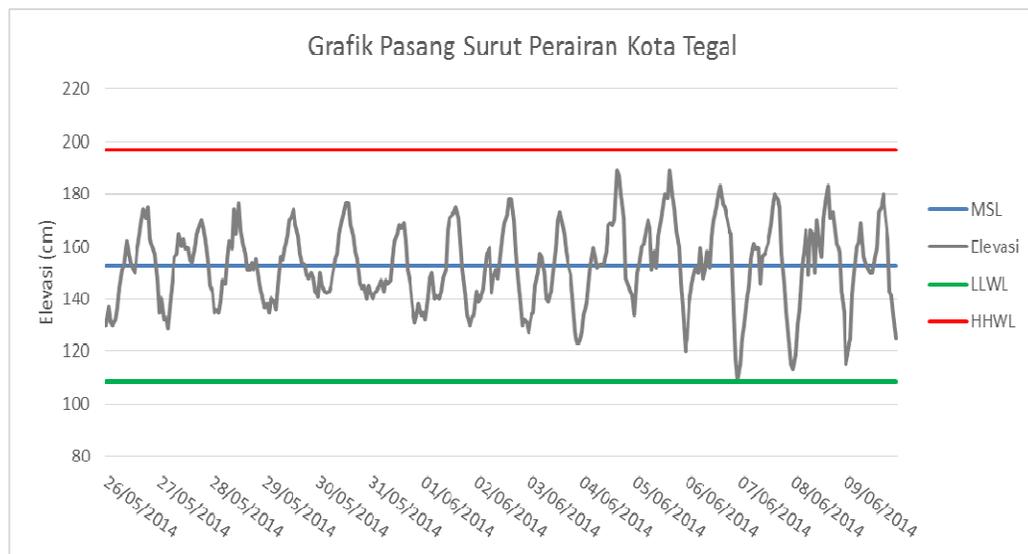
dilakukan 2 skenario (sebelum dan sesudah pengembangan pelabuhan) dengan beberapa tahapan model yaitu:

- Pre-processing model*, persiapan data batimetri, *coastline*, hingga pembangunan *unstructured triangular mesh*;
- Processing model*, *set up* nilai koefisien parameter model pada bagian model *control*;
- Post-processing model*, ekstraksi data hasil simulasi numerik model, dan verifikasi data.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Pasang Surut

Berdasarkan pengolahan data pasang surut dengan metode admiralty tersaji grafik pasang surut yang ditampilkan pada gambar 3.



Gambar 3. Grafik Pasang Surut di Perairan Kota Tegal

Berdasarkan hasil pengolahan data pasang surut dengan metode Admiralty diperoleh gambaran bahwa nilai muka laut rerata (MSL) adalah 152,7 cm, muka laut rendah terendah (LLWL) adalah 108,71 cm, dan nilai muka laut tinggi tertinggi (HHWL) adalah 196,69 cm. Tipe pasang surut di perairan Tegal adalah pasang surut campuran condong harian ganda dengan nilai bilangan *formzahl* sebesar 1,01. Hal ini didukung oleh Umami (2014) yang mengatakan bahwa tipe pasang surut di perairan Tegal adalah pasang surut campuran condong harian ganda. Tipe pasang surut campuran condong harian ganda merupakan pasang surut dimana dalam satu hari terjadi dua kali pasang dan dua kali surut, tetapi tinggi dan periodenya berbeda (Triatmodjo, 1999).

Kondisi Arus Laut

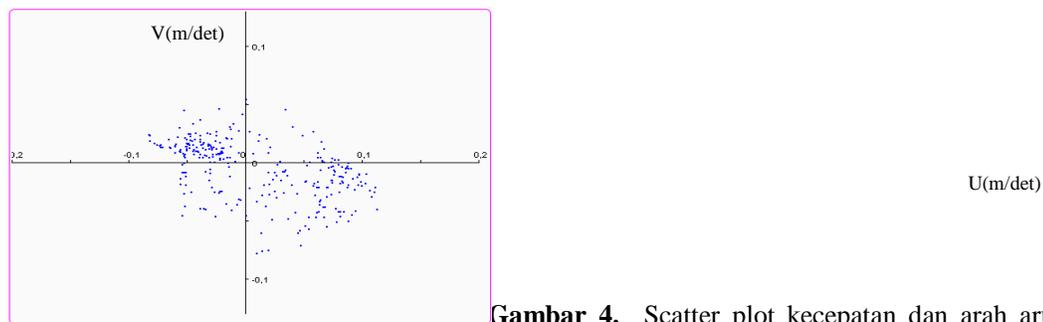
Nilai kecepatan dan arah arus hasil pengamatan tersaji pada tabel 1. Kecepatan arus berkisar antara 0,009 m/det sampai 0,119 m/det.

Tabel 1. Data Kecepatan Arus Laut di Perairan Kota Tegal

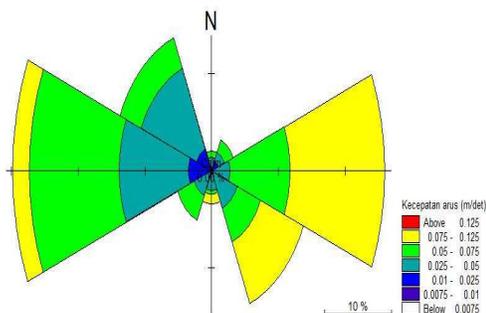
Kedalaman (m)	Kecepatan Maksimal (m/det)	Kecepatan Minimal (m/det)	Kecepatan Rata-rata (m/det)
Rata-rata	0,119	0,009	0,054
1	0,152	0,005	0,0612
2	0,145	0,001	0,608

3	0,148	0,004	0,0583
4	0,14	0,005	0,0545
5	0,141	0,001	0,0542
6	0,138	0,005	0,054

Berdasarkan tabel 1 terlihat kecepatan arus laut rata-rata tiap kedalaman semakin berkurang seiring bertambahnya kedalaman atau semakin mendekati dasar perairan yang ditunjukkan pada kecepatan arus rata-rata kedalaman 6 meter dengan nilai kecepatan terkecil, hal ini disebabkan semakin berkurangnya pengaruh angin yang membangkitkan arus laut di permukaan perairan seiring bertambahnya kedalaman, selain itu gesekan tiap lapisan kedalaman serta adanya gesekan di dasar perairan turut mengurangi laju arus laut seiring bertambahnya kedalaman. Hal ini sesuai dengan pendapat Bernawis (2000) yang menyatakan bahwa arus laut di permukaan dibangkitkan oleh angin yang bertiup di atasnya. Tenaga angin memberikan pengaruh terhadap arus permukaan sekitar 2 % dari kecepatan angin itu sendiri. Kecepatan arus laut ini akan berkurang sesuai dengan makin bertambahnya kedalaman perairan sampai pada akhirnya angin tidak berpengaruh pada kedalaman 200 meter.



Gambar 4. Scatter plot kecepatan dan arah arus laut rata-rata

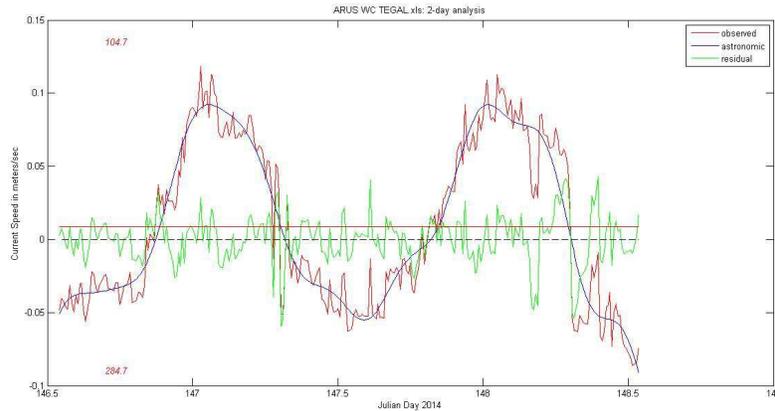


Gambar 5. Current rose kecepatan dan arus laut rata-rata

Hasil pengolahan data arus lapangan dengan *scatter plot* (Gambar 4) untuk arus laut rata-rata menunjukkan pergerakan pola arus lautnya bergerak ke berbagai arah, namun memiliki kecenderungan didominasi dari arah timur dan barat. Adanya pergerakan arah arus laut yang bergerak ke berbagai arah ini dikarekan perairan Kota Tegal merupakan perairan lepas pantai. Menurut Hadi dan Radjawane (2009) Arus pasut dengan tipe rotasi terdapat di daerah lepas pantai (*open ocean*). Hasil pengolahan data arus lapangan dengan *scatter plot* yang tersedia untuk data arus laut rata-rata juga menggambarkan bahwa pola arusnya berbentuk *elips*. Hal ini sesuai dengan pernyataan Hadi dan Radjawane (2009), yakni gerak pola arus secara eliptikal

maka arus diperairan tersebut didominasi oleh arus pasut karena mengikuti siklus pasang surut sesuai dengan letak lintang, arus pasut akan bergerak secara kontinyu dengan arah yang berubah secara bertolak belakang.

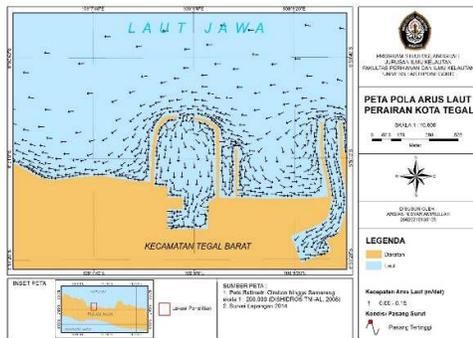
Berdasarkan hasil pengolahan data arus laut menggunakan *Current rose* (Gambar 5) menggambarkan arah arus rata-rata di perairan Kota Tegal yang didominasi arah timur dan barat dengan presentase sebesar 25,95 % dan 29,76%.



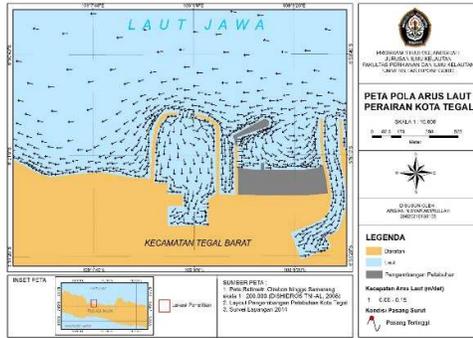
Gambar 6. Grafik Karakteristik Arah Arus Pasut dan Non Pasut Terhadap Waktu

Pada gambar 6 memperlihatkan grafik arus lapangan (*observed*) lebih berhimpitan dengan grafik arus pasang surut (*astronomic*) dari pada grafik arus non pasang surut (*residual*), hal ini menunjukkan bahwa arus laut yang terjadi di perairan Kota Tegal didominasi oleh arus pasang surut. Walaupun terlihat juga pengaruh dari arus non pasang surut (*residual*), Hadi dan Radjawane (2009) mengatakan arus non pasang surut (*residu*) tidak merubah pola arus pasut. Pola arus berbentuk *elips* dan arus bolak-balik masih tetap terlihat walaupun dipengaruhi oleh arus non pasutnya.

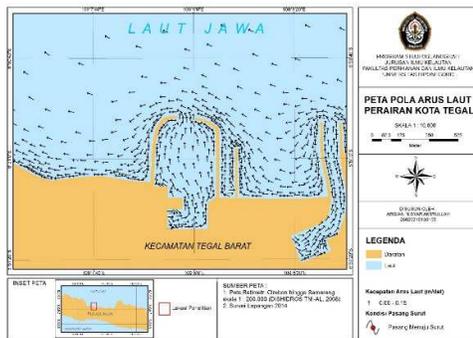
Simulasi Model Pola Arus Laut



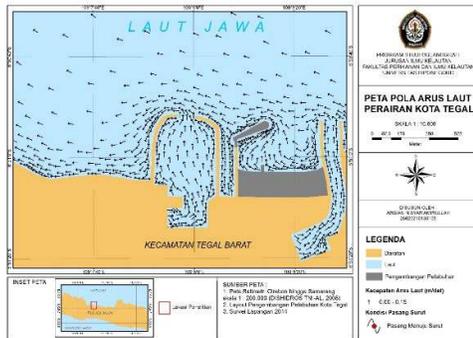
Gambar 7. Peta Pola Arus Laut Pada Kondisi Pasang Tertinggi Sebelum Pengembangan Pelabuhan



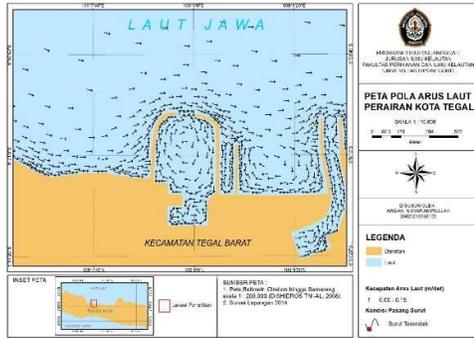
Gambar 8. Peta Pola Arus Laut Pada Kondisi Pasang Tertinggi Setelah Pengembangan Pelabuhan



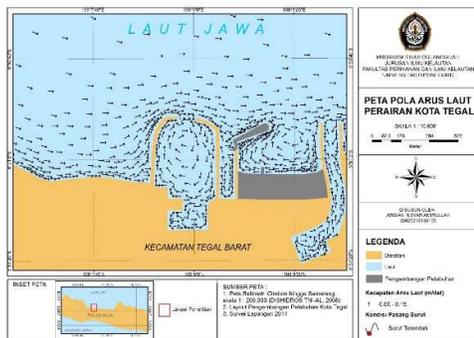
Gambar 9. Peta Pola Arus Laut Pada Kondisi Pasang Menuju Surut Sebelum Pengembangan Pelabuhan



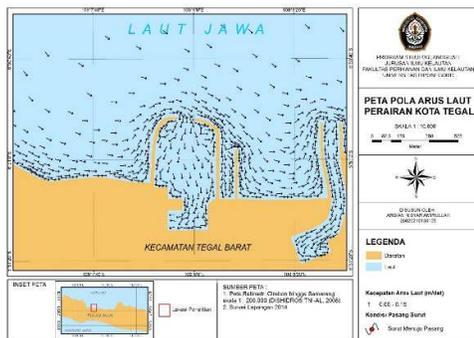
Gambar 10. Peta Pola Arus Laut Pada Kondisi Pasang Menuju Surut Setelah Pengembangan Pelabuhan



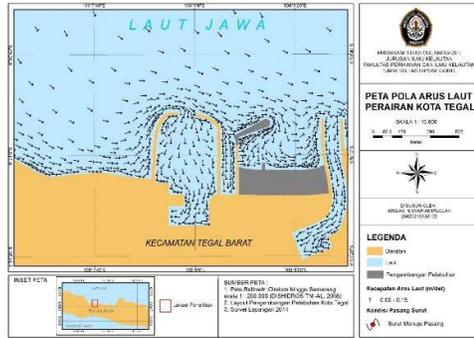
Gambar 11. Peta Pola Arus Laut Pada Kondisi Surut Terendah Sebelum Pengembangan Pelabuhan



Gambar 12. Peta Pola Arus Laut Pada Kondisi Surut Terendah Sesudah Pengembangan Pelabuhan



Gambar 13. Peta Pola Arus Laut Pada Kondisi Surut Menuju Pasang Sebelum Pengembangan Pelabuhan



Gambar 14. Peta Pola Arus Laut Pada Kondisi Surut Menuju Pasang Sesudah Pengembangan Pelabuhan

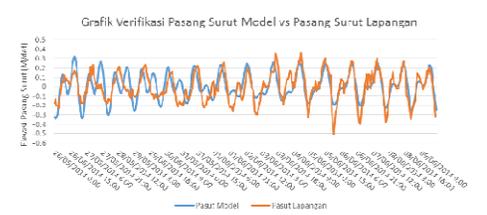
Pada pola arus laut sebelum pengembangan pelabuhan pada kondisi pasang tertinggi terlihat bahwa arah arus laut bergerak dari timur menuju ke barat dengan kecepatan rata-rata sebesar 0,0567 m/det. Sedangkan pola arus laut sesudah pengembangan pelabuhan pada kondisi pasang tertinggi terlihat bahwa arah arus laut bergerak dari timur menuju ke barat dengan kecepatan rata-rata sebesar 0,0602 m/det.

Pola arus laut sebelum pengembangan pelabuhan pada saat pasang menuju surut terlihat arah arus laut bergerak dari tenggara ke barat laut dengan kecepatan rata-rata sebesar 0,0923 m/det. Sedangkan pola arus laut sesudah pengembangan pelabuhan pada saat pasang menuju surut terlihat arah arus laut bergerak dari tenggara ke barat laut dengan kecepatan rata-rata sebesar 0,0921 m/det.

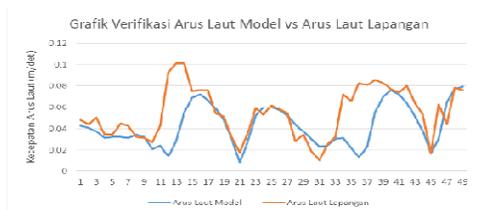
Pola arus laut sebelum pengembangan pelabuhan pada kondisi surut terendah menunjukkan arah arus laut bergerak dari arah barat menuju timur dengan kecepatan rata-rata sebesar 0,0716 m/det. Sedangkan pola arus laut sesudah pengembangan pelabuhan pada kondisi surut terendah menunjukkan arah arus laut bergerak dari arah barat menuju timur dengan kecepatan rata-rata sebesar 0,0667 m/det.

Pola arus laut sebelum pengembangan pelabuhan pada saat surut menuju pasang menunjukkan arah laut bergerak dari barat laut menuju tenggara dengan kecepatan rata-rata sebesar 0,127 m/det. Sedangkan pola arus laut sesudah pengembangan pelabuhan pada saat surut menuju pasang menunjukkan arah laut bergerak dari barat laut menuju tenggara dengan kecepatan rata-rata sebesar 0,122 m/det.

Berdasarkan hasil model di perairan Kota Tegal menunjukan arah arus cenderung mengikuti garis pantai dan tidak ada pembelokan yang besar, kecuali pada daerah *jetty* yang mana arus berbelok masuk dan keluar ke kolam pelabuhan. Adanya pengembangan pelabuhan yang berupa pembangunan bangunan pemecah gelombang dan reklamasi hanya memiliki pengaruh sangat kecil dalam perubahan kecepatan arus laut dan pergerakan arus lautnya. Hal ini dikarenakan pengembangan pelabuhan berada di antara *jetty* pelabuhan Kota Tegal yang lama di sebelah timur dan pelabuhan perikanan di sebelah barat. Pergerakan arus laut yang terjadi setelah pengembangan pelabuhan sama halnya seperti pergerakan arus laut sebelum pengembangan pelabuhan. Namun pergerakan arus laut bergerak dari barat ke timur, arus laut dibelokkan oleh bangunan pemecah gelombang. Kecepatan arus laut menurun atau menjadi rendah akibat terjadi pengurangan kecepatan arus laut dan dibelokkan arahnya oleh adanya bangunan pantai (Triatmodjo, 2008).



Gambar 15. Grafik Verifikasi Pasang Surut Model dengan Pasang Surut Lapangan



Gambar 16. Grafik Verifikasi Arus Laut Model dengan Arus Laut Lapangan

Hasil perhitungan verifikasi antara pasang surut hasil pengukuran lapangan dengan pasang surut hasil model (Gambar 15) didapatkan dari nilai *Mean Relative Error (MRE)* sebesar 11,87 %. Sedangkan hasil perhitungan verifikasi antara arus laut hasil pengukuran lapangan dengan arus laut hasil model sebelum pengembangan pelabuhan (Gambar 16) didapatkan dari nilai *Mean Relative Error (MRE)* sebesar 26,98 %.

Nilai MRE ini merupakan nilai MRE terkecil yang diambil dari beberapa nilai MRE hasil simulasi model yang lain. walaupun nilai pada simulasi model akan jauh lebih besar atau jauh lebih kecil dibandingkan dengan kenyataan di lapangan karena penyederhanaan beberapa parameter kompleksitas pada perairan yang dijadikan domain agar mempermudah dalam melaksanakan penyelesaian numerik. Cahyana (2005), menyatakan hal yang sama yaitu kondisi sebenarnya cukup kompleks dalam penyelesaian memerlukan penyederhanaan sistem dengan menjaga kestabilan komponen utama.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian di lapangan dapat disimpulkan bahwa dominasi arus laut di perairan Kota Tegal adalah arus pasang surut dengan arah timur (25,95%) dan barat (29,76 %). Kecepatan arus laut terendah sebesar 0,009 m/det dan kecepatan arus laut tertinggi sebesar 0,118 m/det serta kecepatan rata-rata sebesar 0,054 m/det.

Dari hasil simulasi model menggambarkan pola arus laut yang terjadi sebelum pengembangan pelabuhan tidak jauh berbeda dengan pola arus laut yang terjadi setelah pengembangan pelabuhan. Adanya Pengembangan pelabuhan Kota Tegal berupa reklamasi dan bangunan pemecah gelombang mengakibatkan penurunan kecepatan arus laut yang tidak signifikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Astrid, A. T. A. dan A. Murlina. 2007. *Perencanaan Dermaga Kapal Barang di Pelabuhan Tegal*. [Skripsi]. Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Diponegoro. Semarang.
- Bernawis, L. I. 2000. *Temperature And Pressure Responses On El-Nino 1997 And La-Nina 1998 In Lombok Strait*. Proc. The JSPS-DGHE International Symposium on Fisheries Science in Tropical Area.
- Cahyana, C. 2005. *Model Hidrodinamika Laut*. BATAN. Jakarta. Buletin LIMBAH 9 (2) : 17-18 hlm.

- Diananto, A. U. 2006. *Kajian Dampak Pengembangan Wilayah Pesisir Kota Tegal Terhadap Adanya Kerusakan Lingkungan (Studi Kasus Kecamatan Tegal Barat)*. [Skripsi]. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Hadi, S. dan I. M. Radjawane. 2009. *Diktat Kuliah Arus*. Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Ongkosongo, O. S. R dan Suyarso. 1989. *Pasang Surut*. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI). Pusat Pengembangan Oseanografi. Jakarta.
- Peraturan Menteri Nomor 89. 2013. *Rencana Induk Pelabuhan Kota Tegal*. Kementrian Perhubungan RI. Jakarta.
- Triatmodjo, B. 1999. *Teknik Pantai*. Beta Offset. Yogyakarta.
- Triatmodjo, B. 2008. *Hidrologi Terapan*. Beta Offset. Yogyakarta.
- Triatmodjo, B. 2010. *Perencanaan Pelabuhan*. Beta Offset. Yogyakarta.
- Umami, R. 2014. *Sebaran Konsentrasi Sedimen Tersuspensi Di Perairan Larangan, Kabupaten Tegal Menggunakan Model Matematik 2 Dimensi SED2D*. Journal of Oceanography Vol. 3 (2) : 124-134 hlm.

