

## VARIABILITAS MUSIMAN POLA ARUS DI PERAIRAN SURABAYA JAWA TIMUR

Vito Hardika Saputra, Aziz Rifai<sup>\*)</sup>, Kunarso<sup>\*)</sup>

<sup>\*)</sup>Departemen Oseanografi, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro Jl. Prof. Sudarto, SH Tembalang Tlp. / Fax. (024)7474698 Semarang 50275  
*Email:* vitohardika@gmail.com, papahrifa@yahoo.com, kunarsojpr@yahoo.com

### *Abstrak*

Perairan Surabaya, Jawa Timur merupakan daerah pesisir yang cukup potensial untuk dikembangkan. Banyaknya aktivitas pelayaran yang ada di perairan Surabaya membutuhkan informasi tentang kondisi dinamika perairan untuk menjamin keamanan dan keselamatan pelayaran. Informasi mengenai arus dan pasang surut diperlukan untuk mendukung hal tersebut. Pola arus yang teridentifikasi di daerah pantai adalah pola arus yang disebabkan oleh pasang surut dan pola arus yang disebabkan oleh angin. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan variabilitas arah dan kecepatan pola arus musiman (Musim Barat, Musim Timur, dan Musim Peralihan) di perairan Surabaya Jawa Timur tahun 2015. Pengukuran arus laut di lapangan dilakukan dengan metode Lagrangian, sementara permodelan arus 2D menggunakan modul hidrodinamika. Berdasarkan hasil analisis dari data arus lapangan, pola angin, model pola arus dan pasang surut, menunjukkan jenis arus yang dominan terdapat di perairan Surabaya merupakan arus pasang surut. Pola arus Musim Barat mengarah ke Barat Laut dan Tenggara, sementara pada Musim Timur mengarah ke Barat dan Tenggara. Kecepatan arus tertinggi pada Musim Barat (Februari), sementara kecepatan arus terendah terjadi pada Musim Peralihan II (November).

**Kata Kunci :** variabilitas musiman, pola arus, arus laut, perairan Surabaya

### *Abstract*

Surabaya waters in East Java is coastal regions which potential area to be developed. Shipping activities in Surabaya waters needed information about the condition of water dynamics to ensure the security and safety of navigation. Tidal and currents information are necessary to support shipping activities. The currents pattern which identified in coastal area are tidal current and wind current. The purpose of this research is to examine the seasonal variability of flow (West Season, East Season, and Transitional Season) in Surabaya waters, East Java in 2015. Measurement of ocean current method of this research was using Lagrangian, while the 2D flow modeling used hydrodynamics modules (HD). Based on current analysis, wind pattern, current pattern model and tidal, showed the dominant of current type in Surabaya waters is tidal current. Currents pattern in West Season aimed to Southwest and Southeast, while in East Season aimed to West and East. The highest current velocity occurred in West Season (February), the lowest occurred in Transitional Season (November).

**Keywords :** seasonal variability, current pattern, sea current, Surabaya water

## 1. Pendahuluan

Perairan Surabaya berhubungan langsung dengan perairan Selat Madura. Perairan Selat Madura terbuka di bagian timur dan di bagian barat laut. Di bagian timur, perairan Selat Madura terbuka dan berhubungan dengan perairan Selat Bali (Sugianto, 2009). Selat Madura merupakan salah satu alur pelayaran yang ramai dilalui oleh kapal laut. Aktivitas dalam kegiatan pelayaran dipengaruhi banyak faktor atau kondisi dinamika perairan yang harus diperhatikan, salah satunya adalah pola arus. Pola arus yang paling dominan di daerah pantai adalah pola arus yang disebabkan oleh pasang surut dan pola arus yang disebabkan oleh angin. Pola arus tersebut berpengaruh terhadap alur pelayaran (Mustain, 2009). Pengetahuan tentang karakteristik pasang surut dan arus laut yang dibangkitkan oleh pasang surut sangat perlu dilakukan untuk kepentingan navigasi kapal (Ismail dan Taofiqrohman, 2012).

Arus merupakan gerakan air yang sangat luas yang terjadi pada seluruh permukaan lautan di dunia (Mustain, 2009). Arus adalah salah satu faktor hidro-oseanografi yang dapat mempengaruhi alur pelayaran di suatu perairan. Arus mempunyai arti yang sangat penting dalam menentukan arah pelayaran bagi kapal-kapal (Hutabarat dan Evans, 2014).

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui variabilitas arah dan kecepatan pola arus musiman perairan Surabaya Jawa Timur. Informasi ini sangat bermanfaat bagi instansi terkait dalam melakukan pengelolaan alur pelayaran maupun pembangunan bangunan pantai di sekitar perairan.

## 2. Materi dan Metode Penelitian

### A. Materi Penelitian

Materi dalam penelitian ini berupa data primer dan data sekunder. Data primer dalam penelitian ini yaitu data arus laut. Sedangkan data sekunder berupa data pasang surut di peroleh dari BIG (Badan Informasi Geospasial) pada tahun 2015 – 2016, data angin di peroleh dari BMKG (Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika) dan peta Lingkungan Pantai Indonesia dengan Skala 1:50.000 tahun 1999 dari BAKOSURTANAL dengan nomor peta 1608-01 dan 1608-02.

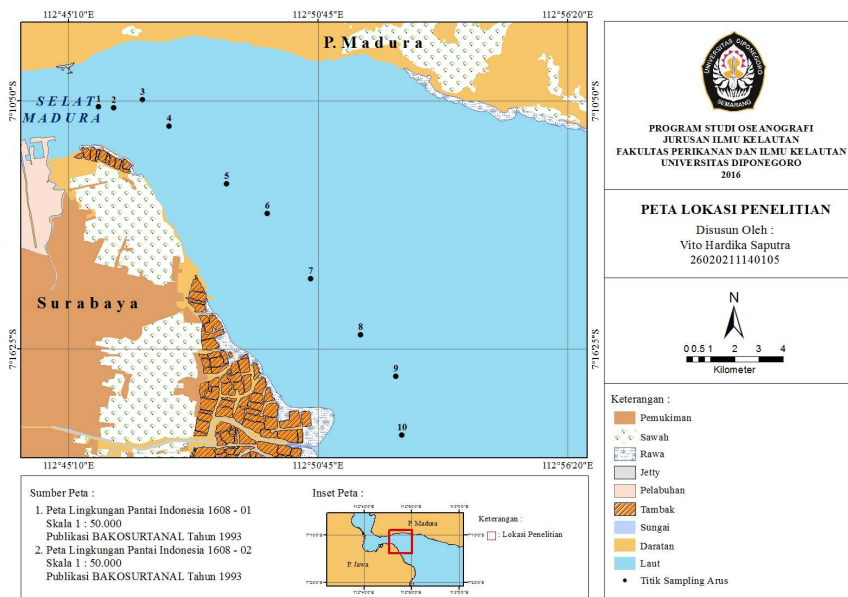
### B. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian adalah metode kuantitatif. Penelitian kuantitatif menurut Robert Donmoyer *dalam* Given (2008) adalah pendekatan-pendekatan terhadap kajian empiris untuk mengumpulkan, menganalisis, dan menampilkan data dalam bentuk numerik. Metode penentuan lokasi pengukuran arus laut menggunakan metode *purposive sampling* (Sugiyono, 2009) yaitu teknik penentuan sampel dengan pertimbangan tertentu.

Teknik pengukuran arus laut di lapangan menggunakan pendekatan Lagrangian yaitu dilakukan dengan menggunakan bola hanyut, bola dengan pemberat baling-baling dihanyutkan di laut pada jarak tertentu dan waktu hanyut tersebut dicatat untuk menghitung kecepatan hanyut (Emery dan Thomson, 1997). Pengukuran arus laut dilakukan selama 3 hari tiap bulannya yang dilakukan pada 10 stasiun (Tabel 1) dengan interval pengukuran 1 jam, dimana masing-masing bulan mewakili setiap musimnya. Lokasi penelitian seperti pada Gambar 1.

Tabel 1. Titik Koordinat Lokasi Pengukuran Arus Laut

Stasiun	Bujur	Lintang
1	112°45'50.4"	7°10'57.8"
2	112°46'10.6"	7°10'59.3"
3	112°46'49.3"	7°10'48.6"
4	112°47'25.6"	7°11'24.5"
5	112°48'42.6"	7°12'42.3"
6	112°49'37.1"	7°13'22.6"
7	112°50'35.1"	7°14'50.4"
8	112°51'42.0"	7°16'5.9"
9	112°52'17.8"	7°17'5.4"
10	112°52'38.0"	7°18'21.8"



Gambar 1. Peta Lokasi Stasiun Pengamatan di Perairan Surabaya, Jawa Timur.

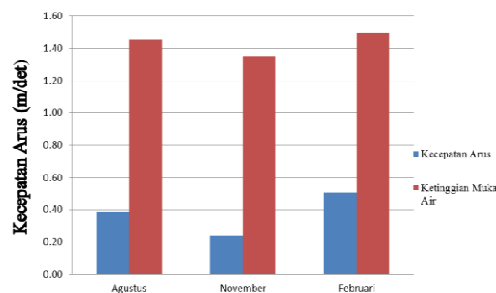
### 3. Hasil dan Pembahasan Arus Laut

Berdasarkan data pengukuran arus lapangan Tabel 2 menunjukkan arus di perairan Surabaya memiliki kecepatan maksimum sebesar 0,71 m/det pada Musim Barat (Februari 2015), sedangkan kecepatan minimum sebesar 0,09 m/det terjadi pada Musim Peralihan II (November 2015). Kecepatan rerata pada Musim Timur dan Musim Barat sebesar 0,38 m/det, sedangkan Musim Peralihan II 0,31 m/det.

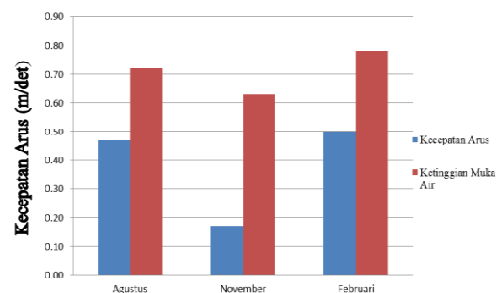
Tabel 2. Hasil Pengukuran Arus Lapangan

	Kecepatan Min (m/det)	Kecepatan Maks (m/det)	Kecepatan Rata-Rata (m/det)
Musim Timur	0,2	0,7	0,38
Musim Peralihan II	0,09	0,69	0,31
Musim Barat	0,2	0,71	0,38

Perbandingan kecepatan arus dengan tinggi pasang surut perbulan yang mewakili setiap musimnya dalam bentuk diagram batang (Gambar 2-3), secara umum menunjukkan pada saat pasangnyanya tinggi maka arus laut lebih cepat. Kecepatan arus yang semakin meningkat pada saat muka air lebih tinggi. Hal ini terjadi karena pada kondisi tersebut gradien tekanan semakin besar yang menyebabkan arus yang mengalir semakin besar. Hal ini terjadi ketika nilai pasang belum sampai HHWL (*High Highest Water Level*). Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Mustain (2009) pada saat pasang tertinggi kecepatan arus lebih besar dibandingkan dengan saat surut terendah.

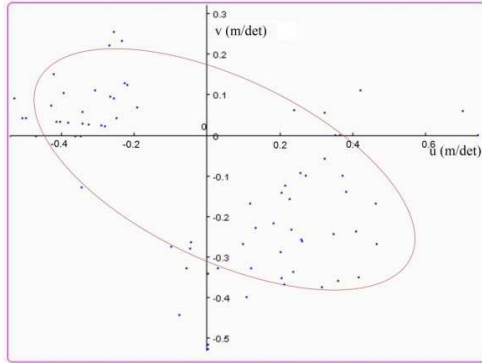


Gambar 2. Diagram Perbandingan Kecepatan Arus Lapangan pada saat Pasang.

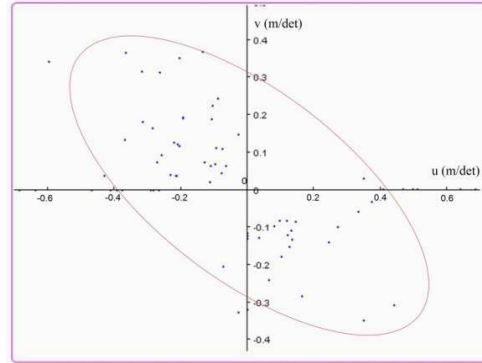


Gambar 3. Diagram Perbandingan kecepatan Arus Lapangan pada saat Surut.

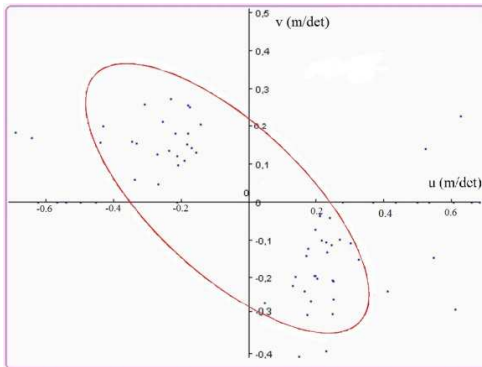
Hasil pengolahan data lapangan dengan *scatter plot*, dimana tiap musimnya menunjukkan pola arus yang berbentuk elips. Menurut Supangat dan Susanna (2003), arus yang cenderung mengikuti pola elips merupakan arus pasang surut. Bentuk elips tersebut menandakan arah pola arus yang selalu bolak balik. Perairan Surabaya yang berhubungan langsung dengan Selat Madura menyebabkan arus umumnya bergerak ke arah Barat Laut dan Tenggara, hal itu terjadi karena arah arus cenderung mengikuti pola gradien kemiringan perairan, morfologi pantai dan daratan di sekitarnya (Dewi, 2014).



Gambar 4. *Scatter Plot* pada Musim Timur II (Agustus) 2015.

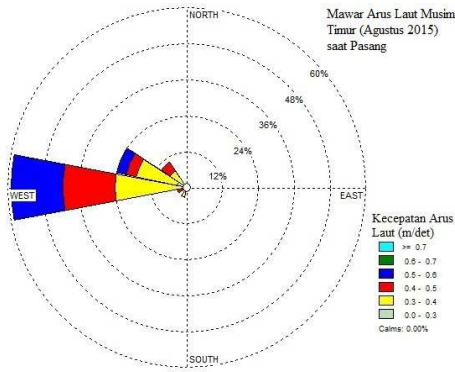


Gambar 5. *Scatter Plot* pada Musim peralihan peralihan (November) 2015.

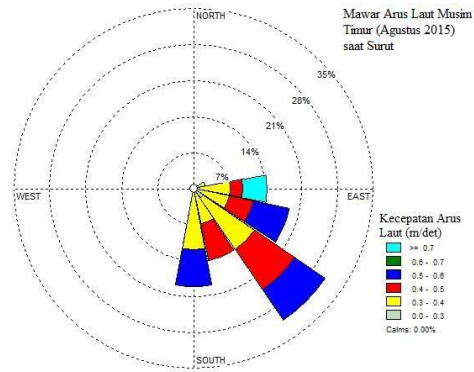


Gambar 6. *Scatter Plot* pada Musim Barat (Februari) 2016.

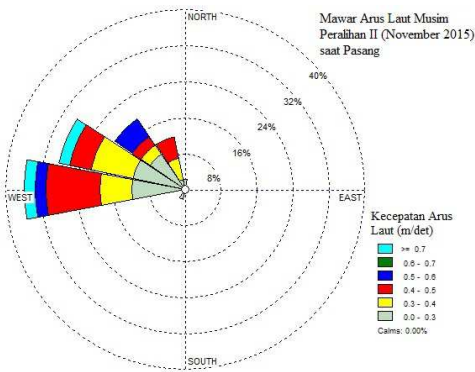
Arah arus hasil pengukuran lapangan di tampilkan dalam gambar 7-12. Berdasarkan analisis *current rose* ditemukan bahwa pergerakan arus permukaan laut pada saat pasang dominan bergerak ke arah barat pada musim Barat (Gambar 7) dan Peralihan (Gambar 9), sedangkan pada musim timur (Gambar 11) dominasi arus bergerak ke arah Barat Laut. Dominasi arus pada saat surut bergerak ke arah tenggara pada musim Timur (Gambar 12) dan Barat (Gambar 8), sedangkan pada musim Peralihan (Gambar 10) ke arah Timur. Perairan Surabaya di apit oleh pulau Jawa dan pulau Madura, dimana morfologi pantai Surabaya pada bagian utara yang kecil terus meluas ke arah Tenggara. Saat pasang arus bergerak ke Barat dan Barat Laut, sementara saat surut arus bergerak ke Tenggara, hal ini sesuai dengan hasil penelitian Dewi (2014) menyatakan arus yang berada di mulut selat umumnya bergerak masuk mengikuti morfologi selat.



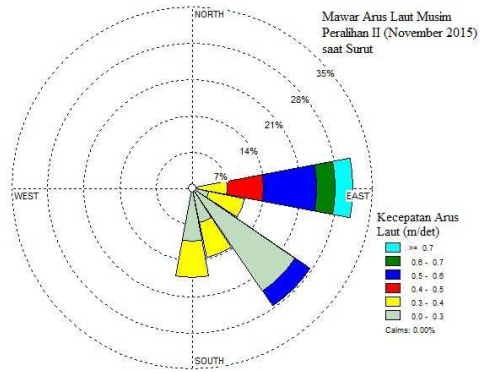
Gambar 7. Mawar Arus Laut Musim Timur (Agustus 2015) saat Pasang.



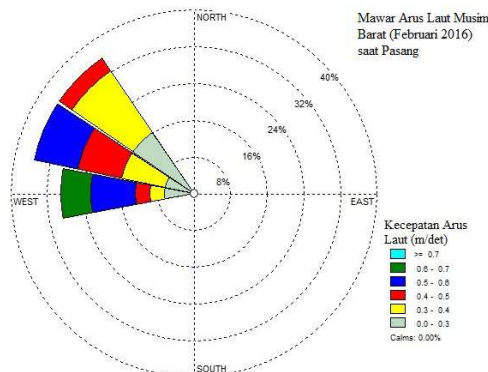
Gambar 8. Mawar Arus Laut Musim Timur (Agustus 2015) saat Surut.



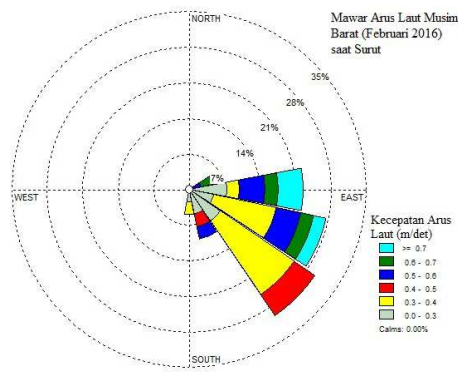
Gambar 9. Mawar Arus Laut Musim Peralihan (November 2015) saat Pasang.



Gambar 10. Mawar Arus Laut Musim Peralihan (November 2015) saat Surut.



Gambar 11. Mawar Arus Laut Musim Barat (Februari 2016) saat Pasang.



Gambar 12. Mawar Arus Laut Musim Barat (Februari 2016) saat Surut.

### Pasang Surut

Data pasang surut diolah menggunakan *software Worldtide* hingga didapatkan konstanta harmonik komponen pasang surut yaitu  $S_0$ ,  $M_2$ ,  $S_2$ ,  $N_2$ ,  $K_2$ ,  $K_1$ ,  $O_1$ ,  $P_1$ ,  $M_4$ ,  $MS_4$ . Nilai komponen-komponen pasang surut ditampilkan dalam Tabel 3.

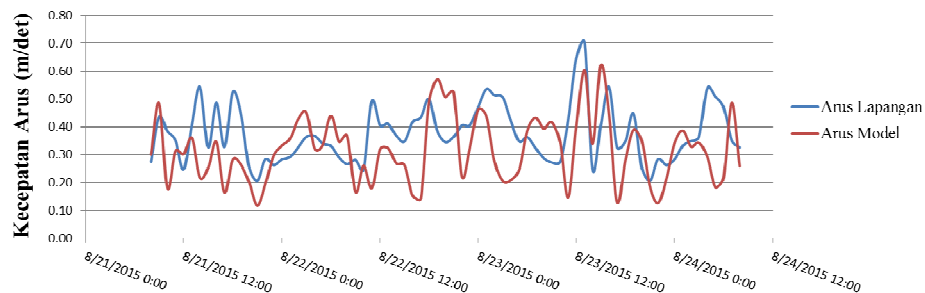
Tabel 3. Nilai Komponen Pasang Surut di Perairan Surabaya

Komponen Pasang Surut	Musim Timur		Musim Peralihan II		Musim Barat	
	Amplitudo (cm)	Fase (deg 360°)	Amplitudo (cm)	Fase (deg 360°)	Amplitudo (cm)	Fase (deg 360°)
S <sub>0</sub>	105		104		107	
M <sub>2</sub>	0,372	65,56	0,38	66,76	0,39	66,78
S <sub>2</sub>	0,193	126,4	0,262	121,17	0,268	128,34
N <sub>2</sub>	0,079	344,61	0,07	323,12	0,061	337,59
K <sub>2</sub>	0,063	270,48	0,059	256,01	0,089	313,89
K <sub>1</sub>	0,496	197,7	0,45	204,72	0,49	190,62
O <sub>1</sub>	0,282	117,97	0,261	115,18	0,239	119,96
P <sub>1</sub>	0,158	223,9	0,246	213,45	0,171	213,26
M <sub>4</sub>	0,012	56,27	0,024	101,94	0,013	81,3
MS <sub>4</sub>	0,03	114,63	0,014	129,96	0,036	136,36
MSL	105		104		107	
LLWL	103,43		102,34		105,35	
HHWL	106,56		105,66		108,65	
Formzahl	1,37		1,11		1,11	

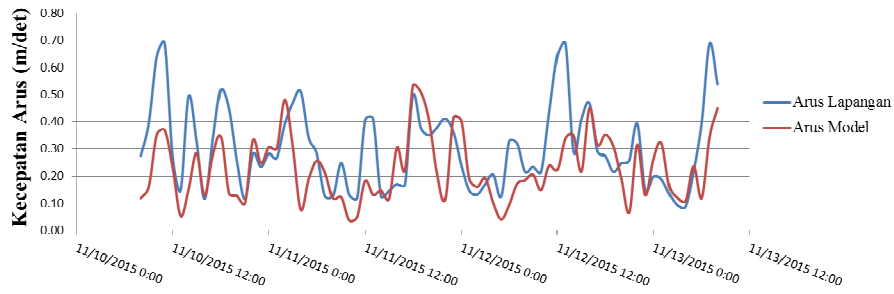
Bilangan *Formzahl* yang didapat dari hasil pengolahan dengan menggunakan *software Worldtide* sebesar 1,37 pada Musim Timur, 1,11 pada Musim Peralihan II dan Musim Barat. Berdasarkan nilai tersebut, maka tipe pasang surut perairan Surabaya adalah tipe pasang surut campuran condong ke harian ganda. Pada tipe pasang surut ini terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dengan tinggi dan periode yang berbeda. Hal ini didukung oleh Mustain (2009), bahwa di perairan Surabaya termasuk ke dalam tipe pasang surut campuran dengan dominan ganda.

**Simulasi Model Pola Arus Laut**

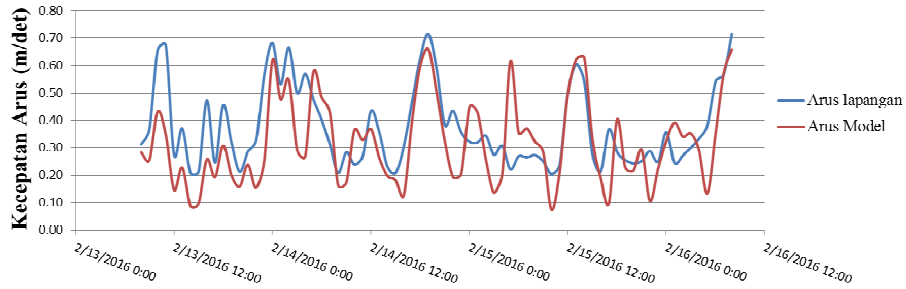
Hasil model yang diperoleh menggunakan modul hidrodinamika tidaklah mewakili kondisi sebenarnya di lapangan tetapi hanya mendekati. Pada perhitungan rerata relatif eror (*MRE*) antara hasil kecepatan arus model dengan arus lapangan didapatkan nilai sebesar 31,43% pada Musim Timur, 37,08% pada Musim Peralihan II, dan 32,23% pada Musim Barat. Menurut Purwanto (2011), data hasil komputasi akan mengalami sedikit perbedaan dengan data di lapangan. Perbedaan data tersebut tidak akan menjadi masalah apabila kesalahan relatifnya tidak melebihi 50%. Sehingga hasil model dengan *MRE* 31,43% sampai 37,08% masih dinilai proporsional dan masih bisa digunakan.



Gambar 13. Perbandingan Arus Lapangan dengan Arus Model pada Musim Timur.

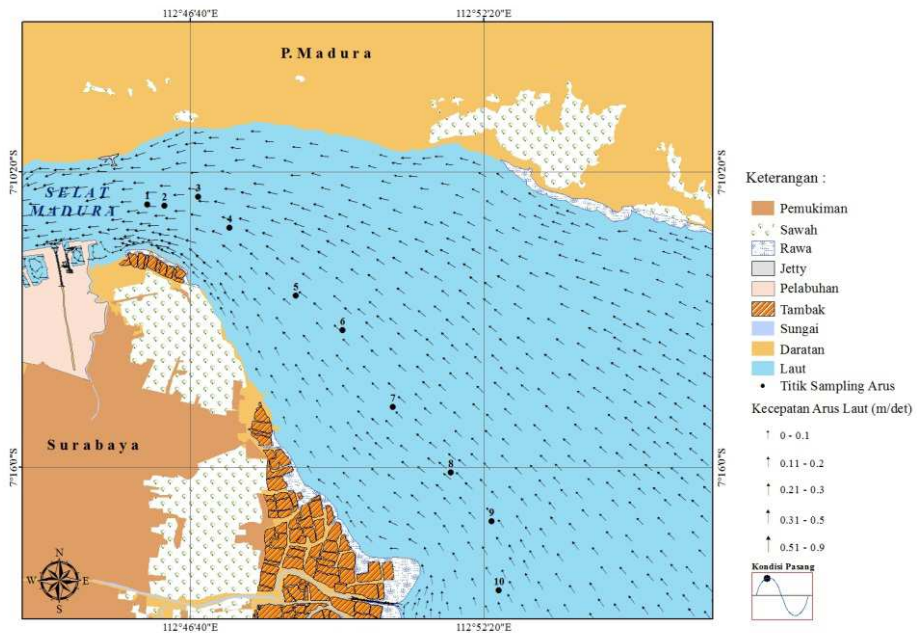


Gambar 14. Perbandingan Arus Lapangan dengan Arus Model pada Musim Peralihan II.

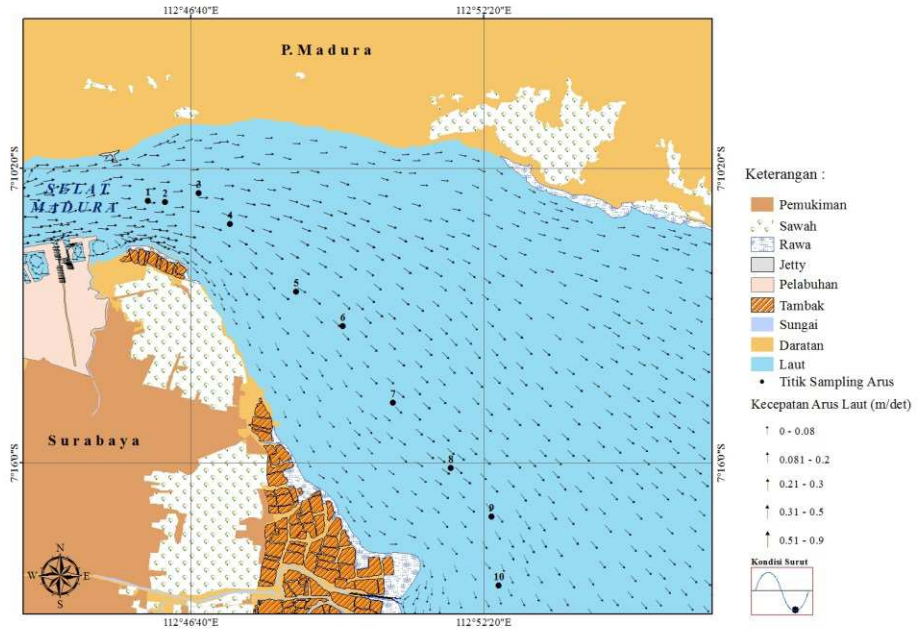


Gambar 15. Perbandingan Arus Lapangan dengan Arus Model pada Musim Barat.

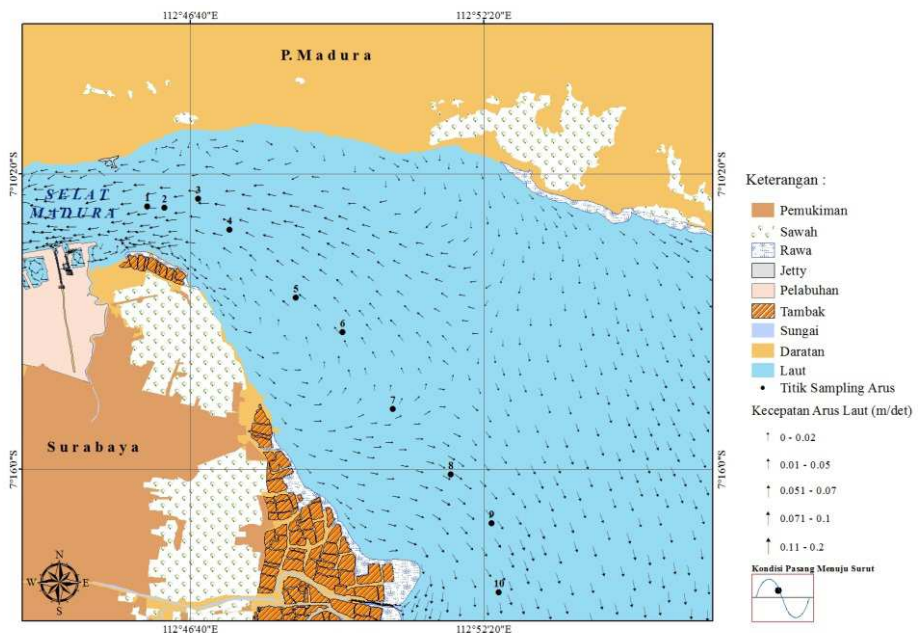
Hasil pola arus laut di perairan Surabaya diperoleh dengan menggunakan pemodelan hidrodinamika. Hasil pemodelan arus pada saat pasang, surut, pasang menuju surut surut, surut menuju pasang disajikan dalam Gambar 16-19. Hasil simulasi model pada setiap musimnya mempunyai pola pergerakan arus yang sama tetapi berbeda pada kecepatannya. Hasil simulasi model arus pada kondisi pasang arah arus dominan ke arah Barat dan Barat Laut Gambar 16. Model arus pada kondisi surut arah arus dominan ke arah Timur dan Tenggara Gambar 17. Model arus saat pasang menuju surut arah arus ke Barat, Barat Laut dan Tenggara Gambar 18. Model arus pada saat surut menuju pasang arah arus ke Timur, Tenggara dan Barat Laut Gambar 19.



Gambar 16. Kondisi Pasang

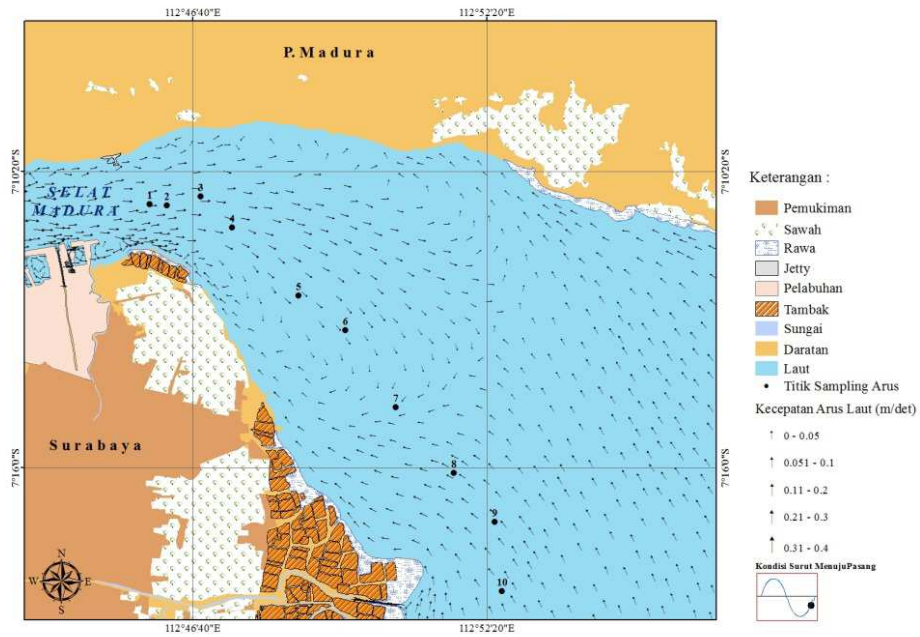


Gambar 17. Kondisi Surut



Gambar 18. Kondisi Pasang Menuju Surut





Gambar 19. Kondisi Surut Menuju Pasang

Kecepatan arus laut model pada Musim Timur yang tercepat berada pada titik 2 dengan kecepatan sebesar 0,62 m/det, sedangkan kecepatan terendah berada pada titik 6 dengan kecepatan 0,11 m/det. Kecepatan arus laut model pada Musim Peralihan II yang tercepat berada pada titik 3 dengan kecepatan sebesar 0,53 m/det, sedangkan kecepatan terendah berada pada titik 9 dengan kecepatan 0,03 m/det. Kecepatan arus laut model pada Musim Barat yang tercepat berada pada titik 2 dengan kecepatan sebesar 0,66 m/det, sedangkan kecepatan terendah berada pada titik 5 dengan kecepatan 0,07 m/det. Arus pada daerah perairan selat menjadi lebih kuat disebabkan adanya perbedaan tekanan antara ujung - ujung perairan selat, hal ini sesuai yang dijelaskan oleh Smith (1980) dalam Nurhayati (2006).

#### 4. Kesimpulan

Jenis arus yang dominan terdapat di perairan Surabaya merupakan arus pasang surut. Variabilitas arus secara spasial memiliki kecepatan yang lebih tinggi pada mulut Selat Madura dibanding perairan yang masih terkena pengaruh lepas pantai. Variabilitas arus secara temporal pada saat pasang arah arus umumnya ke arah Barat dan Barat Laut, sedangkan pada saat surut arus bergerak ke arah Tenggara dan Timur. Variabilitas musim mempengaruhi variabilitas kecepatan arus, arus tercepat terjadi pada Musim Barat (Februari) dan yang terlambat pada Musim Peralihan II (November). Arus semakin cepat ketika nilai pasang surut semakin tinggi.

#### Daftar Pustaka

- Dewi, I.P. 2014. Karakteristik Oseanografi untuk Mendukung Agroekosistem di Kutai Timur Provinsi Kalimantan Timur. *Torani.*, 24(3): 1-18.
- Emery, W J. and R. E. Thomson. 1997. *Data Analysis Methods in Physical Oceanography*. Elsevier Science Publisher. UK.
- Given and Lisa M. 2008. *The Sage Encyclopedia of Qualitative Research Methods*. Thousand Oaks, Sage.
- Hutabarat, S. dan S.M. Evans. 2014. *Pengantar Oseanografi*. Universitas Indonesia Press, Jakarta.
- Ismail, M.F.A. dan A.S. Taofiqrohman. 2012. Simulasi Numeris Arus Pasang Surut di Perairan Cirebon. *Akuatika.*, 3(1): 1-10.
- Mustain, M. 2009. Analisa Pola Arus Pasang Surut pada Alur Pelayaran Tanjung Perak di Selat Madura. *Dalam: Seminar Nasional Teori dan Aplikasi Teknologi Kelautan Tanggal 17 Desember 2009-ITS* : A45-A52.
- Nurhayati. 2006. Distribusi Vertikal Suhu, Salinitas dan Arus di Perairan Morotai, Maluku Utara. *Oseanologi dan Limnologi di Indonesia.*, 40: 29-41.

- Purwanto. 2011. Analisa Spektrum Gelombang Berarah di Perairan Pantai Kuta, Kabupaten Badung, Bali. Buletin Oseanografi Marina., 1(1): 45-59
- Sugianto, D.N. 2009. Kajian Kondisi Hidrodinamika (Pasang Surut, Arus, dan Gelombang) di Perairan Grati Pasuruan, Jawa Timur. Ilmu Kelautan., 14(2): 66-75.
- Sugiyono. 2009. Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D. Alfabeta, Bandung.
- Supangat, A. dan Susanna. 2003. Pengantar Oseanografi. Departemen Kelautan dan Perikanan, Jakarta.