

**KAJIAN POTENSI ARUS LAUT SEBAGAI ENERGI ALTERNATIF
PEMBANGKIT LISTRIK DI PERAIRAN SEKITAR JEMBATAN SURAMADU
SELAT MADURA****Fajar, Purwanto, Elis Indrayanti*)**Program Studi Oseanografi, Jurusan Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan,
Universitas Diponegoro

Jl. Prof. H. Soedarto, S.H, Tembalang Semarang. 50275 Telp/fax (024)7474698

Email : purwantoirh@yahoo.co.id; elis_undip@yahoo.com

Abstrak

Arus laut merupakan parameter yang penting dalam memperoleh besaran potensi energi arus laut yang berdasarkan nilai kecepatan arus laut dari setiap debit alirannya. Perairan Selat Madura, Propinsi Jawa Timur merupakan perairan yang memisahkan Pulau Jawa dan Pulau Madura yang diduga terdapat potensi energi arus laut yang cukup besar. Arus laut menjadi lebih kuat disebabkan karena adanya perbedaan tekanan yang terjadi pada ujung bagian selat. Selain itu selat merupakan wilayah perairan mengalami penyempitan yang terbentuk alamiah dan menghubungkan dua perairan yang lebih besar. Pengolahan data primer menggunakan software currentrose, perhitungan potensi arus laut menggunakan persamaan Fraenkel. Penyajian peta pada penelitian menggunakan software ArcGIS 9.3. Prediksi pola dan kecepatan arus laut didekati dengan pendekatan model yaitu dengan ADCIRC yang merupakan salah satu modul pada SMS. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kecepatan arus berkisar antara 0,1 – 1 m/detik. Potensi arus laut dari pergerakan arus terkuat sebesar 0,5125 kW/ sedangkan potensi arus laut dari pergerakan arus terlemah sebesar 0,0005125 kW/ maka dapat disimpulkan bahwa pemanfaatan energi yang diketahui dapat dijadikan acuan dalam pembangunan perencanaan kedepannya untuk memperoleh energi arus laut yang maksimal sebagai sumber energi alternatif.

Kata Kunci : Arus Laut, Energi alternatif, SMS, Perairan Selat Madura**Abstract**

Ocean current is an important parameter in obtaining the amount of potential energy by ocean currents ocean current velocity value of each discharge stream. Madura Strait, East Java Province is water that separates the island of Java and Madura Island which allegedly contained the potential energy of ocean currents large enough. Ocean currents become stronger due to the difference in pressure that occurs at the ends of the strait. Besides the territorial waters of the strait is formed naturally narrowed and connects two larger waters. Primary data processing using software currentrose, the potential calculation of ocean currents using equation Fraenkel. Presentation of the research map using ArcGIS 9.3 software. Prediction patterns and ocean current velocity is approximated with the ADCIRC model approach which is one of the modules in the SMS. The results showed that the flow rate ranged from 0.1 to 1 m/sec. Potential movement of ocean currents from the strongest currents of 0.5125 kW/ , while the potential of the movement of ocean currents flow weakest of 0.0005125 kW/ , it can be concluded that the use of energy which is known to be used as a reference in planning future development to obtain maximum ocean currents energy as an alternative energy source.

Keywords : Ocean Currents, Alternative Energy, SMS, Waters of Madura Strait

1. Pendahuluan

Kebutuhan energi terus meningkat seiring bertambahnya pertumbuhan manusia. Energi menjadi bagian penting dalam memenuhi kebutuhan hidup manusia, salah satunya energi listrik. Energi listrik sangat penting dalam kehidupan sehari-hari, hal ini disebabkan hampir seluruh aktivitas dan kebutuhan manusia menggunakan energi listrik. Hal ini membuat pemerintah dan khalayak umum harus bisa menciptakan energi alternatif supaya tidak terjadi krisis energi dan krisis lingkungan hidup.

Selat Madura yang memisahkan Pulau Jawa dan Pulau Madura merupakan selat yang memiliki peranan penting dalam kehidupan sehari-hari terutama pada bidang sosial, ekonomi, dan keamanan. Berbagai aktivitas seperti pusat pemerintahan, pemukiman, pelabuhan, dan industri terdapat di wilayah perairan Selat Madura. Tipe perairan Selat Madura setengah tertutup (*semi-enclosed sea*), pada bagian timur dan barat laut perairan Selat Madura mempunyai tipe terbuka, di bagian timur perairan Selat Madura berbatasan dengan Selat Bali (Sugianto, 2009). Pada bagian barat laut Selat Madura berbatasan dengan Laut Jawa.

Sekitar 23 persen penduduk di Jawa Timur belum mendapat aliran listrik, penduduk yang belum mendapat aliran listrik tersebar di Jawa Timur (Bojonegoro, Jember, Pacitan, dan Ponorogo) dan sebagian besar berada di kepulauan Madura. Krisis energi listrik tersebut dikarenakan di daerah kepulauan belum ada energi alternatif selain tenaga surya (Tempo Media Group, 2013).

Perairan Selat Madura memiliki potensi arus laut yang cukup besar untuk dimanfaatkan. Selat merupakan salah satu daerah yang dapat dimanfaatkan sebagai tempat pengembangan energi non konvensional dari laut. Selat merupakan sebuah wilayah perairan yang mengalami penyempitan, selat menghubungkan dua bagian perairan yang lebih besar, dan terletak di antara dua permukaan daratan. Arus pada daerah perairan selat menjadi lebih kuat disebabkan adanya perbedaan tekanan antara ujung - ujung perairan selat (Smith, 1980 dalam Nurhayati, 2006).

Beranjak dari uraian di atas, pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi energi arus laut, yang akan dimanfaatkan sebagai energi alternatif pembangkit listrik di perairan sekitar jembatan Suramadu, Selat Madura.

2. Materi dan Metode Penelitian

A. Materi Penelitian

Materi yang digunakan pada penelitian ini meliputi data lapangan (data primer) dan data pendukung dari instansi terkait (data sekunder). Data primer yang digunakan adalah data hasil pengukuran 24 jam selama 3 hari dengan interval waktu 15 menit menggunakan *Flowmeter* dengan 1 titik lokasi di perairan Selat Madura, yaitu di bawah jembatan Suramadu antara pilar 37 dan pilar 42. Lokasi penelitian terletak pada $7,185983^{\circ}$ LS dan $112,779484^{\circ}$ BT (Gambar 1). Data primer yang diambil pada saat survey lapangan diantaranya pengukuran arus seperti kecepatan dan arah arus laut. Untuk pengolahan data arus laut yang mendukung keakuratannya, parameter yang mendukung adalah arus laut dan karakteristiknya.

Penentuan titik lokasi menggunakan GPS Garmin (*GPS map 60CSx*). Untuk data sekunder meliputi data arus laut, peta bathimetri Selat Madura, Peta RBI dan data pasang surut Selat Madura. Peta bathimetri dan data pasang surut dikeluarkan oleh Dinas Hidro Oseanografi TNI AL, dan peta RBI diperoleh dari Bakosurtanal pada tahun 2001. Data arus laut dikeluarkan oleh BMKG maritim Surabaya. Tentunya data sekunder tersebut didapat dari hasil pengukuran sebelumnya yang selanjutnya digunakan sebagai data pendukung ataupun verifikasi.

B. Metode Penelitian

Metode yang digunakan adalah metode kuantitatif yang merupakan metode ilmiah karena telah memenuhi kaidah – kaidah ilmiah konkret, obyektif, terukur, rasional, sistematis. Menurut Sugiyono (2009), metode kuantitatif adalah metode yang menggunakan data penelitian berupa angka-angka dan analisis menggunakan statistika atau model.

Arus Laut

Metode pengukuran arus laut di Selat Madura khususnya dibawah jembatan Suramadu antara pilar 37 dan pilar 42, dilakukan dengan survei lapangan berupa pengambilan data arus laut, dengan menggunakan *Flowmeter*, bola duga, dan kompas. Pengambilan data arus dilakukan di satu titik lokasi penelitian, pengambilan data yang bertujuan untuk mengetahui arah dan kecepatan arus di permukaan perairan, hasil *Flowmeter* yang berupa nilai, pengolahan data arus laut menggunakan *software currentrose*.

Pasang Surut

Pengolahan data pasang surut dilakukan dengan menggunakan *software Microsoft Excel (Admiralty)*, data pasang surut menentukan komponen yang sangat penting bagi daerah penelitian, karena akan digunakan sebagai tempat pembangkit listrik. Pengamatan pasang surut yang umum dilakukan untuk keperluan praktis adalah 15 sampai 29 hari, pengamatan tersebut mempunyai selang waktu selama 1 jam, pada selang waktu tersebut dilakukan pencatatan tinggi muka air laut (Poerbandono dan Djunasjah, 2005).

Simulasi Model Potensi Rapat Daya

Simulasi potensi rapat daya ini, terdiri dari data bathimetri. Pengolahannya dilakukan dengan *software SMS 8.1* yang digunakan sebagai alat untuk menganalisis daerah yang memiliki potensi arus laut di Selat Madura dan di sekitar perairan jembatan Suramadu Selat Madura. Kemudian melakukan interpolasi dengan menggunakan *software ArcGIS 9.3*, sehingga dihasilkan sebaran potensi energi arus laut di lokasi penelitian dan di sekitar perairan jembatan Suramadu Selat Madura.

Perhitungan Rapat Daya

Daya yang didapat dari aliran air dan energi yang ditangkap sangat berpengaruh terhadap kecepatan, hal ini dapat dibuktikan dari persamaan Fraenkel bahwa rapat daya dapat dihasilkan dari aliran air (Fraenkel, 1999). Perhitungan untuk mencari daya tersebut adalah :

$$P = \rho A V^3$$

dimana:

P = Daya Listrik yang Dihasilkan (kW)

ρ = Densitas Air Laut (gr/cm³)

A = Luas Bidang Turbin Untuk Menangkap Debit Aliran Air (m²)

V = Kecepatan Aliran Arus Laut (m/s)

Data Input Pola Arus Menggunakan Model SMS

Model yang dibuat untuk mengetahui pola arus harus mempunyai inputan data yang akurat. Masukkan data yang akan digunakan sebagai ketentuan – ketentuan dalam perhitungan ini dalam *software SMS* disebut kondisi batas, dan diisikan pada sub menu time kontrol *ADCIRC*.

Verifikasi Data

Verifikasi data yang dilakukan untuk membandingkan hasil pengukuran arus laut di lapangan dengan arus laut hasil simulasi model. Besar kesalahan yang terjadi dihitung dengan mencari nilai RE (*Relative Error*), dan MRE (*Mean Relative Error*) (Arfiyan, 2008 dalam Yolanda, 2012). Perhitungan untuk mencari nilai tersebut adalah :

$$RE = \frac{|X - C|}{X} \times 100\%$$

$$MRE = \frac{\sum_{i=1}^n RE}{n}$$

dimana:

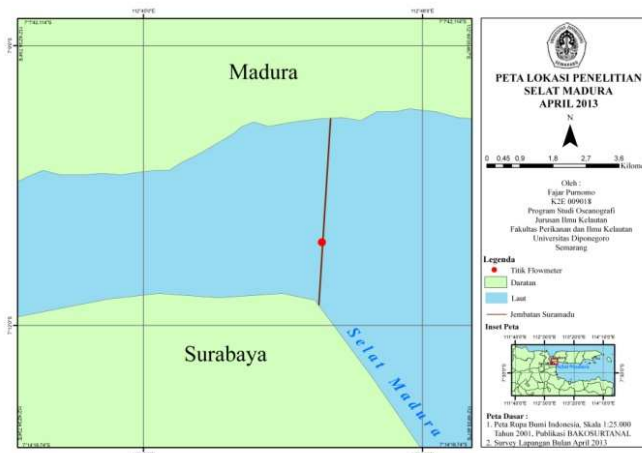
RE = *Relative Error* (Kesalahan Relatif)

MRE = *Mean Relative Error* (Kesalahan Relatif Rata – rata)

N = Jumlah Data

C = Data Hasil Simulasi

X = Data Lapangan



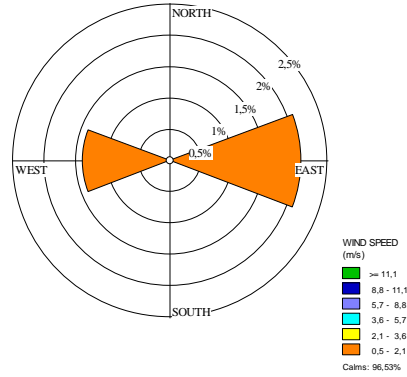
Gambar 1. Lokasi Penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil dari penelitian ini berupa distribusi arus laut, pasang surut, simulasi model potensi rapat daya, simulasi model SMS dengan sub program ADCIRC, verifikasi arus laut dan pasang surut, serta energi arus laut di Selat Madura.

Arus Laut

Distribusi arus laut pada bulan April 2013, pergerakan arus didominasi ke arah timur dan memiliki frekuensi 3% (Gambar 2).



Gambar 2. Distribusi Arah dan Kecepatan Arus Permukaan di Perairan Selat Madura Pada Bulan April Tahun 2013 (Sumber : Pengolahan Data Primer, 2013).

Distribusi arus dominan ke arah timur, terjadi karena distribusi arus terjadi pada musim peralihan pertama, dimana angin musiman yang berhembus di perairan Indonesia dapat terjadi dua kali perubahan musim. Hal ini juga sesuai dengan studi dari Wyrтки (1961).

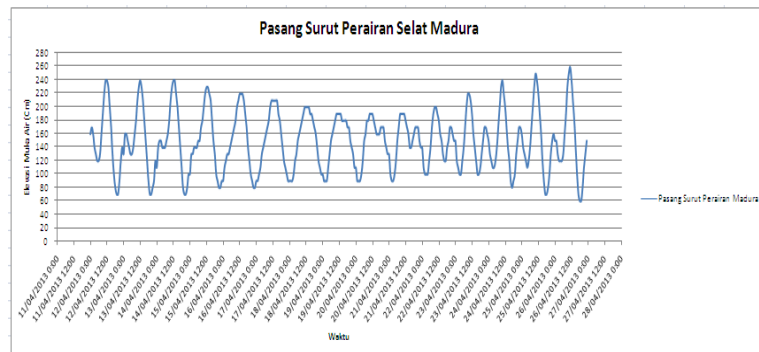
Pasang Surut

Tipe pasang surut pada perairan Selat Madura adalah pasang surut campuran condong harian ganda (*Mixed Tide Prevailing Semidiurnal*) dengan nilai *formzahl* 1,38479 ($0,25 < F < 1,5$), dan besaran elevasi pasang surut di perairan Selat Madura (Tabel 1) beserta grafik fluktuasi muka air perairan Selat Madura (Gambar 3).

Tabel 1. Besaran Elevasi Pasang Surut di Perairan Selat Madura

	MSL	HWL	HHWL	LWL	LLWL
Elevasi (cm)	150	260	297,68644	60	1,75245

(Sumber: Pengolahan Data Sekunder, 2013).



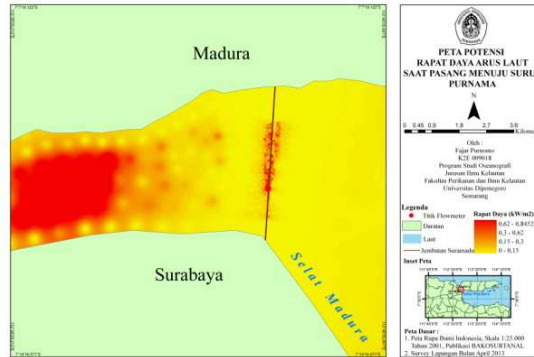
Gambar 3. Fluktuasi Pasang Surut Muka Air di Perairan Selat Madura (Sumber : Pengolahan Data Sekunder, 2013).

Kondisi purnama memiliki durasi pasang surut yang cukup lama sehingga dapat menghasilkan elevasi dan pasang yang tinggi, sedangkan kondisi perbani memiliki durasi pasang surut yang cukup pendek sehingga menyebabkan elevasi dan pasang yang rendah. Hal ini juga sesuai dengan studi dari Poerbandono dan Djunasjah (2005).

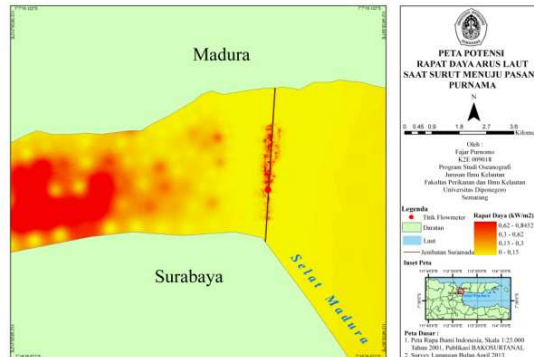
Hasil penelitian ini diperkuat oleh hasil penelitian dari Mahatmawati, *et al* (2009) dan Mujahid (2009) yang juga mendapatkan tipe pasang surut campuran condong ke harian ganda dengan nilai $0,25 < F < 1,50$. Hal ini didukung dengan pernyataan Ongkosongo (1989). Prediksi pasang surut yang telah dilakukan dapat digunakan untuk peletakkan turbin sebagai pembangkit listrik tenaga arus laut.

Potensi Rapat Daya

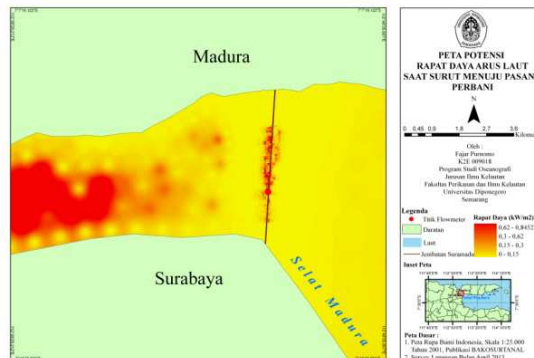
Berdasarkan hasil simulasi model didapatkan nilai potensi rapat daya terbesar terdapat pada saat arus menuju pasang maupun surut (Gambar 4 – 7), yang terbagi menjadi 2 fase bulan (purnama dan perbani) dengan 4 kondisi pasang surut. Potensi rapat daya terbesar yang dihasilkan pada perairan sekitar jembatan Suramadu Selat Madura berkisar $0,62 - 0,84527 \text{ kW/m}^2$, sedangkan potensi rapat daya terkecil berkisar $0 - 0,15 \text{ kW/m}^2$.



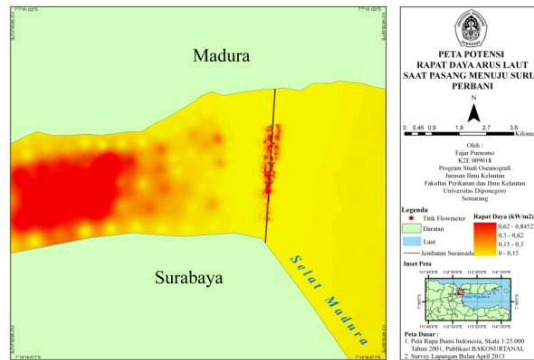
Gambar 4. Peta Potensi Rapat Daya Arus di Perairan Selat Madura Pada Saat Pasang Menuju Surut Purnama (Sumber : Pengolahan Data, 2013).



Gambar 5. Peta Potensi Rapat Daya Arus di Perairan Selat Madura Pada Saat Surut Menuju Pasang Purnama (Sumber : Pengolahan Data, 2013).



Gambar 6. Peta Potensi Rapat Daya Arus di Perairan Selat Madura Pada Saat Surut Menuju Pasang Perbani (Sumber : Pengolahan Data, 2013).

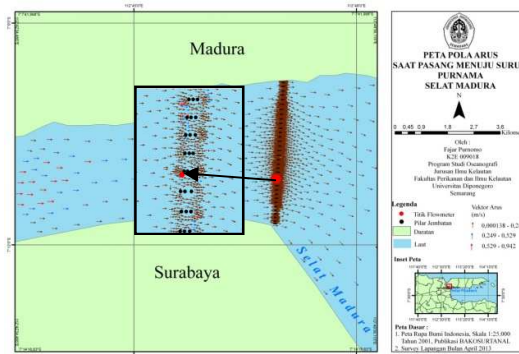


Gambar 7. Peta Potensi Rapat Daya Arus di Perairan Selat Madura Pada Saat Pasang Menuju Surut Perbani (Sumber : Pengolahan Data, 2013).

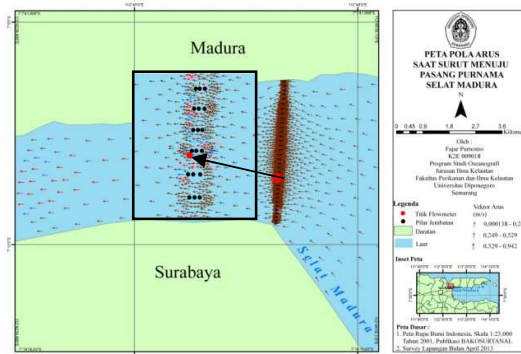
Potensi rapat daya terbagi dalam 4 kondisi elevasi air dan 2 fase kondisi pasang surut terlihat saat elevasi pada kondisi purnama lebih besar dibandingkan dengan saat elevasi pada kondisi perbani, hal ini disebabkan karena gaya tarik – menarik antara bulan dan bumi sangat kuat pada kondisi purnama, sebaliknya pada kondisi perbani gaya tarik – menarik antara bulan dan bumi saling melemahkan. Alasan ini didukung oleh Hadi dan Radjawane (2009) dan hal ini juga sesuai dengan pernyataan dari Setiyono (1996).

Simulasi Model SMS dengan sub Program ADCIRC

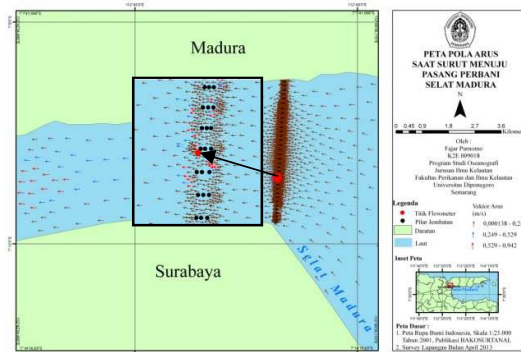
Berdasarkan hasil simulasi model SMS dengan sub program ADCIRC yang terbagi menjadi 2 fase bulan (purnama dan perbani) dengan 4 kondisi pasang surut, didapatkan nilai kecepatan arus laut yang berdasarkan klasifikasi warna vektor. Kondisi pada saat arus menuju pasang maupun menuju surut memiliki kecepatan yang tinggi (Gambar 8 – 11), sehingga hasil konversi kecepatan arus laut terhadap rapat daya yang dihasilkan menjadi besar. Nilai kecepatan arus laut terbesar yang dihasilkan pada perairan sekitar jembatan Suramadu Selat Madura berkisar 0,529 – 0,942 m/det, sedangkan kecepatan arus laut terkecil berkisar 0,000078 – 0,2 m/det.



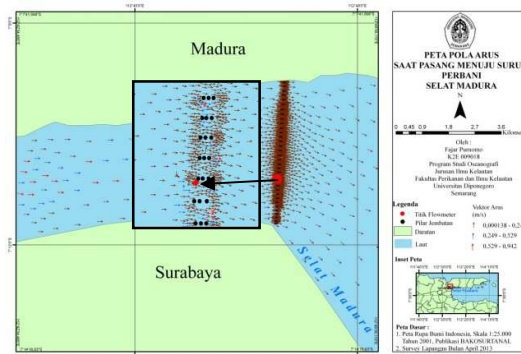
Gambar 8. Sket Pola Arus Selat Madura Saat Pasang Menuju Surut Purnama (Sumber : Pengolahan Data, 2013).



Gambar 9. Sket Pola Arus Selat Madura Saat Surut Menuju Pasang Purnama (Sumber : Pengolahan Data, 2013).



Gambar 10. Sket Pola Arus Selat Madura Saat Surut Menuju Pasang Perbani (Sumber : Pengolahan Data, 2013).



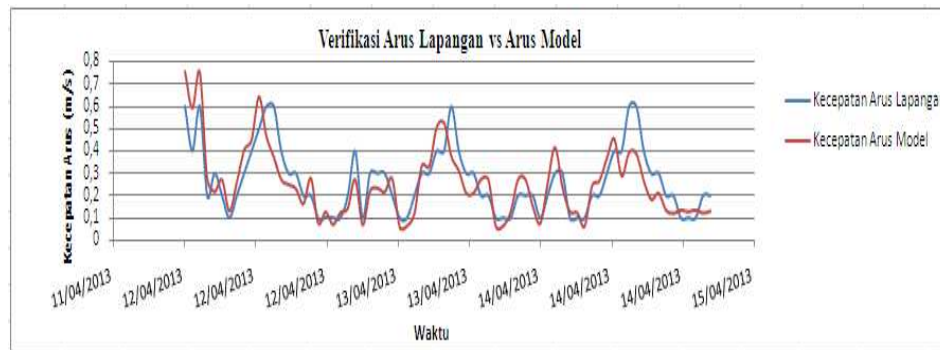
Gambar 11. Sket Pola Arus Selat Madura Saat Pasang Menuju Surut Perbani (Sumber : Pengolahan Data, 2013).

Kondisi pasang tertinggi mempunyai nilai kecepatan arus relatif bernilai kecil atau mendekati nol, dan pada saat perubahan kondisi dari pasang menuju surut kecepatan arus meningkat. Pola arus ini terjadi karena arus bergerak horizontal menuju kesetimbangan, pada saat menuju surut dan menuju pasang massa air akan bergerak akibat adanya kekuatan laju arus pasut dari kondisi tersebut dan pada saat kekuatan laju arus pasut dari pasang surut mencapai kesetimbangan atau puncak tertinggi maka kecepatan yang dihasilkan mendekati nol dan begitu juga yang terjadi pada saat kondisi surut terendah. Hal ini juga sesuai dengan studi Poerbandono dan Djunasjah (2005).

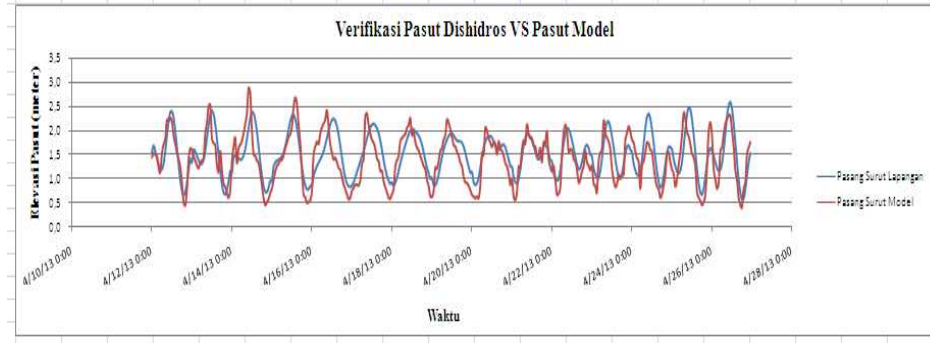
Pada kondisi pasang menuju surut vektor arus datang dari arah barat menuju timur dan menyebar ke arah tenggara, sebaliknya kondisi surut menuju pasang vektor arus laut datang dari arah timur menuju barat. Hal ini diperkuat dengan pemberitaan Tempo Media Group (2013).

Verifikasi Arus dan Pasang Surut

Hasil verifikasi arus laut didapatkan sebesar 29,7083%, sedangkan untuk verifikasi pasang surut didapatkan sebesar 20,21068%. Kesesuaiannya dapat dilihat pada (Gambar 12) dan (Gambar 13).



Gambar 12. Grafik Hasil Verifikasi Arus Lapangan dengan Arus Model di Perairan Selat Madura Pada Tanggal 12 – 14 April 2013 (Sumber : Pengolahan Data, 2013).



Gambar 13. Grafik Hasil Verifikasi Pasut Dishidros dengan Pasut Model di Perairan Selat Madura Pada Tanggal 12 – 26 April 2013 (Sumber : Pengolahan Data, 2013).

Pada hasil grafik verifikasi menjelaskan kecepatan arus lapangan relatif lebih tinggi daripada kecepatan hasil model. hal ini disebabkan karena pemodelan menggunakan metode pendekatan dengan berbagai asumsi dari persamaan matematis sehingga hasil dari simulasi hanya sebagai pendekatan dengan kondisi lapangan, atau hasil dari pemodelan yang ditampilkan akan jauh atau sedikit berbeda dari kondisi di lapangan.

Berdasarkan hasil grafik verifikasi pasang surut yang ada, telah merepresentasikan hasil *output* model dengan peramalan pasang surut yang dilakukan oleh Dinas Hidro Oseanografi, pola elevasi pasutnya memiliki fase yang sama. Verifikasi pasut ini sebagai pendukung, yang dimana nantinya dapat dijadikan sebagai perbandingan antara pola arus pasang surut dengan pola pasutnya.

Nilai MRE atau kesalahan rata – rata dari verifikasi arus dan pasut ini masih sangat besar dikarenakan nilai pada pemodelan akan jauh lebih kecil atau jauh lebih besar dibandingkan dengan kondisi di lapangan. Namun nilai MRE atau kesalahan rata – rata yang didapat pada verifikasi arus dan pasut masih dalam batas yang diperbolehkan karena nilai verifikasi masih dibawah 50% atau setengah dari nilai validasi (nilai kebenaran).

Energi Arus Laut di Selat Madura

Berdasarkan hasil perhitungan nilai rapat daya didapatkan energi arus laut di Selat Madura antara pilar 37 dan 42 dari pergerakan arus dominan di lapisan permukaan (Tabel 2).

Tabel 2. Nilai Rapat Daya di Lapisan Permukaan Perairan Selat Madura

Waktu	Kedalaman (m)	Arah Arus Terkuat()	Kecepatan Arus Terkuat (m/s)	Rapat Daya (kW/)
Jum'at 12 April 2013	1,5	96,05 – 272,37	0,6	0,1107
		92,78	0,5	0,0640
		90,08 - 98,31	0,4	0,0328
		90,75 – 101,1	0,3	0,01383
Sabtu 13 April 2013	1,5	89,23 – 90,45	1	0,5125
		271,73	0,6	0,1107
		82,03 – 270,9	0,4	0,0328
		78,97 – 271,88	0,3	0,01383
Minggu 14 April 2013	1,5	90,54 – 271,81	0,6	0,1107
		90,03 – 271,93	0,4	0,0328
		85,50 – 91,62	0,3	0,01383
		82,38 – 271,6	0,2	0,0041

(Sumber : Data Hasil Perhitungan, 2013)

Catatan : 1. Nilai (densitas air laut) = 1,025 gr/ di lapisan permukaan.

Nilai kecepatan arus maksimum yang didapat pada perairan Selat Madura sebesar 1 m/det, kecepatan arus dipengaruhi oleh morfologi perairan Selat Madura, besarnya massa air yang mengalir melewati selat berasal dari kedua perairan yang berada pada sisi barat daya (Laut Jawa) dan sisi timur (Selat Bali) serta massa air yang mengalir dari perairan yang lebar mempunyai volume yang besar akan mengalami percepatan seiring penyempitan yang dialami oleh selat Madura. Hal ini diperkuat oleh pernyataan Hagerman *et al* (2006).

Kecepatan arus tertinggi pada perairan Selat Madura didominasi dengan pola arah barat daya – tenggara, dengan pola arah sebaliknya arus juga memiliki kecepatan yang optimal namun tidak secepat arus yang dihasilkan ketika menuju barat daya – tenggara. Tipe dan karakteristik arus yang terjadi di Selat Madura merupakan arus pasang surut yang dibangkitkan oleh pasang surut, membuat periode kecepatan arus pasang surut mengikuti perioda pasang surut yang membangkitkannya, pasang surut pada daerah selat khususnya Selat Madura memiliki pola hidrolik. Alasan ini diperkuat oleh Hadi dan Radjawane (2009).

Pada perhitungan nilai besaran rapat daya yang dihasilkan dari nilai kecepatan arus laut didapatkan rapat daya sebesar $0,5125 \text{ kW/m}^2$, besaran nilai rapat daya juga mengalami fluktuasi naik turun hal ini disebabkan oleh nilai kecepatan arus yang terkonversi memiliki pola yang sama sehingga fluktuasi ini terjadi menyesuaikan dengan fluktuasi nilai arus yang terjadi. Hal ini dapat didekati dari persamaan konversi nilai arus yang dijelaskan oleh Fraenkel (1999).

Perairan Selat Madura memiliki kecepatan arus yang relatif rendah, pernyataan ini sesuai dengan Paramita (2010). Untuk dapat mengkonversi arus laut menjadi energi tentunya harus ada suatu perangkat pembangkit listrik, perangkat pembangkit listrik salah satunya terdiri dari turbin. Turbin yang digunakan harus efisien, murah, dan ramah lingkungan serta dapat memanfaatkan kecepatan arus laut yang relatif rendah. Alasan ini didukung dengan pernyataan Paramita (2010).

4. Kesimpulan

Nilai rapat daya yang dihasilkan, pada kedalaman 1,5 meter khususnya antara pilar 37 dan pilar 42, yaitu dari pergerakan arus terkuat sebesar $0,5125 \text{ kW/m}^2$, sedangkan pergerakan arus terlemah menghasilkan rapat daya sebesar $0,00051 \text{ kW/m}^2$, sedangkan dari hasil simulasi model nilai rapat daya di sekitar perairan Selat Madura didapatkan dari pergerakan arus terkuat sebesar $0,84527 \text{ kW/m}^2$, untuk nilai rapat daya dari pergerakan arus terlemah sebesar $0,15 \text{ kW/m}^2$.

5. Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada instansi Badan Penerapan dan Pengkajian Hidrodinamika (BPPH) dan instansi BMKG Maritim Surabaya atas fasilitas serta sarana dan prasarana yang diberikan selama penelitian ini berlangsung.

Daftar Pustaka

- Fraenkel, P. L. 1999. *Power From Marine Current*. Marine Current Turbines Limited, London, UK., 1:1-14.
- Hadi, S. dan Radjawane. I. M. 2009. *Diktat Kuliah Arus*. Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Hagerman, G., Brian. P., Roger. B and Mirko. P. 2006. *Methodology for Estimating Tidal Current Energy Resources and Power Production by Tidal In-Stream Energy Conversion (TISEC) Devices*. EPRI, TP. North American, 57p.
- Mahatmawati, A. D., M. Efendy., A. D. Siswanto., Z. Hidayah dan W. A. Nugraha. 2009. *Perbandingan Fluktuasi Muka Air Laut Rerata (MLR) di Perairan Pantai Utara Jawa Timur dengan Perairan Pantai Selatan Jawa Timur*. Jurnal Kelautan, Jurusan Ilmu Kelautan-Universitas Trunojoyo, Jawa Timur, 2(1):33-41. ISSN 1907-9931.
- Nurhayati. 2006. *Distribusi Vertikal Suhu, Salinitas dan Arus Di Perairan Morotai, Maluku Utara*. Pusat Penelitian Oseanografi LIPI, Jakarta.
- Ongkosongo, Otto S.R. 1989. *Pasang Surut*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Jakarta.
- Paramita, N. I. 2010. *Potensi Penerapan Turbin Arus Laut Sebagai Sumber Daya Energi Alternatif Di Indonesia*. Pelopor Energi Alternatif Indonesia (*T-FILES*), Bandung, ISBN : 978-979-98802-4-6. 7 hlm.
- Poerbandono dan E. Djunarsjah. 2005. *Survei Hidrografi*. Refika Aditama, Bandung, 166 hlm.
- Setiyono, H. 1996. *Kamus Oseanografi*. UGM Press, Yogyakarta.
- Sugianto, D. N. 2009. *Kajian Kondisi Hidrodinamika (Pasang Surut, Arus, dan Gelombang) di Perairan Grati Pasuruan, Jawa Timur*. Jurnal Ilmu Kelautan, Semarang, 14(2):66-75.
- Sugiyono. 2009. *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif*. Alfabeta, Bandung.
- Sukarno, M. 2009. *Kondisi Hidrodinamika dan Pengaruhnya Terhadap Sebaran Parameter Fisika-Kimia Perairan Laut Dari Muara Sungai Porong Sidoarjo*. [Skripsi]. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro, Semarang, 100 hlm.
- Tempo Media Group. 2013. *23 Persen Penduduk di Jatim Belum Dapat Listrik*. <http://m.tempo.co/read/news/>-. (7 Januari 2014).
- _____. *Selat Madura Sulit Menetralisir Lumpur Lapindo*. <http://m.tempo.co/read/news/>-. (20 Januari 2014).

- Wyrski, K. 1961. *Physical Oceanography of the South East Asian Waters. Naga Report Vol. 2 Scripps*. Institute Oceanography, California.
- Yolanda, F. 2012. *Studi Sebaran Logam Berat Timbal (Pb) dan Seng (Zn) Pada Air dan Sedimen di Kolam Pelabuhan Tanjung Mas Semarang*. [Skripsi]. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro, Semarang, 130 hlm.