

## **ANALISIS KARAKTERISTIK ARUS LAUT DI PERAIRAN TANJUNG MAS SEMARANG DALAM UPAYA PENCARIAN POTENSI ENERGI ALTERNATIF**

**Hermawan Puji Wijaksono, Heryoso Setiyono, Gentur Handoyo<sup>\*)</sup>**

Program Studi Oseanografi, Jurusan Ilmu Kelautan  
Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. H. Soedharto, SH, Tembalang Semarang. 50275 Telp/Fax (024) 7474698

### **Abstrak**

*Sebagian besar pembangkit listrik yang ada di Indonesia, menggunakan energi konvensional yang tidak dapat diperbaharui. Tidak hanya berdampak pada krisis kekurangan energi, penggunaan energi konvensional juga berdampak pada krisis lingkungan hidup. Untuk itu, diperlukan pemanfaatan energi alam yang bisa diperbaharui dan lebih ramah lingkungan yang tersedia melimpah di tanah air. Penelitian ini dilakukan di Perairan Tanjung Mas Semarang pada tanggal 20 – 23 Oktober 2011. Lokasi titik pengukuran atau penempatan ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler) berada di koordinat  $6^{\circ} 52' 19''$  LS dan  $110^{\circ} 21' 18''$  BT dengan kedalaman 15 meter. Metode yang digunakan dalam pengukuran data primer adalah metode Eulerian dengan ADCP. Arus direkam secara simultan dan kontinyu pada setiap lapisan kedalaman di satu titik lokasi. Pengolahan data primer menggunakan software currentrose, sedangkan untuk penghitungan rapat daya menggunakan persamaan Fraenkel. Kecepatan arus dominan tertinggi yaitu mencapai kisaran 0,028 – 0,828 m/detik, terdapat di permukaan perairan dengan kedalaman 1,5 meter dan bergerak ke arah barat laut. Rapat daya terbesar yang dihasilkan dengan asumsi kecepatan arus ( $v = 0,828$  m/detik) yaitu  $290,92757$  W/m<sup>2</sup>. Untuk rapat daya terkecil yaitu  $0,01125$  W/m<sup>2</sup>, dihasilkan dengan asumsi ( $v = 0,028$  m/detik).*

**Kata kunci:** Arus Laut, Energi Alternatif, Perairan Tanjung Mas

### **Abstract**

*Most of the existing power plants in Indonesia, using a conventional non-renewable energy. Crisis not only affects the lack of energy, conventional energy using also have an impact on the environmental crisis. This required the utilization of natural energy that can be renewed and more environmentally that available in abundance in the country. The research was conducted in the waters of Tanjung Mas Semarang on October 20th – 23rd 2011. Location of point measurement or placement of ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler) was in the coordinates  $6^{\circ} 52' 19''$  south latitude and  $110^{\circ} 21' 18''$  east longitude with 15 meters depth. Method used in measurement of primary data is Eulerian method with ADCP. The currents recorded simultaneously and continuously on each depth layers at a point of location. The primary data processing using currentrose software, while for the power density calculating using Fraenkel's equation. The highest speed of dominant currents reaches the range of 0,028 – 0,828 m/s, founded in surface waters with 1,5 meters depth and move towards the northwest. The largest power density generated by assuming the currents velocity ( $v = 0,828$  m/s) was  $290,92757$  W/m<sup>2</sup>. For the smallest power density was  $0,01125$  W/m<sup>2</sup>, generated by assuming ( $v = 0,028$  m/s).*

**Keywords:** Ocean Currents, Alternative Energy, The Waters of Tanjung Mas

### **1. Pendahuluan**

Kebutuhan energi listrik yang terus meningkat, menyebabkan permintaan daya listrik yang semakin tinggi, karena saat ini listrik merupakan hal yang dibutuhkan dalam kehidupan sehari-hari. Sebagian besar pembangkit listrik yang ada di Indonesia, menggunakan energi konvensional yaitu energi yang tidak dapat diperbaharui. Penggunaan energi konvensional tidak hanya berdampak pada krisis kekurangan

<sup>\*)</sup> Penulis Penanggung Jawab

energi, tetapi juga berdampak pada krisis lingkungan hidup. Untuk itu, diperlukan pemanfaatan energi alam yang bisa diperbaharui dan lebih ramah lingkungan yang tersedia melimpah di tanah air.

Indonesia merupakan salah satu negara kepulauan yang memiliki garis pantai sepanjang kurang lebih 81.000 km. Sebagian besar wilayah Indonesia berupa perairan, dimana Perairan Indonesia memiliki luas tiga kali lebih besar dari luas daratan yang mencapai hampir 5,9 juta km<sup>2</sup> (Ningsih, 2002). Indonesia mempunyai potensi yang besar untuk tenaga arus laut, mengingat Indonesia merupakan negara kepulauan yang dikelilingi oleh dua samudera yaitu Samudera Hindia dan Samudera Pasifik. Dengan posisinya yang berada di lintang khatulistiwa, hal ini menyebabkan kondisi angin, gelombang, dan arus laut cukup besar.

Salah satu sumber energi alternatif yang bisa dikembangkan saat ini adalah energi arus. Arus berperan aktif dalam mempengaruhi proses-proses biologi, kimia, dan fisika dalam dimensi ruang dan waktu yang terjadi di lautan. Seiring perkembangan jaman, arus laut juga berpotensi untuk menjadi sumber energi terbarukan menggantikan sumber energi habis pakai. Dalam konversi energi, aliran tersebut bisa dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif dengan cara pemanfaatan energi potensial yang tersimpan pada setiap aliran air.

Sebagai energi potensial yang dapat diperbaharui, arus merupakan salah satu sumber energi yang menarik minat banyak ilmuwan untuk dikembangkan. Namun, sampai saat ini pemanfaatan arus sebagai penggerak turbin dalam pembangkit listrik belum berkembang. Kebijakan pengembangan arus laut sebenarnya tersedia dalam UU No. 30/2007 tentang Energi, maupun UU No. 17/2007 tentang Rencana Pembangunan Jangka Panjang Nasional (RPJPN).

Berdasarkan data yang dikeluarkan oleh Asosiasi Energi Laut Indonesia (ASELI), secara teoritis, total sumber daya energi laut nasional sangat melimpah, meliputi energi dari jenis panas laut, gelombang laut, dan arus laut yaitu mencapai 727.000 MW. Namun demikian, potensi energi laut yang dapat dimanfaatkan dengan menggunakan teknologi sekarang dan secara praktis memungkinkan untuk dikembangkan, berkisar antara 49.000 MW. Di antara potensi besar tersebut, industri energi laut yang paling siap adalah industri berbasis teknologi gelombang, arus, dan pasang surut dengan potensi praktis sebesar 6.000 MW (ASELI, 2011).

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui karakteristik arus laut di setiap lapisan kedalaman perairan, mengetahui korelasi pergerakan angin dan arus, serta mengetahui seberapa besar potensi energi alternatif (rapat daya) berdasarkan pergerakan arus di Perairan Tanjung Mas.

## 2. Materi dan Metode Penelitian

### A. Materi Penelitian

Materi yang digunakan dalam penelitian ini meliputi data primer yaitu data arus hasil pengukuran di lapangan, dan data sekunder yang berupa data angin dan bathimetri.

### B. Metode Penelitian, Pengolahan dan Analisis Data

#### Pentuan Lokasi Sampling

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif, yaitu suatu metode untuk mengadakan pemeriksaan dan melakukan pengukuran-pengukuran terhadap gejala empirik yang diteliti (Fathoni, 2006). Metode ini digunakan dengan tujuan mengetahui arah dan kecepatan arus laut tiap lapisan kedalaman perairan. Penelitian dilakukan pada tanggal 20 – 23 Oktober 2011 di Perairan Tanjung Mas. Lokasi stasiun pengukuran arus atau penempatan ADCP (*Acoustic Doppler Current Profiler*) berada di koordinat 6° 52' 19" LS dan 110° 21' 18" BT dengan kedalaman 15 meter.

#### Pengukuran Arus

Pengukuran data primer berupa arus dilakukan dengan metode *Eulerian* menggunakan ADCP. Metode ini merupakan metode pengukuran arus stasioner menggunakan ADCP statis di satu titik yang dimaksudkan untuk mendapatkan data arah dan kecepatan arus absolut, baik saat kondisi air tunggang kecil maupun saat kondisi air tunggang besar pada berbagai kedalaman (Yuningsih dan Achmad, 2011). Arus di titik pengamatan direkam secara simultan dan kontinyu setiap 10 menit selama 3 hari dan akan tersimpan secara otomatis.

#### Pengumpulan Data Sekunder

Pengumpulan data sekunder berupa angin dan bathimetri, diperoleh dari instansi-instansi terkait. Pengukuran angin dilakukan oleh pihak Stasiun Meteorologi Maritim Semarang berupa arah dan kecepatan angin di Perairan Tanjung Mas. Pengambilan data dilakukan dengan menggunakan anemometer yang dilengkapi dengan *recorder* dan dapat merekam setiap 1 jam selama 3 hari yaitu tanggal 20 – 23 Oktober 2011. Untuk bathimetri Perairan Tanjung Mas, diperoleh dari BAKOSURTANAL berupa Peta LPI (Lingkungan Pantai Indonesia) tahun 2000 dengan skala 1 : 250.000.

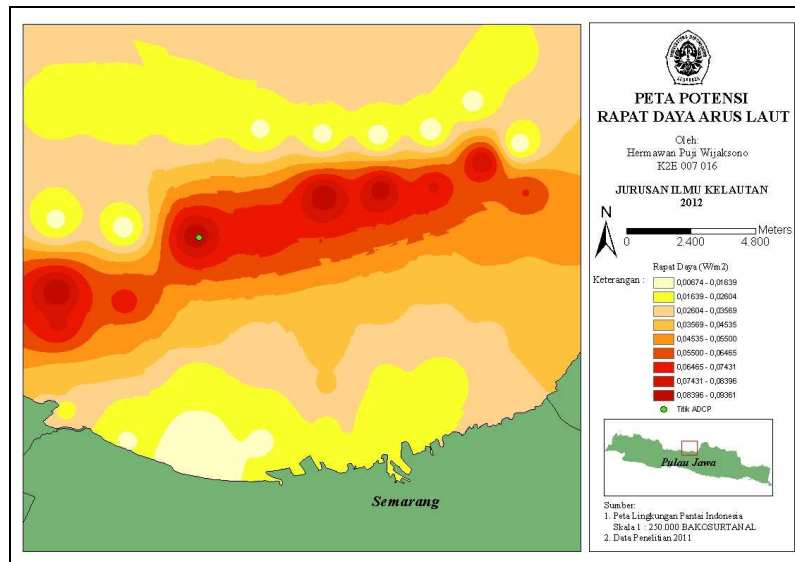
#### Pengolahan Data

Pembuatan peta potensi rapat daya dihasilkan dari pengolahan data bathimetri menggunakan *software SMS 8.1 (Surface-Water Modelling System)* dan *ArcGis 9.3*. Untuk pengolahan data arus dan angin

menggunakan *software currentrose* dan *windrose*. Sedangkan untuk rapat daya yang dihasilkan dari aliran air, dihitung menggunakan persamaan Fraenkel (1999):  $P = \frac{1}{2} \rho A v^3$ , dimana P adalah daya (kW),  $\rho$  adalah densitas air laut ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ ), A adalah luas bidang ( $\text{m}^2$ ), dan v adalah kecepatan aliran arus (m/detik).

### 3. Hasil dan Pembahasan Pola Sebaran Potensi Rapat Daya

Berdasarkan pengolahan data sekunder berupa bathimetri, dihasilkan sebaran potensi rapat daya dengan klasifikasi nilai yang berbeda. Lokasi titik penelitian ditentukan berdasarkan nilai potensi rapat daya terbesar dari hasil pemodelan, seperti tersaji dalam Gambar 1.

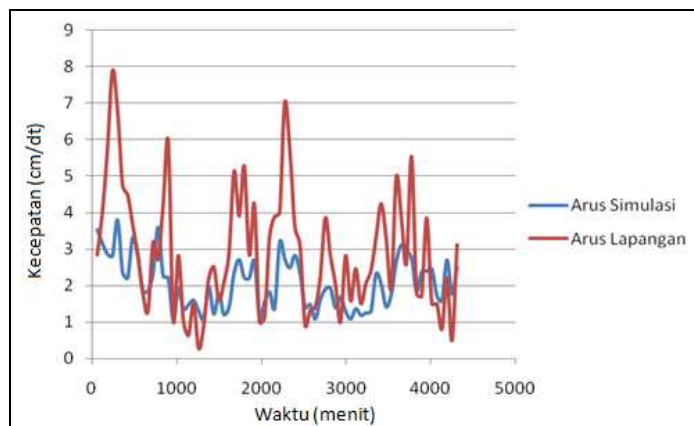


**Gambar 1.** Peta Simulasi Model Sebaran Potensi Rapat Daya Arus di Perairan Tanjung Mas Semarang (Sumber: Pengolahan Data Primer dan Sekunder, 2011).

Berdasarkan hasil simulasi pemodelan, dapat diklasifikasikan nilai rapat daya terkecil hingga nilai terbesar yang tersebar di Perairan Tanjung Mas. Potensi rapat daya terbesar berada di perairan dengan kedalaman 15 meter yaitu berkisar  $0,08396 - 0,09361 \text{ W}/\text{m}^2$ . Sedangkan nilai rapat daya terkecil berada di kedalaman 2 meter dengan kisaran  $0,01639 - 0,02604 \text{ W}/\text{m}^2$ . Sebaran nilai potensi rapat daya yang berbeda-beda, dihasilkan dari pergerakan arus dimana memiliki kecepatan yang bervariasi. Hal ini disebabkan karena adanya pengaruh tegangan angin, komponen pasang surut, dan kedalaman yang berbeda-beda.

### Verifikasi Arus Model dengan Arus Lapangan

Berdasarkan hasil perhitungan untuk keperluan verifikasi, didapatkan *Mean Relative Error* (MRE) sebesar 44,33122 %. Kecepatan arus di lapangan relatif lebih tinggi daripada kecepatan arus hasil simulasi pemodelan, seperti tampak pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Hasil Verifikasi Kecepatan Arus di Perairan Tanjung Mas Semarang pada Tanggal 20 – 23 Oktober 2011 (Sumber: Pengolahan Data Primer dan Sekunder, 2011).

Berdasarkan grafik hasil verifikasi kecepatan arus model dengan arus lapangan, didapatkan MRE (kesalahan relatif rata-rata) sebesar 44,33122 %, dimana kecepatan arus di lapangan relatif lebih tinggi daripada kecepatan arus hasil pemodelan. Hal ini disebabkan karena pemodelan menggunakan metode pendekatan dengan persamaan model matematis dengan berbagai asumsi. Oleh karena itu, hasil yang ditampilkan dari sebuah model akan sedikit berbeda dari kondisi di lapangan.

### Kondisi Angin

Berdasarkan hasil pengukuran pada tanggal 20 – 23 Oktober 2011, angin dominan bergerak dari arah selatan dengan frekuensi 31 %, dan memiliki kisaran kecepatan 0 – 2 hingga 10 – 16 knot. Begitu juga angin dengan kecepatan tertinggi dengan kisaran 14 – 16 knot, bergerak dari arah yang sama dengan frekuensi 2,08 %.

Distribusi pergerakan angin yang dominan dari arah selatan, berhubungan dengan musim peralihan yang sedang berlangsung pada bulan Oktober. Menurut Wyrki (1961), pada musim peralihan khususnya pertengahan bulan Oktober, berlaku musim tenggara dimana angin dominan bergerak dari arah tenggara. Secara umum, angin bergerak dengan pola yang tidak menentu selama musim peralihan pada bulan September hingga November.

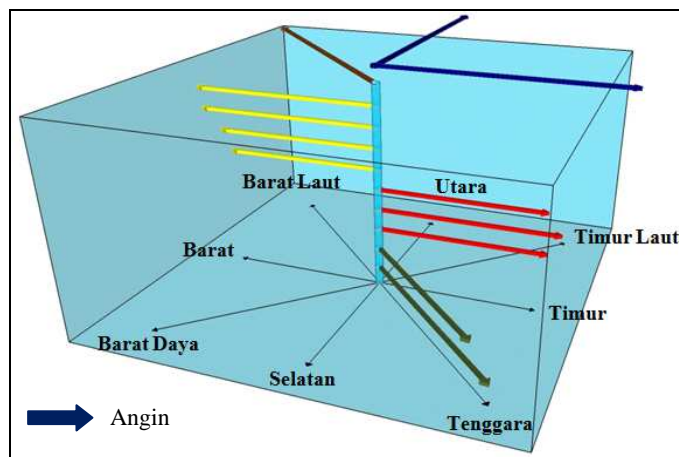
### Kondisi Arus

Berdasarkan hasil pengolahan data arus, pergerakan arus di dasar perairan, dominan menuju timur dan barat dengan frekuensi masing-masing 18,4 % dan 18,2 %, serta memiliki kisaran kecepatan 0,1 – 15,2 cm/detik. Kecepatan arus tertinggi yang mencapai 12 – 15,9 cm/detik, bergerak menuju utara, timur laut, timur, dan tenggara. Di tengah perairan, arus dominan bergerak ke arah barat dan timur dengan frekuensi 18,2 %, serta memiliki kisaran kecepatan 0,3 – 11,2 cm/detik. Kecepatan arus tertinggi yang mencapai 10 – 11,2 cm/detik, bergerak menuju timur dengan frekuensi 0,23 %. Di permukaan perairan, pergerakan arus dominan ke arah barat dengan frekuensi 21,4 %, dan memiliki kisaran kecepatan 0,3 – 15,2 cm/detik. Kecepatan arus tertinggi 12 – 22,3 cm/detik, bergerak menuju segala arah kecuali utara dan timur dengan nilai frekuensi yang berbeda-beda.

Secara keseluruhan, pergerakan arus di dasar, tengah, dan permukaan perairan, dominan ke arah barat dengan frekuensi rata-rata sebesar 19,27 % dan kisaran kecepatan 0,3 – 15,2 cm/detik. Berdasarkan hasil pengolahan data primer, kecepatan arus di permukaan relatif lebih besar daripada di dasar dan tengah perairan. Hal ini disebabkan karena adanya gesekan angin (*wind friction*) yang bekerja di atas permukaan laut, sehingga mengakibatkan pergerakan massa air secara *horizontal* di permukaan. Semakin bertambahnya kedalaman, arus akan mengalami penurunan kecepatan, karena adanya gesekan dengan lapisan-lapisan air di bawahnya dan dasar perairan. Seperti pendapat yang diutarakan oleh Hutabarat dan Evans (1985), bahwa gerakan air di permukaan laut disebabkan karena adanya faktor angin yang berhembus di atasnya. Sedangkan Black (1986) mengemukakan, bahwa hilangnya energi secara terus-menerus karena sejumlah gaya gesek yang terbentuk di antara massa air, mengakibatkan setiap air di bawah lapisan permukaan bergerak lebih lambat.

### Perbandingan Distribusi Angin dan Arus Dominan di Setiap Lapisan

Pada distribusi ke segala arah, pergerakan angin dominan ke arah utara dan sebagian menuju timur. Sedangkan untuk distribusi arus, dominan mengalir ke arah barat dan sebagian ke timur, hanya terdapat sebagian kecil arus yang bergerak ke arah tenggara dan barat laut, seperti tersaji dalam Gambar 3.



**Gambar 3.** Grafik Arah dan Frekuensi Distribusi Angin dan Arus Dominan di Setiap Lapisan Kedalaman (Sumber: Pengolahan Data Primer dan Sekunder, 2011).

Berdasarkan distribusi arus dominan, didapatkan pergerakan arus yang memiliki frekuensi tertinggi yaitu 33,9 %, bergerak ke arah barat laut di kedalaman 1,5 meter, lihat Gambar 5. Frekuensi tertinggi kedua sebesar 24,9 % berada di kedalaman 15 meter bergerak ke arah tenggara, sedangkan tertinggi ketiga yaitu dengan frekuensi 21,4 % bergerak ke arah barat di kedalaman 3 meter. Berikutnya dengan frekuensi 21 %, masing-masing bergerak ke arah tenggara dan barat di kedalaman 13,5 dan 4,5 meter. Arah pergerakan arus di permukaan ini berbeda  $22,5^0$  hingga  $67,5^0$  dari arah distribusi angin yang dominan menuju utara, hal ini disebabkan karena adanya gaya *Coriolis* yang ditimbulkan oleh rotasi bumi. Efek *Coriolis* ini menyebabkan terjadinya pembelokan ke kiri di belahan bumi selatan.

Hal ini serupa dengan teori Ekman dalam Thurman (1988), bahwa arah arus menyimpang kurang lebih  $45^0$  dari arah angin, dan sudut penyimpangan bertambah seiring dengan bertambahnya kedalaman. Demikian juga menurut Gross (1990), bahwa pergerakan arus di permukaan laut tidak searah dengan hembusan angin karena adanya gaya *Coriolis* yang ditimbulkan oleh rotasi bumi.

#### Rapat Daya

Berdasarkan persamaan Fraenkel, didapatkan nilai rapat daya yang dihasilkan dari pergerakan arus dominan di berbagai lapisan kedalaman, seperti tersaji dalam Tabel 1.

**Tabel 1.** Nilai rapat daya di berbagai lapisan kedalaman Perairan Tanjung Mas

Kedalaman (m)	Arah ( $^0$ )	Kecepatan Arus Dominan (m/dt)	Rapat Daya ( $W/m^2$ )
1,5	292,5-337,5 (Barat Laut)	0,028	0,01125
		0,828	290,92757
3	247,5-292,5 (Barat)	0,007	0,00018
		0,132	1,17873
4,5	247,5-292,5 (Barat)	0,005	0,00006
		0,103	0,56002
6	247,5-292,5 (Barat)	0,001	0
		0,112	0,72003
7,5	247,5-292,5 (Barat)	0,006	0,00011
		0,096	0,45343
9	67,5-112,5 (Timur)	0,003	0,00001
		0,112	0,72003
10,5	67,5-112,5 (Timur)	0,004	0,00003
		0,123	0,95369
12	67,5-112,5 (Timur)	0,001	0
		0,152	1,79980
13,5	112,5-157,5 (Tenggara)	0,012	0,00089
		0,123	0,95369
15	112,5-157,5 (Tenggara)	0,004	0,00003
		0,237	6,82243

Berdasarkan hasil perhitungan, nilai rapat daya dari pergerakan arus ke berbagai arah sangat bervariasi di berbagai lapisan kedalaman. Potensi energi terbanyak dihasilkan dari pergerakan arus yang dominan ke arah barat di kedalaman 3; 4,5; 6 dan 7,5 meter. Di kedalaman 9; 10,5 dan 12 meter, energi potensial dihasilkan oleh arus yang dominan bergerak ke arah timur. Di dasar perairan, kedalaman 13,5 dan 15 meter, potensi energi dihasilkan oleh arus yang bergerak ke arah tenggara. Energi potensial terbesar dihasilkan oleh arus yang bergerak ke arah barat laut di permukaan yaitu di kedalaman 1,5 meter. Energi potensial yang dihasilkan dari pergerakan arus terlemah di kedalaman 1,5 meter yaitu  $0,01125 W/m^2$ , sedangkan arus terkuat menghasilkan potensi energi sebesar  $290,92757 W/m^2$ .

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan di Perairan Tanjung Mas, dapat disimpulkan karakteristik arus di setiap kedalaman. Di dasar perairan, arus dominan bergerak ke arah barat dan timur

dengan kisaran kecepatan 0,1 – 15,2 cm/detik. Di tengah perairan, arus dominan bergerak ke arah barat dan timur dengan kisaran kecepatan 0,3 – 11,2 cm/detik, sedangkan di permukaan perairan, arus dominan bergerak ke arah barat dengan kisaran kecepatan 0,3 – 15,2 cm/detik. Secara keseluruhan, pergerakan arus di dasar, tengah, dan permukaan perairan, dominan ke arah barat dengan kisaran kecepatan 0,3 – 15,2 cm/detik. Kecepatan arus tertinggi berada di permukaan dan bergerak ke arah barat laut dengan kisaran kecepatan 12 – 82,8 cm/detik.

Distribusi arus di Perairan Tanjung Mas sangat bervariasi terhadap pergerakan angin di atas permukaan laut. Di lapisan permukaan, arus dibelokkan ke kiri sebesar  $22,5^0 - 67,5^0$  dari arah pergerakan angin.

Nilai rapat daya yang dihasilkan dari pergerakan arus terlemah di lapisan kedalaman 1,5 meter yaitu  $0,01125 \text{ W/m}^2$ , sedangkan hasil rapat daya dari pergerakan arus terkuat yaitu  $290,92757 \text{ W/m}^2$ .

#### Daftar Pustaka

- Black, J. A. 1986. *Oceans and Coasts, An Introduction to Oceanography*. New York. Wm. C. Brown Publishers.
- Fathoni, A. 2006. *Metodologi Penelitian dan Teknik Penyusunan Skripsi*. Jakarta. Rineka Cipta.
- Fraenkel, P. I. 1999. "Power from Marine Currents". London.
- Gross, M. G. 1990. *Oceanography, Sixth Edition*. New Jersey. Prentice-Hall.Inc.
- Hutabarat, S. dan S. M. Evans. 1985. *Pengantar Oseanografi*. Jakarta. Universitas Indonesia-Press.
- Ningsih, N. S. 2002. *Oseanografi Fisis*. Bandung. ITB.
- Thurman, H. V. 1988. *Introductory Oceanography Fifth Edition*. Ohio. Merrill Publishing Company.
- Wyrtki, K. 1961. *Physical Oceanography of the Southeast Asian Waters, Naga Report, Vol. 2*. California. The University of California.
- Yuningsih, A. dan A. Masduki. 2011. "Potensi Energi Arus Laut untuk Pembangkit Tenaga Listrik di Kawasan Pesisir Flores Timur, NTT". Bandung. Ikatan Sarjana Oseanologi Indonesia dan Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan, FPIK-IPB.