
**KAJIAN POTENSI ENERGI ARUS LAUT SEBAGAI ENERGI
ALTERNATIF UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK
DI PERAIRAN SELAT LEMBEH, SULAWESI UTARA**

Aulia Try Atmojo, Purwanto, Heryoso Setiyono*

Departemen Oseanografi, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan,
Universitas Diponegoro, Jl. Prof. H. Soedarto, S.H, Tembalang, Semarang. 50275
Telp/Fax (024)7474698

Email : auliatryatmojo@gmail.com, purwantoirh@yahoo.co.id,
heryososetiyono@gmail.com

Abstrak

Kebutuhan akan energi listrik terus mengalami peningkatan dan sumber energi utamanya adalah energi konvensional yang ketersediannya terbatas di alam, untuk itu diperlukan adanya pencarian sumber energi lain yang terbarukan. Selat Lembeh merupakan wilayah perairan sempit yang berada di antara Laut Maluku yang dipengaruhi oleh massa air dari Pasifik dan Laut Sulawesi yang dipengaruhi oleh massa air dari Hindia. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik arus laut serta mengetahui potensi arus laut sebagai sumber energi alternatif pembangkit listrik. Pengolahan data terdiri dari analisa data arus dan pasang surut, pemodelan numerik, dan menghitung estimasi rapat daya. Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dan penentuan lokasi dengan *sampling area*. Berdasarkan hasil penelitian, rapat daya terbesar yang dihasilkan yaitu pada musim barat, sebesar 120,02 kW/m².

Kata kunci: Arus Laut, Potensi Energi, Energi Alternatif, Selat Lembeh

Abstract

Demand for electricity has increased, the main source of electrical energy is a conventional energy its limited availability. It required a search of other renewable energy sources. Lembeh strait there is narrow territorial waters between Maluku Sea be affected water mass from Pasific Ocean and Sulawesi Sea be affected water mass form Hindia Ocean. The purpose of this study is to recognize the pattern and characteristics of current and recognize potential of ocean current in Lembeh Strait, North Sulawesi that can be generated as a alternative energy for electric power. Data processing consists of data analysis for currents and tides, numerical modeling, and calculates the estimated power density. This study used a quantitative method and determination of the location with *sampling area*. Base on result of study, the biggest power density generated west season, in the amount of 120,02 kW/m².

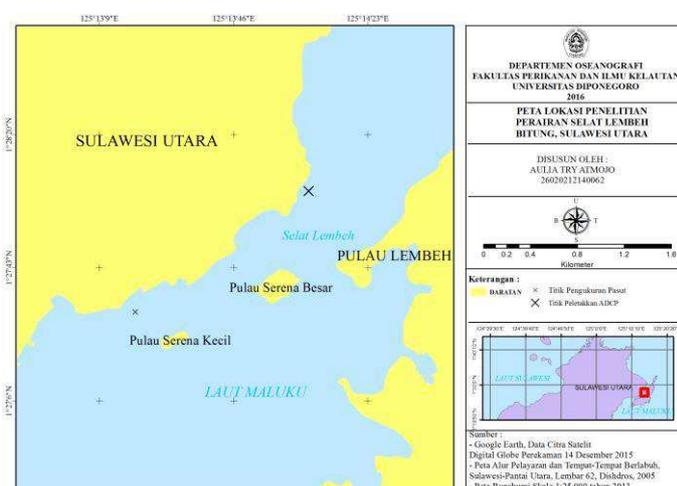
Keywords: Sea currents, Potential Energy, Alternative Energy, Lembeh Strait

I. Pendahuluan

Kebutuhan energi dewasa ini menjadi hal yang penting dalam keberlangsungan hidup manusia, utamanya energi listrik, di Indonesia dengan segala permasalahan yang ada energi listrik menjadi kebutuhan yang mutlak diperlukan dalam kehidupan sehari-hari. Kebutuhan listrik pada umumnya akan naik sebesar 3%–20% pertahun tergantung pada pertumbuhan ekonomi dan perkembangan industri di suatu negara, hal tersebut berpengaruh terhadap penyediaan energi listrik. Sebagian besar kebutuhan tenaga listrik di Indonesia masih dipasok dari sumber energi konvensional yaitu berupa pembangkit listrik tenaga fosil dimana penggunaannya terus meningkat, sedang jumlah persediaan terbatas, oleh sebab itu diperlukan suatu gagasan baru mengenai sumber-sumber penghasil energi dan rumusan program-program pelaksanaan dengan efisiensi maksimal (Syakur *et al.*, 2005).

Menurut DESDM (2005) dalam Yuningsih dan Masduki (2011), Langkah kebijakan Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (KESDM) dalam menjawab isu nasional mengenai energi dengan diversifikasi energi adalah penganekaragaman penyediaan dan pemanfaatan berbagai sumber energi baru, salah satunya adalah sumber energi kelautan. Potensi energi kelautan yang dimanfaatkan untuk sumber kelistrikan salah satunya adalah arus laut, dengan perencanaan percontohan menggunakan energi arus laut yang berkapasitas 3 MW pada tahun 2014 (Dirjen EBTKE – Kementerian ESDM 2014). Penelitian dan pemetaan potensi energi arus laut merupakan salah satu upaya penting dalam mengeksplorasi sumber energi non konvensional dari laut karena Indonesia merupakan Negara Kepulauan yang memiliki luas laut berkisar 5,8 juta km² dengan potensi energi arus laut di Indonesia adalah sebesar 6000 MW (Luhur *et al.*, 2013).

Menurut Erwandi (2005), Energi arus laut sebagai energi terbarukan merupakan energi yang cukup potensial di wilayah pesisir terutama pulau-pulau kecil di kawasan timur Indonesia, seperti di Selat Lembeh. Selat Lembeh merupakan wilayah perairan sempit dan memanjang yang terletak diantara 125⁰ 7 BT-125⁰ 17 BT dan 1⁰ 23 LU-1⁰ 33 LU dan secara administratif masuk dalam wilayah kota Bitung, Sulawesi Utara. Perairan Selat Lembeh berada di antara Laut Maluku yang dipengaruhi oleh massa air dari Pasifik dan Laut Sulawesi yang dipengaruhi oleh massa air dari Hindia (Patty, 2015).



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

II. Materi dan Metode Penelitian

Materi

Materi yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer dan data sekunder. Data primer dalam penelitian ini meliputi data arus laut dan data pasang surut. Data sekunder dalam penelitian ini, yaitu peta LPI skala 1:200.000 dari DISHIDROS dan data angin.

Metode

Metode penelitian yang digunakan adalah metode penelitian kuantitatif. Metode penelitian kuantitatif adalah metode ilmiah karena telah memenuhi kaidah-kaidah ilmiah yaitu konkrit/empiris, objektif, terukur, rasional, dan sistematis (Sugiyono, 2009). Metode ini disebut metode kuantitatif karena data penelitian berupa angka-angka dan analisis menggunakan statistik atau model. Pengambilan sampel sedimen dasar dilakukan secara langsung di Pelabuhan Cirebon. Metode penentuan lokasi pengukuran parameter arus laut dan pasang surut menggunakan metode area sampling (*sampling area*). Menurut Sugiyono (2009), Jika luasan daerah sampling sangat luas, maka penggunaan metode area sampling (*sampling area*) dapat dilakukan, karena hanya mengambil beberapa titik yang mewakili keadaan lokasi penelitian.

Pengukuran Arus Laut

Pengukuran arus laut dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui karakteristik arus laut di lokasi penelitian, yaitu meliputi kecepatan dan arah arus laut. Pengukuran arus laut dilakukan dengan teknik akustik menggunakan ADCP *Argonaut SonTek XR*. Interval perekaman ADCP setiap 20 menit sekali, diletakkan pada kedalaman 17 meter dengan pengukuran dilakukan selama 16 x 24 jam.

Simulasi Numerik Arus Laut

Penelitian ini menggunakan pendekatan simulasi numerik dengan perangkat lunak MIKE 21 *Flow Model Flexible Mesh* (FM) untuk memodelkan kecepatan dan arah arus laut di Selat Lembeh selama 1 tahun.

Pengolahan Potensi Rapat Daya Arus Laut

Fraenkel (2002) dalam Yosi (2014), Menjelaskan 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. Daya tersebut dapat dihitung dengan menggunakan persamaan Fraenkel :

$$\frac{P}{A} = \frac{1}{2} \rho V^3 \eta$$

di mana P adalah daya (Watt); ρ adalah densitas air laut (kg/m^3); A adalah Total luas permukaan efektif turbin (m^2), yaitu bagian dimana terjadi perpotongan aliran di daerah instalasi turbin; η adalah efisiensi turbin ($\eta = 0,25$ melalui percobaan) dan V adalah kecepatan arus laut (m/dt)

(Fraenkel, 2001). Densitas air laut dianggap homogen dengan nilai $\rho = 1.025 \text{ kg/m}^3$ (Hagerman et al., 2006). Efisiensi turbin sebesar 0,25 melalui percobaan, sehingga nilai atau koefisien utama yang berpengaruh adalah kecepatan arus laut.

III. Hasil dan Pembahasan

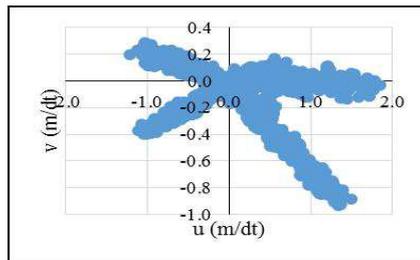
Pengukuran Arus Lapangan

Tabel 1. Data Kecepatan dan Arah Arus di Selat Lembeh

Kedalaman (m)	Kecepatan Max (m/dt)	Arah Arus Max	Kecepatan Rata-Rata (m/dt)
2,6	2,00	Timur	0,77
5,8	1,93	Timur	0,68
9,0	2,00	Timur	0,76
10,6	1,97	Timur	0,74
13,8	1,76	Tenggara	0,66
17,0	1,41	Tenggara	0,53

Hasil pengukuran arus lapangan kecepatan maksimum tertinggi terdapat di kedalaman 2,6 meter dan 9 meter dengan kecepatan 2,00 m/dt pada arah timur. Kecepatan rata-rata tertinggi terdapat di kedalaman 5,8 meter dengan kecepatan sebesar 0,77 m/dt. Kedalaman 17 meter adalah kecepatan paling kecil dengan kecepatan rata-rata sebesar 0,53 m/dt dan kecepatan maksimum sebesar 1,41 m/dt pada arah tenggara.

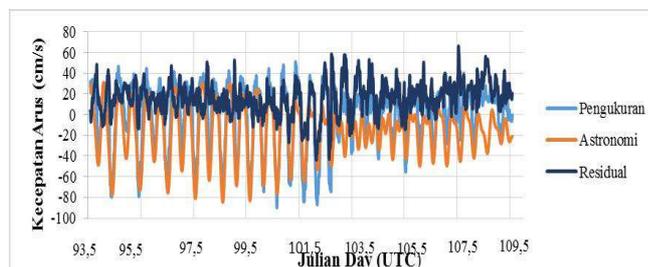
Penyajian *Scatter plot* pada disajikan untuk dapat mengetahui kecepatan dan arah arus selama pengukuran. Kecepatan dan arah arus diketahui dengan komponen UV. Sebaran arah arus berdasarkan *scatter plot* arah arus cenderung bergerak dominan ke 4 arah, yaitu ke arah timur, tenggara, barat daya dan barat laut.



Gambar 1. Scatter Plot Komponen UV Pada Kedalaman Rata-Rata

Grafik Karakteristik Arus

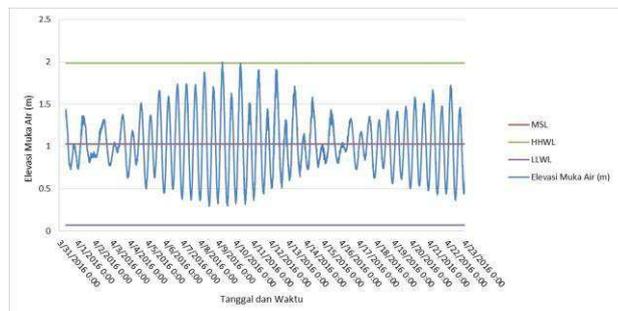
Gambar 2 menunjukkan pola kecepatan arus di Perairan Selat Lembeh dipengaruhi oleh arus astronomi/pasang surut (menggunakan *software world current*). Arus astronomi adalah arus yang dipengaruhi oleh pergerakan benda-benda langit, seperti matahari bulan dan bumi. Presentase astronomi yang didapatkan sebesar 54,80%, dan presentase residual yang didapatkan sebesar 45,20%.



Gambar 2. Grafik Pemisahan Karakteristik Arus

Pasang Surut

Berdasarkan pengolahan data pasang surut dengan *software world tide 2009* hasil pengamatan selama 22 hari didapat bilangan *Formzahl* sebesar 0,47. Nilai tersebut berada pada *range* $0,25 < F \leq 1,25$ yang berarti tipe pasang surut perairan Selat Lembeh adalah campuran condong ke harian ganda, dalam satu hari terjadi dua kali air pasang dan dua kali air surut, tetapi tinggi periodenya berbeda.



Gambar 3. Grafik Pasang Surut Selat Lembeh

Simulasi Numerik

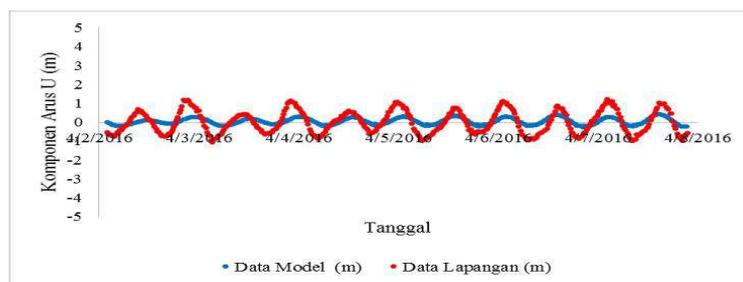
Pada hasil simulasi numerik, setiap kondisi musim menunjukkan arah yang tidak jauh berbeda, bergerak bolak balik dua arah ke arah Timur Laut dan Barat Daya. Hasil tersebut menunjukkan bahwa arus di Selat Lembeh dominan dibangkitkan oleh pasang surut, sesuai dengan Pernyataan Poerbandono dan Djunasjah (2005), Arus pasut mempunyai sifat bergerak dengan arah yang saling bertolak belakang atau *bi-directional*. Nilai kecepatan arus pada setiap musim pun tidak memiliki perbedaan yang signifikan. Pada musim barat kecepatan arus sebesar 0,08-1,06 m/dt dengan kecepatan rata-rata sebesar 0,41 m/dt. Pada musim peralihan I kecepatan arus sebesar 0,08-1,08 m/dt dengan kecepatan rata-rata sebesar 0,4 m/dt. Pada musim peralihan II kecepatan arus sebesar 0,08-1,21 m/dt dengan kecepatan rata-rata sebesar 0,41 m/dt. Pada musim timur kecepatan arus sebesar 0,08-0,72 m/dt dengan kecepatan rata-rata sebesar 0,29 m/dt.

Tabel 2. Kecepatan dan Arah Arus Hasil Simulasi Numerik

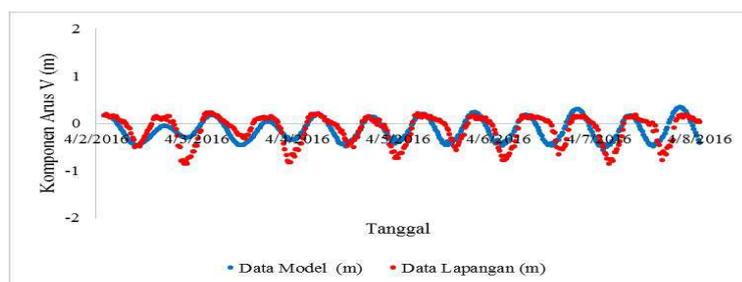
Musim	Kecepatan Arus (m/dt)			Arah Arus Dominan
	Maksimum	Minimum	Rata-Rata	
Barat	1,06	0,08	0,41	Timur Laut dan Barat Daya
Peralihan I	1,08	0,08	0,40	Timur Laut dan Barat Daya
Peralihan II	1,21	0,08	0,41	Timur Laut dan Barat Daya
Timur	0,72	0,08	0,29	Timur Laut dan Barat Daya

Validasi Arus

Validasi hasil simulasi numerik komponen U arus laut dengan hasil lapangan memiliki nilai CF sebesar 1,084% (Gambar 4), sedangkan hasil simulasi numerik komponen V arus laut dengan hasil lapangan memiliki nilai CF sebesar 0,611% (Gambar 5). Pengolahan data komputasi akan memiliki sedikit perbedaan dengan data di lapangan. Kriteria hasil validasi yang digunakan adalah CF. Apabila nilai CF <1 maka hasil dikatakan sangat bagus, apabila nilai CF di antara 1-2 maka hasil dikatakan bagus, apabila nilai CF di antara 2-3 maka hasil dikatakan cukup bagus dan apabila nilai CF >3 maka hasil dikatakan kurang bagus (George *et, al.*, 2010). Nilai validasi komponen U memiliki nilai >1, berarti hasil dikatakan bagus, sedangkan nilai validasi komponen V memiliki nilai <1, berarti hasil dikatakan sangat bagus.



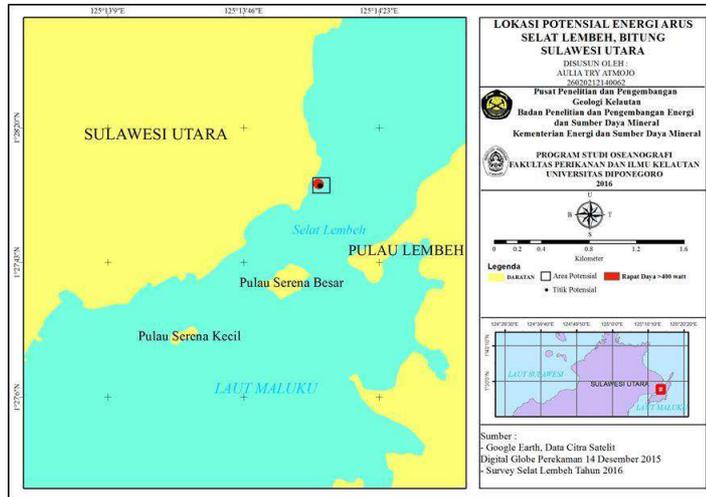
Gambar 4. Grafik Validasi Komponen U Arus Pengamatan dan Model



Gambar 5. Grafik Validasi Komponen V Arus Pengamatan dan Model

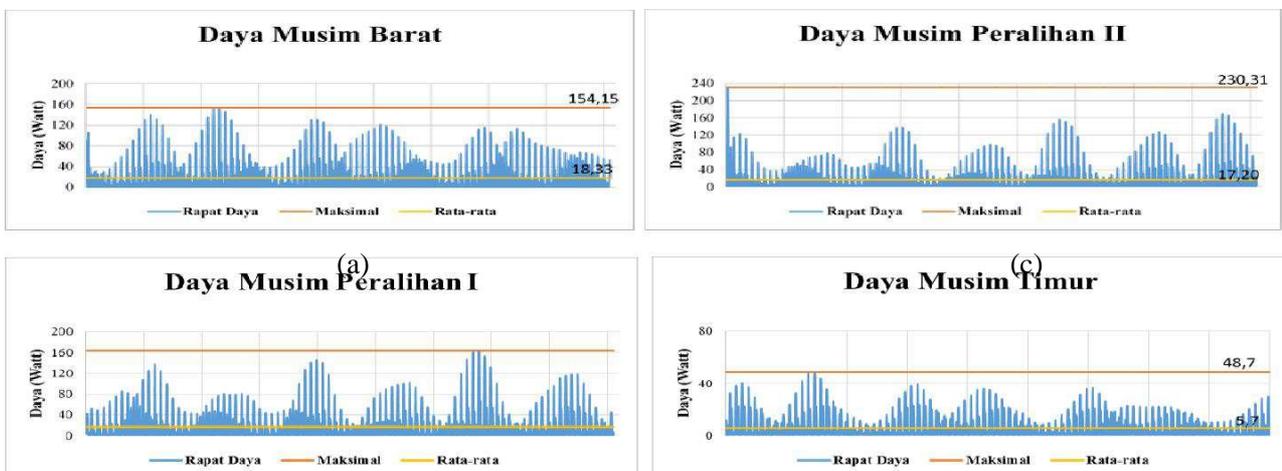
Lokasi Potensial dan Nilai Rapat Daya Hasil Konversi Arus Laut

Daerah potensial terletak di bagian selat yang menyempit setelah pulau Serena Besar (Gambar 44). Pada daerah tersebut diambil satu titik sebagai *sample*, lokasi tersebut terletak pada 125°14'6.744"BT dan 1°28'4.305"LU.



Gambar 6. Lokasi Potensi Energi Arus Laut

Perhitungan konversi kecepatan arus menjadi daya menggunakan persamaan Fraenkel dalam penelitian ini dilakukan terhadap arus hasil simulasi numerik dengan dibagi menjadi empat musim, yaitu musim barat, musim peralihan I, peralihan II, musim timur. Pada musim barat nilai rapat daya maksimal sebesar 154,15 W/m², sedangkan nilai rapat daya rata-rata sebesar 18,3 W/m². Pada musim peralihan I nilai rapat daya maksimal sebesar 163,67 W/m², sedangkan nilai rapat daya rata-rata sebesar 16,57 W/m². Pada musim peralihan II nilai rapat daya maksimal sebesar 230,31 W/m², sedangkan nilai rapat daya rata-rata sebesar 17,2 W/m². Pada musim timur nilai rapat daya maksimal sebesar 48,7 W/m², sedangkan nilai rapat daya rata-rata sebesar 5,7 W/m². Nilai rapat daya maksimal terbesar terdapat pada musim peralihan II dengan nilai sebesar 230,31 W/m², sedangkan nilai rapat daya maksimal terkecil terdapat pada musim timur dengan nilai sebesar 48,7 W/m². Nilai rapat daya rata-rata terbesar terdapat pada musim barat dengan nilai sebesar 18,33 48,7 W/m², sedangkan nilai rapat daya rata-rata terkecil terdapat pada musim timur dengan nilai sebesar 5,7 W/m².



Gambar 7. Grafik Estimasi Rapat Daya Selat Lembeh (a) Musim Barat (b) Musim Peralihan I (c) Musim Peralihan II (d) Musim Timur

Lokasi potensial titik koordinat nya memiliki perbedaan yang sangat kecil dengan titik koordinat pengukuran arus lapangan. Titik koordinat lokasi potensial berada pada koordinat $125^{\circ}14'6.744''$ BT dan $1^{\circ}28'4.305''$ LU, sedangkan titik koordinat pengukuran arus lapangan berada pada koordinat $125^{\circ}14'9''$ BT dan $1^{\circ}28'04''$ LU, sehingga arah dan kecepatan arus lokasi potensial dengan hasil simulasi numerik tidak memiliki perbedaan yang berarti. Daerah ini dinilai berpotensi untuk dimanfaatkan untuk lokasi penempatan turbin pembangkit listrik tenaga arus laut karena kecepatan arus dan distribusi terhadap kedalaman memenuhi syarat.

Berdasarkan hasil pengolahan arus lapangan, kedalaman di titik pengukuran sekitar 17 meter. Kedalaman tersebut sesuai untuk pemasangan turbin, keadaan ini didukung oleh pendapat Fraenkel (2002) bahwa kolom kedalaman yang terbaik adalah sekitar 15 meter dari permukaan laut. Pada lokasi potensial daya total daya yang dihasilkan pada musim barat merupakan yang terbesar yaitu sebesar $120,02 \text{ kW/m}^2$, jadi setiap luasan per meter persegi selama satu musim yaitu musim barat dapat dihasilkan nilai rapat daya sebesar $120,02 \text{ kW}$, begitupun pada musim yang lainnya. Pada musim peralihan I nilai rapat daya sebesar $108,5 \text{ kW/m}^2$, pada musim peralihan II nilai rapat daya sebesar $112,6 \text{ kW/m}^2$ dan pada musim Timur nilai rapat daya sebesar $37,5 \text{ kW/m}^2$. Total daya dalam 1 tahun di lokasi potensial sebesar $378,6 \text{ kW/m}^2$. Pemenuhan nilai daya yang sesuai dengan kebutuhan daerah di sekitar tempat pemasangan turbin dapat menerapkan metode *farming*, yaitu dengan memasang beberapa turbin.

IV. Kesimpulan

Pola dan karakteristik arus di Selat Lembah berdasarkan pengukuran lapangan, pergerakan arus pada beberapa waktu arus bergerak berputar ke arah barat dan tenggara. Pada waktu berikutnya arus bergerak berputar ke timur, tenggara dan barat daya. Arah dominan di setiap kedalaman menunjukkan arah timur, terkecuali pada kedalaman 13,8 meter dan kedalaman 17 meter yang menunjukkan arah tenggara. Kecepatan dominan di semua kedalaman berada pada kisaran 0,5-1 m/dt. Kecepatan maksimum tertinggi terdapat di kedalaman 9 meter sebesar 2 m/dt pada arah timur dan kecepatan rata-rata tertinggi terdapat pada kedalaman 2,6 meter dengan kecepatan 0,77 m/dt pada arah timur.

Berdasarkan hasil simulasi numerik dapat diketahui bahwa arus di Selat Lembah bergerak dua arah ke arah Timur laut dan Barat Daya. Lokasi Potensial terletak pada $125^{\circ}14'6.744''$ BT dan $1^{\circ}28'4.305''$ LU dengan daya rata-rata terbesar pada musim barat sebesar $18,3 \text{ W/m}^2$. Total daya terbesar selama satu musim terdapat pada musim barat sebesar $120,02 \text{ kW/m}^2$, jadi setiap luasan per meter persegi selama satu musim yaitu musim barat, dapat dihasilkan nilai rapat daya sebesar $120,02 \text{ kW}$. Pemenuhan nilai daya yang sesuai dengan kebutuhan daerah di sekitar tempat pemasangan turbin dapat menerapkan metode *farming*, yaitu dengan memasang beberapa turbin.

Daftar Pustaka

- Direktorat Jenderal Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral [Dirjen EBTKE Kementerian ESDM]. 2014. Pilot Percontohan, 3 MW Energi Arus Laut dan 10 MW Energi Panas Laut.:<http://www.ebtke.esdm.go.id/id/energi/energiterbarukan/aruslaut/1104-pilotpercontohan-3-mw-energi-arus-laut-dan-10-mw-energi-panas-laut.pdf> (15 April 2016).
- Erwandi. 2005. Sumber Energi Arus : Alternatif Pengganti BBM, Ramah Lingkungan, dan Terbarukan. Laboratorium Hidrodinamika Indonesia Badan Penelitian dan Pengkajian Teknologi, Jakarta.
- George, M.S., L. Bertino, O.M. Johannessen and A. Samuelsen. 2010. Validation of Hybrid Coordinate Ocean Model for The Indian Ocean., 3(2): 25-38.

- Hagerman, G., B. Polagye, R. Bedard, dan M. Previsic. 2006. Methodology for Estimating Tidal Current Energy Resources and Power Production by Tidal In-Stream Energy Conversion (TISEC) Devices. EPRI, Virginia, 52 hlm. Luhur, E.S., Muhartono, R. dan Suryawati, S.H. 2013. Analisis Finansial Pengembangan Energi Laut di Indonesia. *Jurnal Sosial Ekonomi Kelautan dan Perikanan.*, 8(1): 25–37.
- Luhur, E.S., Muhartono, R. dan Suryawati, S.H. 2013. Analisis Finansial Pengembangan Energi Laut di Indonesia. *Jurnal Sosial Ekonomi Kelautan dan Perikanan.*, 8(1): 25–37.
- Pattty, S.I. 2015. Karakteristik Fosfat, Nitrat dan Oksigen Terlarut di Perairan Selat Lembeh, Sulawesi Utara. *Jurnal Pesisir dan Laut Tropis.*, 2(1): 1-7.
- Poerbondono dan E. Djunasjah. 2005. *Survei Hidrografi*. Refika Aditama, Bandung, 166 hlm.
- Syakur, A., S. Warsito dan Agus A. N. 2005. Studi Awal Perencanaan Sistem Mekanikal dan Kelistrikan Pembangkit Listrik Tenaga Mini-Hidro. Makalah pada Seminar Nasional Teknik Ketenagalistrikan Universitas Diponegoro, Semarang, hlm. 62 (abstrak).
- Sugiyono. 2009. *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*. ALFABETA, Bandung, 380 hlm.
- Yosi, M. 2014. Potensi Energi Laut Indonesia. *Jurnal M&E.*, 12(1): 54-66.
- Yuningsih, A dan A. Masduki. 2011. Potensi Energi Arus Laut Untuk Pembangkit Tenaga Listrik di Kawasan Pesisir Flores Timur, NTT. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis.*, 3(1): 13-25.