

Estimasi Potensi Tenaga Arus Laut Permukaan sebagai Pembangkit Listrik di Perairan Selatan Selat Makassar

Zulfa Rofiqah^a, Muliadi^{a*}, Risiko^b

^aProgram Studi Fisika, FMIPA Universitas Tanjungpura

^bProgram Studi Ilmu Kelautan, FMIPA Universitas Tanjungpura

Email : muliadi@fmipa.untan.ac.id

Abstrak

Penelitian mengenai perhitungan potensi tenaga arus laut permukaan sebagai pembangkit listrik di perairan selatan Selat Makassar telah dilakukan dengan menggunakan data kecepatan angin ECMWF dari tahun 2005-2016. Perhitungan dilakukan pada 10 titik lokasi dan ditinjau berdasarkan empat kondisi musim di Indonesia yaitu pada musim Barat, musim Peralihan I, musim Timur, dan musim Peralihan II. Hasil penelitian menunjukkan rata-rata daya listrik saat musim Barat bernilai 21,725 Watt, musim Peralihan I 0,004 Watt, musim Timur 150,505 Watt, dan musim Peralihan II 12,34 Watt. Lokasi yang berpotensi untuk pemanfaatan energi listrik pada musim Barat, Timur, dan Peralihan II yaitu perairan Kepulauan Masalembu (Provinsi Jawa Timur).

Kata Kunci : *Arus Laut Permukaan, ECMWF, Energi Listrik*

1. Latar Belakang

Energi listrik merupakan energi yang sangat dibutuhkan oleh manusia. Kebutuhan energi listrik yang meningkat menyebabkan tingginya kenaikan permintaan daya listrik sebagai kebutuhan sehari-hari. Berdasarkan data PT. PLN permintaan akan energi listrik terus meningkat yang diprediksikan 10 tahun ke depan akan mengalami kenaikan sebesar 9% setiap tahunnya [1]. Sebagian besar di Indonesia menggunakan energi fosil sebagai energi dari pembangkit listrik. Energi fosil ini merupakan energi yang tak terbarukan dan jumlahnya semakin menipis serta terbatas. Sehingga diperlukan pemanfaatan energi terbarukan yang jumlahnya tidak terbatas serta ramah lingkungan. Salah satu sumber energi pembangkit listrik yang dapat dikembangkan di Indonesia yaitu energi arus laut.

Arus laut merupakan pergerakan massa air laut dari satu tempat ke tempat yang lain. Salah satu gaya utama yang menyebabkan terjadinya arus laut selain pengaruh perbedaan dan pemanasan air laut yang terjadi di laut adalah angin [2]. Kecepatan angin dapat menimbulkan gaya gesek di permukaan laut. Selain itu kecepatan arus laut juga dipengaruhi oleh gaya *Coriolis*. Gaya *Coriolis* ini timbul akibat gerak rotasi dan posisi bumi dalam mengitari matahari, serta berperan dalam menentukan arah arus [3]. Tenaga angin memberikan pengaruh terhadap arus permukaan hanya sekitar 2% dari kecepatan angin yang bertiup di atasnya. Kecepatan arus laut ini akan berkurang dengan bertambahnya kedalaman perairan hingga akhirnya angin tidak berpengaruh pada kedalaman 200 meter [4].

Arus laut dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi listrik dengan cara mengkonversi energi kinetik menjadi energi listrik menggunakan turbin air [5]. Tim UPT Balai Pengkajian dan Penelitian Hidrodinamika Surabaya telah berhasil merancang bangun *prototype* PLTAL (Pembangkit Listrik Tenaga Arus Laut) bersama tim yang menguji *prototype* PLTAL ini di Selat Larantuka, Flores Timur [6].

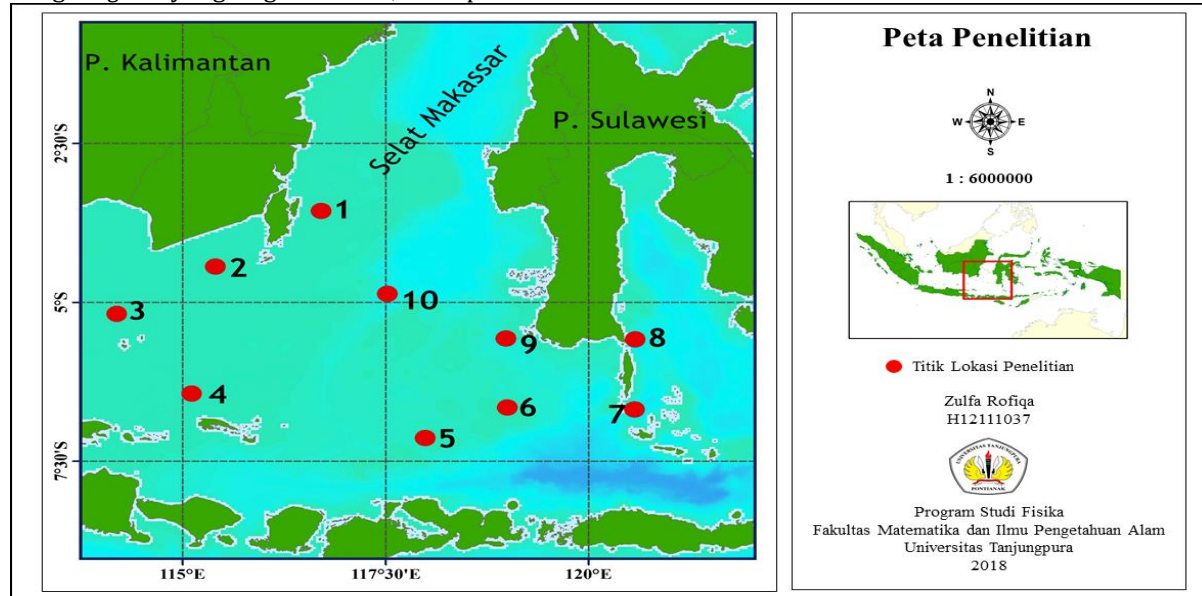
Salah satu daerah yang memiliki potensi arus laut di perairan Indonesia yaitu Selat Makassar. Selat Makassar merupakan selat yang berada di wilayah Indonesia bagian tengah sehingga menyebabkan potensi energi dari arus laut permukaan dapat dimanfaatkan sebagai sumber daya energi. Penelitian sebelumnya menyebutkan bahwa pada daerah pertemuan antara massa air Laut Jawa, Laut Flores, dan Selat Makassar bagian selatan terjadi perubahan arus permukaan yang sesuai dengan arah angin muson [7]. Namun terdapat kondisi yang tidak menentu saat peralihan musim dari Barat ke Timur atau sebaliknya. Pada musim transisi atau peralihan, angin akan bertiup dengan arah tidak menentu namun pengaruh musim sebelumnya masih kuat sehingga dapat diketahui pola arus permukaan dan kondisi fisika perairan saat musim yang berbeda [8]. Dari kedua penelitian tersebut menjadikan dasar pentingnya penelitian ini dilakukan untuk mengkaji potensi arus laut sebagai sumber energi alternatif di perairan selatan Selat Makassar. Penelitian ini bertujuan untuk menghitung potensi energi listrik yang dibangkitkan arus laut permukaan berdasarkan 4 musim di perairan selatan Selat Makassar.

2. Metodologi

2.1 Data Penelitian

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data kecepatan angin bulanan selama 12 tahun (2005 s.d 2016) dalam arah *u* dan *v* dengan ketinggian 10 meter diatas permukaan laut dengan *grid* yang digunakan 0,5 di perairan

selatan Selat Makassar. Data tersebut merupakan data citra satelit yang diunduh dari *website* www.apps.ecmwf.int/datasets/. Data untuk memverifikasi hasil penelitian menggunakan data BMKG tahun 2014 yang diwakili pada bulan Agustus.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian

2.2 Perhitungan Nilai Kecepatan Arus Laut Permukaan dan Daya Listrik

Nilai resultan kecepatan angin yang telah didapatkan kemudian dilanjutkan proses perhitungan nilai kecepatan arus laut permukaan menggunakan persamaan sebagai berikut [9] :

$$V = \frac{T}{\sqrt{A_z \rho^2 f}} \tag{1}$$

dengan :

- V* = kecepatan arus laut permukaan (m/s)
- T* = tegangan angin ($T = \rho_{udara} c W^2$) (kg/m s²)
- A_z* = koefisien viskositas Eddy (1,3x10⁻⁴ kg/m s)
- ρ = massa jenis air laut (1027 kg/m³)
- ρ_{udara} = massa jenis udara (1,25 kg/m³)
- c* = koefisien tarikan angin (1,4x10⁻³)
- W* = kecepatan angin (m/s)
- f* = parameter Coriolis ($f = 2\Omega \sin \phi$)
- Ω = besarnya kecepatan rotasi bumi yang merupakan sudut yang ditempuh selama sehari atau 2π dibagi hari sideris 23 jam 56 menit atau 86160 s, sehingga : $\Omega = \frac{2\pi}{86160} = 7,29 \times 10^{-5} \text{ rad / s}$

ϕ = latitude (°)

Selanjutnya melakukan proses perhitungan daya listrik menggunakan persamaan sebagai berikut [10] :

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

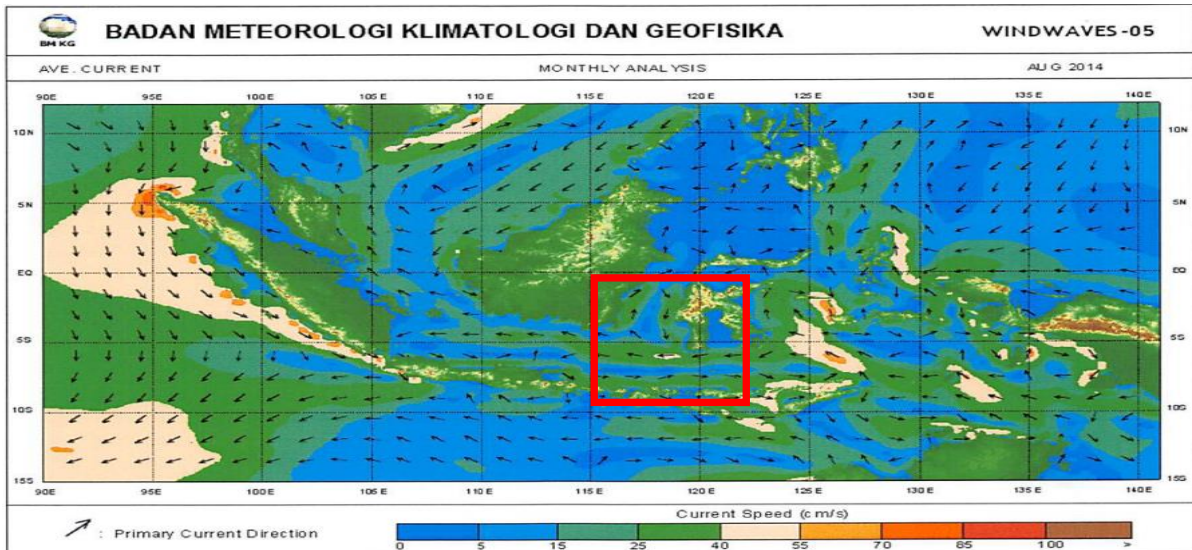
dengan :

- P* = daya yang dihasilkan arus (Watt)
- ρ = massa jenis air laut (1027 kg/m³)
- A* = luas penampang turbin (m²)
- V* = kecepatan arus laut (m/s)
- η = efisiensi turbin (%)

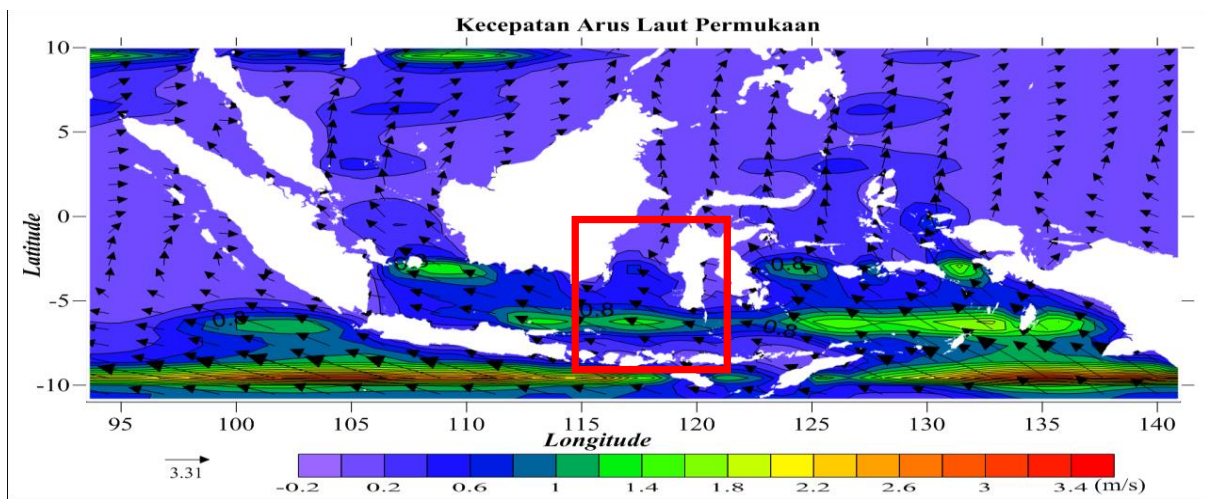
3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Verifikasi

Hasil penelitian kecepatan arus laut permukaan diverifikasi menggunakan data Badan Meteorologi Klimatologi dan Geologi (BMKG) pada bulan Agustus 2014. Seperti terlihat di bawah yaitu Gambar 2 menunjukkan data kecepatan arus laut permukaan BMKG sedangkan data kecepatan arus laut permukaan hasil penelitian ditunjukkan pada Gambar 3.



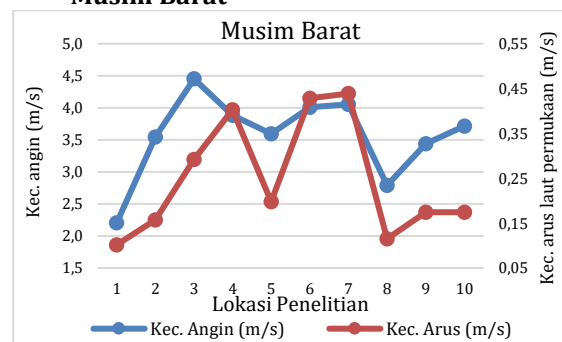
Gambar 2. Data kecepatan arus laut permukaan BMKG bulan Agustus 2014 [11]



Gambar 3. Data penelitian kecepatan arus laut permukaan bulan Agustus 2014

Daerah penelitian ditunjukkan kotak merah yang merupakan perairan selatan Selat Makassar. Hasil data BMKG (Gambar 2) bahwa di perairan selatan Selat Makassar menunjukkan pergerakan arus laut permukaan dominan menuju ke laut Jawa dan sebagian dibelokkan ke Utara serta pergerakan lainnya seperti sekitar Laut Flores pergerakan arus laut yang berlainan menuju laut Banda dan pesisir pulau Sulawesi yang menuju selatan Selat Makassar. Sedangkan hasil penelitian yang ditunjukkan oleh Gambar 3 bahwa arus laut permukaan bergerak lebih dominan menuju Laut Jawa dan sebagian berbelok menuju Utara. Berdasarkan kedua gambar tersebut dapat diketahui bahwa pola pergerakan arus laut permukaan cenderung sama, yaitu pola arus cenderung bergerak dari Benua Australia menuju Benua Asia [12]. Hanya ada beberapa pola yang berlainan, hal ini diduga karena pengaruh arus laut permukaan berdasarkan data BMKG yang menggunakan persamaan yang berbeda.

3.2 Rata-rata Daya Listrik yang Terjadi pada Musim Barat



Gambar 4. Grafik kecepatan angin dan arus laut permukaan saat musim Barat

Gambar 4 menunjukkan data rata-rata kecepatan angin dan kecepatan arus di beberapa titik lokasi penelitian yang terjadi pada musim Barat. Kondisi ini menunjukkan bahwa kecepatan angin tertinggi berada di lokasi 3 (perairan Kepulauan Masalembu, Provinsi Jawa

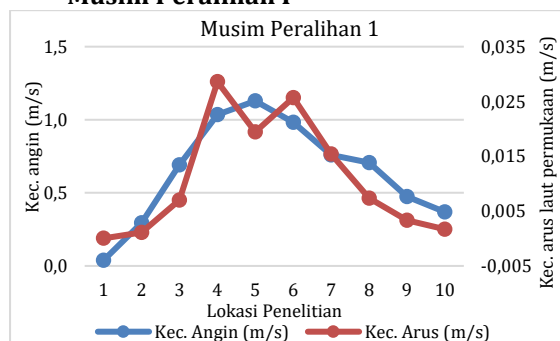
Timur) berkisar 4,452 m/s dan kecepatan angin terendah ditunjukkan di lokasi 1 (perairan Pulau Sebuku, Provinsi Kalimantan Selatan) berkisar 2,203 m/s. Sedangkan kecepatan arus tertinggi ditunjukkan di lokasi 7 (perairan Pulau Selayar, Provinsi Sulawesi Selatan) berkisar 0,439 m/s dan kecepatan arus terendah ditunjukkan di lokasi 1 (perairan Pulau Sebuku, Kalimantan Selatan) berkisar 0,101 m/s. Titik lokasi antara kecepatan angin dan arus laut tertinggi tidak sama dikarenakan pengaruh lintang berbeda yang menyebabkan nilai Coriolis juga tidak sama.



Gambar 5. Grafik rata-rata daya listrik saat musim Barat

Gambar 5 menunjukkan grafik rata-rata daya listrik saat musim Barat di tiap lokasi. Berdasarkan Gambar 5 dapat diketahui bahwa daya tertinggi saat musim Barat ditunjukkan di lokasi 7 (perairan Pulau Selayar, Provinsi Sulawesi Selatan) yaitu 66,017 Watt. Sedangkan daya terendah ditunjukkan di lokasi 1 (perairan Pulau Sebuku, Provinsi Kalimantan Selatan) yaitu 0,184 Watt. Dari grafik tersebut dapat diketahui nilai rata-rata daya listrik yang dihasilkan sebesar 21,725 Watt.

3.3 Rata-rata Daya Listrik yang Terjadi pada Musim Peralihan I



Gambar 6. Grafik perbandingan kecepatan angin dan arus laut permukaan saat musim Peralihan I

Berdasarkan Gambar 6 dapat dilihat rata-rata kecepatan angin dan arus laut pada setiap lokasi saat musim Peralihan I. Pada Gambar 6 kecepatan angin tertinggi saat musim Peralihan I ditunjukkan oleh lokasi 5 (perairan Pulau

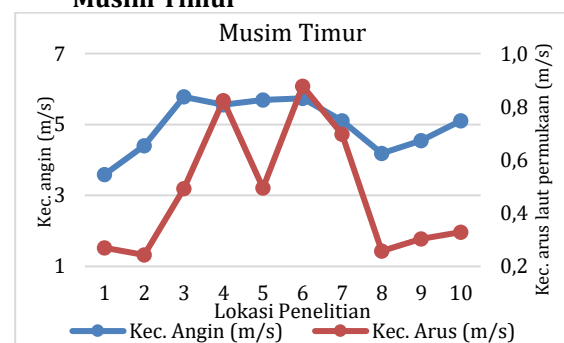
Liukang Tangaya, Provinsi Sulawesi Selatan) berkisar 1,128 m/s dan kecepatan angin terendah ditunjukkan di lokasi 1 (perairan Pulau Sebuku, Provinsi Kalimantan Selatan) berkisar 0,039 m/s. Sedangkan kecepatan arus laut tertinggi saat musim Peralihan I ditunjukkan di lokasi 4 (perairan Pulau Saubi, Provinsi Jawa Timur) berkisar 1,035 m/s dan kecepatan arus laut terendah ditunjukkan di lokasi 1 (perairan Pulau Sebuku, Provinsi Kalimantan Selatan) berkisar 0,0003 m/s.



Gambar 7. Grafik rata-rata daya listrik saat musim Peralihan I

Gambar 7 menunjukkan grafik dari nilai daya listrik saat musim Peralihan I. Berdasarkan Gambar 7 daya listrik tertinggi ditunjukkan pada lokasi 4 (Perairan Pulau Saubi, Provinsi Jawa Timur) yaitu 0,0182 Watt, sedangkan daya terendah ditunjukkan lokasi 1 (perairan Pulau Sebuku, Provinsi Kalimantan Selatan) sebesar 2.5×10^{-11} Watt. Sehingga dapat diketahui nilai rata-rata daya listrik yang dihasilkan yakni sebesar 0,004 Watt.

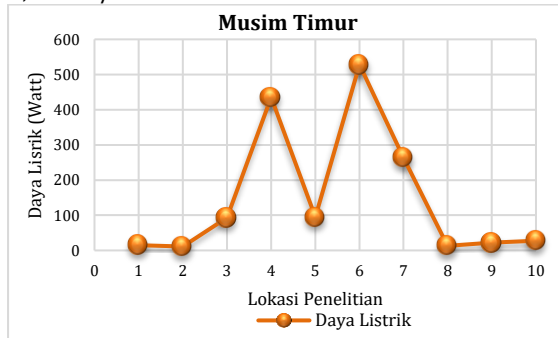
3.4 Rata-rata Daya Listrik yang Terjadi pada Musim Timur



Gambar 8. Grafik perbandingan kecepatan angin dan arus laut permukaan saat musim Timur

Gambar 8 merupakan rata-rata kecepatan angin dan arus laut saat musim Timur. Berdasarkan Gambar 8 diketahui bahwa kecepatan angin tertinggi saat musim Timur ditunjukkan di lokasi 3 (perairan Kepulauan Masalembu, Provinsi Jawa Timur) berkisar 5,778 m/s dan kecepatan angin terendah ditunjukkan

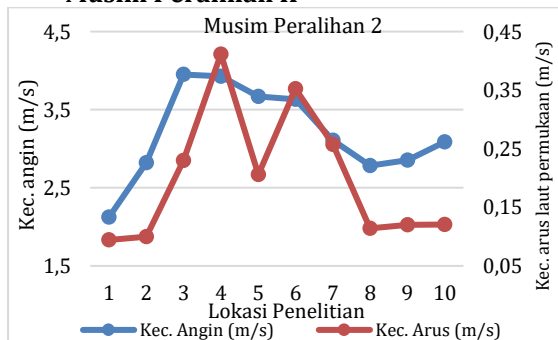
di lokasi 1 (perairan Pulau Sebuku, Provinsi Kalimantan Selatan) berkisar 3,592 m/s. Sedangkan kecepatan arus laut tertinggi ditunjukkan oleh lokasi 6 (perairan Kepulauan Sabalana, Provinsi Sulawesi Selatan) berkisar 0,878 m/s dan kecepatan arus terendah ditunjukkan di lokasi 2 (perairan Pulau Kelambau, Provinsi Kalimantan Selatan) berkisar 0,243 m/s.



Gambar 9. Grafik rata-rata daya listrik saat musim Timur

Gambar 9 menunjukkan bahwa grafik dari daya tiap lokasi saat musim Timur. Kondisi ini memperlihatkan bahwa daya tertinggi saat musim Timur ditunjukkan di lokasi 6 (perairan Kepulauan Sabalana, Provinsi Sulawesi Selatan) berkisar 528,09 Watt dan daya terendah ditunjukkan di lokasi 2 (perairan Pulau Kelambau, Provinsi Kalimantan Selatan) berkisar 11,20 Watt. Sehingga nilai rata-rata daya listrik yang dihasilkan berdasarkan grafik tersebut yakni sebesar 150,505 Watt.

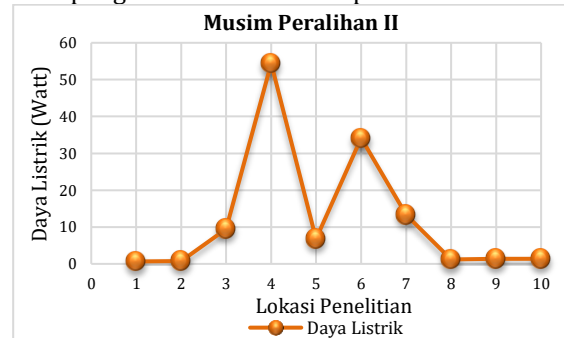
3.5 Rata-rata Daya Listrik yang Terjadi pada Musim Peralihan II



Gambar 10. Grafik perbandingan kecepatan angin dan arus laut permukaan saat musim Peralihan II

Rata-rata kecepatan angin dan arus laut di tiap lokasi saat musim Peralihan II dapat dilihat pada Gambar 10. Berdasarkan Gambar 10 dapat diketahui bahwa kecepatan angin tertinggi saat musim Peralihan II ditunjukkan di lokasi 3 (Perairan Kepulauan Masalembu, Provinsi Jawa Timur) sebesar 3,95 m/s dan kecepatan angin

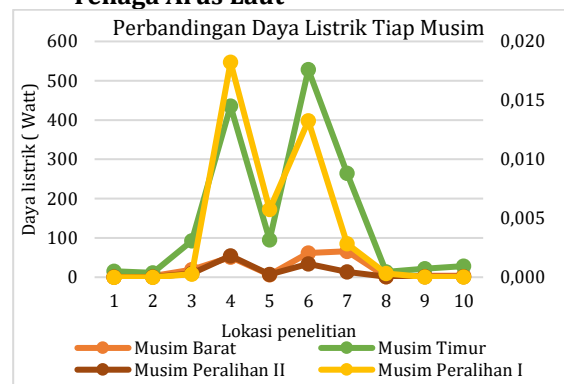
terendah ditunjukkan di lokasi 1 (Perairan Pulau Sebuku, Provinsi Kalimantan Selatan) sebesar 2,124 m/s. Sedangkan kecepatan arus tertinggi berkisar sebesar 0,412 m/s di lokasi 4 (perairan Pulau Saubi, Provinsi Jawa Timur) dan kecepatan arus terendah dengan nilai 0,094 m/s terletak di lokasi 1 (perairan Pulau Sebuku, Provinsi Kalimantan Selatan). Dilihat dari pernyataan di atas bahwa kecepatan angin maupun arus laut tertinggi tidak sama diduga karena pengaruh lintang. Kondisi ini menyebabkan gaya Coriolis yang berbeda antara kedua lokasi tersebut dapat mempengaruhi nilai dari kecepatan arus laut.



Gambar 11 Grafik rata-rata daya listrik saat musim Peralihan II

Grafik daya listrik pada tiap lokasi penelitian saat musim Peralihan II dapat dilihat pada Gambar 11. Berdasarkan Gambar 11 terlihat bahwa daya listrik tertinggi saat musim Peralihan II ditunjukkan di lokasi 4 (perairan Pulau Saubi, Provinsi Jawa Timur) berkisar 54,41 Watt dan daya listrik terendah ditunjukkan di lokasi 1 (perairan Pulau Sebuku, Provinsi Kalimantan Selatan) berkisar 0,65 Watt. Hal ini menunjukkan nilai rata-rata daya listrik yang dihasilkan saat musim Peralihan II yakni sebesar 12,34 Watt.

3.6 Daya Listrik Tertinggi dan Terendah Tenaga Arus Laut



Gambar 12. Grafik perbandingan daya listrik tiap daerah

Gambar 12 menunjukkan grafik perbandingan daya listrik pada tiap daerah. Pada

grafik tersebut dapat dilihat nilai daya listrik tertinggi ditunjukkan di lokasi 6 (perairan Kepulauan Sabalana, Provinsi Sulawesi Selatan) saat musim Timur dengan nilai daya listrik 528,09 Watt. Sedangkan daya listrik terendah ditunjukkan di lokasi 1 (perairan Pulau Sebuku, Provinsi Kalimantan Selatan) saat musim Peralihan I dengan nilai daya listrik sebesar $2,5 \times 10^{-11}$ Watt.

Nilai daya listrik yang tinggi pada lokasi 6 dikarenakan kecepatan arus laut pada musim Timur lebih tinggi dan wilayah tersebut berada di pusaran arus terkuat dibandingkan dengan wilayah lainnya. Sedangkan nilai daya terendah ditunjukkan oleh lokasi 1 dikarenakan pada musim Peralihan I kecepatan angin tidak kuat yang mempengaruhi kecepatan arus laut menjadi lemah. Selain itu pergerakan arus yang tidak teratur pada musim Peralihan I sehingga kecepatan arus yang terjadi cenderung lemah [12].

4. Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah nilai rata-rata daya listrik yang telah dihitung di perairan selatan Selat Makassar saat musim Barat yaitu 21,725 Watt, musim Peralihan I sebesar 0,004 Watt, musim Timur sebesar 150,505 Watt, dan musim Peralihan II sebesar 12,34 Watt. Sedangkan lokasi yang berpotensi untuk pemanfaatan energi listrik pada musim Barat, Timur, dan Peralihan II yaitu perairan Kepulauan Masalembu (Provinsi Jawa Timur).

Daftar Pustaka

- [1]. Yuningsih A, Masduki A. Potensi Energi Arus Laut Untuk Pembangkit Tenaga Listrik di Kawasan Pesisir Flores Timur, NTT. Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis. 2011; 3.
- [2]. Azis MF. Gerak Air di Laut. Oseana. 2006; 31.
- [3]. Wibisono MS. Pengantar Ilmu Kelautan Jakarta: Grasindo; 2005.
- [4]. Bernawis LI. Temperature and Pressure Responses on El-Nino 1997 and La-Nina 1998 in Lombok Strait: The JSPS-DGHE International Symposium on Fisheries Science in Tropical Area; 2000.
- [5]. Moreno N, Sallent R, Espi A, Bao D, Teillet Y. Ocean Current's Energy : How To Produce Electrical Energy Thanks To The Marine Currents? Gävle: University of Gävle; 2008.
- [6]. Erwandi. Teknologi Konversi Energi Arus Laut di Indonesia. M&F. 2014; 12.
- [7]. Wyrтки K. Physical Oceanography of the Southeast Asian Waters. Naga Report. 1961; 2.
- [8]. Bayhaqi A, Iskandar MR, Surinati D. Pola Arus Permukaan dan Kondisi Fisika Perairan di Sekitar Pulau Selayar pada Musim Peralihan I dan Musim Timur. Oseanologi dan Limnologi di Indonesia. 2017; 2.
- [9]. Stewart RH. Introduction to Physical Oceanography Texas: A & M University; 2008.
- [10]. Fraenkel PL. Power from Marine Currents. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part A: Journal of Power and Energy. 2002; 216.
- [11]. Ramdhani A. Kondisi Angin dan Arus Laut Permukaan Bulanan Tahun 2014. Meteorologi Analysis. Jakarta: Layanan Satu Atap, Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika; 2014.
- [12]. Daruwedho H, Sasmito B, Amarrohman FJ. Analisis Pola Arus Laut Permukaan Perairan Indonesia dengan Menggunakan Satelit Altimetri Jason-2 Tahun 2010-2014. Jurnal Geodesi Undip. 2016; 5.