

Potensi Energi Gelombang sebagai Sumber Energi Alternatif di Pulau-Pulau Terluar Wilayah NKRI

Sabaruddin Rahman*¹, Achmad Yasir Baeda¹, Hasdinar Umar¹

¹Program Studi Teknik Kelautan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin
Jl. Poros Malino km. 6 Bontomarannu, Kabupaten Gowa, 91271

*Email: sabaruddin-r@eng.unhas.ac.id

Abstrak

Ketergantungan terhadap minyak sebagai bahan bakar pembangkit listrik di pulau-pulau terluar wilayah Negara Kesatuan Republik Indonesia (NKRI) sangat terkendala pada pengadaannya. Sehingga potensi energi gelombang yang secara alami tersedia dapat dimanfaatkan untuk mengatasi persoalan tersebut. Pada penelitian ini dikaji potensi energi gelombang di beberapa pulau terluar wilayah NKRI. Data gelombang dalam rentang sepuluh tahun terakhir (2006-2015) diperoleh dari hasil prediksi yang dirilis oleh *European Center for Medium-Range Weather Forecasts* (ECMWF). Program Fortran digunakan untuk membuat program aplikasi sederhana yang berfungsi dalam pengolahan data tersebut untuk mendapatkan variabel tinggi dan periode gelombang. Variabel tersebut kemudian digunakan dalam penentuan energi gelombang. Hasil analisis menunjukkan bahwa energi gelombang rata-rata per tahun terbesar terjadi di pulau Rondo yang berada pada kisaran 14.05 ~ 14.13 kW/m selama lima belas tahun terakhir selanjutnya diikuti pulau Dana sebesar 10.01 ~ 10.27 kW/m. Sementara energi gelombang di pulau lainnya seperti Berhala, Sebatik, Nipah tidak berpotensi untuk dikembangkan.

Abstract

Wave Energy Potential as Alternative Energy Sources in Outer Islands of the Unitary Republic of Indonesia. Dependence on oil as fuel for power generation in the outer islands of the Unitary Republic of Indonesia (NKRI) is constrained in its procurement. So the potential of wave energy that is naturally available can be used to overcome this problem. In this study assessed the potential of wave energy on some of the outer islands of the Homeland. Wave data in the span of the last ten years (2006-2015) was obtained from the results forecast released by the European Center for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF). Fortran program used to create a simple application program that functions in the processing of such data to obtain a variable height and wave period. These variables are then used in the determination of wave energy. The analysis showed that the average wave energy per year occur in the island's largest Rondo is in the range of 14:05 ~ 14:13 kW / m during the last fifteen years then followed by Dana island is about 10:01 ~ 10:27 kW / m. While wave energy on other islands such as Berhala, Sebatik, Nipah no potential to be developed.

Kata kunci: Energi gelombang, ECMWF, oscillating water column (OWC)

I. Pendahuluan

Keterbatasan pasokan listrik di pulau-pulau perbatasan Negara Kesatuan Republik Indonesia (NKRI) mendorong peneliti mulai melirik sumber energi alternatif. Pemanfaatan sumber energi alternatif dimulai pada tahun 1970-an diawali oleh terjadinya krisis minyak pada saat itu. Selain itu, perhatian global saat ini juga tertuju pada dampak negatif yang ditimbulkan oleh pembangkit listrik konvensional diantaranya pemanasan global dan hujan asam. Untuk itu, pembangkit listrik dengan pemanfaatan sumber energi terbarukan merupakan salah satu lingkup penelitian yang menarik saat ini.

Sebanyak 92 pulau terluar yang dinilai sangat strategis, karena menjadi garis terdepan Nusantara,

berbatasan langsung dengan negara tetangga atau laut Internasional, terdapat 12 pulau yang membutuhkan perhatian khusus, yakni: pulau Rondo (Sabang, NAD), pulau Sekatung (Natuna, Kepri), pulau Nipa (Batam, Kepri), pulau Berhala (Deli Serdang, Sumut), pulau Marore (Sangihe, Sulut), pulau Miangas (kep. Talaud, Sulut), pulau Marampit (kep. Talaud, Sulut) pulau Batek (Kupang, NTT), pulau Dana (Kupang, NTT) pulau Fani (Raja Ampat, Papua), pulau Fanildo (Biak Numfor, Papua) dan pula Brass (Biak Numfor, Papua) karena umumnya lokasinya terpencil dan jauh dari pusat kegiatan ekonomi.

Dari ke 12 pulau tersebut, terdapat beberapa pulau yang berbatasan langsung dengan Samudera yaitu: pulau Rondo, pulau Marore, pulau Fani,



pulau Bras (dan pulau Fanildo), pulau Marampit, pulau Miangas. Sementara pulau terluar yang berbatasan Laut Cina Selatan adalah pulau Sekatung. Adapun pulau yang berbatasan dengan laut Timor adalah pulau Dana dan pulau Kisar.

Tujuan penelitian ini adalah mengetahui potensi energi gelombang sebagai energi terbarukan di pulau-pulau terluar wilayah NKRI.

II. Energi Gelombang Laut dan Alat Penangkapnya

Energi gelombang telah dipertimbangkan sebagai salah satu teknologi energi terbarukan. Bukan hanya karena ketersediaan yang melimpah, namun juga jika dibandingkan dengan sumber energi terbarukan lainnya, energi gelombang tersedia sampai 90 persen terhadap waktu, sementara energi surya dan angin tersedia 20 – 30 persen terhadap waktu. Saat ini, telah tersedia lebih dari 1000 usulan paten untuk pembangkit listrik dari energi gelombang dan beberapa telah dinyatakan berpotensi untuk dikembangkan sebagai pembangkit energi listrik secara komersil (Pelc dan Fujita, 2002). Sementara paten pertama yang diketahui tercatat pada tahun 1799 (Karimirad, 2014).

Pemanfaatan gelombang laut sebagai sumber energi listrik memiliki keuntungan yang signifikan terhadap sumber energi lainnya, diantaranya:

1. Gelombang laut menawarkan densitas energi diantara sumber energi terbarukan lainnya. Gelombang dibangkitkan oleh angin, yang terjadinya karena adanya perbedaan temperature akibat intensitas penyinaran matahari yang berbeda. Intensitas energi matahari umumnya berada pada kisaran 0,1 – 0,3 kW/m²,
2. Dampak lingkungan yang ditimbulkan minim sebagaimana dijelaskan oleh Thorpe bahwa dampak potensial dan menyajikan perkiraan siklus emisi dari alat yang diletakkan di perairan pantai. Secara umum, alat yang berada di laut lepas memberikan potensi dampak yang rendah.
3. Variabilitas musiman dari energi gelombang mengikuti kebutuhan listrik pada wilayah dengan karakteristik iklim yang dipengaruhi oleh temperature,
4. Gelombang dapat bergerak menempuh jarak jauh dengan kehilangan energi yang rendah.
5. telah dilaporkan bahwa alat penangkap energi gelombang dapat membangkitkan energi listrik selama 90 persen dari waktu yang ditinjau, dibandingkan dengan alat pembangkit energi

angin dan tenaga surya berada pada kisaran 20 – 30 persen.

Besarnya daya (P) atau fluks energi gelombang yang ditransmisikan oleh satu gelombang per satuan lebar puncaknya diformulasikan dengan persamaan-persamaan berikut:

$$P \approx 0,492 H_s^2 T_s \quad (\text{Cruz, 2008}) \quad (1)$$

$$P \approx \frac{\rho g a^2 \lambda}{4T} \quad (\text{Atanasova, et al., 2013}) \quad (2)$$

$$P \approx \frac{\rho g^2}{64\pi} T_p H_S^2 \quad (\text{Karimirad, 2014}) \quad (3)$$

$$P \approx 0,491 \left(H_S^2 T_M \right) \quad (\text{Reikard, et al., 2011}) \quad (4)$$

Dimana:

H_s = tinggi gelombang signifikan (m)

a = amplitude gelombang (m)

g = percepatan gravitasi bumi (m/s²)

λ = panjang gelombang (m)

ρ = rapat massa air (ton/m³)

T_s = periode gelombang signifikan (s)

T_p = periode gelombang terbanyak (s)

T_M = periode gelombang rata-rata (s)

Energi gelombang berpotensi untuk dikembangkan jika nilai rata-rata tahunan dapat mencapai 15 kW/m (Karimirad, 2014). Mekanisme pengambilan energinya dengan cara mengubah energi gelombang yang tertangkap menjadi energi listrik. Peralatan mekanik dapat dipasang untuk mengubah putaran lambat atau gerakan bolak-balik menjadi putaran tinggi untuk dihubungkan dengan generator listrik. Mekanisme perubahan energi pada alat pengubah dibagi kedalam tiga bagian: alat penangkap energi gelombang, PTO (Power Take Off) dan sistem pembangkit listrik, setiap bagian turut andil dalam mengurangi energi, sehingga efisiensi dari setiap bagian tersebut menjadi perhatian utama bagi setiap peneliti.

Banyak teknologi energi gelombang yang mewakili prinsip dasar energi tersebut telah disusun, dan di beberapa kasus didemonstrasikan, untuk merubah energi dari gelombang ke dalam satu bentuk energi yang dapat dimanfaatkan. Variabel-variabel utama diantaranya interaksi gelombang terhadap gerakan-gerakan (heaving, surging, pitching) serta kedalaman air (laut dalam, laut transisi, laut dangkal) jarak dari pantai (garis pantai, perairan pantai, lepas pantai). Pengoperasian yang efisien dari sebuah bangunan apung memerlukan gerakan yang relatif besar, yang dapat dicapai dengan adanya resonansi atau



dengan mekanisme tahan/lepas dari bagian yang bergerak sampai energi potensial terkumpul pada jumlah tertentu. Skema umum untuk alat pembangkit energi gelombang terdiri dari tahapan perubahan yang primer, sekunder dan tersier. Alat primer merupakan proses mekanika fluida dan menyediakan energi mekanik untuk tahapan berikutnya. Alat sekunder dapat berupa penggerak langsung atau mencakup penyimpanan sementara sehingga proses energi dapat difasilitasi sebelum mesin listrik dioperasikan. Alat konversi tersier mencakup elektro-mekanik dan proses kelistrikan.

Hong et al., 2014 mereview alat penangkap energi gelombang dan mengklasifikannya berdasarkan desain mekaniknya sebagai: oscillating devices, overtopping devices dan attenuators. Attenuators sendiri terbagi lagi ke dalam point absorbers dan hinged attenuators. Sementara itu, Atanasoa et al., 2013 mengklasifikasikan penangkap energi gelombang ke dalam bangunan tidak bergerak di perairan pantai yang terdiri dari oscillating water column (OWC), tapered channel system (TAPCHAN); dan bangunan terapung di lepas pantai: PELAMIS, Archimedes wave swing (AWS) dan wave dragon.

III. Metodologi

Pulau-pulau yang menjadi fokus kajian pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1. Sebagian besar pulau tersebut berbatasan dengan samudera Pasifik. Data gelombang diperoleh dari ECMWF (European Centre for Medium-range Weather Forecasts) data server (<http://apps.ecmwf.int/datasets/data/interim-full-daily/>). Model yang digunakan oleh ECMWF untuk memprediksi gelombang merupakan model yang terbaik saat ini (Cruz, 2008). Gambar 1 memperlihatkan titik-titik grid lokasi pengambilan data dengan jarak 0,25o atau 15 mil. Data yang diperoleh berupa tinggi gelombang signifikan (Hs), periode gelombang rata-rata (Tm) dan arah gelombang rata-rata untuk setiap 6 jam dalam rentang 2006-2015. Berdasarkan periode gelombang rata-rata, kemudian dihitung periode gelombang signifikan dengan persamaan $T_s = 1.06 T_m$ (Manohar et al., 1976). Sementara arah gelombang signifikan diasumsikan sama dengan arah gelombang rata-rata.

Tabel 1. Pulau terluar wilayah NKRI

Nama Pulau	Posisi pulau	Posisi data	Keterangan
P. Berhala	3,777°LU; 99,501°BT	3,75°LU; 99,75°BT	Selat Malaka

P. Bras	0,933°LU; 134,342°BT	1,00°LU; 134,25°BT	Berbatasan samudera Pasifik
P. Dana	11,010°LS; 122,877°BT	11,00°LS; 122,50°BT	Berbatasan laut Timor
P. Fani	1,074°LU; 131,280°BT	1,00°LU; 130,75°BT	Berbatasan samudera Pasifik
P. Kisar	8,103°LS; 127,143°BT	8,00°LS; 127,75°BT	Berbatasan laut Timor
P. Marore	4,737°LU; 125,478°BT	4,25°LU; 125,00°BT	Berbatasan samudera Pasifik
P. Nipah	1,054°LU; 103,653°BT	1,00°LU; 103,50°BT	Selat Malaka
P. Rondo	6,075°LU; 5,113°BT	6,00°LU; 94,75°BT	Berbatasan samudera Hindia
P. Sebatik	4,100°LU; 5,117,86°BT	4,00°LU; 119,00°BT	Berbatasan laut Sulawesi
P. Berhala	3,777°LU; 99,501°BT	3,75°LU; 99,75°BT	Selat Malaka
P. Bras	0,933°LU; 134,342°BT	1,00°LU; 134,25°BT	Berbatasan samudera Pasifik
P. Dana	11,010°LS; 122,877°BT	11,00°LS; 122,50°BT	Berbatasan laut Timor

IV. Hasil dan Pembahasan

Gambar 1 menunjukkan hubungan antara periode dan tinggi gelombang yang diuraikan berdasarkan waktu kejadian (pukul 00.00, 06.00, 12.00 dan 16.00). Dari gambar tersebut terlihat bahwa gelombang yang terjadi di pulau Kisar dapat dikategorikan ke dalam dua bagian yaitu gelombang landai dan gelombang curam. Sementara pulau Sebatik dan Nipah cenderung diterpa gelombang landai. Adapun pulau-pulau lainnya diterpa oleh gelombang diantara landai dan curam.

Gambar 2 merupakan mawar gelombang dari setiap pulau yang ditinjau. Gambar tersebut menunjukkan bahwa sebagian besar pulau diterpa oleh gelombang pada arah dominan tertentu. Namun untuk pulau Dana, meskipun gelombang dominan terjadi dari arah Barat Laut, namun gelombang maksimum terjadi pada arah Tenggara-Barat Laut. Kondisi ini sangat baik bagi alat pembangkit energi gelombang tipe benda apung.

Energi gelombang yang dirumuskan pada persamaan (1) sampai (4) pada prinsipnya memberikan nilai nominal yang relatif sama. Sehingga pada analisis energi gelombang selanjutnya digunakan salah satu dari persamaan tersebut, dalam hal ini persamaan (1). Berdasarkan data yang telah diuraikan pada bagian sebelumnya, diperoleh flux energi gelombang sebagaimana ditampilkan pada Tabel 2.

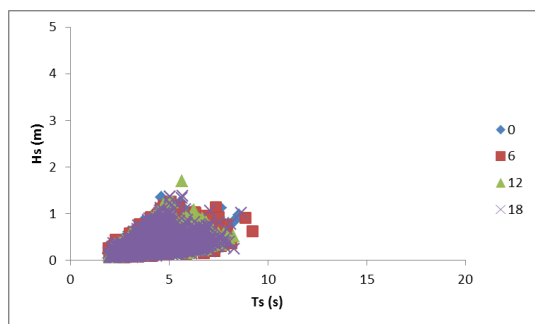


Tabel 2. Hasil analisa flux energi gelombang

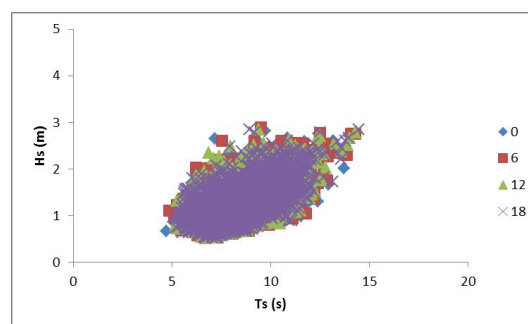
Waktu	Nilai	Sebatik	Berhala	Dana	Marore	Nipah	Rondo	Bras	Kisar	Fani
0.00	Rata2	0.49	0.30	10.27	3.72	0.02	14.11	7.70	2.45	7.01
	Maks	3.20	4.70	93.50	20.30	0.67	70.21	54.32	29.99	47.52
6.00	Rata2	0.47	0.31	10.01	3.65	0.02	14.05	7.70	2.37	6.97
	Maks	3.39	4.57	88.16	20.21	0.50	64.49	53.12	27.81	62.85
12.00	Rata2	0.50	0.31	10.18	3.74	0.02	14.13	7.70	2.48	6.99
	Maks	3.90	7.93	80.29	23.96	0.77	67.52	54.61	25.37	49.67
18.00	Rata2	0.47	0.31	10.26	3.65	0.02	14.07	7.71	2.34	6.92
	Maks	3.61	5.32	74.48	22.17	0.63	71.11	57.15	22.72	44.52
Rata2		0.48	0.31	10.18	3.69	0.02	14.09	7.70	2.41	6.97

Dari tabel tersebut terlihat bahwa nilai energi gelombang rata-rata tertinggi terjadi di pulau Rondo sebesar 14.09 kW/m diikuti pulau Dana sebesar 10.18 kW/m. Kedua pulau tersebut berhubungan langsung dengan samudera Hindia.

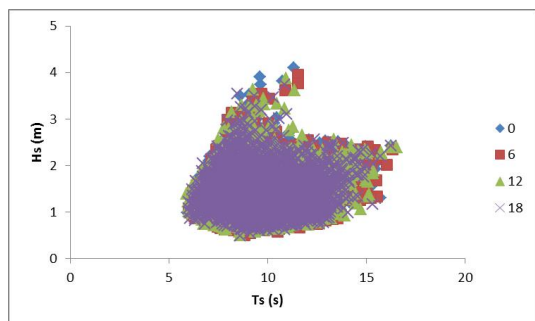
Sementara pulau-pulau lainnya yang berbatasan dengan samudera Pasifik mendapatkan energi gelombang pada kisaran 7,0 kW/m.



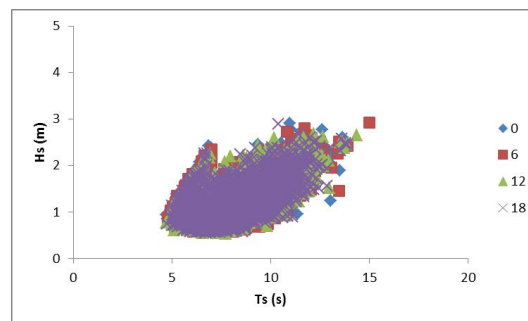
Pulau Berhala



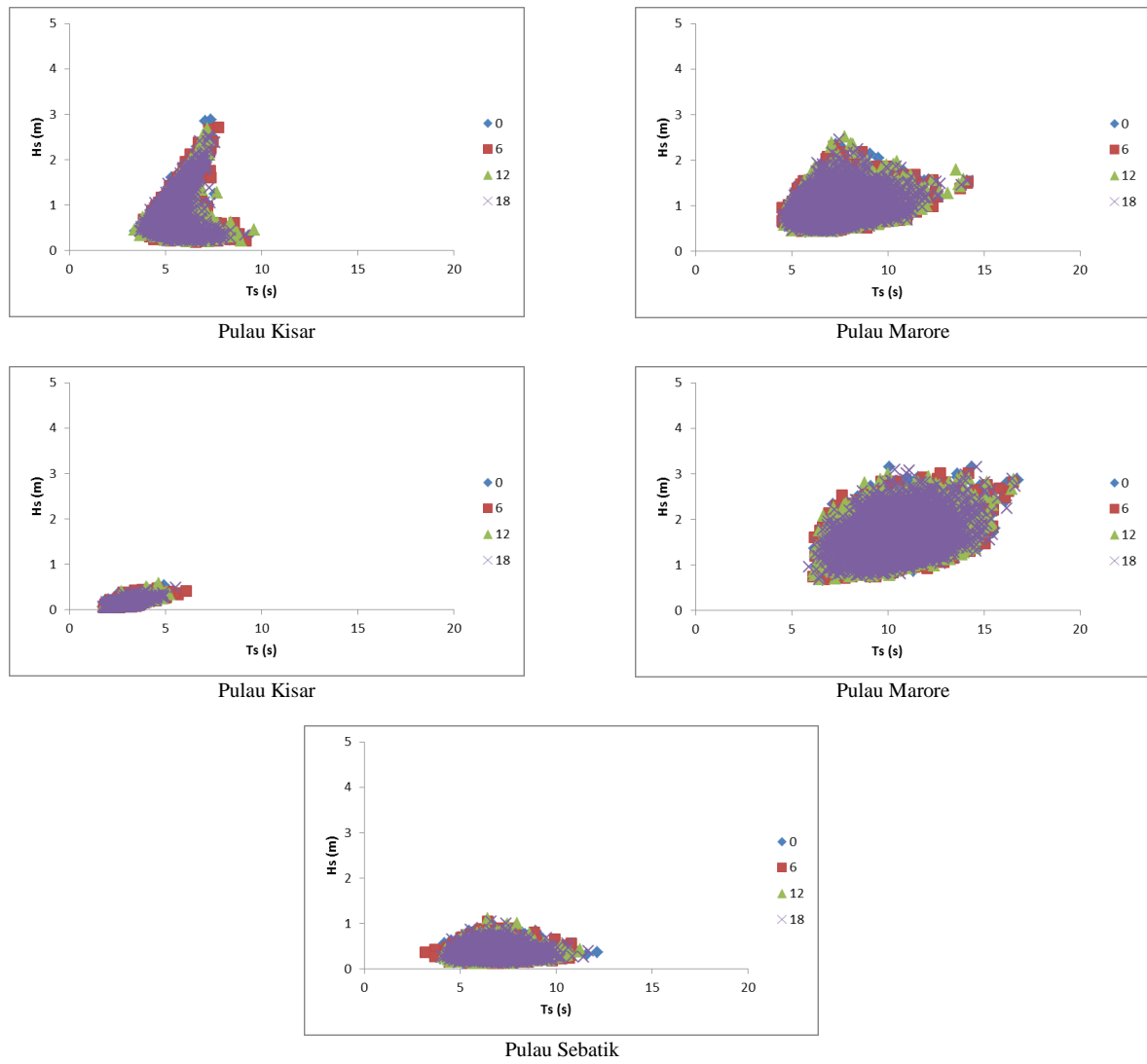
Pulau Brass



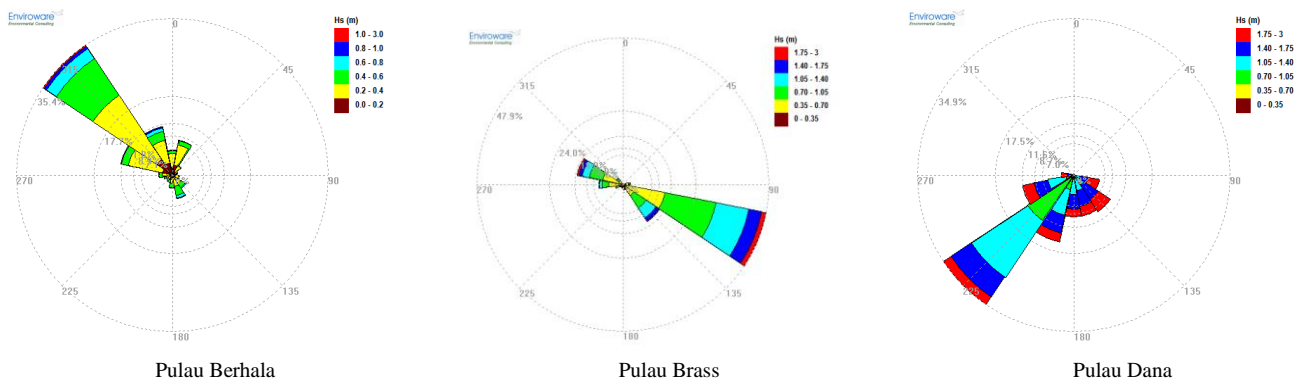
Pulau Dana

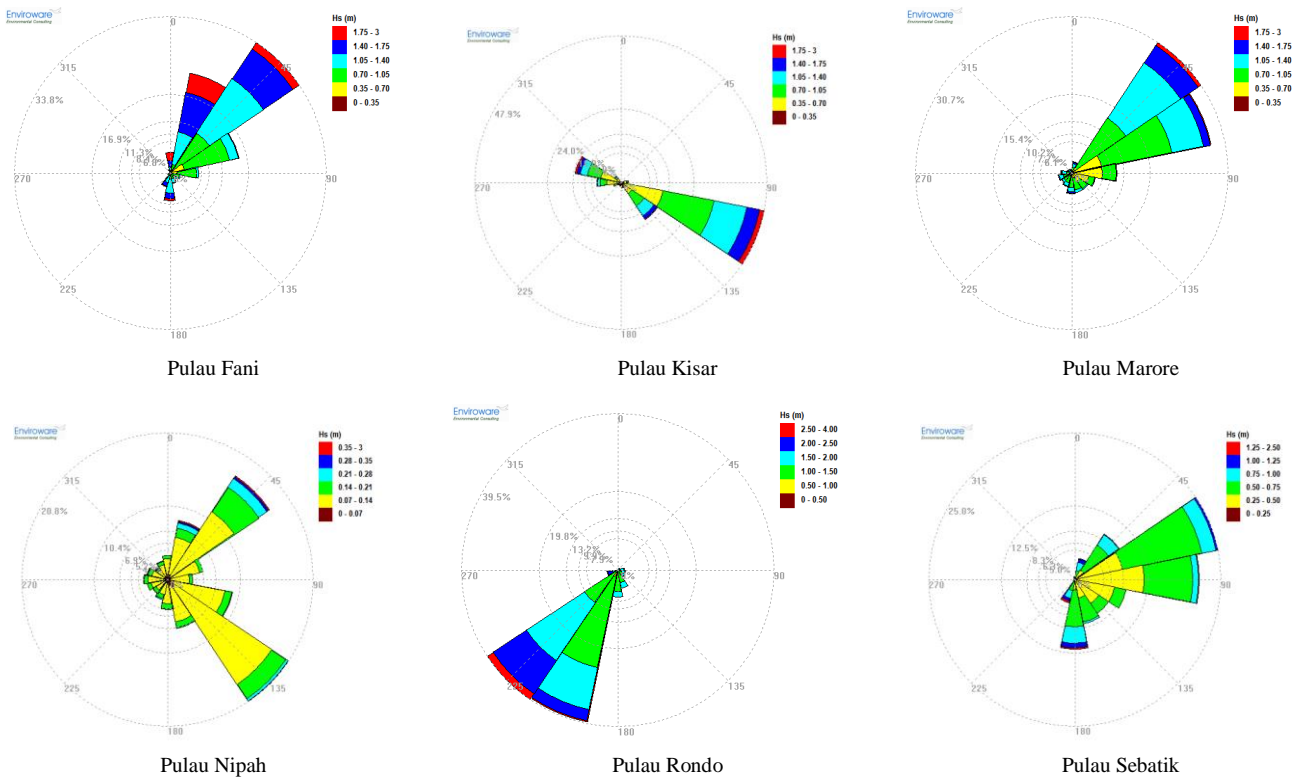


Pulau Fani



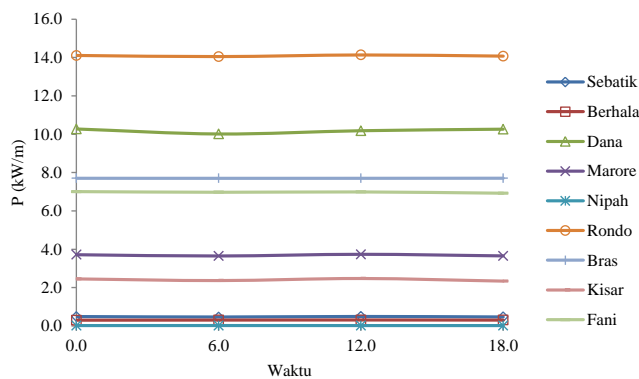
Gambar 1. Karakteristik gelombang





Gambar 2. Mawar gelombang

Gambar 3 memperlihatkan energi gelombang rata-rata untuk data enam jam setiap harinya. Terlihat bahwa hampir semua pulau menerima energi gelombang yang relatif konstan sepanjang hari. Hal ini menunjukkan bahwa ketersediaan energi di pagi sampai malam hari relatif konstan pada musim-musim tertentu.



Gambar 4. Potensi energi gelombang

V. Kesimpulan

Energi gelombang di pulau terluar Indonesia sangat berpotensi untuk dapat dimanfaatkan sebagai pembangkit energi listrik, terutama di

pulau Rondo dan pulau Dana dengan jumlah energi rata-rata 14,09 kW/m dan 10,18 kW/m. Gelombang maksimum yang terjadi di pulau Dana bergerak pada arah Tenggara-Barat Daya sehingga alat pembangkit energi gelombang yang dapat bermanfaat secara optimal adalah tipe Oscillating Water Column (OWC). Ketersediaan energi gelombang rata-rata relatif konstan terhadap waktu, sehingga kontinuitas energi dari pagi sampai malam hari dapat terpenuhi.

Ucapan Terimakasih

Penelitian ini didanai oleh Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin melalui Hibah Penelitian Implementasi Sistem Pembelajaran Laboratory Based Education tahun 2016 dengan nomor surat perjanjian 4526/UN4.8.2/PL.06/2016.

Daftar Pustaka

[1] Atanasova, D.D., Popov, R., dan Georgiev, A., 2013, Challenges of marine power in the Balkan region, Balkan Journal of Electrical and Computer Engineering, Vol. 1, No. 2.
 [2] Cruz, J., 2008. Ocean Wave Energy: Current Status and



- Future Perspectives. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.
- [3] Drew, B., Plummer, A.R., dan Sahinkaya, M.N., 2009. A review of wave energy converter technology. Proc. IMechE. Part A.: Power and Energy. Vol. 223, pp. 887-902.
- [4] Hong, Y., Waters, R., Bostrom, C., Eriksson, M., Engstrom, J. dan Leijon, M., 2014. Review on electrical control strategies for wave energy converting systems. Renewable and sustainable energy reviews. Vol. 31, pp. 329-342.
- [5] Karimirad, M., 2014. Offshore Energy Structures. For Wind Power, Wave Energy and Hybrid Marine Platforms. Springer Cham Heidelberg New York Dordrecht London.
- [6] Manohar, M., Mobarek, I.E. dan El Sharaky, N.A., 1976. Characteristic wave period, Coastal Engineering, pp. 273-288.
- [7] Pelc, R. dan Fujita, R.,M., 2002. Renewable energy from the ocean. Marine Policy, Vol. 26, pp. 471-479.
- [8] Reikard, G., Pinson, P., dan Bidlot, J.R., 2011. Forecasting ocean wave energy: The ECMWF wave model and time series methods, Ocean Engineering, Vol. 38, pp. 1089-1099.

