

Pemodelan Potensi Energi Gelombang di Perairan Cirebon

Nurhayati Mangunjaya¹⁾ dan Aida Sartimbul²⁾

¹⁾ Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya, Jl. Veteran Malang, email: nurhayatimangunjaya@gmail.com

²⁾ Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya, Jl. Veteran Malang, aida@ub.ac.id

Article history

Received : 18 Februari 2021

Revised: 23 April 2021

Accepted : 30 Juni 2021

*Corresponding author

Nurhayati Mangunjaya

Email :

nurhayatimangunjaya@gmail.com

Abstrak

Energi gelombang dipertimbangkan sebagai salah satu teknologi energi terbarukan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memahami proses pengolahan data pemodelan energi gelombang serta mampu melakukan interpretasi terhadap hasil pengolahan data pemodelan energi gelombang di perairan Cirebon. Metode yang digunakan dalam pelaksanaan yaitu metode sekunder menggunakan data angin 2009-2019 diperoleh dari *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA). Data gelombang 2009-2019 dari *European Centre for Medium Range Weather Forecasts* (ECMWF) dan data batimetri diperoleh dari *The General Bathymetric Chart of The Oceans* (GEBCO). Hasil dari pengolahan data pemodelan gelombang dapat digunakan untuk menentukan daerah yang berpotensi sebagai pembangkit listrik dengan pemanfaatan gelombang sebagai sumber energi terbarukan. Nilai RMSE yang didapat tergolong tinggi, dengan nilai RMSE paling rendah sebesar 0,326 pada bulan April dan tertinggi sebesar 1,181 pada bulan November. Potensi energi gelombang di Perairan Cirebon memiliki nilai rata-rata bulanan energi gelombang tertinggi sebesar 0,131 kW/m pada bulan April, Mei dan Juni.

Kata Kunci : Tinggi gelombang signifikan (H_s), energi gelombang, perairan Cirebon

Abstract

Wave energy is considered as a renewable energy technology. The purpose of this research is to understand the processing of wave energy modeling data and be able to interpret the results of wave energy modeling data processing in Cirebon waters. The method used in the implementation is a secondary method using wind data 2009-2019 obtained from the National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). 2009-2019 wave data from the European Center for Medium Range Weather Forecasts (ECMWF) and bathymetric data are obtained from The General Bathymetric Chart of The Oceans (GEBCO). The results of processing wave modeling data can be used to determine areas that have the potential to generate electricity by utilizing waves as a renewable energy source. The RMSE value obtained was classified as high, with the lowest RMSE value of 0.326 in April and the highest of 1.181 in November. The potential for wave energy in Cirebon waters has the highest average monthly wave energy value of 0.11 kW / m in April, May and June.

Keywords : Significant wave height (H_s), wave energy, Cirebon

PENDAHULUAN

Sampai pada tahun 2009, sebagian besar kebutuhan listrik di Indonesia masih menggunakan pembangkit listrik berbahan bakar fosil. Minyak bumi masih menduduki peringkat tertinggi yaitu 51,66%. Gas alam menduduki peringkat kedua yaitu sebesar 28,57%, sisanya dipasok dari energi minyak sebesar 15,34% dan energi terbarukan 4,43% (Yuningsih dan Masduki, 2011). Ketersediaan energi yang berasal dari fosil menjadi isu penting karena cadangan minyak bumi yang semakin menipis secara langsung akan mengancam pasokan bahan bakar dan listrik. Selain itu, perhatian global saat ini tertuju pada dampak negatif yang ditimbulkan oleh pembangkit listrik konvensional karena menyebabkan terjadinya pemanasan global dan hujan asam (Rahman *et al.*, 2016). Pembangkit listrik dengan pemanfaatan sumber energi terbarukan merupakan salah satu lingkup yang menarik saat ini. Keberadaan isu global tentang kenaikan muka air laut dapat mempengaruhi parameter gelombang pada wilayah pesisir. Gelombang merupakan salah satu jenis energi terbarukan yang memiliki potensi sebagai pengganti energi yang ada pada saat ini (Isdianto *et al.*, 2020). Energi gelombang dipertimbangkan sebagai salah satu teknologi energi terbarukan. Dibandingkan dengan sumber energi terbarukan lainnya, energi gelombang tersedia sampai 90% terhadap waktu, sementara energi surya dan angin tersedia 20 – 30% terhadap waktu (Pelc dan Fujita, 2002). Untuk memprediksi daya atau energi yang dapat dibangkitkan oleh gelombang dilakukan dengan memanfaatkan data angin karena angin merupakan faktor utama yang

menyebabkan timbulnya gelombang laut (Purba, 2014). Semakin tinggi kecepatan angin maka semakin besar tinggi gelombang serta energi potensi gelombang yang dihasilkan di perairan.

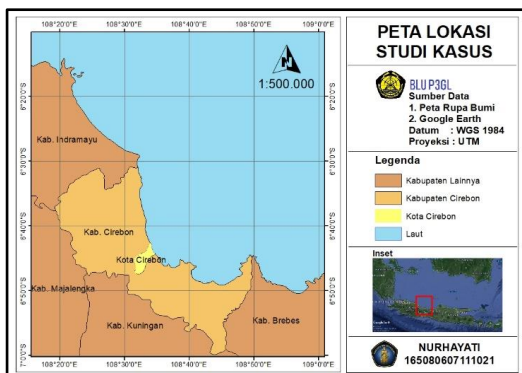
Pemodelan potensi energi gelombang dianalisis berdasarkan pendekatan secara numerik dan simulasi *software* MIKE 21 yang dibuat oleh *Danish Hydraulic Institute*. MIKE 21 adalah *software* yang berisi sistem pemodelan yang komprehensif untuk melakukan pemodelan dua dimensi yang mensimulasikan proses fisik, kimia atau biologis di wilayah pesisir dan laut (MIKE 21, 2019). Modul pemodelan yang digunakan yaitu *Spectral Wave FM* yang merupakan generasi baru pemodelan gelombang yang dibangkitkan oleh angin pada jenis *grid mesh (unstructured mesh)* dan mensimulasikan pertumbuhan, pelemahan dan transformasi dari gelombang yang dibangkitkan oleh angin dan *swell* di pesisir dan lepas pantai (Gazali *et al.*, 2017). Penelitian mengenai potensi energi gelombang telah dilakukan diantaranya di perairan Pantai Bengkulu (Mardiansyah *et al.*, 2014), perairan Malang Selatan (Alfansuri dan Zuliari, 2014) dan pulau-pulau terluar wilayah NKRI meliputi Pulau Nilai, Sebatik, Berhala, Dana, Marore, Nipah, Rondo, Bras, Kisar dan Fani (Rahman *et al.*, 2016). Adapun Mehdiabadi *et al.* (2015) dan Gunawan *et al.* (2017) menggunakan pemodelan dengan modul *spectral wave* di sekitar Pulau Larak, Persia dan di Perairan Karimunjawa, menghasilkan tinggi gelombang signifikan, periode serta arah rambat dari tiap musim yang dianalisis menjadi pola penalaran tinggi gelombang.

Model *spectral wave* dipilih sebagai bahan karena adanya keterbatasan penelitian dan mudah diterapkan. Penelitian studi kasus dilakukan di Pusat Penelitian dan Pengembangan

Geologi Kelautan (P3GL) Bandung dengan perairan Cirebon dipilih sebagai lokasi studi kasus karena belum banyak penelitian mengenai pemodelan potensi energi gelombang di wilayah ini. Adapun tujuan penelitian ini antara lain untuk mengetahui proses pengolahan data pemodelan energi gelombang dan melakukan interpretasi terhadap hasil pemodelan energi gelombang di perairan Cirebon.

METODE

Pengambilan data studi kasus dilakukan di perairan Cirebon selama 10 tahun terakhir dimulai dari tahun 2009 sampai 2019. Peta lokasi pengambilan data dapat dilihat pada Gambar 1. Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data angin, data gelombang serta data batimetri perairan di perairan Cirebon. Data angin 2009-2019 diperoleh dari National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). Data gelombang 2009-2019 diperoleh dari *European Centre for Medium Range Weather Forecasts* (ECMWF) dan data batimetri diperoleh dari *The General Bathymetric Chart of The Oceans* (GEBCO).



Gambar 1. Peta Lokasi

Pengolahan data dimulai dengan mendapatkan nilai *fetch* efektif. *Fetch* digunakan dalam peramalan gelombang untuk mengetahui tinggi, periode dan durasi gelombang. *Fetch* efektif diperoleh dengan persamaan (Wakkary *et al.*, 2017) sebagai berikut:

$$F_{eff} = \frac{\sum F \cos \alpha}{\sum \cos \alpha}$$

Data angin yang akan digunakan harus dikoreksi untuk mendapatkan *wind stress factor* atau faktor tenaga angin (U_A) yang akan digunakan untuk memperoleh nilai peramalan gelombang (Ondara dan Husrin, 2018). Menghitung *wind stress factor* (U_A) digunakan persamaan:

$$U_A = 0,71U^{1,23}$$

Adapun koreksi-koreksi dilakukan untuk mendapatkan nilai *Wind Stress Factor* (U_A) sebagai berikut:

1. Koreksi elevasi

Koreksi elevasi merupakan kecepatan angin yang digunakan adalah kecepatan angin yang diukur pada elevasi 10 meter. Jika data angin didapat dari pengukuran pada elevasi yang lain (y meter), maka dapat dikonversi dengan persamaan :

$$U(10) = U(y) \left(\frac{10}{y} \right)^{1/7}$$

2. Koreksi Stabilitas

Koreksi ini dilakukan jika terdapat adanya perbedaan antara temperatur udara dan air laut. Besarnya koreksi dilambangkan dengan R_T , dimana:

$$U = R_T \cdot (U_{10})$$

Jika tidak terdapat perbedaan temperatur, maka $R_T = 1.1$

3. Koreksi Lokasi

Koreksi lokasi dilakukan untuk mendapatkan nilai kecepatan angin di laut jika data yang dimiliki adalah data

angin pengukuran di darat. Faktor koreksi dilambangkan dengan R_L , dimana:

$$U = R_L \cdot R_T \cdot (U_{10})$$

4. Koreksi Durasi

Untuk memperoleh kecepatan rata-rata angin pada saat angin bertiup dilakukan koreksi durasi angin dilakukan koreksi durasi dengan persamaan-persamaan sebagai berikut:

$$t = \frac{1609}{U_f}$$

$$U_f = U_t$$

$$\frac{U_t}{U_{3600}} = 1,27 + 0,296 \tan h \left(0,9 \log \frac{45}{t} \right)$$

Untuk $1 < t < 3600$ detik

$$\frac{U_t}{U_{3600}} = -0,15 \log t + 1,5334$$

Untuk $3600 < t < 36000$ detik

$$U_{3600} = \frac{U_t}{\left(\frac{U_t}{U_{3600}} \right)}$$

Tahap pengolahan data selanjutnya menghitung nilai *Root Mean Square Error* (RMSE) dengan persamaan:

$$RMS = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_i^n (\tilde{y}_i - y_i)^2}$$

Perbandingan potensi gelombang dilakukan dengan membandingkan hasil simulasi modul *Spectral Wave MIKE 21* dengan rumus fluks energi gelombang. Analisis perbandingan hasil simulasi dengan perhitungan menggunakan 4 persamaan energi potensi gelombang yaitu:

$$1. P \approx 0,492 H_s^2 T_s$$

(Cruz, 2008)

$$2. P \approx \frac{p g a^2 \lambda}{4T}$$

(Atanasova et al., 2013)

$$3. P \approx \frac{p g^2}{64\pi} T_p H_s^2$$

(Karimirad, 2014)

$$4. P \approx 0,491 (H_s^2 T_M)$$

(Reikard et al., 2011)

HASIL DAN PEMBAHASAN

RMSE dapat digunakan untuk mengumpulkan seberapa *error* data model yang digunakan dan untuk mengindikasikan adanya ketidaksesuaian dalam pemodelan (Willmott & Matsuura, 2005). Nilai RMSE yang didapat tergolong tinggi, dengan nilai RMSE paling rendah sebesar 0,326 pada bulan April dan tertinggi sebesar 1,181 pada bulan November. Semakin besar nilai RMSE maka hasil estimasi model yang dihasilkan semakin tidak tepat bila dibandingkan dengan pengamatan. Hasil RMSE dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil perhitungan RMSE setiap bulan di perairan Cirebon.

No.	Bulan	RMSE
1	Januari	0,810
2	Februari	0,626
3	Maret	0,420
4	April	0,326
5	Mei	0,477
6	Juni	0,552
7	Juli	0,610

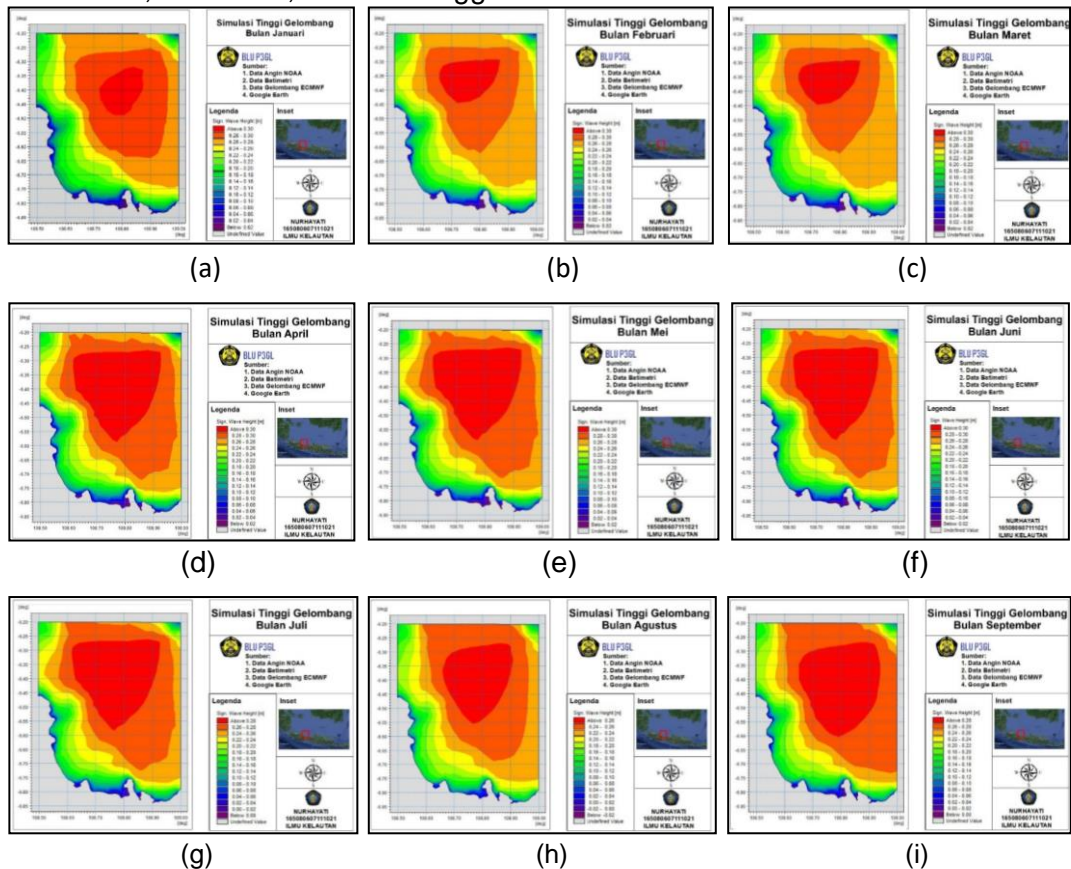
Pemodelan Potensi Energi Gelombang di Perairan Cirebon, Mangunjaya dan Sartimbul.

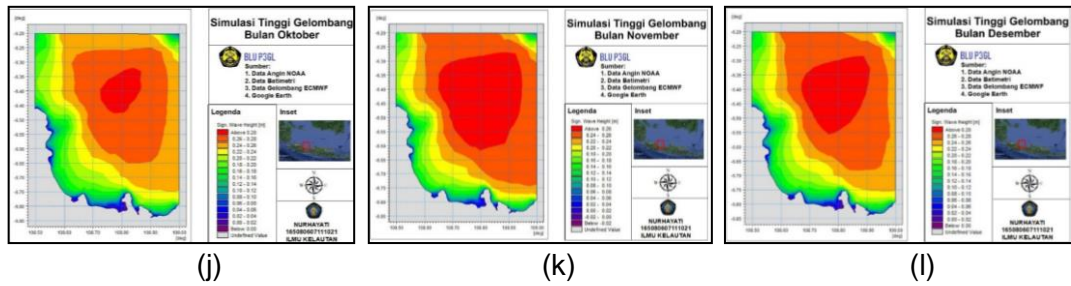
No.	Bulan	RMSE
8	Agustus	0,626
9	September	0,525
10	Oktober	0,436

No.	Bulan	RMSE
11	November	1,181
12	Desember	0,5

Hasil simulasi tinggi gelombang menggunakan *software* MIKE 21 ditunjukkan pada Gambar 2. Pada peta hasil simulasi tinggi menunjukkan tinggi gelombang pada bulan Januari – Desember pada tahun 2009 - 2019 berkisar antara 0 – 0,3 m. Tinggi gelombang tertinggi terjadi pada bulan April (d), Mei (e) dan Juni (f) yaitu sebesar 0,02 – 0,3 m. Tinggi

gelombang terendah terjadi pada bulan Juli (g) dan Oktober (j) yaitu sebesar 0 – 0,28 m. Gelombang yang memiliki ketinggian yang tinggi ditandai dengan warna merah sebaliknya pada gelombang yang memiliki ketinggian rendah ditandai dengan warna biru.

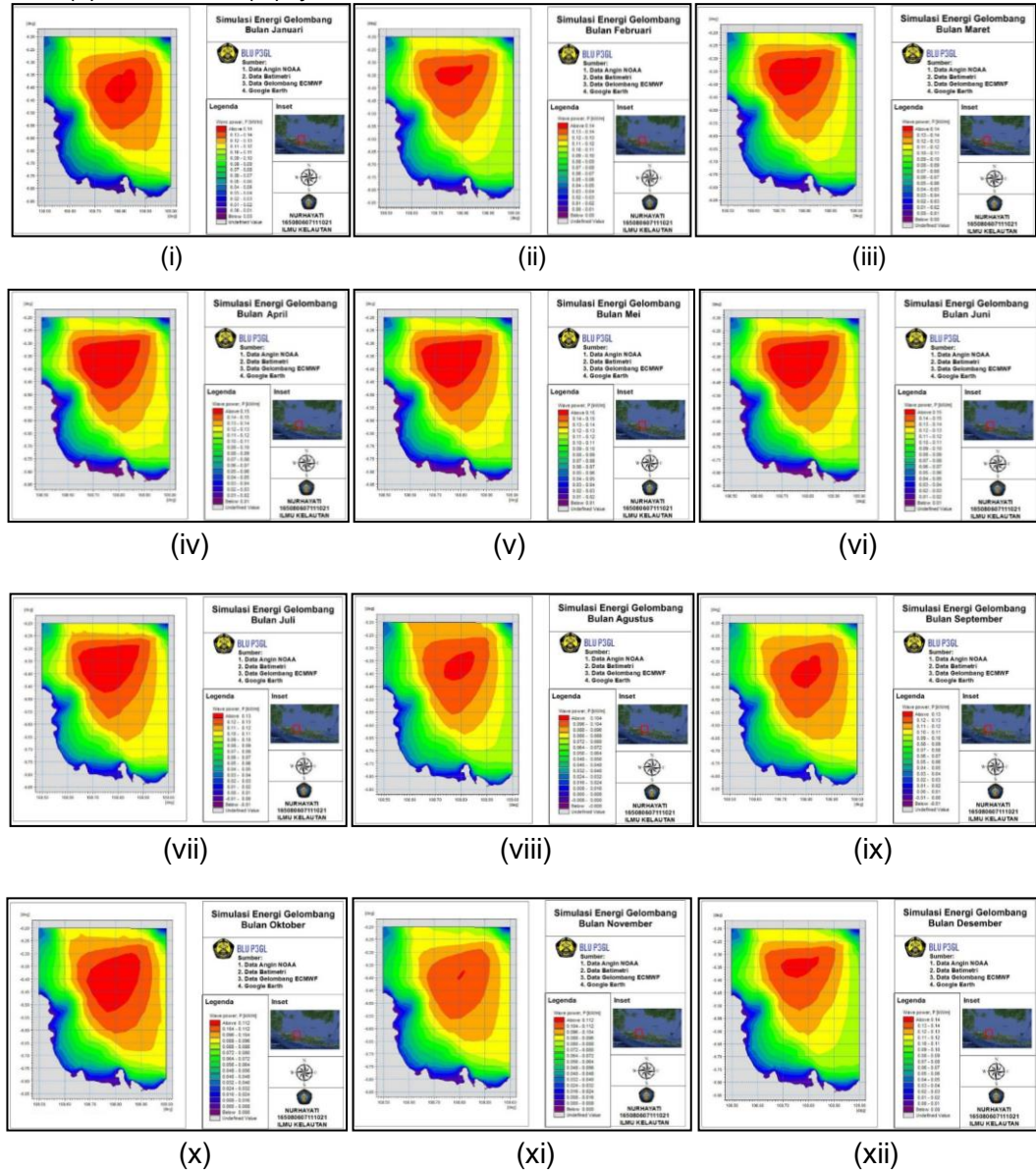




Gambar 2. Hasil simulasi tinggi gelombang di perairan Cirebon pada bulan Januari (a), Februari (b), Maret (c), April (d), Mei (e), Juni (f), Juli (g), Agustus (h), September (i), Oktober (j), November (k), Desember (l)

Hasil simulasi energi gelombang menggunakan *software* MIKE 21 ditunjukkan pada Gambar 3. Pada peta hasil simulasi energi menunjukkan tinggi gelombang pada bulan Januari – Desember pada tahun 2009 - 2019 berkisar antara 0-0,15 kW/m. Energi gelombang tertinggi terjadi pada bulan April (iv), Mei (v) dan Juni (vi) yaitu sebesar

0,01 – 0,15 kW/m. Tinggi gelombang terendah terjadi pada bulan Juli (vii) dan Oktober (x) yaitu sebesar 0 – 0,112 kW/m. Energi gelombang yang memiliki potensi energi yang tinggi ditandai dengan warna merah sebaliknya pada gelombang yang memiliki potensi energi rendah ditandai dengan warna biru.



Gambar 3. Hasil simulasi energi gelombang di perairan Cirebon pada bulan Januari (i), Februari (ii), Maret (iii), April (iv), Mei (v), Juni (6), Juli (vii), Agustus (viii), September (ix), Oktober (x), November (xi), Desember (xii)

Hasil simulasi energi gelombang selanjutnya dibandingkan dengan menggunakan rumus-rumus fluks energi gelombang. Berikut ini merupakan hasil perbandingan simulasi energi gelombang dengan rumus-rumus fluktuasi energi gelombang dapat dilihat pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 2. Perbandingan nilai rata-rata energi gelombang bulanan tertinggi

Bulan	Wave Power	(1)	(2)	(3)	(4)
Januari	0,118	0,111	0,035	0,110	0,110
Februari	0,122	0,114	0,035	0,113	0,115
Maret	0,123	0,115	0,044	0,115	0,115
April	0,131	0,123	0,038	0,122	0,122
Mei	0,131	0,122	0,048	0,122	0,122
Juni	0,131	0,122	0,048	0,122	0,122
Juli	0,115	0,108	0,056	0,107	0,107
Agustus	0,096	0,090	0,051	0,089	0,092
September	0,112	0,104	0,043	0,104	0,104
Oktober	0,100	0,094	0,053	0,093	0,093
November	0,093	0,087	0,038	0,087	0,089
Desember	0,108	0,101	0,034	0,101	0,101

Tabel 3. Perbandingan nilai rata-rata energi gelombang bulanan terendah

Bulan	Wave Power	(1)	(2)	(3)	(4)
Januari	0,116	0,109	0,000	0,108	0,109
Februari	0,118	0,000	0,111	0,110	0,110
Maret	0,121	0,114	0,000	0,113	0,113
April	0,129	0,121	0,000	0,120	0,121
Mei	0,129	0,121	0,000	0,120	0,120
Juni	0,129	0,121	0,000	0,120	0,120
Juli	0,114	0,106	0,000	0,106	0,102
Agustus	0,094	0,088	0,000	0,088	0,088
September	0,110	0,103	0,000	0,102	0,102
Oktober	0,098	0,092	0,000	0,091	0,092
November	0,092	0,086	0,000	0,085	0,086
Desember	0,106	0,099	0,000	0,099	0,099

Energi gelombang yang dirumuskan pada persamaan (1) sampai (4) pada prinsipnya memberikan nilai nominal yang relatif sama. Pada persamaan (1), (3) dan (4) memiliki perbedaan nilai yang tidak terlalu signifikan. Namun pada persamaan (2) memiliki nominal dengan perbedaan yang signifikan karena banyaknya data kecepatan angin tidak terekam oleh citra satelit maupun *error*. Berdasarkan hasil pemodelan energi gelombang, nilai rata-rata bulanan energi gelombang tertinggi hasil

simulasi pemodelan terdapat pada bulan April, Mei dan Juni dengan nilai sebesar 0, 131 kW/m. Energi gelombang berpotensi untuk dikembangkan jika nilai rata-rata tahunan dapat mencapai 15 kW/m (Karimirad, 2014). Dapat disimpulkan bahwa Perairan Cirebon tidak berpotensi untuk dikembangkan sebagai daerah pembangkit listrik tenaga gelombang.

KESIMPULAN

Proses pengolahan data pemodelan energi gelombang terdiri dari koreksi data angin, pembuatan *fetch*, perhitungan RMSE, pemodelan gelombang, perhitungan potensi gelombang serta melakukan perbandingan antara energi gelombang hasil simulasi dengan rumus-rumus fluktuasi gelombang.

Hasil pemodelan potensi energi gelombang di Perairan Cirebon memiliki nilai rata-rata bulanan energi gelombang tertinggi sebesar 0, 131 kW/m pada bulan April, Mei dan Juni. Dapat disimpulkan bahwa Perairan Cirebon tidak berpotensi untuk dikembangkan sebagai daerah pembangkit listrik tenaga gelombang karena memiliki nilai potensi energi kurang dari 15 kW/m.

UCAPAN TERIMAKASIH

Atas terselesaikannya penulisan artikel, penulis mengucapkan terimakasih yang sebanyak – banyaknya kepada Tuhan Yang Maha Esa. Kedua orangtua penulis yang tidak ada hentinya mendukung dan mendoakan. Bapak Irwan Hidayat Suherman, S.T selaku pembimbing dan seluruh Staff di Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan Bandung (P3GL) yang telah memfasilitasi serta memberi ilmu baru kepada penulis.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfansuri, T., & Zuliari, E. A. 2014. Kajian Potensi Tenaga Gelombang Laut Sebagai Pembangkit Tenaga Listrik Di Perairan Malang Selatan. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Terapan II.*, 479–487.
- Atanasova, D. D., Popov, R., & Georgiev, A. 2013. Challenges of Marine Power in the Balkan Region. *Balkan Journal of Electrical and Computer Engineering*, 1(2), 85–92.
<https://doi.org/10.17694/bajece.86058>
- Cruz, J. (Ed.). 2008. *Ocean Wave Energy:*

Current Status and Future Perspectives. Springer, Berlin, Heidelberg.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-540-74895-3>

- Gazali, A., Hamzah, M. A., & Paharuddin. 2017. *Pemodelan Ombak Perairan Pinrang Dengan Menggunakan Pendekatan Spektral.*
- Gunawan, A., Satriadi, A., & Purwanto. 2017. Analisis Spektrum Gelombang Berarah Di Perairan Karimunjawa, Kabupaten Jepara. *Journal of Oceanography*, 6(1), 1–9.
- Isdianto, A., Luthfi, O. M., Haykal, M. F., & Supriyadi, S. 2020. Temperature And Current During Transitional Seasons To Support The Resilience Of Coastal Ecosystems. *Jurnal Education And Development*, 8(3), 80-85.
- Karimirad, M. 2014. *Offshore Energy Structures For Wind Power, Wave Energy And Hybrid Marine Platforms.* Springer.
- Mardiansyah, L. A., Ismanto, A., & Setyawan, W. B. 2014. Kajian Potensi Gelombang Laut Sebagai Sumber Energi Alternatif Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut (PLTGL) Dengan Sistem Oscilating Water Column (OWC) Di Perairan Pantai Bengkulu. *Journal of Oceanography*, 3(3), 328–337.
- Mehdiabadi, F. E., Mehdizadeh, M. M., & Rahbani, M. 2015. Simulating Wind Driven Waves in the Strait of Hormuz using MIKE21 (Simulasi Gelombang Angin di Selat Hormuz Menggunakan MIKE21). *ILMU KELAUTAN: Indonesian Journal of Marine Sciences*, 20(1), 1–8.
<https://doi.org/https://doi.org/10.14710/ik.ijms.20.1.1-8>
- MIKE21. 2019. *MIKE Powered by DHI.* <http://www.mikepoweredbydhi.com/products/mike-21>
- Ondara, K., & Husrin, S. 2018. Characteristics of Breaking Waves and Analysis of

Sediment Transport in Teluk Kendari.
Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis, 9(2), 585–596.
<https://doi.org/10.29244/jitkt.v9i2.19293>

Pelc, R., & Fujita, R. M. 2002. Renewable Energy From The Ocean. *Marine Policy*, 26(6), 471–479.
[https://doi.org/10.1016/S0308-597X\(02\)00045-3](https://doi.org/10.1016/S0308-597X(02)00045-3)

Purba, N. P. 2014. Variabilitas Angin Dan Gelombang Laut Sebagai Energi Terbarukan Di Pantai Selatan Jawa Barat. *Jurnal Akuatik*, V(1), 8–15.

Rahman, S., Baeda, A. Y., & Umar, H. 2016. Potensi Energi Gelombang Sebagai Sumber Energi Alternatif Di Pulau-Pulau Terluar Wilayah NKRI. *Jurnal Penelitian Enjiniring*, 20(2), 32–38.

Reikard, G., Pinson, P., & Bidlot, J.-R. 2011. Forecasting ocean wave energy: The ECMWF Wave Model And Time Series Methods. *Ocean Engineering*, 38(10), 1089–1099.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2011.04.009>.

Wakkary, A. C., Jasin, M. I., & Dundu, A. K. T. 2017. Studi Karakteristik Gelombang Pada Daerah Pantai Desa Kalinaung Kab. Minahasa Utara. *Sipil Statik*, 5(3), 167–174.

Willmott, J. C., & Matsuura, K. 2005. Advantages of the Mean Absolute Error (MAE) over the Root Mean Square Error (RMSE) in Assessing Average Model Performance. *Climate Research*, 30(1), 79. <https://doi.org/10.3354/cr030079>

Yuningsih, A., & Masduki, A. 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.