

KARAKTERISTIK GELOMBANG LAUT DI PERAIRAN PULAU BUTON DENGAN MENGGUNAKAN MODEL SWAN

CHARACTERISTICS OF SEA WAVES IN BUTON ISLAND USING SWAN MODEL

Zunasri, Asmadin* dan Amadhan Takwir

¹Program Studi Oseanografi,

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Halu Oleo.

Jl. H.E.A Mokodompit Kampus Hijau Bumi Tridharma Anduonohu Kendari 93232, Telp/Fax: (0401) 3191929)

*Email : asmadin@uho.ac.id

Diterima: 28 Maret 2024; Disetujui: 18 Mei 2024

Abstrak

Gelombang laut di Perairan Pulau Buton cukup dinamis karena dipengaruhi langsung oleh Laut Banda dan Laut Flores dan memiliki kedalaman laut yang bervariasi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui arah penjalaran dan tinggi gelombang signifikan pada Perairan Pulau Buton selama periode 2018. Metode penelitian yang digunakan adalah model SWAN. Hasil penelitian menunjukkan bahwa gelombang terendah pada musim Barat dengan ketinggian 0,45 meter menjalar dari Arah Barat dan gelombang tertinggi pada musim Timur dengan ketinggian 1 meter menjalar dari Arah Tenggara. kecepatan angin tertinggi pada Musim Timur yaitu 5-7 m/s dan terendah pada Musim Barat yaitu 2-5 m/s. Kondisi angin dan pengaturan domain model sangat mempengaruhi output model gelombang.

Kata kunci : Model SWAN, Kecepatan Angin, dan Tinggi Gelombang.

Abstract

The sea waves in Buton Island waters are quite dynamic because they are directly influenced by the Banda Sea and Flores Sea and have varying sea depths. The purpose of this study was to determine the direction of propagation and significant high waves in Buton Island waters during the 2018 period. The research method used is the SWAN model. The results showed that the lowest waves in the West season with a height of 0.45 meters spread from the West and the highest waves in the East season with a height of 1 meter spread from the Southeast. the highest wind speed in the East Season is 5-7 m/s and the lowest in the West Season is 2-5 m/s. Wind conditions and domain model settings greatly affect the wave model output.

Keywords: SWAN Model, Wind Speed, and Wave Height.

Pendahuluan

Salah satu fenomena yang terjadi di laut adalah gelombang laut. Faktor pembangkit utamanya adalah tiupan angin (Wakkary, *dkk.* 2017). Karakteristik suatu gelombang yang dibangkitkan oleh angin ditentukan oleh lama angin bertiup (durasi angin), kecepatan angin dan *fetch* (Akhir dan Mera. 2011). Terdapat dua jenis gelombang laut yaitu gelombang angin dan gelombang *swell* (Suciaty, 2018).

Gelombang laut di Indonesia secara umum terdapat 2 jenis, yaitu gelombang angin dan *swell*. Tidak terkecuali dengan gelombang laut yang terjadi di perairan Pulau Buton, Sulawesi Tenggara yang banyak dipengaruhi oleh gelombang Laut Banda dan Laut Flores. Pulau Buton merupakan daerah di Sulawesi Tenggara yang secara geografis dikelilingi

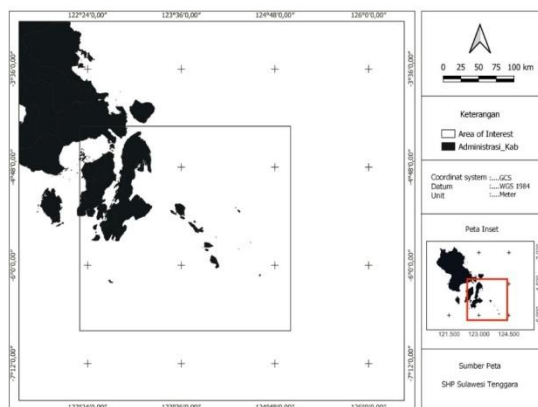
oleh beberapa pulau lainnya, diantaranya Kepulauan Wakatobi, Pulau Muna, Pulau Konawe Kepulauan dan beberapa pulau kecil lainnya. Kondisi perairan pulau Buton cukup kompleks, terutama informasi data tentang tinggi gelombang yang sangat dibutuhkan bagi para pihak. Namun demikian kajian tentang kondisi gelombang pada perairan ini masih banyak berkembang. Informasi tentang gelombang laut dapat diperoleh dengan pengukuran lapangan, namun metode tersebut memiliki banyak kendala, seperti waktu, biaya, dan penguasaan instrument pengukur gelombang. Salah satu pendekatan yang mudah dan sering digunakan adalah model numerik (peramalan). Selain menghemat waktu dan biaya pendekatan dengan model

numerik dapat menjangkau daerah kajian yang luas (Hadi, 2015).

Berbagai model simulasi gelombang juga telah banyak berkembang salah satu diantaranya adalah SWAN (*Simulating Wave Nearshore*) (Sujantoko, 2009). Model SWAN telah banyak digunakan diantaranya, Yuk, *et al.* (2016) untuk memprediksi *swell* di wilayah pesisir Korea; Mulyati, *dkk.* (2018) menggunakan model SWAN untuk meramalkan tinggi gelombang di Perairan Jepara, dan Rafiuddin, *dkk.* (2018) menggunakan model gelombang phase-averaged SWAN untuk mensimulasikan gelombang signifikan dan gelombang *swell* di perairan Selatan Pulau Jawa. Berdasarkan uraian di atas menjadi sangat penting penelitian dikembangkan untuk memberikan informasi detail tentang ketinggian gelombang di perairan Pulau Buton selama kurun waktu tertentu dalam setahun.

Bahan dan Metode

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Komputasi GIS dan Pemodelan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Halu Oleo Kota Kendari Provinsi Sulawesi Tenggara pada Desember 2021 – Maret 2022. Lokasi kajian terletak pada koordinat antara $122,5^{\circ}$ – $124,4^{\circ}$ BT dan $4,3^{\circ}$ LU – $6,3^{\circ}$ LS di Perairan Pulau Buton, Provinsi Sulawesi Tenggara. Peta lokasi penelitian disajikan pada Gambar 1.

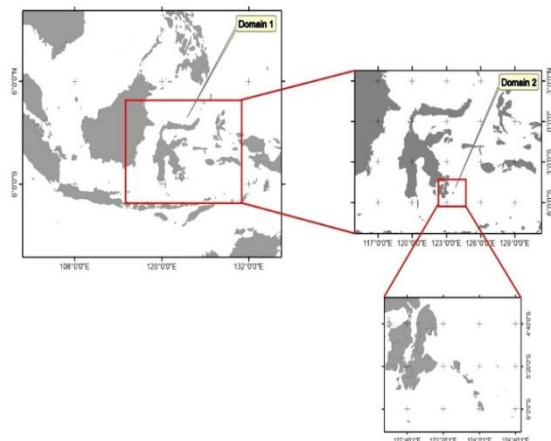


Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Prosedur penelitian dimulai dengan beberapa tahapan pengolahan yang dimulai dengan preparasi data, yaitu mendownload data batimetri dari situs *General Bathymetry Chart of the Ocean (GEBCO)* pada laman <https://www.gebco.net/> dengan data unduhan format .ASCII. Data angin diperoleh dari situs

European Center for Medium Range weather Forecasts (ECMWF) pada laman <https://www.ecmwf.int/> dengan format data .nc. Tahapan selanjutnya yaitu konfigurasi simulasi melalui pengaturan *script* seperti pengaturan model simulasi, data input, domain model, resolusi grid, nesting model, waktu simulasi, parameter yang dimodelkan, dan ekstensi *output* model. Konfigurasi tersebut digunakan untuk menjalankan (*running*) simulasi sampai proses selesai. Setelah proses simulasi selesai, maka pada output model akan keluar pada folder yang telah diatur sebelumnya. Dalam simulasi ini diatur dalam 2 output model yaitu mat (.mat) dan tabel (.tbl).

Desain model Gelombang SWAN dalam penelitian ini, terutama data input model yang digunakan adalah data batimetri dengan resolusi 30 *arc second*. Data angin dengan resolusi $0.125^{\circ} \times 0.125^{\circ}$ interval data 6 jam pada periode 2018. Desain model dijalankan dalam model *nonstationary* menggunakan teknik nesting. Sebelum simulasi dijalankan pada daerah kajian utama, terlebih dahulu dijalankan simulasi pada domain yang lebih besar. *Output* simulasi pada domain besar menjadi data input pada simulasi berikutnya. Dalam penelitian ini dilakukan 2 kali nesting seperti terlihat pada Gambar 2 dan Tabel 1. Hasil model yang telah diperoleh kemudian diplot untuk ditampilkan dalam bentuk model 2D. Parameter model tersebut, yaitu arah dan tinggi gelombang signifikan, tinggi gelombang *swell*, arah dan kecepatan angin, dan batimetri. Hasil dari plot ini ditampilkan dalam bentuk *image* dengan ekstensi file (JPG).



Gambar 2. Domain nesting model

Tabel 1. Koordinat dan Resolusi Grid yang Digunakan

No	Koordinat		Resolusi Grid (Derajat)
Domain 1	115– 131 BT	3,8 LU – 8,2 LS	0.125
Domain 2	122,5 – 124,7 BT	4,3 LU – 6,3 LS	0.01

Analisis data pada penelitian ini menggunakan Model Gelombang SWAN. SWAN dapat menggambarkan karakteristik gelombang di daerah pantai dengan data input angin dan batimetri. Data tersebut diolah menjadi disipasi energi, interaksi antar gelombang dan perubahan parameter gelombang (H , T , α) berdasarkan variasi kedalaman air dan pengaruh arus. Perubahan spektrum gelombang menggunakan persamaan kesetimbangan energy gelombang (persamaan 1 dan 2),

$$\frac{\partial N}{\partial t} N + \frac{\partial}{\partial x} C_x N + \frac{\partial}{\partial y} C_y N + \frac{\partial}{\partial \sigma} C_\sigma N + \frac{\partial}{\partial \theta} C_\theta N = \frac{S_{total}}{\sigma} \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan :

$\frac{\partial N}{\partial t} N$: Perubahan densitas aksi terhadap waktu,

$\frac{\partial}{\partial x} C_x N$: Penjalaran energy gelombang dalam ruang waktu arah X,

$\frac{\partial}{\partial y} C_y N$: Penjalaran energi gelombang dalam ruang arah waktu arah Y,

$\frac{\partial}{\partial \sigma} C_\sigma N$: Pergeseran frekuensi karena variasi kedalaman,

$\frac{\partial}{\partial \theta} C_\theta N$: Refraksi akibat variasi kedalaman.

Keseimbangan gerak gelombang dalam koordinat kartesian, (Holthuijsen, 2007)

$$S_{total} = S_{in} + S_{nl3} + S_{nl4} + S_{ds,w} + S_{ds,b} + S_{ds,br} \dots \dots \dots (2)$$

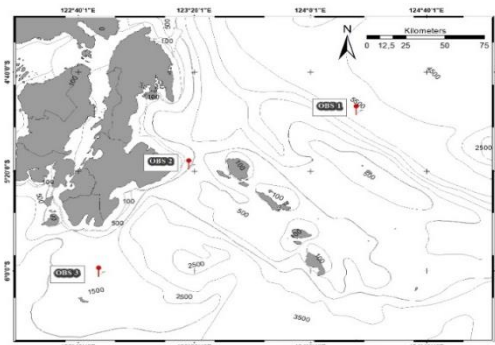
Keterangan :

S_{in} : merupakan nilai input angin

$S_{nl3} + S_{nl4}$: merupakan suku non linear

$S_{ds,w} + S_{ds,b} + S_{ds,br}$: merupakan suku disipasi gelombang

Validasi data Model penelitian ini menggunakan hasil keluaran model SWAN dalam bentuk point pada 3 titik observasi (Gambar 3) yang dibandingkan dengan data hasil model WAVEWATCH 3 (WW3) yang mewakili data lapangan pada titik yang sama diperoleh dari Stasiun BMKG Kendari.



Gambar 3. Sebaran titik observasi (OBS) yang diberi tanda merah dalam domain model

Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan hasil analisis model SWAN menunjukkan bahwa tinggi gelombang signifikan dan arah penjalaran gelombang di perairan pulau Buton cukup spesifik.

a. Musim Barat

Tinggi gelombang signifikan pada Musim Barat (Desember, Januari, dan Februari) tertinggi terjadi pada Februari (Gambar 5b) dan terendah terjadi pada Desember. Kecepatan angin pada musim ini berkisar 2–5 m/s. Hal ini dipengaruhi oleh kecepatan angin yang bertiup di Perairan Pulau Buton pada musim barat tergolong rendah. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Istiyono, dkk (2017) bahwa kecepatan angin terendah pada beberapa wilayah di Sulawesi Tenggara terjadi pada musim Barat. Selanjutnya tinggi gelombang signifikan pada musim barat lebih rendah dari pada ketiga musim lainnya. Hal ini dipengaruhi oleh arah angin pada musim barat dominan berasal dari arah barat Angin yang

datang dari arah ini mendapat hambatan oleh daratan sementara untuk musim timur, peralihan I dan peralihan II dominan berasal dari arah tenggara, angin ini tidak mendapat hambatan sehingga hal ini menyebabkan panjang *fetch* yang terbentuk lebih pendek. Hal ini sesuai dengan pernyataan Kurniawan, *dkk* (2011) bahwa angin yang terhambat oleh daratan akan mengakibatkan *fetch* yang terbentuk akan berhenti (tidak terbentuk lagi), sehingga menyebabkan rendahnya gelombang yang terbentuk. Arah penjalaran gelombang pada musim Barat bergerak dari Barat Daya menuju Timur Laut dipengaruhi oleh arah angin berhembus yang cenderung berasal dari Barat sebagai akibat dari posisi matahari. Istiyono, *dkk* (2017) menyatakan bahwa posisi matahari yang berada pada Belahan Bumi Selatan (BBS) terjadi pada November-Maret menyebabkan arah hembusan angin berasal dari arah Barat.

b. Musim Peralihan I

Pada Musim Peralihan I (Maret, April, dan Mei) menunjukkan bahwa gelombang signifikan tertinggi terjadi pada Mei dan terendah pada April (Gambar 5d, 5e, dan 5f). Hal ini dipengaruhi oleh kecepatan angin yang bertiup dimana pada Bulan Mei kecepatan angin yang bertiup lebih besar dari pada bulan lainnya yaitu berkisar 5-7 m/s. Kecenderungan gelombang lebih tinggi pada musim peralihan I dari pada Musim Barat, namun lebih rendah dari pada Musim Timur dan Musim Peralihan II. Hal ini disebabkan oleh arah hembusan angin di Perairan Pulau Buton pada Musim Peralihan I menunjukkan dominan arah angin bertiup dari Tenggara menuju Barat Daya. Walaupun arah angin tidak seragam, kondisi ini memberikan lintasan *fetch* yang lebih panjang dari arah angin yang bertiup dari Barat.

Kecepatan angin pada Mei memiliki kemiripan dengan Juni dan Juli yaitu berkisar pada 5-7 m/s. Durasi angin yang bertiup relatif sama, kondisi ini tidak membangkitkan gelombang yang sama. Hal ini dapat diamati dari gelombang signifikan pada Mei, Juni, dan Juli (Gambar 5d, 5e, dan 5f) meskipun memiliki kecepatan angin yang sama namun berbeda pada tinggi gelombang signifikan. Kondisi tersebut sesuai Young (1999) bahwa durasi angin yang besar akan membawa energi yang besar pula, sehingga akan membangkitkan gelombang yang besar sesuai transfer energi yang diberikan oleh angin.

Arah hembusan angin pada periode ini berasal dari arah Barat Laut dan Tenggara dengan didominasi dari arah Tenggara pada April – Mei. Hal ini menyebabkan arah penjalaran gelombang pada Perairan Pulau Buton cukup bervariasi setiap bulannya. Pada Maret dan Mei, arah penjalaran gelombang cenderung mengikuti arah hembusan angin, yaitu gelombang menjalar dari arah Barat dan Tenggara. Berbeda dengan April dimana arah penjalaran gelombang cenderung berasal dari arah Selatan. Perbedaan ini disebabkan oleh karena pada periode ini merupakan transisi pergerakan matahari, sehingga hembusan angin yang bertiup tidak seragam sebagaimana Istiyono, *dkk* (2017) menyatakan bahwa terjadi ketidak konsistenan arah angin yang bertiup pada saat musim peralihan.

c. Musim Timur

Musim Timur (Juni, Juli, dan Agustus) menunjukkan gelombang signifikan tertinggi terjadi pada Juni dan mulai menurun di Agustus. Kondisi ini dipengaruhi oleh kecepatan angin yang berhembus dimana kejadian angin tertinggi terjadi pada Juni (Gambar 6). Kecepatan angin pada musim ini terutama pada Juni dan Juli berkisar 5-7 m/s. Kondisi angin tersebut dapat membangkitkan gelombang sebesar 0.58-1 meter. Hasil tersebut cenderung sesuai dengan hasil penelitian Muliyati *et.al* (2018) bahwa dengan kecepatan angin sebesar 5-7 m/s diperoleh tinggi gelombang signifikan mencapai 5-1.2 meter. Kondisi tersebut juga relatif mendekati sebagaimana hasil penelitian Astuti dan Jaya (2014) di Wilayah Wakatobi pada Juli yang menunjukkan tinggi gelombang signifikannya sebesar 1.32 meter.

Tinggi gelombang signifikan pada Musim Timur lebih besar dari pada ketiga musim lainnya. Kondisi ini dipengaruhi oleh kondisi angin yang bertiup dimana pada musim ini arah angin yang bertiup berasal dari arah Timur sampai Tenggara dimana di perairan ini cukup terbuka. Hal ini berpengaruh terhadap daerah terbentuknya *fetch* sebagaimana Istiyono *dkk* (2017) menyatakan bahwa pada wilayah perairan yang luas dan terbuka (tanpa halangan) menjadi penyebab tinggi gelombang yang mempengaruhi transfer energi angin dan panjang *fetch*. Arah penjalaran gelombang pada periode ini berasal dari arah Tenggara. Hal ini disebabkan oleh arah hembusan angin yang berasal dari arah Tenggara. Kondisi ini

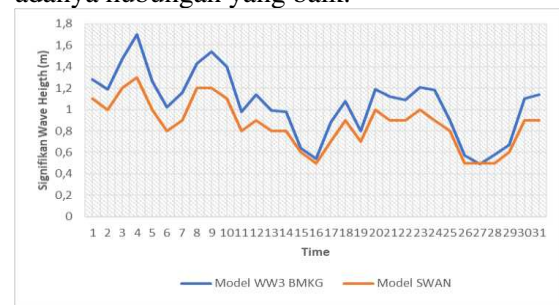
menunjukkan arah penjarangan gelombang di Perairan Pulau Buton cenderung mengikuti pola sirkulasi angin.

d. Musim Peralihan II

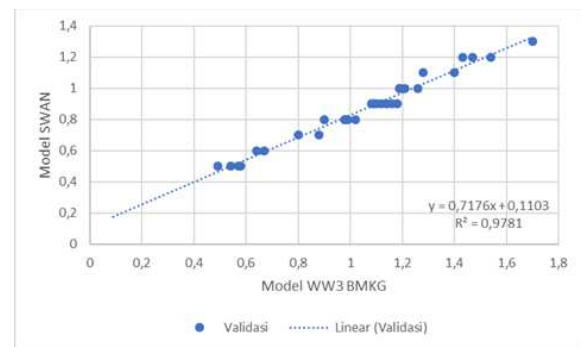
Musim peralihan II (September, Oktober, dan November) diperoleh nilai tinggi gelombang signifikan tertinggi terjadi pada September dan semakin menurun di November (Gambar 5). Kondisi ini dipengaruhi oleh kecepatan angin yang bertiup pada periode ini dimana kecepatan angin pada September lebih besar dari bulan Oktober dan November (Gambar 6) yang berkisar 0.9 – 6.1 m/s. Gelombang signifikan menunjukkan lebih tinggi pada Musim Peralihan II dari pada Musim Barat, namun lebih kecil di Musim Peralihan I dan Musim Timur. Arah angin yang bertiup pada Musim Peralihan I dan II terdapat kesamaan, yaitu cenderung dominan berasal dari Tenggara. Namun jika diperhatikan terdapat trend yang berbeda antara dua musim ini, yaitu musim peralihan I merupakan transisi menuju Musim Timur menunjukkan kejadian angin semakin meningkat. Pada musim peralihan II merupakan transisi menuju Musim Barat, kejadian angin semakin menurun. Hal ini sesuai dengan Satriadi (2017) bahwa tinggi gelombang signifikan pada Musim Peralihan I masih dipengaruhi oleh Musim Barat dan Peralihan II dipengaruhi oleh Musim Timur. Arah penjarangan gelombang pada periode ini berasal dari Arah Tenggara pada September dan Oktober. Berbeda dengan November yang cenderung berasal dari arah Selatan. Hal ini disebabkan karena pada Musim Peralihan II merupakan transisi pergerakan angin yang disebabkan oleh pergerakan semu matahari sehingga kondisi angin yang bertiup tidak seragam.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perbandingan hasil yang diperoleh dari model SWAN dan model WW3 memiliki pola yang relatif sama (Gambar 7). Terdapat selisih dari kedua model tersebut, akan tetapi nilai RMSE yang diperoleh sebesar 0.208451, termasuk kategori dengan tingkat kesalahan yang kecil. Hal ini sesuai dengan pernyataan Thahir (2022) bahwa nilai *error* dengan interval 0.00-0,299 (0%-29.9%) termasuk dalam tingkat kesalahan yang kecil. Nilai korelasi antara model SWAN dengan model WW3 yang ditunjukkan pada nilai R kuadrat mencapai

0.9781 (Gambar 8). Hal ini menunjukkan adanya hubungan yang baik.



Gambar 7. Grafik perbandingan antara hasil hasil model SWAN dengan model WW3 BMKG.



Gambar 8. Diagram scatter validasi model SWAN dengan model WW3 BMKG

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa tinggi gelombang signifikan pada Perairan Pulau Buton selama tahun 2018 bervariasi setiap musimnya. Gelombang signifikan tertinggi pada Musim Timur mencapai 1 meter. Musim Barat mencapai 0.45 meter, Musim Peralihan I mencapai 0.7 meter, dan Musim Peralihan II mencapai 0.65 meter. Tinggi gelombang signifikan pada area observasi bervariasi antara 0.55-1.6 meter.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada BMKG Maritim kendari yang telah menyediakan data hasil model gelombang. Kepada Laboratorium Komputasi, SIG, dan Pemodelan FPIK UHO yang mengizinkan penggunaan komputer untuk simulasi model penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Akhir, B., dan Mera, M., 2011. Lintasan Gelombang Laut Menuju Pelabuhan Pulau Baai Bengkulu. *Jurnal Rekayasa Sipil*: 7(2). ISSN: 1858-2133.
- Alves, JH.G.M. 2006. *Numerical Modeling of Ocean Swell Contributions to the Global Wind-Wave Climate*. *Ocean Modelling*. 11 (98–122).
- Astuti, K..D., dan Jaya, I. 2014. Rancang Bangun, Uji Coba dan Analisis Hasil Pengukuran Instrumen Pengukur Tinggi Gelombang Permukaan Laut. *Ilmu Kelautan*. 19(3) p:165-170.
- Habibie, MN., Permana, DS., dan Suratno. 2013. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, 14(2): 99-108.
- Istiyono,A., Muliddin., Iskandar,A., 2017. Analisis Tinggi Gelombang Laut Di Perairan Sulawesi Tenggara dan Laut Banda Ditinjau Dari Perspektif Dinamika Meteorologi. *Jurnal Geografi Aplikasi dan Teknologi*. 1(2) ISSN: 2549-9181
- Kurniawan,R., Habibie, M.N., Suratno. 2011. Variasi Bulanan Gelombang Laut Indonesia. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*. 2(30) p : 221-232
- Muliati,Y.,Tawekall,L.R.,Wurjanto,A.,Kelvin, J.,Pranowo,S.W.2018.*Application of Swan Model for Hindcasting Wave Height in Jepara Coastal Waters, North Java, Indonesia. International Journal of GEOMATE* : 15 pp.114-120
- Rafiuddin, M., Adytia, D., Tarwidi, D., 2018. Simulasi Gelombang Laut di Daerah Selatan Jawa dengan Model Swan. *E-Proceeding of Engineering*: 5(2) p:3760. ISSN: 23555-9365.
- Suciaty,F.,2018. Transformasi Gelombang swell dan Gelombang Angin di Perairan Selatan Bali. *Jurnal Online Institut Teknologi Nasional*: 3(4) p:29.
- Sujantoko., 2009. The Analisis of Wave Refraction Using Swan Model. *Journal for Technology and Science*: 20(2).
- Wakkary, A.C., Jasin, I.M., Dundu, A.K.T., 2017. Studi Karakteristik Gelombang pada Daerah Pantai Desa Kalinaung Kabupaten Minahasa Utara. *Jurnal Sipil Statik*: 5(3) pp: 167-174.
- Young, I.R., 1999. *Wind Geneated Ocean Waves. Elsevier Ocean Engineering Book Series*: V.2.Universitas of Adelaide Australia.
- Yuk, H.J., Kim,K.O., Jung, K.T., Choi, B.H. 2016. *Swell Prediction for the Korean Coast. Journal of Coastal Research*., 32(1) p:131–141.ISSN:0749-0208.