

Analisis Tinggi Gelombang Signifikan Berdasarkan Model Wavewatch-III di Pantai Alau-Alau, Kalianda, Lampung Selatan

Annisa Agustina Kurnia Putri, Gusti Diansyah, Wike Ayu Eka Putri*

Jurusan Ilmu Kelautan, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan, Universitas Sriwijaya
Jl. Raya Palembang - Prabumulih Km. 32 Indralaya, Ogan Ilir, Sumatera Selatan, 30662 Indonesia
Email: wike_ayu_ep@unsri.ac.id

Abstrak

Perairan Pantai Alau-Alau merupakan daerah pesisir yang dimanfaatkan sebagai kegiatan pariwisata dan juga kegiatan perikanan seperti bagan perahu. Peramalan tinggi gelombang sangat berguna untuk menghindari kejadian kecelakaan kapal ataupun hantaman ombak besar di sekitar kawasan pantai. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis tinggi gelombang signifikan di wilayah Pantai Alau-Alau, Kalianda, Lampung Selatan dan menganalisis tingkat akurasi model *Wavewatch-III* BMKG (Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika) dengan data lapangan. Data dari Model *Wavewatch-III* divisualisasi menggunakan software GrADS, lalu dibandingkan dengan data pengukuran lapangan yang dilaksanakan selama 7 hari (20-26 November 2019). RMSE (*Root Mean Square Error*) digunakan untuk melihat akurasi dari model tersebut. Hasil penelitian pengukuran lapangan menunjukkan tinggi gelombang signifikan di Pantai Alau-Alau berkisar 0,082-0,405 meter. Hasil tinggi gelombang signifikan hasil model *Wavewatch-III* berkisar 0,027–0,118 meter. Hasil nilai RMSE model *Wavewatch-III* terhadap data lapangan sebesar 0,28.

Kata kunci : Gelombang, Model *Wavewatch-III*, Pantai Alau-Alau, RMSE

Abstract

An Analysis The High Significant Facet Trough Wavewatch-Iii Model In Alau – Alau Beach

Alau-Alau Beach is a coastal area that used for tourism and fishery such as boat lift net. The forecast of wave height is very useful to avoid hitting big waves around coastal areas. The aims of this study are to analyze the significant wave height in the Alau-Alau Beach area, Kalianda, South Lampung and to analyze the accuracy of the Wavewatch-III BMKG (Climatology and Geophysics Meteorological Agency) with field data. Data of Wavewatch-III Model was visualized by using GrADS software, then compared it with field measurement data that was carried out for 7 days (20-26 November 2019). RMSE (Root Mean Square Error) was used in seeing the accuracy of the model. The results from the field measurement showed that significant wave heights at Alau-Alau Beach ranged from 0.082 to 0.405 meters. The significant wave height from the Wavewatch-III model ranged from 0.027 to 0.118 meters. The results from the RMSE Wavewatch-III model on field data was 0.28.

Keywords: *Alau-Alau Beach, RMSE, Waves, Wavewatch-III Model*

PENDAHULUAN

Perairan Pesisir Lampung merupakan salah satu daerah yang wilayah pesisirnya dimanfaatkan untuk berbagai kegiatan seperti perikanan tangkap, budidaya mutiara dan pariwisata. Salah satunya

adalah Pantai Alau-Alau yang terletak di daerah Kalianda Lampung Selatan. Sama halnya dengan wilayah pesisir pada umumnya, kawasan ini juga rentan terhadap berbagai peristiwa alam seperti gempa bumi bahkan tsunami.

*Corresponding author

DOI:10.14710/buloma.v11i2.39567

<http://ejournal.undip.ac.id/index.php/buloma>

Diterima/Received : 27-06-2021

Disetujui/Accepted : 04-04-2022

Berdasarkan Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Lampung Selatan, wilayah Kalianda, termasuk kedalam wilayah dengan potensi bahaya bencana alam tsunami. Bahkan pada akhir tahun 2018, Kalianda yang berbatasan langsung dengan Selat Sunda mengalami bencana tsunami yang diakibatkan erupsi Gunung Anak Krakatau.

Pantai merupakan daerah yang masih mendapat pengaruh laut seperti gelombang, arus dan pasang surut. Gelombang yang berada di laut sering nampak tidak teratur dan sering berubah-ubah. Hal ini dapat diamati dari permukaan airnya yang diakibatkan oleh arah perambatan gelombang yang sangat bervariasi serta bentuk gelombangnya yang tidak beraturan, apalagi jika gelombang tersebut dibawah pengaruh angin (Loupatty, 2013).

Angin yang berhembus di atas permukaan air yang semula tenang akan menyebabkan gangguan pada permukaan tersebut, selanjutnya timbul riak-riak gelombang kecil di atas permukaan air. Menurut Hasrianty (2015) Gelombang sebagian ditimbulkan oleh dorongan angin di atas permukaan laut dan sebagian lagi oleh tekanan tangensial pada partikel air.

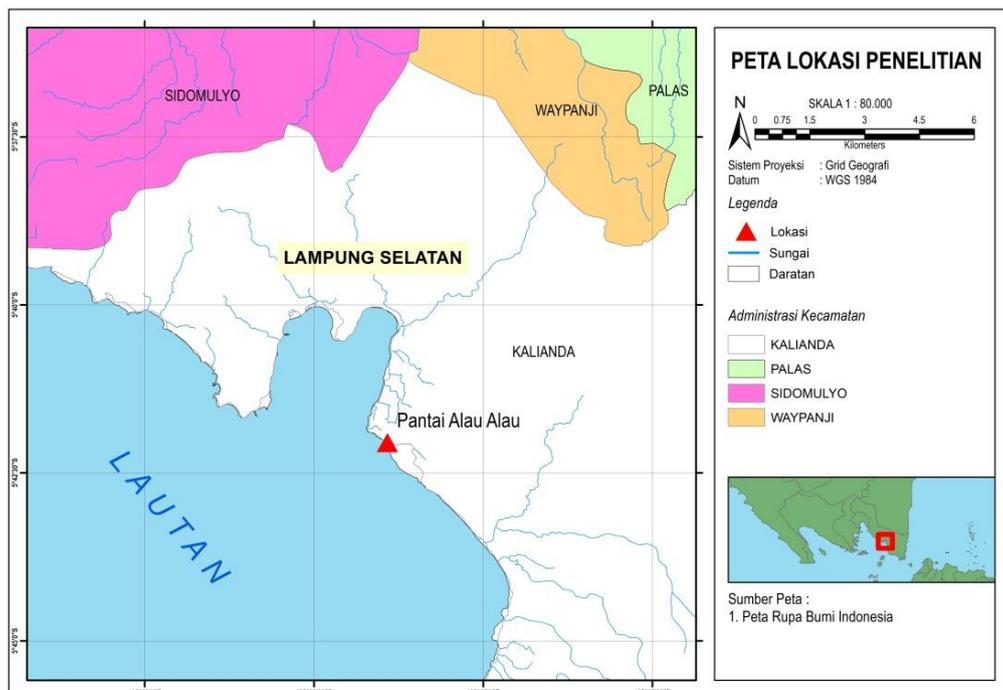
Dewasa ini sebagian besar pelayanan informasi meteorologi maritim dipenuhi

menggunakan data model. Menurut Habibie *et al.* (2016) model *Wavewatch-III* dikembangkan oleh Marine Modelling and Analysis Branch (MMAB) pada Environmental Modelling Center (EMC) National Centers for Environmental Prediction (NCEP) dan didistribusikan secara online melalui <http://polar.ncep.noaa.gov/waves>.

Model *Wavewatch-III* pernah digunakan untuk menyimulasikan klimatologis tinggi gelombang signifikan di wilayah Indonesia dari tahun 2000-2008. Hasil simulasi menunjukkan adanya nilai korelasi yang tinggi (0,77-0,94) ketika dibandingkan dengan data satelit altimetry *QuickScat*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tinggi gelombang di Pantai Alau-Alau melalui pengukuran langsung dan data dari simulasi model *Wavewatch-III* serta membandingkan kedua data tersebut melalui tingkat akurasinya dari nilai RMSE.

MATERI DAN METODE

Penelitian dilaksanakan pada tanggal 20-26 November 2019 di Pantai Alau-Alau, Kelurahan Way Urang, Kalianda, Lampung Selatan pada titik lokasi 105,55975° BT dan -5,70083° LS (Gambar 1). Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu metode kuantitatif dengan pengamatan gelombang pada satu titik stasiun yang dilakukan secara visual.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Pengukuran tinggi Gelombang Lapangan

Pengukuran tinggi gelombang dilakukan selama 7 hari dengan 5 kali periode pengamatan yaitu pada pukul 06.00, 09.00, 12.00, 15.00 dan 18.00 WIB. Setiap pengukuran dilakukan 20 kali pengulangan (Triatmodjo, 1999). Pengukuran minimal dilakukan dengan 2 orang. Orang pertama berdiri tegak pada garis pantai rata-rata memegang papan skala yang sudah diberi skala tiap centimeter dan meter. Orang kedua berdiri menghadap papan skala sehingga dapat melihat gelombang yang datang di lepas pantai sejajar pada satu garis dengan puncak gelombang dengan papan skala. Pengukuran tinggi gelombang dilakukan dengan cara membaca puncak gelombang maksimum dan lembah gelombang (gelombang minimum) pada permukaan laut. Untuk mendapatkan nilai tinggi gelombang signifikan dan dilakukan pengolahan data tinggi gelombang gelombang signifikan. Adapun rumus yang digunakan adalah sebagai berikut (Triatmodjo, 1999):

$$H_s = \bar{H} \ 33\% = \frac{H_1 + H_2 + \dots + H_n}{n}$$

$$N = 33,3\% \times \text{jumlah data}$$

Keterangan: H_s = tinggi gelombang signifikan (m); n = jumlah data

Pengolahan Data Angin

Data angin bulan November 2019 didapat dari situs ECMWF. Data tersebut di download dengan format nc. Data angin diekstraksi menggunakan software ODV hingga menghasilkan data dengan format txt. Data kemudian ditampilkan di *Ms.Excel* dan disortir kemudian diolah menggunakan perangkat lunak *Wrplot View* untuk memperoleh kondisi angin yang disajikan dalam bentuk *windrose*.

Pengolahan Data Gelombang Wavewatch-III

Data gelombang didownload dari situs resmi BMKG dengan format nc. Kemudian penyusunan script untuk melakukan ekstrak data pada software GrADS.

Pengolahan Data Pasang Surut

Download data pasang surut melalui situs tides.big.go.id/ Kemudian membuat grafik pasang surut dan menghitung hitung nilai Formzahl dari data yang telah diunduh menggunakan metode

admiralty. Rumus untuk menghitung bilangan Formzahl sebagai berikut (Suhaemi *et al.*, 2018) :

$$\text{Harga Indeks Formzahl (F)} = \frac{A(O1)+A(K1)}{A(M2)+A(S2)}$$

Klasifikasi pasang surut (Suhaemi *et al.*, 2018) adalah: Pasang surut harian ganda jika $F \leq 0,25$; Pasang surut campuran (ganda dominan) jika $0,25 < F \leq 1,5$; Pasang surut campuran (tunggal dominan) jika $1,5 < F \leq 3$; Pasang surut harian tunggal jika $F > 3$

Analisis Data

MAE (*Mean Absolute Error*) menunjukkan nilai kesalahan rata-rata yang *error* dari nilai sebenarnya dengan nilai prediksi. MAE sendiri secara umum digunakan untuk pengukuran prediksi *error* pada analisis *time series*. Berikut adalah rumus MAE (Putra dan Danar, 2019) :

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |Y_i - \hat{Y}_i|$$

Keterangan: Y_i = Data tinggi gelombang hasil lapangan; \hat{Y}_i = Data tinggi gelombang hasil model; n = Jumlah data

Tabel 1. Klasifikasi Nilai MAE (Putra dan Danar, 2019)

MAE	Tingkat Kesalahan
0,00 – 0,299	Kecil
0,30 – 0,599	Sedang
0,60 – 0,899	Besar
>0,9	Sangat Besar

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tinggi gelombang signifikan didefinisikan sebagai tinggi rata-rata 1/3 dari gelombang-gelombang tertinggi, yang nilainya setara dengan tinggi gelombang hasil observasi visual. Apabila tinggi gelombang dari suatu pencatatan diurutkan dari nilai tertinggi hingga nilai terendah atau sebaliknya, maka akan dapat ditentukan nilai dari tinggi gelombang signifikan (H_s), dengan s merupakan rerata dari n persen gelombang tertinggi yang telah diurutkan (Bahrudin, 2009). Tinggi gelombang signifikan biasa disimbolkan dengan $H_{1/3}$ atau H_s (Kurniawan *et al.*, 2012). Hasil pengukuran tinggi gelombang signifikan harian disajikan dalam Gambar 2.

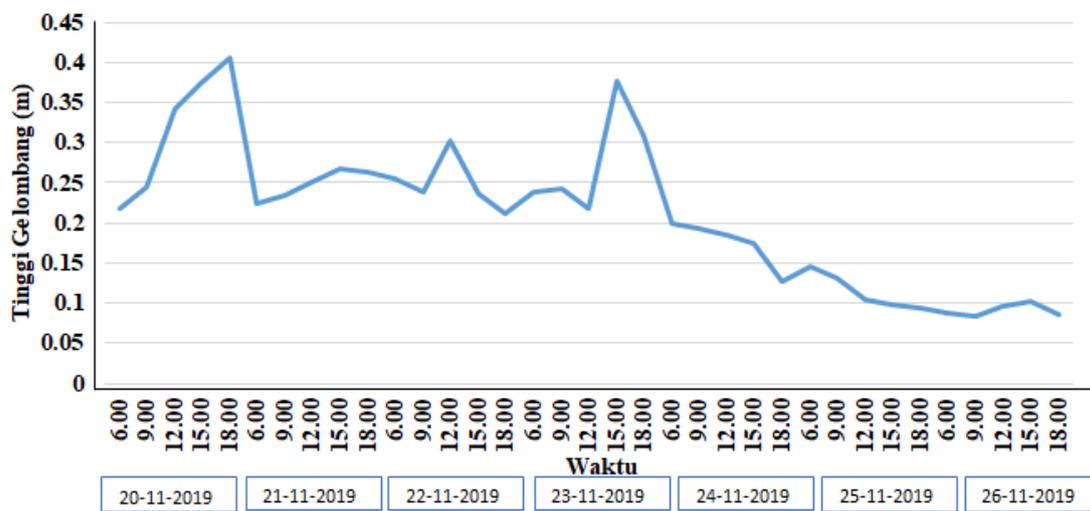
Variasi tinggi gelombang signifikan harian yang ditampilkan oleh (Gambar 2) menunjukkan dimana dari ketujuh hari pengamatan tinggi gelombang signifikan terendah terjadi pada tanggal 26 November 2019 yaitu sebesar 0,08 meter dengan periode waktu 12,8 detik pada pukul 09.00 WIB dan tinggi gelombang signifikan tertinggi terjadi pada tanggal 20 November 2019 yaitu sebesar 0,40 meter dengan periode waktu 11,09 detik terjadi pada pukul 18.00 WIB.

Periode gelombang signifikan berdasarkan dari pengukuran lapangan berkisar 10,2 – 13,6 detik. Menurut Azizi *et al.* (2017) periode gelombang 0–15 detik termasuk dalam kategori gelombang yang dibangkitkan oleh angin, maka gelombang di Pantai Alau-Alau termasuk dalam

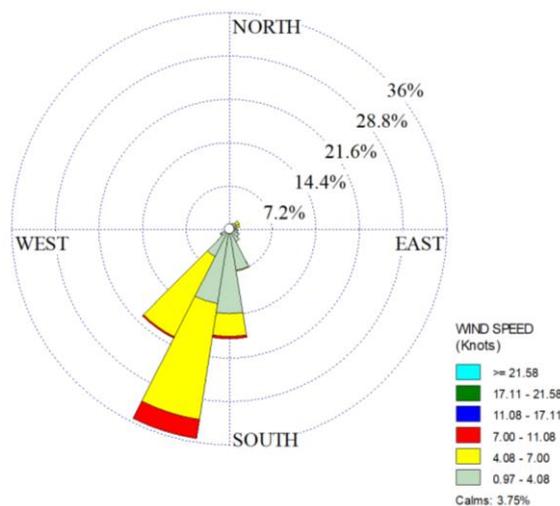
gelombang yang dibangkitkan oleh angin. Sifat gelombang yang datang menuju pantai sangat dipengaruhi oleh kedalaman air dan bentuk profil pantainya, tentunya parameter dan karakteristik gelombang itu sendiri (Arianty *et al.*, 2017).

Pola sirkulasi angin di perairan Pantai Alau-Alau ditunjukkan pada (Gambar 3). Distribusi frekuensi dari setiap kecepatan dan arah angin dapat dihitung serta digambarkan dalam bentuk mawar angin (*windrose*). Hasil dari pola angin pada bulan November dominan berasal dari arah Selatan Tenggara.

Perairan Selat Sunda di pengaruhi oleh sistem angin monsun yang berubah dominasi arahnya sesuai dengan musim.



Gambar 2. Grafik Tinggi Gelombang Signifikan Observasi Lapangan



Gambar 3. Mawar Angin Bulan November 2019

peralihan II yaitu bulan November arah angin dominan bertiup dari arah Selatan Barat Daya dengan kecepatan angin berkisar 7–11.08 knot dengan persentase sebesar 36 %. Kemudian angin mengalami perubahan kecepatan yaitu berkisar 4.08–7.00 knot dengan persentase 28,8%. Semakin menuju ke titik kajian, kecepatan angin mengalami penurunan yaitu hanya berkisar 0 – 4.08 knot dengan persentase 14,4 %. Kecepatan angin mengalami perubahan ketika mendekati lokasi kajian, hal ini dikarenakan angin berasal dari tekanan tinggi ke tekanan yang lebih rendah.

Angin juga merupakan sumber energi utama bagi dinamika perairan laut terutama di lapisan permukaan. Energi yang ditransfer dari angin ke permukaan laut akan menyebabkan terjadinya gelombang laut dan arus permukaan laut. Pada musim peralihan kecepatan angin lebih lemah jika dibandingkan dengan musim Barat dan musim Timur karena adanya pola sirkulasi atmosfer. Menurut Putri *et al.* (2018) Kecepatan angin umumnya berubah-ubah, maka dalam menentukan kecepatan angin diambil kecepatan rata-ratanya dalam periode waktu selama sepuluh menit dengan dibulatkan dalam harga satuan knots yang terdekat.

Hasil Pengamatan BMKG (Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika)

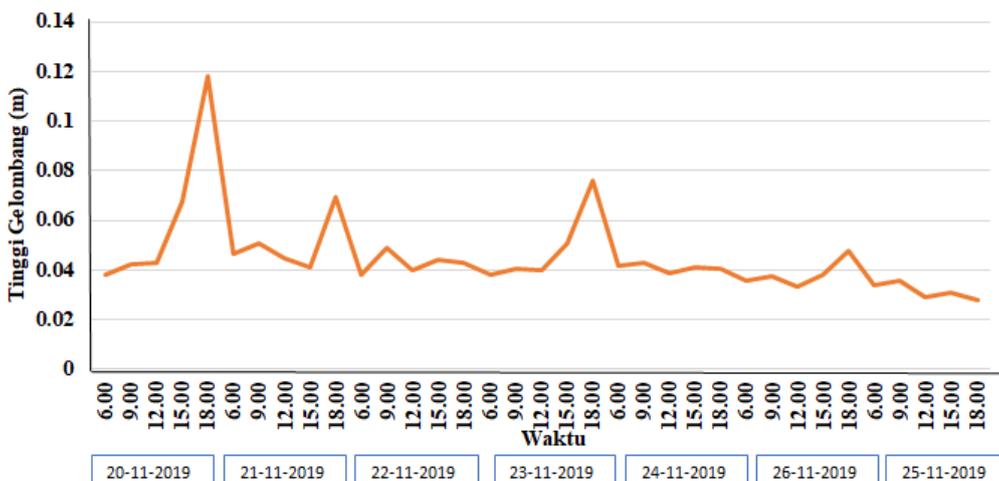
Hasil prakiraan BMKG mengenai tinggi gelombang signifikan harian di perairan Pantai Alau-Alau pada tanggal 20 November 2019 hingga 26 November 2019 didapatkan dari simulasi model *Wavewatch-III* pada (Gambar 4). Perekaman data gelombang signifikan ini

didapatkan dari satelit BMKG dan dirunning dengan menggunakan model *Wavewatch-III* (WW3) serta diekstrak menggunakan software *GraDs 2.0.2*.

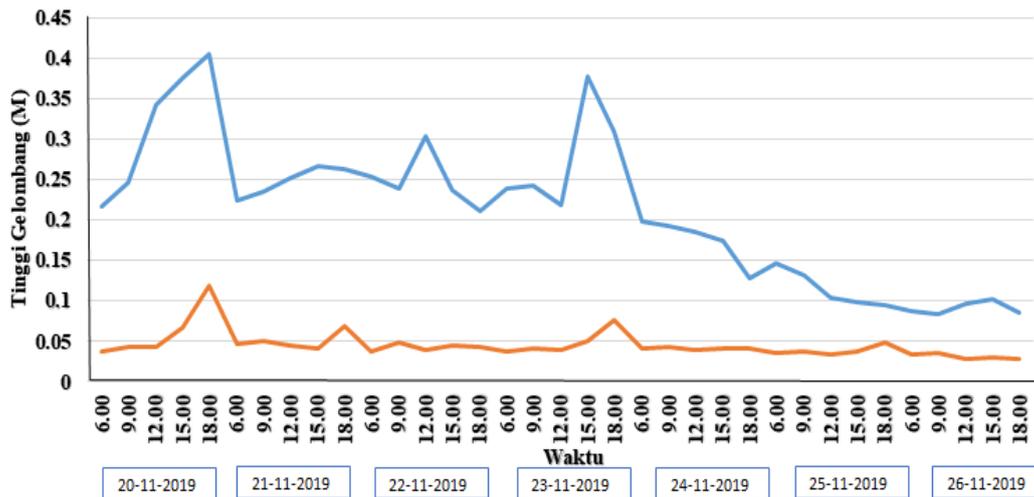
Hasil yang didapatkan dari simulasi model *Wavewatch-III* yaitu pada hari pertama (20 November 2019) tinggi gelombang tertinggi terjadi pada pukul 18.00 yaitu sebesar 0,11 meter. Hasil lapangan juga menunjukkan tinggi gelombang tertinggi terjadi pada tanggal 20 November 2019 pukul 18.00 yang dapat dilihat pada Gambar 3. Tinggi Gelombang terendah BMKG terjadi pada tanggal 26 November 2019 yaitu sebesar 0,027 meter. Pola tinggi gelombang prakiraan BMKG selalu berubah-ubah setiap harinya, namun tinggi gelombang pada hari terakhir merupakan tinggi gelombang terendah dibandingkan dengan hari-hari lainnya. Pola tersebut hampir sama dengan hasil pengukuran lapangan. Menurut Yulius *et al.* (2017) tinggi gelombang pada perairan dekat pantai umumnya berbeda besarnya dengan perairan di tengah teluk pada kondisi kecepatan angin yang sama, hal ini disebabkan karena terdapat perbedaan panjang daerah pembangkitan gelombang.

Validasi Tinggi Gelombang Signifikan (Hs) Lapangan dan BMKG

Berdasarkan hasil perbandingan tinggi gelombang signifikan menunjukkan bahwa hasil pengamatan secara visual dengan data prediksi dari BMKG mempunyai pola waktu yang sama namun berbeda terhadap tinggi gelombang signifikannya, hal tersebut dapat dilihat dari grafik perbandingan (Gambar 5).



Gambar 4. Grafik Tinggi Gelombang Signifikan BMKG



Gambar 5. Grafik Perbandingan Hs Lapangan dan Hs BMKG

Kondisi gelombang yang fluktuatif di lapangan seperti yang terukur pada observasi insitu diikuti dengan baik polanya oleh model *Wavewatch-III*. Secara umum kemampuan model *Wavewatch-III* menunjukkan nilai yang lebih rendah dibandingkan data pengamatan lapangan. Dimana lokasi prediksi BMKG berada pada titik 105,559158 BT dan -5,701316 LS sedangkan titik pengamatan visual berada di pesisir pantai. Dari data tersebut menunjukkan bahwa model *Wavewatch-III* cenderung *underestimate*.

Perbedaan tinggi gelombang antara model dengan data observasi sangat berkaitan yaitu karena pada pengamatan lapangan, interaksi gelombang dengan dasar laut pada laut dangkal berperan penting terhadap kenaikan tinggi gelombang (*wave setup*) terutama di pantai. Hal ini dijelaskan pada penelitian Isniarny (2012) dan Ramdhani (2015) dalam Istihanah dan Aries (2016) bahwa tinggi gelombang signifikan model *Wavewatch-III* cenderung *underestimate* pada wilayah perairan Indonesia bagian dalam dan tertutup dikarenakan perairan Indonesia bagian dalam cenderung dangkal dibandingkan dengan perairan Samudera dan juga perairan ini berhubungan dengan sirkulasi angin.

Diperkuat dengan penelitian Habiebie *et al.* (2016) yang menyatakan bahwa perbandingan data observasi insitu dengan luaran model *Wavewatch-III* menggunakan resolusi 0,5 dan 0,125 menunjukkan model *Wavewatch-III* cenderung *underestimate*, dengan menggunakan kedua resolusi tersebut menunjukkan bahwa model

Wavewatch-III belum dapat digunakan untuk verifikasi gelombang di daerah pantai.

Root Mean Square Error (RMSE)

Data gelombang hasil simulasi model *Wavewatch-III* dari BMKG akan divalidasi dengan data yang diperoleh dari pengamatan lapangan. Validasi tersebut bertujuan untuk melihat tingkat keakurasian melalui MAE atau *Mean Absolute Error* pada hasil model tersebut. Hasil validasi model *Wavewatch-III* didapatkan nilai sebesar 0,40 dengan tingkat kesalahan sedang. Menurut tabel klasifikasi nilai MAE (Putra dan Danar, 2019), nilai tersebut termasuk kedalam klasifikasi nilai 0,30 – 0,599 yang berarti tingkat kesalahan model *Wavewatch-III* berdasarkan data pengamatan langsung berada pada level sedang.

Pada penelitian Pribadi dan Adi (2015) membandingkan model *Wavewatch-III* dengan satelit altimetri mendapatkan nilai RMSE sebesar 0,21, artinya nilai model tersebut memiliki kemiripan pola dengan satelit altimetri dan nilai RMSE yang rendah menunjukkan bahwa nilai kesalahannya kecil. Nilai RMSE menunjukkan jauh atau dekatnya sebaran hasil model terhadap pengamatan lapangan. Semakin rendah nilainya semakin baik hasil model yang digunakan (Supriyadi, 2018). Penelitian menggunakan model *Wavewatch-III* yang pernah dilakukan oleh Isniarny (2012) yaitu untuk wilayah Selat Sunda dengan input angin GFS. Luaran model ini diuji terhadap data gelombang satelit Altimeter. Hasil menunjukkan nilai korelasi sebesar 0,78 dan

RMSE (*Root Mean Square Error*) sistematis sebesar 1,2 meter.

Prediksi Pasang Surut Pantai Alau-Alau

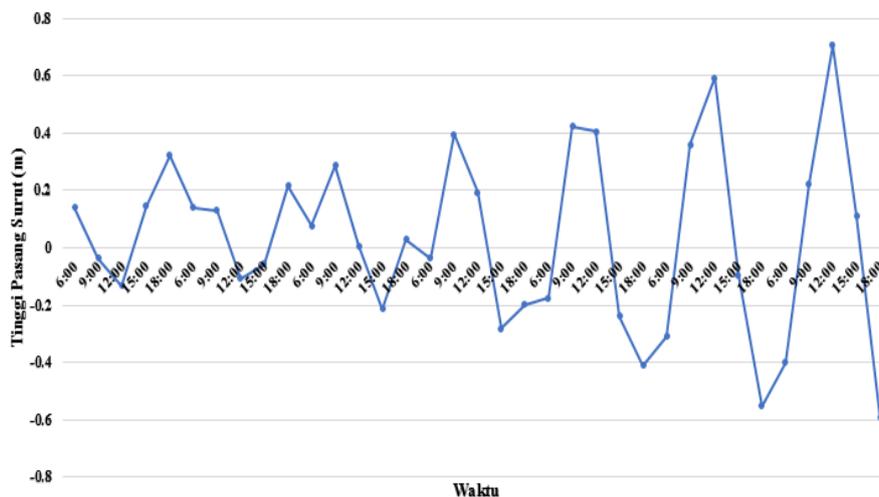
Menurut Fadilah (2013), setiap wilayah memiliki kondisi pasang surut yang berbeda-beda. Studi perhitungan dan penentuan kondisi pasang surut di Pantai Alau-Alau dilakukan menggunakan metode admiralty yang bertujuan untuk menentukan komponen dan tipe pasang surut itu sendiri. Data prediksi pasang surut didapatkan dari situs <http://tides.big.go.id>. Data pasang surut disajikan dalam Gambar 6.

Pasang tertinggi terjadi pada hari terakhir yaitu pada tanggal 26 November 2019 pukul 12.00 WIB sebesar 0,62 meter (Tabel 4). Pada tanggal 20 November 2019 terjadi pasang perbani (*neap tide*) yaitu ketika bulan dan matahari membentuk sudut siku-siku terhadap bumi sehingga gaya tarik bulan terhadap bumi saling mengurangi (Ahmad *et al.*, 2017). Dalam keadaan ini tinggi pasang surut rendah dibandingkan dengan hari-hari lain (Gambar 6). Sedangkan pada tanggal 26 November 2019 adalah awal dari peristiwa pasang purnama (*spring tide*) ketika bumi, bulan dan matahari berada pada satu garis lurus, sehingga gaya tarik bulan dan matahari terhadap bumi saling memperkuat.

Secara umum perairan Selat Sunda dipengaruhi oleh sistem angin monsun yang berubah dominasi arahnya sesuai dengan musim. Saat penelitian dilakukan, bulan November masuk kedalam musim transisi atau peralihan II dari

musim kemarau menuju musim hujan. Menurut Tjasyono (2004) dalam Afriady *et al.* (2019), pergerakan matahari dari garis balik lintang utara (*tropic of Cancer*) menuju garis balik lintang selatan (*tropic of Capricorn*) menyebabkan adanya transisi arah angin dari musim timur ke musim barat. Pola tinggi gelombang pada hari pertama hingga ke tujuh berubah-ubah namun semakin rendah pada tiga hari terakhir. Hal ini dikarenakan karakteristik Pantai Alau-Alau merupakan perairan terbuka dimana faktor yang lebih berpengaruh adalah angin karena tidak ada hambatan pada angin yang berhembus.

Berbeda dengan perairan muara, angin dapat terhalang oleh daratan yang berada disekitar muara, sehingga faktor yang lebih berpengaruh pada perairan muara adalah pasang surut. Melihat grafik pasang surut (Gambar 6), faktor pasang surut berbanding terbalik dengan tinggi gelombang signifikan di perairan Pantai Alau-Alau. Hal ini diakibatkan oleh kondisi karakteristik Pantai Alau-Alau merupakan perairan terbuka yang menghadap langsung ke Selat Sunda. Semakin kuat dan lama angin berhembus maka ketinggian gelombang akan semakin besar, sebaliknya semakin lemah angin berhembus maka ketinggian gelombang akan semakin kecil. Menurut Suhana *et al.* (2018) energi angin yang bekerja di permukaan laut akan mengalami *sheltering effect* yang disebabkan oleh pergesekan angin dengan permukaan laut sehingga menyebabkan terjadinya variasi besaran gelombang laut yang acak (*random waves*) di permukaan laut.



Gambar 6. Grafik Prediksi Pasang Surut 20-26 November 2019

KESIMPULAN

Tinggi gelombang signifikan di Perairan Pantai Alau-Alau berdasarkan pengamatan visual berkisar antara 0,082 – 0,405 meter. Sedangkan tinggi gelombang signifikan dari simulasi model *Wavewatch-III* BMKG berkisar antara 0,027 – 0,118 meter. Tingkat kesalahan model *Wavewatch-III* berdasarkan pengamatan lapangan menghasilkan nilai RMSE sebesar 0,28 yang berarti tingkat kesalahannya kecil.

DAFTAR PUSTAKA

- Afriady, A., Tasdik, M.A. & Mochamad, F.A.I., 2019. Pemanfaatan data angin untuk karakteristik gelombang laut di perairan natuna berdasarkan data angin tahun 2009-2018. *Buletin Oseanografi Marina*, 8(2):55-60. doi: 10.14710/buloma.v8i1.25304
- Arianty, N., Yutdam, M. & Rahman, A., 2017. Pemodelan refraksi gelombang dan analisis karakteristik gelombang laut di Perairan Teluk Palu. *Jurnal Oseanografi*, 16 (2):23-30.
- Azizi, M.I., Hariyadi. & Warsito, A., 2017. Pengaruh gelombang terhadap sebaran sedimen dasar di perairan tanjung kalian kabupaten bangka barat. *Jurnal Oseanografi*, 6(1):165-175.
- Baharudin., 2009. Pola Transformasi gelombang dengan menggunakan model rcpwave pada Pantai Bau – Bau Provinsi Sulawesi Tenggara. *e-jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 1(1):60-71. doi:10.28930/jitkt.v1i2.7873
- Habibie, M.N., Wido, H., Donaldi, S.P. & Roni, K., 2016. Verifikasi tinggi gelombang model *Wavewatch-III* menggunakan data satelit altimetri dan observasi. *Jurnal Meteorologi Dan Geofisika*, 17(3):207-214. doi: 10.31172/jmg.v17i3.322
- Hasriyanti. 2015. Tipe gelombang dan pasang surut di perairan Pulau Dutungan Kabupaten Barru Sulawesi Selatan. *Jurnal Sainsmat*, 4 (1):14-27. doi: 10.35580/sainsmat4112812 015
- Isniarny, N. 2012. Pemanfaatan Data Angin Model GFS Untuk Prediksi Tinggi Gelombang (wind-waves) Menggunakan Model *Wavewatch-III* (Studi Kasus di Selat Sunda). Penerbitan Online Awal. Program Studi Meteorologi Institut Teknologi Bandung.
- Istihanah, D. & Aries, K., 2016. Simulasi tinggi gelombang di teluk bone menggunakan model gelombang *Wavewatch-III*. *Jurnal Meteorologi Klimatologi dan Geofisika*, 3(3):1-8. doi: 10.36754/JMKG.V3i3.10
- Kurniawan, R., Najib, M.H. & Donaldi, S.P. 2012. Kajian daerah rawan gelombang tinggi di Perairan Indonesia. *Jurnal Meteorologi Dan Geofisika*, 13(3):201-212. doi: 10.31172/jmg.v13i3.135
- Loupaty, G. 2013. Karakteristik energi gelombang dan arus perairan di Provinsi Maluku. *Jurnal Berekeng*, 7(1):19-22. doi: 10.30598/barekeng vol7iss1pp19-22
- Pribadi, B. & Adi. 2015. Simulasi tinggi gelombang signifikan dengan menggunakan model *wavewatch-III* (studi kasus kejadian tanggal 15- 16 uni 2014 di Perairan Selat Bali). *Jurnal Meteorologi Klimatologi dan Geofisika*, 1(1):1-15.
- Putra, H.P. & Danar, G.P. 2019. Analisis arus dan transpor sedimen menggunakan pemodelan hidrodinamika 3 dimensi (Studi Kasus: Teluk Ambon, Kota Ambon, Maluku). *Jurnal Teknik ITS*, 8(2):124-129.
- Putri, P.I., Ihsan, M.J. & Fuad, H. 2018. Analisis karakteristik gelombang di Teluk Amurang Kabupaten Minahasa Selatan. *Jurnal Sipil Statik*, 6(8):559-568.
- Rini, S.A.D. 2012. Pemetaan Suhu Permukaan Laut (SPL) Menggunakan Citra Satelit Aster di Perairan Laut Jawa Bagian Barat Madura. *Jurnal Kelautan*, 3(2):98-104.
- Suhaemi., Syafrudin, R. & Marhan. 2018. Penentuan tipe pasang surut perairan Pada alur Pelayaran Manokwari dengan menggunakan metode admiralty. *Jurnal Sumberdaya Akuatik Indo pasifik*, 2(1):57-64. doi: 10.30862/jsai-fpik-unipa.2018.Vol. 2.No.1.38
- Suhana, M.P., Wayan, N.I. & Nyoman, M.N.N. 2018. Karakteristik gelombang laut Pantai Timur Pulau Bintan Provinsi Kepulauan Riau Tahun 2005-2014. *Dinamika Maritim*, 6(2):16-19.
- Supriyadi, E. 2018. Pemanfaatan satelit altimetri untuk verifikasi tinggi gelombang laut signifikan pada ocean forecast system (ofs) bmk. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*. 9(2):93-102. doi: 10.31172/jmg.v19i2.586
- Triatmodjo B. 1999. Teknik Pantai. Penerbit Beta Offset. Yogyakarta. P.1-405.
- Yulius., Aida, H., Eva, M. & Ranela, I.Z. 2017. Karakteristik pasang surut dan gelombang di perairan Teluk Saleh, Nusa Tenggara Barat. *Jurnal Segara*. 13(1):65-73. doi: 10.15578/segara.v13i1.6423