

**ANALISIS PERAMALAN TINGGI
GELOMBANG LAUT
MENGUNAKAN METODE SPM
SERTA VALIDASI MODEL DI
PANTAI PANGALI-ALI, KABUPATEN
MAJENE, SULAWESI BARAT**

**Imam Rohani^{1,*}, Apriyansyah²,
Yusman³, Sarmila⁴**

¹Program Studi Teknik Sipil Fakultas
Teknik Universitas Sulawesi Barat,
imam.rohani@unsulbar.ac.id

ABSTRAK

Gelombang laut merupakan salah satu aspek oseanografi yang penting dalam merencanakan suatu bangunan pantai, penentuan tata letak (layout) pelabuhan, alur pelayaran, dan pengelolaan lingkungan laut. Ada banyak faktor yang mempengaruhi gelombang laut salah satunya ialah kecepatan dan arah angin. Gelombang dapat menimbulkan energi untuk membentuk pantai, menimbulkan arus, serta menyebabkan gaya-gaya yang bekerja pada bangunan pantai. Oleh karena itu dibutuhkan adanya data gelombang sebagai parameter dalam merencanakan bangunan Pantai. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tinggi gelombang dan periode gelombang di Pantai Pangali-ali Majene berdasarkan model distribusi kecepatan angin dan membandingkan hasil peramalan gelombang menggunakan metode SPM (Shore Protection Manual) dengan data Satelit Altimetri. Hasil penelitian ini menunjukkan arah angin dominan berdasarkan data angin selama 10 tahun (2014-2023) ialah dari arah Tenggara dengan frekuensi kejadian 27.2%. Hasil peramalan tinggi gelombang dengan metode SPM terjadi pada tahun 2014 yaitu sebesar 2.63 m dengan periode gelombang sebesar 7.25 s.

**Kata Kunci : Peramalan Gelombang,
Tinggi Gelombang, SPM**

ABSTRACT

Ocean waves are one of the important aspects of oceanography in planning coastal structures, determining port layouts, shipping routes, and managing the marine environment. There are many factors that influence ocean waves, one of which is wind speed and direction. Waves can generate energy to shape the beach, create currents, and cause forces that act on coastal structures. Therefore, wave data is needed as a parameter in planning coastal structures. This study aims to determine the wave height and wave period at Pangali-ali Beach, Majene, based on a wind speed distribution model and to compare the wave forecasting results using the SPM (Shore Protection Manual) method with Altimetry Satellite data. The results of this study indicate that the dominant wind direction based on wind data over 10 years (2014-2023) is from the Southeast with an occurrence frequency of 27.2%. The wave height forecast using the SPM method occurred in 2014, measuring 2.63 m with a wave period of 7.25 s.

Keyword : Wave Forecasting, Wave Height, Shore Protection Manual (SPM)

1. PENDAHULUAN

Peramalan tinggi gelombang laut di Pantai Majene merupakan topik yang penting untuk dipahami, terutama dalam konteks mitigasi risiko dan pengelolaan sumber daya pesisir. Gelombang laut dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk kecepatan dan arah angin, arus laut, serta topografi dasar laut. Metode ini memanfaatkan data angin permukaan untuk memperkirakan tinggi gelombang dan periode gelombang. Tanto et al. menunjukkan bahwa data gelombang laut sangat penting untuk memahami dampaknya

terhadap abrasi dan sedimentasi di pantai, serta bagaimana gelombang dapat mempengaruhi ekosistem karang (Tanto *et al.*, 2021). Dengan demikian, peramalan tinggi gelombang laut tidak hanya memiliki implikasi untuk keselamatan maritim tetapi juga untuk konservasi lingkungan. Peramalan gelombang sendiri diperlukan agar mengetahui karakteristik gelombang seperti tinggi, arah, dan durasi gelombang. Seperti penelitian yang dilakukan oleh (Rusady, Lopa and Rohani, 2018) membahas mengenai stabilitas bangunan pantai di area pesisir dengan memperhitungkan tinggi gelombang yang terjadi. Salah satu metode yang sering digunakan adalah metode *CERC (Coastal Engineering Research Center)*, yang berfokus pada perhitungan tinggi gelombang berdasarkan data angin dan karakteristik lokal.

Metode *CERC* telah terbukti efektif dalam berbagai studi, termasuk penelitian yang dilakukan di Pantai Baru, Bantul, yang menunjukkan bahwa metode ini dapat memprediksi tinggi gelombang dengan baik menggunakan data kecepatan angin yang diambil dari stasiun klimatologi setempat (Kuswartomo *et al.*, 2021). Penelitian ini juga menekankan pentingnya memahami arah gelombang dan probabilitas tinggi gelombang maksimum untuk perencanaan infrastruktur pesisir yang lebih baik. Selain itu, penelitian oleh Efendi *et al.* menunjukkan bahwa karakteristik gelombang laut di Indonesia sangat bervariasi dan dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti kecepatan angin dan arah angin, yang juga menjadi fokus dalam peramalan tinggi gelombang (Efendi *et al.*, 2023). Tingginya gelombang dapat menimbulkan arus yang menyebabkan terjadinya abrasi pantai, untuk itu diperlukan bangunan struktur yang dapat melindungi pantai dan penduduknya dari bahaya tersebut (Rohani *et al.*, 2021).

Dalam konteks Pantai Majene, faktor-faktor seperti arus laut, topografi, dan pola

angin lokal juga harus diperhitungkan. Sebagai contoh, penelitian oleh Azhari *et al.* menunjukkan bahwa karakteristik gelombang di Laut Banda sangat dipengaruhi oleh kondisi meteorologi dan topografi lokal, yang dapat berkontribusi pada variasi tinggi gelombang yang signifikan (Azhari *et al.*, 2022). Selain itu, penelitian oleh Mudho *et al.* menyoroti pentingnya memahami interaksi antara arus dan gelombang dalam memprediksi tinggi gelombang di perairan Halmahera Utara dan Morotai (Mudho, Azies and Pranowo, 2023). Oleh karena itu, analisis yang komprehensif terhadap faktor-faktor ini di Pantai Majene sangat penting untuk meningkatkan akurasi peramalan.

Validasi hasil peramalan juga merupakan langkah krusial dalam memastikan keandalan model yang digunakan. Penelitian oleh Ali *et al.* di perairan barat Provinsi Lampung menunjukkan bahwa validasi data gelombang dengan menggunakan metode yang berbeda dapat meningkatkan keakuratan estimasi tinggi (Ali *et al.*, 2022). Selain itu, penelitian oleh Zamil yang membandingkan algoritma Machine Learning dalam memprediksi tinggi gelombang juga menunjukkan bahwa pendekatan berbasis data dapat memberikan hasil yang lebih baik dalam konteks peramalan gelombang (Zamil, 2023). Oleh karena itu, penting untuk melakukan validasi hasil peramalan di Pantai Majene dengan menggunakan data pengukuran lapangan yang relevan.

1.1 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah “bagaimana model distribusi kecepatan angin di pantai Pangali-ali Majene dan bagaimana nilai tinggi gelombang dan periode gelombang menggunakan metode *SPM (Shore Protection Manual)* serta berapa besar perbedaan hasilnya dengan Satelit Altimetri”.

1.2 Tujuan Penulisan

Tujuan penelitian ini adalah “Mengetahui tinggi gelombang dan periode gelombang di Pantai Pangali-ali Majene berdasarkan model distribusi kecepatan angin dan membandingkan hasil peramalan gelombang menggunakan metode *SPM (Shore Protection Manual)* dengan data Satelit Altimetri”.

1.3 Urgensi Penelitian

Secara teoritis nilai urgensi penelitian ini adalah secara spesifik sebagai bahan acuan untuk penelitian berikutnya, secara umum dapat menjadi acuan oleh para pelaku di dunia konstruksi yang membutuhkan data tinggi gelombang dalam perencanaan konsruksi di wilayah pesisir maupun untuk keperluan informasi pelayaran. Dimana dapat menggunakan metode ini untuk meramalkan gelombang di

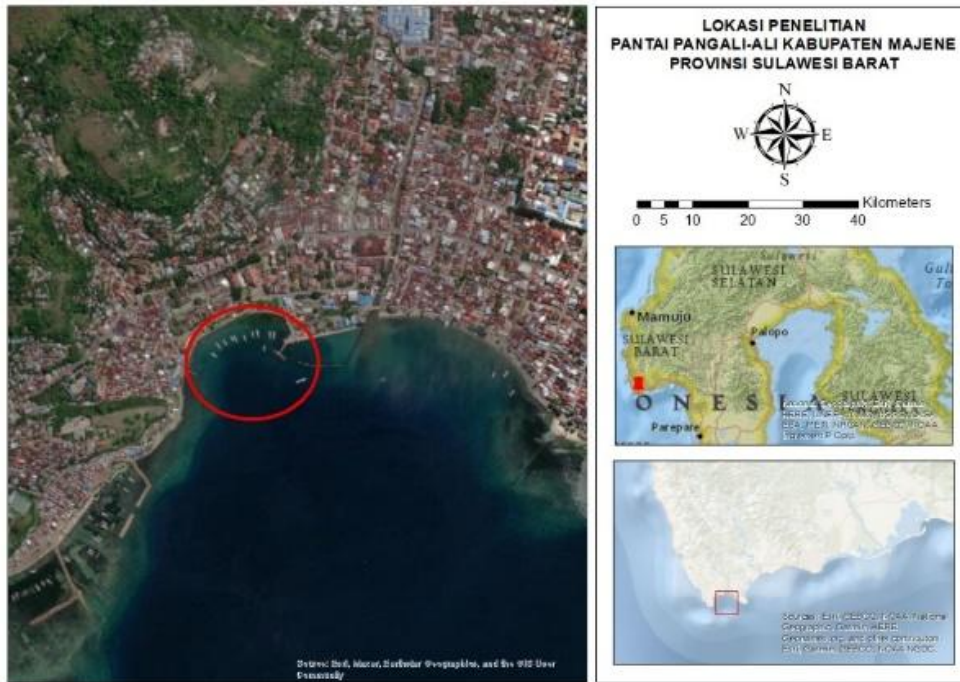
wilayah pesisir, mengingat cukup sulit dan tingginya biaya dalam melakukan penelitian secara langsung di lapangan.

Secara praktis nilai urgensi penelitian ini adalah memberikan informasi mengenai metode peramalan dengan menggunakan metode *SPM* sehingga diketahui ketinggian gelombang yang terjadi. Selain itu, metode ini diharapkan mampu menghasilkan nilai ramalan ketinggian gelombang dengan akurasi tinggi sehingga dapat membantu dalam proses perencanaan tata ruang di wilayah perairan Majene.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Lokasi penelitian

Lokasi penelitian ini dilakukan di Pantai Pangali-ali, Majene, Sulawesi Barat yang terletak di koordinat 2°38' - 3°38' LS dan 118°45' - 119°4' BT.



Gambar 1.
Lokasi Titik Penelitian
(Sumber : Google Earth Pro, 2024)

2.2 Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder

artinya, data yang sudah tersedia sebelumnya yang didapat dari instansi terkait maupun pada situs-situs resmi. Data

angin yang digunakan merupakan hasil pengukuran dan pencatatan yang diperoleh dari situs *ECMWF (European Center for Medium-range Weather Forecast)*. Adapun data-data yang diperlukan adalah:

a. Data angin

Data Angin yang digunakan adalah data angin jam-jaman yang diperoleh dari situs *ECMWF* selama periode 10 tahun (2014-2023) yang diambil dari *website ECMWF*. Adapun langkah-langkah pengambilan dan pengolahan data yang diunduh dari *website ECMWF* adalah sebagai berikut.

1. Mengunduh data angin pada *website ECMWF* yakni <http://www.ecmwf.int>. Format data hasil unduhan berupa (*nc*).
2. Mengkonversi data (*nc*) menjadi lata (*txt*) menggunakan *software Ocean Data View*.
3. Melakukan pengelompokan dan penghitungan data angin menggunakan *Microsoft Office Excel* berdasarkan koordinat yang telah ditentukan.
4. Hasil berupa data kecepatan angin dan arah angin dengan format (*.xls*).

b. Citra satelit

Citra satelit diperoleh dari *software google earth*, citra satelit lokasi dibutuhkan untuk menghitung daerah pembangkitan gelombang *fetch*.

c. Data *Fetch*

Data *fetch* adalah panjang daerah pembentukan gelombang.

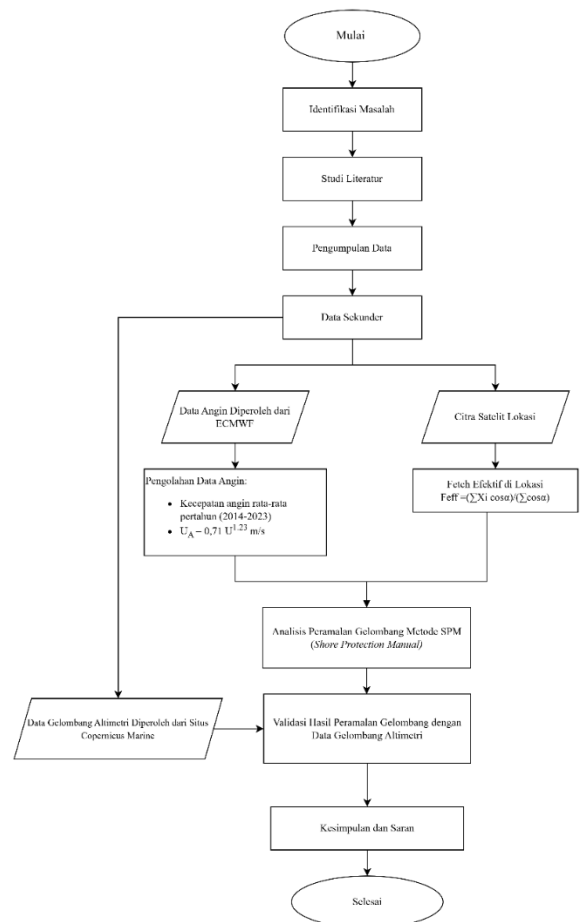
d. Data Altimetri

Data altimetri adalah data satelit gelombang yang dapat diperoleh dari situs *Copernicus Marine*.

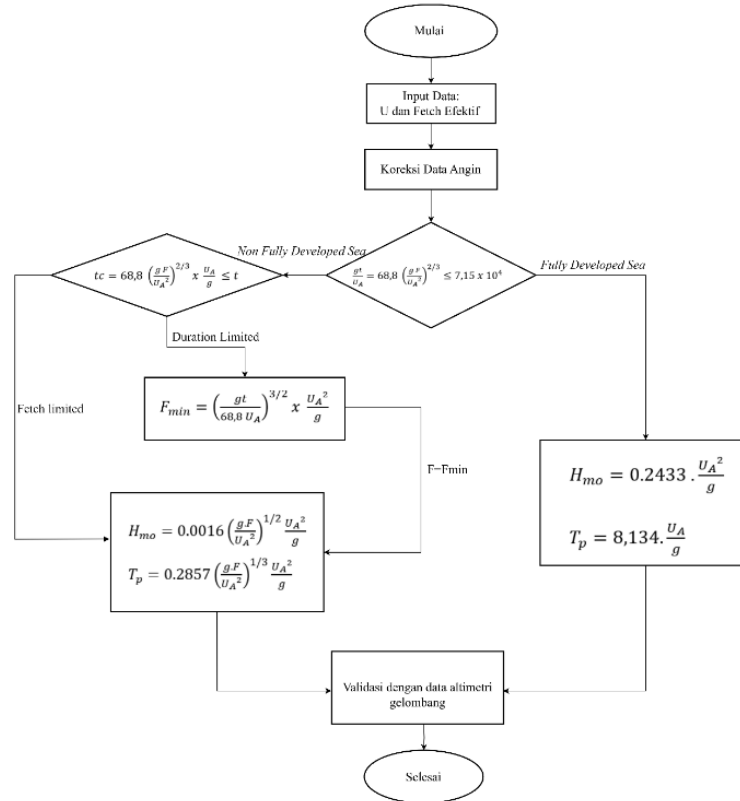
2.3 Bagan Alir Penelitian

Bagan alir penelitian dapat dilihat pada gambar 2 dan 3. Penelitian ini diawali dengan identifikasi masalah dan studi literatur, kemudian dilanjutkan dengan pengumpulan data sekunder berupa data angin dari *ECMWF* (periode 2014–2023),

citra satelit untuk penentuan *fetch* efektif, serta data gelombang altimetri dari *Copernicus Marine* untuk validasi. Data angin diolah dan dikoreksi menjadi kecepatan angin representatif (U_a), kemudian bersama nilai *fetch* efektif (F) digunakan dalam analisis peramalan gelombang menggunakan metode *Shore Protection Manual (SPM)*. Berdasarkan parameter tak berdimensi, ditentukan apakah kondisi gelombang termasuk *fetch-limited* atau *fully developed*, lalu dihitung tinggi gelombang signifikan (H_{mo}) dan periode puncak (T_p). Hasil peramalan selanjutnya divalidasi dengan data altimetri untuk menilai tingkat akurasi, sebelum akhirnya ditarik kesimpulan dan saran terkait karakteristik gelombang di lokasi penelitian.



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

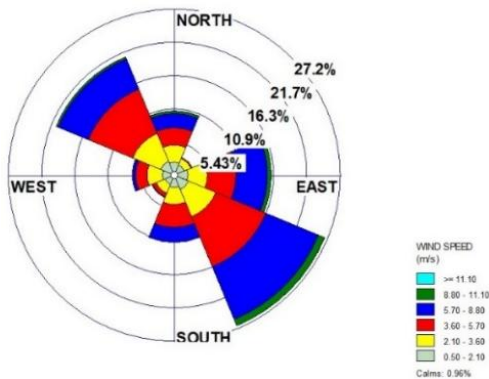


Gambar 3. Bagan Alir Analisis Data Metode SPM

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Distribusi Kecepatan Angin

Distribusi kecepatan angin berdasarkan windrose selama 10 tahun (2014-2023) ditunjukkan pada gambar 4.



Gambar 4. Windrose selama 10 Tahun (2014-2023)

Gambar 4 merupakan hasil analisis menggunakan aplikasi WRPlot, dari windrose tersebut menunjukkan distribusi arah angin dominan yang terjadi di Pantai

Pangali-ali selama 10 tahun (2014-2023) adalah dari arah Tenggara dengan frekuensi 27.2% dan kecepatan angin maksimum berkisar 8.80-11.10 m/s, sedangkan arah Timur Laut angin bertiup cenderung kecil.

3.2 Faktor Tegangan Angin (U_A)

Nilai U_A merupakan faktor tegangan angin yang menjadi salah satu parameter dalam menghitung peramalan gelombang. Namun sebelum menghitung nilai U_A harus dilakukan koreksi data angin yaitu koreksi elevasi atau ketinggian dan koreksi stabilitas. Adapun persamaan yang akan digunakan ialah sebagai berikut. Untuk koreksi ketinggian dimana diketahui nilai kecepatan angin sebesar (U_z) 1.96 m/s dan ketinggian (z) yaitu 10 m. Sehingga di dapat U₁₀ adalah 1.96 m/s.

Selanjutnya dilakukan koreksi stabilitas dimana jika perbedaan temperature air laut dan udara tidak diketahui, maka diasumsikan sebagai kondisi tidak stabil dan

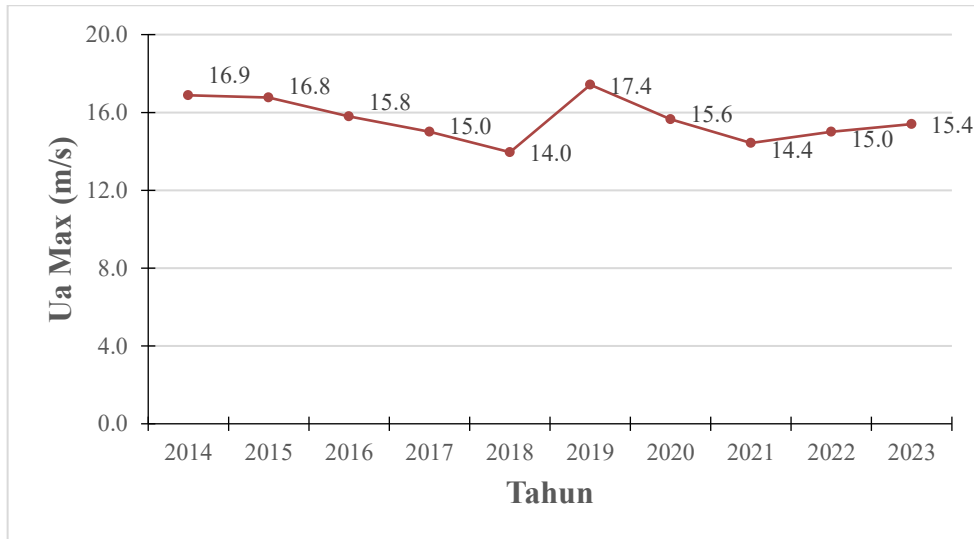
menggunakan nilai $RT = 1.1$ (Lubis and Khoirunnisa, 2016). Sehingga di dapat nilai U adalah 2.16 m/s . Setelah melakukan koreksi data angin maka dapat dilanjutkan perhitungan untuk mencari nilai U_A dengan persamaan:

$$U_A = 0.71 U^{1.23} \text{ m/s}$$

$$U_A = 0.71 2.16^{1.23} \text{ m/s}$$

$$U_A = 1.83 \text{ m/s}$$

Adapun nilai U_A yang diperoleh selama periode 10 tahun (2014-2024) dihitung nilai kecepatan angin maksimum. Berdasarkan data angin jam-jam-an selama 10 tahun (2014-2023) yang diperoleh dalam faktor tegangan angin (*wind stress factor*), nilai kecepatan angin maksimum adalah 16.89 m/s pada tahun 2014 seperti yang ditunjukkan pada gambar 5.

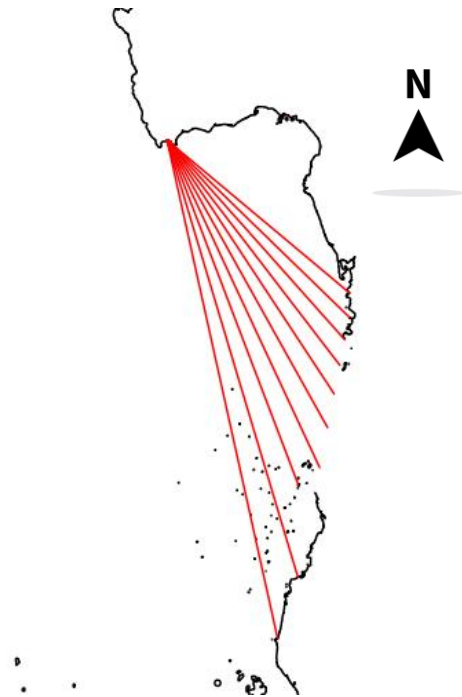


Gambar 5.
Nilai $U_A \text{ Max}$ 10 Tahun (2014-2023)

3.3 Perhitungan Panjang *Fetch* Efektif

Perhitungan Panjang *Fetch* Efektif ditunjukkan pada gambar 6. Penggambaran *fetch* dibagi kedalam delapan arah mata angin, dengan sudut wilayah tiap arah mata angin sebesar 45 derajat. Setiap arah mata angin memiliki sembilan garis dengan jarak antar garis sebesar enam derajat. Garis *fetch* ditarik dari daerah pembentukan gelombang hingga menyentuh hambatan pembentuk gelombang, dalam hal ini adalah pulau terdekat dari lokasi penelitian. Adapun persamaan yang digunakan untuk menghitung *fetch* efektif adalah sebagai berikut.

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



Gambar 6
Fetch Pantai Pangali-ali Majene

Tabel 3.
Data *fetch* efektif

Arah	Xi (m)	α	Cos α	Xi . Cos α	Fetch Efektif (m)
SE	361000	42	0.743144825	268275.282	93167.560
	212000	36	0.809016994	171511.6028	
	158000	30	0.866025404	136832.0138	
	140000	24	0.913545458	127896.3641	
	136000	18	0.951056516	129343.6862	
	122000	12	0.978147601	119334.0073	
	110000	6	0.994521895	109397.4085	
	101000	0	1	101000	
	86500	-6	0.994521895	86026.14395	
	2700	-12	0.978147601	2640.998522	
	1660	-18	0.951056516	1578.753817	
	1650	-24	0.913545458	1507.350005	
	1550	-30	0.866025404	1342.339376	
	1430	-36	0.809016994	1156.894302	
	1260	-42	0.743144825	936.3624801	
JUMLAH			13.51091739	1258779.207	

Hasil perhitungan *fetch* efektif yang terjadi di pantai Pangali-ali Kabupaten Majene, ditunjukkan pada Tabel 2. Pada tabel 2 dapat dilihat nilai X_i (panjang *fetch*) dari arah angin dominan yaitu arah Tenggara. Sehingga diperoleh *fetch* efektif sebesar 93,167.56 m.

3.4 Peramalan Gelombang Metode SPM (Shore Protection Manual)

Metode *Shore Protection Manual* (SPM) merupakan metode yang digunakan untuk meramalkan gelombang di Pantai Pangali-ali, Majene. Pada peramalan ini dibutuhkan data faktor tegangan angin (U_A), lamanya angin bertiup (t) dan panjang *fetch* (F). Berikut akan dijelaskan beberapa langkah yang dilakukan dalam menganalisis peramalan tinggi gelombang dengan metode SPM.

Menentukan kondisi gelombang jenis *Non Fully Developed Sea* atau jenis *Fully Developed Sea* dengan menggunakan persamaan berikut. Sebagai contoh data angin dari Tenggara dengan nilai $U_a = 16.25$ m/s.

$$\frac{gt}{U_A} = 68.8 \left(\frac{g F}{U_A^2} \right)^{2/3} \leq 7.15 \times 10^4$$

$$\frac{9.81 \times 10800}{16.25} = 68.8 \left(\frac{9.81 \times 93,167.56}{16.25^2} \right)^{2/3}$$

$$71068,83 \leq 7.15 \times 10^4$$

Nilai yang diperoleh kurang dari 7.15×10^4 maka disimpulkan bahwa data tersebut termasuk jenis *Non Fully Developed Sea*. Maka akan dilanjutkan untuk menentukan nilai *time limited* atau *fetch limited* dengan menggunakan persamaan berikut, dengan durasi yang diperoleh sebesar 46800 dari hasil durasi arah (13 jam) x 3,600.

$$tc = 68.8 \left(\frac{9.81 \times 93,167.56}{16.25} \right)^{2/3} \times \frac{16.25}{9.81} \leq t$$

$$tc = 43,138.72 \geq 46.800$$

Hasil perhitungan di atas diperoleh nilai tc lebih besar dari nilai t , sehingga hasil yang diperoleh merupakan kondisi *time limited*. Setelah mendapatkan kondisi *time limited* diperlukan adanya perhitungan *Fetch minimum* dengan persamaan berikut.

$$F_{min} = \left(\frac{9.81 \times 46.800}{68.8 \times 16.25} \right)^{3/2} \times \frac{16.25^2}{9.81}$$

$$F_{min} = 26,075.61$$

Berdasarkan nilai fetch minimum, dapat menghitung tinggi gelombang dan periode gelombang dengan menggunakan persamaan berikut.

$$H_{mo} = 0.0016 \left(\frac{g \cdot F}{U_A^2} \right)^{1/2} \frac{U_A^2}{g}$$

$$H_{mo} = 0.0016 \left(\frac{9.8 \times 26,075.61}{16.25^2} \right)^{1/2} \frac{16.25^2}{9.81}$$

$$H_{mo} = 2.53 \text{ m}$$

$$T_p = 0.2857 \left(\frac{g \cdot F}{U_A^2} \right)^{1/3} \frac{U_A^2}{g}$$

$$T_p = 0.2857 \left(\frac{9.81 \times 26,075.61}{16.25^2} \right)^{1/3} \frac{16.25^2}{9.81}$$

$$T_p = 7.2 \text{ s}$$

Berdasarkan perhitungan diatas diperoleh nilai tinggi gelombang sebesar 2.53 m dan periode gelombang sebesar 7.2 s. Selanjutnya dilanjutkan menghitung jenis gelombang *Fully Developed Sea* dengan menggunakan persamaan sebagai berikut, dengan menggunakan salah satu contoh data dari Tenggara juga dengan nilai $U_a = 5.01$ m/s.

$$\frac{gt}{U_A} = 68.8 \left(\frac{g \cdot F}{U_A^2} \right)^{2/3} \leq 7.15 \times 10^4$$

$$\frac{9.81 \times 3,600}{5.01} = 68.8 \left(\frac{9.81 \times 93,167.56}{5.01^2} \right)^{2/3}$$

$$\leq 7.15 \times 10^4$$

$$75,636.69 \geq 7.15 \times 10^4$$

Nilai yang diperoleh lebih besar dari 7.15×10^4 maka disimpulkan bahwa data gelombang tersebut termasuk jenis *Fully Developed Sea*. Selanjutnya akan dilanjutkan untuk menghitung nilai tinggi gelombang dan periode gelombang dengan menggunakan persamaan berikut.

$$H_{mo} = 0.2433 \cdot \frac{U_A^2}{g}$$

$$H_{mo} = 0.2433 \cdot \frac{5.01^2}{9.81}$$

$$H_{mo} = 0.62 \text{ m}$$

$$T_p = 8.134 \cdot \frac{U_A}{g}$$

$$T_p = 8.134 \cdot \frac{5.01}{9.81}$$

$$T_p = 4.2 \text{ s}$$

Berdasarkan perhitungan diatas diperoleh nilai tinggi gelombang untuk kondisi *Non Fully Developed Sea* sebesar 0.62 m dan periode gelombang sebesar 4.2 s. Untuk hasil perhitungan tinggi gelombang dengan kondisi *Non Fully Developed Sea* dan *Fully Developed Sea* disajikan pada tabel 4 dan 5.

Tabel 4.
Jumlah Kondisi Gelombang *FDS* dan *NFDS*

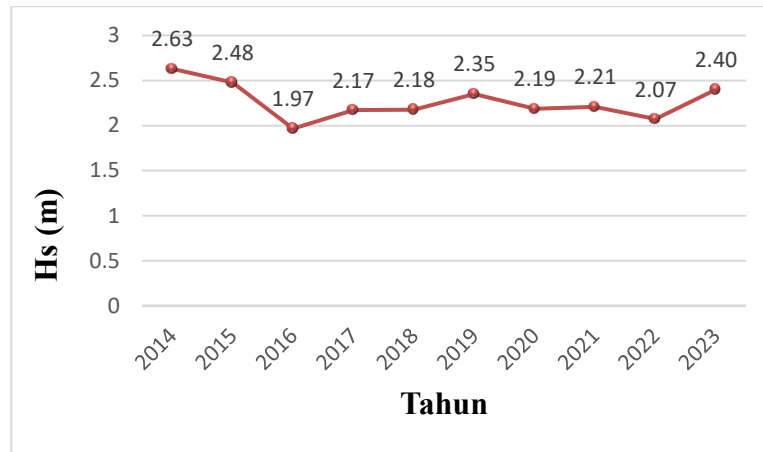
KRITERIA	JUMLAH
<i>Fully Developed Sea</i>	10.457
<i>Non Fully Developed Sea</i>	12.951
JUMLAH	23.408

Tabel 5.

Hasil Perhitungan Tinggi Gelombang dan Periode Gelombang Metode SPM

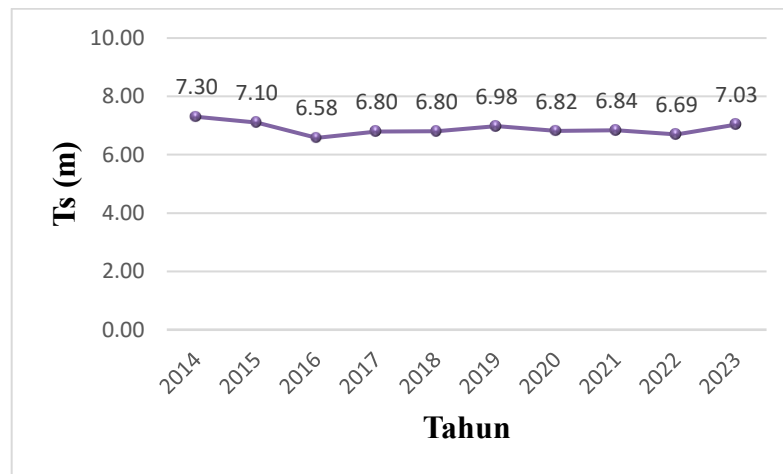
Tahun	Arah Angin	WindSpd (m/s)	U10	(U) stabilitas	Ua	Fetch	<i>Fully Non Fully</i>	Kondisi	Hmo (m)	Tp (s)
2014	SE	11.96	11.96	13.15	16.89	93,167.56	14,954.15	<i>Nonfully</i>	2.633	7.3
2014	SE	11.59	11.59	12.75	16.25	93,167.56	15,739.15	<i>Nonfully</i>	2.534	7.2
2014	SE	11.41	11.41	12.55	15.95	93,167.56	16,139.67	<i>Nonfully</i>	2.487	7.1
2014	SE	10.66	10.66	11.73	14.67	93,167.56	18,036.17	<i>Nonfully</i>	2.288	6.9
2014	SE	10.53	10.53	11.59	14.45	93,167.56	18,403.05	<i>Nonfully</i>	2.254	6.9
2014	SE	10.37	10.37	11.40	14.17	93,167.56	18,892.78	<i>Nonfully</i>	2.210	6.8
2014	SE	10.24	10.24	11.27	13.96	93,167.56	19,271.79	<i>Nonfully</i>	2.177	6.8
2014	SE	10.13	10.13	11.14	13.77	93,167.56	19,635.06	<i>Nonfully</i>	2.147	6.8
2014	SE	10.09	10.09	11.10	13.71	93,167.56	19,749.76	<i>Nonfully</i>	2.137	6.8

Tahun	Arah Angin	WindSpd (m/s)	U10	(U) stabilitas	Ua	Fetch	Fully Non Fully	Kondisi	Hmo (m)	Tp (s)
2014	SE	10.07	10.07	11.07	13.67	93,167.56	19,827.50	Nonfully	2.131	6.8
2014	SE	9.99	9.99	10.98	13.53	93,167.56	20,092.94	Nonfully	2.110	6.7
2014	SE	9.89	9.89	10.88	13.38	93,167.56	20,395.40	Nonfully	2.087	6.7
2014	SE	10.35	10.35	11.39	14.15	93,167.56	18,937.84	Nonfully	2.077	6.6
2014	SE	9.83	9.83	10.82	13.28	93,167.56	20,599.48	Nonfully	2.071	6.7
2014	SE	9.83	9.83	10.82	13.28	93,167.56	20,608.54	Nonfully	2.070	6.7



Gambar 7.

Tinggi Gelombang Maksimum ($HsMax$) Metode SPM



Gambar 8.

Periode Gelombang Maksimum ($HsMax$) Metode SPM

Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan, dapat dilihat pada tabel 4.7 dan grafik di atas menunjukkan bahwa nilai tinggi gelombang maksimum (H_{MAX}) selama 10 tahun yang diperoleh dengan menggunakan metode *shore protection manual* (SPM) terjadi pada tahun 2014 yaitu sebesar 2.63 m dengan periode gelombang

sebesar 7.25 s. Hasil penelitian ini menunjukkan kesesuaian dengan temuan yang diperoleh oleh (Enjelina, N.E, Muliati, Y. 2021) yang menghasilkan tinggi gelombang maksimum selama periode 10 tahun sebesar 2.5 m dengan periode gelombang sebesar 6.7 s.

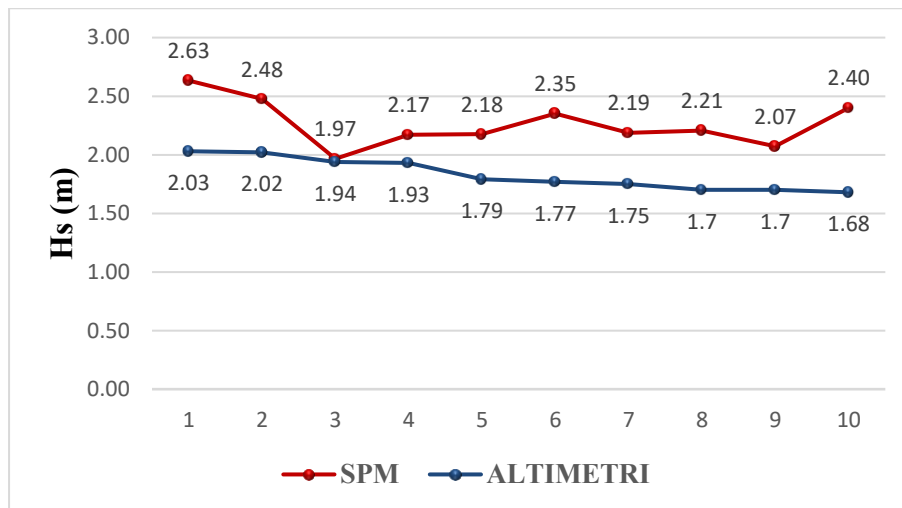
3.5 Validasi Gelombang dengan Data Altimetri

Satelit altimetri yang digunakan ialah data tinggi gelombang signifikan yang diperoleh pada situs Copernicus marine. Mendownload data di website <https://marine.copernicus.eu/access-data> kemudian akan diperoleh data berupa tinggi gelombang signifikan (*VHM0*) dalam satuan meter. Data yang didapatkan dalam bentuk format *.nc* kemudian diekstrak pada aplikasi *ODV (Ocean Data View)* untuk menghasilkan data dengan format *text*. Maka akan diperoleh data tinggi gelombang

signifikan di lokasi Pantai Pangali-ali sebagai berikut.

Tabel 6.
Nilai Tinggi gelombang (*Hs*) Maksimum Yang Akan Divalidasi

No	SPM	Altimetri
1	2.63	2.03
2	2.48	2.02
3	1.97	1.94
4	2.17	1.93
5	2.18	1.79
6	2.35	1.77
7	2.19	1.75
8	2.21	1.7
9	2.07	1.7
10	2.40	1.68



Gambar 9.
Validasi Nilai *Hs* dengan Satelit Altimetri

Grafik 9. menunjukkan bahwa tinggi gelombang signifikan (*Hs*) hasil peramalan metode SPM secara umum lebih tinggi dibandingkan data altimetri pada seluruh titik pengamatan. Nilai *Hs* SPM berkisar antara ± 1.97 – 2.63 m, sedangkan altimetri berkisar ± 1.68 – 2.03 m. Pola keduanya relatif serupa, terutama pada tren penurunan dari titik 1 ke 3 dan fluktuasi kembali pada titik 6 dan 10, yang menunjukkan bahwa metode SPM mampu mengikuti kecenderungan variasi gelombang. Namun demikian, terdapat selisih yang konsisten (sekitar 0.2 – 0.6 m), yang mengindikasikan bahwa SPM cenderung sedikit overestimate

dibandingkan data observasi satelit. Perbedaan ini dapat disebabkan oleh asumsi kondisi angin ideal, ketidakpastian fetch efektif, serta keterbatasan resolusi data angin dan altimetri. Secara umum, hasil ini menunjukkan bahwa metode SPM cukup representatif untuk estimasi awal karakteristik gelombang, namun tetap memerlukan faktor koreksi atau kalibrasi lokal agar lebih akurat.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian dan analisis data yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa:

- a. Kecepatan angin maksimum berdasarkan data angin jam-jam-an selama 10 tahun terbesar 16.89 m/s pada tahun 2014. Tinggi gelombang maksimum (H_{MAX}) selama 10 tahun dengan arah dominan dari arah Tenggara, diperoleh tinggi gelombang dengan menggunakan metode *shore protection manual (SPM)* terjadi pada tahun 2014 yaitu sebesar 2.63 m dengan periode gelombang sebesar 7.25 s.
- b. Hasil peramalah tinggi gelombang dengan metode *SPM* yang divalidasi dengan satelit altimetri diperoleh tidak adanya perbedaan yang signifikan. Nilai H_s Max yang diperoleh dengan metode *SPM* sebesar 2.63 m sedangkan satelit altimetri yang sesuai dengan titik lokasi penelitian sebesar 2.03 m. Data ini menunjukkan tingkat akurasi dengan menggunakan metode *SPM* cukup akurat.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Ali, I.A.H.A. *et al.* (2022) ‘Pemodelan Tinggi Gelombang Untuk Kajian Energi Gelombang Laut Di Perairan Barat Provinsi Lampung’, *Wave Jurnal Ilmiah Teknologi Maritim*, 15(2), pp. 75–84. Available at:
- Azhari, F. *et al.* (2022) ‘Karakteristik Dan Periode Ulang Tinggi Gelombang Laut Di Laut Banda Pada Monsun Timur’, *Jurnal Chart Datum*, 8(2), pp. 75–84. Available at:
- Enjelina, N. E., Muliati, Y. (2021) ‘Peramalan Gelombang dengan Metode SPM dan Darbyshire di Perairan Kepulauan’, pp. 244–249.
- Efendi, A.N. *et al.* (2023) ‘Karakteristik Gelombang Laut Indoneisa Untuk Mendukung Kegiatan Laut Dan Keamanan Maritim’, *Jurnal Teknologi Terapan G-Tech*, 7(2), pp. 346–357. Available at:
- Lubis, M.Z. and Khoirunnisa, H. (2016) ‘Dinamika Pantai Praikalogu Di Provinsi Nusa Tenggara Barat ,

Indonesia’, 8(2), pp. 125–133.

Mudho, H.T., Azies, I.A. and Pranowo, W.S. (2023) ‘Perumusan Karakteristik Gelombang Perairan Halmahera Utara Dan Morotai’, *Jurnal Hidropilar*, 9(2), pp. 103–116. Available at:

Rohani, I., Paroka, D., Thaha, M. A., & Hatta, M. P. (2021). Pemodelan Fisik Pengaruh Tinggi Pasang Surut Terhadap Kecepatan Aliran Di Muara Sungai. *Konferensi Nasional Teknik Sipil 15, Triyanti 2005*,R

Rusady, A., Lopa, R.T. and Rohani, I. (2018) ‘Analisis Pemecah Gelombang (Breakwater) Di BAMBALLOKA Kabupaten Pasangkayu’, *Journal of Civil Engineering*, 1(1), pp. 25–29.

Tanto, T. Al *et al.* (2021) ‘Peramalan Gelombang Laut Dangkal Dan Hubungannya Dengan Sebaran Lifeform Karang Di Perairan Kota Padang’, *Jurnal Kelautan Nasional*, 16(1), p. 33.

Zamil, A.S. (2023) ‘Prediksi Tinggi Gelombang Laut Jakarta Utara Menggunakan Machine Learning: Perbandingan Algoritma Arima & Sarima’, *Jurnal Teknologi Informasi Dan Komunikasi*, 14(2), pp. 286–294.



Copyright© by the authors. Licensee Jurnal Ilmiah MITSU, Indonesia. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike (CC BY-NC-SA 4.0) license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>)

Halaman ini sengaja dikosongkan