



Analisis Gelombang Akibat *Wind Setup* Dengan *Hindcasting* Di Pantai Punaga

<u>INFO PENULIS</u>	<u>INFO ARTIKEL</u>
Muh Jusuf Seftiawan N Universitas Muhammadiyah Makassar muhjusufseftiawann@gmail.com	ISSN: 3026-3603 Vol. 2, No. 2 Oktober 2024 http://jurnal.ardenjaya.com/index.php/ajst
Nurfadilah Universitas Muhammadiyah Makassar	
Kasmawati Universitas Muhammadiyah Makassar	
Andi Makbul Syamsuri Universitas Muhammadiyah Makassar	
Indriyanti Universitas Muhammadiyah Makassar	

© 2024 Arden Jaya Publisher All rights reserved

Saran Penulisan Referensi:

Seftiawan, N, J, M., Nurfadilah, Kasmawati., Syamsuri, M, A., Indriyanti. (2024). Analisis Gelombang Akibat Wind Setup Dengan Hindcasting Di Pantai Punaga. *Arus Jurnal Sains dan Teknologi*, 2 (2), 264-273.

Abstrak

Pantai punaga terletak tidak jauh dari kota Takalar sekitar 25 km ke arah barat. Pantai ini masih natural dengan pemandangan yang alami. Selain itu, hembusan angin yang menyebabkan tingginya gelombang saat pembangkitan oleh angin yang menghasilkan energi besar yang menghempas Pantai punaga. Selain itu, naiknya level permukaan air laut disebabkan oleh pemanasan permukaan bumi akibat adanya faktor manusia juga dapat menimbulkan tingginya gelombang datang. Tingginya gelombang bisa didapatkan dari ketidakberaturannya arah dan tekanan angin yang tidak menentu. Oleh karena itu, kami meneliti masalah ini karena dianggap perlu untuk mengetahui pengaruh wind setup terhadap gelombang di Pantai punaga serta mengetahui karakteristik gelombang akibat wind setup. Dalam penelitian ini akan menggunakan satu metode yaitu metode kuantitatif dengan tujuan mengumpulkan data sesuai fakta secara sistematis dan akurat di lapangan. Dalam penelitian ini menggunakan data kecepatan angin dan arah angin selama kurun waktu 10 tahun (2020-2023) yang diperoleh dari BMKG Paotere Maritim Makassar. Dari data tersebut kemudian diolah menggunakan metode hindcasting dengan didapatkan tinggi dan periode gelombang. Dari hasil analisa dapat diketahui dapat diketahui semakin tinggi kecepatan angin maka semakin tinggi pula gelombang yang dihasilkan serta penelitian ini dapat dijadikan sebagai referensi penelitian selanjutnya mengenai bangunan Pantai.

Kata kunci : Pantai Punaga, Metode Hindcasting, Wind Setup

Abstract

Punaga Beach is located not far from the city of Takalar, about 25 km to the west. This beach is still natural with natural views. Apart from that, gusts of wind cause high waves when generated by the wind which produces large amounts of energy that hit Punaga Beach. Apart from that, rising sea levels caused by warming of the earth's surface due to human factors can also cause high incoming waves. High waves can be obtained from irregular directions and erratic wind pressure. Therefore, we researched this problem because it was deemed necessary to find out the effect of wind setup on waves at Punaga Beach and to know the characteristics of waves caused by wind setup. In this research, one method will be used, namely the quantitative method with the aim of collecting data according to facts systematically and accurately in the field. In this research, we will use data on wind speed and wind direction over a period of 10 years (2020-2023) obtained from BMKG Paotere Maritime, Makassar. This data is then processed using the hindcasting method to obtain the wave height and period. From the results of the analysis, it can be seen that the higher the wind speed, the higher the waves produced and this research can be used as a reference for further research regarding coastal buildings.

Keywords: Punaga Beach, Hindcasting Method, Wind Setup

A. Pendahuluan

Pantai punaga terletak tidak jauh dari kota Takalar sekitar 25 km ke arah barat. Pantai ini masih natural dengan pemandangan yang alami. Dalam berbagai masalah yang terjadi di Pantai salah satu masalah yang paling mempengaruhi adalah abrasi. Penyebab terjadinya erosi ini didapatkan dari faktor alam yang tidak bisa dihindari karena keadaan laut yang tidak bisa diprediksi dan terjadi secara alami, tingginya gelombang yang apabila ditelusuri lebih lanjut bisa didapatkan dari ketidakberaturannya arah dan tekanan angin yang tidak menentu. Sampai saat ini belum ada perhitungan terkait tinggi gelombang di kawasan tersebut. Sehingga dianggap perlu untuk melakukan studi terkait tinggi gelombang akibat bangkitan angin (*wind setup*). Tujuan untuk mengetahui pengaruh *wind setup* terhadap gelombang dengan *hindcasting* di Pantai punaga dan untuk mengetahui karakteristik gelombang akibat *wind setup* dengan *hindcasting* di Pantai punaga.

Pantai menurut Sutikno (2005) merupakan suatu daerah yang luas dari titik terendah air laut pada saat surut hingga ke arah daratan sampai mencapai batas efektif dari gelombang. Dalam berbagai masalah yang terjadi di Pantai salah satu masalah yang paling mempengaruhi adalah abrasi. Penyebab terjadinya erosi ini sendiri didapatkan dari faktor alam yang tidak bisa dihindari karena keadaan laut yang tidak bisa diprediksi dan terjadi secara alami. Tingginya gelombang apabila ditelusuri lebih lanjut bisa didapatkan dari ketidakberaturannya arah dan tekanan angin yang tidak menentu.

Gerakan naik turun atau variasi muka air menimbulkan arus yang disebut dengan arus surut, yang menyangkut massa air dalam jumlah sangat besar dan arahnya kurang lebih bolak-balik (Triatmodjo). Selain itu naiknya level permukaan air laut yang disebabkan oleh pemanasan permukaan bumi akibat adanya faktor manusia juga dapat menimbulkan tingginya gelombang yang datang. Gelombang laut merupakan mekanisme yang menyebabkan udara turun secara perlahan hingga menimbulkan keseimbangan (Anggara et al. 2017) Akibat adanya perbedaan tekanan udara inilah terjadi gerakan udara yaitu dari tekanan tinggi menuju ke tekanan rendah, gerakan udara ini yang disebut dengan angin. Gelombang dapat terjadi melalui pergerakan air akibat adanya tiupan angin yang arahnya tegak lurus dengan garis Pantai. Energi yang akan dilepaskan ke Pantai dalam bentuk ombak gelombang pecah di dekat Pantai dapat menjadi salah satu faktor penyebab terjadinya erosi dan sedimentasi di daerah (Opa, 2011)

Angin juga didefinisikan juga sebagai sirkulasi udara yang kurang lebih sejajar dengan permukaan bumi (Kramadibrata, 1985; Triatmodjo, 1999). Data angin digunakan untuk menentukan arah gelombang dan tinggi gelombang secara empiris. Data yang diperlukan adalah data arah dan kecepatan angin. Berbagai Upaya dilakukan untuk mereduksi masalah yang terjadi pada pantai yaitu erosi dampak negatif dari erosi, baik dengan cara *hard structure* (pemasangan struktur) ataupun dengan cara lain yang bersifat *soft structure* misalnya dengan pengisian pasir dan penanaman pohon pelindung pantai. Pada umumnya panjang groin berkisar antara 40-60 persen dari lebar rata-rata surf zone, dan jarak antara groin antara satu sampai tiga kali panjang groin (Horikawa, 1978).

Hubungan antara angin di atas laut dan angin di atas daratan yang terdekat diberikn oleh persamaan berikut (Triatmodjo 1999)

$$RL = \frac{U_w}{UL} \dots\dots\dots (1)$$

Dimana :

UL = Kecepatan angin yang diukur di darat (m/d)

Uw = Kecepatan angin di laut (m/d)

Pasang surut juga merupakan suatu fenomena pergerakan naik turunnya permukaan air laut secara berkala yang diakibatkan oleh kombinasi gaya grafitasi dan gaya tarik menarik dari benda-benda astronomi terutama oleh matahari, bumi dan bulan. Dronkers (1964). Selain itu juga terdapat beberapa faktor lain yang dapat mempengaruhi pasang surut di suatu perairan seperti, topografi dasar laut, lebar selat, bentuk teluk dan sebagainya, sehingga diberbagai lokasi memiliki ciring pasang surut yang berlainan (Wyrтки, 1961).

Berdasarkan beberapa acuan yang telah dipaparkan diatas, tujuan penulis mengangkat judul penelitian ini adalah untuk menganalisis karakteristik gelombang serta pengaruh wind setup terhadap gelombang di pantai punaga.

Persamaan (Rumus/Formulasi)

Hubungan antara angin di atas laut dan angin di atas daratan yang terdekat diberikn oleh persamaan berikut (Triatmodjo 1999).

$$RL = U_w (1)$$

UL

Dimana :

UL = Kecepatan angin yang diukur di darat (m/d)

Uw = Kecepatan angin di laut (m/d)

Dari kecepatan angin yang didapat, dicari faktor tegangan angin (wind steress) dengan persamaan (Triatmodjo, 1999)

$$U_a = 0,71 U^{1,23} (2)$$

Dimana U adalah kecepatan angin dalam meter/detik

Fetch efektif sebagai berikut (Triatmodjo, 1999)

$$F_{eff} = \frac{\sum X_i \cos \alpha}{\sum \cos \alpha} (3)$$

Dimana :

F_{eff} = Fetch rata-rata efektif

X_i = Panjang segmen *fetch* yang diukur dari titik observasi gelombang ke ujung akhir *fetch*

α = Deviasi pada kedua sisi dari arah angin, dengan menggunakan pertambahan 6° sampai sudut sebesar 42° pada kedua sisi dari arah angin.

Elevasi muka air

$$\eta(t) = S_0 + \sum^n A_i \cos(\omega_i t - P_i)$$

(Arief Nurrahman. 2020)

Dimana :

$\eta(t)$ = Elevasi pasang surut fungsi dari waktu

A_i = Amplitudo komponen ke-i

t = waktu

N = jumlah komponen

P_i = fase komponen

$\omega_i = 2\pi/T_i$ > T_i = periode

Untuk menentukan pasang surut muka air level muka air laut terendah (Lowest low water level atau LLWL) di gunakan persamaan berikut:

$$HHWL = MSL + (M2 + S2 + K1 + O1) (5)$$

$$HHWL = MSL - (M2 + S2 + K1 + O1) (6)$$

Selain itu, muka air rencana ini di pergunakan juga untuk penentuan tinggi gelombang pecah, salah satunya dilokasi bangunan. Untuk penentuan muka air rencana digunakan rumus berikut:

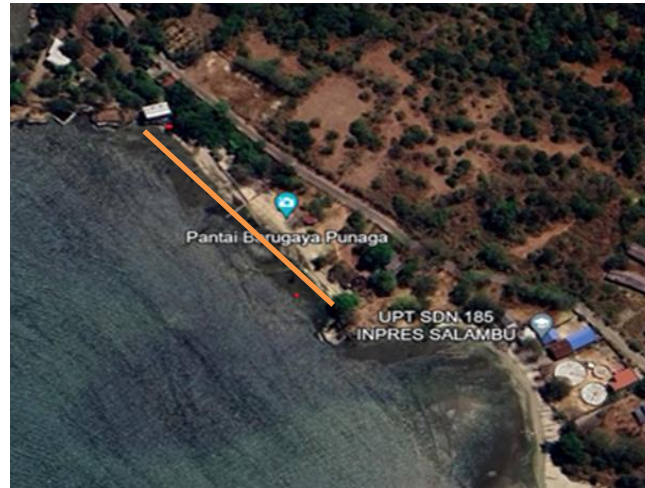
$$DWL = HWS + SS + WS + SLR (7)$$

Dimana :

HWS = Highwater spring (m)
 SS = Strom surge (m)

B. Metodologi

Lokasi penelitian ini akan dilaksanakan pada daerah Kawasan Pantai Punaga, Kecamatan Mangarabombang, Kabupaten Takalar. Pantai Punaga ini terletak antara $119^{\circ}25'54''$ BT dan $5^{\circ}34'57''$ LS. Wisata Pantai Punaga terletak di desa punaga, kecamatan mangngarabombang, kabupaten takalar. Memiliki jarak tempuh sekitar 25 km dari pusat kota kabupeten takalar. Pantai ini memiliki kondisi pasir yang bertekstur halus dan berwarna putih dengan tebing karang besar.



Gambar 2. Peta lokasi penelitian

a. Jenis Penelitian dan Sumber Data

Jenis penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan mengukur di lapangan secara langsung. Penelitian menggunakan metode kuantitatif karena data yang dikumpulkan akan lebih akurat dan sesuai dengan harapan jika dilakukan observasi secara bijaksana di lokasi penelitian. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis karakteristik gelombang di Pantai Punaga Kecamatan Mangarabombang, Kabupaten Takalar. Adapun data yang di gunakan yaitu data sekunder. Data sekunder yang digunakan yaitu, data yang di peroleh dari BMKG sebagai data pelengkap dan pendukung untuk penelitian tersebut, Adapun data yang dibutuhkan :

- a) Arah angin
- b) Kecepatan angin. Kemudian di olah menggunakan hindcasting yaitu teknik peramalan gelombang supaya di dapatkan periode dan tinggi gelombang.
- c) Pasang surut

b. Tahapan Penelitian

a) Data pasang surut

Data pasang surut didapatkan dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika atau biasa di singkat (BMKG). Dari data yang sudah diperoleh kemudian akan di olah untuk mengetahui type pasang surut yang berada dilokasi penelitian.

b) Data angin

Data angin didapatkan dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika atau biasa di singkat (BMKG). Dari data yang sudah diperoleh kemudian akan di olah untuk mengetahui besaran kecepatan angin dalam satuan knot serta mengetahui persentase angin pada masing-masing arah menggunakan windrose. Adapun Langkah-langkah pengolahan data windrose, yaitu:

- 1) Mengumpulkan data kecepatan angin dari stasiun Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG). Dari
- 2) tahun 2020 sampai dengan 2023.
- 3) Mempersiapkan data kecepatan angin dalam bentuk *Microsoft Excel* dengan isi judul kolom 1-7, yaitu kolom *stnid (station), year, month, day, hour, wdir (wind direction), wspd (windspeed)*.
- 4) Menghapus/delete data kecepatan angin yang bernilai 0 (nol) knots.

- 5) Kemudian meng-copy seluruh kolom data pada tahun yang sama, karena bentuk *wind rose* yang di olah pertahun (2020 - 2023) meng-copy ke dalam bentuk *text document – add file* di WRPLOT – *wind classes* di ganti sesuai maksimum *wind speed* – posisi *orientation* di *direction (blowing from)*.
- 6) Lalu *File notepad* dimasukkan ke dalam WRPLOT *View* atau *add file* untuk visualisasi *wind rose*.
- 7) *Wind rose* sudah terbentuk, lalu mengatur *wind classes* (dalam knots) menyesuaikan dengan kecepatan angin minimum dan maksimum diikuti dengan pengaturan warna *direction* yang diinginkan.
- 8) Untuk tampilan *wind rose, orientation* pada posisi *direction (blowing from)* lalu *wind rose* di *save* dalam bentuk kertas A4 (agar mudah dibaca).

Kemudian jika sudah didapatkan nilai persentase kejadian arah angin maka dilanjutkan ke perhitungan *fetch* untuk mencari rata-rata dari nilai *fetch* untuk digunakan dalam grafik hindcasting sehingga diketahui tinggi gelombang dan periode gelombang.

C. Hasil dan Pembahasan

a. Data Angin

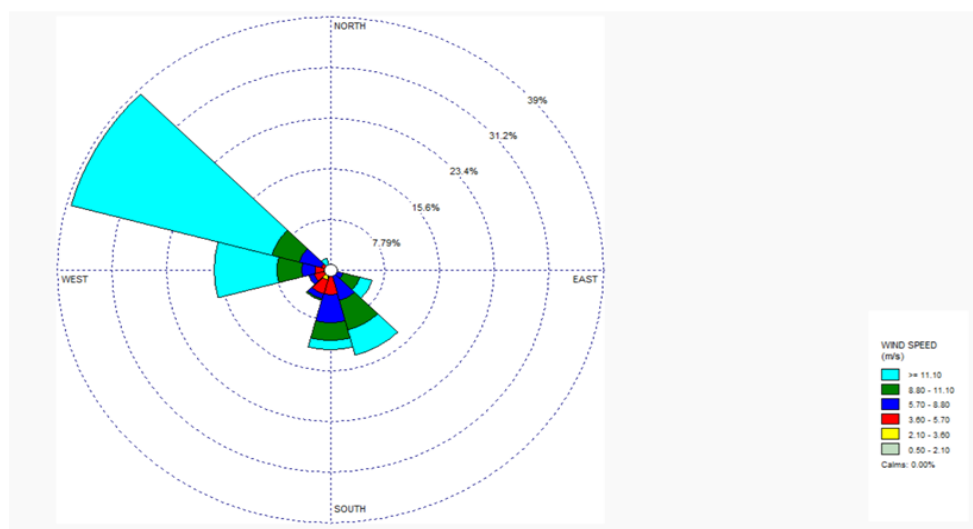
Data arah angin digunakan dalam studi ini diperoleh dari stasiun Meteorologi Paotere Kota Makassar dari tahun 2020-2023, data yang digunakan diperoleh dari data tahunan.

Tabel 1. Data Angin

Tahun	Kecepatan rata-rata (Knot)	Arah Terbanyak	Angin	
			Kecepatan Maksimum (Knot)	Arah kecepatan Maksimum
2020	5.40	103	15.20	330
2021	5.71	167	15.39	320
2022	5.59	110	13.87	301
2023	5.66	111	15.15	362

Sumber : Stasiun Metereologi Maritim Paotere Makassar

Berdasarkan gambar diagram mawar angin di atas, dapat dilihat bahwa presentasi kejadian angin yang paling besar atau sering terjadi adalah angin yang terhembus dari arah timur (47.1%), disusul masing-masing dari arah barat laut (18.8%), dan arah utara (16.9%).

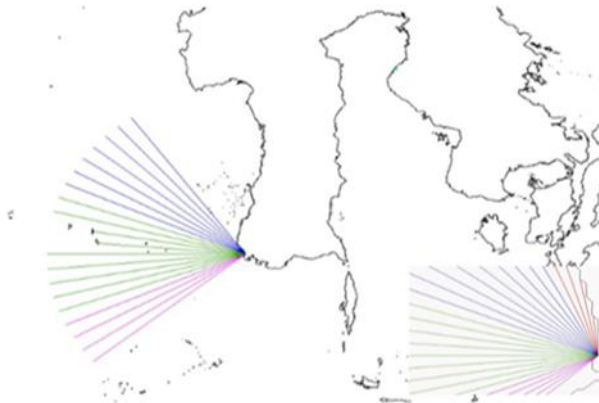


Gambar 3. Mawar angin Pantai Punaga (*Wrplot View*)

Berdasarkan gambar diagram mawar angin di atas, dapat dilihat bahwa presentasi kejadian angin yang paling besar atau sering terjadi adalah angin yang terhembus dari arah timur (47.1%), disusul masing-masing dari arah barat laut (18.8%), dan arah utara (16.9%).

b. Fetch

Fetch adalah daerah pembentukan gelombang yang di asumsikan memiliki kecepatan dan arah angin yang relative konstan. Di dalam tinjauan pembangkitan gelombang dilaut, fetch dibatasi oleh bentuk daratan yang mengelilingi laut. Di wilayah pembentukan lautan, gelombang tidak hanya dibangkitkan dalam arah yang sama dengan angin tetapi juga dalam berbagai sudut terhadap angin.



Gambar 4. Panjang *Fetch* dari Tenggara, Selatan, Barat Daya dan Barat

Tabel 2. Perhitungan *fetch* efektif dari arah Barat

	α	$\cos \alpha$	XI (km)	XI $\cos \alpha$
BARAT	-20	0.939693	200.00	187938.52
	-15	0.965926	200.00	193185.17
	-10	0.984808	200.00	196961.55
	-5	0.996195	200.00	199238.94
	0	1	200.00	200000
	5	0.996195	148.56	147994.68
	10	0.984808	156.03	153659.55
	15	0.965926	200.00	193185.17
	20	0.939693	200.00	187938.52
		Total	8.773242	

Berdasarkan tabel diatas untuk perhitungan *fetch* efektif dari arah Utara dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Fetch = \frac{\sum Xi \cos \alpha}{\sum \cos \alpha} = \frac{1660102.11}{8.773242} = 189.223 \text{ km} \longrightarrow 189223 \text{ m}$$

Tabel 3. Fetch Lokasi Studi

Arah	F ef (km)	Fef (m)
Southwest	199.999	199999
West	189.223	189223
Northwest	158.042	158042

c. Peramalan Tinggi Dan Periode Gelombang (*Hindcasting*)

Untuk keperluan peramalan gelombang biasanya digunakan data kecepatan angin pada ketinggian 10 m. Apabila kecepatan tidak di ukur pada ketinggian tersebut maka kecepatan angin perlu di koreksi terhadap ketinggian dengan rumus:

$$U(10) = U_d \left[\frac{10}{d} \right]^{1/7} \quad d < 20 \text{ m}$$

Tabel 4. Rekap hasil hitungan parameter gelombang tahun 2023

bulan	Tahun	derajat	Arah	WindSpd (m/s)	U10 (m/dtk)	t1 (dtk)	RL	U3600 (m/dtk)	RT	US (m/dtk)	Uw (m/dtk)	UA (cm/dtk)	Fetch (m/dtk)	t (dtk)
1	2020	281	W	8.65	8.65	186.01	0.9	9.61	1.37	13.18	11.86	14.88	166427	3600
2	2020	288	W	9.01	9.01	178.58	0.9	10.01	1.37	13.73	12.36	15.64	166427	7200
3	2020	178	S	6.64	6.64	242.32	0.9	7.38	1.37	10.12	9.11	10.75	0	3600
4	2020	103	E	6.99	6.99	230.19	0.9	7.77	1.37	10.65	9.59	11.45	0	3600
5	2020	100	E	10.8	10.80	148.98	0.9	12.00	1.37	16.46	14.81	19.55	0	7200
6	2020	109	E	15.2	15.20	105.86	0.9	16.89	1.37	23.16	20.85	29.76	0	10800
7	2020	106	E	15.09	15.09	106.63	0.9	16.77	1.37	23.00	20.70	29.50	0	14400
8	2020	103	E	15.01	15.01	107.20	0.9	16.68	1.37	22.87	20.59	29.31	0	18000
9	2020	114	SE	14.97	14.97	107.48	0.9	16.63	1.37	22.81	20.53	29.21	0	3600
10	2020	119	SE	11.69	11.69	137.64	0.9	12.99	1.37	17.81	16.03	21.55	0	7200
11	2020	144	SE	7.83	7.83	205.49	0.9	8.70	1.37	11.93	10.74	13.16	0	10800
12	2020	330	NW	9.41	9.41	170.99	0.9	10.46	1.37	14.34	12.91	16.50	135246	3600

$$\begin{aligned}
 t1 &= 1609 / U10 \\
 &= 1609 / 15.39 \\
 &= 104.54 \text{ m/det}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 U3600 &= U10 / RL \\
 &= 15.39 / 0.997 \\
 &= 15.43 \text{ m/det}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Us &= U3600 \times RT \\
 &= 17.10 \times 1.3715 \\
 &= 23.45 \text{ m/det}
 \end{aligned}$$

Hitung Uw dengan

Rumus:

$$\begin{aligned}
 Uw &= Us \times RL \\
 &= 23.45 \times 0.997 \\
 &= 23.37 \text{ m/det}
 \end{aligned}$$

Hitung UA dengan

Rumus:

$$\begin{aligned}
 UA &= 0.98 \times Uw^{1.23} \\
 &= 0.98 \times 23.37^{1.23} \\
 &= 47.27 \text{ m/det}
 \end{aligned}$$

Keterangan:

U3600 = Kecepatan rata-rata durasi 3600 detik

Us = Koreksi stabilitas

RL = Faktor reduksi

RT = Koefisien stabilitas

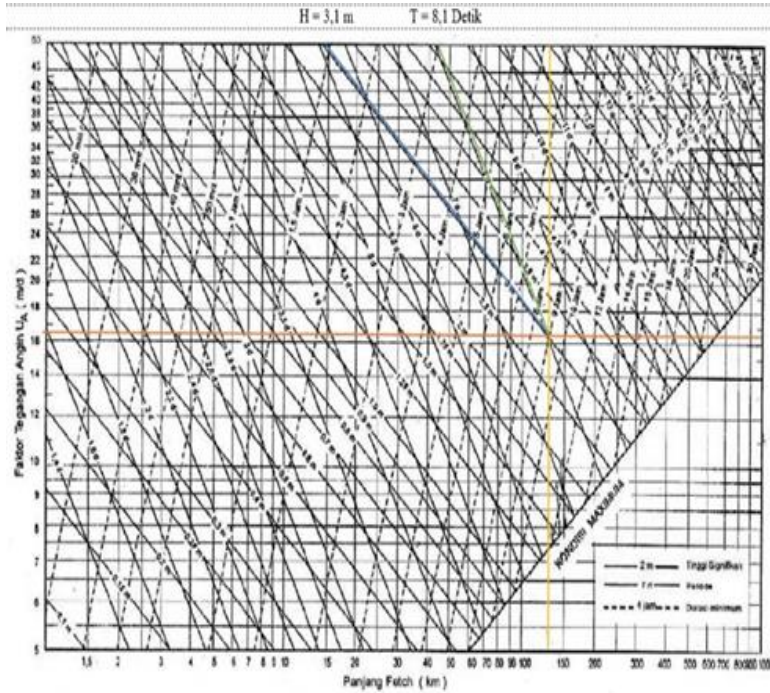
UA = *wind dtress factor* (faktor tegangan angin)

Uw = Kecepatan angin dilaut

UL = Kecepatan angin didarat

UW = Koreksi lokasi

Berdasarkan nilai UA dan besarnya fetch, tinggi dan periode gelombang dapat dicari dengan menggunakan grafik peramalan gelombang.



Gambar 5. grafik Peramalan Gelombang Tahun 2020

Tabel 5. Rekap tinggi gelombang (H) dan periode gelombang (T) dalam kurun waktu 4 tahun

Tahun	Tinggi Gelombang H (meter)	Periode Gelombang T (detik)
2020	3.1	8.1
2021	3.4	8.4
2022	3.5	8.7
2023	3.2	8.2

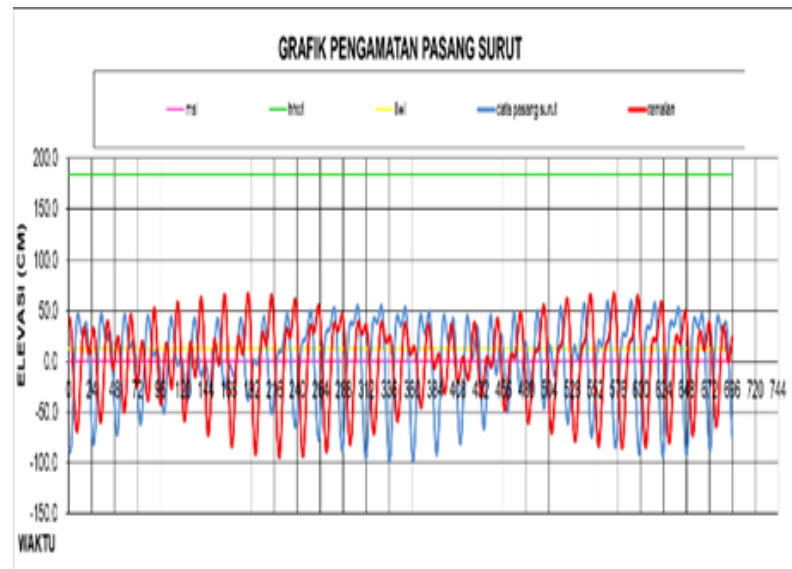


Gambar 6. Grafik Hubungan Antara Tinggi Dan Periode Gelombang

Dari hasil grafik hubungan antara tinggi dan periode gelombang maka dapat diketahui semakin tinggi kecepatan angin maka semakin tinggi pula gelombang yang dihasilkan.

d. Pasang Surut

Pasang surut merupakan fenomena alam yang berupa perubahan naik turunnya air laut yang disebabkan oleh kombinasi tarikan gravitasi dan juga tegangan permukaan yang diakibatkan benda benda astronomi, terutama bulan, bumi dan matahari (Triatmodjo, 1999).



Gambar 7. Grafik Pasang Surut Pantai Punaga BMKG Paotere

$$\begin{aligned}
 F &= A (K1)+A (O1) \\
 &A (M2)+A (S2) \\
 &= \frac{31.9 + 18.5}{31.1 + 2.6} \\
 &= 1.495 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan nilai Formzhal, maka kriteria pasang surut adalah: Pasut surut campuran condong harian ganda (Mixed Tide Prevalling Semidiurnal). Yaitu dalam satu hari terjadi dua kali air pasang dan dua kali air surut, tetapi tinggi dan periode yang berbeda.

D. Kesimpulan

Berdasarkan analisis karakteristik gelombang akibat wind setup di pantai punaga maka, dapat diambil suatu kesimpulan bahwa :

1. Pengaruh wind setup terhadap gelombang dengan hindcasting maka dapat diketahui semakin tinggi kecepatan angin maka semakin tinggi pula gelombang yang dihasilkan.
2. Gelombang tertinggi yang terjadi di daerah pantai punaga pada bulan januari tahun 2022 dari arah barat laut ketinggian gelombang (H) : 3,5 m, periode gelombang (T) : 8,7 m/s dengan kecepatan angin 11,15 m/s.

Saran

1. Diharapkan penelitian ini dapat dijadikan referensi penelitian selanjutnya mengenai bangunan pantai.
2. Pada peneliti selanjutnya diharapkan mengambil data angin sekitar 10 tahun untuk lebih efektifnya perhitungan mengenai tinggi dan juga periode gelombang.

E. Referensi

- Anggara, A. P., Kartijono, N. E., & Bodijantoro, P. M. H. (2017). Keanekaragaman Plankton di Kawasan Cagar Alam Tlogo Dringo, Dataran Tinggi Dieng, Jawa Tengah. *Indonesian Journal of Mathematics and Natural Sciences*, 40(2), 74-79.
- Ayunarita, S. H. E. R. L. Y., & Galib, M. (2017). Studi Pola Arus, Pasang Surut dan Gelombang di Perairan Pantai Pelawan Desa Pangke Kecamatan Meral Kabupaten Karimun Provinsi Kepulauan Riau. *Fak. Perikan. dan Kelaut. Univ. Riau. Pekan baru*.
- Bambang, T. (1999). Teknik Pantai. *Beta Offset, Yogyakarta*.
- Horikawa, K. (2000). History of coastal engineering in Japan. In *History and Heritage of Coastal Engineering* (pp. 336-374).
- Korto, J., Jasin, M. I., & Mamoto, J. D. (2015). Analisis pasang surut di pantai nuangan (desa iyok) boltim dengan metode admiralty. *Jurnal Sipil Statik*, 3(6).
- Kramadibrata, (1985). Perencanaan Pelabuhan. Ganeca Exact. Bandung.

- KURNIARI, K., SURYATMAJA, I. B., & RAMADHANA, M. A. (2023). ANALISIS TINGGI GELOMBANG AKIBAT WIND SETUP DI PANTAI SAWANGAN DENGAN METODE HINDCASTING. *GANEK SWARA*, 17(2), 537-543.
- Nadir, M., Anshari, A. I., & Jafar, I. (2021, December). ANALISIS KARAKTERISTIK GELOMBANG DAN PASANG SURUT PASCA PENAMBANGAN PASIR LAUT DI PERAIRAN KABUPATEN TAKALAR. In *Prosiding Seminar Nasional Politeknik Pertanian Negeri Pangkajene Kepulauan* (Vol. 2, pp. 10-17).
- Opa, E. T. (2011). Perubahan Garis Pantai Desa Bentenan Kecamatan Pusomaen, Minahasa Tenggara. *Jurnal perikanan dan kelautan tropis*, 7(3), 109-114.
- Rompas, N. F., Jasin, M. I., & Tawas, H. J. (2022). Analisis Pasang Surut Di Pantai Mahembang Kecamatan Kakas Kabupaten Minahasa Provinsi Sulawesi Utara. *Jurnal Sipil Statik*, 10(1).
- Santoso, K., Putra, I. D. N. N., & Dharma, I. G. B. S. (2019). Studi hindcasting dalam menentukan karakteristik gelombang dan klasifikasi zona surf di Pantai Uluwatu, Bali. *Journal of Marine and Aquatic Sciences*, 5(1), 119-130.
- Solom, J., Kushadiwijayanto, A. A., & Nurrahman, Y. A. (2020). Karakteristik Pasang Surut di Perairan Kuala Mempawah. *Jurnal Laut Khatulistiwa*, 3(2), 55-60.
- Sutikno. (2005). Pengantar Geografis Bagian Kedua. Yogyakarta : Fakultas Geografis Universitas Gadjah Mada.
- Triatmodjo, B. (2006). *Perencanaan bangunan pantai*. Beta Offset.
- Wyrтки, K. (1961). *Physical oceanography of the Southeast Asian waters* (Vol. 2). University of California, Scripps Institution of Oceanography.