

ANALISIS TINGGI GELOMBANG AKIBAT *WIND SETUP* DI PANTAI SAWANGAN DENGAN METODE HINDCASTING

KRISNA KURNIARI¹⁾, IDA BAGUS SURYATMAJA²⁾, MUHAMMAD AVIF RAMADHANA³⁾

Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Mahasaraswati Denpasar

krisnakurniari@unmas.ac.id

ABSTRAK

Pantai Sawangan terletak berhadapan langsung dengan Samudera Hindia, tingginya gelombang serta pembangkitan oleh angin yang menghasilkan energi besar yang menghempas Pantai Sawangan. Kemunduran garis pantai manakala sekitar tahun 2010 akses Pantai Sawangan menuju Pura Geger sudah berubah menjadi batuan karang dikarenakan pasir pantai kian terkikis. Kontur pantai yang semakin curam dapat mengganggu aktivitas nelayan dalam melaut dan adanya bangunan groin existing yang terkena tingginya gelombang mengakibatkan posisi batu pelindung tidak pada fungsinya. Oleh sebab itu dianggap perlu untuk mengetahui tinggi dan periode gelombang di Pantai Sawangan. Perhitungan tinggi gelombang ini nantinya bisa digunakan dalam perencanaan bangunan pengaman pantai yang sesuai di pantai tersebut. Perhitungan tinggi gelombang pada penelitian ini berfokus pada bangkitan gelombang akibat angin yang disebut dengan *Wind setup* dengan metode hindcasting. Data Dalam menentukan tinggi gelombang diperlukan data angin. Data angin rerata maksimum bulanan dari sumber BMKG meliputi 8 arah dan kecepatan angin. Angin dominan dari arah timur yaitu sebesar 40.83%. Peramalan tinggi gelombang (*Hindcasting*) dari perhitungan factor tegangan angin dan *fetch* efektif didapat nilai tinggi gelombang (H) 2.75 meter dengan periode gelombang (T) 10 detik.

Kata kunci: *Pantai Sawangan, Tinggi Gelombang, Metode Hindcasting*

ABSTRACT

Sawangan Beach is located directly facing the Indian Ocean, the high waves and the generation by the wind which produce great energy that hits Sawangan Beach. The coastline was a setback when, around 2010, the access from Sawangan Beach to Pura Geger had turned into rock because the sand on the beach was increasingly eroding. The increasingly steep coastal contours can interfere with fishing activities and the existence of existing groin buildings that are hit by high waves causes the position of the protective stones to not function properly. Therefore it is considered necessary to know the wave height and period at Sawangan Beach. This wave height calculation can later be used in planning appropriate coastal protection structures on the beach. Calculation of wave height in this study focuses on wave generation due to wind, which is called a wind setup using the hindcasting method. Data In determining wave height, wind data is needed. Monthly maximum average wind data from BMKG sources includes 8 directions and wind speeds. The dominant wind is easterly, namely 40.83%. Forecasting wave height (hindcasting) from the calculation of the wind stress factor and effective fetch, the value of the wave height (H) is 2.75 meters with a wave period (T) of 10 seconds.

Keywords: *Sawangan Beach, Wave Height, Hindcasting method*

PENDAHULUAN

Pantai menurut Sutikno (2005) merupakan suatu area yang meluas dari titik terendah air laut pada saat surut hingga ke arah daratan sampai mencapai batas efektif dari gelombang. Berdasarkan data Dinas Tata Ruang Provinsi Bali, total panjang garis pantai Pulau Bali ialah 633,35 km. Namun 70 km garis pantai di Bali saat ini mengalami kerusakan dengan jenis kerusakan sedang hingga serius (Kompas,2005).

Berdasarkan data yang diperoleh dari Laporan Status Lingkungan Hidup Daerah (SLLHD) Kabupaten Badung serta Kepala Satuan Non Vertikal Tertentu (SNVT) selaku Pelaksana Jaringan Sumber Air (PJSA) BWS Bali-Penida. Erosi pantai Kabupaten Badung memiliki panjang garis pantai kurang lebih 64 Km (81,5 Km), pada tahun 2004 sepanjang 11,56 km pantai mengalami erosi yang cukup parah, dan tahun 2005-2006 sudah tertangani sepanjang 5,06km, sehingga masih tersisa 6,50 km yang belum tertangani. Salah satu pantai yang belum tertangani yakni Pantai Sawangan,

Dalam berbagai masalah yang terjadi dalam pantai salah satu masalah yang paling mempengaruhi adalah erosi. Penyebab dari 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. Selain itu naiknya level permukaan air laut yang disebabkan oleh pemanasan permukaan bumi akibat dari faktor manusia juga dapat menimbulkan tingginya gelombang datang.

Pantai Sawangan memiliki letak yang berhadapan langsung dengan Samudera Hindia, posisi ini ditambah dengan keberadaan Benua Australia yang membawa hembusan angin muson timur menyebabkan tingginya gelombang serta pembangkitan oleh angin yang menghasilkan energi besar yang menghempas Pantai Sawangan. Arah datangnya gelombang yang tegak lurus dengan garis pantai mengakibatkan kemunduran garis pantai, hal ini dapat diamati manakala sekitar tahun 2010 akses Pantai Sawangan menuju Pura Geger sudah berubah menjadi batuan karang dikarenakan pasir pantai kian terkikis. Kontur pantai yang semakin curam dan berkarang dapat mengganggu aktivitas nelayan dalam melaut dan adanya bangunan groin existing yang terkena dampak dari tingginya gelombang mengakibatkan posisi batu pelindung sudah tidak pada fungsinya. 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*). Data tinggi gelombang ini akan sangat berguna sebagai bahan sadar dari perencanaan tentang pengelolaan Kawasan Pantai Sawangan.

Pantai merupakan wilayah yang menjadi pembatas antara daratan dan lautan yang mendapat pengaruh pasang surut air laut.. Pantai memiliki gambaran nyata dari penyatuan antara air, angin serta material lain seperti tanah serta memiliki berbagai manfaat oleh karena itu pantai merupakan objek yang sering mengalami kerusakan baik dari faktor alam maupun dari faktor manusia seperti erosi pantai. Erosi pantai adalah proses mundurnya garis pantai dari posisi acuan yang pada awalnya disebabkan oleh tidak seimbangannya proses pengisian dan volume angkutan sedimen.

Peramalan gelombang dimaksudkan adalah mengalih-ragamkan (transformasi) data angin menjadi data gelombang. Data angin yang diperlukan untuk meramalkan karakteristik gelombang adalah kecepatan angin (U_a) dalam satuan meter/detik, lama angin bertiup (t) dalam satuan jam, jarak seret sumber angin ($Fetch = F$) dalam satuan Km dan arah datangnya angin.

Windrose merupakan suatu diagram yang berisi mengenai informasi arah dan kecepatan angin. *Windrose* sendiri dapat digunakan untuk menganalisis data angin dalam keperluan meteorologi dari suatu set data angin.

Fetch adalah daerah pembentukan gelombang yang diasumsikan memiliki kecepatan dan arah angin yang relatif konstan. *Fetch* ini berpengaruh pada periode dan tinggi gelombang yang dibangkitkan. Semakin panjang jarak *fetch*nya, ketinggian gelombangnya akan semakin besar dan periode gelombangnya akan semakin lama.

Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu “bagaimana menganalisis tinggi gelombang akibat *wind setup* di pantai Sawangan dengan metode hindcasting?”.

Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini yaitu untuk menganalisis tinggi gelombang akibat *wind setup* di pantai Sawangan dengan metode hindcasting.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan tujuan untuk memperoleh informasi sesuai fakta pada lapangan secara sistematis dan akurat, peneliti ini menggunakan metode kuantitatif karena informasi yang diperoleh akan lebih terperinci serta sesuai dengan sasaran dengan melakukan observasi secara mendalam di lokasi penelitian tersebut. dalam penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik gelombang pada daerah Pantai Sawangan di Desa Adat Peminge Banjar Sawangan.

Data dalam penelitian ini menggunakan data kecepatan angin, dan arah angin selama kurun waktu 10 tahun (tahun 2012 s.d tahun 2021) yang diperoleh dari BMKG Tuban.. Dari data kecepatan angin dan arah angin tersebut kemudian diolah menggunakan metode hindcasting yakni peramalan gelombang sehingga didapat tinggi dan periode gelombang.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambaran Umum Daerah Studi

Pantai Sawangan terletak di Banjar Sawangan Desa Adat Peminge Kecamatan Kuta Selatan Kabupaten Badung, Nusa Dua. Pantai Sawangan memiliki kawasan radius $\pm 1,5$ km melintang dari timur laut ke barat daya menghadap ke tenggara pada arah Samudera Hindia. Pantai sawangan memiliki kondisi pasir yang bertekstur halus dan berwarna putih bersih. Keadaan di pantai sawangan mengalami erosi seperti pantai lainnya di daerah kuta selatan khususnya kabupaten Badung.

Analisis Arah Dan Kecepatan Angin

Untuk memperoleh distribusi kecepatan dan arah angin, dilakukan proses pengolahan data angin yang diperoleh dari kantor Balai Besar Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Wilayah III Denpasar. Data angin yang digunakan selama 10 tahun yaitu dari tahun 2012 sampai tahun 2021. Kecepatan di dalam data ini menggunakan satuan knot. Analisis ini digunakan untuk mengetahui persentase kejadian dari masing-masing kecepatan untuk setiap arah mata angin yang akan digunakan untuk mengetahui arah angin dominan, *fetch effective* dan peramalan gelombang akibat angin.

Tabel 1. Data Arah Angin

TAHUN	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOP	DES
2012	B	B	B	T	T	T	TG	TG	TG	TG	T	B
2013	B	B	B	T	T	T	T	T	TG	TG	TG	B
2014	B	T	T	B	T	T	T	T	T	T	T	B
2015	BD	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	B
2016	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	B
2017	B	B	B	T	T	T	T	TG	TG	TG	T	B
2018	B	B	B	T	T	TG	TG	TG	T	T	TG	B
2019	B	B	B	T	T	T	T	TG	T	T	B	B
2020	B	T	T	T	TG	TG	T	TG	TG	TG	TG	B
2021	B	B	B	T	T	T	TG	TG	TG	S	B	B

Keterangan : TL Timur Laut B Barat
 T Timur BL Barat Laut
 TG Tenggara U Utara
 S Selatan C Calm
 BD Barat Daya V Variable (Berubah-ubah)

Tabel 2. Data Besaran Kecepatan Angin Dalam Satuan Knot

TAHUN	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOP	DES
2012	8	5	7	5	7	7	8	8	5	6	4	5
2013	9	6	5	5	5	5	8	8	7	5	5	6
2014	9	7	4	4	6	9	8	9	6	6	5	6
2015	9	5	5	5	6	8	8	8	7	6	5	6
2016	6	5	4	5	6	6	7	7	6	6	4	8
2017	8	8	5	5	7	8	8	8	7	5	4	7
2018	9	7	5	5	8	8	8	7	5	5	5	7
2019	8	5	6	6	6	7	8	7	7	5	5	5
2020	8	6	5	4	6	6	9	8	6	6	5	7
2021	7	7	5	5	6	6	7	7	7	4	4	7

Perhitungan Mawar Angin (Windrose)

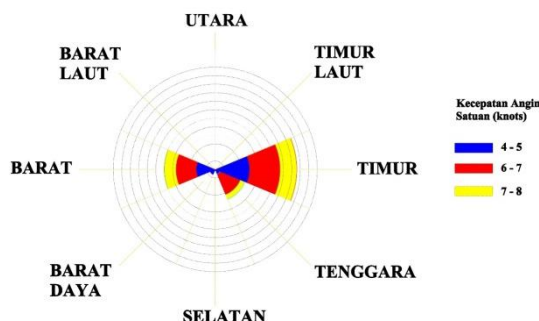
Dalam meramalkan karakteristik gelombang data yang diperlukan merupakan kecepatan angin. Dengan itu data yang diperoleh akan diolah menjadi tabel persentase kejadian angin tiap tahun dan dibuat dalam bentuk *windrose* untuk memperoleh persentase kejadian dari masing-masing kecepatan untuk setiap arah angin.

Tabel 3 Data rekapitulasi kejadian pada masing-masing arah

Kecepatan	Jumlah Kejadian Arah Angin								Total
	U	TL	T	TG	S	BD	B	BL	
4-5	0	0	24	3	1	2	13	0	43
6-7	0	0	22	12	0	1	14	0	49
8-9	0	0	11	7	0	1	9	0	28
Total	0	0	57	22	1	4	36	0	120

Tabel 4 Data persentase nilai kejadian angin pada masing-masing arah

Kecepatan	Persentase Kejadian Arah Angin (%)								Total
	U	TL	T	TG	S	BD	B	BL	
4-5	0.00	0.00	20.00	2.50	0.83	1.67	10.83	0.00	35.83
6-7	0.00	0.00	18.33	10.00	0.00	0.83	11.67	0.00	40.83
8-9	0.00	0.00	9.17	5.83	0.00	0.83	7.50	0.00	23.33
	0.00	0.00	47.50	18.33	0.83	3.33	30.00	0.00	100.00



Gambar 1. Diagram Mawar Angin Pantai Sawangan

Persentase tertinggi ialah kecepatan angin sebesar 40.83% sehingga dapat dianalisa bahwa arah datangnya angin dominan dari besaran nilai persentase adalah arah timur, dan visualisasi data dapat dituangkan dalam diagram mawar angin. Pengecekan sumber data angin didapati nilai total kecepatan angin yang menggunakan satuan knot diasumsikan pengukuran kecepatan angin di laut (kapal) pada persentase terbesar yaitu 18.33%, dengan range yang ditunjuk yaitu nilai kecepatan tertinggi ialah 7 Knot yang dimana apabila dikonversi ke satuan m/s menjadi 3.60 m/s.

1. Koreksi Ketinggian

Untuk keperluan peramalan gelombang biasanya dipergunakan kecepatan angin pada ketinggian 10m. Data angin yang diperoleh dari kantor Balai Besar Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Wilayah III Denpasar diukur dengan alat yang memiliki ketinggian 3m dari permukaan tanah sehingga apabila kecepatan tidak diukur pada ketinggian 10m tersebut maka kecepatan angin perlu dikoreksi dengan rumus

$$U_{(10)} = 3,60 \times \left[\frac{10}{3} \right]^{1/7} = 4,28 \text{ m/s}$$

2. Koreksi Lokasi

Kecepatan angin yang terbentuk di koreksi akibat perbedaan temperature di darat dan dilaut sehingga data kecepatan yang didapat dengan pengukuran alat yang dilakukan di darat akan dihitung dengan rumus

Pencatatan kecepatan angin di darat (data BMKG) adalah 4.28 m/s, untuk itu dilakukanlah pembacaan grafik sehingga di dapat nilai U_w . Sehingga nilai hubungan kedepatan angin di laut dan didarat dapat dihitung (U). Berdasarkan pembacaan grafik dan pehitungan didapat nilai U yakni :

$$U = 1,1 \times 1,5 \times 4,28 = 7,06 \text{ m/s}$$

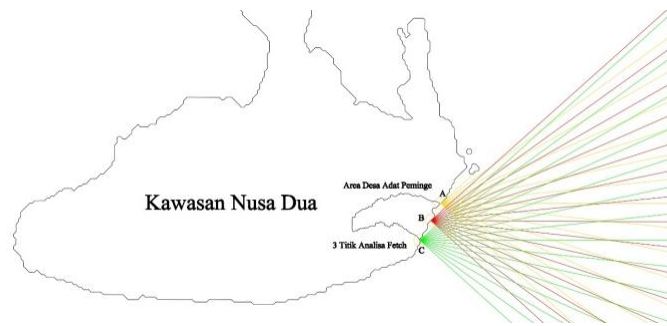
3. Koreksi Tegangan Angin (U_A)

Rumus-rumus dan grafik pembangkitan gelombang mengandung variabel U_A , yaitu faktor tegangan angin (*wind stress factor*) yang dapat dihitung dari kecepatan angin. Kecepatan angin di konversikan pada faktor tegangan angin dengan menggunakan rumus Persamaan 2.4

$$U_A = 0,71 \times 7,06^{1,23} = 7,86 \text{ m/s}$$

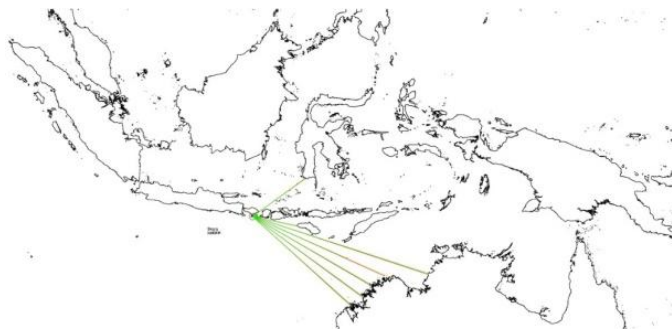
Perhitungan Fetch Effective

Fetch merupakan daerah pembentukan gelombang yang diasumsikan memiliki kecepatan dan arah angin yang relative konstan. Di dalam tinjauan pembangkitan gelombang di laut, *fetch* dibatasi oleh bentuk daratan yang mengelilingi laut. Di daerah pembentukan gelombang, gelombang tidak hanya dibangkitkan dalam arah yang sama dengan angin tetapi juga dalam berbagai sudut terhadap angin. Panjang *fetch* adalah panjang laut yang dibatasi oleh pulau pulau pada kedua ujungnya. Gambar berikut menunjukkan cara mendapatkan *fetch effective*.



Gambar 3. Perhitungan *Fetch*

Proses analisa panjang *fetch* efektif dilakukan dengan menghitung nilai cos pada sudut pembentukan dan panjang titik *fetch* terhadap rintangan dicari dengan melalui gambar berskala, sehingga nilai cos pada sudut yang terbentuk dikalikan dengan jarak panjang rintangan. Akumulasi dari nilai perkalian tersebut dibagi dengan total nilai cos sudut, sehingga didapat nilai *fetch* efektif yang akan dirata rata kembali terhadap 3 titik peninjauan. Hasil perhitungan *fetch effective* dapat dilihat pada tabel 5, 6 dan 7.



Gambar 4. Garis Panjang Fetch Lokasi Studi

Tabel 5 Hasil Perhitungan *Fetch* Titik A

Titik A			
Sudut (a)	Cos (a)	Xi (km)	Xi, Cos (a)
42	0.7431	1.63	1.21
36	0.8090	537.06	434.48
30	0.8660	24.18	20.94
24	0.9135	25.14	22.97
18	0.9511	23.76	22.60
12	0.9781	26.29	25.71
6	0.9945	29.36	29.20
0	0.0000	35.18	35.18
6	0.9945	76.24	75.82
12	0.9781	384.87	376.44
18	0.9511	1535.49	1460.40
24	0.9135	1269.43	1159.62
30	0.8660	1125.83	974.97
36	0.8090	1108.66	896.91
42	0.7431	1106.29	822.08
Total	12.5106	7309.41	6358.54

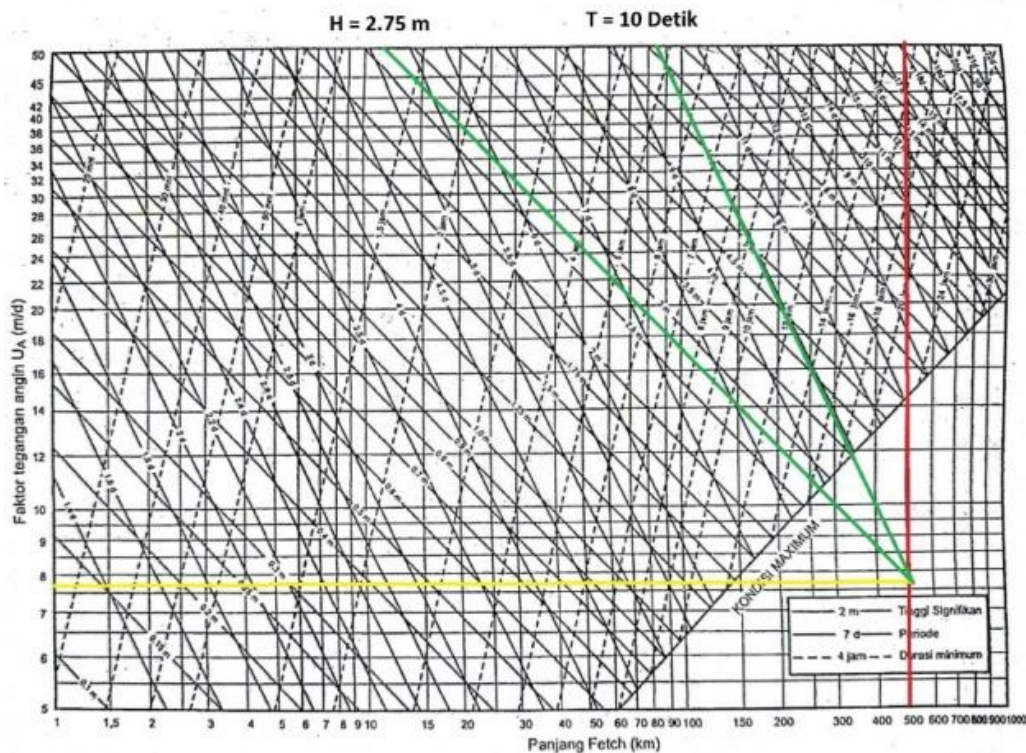
Tabel 6 Hasil Perhitungan Fetch Titik B

Titik B			
Sudut (a)	Cos (a)	Xi (km)	Xi, Cos (a)
42	0.7431	46.45	34.52
36	0.8090	545.32	441.16
30	0.8660	25.56	22.13
24	0.9135	9.82	8.97
18	0.9511	24.11	22.93
12	0.9781	26.51	25.93
6	0.9945	30.02	29.85
0	0.0000	62.38	62.38
6	0.9945	77.85	77.42
12	0.9781	387.96	379.46
18	0.9511	1534.95	1459.89
24	0.9135	1198.30	1094.65
30	0.8660	1129.71	978.33
36	0.8090	1141.47	923.45
42	0.7431	1107.33	822.86
Total	12.5160	7347.74	6383.94

Tabel 7 Hasil Perhitungan Fetch Titik C

Titik C			
Sudut (a)	Cos (a)	Xi (km)	Xi, Cos (a)
42	0.7431	47.17	35.05
36	0.8090	540.88	437.57
30	0.8660	25.39	21.99
24	0.9135	24.90	22.75
18	0.9511	25.89	24.62
12	0.9781	27.72	27.11
6	0.9945	30.97	30.80
0	0.0000	62.67	62.67
6	0.9945	78.41	77.98
12	0.9781	387.49	379.00
18	0.9511	1535.75	1460.65
24	0.9135	847.58	774.26
30	0.8660	1126.60	975.64
36	0.8090	1107.62	896.06
42	0.7431	1112.42	826.64
Total	12.5160	6981.46	6052.80

Berdasarkan U_A dan F_{eff} yang nilai nya didapat dari perhitungan rumus, maka nilai tersebut dihitung rata rata pada masing-masing titik fetch yang ditinjau. Titik A = 508,25 km, Titik B = 510,28 km, Titik C = 483,81 km sehingga dipakai nilai 500,78 km dalam menghubungkan garis pada grafik hubungan panjang fetch terhadap faktor tegangan angin, dengan nilai faktor tegangan angina sebesar 7,86 m/detik. Pada grafik yang memiliki parameter periode waktu, durasi hembusan angin serta tinggi signifikan gelombang dapat diketahui. Nilai U_A dan F_{eff} dimasukkan pada grafik peramalan gelombang. Nilai perhitungan *fetch* dibuat garis vertikal sesuai dengan skala pada sumbu (x) sedangkan nilai faktor tegangan angin dibuat garis horizontal sesuai dengan skala nilai pada sumbu (y) sehingga perpotongan dari garis nilai *fetch* dan faktor tegangan angin memberikan sudut diagonal yang dapat digunakan dalam menentukan batas parameter nilai tinggi dan gelombang sehingga dapat membuat garis diagonal yang sejajar dengan garis parameter tersebut terhadap posisi perpotongan dua garis *fetch* dan faktor tegangan angin, maka nilai tinggi dan periode gelombang dapat diketahui. Dari hasil pembacaan grafik didapatkan hasil tinggi tinggi gelombang 2,75 m dengan periode 10 detik.



Gambar 5 Hasil Pembacaan Grafik Peramalan Gelombang

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan perhitungan dapat disimpulkan hasil sebagai berikut. Data angin rerata maksimum bulanan dari sumber BMKG meliputi 8 arah dan kecepatan angin. Angin dominan dari arah timur yaitu sebesar 40.83%. Peramalan tinggi gelombang (*Hindcasting*) dari perhitungan faktor tegangan angin dan *fetch* efektif didapat nilai tinggi gelombang (H) 2.75 meter dengan periode gelombang (T) 10 detik.

Saran

Perhitungan ini hanya berdasarkan bangkitan gelombang oleh angin. Apabila akan digunakan sebagai kelengkapan data perencanaan bangunan pantai, Penulis menyarankan dilakukan penelitian lanjutan yakni perhitungan *wave setup* di lokasi tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. (2023). Data Kecepatan Angin Bulanan tahun 2011-2022, Badung :BMKG Tuban
- CERC. (1984). *Shore Protection Manual*. US Army Coastal Engineering, Research Center. Washington.
- Mulyabakti, C. (2016). “*Analisis Karakteristik Gelombang dan Pasang Surut Pada Daerah Pantai Paal Kecamatan Likupang Timur Kabupaten Minahasa Utara*” Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado
- Sutikno. (2005). Pengantar Geografi Bagian Kedua. Yogyakarta : Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada
- Syamsuddin. (2005). *Pedoman Perencanaan Teknis Tembok Laut, Revetment, dan Krib Tegak Lurus Pantai*, Puslitbang Air, ITB, Bandung
- Syamsudin, Yuwono,N. dan Azhar, R. M. (2005). Pedoman Perencanaan Jetty Tipe Rubble Mound Untuk Penanggulangan Penutupan Muara Sungai oleh Sedimen. Pedoman Konstruksi dan Bangunan. Badan Litbang PU Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta
- Triatmodjo, B. (2012). *Perencanaan Bangunan Pantai*. Beta Offset. Yogyakarta.
- Triatmodjo, Bambang. (1999). *Teknik Pantai*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Yuwono, Nur. (1982). *Teknik Pantai Volume I*, Yogyakarta
- Yuwono, Nur. (1992). *Dasar-Dasar Perencanaan Bangunan Pantai Volume II*. Yogyakarta: Biro Penerbit Keluarga Mahasiswa Teknik Sipil Fakultas Teknik UGM