

PENGUNAAN DATA HISTORIS KLIMATOLOGI DALAM PERAMALAN GELOMBANG LAUT DI PERAIRAN SORONG PROVINSI PAPUA BARAT

William David Tan Bembuain¹, Muh. Akhsan Samaila²

^{1,2}Politeknik Saint Paul Sorong
Email: bembuain90@gmail.com

Abstrak

Gelombang merupakan salah satu parameter penting yang perlu diketahui dan diperhitungkan. Itulah sebabnya diperlukan pendataan gelombang sebagai parameter dalam merencanakan bangunan pantai. Sayangnya, pengambilan data gelombang di laut secara langsung memiliki tingkat kesulitan teknis yang tinggi dan biaya operasional yang mahal. Itulah sebabnya diperlukan peramalan gelombang laut dengan data angin. Tujuan dari penelitian ini adalah 1) Untuk mengetahui tinggi, periode, dan arah gelombang maksimum yang terjadi di perairan Sorong, khususnya Sorong Barat, 2) Untuk mengetahui tinggi, periode, dan arah gelombang dominan yang terjadi di perairan Sorong Barat. Pada penelitian ini digunakan peramalan gelombang dengan metode *hindcasting* dan analisis berdasarkan *Shore Protection Manual* 1984 dan dilanjutkan dengan perhitungan periode ulang menggunakan metode distribusi Fisher Tippet Type -1 dan metode Weibull. Hasil penelitian ini menunjukkan tinggi gelombang maksimum selama 10 tahun terakhir setinggi 1,13 meter dengan periode gelombang 4,7 detik yang terjadi pada bulan Januari dan berasal dari arah Barat. Sedangkan tinggi gelombang dominan berasal dari arah Selatan dengan persentase kejadian sebesar 79,1 % yang terjadi pada bulan Agustus, dan tinggi puncak pada periode ulang 100 tahun dengan metode Fisher setinggi 1,31 meter dengan periode selama 4,85 detik. Sedangkan untuk metode Weibull diperoleh tinggi gelombang setinggi 1,37 meter dengan periode 4,93 detik.

Kata kunci : Peramalan Gelombang, SPM 1984, Tinggi Gelombang Signifikan, Periode Gelombang Signifikan, Periode Ulang.

1. PENDAHULUAN

Laut memiliki peran penting dalam kehidupan manusia sehari-hari. Tetapi, untuk beraktivitas di laut, manusia perlu memperhitungkan beberapa aspek yang ada pada laut, salah satunya adalah gelombang laut. Gelombang merupakan salah satu parameter penting yang perlu diketahui dan diperhitungkan. Itulah sebabnya diperlukan pendataan gelombang sebagai parameter dalam merencanakan bangunan pantai. Sayangnya, pengambilan data gelombang di laut secara langsung memiliki tingkat kesulitan teknis yang tinggi dan biaya operasional yang mahal. Tentu saja hal ini dapat berakibat pada fungsionalitas bangunan ataupun system yang diharapkan pada saat tahap perencanaan bangunan tersebut. Itulah sebabnya diperlukan peramalan gelombang laut. Peramalan gelombang sendiri diperlukan agar mengetahui karakteristik gelombang seperti tinggi, arah, dan durasi gelombang. Dalam penelitian ini menggunakan metode CERC (SPM 1984) sebagai acuan dalam mencari tinggi dan durasi gelombang di perairan kota Sorong..

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Gelombang Laut

Gelombang merupakan pergerakan naik turunnya air laut dengan arah tegak lurus permukaan laut yang berbentuk kurva

sinusoidal. Gelombang sendiri merupakan salah satu parameter penting yang perlu diperhitungkan dalam perencanaan Pelabuhan dan bangunan pantai lainnya. Itu disebabkan karena gelombang dapat menghasilkan energi yang mempengaruhi profil pantai serta menyebabkan berbagai gaya pada bangunan pinggir pantai.

Gelombang dapat disebabkan oleh berbagai hal seperti angin, gempa bawah laut, dan gaya tarik gravitasi dari bulan dan matahari. Gelombang angin dipengaruhi oleh kecepatan angin, panjang fetch, dan durasi angin. Jika semakin besar kecepatan angin dan makin lama durasinya serta makin panjang jarak fetch nyam aka gelombang yang terbentuk akan semakin besar

2.2. Angin

Angin merupakan sirkulasi udara yang kurang lebih sama dengan permukaan bumi dan bergerak dari daerah bertekanan tinggi ke daerah bertekanan rendah. Secara klimatologis, arah angin dibagi menjadi delapan arah mata angin, sedangkan dalam dunia penerbangan arah angin dibagi menjadi 16 arah mata angin.

2.3. Windrose

Diagram windrose merupakan diagram yang mempresentasikan arah dan kecepatan angin pada setiap arah mata angin dengan tujuan

untuk menentukan kecepatan dan arah angin dominan pada lokasi penelitian. Windrose menggunakan system koordinat kutub *gridding*, frekuensi angin selama periode tertentu oleh arah angin, dengan pita warna yang menunjukkan rentang kecepatan angin dan arah pita terpanjang menunjukkan arah angin dengan frekuensi terbesar.

2.4. Fetch efektif

Fetch adalah panjang daerah pembangkitan gelombang pada arah datangnya angin. dalam tinjauan gelombang laut, fetch dibatasi oleh bentuk dari daratan yang mengelilingi laut. Apabila bentuk daerah pembangkitan tidak teratur maka dibutuhkan penentuan fetch efektif (F_{eff}) untuk keperluan peramalan gelombang sebagai berikut :

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

Dimana :

F_{eff} = Panjang fetch efektif (m)

ξ = Panjang segmen fetch pada arah yang diincar (m)

α = deviasi pada kedua sisi dari arah angin

2.5. Peramalan Gelombang

Berdasarkan data meteorologi peramalan gelombang dibagi menjadi dua metode yaitu Hindcasting dan Forecasting. Metode forecasting adalah pendugaan gelombang berdasarkan kondisi meteorologi yang akan datang sedangkan metode hindcasting adalah pendugaan gelombang berdasarkan kondisi meteorologi di masa lalu. Dalam peramalan gelombang berdasarkan data angin, perlu diketahui beberapa parameter seperti kecepatan angin (U) dan arah angin, panjang fetch (F), lama hembus (td). Dalam penelitian ini peramalan gelombang didasarkan pada *Coastal Engineering Research Centre* (CERC).

2.6. Perhitungan Wind Stress Factor

Wind Stress Factor merupakan parameter yang digunakan dalam perhitungan tinggi gelombang. Sebelum dilakukan perhitungan wind stress factor, data angin perlu dikoreksi terlebih dahulu. Berdasarkan CERC (SPM 1984) berikut merupakan beberapa hal yang perlu dikoreksi :

Koreksi ketinggian

Dalam perhitungan *wind stress factor*, data angin yang digunakan harus diukur pada ketinggian sepuluh meter diatas permukaan laut. Bahkan untuk ketinggian 20 m datanya masih dianggap baik dan tidak perlu dikoreksi. Bila data angin yang diperoleh diukur pada ketinggian kurang dari sepuluh meter, perlu dilakukan koreksi dengan persamaan berikut :

$$U(10) = U(z) \left(\frac{10}{z} \right)^{1/7}$$

Dimana :

$U(10)$ = kecepatan angin pada elevasi sepuluh meter (m/det)

$U(z)$ = kecepatan angin pada ketinggian pengukuran (m/det)

Z = kecepatan angin pada ketinggian pengukuran (det)

Koreksi Stabilitas

Koreksi stabilitas diperlukan jika ada perbedaan suhu antara suhu air dan suhu udara di permukaan air. Persamaan yang digunakan dalam koreksi stabilitas sebagai berikut :

$$U = R_T U(10)$$

Dimana :

U = Kecepatan angin setelah dikoreksi (m/det)

$U(10)$ = Kecepatan angin sebelum dikoreksi (m/det)

R_T = Koefisien stabilitas, nilai diperoleh pada grafik SPM (Vol. 1)

Koreksi Efek Lokasi

Koreksi efek lokasi diperlukan jika data angin diukur di darat dan bukan di laut maupun tepi pantai. Agar merubah kecepatan angin yang bertiup di darat menjadi kecepatan angin yang bertiup diatas laut digunakan persamaan :

$$U_w = R_L U_L(10)$$

Dimana :

U_w = kecepatan angin di laut (m/det)

U_L = kecepatan angin di darat (m/det)

R_L = ratio hubungan antara angin darat dan laut

Konversi ke Wind Stress Factor

Setelah koreksi dan konversi kecepatan angin dilakukan, selanjutnya dengan konversi ke wind stress factor, dengan persamaan berikut :

$$U_A = 0,71U^{1,23}$$

Dimana :

U_A = wind stress factor

U = kecepatan angin (m/s)

2.7. Shore Protection Manual (SPM)

Pada perhitungan peramalan tinggi dan periode gelombang menggunakan metode SPM, ada faktor faktor yang harus diperhatikan yaitu fetch limited, time limited, dan *fully/nonfully developed sea*. Kondisi fetch limited adalah kondisi dimana angin bertiup cukup lama dan membentuk tinggi gelombang pada ujung fetch, sedangkan time limited adalah kondisi dimana tinggi gelombang dibatasi oleh durasi angin yang bertiup.

Keduanya merupakan parameter pada kondisi *nonfully developed sea*. Persamaan yang digunakan pada kondisi *nonfully developed sea* yaitu :

$$\frac{gH_{mo}}{U^2A} = 0,0016 \left(\frac{g \cdot F}{U^2A} \right)^{1/2}$$

$$\frac{gT_{mo}}{UA} = 0,2857 \left(\frac{g \cdot F}{U^2A} \right)^{1/3}$$

$$\frac{g \cdot t}{UA} = 68,8 \left(\frac{g \cdot F}{U^2A} \right)^{2/3}$$

$$\left(\frac{g \cdot t}{68,8 \times UA} \right)^{3/2} \times \frac{U^2A}{g} = F$$

Dimana :

g = percepatan gravitasi (9,8 m/s)

H_{mo} = ketinggian gelombang (m)

T_{mo} = periode gelombang (s)

U_A = faktor tegangan angin (m/s)

F = panjang fetch (m)

t = durasi angin bertiup (jam)

Sedangkan persamaan pada Fully developed sea yaitu :

$$\frac{gH_{mo}}{U^2A} = 0,243$$

$$\frac{gT_{mo}}{UA} = 8,134$$

$$\frac{g \cdot t}{UA} = 7,15 \times 10^4$$

Dimana :

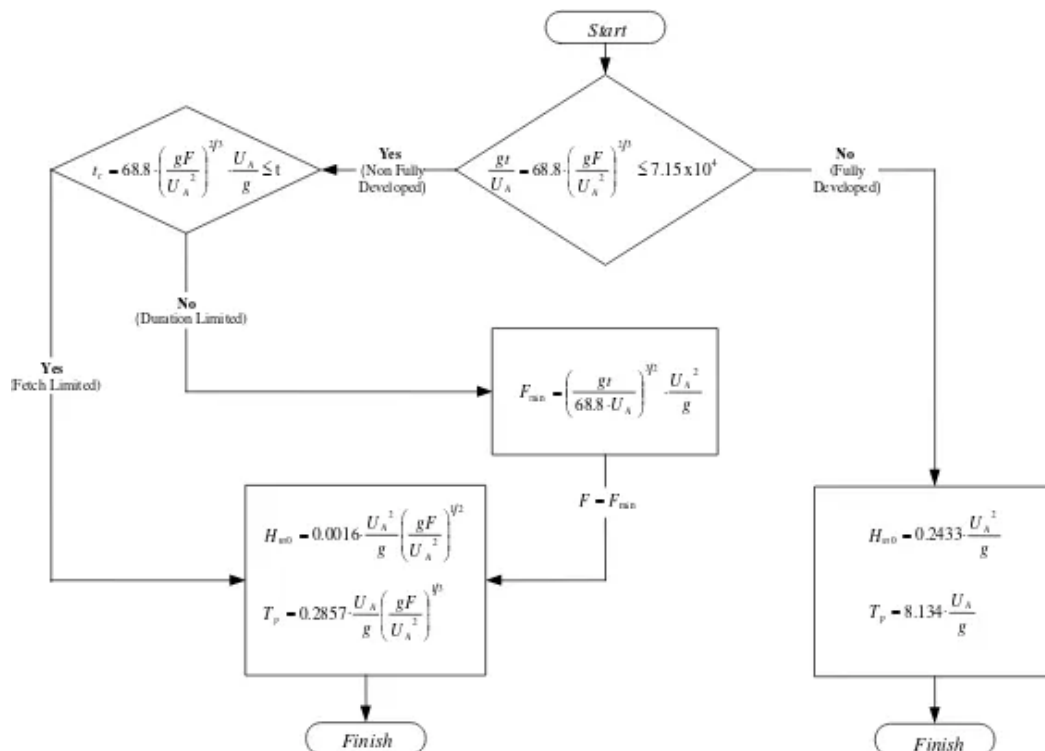
g = percepatan gravitasi (9,8 m/s)

H_{mo} = ketinggian gelombang (m)

T_{mo} = periode gelombang (s)

U_A = factor tegangan angin (m/s)

t = durasi angin bertiup (jam)



Gambar 1. Alur hindcasting metode CERC (SPM 1984)

3. METODE PENELITIAN

3.1. Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data historis klimatologi yang diperoleh dari NASA *Prediction Of Worldwide Energy Resources* berupa data kecepatan dan arah angin Kota Sorong yang dicatat perjam selama 10 tahun sejak tahun 2012 hingga tahun 2021.

3.2. Perhitungan Fetch Efektif

Perhitungan fetch efektif dilakukan dengan cara menarik garis fetch dari titik yang ditentukan hingga ke tiap – tiap arah mata angin. Tiap arah mata angin memiliki sudut wilayah yang mewakili sebesar 45 derajat.

Setelah ditarik garis, panjang garis kemudian diukur dan diubah ke jarak asli dilapangan berdasarkan skala. Setelah itu dilakukan perhitungan fetch efektif.

3.3. Pembuatan Windrose

Pembuatan *windrose* menggunakan perangkat lunak WRplot. Data angin yang telah diperoleh kemudian dimasukan datanya kedalam WRplot. dan dibagi menjadi 8 arah mata angin. Hasil pengolahan WRplot mendapatkan arah angin dominan dan kecepatan angin dominan yang berbentuk diagram angin.

3.4. Pengolahan data angin

Data yang telah dikumpulkan merupakan data mentah yang belum diolah. Agar mendapatkan hasil yang sesuai dengan rumusan masalah dalam penelitian ini, diperlukan analisa dan pengolahan data yang sesuai dengan metode dari CERC (SPM, 1984).

Pengolahan dimulai dengan merapikan data klimatologi yang diperoleh secara online kemudian dilanjutkan dengan menghitung faktor koreksi data angin berdasarkan SPM 1984.

Setelah terkoreksi, kemudian dilakukan penentuan kondisi gelombang. Jika gelombang menunjukkan kondisi *Fully developed Sea*, dapat langsung dilakukan perhitungan Tinggi dan periode gelombang signifikan. Jika kondisi gelombang menunjukkan *Non fully developed sea*, perlu adanya perhitungan untuk menentukan kondisi fetch limited dan duration limited.

Jika kondisi *fetch limited*, maka dapat langsung mencari tau nilai tinggi dan periode gelombang signifikan. Jika kondisi duration limited, maka perlunya mencari tau terlebih

dahulu nilai fetch minimum yang kemudian digunakan pada perhitungan tinggi dan periode signifikan.

3.5. Pembuatan Waverose

Pembuatan *waverose* menggunakan data tinggi gelombang signifikan yang telah diperoleh dari perhitungan data angin. setelah mendapatkan data tinggi gelombang, data dimasukkan kedalam perangkat lunak WRplot dan diolah menjadi diagram mawar gelombang untuk mengetahui tinggi dan arah gelombang dominan.

3.6. Perhitungan Tinggi dan Periode Gelombang Representatif

Perhitungan gelombang representatif dihitung menggunakan metode distribusi Fisher dan Weibull. Pada perhitungan ini akan diperoleh hasil Tinggi dan periode gelombang pada periode ulang dengan menggunakan tingkat kepercayaan sebesar 80%.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisis Kecepatan Angin

Sebelum melakukan hindcasting, diperlukan adanya analisis dan koreksi data angin terlebih dahulu. Dalam penelitian ini, hanya menggunakan koreksi terhadap koefisien drag dikarenakan data yang telah diambil dianggap telah sesuai dengan koreksi yang lainnya. Contoh perhitungan koefisien drag sebagai berikut :

$$U_A = 0,71U^{1,23}$$

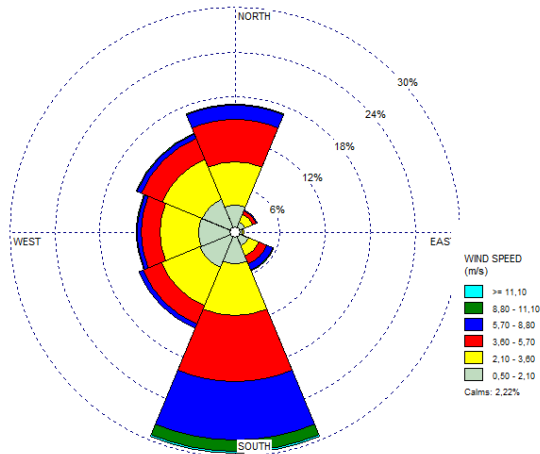
$$U_A = 0,71(3,48)^{1,23}$$

$$U_A = 3,2916$$

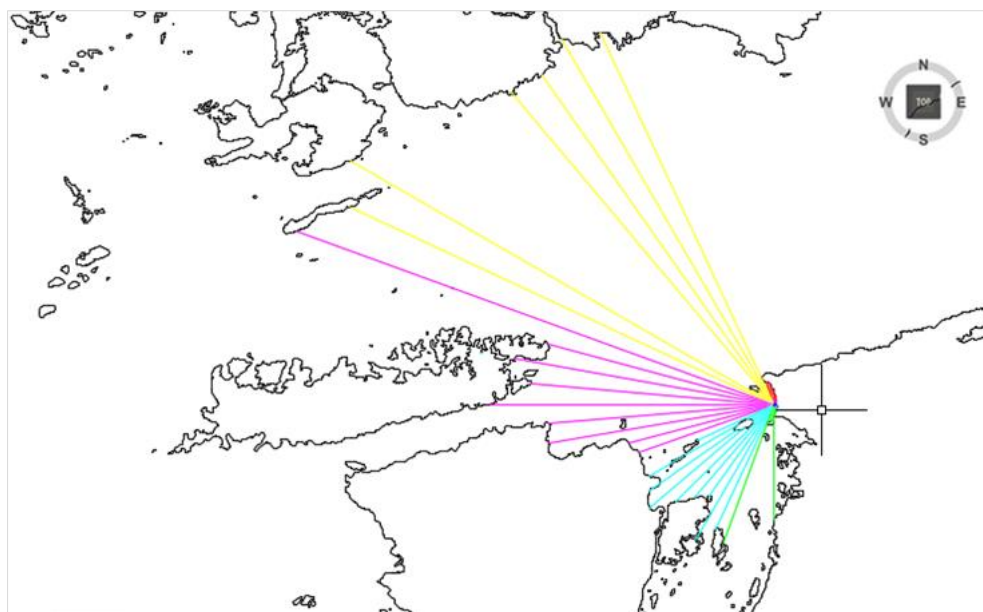
Maka didapat angka kecepatan angin setelah dikoreksi terhadap koefisien drag yaitu 3,2916 m/s.

4.2. Pembuatan Mawar Angin (*windrose*)

Pembuatan mawar angin bertujuan untuk mengetahui besarnya kecepatan dan arah angin dominan dari data angin yang telah diambil. Data angin pertama dimasukkan kedalam Microsoft Excel dan kemudian di import ke dalam WRplot. Setelah diimport, data kemudian diolah untuk mendapatkan hasil mawar angin. Pada gambar 2 dapat dilihat bahwa data angin selama periode pencatatan tahun 2012-2021 memiliki kecepatan maksimum lebih dari 11,1 m/s yang berasal dari arah selatan. Arah datang angin dari selatan juga merupakan arah datang angin dengan frekuensi terbanyak.



Gambar 2. Windrose selama 10 tahun



Gambar 3 : Garis fetch tiap arah mata angin

Setelah menarik garis untuk tiap arah mata angin dan membagi tiap daerah fetch, data angin kemudian diolah dan diperoleh hasil fetch efektif yang dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Panjang fetch efektif tiap mata angin

Fetch Efektif	
Arah	Panjang (m)
Utara	1858.1713
Timur Laut	0
Timur	0
Tenggara	0
Selatan	5426.6052
Barat Daya	12994.6514
Barat	35451.1284
Barat Laut	41064.0427

4.3. Perhitungan Fetch Efektif

Dalam penelitian ini, penggambaran wilayah yang mewakili fetch dilakukan menggunakan skala 1 : 100.000. 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 lima derajat.

Garis fetch ditarik dari daerah pembentukan gelombang hingga menyentuh hambatan pembentuk gelombang, dalam hal ini adalah pulau terdekat dari lokasi penelitian.

Pada tabel tersebut, dapat dilihat bahwa pada arah Timur laut, Timur, dan Tenggara tidak memiliki nilai fetch efektif. Hal ini mengindikasikan bahwa pada arah tersebut tidak terjadi pembangkitan gelombang.

4.4. Peramalan Gelombang

Langkah Langkah dalam meramalkan tinggi dan periode gelombang berdasarkan CERC (SPM 19840 sebagai berikut :

a. Menentukan kondisi gelombang jenis *fully developed sea* (FDS) dan *nonfully developed sea* (NFDS).

Perhitungan kondisi FDS dan NFDS dapat menggunakan persamaan :

$$\frac{g \cdot t}{UA} = 68,8 \left[\frac{gF}{UA^2} \right]^{2/3} \leq 7,15 \times 10^4$$

Sebagai contoh perhitungan menggunakan panjang fetch pada arah barat :

$$68,8 \left[\frac{9,81 \times 35451,13}{3,2916^2} \right]^{2/3} \leq 7,15 \times 10^4$$

$$69489,64 \leq 71500$$

Hasil perhitungan sebesar 69489,64 lebih kecil dari batasan pembentukan gelombang yaitu 71500. Ini berarti kondisi gelombang pada data tersebut merupakan kondisi *Nonfully Developed Sea* (NFDS). Kemudian diperlukan lagi perhitungan untuk mencari penyebab gelombang pada jam tersebut tidak terbentuk sempurna yaitu perhitungan *fetch limited* dan *duration limited*.

b. Menentukan jenis gelombang *fetch limited* atau *time limited* pada kondisi gelombang *nonfully developed sea* (NFDS), dengan menggunakan persamaan :

$$t_c = 68,8 \times \left(\frac{g \cdot F}{U^2 A} \right)^{2/3} \frac{U A}{g} \leq t$$

Salah satu perhitungan durasi dilakukan menggunakan panjang fetch pada arah barat :

$$t_c = 68,8 \times \left(\frac{9,81 \cdot 35451,13}{3,2916^2} \right)^{2/3} \frac{3,2916}{9,81} \leq t$$

$$t_c = 23315,88 \leq 3600$$

Hasil perhitungan memiliki nilai yang lebih besar dari durasi angin bertiup sehingga hasil yang didapat merupakan kondisi *time limited*. Jika hasil perhitungan lebih besar dari durasi angin bertiup maka keadaan *fetch limited*.

Setelah mendapatkan kondisi *time limited*, diperlukan adanya perhitungan fetch minimum dengan persamaan :

$$\left(\frac{g \cdot t}{68,8 \times U A} \right)^{3/2} \times \frac{U^2 A}{g} = F_{min}$$

Sebagai contoh perhitungan :

$$\left(\frac{9,81 \cdot 3600}{68,8 \times 3,2916} \right)^{3/2} \times \frac{3,2916^2}{9,81} = F_{min}$$

$$2150,83 = F_{min}$$

Nilai fetch minimum sebesar 2150,83 yang akan digunakan dalam perhitungan tinggi dan periode gelombang signifikan.

c. Menghitung tinggi dan periode gelombang untuk kondisi *Nonfully developed sea* (NFDS)

Persamaan yang digunakan :

$$H_{mo} = 0,0016 \left(\frac{g \cdot F}{U^2 A} \right)^{1/2} \frac{U A^2}{g}$$

$$T_p = 0,2857 \left(\frac{g \cdot F}{U^2 A} \right)^{1/3} \frac{U A}{g}$$

Sebagai contoh perhitungan :

$$H_{mo} = 0,0016 \left(\frac{9,81 \cdot 2150,83}{3,2916^2} \right)^{1/2} \frac{3,2916^2}{9,81}$$

$$H_{mo} = 0,0780 \text{ m}$$

$$T_p = 0,2857 \left(\frac{9,81 \cdot 2150,83}{3,2916^2} \right)^{1/3} \frac{3,2916}{9,81}$$

$$T_p = 1,1971 \text{ s}$$

Dari perhitungan pada kondisi NFDS diperoleh tinggi gelombang sebesar 0,0780 m dengan periode signifikan 1,1971 detik.

d. Menghitung tinggi dan periode gelombang untuk kondisi *fully developed sea* (FDS) dengan menggunakan persamaan :

$$H_{mo} = 0,2433 \frac{U A^2}{g}$$

$$T_p = 8,134 \frac{U A}{g}$$

Sebagai contoh perhitungan :

$$H_{mo} = 0,2433 \frac{2,464^2}{9,81}$$

$$H_{mo} = 0,151 \text{ m}$$

$$T_p = 8,134 \frac{2,464}{9,81}$$

$$T_p = 2,043 \text{ s}$$

Diperoleh tinggi dan periode gelombang pada kondisi FDS setinggi 0,151 m dengan periode gelombang selama 2,043 detik.

Jumlah terjadinya gelombang pada kondisi FDS dan NFDS dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2. Jumlah kondisi gelombang FDS dan NFDS

Kriteria	Jumlah
Non FDS	63.491
FDS	24.157
Jumlah	87.648

Sedangkan jumlah arah datang gelombang dapat dilihat pada Tabel 3. Terlihat bahwa arah datang gelombang paling dominan berasal dari arah selatan dengan persentase kejadian sebanyak 29,71%.

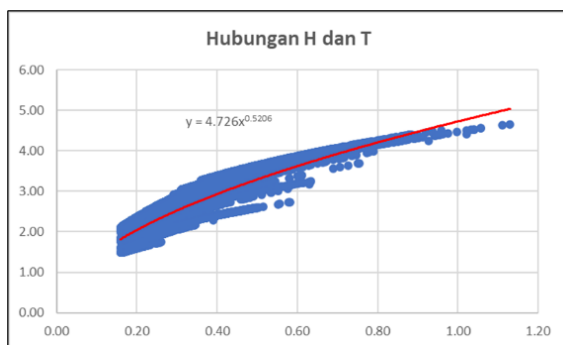
Tabel 3. Jumlah kejadian berdasarkan arah datangnya gelombang

Arah	Jumlah Kejadian	Persentase
barat laut	12711	14.50
utara	15101	17.23
timur laut	0	0
timur	0	0
tenggara	0	0
selatan	26040	29.71
barat daya	12522	14.29
barat	11768	13.43

4.5. Tinggi dan Periode Signifikan

Data tinggi dan periode gelombang yang telah didapat diurut dari yang terbesar hingga ke yang terkecil dan dibagi 3. Jumlah 1/3 dari data yang telah diurutkan tersebut kemudia dirata – ratakan untuk mendapatkan tinggi dan periode gelombang signifikan yang mewakili semua data gelombang yang ada.

Dari perhitungan tersebut didapat nilai $H_{1/3}$ sebesar 0,275 meter dengan $T_{1/3}$ selama 2,38 detik.



Gambar 4 : Grafik hubungan tinggi dan periode signifikan

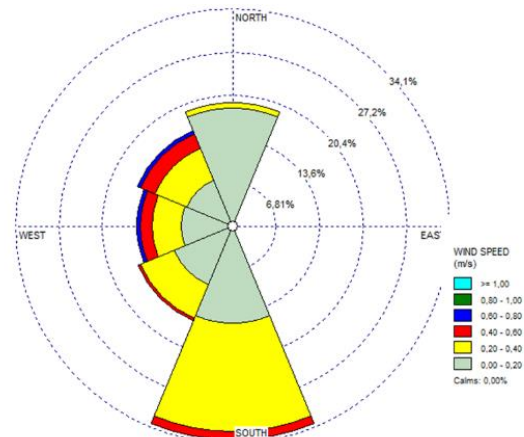
4.6. Mawar Gelombang (waverose)

Dalam penelitian ini hasil mawar gelombang disajikan dalam data selama 10 tahun dengan pengamatan data angin jam-jaman.

Pada Gambar 5 dapat dilihat waverose selama 10 tahun dari tahun 2012 hingga tahun 2021, arah datang gelombang yang paling dominan berasal dari arah selatan dengan persentase sebanyak 33%. Tinggi gelombang yang terjadi berkisar antara 0,4 – 0,6 meter.

Dari hasil pengolahan data juga diperoleh bahwa gelombang dominan dan paling banyak terjadi pada bulan Agustus dari arah Selatan

sebesar 79,1%. Sedangkan, gelombang paling tinggi terjadi pada bulan Januari dari arah Barat dengan tinggi lebih dari satu meter dengan persentase kejadian sebesar 0,2%.



Gambar 5 : Waverose selama 10 tahun

4.7. Perhitungan Tinggi dan Periode Gelombang Representatif

Setelah melakukan hindcasting gelombang, diperoleh tinggi dan periode gelombang maksimum seperti pada Tabel 5.

Tabel 4. Tinggi dan periode gelombang maksimum selama 10 tahun

Nomor	Tahun	H(m)	T(s)
1	2012	1.0213	4.4199
2	2013	0.8290	4.3033
3	2014	1.1299	4.6557
4	2015	0.9594	4.5074
5	2016	0.9195	4.4545
6	2017	0.9620	4.4126
7	2018	0.8791	4.3882
8	2019	1.0579	4.5547
9	2020	1.1114	4.6302
10	2021	1.0411	4.5304

Tinggi dan periode gelombang dengan periode ulang seperti yang ditunjukkan pada Tabel 5 dihitung menggunakan distribusi Fisher dan Weibull berdasarkan tinggi dan periode gelombang maksimum selama periode 10 tahun.

Tabel 5. Perbandingan tinggi gelombang periode ulang metode Fisher dan Weibull

Periode Ulang (thn)	Fisher Tippet Type-1			Weibull (k=0.75)		
	Hs - 1.28σ	Hsr (m)	Hs + 1.28σ	Hs - 1.28σ	Hsr (m)	Hs + 1.28σ
2	0.9346	0.9771	1.0196	0.9112	0.9564	1.0017
5	0.9959	1.0679	1.1399	0.9173	1.0326	1.1478
10	1.0296	1.1280	1.2264	0.9105	1.1016	1.2927
20	1.0604	1.1857	1.3110	0.9012	1.1780	1.4549
25	1.0700	1.2040	1.3380	0.8978	1.2040	1.5102
50	1.0993	1.2603	1.4214	0.8866	1.2884	1.6902
100	1.1281	1.3163	1.5045	0.8745	1.3780	1.8815

Tabel 6. Perbandingan periode gelombang periode ulang metode Fisher dan Weibull

Periode Ulang (thn)	Fisher Tippet Type-1			Weibull (k=0.75)		
	Ts - 1.28σ	Tsr (detik)	Ts + 1.28σ	Ts - 1.28σ	Tsr (detik)	Ts + 1.28σ
2	4.4220	4.4698	4.5175	4.3944	4.4452	4.4961
5	4.4922	4.532	4.6541	4.4047	4.5342	4.6638
10	4.5310	4.6416	4.7523	4.4002	4.6150	4.8297
20	4.5665	4.7073	4.8481	4.3932	4.7043	5.0155
25	4.5776	4.7281	4.8787	4.3906	4.7347	5.0789
50	4.6113	4.7923	4.9733	4.3818	4.8334	5.2850
100	4.6445	4.8560	5.0675	4.3723	4.9382	5.5041

Secara statistik probabilitas gelombang kala ulang dipengaruhi panjang dan jumlah data tersedia. Dengan data yang tersedia makin banyak, maka hasil yang diperoleh makin baik. Pada umumnya, nilai gelombang akan meningkat seiring pertambahan tahun pada periode ulang. Hal ini dapat dilihat seperti yang terdapat pada tabel diatas dimana tinggi dan periode gelombang tertinggi terletak pada periode ulang pada 100 tahun.

Peningkatan tinggi gelombang signifikan pada periode ulang sangat ditentukan jumlah kejadian dan nilai dari periode ulang. Dengan jumlah kejadian dan periode ulang tertentu yang semakin tinggi, maka tinggi gelombang signifikan akan semakin besar.

5. KESIMPULAN

- Tinggi gelombang maksimum selama 10 tahun pencatatan berdasarkan data angin setinggi 1,13 meter dengan periode gelombang selama 4,7 detik yang terjadi pada bulan Januari dan berasal dari arah

Barat, dan tinggi gelombang yang lebih dari 1 meter dominan terjadi pada bulan Januari dengan persentase kejadian sebesar 2% dari total keseluruhan data.

- Gelombang dominan yang terjadi berasal dari arah Selatan dengan persentasi kejadian sebesar 79,1% yang terjadi pada bulan Agustus. Ini dipengaruhi oleh panjang Fetch dan banyaknya kejadian angin yang berasal dari 1 arah yaitu arah Selatan.
- Tinggi dan periode gelombang dengan periode ulang yang diperoleh dari metode distribusi Fisher dan Weibull memiliki hasil dengan nilai

6. DAFTAR PUSTAKA

- Nugraha, "Peramalan Gelombang Dengan Metode SPM dan Darbyshire yang Divalidasi Dengan Data Altimetri di Pantai Monse, Pulau Wowonii Sulawesi Tenggara," Bandung, Seminar Nasional dan Diseminasi Tugas Akhir, 2021.

- A. Priatna, "Model Distribusi Kecepatan Angin untuk Peramalan Gelombang Menggunakan Metode Darbyshire dan SPM di Perairan Sorong, Papua Barat," Bandung, Seminar Nasional dan Diseminasi Tugas Akhir, 2021.
- CERC, Shore Protection Manual Volume I, Washington, US Army Coastal Engineering Research Center, 1984
- CERC, Shore Protection Manual Volume II, Washington, US Army Coastal Engineering Research Center, 1984.
- C. Paotonan, "Analisis Karakteristik Dan Kala Ulang Gelombang Di Perairan Selatan Pulau Bali," Makassar, Journal Unhas, 2020.
- Kuswartomo, "Prediksi Tinggi Gelombang Berdasarkan CERC (SPM 1984) Di Pantai Baru, Bantul, Daerah istimewa Yogyakarta," Jurnal UMS, 2021.
- Muliadi, "Penentuan Parameter Weibull Untuk Mendapatkan Desnsitas Daya Angin Di kawasan Blang Bintang Aceh Besar," Banda Aceh, Universitas Iskandar Muda, 2021.
- Purwanto, "Analisis Peramalan dan Periode Ulang Gelombang di Perairan Bagian Timur Pulau Lirang, Maluku Barat Daya," Indonesian Journal of Oceanography, Februari 2020.
- Sofwatillahi, "Perbandingan Peramalan Gelombang dengan Metode Groen Dorrestein dan Shore Protection Manual di Merak-Banten yang di Validasi dengan Data Altimetri," Bandung, Jurnal Online Institut Teknologi Nasional, 2016.