



Peramalan Gelombang Di Pantai Desa Buko Berdasarkan Model Distribusi Kecepatan Angin

Erin F. Wenas^{#a}, Arthur H. Thambas^{#b}, Jeffry D. Mamoto^{#c}

[#]Program Studi Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia

^awenaserin@gmail.com, ^barthur.thambas@unsrat.ac.id, ^cjeffrymamoto@unsrat.ac.id

Abstrak

Desa Buko merupakan desa dengan mayoritas pekerjaan penduduk sebagai nelayan dan memiliki potensi di sektor perikanan yang perlu didukung. Oleh karena itu, infrastruktur di Pantai Desa Buko perlu diperhatikan. Dalam pembangunan infrastruktur di wilayah perairan, tinggi gelombang merupakan faktor penting yang harus diperhatikan karena berpengaruh terhadap desain dan keamanan struktur. Penelitian ini bertujuan untuk meramalkan tinggi gelombang di Pantai Desa Buko serta memodelkan distribusi kecepatan angin dengan metode *Shore Protection Manual* (SPM) dan *Darbyshire* yang didasarkan pada data angin dari tahun 2019-2023 yang diperoleh dari BMKG. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tinggi gelombang maksimum yang diprediksi untuk kecepatan angin maksimum sebesar 18,1 Knot dengan metode SPM mencapai 2,28 meter, sedangkan metode Darbyshire memberikan hasil maksimum sebesar 1,7 meter. Selain itu, dilakukan analisis regresi linear berdasarkan durasi rencana 12 jam antara kecepatan angin dan tinggi gelombang yang menghasilkan persamaan $y = 7,1694x + 0,9383$ dengan koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,9937, yang menunjukkan hubungan yang sangat kuat. Dengan demikian, hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi yang bermanfaat dalam perencanaan teknis di Pantai Desa Buko, serta menjadi acuan bagi pihak-pihak lain yang melakukan penelitian serupa atau berkaitan dengan topik ini.

Kata kunci: kecepatan angin, tinggi gelombang, model distribusi angin, *Darbyshire*, *SPM*

1. Pendahuluan

1.1. Latar belakang

Wilayah laut Indonesia seluas 6,4 juta km², yang terdiri dari wilayah teritorial sebesar 3,4 juta km² dan wilayah Zona Ekonomi Eksklusif Indonesia (ZEEI) sebesar 3 juta km². Oleh karena itu, Indonesia memiliki banyak potensi yang dapat dikembangkan, terutama dalam hal bidang kelautan dan perairan.

Desa Buko terletak di Kecamatan Pinogaluman, Kabupaten Bolaang Mongondow Utara, Provinsi Sulawesi Utara merupakan desa dengan potensi di sektor perikanan dengan mayoritas mata pencaharian masyarakat Desa Buko sebagai nelayan. Oleh karena itu, infrastruktur di perairan Desa Buko perlu diperhatikan guna mendukung sektor perikanan yang ada.

Dalam pembangunan infrastruktur di wilayah perairan, tinggi gelombang adalah faktor yang harus diperhatikan. Pengukuran tinggi gelombang biasanya dilakukan di lokasi perencanaan. Namun karena tingkat kesulitan yang tinggi dan memerlukan waktu yang lama dan biaya yang cukup mahal, hal tersebut jarang dilakukan.

Oleh karena itu, cara lain untuk mendapatkan tinggi gelombang adalah dengan peramalan gelombang menggunakan beberapa metode dengan didasari oleh data angin yang ada. Dalam penelitian ini, metode yang akan digunakan adalah Metode SPM (*Shore Protection Manual*) dan Metode *Darbyshire*. Adapun data yang diperlukan untuk menunjang dalam penelitian ini adalah data kecepatan angin, durasi angin bertiup, dan arah datang angin.

1.2. Rumusan Masalah

Berikut beberapa fokus dalam penyusunan tugas akhir ini Beberapa fokus dalam penyusunan tugas akhir ini di buat dalam beberapa rumusan masalah, yaitu :

1. Bagaimana model distribusi kecepatan angin di wilayah perairan Desa Buko?
2. Bagaimana grafik tinggi gelombang dengan menggunakan metode SPM dan Darbyshire di wilayah perairan Desa Buko?

1.3. Batasan Masalah

Untuk membatasi permasalahan yang ditinjau, maka digunakan batasan masalah sebagai berikut :

1. Menggunakan data angin selama 5 tahun terakhir (2019- 2023).
2. Analisis model distribusi kecepatan angin menurut skala Beaufort.
3. Meramalkan tinggi gelombang di wilayah perairan Desa Buko menggunakan metode SPM dan Darbyshire.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui model distribusi kecepatan angin di wilayah perairan Desa Buko.
2. Mendapatkan grafik tinggi gelombang di wilayah perairan Desa Buko dengan menggunakan metode SPM dan Darbyshire.

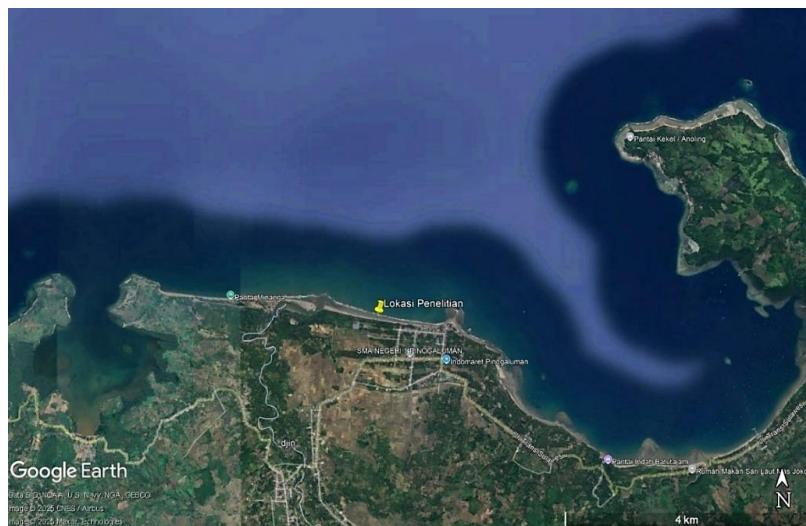
1.5. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan maupun menjadi bahan pertimbangan bagi pemerintah ataupun pihak lainnya untuk diterapkan dalam pembangunan infrastruktur yang ada di wilayah perairan Desa Buko dan juga dapat membantu masyarakat yang ada, khususnya yang tinggal maupun bekerja di wilayah perairan Desa Buko untuk mengetahui potensi tinggi gelombang yang akan terjadi di wilayah tersebut.

2. Metode Penelitian

2.1. Lokasi Penelitian

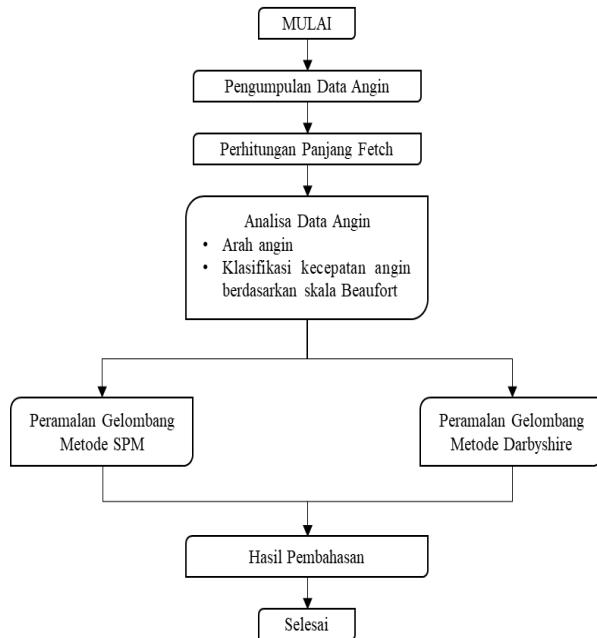
Lokasi Penelitian terletak di Desa Buko, Kecamatan Pinogaluman, Kabupaten Bolaang Mongondow Utara, Provinsi Sulawesi Utara. Secara geografis berada $0^{\circ}55'26.57"N$ dan $123^{\circ}7'50.02"E$.



Gambar 1. Lokasi Penelitian (Google Maps)

2.2. Bagan Alir

Metode penelitian pada Tugas Akhir ini disusun ke dalam suatu bagan alir. Bagan alir tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.



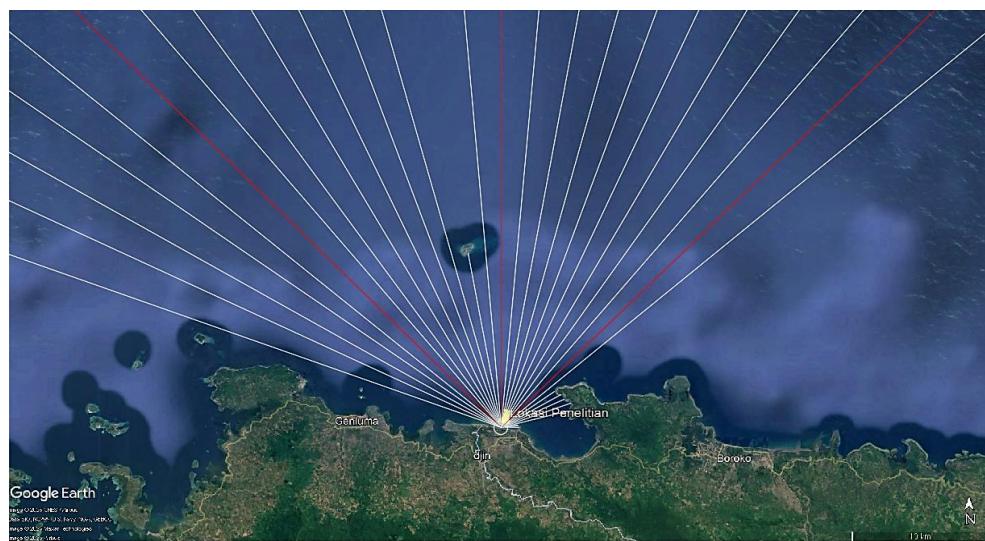
Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Perhitungan Fetch

Fetch merupakan daerah pembentukan gelombang yang diasumsikan memiliki kecepatan dan arah angin yang relatif konstan. Di dalam tinjauan pembangkitan gelombang laut, fetch dibatasi oleh hambatan pembentuk gelombang dalam hal ini adalah pulau atau daratan terdekat dari lokasi penelitian.

Penggambaran fetch dibagi kedalam 8 arah mata angin, dengan sudut wilayah tiap arah mata angin sebesar 45° . Setiap arah mata angin memiliki sembilan garis dengan jarak antar garis sebesar 5° .



Gambar 3. Fetch lokasi Penelitian

Setelah menarik garis untuk tiap arah mata angin dan membagi tiap daerah fetch , data angin kemudian diolah untuk mencari nilai fetch effective sehingga diperoleh hasil pada tabel berikut.

Tabel 1. Perhitungan Panjang Fetch Efektif

PERHITUNGAN FETCH							
Arah Mata Angin	(a)	Jarak Sebenarnya	Jarak Sebenarnya	Fcose(a)	cos(a)	Feff	Feff
		(m)	(km)			(m)	(km)
UTARA (N)	-20	200000,00	200,00	187,94	0,940	179055,161	179,055
	-15	200000,00	200,00	193,19	0,966		
	-10	13411,16	13,41	13,21	0,985		
	-5	200000,00	200,00	199,24	0,996		
	0	200000,00	200,00	200,00	1,000		
	5	200000,00	200,00	199,24	0,996		
	10	200000,00	200,00	196,96	0,985		
	15	200000,00	200,00	193,19	0,966		
	20	200000,00	200,00	187,94	0,940		
TIMUR LAUT (NE)	-20	200000,00	200,00	187,94	0,940	135751,319	135,751
	-15	200000,00	200,00	193,19	0,966		
	-10	200000,00	200,00	196,96	0,985		
	-5	200000,00	200,00	199,24	0,996		
	0	200000,00	200,00	200,00	1,000		
	5	200000,00	200,00	199,24	0,996		
	10	4801,19	4,80	4,73	0,985		
	15	5070,68	5,07	4,90	0,966		
	20	5097,29	5,10	4,79	0,940		
TIMUR (E)	-20	5409,78	5,41	5,08	0,940	1555,195	1,555
	-15	5062,56	5,06	4,89	0,966		
	-10	1198,17	1,20	1,18	0,985		
	-5	1259,39	1,26	1,25	0,996		
	0	1235,95	1,24	1,24	1,000		
	5	0,00	0,00	0,00	0,996		
	10	0,00	0,00	0,00	0,985		
	15	0,00	0,00	0,00	0,966		
	20	0,00	0,00	0,00	0,940		
TENGGARA (SE)	-20	0,00	0,00	0,00	0,940	0,000	0,000
	-15	0,00	0,00	0,00	0,966		
	-10	0,00	0,00	0,00	0,985		
	-5	0,00	0,00	0,00	0,996		
	0	0,00	0,00	0,00	1,000		
	5	0,00	0,00	0,00	0,996		
	10	0,00	0,00	0,00	0,985		
	15	0,00	0,00	0,00	0,966		
	20	0,00	0,00	0,00	0,940		
SELATAN (S)	-20	0,00	0,00	0,00	0,940	0,000	0,000
	-15	0,00	0,00	0,00	0,966		
	-10	0,00	0,00	0,00	0,985		
	-5	0,00	0,00	0,00	0,996		
	0	0,00	0,00	0,00	1,000		
	5	0,00	0,00	0,00	0,996		
	10	0,00	0,00	0,00	0,985		
	15	0,00	0,00	0,00	0,966		
	20	0,00	0,00	0,00	0,940		
BARAT DAYA (SW)	-20	0,00	0,00	0,00	0,940	0,000	0,000
	-15	0,00	0,00	0,00	0,966		
	-10	0,00	0,00	0,00	0,985		
	-5	0,00	0,00	0,00	0,996		
	0	0,00	0,00	0,00	1,000		
	5	0,00	0,00	0,00	0,996		
	10	0,00	0,00	0,00	0,985		
	15	0,00	0,00	0,00	0,966		
	20	0,00	0,00	0,00	0,940		
BARAT (W)	-20	0,00	0,00	0,00	0,940	21421,788	21,422
	-15	0,00	0,00	0,00	0,966		
	-10	0,00	0,00	0,00	0,985		
	-5	0,00	0,00	0,00	0,996		
	0	0,00	0,00	0,00	1,000		
	5	0,00	0,00	0,00	0,996		
	10	0,00	0,00	0,00	0,985		
	15	0,00	0,00	0,00	0,966		
	20	200000,00	200,00	187,94	0,940		
BARAT LAUT (NW)	-20	200000,00	200,00	187,94	0,940	200000,000	200,000
	-15	200000,00	200,00	193,19	0,966		
	-10	200000,00	200,00	196,96	0,985		
	-5	200000,00	200,00	199,24	0,996		
	0	200000,00	200,00	200,00	1,000		
	5	200000,00	200,00	199,24	0,996		
	10	200000,00	200,00	196,96	0,985		
	15	200000,00	200,00	193,19	0,966		
	20	200000,00	200,00	187,94	0,940		
				Feff (total)		67222,933	67,223

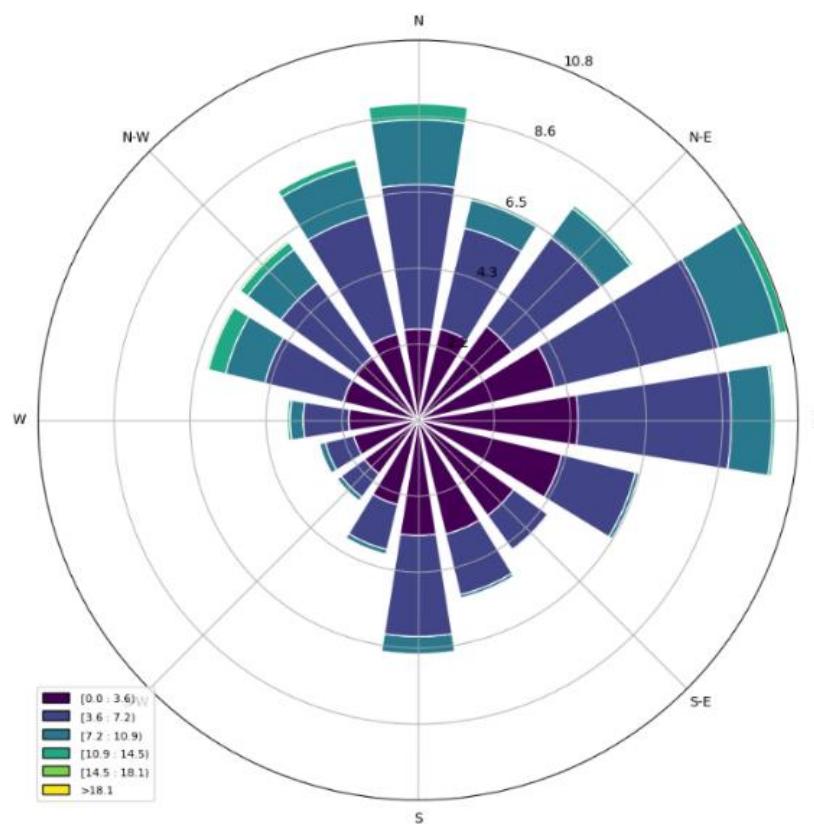
(Sumber : Hasil Penelitian, 2025)

3.2. Mawar Angin (Wind Rose)

Mawar angin digunakan untuk mempresentasikan nilai kecepatan angin pada setiap arah mata angin dengan tujuan untuk mengetahui arah kecepatan dominan angin yang terjadi pada

tempat yang diteliti. Mawar angin disini dibuat berdasarkan kecepatan angin harian per-3 jam dalam kurun waktu 5 tahun terakhir di Buko.

Untuk mempermudah proses pembuatan mawar angin di lokasi yang diteliti, maka di dipergunakan bantuan website Hatari Utils untuk analisanya. Data angin Desa Buko dari tahun 2019-2023 yang didapat dari BMKG dalam bentuk *excel* kemudian dipisahkan menurut kategori tertentu untuk selanjutnya di export ke website Hatari Utils sehingga didapatkan mawar angin yang diperlukan. Visualisasi data dapat dituangkan dalam diagram mawar angin seperti yang terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Fetch Lokasi Penelitian

3.3. Model distribusi kecepatan angin relatif

Model distribusi kecepatan angin relatif dapat diperoleh dengan menggunakan langkah – langkah sebagai berikut:

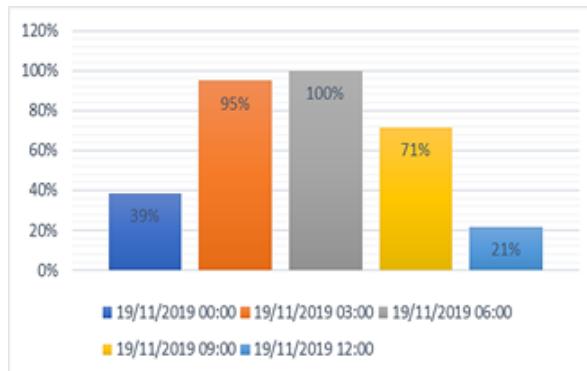
- Menyaring data angin maksimum harian di lokasi penelitian setiap tahunnya yang diambil dari data harian kecepatan angin per tiga jam sesuai dengan data yang ada.
- Data yang diambil adalah data kecepatan angin yang terdistribusi dengan durasi 12 jam yaitu jam ke 0, jam ke 3, jam ke 6, jam ke 0, dan jam ke 12. Dikarenakan tidak semua data kecepatan angin maksimum harian terdistribusi sesuai dengan durasi yang ditentukan maka dipilih beberapa yang dianggap mewakili.
- Data angin yang kemudian dijadikan model distribusi kecepatan angin ini diubah menjadi kecepatan angin relative terhadap kecepatan angin maksimum yang terjadi pada hari itu.
- Setelah data tersebut dijadikan data distribusi kecepatan angin relative, kemudian diklasifikasikan kecepatannya sesuai dengan skala Beaufort.
- Selanjutnya dibuat persen relative rata-rata tiap tahun dari data distribusi kecepatan angin relatif tersebut.
- Untuk keperluan perencanaan, maka distribusi kecepatan angin relatif tersebut dijadikan persen relative total dari rata-rata 5 tahun pengamatan dan dijadikan Model Distribusi Kecepatan Angin Relatif untuk masing-masing kondisi angin menurut skala beaufort.

Model distribusi kecepatan angin relatif memberikan data kuantitatif dan terperinci mengenai variasi kecepatan angin di suatu wilayah, sementara skala Beaufort mengklasifikasikan data tersebut dalam kategori yang lebih sederhana dan lebih mudah dipahami, serta memberikan gambaran tentang efek lingkungan yang ditimbulkan oleh angin. Dengan menggunakan skala ini, kita dapat menghubungkan angka kecepatan angin dengan dampaknya terhadap lingkungan. Keduanya bekerja saling melengkapi dalam menganalisis karakteristik angin dan memprediksi dampaknya terhadap lingkungan dan aktivitas manusia.

Adapun pada penelitian ini pengklasifikasian kondisi angin sesuai dengan skala Beaufort terbagi atas angin sangat lemah, angin lemah, angin sedang dan angin agak kuat yang ditampilkan dalam dilihat pada tabel dan grafik berikut.

Tabel 2. Data Distribusi Kecepatan Angin Sangat Lemah (0-6 Knot)

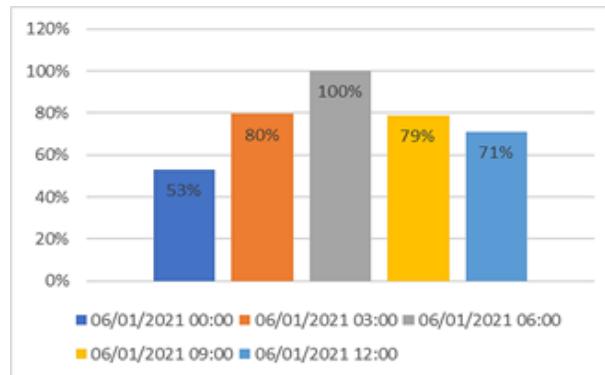
19 November 2019			
Jam ke	Arah	Kec (Knot)	%
19/11/2019 00:00	334,01	2,1	39%
19/11/2019 03:00	339,44	5,2	95%
19/11/2019 06:00	8,45	5,4	100%
19/11/2019 09:00	123,05	3,9	71%
19/11/2019 12:00	45,67	1,2	21%



Gambar 5. Kurva Distribusi Kecepatan Angin Sangat Lemah (0-6 Knot)

Tabel 3. Data Distribusi Kecepatan Angin Lemah (7-10 Knot)

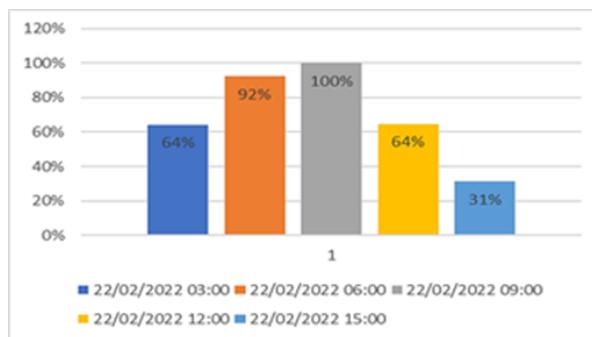
06 Januari 2021			
Jam ke	Arah	Kec (Knot)	%
06/01/2021 00:00	298,39	5,0	53%
06/01/2021 03:00	296,44	7,5	80%
06/01/2021 06:00	301,13	9,4	100%
06/01/2021 09:00	300,51	7,4	79%
06/01/2021 12:00	290,09	6,7	71%



Gambar 6. Kurva Distribusi Kecepatan Angin Lemah (7-10 Knot)

Tabel 4. Data Distribusi Kecepatan Angin Sedang (11-16 Knot)

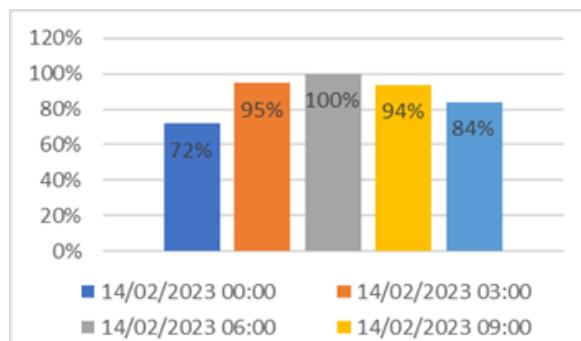
22 Februari 2022			
Jam ke	Arah	Kec (Knot)	%
22/02/2022 03:00	46,30	10,3	64%
22/02/2022 06:00	56,88	14,8	92%
22/02/2022 09:00	72,73	16,0	100%
22/02/2022 12:00	104,06	10,3	64%
22/02/2022 15:00	156,58	5,0	31%

**Gambar 7.** Kurva Distribusi Kecepatan Angin Sedang (11-16 Knot)

Dalam penelitian ini, data kecepatan angin maksimum ialah 18,1 Knot yang tergolong dalam klasifikasi angin agak kuat(17–21 Knot). Dari data 5 tahun terakhir yang diperoleh dari BMKG, hanya ada 1 data angin harian yang masuk pengklasifikasian angin agak kuat seperti pada tabel berikut.

Tabel 5. Data Distribusi Kecepatan Angin (17-21 Knot)

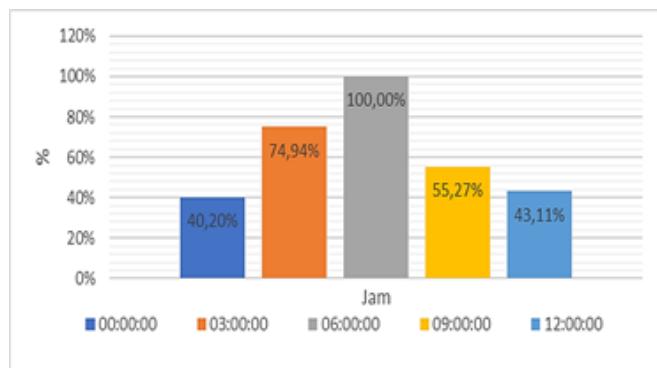
14 Februari 2023			
Jam ke	Arah	Kec (Knot)	%
14/02/2023 00:00	301,20	13,0	72%
14/02/2023 03:00	302,51	17,1	95%
14/02/2023 06:00	298,27	18,1	100%
14/02/2023 09:00	305,11	16,9	94%
14/02/2023 12:00	305,99	15,2	84%

**Gambar 8.** Kurva Distribusi Kecepatan Angin Sedang (17-21 Knot)

Data distribusi kecepatan angin relatif harian yang telah diklasifikasikan menurut skala beaufort kemudian dibuat model distribusi kecepatan angin relatif rata-rata 5 tahun seperti pada Tabel 6.

Tabel 6. Model Distribusi Kecepatan Angin Relatif Kondisi Angin Sangat Lemah (0-6 Knot) di Desa Buko

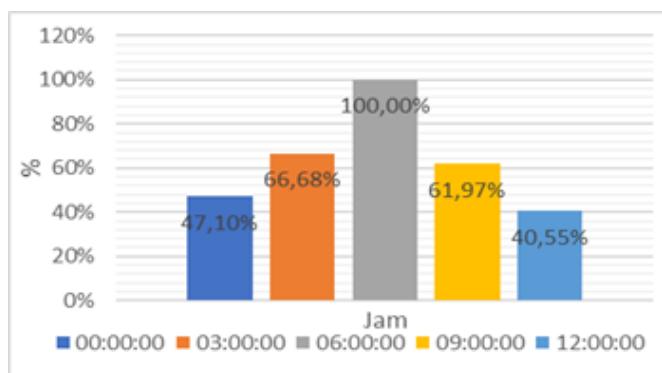
Jam ke	Angin Sangat Lemah 0-6 knot						% Relatif Rata-rata
	Relatif Rata-Rata Tahunan						
	2019	2020	2021	2022	2023		
00:00:00	39%	19%	48%	62%	34%	201%	0 40,20%
03:00:00	95%	69%	71%	94%	46%	375%	3 74,94%
06:00:00	100%	100%	100%	100%	100%	500%	6 100,00%
09:00:00	71%	47%	90%	57%	11%	276%	9 55,27%
12:00:00	21%	22%	63%	42%	67%	216%	12 43,11%



Gambar 9. Kurva Model Distribusi Kecepatan Angin Relatif Kondisi Angin Sangat Lemah (0-6 Knot)

Tabel 7. Model Distribusi Kecepatan Angin Relatif Kondisi Angin Lemah (7-10 Knot) di Desa Buko

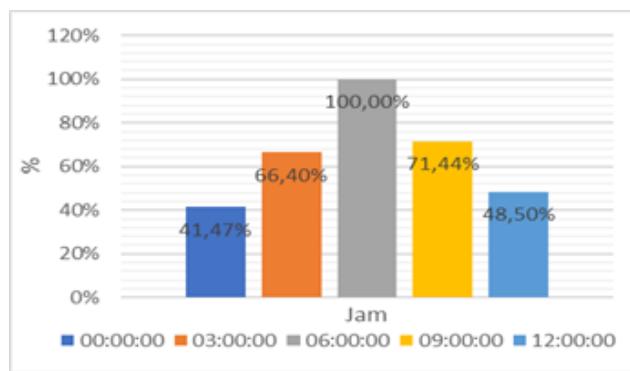
Jam ke	Angin Lemah 7 - 10 knot						% Relatif Rata-rata
	Relatif Rata-Rata Tahunan						
	2019	2020	2021	2022	2023		
00:00:00	95%	14%	53%	33%	41%	235%	0 47,10%
03:00:00	74%	60%	80%	68%	52%	333%	3 66,68%
06:00:00	100%	100%	100%	100%	100%	500%	6 100,00%
09:00:00	84%	30%	79%	57%	60%	310%	9 61,97%
12:00:00	45%	19%	71%	32%	36%	203%	12 40,55%



Gambar 10. Kurva Model Distribusi Kecepatan Angin Relatif Kondisi Angin Lemah (7-10 Knot)

Tabel 8. Model Distribusi Kecepatan Angin Relatif Kondisi Angin Sedang (11-16 Knot) di Desa Buko

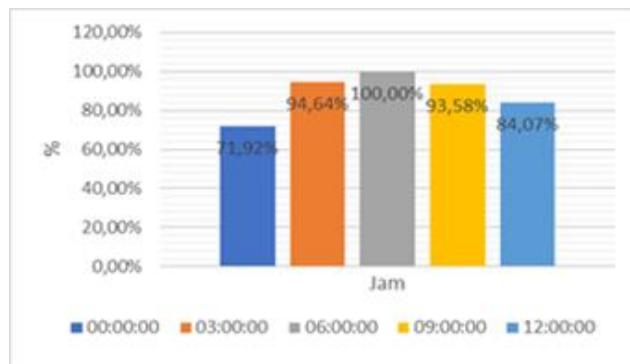
Jam ke	Angin Sedang 11 - 16 knot						% Relatif Rata-rata
	Relatif Rata-Rata Tahunan						
	2019	2020	2021	2022	2023		
00:00:00	10%	22%	85%	64%	26%	207%	0 41,47%
03:00:00	57%	37%	87%	92%	59%	332%	3 66,40%
06:00:00	100%	100%	100%	100%	100%	500%	6 100,00%
09:00:00	64%	85%	71%	64%	73%	357%	9 71,44%
12:00:00	60%	56%	63%	31%	32%	243%	12 48,50%



Gambar 11. Kurva Model Distribusi Kecepatan Angin Relatif Kondisi Angin Sedang (11-16 Knot)

Tabel 9. Model Distribusi Kecepatan Angin Relatif Kondisi Agak Kuat (17-21 Knot) di Desa Buko

Jam ke	Angin Agak Kuat 17 - 21 knot						% Relatif Rata-rata
	2019	2020	2021	2022	2023		
00:00:00	0%	0%	0%	0%	72%	72%	0
03:00:00	0%	0%	0%	0%	95%	95%	3
06:00:00	0%	0%	0%	0%	100%	100%	6
09:00:00	0%	0%	0%	0%	94%	94%	9
12:00:00	0%	0%	0%	0%	84%	84%	12



Gambar 12. Kurva Model Distribusi Kecepatan Angin Relatif Kondisi Angin Sedang (17-21 Knot)

3.4. Peramalan Gelombang

Dalam perhitungan peramalan tinggi gelombang, menggunakan model distribusi kecepatan angin relatif, digunakan model distribusi kecepatan angin relatif untuk kondisi angin agak kuat.

3.4.1. Peramalan Tinggi Gelombang Metode Darbyshire

Peramalan tinggi gelombang menggunakan metode darbyshire dibagi menjadi tiga bagian yaitu peramalan tinggi gelombang menggunakan model distribusi kecepatan angin, menggunakan kecepatan angin maksimum, dan yang terakhir peramalan tinggi gelombang dengan memperhitungkan fetch efektif.

a) Berdasarkan Model Distribusi Kecepatan Angin

Kecepatan angin maksimum di Desa Buko selang tahun 2019-2023 adalah 18,1 Knot yang diambil pada elevasi 10 m. Data relatif total rata – rata yang ada kemudian dihitung menjadi kecepatan (mil/jam) dan dikonversi lagi menjadi satuan kecepatan (meter/detik).

b) Berdasarkan Kecepatan Maksimum (Umaks = 18,1 Knot)

Perhitungan dilakukan dengan menggunakan kecepatan maksimum dan durasi rencana yang akan diplot pada Grafik Darbyshire dan Drapper (1963). Kecepatan maksimum pada ketinggian 10 m adalah adalah 18,1 Knot selanjutnya diubah ke satuan m/s sehingga didapatkan hasil 9,3 m/s. Di plot ke Grafik Darbyshire sehingga didapat:

Untuk durasi 3 jam $H = 1,3 \text{ m}$

- Untuk durasi 6 jam H = 1,5 m
 Untuk durasi 9 jam H = 1,6 m
 Untuk durasi 12 jam H = 1,7 m

Tabel 10. Perhitungan Kecepatan Angin Berdasarkan Model Distribusi Kecepatan Angin di Desa Buko (Umaks = 18,1 Knot = 9,3 m/s)

% Relatif Rata - Rata Tahun					% Relatif Total	Kecepatan (Mil/Jam)	Kecepatan (m/s)	Kecepatan Angin Durasi 12 Jam
2019	2020	2021	2022	2023				
0%	0%	0%	0%	72%	36%	6,51	3,35	3,35
0%	0%	0%	0%	95%	47%	8,56	4,41	4,41
0%	0%	0%	0%	100%	50%	9,05	4,66	4,66
0%	0%	0%	0%	94%	47%	8,47	4,36	4,36
0%	0%	0%	0%	84%	42%	7,61	3,91	3,91

c) Berdasarkan Fetch Efektif

Nilai fetch efektif berdasarkan tabel 4.1 adalah 67,223 km. Dengan kecepatan maksimum angin Desa Buko adalah 18,1 Knot, maka di plot pada Grafik Derbyshire dan Drapper (1963) sehingga mendapatkan hasil sebagai berikut :

Untuk Fetch (67,233 km) H = 1,3 m

3.4.2. Peramalan Tinggi Gelombang Metode SPM

Untuk peramalan tinggi gelombang menggunakan metode SPM umumnya memperhitungkan durasi/lama angin berhembus berdasarkan kecepatan angin maksimum yang terjadi. Dalam kasus ini, kecepatan angin maksimum yang tercatat untuk wilayah perairan Desa Buko selama rentang waktu 5 tahun terakhir adalah 18,1 Knot.

$$\frac{gT_m}{U_A} = 6.88 \times 10 \left[\frac{gF}{U_A^2} \right]^{\frac{1}{3}} \quad (1)$$

$$\frac{gH_{mo}}{U_A^2} = 1.6 \times 10^{-3} \left[\frac{gF}{U_A^2} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

Dimana :

H_{mo} : tinggi gelombang signifikan (m)

T_m : periode puncak dari spektrum gelombang (detik)

U_A : Faktor tegangan angin (m/s)

T : Durasi angin berhembus (jam)

F : Panjang fetch (m)

Contoh perhitungan metode SPM untuk durasi 3 jam dengan Umaks 18,1 Knot :

$$U = 18,1 \text{ Knot} = 18,1 \times 0,5144 = 9,31 \text{ m/s}$$

$$U_A = 0,71 U^{1.23} = 0,71(9,31)^{1.23} = 11,04 \text{ m/s}$$

Dimana :

U_A : wind – stress factor (m/s)

U_L : kecepatan angin terkoreksi (m/s)

$$\frac{gT_m}{U_A} = 6.88 \times 10 \left[\frac{gF}{U_A^2} \right]^{\frac{1}{3}} \quad (3)$$

$$\frac{9.81(3 \times 60 \times 60)}{11,04} = 6.88 \times 10 \left[\frac{9.81 \times F}{(11,04)^2} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$F = 20470,62 \text{ m}$$

Nilai F selanjutnya dimasukkan ke dalam rumus (2) sehingga menjadi :

$$\frac{gH_{mo}}{U_A^2} = 1.6 \times 10^{-3} \left[\frac{gF}{U_A^2} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (4)$$

$$\frac{9.81H_{mo}}{(11,04)^2} = 1.6 \times 10^{-3} \left[\frac{9.81 \times 20470,62}{(11,04)^2} \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$H_{mo} = 0,81 \text{ m}$$

Perhitungan tinggi gelombang dengan durasi 3 jam, 6 jam, 9 jam, dan 12 jam selanjutnya disajikan dalam tabel berikut:

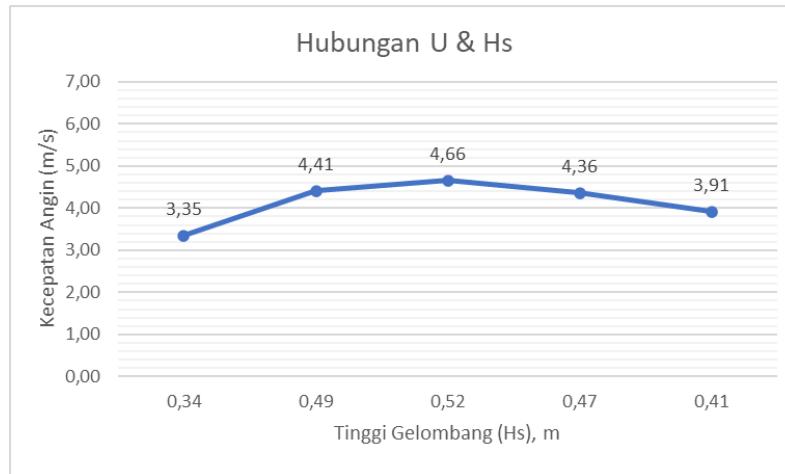
Tabel 11. Perhitungan Tinggi Gelombang Dengan Metode SPM

Durasi Rencana (Jam)	Tinggi Gelombang (Hs)
3	0,81
6	1,36
9	1,84
12	2,28

(Sumber : Hasil Penelitian 2025)

3.5. Grafik Peramalan Tinggi Gelombang

Berdasarkan hasil analisis yang sudah diperoleh, maka didapatkan grafik peramalan tinggi gelombang untuk durasi 12 jam dengan kecepatan angin 18,1 Knot atau 9,3 m/s pada Gambar 13.



Gambar 13. Grafik Peramalan Tinggi Gelombang di wilayah Perairan Desa Buko (Durasi 12 Jam)

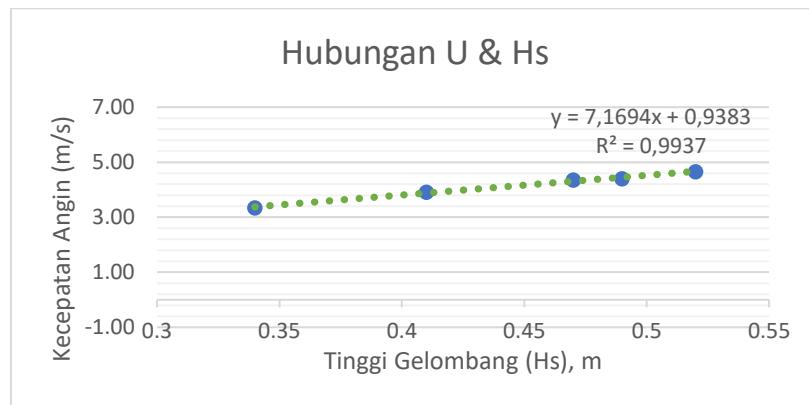
Selanjutnya, untuk peramalan gelombang saat kecepatan angin melebihi 18,1 Knot atau 9,3 m/s, grafik dibuat kembali menggunakan persamaan regresi linear. Dengan regresi linear berbasis data dengan kecepatan angin 18,1 Knot atau 9,3 m/s, grafik yang dihasilkan dapat digunakan untuk menghitung persamaan hubungan antara kecepatan angin dan tinggi gelombang. Jadi, meskipun kecepatan angin melampaui 18,1 Knot dalam data penelitian tinggi gelombang di masa mendatang tetap dapat diprediksi. Grafik akhir peramalan tinggi gelombang dapat dilihat pada Gambar 14.

Melalui grafik pada Gambar 14 diperoleh nilai koefisien determinasi (R^2) = 0,9937 yang berarti bahwa 99,37% variasi dalam tinggi gelombang dapat dijelaskan oleh kecepatan angin dalam model regresi ini. Dengan persamaan regresi yang diperoleh :

$$y = 7,1694x + 0,9383$$

Dimana :

- y = tinggi gelombang (dalam meter)
- x = kecepatan angin (dalam meter per detik, m/s)
- 7,1694 = koefisien regresi atau gradien (kemiringan garis)
- 0,9383 = intercept atau konstanta



Gambar 14. Grafik Peramalan Tinggi Gelombang di wilayah Perairan Desa Buko

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang sudah dilakukan maka dapat ditarik Kesimpulan sebagai berikut:

1. Kecepatan angin maksimum yang tercatat di wilayah Desa Buko selama periode lima tahun terakhir (2019–2023) adalah sebesar 18,1 knot, yang termasuk dalam kategori angin agak kuat menurut klasifikasi skala Beaufort
2. Hasil peramalan tinggi gelombang di wilayah perairan Desa Buko dengan metode SPM dan Darbyshire dengan kecepatan angin maksimal 18,1 Knot dengan durasi 3,6,9 dan 12 jam adalah sebagai berikut :

Durasi (JAM)	Tinggi Gelombang	
	Kecepatan Angin Maksimum	
	SPM	Darbyshire
3	0,81	1,3
6	1,36	1,5
9	1,84	1,6
12	2,28	1,7

3. Dari grafik regresi linear hubungan antara kecepatan angin (U) dan tinggi gelombang (Hs) diperoleh persamaan regresi linear $y = 7,1694x + 0,9383$ dan koefisien determinasi R^2 sebesar 0,9937 yang menunjukkan hubungan sangat kuat antara kecepatan angin dan tinggi gelombang, sehingga dapat digunakan untuk meramalkan tinggi gelombang yang akan terjadi di wilayah perairan Desa Buko.

Referensi

- Arthur Harris Thambas, Nur Yuwono. (2003). *Model distribusi kecepatan angin dan pemanfaatannya dalam peramalan gelombang di wilayah tengah Indonesia :: Pulau Jawa, Sulawesi dan Kalimantan*.Universitas Gadjah Mada Yogyakarta
- CERC, 1984, *Shore Protection Manual, US Army Coastal Of Engineering Research Center (CERC)*, Washington. (SPM 1984)
- Triatmodjo, B., (1993). Pelabuhan, Cetakan Pertama, Beta Offset, Yogyakarta.
- Triatmodjo, Bambang. (1999). Teknik Pantai. Yogyakarta: Penerbit Beta Offset.
- Triatmodjo, Bambang. (2008). Teknik Pantai. Yogyakarta: Penerbit Beta Offset.
- Nur Yuwono, 1982, *Teknik Pantai Volume I dan II*, Biro Penerbit Keluarga Mahasiswa Teknik Sipil Fakultas Teknik UGM, Yogyakarta.
- Sugianto, D. N. (2013). Model Disribusi Kecepatan Angin dan Pemanfaatannya dalam Peramalan Gelombang di Laut Jawa. Semarang: Disertasi Program Doktor Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
- Hendry, EDY, Nur Yuwono. (2004). *Model distribusi kecepatan angin dan pemanfaatannya dalam peramalan gelombang di wilayah tengah Indonesia:: Pulau Sulawesi, Nusa Tenggara, Maluku dan Papua*.Universitas Gadjah Mada Yogyakarta

- Nella Evelyn Enjelina, Yati Muliati. (2021). *Peramalan Gelombang dengan Metode SPM dan Darbyshire di Perairan Kepulauan Mentawai, Sumatera Barat.* Institut Teknologi Nasional Bandung.
- Reinhard H. M. Lihondatu, Arthur H. Thambas, Jeffry D. Mamoto (2024). *Model Distribusi kecepatan angin untuk Peramalan Gelombang di Wilayah Perairan Manado.* Universitas Sam Ratulangi
- Glenn R. Menda, Arthur H. Thambas, M. Ihsan Jasin (2025). *Model Distribusi kecepatan angin untuk Peramalan Gelombang Menggunakan Metode Darbyshire dan SPM di Kota Bitung.* Universitas Sam Ratulangi