



Model Distribusi Kecepatan Angin Untuk Peramalan Gelombang Menggunakan Metode Darbyshire Dan SPM Di Kota Bitung

Glenn R. Menda^{#a}, Arthur H. Thambas^{#b}, M. Ihsan Jasin^{#c}

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

^aglennmenda@gmai.com, ^barthur.thambas@unsrat.ac.id, ^csanyjasin02@yahoo.com

Abstrak

Kota Bitung merupakan kota maritim yang sangat bergantung pada aktivitas perikanan, perdagangan, dan pariwisata. Keamanan dan efisiensi operasional di perairan sangat krusial bagi kesejahteraan masyarakat setempat. Namun, pengumpulan data gelombang laut secara langsung di Indonesia sering kali memakan waktu dan biaya yang tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk memodelkan distribusi kecepatan angin dan meramalkan tinggi gelombang di perairan Kota Bitung menggunakan metode *Darbyshire* dan *Shore Protection Manual* (SPM). Data kecepatan angin, durasi, dan arah angin dari lima tahun terakhir yang diperoleh dari BMKG Kota Bitung dianalisis untuk membuat model distribusi kecepatan angin relatif, yang kemudian diaplikasikan untuk meramalkan tinggi dan periode gelombang laut. Hasil penelitian menunjukkan adanya hubungan linear yang kuat antara kecepatan angin dan tinggi gelombang, dengan koefisien determinasi R^2 sebesar 0.9937 dan persamaan regresi linear $y = 8.8045x + 2.2916$. Hasil tinggi gelombang yang diperoleh untuk wilayah perairan Kota Bitung dengan durasi 12 jam adalah: kecepatan angin maksimum 14.02 m/s = 1.35 m, 10.49 m/s = 0.9 m, 8.3 m/s = 0.7 m, 6.89 m/s = 0.49 m. Studi ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi pengembangan infrastruktur perairan dan bermanfaat bagi pemangku kepentingan dalam merencanakan dan mengelola aktivitas maritim di Kota Bitung.

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

1. Pendahuluan

1.1. Latar belakang

Kawasan laut Kota Bitung merupakan kota maritim yang mempunyai peranan penting dalam bidang perdagangan, perikanan, dan pariwisata. Sebagai kota dengan aktivitas maritim yang tinggi, keselamatan dan efisiensi operasional menjadi hal yang sangat penting. Pencapaian tujuan tersebut juga harus didukung oleh infrastruktur yang memadai, khususnya pada wilayah perairan.

Gelombang laut dan kecepatan angin merupakan dua faktor utama yang mempengaruhi kondisi di laut. Perubahan cuaca dan kondisi laut yang tidak terduga dapat mengakibatkan gangguan dalam operasional pelabuhan, dan transportasi laut. Pengambilan data gelombang di Indonesia sulit diperoleh karena membutuhkan waktu yang lama dan biaya yang tinggi untuk pengukuran di lapangan. Sehingga banyak struktur pengaman pantai yang dirancang berdasarkan tinggi gelombang dengan menggunakan peramalan data angin.

Oleh karena itu, pemodelan dan peramalan kondisi gelombang laut berdasarkan data kecepatan angin menjadi hal yang sangat penting. Dalam penelitian ini akan digunakan metode *Darbyshire* dan *SPM* (*Shore Protection Manual*) merupakan dua metode yang dapat digunakan untuk memodelkan distribusi kecepatan angin. Kedua metode ini dapat digabungkan untuk menghasilkan model yang dapat memprediksi tinggi dan periode gelombang laut dengan lebih akurat. Data yang diperlukan untuk menunjang penelitian ini adalah data kecepatan angin, durasi angin, dan arah hembusan angin.

1.2. Rumusan Masalah

Berikut beberapa fokus dalam penyusunan tugas akhir ini

1. Bagaimana model distribusi kecepatan angin di Kota Bitung.
 2. Bagaimana nilai tinggi gelombang dan periode gelombang di wilayah Kota Bitung berdasarkan analisis menggunakan metode SPM (*Shore Protection Manual*) dan metode *Darbyshire*.

1.3. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penulisan ini :

1. Pemodelan distribusi kecepatan angin hanya berdasarkan metode *Darbyshire* dan SPM
 2. Analisis model distribusi kecepatan angin menurut skala Beaufort.
 3. Lokasi yang di tinjau adalah di Kota Bitung, Sulawesi Utara
 4. Data angin yang di pakai adalah data angin 5 tahun terakhir

1.4. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk :

1. Menganalisis model distribusi kecepatan angin di wilayah Kota Bitung
 2. Menghitung tinggi dan periode gelombang di daerah perairan Kota Bitung berdasarkan metode SPM dan Darbyshire.

1.5. Manfaat Penelitian

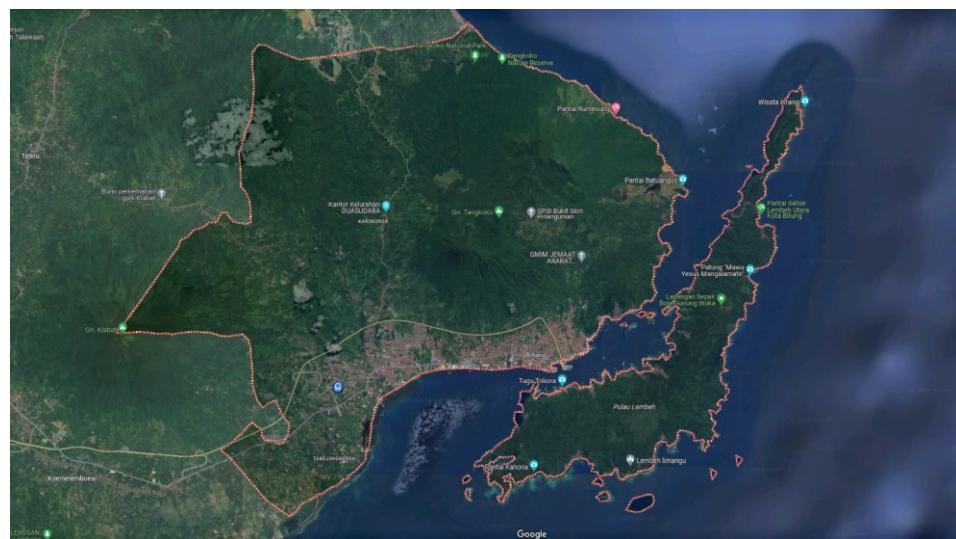
Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

- Memberi informasi mengenai model distribusi kecepatan angin dengan menggunakan metode Darbyshire dan SPM
 - Sebagai informasi data base mengenai model distribusi kecepatan angin untuk
 - Sebagai referensi kepada pemerintah dalam pengolahan wilayah pantai Kota Bitung.

2. Metode Penelitian

2.1. Lokasi Penelitian

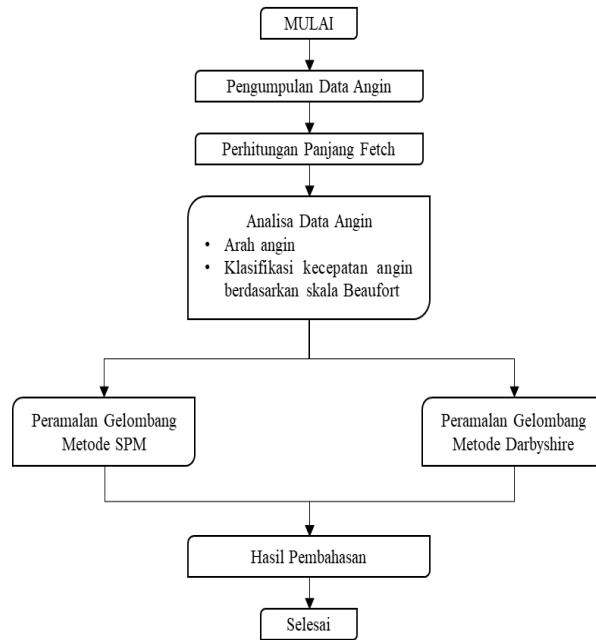
Penelitian ini dilakukan di wilayah perairan kota Bitung. Kota Bitung dipilih karena merupakan salah satu kota maritim yang strategis dengan aktivitas laut yang signifikan, sehingga data kecepatan angin dan gelombang laut dari wilayah ini sangat relevan untuk penelitian ini.



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

Menurut CERC 1984, fetch efektif yang digunakan untuk kurva SMB tetap disarankan untuk dihitung dengan mempertimbangkan perairan dan pulau di depan lokasi yang ditinjau. Untuk menghitung panjang fetch, ditarik garis lurus sembilan radial dari titik yang ditinjau ke arah laut. Sudut antara garis radial ini adalah 5° , dan setiap garis dibuat hingga sampai ke pulau atau daratan. Setelah itu, panjang dan garis radial direrata, yang menunjukkan fetch efektif.



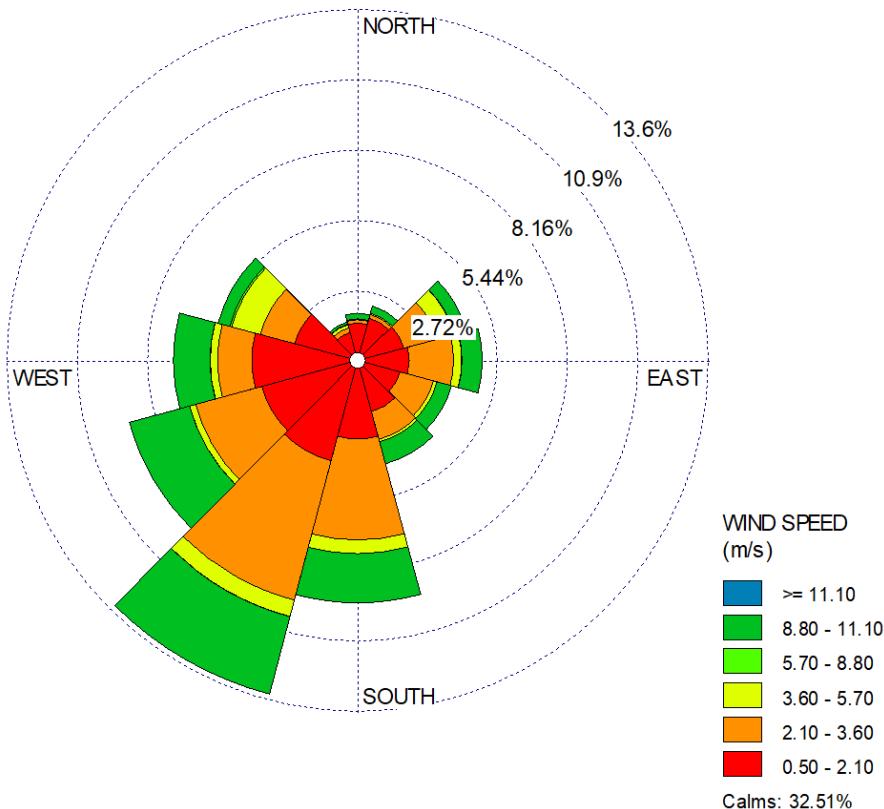
Gambar 3. Fetch lokasi Penelitian

Tabel 1. Perhitungan Panjang Fetch efektif

PERHITUNGAN FETCH							
Arah Mata Angin	(α)	Jarak Sebenarnya (m)	Jarak Sebenarnya (km)	Fcos(α)	cos(α)	F _{eff} (m)	F _{eff} (km)
UTARA (N)	-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		
TIMUR LAUT (NE)	20	0.00	0.00	0.00	0.940	0.000	0.000
	-20	0.00	0.00	0.00	0.940		
	-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		
TIMUR (E)	15	0.00	0.00	0.00	0.966	1490.491	1.490
	20	0.00	0.00	0.00	0.940		
	-20	0.00	0.00	0.00	0.940		
	-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	1085.76	1.09	1.09	1.000		
	5	3873.35	3.87	3.86	0.996		
TENGGARA (SE)	10	3360.29	3.36	3.31	0.985	1585.516	1.586
	15	2655.33	2.66	2.56	0.966		
	20	2402.88	2.40	2.26	0.940		
	-20	1454.22	1.45	1.37	0.940		
	-15	1392.93	1.39	1.35	0.966		
	-10	1170.39	1.17	1.15	0.985		
	-5	1126.72	1.13	1.12	0.996		
	0	1188.49	1.19	1.19	1.000		
SELATAN (S)	5	1800.39	1.80	1.79	0.996	23743.126	23.743
	10	1910.98	1.91	1.88	0.985		
	15	2052.69	2.05	1.98	0.966		
	20	2209.62	2.21	2.08	0.940		
	-20	200000.00	200.00	187.94	0.940		
	-15	3719.67	3.72	3.59	0.966		
	-10	3332.92	3.33	3.28	0.985		
	-5	3035.07	3.04	3.02	0.996		
BARAT DAYA (SW)	0	2689.99	2.69	2.69	1.000	36506.215	36.506
	5	2608.36	2.61	2.60	0.996		
	10	2134.68	2.13	2.10	0.985		
	15	1716.66	1.72	1.66	0.966		
	20	1509.10	1.51	1.42	0.940		
	-20	7261.55	7.26	6.82	0.940		
	-15	7704.11	7.70	7.44	0.966		
	-10	11152.73	11.15	10.98	0.985		
BARAT (W)	-5	15816.25	15.82	15.76	0.996	2608.955	2.609
	0	17005.68	17.01	17.01	1.000		
	5	19534.98	19.53	19.46	0.996		
	10	23878.70	23.88	23.52	0.985		
	15	32458.48	32.46	31.35	0.966		
	20	200000.00	200.00	187.94	0.940		
	-20	0.00	0.00	0.00	0.940		
	-15	0.00	0.00	0.00	0.966		
BARAT LAUT (NW)	-10	0.00	0.00	0.00	0.985	0.000	0.000
	-5	0.00	0.00	0.00	0.996		
	0	531.43	0.53	0.53	1.000		
	5	4322.47	4.32	4.31	0.996		
	10	5590.68	5.59	5.51	0.985		
	15	6373.64	6.37	6.16	0.966		
	20	6799.38	6.80	6.39	0.940		
	-20	0.00	0.00	0.00	0.940		
						F _{eff} (total)	8241.788
						F _{eff} (dominan)	36506.215
							36.506

3.2. Mawar Angin (Wind rose)

Mawar angin dibuat berdasarkan kecepatan angin harian selama 24 jam dan kecepatan angin maksimum selama 5 tahun terakhir di Kota Bitung sehingga dapat dibaca dan dipahami dengan cepat. Untuk lokasi kota Bitung, berdasarkan kecepatan angin maksimum didominasi oleh angin yang berhembus dari arah Barat seperti yang terlihat pada gambar berikut.



Gambar 4. Fetch lokasi Penelitian

3.3. Model distribusi kecepatan angin relatif

Langkah-langkah berikut diambil untuk mendapatkan model distribusi kecepatan angin relatif di Kota Bitung:

- Mengumpulkan data angin maksimum harian setiap tahunnya. Data ini dikumpulkan dari data kecepatan angin per jam sesuai dengan data yang ada.
- Kecepatan angin yang dipilih adalah yang terdistribusi selama 12 jam. Dipilih beberapa data kecepatan angin maksimum yang mewakili karena tidak semua data kecepatan maksimum harian yang ada terdistribusi dalam waktu yang ditentukan.
- Data angin yang kemudian digunakan untuk membuat model distribusi kecepatan angin ini akan diubah menjadi kecepatan angin *relative* terhadap kecepatan angin maksimum yang dicatat pada hari itu.
- Setelah data diubah menjadi data distribusi kecepatan angin *relative*, kecepatan dikategorikan sesuai dengan skala Beaufort.
- Selanjutnya, data distribusi kecepatan angin relatif digunakan untuk menghasilkan persen relatif rata-rata tahunan.
- Untuk perencanaan, model distribusi kecepatan angin relatif dibuat untuk kondisi angin lemah dan angin sedang. Distribusi kecepatan angin relatif ini dihitung sebagai persen relative total dari rata-rata lima tahun pengamatan.

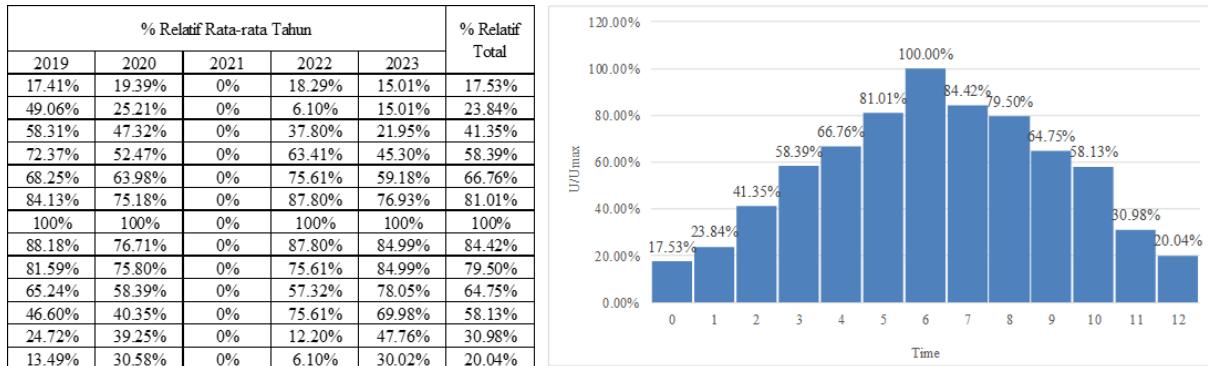
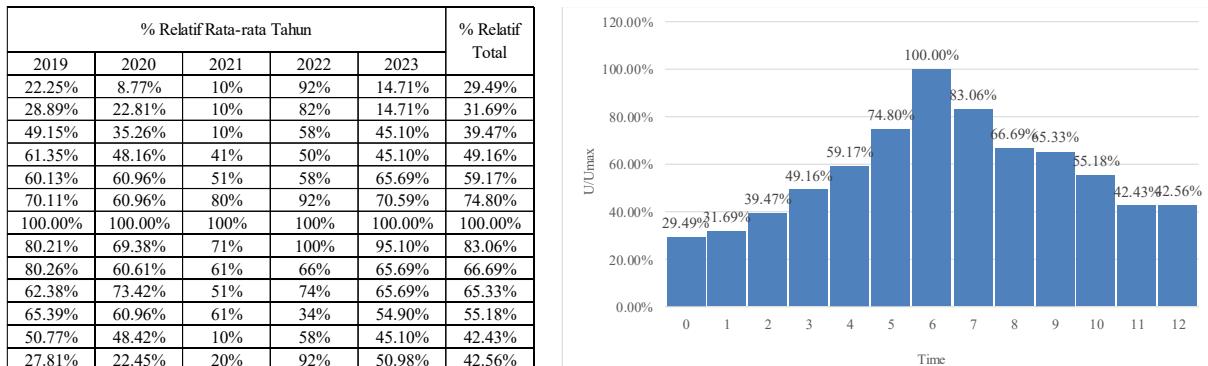
Tabel 2.(a) Data Distribusi Kecepatan Angin Lemah (0-5 m/s)
(b) Data Distribusi Kecepatan Angin Sedang (5-11 m/s)

5/10/2022			%
jam ke	arah	kec.	
0	200	1	24%
1	80	0.5	12%
2	70	2.1	51%
3	70	2.6	63%
4	70	2.6	63%
5	70	3.6	88%
6	60	4.1	100%
7	60	3.6	88%
8	60	3.1	76%
9	70	2.6	63%
10	70	3.1	76%
11	320	1	24%
12	0	0	0%

2/1/2019			%
jam ke	arah	kec.	
22	0	0	0%
23	70	0.5	6%
0	270	0.5	6%
1	70	5.7	70%
2	70	5.1	62%
3	30	5.1	62%
4	70	8.2	100%
5	80	5.7	70%
6	40	6.7	82%
7	80	2.1	26%
8	90	2.6	32%
9	80	2.1	26%
10	80	0.5	6%

(a)

(b)

Tabel 3. Model Distribusi Kecepatan Angin Relatif Kondisi Angin Lemah (0-5 m/s) di Kota Bitung**Tabel 4.** Model Distribusi Kecepatan Angin Relatif Kondisi Angin Sedang (5-11 m/s) di Kota Bitung

3.4. Peramalan Gelombang

Model distribusi kecepatan angin relatif digunakan untuk kondisi angin sedang untuk menghitung peramalan tinggi gelombang.

3.4.1. Peramalan Tinggi Gelombang Metode Darbyshire

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

a) Berdasarkan Model Distribusi Kecepatan Angin

Tabel 5. Perhitungan Kecepatan Angin Berdasarkan Model Distribusi Kecepatan Angin Manado
(Umaks = 12.3 m/s)

% Relatif Rata-rata Tahun					% Relatif Total	Kecepatan m/s	Durasi Rencana	
2019	2020	2021	2022	2023			6 jam	12 jam
22.25%	8.77%	10%	92%	14.71%	29.49%	4.14		4.14
28.89%	22.81%	10%	82%	14.71%	31.69%	4.44		4.44
49.15%	35.26%	10%	58%	45.10%	39.47%	5.53		5.53
61.35%	48.16%	41%	50%	45.10%	49.16%	6.89	6.89	6.89
60.13%	60.96%	51%	58%	65.69%	59.17%	8.30	8.30	8.30
70.11%	60.96%	80%	92%	70.59%	74.80%	10.49	10.49	10.49
100.00%	100.00%	100%	100%	100.00%	100.00%	14.02	14.02	14.02
80.21%	69.38%	71%	100%	95.10%	83.06%	11.64	11.64	11.64
80.26%	60.61%	61%	66%	65.69%	66.69%	9.35	9.35	9.35
62.38%	73.42%	51%	74%	65.69%	65.33%	9.16	9.16	9.16
65.39%	60.96%	61%	34%	54.90%	55.18%	7.74		7.74
50.77%	48.42%	10%	58%	45.10%	42.43%	5.95		5.95
27.81%	22.45%	20%	92%	50.98%	42.56%	5.97		5.97

Setelah data dikumpulkan, kemudian hasilnya dilakukan pembagian sesuai dengan durasi rencana yang akan dihitung yakni durasi 6 jam dan 12 jam seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.7. Selanjutnya, data kecepatan berdasarkan durasi ini diplot pada Grafik Darbyshire dan Drapper (1963) untuk mendapatkan hasil tinggi gelombang sebagai berikut.

Untuk durasi 3 jam H = 2 m

Untuk durasi 6 jam H = 2.5m

Untuk durasi 9 jam H = 2.9 m

Untuk durasi 12 jam H = 3 m

b) Berdasarkan Kecepatan Maksimum (Umaks = 12.3 m/s)

Perhitungan dilakukan dengan menggunakan kecepatan maksimum dan durasi rencana yang akan diplot pada Grafik Darbyshire dan Drapper (1963). Kecepatan maksimum pada ketinggian 4 m adalah 12.3 m/s selanjutnya diplot ke Grafik Darbyshire sehingga didapat :

Untuk durasi 3 jam H = 1.7 m

Untuk durasi 6 jam H = 2.2 m

Untuk durasi 9 jam H = 2.3 m

Untuk durasi 12 jam H = 2.5 m

c) Berdasarkan Fetch Efektif

Nilai fetch efektif berdasarkan tabel 4.1 adalah 36.506 km. Dengan kecepatan maksimum angin kota Bitung adalah 12.3 m/s, maka di plot pada Grafik Darbyshire dan Drapper (1963) sehingga mendapatkan hasil sebagai berikut :

Untuk Fetch (36.5 km) H = 1,2 m

3.4.2. Peramalan Tinggi Gelombang Metode SMB

Untuk peramalan tinggi gelombang menggunakan metode SMB umumnya memperhitungkan durasi/lama angin berhembus berdasarkan kecepatan angin maksimum yang terjadi. Dalam kasus ini, kecepatan angin maksimum yang tercatat untuk wilayah kota Bitung selama rentang waktu 5 tahun terakhir adalah 12.3 m/s.

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

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

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 SMB untuk durasi 3 jam dengan Umaks 12.3 m/s :

$$U = 12.3 \text{ m/s}$$

$$U_A^2 = 0.71 \cdot U^{1.23} = 0.71 \times (12.3)^{1.23} = 14.38 \text{ m/s}$$

Dimana :

U_A : *wind – stress factor* (m/s)

U_L : kecepatan angin terkoreksi (m/s)

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

$$\frac{9.81(3 \times 60 \times 60)}{14.38} = 6.88 \times 10 \left[\frac{9.81 \times F}{(14.38)^2} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$F = 23358 \text{ m}$$

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

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

$$\frac{9.81H_{mo}}{(14.38)^2} = 1.6 \times 10^{-3} \left[\frac{9.81 \times 23358}{(14.38)^2} \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$H_{mo} = 1.12 \text{ m}$$

Perhitungan tinggi gelombang selanjutnya disajikan dalam tabel berikut :

Tabel 6. Perhitungan Tinggi Gelombang Dengan Metode SMB

Durasi Rencana (Jam)	Tinggi Gelombang (Hs)
3	1.12
6	1.89
9	2.56
12	3.18

3.5. Grafik Peramalan Tinggi Gelombang

Dalam analisa transformasi gelombang ini menggunakan data sekunder dimana Data tersebut digunakan sebagai dasar perbandingan Transformasi gelombang di lokasi Pantai Manembo-Nembo dan Pantai Girian Bawah. Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, maka didapatkan grafik peramalan tinggi gelombang untuk durasi 12 jam ditunjukkan pada Gambar 5.

Selanjutnya, untuk peramalan gelombang dengan data kecepatan angin lebih dari 11 m/s, maka grafik yang ada dibuat kembali berdasarkan persamaan regresi linear. Dengan demikian, kita dapat meramalkan tinggi gelombang yang akan terjadi di kemudian hari, walaupun data kecepatan angin yang ada lebih dari hasil kecepatan angin pada data penelitian yaitu 12.3 m/s.

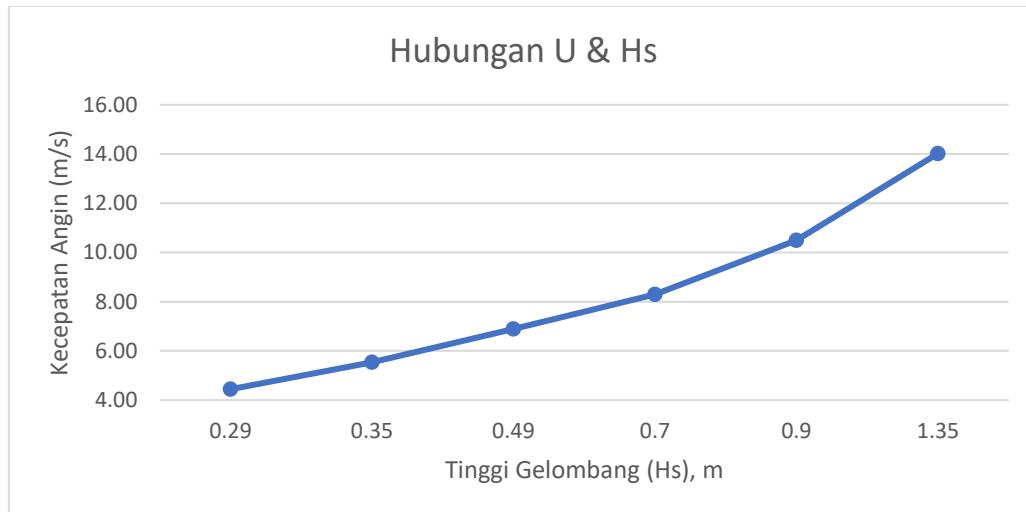
3.6. Perbandingan Peramalan Tinggi Gelombang dengan Penelitian Sebelumnya

Berdasarkan hasil analisis yang sudah dilakukan tentang grafik peramalan tinggi gelombang di area perairan Kota Bitung, maka akan dibandingkan dengan hasil yang diperoleh penelitian sebelumnya untuk lokasi yang sama yaitu di Kota Bitung.

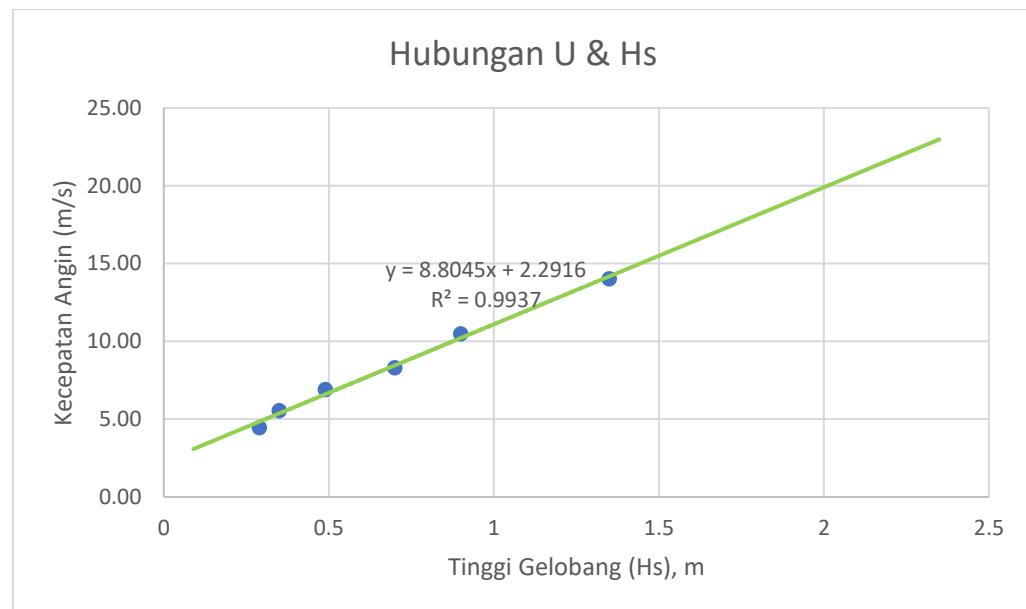
Hasil perbandingan ini menunjukkan bahwa nilai tinggi gelombang yang diperoleh dari Grafik Peramalan Tinggi Gelombang di perairan Bitung memiliki nilai yang tidak jauh berbeda dengan hasil penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya.

Dengan skenario menggunakan data angin maksimum dari tiap penelitian yang telah

dilakukan, kemudian nilai tinggi gelombang dari hasil penelitian sebelumnya, yang mana nilai data angin tersebut dimasukkan ke dalam grafik peramalan tinggi gelombang di area perairan Manado. Selain itu dilakukan juga perhitungan dengan menggunakan metode SMB dengan skenario durasi angin 12 jam.4



Gambar 5. Grafik Peramalan Tinggi Gelombang di wilayah Perairan Kota Bitung (Durasi 12 Jam)



Gambar 6. Grafik Peramalan Tinggi Gelombang di wilayah Perairan Kota Bitung

Tabel 5. Perbandingan Tinggi Gelombang dengan Penelitian Terdahulu

Tinggi Gelombang (Hs) (m)	G. Menda	A. Thambas	N. Tantry
	Umax = 14.02 m/s	Umax = 10.43 m/s	Umax = 16 m/s
Hasil Asli	1.35	1.13	1.37
Hasil Penelitian	1.35	0.924	1.557
Selisih	0.00	0.20	0.19

Tabel 6. Tinggi Gelombang Dengan Metode SMB

Tinggi Gelombang		
G. Menda	A. Thambas	N. Tantry
Umax = 14.02 m/s	Umax = 10.43 m/s	Umax = 16 m/s
1.12	0.75	1.28

4. Kesimpulan

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

1. Grafik yang disajikan menunjukkan hubungan antara kecepatan angin (U) dan tinggi gelombang (H_s). Sumbu horizontal (x) merepresentasikan tinggi gelombang dalam satuan meter, sementara sumbu vertikal (y) menunjukkan kecepatan angin dalam satuan meter/detik. Dari grafik tersebut, diperoleh persamaan regresi linear $y = 8.8045x + 2.2916$, dengan koefisien determinasi R^2 sebesar 0.9937.
2. Hasil tinggi gelombang yang diperoleh untuk wilayah perairan Kota Bitung berdasarkan model distribusi kecepatan angin dengan durasi 12 jam adalah sebagai berikut. Untuk kecepatan angin maksimum $14.02 \text{ m/s} = 1.35 \text{ m}$. Untuk kecepatan angin $10.49 \text{ m/s} = 0.9 \text{ m}$. Untuk kecepatan angin $8.3 \text{ m/s} = 0.7 \text{ m}$. Kecepatan angin $6.89 \text{ m/s} = 0.49 \text{ m}$. Kecepatan angin $5.53 \text{ m/s} = 0.35 \text{ m}$. Kecepatan angin $4.44 \text{ m/s} = 0.29 \text{ m}$.

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
- Coastal Engineering Research Center. (1984). Shore Protection Manual. Washington D. C.: US Army Corps of Engineer.
- Triatmodjo, Bambang. (1999). Teknik Pantai. Yogyakarta: Penerbit Beta Offset.
- Priatna, Angga (2021) Model Distribusi Kecepatan Angin Untuk Peramalan Gelombang Menggunakan Metode Darbyshire Dan Spm Di Perairan Sorong, Papua Barat. Institut Teknologi Nasional.
- Muliati, Y. (2020). Rekayasa Pantai. Bandung: Penerbit Itenas
- Yuwono, Nur. (1982). Teknik Pantai Volume 1. Yogyakarta: Penerbit KMTS Fakultas Teknik UGM.
- Rumsawir, Julia M., (2023). Model Distribusi Kecepatan Angin Untuk Peramalan Gelombang Menggunakan Metode Darbyshire Dan SPM Di Sindulang Kecamatan Tumiting Kota Manado Sulawesi Utara. Universitas Sam Ratulangi