



Model Distribusi Kecepatan Angin Untuk Peramalan Gelombang Di Wilayah Perairan Manado

Reinhard H. M. Lihondatu^{#a}, Arthur H. Thambas^{#b}, Jeffry D. Mamoto^{#c}

[#]Program Studi Teknik sipil Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia
^areinhardlihondata@gmail.com, ^barthurthambas@unsrat.ac.id, ^cjeffrymamoto@unsrat.ac.id

Abstrak

Perencanaan bangunan pengaman pantai pada dasarnya memerlukan beberapa data yang harus diketahui, salah satunya adalah data gelombang. Namun, ketersediaan data gelombang cenderung menjadi suatu permasalahan dikarenakan data tersebut tidak tersedia di Lokasi pekerjaan bahkan sulit untuk didapatkan. Dikarenakan hal tersebut, maka para ahli mengemukakan beberapa asumsi yang dapat digunakan untuk meramalkan tinggi gelombang. Berdasarkan data angin dapat dibuat suatu model distribusi kecepatan angin yang bisa digunakan untuk peramalan gelombang. Penelitian ini dilakukan dengan cara mengambil data angin dari Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika – Stasiun Meteorologi Maritim Bitung di Kota Bitung. Adapun data yang diambil adalah data arah dan kecepatan angin setiap jam selama kurun waktu 5 tahun (2018-2023) di Kota Manado. Data ini kemudian dianalisis untuk pembuatan model distribusi kecepatan angin di wilayah perairan Manado, yang dapat dipakai untuk meramalkan tinggi gelombang dengan metode Darbyshire dan SMB dengan beberapa kondisi yang diperhitungkan. Hasil penelitian ini kemudian di sajikan dalam bentuk grafik persamaan regresi linear berdasarkan durasi rencana 12 jam sehingga dapat digunakan untuk meramalkan tinggi gelombang yang akan terjadi di wilayah perairan kota Manado.

Kata kunci: model distribusi, kecepatan angin, peramalan gelombang

1. Pendahuluan

1.1. Latar belakang

Indonesia merupakan negara maritim yang memiliki wilayah laut seluas 6,4 juta km². Terdiri dari wilayah teritorial sebesar 3,4 juta km² dan wilayah Zona Ekonomi Eksklusif Indonesia (ZEEI) sebesar 3 juta km². Mendasar dari hal tersebut maka, Indonesia memiliki banyak potensi yang bisa dikembangkan, khususnya di bidang kelautan dan perairan.

Perairan yang ada di Kota Manado, Sulawesi Utara juga memiliki potensi yang tinggi dalam bidang pariwisata maupun ekonomi dikarenakan posisinya yang strategis di Kawasan Asia Pasifik dan juga memiliki berbagai destinasi wisata. Oleh sebab itu, infrastruktur di daerah perairan Kota Manado perlu diperhatikan, khususnya di bidang pariwisata.

Salah satu faktor yang perlu diperhatikan dalam pembangunan infrastruktur di wilayah perairan adalah tinggi gelombang. Pengambilan data gelombang umumnya dilakukan dengan cara pengukuran tinggi gelombang di lokasi perencanaan. Akan tetapi hal tersebut jarang dilakukan karena tingkat kesulitan yang tinggi dan memerlukan biaya yang cukup mahal serta waktu yang lama.

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

Beberapa fokus dalam penyusunan tugas akhir ini dibuat dalam rumusan masalah, yaitu :

1. Bagaimana model distribusi kecepatan angin di perairan Kota Manado?
2. Berapa nilai tinggi gelombang dengan menggunakan metode SMB dan Darbyshire di daerah perairan Kota Manado?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan Penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui model distribusi kecepatan angin untuk wilayah perairan Kota Manado.
2. Mendapatkan nilai tinggi gelombang di wilayah perairan Kota Manado dengan menggunakan metode SMB dan Darbyshire.

1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah yang diambil dalam penyusunan studi ini adalah:

1. Menggunakan data angin selama 5 tahun terakhir (2018-2023).
2. Analisis model distribusi kecepatan angin menurut skala Beaufort.
3. Output yang dihasilkan hanya berupa grafik hubungan tinggi gelombang dan kecepatan angin.

1.5. Manfaat Penelitian

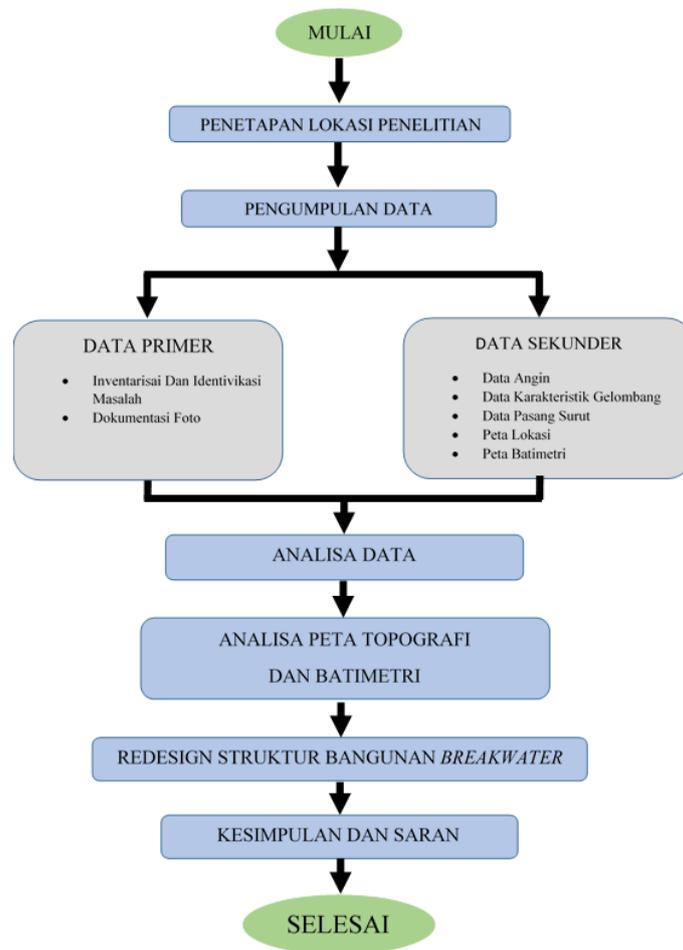
Penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan maupun menjadi bahan pertimbangan bagi pemerintah ataupun pihak lainnya untuk diterapkan dalam pembangunan infrastruktur yang ada di wilayah perairan Kota Manado dan juga dapat membantu masyarakat yang ada, khususnya yang tinggal maupun bekerja di wilayah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



Gambar 1. Peta Lokasi Penelittian

2. Metode Penelitian

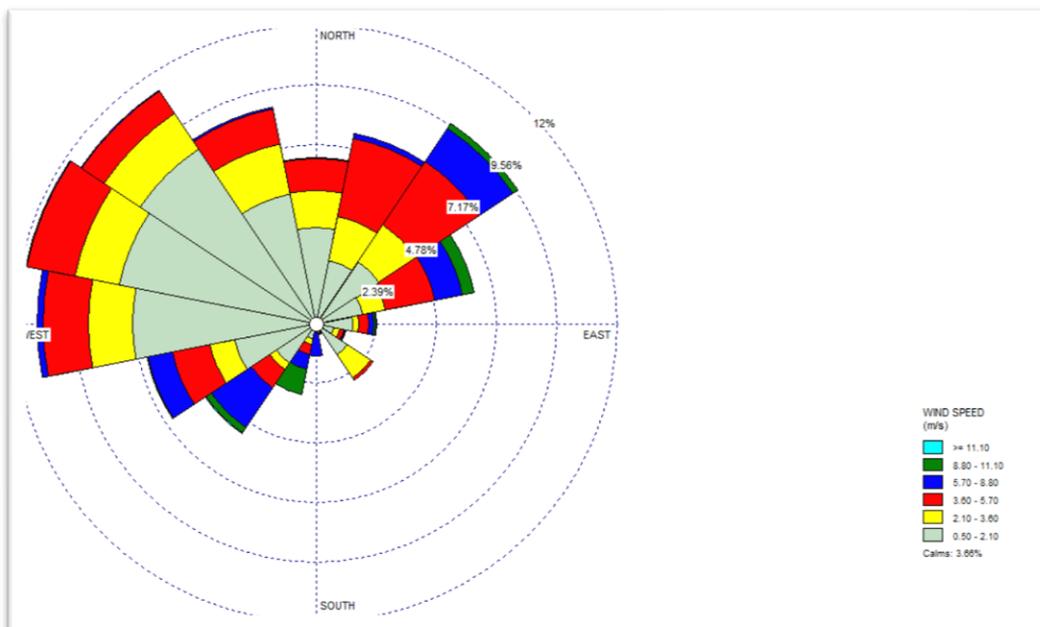
Lokasi penelitian terletak di Kota Manado, dalam hal ini diambil titik tinjauan penelitian di God Bless Park Manado ($1^{\circ}28'2.56''N$ $124^{\circ}49'42.40''E$).



Gambar 2. Bagan Alir

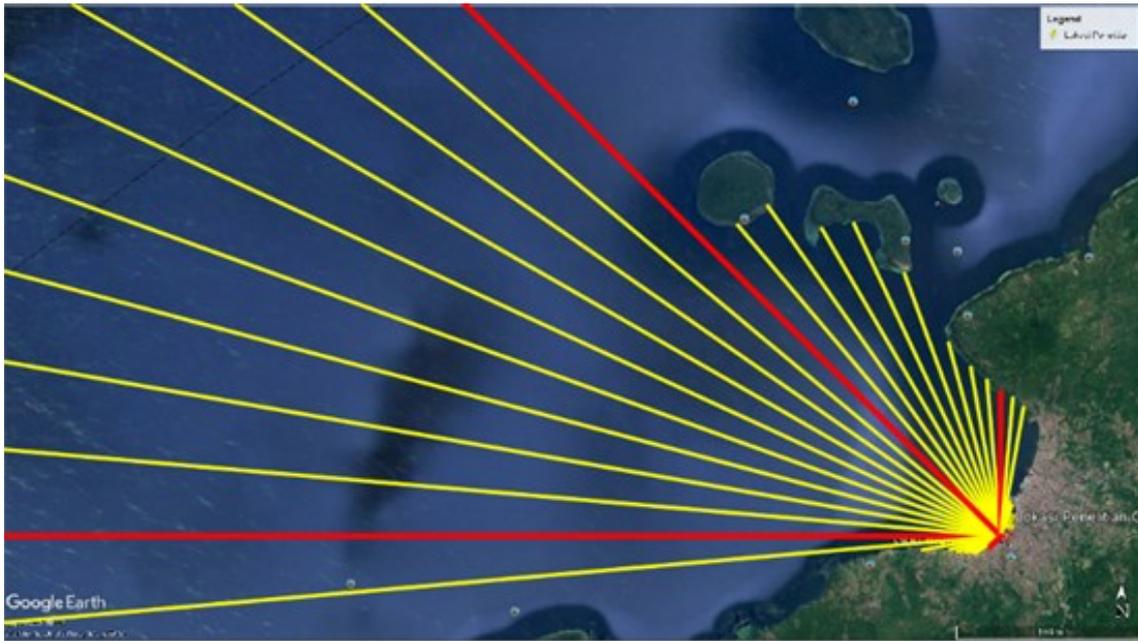
3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Mawar Angin (Windrose)



Gambar 3. Windrose Kota Manado

3.2. Perhitungan Fetch Efektif



Gambar 4. Fetch Lokasi Penelitian

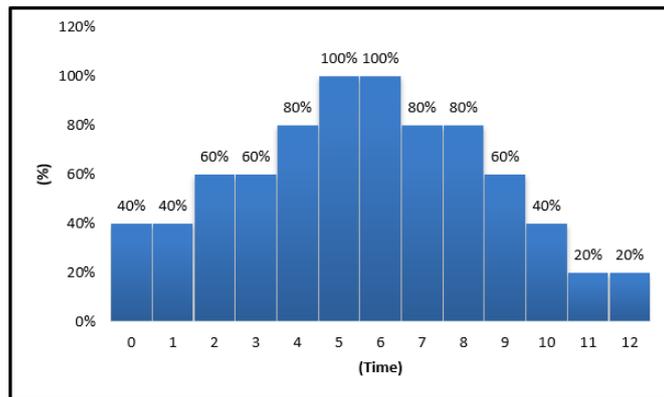
Tabel 1. Perhitungan Panjang Fetch Untuk 8 Arah Mata Angin

Arah Mata Angin	(θ)	Jarak Sebenarnya	Jarak Sebenarnya	Fcos(θ)	cos(θ)	Feff (km)							
		(m)	(km)										
UTARA (N)	-20	15034	15.034	14	0.940	7.702	SELATAN (S)	-20	0	0.000	0	0.940	0.000
	-15	10756	10.756	10	0.966			-15	0	0.000	0	0.966	
	-10	9218	9.218	9	0.985			-10	0	0.000	0	0.985	
	-5	8425	8.425	8	0.996			-5	0	0.000	0	0.996	
	0	7726	7.726	8	1.000			0	0	0.000	0	1.000	
	5	7463	7.463	7	0.996			5	0	0.000	0	0.996	
	10	7043	7.043	7	0.985			10	0	0.000	0	0.985	
	15	1889	1.889	2	0.966			15	0	0.000	0	0.966	
	20	1769	1.769	2	0.940			20	0	0.000	0	0.940	
	TIMUR LAUT (NE)	-20	0	0.000	0			0.940	0.000	BARAT DAYA (SW)	-20	0	
-15		0	0.000	0	0.966	-15	0	0.000			0	0.966	
-10		0	0.000	0	0.985	-10	0	0.000			0	0.985	
-5		0	0.000	0	0.996	-5	0	0.000			0	0.996	
0		0	0.000	0	1.000	0	784	0.784			1	1.000	
5		0	0.000	0	0.996	5	877	0.877			1	0.996	
10		0	0.000	0	0.985	10	1576	1.576			2	0.985	
15		0	0.000	0	0.966	15	1748	1.748			2	0.966	
20		0	0.000	0	0.940	20	2063	2.063			2	0.940	
TIMUR (E)		-20	0	0.000	0	0.940	0.000	BARAT (W)			-20	2426	2.426
	-15	0	0.000	0	0.966	-15			2794	2.794	3	0.966	
	-10	0	0.000	0	0.985	-10			4231	4.231	4	0.985	
	-5	0	0.000	0	0.996	-5			53479	53.479	53	0.996	
	0	0	0.000	0	1.000	0			200000	200.000	200	1.000	
	5	0	0.000	0	0.996	5			200000	200.000	199	0.996	
	10	0	0.000	0	0.985	10			200000	200.000	197	0.985	
	15	0	0.000	0	0.966	15			200000	200.000	193	0.966	
	20	0	0.000	0	0.940	20			200000	200.000	188	0.940	
	TENGKARA (SE)	-20	0	0.000	0	0.940			0.000	BARAT LAUT (NW)	-20	200000	200.000
-15		0	0.000	0	0.966	-15	200000	200.000			193	0.966	
-10		0	0.000	0	0.985	-10	200000	200.000			197	0.985	
-5		0	0.000	0	0.996	-5	200000	200.000			199	0.996	
0		0	0.000	0	1.000	0	200000	200.000			200	1.000	
5		0	0.000	0	0.996	5	21863	21.863			22	0.996	
10		0	0.000	0	0.985	10	21701	21.701			21	0.985	
15		0	0.000	0	0.966	15	19109	19.109			18	0.966	
20		0	0.000	0	0.940	20	18568	18.568			17	0.940	
							Feff (total)				247.404		
							Feff (dominan)		120.409				

3.3. Model Distribusi Kecepatan Angin Relatif

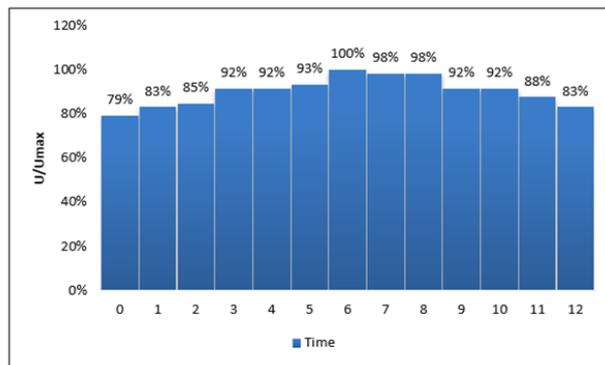
Tabel 2. Data Distribusi Kecepatan Angin Sedang Kota Manado

19/2/19			%
Jam Ke	Ws	Wd	
0	2	38	40%
1	2	38	40%
2	3	39	60%
3	3	40	60%
4	4	40	80%
5	5	41	100%
6	5	42	100%
7	4	42	80%
8	4	43	80%
9	3	44	60%
10	2	45	40%
11	1	45	20%
12	1	46	20%

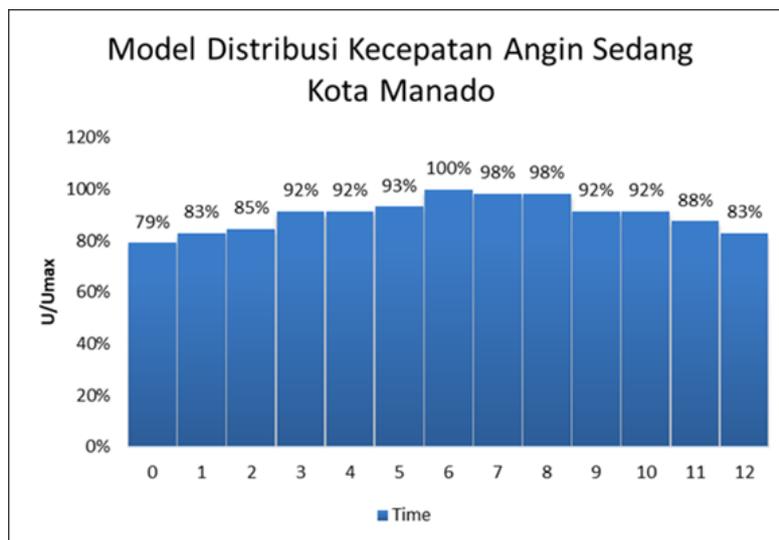


Tabel 3. Model Distribusi Kecepatan Angin Relatif Kondisi Angin Sedang Kota Manado

% Relatif Rata - Rata Tahun					% Relatif Total
2019	2020	2021	2022	2023	
0%	0%	0%	82%	76%	79%
0%	0%	0%	82%	84%	83%
0%	0%	0%	82%	88%	85%
0%	0%	0%	91%	92%	92%
0%	0%	0%	91%	92%	92%
0%	0%	0%	91%	95%	93%
0%	0%	0%	100%	100%	100%
0%	0%	0%	100%	97%	98%
0%	0%	0%	100%	97%	98%
0%	0%	0%	91%	92%	92%
0%	0%	0%	91%	92%	92%
0%	0%	0%	91%	84%	88%
0%	0%	0%	82%	84%	83%



Dari tabel di atas telah disajikan model distribusi kecepatan angin wilayah Kota Manado dengan kategori angin sedang. Dengan adanya data ini, akan memudahkan untuk menganalisis tinggi gelombang yang mungkin terjadi, karena pola distribusi kecepatan angin setiap jam selama durasi 12 jam sudah dibakukan. Model distribusi rancangan yang akan digunakan adalah model distribusi untuk kecepatan angin sedang yang ada pada gambar berikut.



Gambar 5. Model Distribusi Rancangan Kecepatan Angin Angin Sedang Kota Manado

3.4. Peramalan Gelombang

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

3.5. 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 peramalan tinggi gelombang dengan memperhitungkan fetch efektif.

Tabel 4. Perhitungan Kecepatan Angin Berdasarkan Model Distribusi Kecepatan Angin Manado (Umaks = 15 Knot)

% Relatif Rata - Rata Tahun				% Relatif Total	Kecepatan (Mil/Jam)	Kecepatan (m/s)	Kecepatan Angin	
2019	2020	2021	2022				Durasi 6 Jam	Durasi 12 Jam
0%	0%	0%	82%	79%	11.86	6.10		6.10
0%	0%	0%	82%	84%	12.45	6.41		6.41
0%	0%	0%	82%	88%	12.70	6.54		6.54
0%	0%	0%	91%	92%	13.73	7.06	7.06	7.06
0%	0%	0%	91%	92%	13.73	7.06	7.06	7.06
0%	0%	0%	91%	95%	13.98	7.19	7.19	7.19
0%	0%	0%	100%	100%	15.00	7.72	7.72	7.72
0%	0%	0%	100%	97%	14.75	7.59	7.59	7.59
0%	0%	0%	100%	97%	14.75	7.59	7.59	7.59
0%	0%	0%	91%	92%	13.73	7.06	7.06	7.06
0%	0%	0%	91%	92%	13.73	7.06		7.06
0%	0%	0%	91%	84%	13.14	6.76		6.76
0%	0%	0%	82%	84%	12.45	6.41		6.41

Data relatif total rata – rata yang ada kemudian dihitung menjadi kecepatan (mil/jam) dan dikonversi lagi menjadi satuan kecepatan (meter/detik). Sebagai contoh: $79\% \times 15 \text{ Knot} = 11.86 \text{ mil/jam} = 6.10 \text{ m/s}$

Setelah hasilnya didapatkan kemudian dilakukan pembagian sesuai dengan durasi rencana yang akan di hitung. Kemudian data kecepatan berdasarkan durasi ini kemudian di plot pada Grafik Darbyshire dan Drapper (1963) untuk mendapatkan hasil tinggi gelombang sebagai berikut.

Tabel 5. Tinggi Gelombang Berdasarkan Model Distribusi Kecepatan Angin Manado (Umaks = 15 Knot)

Durasi (Jam)	Tinggi Gelombang (m)
3	0.9
6	1
9	0.9
12	0.8

Perhitungan dilakukan menggunakan kecepatan maksimum dan durasi rencana yang akan di plotting pada Grafik Darbyshire dan Drapper (1963). Kecepatan maksimum pada ketinggian 10 m adalah 15 knot selanjutnya diubah ke satuan m/s sehingga didapatkan hasil 7,7 m/s. Di plot ke Grafik Darbyshire sehingga didapat:

Tabel 6. Tinggi Gelombang Berdasarkan Kecepatan Angin Maksimum

Durasi (Jam)	Tinggi Gelombang (m)
3	0.8
6	1
9	1.1
12	1.4

Nilai fetch efektif berdasarkan yang sudah dihitung adalah 247,404 km. Dengan kecepatan angin maksimum angin kota Manado adalah 15 knot, maka di plot pada Grafik Darbyshire dan Drapper (1963) sehingga mendapatkan hasil tinggi gelombang 1.2 m.

3.6. 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 Manado selama rentang waktu 5 tahun terakhir adalah 15 knot. Berikut ini adalah contoh perhitungan metode SMB untuk durasi 3 jam dengan Umaks 15 knot:

$$U = 15 \text{ Knot} = 15 \times 0.5144 = 7,7 \text{ m/s}$$

$$U_A^2 = 0,71 U^{1.23} = 0,71 (7,716)^{1.23} = 8,10 \text{ m/s}$$

Untuk durasi 3 jam:

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

$$\frac{9.81(3 \times 60 \times 60)}{8.10} = 6.88 \times 10 \left[\frac{9.81 \times F}{(8.10)^2} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$F = 17532 \text{ m}$$

Nilai F selanjutnya dimasukan ke dalam rumus sehingga menjadi :

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

$$\frac{9.81H_{mo}}{(8.10)^2} = 1.6 \times 10^{-3} \left[\frac{9.81 \times 17532}{(8.10)^2} \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$H_{mo} = 0.54 \text{ m}$$

Tabel 7. Perhitungan Tinggi Gelombang Dengan Metode SMB

Durasi Rencana (Jam)	Tinggi Gelombang (m)
3	0.54
6	0.92
9	1.24
12	1.54

3.7. Grafik Peramalan Tinggi Gelombang

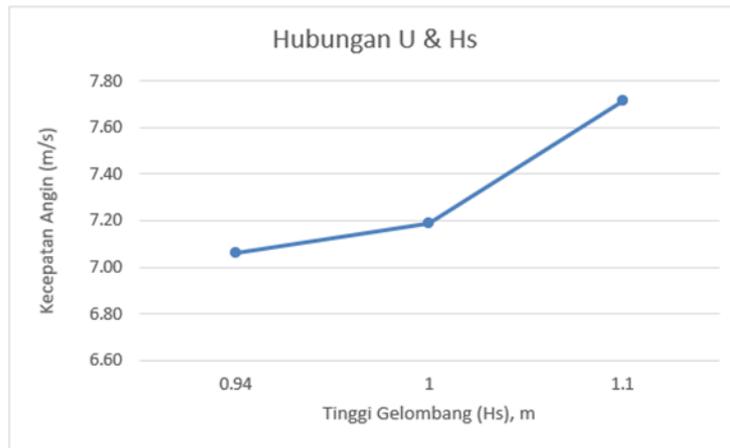
Grafik peramalan tinggi gelombang dibuat berdasarkan hasil hubungan antara kecepatan angin dengan tinggi gelombang berdasarkan durasi rencana yang sudah dibuat.

3.8. Peramalan Tinggi Gelombang Durasi 6 Jam

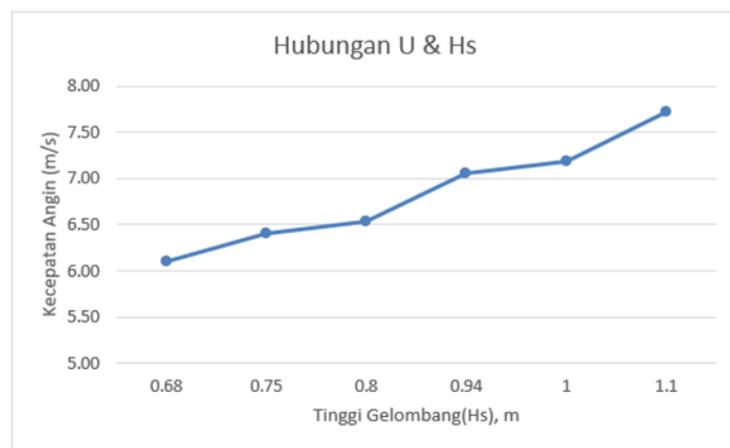
Berdasarkan hasil analisis sebelumnya, maka dibuat grafik peramalan tinggi gelombang untuk durasi 6 jam (Gambar 6).

3.9. Peramalan Tinggi Gelombang Durasi 12 Jam

Berdasarkan hasil analisis sebelumnya, dibuat grafik peramalan tinggi gelombang untuk durasi 6 jam (Gambar 7).

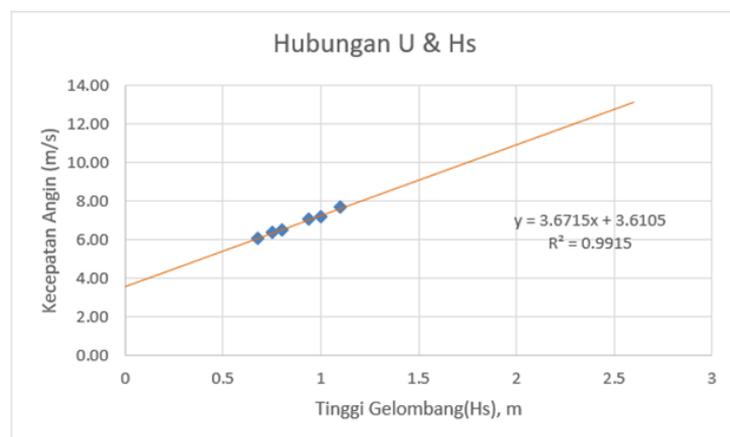


Gambar 6. Grafik Hubungan Tinggi Gelombang dan Kecepatan Angin Kota Manado (Durasi 6 Jam)



Gambar 7. Grafik Hubungan Tinggi Gelombang dan Kecepatan Angin Kota Manado (Durasi 12 Jam)

Selanjutnya, untuk peramalan gelombang dengan data kecepatan angin lebih dari 15 knot atau 7,7 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 15 knot. Hasil akhir grafik peramalan tinggi gelombang dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Grafik Hubungan Tinggi Gelombang dan Kecepatan Angin Kota Manado (Durasi 6 Jam)

3.10. Perbandingan Peramalan Tinggi Gelombang Dengan Penelitian Sebelumnya

Berdasarkan hasil analisis yang sudah diperoleh tentang grafik peramalan tinggi

gelombang di area perairan Kota Manado, maka akan dibandingkan dengan hasil yang diperoleh penelitian sebelumnya untuk lokasi yang sama yaitu di Kota Manado.

Hasil perbandingan ini menunjukkan bahwa nilai tinggi gelombang yang didapatkan melalui Grafik Peramalan tinggi gelombang di perairan Manado memiliki nilai yang tidak jauh berbeda dengan hasil penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya.

Dengan skenario menggunakan data angin maksimum dari tiap penelitian yang dilakukan, dilanjutkan dengan 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.

Tabel 8. Perbandingan Tinggi Gelombang Dengan Penelitian Terdahulu

Tinggi Gelombang (Hs) (m)	R.Lihondatu Umax = 7.7 m/s	J.Bernadus Umax = 7.62 m/s	T. Sambouw Umax = 4.38 m/s
Hs Penelitian	1.1	0.9	0.5
Hs Grafik	1.1	1	0.2
Selisih	0.00	0.10	0.30

4. Kesimpulan

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

1. Distribusi Kecepatan Angin di wilayah perairan Manado terdistribusi berdasarkan durasi 12 jam dengan kecepatan maximum 15 knot atau 7,7 m/detik.
2. Berdasarkan model distribusi kecepatan angin dengan durasi 12 jam dengan menggunakan Grafik Darbyshire, untuk kecepatan angin maksimum 7.7 m/s didapatkan tinggi gelombang sebesar 1.1 m. Untuk kecepatan angin 7.1 m/s tinggi gelombang sebesar 1 m, kecepatan angin 7.0 m/s tinggi gelombang sebesar 0.9 m, kecepatan angin 6.5 m/s tinggi gelombang sebesar 0.8m, kecepatan angin 6.4 m/s tinggi gelombang sebesar 0.7 m/s dan kecepatan angin 6.1 m/s tinggi gelombang sebesar 0.6 m. Selanjutnya hasil ini dibuatkan Grafik hubungan antara kecepatan angin dan tinggi gelombang sebagai acuan untuk peramalan gelombang di wilayah perairan laut/pantai Manado.

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, Bambang. (1999). *Teknik Pantai*. Yogyakarta: Penerbit Beta Offset.
- Nur Yuwono, 1982, *Teknik Pantai*, Biro Penerbit Keluarga Mahasiswa Teknik Sipil Fakultas Teknik UGM, Yogyakarta.
- Angga Priatna, Yati Muliati, (2021), *Model Distribusi Kecepatan Angin Untuk Peramalan Gelombang Menggunakan Metode Darbyshire dan SPM di Perairan Sorong, Papua Barat*
- 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
- Yuwono, Nur. (1982). *Dasar – Dasar Perencanaan Bangunan Pantai Volume II*. Yogyakarta: Penerbit KMTS Fak. Teknik UGM.
- 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.
- Triatmodjo, B., 1993, *Pelabuhan*, Cetakan Pertama, Beta Offset, Yogyakarta.
- Triatmodjo, B. 2012. *Perencanaan Bangunan Pantai*. Beta Offset. Yogyakarta.