



Peramalan Gelombang Di Wilayah Sangihe Dengan Menggunakan Model Distribusi Kecepatan Angin

Juan Gaghenggang^{#a}, Arthur H. Thambas^{#b}, M. Ihsan Jasin^{#c}

[#]Program Studi Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia
^agaghenggangjuan123@gmail.com, ^barthur.thambas@unsrat.ac.id, ^csanyjasin02@yahoo.com

Abstrak

Perairan di wilayah kepulauan khususnya sangihe harus menjadi perhatian khusus bagi pemerintah setempat dalam meminimalisir kerusakan yang di akibatkan gelombang yang datang dari laut pasang. Kerusakan yang dapat di cegah lebih awal dapat membantu suatu wilayah dalam mempertahankan bangunan yang ada di sekitar pantai. Selain itu juga perlu untuk memprediksi arah datangnya gelombang serta kecepatan gelombang yang akan datang, hal tersebut dapat membantu untuk merancang bangunan pengaman pantai yang paling sesuai serta untuk informasi kepada masyarakat terlebih khusus yang berprofesi sebagai nelayan yang sering melakukan aktifitas di laut dalam memperkirakan waktu yang tepat untuk menangkap ikan. Dengan adanya peramalan yang tepat di suatu wilayah akan memberi dampak yang sangat baik untuk keadaan lingkungan maupun keadaan Masyarakat di sekitar yang tinggal di daerah kepulauan maupun di pesisir Pantai. Untuk peramalan gelombang di suatu wilayah perlu untuk mengumpulkan data-data gelombang yang terjadi selama beberapa selang waktu untuk mengetahui tinggi gelombang yang paling ekstrim yang pernah terjadi di wilayah tersebut, dan metode yang biasa di gunakan dalam peramalan gelombang ialah metode *SPM* (Shore Protection Manual) dan metode *Darbyshire*. Kedua metode ini perlu untuk di teliti lebih lanjut dengan mengumpulkan data-data yang diperlukan dan selanjutnya akan dibuat perbandingan dari selisih hasil yang di dapat dari kedua metode tersebut. Dan dari hasil penelitian menunjukan angka yang di peroleh dari kedua metode ini tidak jauh berbeda dan dapat menunjukan hasil gelombang yang paling tinggi terdapat pada jam yang sama di jam ke-12 dengan angka yang cenderung naik dari jam ke-3, jam ke-6, dan jam ke-9. Dengan demikian hasil penelitian ini dapat di jadikan patokan dalam keperluan untuk perairan yang ada di sangihe.

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

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Negara Indonesia merupakan negara kepulauan terbesar dengan perairan yang berada di sekitar pulaunya. Luas wilayah perairan mencapai 5,8 juta km² atau sama dengan 2/3 dari luas wilayah Indonesia, terdiri dari Zona Ekonomi Eksklusif (ZEE) 2,7 juta km² dan wilayah laut teritorial 3,1 juta km². Luas wilayah perairan Indonesia tersebut telah diakui sebagai Wawasan Nusantara oleh *United Nation Convention of The Sea* (UNCLOS, 1982).

Perairan di Kabupaten Kepulauan Sangihe, Kabupaten Kepulauan Sangihe terletak di antara Pulau Sulawesi dengan Pulau Mindanao (Filipina) serta berada di bibir Samudera Pasifik. Wilayah kabupaten ini meliputi 3 klaster, yaitu Klaster Tatoareng, Klaster Sangihe dan Klaster Perbatasan, yang memiliki batas perairan internasional dengan provinsi Davao del Sur, Filipina. Oleh karena itu, infrastruktur di daerah perairan Sangihe perlu diperhatikan, khususnya di bidang pariwisata.

Salah satu yang harus diperhatikan dalam Pembangunan infrastruktur di wilayah perairan sangihe ialah tinggi gelombangnya. Pengambilan data gelombang juga dapat dilakukan dengan cara pengukuran tinggi gelombang di lokasi yang direncanakan. Akan tetapi hal tersebut jarang sekali dilakukan karena tingkat kesulitan yang tinggi dan sangat memerlukan biaya yang

tergolong banyak serta waktu yang cukup lama.

Dengan demikian, cara yang dapat untuk mendapatkan tinggi gelombang adalah dengan peramalan gelombang menggunakan beberapa metode dengan didasari oleh data angin yang ada. Dalam penelitian ini, metode yang 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 di buat dalam beberapa rumusan masalah, sebagai berikut :

1. Bagaimana pemodelan distribusi dengan menggunakan kecepatan angin di perairan wilayah Sangihe?
2. Berapa nilai tinggi gelombang dan periode gelombang dengan menggunakan metode SPM dan Darbyshire di daerah perairan Sangihe?

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 dan periode gelombang di daerah perairan Sangihe menggunakan metode SPM dan Darbyshire.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui model distribusi kecepatan angin untuk wilayah perairan wilayah Sangihe
2. Mendapatkan nilai tinggi dan periode gelombang di wilayah perairan Sangihe 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 Sangihe dan juga dapat membantu masyarakat yang ada, khususnya yang tinggal maupun bekerja di wilayah perairan Sangihe untuk mengetahui potensi tinggi gelombang yang akan terjadi di wilayah tersebut.

2. Pendahuluan

2.1 Lokasi Penelitian

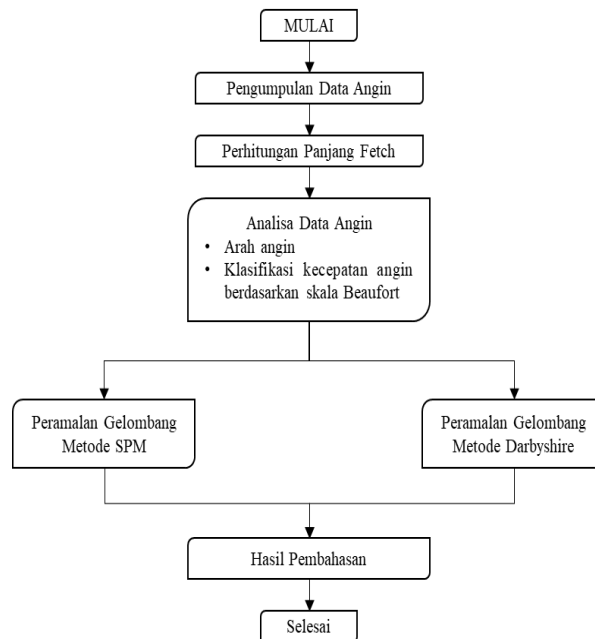
Lokasi Penelitian terletak di Kabupaten Kepulauan Sangihe yang secara geografis berada 3°20'29.10"N dan 125°36'22.37"E Desa Ngalipaeng Kecamatan Manganitu Selatan.



Gambar 1. Lokasi Penelitian (*Sumber: Google Earth*)

2.2 Bagan Alir

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

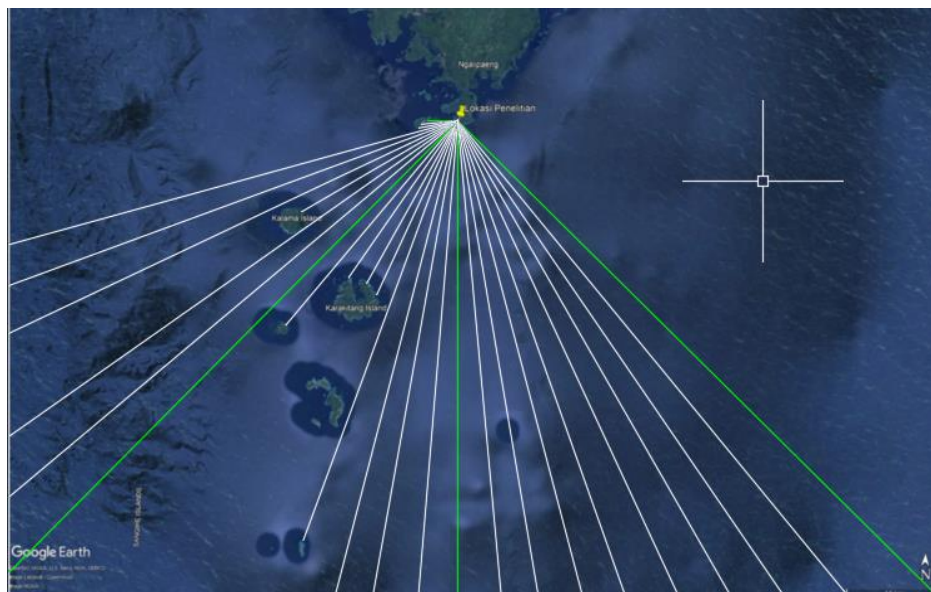


Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Perhitungan Fetch

Fetch dapat didefinisikan sebagai panjang daerah pembangkit gelombang pada arah datangnya angin. Dalam meninjau pembangkitan gelombang di laut, fetch dibatasi oleh bentuk daratan yang mengelilingi laut. Pada daerah pembentuk gelombang, gelombang tidak hanya dibangkitkan dalam arah yang sama dengan angin tetapi juga dalam berbagai sudut terhadap arah angin (Triatmodjo, 2003:99).



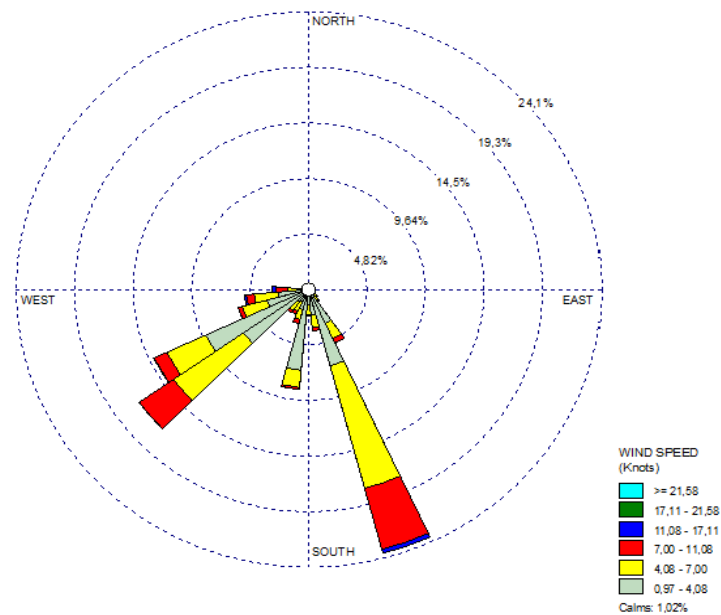
Gambar 1. Fetch lokasi Penelitian

Tabel 1. Perhitungan Panjang Fetch Efektif

PERHITUNGAN FETCH							
Arah Mata Angin	(a)	Jarak Sebenarnya (m)	Jarak Sebenarnya (km)	Fcos(a)	cos(a)	Feff (m)	Feff (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		
	20	0.00	0.00	0.00	0.940		
TIMUR LAUT (NE)	-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		
TIMUR (E)	-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		
TENGGARA (SE)	-20	0.00	0.00	0.00	0.940	200000.000	200.000
	-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	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		
SELATAN (S)	-20	200000.00	200.00	187.94	0.940	183531.802	183.532
	-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	46248.15	46.25	43.46	0.940		
BARAT DAYA (SW)	-20	19865.80	19.87	18.67	0.940	120238.822	120.239
	-15	193333.60	193.33	186.75	0.966		
	-10	19887.81	19.89	19.59	0.985		
	-5	27704.55	27.70	27.60	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	18786.93	18.79	18.15	0.966		
	20	200000.00	200.00	187.94	0.940		
BARAT (W)	-20	200000.00	200.00	187.94	0.940	44713.716	44.714
	-15	200000.00	200.00	193.19	0.966		
	-10	4122.03	4.12	4.06	0.985		
	-5	3879.32	3.88	3.86	0.996		
	0	3236.58	3.24	3.24	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		
BARAT LAUT (NW)	-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		
Feff (total)						68560.543	68.561
Feff (dominan)						200000.000	200.000

3.2. Mawar Angin (Wind rose)

Mawar angin digunakan untuk mengetahui karakteristik angin di Sangihe sehingga dapat dibaca dan dipahami dengan cepat. Mawar angin disini dibuat berdasarkan kecepatan angin harian selama 24 jam dan kecepatan angin maksimum harian selama 5 tahun terakhir di Sangihe. Dan dapat dilihat angin yang dominan berhembus terdapat pada bagian tenggara, bisa dilihat pada gambar berikut.



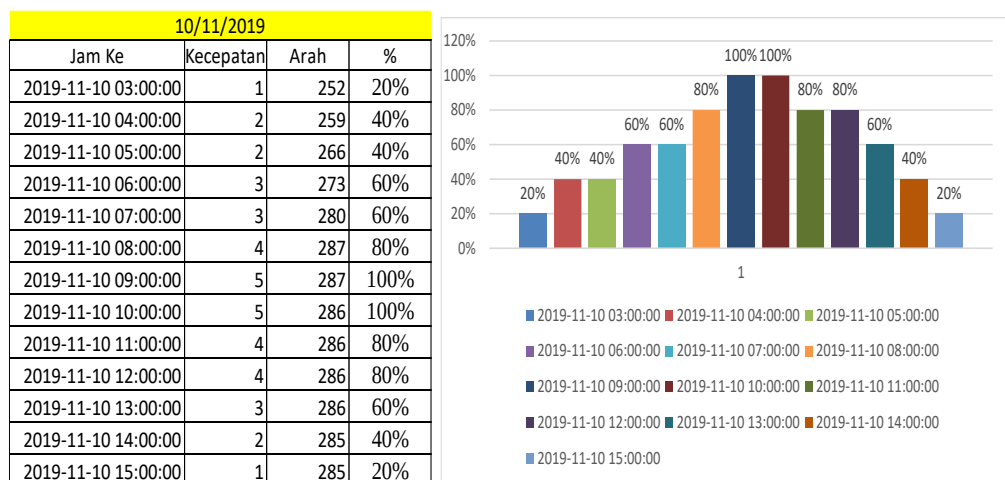
Gambar 2. Fetch Lokasi Penelitian

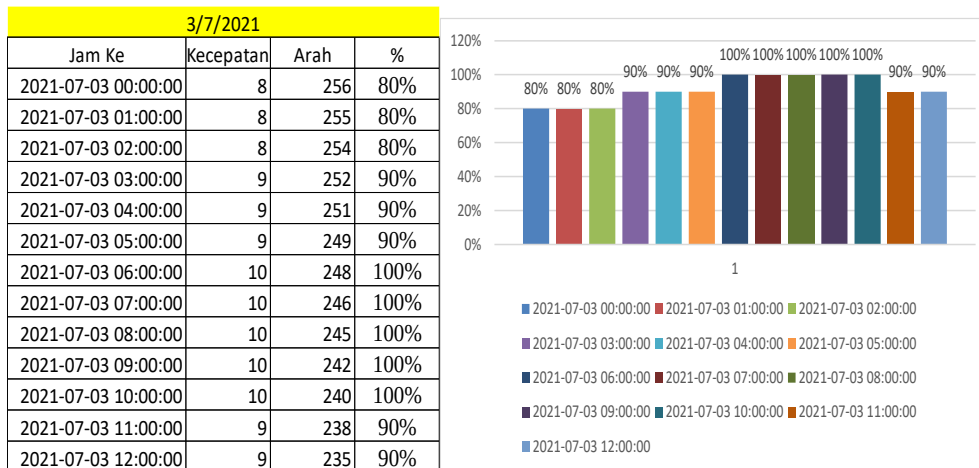
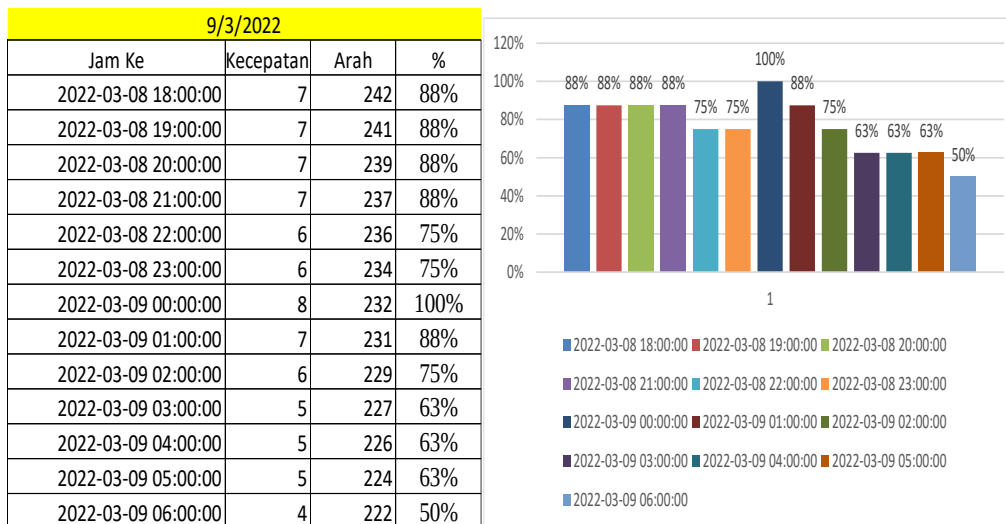
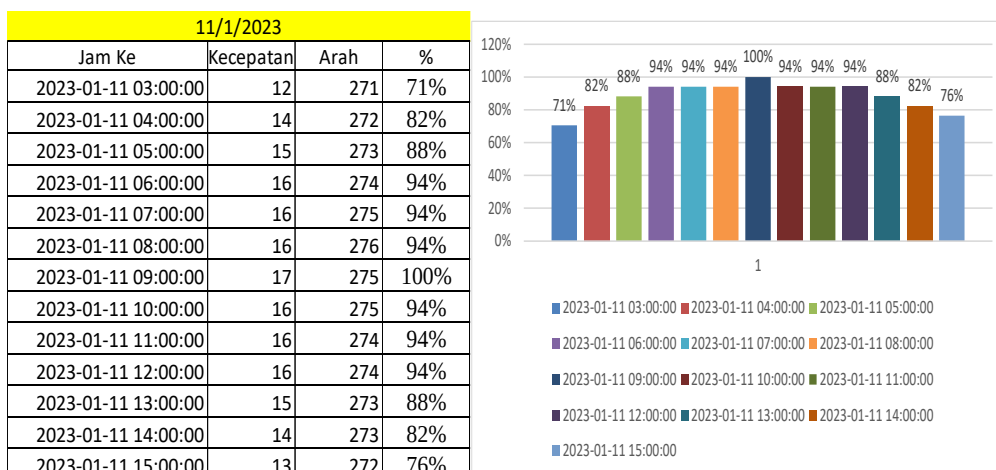
3.3. Model distribusi kecepatan angin relatif

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

- Menyaring data angin maksimum harian setiap tahunnya yang diambil dari data harian kecepatan angin per jam sesuai dengan data yang ada.
- Data yang diambil adalah data kecepatan angin yang terdistribusi dengan durasi 12 jam. 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.

Tabel 2. Model Distribusi Kecepatan Angin Sangat Lemah (0-6 knot) di Sangihe



Tabel 3. Model Distribusi Kecepatan Angin Lemah (7-10 Knot) di Sangihe**Tabel 4.** Model Distribusi Kecepatan Angin Angin Sedang (11-16 Knot) di Sangihe**Tabel 5.** Model Distribusi Kecepatan Angin Angin Agak Kuat (17-21Knot) di Sangihe

3.4. Peramalan Gelombang

Model distribusi kecepatan angin relatif digunakan untuk kondisi angin agak kuat 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

Kecepatan angin maksimum di Sangihe selang tahun 2019-2023 adalah 17 knot yang diambil pada elevasi 10 m. Menggunakan model distribusi kecepatan angin dan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Perhitungan Kecepatan Angin Berdasarkan Model Distribusi Kecepatan Angin di Sangihe (Umaks = 17 Knot)

% Relatif Rata - Rata Tahun					% Relatif	Kecepatan	Kecepatan	Kecepatan Angin
2019	2020	2021	2022	2023	Total	n	n (m/s)	Durasi 12 Jam
0%	0%	0%	82%	76%	79%	13.50	6.94	6.94
0%	0%	0%	88%	82%	85%	14.50	7.46	7.46
0%	0%	0%	94%	88%	91%	15.50	7.97	7.97
0%	0%	0%	94%	94%	94%	16.00	8.23	8.23
0%	0%	0%	94%	94%	94%	16.00	8.23	8.23
0%	0%	0%	100%	94%	97%	16.50	8.49	8.49
0%	0%	0%	100%	100%	100%	17.00	8.74	8.74
0%	0%	0%	100%	94%	97%	16.50	8.49	8.49
0%	0%	0%	100%	94%	97%	16.50	8.49	8.49
0%	0%	0%	94%	94%	94%	16.00	8.23	8.23
0%	0%	0%	88%	88%	88%	15.00	7.72	7.72
0%	0%	0%	88%	82%	85%	14.50	7.46	7.46
0%	0%	0%	82%	76%	79%	13.50	6.94	6.94

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 = 17 Knot)

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 17 knot selanjutnya diubah ke satuan m/s sehingga didapatkan hasil 8,74 m/s. Di plot ke Grafik Darbyshire sehingga didapat:

Untuk durasi 3 jam H = 1,1 m

Untuk durasi 6 jam H = 1,3 m

Untuk durasi 9 jam H = 1,4 m

Untuk durasi 12 jam H = 1,5 m

c) Berdasarkan Fetch Efektif

Nilai fetch efektif berdasarkan Tabel 1 adalah 68.561 km. Dengan kecepatan maksimum angin di Sangihe adalah 17 knot, maka di plot pada Grafik Darbyshire dan Drapper (1963) sehingga mendapatkan hasil sebagai berikut :

Untuk Fetch (68.561 km) H = 1,0 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 Sangihe selama rentang waktu 5 tahun terakhir adalah 17 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 17 knot :

$$\begin{aligned} U &= 17 \text{ Knot} &= 17 \times 0.5144 &= 8,74 \text{ m/s} \\ U_{2A} &= 0,71 U^{1.23} &= 0,71 (8.74)^{1.23} &= 10.22 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Untuk Durasi 3 Jam

$$\begin{aligned} \frac{gT_m}{U_A} &= 6.88 \times 10 \left[\frac{gF}{U_A^2} \right]^{\frac{2}{3}} \\ \frac{9.81(3 \times 60 \times 60)}{10.22} &= 6.88 \times 10 \left[\frac{9.81 \times F}{(10.22)^2} \right]^{\frac{2}{3}} \end{aligned}$$

$F = 19693 \text{ m}$

$$\begin{aligned} \frac{gH_{mo}}{U_A^2} &= 1.6 \times 10^{-3} \left[\frac{gF}{U_A^2} \right]^{\frac{1}{2}} \\ \frac{9.81H_{mo}}{(10.22)^2} &= 1.6 \times 10^{-3} \left[\frac{9.81 \times 19.693}{(10.22)^2} \right]^{\frac{1}{2}} \end{aligned}$$

$H_{mo} = 0,7 \text{ m}$

Perhitungan tinggi gelombang selanjutnya disajikan dalam Tabel 7.

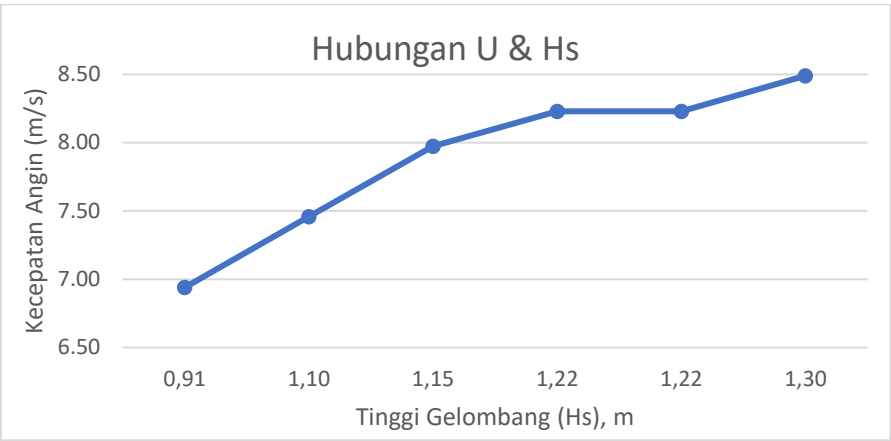
Tabel 7. Perhitungan Tinggi Gelombang Dengan Metode SPM

Durasi Rencana (Jam)	Tinggi Gelombang (Hs)
3	0.7
6	1.23
9	1.67
12	2.03

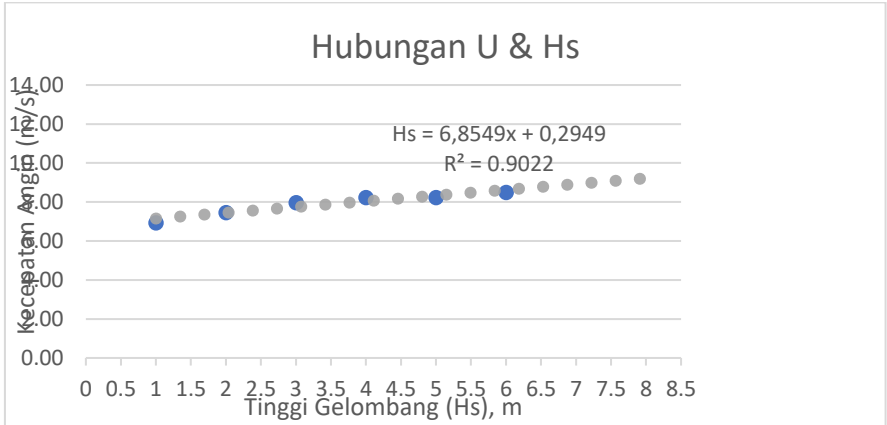
3.5. Perbandingan Peramalan Tinggi Gelombang

Berdasarkan hasil analisis yang sudah diperoleh, maka didapatkan grafik peramalan tinggi gelombang untuk durasi 12 jam (Gambar 4). Selanjutnya, untuk peramalan gelombang dengan data kecepatan angin lebih dari 17 knot atau 8,74 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 17 knot. Hasil akhir grafik peramalan tinggi gelombang dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 3. Grafik Peramalan Tinggi Gelombang di wilayah Perairan Sangihe (Durasi 12 Jam)



Gambar 4. Kurva Hubungan Kecepatan Angin dan Tinggi Gelombang di wilayah Perairan Sangihe

4. Kesimpulan

Dari hasil pengolahan data dan perhitungan tugas akhir ini, dapat disimpulkan sebagai berikut :

- 1. Dari hasil pengolahan data angin jam-jaman selama 5 tahun (2019-2023) didapatkan angin dengan Umaks= 17 knot yang di klasifikasikan sebagai angin agak kuat.
- 2. Hasil peramalan tinggi gelombang untuk durasi 12 jam dapat dilihat pada Gambar 4.
- 3. Dari hasil Peramalan gelombang di wilayah sangihe dengan menggunakan metode SPM dan Darbyshire dengan kecepatan angin yang maksimum didapatkan hasil sebagai berikut:

Durasi (JAM)	TINGGI GELOMBANG		Kecepatan Angin Maksimum
	Kecepatan Angin Maksimum		
	SPM	Darbyshire	
3	0,7	1,1	17 KNOT
6	1.23	1,3	
9	1.67	1,4	
12	2,03	1,5	

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

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 Manado

CERC, 1984, Shore Protection Manual, US Army Coastal Of Engineering Research Center (CERC), Washington. (SPM 1984)

- 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
- Yuwono, Nur. (1982). Dasar – Dasar Perencanaan Bangunan Pantai Volume II. Yogyakarta: Penerbit KMTS Fak. Teknik UGM.
- Pulau Sulawesi, Nusa Tenggara, Maluku dan Papua. Universitas Gadjah Mada Yogyakarta
- Triatmodjo, Bambang. (1999). Teknik Pantai. Yogyakarta: Penerbit Beta Offset.
- United Nations, United Nations Convention on The Law of The Sea, 10. December 1982