



Model Distribusi Kecepatan Angin Untuk Peramalan Gelombang Menggunakan Metode Darbyshire Dan SPM Di Sindulang Kecamatan Tuminting Kota Manado Sulawesi Utara

Julia M. Rumsarwir^{#a}, Jeffry D. Mamoto^{#b}, Nicolaas J. A. Tangkudung^{#c}

^{#Program Studi Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia}
^ajuliamgrt586@gmail.com, ^bjeffrymamoto@unsrat.ac.id, ^ctangkudungnicolaas@yahoo.com

Abstrak

Penelitian ini membahas pengembangan model distribusi kecepatan angin untuk meningkatkan akurasi peramalan gelombang di perairan Sindulang, Kecamatan Tuminting, Kota Manado, Sulawesi Utara. Metode Darbyshire dan SPM (Shore Protection Manual) digunakan dalam perancangan model distribusi kecepatan angin, yang kemudian divalidasi menggunakan data satelit altimetri. Data observasi kecepatan angin, gelombang dan data altimetri dianalisis sehingga di dapat durasi maksimum menunjukkan peran Angin Sedang dalam pembentukan gelombang di Pantai Sindulang, dengan durasi maksimum rata-rata sekitar 12 jam, metode SPM menghasilkan nilai terbesar pada peramalan gelombang selama musim barat, dengan tinggi gelombang mencapai 0,428 meter dan periode gelombang sebesar 2,514 detik, metode Darbyshire menunjukkan nilai tertinggi pada peramalan gelombang selama musim barat, dengan tinggi gelombang mencapai 1,5 meter dan periode gelombang sekitar 6 detik, tinggi gelombang terbesar yang direkam oleh satelit altimetri terjadi pada musim barat, mencapai nilai sebesar 1,528 meter.

Kata kunci: SPM, Darbyshire, altimetri

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Pantai kota Manado sepanjang 18,7 km terdiri dari pulau Bunaken, pulau Siladen, dan pulau Manado Tua. Banyak bangunan pengaman pantai dirancang berdasarkan data angin karena data gelombang di Indonesia sangat sedikit dan sulit diperoleh karena proses pengukuran lapangan yang lama dan biaya yang tinggi. Oleh karena itu, banyak bangunan pantai dirancang berdasarkan tinggi gelombang yang diramalkan dari data angin. Model distribusi kecepatan angin menggunakan skala Beaufort untuk membagi data angin berdasarkan kekuatan dan durasi angin yang digunakan dalam peramalan gelombang. Pengukuran tinggi gelombang di lapangan biasanya digunakan untuk mendapatkan data tinggi gelombang, yang merupakan komponen penting dalam perencanaan bangunan pantai. Peramalan gelombang dilakukan dengan beberapa metode, termasuk metode Shore Protection Manual (SPM) dan metode Darbyshire. Data pengukuran gelombang di lapangan sangat sulit dan memerlukan biaya yang tinggi. Kedua metode ini memiliki perbedaan dimana metode SPM merupakan metode analisis sedangkan *Darbyshire* merupakan metode grafis. Metode SPM dan *Darbyshire* dikembangkan oleh *Coastal Engineering Research Center (CERC) USArmy*.

1.2 Rumusan Masalah

Beberapa fokus dalam penyusunan tugas akhir ini dibuat dalam beberapa rumusan masalah, yaitu bagaimana model distribusi kecepatan angin di pantai sindulang, bagaimana nilai tinggi gelombang dan periode gelombang menggunakan metode SPM (Shore Protection Manual) dan

metode Darbyshire di pantai Sindulang serta berapa besar perbedaan antara hasil Satelit Altimetri dengan Metode SPM dan Darbyshire.

1.3 Batasan Masalah

Adapun Batasan masalah dari penulisan ini yaitu :

- a. Bagaimana model distribusi kecepatan angin berdasarkan skala Beaufort.
- b. Lokasi yang di tinjau hanya dilakukan di pantai Sindulang Kec. Tuminting Kota Manado Sulawesi Utara.
- c. Data angin yang digunakan adalah data angin 5 tahun terakhir.

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tinggi gelombang dan periode gelombang di daerah pantai Sindulang berdasarkan model distribusi kecepatan angin dan membandingkan hasil peramalan gelombang menggunakan metode SPM dan Darbyshire dengan data Satelit Altimetri.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang di peroleh adalah :

- a. Untuk mengetahui bagaimana model distribusi kecepatan angin dengan menggunakan 2 metode darbyshire dan SPM (Shore Protection Manual).
- b. Sebagai informasi data base mengenai Model distribusi kecepatan angin.
- c. Sebagai referensi kepada pemerintah dalam pengolahan wilayah pantai Sindulang.

2. Landasan Teori

2.1 Teori Gelombang Laut

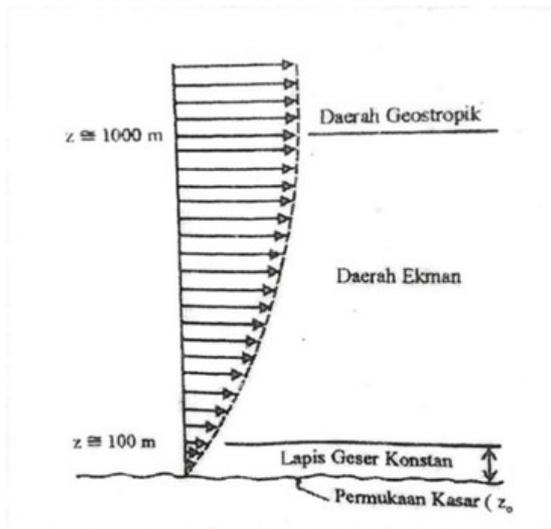
Pengertian gelombang laut merupakan suatu gerakan naik turunnya air laut tanpa disertai dengan perpindahan massa airnya. Terdapat beberapa penyebab terjadinya gelombang laut, namun yang paling umum adalah akibat adanya tiupan angin. Gelombang laut tersebut memiliki dimensi berupa periode gelombang, panjang gelombang, tinggi gelombang, serta juga cepat rambat gelombang. Gelombang laut tersebut merupakan fenomena penaikan dan juga penurunan air dengan secara periodik.

2.2 Angin

Angin adalah aliran udara yang besar karena rotasi bumi dan sekitarnya. Ini bergerak dari tempat bertekanan udara tinggi ke tempat bertekanan udara rendah. Angin merupakan sirkulasi udara yang kurang lebih sejajar dengan permukaan bumi. Gerakan udara disebabkan oleh temperatur atmosfer. Temperatur atmosfer memengaruhi gerakan udara. Perubahan suhu disebabkan oleh penyerapan panas tanah dan air, perbedaan panas di gunung dan lembah, atau perbedaan suhu di bagian utara dan selatan belahan bumi selama musim dingin dan musim panas. Pada siang hari, udara di atas daratan lebih panas dari udara di laut. Udara di atas daratan akan naik dan diganti oleh udara dari laut, sehingga terjadi angin laut. Sebaliknya, pada waktu malam hari daratan lebih dingin daripada laut, udara di atas laut akan naik dan diganti oleh udara dari daratan sehingga terjadi angin darat.

2.3 Distribusi Kecepatan Angin

Distribusi kecepatan angin di atas permukaan laut diberikan dalam Gambar 2.4, yang terbagi dalam tiga daerah sesuai dengan elevasi di atas permukaan. Kecepatan angin tetap konstan di wilayah geostropik di atas 1000 m. Dua wilayah terletak di bawah elevasi tersebut: wilayah Ekman pada 10 m hingga 1000 m dan wilayah tegangan konstan pada 10 hingga 100 m. Di kedua daerah tersebut kecepatan dan arah angin berubah sesuai dengan elevasi, karena adanya gesekan dengan permukaan laut dan perbedaan temperatur antara air dan udara (Triatmodjo, Teknik pantai 1999).



Gambar 1. Distribusi vertikal kecepatan angin

2.4 Data angin

Untuk memprediksi gelombang, data angin digunakan dari permukaan laut di lokasi pembangkitan. Data angin laut dapat diperoleh dari pengukuran langsung di atas permukaan laut atau pengukuran di darat di dekat lokasi permalan. Anemometer digunakan untuk mengukur kecepatan angin dan biasanya ditunjukkan dalam knot. Data angin dicatat setiap jam, yang biasanya disajikan dalam Gambar 2.2. Dengan menggunakan pencatatan jam-jam ini, kita dapat mengetahui angin dengan kecepatan tertentu dan lamanya, kecepatan angin maksimum, arah, dan kecepatan angin rerata harian.

Tgl	Pukul																								Angin Maksimum			
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Arah	Kecep		
1	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	30,8	14.35
2	10,8	10,8	3,2	10,3	14,0	10,3	16,3	13,0	16,2	14,0	15,6	14,6	17,8	20,5	18,9	16,2	23,0	18,9	16,2	10,8	4,3	12,4	C	1,6	N	27,5	10.45	
3	14,0	15,6	10,3	14,0	11,3	13,0	14,0	15,1	20,5	20,0	22,1	19,4	17,3	2,7	22,1	15,1	13,5	14,6	13,0	12,4	22,1	16,2	9,7	15,1	N	31,3	18.05	
4	17,8	15,6	16,7	15,6	16,2	13,0	18,3	19,4	C	23,7	20,0	23,7	18,3	18,3	18,3	C	19,4	C	17,8	13,0	13,5	19,4	15,1	9,2	NE	29,7	16.31	
5	14,0	15,6	16,2	15,1	11,3	14,6	4,3	13,0	17,0	17,0	17,8	17,8	16,2	17,3	17,8	21,6	5,90	23,2	16,7	12,4	13,0	9,7	13,0	21,0	NW	26,4	22.20	
6	10,8	10,8	11,9	13,0	15,1	9,2	7,6	11,3	18,9	17,3	16,7	10,3	20,5	16,7	17,3	20,5	21,6	15,6	15,1	10,3	13,5	16,7	18,3	17,3	NW	23,7	24.00	
7	16,2	16,2	18,3	7,6	14,0	15,1	14,0	21,0	18,3	14,6	15,1	17,3	17,3	15,6	10,8	16,7	11,9	13,5	11,9	15,1	9,2	20,0	17,3	23,7	NW	27,0	18.45	
8	17,3	23,7	21,6	16,2	14,6	5,4	11,9	9,7	C	16,2	17,8	15,1	13,5	17,3	18,3	17,3	14,0	5,4	17,3	C	C	C	C	9,2	-	-	-	
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
26	C	C	C	C	C	C	C	C	C	12,4	4,3	12,4	2,2	21,6	21,6	20,0	8,6	7,0	3,2	23,2	13,0	15,1	24,8	20,0	W	27,0	22.20	
27	18,9	18,9	16,3	17,3	13,0	C	1,7	6,5	10,3	C	20,0	17,8	17,3	16,2	16,2	15,6	14,0	20,5	19,4	18,3	10,8	6,5	5,4	C	NW	23,2	10.15	
28	14,6	5,4	10,8	4,9	5,9	C	5,4	5,4	C	C	C	2,2	C	0,5	7,0	9,2	16,7	18,9	13,5	5,4	11,3	4,3	C	C	NW	20,0	18.05	
29	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	0,5	18,9	17,3	5,9	C	C	C	C	C	C	C	C	NW	21,0	15.05

Gambar 2. Pencatatan Angin Tiap Jam

2.5 Fetch

Di dalam tinjauan pembangkitan gelombang di laut, fetch dibatasi oleh bentuk daratan yang mengelilingi laut. Di daerah pembentukan gelombang, gelombang tidak hanya dibangkitkan dalam arah yang sama dengan arah angin tetapi juga dalam berbagai sudut terhadap arah angin.

2.6 Skala Beuford

Skala Beaufort merupakan sebuah skala untuk memperkirakan kecepatan angin dari fenomena yang tampak. Skala ini terdiri dari pengelompokan kekuatan angin sesuai dengan kecepatannya.

2.7 Peramalan Gelombang Metode Shore Protection Manual (SPM)

CERC, Pusat Penelitian Teknik Pantai Angkatan Laut Amerika Serikat, bertanggung jawab atas pengembangan metode Shore Protection Manual (SPM) ini. CERC juga menyediakan nomographs dari aplikasi formulasi Sverdrup-Munk-Bretschneider (1970). Faktor yang perlu diperhatikan dalam peramalan gelombang menggunakan metode shore protection manual (SPM) ini yaitu fetch limited, duration limited, dan fully developed limited. Untuk keperluan peramalan gelombang metode SPM ini, biasanya dipergunakan kecepatan angin pada ketinggian 10 m. Jikalau kecepatan angin tidak diukur pada ketinggian tersebut, maka kecepatan angin perlu dikoreksi dengan rumus:

$$U_{10} = U_y \left(\frac{10}{y} \right)^{\frac{1}{7}}$$

2.8 Peramalan Gelombang Metode Darbyshire

Peramalan gelombang menggunakan metode grafik Darbyshire sering digunakan untuk meramalkan perairan laut dangkal (CERC, 1984). Pada peramalan metode ini panjang fetch tidak diperhitungkan karena dianggap fetch unlimited atau duration limited sehingga data yang diperlukan berupa kecepatan angin dan durasi angin. Berikut ini merupakan langkah-langkah melakukan peramalan menggunakan grafik Darbyshire. Konversi kecepatan angin dalam satuan m/detik. Semua data-data angin hasil analisis yang masih dalam satuan knot dikonversi terlebih dahulu ke satuan m/detik. Menentukan durasi angin dalam jam. Penentuan durasi angin yang digunakan dalam peramalan dengan menggunakan grafik Darbyshire didasarkan pada waktu hembus angin untuk masing-masing kecepatan angin. Penggambaran pada grafik Darbyshire Penggambaran dilakukan berdasarkan data kecepatan angin awal yang ditarik ke kanan berdasarkan durasi kecepatan anginnya, kemudian ditarik garis sejajar mengikuti garis lengkung tinggi gelombang sampai kecepatan angin selanjutnya ditarik ke arah kanan sesuai durasi anginnya sehingga diperoleh nilai tinggi gelombang untuk lebih jelas ditampilkan pada gambar. Demikian juga seterusnya sampai untuk kecepatan angin selanjutnya (karena fetch tidak terbatas, makapanjang fetch tidak diperhitungkan).

2.9 Tinggi Gelombang Data Altimetri

Data Altimetri merupakan data yang diambil dari satelit dimana pengambilan datanya menggunakan teknologi radar. Satelit ini dibutuhkan dalam pengamatan oceanografi dimana salah satunya untuk menentukan karakteristik gelombang. Data altimetri hanya berupa tinggi gelombang signifikan harian tanpa periode gelombang namun masih bisa dipakai untuk validasi karakteristik gelombang hasil peramalan, walaupun alangkah baiknya validasi tersebut menggunakan data hasil pengukuran lapangan akan tetapi akibat sulit dan mahal biaya pengukuran, validasi menggunakan data gelombang dari satelit altimetri menjadi alternatif lain (Muliati, 2019). Data gelombang altimetri didapatkan dari situs <https://las.aviso.altimetry.fr> gelombang NDBC yang ditampilkan dalam bentuk data NetCDF yang harus di ekstrak terlebih dahulu menggunakan aplikasi NCBrowser atau Panoplywin agar bisa digunakan.

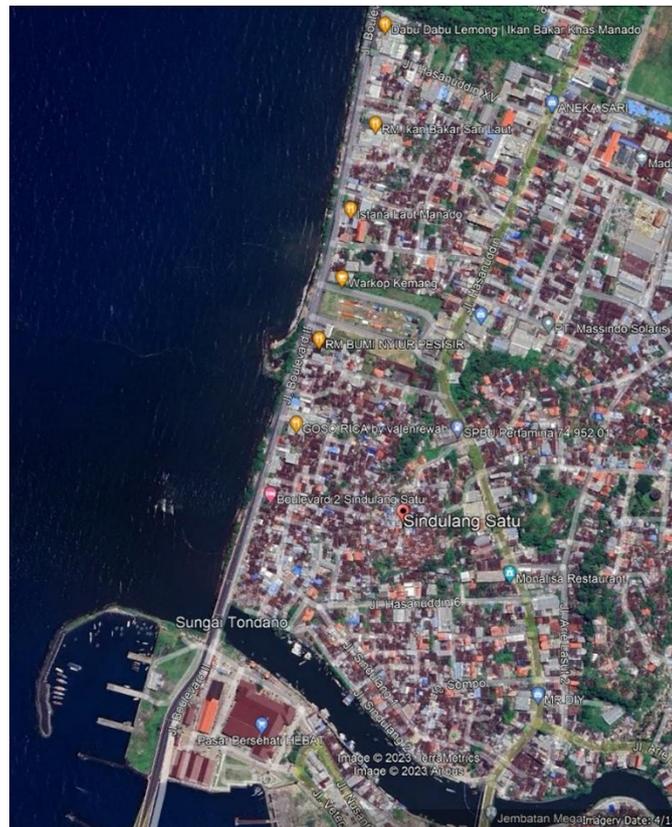
3. Metode Penelitian

3.1 Lokasi

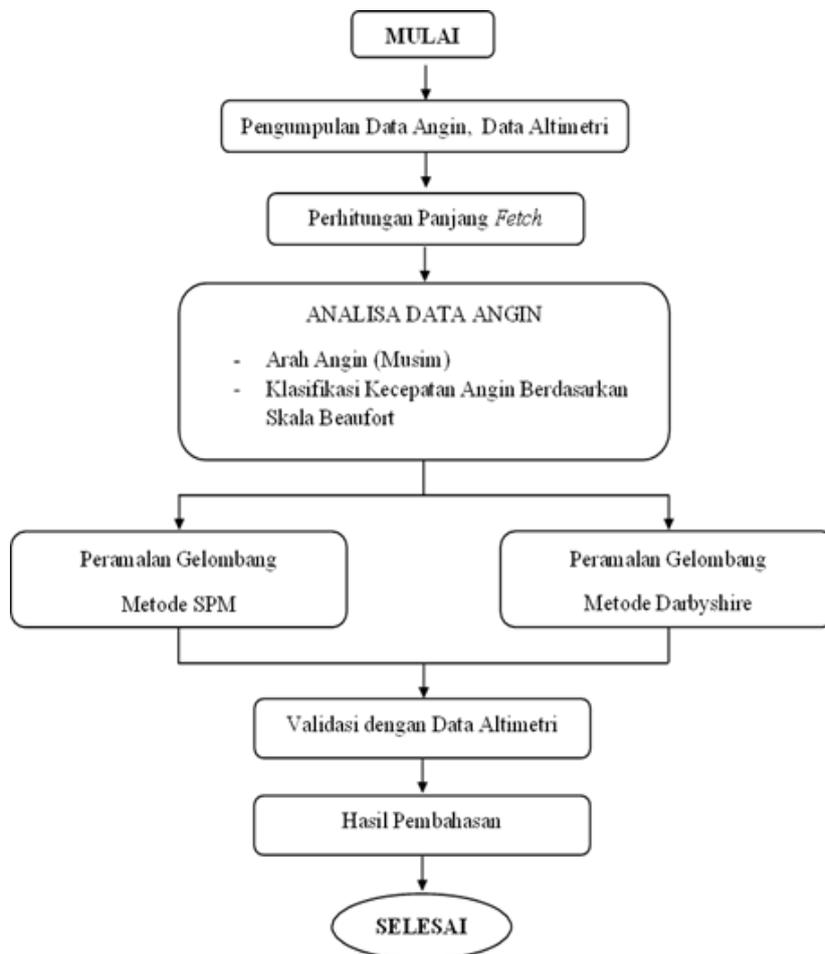
Sepanjang pesisir pantai di Sindulang Satu dan Sindulang Dua Kec. Tuminting Kota Manado.

3.2 Bagan Alir

Metode penelitian pada Tugas Akhir ini disusun ke dalam suatu bagan alir. Bagan alir tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 3. Lokasi Penelitian (Google Earth)



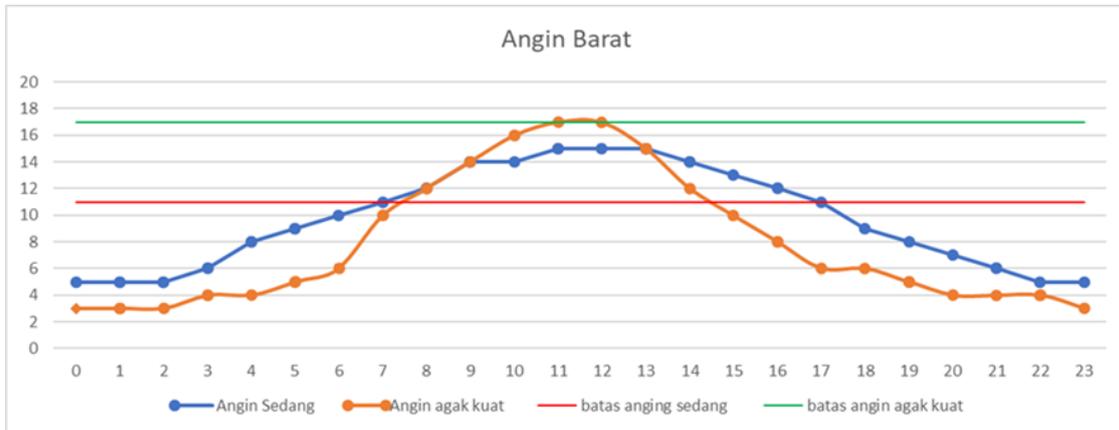
Gambar 4. Bagan Alir

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Distribusi Kecepatan Angin

a. Distribusi Kecepatan Angin Musim Barat

Pengolahan distribusi kecepatan angin musim barat meliputi kecepatan angin sedang, angin agak kuat di Pantai Sindulang disajikan pada Gambar 3.1 berupa durasi maksimum angin pada musim barat. Berdasarkan Gambar 3.1 durasi maksimum kecepatan angin sedang yaitu 11 jam, durasi maksimum angin agak kuat yaitu 2 jam.



Gambar 5. Distribusi Angin Musim Barat

b. Distribusi Kecepatan Angin Musim Peralihan

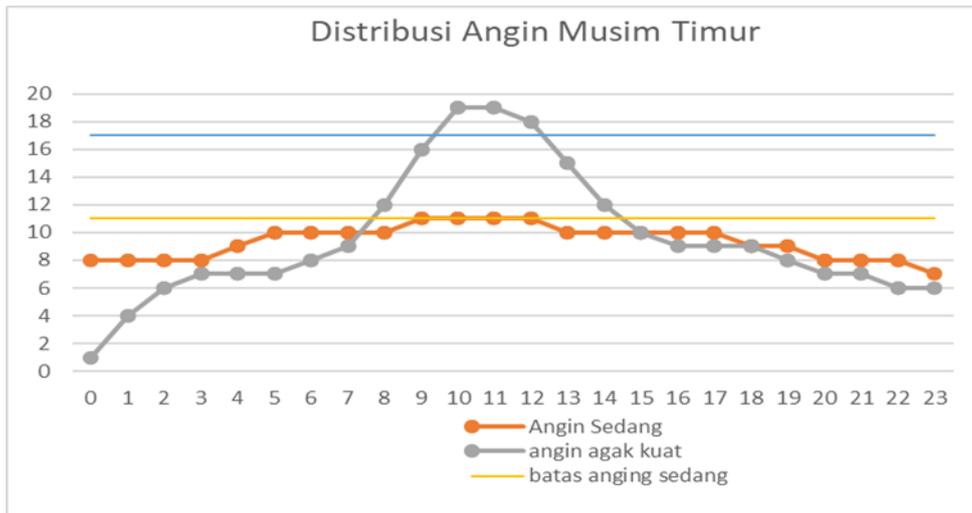
Pengolahan distribusi kecepatan angin musim peralihan 1 meliputi kecepatan angin sedang di Pantai Sindulang disajikan pada Gambar 3.2 berupa durasi maksimum angin pada musim peralihan. Berdasarkan Gambar 3.2 durasi maksimum kecepatan angin sedang yaitu 12 jam.



Gambar 6. Distribusi Angin Musim Peralihan

c. Distribusi Kecepatan Angin Musim Timur

Pengolahan distribusi kecepatan angin musim timur meliputi kecepatan angin sedang, angin agak kuat, dan angin kuat di Pantai Sindulang disajikan pada Gambar 3.3 berupa durasi maksimum angin pada musim timur. Berdasarkan Gambar 3.3 durasi maksimum kecepatan angin sedang yaitu 12 jam, durasi maksimum angin agak kuat yaitu 4.



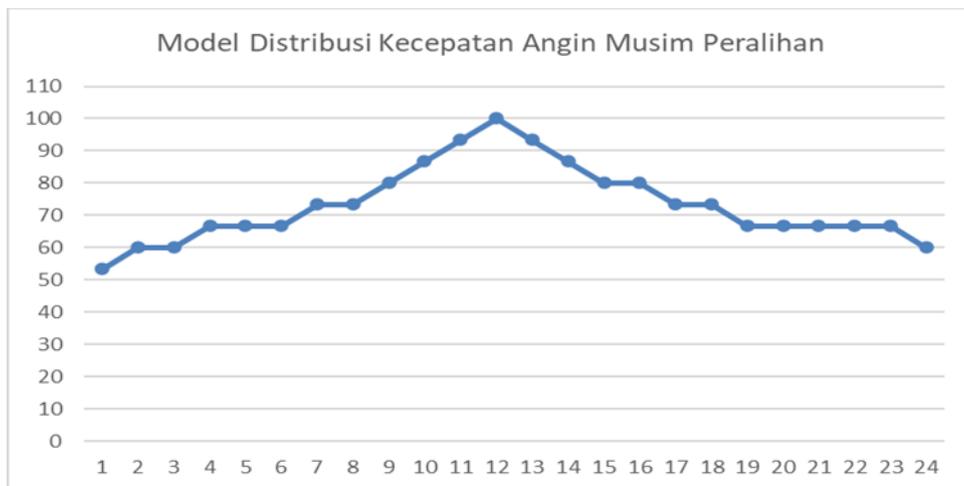
Gambar 7. Distribusi Angin Musim Timur

4.2 Model Distribusi Kecepatan Angin

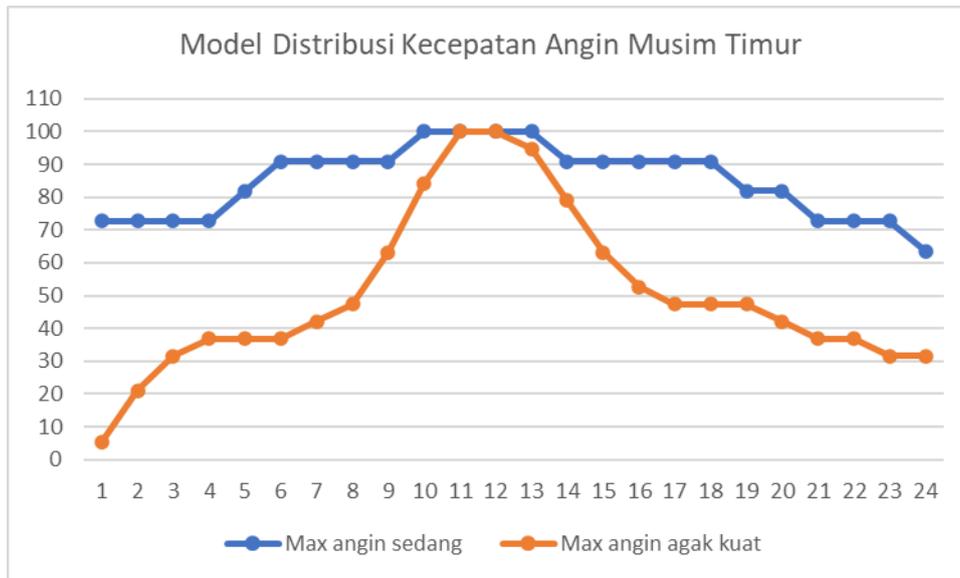
Berikut model distribusi kecepatan angin sedang, dan angin agak kuat pada musim barat disajikan pada Gambar 3.4 berupa data dan grafik model distribusi kecepatan angin.



Gambar 8. Model Distribusi Kecepatan Angin Musim Barat



Gambar 9. Model Distribusi Kecepatan Angin Musim Peralihan



Gambar 10. Model Distribusi Kecepatan Angin Musim Timur

4.3 Durasi Angin (t)

Berdasarkan analisis durasi kecepatan angin dengan menggunakan data angin selama 5 tahun didapatkan hasil durasi maksimum tiap jenis angin di tiap musim disajikan pada Tabel 4.8 sebagai berikut.

Tabel 1. Durasi Maksimum Tiap Jenis Angin di Tiap Musim

Waktu	Durasi Angin Sedang	Durasi Angin Agak Kuat	Durasi Angin Kuat
Musim Barat	11	-	-
Musim Peralihan	12	2	-
Musim Timur	4	3	-
Rata-rata	9	2.5	-

4.4 Peramalan Gelombang Metode Darbyshire

Peramalan gelombang metode Darbyshire menggunakan grafik, dengan memasukan nilai kecepatan angin maksimum pada tiap musim dan durasi angin maksimum tiap musim. Peramalan menggunakan metode Darbyshire menghasilkan nilai tinggi gelombang dalam bentuk H_s dan nilai periode gelombang dalam bentuk T_s .

Tabel 2. Hasil Peramalan Gelombang Metode Darbyshire

Waktu	Umaks(knots)	Umaks (m/s)	T (jam)	HS (m)	Ts(s)
Musim barat	18	9.26	11	1.5	6
Musim peralihan	15	7.71	2	0.3	2.8
Musim timur	19	9.77	3	0.39	3.2

4.5 Peramalan Gelombang Metode SPM

Berikut ini hasil nilai tinggi gelombang dan periode gelombang pada kecepatan angin maksimum masing masing musim.

Tabel 3. Nilai Tinggi Gelombang dan Periode Gelombang Metode SPM

Waktu	Umaks(Knots)	Umaks (m/s)	Hmo	Tmo
Musim Barat	18	9,1	0,428	2,514
Musim Peralihan	15	7,16	0,121	7,951
Musim Timur	19	9,77	0,142	1,173

4.6 Tinggi Gelombang Satelit Altimetri

Data tinggi gelombang satelit altimetri berupa data tinggi gelombang signifikan harian. Data yang berbentuk file NetCDF (.nc) dikonversikan ke bentuk file ASCII menggunakan aplikasi PanoplyWin. Data gelombang dari altimetri ini berbentuk sebaran distribusi tinggi gelombang signifikan harian untuk seluruh dunia.

Tabel 4. Tinggi Gelombang Altimetri Maksimal Tiap Musim

Waktu	Hs Maks (meter)
Musim Barat	1.367
Musim Peralihan	1.528
Musim Timur	0.782

4.7 Validasi Tinggi Gelombang

Pada tahap ini, tinggi gelombang hasil peramalan gelombang menggunakan metode Darbyshire dan SPM akan divalidasi oleh tinggi gelombang hasil dari satelit altimetri. Data tinggi gelombang hasil peramalan akan dibandingkan dengan data tinggi gelombang hasil satelit altimetri yang disajikan pada tabel berikut.

Tabel 5. Nilai Faktor Pengali

Waktu	Nilai Hs (meter)		
	Darbyshire	SPM	Altimetri
Musim Barat	1,5	0,428	1,367
Musim Peralihan	0,3	0,121	1,528
Musim Timur	0,39	0,142	0,782

5. Kesimpulan

Setelah dilakukan analisis, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

- a. Perhitungan tinggi gelombang menggunakan data angin ECMWF pada metode SPM tidak mendapatkan kecepatan angin kencang karena kecepatan angin tidak di atas 17 – 21 knot sehingga tidak menghasilkan gelombang tinggi.
- b. Nilai durasi maksimum menunjukkan bahwa Angin Sedang berperan dalam pembentukan gelombang di Pantai Sindulang dengan durasi maksimum rata-rata sebesar 12 jam.
- c. Nilai terbesar pada peramalan gelombang metode SPM terjadi pada musim barat dengan nilai tinggi gelombang sebesar 0,428 meter dan periode gelombang sebesar 2,514 detik.
- d. Nilai terbesar pada peramalan gelombang metode Darbyshire terjadi pada musim barat dengan nilai tinggi gelombang sebesar 1,5 meter dan periode gelombang sebesar 6 detik.
- e. Tinggi gelombang terbesar pada satelit altimetri terjadi pada musim barat dengan nilai tinggi gelombang sebesar 1,528 meter.

Referensi

- Coastal Engineering Research Center. (1984). Shore Protection Manual. Washington D. C.: US Army Corps of Engineer.
- Priatna, Angga., Yati Muliati., 2021. Model Distribusi Kecepatan Angin untuk Peramalan Gelombang Menggunakan Metode Darbyshire dan SPM di Perairan Sorong, Papua Barat. FTSP Series : Seminar Nasional dan Diseminasi Tugas Akhir 2021, Institut Teknologi Nasional.
- Rusdin, Andi., Setiyawan, Niang Adnyani., 2015. Analisis Peramalan Ketinggian Gelombang Laut Dengan Periode Ulang Menggunakan Metode Distribusi Weibull (Studi Kasus Pantai Lembasada Kabupaten Donggala). Infrastruktur Vol. 5 No. 1 Juni 2015 : 38 – 50, Teknik Sipil Universitas Tadulako Palu.
- Sugianto, Denny Nugroho., 2010. Model Distribusi Data Kecepatan Angin dan Pemanfaatannya dalam Peramalan Gelombang di Perairan Laut Paciran, Jawa Timur. ILMU KELAUTAN September 2010. vol. 15 (3)143-152 ISSN 0853-729, FPIK UNDIP, Semarang.
- Triatmodjo, Bambang., 1999. Teknik Pantai. Beta Offset. Yogyakarta.
- Triatmodjo, Bambang., 2012. Perencanaan Bangunan Pantai. Beta Offset. Yogyakarta.