



ANALISA KEJADIAN GELOMBANG DENGAN METODE EMPIRIK DAN MODEL MATEMATIK DI KAWASAN PERAIRAN PELABUHAN TANJUNG LAUT

Novi Andhi Setyo Purwono*

Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Wijayakusuma Purwokerto

Jl. Raya Beji Karangsalam No.25 Purwokerto

*E-mail: novi_andhisp@yahoo.com

Abstract

Tanjung Laut is water located in the administrative area of Bontang Regency, East Kalimantan. These waters are widely used for ship traffic to and from the Port. To find out the hydrodynamic conditions, especially waves that occur in the sea and propagate into these waters, it is necessary to analyze wave transformations to describe the conditions and impacts that occur due to wave propagation from the high seas that enter the port waters. The purpose of this study is to look at the shipping security channel. The method used in analyzing wind data from BMKG into wave data and modeling with cgwave mathematical models. Wave analysis is carried out with a cgwave model mathematical to determine the hydrodynamic conditions of the waves and to determine the shipping obstacles and to describe the plan waves that occur as one of the bases in determining the elevation of the pier and port breakwater structures. The results showed the conversion of wind speed and direction to be high, the period and direction of waves in the waters of Tanjung Laut in 2006-2016. The maximum significant wave height in the waters of Tanjung Laut occurred in 2007 was 3.91 meters with a period of 7.89 seconds. The results of statistical analysis using the wave recurrence method show that the wave height can occur or exceed for a 50 year return period is 4.80 meters to 5.54 meters, while the 10 year return period is 3.70 meters to 4.17 meters. The results of the waveform simulation with the cgwave are the wave height in the harbor pool ranging from 0.03 meters to 0.06 meters in the direction of waves from the Northeast, 0.03 meters to 0.07 meters in the direction of waves from the East, and 0.05 meters up to 0.09 meters in the direction of waves from the Southeast. Simulation results show that the conditions in the port pond are quite safe and calm against wave attacks.

Kata kunci: waves analysis; tanjung laut; cgwave model

Abstrak

Tanjung laut merupakan pelabuhan perairan yang berada di wilayah administrasi Kabupaten Bontang Kalimantan Timur, dimana banyak digunakan untuk lalu lintas kapal yang menuju dan keluar dari Pelabuhan. Untuk mengetahui kondisi hidrodinamika khususnya gelombang yang terjadi di laut dan merambat ke perairan tersebut, perlu adanya analisa transformasi gelombang untuk menggambarkan kondisi dan dampak yang terjadi akibat perambatan gelombang dari laut lepas yang masuk ke kawasan perairan pelabuhan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melihat keamanan alur pelayaran. Metode yang digunakan yaitu menganalisa data angin dari BMKG menjadi data gelombang dan pemodelan dengan model matematik cgwave. Analisa gelombang dilakukan dengan model matematik model cgwave untuk mengetahui kondisi hidrodinamika gelombang dan untuk mengetahui hambatan pelayaran serta untuk menggambarkan gelombang rencana yang terjadi sebagai salah satu dasar dalam penentuan elevasi dermaga dan bangunan pemecah gelombang pelabuhan. Hasil penelitian menunjukkan konversi kecepatan dan arah angin menjadi tinggi, periode dan arah gelombang di perairan Tanjung laut Tahun 2006-2016. Tinggi gelombang signifikan maksimum di perairan Tanjung Laut terjadi pada tahun 2007 adalah 3,91 meter dengan periode 7,89 detik. Hasil analisa statistik

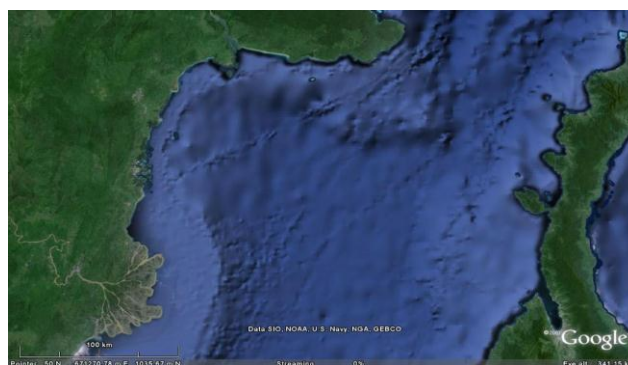
menggunakan metode kala ulang kejadian gelombang, menunjukkan tinggi gelombang dapat terjadi atau terlampaui untuk kala ulang 50 tahun adalah 4,80 meter sampai dengan 5,54 meter, sedangkan kala ulang 10 tahun adalah 3,70 meter sampai dengan 4,17 meter. Hasil simulasi transformasi gelombang dengan model cwave adalah tinggi gelombang di kolam pelabuhan berkisar antara 0,03 meter sampai dengan 0,06 meter dengan arah datang gelombang dari Timur Laut, 0,03 meter sampai dengan 0,07 meter dengan arah datang gelombang dari Timur, dan 0,05 meter sampai dengan 0,09 meter dengan arah datang gelombang dari Tenggara. Hasil simulasi menunjukkan kondisi di kolam pelabuhan cukup aman dan tenang terhadap serangan gelombang.

Kata kunci: analisa gelombang; tanjung laut; cwave model

1. PENDAHULUAN

Gelombang merupakan salah satu bentuk energi yang dapat membentuk pantai, menimbulkan arus dan transpor sedimen dalam arah tegak lurus dan sepanjang pantai, serta menyebabkan gaya-gaya yang bekerja pada bangunan pantai. Gelombang di laut akibat proses pembangkitannya dapat dibagi menjadi gelombang yang terjadi akibat dibangkitkan oleh angin, gelombang yang dibangkitkan oleh pasang surut, dan gelombang akibat gunung meletus atau tumbukan lempeng yaitu gelombang tsunami. Gelombang di alam memiliki bentuk yang sangat kompleks yang terdiri dari suatu deret gelombang dimana masing-masing memiliki tinggi dan periode yang berbeda [1]. Purwono NAS dkk (2018), mengatakan bahwa alur pelayaran merupakan bagian dari fasilitas pelabuhan yang menunjang keamanan dan keselamatan pelayaran, alur pelayaran harus mempunyai kedalaman yang cukup untuk lalu lintas kapal sehingga dapat berlayar dengan aman maka fasilitas tersebut harus bebas dari rintangan baik kerangka kapal/gugusan karang, sehingga kapal yang keluar masuk pelabuhan terhindar dari kecelakaan [2]. Perairan Tanjung Laut merupakan perairan yang banyak digunakan untuk lalu lintas kapal yang menuju dan keluar pelabuhan, dimana letak perairan tersebut berada di sebuah teluk, sehingga kondisi perairan tidak berhadapan langsung dengan perairan lepas. Untuk memberikan informasi kondisi ketenangan perairan, hambatan pelayaran, lingkungan perairan, serta perilaku hidrooseanografi di kawasan tersebut perlu dilakukan kajian. Kajian yang terkait dengan hidro oseanografi harus didukung oleh data berupa topografi, bathimetri, angin, gelombang, sedimentasi, arus, dan pasang surut sebagai bahan analisis dan rekomendasi dalam perumusan desain pengerukan. Pada studi ini hanya memperhatikan aspek pengaruh gelombang terhadap ketenangan kawasan teluk dan perairan sekitar Pelabuhan Tanjung Laut.

Gambar 1 menunjukkan lokasi Tanjung laut merupakan perairan yang berada di wilayah administrasi Kabupaten Kutai Kalimantan Timur. Untuk mengetahui kondisi hidrodinamika khususnya gelombang yang terjadi di laut dan merambat ke perairan tersebut, perlu adanya analisa transformasi gelombang untuk menggambarkan kondisi dan dampak yang terjadi akibat perambatan gelombang dari laut lepas yang masuk ke kawasan teluk dan perairan pelabuhan. Analisa gelombang selain untuk mengetahui kondisi hidrodinamika gelombang, juga untuk mengetahui hambatan pelayaran serta untuk menggambarkan gelombang rencana yang terjadi sebagai salah satu dasar dalam penentuan elevasi dermaga dan bangunan pemecah gelombang pelabuhan [3]



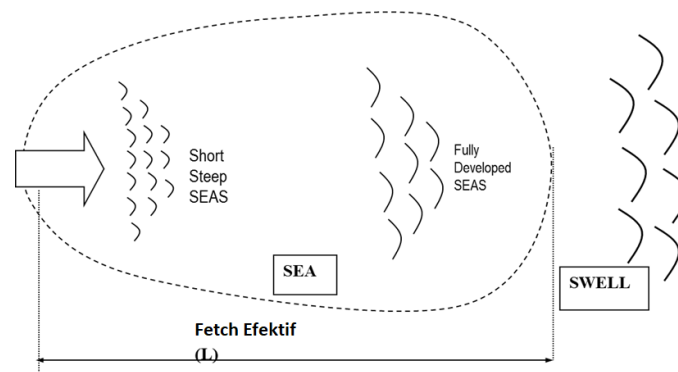
Gambar 1. Lokasi Studi (sumber : google earth)

Purwono NAS., 2006 mengatakan untuk keperluan perencanaan diperlukan data gelombang dalam interval yang panjang minimal 5 tahun dan lebih bagus lagi data gelombang selama 10 tahun [4]. Data gelombang yang cukup panjang sangat sulit diperoleh di lapangan, salah satu metode pendekatan untuk mendapatkan data gelombang yang panjang adalah dengan mengolah data angin yang diperoleh dari Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika. Pengukuran kecepatan angin oleh BMKG dilakukan di daratan, dalam persamaan atau grafik pembangkitan gelombang data angin yang digunakan adalah data angin di atas permukaan laut. Angin yang berhembus dipermukaan air yang semula tenang, akan menyebabkan gangguan pada permukaan

tersebut dan akan menimbulkan riak gelombang. Apabila kecepatan angin bertambah, maka riak gelombang akan semakin besar, dan jika angin berhembus terus akhirnya akan terbentuk gelombang.

Untuk mendukung perencanaan pelabuhan dan bangunan pengaman pantai, dibutuhkan data hidrooseanografi diantaranya adalah data gelombang di lapangan dengan interval waktu yang panjang. Untuk mendapatkan data gelombang di lapangan dengan interval waktu panjang cukup sulit dan biaya mahal, sehingga pendekatan yang dapat dilakukan untuk mendapatkan data gelombang adalah analisis peramalan data gelombang dengan menggunakan data angin dari stasiun pencatatan angin terdekat [5].

Salah satu gaya lingkungan utama penyebab terjadinya gelombang adalah akibat adanya hembusan angin. Angin yang berhembus di atas permukaan air akan memindahkan energinya ke air. Kecepatan angin akan menimbulkan tegangan pada permukaan laut, sehingga permukaan air yang semula tenang akan terganggu dan timbul riak gelombang. Apabila kecepatan angin bertambah, riak tersebut menjadi semakin besar, dan apabila angin berhembus terus menerus akan terbentuk gelombang. Semakin lama dan semakin kuat angin berhembus, semakin besar pula gelombang yang terbentuk. Coastal Engineering Research Center (1984) menyatakan bahwa gelombang yang terjadi di daerah pembangkitan disebut gelombang *SEA*, sedangkan gelombang yang terbentuk tersebut setelah menjalar keluar daerah pembangkitan disebut gelombang *SWELL* [6]. Adapun skema proses kejadian gelombang tersebut dan batas proses pembangkitannya seperti tersaji pada Gambar 2.



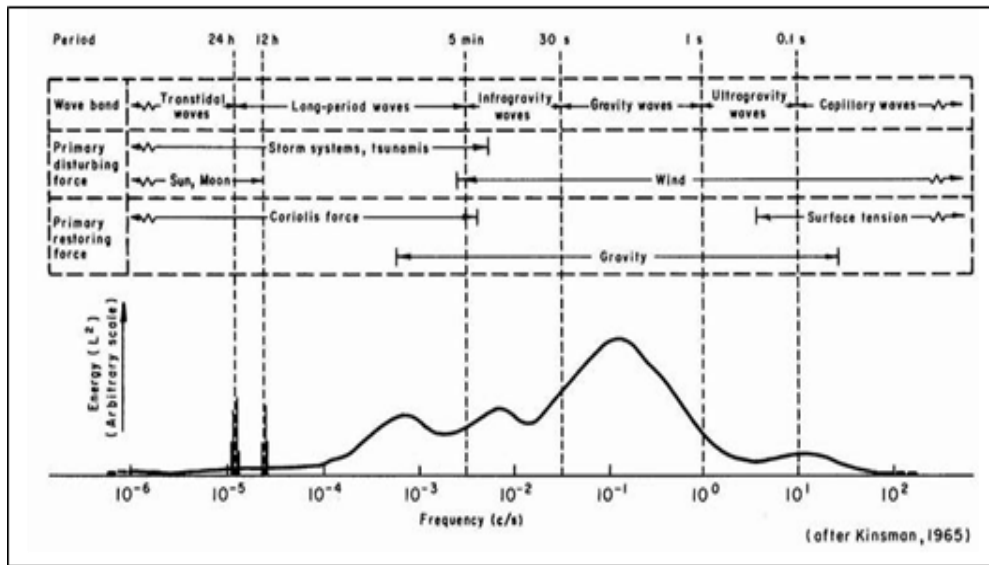
Gambar 2. Pembentukan Gelombang Angin [7]

Tinggi dan periode gelombang yang dibangkitkan oleh angin, dipengaruhi oleh kecepatan angin (U), lama hembus angin (t_d), arah angin dan panjang *fetch* (F). *Fetch* adalah panjang daerah pembangkitan gelombang pada arah kecepatan angin tersebut berhembus. Adapun tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk melihat keamanan alur pelayaran di Kawasan Perairan Pelabuhan Tanjung Laut Kalimantan Timur. Dengan metode penelitian yang digunakan yaitu menganalisa data angin dari BMKG menjadi data gelombang dan pemodelan dengan model matematik cgwave.

2. MATERIAL DAN METODE PENELITIAN

2.1. Data Angin

Data angin diperoleh dari pengukuran kecepatan angin setiap waktu menggunakan anemometer pada daerah bersangkutan. Data angin yang digunakan untuk peramalan gelombang adalah data di permukaan laut pada lokasi pembangkitan yang terdiri dari kecepatan dan arah angin di lokasi. Data tersebut dapat diperoleh dari pengukuran langsung di atas permukaan laut atau pengukuran di darat dekat lokasi yang akan distudi yang kemudian dikonversi menjadi data angin di laut. Kecepatan angin diukur dengan anemometer dan biasanya dinyatakan dalam knot. Satu knot adalah panjang satu menit garis bujur melalui khatulistiwa yang ditempuh dalam satu jam, atau $1 \text{ knot} = 1.852 \text{ km/jam} = 0.5 \text{ m/dt}$. Data angin dicatat tiap jam dan biasanya disajikan dalam tabel. Dengan pencatatan angin jam-jaman tersebut akan dapat diketahui angin dengan kecepatan tertentu dan durasinya, kecepatan angin maksimum, arah angin, dan dapat pula dihitung kecepatan angin rata-rata harian [5]. Gambar 3 menunjukkan pembagian distribusi pembangkitan gelombang di perairan laut, dimana gambar tersebut menjelaskan pembagian jenis gelombang berdasarkan frekuensi dan periode gelombang [7].



Gambar 3. Distribusi energi pembangkit gelombang laut [7]

Jumlah data angin seperti yang ditunjukkan dalam tabel tersebut untuk beberapa tahun pengamatan adalah sangat besar. Untuk itu data harus diolah dan disajikan dalam bentuk tabel ringkasan atau diagram yang disebut dengan *windrose*. Penyajian serupa ini dapat dibuat dalam bentuk bulanan, tahunan atau bahkan untuk beberapa tahun pencatatan. Dengan tabel atau *windrose* tersebut maka karakteristik angin dapat dibaca dengan cepat dan mudah.

2.2. Konversi Angin

2.2.1. Penentuan Fetch

Coastal Engineering Research Center 2006, menyatakan bahwa untuk melakukan peramalan gelombang di suatu perairan diperlukan masukan berupa data angin dan peta batimetri. Peta perairan lokasi dan sekitarnya diperlukan untuk menentukan besarnya fetch atau kawasan pembentukan gelombang.[8] Fetch adalah daerah pembentukan gelombang yang diasumsikan memiliki kecepatan dan arah angin yang relatif konstan. Adanya kenyataan bahwa angin bertiup dalam arah yang bervariasi atau sembarang, maka panjang fetch diukur dari titik pengamatan dengan interval 5°. Panjang fetch efektif dihitung untuk 8 arah mata angin dan ditentukan berdasarkan rumus berikut :

$$Lf_i = \frac{\sum Lf_i \cdot \cos \alpha_i}{\sum \cos \alpha_i} \dots\dots\dots (1)$$

dimana

- Lf_i = panjang fetch ke-i
- α_i = sudut pengukuran fetch ke-i
- i = jumlah pengukuran fetch

Jumlah pengukuran “i” untuk tiap arah mata angin tersebut meliputi pengukuran-pengukuran dalam wilayah pengaruh fetch (22,5° searah jarum jam dan 22,5° berlawanan arah jarum jam dari masing-masing arah mata angin).

2.2.2. Perhitungan Gelombang

Coastal Engineering Research Center 2006, menyatakan bahwa pembentukan gelombang di perairan dalam (*deep water waves*) dianalisa dengan formula-formula berikut. Prosedur peramalan ini berlaku untuk kondisi gelombang tidak terbentuk penuh (*non fully developed sea*), baik untuk kondisi *fetch* terbatas (*fetch limited condition*), maupun kondisi durasi terbatas (*duration limited condition*) sebagai berikut :

$$\frac{g^t d}{U_A} = 68.8 \left(\frac{gF}{U_A^2} \right)^{2/3} \leq 7.5 \times 10^4 \dots\dots\dots (2)$$

$$\frac{gH_{m0}}{U_A^2} = 0.0016 \left(\frac{gF}{U_A^2} \right)^{1/2} \leq 0.2433 \dots \dots \dots (3)$$

$$\frac{gT_p}{U_A^2} = 0.2857 \left(\frac{gF}{U_A^2} \right)^{1/3} \leq 8.134 \dots \dots \dots ; \dots \dots (4)$$

Sedangkan persamaan untuk keadaan gelombang terbentuk penuh diberikan oleh:

$$\frac{gt_d}{U_A} = 7.5 \times 10^4 \dots \dots \dots (5)$$

$$\frac{gH_{m0}}{U_A^2} = 0.2433 \dots \dots \dots (6)$$

$$\frac{gT_p}{U_A^2} = 8.134 \dots \dots \dots (7)$$

dimana:

- td = durasi angin
- H_{m0} = tinggi gelombang signifikan menurut energi spektral
- T_p = periode puncak gelombang
- T_s = periode gelombang signifikan
- $T_s = 0.95 T_p$
- $U_A = 0.71 U_{101.23}$ m/detik = faktor tekanan angin
- U_{10} = kecepatan angin pada ketinggian 10 m

Langkah-langkah yang dilakukan untuk peramalan gelombang ini adalah :

1. Diketahui : U_A (*wind stress factor*), F (*panjang fetch efektif*), dan t (durasi = lamanya angin bertiup).
2. Jika didapatkan :
 - a. Durasi data (t) > $t_c \rightarrow$ *Fetch Limited* (FL)
 - b. Durasi data (t) < $t_c \rightarrow$ *Time Limited* (TL)
3. Untuk kondisi *Fetch Limited* (F_L)
 - Hitung H dari rumus (3)
 - Hitung T dari rumus (4)
4. Untuk kondisi *Time Limited* (T_L)
 - Hitung F_{min} dari rumus (5)
 - Hitung H dengan menggunakan rumus (6), dengan nilai $F = F_{min}$
 - Hitung T dengan menggunakan rumus (7), dengan nilai $F = F_{min}$
5. Nilai H dan T yang didapat dari ramalan adalah :
 - Nilai $H \rightarrow H = H^{1/3} = H_s$ = tinggi gelombang signifikan
 - Nilai $T \rightarrow T = T_p$ = periode puncak spektrum gelombang

Keterangan : $T_s \approx 0,95 T_p \rightarrow T_s$ = tinggi gelombang signifikan.

2.2.3. Penentuan Gelombang Kala Ulang

Triatmodjo (1999) menyatakan bahwa langkah penting dalam proses perancangan adalah perkiraan besarnya gelombang rencana relatif terhadap umur rencana (*design life*) dari struktur dan keamanan yang diinginkan [5]. Dari data yang terbatas, kondisi ekstrem yang harus diperkirakan didapat dari ekstrapolasi data yang ada. Proses ini mirip dengan memperkirakan debit banjir dengan perioda ulang 50 tahun di hidrologi. Tiga metoda yang umum dipakai untuk memperkirakan probabilitas harga-harga ekstrem ini adalah metoda Log Normal, metode Pearson III dan metode Gumbel. Untuk mendapatkan tinggi gelombang ekstrim dalam periode waktu tertentu, dilakukan analisis frekuensi tinggi gelombang dengan beberapa tipe fungsi distribusi nilai ekstrim, antara lain :

1. Distribusi Log Normal

Fungsi probabilitas densitas dari distribusi Log Normal dinyatakan dalam persamaan berikut ini :

$$f(H) = \frac{1}{\sigma H \sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(\ln H - \mu)^2}{2\sigma^2}\right]; \quad 0 \leq H < \infty$$

$$\sigma^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (H_i - \bar{H})^2$$

keterangan :

- μ = nilai rata-rata
- σ = standar deviasi
- H = variabel bebas = tinggi gelombang

2. Distribusi Pearson III

Distribusi Pearson III diturunkan dari suatu fungsi Gamma yang mempunyai 3 parameter. Persamaanya adalah sebagai berikut :

$$f(H) = \frac{\lambda^\beta (H - \varepsilon)^{\beta-1} \exp[-\lambda(H - \varepsilon)]}{\gamma(\beta)}$$

dimana :

$$\lambda = \frac{s_H}{\sqrt{\beta}} \quad \beta = \left(\frac{2}{C_s}\right) \quad \varepsilon = \bar{H} - s_H \sqrt{\beta}$$

$$\gamma(\beta) = \int_{-\infty}^{\infty} H^{\beta-1} \exp(-\lambda H) dH \quad C_s = \text{koefisien asimetri}$$

3. Distribusi Gumbel

Langkah perhitungan metode Gumbel sebagai berikut :

$$\sigma^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (H_i - \bar{H})^2 \quad K_r = -\frac{\sqrt{6}}{\pi} \left(0.5772 + \ln \left(\ln \left(\frac{T}{T-1} \right) \right) \right)$$

$$H_r = \bar{H} + K_r \cdot \sigma$$

keterangan :

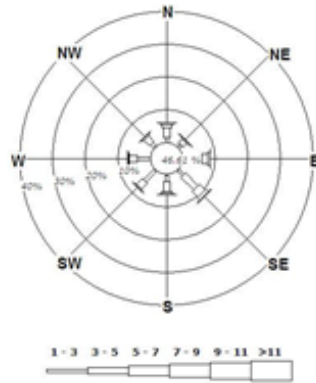
- \bar{H} = tinggi gelombang rata-rata
- T = periode ulang
- N = jumlah data gelombang
- σ = standar deviasi
- H_T = tinggi gelombang dengan periode ulang tertentu
- K_t = koefisien gumbel

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Analisa Angin

Perairan Tanjung laut merupakan kawasan yang memiliki karakteristik gelombang laut, yaitu gelombang yang terbentuk tidak jauh dari lokasi pembangkitannya. Hal ini terlihat dimana posisi perairan tersebut berada di kawasan yang terlindung dari beberapa pulau, sehingga apabila ditarik *fetch* maka tidak akan mendapatkan kondisi *fetch* maksimum (≥ 200 km) karena di sisi utara banyak terhalang oleh pulau-pulau dan daratan. Dengan demikian persamaan yang digunakan untuk menghitung gelombang adalah persamaan *fully development sea*.

Hasil analisa data angin dengan merubah angin yang terjadi didarat menjadi angin yang berhembus di permukaan laut disajikan dalam bentuk mawar angin (*windrose*) tahunan untuk wilayah Tanjung laut dan sekitarnya seperti tersaji pada Gambar 4. Pada gambar tersebut terlihat bahwa garis-garis radial adalah arah angin, sedangkan tiap lingkaran menunjukkan presentasi kejadian angin dalam periode waktu pengukuran.

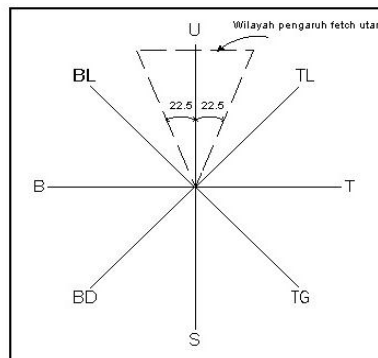


Gambar 4. Mawar Angin tahun 2006-2016

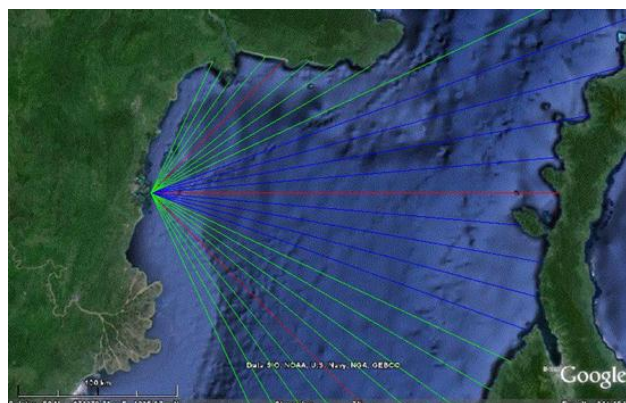
3.2. Hasil Analisa Gelombang

3.2.1. Perhitungan Fetch Efektif

Tiap arah mata angin utama meliputi wilayah pengaruh *fetch* sebesar $22,5^\circ$ searah jarum jam dan $22,5^\circ$ berlawanan arah jarum jam, seperti terlihat pada Gambar 5 berikut. Gambar 6 menunjukkan penarikan panjang *fetch* lokasi studi dengan mengikuti metode pada Gambar 5. Gambar 6 panjang *fetch* dihitung dengan membagi wilayah dengan sudut interval $22,5^\circ$ ke kanan dari pusat lokasi studi dan $22,5^\circ$ ke kiri dari pusat lokasi studi. Contoh Wilayah Pengaruh *Fetch* untuk Arah Utara dapat dan Peta *Fetch* di Lokasi Pelabuhan Tanjung laut dilihat pada Gambar 5 dan 6 dibawah ini.

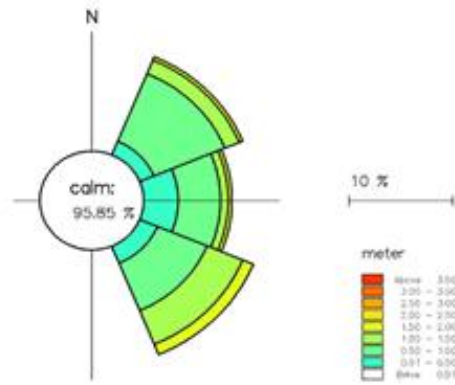


Gambar 5. Contoh Wilayah Pengaruh *Fetch* untuk Arah Utara.

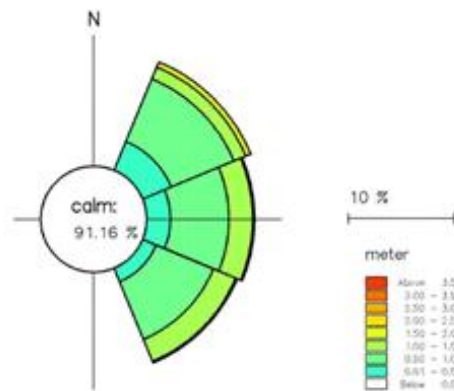


Gambar 6. Peta *Fetch* di Lokasi Pelabuhan Tanjung laut

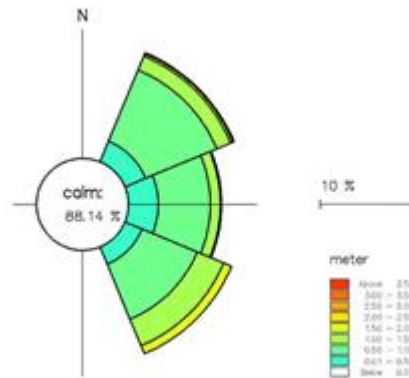
Gambar 7 sampai dengan Gambar 18 merupakan data hasil pengolahan data angin selama 10 tahun, dengan dirangkum menjadi bulanan selama 10 tahun, sehingga dapat terlihat kejadian-kejadian gelombang ekstrim terjadi pada bulan-bulan tertentu dengan probabilitas kejadian selama 10 tahun hasil pencatatan angin.



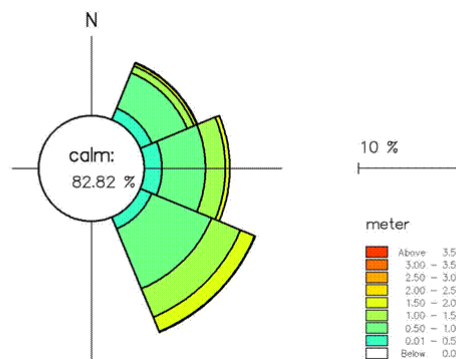
Gambar 7. Distribusi Gelombang Harian Januari 2006-2016.



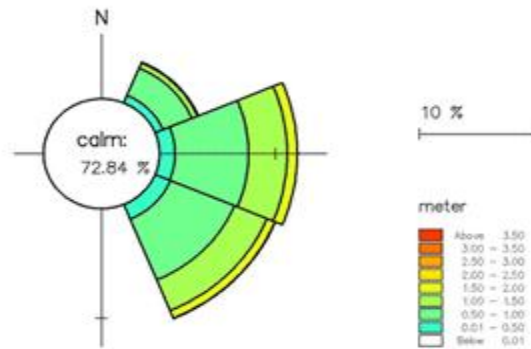
Gambar 8. Distribusi Gelombang Harian Februari 2006-2016.



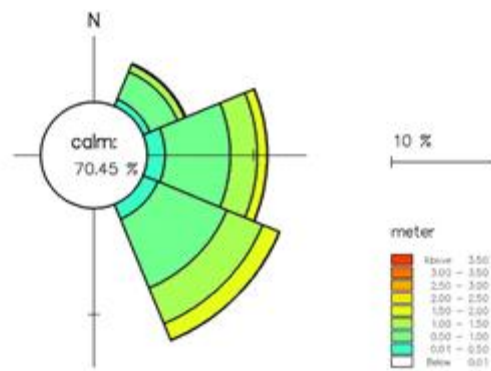
Gambar 9. Distribusi Gelombang Harian Maret 2006-2016.



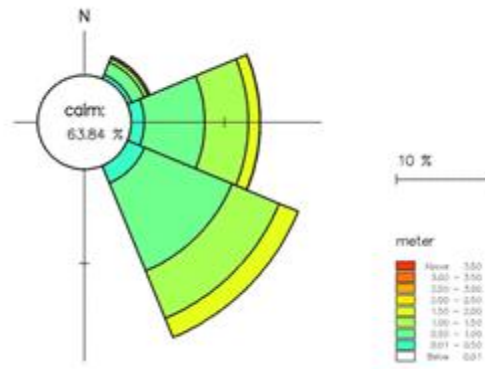
Gambar 10. Distribusi Gelombang Harian April 2006-2016.



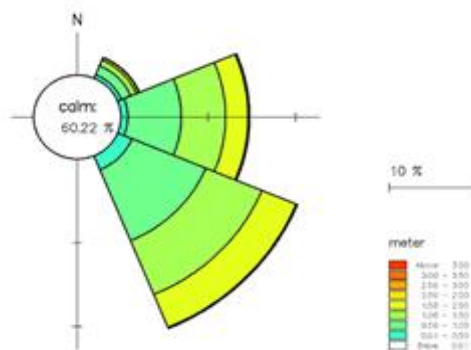
Gambar 11. Distribusi Gelombang Harian Mei 2006-2016.



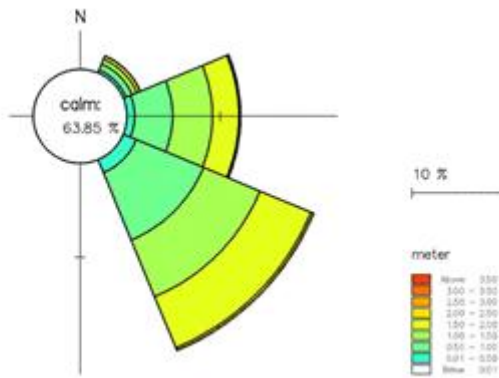
Gambar 12. Distribusi Gelombang Harian Juni 2006-2016.



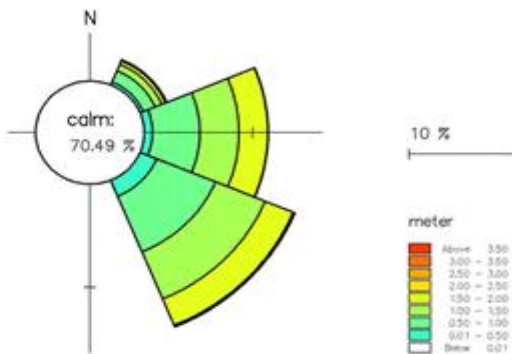
Gambar 13. Distribusi Gelombang Harian Juli 2006-2016.



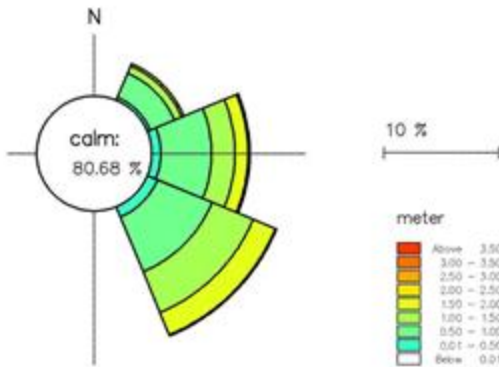
Gambar 14. Distribusi Gelombang Harian Agustus 2006-2016.



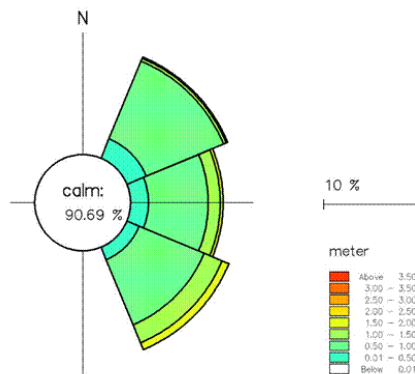
Gambar 15. Distribusi Gelombang Harian September 2006-2016.



Gambar 16. Distribusi Gelombang Harian Oktober 2006-2016.

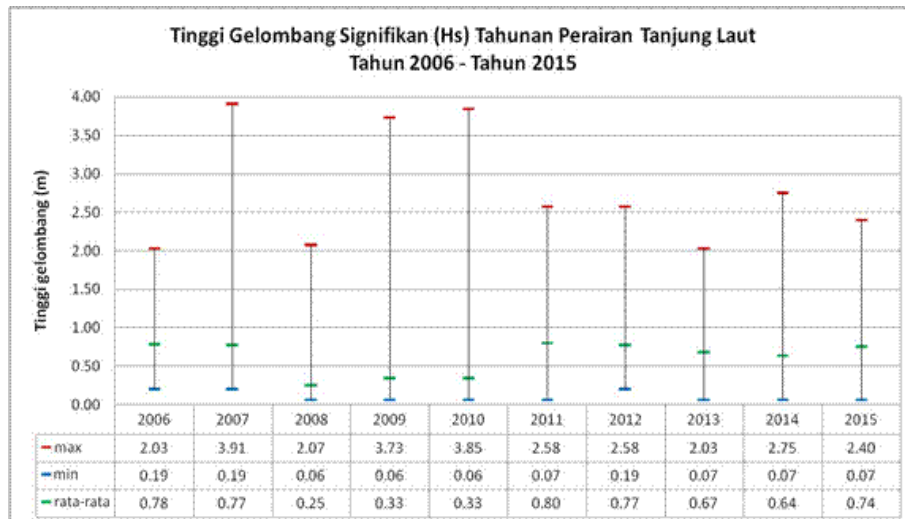


Gambar 17. Distribusi Gelombang Harian November 2006-2016.

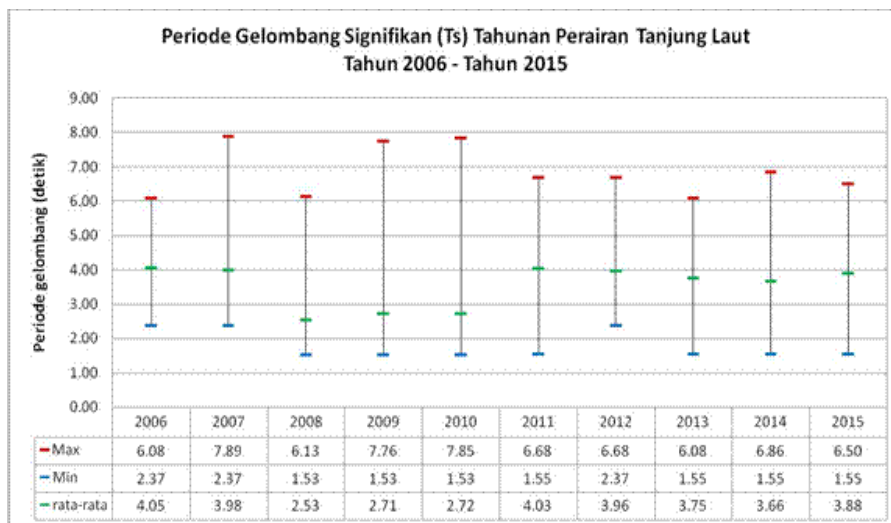


Gambar 18. Distribusi Gelombang Harian Desember 2006-2016.

Berdasarkan hasil konversi kecepatan dan arah angin menjadi tinggi, periode dan arah gelombang di perairan Tanjung laut Tahun 2006-2016 (Gambar 19 dan Gambar 20). Kejadian gelombang signifikan maksimum di perairan Tanjung laut pada tahun 2007 adalah tinggi gelombang 3,91 meter dengan periode gelombang signifikan maksimum 7,89 detik. Dengan demikian dalam kurun waktu 10 tahun hasil peramalan gelombang, kondisi gelombang paling ekstrim terjadi di kawasan perairan teluk dan Pelabuhan Tanjung Laut terjadi pada Bulan September dengan arah datang gelombang dari Tenggara. Hasil ini perlu menjadi perhatian dalam gerakan manuver kapal keluar masuk teluk ataupun pelabuhan, jangan sampai arah masuk tegak lurus dari datang gelombang, karena akan berdampak kapal terdorong dan keluar dari alur pelayaran.



Gambar 19. Tinggi gelombang Tahunan Perairan Tanjung laut Tahun 2006 – Tahun 2016



Gambar 20. Periode gelombang Tahunan Perairan Tanjung laut Tahun 2006 – Tahun 2016

Berdasarkan analisa statistik dengan metode kala ulang kejadian tinggi gelombang, tinggi gelombang dapat terjadi atau terlampaui untuk kala ulang 50 tahun untuk tiga metode diperoleh *range* tinggi gelombang antara 4,80 meter sampai dengan 5,54 meter. Berdasarkan analisa statistik dengan metode kala ulang kejadian tinggi gelombang, tinggi gelombang dapat terjadi atau terlampaui untuk kala ulang 10 tahun untuk tiga metode diperoleh *range* tinggi gelombang antara 3,70 meter sampai dengan 4,17 meter.

Hasil perhitungan gelombang kala ulang perairan Tanjung Laut sebagai dasar untuk input pada simulasi model matematik digunakan adalah Weibull. Hasil gelombang kala ulang 50 tahun berdasarkan Weibull adalah 4,52 meter sedangkan gelombang kala ulang 10 tahunnya 3,70 meter. Perbandingan hasil kala ulang dengan menggunakan 3 metode statistik dapat dilihat pada Tabel 1 dibawah ini.

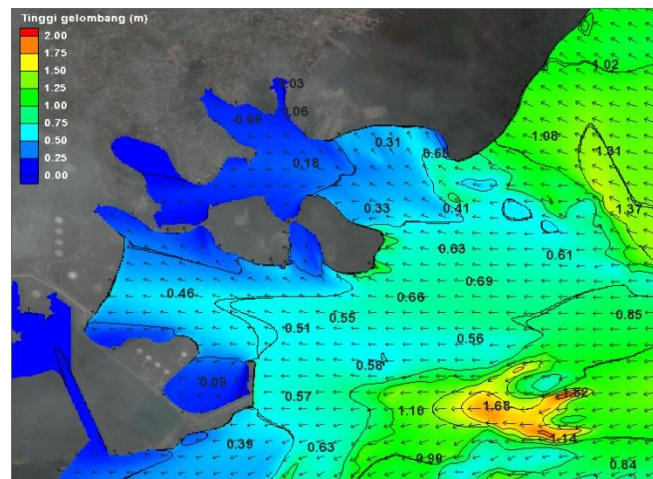
Tabel 1. Perbandingan hasil kala ulang dengan menggunakan 3 metode statistic

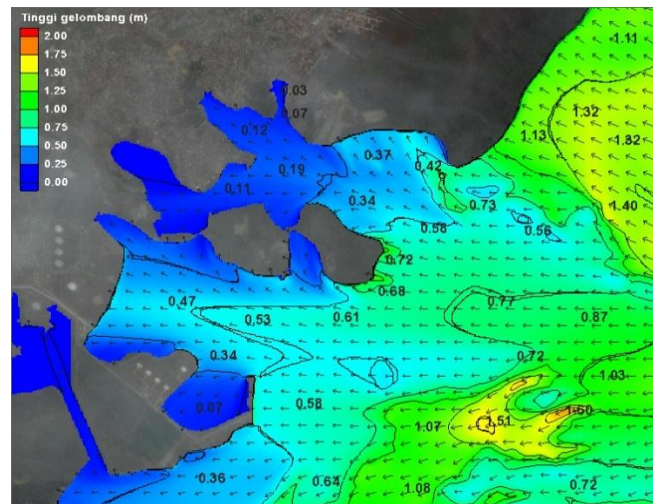
Periode Ulang	Tinggi gelombang (m)		
	Gumbel	Fisher Tippett	Weibull
2	2.69	2.69	2.52
5	3.60	3.37	3.14
10	4.17	3.82	3.70
25	4.97	4.38	4.23
50	5.54	4.80	4.52
100	6.10	5.22	5.05

3.2.2. Pemodelan Transformasi Gelombang

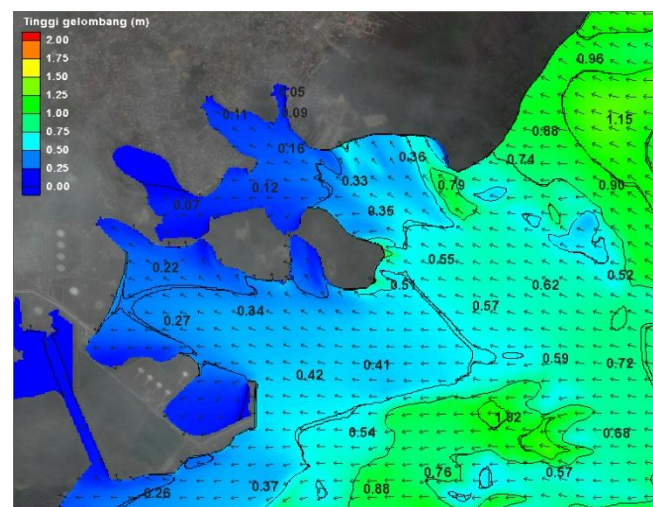
transformasi gelombang yang dilakukan menggunakan perangkat lunak SMS (*Surface Water Modelling System*) Boss dengan modul CG wave. Permodelan dilakukan dengan menggunakan input data berupa koordinat XYZ hasil survey bathimetri dan topografi, tinggi gelombang, periode gelombang dan arah gelombang perairan Tanjung Laut. Ukuran grid permodelan adalah 10 meter dengan panjang daerah permodelan arah X (menyusur pantai) adalah 12.500 meter dan arah Y (tegak lurus pantai) adalah 12.500 meter, luas daerah permodelan adalah 156.250.000 m². Running model gelombang dilakukan terhadap arah datang gelombang Timur Laut, Timur, dan Tenggara.

Hasil simulasi pemodelan gelombang di kawasan perairan Tanjung Laut dengan input model gelombang kala ulang 50 tahun dengan arah datang gelombang dari Timur Laut, Timur, dan Tenggara tersaji pada Gambar 21 sampai Gambar 23. Pada gambar-gambar tersebut menunjukkan kejadian tinggi gelombang di kawasan perairan Tanjung Laut, dimana warna pada gambar menunjukkan tinggi gelombang. Warna biru menunjukkan tinggi gelombang berkisar antara 0 sampai 0,25 meter, sedangkan warna merah menunjukkan kejadian gelombang dengan tinggi 2 meter atau lebih. Tinggi gelombang di kawasan tengah teluk lebih tinggi dibandingkan dengan saat gelombang mendekati pelabuhan, hal ini akibat pengaruh pergerakan gelombang dari laut dalam menuju laut dangkal terjadi deformasi gelombang diantaranya refraksi dan shoaling akibat pengaruh dasar dominan ketika mendekati pantai. Semakin mendekati pantai koefisien kekasaran dasar laut semakin besar pengaruhnya, sehingga mempengaruhi kecepatan gelombang dan terjadi gelombang pecah. Setelah gelombang mengalami pecah, maka penurunan tinggi akan terjadi secara signifikan.

**Gambar 21.** Permodelan gelombang pelabuhan Tanjung Laut (arah datang gelombang: Timur Laut)



Gambar 22. Permodelan gelombang pelabuhan Tanjung Laut (arah datang gelombang: Timur)



Gambar 23. Permodelan gelombang pelabuhan Tanjung Laut (arah datang gelombang: Tenggara)

4. KESIMPULAN

Hasil pemodelan perambatan gelombang yang terjadi adalah sebagai berikut

1. Tinggi gelombang di kolam pelabuhan berkisar antara 0,03 meter sampai dengan 0,06 meter dengan arah datang gelombang dari Timur Laut, 0,03 meter sampai dengan 0,07 meter dengan arah datang gelombang dari Timur, 0,05 meter sampai dengan 0,09 meter dengan arah datang gelombang dari Tenggara.
2. Tinggi gelombang di daerah luar kolam pelabuhan sampai dengan rambu 21 (buoy 21) berkisar antara 0,18 meter sampai dengan 0,41 meter dengan arah datang gelombang dari Timur Laut, 0,19 meter sampai dengan 0,59 meter dengan arah datang gelombang dari Timur, 0,16 meter sampai dengan 0,36 meter dengan arah datang gelombang dari Tenggara.
3. Tinggi gelombang di daerah rambu 21 (buoy 21) sampai dengan alur terluar berkisar antara 0,63 meter sampai dengan 0,85 meter dengan arah datang gelombang dari Timur Laut, 0,73 meter sampai dengan 1,47 meter dengan arah datang gelombang dari Timur, 0,55 meter sampai dengan 0,72 meter dengan arah datang gelombang dari Tenggara.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Purwono., NAS, Nizam, Triatmadja, R, 2017, "Characteristics of High Growth *Casuarina equisetifolia* and High Inundation of Tsunami when Propagating through Greenbelt Vertical Rod", AMM International Journal Vol 862, pp 21-26) Trans Tech Publications.
- [2] Purwono., NAS dan Ary Sismiani, 2018, "Peramalan Kejadian Gelombang Pantai Watunoho Dengan Pendekatan Empiris Analisa Data Angin", Jurnal Ilmiah Teodolita Vol 2 2018.
- [3] PT. Marindo Utama Penata Kawasan, 2016, "Studi SID Pengerukan Alur Pelayaran/Kolam Pelabuhan Tanjung Laut Provinsi Kalimantan Timur," Ditjen Perhubungan Laut, Kementerian Perhubungan, 2016.
- [4] Purwono NAS., 2006, "Kajian Transformasi Gelombang Studi Kasus PPI Cisolok", Jurnal Ilmiah Teodolita Vol, Juni 2006

- [5] Triatmodjo, B., 1999, "*Teknik Pantai*," Beta Offset. Yogyakarta.
- [6] Coastal Engineering Research Center, 1984, "*Waterways Experiment Station, Corps of Engineer, Department of The Army*," Shore Protection Manual.
- [7] Coastal Engineering Research Center, 2001, "*Waterways Experiment Station, Corps of Engineer, Department of The Army*," Coastal Engineering Manual.
- [8] Coastal Engineering Research Center, 2006, "*Waterways Experiment Station, Corps of Engineer, Department of The Army*," Coastal Engineering Manual.