

# ANALISIS KONDISI GELOMBANG DI SEKITAR PULAU TARAKAN

Aditia Rojali<sup>1,2</sup>, Jantiara Eka Nandiasa<sup>2</sup>

rojali129@gmail.com, jantiaraekan@gmail.com

## Abstract

Wave model simulation was carried out at Tarakan Island coastal area as the basis for the assessment of coastal vulnerability. Model input had been derived from wind data for 11 years since 1999 until 2009. Wind data were statistically calculated using the wave equation SMB (Sverdrup, Munk, Bretschneider), therefore, the data obtained in deep water point was functioned as the forcing factor in the wave numerical model boundary. Wave numerical model provides realistic pattern of refraction and wave energy dissipation where the maximum wave conditions in the waters of the Tarakan Island is relatively safe because it features a sloping bathymetry which dissipate offshore wave energy.

**Key words:** model, spectral, waves, nearshore

## Abstrak

Simulasi model gelombang dilakukan di perairan Pulau Tarakan sebagai dasar penilaian kerentanan pesisir. Input model didapat dari data angin selama 11 tahun yaitu tahun 2000 sampai dengan 2010. Data gelombang dihitung secara statistik menggunakan persamaan SMB (Sverdrup, Munk, Bretschneider) sehingga didapat data gelombang di perairan dalam sebagai faktor penggerak gelombang di batas model. Model gelombang memberikan gambaran yang cukup realistis pada pola refraksi dan disipasi energi gelombang dimana pada kondisi gelombang maksimum di perairan Pulau Tarakan relatif aman karena fitur batimetri yang landai mendisipasi energi gelombang yang datang dari arah laut lepas.

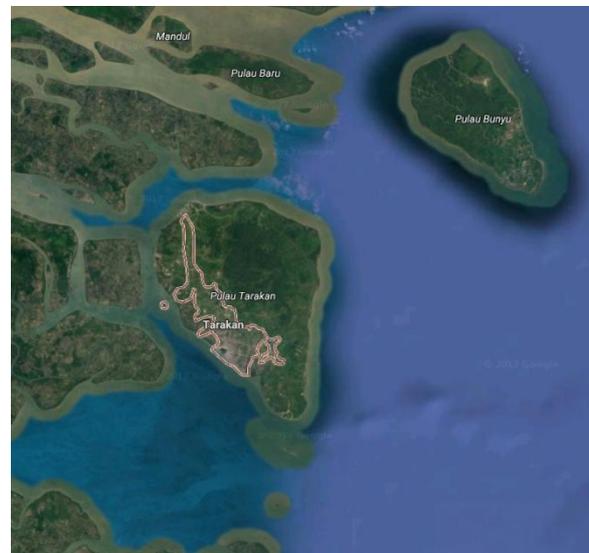
**Kata kunci:** model, spektrum, gelombang, pantai.

## I. PENDAHULUAN

Pulau Tarakan adalah sebuah pulau kecil dimana merupakan daerah pesisir yang sangat rentan terkena beberapa bahaya akibat perubahan iklim global. Pulau Tarakan secara geografis terletak di 3° 19'-3° 20' LU and 117° 34'-117° 38' BT dimana di sebelah utara dibatasi oleh Pulau Bunyu, di sebelah timur dibatasi oleh Pulau Sulawesi dan Pulau Bunyu, di sebelah selatan dibatasi oleh Tanjung Palas, dan di sebelah barat dibatasi oleh Pulau Kalimantan (Gambar 1). Gambar 1 menunjukkan peta lokasi Pulau tarakan dan pulau - pulau sekitarnya. Pulau Tarakan juga merupakan contoh area yang rentan terhadap perubahan iklim karena status administrasi sebagai kota yang memiliki penduduk cukup padat dan kegiatan ekonomi yang tinggi. Sebagai akibatnya, akan ada beberapa kebutuhan untuk menilai tingkat risiko di sepanjang wilayah pesisir kota Tarakan dalam rangka untuk memiliki pemahaman yang komprehensif tentang bagaimana perubahan iklim mempengaruhi daerah ini dan menjadi bahan studi selanjutnya untuk bagaimana merancang beberapa strategi untuk beradaptasi dari dampak perubahan iklim, terutama pengaruh terhadap gaya – gaya atau *forcings* dari arah laut.

<sup>1)</sup> *Inteligensi Risiko*

<sup>2)</sup> *Jurusan Teknik Sipil, Universitas Mercu Buana*



**Gambar 1** Lokasi Pulau Tarakan (*Google Map*)

Sebelum menganalisis lebih jauh maka kondisi eksisting dari perairan dekat pantai di sekitar Pulau Tarakan penting untuk dikaji, diantaranya adalah kondisi gelombang yang menjalar dari perairan dalam sampai dengan daerah yang dekat dengan pantai, dimana proses ini merupakan parameter penting dalam studi yang lebih lanjut seperti proses

perubahan morfologi pantai, abrasi dan sedimentasi, dan juga kenaikan muka air laut. Dengan demikian perlu diidentifikasi segmen pantai yang rawan mengalami deposisi atau sedimentasi. Hal ini sangat penting dimana posisi pantai akan menentukan hasil proyeksi kenaikan muka air laut.

## II. TINJAUAN PENELITIAN

Prediksi gelombang umum dilakukan untuk keperluan studi baik di pesisir maupun lepas pantai, baik untuk keperluan desain teknik juga kajian kerentanan pesisir. Dalam melakukan prediksi metode yang paling umum digunakan salah satunya adalah dengan perhitungan formula empiris seperti Sverdrup, Munk, Betschneider atau yang biasa disebut metode SMB yang dijelaskan dalam Sverdrup dan Munk (1947) dan direvisi oleh Betschneider (1952).

Penggunaan persamaan empiris seperti SMB dikenal cukup valid untuk perairan dalam, namun untuk perairan dangkal sampai menengah lebih sesuai untuk menggunakan model numerik yang bersifat dinamis karena proses yang kompleks terjadi di perairan dangkal seperti refraksi, difraksi dan disipasi oleh gesekan dasar. Salah satu model yang telah digunakan secara luas adalah model SWAN (*Simulating Waves Nearshore*) merupakan model spektral gelombang generasi ketiga yang telah digunakan secara luas untuk mengestimasi parameter gelombang di wilayah perairan sekitar pantai, danau dan estuari dari masukan data angin dan kondisi batimetri. Model ini menggunakan persamaan keseimbangan gerak gelombang untuk proses pembangkitan, disipasi dan interaksi nonlinier antar gelombang pada perairan dangkal, menengah dan dalam (Booij dkk. 1999 dan Holthuijsen 2004).

Caliskan dan Levinson (2008) telah berhasil menggunakan model SWAN di teluk dengan bentuk memanjang untuk menganalisis transformasi gelombang yang terjadi dari laut lepas ke dalam teluk. Sedangkan Rojali (2009) telah berhasil menggunakan model SWAN untuk wilayah perairan selatan Bali sehingga kajian mengenai penggunaan model ini di wilayah lain perlu dilakukan.

## III. METODOLOGI

Peramalan gelombang laut di perairan Pulau Tarakan dilakukan dengan menggunakan data dari *NCEP wind data set reanalysis* gauss 10 m (Kanamitsu dkk. 2002). Pada lokasi studi peramalan gelombang yang dibangkitkan oleh

angin yang berasal dari laut dengan sistem *fetch* terbatas bila terdapat pulau yang merintanginya. Teknik peramalan ini menggunakan data angin waktu lampau untuk meramalkan waktu yang akan datang (*hindcasting method*). Metode *hindcasting* ini dikenal sebagai metoda Sverdrup, Munk dan Bretschneider (SMB).

Nilai statistik gelombang hasil peramalan SMB kemudian disimulasikan menggunakan model SWAN (*Simulating Waves Nearshore*). Persamaan utama dari model SWAN adalah

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial c_x N}{\partial x} + \frac{\partial c_y N}{\partial y} + \frac{\partial c_\sigma N}{\partial \sigma} + \frac{\partial c_\theta N}{\partial \theta} = \frac{S}{\sigma} \quad (1)$$

dimana ;

N = spektrum energi gelombang

x, y = arah geografis

$\sigma$  = komponen frekuensi gelombang

$\theta$  = komponen arah gelombang

S = faktor Pembangkitan dan disipasi gelombang

Proses penjalaran gelombang yang dapat disimulasikan dalam SWAN diantaranya adalah

- penjalaran melalui ruang geografis,
- refraksi akibat variasi kedalaman dan arus,
- difraksi,
- pendangkalan atau *shoaling* akibat variasi kedalaman dan arus,
- blokade dan refleksi, dan
- transmisi melalui penghalang.

Proses pembangkitan dan disipasi yang dapat disimulasikan oleh SWAN diantaranya adalah

- pembangkitan oleh angin,
- disipasi akibat *whitecapping*,
- disipasi pada saat pecah gelombang akibat faktor kedalaman,
- disipasi akibat gesekan dasar, dan
- interaksi antar gelombang di perairan dalam dan dangkal.

Pada SWAN 40.31 memiliki beberapa keterbatasan diantaranya meliputi

- a. SWAN tidak menghitung arus akibat gaya gelombang. Jika relevan arus tersebut dapat digunakan sebagai input.
- b. Difraksi pada SWAN dapat digunakan pada area dimana terdapat tingginya variasi tinggi gelombang sepanjang beberapa panjang gelombang. Namun SWAN menggunakan pendekatan *phase-decoupled* sehingga SWAN dapat

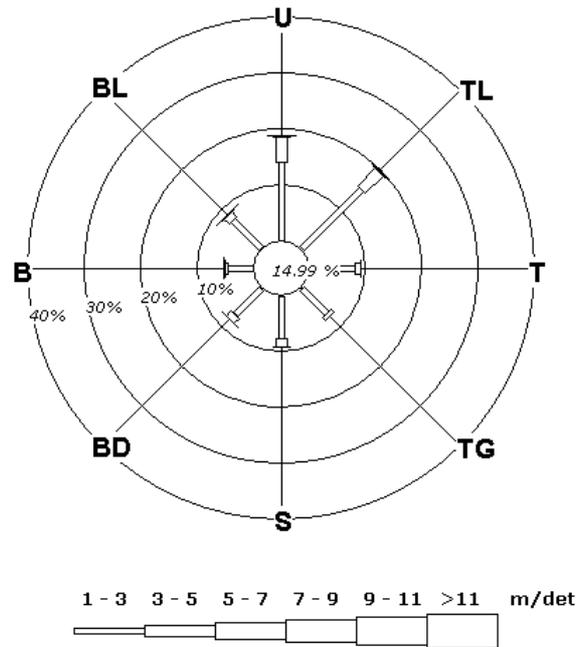
membangun suatu proses yang sama secara kualitatif pada distribusi spasial dan pada perubahan arah gelombang. Pendekatan ini tidak selalu sesuai untuk mensimulasikan difraksi di pelabuhan atau di depan penghalang atau dinding yang bersifat reflektif.

- c. SWAN tidak dapat menghitung penjalaran gelombang dalam kondisi aliran super kritis. Jika hal tersebut terjadi maka di dalam perhitungan kecepatan arus akan dikurangi sehingga kondisi menjadi sub kritis.
- d. Kedalaman minimal adalah 0,05 m

Sebagai model yang dapat mengestimasi parameter gelombang secara realistis, SWAN dapat diberikan input yang mewakili kondisi fisik suatu daerah kajian seperti kedalaman, arus, level muka air akibat pasang surut dan angin yang kesemuanya dapat berupa *time-series*. Parameter keluaran utama dari SWAN adalah spektrum energi ataupun densitas energi pada suatu titik atau daerah pengamatan sehingga dari nilai densitas energi tersebut dapat diturunkan parameter – parameter gelombang seperti tinggi gelombang signifikan, periode gelombang rata – rata, arah rata – rata gelombang dan panjang gelombang. Beberapa parameter lain seperti stress radiasi dan *wave induced setup* dapat dihasilkan dari hasil simulasi menggunakan model SWAN.

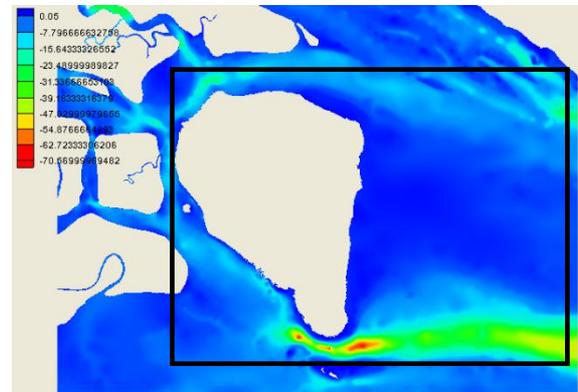
**a. Data Masukan Model**

Data angin didapat yang digunakan dalam simulasi didapat dari NCEP reanalysis gauss 10 m agar mendapatkan data yang konsisten dalam jangka waktu yang panjang. Dalam studi ini digunakan data tahun 1999 sampai dengan 2009. Distribusi data angin tersebut diperlihatkan pada diagram mawar (*wind rose*) dalam Gambar 2 sebagai berikut.



**Gambar 2** Diagram mawar angin (*wind rose*) untuk wilayah Pulau Tarakan

Sedangkan batimetri atau kedalaman laut diperlihatkan Gambar 3. Plot batimetri warna biru menunjukkan nilai terdangkal sedangkan warna merah menunjukkan warna untuk batimetri terdalam atau sekitar 70 meter.

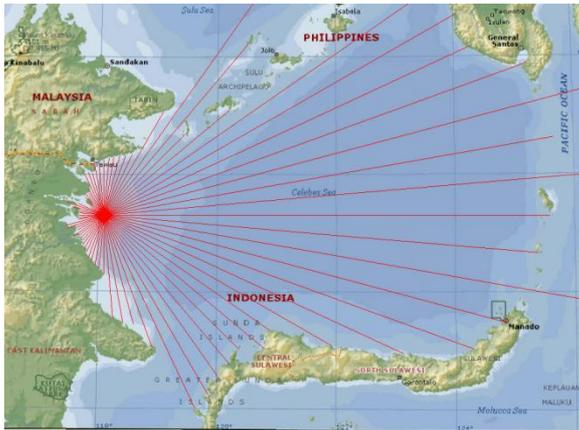


**Gambar 3** Pola batimetri dan domain model (kotak hitam)

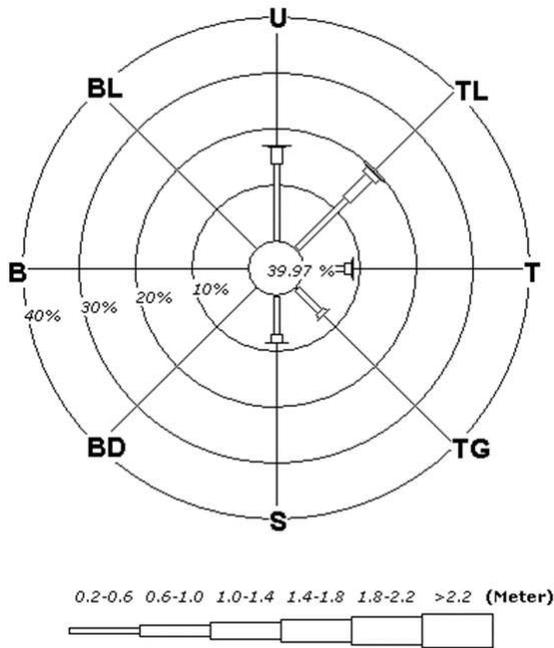
**IV. PEMBAHASAN DAN HASIL**

Hasil Perhitungan statistik gelombang diperlihatkan oleh Gambar 5 dengan menggunakan fetch pada Gambar 4. Pola *waverose* tahunan untuk data angin total selama 11 tahun menunjukkan bahwa gelombang dominan datang dari arah timur laut dengan frekuensi kejadian mencapai 19,42%. Diikuti dengan dominan kedua dari arah utara dengan frekuensi kejadian sebesar 17,04%. Sedangkan tinggi gelombang masing-masing kisaran 0,2-0,6 meter (45,58%) dan 0,6-1,0 meter (12,44%). Periode dominan pada kisaran 5-7 detik dengan

frekuensi sebesar 38,29%, periode 7-9 detik yang mencapai 20,17%. Dengan demikian tinggi dan periode gelombang signifikan dari peremalan gelombang 11 tahun untuk lokasi perairan sekitar Pulau Tarakan adalah tinggi gelombang signifikan ( $H_s$ ): 0,63 meter; tinggi gelombang maksimum ( $H_{max}$ ): 1,2 meter dan periode gelombang signifikan ( $T_s$ ): 7,43 detik; periode gelombang maksimum  $T_{max}$ : 9 detik dengan arah dominan dari Timur Laut.

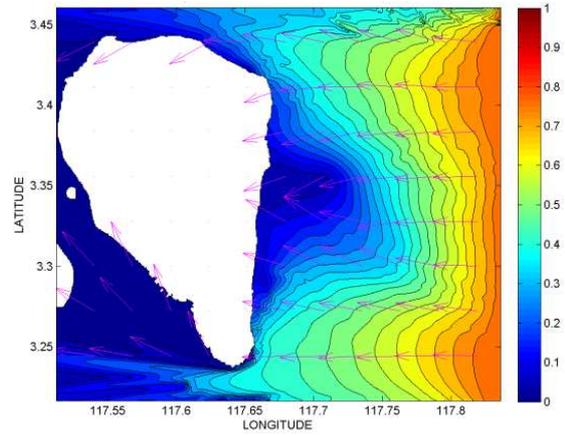


**Gambar 4** Fetch gelombang perairan dalam yang digunakan dalam peremalan gelombang

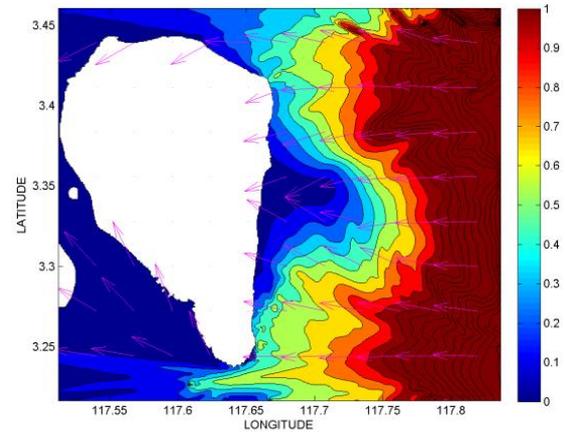


**Gambar 5** Diagram mawar gelombang (*waverose*) di perairan Pulau Tarakan

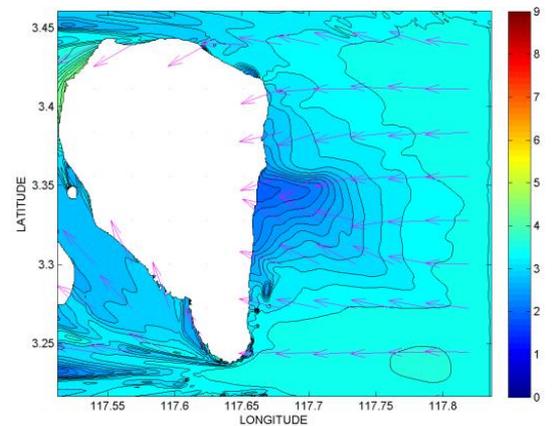
Hasil simulasi yaitu tinggi gelombang signifikan dan periode rata – rata diuraikan menurut kondisi input. Plot kontur tinggi gelombang signifikan dalam meter sedangkan plot kontur periode gelombang dalam satuan detik. Warna kontur bervariasi dari biru gelap yang menunjukkan nilai terendah sampai ke warna merah untuk nilai tertinggi.



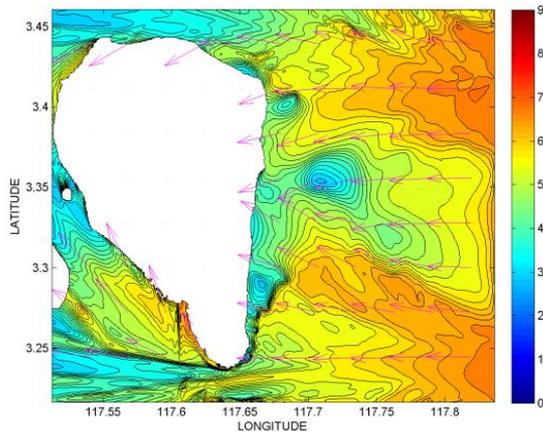
**Gambar 6** Tinggi gelombang pada kondisi rata – rata



**Gambar 7** Tinggi gelombang pada kondisi maksimum



**Gambar 8** Periode rata – rata gelombang pada kondisi rata – rata



**Gambar 9** Periode rata – rata gelombang pada kondisi maksimum

Tinggi gelombang pada kondisi rata – rata dan maksimum memiliki pola yang sama dengan besar yang berbeda. Pada bagian tengah Pulau Tarakan terjadi disipasi gelombang pada jarak yang cukup jauh sekitar 6 km sedangkan pada kedua ujung Pulau Tarakan yaitu pada ujung Utara dan Selatan terkena gelombang yang lebih besar daripada di bagian tengah. Pola refraksi gelombang menunjukkan bahwa terjadi pembelokan arah gelombang menuju ke bagian tengah Pulau Tarakan. Sedangkan pola periode gelombang dari hasil simulasi menunjukkan konsistensi dengan pola gelombangnya.

Evaluasi mengenai dampak perubahan iklim di Pulau Tarakan diperlukan studi lebih lanjut dengan mengikutsertakan faktor - faktor lain seperti proyeksi kenaikan muka air laut, pasang surut dan *storm surge* atau gelombang badai.

## V. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari studi ini adalah sebagai berikut:

1. Parameter gelombang di perairan Pulau Tarakan secara statistik adalah tinggi gelombang maksimum sebesar 1,2 meter dan periode gelombang maksimum adalah 9 detik dengan arah dominan dari Timur Laut.
2. Perairan Pulau Tarakan cukup aman dari serangan gelombang terutama pada saat – saat non ekstrim dan saat gelombang maksimal disebabkan batimetri perairan Pulau Tarakan yang relatif landai sehingga

energi gelombang terdispersi secara signifikan.

3. Model gelombang yang digunakan dapat mensimulasikan fenomena refraksi di perairan dangkal.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terma kasih sebanyak banyak nya kepada Pusat Pengembangan Wilayah Pesisir dan Laut Institut Teknologi Bandung dan GIZ Indonesia atas dukungan data - data dalam penelitian ini serta kami ucapkan juga atas masukan dari *reviewer* anonim sehingga makalah ini menjadi lebih baik.

## REFERENSI

Booij, N., Ris, R.C., dan Holthuijsen, L.H., 1999. *A third-generation wave model for coastal regions*, 1, model description and validation. *Journal of Geophysical Research* 104 (C4), 7649–7666.

Bretschneider, C. 1952. *Revised wave forecasting relationships*. In: Proceedings of the 2nd International Conference on Coastal Engineering. Coastal Engineering Research Council of the COPRI (Coasts, Oceans, Ports, Rivers Institute) of the American Society of Civil Engineers. pp. 1-5.

Caliskan, H., dan Valle-Levinson, A., 2008, *Wind Wave Transformation in an Elongated Bay*, Elsevier Ltd.

Holthuijsen, L.H., 2004, *SWAN Cycle III version 40.31 USER MANUAL*, Delft University of Technology.

M. Kanamitsu, W. Ebisuzaki, J. Woollen, S-K Yang, J.J. Hnilo, M. Fiorino, and G. L. Potter. 1631-1643, Nov 2002, *NCEP-DOE AMIP-II Reanalysis (R-2)*. *Bulletin of the American Meteorological Society*.

Rojali, A., 2009, *Studi Gelombang di Selatan Bali Menggunakan model SWAN*, Tugas Akhir Sarjana, Program Studi Oseanografi, Institut Teknologi Bandung.

Sverdrup, H., dan Munk., W. 1947. *Wind sea, and swell: Theory of relation for forecasting*. Technical Report 601. Hydrographic Office, U.S. Navy.