

## PEMODELAN SPEKTRUM GELOMBANG DI PERAIRAN UJUNG BARAT DAN TIMUR INDONESIA MENGGUNAKAN SMS-STWAVE

Aisyah Christine Zalukhu, Debora Laia, David S.V. L Bangguna\*

Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Immanuel  
Jl. Solo Km. 11,1, Sleman, Provinsi D.I Yogyakarta

\*Email: [bangguna@gmail.com](mailto:bangguna@gmail.com)

### Abstrak

Perairan Indonesia setiap tahun mengalami angin musim Barat dan musim Timur. Angin musim Barat berhembus secara periodik minimal 3 bulan. Hembusan angin pada kedua musim tersebut akan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap tinggi dan periode gelombang di wilayah perairan Barat dan Timur Indonesia, yang dampaknya dapat mengakibatkan erosi dan abrasi serta kerusakan lain bangunan di daerah pesisir pantai. Sehingga perlu dilakukannya kajian untuk mengetahui karakteristik gelombang di suatu perairan dengan melakukan pemodelan spektrum gelombang. Penelitian ini bertujuan untuk memodelkan karakteristik spektrum gelombang di perairan ujung Barat dan Timur Indonesia, pemilihan lokasi ujung Barat (perairan Meulaboh Aceh) dan Timur (perairan Wendu Merauke) Indonesia yaitu untuk mengetahui pengaruh angin musim Barat dan Timur terhadap karakteristik spektrum gelombang yang dihasilkan, menggunakan aplikasi program Surface Water Modelling System (SMS) STWAVE. Hasil pemodelan spektrum gelombang menggunakan program SMS-STWAVE untuk perairan di Wendu (ujung Timur) energi gelombangnya  $10,91 \text{ m}^2/\text{Hz}$  pada musim Peralihan 2 dengan arah gelombang maksimum dari Selatan, lebih besar daripada perairan di Meulaboh (ujung Barat) yaitu  $2,01 \text{ m}^2/\text{Hz}$  pada musim Peralihan 1 dengan arah penjalaran gelombang dari Barat. Hal ini berbanding lurus terhadap tinggi dan periode gelombang di perairan dengan musim yang sama.

**Kata kunci:** pemodelan, perairan ujung barat dan timur, sms stwave, spektrum gelombang

### 1. PENDAHULUAN

Perairan Indonesia setiap tahun akan mengalami angin musim Barat dan musim Timur. Angin musim Barat berhembus secara periodik minimal 3 bulan (Kurniawan dkk., 2011). Angin ini berhembus dari Asia ke Australia yang terjadi pada bulan Desember, Januari, Pebruari, sebaliknya angin musim Timur berhembus dari Australia ke Asia yang terjadi pada bulan Juli, Agustus, September (Triatmodjo, 2010). Hembusan angin pada kedua musim tersebut akan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap tinggi dan periode gelombang di wilayah perairan Barat dan Timur Indonesia, yang dampaknya dapat mengakibatkan erosi dan abrasi serta kerusakan lain bangunan di daerah pesisir pantai. Sehingga perlu dilakukannya kajian untuk mengetahui karakteristik gelombang di suatu perairan dengan melakukan pemodelan spektrum gelombang. Analisis spektrum gelombang digunakan untuk memilah gelombang acak menjadi gelombang tunggal terhadap frekuensi gelombangnya (Ikhsanudin dkk., 2017). Bentuk spektrum gelombang tergantung dari tinggi dan periode gelombang (Brillin dkk., 2015). Analisis spektrum gelombang dapat juga digunakan untuk operasi navigasi, energi terbarukan, dan

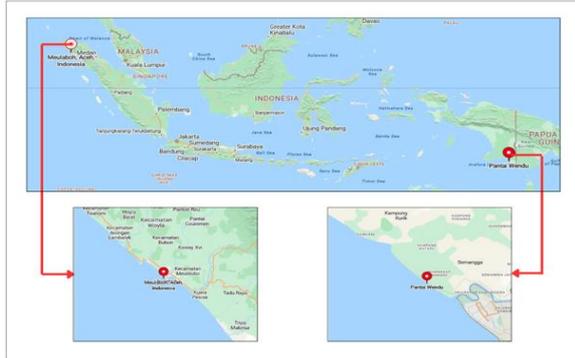
kegiatan lain yang bermanfaat dalam aspek kehidupan serta kegiatan manusia yang berhubungan dengan lautan (Bangguna dkk., 2021).

Metode yang umum digunakan dalam analisis spektrum gelombang antara lain yaitu Sverdrup, Munk dan Bretschneider (SMB), Pierson dan Moskowitz, *Join North Sea Wave Project* (JONSWAP) serta TMA yaitu pengukuran yang dilakukan di tiga lokasi pantai, yaitu Texel (Laut Utara Belanda), Marsen, (Teluk Jerman), dan Arsloe (Pantai Timur AS). Dalam penelitian ini digunakan metode JONSWAP karena paling luas digunakan (Mazzaretto dkk., 2022).

Penelitian ini bertujuan untuk memodelkan karakteristik spektrum gelombang di perairan ujung Barat dan Timur Indonesia, pemilihan lokasi ujung Barat dan Timur Indonesia yaitu untuk mengetahui pengaruh angin musim Barat dan Timur terhadap karakteristik spektrum gelombang yang dihasilkan, menggunakan aplikasi program *Surface Water Modelling System* (SMS) STWAVE.

## 2. METODOLOGI

Lokasi penelitian ini yaitu pantai Meulaboh Aceh ( $96^{\circ} 7'15 42''$  Bujur Timur dan  $4^{\circ} 8'30 26''$  Lintang Utara) dan pantai Wendu Merauke ( $140^{\circ} 17' 45,79''$  Bujur Timur dan  $8^{\circ} 26' 31,42''$  Lintang Selatan).



**Gambar 1. Lokasi penelitian (Google maps)**

Analisis spektrum gelombang dilakukan dengan tahapan berikut ini.

- Data angin yang digunakan dalam penelitian ini tidak diobservasi secara langsung dari lapangan tetapi diunduh dari *Ogimet.com* dengan memasukkan indeks WMO (*World Meteorological Organization*) stasiun Meteorologi sesuai lokasi penelitian. Data angin yang digunakan yaitu data angin per 3 jam yang meliputi kecepatan dan arah angin dari bulan Januari sampai Desember 2023.
- Analisis *Windrose* menggunakan program *WRPLOT.com* untuk mengetahui kecepatan dan arah angin dominan untuk setiap musim pada lokasi perairan yang ditinjau.
- Analisis kecepatan angin menggunakan persamaan berikut (CERC, 1984).

$$U_A = 0,71U^{1,23} \quad (1)$$

dengan:

$U$  = kecepatan angin terkoreksi (m/detik)

- Analisis *Fetch* efektif

$$F_{eff} = \frac{\sum X_i \cos \alpha}{\sum \cos \alpha} \quad (2)$$

dengan:

$F_{eff}$  = *fetch* efektif (km)

$X_i$  = panjang *fetch* (km)

$\alpha$  = deviasi

- Analisis tinggi dan periode gelombang signifikan digunakan metode JONSWAP berikut (Kamphuis, 2000).

$$H^*_{mo} = 0,0016(F^*)^{1/2} \quad (3)$$

$$T^*_p = 0,286(F^*)^{1/3} \quad (4)$$

atau

$$H^*_{mo} = 0,243 \quad (5)$$

$$T^*_p = 8,13 \quad (6)$$

dengan:

$$H^*_{mo} = \frac{gH_{mo}}{U^2} \quad (7)$$

$$T^*_p = \frac{gT_p}{U} \quad (8)$$

$$F^* = \frac{gF}{U^2} \quad (9)$$

$F^*$  = panjang *fetch* tak berdimensi

$H^*_{mo}$  = tinggi gelombang tak berdimensi

$T^*_p$  = periode gelombang tak berdimensi

- Pemodelan spektrum gelombang menggunakan program SMS STWAVE dengan persamaan spektrum JONSWAP berikut (Revee dkk., 2018). Ilustrasi spektrum gelombang JONSWAP dapat dilihat pada Gambar 2.

$$S(f) = \frac{\alpha g^2}{(2\pi)^2 f^5} \exp \left[ -1,25 \left( \frac{f_p}{f} \right)^4 \right] \gamma^q \quad (10)$$

$$\alpha = 0,076 \left( \frac{gF}{U_{10}^2} \right)^{-0,22} \quad (11)$$

$$f_p = \frac{3,5 g}{U_{10}} \left( \frac{gF}{U_{10}^2} \right)^{-0,33} \quad (12)$$

$$q = \exp \left[ -\frac{(f - f_p)^2}{2\sigma^2 f_p^2} \right] \quad (13)$$

$$\sigma = \{0,07 \quad f \leq f_p, 0,09 \quad f > f_p\} \quad (14)$$

dengan:

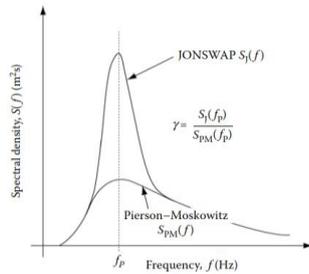
$F$  = panjang *fetch* (km)

$f$  = frekuensi gelombang (Hz)

$f_p$  = frekuensi gelombang maks (Hz)

$\gamma$  = parameter peningkatan puncak (3,3)

$S(f)$  = kepadatan spektrum ( $m^2/Hz$ )

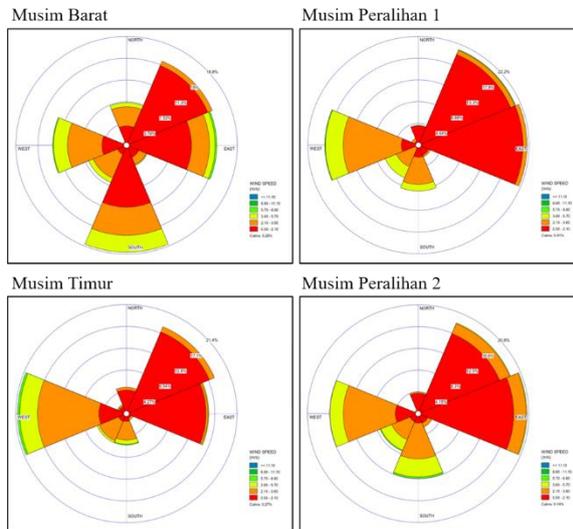


**Gambar 2. Ilustrasi spektrum JONSWAP dan Pierson-Moskowitz (Reeve dkk., 2018)**

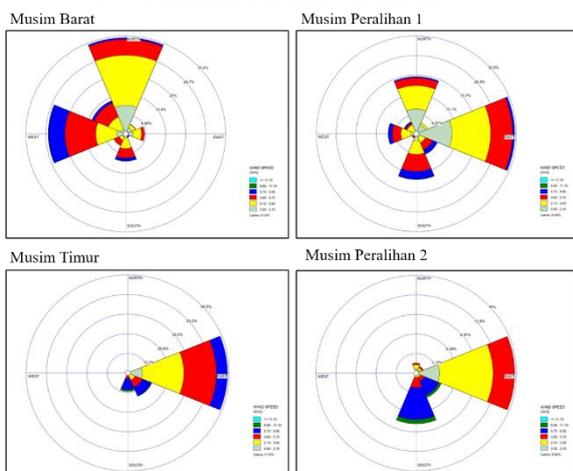
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Mawar Angin

Dari data angin tiap 3 jam di lokasi pantai Meulaboh dan pantai Wendu dianalisis *Windrose* menggunakan program WRPLOT untuk musim Barat, musim Peralihan 1, musim Timur, dan musim Peralihan 2 sebagai berikut.



**a. Perairan Meulaboh Aceh**



**b. Perairan Wendu Merauke**  
**Gambar 3. Windrose 4 musim (hasil analisis)**

Dari Gambar 3 untuk perairan Meulaboh pada musim Barat arah angin dominan dari Timur Laut, Timur, dan Selatan, musim Peralihan 1, musim Timur dan musim Peralihan 2 arah angin dominan sama yaitu dari Timur Laut, Timur, dan Barat. Untuk perairan Wendu pada musim Barat arah angin dominan dari Barat dan Utara, musim Peralihan 1 arah angin dominan dari Utara, dan Timur, musim Timur arah angin dominan dari Timur, dan musim Peralihan 2 arah angin dominan dari Timur dan Selatan. Tetapi kecepatan angin maksimum di kedua perairan untuk setiap musim tidak sama dengan arah dominannya. Besarnya kecepatan angin maksimum untuk kedua perairan ini dapat dilihat dalam Tabel 1.

#### 3.2. Tinggi dan periode gelombang

Data kecepatan angin maksimum ( $U_A$ ) dan panjang *Fetch* efektif ( $F_{eff}$ ) digunakan untuk analisis tinggi dan periode gelombang signifikan menggunakan persamaan JONSWAP seperti Tabel 1 berikut .

**Tabel 1**  
**Tinggi dan periode gelombang**

Musim	Arah	$U_A$ m/detik	$F_{eff}$ km	$H_s$ m	$T_s$ detik
<b>Meulaboh Aceh</b>					
Barat	BL	5,30	448,7	0,7	4,16
Peralihan 1	B	7,29	673,2	1,3	5,72
Timur	B	6,79	673,2	1,1	5,32
Peralihan 2	BD	5,79	497,9	0,8	4,55
<b>Wendu Merauke</b>					
Barat	S	9,16	615,3	2,0	7,19
Peralihan 1	B	10,05	398,3	2,5	7,89
Timur	S	8,72	615,3	1,8	6,84
Peralihan 2	S	10,50	615,3	2,7	8,24

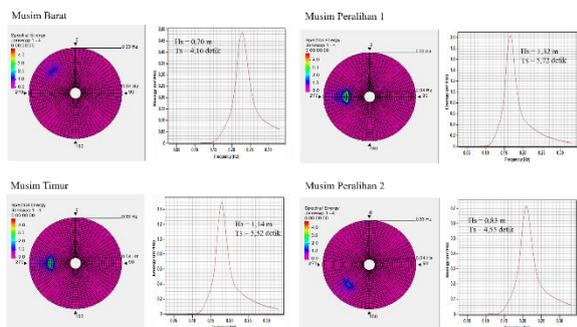
(hasil analisis)

Dari Tabel 1 dapat dilihat tinggi gelombang tertinggi di perairan Meulaboh pada musim Peralihan 1 dengan tinggi gelombang  $H_s = 1,32$  m dan periode gelombang  $T_s = 5,72$  detik dengan arah angin dari Barat, dan terendah pada musim Barat dengan tinggi gelombang  $H_s = 0,70$  m dan periode gelombang  $T_s = 4,16$  detik dengan arah angin dari Barat Laut. Perairan Wendu

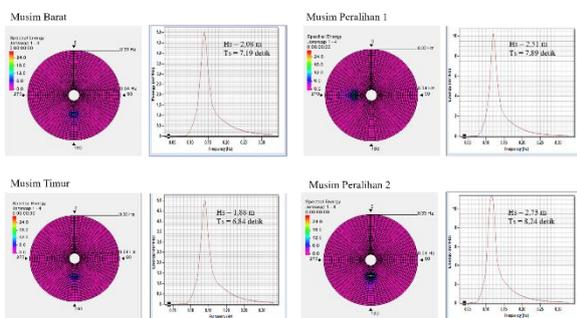
gelombang tertinggi pada musim Peralihan 2 dengan tinggi gelombang  $H_s = 2,73$  m dan periode gelombang  $T_s = 8,24$  detik arah angin dari Selatan, dan terendah pada musim Timur dengan tinggi gelombang  $H_s = 1,88$  m dan periode gelombang  $T_s = 6,84$  detik dengan arah angin dari Selatan. Nilai kecepatan angin ( $U_A$ ) dan panjang *Fetch* efektif ( $F_{eff}$ ) yang besar juga akan menghasilkan nilai tinggi gelombang ( $H_s$ ) dan periode ( $T_s$ ) yang besar (Abdulkadir dkk., 2019).

**3.3. Pemodelan spektrum gelombang**

Aplikasi SMS dengan modul STWAVE untuk pemodelan spektrum gelombang menggunakan dua data input tinggi gelombang ( $H_s$ ), periode ( $T_s$ ) untuk musim Barat, musim Peralihan 1, musim Timur, dan musim Peralihan 2. Spektrum gelombang yang dihasilkan dalam bentuk gambar spektrum polar 2 dimensi memberikan gambaran frekuensi spektrum gelombang dan arah penjarannya. Grafik spektrum polar per musim dapat dilihat dalam Gambar 4 berikut.



a. Perairan Meulaboh Aceh



b. Perairan Wendu Merauke

**Gambar 4. Spektrum gelombang 4 musim (hasil analisis)**

Dari pemodelan spektrum gelombang (Gambar 4) menunjukkan energi gelombang terbentuk searah dengan penjaran gelombang terbesar di perairan Meulaboh pada musim Peralihan 1 energi gelombangnya sebesar yaitu

2,01  $m^2/Hz$  dengan frekuensi 0,17 Hz, yang berarti gelombang dengan periode 5,88 detik akan menghasilkan energi terbesar pada musim tersebut. Untuk energi gelombang terkecil terjadi pada musim Barat yaitu 0,48  $m^2/Hz$  dengan frekuensi 0,23 Hz, yang berarti gelombang dengan periode 4,34 detik akan menghasilkan energi terkecil pada musim tersebut.

Di perairan Wendu Merauke pada musim Peralihan 2 energi gelombang terbesar yaitu 10,91  $m^2/Hz$  dengan frekuensi 0,12 Hz, yang berarti gelombang dengan periode 8,33 detik akan menghasilkan energi terbesar pada musim tersebut. Untuk energi gelombang terkecil terjadi pada musim Timur sebesar 0,50  $m^2/Hz$  dengan frekuensi 0,14 Hz, yang berarti gelombang dengan periode 7,14 detik akan menghasilkan energi terkecil pada musim tersebut.

Dari hasil analisis diatas menunjukkan hubungan antara tinggi dan energi gelombang, yaitu semakin tinggi gelombang maka energinya juga akan semakin besar. Hal ini dibuktikan untuk perairan Meulaboh gelombang tertinggi terjadi pada musim Peralihan 1 sebesar  $H_s = 1,32$  m dan energi gelombang terjadi juga pada musim Peralihan 1 sebesar 2,01  $m^2/Hz$ . Untuk perairan Wendu gelombang tertinggi terjadi pada musim Peralihan 2 sebesar  $H_s = 2,73$  m dan energi gelombang terjadi juga pada musim Peralihan 2 sebesar 10,91  $m^2/Hz$ , begitu juga sebaliknya makin kecil tinggi gelombang maka energi gelombangnya juga makin kecil (CERC, 1984).

**4. KESIMPULAN**

Hasil pemodelan spektrum gelombang menggunakan program SMS-STWAVE untuk perairan di Wendu (ujung Timur) energi gelombangnya 10,91  $m^2/Hz$  pada musim Peralihan 2 dengan arah gelombang maksimum dari Selatan, lebih besar daripada perairan di Meulaboh (ujung Barat) yaitu 2,01  $m^2/Hz$  pada musim Peralihan 1 dengan arah penjaran gelombang dari Barat. Hal ini berbanding lurus terhadap tinggi dan periode gelombang di perairan dengan musim yang sama.

**DAFTAR PUSTAKA**

Abdulkadir, M.Z. *et al.* (2019) ‘Analisis Spektrum Gelombang di Perairan Pulau Panjang’, *Indonesian Journal of Oceanography*, 01, pp. 6–11.  
Brillin, D.B., Santoso, A. and Arief, I.S. (2015) ‘Analisa Seakeeping pada Offshore Supply Vessel 56 Meter’, *Jurnal Teknik ITS*, 4(2).

- CERC (1984) *Shore Protection Manual*, CERC.
- David Bangguna, Irnovia B. Pakpahan, I. (2021) 'Simulasi Pengaruh Arus Terhadap Simpangan dan Efisiensi Silt Screen', *Potensi*, 23(1), pp. 1–10.
- Kamphuis, W.J. (2000) *Introduction To Coastal Engineering and Management*, World Scientific.
- Kurniawan, R., Habibie, M.N. and Suratno, S. (2011) 'Variasi Bulanan Gelombang Laut Di Indonesia', *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, 12(3), pp. 221–232. Available at: <https://doi.org/10.31172/jmg.v12i3.104>.
- Mazzaretto, O.M., Menéndez, M. and Lobeto, H. (2022) 'A Global Evaluation Of The JONSWAP Spectra Suitability On Coastal Areas', *Ocean Engineering*, 266(P2), p. 112756. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2022.112756>.
- Muhammad Ikhsanudin H., Denny Nugroho Sugianto, P. (2017) 'Analisis Transformasi Dan Spektrum Gelombang Berarah Di Perairan Sayung Demak Jawa Tengah', *Jurnal Oseanografi*, 6(June 2016), pp. 89–99.
- Reeve, Dominic Chadwick, Andrew Fleming, C. (2018) *Coastal Engineering Processes, Theory and Design Practice*, CRC Press.
- Triatmodjo, B. (2010) *Perencanaan Pelabuhan*.