

# Simulasi Gelombang Laut di Daerah Selatan Jawa dengan Model SWAN

Muhammad Rafiuddin<sup>1</sup>, Didit Adytia<sup>2</sup>, Dede Tarwidi<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Fakultas Informatika, Universitas Telkom, Bandung

<sup>1</sup>muhrafiuddin@students.telkomuniversity.ac.id, <sup>2</sup>adytia@telkomuniversity.ac.id,

<sup>3</sup>dedetarwidi@telkomuniversity.ac.id,

---

## Abstrak

Dalam perancangan struktur *offshore platform*, informasi saintifik gelombang yang akurat sangat dibutuhkan untuk menghindari kesalahan pengukuran yang bisa mengakibatkan defisiensi desain. Dalam tugas akhir ini, digunakan model gelombang *phase-averaged SWAN (Simulating Waves Nearshore)* untuk menyimulasikan gelombang signifikan dan gelombang *swell* daerah perairan di selatan pulau Jawa. Simulasi gelombang dilakukan dengan menggunakan data input angin dari ECMWF (*European Centre for Medium-Range Weather Forecasts*) dan data batimetri yang diperoleh dari GEBCO (*General Bathymetric Chart of the Ocean*). Hasil simulasi yang diperoleh akan dibandingkan dengan data buoy BPPT (Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi) dari tanggal 3 Mei 2014 hingga tanggal 30 September 2014. Perbandingan dengan data pengukuran dari BPPT menunjukkan bahwa hasil simulasi yang diperoleh sudah relatif akurat.

**Kata kunci :** *offshore platform*, model SWAN, *swell*

---

## Abstract

In order to design an *offshore platform* structure, accurate scientific information is highly needed to avoid measurement error that can leads to design deficiency. In this paper, a phase-averaged wave model SWAN (*Simulating Waves Nearshore*) used to simulate the significant wave height and swell in southern part of Java. Wind input data from ECMWF (*European Centre for Medium-Range Weather Forecasts*) and bathymetry from GEBCO (*General Bathymetric Chart of the Ocean*) used as input model to simulate the wind wave. Simulation results will then be compared with BPPT buoy data from 3 May 2014 to 30 September 2014. Comparison with measurement data from BPPT shows that obtained simulation result is relatively accurate.

**Keywords:** *offshore platform*, SWAN model, *swell*

---

## 1. Pendahuluan

Struktur platform dekat pantai (*nearshore platform*), struktur platform lepas pantai (*offshore platform*), rute pengiriman, erosi pantai memiliki satu kesamaan, sangat bergantung pada keadaan laut khususnya gelombang laut. Sebagai contoh, untuk mengefisienkan desain sebuah struktur lepas pantai atau *offshore platform*, insinyur sipil membutuhkan informasi saintifik mengenai kondisi angin, gelombang air, dan pasang surut dan arus yang akurat. Kesalahan prediksi dapat berdampak kepada kerentanan struktur *offshore platform* tersebut jika terjadi *underestimate* atau pemborosan pada penggunaan material jika terjadi *overestimate* [16].

Simulasi gelombang dan prediksi gelombang ekstrim adalah sebuah isu penting karena merupakan potensi ancaman kerusakan bagi kehidupan manusia dan infrastruktur sosial [9]. Pada tahun 1947 Sverdrup dan Munk menerbitkan skema prediksi gelombang yang pertama [13], beberapa penelitian terbaru mengenai karakteristik gelombang menggunakan model spektrum telah dilakukan sejak itu [11]. Sebuah penelitian karakteristik gelombang telah dilakukan dengan menggunakan model WAM dengan resolusi rendah, mengindikasikan bahwa kemunculan dari *swell* berpropagasi dari utara ke arah garis khatulistiwa dan dominasi gelombang *swell* di perairan tropis khususnya di Indonesia kemungkinan akan terjadi sepanjang tahun [11]. Di University of Technology di TU Delft, sudah dikembangkan generasi ketiga dari model *phase-averaged* gelombang yang dikenal sebagai model SWAN[1]. Model gelombang *phase-averaged* adalah sebuah model gelombang yang menggunakan persamaan keseimbangan aksi sebagai persamaan pembangkitnya.

SWAN (*Simulating Waves Nearshore*) adalah model numerik untuk mendapatkan estimasi parameter gelombang di wilayah pesisir, danau dan muara dari kondisi angin, dasar, dan arus yang diberikan. SWAN digunakan untuk menyimulasikan pembangkitan gelombang oleh angin, secara eksplisit menghitung inputan data angin, interaksi arus gelombang, interaksi antar empat gelombang (*quadruplets*), interaksi tiga gelombang (*triads*), dan disipasi karena *whitecapping*, gesekan dasar laut, dan gelombang pecah yang diinduksi dasar laut, *whitecapping*

merupakan faktor disipasi yang diinduksi oleh kecuraman gelombang[5]. Deskripsi lebih detil dari model SWAN dijelaskan pada Bab 2.

Tugas akhir ini memfokuskan simulasi gelombang dengan menggunakan model SWAN untuk melihat pergerakan gelombang signifikan dan gelombang *swell* di perairan selatan pulau Jawa untuk memperoleh informasi saintifik yang dibutuhkan. Gelombang signifikan sering didefinisikan sebagai rata-rata dari sepertiga gelombang terbesar yang tercatat diukur dalam satuan meter (m) [12], sedangkan gelombang *swell* adalah serangkaian gelombang panjang yang merupakan hasil interaksi angin dan permukaan air [12]. Untuk melakukan implementasi model *phase-averaged* ini, pertama dilakukan preparasi data masukan batimetri yang peroleh dari GEBCO dan data angin yang diperoleh dari ECMWF. GEBCO (*General Bathymetric Chart of the Ocean*) adalah sebuah organisasi yang bertujuan untuk menyediakan secara terbuka data batimetri yang otoritatif dari lautan di seluruh dunia [8], sedangkan ECMWF (*European Centre for Medium-Range Weather Forecasts*) adalah organisasi antar-pemerintah independen yang berdiri dari tahun 1975 dan didukung oleh 34 negara [4]. ECMWF menghasilkan informasi berupa peramalan cuaca numerik, analisis sirkulasi laut, dan data tentang meteorologi lainnya. Kemudian setelah konfigurasi dan simulasi dijalankan, dilakukan pemrosesan plot 2D untuk nantinya dianalisis, lebih detil dari implementasi ini dijelaskan pada Bab 3. Analisis dari gelombang signifikan dan *swell* dilakukan dengan membandingkan hasil simulasi yaitu ketinggian dan arah propagasinya dengan data pengukuran dari BPPT (Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi), dan mengukur tingkat kesalahannya dalam bentuk RMSE (*Root Mean Square Error*). RMSE (*Root Mean Square Error*) merupakan suatu ukuran kesalahan yang didasarkan pada selisih antara dua buah nilai yang bersesuaian [7]. BPPT merupakan Lembaga Pemerintah Non-Kementerian yang berada dibawah koordinasi Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi yang mempunyai tugas melaksanakan tugas pemerintahan di bidang pengkajian dan penerapan teknologi [2]. Detil dari analisis gelombang akan dijelaskan pada Bab 4.

## 2. Model SWAN

### 2.1 Deskripsi Model SWAN

SWAN (*Simulating Waves Nearshore*) adalah model 2D gelombang spektral yang dikembangkan oleh *Delft University of Technology*. Model generasi ketiga ini, memprediksi spektrum gelombang, tanpa asumsi bentuk spektrum sebelumnya. SWAN juga merupakan sebuah software model komputasi yang bersifat *open source* dan banyak digunakan oleh ilmuwan dan insinyur untuk memperoleh estimasi parameter-parameter gelombang di daerah pesisir, danau, dan muara dari inputan data angin, topografi dasar perairan, dan arus perairan [15]. Persamaan pembangkit (*Governing Equation*) dari model SWAN digunakan dalam simulasi gelombang ini merupakan persamaan keseimbangan aksi pada koordinat bulat dideskripsikan Holthuijsen (2007) [6] sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \frac{\partial N(\sigma, \theta; \varphi, \lambda, t)}{\partial t} + \frac{\partial C_{g,\lambda} N(\sigma, \theta; \varphi, \lambda, t)}{\partial \lambda} + \frac{\partial C_{g,\varphi} N(\sigma, \theta; \varphi, \lambda, t)}{\partial \varphi} \\ + \frac{\partial C_{\theta} N(\sigma, \theta; \varphi, \lambda, t)}{\partial \theta} + \frac{\partial C_{\sigma} N(\sigma, \theta; \varphi, \lambda, t)}{\partial \sigma} = \frac{S(\sigma, \theta; \varphi, \lambda, t)}{\sigma} \end{aligned} \quad (1)$$

dengan  $N(\sigma, \theta)$  adalah spektrum densitas aksi dengan frekuensi gelombang  $\sigma$  dan arah gelombang  $\theta$ . Suku pertama ruas kiri dari persamaan (1) merepresentasikan perubahan densitas aksi terhadap waktu, suku kedua dan ketiga merepresentasikan propagasi aksi pada ruang geografis dengan kecepatan propagasi  $C_{g,\lambda}$  dan  $C_{g,\varphi}$  masing-masing pada ruang geografis bujur ( $\lambda$ ) dan lintang ( $\varphi$ ). Suku ketiga merepresentasikan pembiasan dari induksi kedalaman. Ruas kanan persamaan (1) merepresentasikan total *source term* dan *sink term* untuk densitas energi. Total *source* ini merepresentasikan efek dari interaksi pembangkitan dan disipasi nonlinier antar gelombang. Secara umum persamaan ini dituliskan sebagai jumlah dari beberapa *source* berbeda, yang masing-masingnya merepresentasikan proses yang berbeda-beda:

$$S_{in}(\sigma, \theta) + S_{ds}(\sigma, \theta) + S_{nl}(\sigma, \theta) = S(\sigma, \theta) \quad (2)$$

dengan  $S_{in}$  merepresentasikan pembangkitan gelombang oleh angin,  $S_{nl}$  adalah pemindahan energi gelombang antara komponen-komponen spektral yang disebabkan oleh interaksi nonlinier antar gelombang (termasuk interaksi *quadruplet* dan *triads*), dan  $S_{ds}$  adalah disipasi dari energi gelombang yang disebabkan *whitcapping*, interaksi gelombang dan dasar perairan, pemecahan ombak yang diinduksi dari kedalaman. Skema diskritisasi numerik yang digunakan SWAN model adalah skema implisit dari metode beda hingga (*finite difference method*) [10]. Persamaan keseimbangan aksi (1) memiliki bentuk diskrit :