

ABSTRAK

KAJIAN KARAKTER GELOMBANG DI PERAIRAN ANTARA SUMATRA, JAWA, DAN KALIMANTAN UNTUK MEMBANGUN BASIS DATA RUANG-WAKTU

Oleh

Yati Muliati Sadli

NIM: 35012007

(Program Studi Doktor Teknik Sipil)

Penentuan karakter gelombang layaknya berdasarkan data gelombang hasil pengukuran pada seluruh perairan yang kondisi geografisnya berbeda untuk rentang waktu yang panjang. Namun hal ini tidak mudah didapatkan, karena keterbatasan data yang dapat mewakili seluruh perairan. Keterbatasan data disebabkan karena belum ada instansi yang bertanggung jawab penuh mengukur gelombang secara kontinu di berbagai lokasi dan biaya untuk pengukuran gelombang relatif cukup besar, sehingga umumnya pengukuran dilakukan pada suatu lokasi, hanya jika pada lokasi tersebut akan dibangun suatu bangunan pantai atau bangunan lepas pantai. Mengingat sulitnya mendapatkan data hasil pengukuran gelombang di Indonesia, maka untuk keperluan pelayaran, perencanaan bangunan pantai maupun lepas pantai, sering dilakukan peramalan gelombang berdasarkan angin, meskipun terkadang terjadi perbedaan hasil yang signifikan antara hasil pengukuran dan peramalan.

Alternatif lain untuk mendapatkan informasi tentang karakteristik gelombang adalah memanfaatkan data altimetri hasil pengamatan fluktuasi muka air laut dengan satelit, yang juga menghasilkan tinggi gelombang signifikan (H_s). Dalam penelitian ini ternyata validasi H_s altimetri terhadap pengukuran di beberapa lokasi menunjukkan hasil yang kurang sesuai. Selain itu data H_s altimetri hanya tersedia H_s harian dan tidak tersedia data periode gelombang. Oleh karena itu untuk penyusunan basis data gelombang digunakan model numerik *Simulating Wave Near-shore* (SWAN) dengan pertimbangan model ini cocok untuk perairan yang dangkal serta dapat diakses secara langsung.

Model SWAN dijalankan dengan mode generasi ketiga (GEN3), yang memungkinkan input angin, interaksi *quadruplet* dan *triad*, *whitecapping*, dan *breaking*. Data angin diperoleh dari *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts* (ECMWF) dan batimetri dari *General Bathymetric Chart of The Oceans* (GEBCO). Untuk mendukung penelitian karakter gelombang berdasarkan peramalan gelombang selama 10 tahun di perairan antara Sumatra, Jawa, dan Kalimantan, dilakukan terlebih dahulu verifikasi berupa validasi hasil model terhadap data pengukuran *buoy/gauge* dan komparasi terhadap model eksisting.

Validasi terhadap data hasil pengukuran terkait dengan data yang tersedia yaitu di perairan pantai Jepara selama bulan Juli - Desember 1993 menunjukkan hasil yang baik (pola distribusi gelombang yang serupa, *Root Mean Square Error* = 0,132 m dan nilai korelasi/regresi linier = 0,844). Verifikasi lain berupa perbandingan terhadap hasil *hindcasting* dari *SEAMOS South Fine Grid Hindcast* (SEAFINE) dan ERA-Interim di Laut Natuna. Perbandingan hasil *hindcasting* antara SWAN, SEAFINE, dan ERA-Interim menghasilkan pola distribusi gelombang yang sama, dengan koefisien korelasi yang baik untuk 5 stasiun ($R = 0,78-0,84$). Model SWAN menghasilkan estimasi H_s terendah, sedangkan model SEAFINE menghasilkan H_s tertinggi dari semua stasiun. Tinggi gelombang signifikan (H_s) periode ulang 100 tahun untuk semua stasiun di Laut Natuna dari SWAN adalah 2,97-3,37 m, ERA-Interim 4,01-4,13 m, dan SEAFINE 5,24-5,67 m. Mengacu pada hasil verifikasi yang menunjukkan model SWAN telah mewakili kondisi yang ada, maka pengaturan semua parameter dalam model digunakan untuk meramalkan gelombang laut di perairan antara Pulau Sumatra, Jawa, dan Kalimantan.

Hasil simulasi model selama 10 tahun (2007-2016) menunjukkan karakteristik tinggi gelombang di perairan tersebut mengikuti sistem angin monsun, dengan kejadian gelombang ekstrem terdapat pada Musim Barat (Desember, Januari, Februari). Umumnya sebaran tinggi gelombang ekstrem terdapat pada perairan laut terbuka, seperti Laut Natuna, Selat Karimata, dan Laut Jawa, dengan H_s maksimum di Laut Natuna 4,93 m, di Laut Jawa 4,88 m, di Selat Karimata 3,56 m, dan di Selat Malaka 2,71 m. Saat tidak ada siklon, fenomena ENSO (*El Niño-Southern Oscillation*) terlihat memiliki pengaruh terhadap kejadian tinggi gelombang ekstrem di perairan Selat Malaka, Selat Karimata, Laut Natuna, dan Laut Jawa.

Penelitian ini diakhiri dengan penyusunan program komputer untuk penyajian basis data gelombang ruang-waktu hasil pemodelan SWAN pada wilayah studi dengan grid $1/8^\circ$ serta penyajian gambar peta distribusi tinggi gelombang rata-rata bulanan. Program aplikasi memberikan fasilitas perhitungan statistik sederhana (rata-rata, standar deviasi, minimum, maksimum) untuk parameter tinggi gelombang, periode gelombang, dan arah datang gelombang.

Kata Kunci: altimetri, peramalan gelombang, tinggi gelombang signifikan, SWAN, SEAFINE, basis data gelombang

ABSTRACT

STUDY OF WAVE CHARACTERS IN THE WATERS AMONG SUMATRA, JAVA, AND KALIMANTAN TO BUILD A SPACE-TIME DATABASE

By

Yati Muliati Sadli

NIM: 35012007

(Doctoral Program in Civil Engineering)

The determination of wave characters is actually based on the waveform data as a result of a quite long duration measurement over all the water areas with different geographical conditions. However, this data is not easy to be achieved in connection with the limited data which is able to represent all over the waters. The scarcity data is caused by the fact that there is no government agency being in charge of the continuous wave measurement at all over various locations and the cost for the measurement is relatively high, so the measurement is generally carried out at a location, except if it will be built a coastal or offshore structure. Considering the difficulty to obtain waveform measurement data in Indonesia, wind wave forecasting was often used for cruise needs and for onshore and offshore building planning, although sometimes there are significant differences in result between measurement results and forecasting.

The alternative in obtaining information on wave characteristics is utilizing altimetry data from satellites observations on sea level fluctuations, which also generates significant wave height (H_s). In this study, the validation of H_s altimetry towards measurements at several locations showed inappropriate results. In addition, Altimetry H_s data is only available daily and no wave period data is available. Therefore, for wave database compilation, SWAN (Simulating Wave Near-shore) models are used considering that this model is suitable for shallow waters and can be accessed directly.

The SWAN model is run with third generation mode (GEN3), which allows wind input, quadruplet and triad interactions, white-capping, and breaking. Wind data is obtained from European Center for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) and bathymetry from General Bathymetric Chart of the Oceans (GEBCO). To support the wave character research based on wave forecasting for 10 years in the waters among Sumatra, Java, and Kalimantan, verification was carried out in the form of validating the results of the model against the buoy/gauge measurement data and comparison with the existing model.

Validation of measurement data related to available data is in Jepara coastal waters during July - December 1993 showing good results (wave distribution patterns are similar, Root Mean Square Error = 0.132 m and correlation/linear

regression = 0.844). Another verification is a comparison of the results of hindcasting from SEAMOS South Fine Grid Hindcast (SEAFINE) and ERA-Interim in the Natuna Sea. Comparison of the results of hindcasting among SWAN, SEAFINE, and ERA-Interim produces a similar wave distribution pattern, with a good correlation coefficient for 5 stations ($R = 0.78-0.84$). The SWAN model produces the lowest estimated H_s , while the SEAFINE model produces the highest H_s of all stations. Significant wave height (H_s) of 100 years return period for all stations in the Natuna Sea from SWAN are 2.97-3.37 m, ERA-Interim 4.01-4.13 m, and SEAFINE 5.24-5.67 m. Referring to the results of the verification which shows that the SWAN model represents existing conditions, the arrangement of all parameters in the model is used to forecast ocean waves in the waters among Sumatra, Java, and Kalimantan.

The model simulation results for 10 years (2007-2016) showed that wave characteristics in these waters followed the monsoonal wind system, with extreme wave events occurring in West Season (December, January, February). Dominantly, the distribution of extreme wave height located in the open seas such as Natuna Sea, Krimata Strait, and the Java Sea, with a maximum H_s in the Natuna Sea 4,93 m, in the Java Sea 4,88 m, in the Karimata Strait 3,56 m, and in the Malacca Strait 2,71 m. When there is no cyclone, the phenomenon of El Niño-Southern Oscillation (ENSO) appears to have an influence on the incidence of the height of extreme waves in the waters of the Malacca Strait, the Karimata Strait, the Natuna Sea, and the Java Sea.

The study ended with the compilation of a computer program for the presentation of space-time wave database from SWAN modeling results on a study area with a $1/8^\circ$ grid and the presentation of map images of monthly average wave height distribution. The application program also provides simple statistical calculation facilities (average, standard deviation, minimum, maximum) for wave height, wave period, and wave direction.

Keywords: altimetry, wave hindcasting, significant wave height, SWAN, SEAFINE, wave database