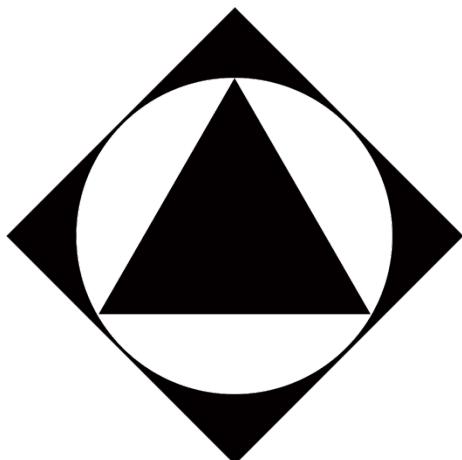


## **LAPORAN AKHIR PENELITIAN**

# **Analisis Karakteristik Gelombang di Perairan Pulau Enggano, Bengkulu**

**AKBAR HADIRAKSA USMAYA, YATI MULIATI**



**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL - BANDUNG**  
**2018**

# Analisis Karakteristik Gelombang di Perairan Pulau Enggano, Bengkulu

**AKBAR HADIRAKSA USMAYA, YATI MULIATI**

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Nasional  
Email: akbarhadiraksa@gmail.com

## ABSTRAK

*Pulau Enggano merupakan pulau kecil terluar bagian Indonesia yang terletak di Samudra Hindia. Pulau ini memiliki beberapa potensi yang bisa meningkatkan ekonomi di daerah tersebut. Pemerintah sedang mengkaji berbagai sumber energi baru salah satunya adalah energi gelombang laut di perairan Pulau Enggano, maka pemerintah melakukan pengukuran gelombang laut di Perairan enggano. Alternatif lain untuk lain untuk mendapatkan informasi tinggi gelombang adalah memanfaatkan data altimetri dengan satelit. Data gelombang dari satelit perlu divalidasi dengan data hasil pengukuran di lapangan dengan metode statistik, sehingga dapat dirumuskan karakteristik gelombang. Faktor koreksi yang didapatkan dari validasi adalah sebesar 0,466. Faktor koreksi ini akan dikalikan dengan data gelombang altimetri dan menampilkan besaran tinggi gelombang di perairan Enggano.*

**Kata kunci:** validasi, tinggi gelombang, Perairan Enggano

## ABSTRACT

*Enggano island are of small island of Indonesia located in the Indian Ocean. The island has some potentials that could generate the economy in the area. The Government is improve a non fosil energy by using wave energy of Enggano Island. The wave height is measured to determine of enggano. Altimetry data is another way to get wave height is utilizing satellite data with altimetri. Wave data from satellites needs to be validated with field measurements of results data with statistical methods, so it can be deduced the characteristics of waves. Correction factors obtained from validation is of 0.466. This correction factor will be multiplied by altimetri and wave data showing high wave magnitudes in the waters of Enggano.*

**Keywords:** validation, wave haight, Water's of Enggano

## 1. PENDAHULUAN

Pulau Enggano merupakan pulau kecil dan pulau terluar bagian Indonesia yang terletak di Samudra Hindia. Pulau ini memiliki beberapa potensi yang bisa meningkatkan ekonomi di daerah tersebut. Pemerintah melalui Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (KESDM) sedang mengkaji berbagai sumber energi laut di Perairan Pulau Enggano. Data untuk mengetahui potensi energi gelombang laut adalah melakukan pengukuran gelombang di Perairan Enggano. Tinggi gelombang bisa didapat tidak hanya dari pengukuran langsung di lapangan tetapi bisa didapat dari satelit atau yang disebut gelombang altimetri. Data gelombang yang menggunakan satelit perlu diverifikasi dengan data hasil pengukuran di lapangan, sehingga dapat dirumuskan karakteristik gelombang di Perairan Pulau Enggano.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Gelombang

Gelombang di laut bisa dibangkitkan oleh angin (gelombang angin), gaya tarik matahari dan bulan (pasang surut), letusan gunung berapi atau gempa di laut (tsunami), kapal yang bergerak, dan sebagainya (Triatmodjo, B., 1996). Karakteristik gelombang hanya ditunjukkan dengan parameter gelombang yaitu tinggi gelombang, periode, dan panjang gelombang.

### 2.2 Tinggi Gelombang ( $H$ )

Tinggi gelombang adalah jarak vertikal antara puncak gelombang dengan lembah gelombang. Ada beberapa macam tinggi gelombang yang sering digunakan dalam perencanaan diantaranya:

1.  $H_{max}$  : tinggi gelombang maksimum berdasarkan rekaman data,
2.  $H_{1/3}$  : tinggi rata-rata dari 1/3 gelombang-gelombang tertinggi,
3.  $H_{1/10}$  : tinggi rata-rata dari 1/10 gelombang-gelombang tertinggi,
4.  $H_{mean}$  : tinggi gelombang rata-rata.

### 2.3 Periode Gelombang ( $T$ )

Periode gelombang adalah waktu yang dibutuhkan oleh partikel air untuk kembali ke kedudukannya semula dengan kedudukan sebelumnya.

### 2.4 Panjang Gelombang ( $L$ )

Panjang gelombang adalah jarak antara dua puncak atau dua lembah gelombang berturut-turut. Panjang gelombang dapat diukur dengan melihat waktu yang dibutuhkan oleh puncak gelombang berikutnya yang melalui satu titik kemudian dicatat jarak atau panjang gelombang dari waktu gelombang yang diperlukan dua gelombang puncak tersebut, maka panjang gelombang dapat ditentukan dengan **Persamaan 1**.

$$L = \frac{gT^2}{2\pi} \quad \dots (1)$$

Dengan:

- $g$  = gravitasi bumi ( $9,81 \text{ m/dt}^2$ ),  
 $T$  = periode gelombang,  
 $\pi$  =  $\frac{22}{7}$ .

## 2.5 Gelombang Altimetri

Sistem satelit altimetri terdiri atas radar altimeter yang dipakai untuk mengamati tinggi satelit di atas permukaan laut dan sistem pelacak yang berfungsi untuk menentukan tinggi satelit di atas bidang acuan dengan teknik penentuan orbit yang teliti. Selisih tinggi keduanya disebut sebagai *Sea Surface Height*, SSH. Jarak ukuran altimeter didapatkan dengan cara satelit memancarkan sinyal tajam ke permukaan laut. Sebuah luasan berbentuk lingkaran dengan diameter beberapa kilometer diperlakukan laut sesaat, yang disebut dengan *footprint*, dikenai pulsa altimeter. *Receiver* pada satelit mencatat sinyal yang dipantulkan oleh permukaan laut. Pencatat waktu yang sensitif mencatat perbedaan waktu tempuh ( $\Delta t$ ) saat pemancaran dan penerimaan sinyal. Ketinggian satelit ( $\rho$ ) di atas permukaan laut dapat ditentukan dari hasil pencatatan waktu ( $\Delta t$ ) dan kecepatan rambat sinyal ( $c$ ) yang telah ditentukan (Muliati, et al, 2016).

## 2.6 Validasi Gelombang

Validasi untuk data dari satelit altimetri terhadap data hasil pengukuran langsung di lapangan sudah pernah dilakukan tetapi di lokasi yang berbeda tepatnya di daerah Pacitan, Jawa Tengah, yang dilakukan oleh Yati Muliati, Andojo Wurjanto, dan Widodo S. Pranowo. Studi yang dilakukan di daerah Pacitan ini menggunakan metode statistik, yaitu dihitung faktor penyetaraan/faktor pengali yaitu  $H_s$  lapangan dibagi dengan  $H_s$  altimetri, selanjutnya dicari pola regresi yang sesuai dengan faktor pengali dan masing-masing  $H_s$ . Validasi yang sudah dilakukan maka akan didapatkan faktor pengali yang cukup besar yaitu sebesar 1,959, sehingga data tinggi gelombang signifikan altimetri ini kurang akurat untuk digunakan (Muliati, et al, 2016)

## 2.7 Pengujian Hipotesis Dua Arah

Hipotesis pada dasarnya merupakan suatu proporsi atau anggapan yang mungkin benar, dan sering digunakan sebagai dasar pembuatan keputusan/pemecahan persoalan ataupun untuk dasar penelitian lebih lanjut. Anggapan/asumsi dari suatu hipotesis juga merupakan data, namun karena adanya kemungkinan kesalahan, maka apabila akan digunakan sebagai dasar pembuatan keputusan harus diuji terlebih dahulu dengan menggunakan data hasil observasi.

Pada saat menguji hipotesis, digunakan data yang dikumpulkan dari sampel, sehingga merupakan data perkiraan (*estimate*). itulah sebabnya, keputusan yang dibuat dalam menolak/tidak menolak hipotesis mengandung ketidakpastian (*uncertainty*), maksudnya keputusan bisa benar dan bisa juga salah. Adanya unsur ketidakpastian menyebabkan risiko bagi pembuatan keputusan. Besar/kecilnya risiko dinyatakan dalam nilai probabilitas. Pengujian hipotesis erat kaitannya dengan pembuatan keputusan (Supranto, J., 2009).

Sampel kecil data yang kurang dari tiga puluh ( $n \leq 30$ ) gunakan  $t_0$ ,  $t_\alpha$  dan  $t_{\alpha/2}$ , dimana cara menghitung  $t_0$ , bisa dilihat pada **Persamaan 2**.

$$t_0 = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{(n_1-1)s_1^2 + (n_2-1)s_2^2}{n_1+n_2}}} \sqrt{\frac{n_1 n_2 (n_1+n_2-2)}{n_1+n_2}} \quad \dots (2)$$

dengan:

$$s_1^2 = \frac{1}{n_1-1} \sum (\bar{X}_1 - \bar{X}_i)^2 \quad \dots (3)$$

$$s_2^2 = \frac{1}{n_2-1} \sum (\bar{X}_2 - \bar{X}_i)^2 \quad \dots (4)$$

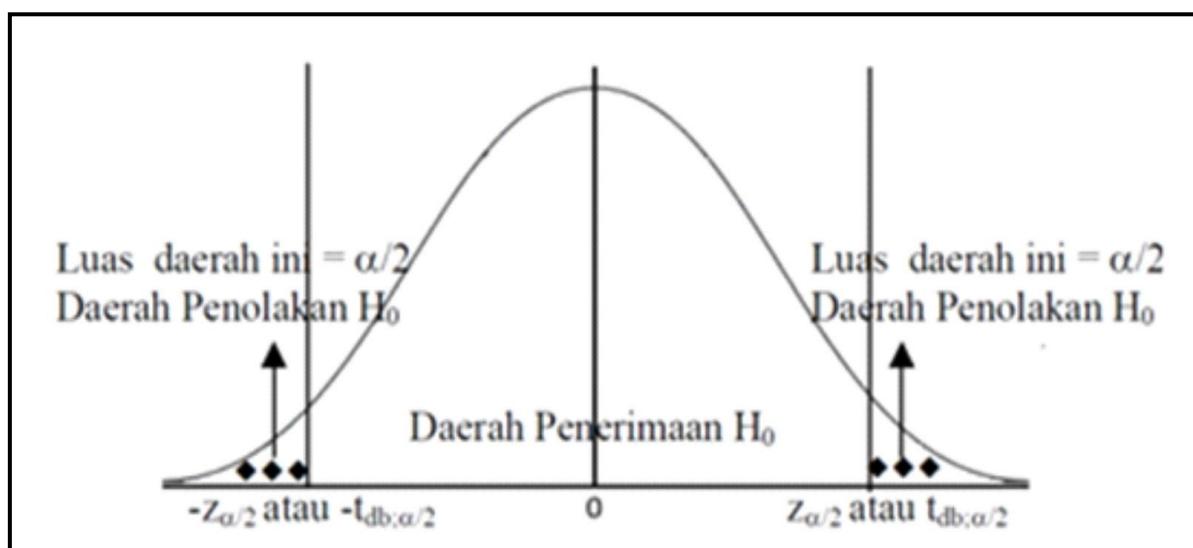
$t_0$  = distribusi hipotesis,

$s$  = standar deviasi,

$n$  = jumlah data,

$\bar{X}$  = nilai rata-rata.

$t_0$ , mempunyai distribusi t dengan derajat kebebasan sebesar  $n_1 + n_2 - 2$ . Cara pengujinya adalah  $t_0$  dibandingkan dengan  $t_\alpha$ ,  $t_{\alpha/2}$ . Berikut adalah sketsa distribusi yang digunakan disertai daerah-daerah penerimaan dan penolakan hipotesis yang digambarkan pada **Gambar 1**.



**Gambar 1. Distribusi pengujian hipotesis dua arah**  
(Sumber: Supranto, J., 2009)

### 3. METODOLOGI

Penelitian ini dimulai dengan menyiapkan data altimetry, yaitu mengubah data tinggi gelombang yang berbentuk NC file menjadi ASCII selama satu tahun. Data tinggi gelombang hasil pengukuran dirata-rata menjadi tinggi gelombang perhari karena data lapangan masih berupa tinggi gelombang perlama belas menit. Metoda yang digunakan dalam validasi adalah metoda statistik yaitu dihitung faktor penyetaraan/faktor pengali yaitu tinggi gelombang lapangan dibagi dengan tinggi gelombang altimetri, selanjutnya bisa disimpulkan karakteristik gelombang di perairan Pulau Enggano.

### 4. ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Data Gelombang

Data gelombang hasil pengukuran diperoleh dari Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan (PPPGL) yang diukur langsung di Perairan Pulau Enggano, Kecamatan Kahyapu tepatnya di 102.382450 E, 5.481627 S seperti pada **Gambar 2**.



**Gambar 2. Lokasi Pulau Enggano**  
(Sumber: Putro, Y. H., 2015)

PPGGL mengukur langsung gelombang dengan menggunakan alat *Wavereader* yang ditempatkan di dasar laut dengan kedalaman antara 20-21 meter. *Wavereader* dapat membaca ketinggian gelombang, periode gelombang, dan arah gelombang perlama belas menit selama lima belas hari. Data gelombang altimetri yang sudah diperoleh dari website [Aviso.altimetry.fr](http://Aviso.altimetry.fr) diekstrak menggunakan program bantuan dari computer.

#### 4.2 Validasi Gelombang Altimetri dengan Hasil Pengukuran

Tahapan ini membandingkan data tinggi gelombang hasil pengukuran dengan data gelombang altimetri selama lima belas hari. Validasi ini dilakukan dengan metode statistika *independent sample t-test* dan dihitung penyetaraan/faktor pengali yaitu tinggi gelombang di lapangan dibagi dengan tinggi gelombang altimetri. Berikut adalah rekap tinggi gelombang yang dapat dilihat pada **Tabel 1**.

**Tabel 1. Validasi Tinggi Gelombang**

No.	Tanggal	Tinggi Gelombang Pengukuran [m]	Tinggi Gelombang Altimetri [m]
1	7/21/2017	1,029215686	2,358106
2	7/22/2017	1,368541667	3,007056
3	7/23/2017	1,218333333	2,426048
4	7/24/2017	1,399322917	1,662695
5	7/25/2017	1,568645833	1,597915
6	7/26/2017	1,540208333	1,841696
7	7/27/2017	1,239375	1,836764
8	7/28/2017	1,1978125	1,531328
9	7/29/2017	1,3640625	1,605537
10	7/30/2017	1,662395833	1,565041
11	7/31/2017	1,655729167	2,121452
12	8/1/2017	1,7353125	2,299344
13	8/2/2017	1,6909375	1,922246

**Tabel 1. Validasi Tinggi Gelombang (lanjutan)**

No.	Tanggal	Tinggi Gelombang Pengukuran [m]	Tinggi Gelombang Altimetri [m]
14	8/3/2017	1,7396875	1,06379
15	8/4/2017	1,404219512	1,23682
	Rata-rata	1,454253319	2,3782964
	Faktor Pengali	0,611468494	

Berdasarkan **Tabel 1** faktor pengali untuk data gelombang altimetri pada koordinat  $5^{\circ}$  LS dan  $102^{\circ}$  BT cukup kecil yaitu sebesar 0,6614.

Perhitungan dengan metode pengujian hipotesis dua arah dihitung dalam bentuk tabel. Data tinggi gelombang yang akan dibandingkan dengan metode pengujian hipotesis ini adalah data rata-rata tinggi gelombang signifikan dengan altimetri, karena perbandingan tersebut didapatkan faktor pengali yang mendekati angka satu yaitu sebesar 0,611468494. Perhitungan dengan metode hipotesis dua arah dapat dilihat pada **Tabel 2**.

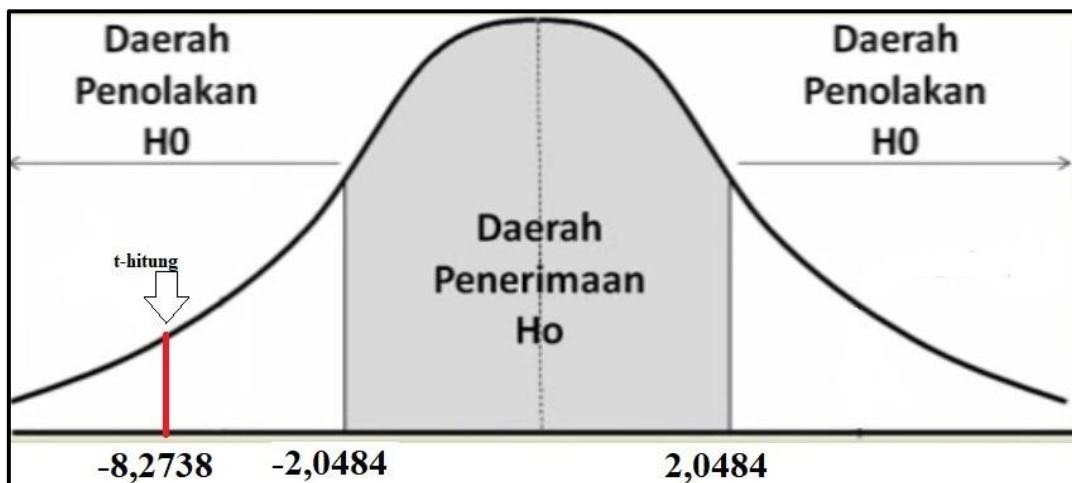
**Tabel 2. Perhitungan dengan Metode Pengujian Hipotesis**

No.	Tanggal	Tinggi Gelombang Pengukuran [m]	Tinggi Gelombang Altimetri [m]
1	7/21/2017	1,029215686	2,358106
2	7/22/2017	1,368541667	3,007056
3	7/23/2017	1,218333333	2,426048
4	7/24/2017	1,399322917	1,662695
5	7/25/2017	1,568645833	1,597915
6	7/26/2017	1,540208333	1,841696
7	7/27/2017	1,239375	1,836764
8	7/28/2017	1,1978125	1,531328
9	7/29/2017	1,3640625	1,605537
10	7/30/2017	1,662395833	1,565041
11	7/31/2017	1,655729167	2,121452
12	8/1/2017	1,7353125	2,299344
13	8/2/2017	1,6909375	1,922246
14	8/3/2017	1,7396875	1,06379
15	8/4/2017	1,404219512	1,23682
	Rata-rata	1,4542	2,378
	Nilai $s$	0,049294821	0,137806707
	$t_0$	-8,2737954	
	$t_{tabel}$	2,0484	

Pengujian hipotesis dua arah, pertama menentukan  $H_0$  dan  $H_1$  terlebih dahulu.  $H_0$  dan  $H_1$  pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

$H_0$  adalah tinggi gelombang hasil pengukuran = tinggi gelombang altimetri,  
 $H_1$  adalah tinggi gelombang hasil pengukuran  $\neq$  tinggi gelombang altimetri.

Setelah dihitung menggunakan metode pengujian hipotesis didapat  $t_0$  sebesar -8,2737954, maka  $H_1$  diterima dikarenakan posisi  $t$  hitung berada di daerah penolakan  $H_0$  yang dapat dilihat pada **Gambar 3** artinya tinggi gelombang hasil pengukuran tidak sama dengan tinggi gelombang altimetri.



**Gambar 3. Hasil analisis pengujian hipotesis**

#### 4.3 Analisis Karakteristik Gelombang

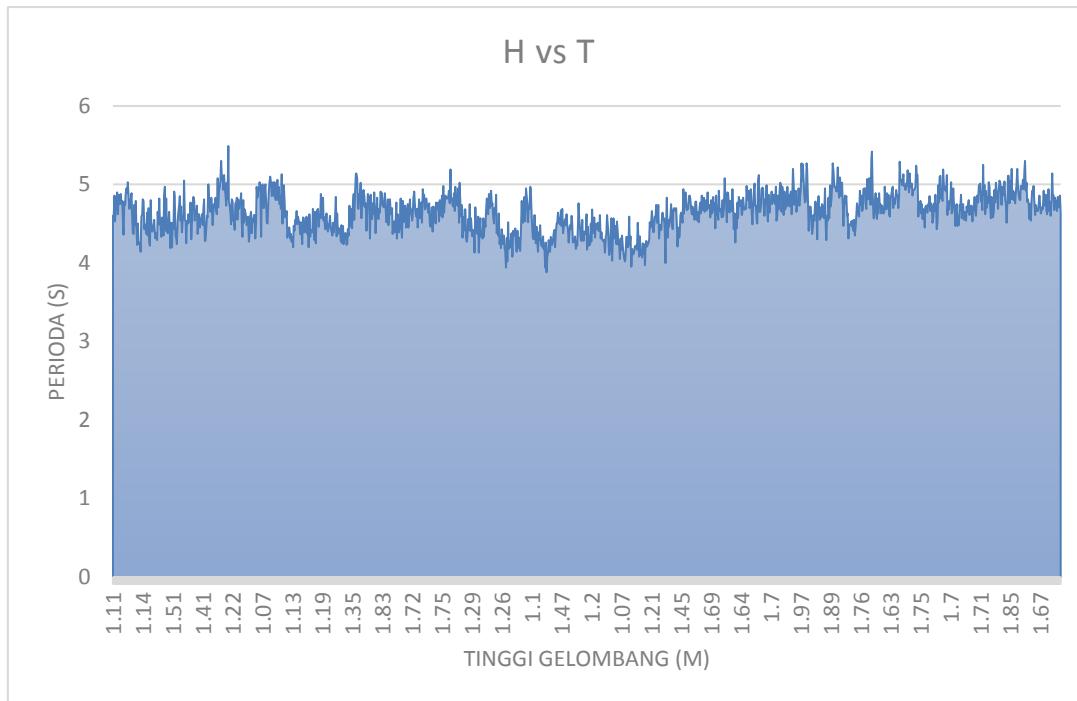
Setelah didapatkan angka faktor koreksi sebesar 0,611468494 selanjutnya mengkoreksi tinggi gelombang altimetri selama satu tahun. Perhitungan koreksi ini dengan mengalikan faktor koreksi dengan  $H_{mean}$ ,  $H_{1/3}$ , dan  $H_{1/10}$ . Hasil koreksi tinggi gelombang altimetri disajikan dalam bentuk tabel yang dapat dilihat dalam **Tabel 3**. **Tabel 3** ini menunjukkan karakteristik gelombang di perairan Pulau Enggano berdasarkan data tinggi gelombang altimetri. Data gelombang altimetri hanya menunjukkan karakteristik berdasarkan parameter tinggi gelombangnya saja, karena parameter lain seperti periode ( $T$ ) dan panjang gelombang ( $L$ ) tidak ada datanya.

**Tabel 3. Perhitungan Tinggi Gelombang Altimetri**

Jenis Tinggi Gelombang	Tinggi Gelombang [m]	Faktor Pengali	Hasil Koreksi [m]
$H_{max}$	3,007056	0,466211611	1,401924423
$H_{1/3}$	1,741251833	0,466211611	0,811791823
$H_{1/10}$	2,169305	0,466211611	1,011355179
$H_{mean}$	1,190822377	0,466211611	0,555175219

Karakteristik gelombang tidak hanya berupa tinggi gelombang, perlu juga dilihat periodanya. Mengingat data altimetri tidak memiliki data periode, maka perlu dihitung nilai periode dari hubungan tinggi gelombang ( $H$ ), periode gelombang ( $T$ ). Data hasil pengukuran selama lima belas hari diplot kedalam grafik hubungan antara tinggi gelombang signifikan ( $H_{m0}$ ) dengan

periode gelombang ( $T$ ) yang dapat dilihat pada **Gambar 4**. Data yang digunakan pada grafik ini adalah tinggi gelombang ( $H$ ) dan periода ( $T$ ) yang pembacaanya perlama belas menit sekali selama lima belas hari



**Gambar 4.** Grafik hubungan tinggi gelombang dengan perioda

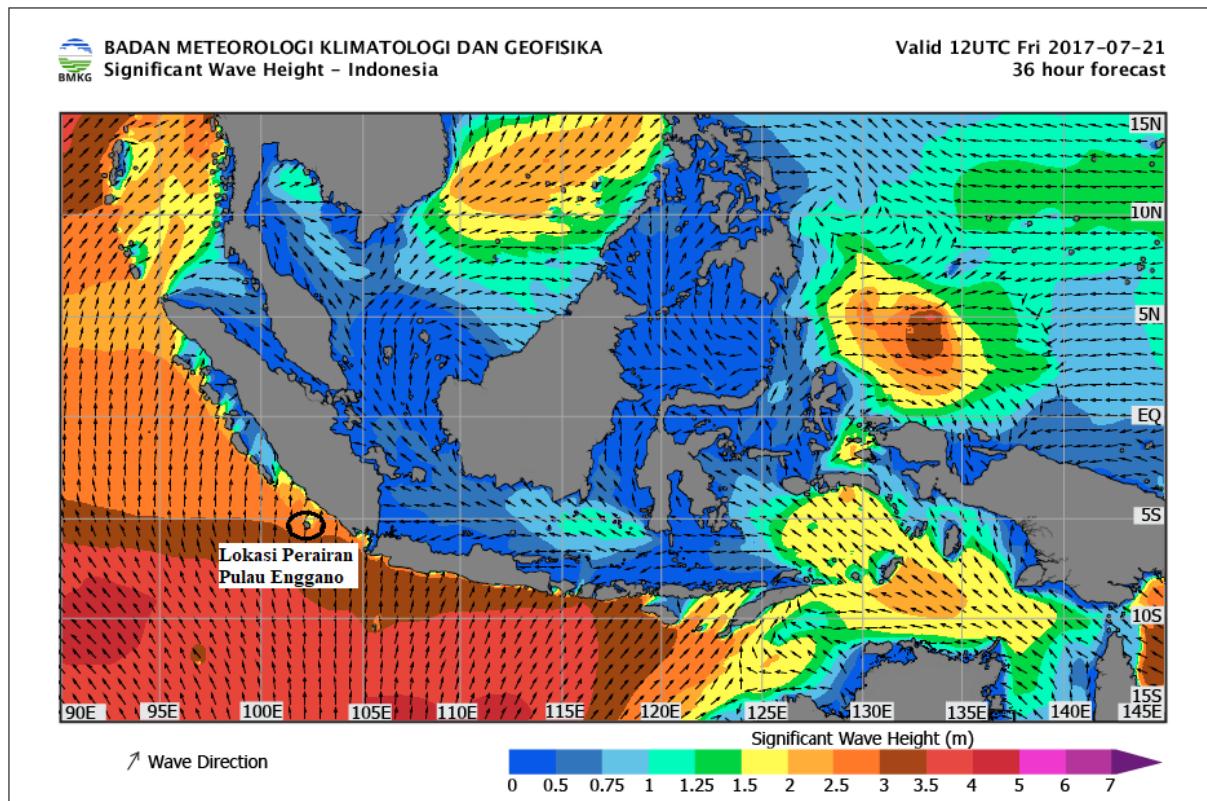
Karakteristik gelombang di Perairan Pulau Enggano berdasarkan data hasil pengukuran langsung di lapangan disajikan pula dalam bentuk tabel seperti pada **Tabel 5**. Pada **Tabel 5** tidak hanya ada parameter tinggi gelombang ( $H$ ) dan perioda ( $T$ ), tetapi parameter gelombang yang lainnya yaitu panjang gelombang ( $L$ ). Panjang gelombang dapat diperoleh karena adanya data perioda.

**Tabel 5. Karakteristik Gelombang di Perairan Enggano**

Jenis Gelombang	Tinggi Gelombang [m]	Perioda [s]	Panjang Gelombang
$H_{max}$	3.46	9	126.36
$H_{1/3}$	2.04	7.16	79.974336
$H_{1/10}$	2.52	7.44	86.351616
$H_{m0}$	2.17	5.04	39.626496

#### 4.4 Tinggi Gelombang Hasil Peramalan BMKG

Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) setiap harinya melakukan peramalan tinggi gelombang signifikan di seluruh perairan Indonesia. Peramalan yang dilakukan BMKG tidak hanya untuk mengetahui satu hari kedepan tetapi sampai tujuh hari kedepannya sudah dilakukan peramalan tinggi gelombang signifikan. Hasil peramalan tinggi gelombang signifikan yang dilakukan oleh BMKG disajikan dalam bentuk gambar seperti kontur yang berwarna berbeda-beda, dan warna itulah yang menunjukkan tinggi gelombang signifikan. Hasil peramalan tinggi gelombang signifikan oleh BMKG lebih jelasnya dapat dilihat pada **Gambar 5**.



**Gambar 5. Prakiraan gelombang laut di wilayah Indonesia**  
**(Sumber: Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, 2017)**

Hasil peramalan tinggi gelombang yang dilakukan oleh BMKG ternyata lebih mendekati pada pengukuran tinggi gelombang altimetri yang sudah dicantumkan pada **Tabel 1**, maka perlu dilakukan validasi kembali antara tinggi gelombang hasil peramalan oleh BMKG dengan tinggi gelombang hasil pengukuran dikemudian hari.

## 5. KESIMPULAN

Penelitian ini menghasilkan beberapa kesimpulan diantaranya:

1. Setelah melakukan validasi tinggi gelombang digunakan faktor pengali anatara perbandingan rata-rata tinggi gelombang sepertiga dengan tinggi gelombang altimetri yaitu sebesar 0,611468494.
2. Dengan Metode Pengujian Hipotesis bahwa tinggi gelombang altimetri tidak sama dengan tinggi gelombang hasil pengukuran, oleh karena itu tinggi gelombang altimetri tidak dapat langsung digunakan untuk perencanaan harus dikalikan dengan faktor pengali terlebih dahulu.
3. Karakteristik gelombang di Perairan Pulau Enggano berdasarkan data tinggi gelombang altimetri adalah  $H_{1/3}$  sebesar 1,3779 m,  $H_{max}$  sebesar 2,0824 m, dan  $H_{mean}$  sebesar 1,0877 m.
4. Karakteristik gelombang di Perairan Pulau Enggano berdasarkan data tinggi gelombang pengukuran langsung di lapangan adalah  $H_{1/3}$  sebesar 2,04 m,  $T$  sebesar 7,16 detik,  $H_{max}$  sebesar 3,46 m,  $T$  sebesar 9 detik, dan  $H_{1/10}$  sebesar 2,52 m,  $T$  sebesar 7,44 detik, dan  $H_{m0}$  sebesar 2,17 m,  $T$  sebesar 5,04 detik.

## **DAFTAR RUJUKAN**

- Geofisika, B. M. (2017, Juli 19). *Prakiraan Tinggi Gelombang dan Potensi Hujan 24-Jam*. Dipetik Desember 2017, dari [http://maritim.bmkg.go.id/prakiraan/?id=FNowKgCpIKkTdqQiusT95seSQy\\_rRkqNLq2I1GyEuV8](http://maritim.bmkg.go.id/prakiraan/?id=FNowKgCpIKkTdqQiusT95seSQy_rRkqNLq2I1GyEuV8)
- Muliati, Y., Wurjanto, A., & Pranowo, W. (2016, October). Validation Of Altimeter Significant Wave Height Using Wave Gauge Measurement In Pacitan Coastal Waters, East Java, Indonesia. *International Journal of Advance In Engineering Research*, 12(IV), 25-33
- Putro, Y. H. (2015, Januari 29). *Pulau Enggano Bengkulu Disiapkan Sebagai Pengganti Nusakambangan*. Dipetik November 2017, dari Liputan 6: <http://news.liputan6.com/read/2167942/pulau-enggano-bengkulu-disiapkan-sebagai-pengganti-nusakambangan>
- Supranto, J. (2009). *Statistik Teori dan Aplikasi*. Edisi Ketujuh. Jilid 2. Jakarta: Erlangga.
- Triatmodjo, B. (1996). *Pelabuhan*. Yogyakarta: Beta Offset.