

**ANALISIS KARAKTERISTIK DAN KALA ULANG GELOMBANG DI  
PERAIRAN SEKITAR PULAU BALI SEBAGAI SUMBER ENERGI  
ALTERNATIF**

**SKRIPSI**

Diajukan Guna Memenuhi Persyaratan Untuk Meraih Gelar Strata 1 (S1)

Departemen Teknik Kelautan Fakultas Teknik

Universitas Hasanuddin



OLEH:

AHMAD FATHURRAHMAN

D321 16 305

**DEPARTEMEN TEKNIK KELAUTAN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**GOWA**

**2020**

## LEMBAR PENGESAHAN

Judul Skripsi:

**” ANALISIS KARAKTERISTIK DAN KALA ULANG GELOMBANG DI  
PERARIRAN SEKITAR PULAU BALI SEBAGAI SUMBER ENERGI  
ALTERNATIF”**

OLEH

AHMAD FATHURRAHMAN

D321 16 305

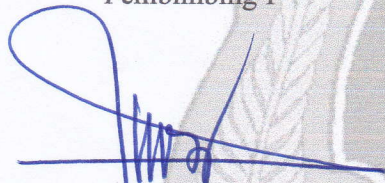
Telah diperiksa dan disetujui oleh dosen pembimbing pada:

Tanggal

Di

Pembimbing I

Pembimbing II



Dr. Ir. Chairul Paotonan, ST.MT.  
197506052002121003



Sabaruddin Rahman, ST.MT.Ph.D  
197607192001121001

Mengetahui,

Ketua Departemen Teknik Kelautan



Dr. Taufiqur Rachman, ST., MT.  
196908021997021001



## PENGESAHAN KOMISI PENGUJI

Judul Skripsi

**” ANALISIS KARAKTERISTIK DAN KALA ULANG GELOMBANG DI  
PERARIRAN SEKITAR PULAU BALI SEBAGAI SUMBER ENERGI  
ALTERNATIF “**

OLEH

AHMAD FATHURRAHMAN

D321 16 305

Telah diperiksa dan disetujui oleh dosen pembimbing pada:

Tanggal

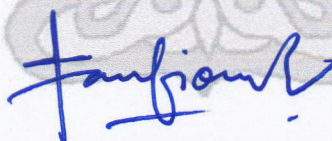
Di

Dengan panel ujian skripsi

1. Ketua : Dr. Ir. Chairul Paotonan, ST., MT.
2. Sekretaris : Sabaruddin Rahman, ST.MT.Ph.D
3. Anggota 1 : Dr. Taufiqur Rachman, ST., MT.
4. Anggota 2 : Dr. Eng. Firman Husain, ST., MT.

Mengetahui,

Ketua Departemen Teknik Kelautan



Dr. Taufiqur Rachman, ST., MT.

196908021997021001

## **PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI**

Yang bertanda tangan dibawah ini

Nama : Ahmad Fathurrahman

NIM : D321 16 305

Program Studi : S1 Teknik Kelautan

### **ANALISIS KARAKTERISTIK DAN KALA ULANG GELOMBANG DI PERAIRAN SEKITAR PULAU BALI SEBAGAI SUMBER ENERGI ALTERNATIF**

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi tugas akhir yang saya tulis ini benar-benar hasil dan karya saya sendiri, bukan merupakan pengambil alihan tulisan atau pemikiran orang lain. Apabila di kemudian hari saya terbukti atau tidak dapat dibuktikan bahwa atau keseluruhan skripsi ini hasil karya orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 5 Mei 2021



Penulis,

Ahmad Fathurrahman

## KATA PENGANTAR

### **Assalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh**

Alhamdulillah segala puji bagi Allah SWT tuhan semesta alam atas limpahan rahmat, karunia dan nikmat kesehatan jasmani dan rohani yang diberikan kepada penulis karena atas izin Allah lah penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan segala kemudahan. Tidak lupa saya kirimkan shalawat serta salam kepada Baginda Rasulullah Muhammad SAW, sahabat, keluarga, serta para pengikutnya.

Penulis dengan segala kerendahan hati menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah senantiasa memberi bantuan berupa pikiran, jiwa, dan raganya kepada penulis dalam proses penyelesaian skripsi ini, terutama kepada:

1. Ibunda tercinta yang selama ini tak henti hentinya memberikan do'a-nya kepada penulis, serta dukungan moral maupun materi dan kasih syang. Atas ridho orang tua lah yang membuat penulis lancar mengerjakan skripsi ini tidak terkecuali kesulitan-kesulitan yang dialami penulis selama mengerjakan tugas akhir ini.
2. Paman, bibi serta keluarga besar penulis di Bone yang selama ini juga memberikan dukungan baik materi maupun doa-nya serta kesediaan untuk menjaga ibu penulis yang sedang sakit sehingga penulis tenang dalam mengerjakan tugas akhir ini.
3. Bapak dosen pembimbing pertama Dr. Ir. Chairul Paotonan, ST., MT atas kesediaannya untuk membimbing penulis, memberikan dukungan moral serta materi sampai tugas akhir ini selesai. Penulis banyak belajar dari pemikiran beliau sehingga jika terdapat masalah selama mengerjakan tugas akhir ini masalah tersebut dapat terselesaikan.
4. Bapak Sabaruddin Rahman, ST., MT., Ph.D selaku pembimbing dua yang juga mau meluangkan waktu dan tenaga untuk membimbing penulis serta memberikan dukungan serta ide-ide kepada penulis dalam menyelesaikan permasalahan dalam tugas akhir ini.

5. Seluruh Dosen Fakultas Teknik terkhusus Dosen-Dosen Departemen Teknik Kelautan yakni Bapak Ir. Juswan, MT., Bapak Dr. Eng. Achmad Yasir Baeda, ST. MT., Bapak Dr. Eng. Ir. Firman Husain, ST. MT., Bapak Muh. Zubair Alie, ST. MT. Ph.D., Bapak Sabaruddin Rahman, ST. MT. Ph.D., Bapak Daeng Paroka, ST. MT. Ph.D., Bapak Dr. Ir. Chairul Paotonan, ST. MT., Ibu Dr. Hasdinar Umar, ST. MT., serta Bapak Habibie, ST. MT., yang telah memberikan pengetahuan dan membagikan pengalaman yang sangat bermanfaat sealama masa perkuliahan.
6. Ibu Marwati, S.Sos, Bapak Isran Ismail, SE., serta Bapak Sikki (Pak Rio) sebagai Staff Tata Usaha Departemen Teknik Kelautan yang sangat membantu Penulis baik itu kebutuhan administrasi untuk menyelesaikan studi maupun kebutuhan perkuliahan lainnya.
7. Kakanda senior atas dukungan moral maupun materi, ide-ide serta sharing pengalaman sehingga permasalahan yang serupa dalam mengerjakan tugas akhir ini dapat diselesaikan dengan mudah.
8. Seluruh teman-teman Angkatan 2016 teknik kelautan yang tak henti hentinya memberi dukungan kepada penulis sehingga penulis bisa menyelesaikan tugas akhir ini.

Makassar, 4 Mei 2021

Penulis

## ABSTRAK

**Ahmad Fathurrahman, D32116305** “Analisis Karakteristik dan Kala Ulang Gelombang di Perairan Sekitar Pulau Bali Sebagai Sumber Energi Alternatif” dibawah bimbingan **Dr. Ir. Chairul Paotonan, ST., MT.** dan **Sabaruddin Rahman, ST., MT., Ph.D.**

Indonesia memiliki wilayah perairan yang cukup luas dengan luasan sebesar 3.302.498 km bujur sangkar. Luas wilayah perairan ini memberikan banyak manfaat salah satunya adalah pemanfaatan gelombang laut sebagai sumber energi alternatif. Penelitian ini berlokasi di perairan sekitar pulau Bali. Pulau Bali berhubungan langsung dengan samudera lepas sehingga energi yang dihasilkan cukup potensial, namun pengetahuan akan karakteristik gelombang dan potensi energi tersebut belum diketahui, oleh sebab itu perlu dilakukan suatu penelitian. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik gelombang di sekitar pulau Bali, menghitung karakteristik gelombang dengan periode ulang tertentu menggunakan metode *Fisher Tippet-I* dan *Weibull* serta untuk mengetahui lokasi potensial untuk pemanfaatan energi gelombang laut. Adapun manfaat dari penulisan ini yaitu dapat memberikan informasi tentang karakteristik gelombang, tinggi gelombang dengan kala ulang tertentu dan mengetahui lokasi potensi gelombang di perairan sekitar pulau Bali sehingga data tersebut dapat dijadikan sebagai referensi dalam perencanaan bangunan pantai, keselamatan pelayaran dan studi pemanfaatan energi gelombang laut.

Data yang digunakan adalah data gelombang yang di rekam tiap enam jam yang bersumber dari *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF)* selama 15 tahun. Data tersebut dianalisis untuk mendapatkan karakteristik gelombang berupa kejadian gelombang berdasarkan arah, interval tinggi gelombang, tinggi dan periode gelombang rata-rata dan analisis karakteristik berdasarkan bulan. Metode yang digunakan dalam perhitungan kala ulang gelombang adalah metode *Fisher Tippet-I* dan *Weibull*. Gelombang dengan periode ulang tertentu dapat dihitung dengan menggunakan data tinggi dan gelombang maksimum di tiap arah. Energi gelombang dihitung menggunakan data tinggi dan periode gelombang signifikan, kemudian dilakukan analisis untuk mengetahui daerah yang potensial dikembangkan sebagai sumber energi alternatif. Syarat suatu daerah potensial yaitu rata-rata energi gelombang tahunan lebih besar dari 15 kW.

Hasil penelitian ini menunjukkan pada perairan utara pulau Bali gelombang dominan datang dari tenggara dengan presentasi kejadian 24,22%, sedangkan pada perairan Timur, Selatan dan Barat masing-masing merambat dari arah Selatan (53,69%), Barat Daya (59,46%) dan Selatan (51,75%). Interval gelombang dominan di perairan utara berada pada kisaran 0-0,43 meter dengan persentase kejadian sebesar 51,04% kemudian perairan timur, selatan dan barat masing-masing interval tinggi dan persentase kejadian sebesar 0,42-0,84 m (76,83%), interval 0,79-1,59 m (51,50%) dan interval 1,23-1,85 m (47,86%). Tinggi dan periode gelombang rata-rata di perairan utara dari segala arah sebesar 0,42 meter dan 6,28 detik kemudian perairan timur 0,8 meter dan 9,56 detik, perairan selatan 1,79 meter dan 10,55 detik dan perairan barat 1,4 meter dan 10,38 detik. Berdasarkan analisis gelombang bulanan gelombang tertinggi pada perairan utara, timur, selatan dan barat terjadi selama musim timur (Juni, Juli, dan agustus). Tinggi gelombang dengan periode ulang tertinggi 100 tahunan untuk arah dominan di perairan utara sebesar (0,98 m) kemudian perairan timur, selatan dan barat masing-masing sebesar (1,71 m), (3,97 m) dan (3,48 m). Daerah yang potensial sebagai sumber energi alternatif adalah perairan selatan pulau bali dengan rata-rata energi tahunan selama 15 tahun pada titik yang ditinjau sebesar 16,79 kW.

**Kata Kunci:** *Karakteristik dan Kala Ulang Gelombang, Energi Gelombang*

## ABSTRACT

**Ahmad Fathurrahman, D32116305** "Analysis of the Characteristics and return period of wave around the Bali Island as an Alternative Energy Source" under the guidance of **Dr. Ir. Chairul Paotonan, ST., MT. and Sabaruddin Rahman, ST., MT., Ph.D.**

Indonesia has quite a large water area with an area of 3,302,498 square kilometers. This water area has many benefits; one of them is used for alternative energy source. This research is located around the Bali island waters. The Bali Island is directly related to the open sea so the energy produced is potential; however, the knowledge of the characteristics of the waves and the potential of this energy is not yet known therefore, it is necessary to do a research. The purpose of this research are to determine the Waves characteristic around the Bali island waters, calculate the characteristics of waves with return period using the Fisher Tippet-I and Weibull methods and to determine the potential locations for utilize ocean wave energy. The benefits of this research are it can provide information about wave characteristics, wave height based return period, give the information of potential location for utilization of ocean wave energy and data analysis from this research can be used as a reference in coastal building planning, shipping safety and studies about sea wave energy.

The data used is wave data recorded every six hours sourced from the European Center for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) for 15 years. The data were analyzed to obtain wave characteristics based on direction, wave height interval, average wave height and period and characteristic analysis based on months. The method used in the calculation of the wave return is the Fisher Tippet-I and Weibull method. Waves with a certain return period can be calculated using maximum wave height in each direction. Wave energy is calculated using significant wave height and period, then it was analyzed to determine the potential areas for utilization of ocean wave energy. The requirement for a potential area is that the annual average wave energy is greater than 15 kW.

The results of this research is indicate us that in the northern waters of Bali island the dominant waves come from the southeast with an incidence percentage of 24.22%, while in the East, South and West waters dominan wave for each direction comes from south (53.69%), Southwest (59.46%) and South (51.75%). The dominant wave interval in northern waters is in range of 0-0.43 meters with an incidence percentage of 51.04%, then the eastern, southern and western waters for each height interval and its percentage are in range 0.42-0.84 m (76, 83%), 0.79-1.59 m, (51.50%) and 1, 23-1.85 m (47.86%). The average wave height and period in northern waters from all directions is 0.42 meters and 6.28 seconds, then eastern waters are 0.8 meters and 9.56 seconds, southern waters are 1.79 meters and 10.55 seconds and western waters are 1, 4 meters and 10.38 seconds. Based on the monthly wave analysis, the highest waves in northern, eastern, southern and western waters occur during the eastern monsoon (June, July, and August). The highest waves with a 100-year wave return period for the dominant direction in northern waters are (0.98 m) then in eastern, southern and western waters are (1.71 m), (3.97 m) and (3.48 m) . The potential area that can be used for an alternative energy source is the southern waters of Bali Island with an average annual energy for 15 years at the observation point provide energy equal to 16.79 kW.

**Keywords:** Wave Characteristics, Return Period, Wave Energy



## DAFTAR ISI

LEMBAR SAMBUNG.....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
LEMBAR PENGESAHAN KOMISI PENGUJI.....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
ABSTRAK .....	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR SINGKATAN .....	xiv
DAFTAR NOTASI.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
BAB I. PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	2
1.4 Batasan Masalah .....	2
1.5 Manfaat Penelitian .....	3
1.6 Sistematika Penulisan .....	3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Gelombang.....	4
2.1.1 Gelombang Amplitudo Kecil.....	4
2.1.2 Pembangkitan Gelombang.....	5

2.2 Analisis Statistik Gelombang.....	8
2.2.1 Gelombang Representatif .....	8
2.2.2 Kala ulang gelombang .....	9
2.3 Interval Keyakinan.....	11
2.4 Energi Gelombang .....	12
2.5 Studi Terdahulu.....	14
BAB III. METODE PENELITIAN.....	18
3.1 Lokasi Penelitian.....	18
3.2 Metode Pengumpulan Data Gelombang .....	19
3.3 Metode Pengolahan Data .....	19
3.4 Alur Penelitian .....	20
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN .....	23
4.1 Validasi Data Gelombang .....	23
4.2 Kondisi Perairan Pulau Bali.....	24
4.2.1 Karakteristik Gelombang.....	25
4.2.2 Analisis Karakteristik Berdasarkan musim .....	30
4.3 Kala Ulang Gelombang.....	43
4.4 Potensi Energi Gelombang .....	50
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	55
5.1 Kesimpulan .....	55
5.2 Saran .....	56
DAFTAR PUSTAKA .....	57
LAMPIRAN.....	59

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Sketsa gelombang laut yang disederhanakan. ....	5
Gambar 2.2. Variasi jenis dan ukuran gelombang sepanjang <i>fetch</i> dilihat dari atas	6
Gambar 2.3. Spektrum gelombang untuk kecepatan angin yang berbeda. ....	7
Gambar 3.1. Lokasi penelitian .....	18
Gambar 3.2. Diagram Alur Penelitian.....	22
Gambar 4. 1 Mawar Gelombang Perairan Sekitar Pulau Bali .....	29
Gambar 4. 2 Mawar Gelombang Berdasarkan Musim di Perairan Utara Pulau Bali .....	33
Gambar 4. 3 Mawar Gelombang Berdasarkan Musim di Perairan Timur Pulau Bali .....	36
Gambar 4. 4 Mawar Gelombang Berdasarkan Musim di Perairan Selatan Pulau Bali .....	39
Gambar 4. 5 Mawar Gelombang Berdasarkan Musim di Perairan Barat Pulau Bali .....	42
Gambar 4. 6 Kala Ulang Gelombang Dengan Periode Ulang Tertentu di Perairan Utara Pulau Bali .....	45
Gambar 4. 7 Kala Ulang Gelombang Dengan Periode Ulang Tertentu di Perairan Timur Pulau Bali .....	46
Gambar 4. 8 Kala Ulang Gelombang Dengan Periode Ulang Tertentu di Perairan Selatan Pulau Bali .....	47
Gambar 4. 9 Kala Ulang Gelombang Dengan Periode Ulang Tertentu di Perairan Barat Pulau Bali .....	48
Gambar 4. 10 Peta Kala Ulang Gelombang Dengan Periode Ulang Tertentu di Perairan Sekitar Pulau Bali .....	49
Gambar 4.11. Grafik Energi Gelombang Rata-Rata Tahunan, Bulanan, dan Enam jam-an.....	53
Gambar 4.12. Titik Lokasi Energi Gelombang Sekitar Pulau Bali .....	54

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Koefisien untuk menghitung deviasi standar .....	11
Tabel 2.2. Batas interval keyakinan tinggi gelombang signifikan ekstrim .....	12
Tabel 2.3. Penelitian terdahulu.....	14
Tabel 3.1 Kordinat Lokasi Pengambilan Data .....	18
Tabel 4.1 Validasi Tinggi Gelombang <i>ECMWF</i> dan Data Lapangan.....	23
Tabel 4.2 Validasi Periode Gelombang <i>ECMWF</i> dan Data Lapangan .....	23
Tabel 4.3 Raw Data Gelombang di Sekitar Pulau Bali .....	24
Tabel 4.4 Persentase Kejadian Gelombang Berdasarkan Arah Datang Gelombang di Perairan Sekitar Pulau Bali Tahun 2005-2019.....	26
Tabel 4.5 Persentase Kejadian Gelombang Berdasarkan Interval Tinggi di Perairan Utara Pulau Bali .....	27
Tabel 4.6 Persentase Kejadian Gelombang Berdasarkan Interval Tinggi di Perairan Timur Pulau Bali .....	27
Tabel 4.7 Persentase Kejadian Gelombang Berdasarkan Interval Tinggi di Perairan Selatan Pulau Bali .....	27
Tabel 4.8 Persentase Kejadian Gelombang Berdasarkan Interval Tinggi di Perairan Barat Pulau Bali .....	28
Tabel 4.9 Periode dan Tinggi Gelombang Rata-Rata di perairan sekitar pulau Bali .....	29
Tabel 4.10 Kejadian Gelombang Berdasarkan Musim di Perairan Utara Pulau Bali .....	32
Tabel 4.11 Kejadian Gelombang Berdasarkan Musim di Perairan Timur Pulau Bali .....	35
Tabel 4.12 Kejadian Gelombang Berdasarkan Musim di Perairan Selatan Pulau Bali .....	38
Tabel 4.13 Kejadian Gelombang Berdasarkan Musim di Perairan Barat Pulau Bali .....	41
Tabel 4.14 Kala Ulang Dengan Periode Ulang Tertentu di Perairan.....	44
Tabel 4.15 Energi Gelombang Tahunan Sekitar Pulau Bali .....	51

Tabel 4.16 Energi Gelombang Bulanan Sekitar Pulau Bali.....	51
Tabel 4.17 Energi Gelombang Harian Sekitar Pulau Bali .....	52



## DAFTAR SINGKATAN

ECMWF	: <i>European Centre for Medium-range Weather Forecasts</i>
U	: Utara
TL	: Timur Laut
T	: Timur
TG	: Tenggara
S	: Selatan
BD	: Barat Daya
B	: Barat
BL	: Barat Laut

## DAFTAR NOTASI

Simbol	Keterangan	Satuan
L	: Panjang gelombang	m
T	: Periode gelombang	s
H	: Tinggi gelombang	m
d	: Kedalaman perairan	m
C	: Cepat rambat gelombang	m/s
$C_g$	: Cepat rambat grup gelombang	m/s
$\eta$	: Profil muka air	m
A	: Amplitudo Gelombang	m
$H_n$	: Rerata dari n persen gelombang tertinggi.	m
$H_{10}$	: Tinggi rerata dari 10% gelombang tertinggi dari pencatatan gelombang	m
$H_{33}$	: Tinggi rerata dari 33% gelombang tertinggi dari pencatatan gelombang	m
$H_{100}$	: Tinggi gelombang rata-rata	m
$H_s$	: Tinggi gelombang signifikan	m
$P(H_s \leq H_{sm})$	: Probabilitas dari tinggi gelombang representatif ke-m	-
$H_{sm}$	: Tinggi gelombang urutan ke-m	m
$H_{sr}$	: Tinggi gelombang signifikan dengan periode ulang TR	m
M	: Nomor urut tinggi gelombang signifikan.	-
NT	: Jumlah kejadian gelombang selama pencatatan.	-
$T_R$	: Periode ulang	Tahun
K	: Panjang data	Tahun
k	: Parameter bentuk metode Weibull	-
A dan B	: Parameter lokal analisis regresi linear gelombang	-

$\sigma_{nr}$	: Standar deviasi yang dinormalkan dari tinggi gelombang signifikan dengan periode ulang	-
N	: Jumlah data tinggi gelombang signifikan	-
$a_1, a_2, c, \epsilon, k$	: Koefisien empiris metode Weibull	-
$\sigma_{H_s}$	: Kesalahan standar dari ketinggian gelombang signifikan dengan periode ulang	-
$\sigma$	: Besaran absolut tinggi gelombang signifikan	-
P	: Fluks energi gelombang	kW
$L_o$	: Panjang gelombang laut dalam	m
g	: Percepatan grafitasi bumi	m/s <sup>2</sup>
$\rho$	: Berat jenis air laut	kg/m <sup>3</sup>

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Karakteristik Gelombang Bulanan .....	60
Lampiran 2. Perhitungan Kala Ulang Gelombang .....	85
Lampiran 1. 1 Karakteristik Gelombang Bulanan Perairan Utara Pulau Bali .....	60
Lampiran 1. 2 Karakteristik Gelombang Bulanan Perairan Timur Pulau Bali .....	67
Lampiran 1. 3 Karakteristik Gelombang Bulanan Perairan Selatan Pulau Bali ...	73
Lampiran 1. 4 Karakteristik Gelombang Bulanan Perairan Barat Pulau Bali.....	79
Lampiran 1. Karakteristik Gelombang Bulanan .....	60
Lampiran 2. Perhitungan Kala Ulang Gelombang .....	85
Lampiran 2. 1 Periode dan Gelombang Maksimum .....	85
Lampiran 2. 2 Perhitungan Kala Ulang Gelombang Perairan Utara Pulau Bali ...	88
Lampiran 2. 3 Perhitungan Kala Ulang Gelombang Perairan Timur Pulau Bali	108
Lampiran 2. 4 Perhitungan Kala Ulang Gelombang Perairan Selatan Pulau Bali .....	123
Lampiran 2. 5 Perhitungan Kala Ulang Gelombang Perairan Barat Pulau Bali .	133

# **BAB I. PENDAHULUAN**

## **1.1 Latar Belakang**

Indonesia mempunyai wilayah yang sangat luas yang membentang dari barat ke timur sepanjang 5.110 km dan membujur dari utara ke selatan sepanjang 1.888 km. Dengan wilayah seluruhnya mencapai 5.193.252 km<sup>2</sup> yang terdiri atas 1.890.754 km<sup>2</sup> luas daratan dan 3.302.498 km<sup>2</sup> luas lautan. Luas daratan Indonesia hanya sekitar sepertiga dari luas seluruh Indonesia sedangkan dua pertiganya berupa lautan. Dengan perbandingan itu Indonesia dijuluki sebagai negara maritim atau negara kelautan (Santoso, 2015). Luasnya wilayah perairan Indonesia memberikan beberapa manfaat salah satunya adalah energi yang timbul akibat adanya gelombang dapat digunakan sebagai sumber energi alternatif.

Energi gelombang laut merupakan energi terbarukan termasuk sumber daya yang memiliki potensi besar untuk dikembangkan. Selain menjadi sumber pangan, laut juga mengandung beraneka sumber daya energi yang keberadaannya semakin signifikan manakala energi yang bersumber dari bahan bakar fosil semakin menipis. Diperkirakan potensi laut mampu memenuhi empat kali kebutuhan listrik dunia sehingga tidak mengherankan berbagai negara maju telah berlomba memanfaatkan energi ini (Mulkam dan Zulfadli, 2018).

Pulau Bali adalah salah satu pulau dari 17.000 lebih kepulauan yang ada di Indonesia dengan luas pulau sepanjang 153 km dan selebar 112 km dan luas pulau 123,98 km<sup>2</sup>. Luas pulau ini setengah dari luas provinsi Jawa Timur dan sekitar 3,2 km dari ketapang bagian timur Pulau Jawa. Bali merupakan sebuah provinsi di Indonesia yang ibu kota provinsinya bernama Denpasar. Bali juga merupakan salah satu pulau di Kepulauan Nusa Tenggara. Secara geografis pulau ini terletak di sebuah garis khayal 8°25'23" lintang selatan dan 115°14'55" bujur timur.

Karakteristik gelombang di suatu lokasi mempengaruhi besarnya energi gelombang yang dapat dimanfaatkan, sehingga informasi terhadap variasi dan karakteristik gelombang laut sangat diperlukan, sedangkan kala ulang gelombang digunakan sebagai indikator dalam perencanaan umur struktur bangunan pantai



termasuk struktur bangunan penangkap energi gelombang. Gelombang yang efektif tidak terjadi sepanjang tahun dan tersedia di semua lokasi, oleh karena itu diperlukan adanya kajian dan pemahaman yang lebih mendalam mengenai karakteristik gelombang dari laut sekitar pulau Bali, sehingga kegiatan-kegiatan terkait dengan pemanfaatan energi gelombang yang ada di wilayah tersebut dapat berjalan dengan baik dan efisien.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, rumusan masalah pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimanakah karakteristik gelombang laut di perairan sekitar pulau Bali meliputi kejadian berdasarkan arah, interval tinggi, gelombang rerata dan karakteristik berdasarkan bulan?
2. Bagaimana tinggi gelombang dengan kala ulang tertentu di sekitar perairan pulau Bali?
3. Dimanakah lokasi yang berpotensi menghasilkan energi gelombang yang potensial di sekitar perairan pulau Bali?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Penelitian ini memiliki tujuan sebagai berikut:

1. Mengetahui karakteristik gelombang di perairan sekitar pulau Bali meliputi kejadian berdasarkan arah, interval tinggi, rerata tinggi dan periode gelombang serta karakteristik berdasarkan bulan.
2. Untuk menghitung tinggi dan periode gelombang dengan kala ulang tertentu di perairan sekitar Pulau Bali
3. Untuk mengetahui dan memetakan lokasi titik yang potensial untuk konversi energi gelombang menjadi energi listrik di perairan sekitar Pulau Bali

## **1.4 Batasan Masalah**

Ruang lingkup penelitian dalam tulisan ini adalah sebagai berikut:

1. Gelombang yang dianalisis adalah gelombang pada laut dalam.

2. Tidak melakukan peramalan gelombang, namun menggunakan data gelombang yang bersumber dari *European Centre for Medium-range Weather Forecasts* (ECMWF).

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah dapat memberikan informasi tentang karakteristik gelombang, tinggi gelombang dengan kala ulang tertentu, mengetahui lokasi potensi gelombang diperairan sekitar pulau Bali serta data data yang diperoleh dapat dijadikan sebagai referensi dalam perencanaan bangunan pantai, keselamatan pelayaran dan studi pemanfaatan energi gelombang laut.

### **1.6 Sistematika Penulisan**

Guna memudahkan penyusunan skripsi serta untuk memudahkan pembaca memahami uraian dan makna secara sistematis, maka skripsi disusun berpedoman pada pola sebagai berikut:

#### **BAB I PENDAHULUAN**

Pendahuluan terdiri atas latar belakang penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penulisan dan manfaat penelitian.

#### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Dalam bab ini dijelaskan mengenai kerangka acuan yang memuat berisi tentang teori singkat yang digunakan dalam menyelesaikan dan membahas permasalahan penelitian.

#### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

Dalam bab ini dijelaskan langka-langkah sistematis penelitian terdiri atas lokasi dan waktu penelitian, langkah – langkah kegiatan penelitian, jenis penelitian, perolehan data, hukum dasar model, variabel yang diteliti, perancangan model, perancangan simulasi, bahan dan alat penelitian, dan simulasi model.

#### **BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN**

Dalam bab ini akan dibahas mengenai hasil penelitian dan pembahasan.

#### **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab ini merupakan penutup dari keseluruhan isi penelitian berupa kesimpulan dan saran atas permasalahan yang telah dibahas pada bab sebelumnya.

## BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Gelombang

Gelombang laut adalah pergerakan naik turunnya air dengan arah tegak lurus permukaan air laut yang membentuk kurva atau grafik sinusoidal. Gelombang laut biasanya disebabkan oleh angin. Pemanasan di sekeliling bumi menyebabkan terjadinya angin yang kemudian membangkitkan gelombang laut. Angin di atas lautan memindahkan tenaganya ke permukaan perairan, menyebabkan riak-riakan / bukit, dan berubah menjadi apa yang kita sebut sebagai gelombang atau ombak (Santoso, 2015).

#### 2.1.1 Gelombang Amplitudo Kecil

Menurut Triatmodjo (1999), gelombang adalah pergerakan naik dan turunnya air dengan arah tegak lurus permukaan air laut yang membentuk kurva/grafik sinusoidal.

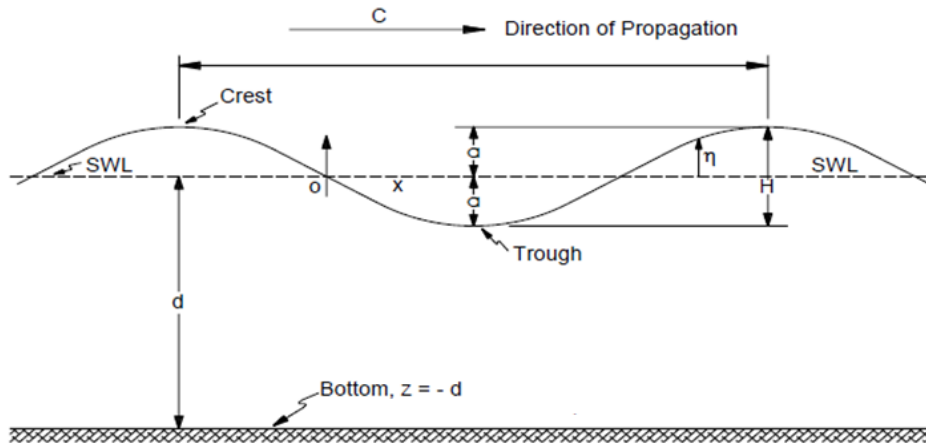
Sebuah gelombang terdiri dari beberapa bagian antara lain:

- a. Puncak gelombang (*Crest*) adalah titik tertinggi dari sebuah gelombang.
- b. Lembah gelombang (*Trough*) adalah titik terendah gelombang, diantara dua puncak gelombang.
- c. Panjang gelombang (*Wavelength*) adalah jarak mendatar antara dua puncak gelombang atau antara dua lembah gelombang.
- d. Tinggi gelombang (*Wave height*) adalah jarak tegak antara puncak dan lembah gelombang.
- e. Periode gelombang (*Wave period*) adalah waktu yang diperlukan oleh dua puncak gelombang yang berurutan untuk melalui satu titik.

Berdasarkan kedalaman relatif, yaitu perbandingan antara kedalaman air  $d$  dan panjang gelombang  $L$ , ( $d/L$ ), gelombang dapat diklasifikasikan menjadi tiga macam, yaitu:

- a. Gelombang di laut dangkal, jika  $d/L \leq 1/20$
- b. Gelombang di laut transisi, jika  $1/20 \leq d/L \leq 1/2$
- c. Gelombang di laut dalam, jika  $d/L \geq 1/2$

Berikut sketsa gelombang laut yang disederhanakan:



Gambar 2.1. Sketsa gelombang laut yang disederhanakan.

(Sumber: Binilang, 2014)

Secara matematis bentuk profil gelombang dapat dituliskan dalam persamaan berikut. (Paotonan, 2015).

$$\eta = A \cos \left( \frac{2\pi x}{L} - \frac{2\pi t}{T} \right) \quad (2.1)$$

Dimana:

$\eta$  = Profil muka air (m)

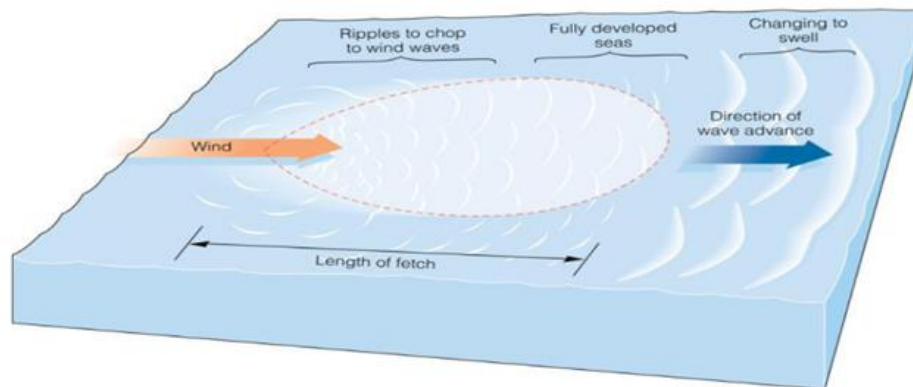
A = Amplitudo gelombang (m)

### 2.1.2 Pembangkitan Gelombang

Gelombang di laut dibedakan menjadi beberapa macam tergantung pada gaya pembangkitnya. Gelombang tersebut adalah gelombang angin yang dibangkitkan oleh tiupan angin di permukaan laut, gelombang pasang surut dibangkitkan oleh gaya tarik benda-benda langit terutama matahari dan bulan terhadap bumi, gelombang tsunami terjadi karena letusan gunung berapi atau gempa di laut, gelombang yang dibangkitkan oleh kapal yang bergerak, dan lain sebagainya. (Triatmojo, 1999). Faktor yang paling dominan dalam proses pembangkitan gelombang adalah angin. Angin yang berhembus akan memindahkan energinya ke air, kecepatan angin akan menimbulkan tegangan pada permukaan laut sehingga permukaan air yang semula tenang akan terganggu dan timbul riak gelombang kecil di atas permukaan laut (Hidayat, 2005).

Ada dua istilah untuk menggambarkan gelombang di laut yaitu *sea wave* dan *Swell*. *Sea wave* merupakan gelombang laut yang masih berada di dalam pengaruh angin dan bentuknya sangat tidak teratur sedangkan *swell* adalah gelombang yang lebih panjang dari *sea wave* dan sudah keluar dari pengaruh angin serta bentuknya sudah teratur. *Swell* dibentuk oleh gelombang-gelombang frekuensi atau panjang gelombangnya hampir sama (Aziz, 2006).

Gelombang dapat tumbuh di lautan jika angin bertiup mempunyai arah dan kecepatan yang persisten. Ukuran gelombang di daerah pertumbuhannya, tergantung pada kecepatan angin, durasi atau lamanya angin bertiup dan jarak tempuh gelombang dari awal pertumbuhannya (*fetch*). *Fetch* dapat dibatasi pantai, perubahan arah dan atau kecepatan angin. Semakin panjang *fetch* semakin besar ukuran gelombang (Kurniawan, 2012). Ilustrasi jenis dan atau ukuran gelombang di daerah pertumbuhannya ditunjukkan pada gambar berikut.



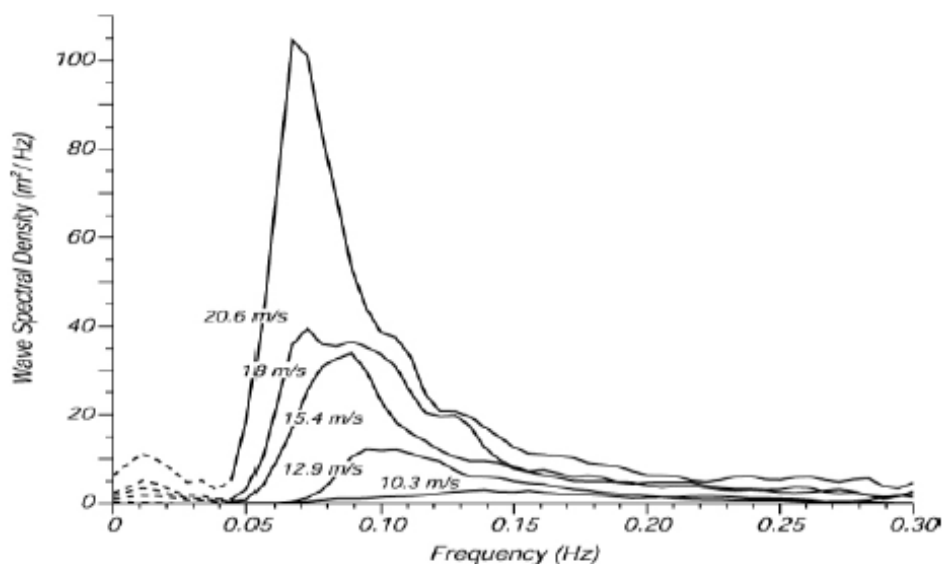
Gambar 2.2. Variasi jenis dan ukuran gelombang sepanjang *fetch* dilihat dari atas  
(Sumber: Kurniawan, 2012)

Menurut Fitria dan Paksoal, 2012 proses terbentuknya gelombang adalah sebagai berikut:

1. Turbulensi dalam angin menyebabkan fluktuasi acak permukaan laut yang menghasilkan gelombang-gelombang kecil-kecil (*ripples*) dengan panjang gelombang beberapa sentimeter. Gelombang-gelombang kecil-kecil ini kemudian tumbuh secara linier melalui proses resonansi dengan fluktuasi tekanan turbulensi.



2. Kemudian ketika ukuran gelombang-gelombang kecil yang sedang tumbuh mulai mengganggu aliran udara di atasnya, angin yang bertiup memberikan tekanan yang semakin kuat seiring dengan meningkatnya ukuran gelombang sehingga gelombang tumbuh menjadi besar. Proses pemindahan energi ini berlangsung secara tak stabil, semakin besar ukuran gelombang semakin cepat gelombang tersebut. Ketidak stabilan menyebabkan gelombang tumbuh secara eksponensial.
3. Proses berikutnya bersamaan dengan proses pertumbuhannya, gelombang-gelombang yang sedang tumbuh yang beragam energi dan frekuensinya saling berinteraksi untuk menghasilkan gelombang yang lebih panjang. Interaksi yang terjadi melibatkan proses pemidahan energi secara tak linier dari gelombang-gelombang frekuensi tinggi (periode pendek) ke gelombang yang frekuensinya yang lebih rendah.
4. Dan pada tahapan terakhir gelombang yang berada di daerah pertumbuhannya disebut *sea* dan gelombang yang telah atau dapat keluar dari daerah pertumbuhannya disebut *swell*.



Gambar 2.3. Spektrum gelombang untuk kecepatan angin yang berbeda.

(Sumber: Fitria dan Paksoal, 2012)

## 2.2 Analisis Statistik Gelombang

Analisis karakteristik gelombang diperlukan untuk mendapatkan beberapa karakteristik gelombang seperti gelombang representatif, probabilitas kejadian gelombang dan gelombang ekstrim yaitu gelombang dengan periode ulang tertentu. Pengukuran gelombang di suatu tempat memberikan pencatatan muka air sebagai fungsi waktu. Pengukuran ini dilakukan dalam waktu cukup panjang, sehingga data gelombang akan sangat banyak. Mengingat kekompleksan dan besarnya jumlah data tersebut, maka gelombang alam dianalisa secara statistik untuk mendapatkan bentuk gelombang yang bermanfaat (Triatmojo, 1999).

### 2.2.1 Gelombang Representatif

Menurut Triatmojo (1999), untuk keperluan perencanaan bangunan-bangunan pantai perlu dipilih tinggi dan periode gelombang individu (*individual wave*) yang dapat mewakili suatu spectrum gelombang. Apabila tinggi gelombang dari suatu pencatatan diurutkan dari nilai tertinggi ke terendah atau sebaliknya, maka akan dapat ditentukan nilai  $H_n$  yang merupakan rerata dari  $n$  persen gelombang tertinggi. Dengan bentuk seperti itu akan dapat dinyatakan karakteristik gelombang alam dalam bentuk gelombang tunggal. Misal  $H_{10}$  adalah tinggi rerata dari 10% gelombang tertinggi dari pencatatan gelombang. Bentuk yang paling banyak digunakan adalah  $H_{33}$  atau tinggi rerata dari 33% nilai tertinggi dari pencatatan gelombang, yang juga disebut sebagai tinggi gelombang signifikan  $H_s$ . Cara yang sama dapat digunakan untuk periode gelombang. Tetapi biasanya periode signifikan didefinisikan sebagai periode rerata untuk sepertiga gelombang tertinggi. Pada persamaan berikut menunjukkan persamaan tinggi gelombang signifikan dan gelombang rerata dimana  $H$  dan  $T$  masing-masing adalah tinggi dan periode gelombang.

Gelombang 33% (gelombang signifikan,  $H_s$ ) adalah:

$n = 33\% \times$  Jumlah data dalam pencatatan

$$H_{33} = \frac{\sum_1^n H_n}{n} \quad (2.2)$$

$$T_{33} = \frac{\sum_1^n T_n}{n} \quad (2.3)$$

Gelombang 100% (gelombang rerata,  $H_{100}$ ) adalah:

$n = 100\% \times$  Jumlah data dalam pencatatan

$$H_{100} = \frac{\sum_1^n H_n}{n} \quad (2.4)$$

$$T_{100} = \frac{\sum_1^n H_n}{n} \quad (2.5)$$

### 2.2.2 Kala ulang gelombang

Dari setiap tahun pencatatan dapat ditentukan gelombang representatif seperti  $H_s$ ,  $H_{10}$ ,  $H_1$ ,  $H_{maks}$  dan sebagainya. Berdasarkan dari representatif untuk beberapa tahun pengamatan dapat diperkirakan gelombang yang diharapkan disamai atau dilampaui satu kali dalam T tahun, dan gelombang tersebut dikenal dengan gelombang periode ulang T tahun atau gelombang T tahunan. Ada beberapa distribusi yang digunakan untuk prediksi gelombang dengan kala ulang tertentu seperti metode *Fisher Tippet I* dan *Weibull*.

#### 2.2.2.1 Metode Fisher Tippet-1

Dalam Metode *Fisher Tippet-1*, data probabilitas ditetapkan untuk setiap tinggi gelombang sebagai berikut:

$$P(H_s \leq H_{sm}) = 1 - \frac{m - 0,44}{NT + 0,12} \quad (2.6)$$

Dengan:

$P(H_s \leq H_{sm})$  : probabilitas dari tinggi gelombang representatif ke-m

$H_{sm}$  : tinggi gelombang urutan ke-m. (m)

$H_{sr}$  : tinggi gelombang signifikan dengan periode ulang  $T_R$  (m)

M : nomor urut tinggi gelombang signifikan.

NT : jumlah kejadian gelombang selama pencatatan.

Tinggi gelombang signifikan untuk berbagai periode ulang dihitung dari fungsi distribusi probabilitas dengan rumus sebagai berikut dengan  $\hat{A}$  dan  $\hat{B}$  adalah perkiraan dari parameter skala dan lokal yang diperoleh dari analisis regresi linear:

$$H_{sm} = A y_m + B \quad (2.7)$$

$$H_{sr} = A y_r + B \quad (2.8)$$

$$y_r = -\ln \left\{ -\ln \left( 1 - \frac{1}{LT_R} \right) \right\} \quad (2.9)$$

$$y_m = -\ln \left\{ -\ln P(H_s \leq H_{sm}) \right\} \quad (2.10)$$

$$A = \frac{n \sum H_{sm} Y_m - \sum H_{sm} \sum Y_m}{n \sum Y_m^2 - (\sum Y_m)^2} \quad (2.11)$$

Dengan:

$H_{sm}$  : tinggi gelombang urutan ke-m. (m)

$H_{sr}$  : Tinggi gelombang signifikan dengan periode ulang  $T_R$  (m)

$T_R$  : Periode ulang (tahun)

$K$  : Panjang data (tahun)

$L$  : Rerata jumlah kejadian pertahun =  $N_T / K$

#### 2.2.2.2 Metode Weibull

Rumus probabilitas yang digunakan untuk Metode Weibull adalah sebagai berikut:

$$P(H_s \leq H_{sm}) = 1 - \frac{m - 0,22 \frac{0,27}{\sqrt{k}}}{N_T + 0,22 \frac{0,23}{\sqrt{k}}} \quad (2.12)$$

Dengan:

$P(H_s \leq H_{sm})$  : probabilitas dari tinggi gelombang representatif ke m yang tidak dilampaui.

$H_{sm}$  : tinggi gelombang urutan ke-m. (m)

$m$  : momorurut tinggi gelombang signifikan.

$N_T$  : jumlah kejadian gelombang selama pencatatan

$k$  : parameter bentuk dalam laporan ini dipakai  $k=0,75$

Perkiraan dari parameter skala dan lokal yang diperoleh dari analisis regresi linier dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.7 dan 2.8, sementara nilai  $y_m$  diberikan oleh bentuk berikut:

$$y_m = -\ln \left\{ 1 - P(H_s \leq H_{sm}) \right\}^{1/k} \quad (2.13)$$

Sedangkan  $y_r$  diberikan oleh bentuk berikut:

$$Y_r = \{ \ln(LT_r) \}^{1/k} \quad (2.14)$$

$$A = \frac{n \sum H_{sm} Y_m - \sum H_{sm} \sum Y_m}{n \sum Y_m^2 - (\sum Y_m)^2} \quad (2.15)$$

Dengan:

H<sub>sr</sub> : tinggi gelombang signifikan dengan periode ulang T<sub>R</sub> (m)

T<sub>r</sub> : periode ulang (tahun)

K : panjang data (tahun)

L : rata - rata jumlah kejadian per tahun = N<sub>T</sub>/K

### 2.3 Interval Keyakinan

Perkiraan interval keyakinan adalah penting dalam analisis gelombang ekstrim. Hal ini mengingat bahwa biasanya periode pencatatan gelombang adalah pendek, dan tingkat ketidak-pastian yang tinggi dalam perkiraan gelombang ekstrim. Batas keyakinan sangat dipengaruhi oleh penyebaran data, sehingga nilainya tergantung pada deviasi standar (Triatmojo B., 1999). Untuk perkiraan deviasi standar dari nilai ulang. Deviasi standar yang dinormalkan dihitung dengan persamaan berikut:

$$\sigma_{nr} = \frac{1}{\sqrt{N}} [1 + a(yr - c + \varepsilon \ln v)^2]^{1/2} \quad (2.16)$$

Dengan:

$\sigma_{nr}$  : standar deviasi yang dinormalkan dari tinggi gelombang signifikan dengan periode ulang

N : jumlah data tinggi gelombang signifikan

$a_1, a_2, c, \varepsilon, k$  : koefisien empiris yang diberikan oleh Tabel 2.1

Tabel 2.1. Koefisien untuk menghitung deviasi standar

Distribusi	a1	a2	k	C	$\varepsilon$
FT-1	0,64	9,0	0,93	0,0	1,33
Weibull (k=0,75)	1,65	11,4	-0,63	0,0	1,15
Weibull (k=1,0)	1,92	11,4	0,00	0,3	0,90
Weibull (k=1,4)	2,05	11,4	0,69	0,4	0,72
Weibull (k=2,0)	2,24	11,4	1,34	0,5	0,54

(Sumber: Triatmojo, 1999)

Besaran absolut dari deviasi standar dari tinggi gelombang signifikan dihitung dengan rumus berikut:

$$\sigma = \sigma_{nr} \sigma H_s \quad (2.17)$$

Dengan:

$\sigma_{nr}$  : Kesalahan standar dari ketinggian gelombang signifikan dengan periode ulang

$\sigma H_s$  : deviasi standar dari data tinggi gelombang signifikan

Interval keyakinan dihitung dengan anggapan bahwa perkiraan tinggi gelombang signifikan pada periode ulang ulang tertentu terdistribusi normal terhadap fungsi distribusi yang diperkirakan. Batas interval keyakinan terhadap  $H_{sr}$  dengan berbagai tingkat keyakinan diberikan dalam

Tabel 2.2. Perlu diingat bahwa lebar interval keyakinan tergantung pada fungsi distribusi,  $N$  dan  $v$ , tetapi tidak berkaitan dengan seberapa baik data mengikuti fungsi distribusi.

Tabel 2.2. Batas interval keyakinan tinggi gelombang signifikan ekstrim

Tingkat keyakinan (%)	Batas interval keyakinan terhadap $H_{sr}$	Probabilitas Batas Atas Terlampaui (%)
80	$1,28\sigma_r$	10,0
85	$1,44\sigma_r$	7,5
90	$1,65\sigma_r$	5,0
95	$1,96\sigma_r$	2,5
99	2,58	0,5

(Sumber: Triatmojo, 1999)

## 2.4 Energi Gelombang

Fluks energi gelombang per satuan lebar puncak gelombang yang di transmisikan oleh gelombang irreguler dapat dilihat pada persamaan berikut:

$$P = \frac{\rho \cdot g \cdot H^2 \cdot C_g}{16} \quad (2.18)$$

Dimana untuk laut dalam cepat rambat grup gelombang ( $C_g$ ) dan panjang gelombang laut dalam ( $L_0$ ) dapat dituliskan pada persamaan berikut.

$$C_g = \frac{L}{2T} \quad (2.19)$$

$$L_0 = \frac{gT^2}{2\pi} \quad (2.20)$$

Sehingga diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$P = \frac{\rho g^2}{64\pi} T_P H_s^2 \quad (2.21)$$

Sedangkan menurut Mørk et al., 2010 di laut dalam secara sederhana fluks energi atau daya gelombang dapat dituliskan dengan persamaan :

$$P = 0,49 H_s^2 T_s \quad (2.22)$$

Dimana:

$P$  = Daya (Watt)

$\rho$  = Berat jenis air laut ( $\text{kg/m}^3$ )

- g = Percepatan gravitasi ( $m/s^2$ )  
T = Periode gelombang signifikan (s)  
H = Tinggi gelombang signifikan (m)

Suatu daerah dengan rata-rata energi gelombang tahunan lebih dari 15 kW/m merupakan daerah yang potensial dimanfaatkan (Karimirad, 2014). Fluks energi atau daya gelombang pada laut dalam dipengaruhi oleh berat jenis air laut, percepatan gravitasi, periode gelombang dan tinggi gelombang signifikan.

## 2.5 Studi Terdahulu

Berikut penelitian terdahulu yang sejenis dengan penelitian ini:

Tabel 2.3. Penelitian terdahulu

No	Pengarang dan Tahun	Judul Penelitian	Metode	Tujuan	Hasil
1	Loupatty (2013)	Karakteristik Energi Gelombang dan Arus Perairan di Provinsi Maluku.	Analisis Statistik menggunakan software SPSS	Untuk mengkarakterisasi serta menganalisis profil gelombang laut dan arus air laut pada beberapa lokasi pantai di Provinsi Maluku.	Berdasarkan hasil perhitungan dan analisis pada ketujuh lokasi tersebut, dapat disimpulkan bahwa energi gelombang dan kecepatan arus di Teluk Baguala memiliki karakteristik yang berbeda terhadap keenam lokasi pantai yang lain.
2	Binilang (2014)	Analisis Karakteristik Gelombang Di Pantai Kecamatan Belang Kabupaten Minahasa Tenggara.	Pendekatan survey dan analisa Hidro-oseanografi berdasarkan data angin selama 11 tahun.	Untuk mendapatkan gambaran karakteristik gelombang meliputi tinggi dan periode gelombang di lingkungan perairan laut Belang.	Berdasarkan analisis dan pembahasan terhadap hasil penelitian ini maka dapat disimpulkan : Terdapat empat arah pembentukan gelombang di pantai Belang yaitu : Timur laut, Timur, Tenggara, dan Selatan, dengan arah gelombang dominan dari arah Selatan. Dengan metode hindcasting gelombang diperoleh tinggi gelombang laut dalam setiap bulan dengan tinggi terbesar ( $H_o$ ) = 1,642 m, Peningkatan nilai tinggi gelombang kala ulang sejalan dengan peningkatan periode ulang gelombang.
3	Suhana dkk. (2018)	Karakteristik Gelombang Laut Pantai Timur Pulau Bintan	Peramalan gelombang menggunakan data	Untuk mengetahui tingkat kerentanan pantai timur Pulau Bintan yang	Tinggi gelombang laut maksimum yang terbentuk di perairan pantai timur Pulau Bintan umumnya terjadi pada puncak musim



No	Pengarang dan Tahun	Judul Penelitian	Metode	Tujuan	Hasil
		Provinsi Kepulauan Riau Tahun 2005-2014	arah dan kecepatan angin.	diketahui sangat padat aktivitas seperti pemukiman penduduk, perikanan tangkap, pariwisata dan kawasan konservasi.	utara (Desember-Februari) dan musim selatan (Juni-Agustus) hal ini disebabkan oleh kecepatan angin yang bertiup di perairan pantai timur Pulau Bintan selama musim barat dan musim timur lebih tinggi dibandingkan dengan musim lainnya. Arah datang angin juga mempengaruhi pola gelombang laut yang terbentuk di perairan pantai timur Pulau Bintan. Selama tahun 2005-2014 angin yang bertiup di perairan pantai timur Pulau Bintan lebih dominan dari arah utara dan selatan dengan persentase kecepatan rata-rata tertinggi, sehingga gelombang laut yang terbentuk di perairan pantai timur Pulau Bintan lebih dominan berasal dari arah utara dan selatan pantai dimana gelombang laut yang berasal dari arah utara merupakan gelombang laut dengan ketinggian rata-rata tertinggi dibandingkan dengan gelombang laut yang terbentuk dan berasal dari beberapa arah pembangkitan gelombang lain.
4	Ratu dkk. (2015)	Analisa Karakteristik Gelombang Di Pantai Bulu Rerer Kecamatan Kombi Kabupaten Minahasa.	Metode Peramalan gelombang berdasarkan data angin selama 10 tahun.	Untuk mengetahui karakteristik gelombang di daerah pantai Bulu.	Dari hasil perhitungan, gelombang di perairan Bulu Rerer didominasi oleh gelombang arah Selatan dengan gelombang maksimum terjadi pada bulan Agustus 2005 dengan $H = 1,56\text{m}$ dan $T = 5,12\text{det}$ . Koefisien refraksi yang terjadi berkisar antara 0,8181 sampai 1,0087 dan koefisien shoaling yang

No	Pengarang dan Tahun	Judul Penelitian	Metode	Tujuan	Hasil
					terjadi berkisar pada 0,9003 sampai 5,143. Tinggi gelombang yang didapat dari hasil perhitungan berkisar pada 0,24m sampai 1,83m pada kedalaman 0,5m sampai 25,0m.
5	Budhyani (2019)	Potensi Gelombang Laut Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Berdasarkan Karakteristik Gelombang Laut Di Perairan Gunung Kidul, Yogyakarta.	metode survei dan pengumpulan data sekunder yang diunduh dari <i>ECMWF (European Centre For Medium Range Weather Forcasts)</i>	Untuk mengetahui karakteristik gelombang di perairan Gunung Kidul, Yogyakarta serta untuk mengetahui seberapa besar potensi daya listrik yang dapat dihasilkan pada perairan ini.	Perairan Gunung Kidul, Yogyakarta memiliki karakteristik tinggi dan periode gelombang yang bervariasi. Tinggi gelombang maksimum adalah pada musim Timur dan tinggi gelombang minimum terjadi pada musim Barat. Periode gelombang bervariasi dengan durasi 10 – 12 detik dan arah datang gelombang pada perairan ini adalah dari arah selatan pantai. Potensi daya yang dapat dihasilkan pada perairan ini adalah 7.000 sampai 13.000 watt.
7	Rahman dkk. 2016	Potensi Energi Gelombang sebagai Sumber Energi Alternatif di Pulau-Pulau Terluar Wilayah NKRI.	Analisis data gelombang <i>ECMWF</i>	Untuk mengetahui potensi energi gelombang sebagai energi terbarukan di pulau-pulau terluar wilayah NKRI.	Hasil analisis menunjukkan bahwa energi gelombang rata-rata per tahun terbesar terjadi di pulau Rondo yang berada pada kisaran 14.05 ~ 14.13 kW/m selama lima belas tahun terakhir selanjutnya diikuti pulau Dana sebesar 10.01 ~ 10.27 kW/m. Sementara energi gelombang di pulau lainnya seperti Berhala, Sebatik, Nipah tidak berpotensi untuk dikembangkan.
8	Besio dkk. (2016)	Penilaian sumber daya energi gelombang di Laut Mediterania berdasarkan hindcast 35 tahun.	Penerapan model <i>Wavewatch III</i>	Untuk menilai potensi energi gelombang laut dalam skala global	Daerah yang memiliki energi terbesar di Laut Mediterania adalah pada cekungan Barat di antara Kepulauan Balearic, Sardinia dan Korsika dan pantai utara Aljazair dengan energi gelombang rata-rata tahunan yang

No	Pengarang dan Tahun	Judul Penelitian	Metode	Tujuan	Hasil
					tersedia sekitar 10kW/m di sepanjang pantai. Mediterania tengah dan Timur menyajikan potensi energi gelombang sedang dengan angka rata-rata sekitar 6-7 kW / m.

(Sumber: Pengumpulan Data, 2020)