

# ANALISIS KARAKTERISTIK DAN KALA ULANG GELOMBANG DI PERAIRAN SELATAN PULAU BALI

Chairul Paotonan dan Ahmad Fathurrahman

Departemen Teknik Kelautan Universitas Hasanuddin

Email: paotonan\_ch@yahoo.com

## Abstrak

Secara geografis Indonesia terletak di antara Samudra Pasifik dan Samudra Hindia. Oleh sebab itu wilayah perairan Indonesia memiliki karakteristik gelombang yang beragam. Perairan sebelah selatan pulau Bali kondisi gelombangnya dipengaruhi oleh kondisi perairan samudra Hindia yang merupakan laut lepas. Namun demikian, karakteristik gelombang di perairan tersebut belum diketahui. Oleh sebab itu, dilakukan kajian untuk mengetahui karakteristik yang meliputi peluang kejadian berdasarkan arah dan interval tinggi gelombang, tinggi dan periode gelombang rata-rata serta kala ulang gelombang di perairan selatan pulau Bali. Data yang digunakan adalah data gelombang 6 jaman yang bersumber dari *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts* (ECMWF) selama 15 tahun. Data tersebut dianalisis untuk mendapatkan kejadian gelombang, tinggi dan periode gelombang rata-rata serta kala ulang gelombang menggunakan metode Fisher Tippet-1 dan Weibull. Berdasarkan analisis data, diperoleh gelombang dominan dari arah Barat Daya dengan peluang kejadian 59,62% dengan tinggi dan periode gelombang rata-rata sebesar 2,49m dan 10,84s. Interval tinggi gelombang yang paling sering terjadi adalah 1-2 m dengan peluang kejadian 65,85%. Kala ulang gelombang 100 tahunan yang dihitung dengan metode weibull dan fisher Tippet-1 masing-masing adalah 7,82 meter dan 5,89 meter dari arah barat.

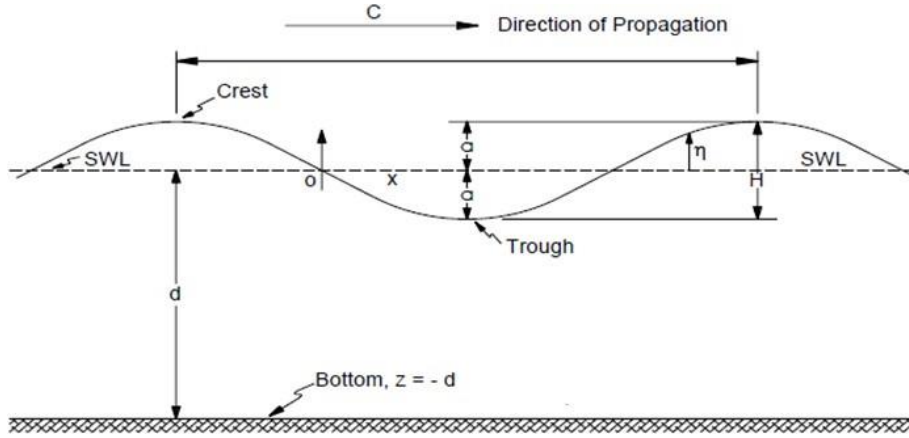
**Kata Kunci :** Karakteristik dan Kala Ulang Gelombang

## PENDAHULUAN

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. Secara geografis Indonesia terletak di antara Samudra Pasifik dan Samudra Hindia, oleh karena itu wilayah perairan Indonesia memiliki karakteristik gelombang yang beragam. 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> dengan selatan berbatasan dengan samudra Hindia. Pulau Bali merupakan salah satu destinasi wisata bahari yang cukup terkenal dan ramai dikunjungi oleh wisatawan mancanegara yang berkunjung ke Indonesia. Salah satu bidang destinasi wisata yang diminati adalah selancar, ini dikarenakan kondisi gelombang yang mendukung untuk melakukan kegiatan tersebut. Disamping potensi yang dimiliki pantai di pesisir selatan pulau Bali rentan terhadap erosi dan abrasi pantai sehingga diperlukan pengetahuan dan pemahaman terhadap karakteristik gelombang laut dalam di perairan tersebut agar dapat memutuskan penanganan yang tepat. Pengetahuan akan karakteristik gelombang sangat diperlukan dalam kegiatan yang berhubungan dengan laut seperti pariwisata pantai, kegiatan pelayaran, pemanfaatan sumberdaya kelautan dan perencanaan bangunan laut. Dalam perencanaan bangunan laut juga dibutuhkan informasi mengenai prediksi gelombang ekstrim dengan kala ulang tertentu sebagai dasar dalam perencanaan tersebut. Berdasarkan pertimbangan tersebut, diperlukan analisis karakteristik dan kala ulang gelombang di perairan selatan pulau Bali.

## LANDASAN TEORI

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



Gambar 1. Profil 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. Faktor yang paling dominan dalam proses pembangkitan gelombang adalah angin. Pada dasarnya gelombang bangkitan angin adalah kompleks dan multi arah. Sebagai penyederhanaan profil gelombang pada Gambar

1.1 diformulasikan seperti berikut (Paotonan, 2015) :

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

Dimana, H, L, T, h, t dan x masing-masing adalah tinggi gelombang panjang gelombang, periode gelombang, kedalaman air, waktu dan jarak.

Metode Fisher Tippet 1

$$P(H_s \leq H_{sm}) = 1 - \frac{m - 0,44}{NT + 0,12} \quad (2.2)$$

$$H_{sm} = A y_m + B \quad (2.3)$$

$$y_m = -\ln \{-\ln P(H_s \leq H_{sm})\} \quad (2.4)$$

$$\hat{A} = \frac{n \sum H_{sm} Y_m - \sum H_{sm} \sum Y_m}{n \sum Y_m^2 - (\sum Y_m)^2} \quad (2.5)$$

$$H_{sr} = A y_r + B \quad (2.6)$$

$$y_r = -\ln \{-\ln(1 - \frac{1}{LT_R})\} \quad (2.7)$$

Metode Weibull :

$$P(H_s \leq H_{sm}) = 1 - \frac{m - 0,22 \frac{y_m}{\sqrt{k}}}{NT + 0,22 \frac{y_m}{\sqrt{k}}} \quad (2.8)$$

$$H_{sm} = A y_m + B \quad (2.9)$$

$$y_m = -\ln \{1 - P(H_s \leq H_{sm})\}^{1/k} \quad (2.10)$$

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

$$H_{sr} = A y_r + B \quad (2.12)$$

$$y_r = \{\ln(LT_r)\}^{1/k} \quad (2.13)$$

Dengan:

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

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

$M$  : nomor urut tinggi gelombang signifikan.

$NT$  : jumlah kejadian gelombang selama pencatatan.

$H_{sr}$  : Tinggi gelombang signifikan dengan periode ulang  $T_r$

$T_R$  : periode ulang (tahun)

$K$  : panjang data (tahun)

Deviasi standar yang dinormalkan dihitung dengan persamaan berikut:

$$\sigma_{nr} = \frac{1}{\sqrt{N}} [1 + a(y_r - c + \varepsilon \ln v)^2]^{1/2} \quad (2.14)$$

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

$v$  :  $\frac{N}{N_T}$

**Tabel 1.** Koefisien untuk menghitung deviasi standar

Distribusi	$a_1$	$a_2$	$k$	$C$	$\varepsilon$
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: Teknik Pantai, 1999

Pada penelitian ini menggunakan weibull k=0,75.

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

$$\sigma = \sigma_{nr} \sigma H_s \quad (2.15)$$

Dengan:

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

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

**Tabel 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: Teknik Pantai, 1999

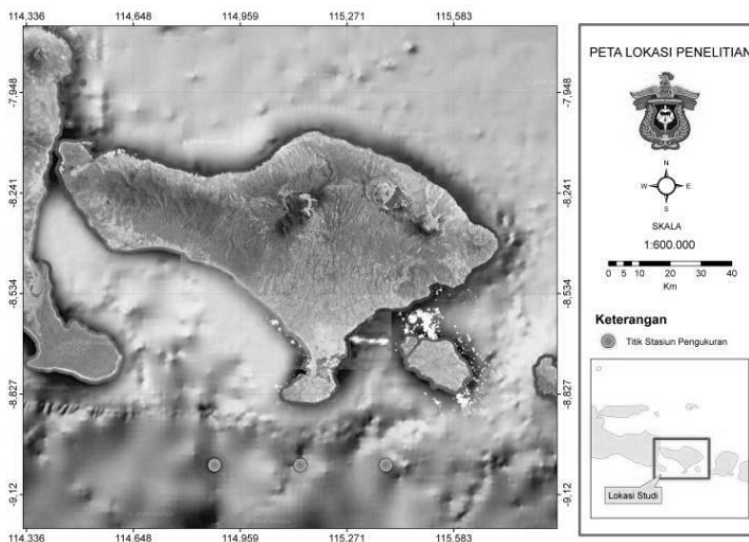
## METODE PENELITIAN

Penelitian berlokasi di perairan selatan pulau Bali. Data yang digunakan bersumber dari *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts* (ECMWF) berupa data tinggi gelombang signifikan, periode dan arah gelombang dengan resolusi ( $0.25^\circ \times 0.25^\circ$ ). Panjang data yang digunakan adalah data dalam kurun waktu 15 tahun (2005-2019) yang direkam tiap 6 jam. Data tersebut kemudian dianalisis untuk memperoleh kala ulang gelombang ekstrim untuk kala ulang 2, 5, 10, 25,50 dan 100 tahun.

## HASIL DAN DISKUSI

### Karakteristik Gelombang

Lokasi stasiun pengambilan data dibagi menjadi beberapa titik untuk memperoleh gambaran secara umum karakteristik gelombang di perairan selatan pulau Bali seperti yang diperlihatkan pada gambar berikut:



Gambar 2. Peta Lokasi Penelitian

Berdasarkan hasil analisis awal data pada ketiga lokasi tersebut diperoleh bahwa karakteristik gelombangnya relative sama sehingga dalam analisis lebih lanjut diambil salah satu stasiun yang mewakili karakteristik gelombang yakni lokasi 2 yang letaknya berada ditengah. Adapun persentasi kejadian gelombang berdasarkan arah pada lokasi 2 dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 3. Persentasi kejadian gelombang berdasarkan arah

Arah	Data	Persentasi Kejadian (%)
Utara	0	0.00
Timur Laut	0	0.00
Timur	0	0.00
Tenggara	272	1.24
Selatan	8409	38.38
Barat Daya	13063	59.62
Barat	168	0.77
Barat Laut	0	0.00

Sumber: Hasil Analisis

Berdasarkan Tabel 1.3 terlihat bahwa arah gelombang dominan terjadi pada arah Barat Daya dengan persentasi kejadian sebesar 59.62% dari 21.912 kejadian gelombang diikuti arah Selatan 38.38%, Tenggara 1.24% dan arah Barat dengan persentasi 0.77%. Selain persentasi kejadian gelombang berdasarkan arah, parameter lain yang dianalisis adalah persentase

kejadian gelombang berdasarkan interval tinggi gelombang dan hasilnya diperlihatkan pada tabel berikut.

**Tabel 4.** Persentasi kejadian gelombang berdasarkan Interval Tinggi

Interval (m)	Data	Persentasi Kejadian (%)
0 - 0.5	0	0.00
0.5 - 1	174	0.79
1.0 - 2.0	14429	65.85
2.0 - 4.0	7302	33.32
> 4.0	7	0.03

Sumber: Hasil Analisis

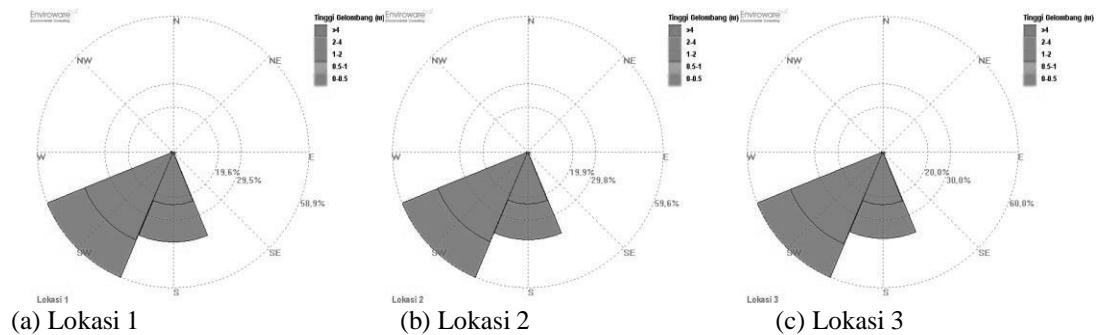
Tabel 1.4. menunjukkan bahwa prentasi kejadian gelombang yang dominan terjadi adalah gelombang dengan interval tinggi 1 - 2 m (65.85%), kemudian interval 2 - 4 m (33.32%), interval 0.5 – 1 m (0.79%) dan kejadian yang lebih tinggi dari 4 m (0.03%). Selain persentasi kejadian berdasarkan arah dan interval tinggi gelombang, dilakukan pula analisis tinggi dan periode gelombang rata-rata dan hasilnya disajikan pada tabel berikut.

**Tabel 5.** Tinggi dan periode gelombang rata-rata berdasarkan arah

Arah	Tinggi Rata-Rata (m)	Periode Rata-Rata (s)
Utara	0,000	0.00
Timur Laut	0,000	0.00
Timur	0,000	0.00
Tenggara	2,005	7.94
Selatan	1,925	10.18
Barat Daya	1,794	10.84
Barat	2,496	7.98
Barat Laut	0,000	0

Sumber: Hasil Analisis

Tabel 1.5. memperlihatkan bahwa tinggi gelombang rata-rata yang paling besar nilainya adalah gelombang yang merambat dari arah barat (2.496m/s), disusul masing-masing dari arah tenggara (2.005m/s), arah selatan (1.925m/s) dan arah barat daya (1.794m/s). Kemudian periode gelombang rata-rata dari arah tenggara, selatan, barat daya dan barat masing masing sebesar 7.94s; 10.18s; 10.84s; 7.98s. Selain penyajian data gelombang dalam bentuk tabulasi, juga disajikan dalam bentuk mawar gelombang seperti pada gambar berikut.



**Gambar 1.3.** Mawar Gelombang Untuk Tiap Lokasi

### Kala Ulang Gelombang

Dengan menggunakan data tinggi gelombang signifikan tahunan maksimum serta menerapkan metode fisher tippet- 1 dan weibull, gelombang tertinggi dengan periode ulang tertentu terjadi pada arah barat. Adapun tinggi gelombang dengan periode ulang tertentu pada arah barat dapat dilihat pada tabel berikut:

**Tabel 6.** Tinggi gelombang dengan periode ulang tertentu dari arah Barat

Kala Ulang	H(m)		H-1,28σ (m)		H+1,28σ (m)	
	Weibu II	Fisher Tippet-1	Weibu II	Fisher Tippet-1	Weibu II	Fisher Tippet-1
2	2.90	3.01	2.60	2.78	3.20	3.24
5	3.33	3.53	2.66	3.16	3.99	3.90
10	3.71	3.87	2.67	3.37	4.75	4.37
25	4.28	4.30	2.68	3.63	5.88	4.98
50	4.75	4.62	2.69	3.81	6.82	5.43
100	5.25	4.94	2.69	4.00	7.82	5.89

Sumber: Hasil Analisis

Table 1.6 memperlihatkan bahwa untuk gelombang dari arah barat pada kala ulang 2, 5, 10 dan 25 tahun nilai tengah tinggi gelombang yang dihitung dengan menggunakan metode Fisher Tippet-1 lebih besar dibandingkan nilai tengah tinggi gelombang yang dihitung dengan menggunakan metode Weibull. Namun jika dilihat dari perspektif rentang tinggi gelombang maksimum dan minimum berdasarkan kala ulang, diperoleh rentang nilai tinggi gelombang yang diperoleh dengan menggunakan metode Weibull lebih besar dibandingkan rentang nilai tinggi gelombang yang diperoleh dengan menggunakan metode Fisher Tippet-1. Adapun persentasi selisih tinggi gelombang dengan kala ulang tertentu menggunakan metode Fisher Tippet-1 dan Weibull dapat dilihat pada table berikut:

**Tabel 7.** Selisih Perhitungan Tinggi gelombang dengan periode ulang tertentu dari arah Barat

Kala Ulang	Selisih (%)		
	H(m)	H-1,28σ (m)	H+1,28σ (m)
2	-4%	-7%	-1%
5	-6%	-19%	2%
10	-4%	-26%	8%
25	0%	-35%	15%
50	3%	-42%	20%
100	6%	-49%	25%

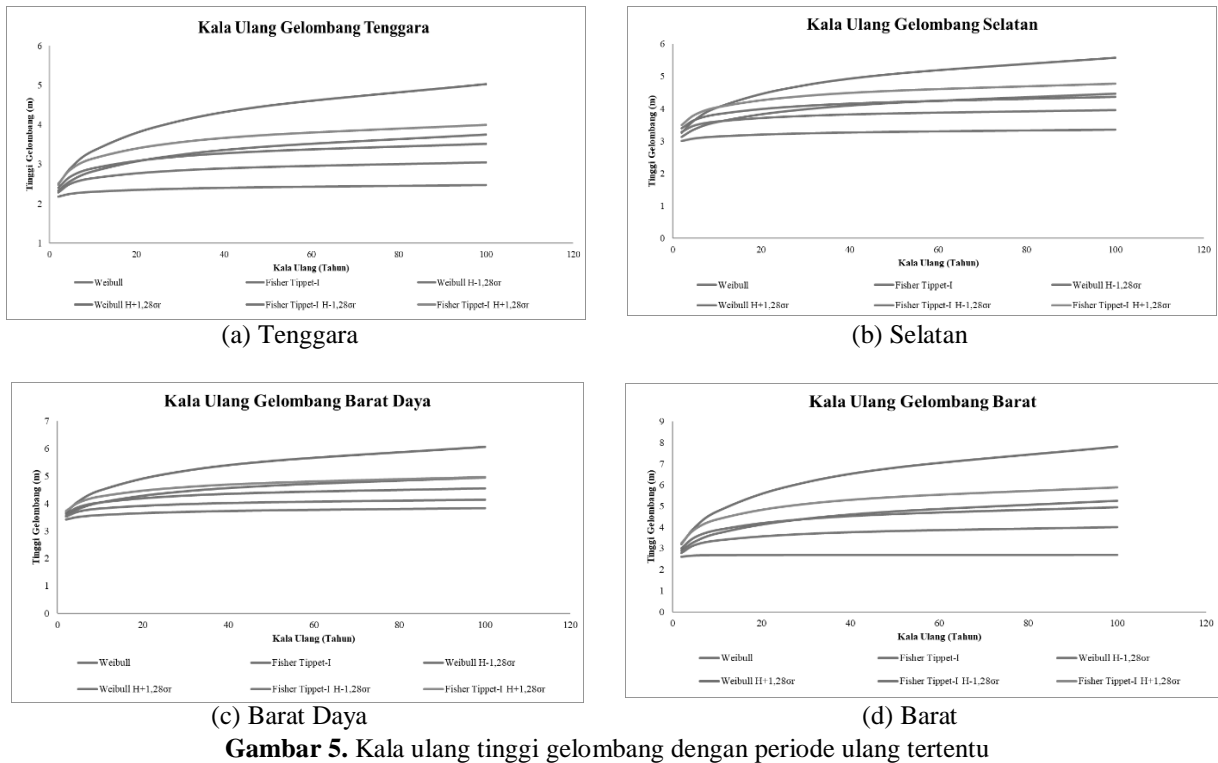
Sumber: Hasil Analisis

Berdasarkan table 1.7 diperoleh bahwa persentasi selisih nilai tengah tinggi gelombang yang dihitung berdasarkan metode Weibull dan Fisher Tippet-1 untuk semua kala ulang relatif fluktuatif. Sedangkan semakin besar kala ulang, perbedaan persentasi selisih batas bawah dan batas atas tinggi gelombang yang dihitung berdasarkan metode Weibull dan Fisher Tippet-1 semakin besar. Secara grafik persentasi selisih tinggi gelombang menggunakan metode Weibull dan Fisher Tippet-1 dapat dilihat pada gambar berikut:

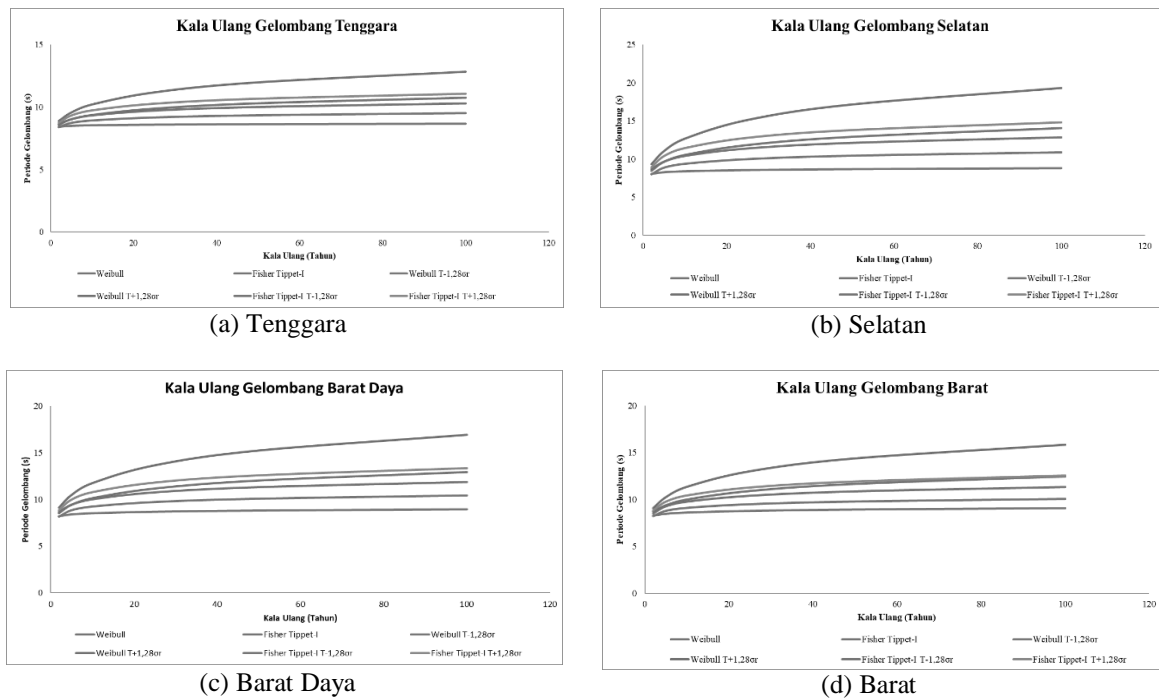


**Gambar 4.** Persentasi Selisih Tinggi Gelombang

Adapun penyajian data tinggi dan periode gelombang dengan periode ulang tertentu pada tiap arah secara grafik pada tiap arah dapat dilihat pada gambar berikut:



**Gambar 5.** Kala ulang tinggi gelombang dengan periode ulang tertentu



**Gambar 6.** periode gelombang dengan kala ulang tertentu

## KESIMPULAN

Dari hasil analisis data diperoleh informasi sebagai berikut:

1. Gelombang dengan peluang kejadian tertinggi terjadi pada arah Barat Daya (59.62%), dengan tinggi dan periode gelombang rata-rata masing masing sebesar 1,794 m dan 10,84s
2. Interval tinggi gelombang yang dominan terjadi berada dikisaran tinggi 1 - 2 meter dengan peluang kejadian 65,85%.
3. Perhitungan kala ulang tertinggi didapatkan dari arah barat menggunakan metode weibull dan Fisher Tippet-1 masing masing dengan interval tinggi 2,69 – 7,82 meter dan 4 – 5,89 meter.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aziz F. M., 2006, Gerak Air Dilaut, Oseana Volume XXXI Nomor 4
- Paotonan C., 2015, Pendekatan Analitis Gelombang Melalui Pemecah Gelombang Tipe *Pilecap*, Seminar Nasional Teknik Sipil V
- Paotonan C., 2008, Prediksi Parameter Gelombang Maksimum di Pesisir Selatan Pelataran Mammasatta Provinsi Sulawesi Selatan, Buletin Penelitian Seri Teknologi Jurusan Teknik Perkapalan Unhas Vol. V No.2
- Santoso M., 2015, Studi Eksperimen Dan Analisa Energi Listrik Yang Dihasilkan Oleh Mekanisme Pltgl Tipe Pelampung Silinder Dengan Variasi Inersia Lengan Dan Ketinggian Prototipe Terhadap Permukaan Air, Skripsi
- Triatmojo B., 1999, Teknik Pantai, Beta Offset.