

**ANALISIS KARAKTERISTIK GELOMBANG LAUT DENGAN PERIODE
ULANG DI PERAIRAN SELATAN JAWA BARAT**

SKRIPSI

Oleh:

HIJRIYAH CHAERUNNISA MUFTI

NIM. 155080607111018



**PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN
JURUSAN PEMANFAATAN SUMBERDAYA PERIKANAN DAN KELAUTAN
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2019**

**ANALISIS KARAKTERISTIK GELOMBANG LAUT DENGAN PERIODE
ULANG DI PERAIRAN SELATAN JAWA BARAT**

SKRIPSI

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Meraih Gelar Sarjana
Kelautan di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan
Universitas Brawijaya**

Oleh:

**HIJRIYAH CHAERUNNISA MUFTI
NIM. 155080607111018**



**PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN
JURUSAN PEMANFAATAN SUMBERDAYA PERIKANAN DAN KELAUTAN
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2019**

LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI

ANALISIS KARAKTERISTIK GELOMBANG LAUT DENGAN PERIODE
ULANG DI PERAIRAN SELATAN JAWA BARAT

Oleh:
HIJRIYAH CHAERUNNISA MUFTI
NIM. 165080607111018

Telah dipertahankan didapan penguji
ada tanggal 28 Oktober 2019
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dosen Pembimbing I

(**Nurin Hidayati, S.T., M.Sc**)
NIP. 19781102 200502 2 001
Tanggal: 19 NOV 2019

Menyetujui.

Dosen Pembimbing II

(**Citra Satrya Utama Dewi, S.Pi., M.Si.**)
NIK. 2013048401272001
Tanggal: 19 NOV 2019

Mengetahui:

Ketua Jurusan PSPK

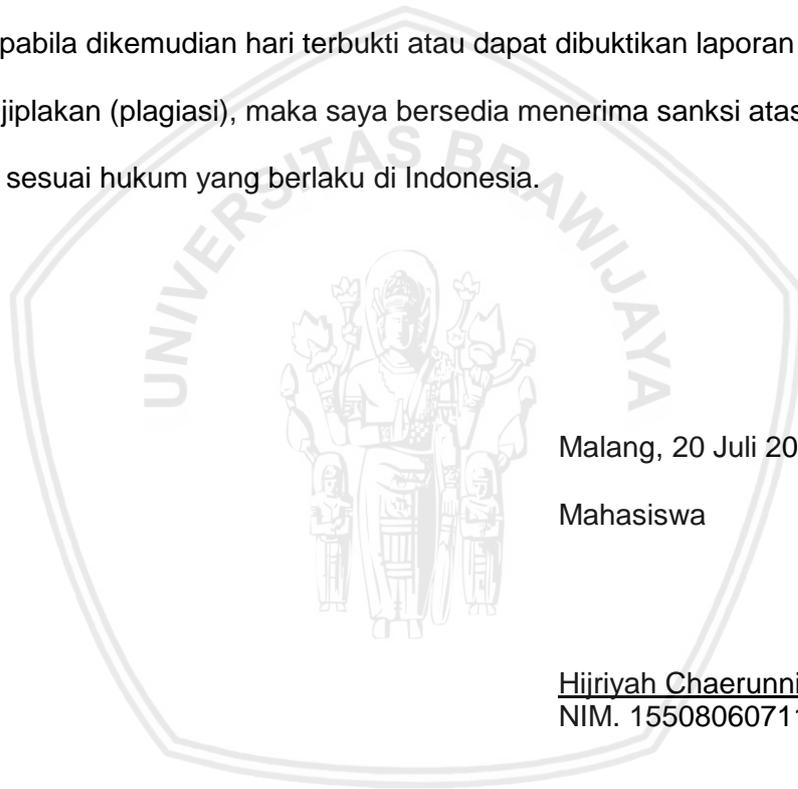


(**Dr. Eng. Abu Bakar Sambah, S.Pi., M.T.**)
NIP.19780717 200502 1 004
Tanggal: 19 NOV 2019

PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam laporan skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali yang tertulis dalam naskah ini disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan laporan skripsi ini hasil penjiplakan (plagiasi), maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut, sesuai hukum yang berlaku di Indonesia.



Malang, 20 Juli 2019

Mahasiswa

Hijriyah Chaerunnisa Mufti
NIM. 155080607111018

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyadari telah banyak pihak yang membantu selama proses Praktik Kerja Magang dan penyusunan laporan ini. Untuk itu, dalam kesempatan berikut, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Allah SWT atas berkah, rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan Praktik Kerja Magang ini.
2. Orang tua penulis, Ayah Drs. M. Mufti Ganefo dan Ibu Raehana, yang selalu memberikan dukungan berupa doa serta restu kepada penulis.
3. Kakak penulis, Ratih Armitha Mufti, yang memberikan dukungan berupa motivasi dan semangat kepada penulis.
4. Ibu Nurin Hidayati, ST, M.Sc selaku Dosen Pembimbing yang telah meluangkan waktu guna memberikan masukan serta pengarahan dalam proses bimbingan selama proses pelaksanaan penelitian.
5. Ibu Citra Satya Utama Dewi, S.Pi., M.Si selaku Dosen Pembimbing yang telah meluangkan waktu guna memberikan masukan serta pengarahan dalam proses bimbingan selama proses pelaksanaan penelitian.
6. Keluarga besar "POLARIS" Ilmu Kelautan 2015 selaku keluarga dan teman teman seperjuangan di lingkungan kampus yang selalu memberikan dukungan satu sama lain.

RINGKASAN

HIJRIYAH CHAERUNNISA MUFTI. Skripsi tentang Analisis Karakteristik Gelombang Laut dengan Periode Ulang di Perairan Selatan Jawa Barat (dibawah bimbingan: **Nurin Hidayati, S.T., M.Sc** dan **Citra Satya Utama Dewi, S.Pi., M.Si**).

Pada perairan laut, terdapat gelombang sebagai faktor oseanografi fisika pada perairan laut. Gelombang laut dapat didefinisikan sebagai proses gerakan naik turunnya molekul air laut, membentuk puncak dan lembah pada lapisan permukaan air laut. Gelombang mempunyai karakteristik yang dapat berubah pada bentuk, kecepatan rambat, tinggi gelombang, perubahan arah, gelombang pecah, dan lain sebagainya. Perbedaan karakteristik gelombang dapat terjadi karena perbedaan kedalaman dan perbedaan sedimen. Data gelombang ekstrim yang terjadi di suatu perairan diperoleh dari hasil peramalan periode ulang dengan menggunakan metode *Weibull*. Prediksi tinggi gelombang menggunakan periode ulang yang dilakukan pada penelitian ini berlokasi di perairan Selatan Jawa Barat. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik gelombang di Perairan Selatan Jawa Barat dan mengetahui peramalan tinggi gelombang dengan menggunakan periode ulang metode *Weibull*. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan data tinggi gelombang dari *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts* (ECMWF) selama 15 tahun terakhir (2004-2018) dan data ketinggian gelombang yang didapatkan dari BMKG selama 5 tahun terakhir (2014-2018) sebagai validasi data.

Hasil yang didapatkan dari penelitian ini berupa data karakteristik gelombang di perairan Selatan Jawa Barat seperti data gelombang signifikan (H_s), data gelombang maksimum (H_{max}), data gelombang rata rata (H_{100}) dan data ketinggian gelombang periode ulang selama 100 tahun. Ketinggian gelombang tertinggi di perairan Selatan Jawa Barat terjadi pada musim Timur yaitu bulan Juni-Agustus. Perairan Selatan Jawa Barat bagian Utara memiliki tinggi gelombang signifikan (H_s) 2-2,3 meter, ketinggian gelombang maksimumnya (H_{max}) 3,6-3,8 meter dan ketinggian gelombang rerata (H_{100}) yaitu 1,9-2,1 meter. Sedangkan tinggi gelombang signifikan (H_s) Perairan Selatan Jawa Barat bagian Selatan yaitu 2,6-2,8 meter, ketinggian gelombang maksimum (H_{max}) 4,1-4,8 meter, dan ketinggian gelombang rerata (H_{100}) yaitu 1,9-2,1 meter. Tinggi gelombang periode ulang di Perairan Selatan Jawa Barat berkisar 3,6-4,9 meter untuk periode ulang 10-100 tahun. Berdasarkan hasil perhitungan gelombang periode ulang, ketinggian gelombang yang mencapai 4 meter dapat mengganggu keselamatan warga yang beraktifitas dan kapal nelayan yang berada di sekitar Perairan Selatan Jawa Barat.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga proposal penelitian ini dapat terselesaikan dengan baik. Proposal penelitian ini dibuat sebagai rancangan dari kegiatan penelitian penulis dengan mengambil topik mengenai gelombang. Judul yang diambil sebagai hasil perkembangan dari topik yang akan dibahas dalam kegiatan Penelitian ini ialah **“ANALISIS KARAKTERISTIK GELOMBANG LAUT DENGAN PERIODE ULANG DI PERAIRAN SELATAN JAWA BARAT”**.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dan keterbatasan pengetahuan yang dimiliki penulis untuk penulisan proposal ini. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan saran dan kritik yang membangun guna pembuatan tulisan-tulisan di masa yang akan datang.

Malang, Maret 2019

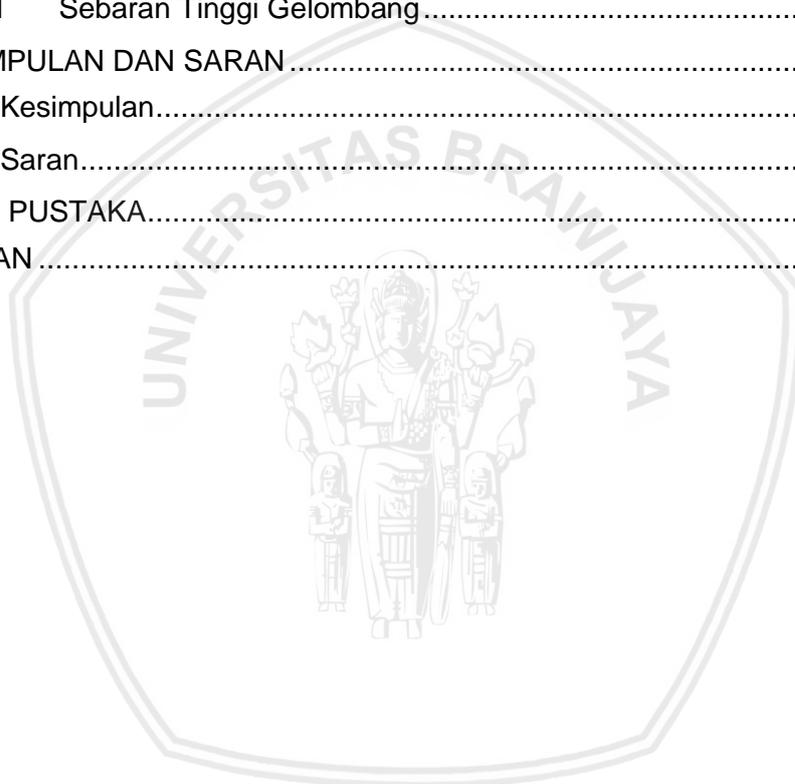
Penulis

DAFTAR ISI

	Hal
LEMBAR PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
UCAPAN TERIMA KASIH.....	iii
RINGKASAN	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
I. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Kegunaan.....	3
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Gelombang Laut.....	4
2.2 Gelombang Representatif.....	4
2.3 Periode Ulang Gelombang.....	5
2.4 Transformasi Gelombang	6
2.5 Metode Weibull.....	7
2.6 ECMWF.....	10
2.7 Metode Uji Validasi Data Gelombang ECMWF dengan BMKG.....	11
III. METODE PENELITIAN.....	12
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	12
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	12
3.3 Skema Penelitian.....	13
3.4 Teknik Pengumpulan Data.....	13
3.5 Teknik Pengolahan Data	15
3.5.1 Pengolahan Data Gelombang ECMWF	15
3.5.2 Pengolahan Data BMKG	16
3.5.3 Penentuan Karakteristik Gelombang Laut.....	16
3.5.4 Pengolahan Data Gelombang Periode Ulang	17
3.6 Uji Validasi Data ECMWF dengan Data BMKG	20



4. HASIL DAN PEMBAHASAN	22
4.1 Keadaan Umum Perairan Selatan Jawa Barat.....	22
4.2 Uji Validasi Data ECMWF dengan Data BMKG	23
4.3 Karakteristik Gelombang Data ECMWF.....	25
4.3.1 Gelombang Signifikan Bulanan.....	25
4.3.2 Gelombang Signifikan Musiman	27
4.3.3 Karakteristik Gelombang 15 Tahun.....	31
4.3.4 Peta Sebaran Tinggi Gelombang Signifikan Tahun 2004-2018.....	33
4.4 Prediksi Gelombang Periode Ulang menggunakan Metode Weibull	33
4.4.1 Sebaran Tinggi Gelombang	36
5. KESIMPULAN DAN SARAN	41
5.1 Kesimpulan.....	41
5.2 Saran.....	42
DAFTAR PUSTAKA.....	43
LAMPIRAN	45



DAFTAR GAMBAR

	Hal
Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian.....	12
Gambar 2. Skema Penelitian	14
Gambar 3. Sebaran Stasiun pada ECMWF	15
Gambar 4. Peta pemilihan titik.....	24
Gambar 5. Rata rata tinggi gelombang bulanan di tiga Stasiun.....	26
Gambar 6. Rata rata periode gelombang bulanan di tiga Stasiun	26
Gambar 7. Grafik tinggi gelombang signifikan berdasarkan musim.....	28
Gambar 8. Grafik periode gelombang signifikan berdasarkan musim	28
Gambar 9. Peta sebaran tinggi gelombang Perairan Selatan Jawa Barat pada musim barat tahun 2004-2018	29
Gambar 10. Peta sebaran tinggi gelombang Perairan Selatan Jawa Barat pada musim peralihan 1 tahun 2004-2018.....	29
Gambar 11. Peta sebaran tinggi gelombang Perairan Selatan Jawa Barat pada musim timur tahun 2004-2018	30
Gambar 12. Peta sebaran tinggi gelombang Perairan Selatan Jawa Barat pada musim peralihan 2 tahun 2004-2018.....	30
Gambar 13. Tinggi gelombang pada Stasiun 11 tahun 2004-2018	31
Gambar 14. Periode gelombang pada Stasiun 11 tahun 2004-2018.....	32
Gambar 15. Sebaran tinggi gelombang signifikan 15 tahun (2004-2018).....	33
Gambar 16. Peta sebaran tinggi gelombang periode ulang 10 tahunan.....	37
Gambar 17. Peta sebaran tinggi gelombang periode ulang 15 tahunan.....	37
Gambar 18. Peta sebaran tinggi gelombang periode ulang 20 tahunan.....	38
Gambar 19. Peta sebaran tinggi gelombang periode ulang 25 tahunan.....	38
Gambar 20. Peta sebaran tinggi gelombang periode ulang 50 tahunan.....	39
Gambar 21. Peta sebaran tinggi gelombang periode ulang 75 tahunan.....	39
Gambar 22. Peta sebaran tinggi gelombang periode ulang 100 tahunan.....	40
Gambar 23. Rata rata Tinggi Gelombang Signifikan Bulanan Stasiun 11 tahun 2004-2018	49
Gambar 24. Rata rata Periode Gelombang Signifikan Bulanan Stasiun 11 tahun 2004-2018	49
Gambar 25. Rata rata Tinggi Gelombang Signifikan Bulanan Stasiun 28 tahun 2004-2018	50
Gambar 26. Rata rata Periode Gelombang Signifikan Bulanan Stasiun 28 tahun 2004-2018	50
Gambar 27. Rata rata Tinggi Gelombang Signifikan Bulanan Stasiun 33 tahun 2004-2018	51
Gambar 28. Rata rata Periode Gelombang Signifikan Bulanan Stasiun 33 tahun 2004-2018	51
Gambar 29. Rata rata Tinggi Gelombang Signifikan Berdasarkan Musim di Stasiun 11 Tahun 2004-2018.....	52

Gambar 30. Rata rata Periode Gelombang Signifikan Berdasarkan Musim di Stasiun 11 Tahun 2004-2018.....	52
Gambar 31. Rata rata Tinggi Gelombang Signifikan Berdasarkan Musim di Stasiun 28 Tahun 2004-2018.....	53
Gambar 32. Rata rata Periode Gelombang Signifikan Berdasarkan Musim di Stasiun 28 Tahun 2004-2018.....	53
Gambar 33. Rata rata Tinggi Gelombang Signifikan Berdasarkan Musim di Stasiun 33 Tahun 2004-2018.....	54
Gambar 34. Rata rata Periode Gelombang Signifikan Berdasarkan Musim di Stasiun 33 Tahun 2004-2018.....	54
Gambar 35. Peta sebaran tinggi gelombang signifikan tahun 2004	55
Gambar 36. Peta sebaran tinggi gelombang signifikan tahun 2005	55
Gambar 37. Peta sebaran tinggi gelombang signifikan tahun 2006	55
Gambar 38. Peta sebaran tinggi gelombang signifikan tahun 2007	56
Gambar 39. Peta sebaran tinggi gelombang signifikan tahun 2008	56
Gambar 40. Peta sebaran tinggi gelombang signifikan tahun 2009	56
Gambar 41. Peta sebaran tinggi gelombang signifikan tahun 2010	57
Gambar 42. Peta sebaran tinggi gelombang signifikan tahun 2011	57
Gambar 43. Peta sebaran tinggi gelombang signifikan tahun 2012	57
Gambar 44. Peta sebaran tinggi gelombang signifikan tahun 2013	58
Gambar 45. Peta sebaran tinggi gelombang signifikan tahun 2014	58
Gambar 46. Peta sebaran tinggi gelombang signifikan tahun 2015	58
Gambar 47. Peta sebaran tinggi gelombang signifikan tahun 2016	59
Gambar 48. Peta sebaran tinggi gelombang signifikan tahun 2017	59
Gambar 49. Peta sebaran tinggi gelombang signifikan tahun 2018	59

DAFTAR TABEL

	Hal
Tabel 1. Koefisien untuk menghitung standar deviasi	9
Tabel 2. Alat Penelitian	13
Tabel 3. Data Penelitian.....	13
Tabel 4. Perhitungan gelombang periode ulang metode <i>Weibull</i>	17
Tabel 5. Gelombang dengan periode ulang tertentu	19
Tabel 6. Analisis MRE	24
Tabel 7. Ketinggian dan periode gelombang musiman	27
Tabel 8. Tabel tinggi gelombang maksimum tahun 2004-2018	34
Tabel 9. Perhitungan probabilitas gelombang periode ulang Stasiun 11	35
Tabel 10. Ketinggian gelombang periode ulang 100 tahunan di Stasiun 11	36



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Titik Koordinat	45
Lampiran 2. Ketinggian gelombang representatif di Stasiun 11.....	46
Lampiran 3. Ketinggian gelombang representatif di Stasiun 28.....	47
Lampiran 4. Ketinggian gelombang representatif di Stasiun 33.....	48
Lampiran 5. Grafik Tinggi Gelombang Signifikan Bulanan	49
Lampiran 6. Grafik Tinggi Gelombang Signifikan Musiman.....	52
Lampiran 7. Peta Sebaran Tinggi Gelombang Signifikan berdasarkan Tahun ...	55



I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada perairan laut, terdapat gelombang sebagai faktor oseanografi fisika pada perairan laut. Gelombang laut dapat didefinisikan sebagai proses gerakan naik turunnya molekul air laut, membentuk puncak dan lembah pada lapisan permukaan air laut. Gelombang ini bersumber dari beberapa faktor, antara lain angin dan juga pergerakan kapal. Gelombang mempunyai karakteristik yang dapat berubah pada bentuk, kecepatan rambat, tinggi gelombang, perubahan arah, gelombang pecah, dan lain sebagainya. Perbedaan karakteristik gelombang dapat terjadi karena perbedaan kedalaman, perbedaan sedimen, dan adanya rintangan seperti terumbu karang. Gelombang dapat digambarkan dalam bentuk sketsa gelombang monokromatik (Febri *et. al.*, 2015).

Gelombang laut yang terjadi di perairan Indonesia sebagian besar dipengaruhi oleh musim yang terjadi di Indonesia. Secara klimatologis wilayah Indonesia dipengaruhi oleh angin musim Barat dan musim Timur. Musim Barat terjadi pada Bulan Desember – Februari, sedangkan musim Timur terjadi pada Bulan Juni – Agustus. Diantara musim Barat dan musim Timur, terdapat musim peralihan yang terjadi pada Bulan Maret – Mei dan Bulan September - November. Tinggi dan periode gelombang memiliki nilai ketinggian yang berbeda-beda dari setiap musimnya (Kurniawan *et. al.*, 2012).

Analisa gelombang adalah hal yang sangat penting dalam perencanaan pelabuhan. Maka dari itulah dilakukan perhitungan dan analisa gelombang agar dapat membantu dalam perencanaan bangunan di lepas pantai. Data gelombang suatu perairan bisa didapatkan dengan melakukan peramalan gelombang. Dari data hasil peramalan tersebut, maka akan didapatkan karakteristik gelombang

tahunan. Berdasarkan data karakteristik gelombang tersebut dapat diperkirakan tinggi suatu gelombang dapat disamai atau dilampaui satu kali dalam T tahun, dan gelombang tersebut dikenal sebagai gelombang periode ulang. Untuk menetapkan gelombang dengan periode ulang dibutuhkan data gelombang dalam jangka waktu pengukuran cukup panjang (beberapa tahun) (Triatmodjo, 1999). Metode peramalan gelombang periode ulang dapat digunakan untuk mengetahui gelombang ekstrim yang terjadi di suatu perairan. Metode peramalan gelombang periode ulang dapat dihitung dengan menggunakan metode *Weibull*.

Provinsi Jawa Barat terletak diantara dua perairan yang memiliki karakteristik berbeda. Pada perairan bagian utara, karakteristik perairan cenderung memiliki tipe topografi yang landai, gelombang kecil, dan berbatasan dengan laut Jawa. Namun karakteristik ini berkebalikan dengan karakteristik pada perairan bagian selatan yang memiliki tipe topografi yang curam, gelombang besar, dan berbatasan dengan Samudera Hindia. Wilayah Selatan Jawa Barat merupakan daerah pesisir yang langsung berhadapan dengan Samudera Hindia dengan karakteristik gelombang dan angin yang berfluktuasi sepanjang tahun. Wilayah ini merupakan salah satu daerah dengan kekuatan angin dan gelombang yang tinggi sebagai implikasi dari benua Australia dan Asia (monsun) dan berbatasan dengan samudera. Pergeseran angin dan gelombang yang berlangsung sekitar tiga bulanan (Purba, 2014).

Adanya gelombang tinggi atau gelombang ekstrim dapat mempengaruhi aktivitas laut. Namun, akibat dari gelombang tinggi tersebut dapat dikurangi dengan tersedianya informasi karakteristik gelombang pada wilayah perairan Indonesia (Kurniawan *et. al.*, 2012). Perairan Selatan Jawa Barat memiliki tipe gelombang yang tinggi. Oleh karena itu, diperlukan adanya kajian dan pemahaman yang lebih mendalam mengenai karakteristik gelombang dari

Perairan Selatan Jawa Barat, sehingga kegiatan-kegiatan kelautan yang ada di wilayah tersebut dapat berjalan dengan baik dan efisien.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diatas, rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik gelombang laut di Perairan Selatan Jawa Barat?
2. Bagaimana prediksi ketinggian gelombang dengan periode ulang di Perairan Selatan Jawa Barat menggunakan metode Weibull?

1.3 Tujuan

Adapun tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui karakteristik gelombang di Perairan Selatan Jawa Barat
2. Mengetahui peramalan gelombang dengan periode ulang di Perairan Selatan Jawa Barat menggunakan metode Weibull.

1.4 Kegunaan

Adapun kegunaan dari hasil penelitian ini adalah informasi karakteristik gelombang bulanan, musim, dan tahunan yang dapat dijadikan bahan pertimbangan dalam rencana bangunan pantai. Hasil prediksi tinggi gelombang ekstrim periode ulang dapat digunakan sebagai acuan untuk keselamatan pelayaran dan meminimalisir terjadinya kecelakaan aktivitas di laut akibat gelombang tinggi.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gelombang Laut

Gelombang yang terbentuk di lautan dapat dibagi menjadi lima kategori berdasarkan gaya pembangkitnya. Gelombang di lautan dapat dibangkitkan oleh angin, gaya tarik-menarik bumi, bulan, dan matahari, gempa vulkanik atau tektonik yang bersumber dari dasar laut, dan gelombang akibat adanya gerakan kapal. Gelombang yang dibangkitkan oleh angin dan gaya tarik menarik bumi, bulan, dan matahari (pasang surut) yang terjadi sehari-hari digunakan untuk perhitungan bidang teknik pantai (Hasriyanti, 2015).

Gelombang laut merupakan suatu fenomena alam berupa kenaikan dan penurunan air secara perlahan dan dapat dijumpai di seluruh dunia. Gelombang yang berada di laut sering nampak tidak teratur dan sering berubah-ubah. Hal ini bisa diamati dari permukaan airnya yang diakibatkan oleh arah perambatan gelombang yang sangat bervariasi serta bentuk gelombangnya yang tidak beraturan, apalagi jika gelombang tersebut dibawah pengaruh angin (Loupatty, 2013).

2.2 Gelombang Representatif

Untuk mengetahui karakteristik gelombang, yang pertama dilakukan adalah analisa gelombang representatif. Penentuan karakteristik gelombang representatif diperlukan data tinggi dan periode gelombang. Data tinggi gelombang diurutkan terlebih dahulu dari nilai terbesar sampai dengan nilai terendah. Namun dalam pengurutan data tinggi gelombang tidak dilakukan pengurutan pada data periode gelombang. Data periode gelombang dibiarkan saja mengikuti urutan tinggi gelombang yang disortasi dengan maksud lain data periode gelombang tidak dilakukan sortasi. Gelombang representatif terdiri dari

tinggi maksimum (H_{max}), periode maksimum (T_{max}), tinggi signifikan (H_s), periode signifikan (T_s), tinggi rerata (H_{100}), dan periode maksimum (T_{100}). Berdasarkan hasil perhitungan gelombang representatif akan diperoleh tinggi gelombang signifikan yang digunakan untuk perhitungan perencanaan bangunan pantai (Hidayati, 2017).

Tinggi dan periode gelombang individu sangat diperlukan dalam perencanaan bangunan pantai. Gelombang tersebut dikenal dengan gelombang representatif. Tinggi gelombang dari hasil pencatatan diurutkan dari nilai yang tertinggi ke nilai terendah, atau sebaliknya untuk mendapatkan nilai tinggi H_n . Tinggi H_n merupakan rerata dari n persen gelombang tertinggi. Contohnya, H_{10} yang merupakan tinggi rerata dari 10 persen data gelombang tertinggi yang telah diurutkan. Namun umumnya paling banyak digunakan adalah tinggi rerata 33% atau H_{33} yang disebut juga H_s . Gelombang representatif lainnya dihitung berdasarkan gelombang signifikan (Triatmodjo, 2016).

2.3 Periode Ulang Gelombang

Frekuensi gelombang besar merupakan faktor yang mempengaruhi perencanaan bangunan pantai. Untuk menetapkan gelombang dengan periode ulang tertentu dibutuhkan data gelombang dalam jangka waktu pengukuran cukup panjang (beberapa tahun). Data tersebut bisa berupa data pengukuran gelombang atau data gelombang hasil prediksi (peramalan) berdasar data angin. Dari setiap tahun pencatatan dapat ditentukan gelombang representatif seperti H_s , H_{100} , H_1 , H_{max} dan sebagainya. Berdasarkan data 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 (Triatmodjo, 2016).

Untuk menetapkan gelombang dengan periode ulang tertentu dibutuhkan data gelombang dalam jangka waktu pengukuran cukup panjang (beberapa tahun). Berdasarkan data 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. perkiraan gelombang dengan periode ulang menggunakan hasil tinggi gelombang yang terbesar tiap tahunnya beserta periode gelombangnya (Hidayat, 2005).

Untuk keperluan perencanaan bangunan pantai, maka data gelombang yang diperoleh dari peramalan melalui data angin harus dipilih suatu tinggi yang dapat mewakili dan disebut tinggi gelombang representatif. Oleh karena itu data gelombang yang ada dipilih salah satu tinggi gelombang yang paling besar nilai setiap tahunnya, kemudian dihitung tinggi gelombang yang didapat. Ada dua metode yang biasa digunakan untuk menentukan suatu tinggi gelombang yang representatif dengan periode ulang tertentu. Metode yang dimaksud adalah distribusi Fisher-Tippet tipe I dan distribusi Weibull. Dalam studi ini digunakan distribusi Weibull.

2.4 Transformasi Gelombang

Transformasi Gelombang menurut Danial (2008), sejak keluar dari daerah pembentukannya, gelombang yang masih berada di laut dalam menjalani transformasi lebih teratur dibanding pada saat pembentukannya. Setelah memasuki suatu kawasan transisi, gelombang akan dipengaruhi oleh kedalaman kontur yang menyebabkan terjadinya proses deformasi gelombang baik dalam tinggi, periode dan kecepatannya. Beberapa bentuk transformasi gelombang adalah Refraksi, Difraksi, Refleksi, dan Shoaling (Pendangkalan).

Gelombang yang terjadi di laut secara dominan dibangkitkan oleh angin dan biasa disebut dengan gelombang angin. Gelombang dapat menimbulkan energy untuk membentuk pantai, menimbulkan arus dan transport sedimen dalam arah tegak lurus dan sepanjang. Gelombang merupakan faktor utama dalam perencanaan bangunan pelindung pantai. Suatu deretan gelombang yang bergerak menuju pantai akan mengalami perubahan bentuk yang disebabkan oleh proses refraksi, difraksi, refleksi dan pendangkalan. Dalam analisa deformasi gelombang sering dilakukan dengan konsep gelombang laut dalam ekuivalen. Pemakaian gelombang ini bertujuan untuk menetapkan tinggi gelombang yang mengalami refraksi dan difraksi. Tinggi gelombang laut dalam ekuivalen diberikan bentuk (Triatmodjo, 1999):

$$H'o = Ks.Kr.Ho.....(1)$$

dimana:

H'o = tinggi gelombang laut dalam ekuivalen

Ks = koefisien pendangkalan (*shoaling*)

Kr = koefisien refraksi

Ho = tinggi gelombang laut dalam

Konsep tinggi gelombang laut dalam ekuivalen ini digunakan dalam analisis gelombang pecah yang meliputi tinggi dan kedalaman gelombang pecah.

2.5 Metode Weibull

Metode Weibull adalah metode yang digunakan untuk menganalisa kekuatan angin. Analisa Weibull bertujuan untuk mencari nilai parameter bentuk maupun parameter skala. Selain itu, metode ini juga dapat menghasilkan grafik probabilitas Weibull. Kelemahan metode ini dibandingkan dengan metode Fisher Tippet Type I yaitu karena standar deviasi yang lebih besar. Hal ini menunjukkan nilai keakurasian yang relatif rendah. Weibull analysis dapat digunakan dalam model perancangan bangunan lepas pantai (Dharmawan, 2014).

Menurut Triatmodjo (2016), metode Weibull menghubungkan data seluruh gelombang ke dalam suatu persamaan regresi linier. Perhitungan distribusi probabilitas gelombang ini menggunakan rumus :

$$P(H_s \leq H_{sm}) = 1 - \frac{m-0.2 - \frac{0.27}{\sqrt{k}}}{NT+0.2 + \frac{0.27}{\sqrt{k}}} \dots \dots \dots (2)$$

Dengan:

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

H_{sm} : tinggi gelombang urutan ke m

m : nomor urut tinggi gelombang signifikan = 1,2,...N

N_T : jumlah kejadian gelombang selama pencatatan

Perhitungan distribusi probabilitas gelombang ke dalam persamaan linier sebagai berikut :

$$H_{sm} = \hat{A} y_m + B \dots \dots \dots (3)$$

Dengan y_m sebagai berikut :

$$y_m = [-\ln\{1-F(H_s \leq H_{sm})\}]^{1/k} \dots \dots \dots (4)$$

Untuk menghitung tinggi gelombang signifikan dari berbagai periode ulang dapat dihitung dengan menggunakan rumus fungsi distribusi probabilitas sebagai berikut :

$$H_{sr} = \hat{A} y_r + B \dots \dots \dots (5)$$

dimana nilai y_r dapat diketahui dari persamaan berikut :

$$y_r = \{\ln(L Tr)\}^{1/k} \dots \dots \dots (6)$$

Menurut Hidayati (2017), perhitungan interval keyakinan merupakan hal utama dalam analisis gelombang ekstrim. Hal ini dikarenakan 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 dengan standar deviasi. Interval keyakinan dihitung dengan anggapan bahwa tinggi gelombang signifikan pada periode ulang tertentu terdistribusi normal terhadap fungsi distribusi yang diperkirakan (Triatmodjo, 2016). Standar deviasi yang dinormalkan dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$\sigma_{nr} = \frac{1}{\sqrt{N}} [1 + \alpha (yr - c + \epsilon \ln v)^2]^{1/2} \dots\dots\dots(7)$$

dengan :

σ_{nr} : standar deviasi yang dinormalkan dari tinggi gelombang signifikan dengan periode T_r

N : jumlah data tinggi gelombang signifikan

dengan :

$$\alpha = \alpha_1 e^{\alpha_2 N - 1.3 + k \sqrt{-\ln v}} \dots\dots\dots(8)$$

Dengan nilai koefisien empiris berdasarkan Tabel 1.

Tabel 1. Koefisien untuk menghitung standar deviasi

Distribusi	α_1	α_2	K	C	ϵ
Fisher Tippet Type-1	0,64	9,00	0,93	0,00	1,33
Weibull (k= 0,75)	1,65	11,40	-0,63	0,00	1,15
Weibull (k= 1,00)	1,92	11,40	0,00	0,30	0,90
Weibull (k= 1,40)	2,05	11,40	0,69	0,40	0,72
Weibull (k= 2,00)	2,24	11,40	1,34	0,50	0,54

Nilai deviasi standar dari data tinggi gelombang periode ulang dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$\sigma = \left[\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (H_{sm} - \hat{H}_{sm})^2 \right]^{1/2} \dots\dots\dots(9)$$

2.6 ECMWF

Menurut Satria *et al.* (2015) menjelaskan bahwa, *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts* (ECMWF) merupakan organisasi internasional. Organisasi ini didukung oleh 31 negara anggota seperti Belgia, Denmark, Jerman, Greece, Spanyol, Prancis, Irlandia, Italia, Luxembourg, the Netherlands, Norway, Austria, Portugal, Switzerland, Finland, Sweden, Turkey, United Kingdom. Serta perjanjian kerjasama dengan negara Czech Republic, Montenegro, Estonia, Croatia, Iceland, Latvia, Lithuania, Hungary, Morocco, Romania, Serbia, Slovenia dan Slovakia. Selain itu, ECMWF juga didukung oleh beberapa organisasi meteorologi dunia seperti WMO, EUMETSAT, ACMAD, JRC, CTBTO, CLRTAP, dan ESA.

The European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) adalah organisasi internasional. ECMWF merupakan hasil dari lebih dari 100 tahun pembangunan meteorologi yang dinamis dan sinoptik. Selain itu, ECMWF dibangun lebih dari lima puluh tahun pembangunan di *Numerical Weather Prediction* (NWP). Selama ini telah melihat lebih optimisme yang bervariasi dengan pesimisme, dimana peningkatan lambat tapi kualitas yang bagus dengan prakiraan cuaca telah dibuat oleh ECMWF. ECMWF secara berkala menggunakan model perkiraan dan data sistem asimilasi untuk reanalysis atau analisis ulang pengamatan arsip, menciptakan set data global yang menggambarkan sejarah dari atmosfer, permukaan tanah, dan lautan. Data analisis ulang yang digunakan untuk memantau perubahan iklim, untuk penelitian dan pendidikan, dan untuk aplikasi komersial. ECMWF memperkirakan keadaan lautan global melalui sistem operasional Samudra-S4. Samudra-S4 memberikan prakiraan sejarah laut dari September 1957 untuk menyajikan melalui Samudera Analisis ulang Sistem 4 (ORAS4). Selain itu, kondisi laut terbaru, yang

disediakan oleh real-time ekstensi Samudera Sistem Analisis Real Time 4 (ORTA4) (ECMWF, 2019).

2.7 Metode Uji Validasi Data Gelombang ECMWF dengan BMKG

Pada penelitian kali ini penulis menggunakan metode uji validasi *Mean Relative Error* (MRE) pada data gelombang ECMWF dengan data gelombang BMKG. Tidak ada pengukuran yang bisa dilakukan dengan ketepatan sempurna. Kesalahan pada data hasil pengukuran merupakan sesuatu yang wajar, namun akurasi dari suatu penelitian perlu diketahui untuk mengetahui hasil pengukuran yang sesuai dengan kondisi lapang. Sebuah studi mengenai *error* suatu data hasil pengukuran merupakan langkah pertama dalam mengetahui keakuratan data. Kesalahan dalam suatu pengukuran disebabkan oleh kesalahan sistematis maupun kesalahan yang tidak disengaja (Hassen, 2006).

Besarnya *error* suatu data pengukuran dapat ditentukan dengan menggunakan metode *Mean Relative Error* (MRE). Metode MRE menunjukkan rasio presentase dari suatu *error* yang terjadi dan biasanya digunakan untuk suatu pengukuran maupun peramalan. Menurut Sugiyono (2011), statistik deskriptif digunakan untuk menganalisis data yang ada dengan cara mendeskripsikan atau menggambarkan data yang telah terkumpul sebagaimana adanya tanpa bermaksud membuat kesimpulan secara general.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian skripsi ini dilakukan dari bulan Maret 2019 sampai bulan Juni 2019. Analisis dan pengolahan data dilakukan di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya. Lokasi penelitian ini dilakukan di Perairan Selatan Jawa Barat dengan rentang koordinat latitude atau garis lintang -7° LS.s.d $-8^{\circ}25'$ LS dan longitude atau garis bujur $105^{\circ}25'$ BT s.d $108^{\circ}5'$ BT (Gambar 1).



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Diperlukan beberapa alat dan bahan yang dapat menunjang penelitian ini. Alat yang diperlukan beserta fungsinya akan dijelaskan pada Tabel 2.

Tabel 2. Alat Penelitian

No	Nama Alat	Fungsi
1.	Laptop	Melakukan pengolahan data gelombang
2.	Ocean Data View (ODV)	Menesktrak data gelombang
3.	ArcGis	Membuat peta lokasi penelitian
4.	Surfer	Menampilkan sebaran tinggi gelombang periode ulang
5.	Google Earth Pro	Penentuan lokasi penelitian
6.	Ms. Excel	Pengolahan data gelombang
7.	Ms. Word	Penulisan hasil penelitian

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini disajikan pada Tabel 4 sebagai berikut.

Tabel 3. Data Penelitian

No	Data	Keterangan
1.	Data Gelombang ECMWF	Data gelombang 15 tahun diunduh dari ECMWF
2.	Data Gelombang BMKG	Data gelombang 15 tahun didapat dari BMKG sebagai validasi data gelombang

3.3 Skema Penelitian

Skema kerja yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi studi literatur, penentuan lokasi penelitian, pengolahan data gelombang, hingga analisis data pengolahan. Untuk jelasnya, skema penelitian dapat dilihat seperti Gambar 2, setelah menentukan lokasi, dilakukan penghitungan data gelombang untuk mendapatkan gelombang signifikan dan dilakukan peramalan gelombang periode ulang.

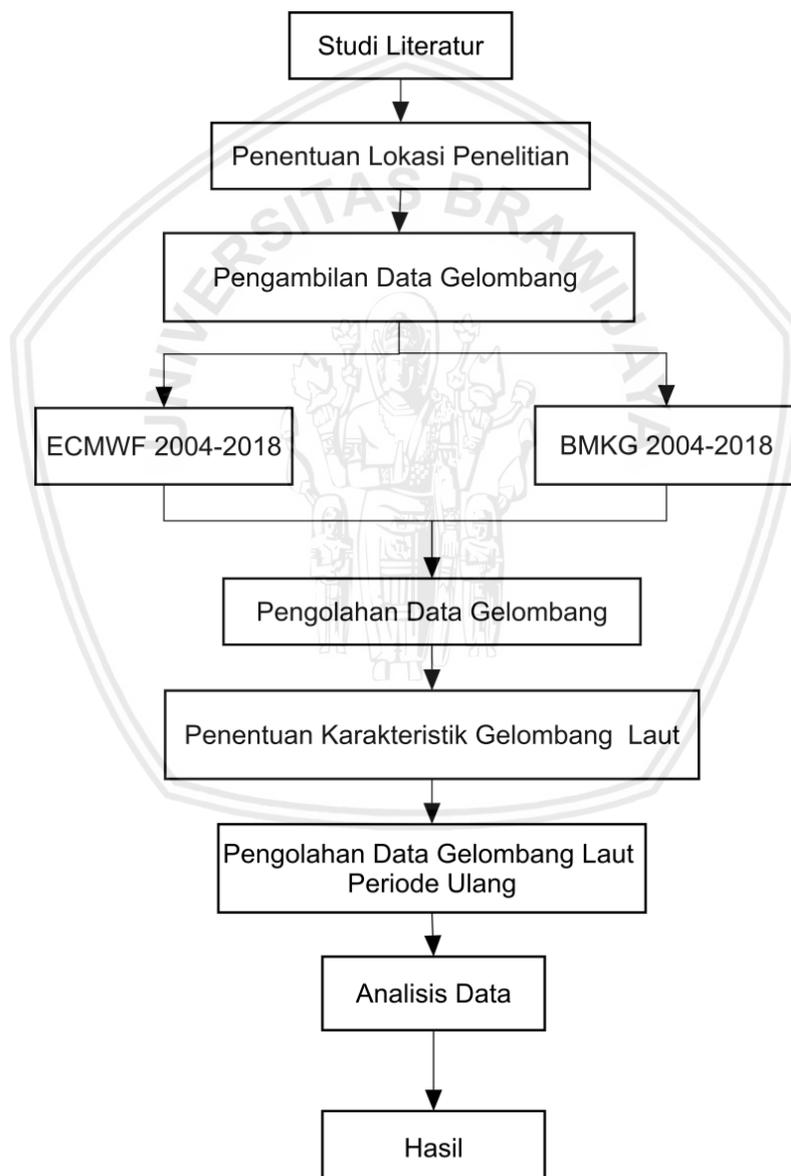
3.4 Teknik Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari 2 macam data, yaitu sebagai berikut.:

➤ Data gelombang yang didapatkan langsung dengan cara *men-download* dari situs resmi ECMWF (**European Centre for Medium-Range Weather Forecasts**) selama 15 tahun terakhir (2004-2018). Data gelombang ini

digunakan mengetahui karakteristik gelombang (H_s , H_{max} , H_{100}) serta untuk peramalan gelombang periode ulang dengan menggunakan metode *Weibull*.

➤ Data gelombang selama 15 tahun terakhir (2004 - 2018) yang diperoleh dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG), Jakarta sebagai pembandingan dari hasil pengolahan data gelombang periode ulang ECMWF dengan menggunakan metode *Weibull*.



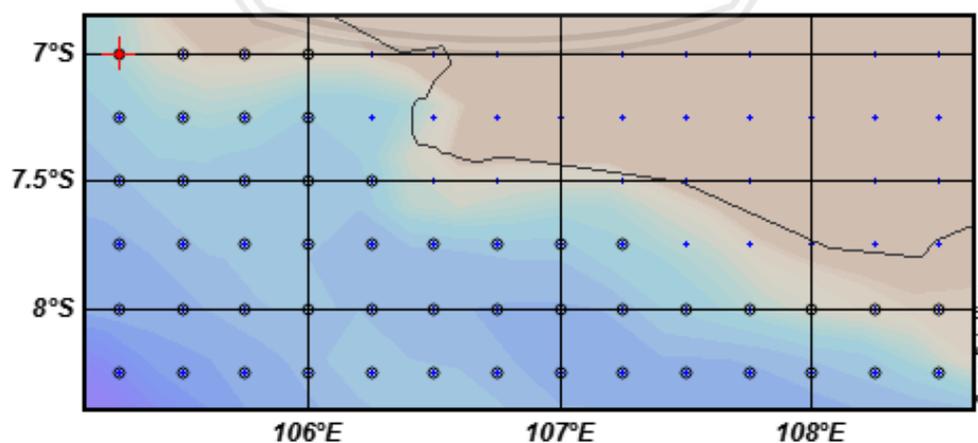
Gambar 2. Skema Penelitian

3.5 Teknik Pengolahan Data

Data gelombang yang telah diperoleh dari ECMWF dan Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) selanjutnya dilakukan pengolahan untuk mendapatkan data hasil prediksi gelombang.

3.5.1 Pengolahan Data Gelombang ECMWF

Data gelombang yang diunduh dari ECMWF tersebut harus dikonversi terlebih dahulu kedalam bentuk ASCII (bentuk angka). Data ASCII diperoleh dengan melakukan pengolahan data ECMWF yang dilakukan pada aplikasi *Ocean Data View* (ODV) dan Ms. Excel. Langkah-langkah pengolahan data ECMWF yaitu pertama mengunduh data nc. file pada www.ecmwf.int, lalu melakukan cropping daerah penelitian dengan ODV dan mengeskrak data lalu merubah bentuk .nc file menjadi .txt. Setelah data berubah menjadi .txt data dibuka pada Ms.Excel lalu dilakukan perhitungan tinggi dan periode signifikan lalu didapatkan hasilnya. Data ketinggian gelombang yang digunakan dari ECMWF terdiri dari 50 titik Stasiun yang tersebar di Perairan Selatan Jawa Barat dengan grid 0.25° tiap titiknya. Sebaran Stasiun data ketinggian gelombang dalam penelitian ini dapat dilihat seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Sebaran Stasiun pada ECMWF

3.5.2 Pengolahan Data BMKG

Data yang diperoleh dari BMKG terdiri dari data ketinggian gelombang signifikan rata-rata (*Average*), data ketinggian maksimum rata-rata (*Average*), dan data ketinggian maksimum tertinggi (*Highest*). Data BMKG berasal dari hasil pengukuran yang dilakukan oleh BMKG di setiap stasiun-stasiun pengamatan yang tersebar diseluruh Indonesia. Data BMKG memiliki resolusi spasial sebesar 0.25° . Data ketinggian gelombang yang diperoleh dari BMKG akan digunakan sebagai pembanding dengan hasil perhitungan gelombang periode ulang metode *Weibull* dari data ECMWF.

3.5.3 Penentuan Karakteristik Gelombang Laut

Data gelombang prediksi yang didapat, perlu dilakukan analisis untuk mendapatkan karakteristik gelombang seperti gelombang representatif (H_s , H_{max} , H_{100}). Hasil dari gelombang representatif nantinya dapat digunakan untuk analisa gelombang periode ulang yang mewakili gelombang ekstrim, dimana gelombang ekstrim ini penting peranannya dalam dinamika pantai ataupun bangunan pantai (Triatmodjo, 1991). Gelombang representatif yang dibahas adalah tinggi gelombang signifikan (H_s), tinggi gelombang maksimum (H_{max}), tinggi gelombang rata rata (H_{100}), periode gelombang signifikan (T_s), periode gelombang maksimum (T_{max}) dan periode gelombang rata rata (T_{100}) Perhitungan karakteristik gelombang tersebut dilakukan dengan mengurutkan data gelombang terbesar ke terkecil namun hal tersebut tidak berlaku untuk periode gelombang. Periode gelombang mengikuti sortasi tinggi gelombang, kemudian dilakukan perhitungan dengan rumus sebagai berikut :

- Tinggi gelombang signifikan (H_s) :

$$N = \text{jumlah data} \times \frac{1}{3}$$

$$H_s = H^{1/3} = \frac{\Sigma \text{tinggi gelombang}}{N}$$

$$T_s = T^{1/3} = \frac{\Sigma \text{periode gelombang}}{N} \dots\dots\dots(10)$$

- Tinggi gelombang maksimum (H_{max}) :

H_{max} = nilai tinggi gelombang tertinggi yang telah diurutkan

- Tinggi gelombang rata rata (H_{100}) :

N = jumlah keseluruhan data

$$H_{100} = \frac{\Sigma \text{tinggi gelombang}}{N}$$

$$T_{100} = \frac{\Sigma \text{periode gelombang}}{N} \dots\dots\dots(11)$$

3.5.4 Pengolahan Data Gelombang Periode Ulang

Perhitungan gelombang periode ulang dilakukan setelah didapatkan data gelombang representatif (H_s , H_{max} , H_{100}). Dari data gelombang representatif tersebut dipilih data gelombang untuk periode ulang berdasarkan kebutuhan. Perhitungan metode periode ulang ini dapat dilakukan dengan dua metode yang berbeda berdasarkan acuan dari Triatmodjo (1999) yaitu metode *Fisher Tippet Type-1* dan metode *Weibull*. Penentuan probabilitas gelombang yang dilakukan pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode *Weibull*. Perhitungan dengan menggunakan metode *Weibull* dapat dilakukan seperti pada tabel berikut:

Tabel 4. Perhitungan gelombang periode ulang metode *Weibull*

No. urut m	H_{sm}	P	y_m	$H_{sm}y_m$	y_m^2	$(H_{sm}-\bar{H})^2$	$\hat{H}^{\wedge} s_m$	$H_{sm}-\hat{H}^{\wedge} s_m$
1	2	3	4	5	6	7	8	9



Keterangan:

1. Kolom 1 menunjukkan nomor urut tinggi gelombang signifikan (m)
2. Kolom 2 menunjukkan tinggi gelombang signifikan maksimum pada setiap tahun yang telah diurutkan berdasarkan susunan tertinggi ke terendah

3. Kolom 3 merupakan perhitungan nilai $P(H_s \leq H_{sm}) = 1 - \frac{m - 0,2 - \frac{0,27}{\sqrt{k}}}{NT + 0,2 + \frac{0,23}{\sqrt{k}}}$(12)

Dimana :

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

H_{sm} : tinggi gelombang urutan ke-m

M : nomor urut tinggi gelombang signifikan = 1,2,3,4,.....N

NT : jumlah gelombang selama periode pencatatan

4. Kolom 4 didapatkan dari perhitungan $ym = [-\ln\{1 - F(H_s \leq H_{sm})\}]^{1/k}$(13)

5. Kolom 5 merupakan hasil perkalian antara kolom 2 dan kolom 4.

6. Kolom 6 merupakan nilai pangkat 2 dari persamaan kolom 4, dimana kolom 5 dan kolom 6 ini digunakan untuk menentukan parameter A dan B.

7. Kolom 7 dihitung dari pangkat dua selisih antara kolom 2 dengan rata-rata nilai dari kolom 2 ($H_{sm} - \hat{H}_{sm}$), hasil perhitungan ini merupakan standar deviasi dari gelombang signifikan.

8. Kolom 8 didapat dari perhitungan di bawah ini:

Dari tabel tersebut, maka didapat beberapa parameter

- N (jumlah data tinggi gelombang signifikan)
- N_T (jumlah kejadian gelombang selama pencatatan)
- $v = \frac{N}{N_T}$(14)
- $\hat{H}_{sm} = \frac{H_{sm}}{N_T}$(15)
- K (panjang data)

- $\hat{y}_m = \frac{\sum y_m}{NT} \dots \dots \dots (16)$

- $\sigma = \left[\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (H_{sm} - \hat{H}_{sm})^2 \right]^{1/2} \dots \dots \dots (17)$

Berdasarkan perhitungan diatas, maka nilai parameter \hat{A} dan B dapat dihitung dengan menggunakan data H_{sm} dan y_m yang terdapat pada kolom 2 dan 4 melalui persamaan berikut :

$$H_{sm} = \hat{A} y_m + B \dots \dots \dots (18)$$

Nilai \hat{A} dan B didapatkan dari persamaan :

$$\hat{A} = \frac{n \sum H_{sm} y_m - \sum H_{sm} \sum y_m}{n \sum y_m^2 - (\sum y_m)^2} \dots \dots \dots (19)$$

$$B = H_{sm} - A y_m \dots \dots \dots (20)$$

Persamaan regresi untuk H_{sr} yang didapatkan adalah sebagai berikut :

$$H_{sm} = \hat{A} y_m + B \dots \dots \dots (21)$$

9. Kolom 9 didapatkan dari selisih antara kolom 2 dengan kolom 8.

Setelah mengerjakan langkah-langkah diatas, selanjutnya adalah menentukan tinggi gelombang signifikan dengan periode ulang dengan perhitungan sebagai berikut :

Tabel 5. Gelombang dengan periode ulang tertentu

Periode Ulang (Tahun)	Yr (tahun)	$H_{sr}(m)$	σ_{nr}	σ_r	$H_s - 1,28\sigma_{nr}$ (m)	$H_s + 1,28\sigma_{nr}$ (m)
1	2	3	4	5	6	7

Keterangan :

1. Kolom 1 merupakan periode ulang yang dihitung (5,10,15,20,25,50)
2. Kolom 2 dihitung dengan rumus $yr = \{\ln(LTr)\}^{1/k} \dots \dots \dots (22)$

dengan:

Tr = periode ulang (tahun)

k = panjang data (tahun)

L = rata-rata jumlah kejadian per tahun

3. Kolom 3 merupakan perkiraan tinggi gelombang berdasarkan periode ulang yang dihitung dengan persamaan linear $H_{sm}=A y_m+B.....(23)$
4. Kolom 4 didapatkan sesuai koefisien yang terdapat pada Tabel 1
5. Kolom 5 didapatkan dengan menggunakan persamaan:

$$\sigma_r = \sigma_{nr} \sigma_{H_s}.....(24)$$

dengan:

σ_r = kesalahan standar dari tinggi gelombang signifikan dengan periode ulang T_r

σ_{H_s} = standar deviasi dari tinggi gelombang signifikan

6. Kolom 6 didapatkan dari selisih antara kolom 3 dengan hasil perkalian antara koefisien interval keyakinan tinggi gelombang signifikan dengan kolom 5.
7. Kolom 7 didapatkan dari hasil penjumlahan antara kolom 3 dengan hasil perkalian antara koefisien interval keyakinan tinggi gelombang signifikan dengan kolom 5.

3.6 Uji Validasi Data ECMWF dengan Data BMKG

Penelitian ini secara keseluruhan menggunakan metode analisis statistik deskriptif. Menurut Sugiyono (2011), statistik deskriptif digunakan untuk menganalisis data dengan cara mendeskripsikan atau menggambarkan data yang telah terkumpul sebagaimana adanya tanpa bermaksud membuat kesimpulan secara general. Untuk mempermudah analisis ini, dilakukan analisis statistik dengan analisis perbandingan karakteristik gelombang periode ulang dari data ECMWF dan karakteristik gelombang dari data BMKG dengan menggunakan metode *Mean Relative Error* (MRE). Perhitungan *Mean Relative Error* (MRE) menggunakan persamaan berikut ini :

$$RE = \frac{[X-c]}{X} \times 100%.....(25)$$

sehingga diperoleh persamaan MRE sebagai berikut :

$$MRE = \sum_0^n \frac{RE}{n} \dots \dots \dots (26).$$

Keterangan :

RE = *Relative Error* (%)

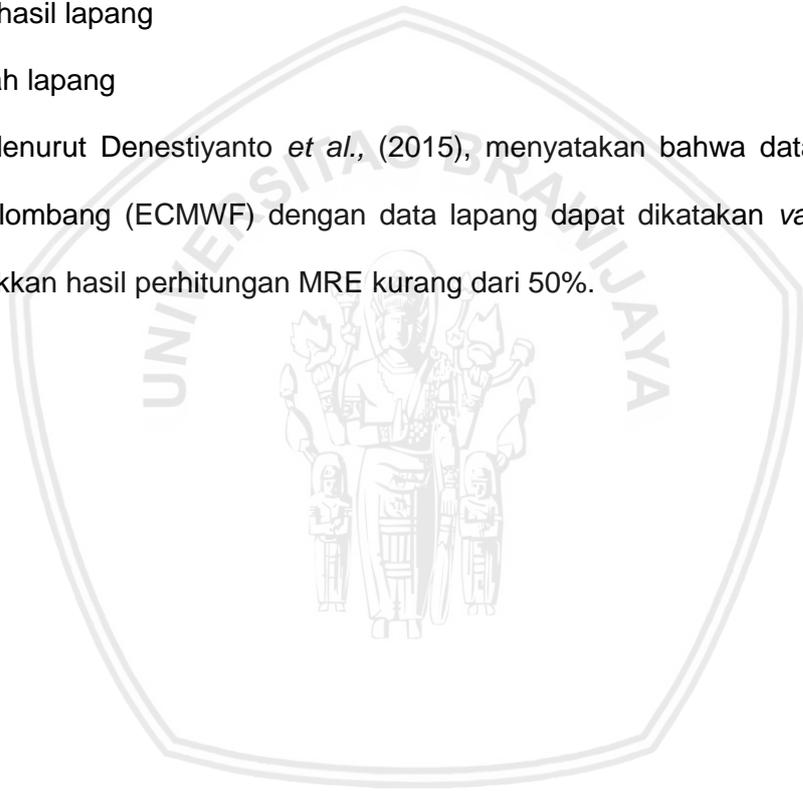
MRE = *Mean Relative Error* (%)

c = data hasil simulasi

x = data hasil lapang

n = jumlah lapang

Menurut Denestiyanto *et al.*, (2015), menyatakan bahwa data verifikasi tinggi gelombang (ECMWF) dengan data lapang dapat dikatakan *valid* apabila menunjukkan hasil perhitungan MRE kurang dari 50%.



4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Keadaan Umum Perairan Selatan Jawa Barat

Pesisir selatan Jawa Barat terbentang mulai dari bagian barat, yaitu kabupaten Sukabumi hingga ke bagian timur, kabupaten Tasikmalaya. Perairan bagian utara Jawa Barat terhubung dengan laut Jawa, sedangkan pada perairan bagian selatan berhadapan langsung dengan samudera Hindia. Oleh sebab itu, karakteristik gelombang pada perairan bagian selatan cenderung bergelombang tinggi dan intensitas arus yang tinggi. Perairan Selatan Jawa Barat memiliki tipe pasang surut campuran condong ke harian ganda (*mixed-tide prevailing semi diurnal*) (Purba, 2014).

Di perairan Pelabuhan Ratu, pada musim barat, tinggi gelombang signifikan pada daerah ini berkisar antara 0,45 – 1,55 meter. Sedangkan pada musim timur tinggi gelombang signifikan relatif sama yaitu sebesar 0,4 – 1,58 meter. *Range* tinggi gelombang signifikan yang relatif sama antara musim barat dan musim timur menunjukkan bahwa faktor musim tidak berpengaruh terhadap karakteristik tinggi gelombang signifikan di perairan Pelabuhan Ratu. Gelombang yang terekam di perairan Teluk Pelabuhan Ratu adalah *swell* yang datang dari Samudera Hindia. Kawasan Samudera Hindia bagian selatan, di daerah lintang tinggi (sekitar 40°LS) adalah salah satu lokasi pembentukan *swell* yang utama di dunia (Budi, 2017).

Berdasarkan data BMKG (2019) tentang prakiraan tinggi gelombang laut maksimum di Jawa Barat, tinggi gelombang maksimum di perairan selatan berpotensi mencapai empat meter. Penyebab gelombang laut tinggi saat ini adalah karena peningkatan kecepatan angin di laut selatan Jawa, hingga 37 kilometer per jam. Kecepatan angin itu disebabkan oleh menguatnya angin

timuran dari Benua Australia yang melewati Pulau Jawa. Dan ada perbedaan tekanan udara antara belahan bumi utara dan selatan. Gelombang tinggi laut, berpotensi terjadi tiap tahunnya di puncak musim kemarau antara Juli-Agustus.

4.2 Uji Validasi Data ECMWF dengan Data BMKG

Perhitungan tinggi gelombang signifikan (H_s) dilakukan di tiga titik stasiun berbeda dalam kurun waktu 15 tahun (2004-2018) dipilih karena mewakili wilayah bagian Utara, Barat dan Timur. Stasiun 11, 28 dan 33 dipilih secara acak. Pada stasiun 11 terletak di bagian Utara Perairan Selatan Jawa Barat yang mewakili bagian Utara Perairan Selatan Jawa Barat. Sementara itu stasiun 28 dan 33 terletak di bagian Barat dan Timur Perairan Selatan Jawa Barat yang mewakili karakteristik gelombang pada daerah tersebut. Menurut Hidayati (2017), untuk dapat memperoleh hasil analisa yang mendekati kebenaran (valid), maka data inputannya juga harus dalam rentang waktu yang panjang minimal 10 tahunan atau lebih. Dari data minimal 10 tahun tersebut yang akan dipergunakan sebagai data awal dalam prediksi gelombang periode ulang tahunan, digunakan data 15 tahun yang bertujuan untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat.



Gambar 4. Peta pemilihan titik

Pada penelitian ini, data BMKG digunakan sebagai pengganti data primer. Data BMKG digunakan sebagai validasi karena data ini merupakan data hasil perhitungan langsung (BMKG, 2019). Analisis perbandingan data BMKG dan ECMWF menggunakan analisis *Mean Relative Error* (MRE). Analisis ini bertujuan untuk mengetahui tingkat persentasi dari kesalahan pada data gelombang ECMWF dengan data gelombang BMKG pada tahun 2014-2018.

Tabel 6. Analisis MRE

Stasiun	Tinggi Gelombang (m)		MRE (%)
	BMKG	ECMWF	
11	1,79	2,30	28,38
28	1,85	2,45	32,22
33	1,68	2,35	39,76

Periode ulang yang digunakan pada analisis MRE ini adalah lima tahun dengan menggunakan data tinggi gelombang BMKG pada tahun 2014-2018.

Tabel 6 menunjukkan hasil analisis yang dilakukan pada Stasiun 11, Stasiun 28

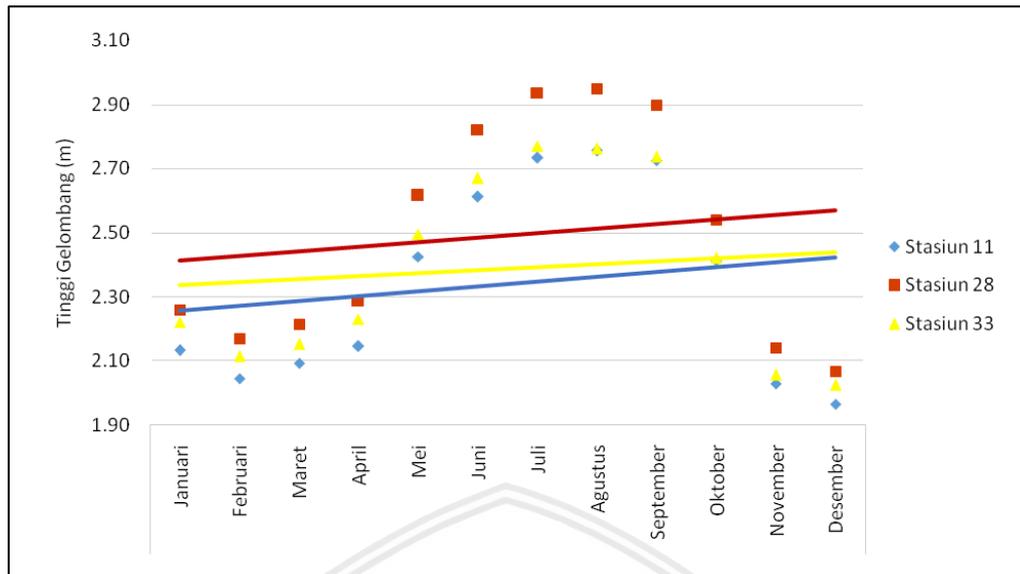
dan Stasiun 38, hasil MRE pada tiga Stasiun ini berada kurang dari 50%. Berdasarkan hasil uji MRE pada tiga Stasiun selama lima tahun, diketahui data gelombang BMKG dan ECMWF tersebut dapat dinyatakan valid.

4.3 Karakteristik Gelombang Data ECMWF

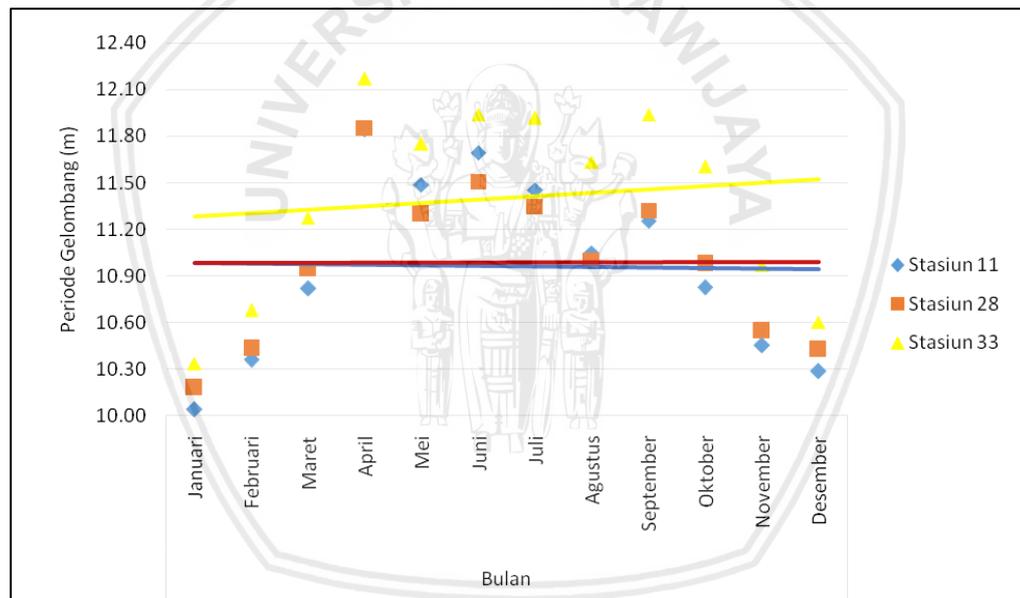
Data ECMWF digunakan karena data yang tersedia merupakan data prediksi yang lengkap dan terbaru tiap tahunnya (ECMWF, 2019). Karakteristik gelombang di suatu perairan perlu diketahui nilainya untuk keperluan perencanaan bangunan pantai, pengeboran minyak lepas pantai, pelayaran, dan sebagainya. Karakteristik gelombang laut terdiri dari gelombang maksimum (H_{max}), tinggi gelombang signifikan (H_s), tinggi gelombang rerata (H_{100}), periode gelombang maksimum (T_{max}), periode gelombang signifikan (T_s), dan periode gelombang rerata (T_{100}) yang diperoleh dari hasil pengolahan data gelombang selama 15 tahun (2004-2018). Data gelombang diperoleh dari European Center for Medium-Range Weather Forecast (ECMWF) kemudian dilakukan perhitungan tinggi gelombang di seluruh titik koordinat sudah ditentukan.

4.3.1 Gelombang Signifikan Bulanan

Perhitungan tinggi gelombang signifikan (H_s) dilakukan di 3 titik Stasiun yang berbeda dalam kurun waktu 15 tahun (2004-2018). Data tinggi gelombang signifikan tersebut dipisahkan perbulan mulai bulan Januari hingga bulan Desember. Hasil perhitungan tersebut kemudian disajikan dalam bentuk grafik seperti pada gambar berikut.



Gambar 5. Rata rata tinggi gelombang bulanan di tiga Stasiun



Gambar 6. Rata rata periode gelombang bulanan di tiga Stasiun

Tinggi gelombang signifikan rata-rata bulanan di tiap Stasiun dapat dilihat pada Gambar 5 dan 6. Dari gambar tersebut dapat disimpulkan bahwa pada Stasiun 11, 28, dan 33 memiliki karakteristik tinggi gelombang signifikan yang sama. Dari ketiga Stasiun tersebut memiliki persamaan yaitu gelombang tertinggi berada pada bulan Juli sampai dengan bulan Agustus dan akan menurun dari bulan September hingga Desember. Hal ini disebabkan karena pada bulan Juni

hingga bulan Agustus merupakan musim Timur dimana angin bergerak dari benua Australia ke benua Asia, sehingga pada musim Timur gelombang di Perairan Selatan Jawa Barat akan tinggi.

4.3.2 Gelombang Signifikan Musiman

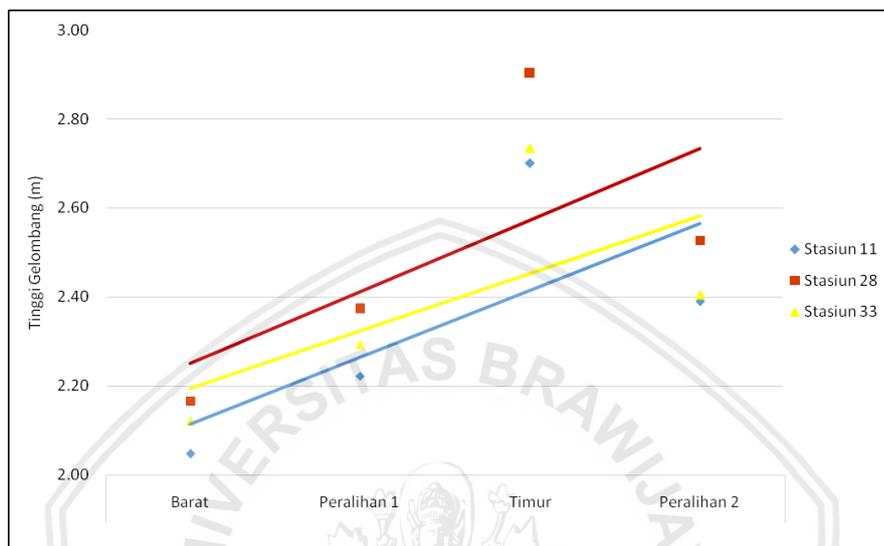
Menurut Kurniawan *et al.* (2011) angin musiman yang terjadi di Indonesia terdiri dari dua musim, yaitu musim Barat dan musim Timur. Musim Barat terjadi pada bulan Desember hingga Februari, sedangkan musim Timur terjadi pada bulan Juni hingga Agustus. Diantara musim Barat dan musim Timur, terdapat musim peralihan yang terjadi pada bulan Maret hingga Mei dan bulan September hingga November. Tinggi dan periode gelombang memiliki nilai ketinggian yang berbeda-beda dari setiap musimnya. Tinggi dan periode rata-rata gelombang musiman di lokasi penelitian dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Ketinggian dan periode gelombang musiman

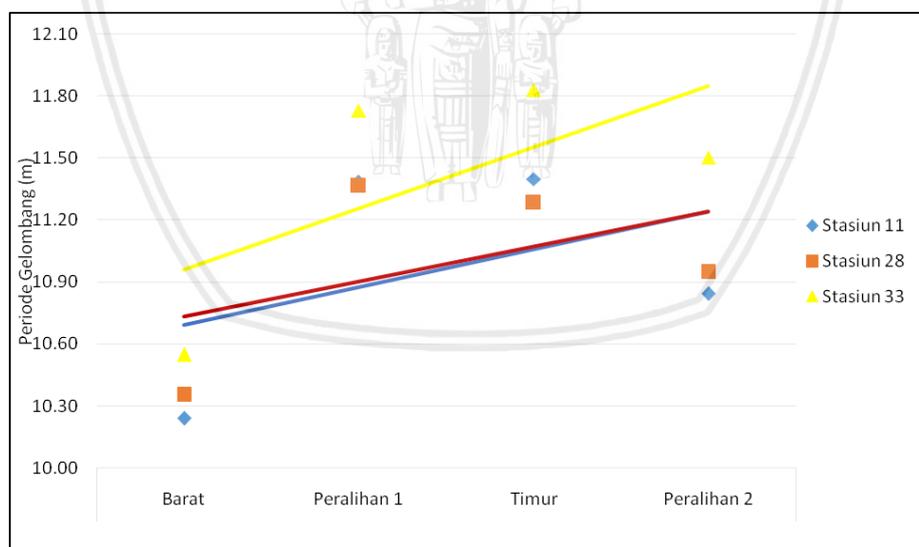
Stasiun	Musim Barat		Musim Peralihan 1		Musim Timur		Musim Peralihan 2	
	H(m)	T(detik)	H(m)	T(detik)	H(m)	T(detik)	H(m)	T(detik)
11	2,05	10,24	2,22	11,38	2,70	11,40	2,39	10,84
28	2,17	10,35	2,37	11,37	2,90	11,28	2,53	10,95
33	2,12	10,55	2,29	11,73	2,73	11,83	2,40	11,50

Pada tabel diatas diketahui bahwa tinggi dan periode gelombang musiman paling tinggi didapatkan pada musim Timur. Musim Timur terjadi antara bulan Juni sampai Agustus. Pada musim Timur, letak semu matahari berada di belahan bumi utara, sehingga menyebabkan tekanan udara di wilayah Benua Asia menjadi rendah dan tekanan udara di wilayah Benua Australia menjadi tinggi. Sehingga angin bertiup dari Benua Australia ke Benua Asia. Hal ini menyebabkan angin bergerak ke arah perairan selatan Indonesia, yang bersifat *open sea*, sehingga gelombang yang terbentuk di perairan Selatan Jawa Barat menjadi tinggi.

Berdasarkan nilai ketinggian dan periode gelombang dari Tabel 7 maka dapat dilihat nilai rata-rata musiman dari periode dan ketinggian gelombang di Perairan Selatan Jawa Barat didapatkan grafik seperti pada Gambar 7 dan Gambar 8.



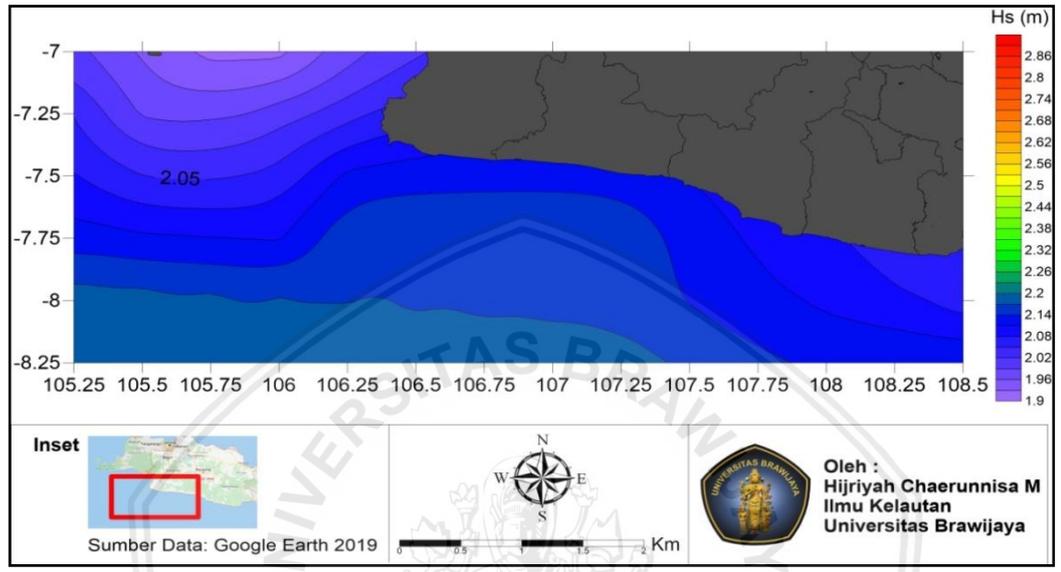
Gambar 7. Grafik tinggi gelombang signifikan berdasarkan musim



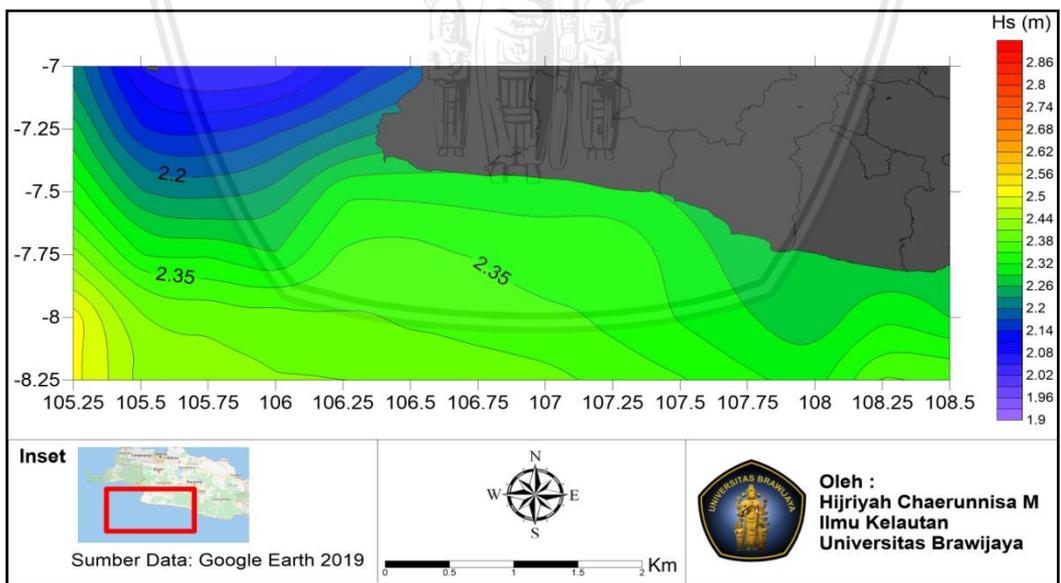
Gambar 8. Grafik periode gelombang signifikan berdasarkan musim

Berdasarkan perhitungan rata-rata tinggi gelombang signifikan tahun 2004-2018 pada tiga Stasiun dapat diketahui pada Perairan Selatan Jawa Barat ketinggian gelombang signifikan tertinggi terjadi pada musim timur dengan

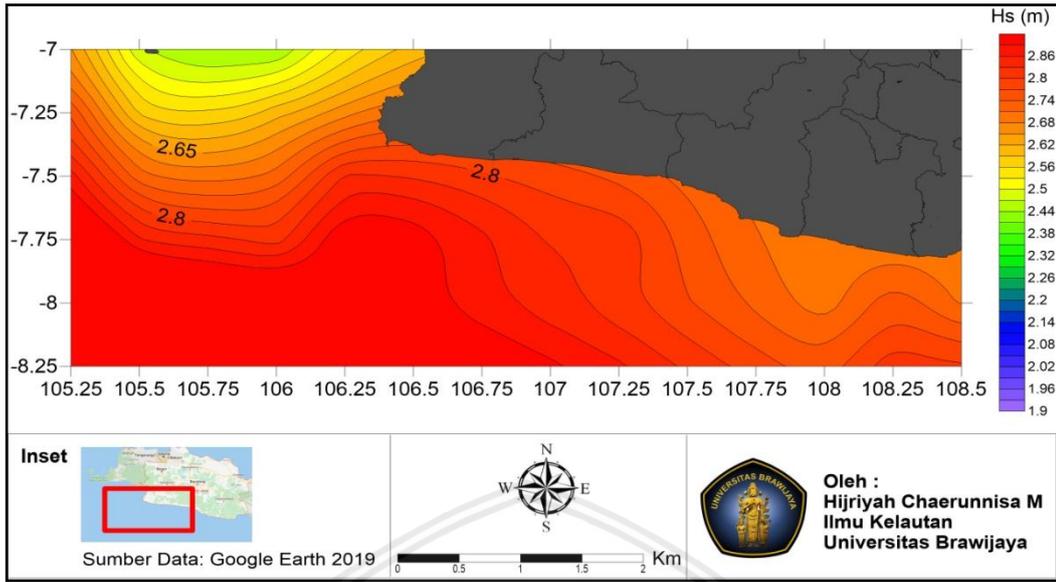
kisaran tinggi 2,7-2,9 meter. Rata-rata tinggi signifikan gelombang terendah terjadi pada musim barat dengan kisaran tinggi 2,05-2,17 meter. Tinggi gelombang musiman terendah terjadi pada Stasiun 11 dengan tinggi mencapai 2,05-2,7 meter dan tertinggi pada Stasiun 28 mencapai 2,17-2,9 meter.



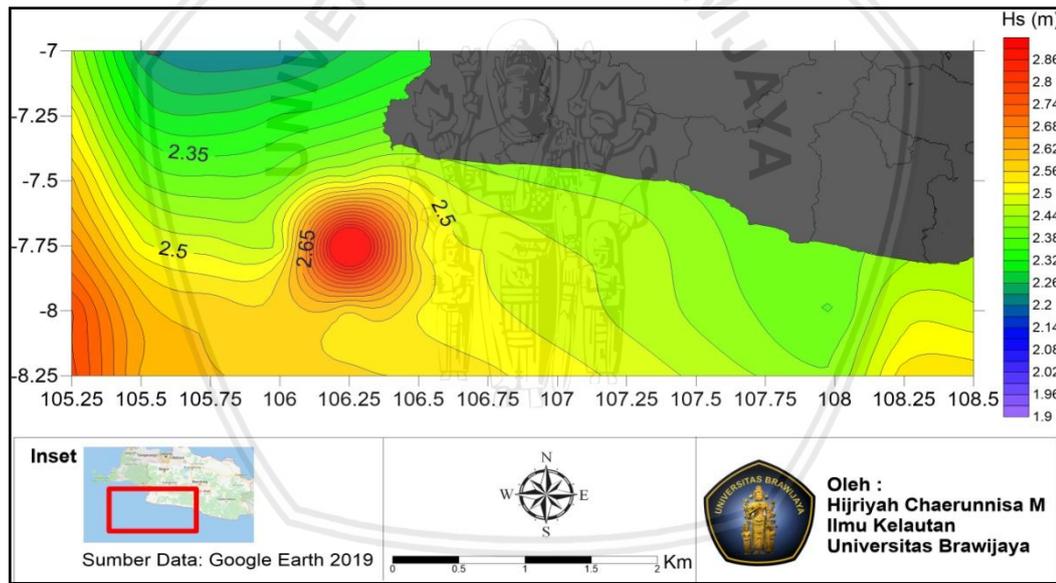
Gambar 9. Peta sebaran tinggi gelombang Perairan Selatan Jawa Barat pada musim barat tahun 2004-2018



Gambar 10. Peta sebaran tinggi gelombang Perairan Selatan Jawa Barat pada musim peralihan 1 tahun 2004-2018



Gambar 11. Peta sebaran tinggi gelombang Perairan Selatan Jawa Barat pada musim timur tahun 2004-2018



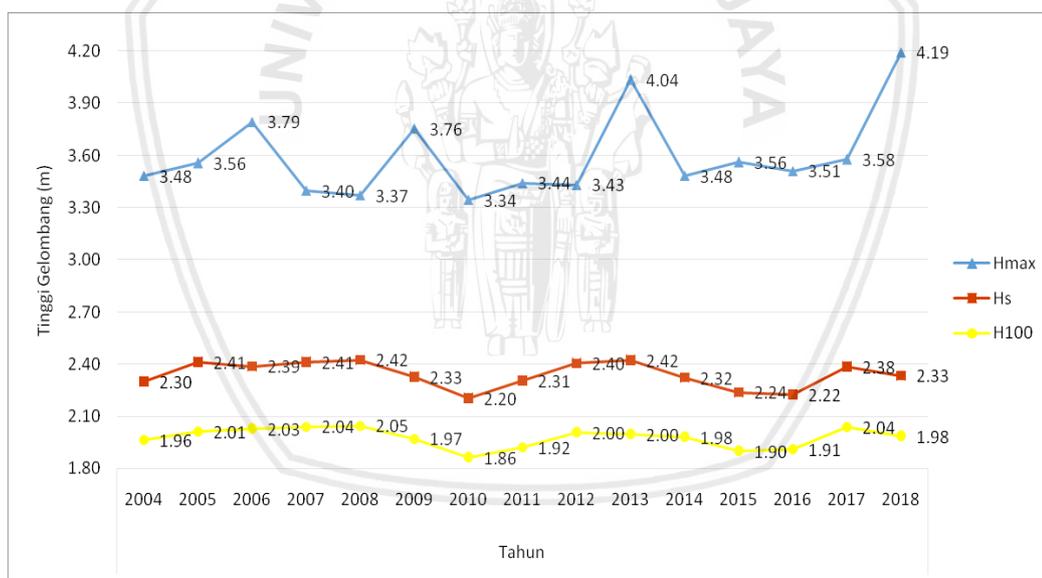
Gambar 12. Peta sebaran tinggi gelombang Perairan Selatan Jawa Barat pada musim peralihan 2 tahun 2004-2018

Pada peta sebaran tinggi gelombang musiman di Perairan Selatan Jawa Barat terdapat perbedaan warna yang signifikan pada peta tersebut. Sebaran warna merah pekat tertinggi terdapat pada musim timur. Sedangkan untuk musim barat tidak terdapat sebaran warna merah. Hal ini disebabkan karena pada musim barat letak semu matahari berada di belahan bumi selatan,

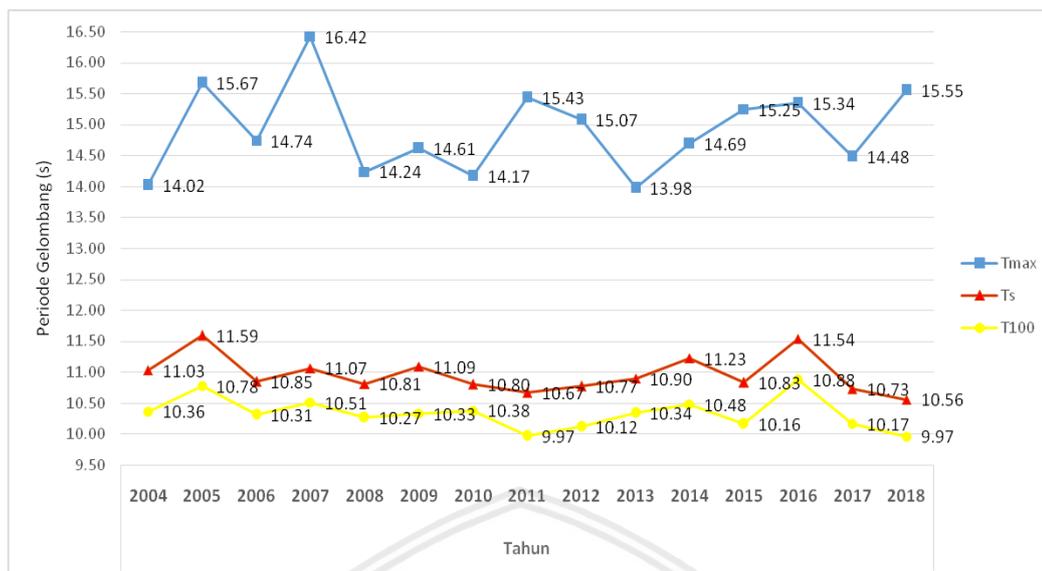
sehingga menyebabkan tekanan udara di wilayah Benua Asia menjadi tinggi dan tekanan udara di wilayah Benua Australia menjadi rendah. Sehingga angin bertiup dari Benua Asia ke Benua Australia. Pada peta musim Peralihan 2 terdapat anomali gelombang pada koordinat (-7.75, 106.25).

4.3.3 Karakteristik Gelombang 15 Tahun

Perhitungan tinggi gelombang signifikan (H_s) dilakukan di 3 titik Stasiun yang berbeda dalam kurun waktu 15 tahun (2004-2018). Pada Stasiun 11 terletak di bagian Barat Perairan Selatan Jawa Barat. Stasiun 28 terletak di tengah daerah Perairan Selatan Jawa Barat. Sementara itu Stasiun 33 terletak di bagian Timur Perairan Selatan Jawa Barat. Berikut merupakan tinggi dan periode gelombang di Stasiun 11 dalam kurun waktu 2004-2018.



Gambar 13. Tinggi gelombang pada Stasiun 11 tahun 2004-2018



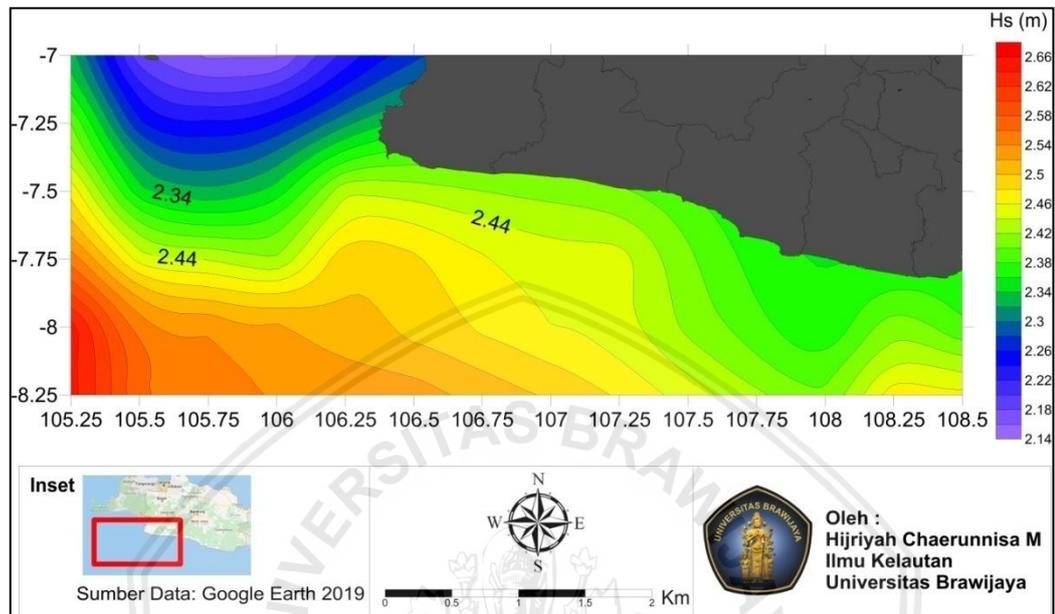
Gambar 14. Periode gelombang pada Stasiun 11 tahun 2004-2018

Dua grafik pada Gambar 13 dan Gambar 14 menunjukkan hasil perhitungan tinggi gelombang dan periode gelombang tahun 2004-2018 pada Perairan Selatan Jawa Barat berdasarkan data tahunan di Stasiun 11. Pada Gambar 13 ketinggian gelombang maksimum pada Stasiun 11 berkisar 3,3–4,1 meter. Sedangkan tinggi gelombang maksimum tertinggi berada pada tahun 2018 sebesar 4,19 meter. Pada Stasiun ini tinggi gelombang signifikan berkisar antara 2,2-2,4 m. Nilai tinggi gelombang signifikan terendah berada pada tahun 2010 yaitu sebesar 2,20 m. Tinggi gelombang rata rata pada Stasiun ini berkisar 1,8-2 meter.

Gambar 14 menunjukkan periode gelombang yang terjadi pada Stasiun 11. Nilai periode gelombang maksimum berkisar antara 13,9-16,4 detik. Nilai periode gelombang maksimum tertinggi berada pada nilai 16,42detik pada tahun 2007. Nilai periode gelombang signifikan berada dikisaran 10,6–11,5 detik. Nilai periode signifikan terendah berada pada tahun 2018 yaitu sebesar 10,56detik. Nilai periode gelombang rata rata atau T_{100} berkisar 9,9–10,8 detik.

4.3.4 Peta Sebaran Tinggi Gelombang Signifikan Tahun 2004-2018

Berikut inii merupakan peta sebaran tinggi gelombang tahun 2004-2018 pada perairan Selatan Jawa Barat.



Gambar 15. Sebaran tinggi gelombang signifikan 15 tahun (2004-2018)

Dari peta hasil Gambar 15, didapatkan nilai tertinggi terdapat pada perairan Selatan Jawa Barat bagian Barat Daya. Tinggi gelombang signifikan tertinggi ditunjukkan dengan warna merah pekat yang bernilai hingga 2,6 meter. Tinggi gelombang berubah saat memasuki arah Utara ditunjukkan dengan perubahan warna yang semakin terang yaitu warna kuning menuju biru muda. Nilai tinggi gelombang signifikan terendah yaitu 2,1 meter. Peta pada Gambar 15 merupakan hasil dari data tinggi gelombang signifikan selama 15 tahun.

4.4 Prediksi Gelombang Periode Ulang menggunakan Metode Weibull

Prediksi gelombang periode ulang diperlukan untuk mengetahui ketinggian gelombang pada waktu tertentu. Dalam penelitian ini, perhitungan ketinggian gelombang periode ulang dilakukan dengan menggunakan data ketinggian gelombang maksimum (H_{max}) selama 15 tahun terakhir dimulai dari

tahun 2004 sampai tahun 2018. Ketinggian gelombang maksimum (H_{max}) digunakan dalam penelitian ini karena data ketinggian gelombang maksimum memberikan informasi mengenai gelombang tertinggi yang akan terjadi pada periode waktu tertentu. Data tinggi gelombang maksimum (H_{max}) selanjutnya digunakan untuk perhitungan periode ulang gelombang untuk gelombang rencana 100 tahun (2004-2018), dan digunakan periode ulang 10, 15, 20, 25, 50, 75, dan 100 tahun. Ketinggian gelombang maksimum (H_{max}) selama 15 tahun terakhir dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Tabel tinggi gelombang maksimum tahun 2004-2018

No	Tahun	Tinggi Gelombang Maksimum (H_{max}) (m)		
		Stasiun 11	Stasiun 28	Stasiun 33
1	2004	3,48	3,75	3,61
2	2005	3,56	3,80	3,58
3	2006	3,79	4,07	3,85
4	2007	3,40	3,65	3,49
5	2008	3,37	3,53	3,39
6	2009	3,76	4,06	3,84
7	2010	3,34	3,49	3,32
8	2011	3,44	3,68	3,51
9	2012	3,43	3,64	3,45
10	2013	4,04	4,22	4,01
11	2014	3,48	3,78	3,60
12	2015	3,56	3,89	3,72
13	2016	3,51	3,73	3,63
14	2017	3,58	3,72	3,44
15	2018	4,19	4,47	4,33

Pengolahan data ketinggian gelombang periode ulang dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode *Weibull*. Pengolahan data dengan menggunakan metode *Weibull* dilakukan dengan mengurutkan data ketinggian gelombang maksimum selama 15 tahun terakhir (2004-2018) dari data tertinggi hingga data terendah, lalu dihitung data probabilitas gelombangnya. Perhitungan periode ulang metode *Weibull* dalam penelitian ini dilakukan dengan merujuk

pada buku Teknik Pantai (Triatmodjo, 1999). Perhitungan periode ulang pada penelitian ini dilakukan pada tiga titik berbeda di Perairan Selatan Jawa Barat.

Perhitungan periode ulang metode *Weibull* di Perairan Selatan Jawa Barat pada Stasiun 11 didapatkan hasil seperti pada Tabel 9.

Tabel 9. Perhitungan probabilitas gelombang periode ulang Stasiun 11

No. Urut m	Hsm	P	Ym	Hsm.Ym	Y ² m	(Hsm-Hsm) ²	[^] Hsm	Hsm- [^] Hsm
1	4,19	0,97	5,65	23,68	31,87	0,36	4,24	-0,04
2	4,04	0,91	3,76	15,18	14,16	0,19	3,94	0,10
3	3,79	0,84	2,93	11,10	8,56	0,04	3,80	-0,01
4	3,76	0,78	2,38	8,94	5,67	0,03	3,72	0,04
5	3,58	0,71	1,98	7,07	3,90	0,00	3,65	-0,07
6	3,56	0,65	1,65	5,89	2,73	0,00	3,60	-0,04
7	3,56	0,58	1,38	4,92	1,92	0,00	3,56	0,00
8	3,51	0,52	1,16	4,06	1,34	0,01	3,52	-0,01
9	3,48	0,45	0,96	3,33	0,91	0,01	3,49	-0,01
10	3,48	0,39	0,78	2,71	0,61	0,01	3,46	0,02
11	3,44	0,32	0,62	2,13	0,38	0,02	3,44	0,01
12	3,43	0,26	0,47	1,62	0,22	0,03	3,41	0,02
13	3,40	0,19	0,34	1,16	0,12	0,04	3,39	0,01
14	3,37	0,13	0,22	0,73	0,05	0,05	3,37	0,00
15	3,34	0,06	0,10	0,35	0,01	0,06	3,35	-0,01
Jumlah	53,94	7,76	24,37	92,86	72,43	0,85		

Hasil perhitungan probabilitas tinggi gelombang periode ulang dengan metode *Weibull* menunjukkan tinggi probabilitas gelombang periode ulang tidak selalu lebih tinggi daripada gelombang maksimum awal, kolom 9 pada Tabel 9 merupakan nilai dari selisih antara tinggi gelombang maksimum dengan probabilitas tinggi gelombang periode ulang. Nilai negatif pada kolom 9 menunjukkan bahwa probabilitas tinggi gelombang lebih tinggi dibandingkan nilai gelombang maksimum awal, sedangkan nilai positif menunjukkan bahwa nilai dari gelombang maksimum lebih tinggi dibandingkan nilai probabilitas tinggi gelombang periode ulang. Perhitungan periode ulang ini menggunakan selang kepercayaan sebesar 0,75 atau 75%. Langkah berikutnya adalah perhitungan tinggi gelombang maksimum dengan periode ulang 100 tahunan, hasil

perhitungan ketinggian gelombang periode ulang di Stasiun 11 dapat dilihat pada Tabel 10.

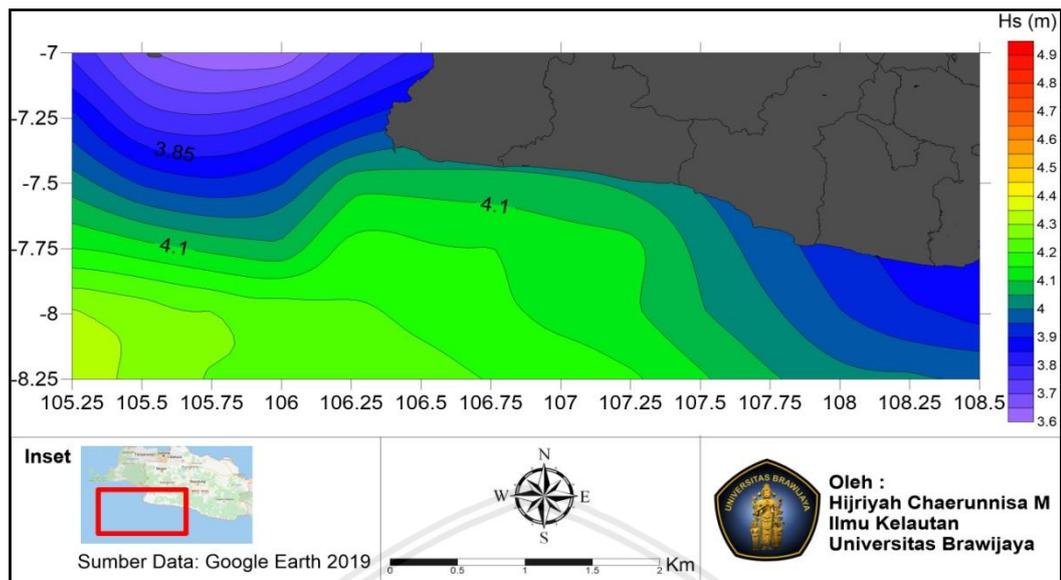
Tabel 10. Ketinggian gelombang periode ulang 100 tahunan di Stasiun 11

Periode ulang (tahun)	Yr(tahun)	Hsr(m)	O _{nr}	O _r	Hs- 1.28O _r	Hs+ 1.28O _r
10	3,65	3,92	1,46	0,36	3,46	4,38
15	4,30	4,02	1,71	0,42	3,48	4,56
20	4,76	4,09	1,88	0,47	3,50	4,69
25	5,11	4,15	2,02	0,50	3,51	4,79
50	6,21	4,33	2,45	0,61	3,55	5,10
75	6,85	4,43	2,70	0,67	3,57	5,28
100	7,31	4,50	2,88	0,71	3,59	5,41

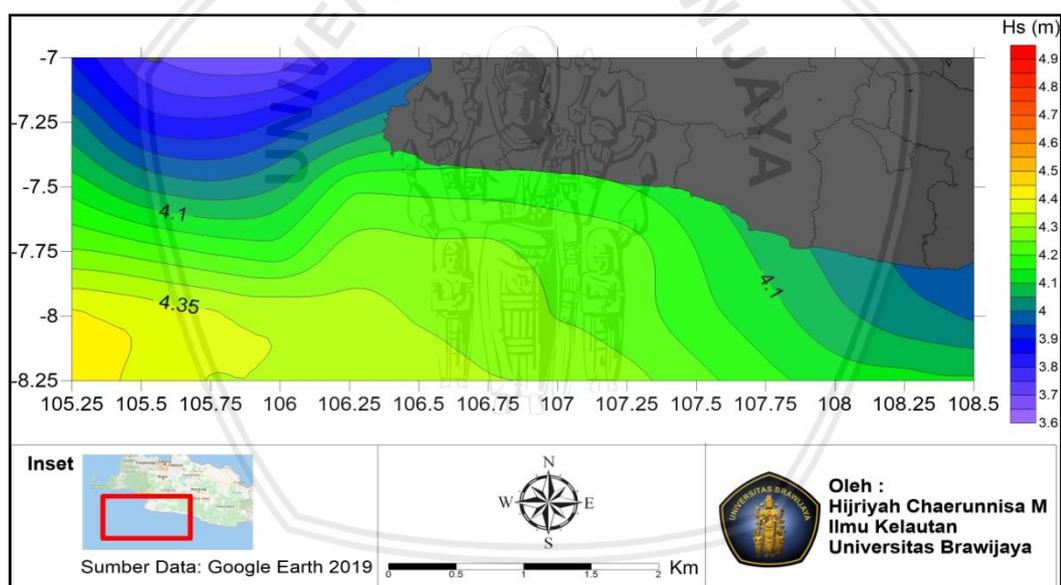
Hasil perhitungan tinggi gelombang periode ulang dengan menggunakan metode *Weibull* berdasarkan Tabel 10 diatas menunjukkan bahwa ketinggian gelombang akan semakin meningkat berdasarkan penambahan tahun. Ketinggian gelombang pada periode ulang 10 tahun didapatkan nilai 3,92 meter, pada periode ulang 15 tahun didapatkan nilai ketinggian 4,02 meter, pada periode ulang 20 tahun didapatkan nilai ketinggian 4,09 meter, pada periode ulang 25 tahun didapatkan nilai ketinggian 4,15 meter, pada periode ulang 50 tahun didapatkan nilai ketinggian 4,33 meter, pada periode ulang 75 tahun didapatkan nilai ketinggian 4,43 meter, dan ketinggian gelombang pada periode ulang 100 tahun didapatkan nilai sebesar 4,50 meter.

4.4.1 Sebaran Tinggi Gelombang

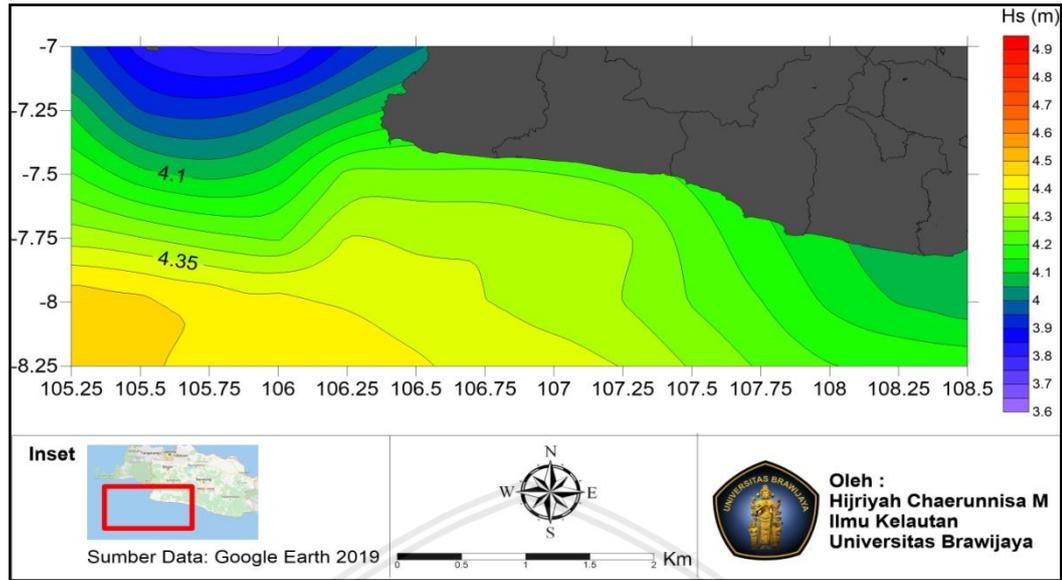
Hasil perhitungan dari prediksi tinggi gelombang periode ulang, disajikan dalam bentuk peta untuk mengetahui perbandingan tinggi gelombang periode ulang 10 tahun, 15 tahun, 25 tahun, 50 tahun, 75 tahun, dan 100 tahun.



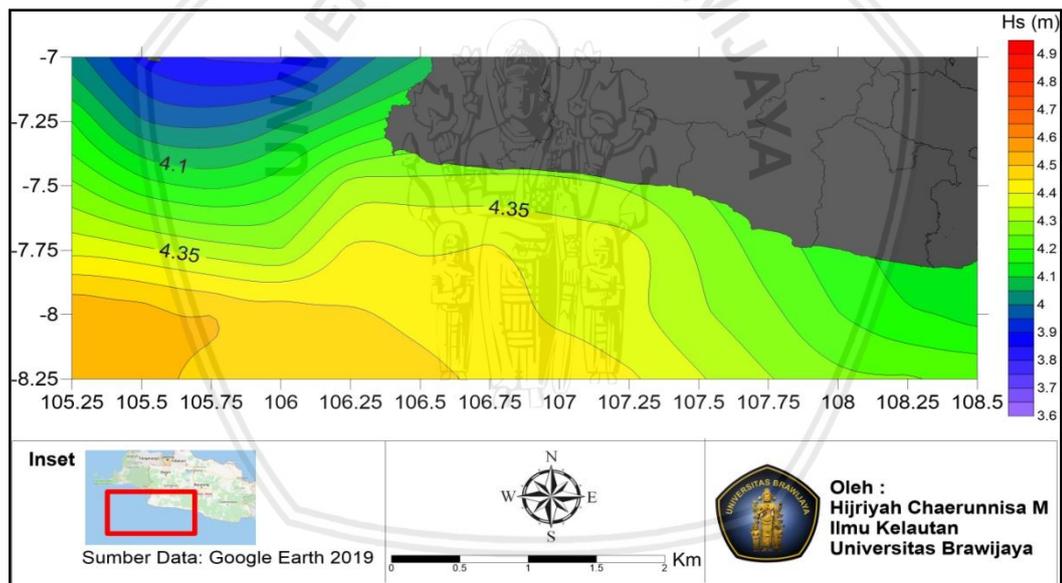
Gambar 16. Peta sebaran tinggi gelombang periode ulang 10 tahunan



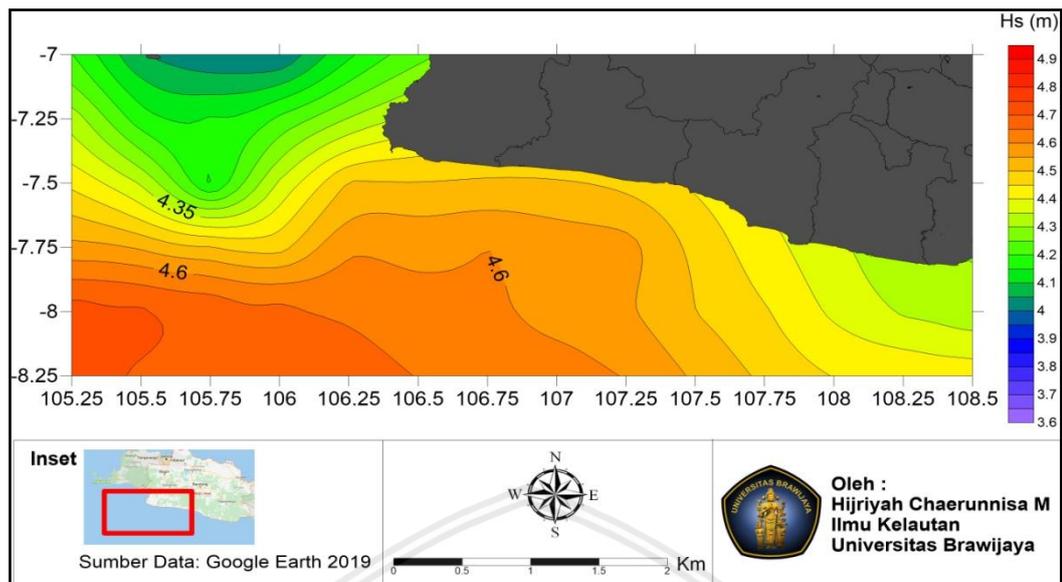
Gambar 17. Peta sebaran tinggi gelombang periode ulang 15 tahunan



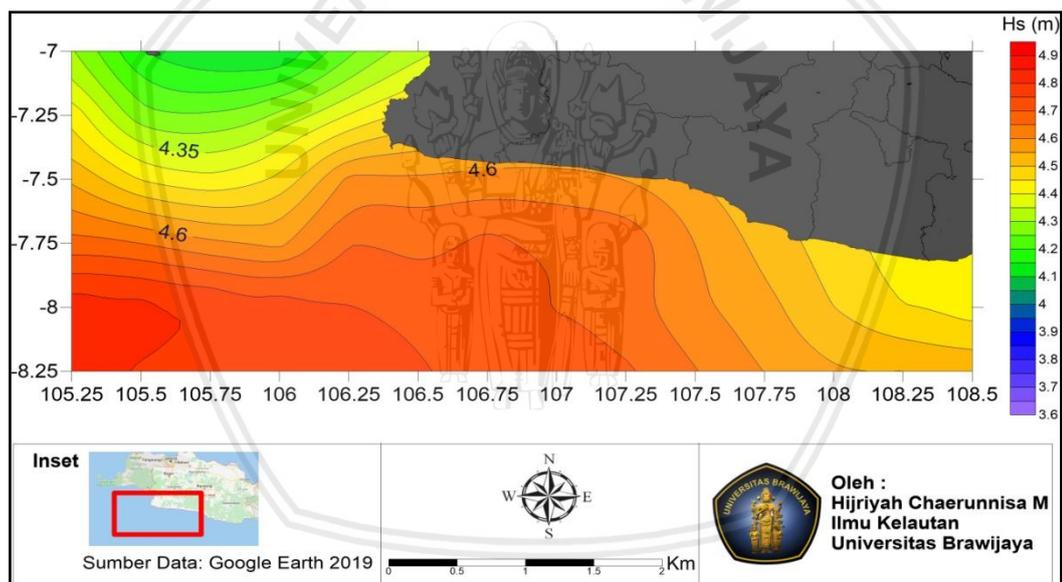
Gambar 18. Peta sebaran tinggi gelombang periode ulang 20 tahunan



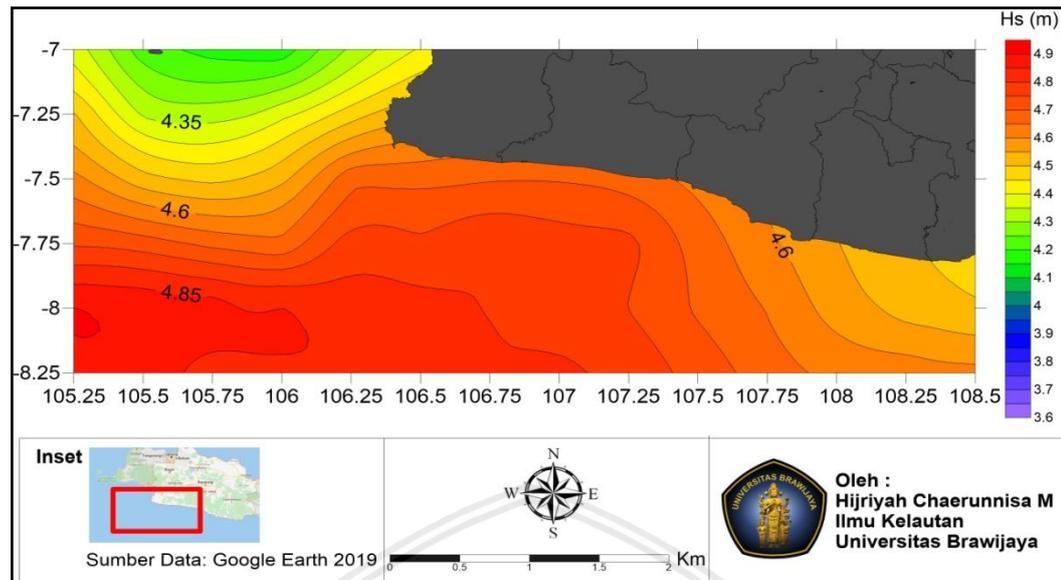
Gambar 19. Peta sebaran tinggi gelombang periode ulang 25 tahunan



Gambar 20. Peta sebaran tinggi gelombang periode ulang 50 tahunan



Gambar 21. Peta sebaran tinggi gelombang periode ulang 75 tahunan



Gambar 22. Peta sebaran tinggi gelombang periode ulang 100 tahunan

Pada peta sebaran tinggi gelombang periode ulang (10, 15, 20,25, 50,75 dan 100 tahun) di Perairan Selatan Jawa Barat terdapat perbedaan warna yang signifikan. Sebaran warna pada bagian barat daya perairan selama periode ulang mengalami peningkatan dari warna kuning menjadi warna merah pekat. Sedangkan pada bagian Utara perairan, sebaran warna selama periode ulang juga mengalami peningkatan dari warna ungu hingga hijau. Pada periode ulang 10 tahun tinggi gelombang berkisar antara 3,6–4,3 meter. Pada periode ulang 15 dan 20 tahun tinggi gelombang berkisar antara 3,7–4,4 meter. Pada periode ulang 25 tahun tinggi gelombang berkisar antara 3,8–4,5 meter. Pada periode ulang 50 tahun tinggi gelombang berkisar antara 4–4,7 meter. Pada periode ulang 75 tahun tinggi gelombang berkisar antara 4,1–4,8 meter. Pada periode ulang 100 tahun tinggi gelombang berkisar antara 4,1–4,9 meter Hal ini dikarenakan semakin panjang rentang tahun yang digunakan untuk memprediksi tinggi gelombang, maka semakin besar pula peningkatan pada tinggi gelombang. Peluang terjadinya gelombang tinggi pada rentang tahun yang panjang akan semakin besar.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembahasan mengenai penelitian analisis karakteristik gelombang dan prediksi tinggi gelombang menggunakan periode ulang dengan metode *Weibull* di perairan Selatan Jawa Barat, dapat disimpulkan bahwa:

1. Karakteristik gelombang terdiri dari tinggi gelombang rata-rata (H_{100}), tinggi gelombang signifikan (H_s) dan tinggi gelombang maksimum (H_{max}). Karakteristik gelombang di Perairan Selatan Jawa Barat selama kurun waktu 15 tahun (2004-2018) memiliki ketinggian gelombang yang bervariasi. Tinggi gelombang pada daerah Utara cenderung lebih rendah dibandingkan dengan bagian Selatan. Perairan bagian Utara memiliki tinggi gelombang signifikan (H_s) 2-2,3 meter, ketinggian gelombang maksimumnya (H_{max}) 3,6-3,8 meter dan ketinggian gelombang rerata (H_{100}) yaitu 1,9-2,1 meter. Sedangkan tinggi gelombang signifikan (H_s) bagian Selatan yaitu 2,6-2,8 meter, ketinggian gelombang maksimum (H_{max}) 4,1-4,8 meter, dan ketinggian gelombang rerata (H_{100}) yaitu 1,9-2,1 meter.
2. Berdasarkan hasil perhitungan ketinggian gelombang periode ulang di perairan Selatan Jawa Barat, didapatkan nilai ketinggian gelombang periode ulang 10 tahun berkisar antara 3,6-4,3 meter. Nilai ketinggian gelombang periode ulang 15 tahun berkisar antara 3,7-4,4 meter. Nilai ketinggian gelombang periode ulang 20 tahun berkisar antara 3,7-4,4 meter. Nilai ketinggian gelombang periode ulang 25 tahun berkisar antara 3,8-4,5 meter. Nilai ketinggian gelombang periode ulang 50 tahun berkisar antara 4-4,7 meter. Nilai ketinggian gelombang periode ulang 75 tahun berkisar antara 4,1-4,8 meter. Nilai ketinggian gelombang periode ulang

100 tahun berkisar antara 4,1–4,9 meter. Hasil ini menunjukkan tinggi gelombang ekstrim yang terus meningkat seiring bertambahnya rentang tahun pengulangan. Hal ini perlu diperhatikan, dalam periode 100 tahun kedepan, tinggi gelombang mencapai 4,9 meter. Hasil prediksi gelombang dapat dimanfaatkan sebagai bahan pertimbangan dalam perencanaan bangunan pantai di pesisir selatan Jawa Barat dan alur pelayaran di Perairan Selatan Jawa Barat.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini, penulis ingin memberikan saran kepada masyarakat yang akan melakukan aktivitas di sekitar Perairan Selatan Jawa Barat agar lebih berhati-hati pada musim Timur pada bulan Juni-Agustus karena pada bulan tersebut ketinggian gelombang lebih besar dibandingkan bulan-bulan lainnya. Lalu penulis ingin memberikan saran untuk penelitian selanjutnya jika memungkinkan untuk menggunakan data pengukuran langsung agar data yang didapatkan lebih akurat. Pada penelitian ini menggunakan data BMKG sebagai pengganti data primer. Saran untuk penelitian selanjutnya menggunakan data pengukuran lapang jika memungkinkan. Hal tersebut bertujuan supaya hasil perbandingan data lebih akurat dan sesuai dengan kondisi di lapang.

DAFTAR PUSTAKA

- Atmodjo, W. 2011. Studi Penyebaran Sedimen Tersuspensi di Muara Sungai Porong Kabupaten Pasuruan. *Buletin Oseanografi Marina*, 60-81.
- Budi, W dan Aditya P. 2017. Perbandingan Karakteristik Oseanografi Pesisir Utara Dan Selatan Pulau Jawa: Pasang-surut, Arus, dan Gelombang. *Prosiding Seminar Nasional Kelautan dan Perikanan III 2017*. Universitas Trunojoyo Madura.
- BMKG. 2019. Prakiraan Cuaca Pelayaran. Diakses 20 Juli 2019. <http://maritim.bmkg.go.id>.
- Denestiyanto, R., S, D. N., & Setiyono, H. 2015. Analisis Karakteristik Gelombang di Perairan Kabupaten Batu Bara, Sumatera Utara. *Jurnal Oseanografi*, 400-407.
- ECMWF. 2019. <http://www.ecmwf.int/en/about/who-we-are>. Diakses pada 7 Maret 2019 pukul 18.00 WIB.
- Febri, R., Nizar A., dan Edy S. 2015. Analisa Transformasi Gelombang Dominan pada Pelabuhan Glagah (Studi Perbandingan Software Awave 2-3 dengan Cgwave). *Jurnal Teknik Vol. 5(1)*.
- Hassen, S. 2016. *Measurement & Error*. Dept. of Electrical & Electronic Engineering. University of Mauritius
- Hasriyanti. 2015. Tipe Gelombang dan Pasang Surut di Perairan Pulau Dutungan Kabupaten Barru Sulawesi Selatan. *Jurnal Sainsmat*, 14-27.
- Hidayat, N. 2005. Kajian Hidro-Oseanografi Untuk Deteksi Proses-Proses Fisik di Pantai. *Jurnal SMARTek*, Vol. 3, No. 2, 73 – 85.
- Hidayati, N. 2017. *Dinamika Pantai*. Malang: UBpress.
- Kurniawan, R., Suratno., dan Habibie, M. 2011. Variasi Bulanan Gelombang Laut di Indonesia. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*. Volume 12 Nomor 3 221–232. Puslitbang BMKG: Jakarta
- Kurniawan, R., Habibie, M. N., & Permana, D. S. 2012. Karakteristik Gelombang Laut dan Daerah Rawan Gelombang Tinggi di Perairan Indonesia. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, 201-212.
- Loupatty, G. 2013. Karakteristik Energi Gelombang Dan Arus Perairan Di Provinsi Maluku. *Jurnal Berekeng Vol 7 No 1*, 19-22.
- Purba, Noir Primadona. 2014. Variabilitas Angin dan Gelombang Laut sebagai Energi Terbarukan di Pantai Selatan Jawa Barat. *Jurnal Akuatika Vol. V No. (1)*.

Satria, P, Achmad N., dan Sriyono E.. 2015. Prediksi Perubahan Garis Pantai di Daerah Istimewa Yogyakarta menggunakan *One-Line Model*. Jurnal Teknik. Vol. 5(2).

Triatmodjo, B. 2016. Teknik Pantai. Yogyakarta: Beta Offset.



LAMPIRAN

Lampiran 1. Titik Koordinat

Stasiun	X	Y
1	105,25	-7
2	105,5	-7
3	105,75	-7
4	106	-7
5	105,25	-7,25
6	105,5	-7,25
7	105,75	-7,25
8	106	-7,25
9	105,25	-7,5
10	105,5	-7,5
11	105,75	-7,5
12	106	-7,5
13	106,25	-7,5
14	105,25	-7,75
15	105,5	-7,75
16	105,75	-7,75
17	106	-7,75
18	106,25	-7,75
19	106,5	-7,75
20	106,75	-7,75
21	107	-7,75
22	107,25	-7,75
23	105,25	-8
24	105,5	-8
25	105,75	-8
26	106	-8
27	106,25	-8
28	106,5	-8
29	106,75	-8
30	107	-8

Stasiun	X	Y
31	107,25	-8
32	107,50	-8
33	107,75	-8
34	108	-8
35	108,25	-8
36	108,5	-8
37	105,25	-8,25
38	105,5	-8,25
39	105,75	-8,25
40	106	-8,25
41	106,25	-8,25
42	106,5	-8,25
43	106,75	-8,25
44	107	-8,25
45	107,25	-8,25
46	107,50	-8,25
47	107,75	-8,25
48	108	-8,25
49	108,25	-8,25
50	108,5	-8,25

Lampiran 2. Ketinggian gelombang representatif di Stasiun 11

Tahun	Bulan	H _s (m)	H _{max} (m)	H ₁₀₀ (m)	T _s (s)	T _{max} (s)	T ₁₀₀ (s)
2004	Januari	1.71	2.17	1.48	10.34	12.22	9.89
	Februari	2.07	2.80	1.73	10.92	13.04	10.20
	Maret	2.04	2.26	1.80	10.30	12.22	10.09
	April	2.30	2.90	1.89	11.84	13.12	10.78
	Mei	2.55	3.05	2.06	11.70	13.42	10.70
	Juni	2.69	3.11	2.33	11.77	13.31	11.20
	Juli	2.50	2.92	2.19	11.90	14.02	11.30
	Agustus	2.93	3.48	2.50	11.38	13.85	10.50
	September	2.59	2.91	2.26	10.53	13.13	10.34
	Oktober	2.36	2.76	1.96	10.50	11.77	9.41
	November	1.94	2.14	1.74	9.73	12.00	9.69
	Desember	1.93	2.47	1.64	11.49	13.48	10.28
2005	Januari	2.08	2.34	1.66	11.48	13.57	10.39
	Februari	1.57	1.65	1.41	10.54	11.59	10.12
	Maret	1.92	2.29	1.54	11.23	13.94	10.65
	April	2.34	3.03	1.90	11.00	12.89	10.74
	Mei	2.65	3.36	2.07	12.72	15.67	11.46
	Juni	2.55	3.11	2.17	12.24	15.51	11.30
	Juli	2.85	3.56	2.46	11.56	13.42	11.11
	Agustus	2.69	3.27	2.30	11.26	13.18	10.55
	September	2.94	3.48	2.56	12.23	14.71	10.98
	Oktober	2.71	3.33	2.23	11.50	13.91	10.75
	November	2.54	3.34	2.06	11.97	14.60	10.75
	Desember	2.08	2.46	1.82	11.36	13.25	10.53
2006	Januari	2.21	2.98	1.80	9.68	12.24	9.80
	Februari	1.94	2.29	1.60	10.75	13.48	10.29
	Maret	2.31	2.59	1.92	10.40	12.69	10.34
	April	2.18	2.40	1.96	10.93	13.18	10.99
	Mei	2.10	2.78	1.78	11.41	12.98	10.65
	Juni	2.59	3.02	2.29	10.94	12.53	10.42
	Juli	3.07	3.62	2.59	12.35	14.74	11.13
	Agustus	2.96	3.79	2.51	11.61	13.77	10.54
	September	2.66	3.03	2.31	11.39	12.47	10.53
	Oktober	2.85	3.49	2.30	11.66	13.53	10.46
	November	1.90	2.15	1.68	9.81	11.36	9.37
	Desember	1.88	2.32	1.56	9.24	11.76	9.21



Lampiran 3. Ketinggian gelombang representatif di Stasiun 28

Tahun	Bulan	H_s (m)	H_{max} (m)	H_{100} (m)	T_s (s)	T_{max} (s)	T_{100} (s)
2004	Januari	1.81	2.35	1.56	10.33	12.18	9.93
	Februari	2.22	3.01	1.84	10.85	13.08	10.22
	Maret	2.15	2.37	1.89	10.45	12.14	10.20
	April	2.49	3.13	2.04	11.68	13.16	10.56
	Mei	2.73	3.29	2.20	11.54	13.25	10.60
	Juni	2.94	3.40	2.51	11.36	13.16	11.04
	Juli	2.69	3.11	2.36	11.73	13.83	11.11
	Agustus	3.13	3.75	2.67	11.31	13.98	10.49
	September	2.76	3.07	2.41	10.39	13.11	10.23
	Oktober	2.44	2.89	2.03	10.83	12.08	9.57
	November	2.06	2.28	1.83	9.70	12.24	9.76
	Desember	2.03	2.51	1.73	11.54	13.35	10.35
2005	Januari	2.21	2.54	1.75	11.66	13.80	10.51
	Februari	1.68	1.78	1.49	10.54	11.57	10.17
	Maret	2.04	2.47	1.62	11.30	13.53	10.67
	April	2.50	3.26	2.02	10.95	12.65	10.72
	Mei	2.85	3.63	2.23	12.53	15.39	11.20
	Juni	2.73	3.35	2.32	12.23	15.50	11.20
	Juli	3.06	3.80	2.64	11.45	13.14	10.97
	Agustus	2.89	3.58	2.45	11.25	13.12	10.49
	September	3.13	3.70	2.71	12.31	14.79	11.04
	Oktober	2.88	3.54	2.36	11.69	14.31	10.88
	November	2.68	3.58	2.17	12.05	14.73	10.78
	Desember	2.20	2.63	1.92	11.48	13.58	10.68
2006	Januari	2.33	3.06	1.90	9.76	12.75	9.92
	Februari	2.05	2.46	1.69	10.78	13.58	10.31
	Maret	2.43	2.69	2.02	10.59	12.83	10.48
	April	2.30	2.57	2.08	11.15	13.22	11.05
	Mei	2.27	2.99	1.91	11.14	12.93	10.56
	Juni	2.81	3.27	2.48	10.84	12.51	10.24
	Juli	3.28	3.93	2.77	12.35	14.71	11.07
	Agustus	3.18	4.07	2.67	11.51	13.70	10.53
	September	2.80	3.18	2.42	11.70	12.96	10.71
	Oktober	2.98	3.62	2.40	12.06	14.10	10.74
	November	2.00	2.28	1.77	9.90	11.54	9.42
	Desember	1.97	2.46	1.63	9.33	11.87	9.30

Lampiran 4. Ketinggian gelombang representatif di Stasiun 33

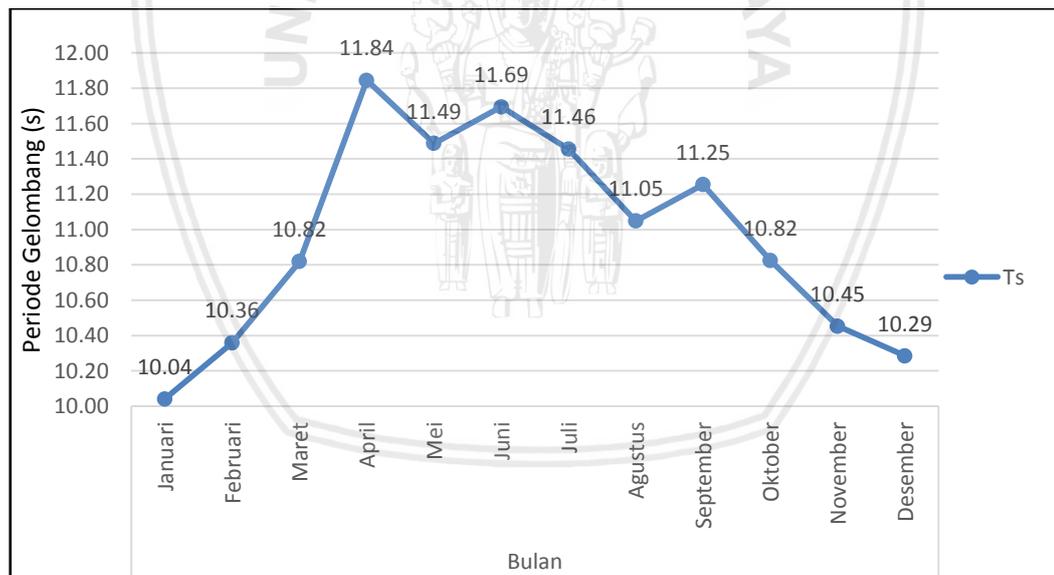
Tahun	Bulan	H_s (m)	H_{max} (m)	H_{100} (m)	T_s (s)	T_{max} (s)	T_{100} (s)
2004	Januari	1.84	2.46	1.55	10.17	12.12	10.01
	Februari	2.18	2.93	1.81	11.10	13.50	10.37
	Maret	2.10	2.24	1.84	10.79	12.08	10.43
	April	2.41	2.99	1.97	12.15	13.81	10.94
	Mei	2.60	3.20	2.08	11.84	13.78	10.92
	Juni	2.79	3.29	2.38	11.74	13.50	11.41
	Juli	2.57	2.98	2.25	12.19	13.95	11.47
	Agustus	2.95	3.61	2.49	11.97	14.43	11.03
	September	2.58	2.88	2.24	11.18	13.38	10.68
	Oktober	2.31	2.73	1.90	11.50	12.66	10.15
	November	1.97	2.17	1.74	10.17	12.45	10.23
	Desember	1.99	2.37	1.70	11.73	13.40	10.50
2005	Januari	2.20	2.59	1.74	11.86	14.05	10.63
	Februari	1.69	1.80	1.49	10.56	11.40	10.29
	Maret	2.00	2.47	1.59	11.45	12.70	10.74
	April	2.38	3.08	1.94	11.45	13.17	11.02
	Mei	2.74	3.51	2.14	12.81	15.44	11.44
	Juni	2.64	3.24	2.21	12.38	15.52	11.47
	Juli	2.88	3.47	2.48	11.88	13.55	11.31
	Agustus	2.74	3.45	2.29	12.00	13.57	10.95
	September	2.99	3.58	2.55	12.96	14.90	11.58
	Oktober	2.80	3.38	2.28	12.32	15.08	11.29
	November	2.56	3.48	2.07	12.52	15.23	11.17
	Desember	2.16	2.63	1.89	11.66	13.82	10.75
2006	Januari	2.27	2.92	1.88	10.00	12.92	10.02
	Februari	2.03	2.47	1.66	10.89	13.66	10.42
	Maret	2.30	2.51	1.95	11.20	12.91	10.78
	April	2.25	2.44	2.03	11.43	13.36	11.25
	Mei	2.18	2.84	1.83	11.83	13.73	10.93
	Juni	2.61	2.96	2.29	11.57	13.10	10.67
	Juli	3.11	3.79	2.58	12.89	15.05	11.61
	Agustus	2.98	3.85	2.48	12.13	14.23	11.09
	September	2.64	2.94	2.24	12.40	13.86	11.32
	Oktober	2.84	3.39	2.26	12.71	14.66	11.38
	November	1.89	2.16	1.67	10.48	11.78	9.89
	Desember	1.92	2.34	1.58	9.69	12.17	9.62

Lampiran 5. Grafik Tinggi Gelombang Signifikan Bulanan



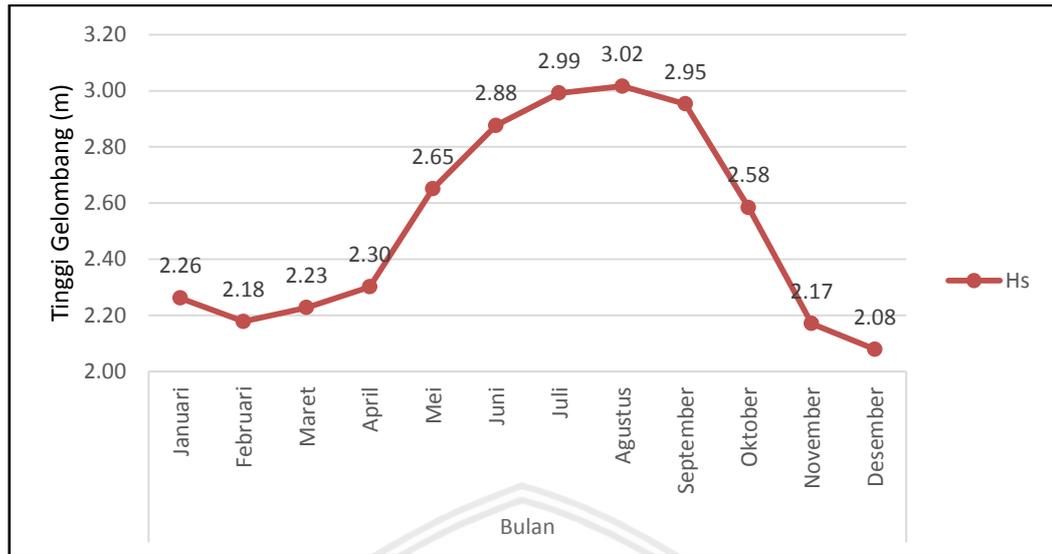
Gambar 23. Rata rata Tinggi Gelombang Signifikan Bulanan Stasiun 11 tahun

2004-2018

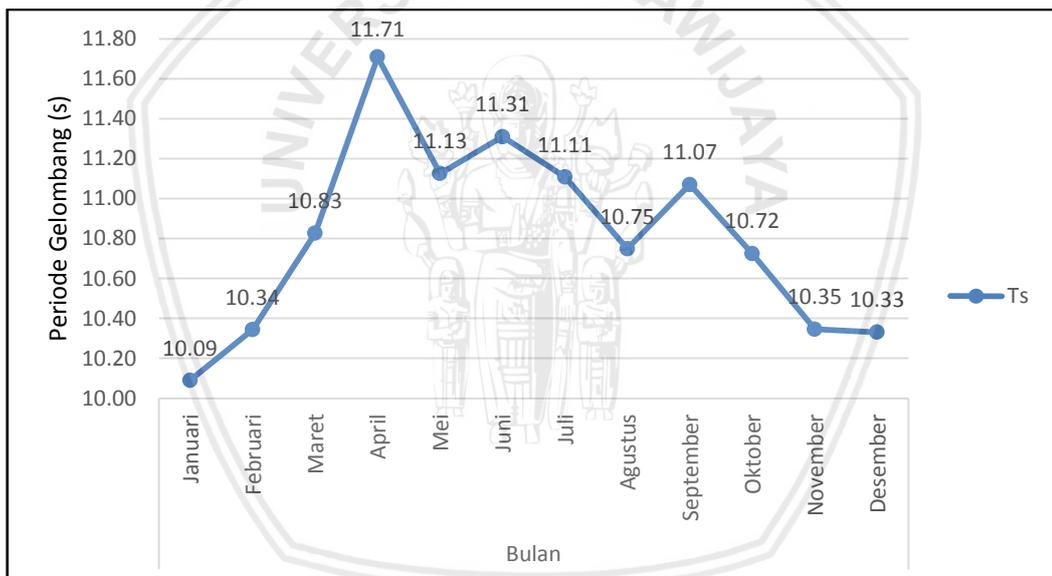


Gambar 24. Rata rata Periode Gelombang Signifikan Bulanan Stasiun 11 tahun

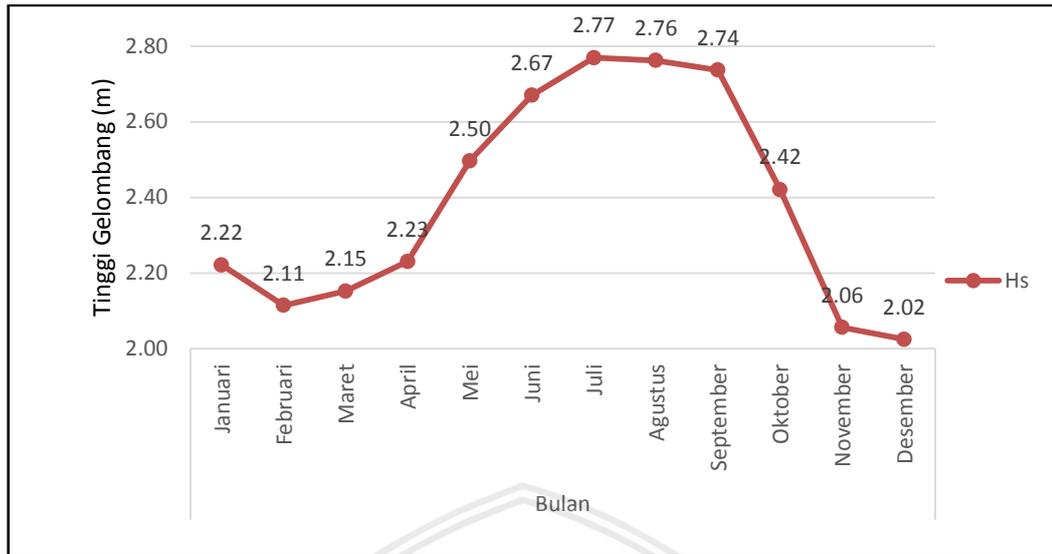
2004-2018



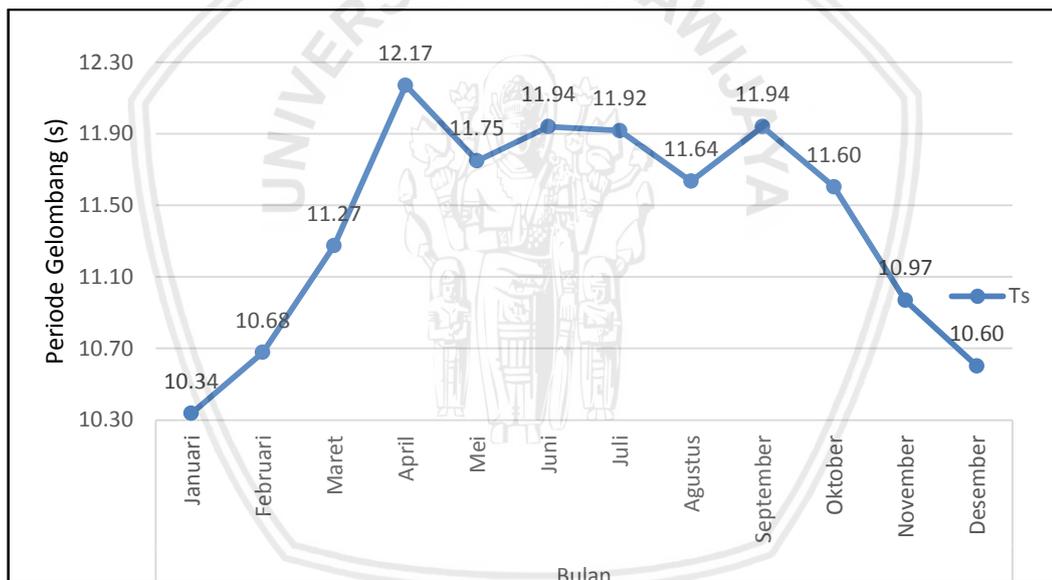
Gambar 25. Rata rata Tinggi Gelombang Signifikansi Bulanan Stasiun 28 tahun 2004-2018



Gambar 26. Rata rata Periode Gelombang Signifikansi Bulanan Stasiun 28 tahun 2004-2018

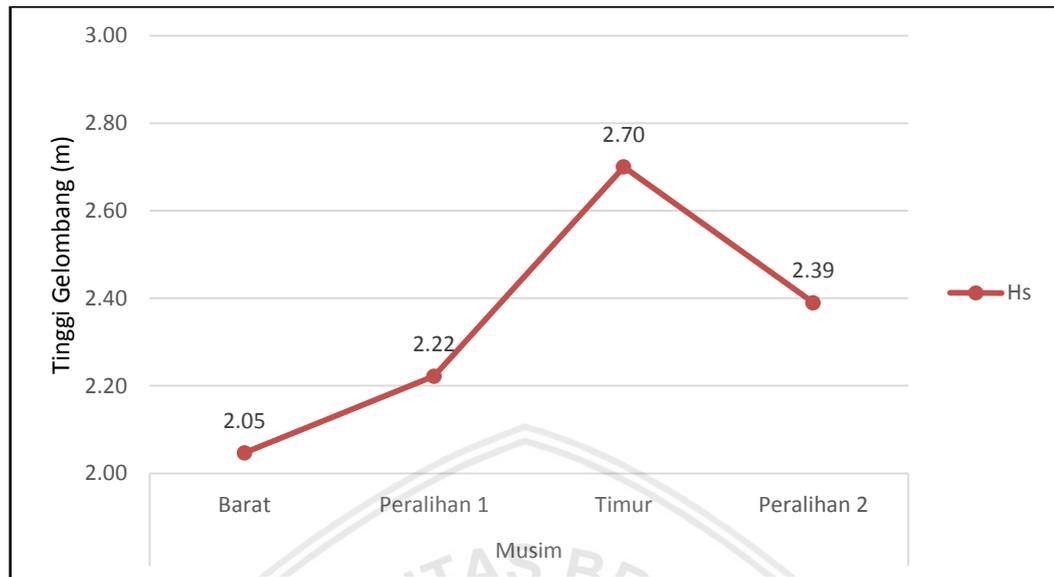


Gambar 27. Rata rata Tinggi Gelombang Signifikan Bulanan Stasiun 33 tahun 2004-2018

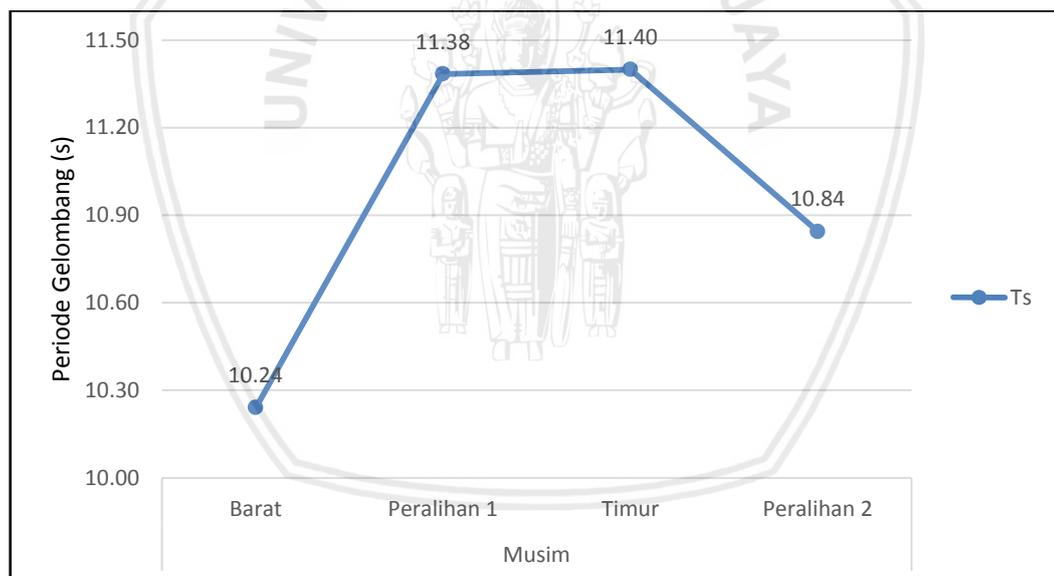


Gambar 28. Rata rata Periode Gelombang Signifikan Bulanan Stasiun 33 tahun 2004-2018

Lampiran 6. Grafik Tinggi Gelombang Signifikan Musiman



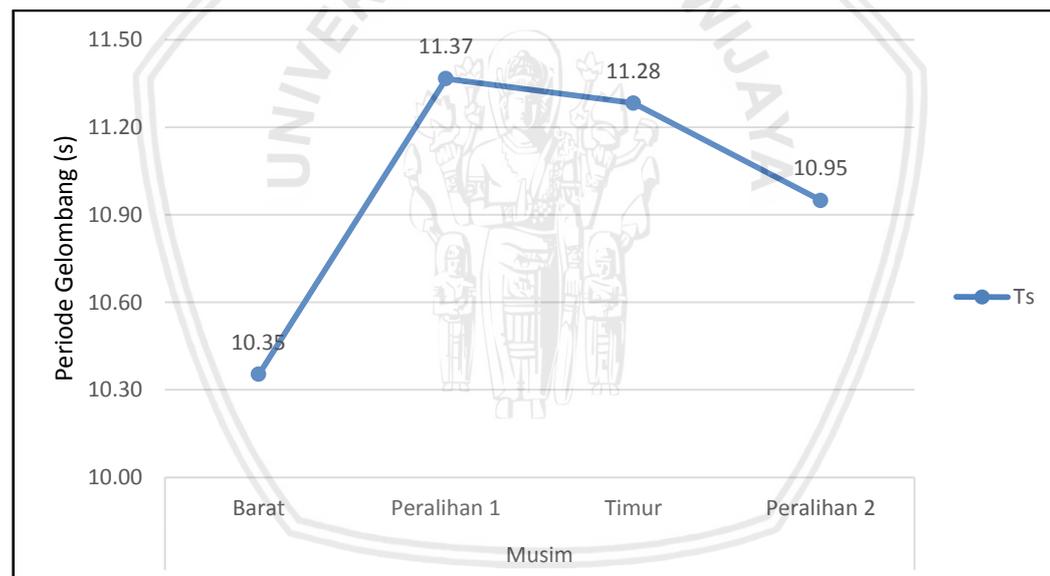
Gambar 29. Rata rata Tinggi Gelombang Signifikan Berdasarkan Musim di Stasiun 11 Tahun 2004-2018



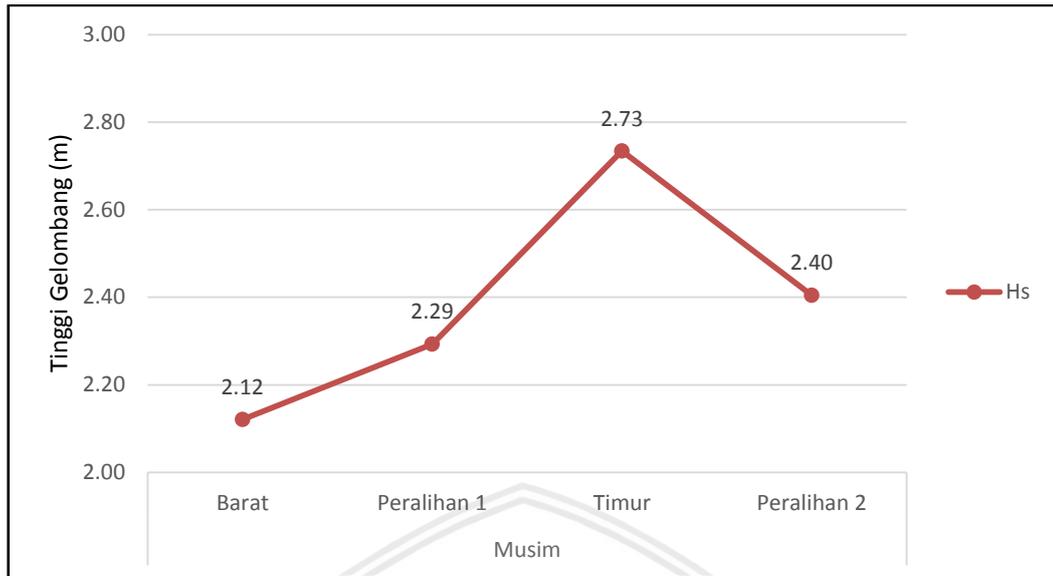
Gambar 30. Rata rata Periode Gelombang Signifikan Berdasarkan Musim di Stasiun 11 Tahun 2004-2018



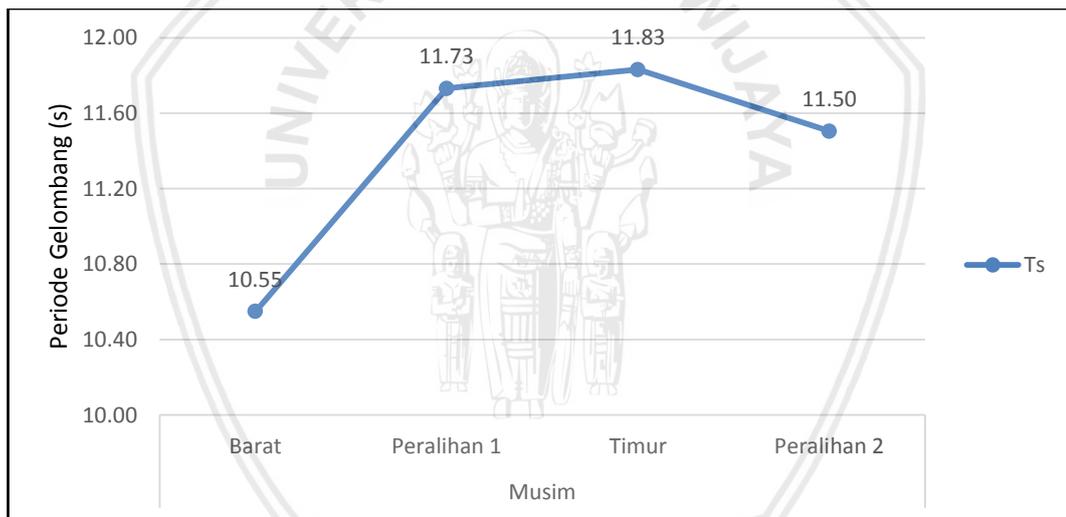
Gambar 31. Rata rata Tinggi Gelombang Signifikan Berdasarkan Musim di Stasiun 28 Tahun 2004-2018



Gambar 32. Rata rata Periode Gelombang Signifikan Berdasarkan Musim di Stasiun 28 Tahun 2004-2018

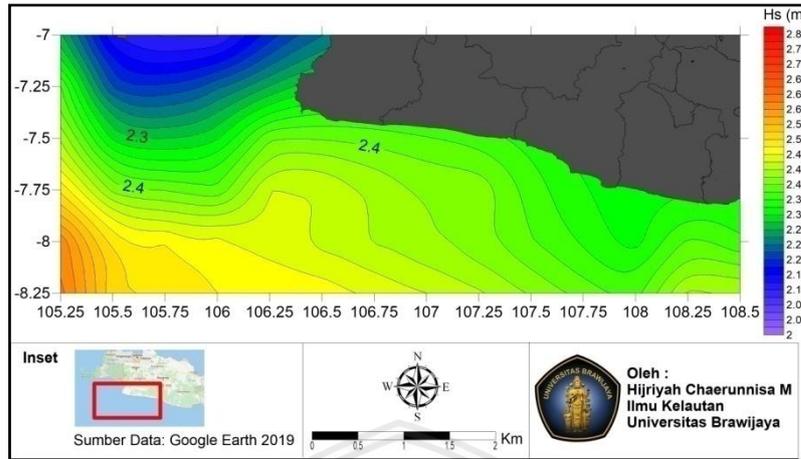


Gambar 33. Rata rata Tinggi Gelombang Signifikan Berdasarkan Musim di Stasiun 33 Tahun 2004-2018

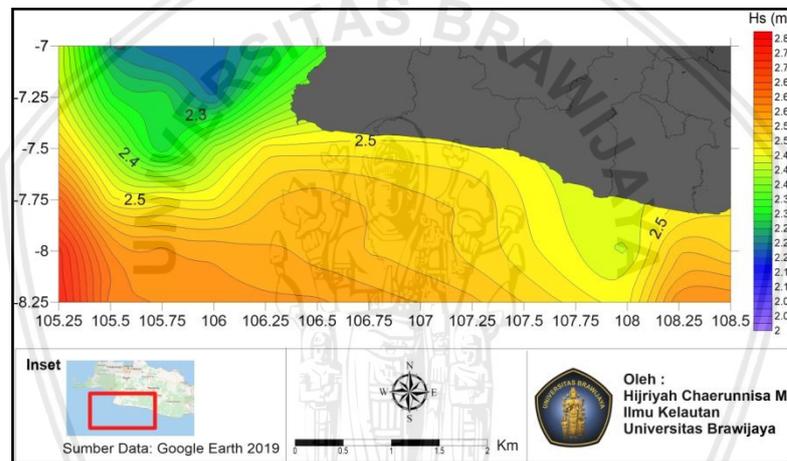


Gambar 34. Rata rata Periode Gelombang Signifikan Berdasarkan Musim di Stasiun 33 Tahun 2004-2018

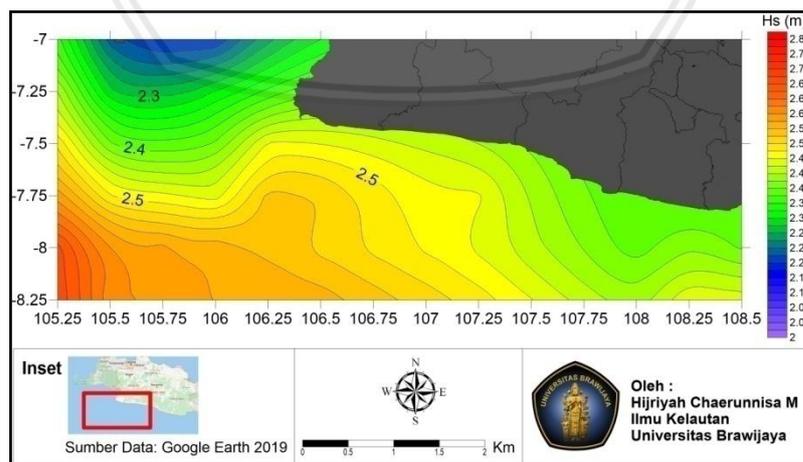
Lampiran 7. Peta Sebaran Tinggi Gelombang Signifikan berdasarkan Tahun



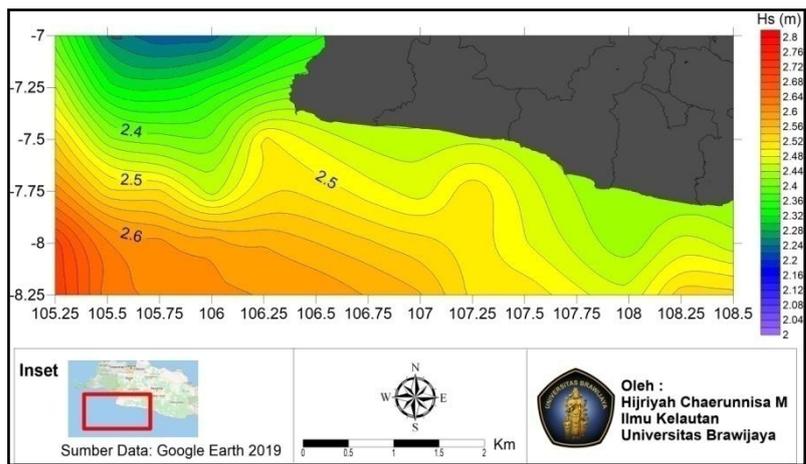
Gambar 35. Peta sebaran tinggi gelombang signifikan tahun 2004



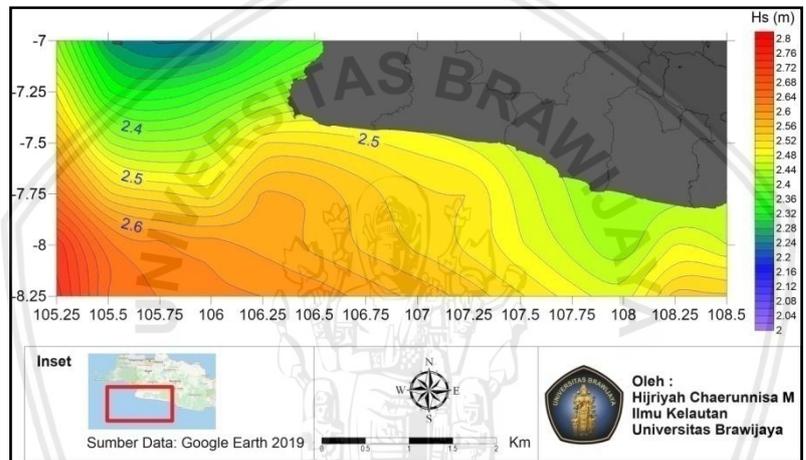
Gambar 36. Peta sebaran tinggi gelombang signifikan tahun 2005



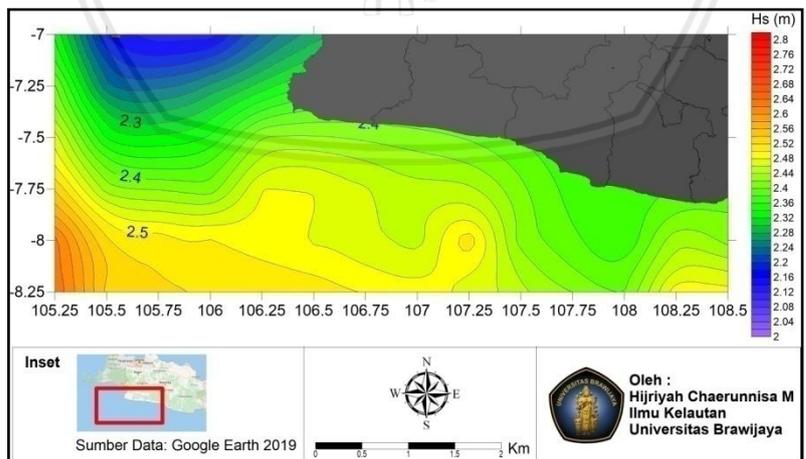
Gambar 37. Peta sebaran tinggi gelombang signifikan tahun 2006



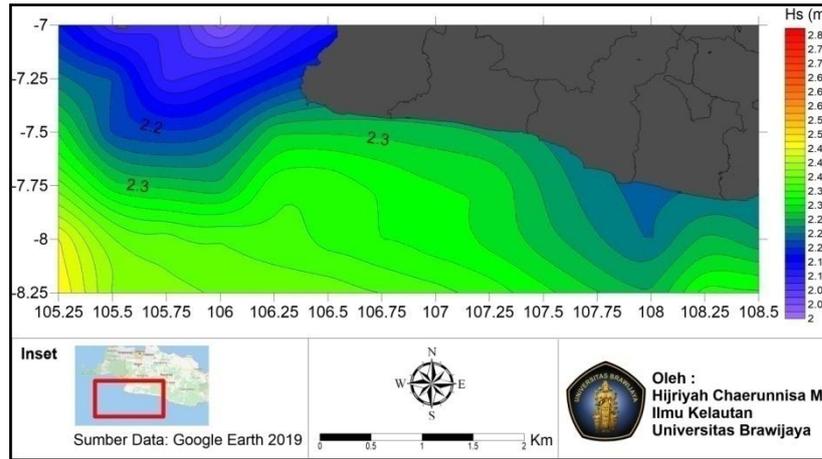
Gambar 38. Peta sebaran tinggi gelombang signifikan tahun 2007



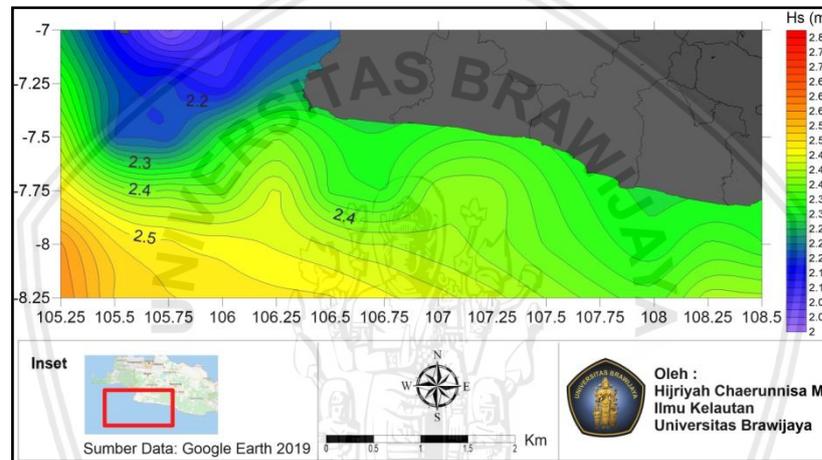
Gambar 39. Peta sebaran tinggi gelombang signifikan tahun 2008



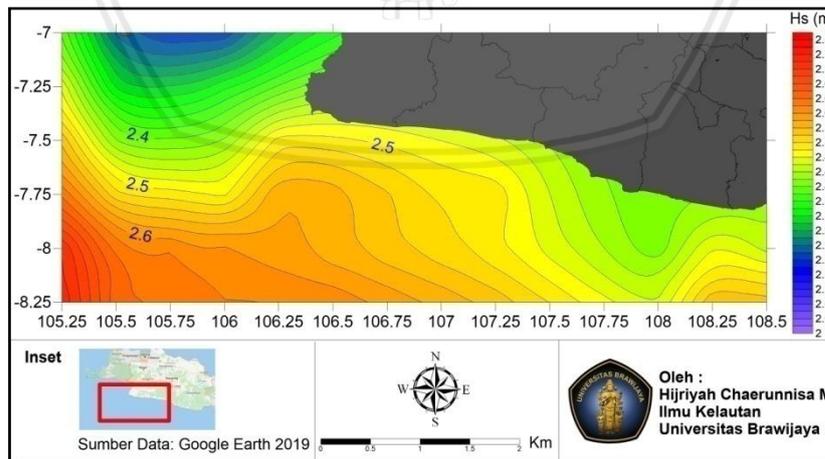
Gambar 40. Peta sebaran tinggi gelombang signifikan tahun 2009



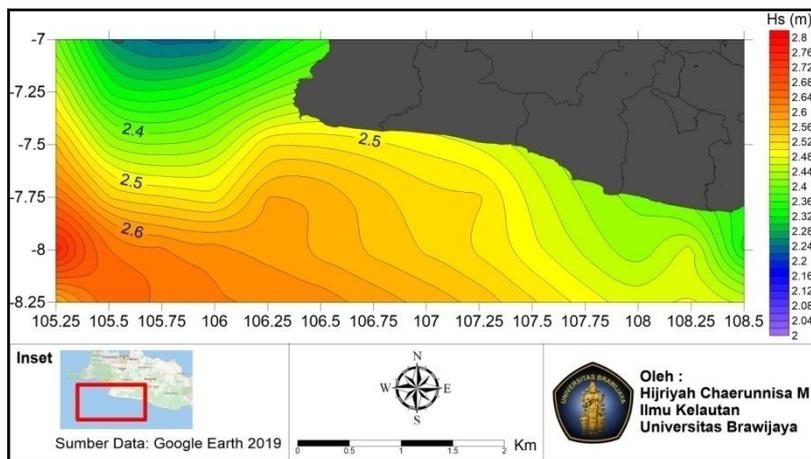
Gambar 41. Peta sebaran tinggi gelombang signifikan tahun 2010



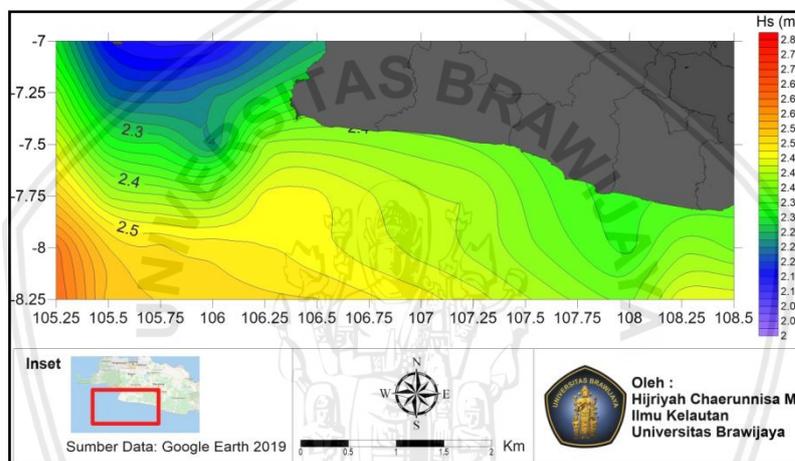
Gambar 42. Peta sebaran tinggi gelombang signifikan tahun 2011



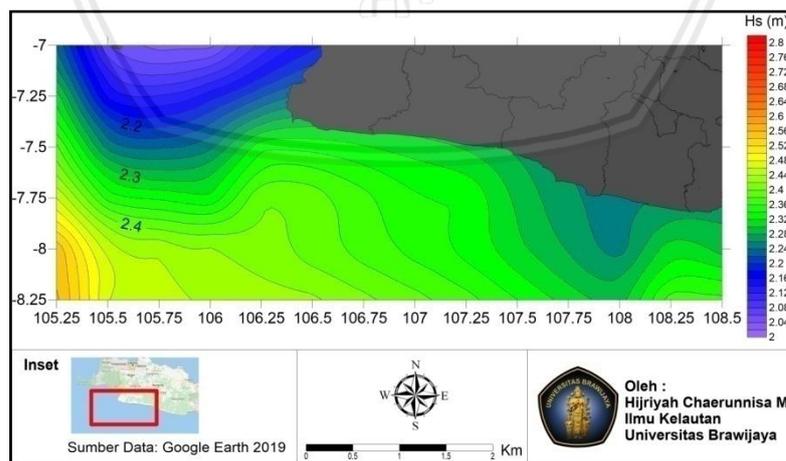
Gambar 43. Peta sebaran tinggi gelombang signifikan tahun 2012



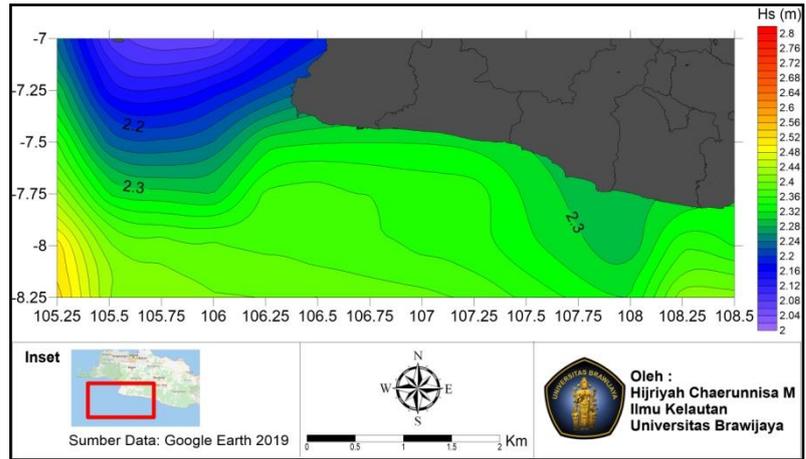
Gambar 44. Peta sebaran tinggi gelombang signifikan tahun 2013



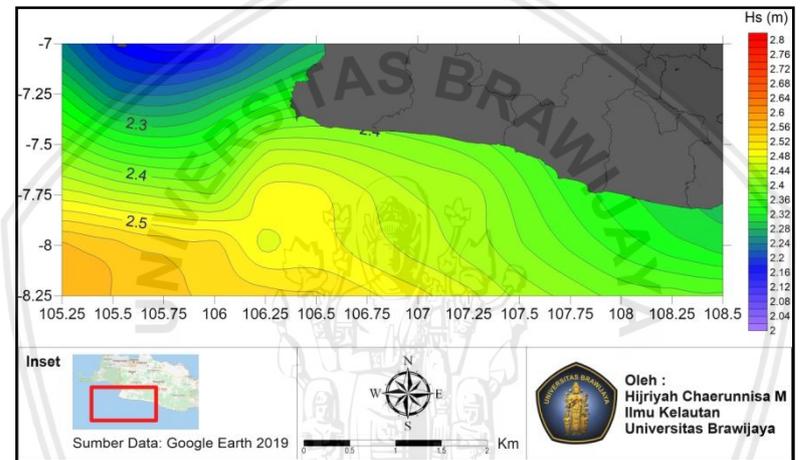
Gambar 45. Peta sebaran tinggi gelombang signifikan tahun 2014



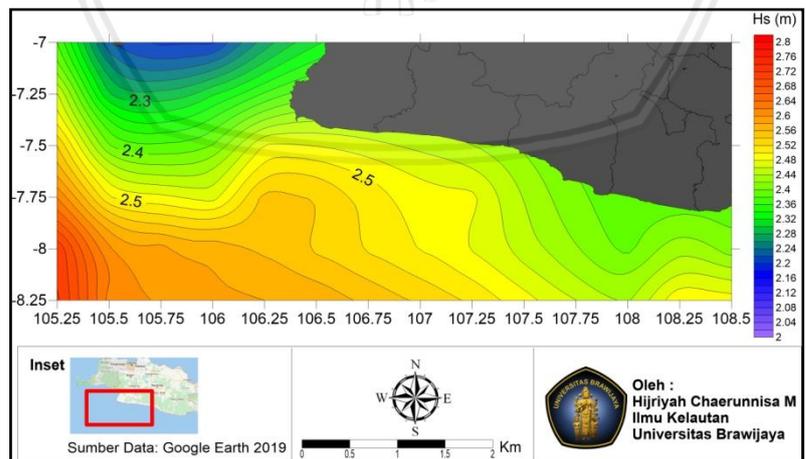
Gambar 46. Peta sebaran tinggi gelombang signifikan tahun 2015



Gambar 47. Peta sebaran tinggi gelombang signifikan tahun 2016



Gambar 48. Peta sebaran tinggi gelombang signifikan tahun 2017



Gambar 49. Peta sebaran tinggi gelombang signifikan tahun 2018