



TUGAS AKHIR (MO 184804)

**STUDI POTENSI ENERGI GELOMBANG LAUT DI PANTAI
SELATAN JAWA TIMUR**

DIMAS REZA ANDHIKA

NRP. 0431164000021

DOSEN PEMBIMBING:

Prof.Ir.Mukhtasor M.Eng.,Ph.D.

Dr.Eng.Shade Rahmawati ST., MT.

DEPARTEMEN TEKNIK KELAUTAN

FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

2021



FINAL PROJECT (MO 184804)

**OCEAN WAVE ENERGY POTENTIAL STUDIES IN EAST JAVA
SOUTH COAST**

DIMAS REZA ANDHIKA

NRP. 0431164000021

SUPERVISORS:

Prof.Ir.Mukhtasor M.Eng.,Ph.D.

Dr.Eng.Shade Rahmawati ST., MT.

OCEAN ENGINEERING DEPARTMENT

FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

2021

LEMBAR PENGESAHAN

STUDI POTENSI ENERGI GELOMBANG LAUT DI PANTAI SELATAN JAWA TIMUR

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada Program Studi S-1 Departemen Teknik Kelautan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

DIMAS REZA ANDHIKA

NRP. 043 1 16 4000 021

Disetujui Oleh:

1. Prof. Ir. Mukhtasor, M.Eng., Ph.D

(Pembimbing 1)

2. Dr.Eng. Shade Rahmawati, S.T., M.T

(Pembimbing 2)

3. Prof. Widi Agoes Pratikto, Ph.D

(Penguji 1)

4. Dr. Ir. Hasan Ikhwani M.Sc.

(Penguji 2)



Surabaya, Januari 2021

STUDI POTENSI ENERGI GELOMBANG LAUT DI PANTAI SELATAN JAWA TIMUR

Nama : Dimas Reza Andhika
NRP : 0431164000021
Dosen Pembimbing : 1. Prof.Ir.Mukhtasor M.Eng.,Ph.D.
2. Dr.Eng.Shade Rahmawati ST., MT.

ABSTRAK

Pantai Selatan Jawa Timur memiliki tinggi gelombang yang besar karena menghadap lautan lepas. Dengan berkembangnya teknologi pembangkit listrik tenaga gelombang akhir-akhir ini, pemanfaatan energi gelombang pada Pantai Selatan Jawa Timur menjadi opsi yang menarik dalam membangkitkan energi listrik masyarakat. Sebelum dibangun pembangkit listrik tenaga gelombang diperlukan penentuan posisi pembangkit listrik tenaga gelombang secara kasar. Karena itu studi potensi energi gelombang pada Pantai Selatan Jawa Timur dibutuhkan. Analisis dilakukan dengan memodelkan wilayah studi menggunakan perangkat lunak Delft3D. Data yang dipakai sebagai parameter model adalah data batimetri GMRT dan data ECMWF ERA5 untuk angin, tekanan udara, tinggi gelombang laut dalam, dan periode puncak laut dalam. Model akan divalidasi dengan data pengukuran sekunder tinggi gelombang dan periode puncak pada Wilayah Pesanggaran, Banyuwangi sepanjang lima hari dan perhitungan refraksi. Dari analisis didapat potensi daya dan energi gelombang terbesar ada di sekitar daerah Pantai Pulau Merah, Banyuwangi dan paling kecil ada di daerah Tanjung Bili, Malang. Potensi daya teoritis hasil analisis mencapai 121.41 kW/m dan potensi energi teoritisnya mencapai 254.5 MWh/m. Dari perhitungan juga didapat potensi daya teknisnya mencapai 30.35 kW/m dengan *capacity factor* 25% dan 42.49 kW/m untuk *capacity factor* 35%. Potensi energi teknisnya sebesar 63.63 MWh/m untuk *capacity factor* 25% dan 89.08 MWh/m untuk *capacity factor* 35%

Kata Kunci : *potensi energi gelombang laut, tinggi gelombang, periode gelombang, Pantai Selatan Jawa Timur*

OCEAN WAVE ENERGY POTENTIAL STUDIES IN EAST JAVA SOUTH COAST

Author : Dimas Reza Andhika
Student Identity Number : 0431164000021
Supervisors : 1. Prof.Ir.Mukhtasor M.Eng.,Ph.D.
2. Dr.Eng.Shade Rahmawati ST., MT.

ABSTRACT

The South Coast of East Java has a large wave height because it faces open ocean. With the development of wave power generation technology recently, the use of wave energy on the South Coast of East Java has become an attractive option in generating electricity for the community. Before the construction of a wave power plant, it is necessary to roughly determine the position of the wave power plant. Therefore, a study of the potential for wave energy on the South Coast of East Java is needed. The analysis was performed by modeling the study area using Delft3D. The data used as model parameters are GMRT bathymetry data and ECMWF ERA5 data for wind, air pressure, deep sea wave height, and deep sea peak periods. The model will be validated with secondary data of wave height and peak period in the Pesanggaran area, Banyuwangi dan refraction. From the analyses, it is obtained that the potential for wave energy reaches 0.11 MWh/m to 83.57 MWh/m. The theoretical power potential from the analysis reaches 121.41 kW/m and the energy potential reaches 254.5 MWh/m. The calculation also shows that the technical power potential reaches 30.35 kW/m with a capacity factor of 25% and 42.49 kW/m for a capacity factor of 35%. The technical energy potential is 63.63 MWh/m for a capacity factor of 25% and 89.08 MWh/m for a capacity factor of 35%

Keyword: Ocean wave Energy potential, south coast of East Java, Wave modeling

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan rahmat, taufik dan hidayahnya sehingga penulisan Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik. Tugas Akhir yang berjudul “Studi Potensi Energi Gelombang Laut di Pantai Selatan Jawa Timur” ini, penulis susun untuk memenuhi syarat dalam menyelesaikan program studi S-1 Teknik Kelautan di ITS.

Penulis ingin menyampaikan bahwa penulis telah menyusun laporan Tugas Akhir ini dengan sebaik-baiknya walaupun penulis menyadari dalam laporan ini masih terdapat kekurangan. Penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk menyempurnakan laporan Tugas Akhir ini. Selain itu, penulis mengharapkan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi yang membaca terutama untuk penelitian lain di masa depan.

Penulis berharap penelitian selanjutnya dapat berjalan lebih baik dari penelitian ini. Selain itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih atas perhatian pembaca. Demikian, Tugas Akhir ini penulis buat dengan sepuh hati.

Surabaya, Januari 2021



Dimas Reza Andhika

UCAPAN TERIMA KASIH

Tugas Akhir ini berjudul “Studi Potensi Energi Gelombang Laut di Pantai Selatan Jawa Timur”. Pada proses pengerjaan Tugas Akhir ini penulis telah banyak dibantu oleh berbagai pihak yang sangat berperan dalam penyelesaian laporan ini. Terima kasih yang sebesar-besarnya penulis sampaikan kepada:

1. Almarhum ibu dan almarhum ayah yang telah membesarkan penulis dengan semangat hingga akhir hayatnya.
2. Bulik Lilik yang telah memberikan bantuan materi dan semangat yang sangat banyak untuk penulis agar mengerjakan Tugas Akhir dan menyelesaikan kuliah.
3. Kak Danu yang telah memberikan penulis bantuan moral dan nasehat selama masa perkuliahan, kerja praktik, dan Tugas Akhir ini.
4. Prof. Ir. Mukhtasor M.Eng.,Ph.D. selaku dosen pembimbing satu yang senantiasa memberi semangat, nasehat, bantuan dan arahan kepada penulis untuk menulis dan menyelesaikan Tugas Akhir.
5. Dr. Eng. Shade Rahmawati ST. MT.. selaku dosen pembimbing dua yang telah memberikan banyak masukan dan arahan dalam membimbing penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
6. Prof. Widi Agoes Pratikto, Ph.D dan Dr. Ir. Hasan Ikhwani M.Sc. sebagai penguji satu dan dua yang telah mennguji dan memberi bantuan berupa kritik dan saran dalam pelaksanaan tugas akhir ini.
7. Bapak Sholihin ST. MT. sebagai dosen wali yang sudah membantu masa perkuliahan penulis dengan memberikan arahan dan nasehat akan mata kuliah yang dijalani.
8. Rekan-rekan Tugas Akhir bimbingan Prof. Ir. Mukhtasor M.Eng.,Ph.D, yaitu Kawan Gilang, Andini, M Iqbal, Yasyril M, dan Dony yang telah banyak membantu dan memberikan masukan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.
9. Seluruh Mahasiswa Teknik Kelautan yang telah memberi bantuan moral, kritik, dan saran dalam pembuatan Tugas Akhir ini.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR.....	vi
UCAPAN TERIMA KASIH	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL	xii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
1.5 Batasan Masalah	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI.....	5
2.1 Tinjauan Pustaka.....	5
2.2 Dasar Teori	5
2.2.1 Gelombang	5
2.2.2 Gelombang Irreguler.....	9
2.2.3 Refraksi Gelombang	11
2.2.4 Energi Gelombang	12
2.2.5 Daya Gelombang	14
2.2.6 ECMWF	16
2.2.7 Prinsip Desain.....	16
2.2.8 Teknologi Konversi Energi Gelombang Laut	17
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	23
3.1 Diagram Alir Metode Penelitian.....	23
3.2 Prosedur Penelitian	24
3.2.1 Studi literatur	24
3.2.2 Pengumpulan Data.....	24
3.2.3 Pemodelan dengan Delft3D.....	25
3.2.4 Validasi Model	25

3.2.5	Simulasi Model Selama Satu Tahun.....	26
3.2.6	Perhitungan Potensi Daya dan Energi	26
3.2.7	Kesimpulan dan Saran	27
BAB 4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN		28
4.1	Lokasi Pemodelan.....	29
4.2	Data ECMWF ERA5	29
4.3	Data Pengukuran Sekunder.....	31
4.4	Data Batimetri.....	32
4.5	Pemodelan Numerik	33
4.5.1	Pemodelan <i>Grid</i> dan Batimetri.....	33
4.5.2	Pemodelan Hidrodinamika 2D dengan FLOW	36
4.5.3	Pemodelan Propagasi Gelombang dengan WAVE	37
4.6	Validasi Model.....	37
4.7	Simulasi Model Numerik.....	41
4.8	Perhitungan Potensi Daya.....	44
4.9	Perhitungan Potensi Energi.....	49
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		61
5.1	Kesimpulan	61
5.2	Saran	62
DAFTAR PUSTAKA.....		63
LAMPIRAN		67
BIODATA PENULIS		

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Potensi Energi Teoritis di Bagian Pesisir Seluruh Dunia	1
Gambar 1.2 Potensi Energi Gelombang Laut di Indonesia	2
Gambar 2.1 Perkembangan Gelombang Oleh Angin	6
Gambar 2.2 Gelombang Sinusoidal)	7
Gambar 2.3 Gelombang yang Diukur dengan Metode <i>Zero Upcrossing</i>	9
Gambar 2.4 Refraksi Gelombang	11
Gambar 2.5 Notasi Untuk Gelombang Laut Tiga Dimensi.....	12
Gambar 2.6 Struktur <i>Framework</i> Delft3D	16
Gambar 2.7 Contoh Proses <i>Nesting</i>	17
Gambar 2.8 Ilustrasi <i>Overtopping Devices</i>	18
Gambar 2.9 WEC dengan Konsep <i>Overtopping Devices</i> , <i>Wave Dragon</i>	19
Gambar 2.10 Ilustrasi Mekanisme OWC	19
Gambar 2.11 Contoh WEC dengan Konsep OWC, LIMPET	19
Gambar 2.12 Ilustrasi Mekanisme <i>Point Absorber</i>	20
Gambar 2.13 WEC yang Memakai Konsep <i>Point Absorber</i> , <i>Oyster</i>	20
Gambar 3.1 Metodologi Penelitian.....	23
Gambar 3.2 Luas Data yang Diambil Untuk Studi, Dilihat dengan Google Earth.....	24
Gambar 4.1 Luas Wilayah Komputasi dilihat dengan Google Earth	29
Gambar 4.2 Periode Puncak Gelombang Data ECMWF untuk orientasi selatan	30
Gambar 4.3 Tinggi Gelombang Signifikan Data ECMWF untuk orientasi selatan	30
Gambar 4.4 Lokasi Pengukuran Gelombang Dilihat dengan Google Earth.....	31
Gambar 4.5 Periode Puncak Gelombang Pengukuran Tim ITSK (2019)	32
Gambar 4.6 Tinggi Gelombang Signifikan Pengukuran Tim ITSK (2019)	32
Gambar 4.7 Data Sampel GMRT	33
Gambar 4.8 Garis Ungu Menandakan Pemisah Laut Transisi dengan Laut Dalam.....	34
Gambar 4.9 Grid Komputasi Luar dan Grid Komputasi Utama.....	35
Gambar 4.10 Batimetri Grid Luar dan Batimetri Grid Komputasi Utama	36
Gambar 4.11 Garis Silang Putih Menandakan <i>Cell Grid</i> Lokasi Pengukuran	37
Gambar 4.12 Periode Puncak Model	38
Gambar 4.13 Tinggi Signifikan Model.....	38

Gambar 4.14 Perbandingan Periode Puncak Pengukuran dengan Model	39
Gambar 4.15 Perbandingan Tinggi Gelombang Signifikan Pengukuran dengan Model	39
Gambar 4.16 Refraksi gelombang	40
Gambar 4.17 Lokasi Peninjauan Potensi Energi	41
Gambar 4.18 Tinggi gelombang signifikan dalam satu tahun di Pantai Pulau Merah	43
Gambar 4.19 Periode gelombang dalam satu tahun di lokasi Pantai Pulau Merah	43
Gambar 4.20 Tinggi gelombang signifikan dalam satu tahun di Tanjung Bili	43
Gambar 4.21 Periode gelombang dalam satu tahun di Tanjung Bili.....	44
Gambar 4.22 Potensi Daya Setiap Jam Lokasi Tanjung Bili	46
Gambar 4.23 Potensi Daya Lokasi Pantai Pulau Merah.....	46
Gambar 4.24 Potensi Teoritis Energi Tiap Bulan.....	55
Gambar 4.25 Potensi Energi Teknis Tiap Bulan dengan <i>Capacity Factor</i> = 25%	55
Gambar 4.26 Potensi Energi Teknis Tiap Bulan dengan <i>Capacity Factor</i> = 35%	55
Gambar 4.27 Peta Potensi Daya Teoritis.....	56
Gambar 4.28 Peta Potensi Daya Teknis CF = 25%	57
Gambar 4.29 Peta Potensi daya teknis CF = 35%	57
Gambar 4.30 Peta Potensi Energi Teoritis.....	58
Gambar 4.31 Peta Potensi Energi Teknis CF = 25%	58
Gambar 4.32 Peta Potensi Energi Teknis CF = 35%	59

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Interpretasi Tingkat keakurasian MAPE oleh Moreno (2013)	25
Tabel 4.1 Perhitungan Galat Hs Refraksi dan model dengan data	39
Tabel 4.2 Koordinat dan Nama Lokasi yang ditinjau.....	40
Tabel 4.3 Parameter Gelombang di 10 Lokasi yang Ditinjau	40
Tabel 4.4 Rangkuman Potensi Daya Lokasi Peninjauan	43
Tabel 4.5 Potensi Daya Teoritis Tanjung Bili (kW/m)	45
Tabel 4.6 Potensi Daya Teoritis Pantai Pulau Merah (kW/m)	45
Tabel 4.7 Potensi Daya Teknis Tanjung Bili dengan CF = 25% (kW/m).....	46
Tabel 4.8 Potensi Daya Teknis Pantai Pulau Merah dengan CF = 25%	46
Tabel 4.9 Potensi Daya Teknis Tanjung Bili dengan CF = 35% (kW/m).....	47
Tabel 4.10 Potensi Daya Teknis Pantai Pulau Merah dengan CF = 35% (kW/m).....	47
Tabel 4.11 Tabel <i>Wave Scatter</i> Tanjung Bili Dalam Jam	48
Tabel 4.12 Tabel <i>Wave Scatter</i> Pantai Pulau Merah Dalam Jam	48
Tabel 4.13 Tabel Potensi Energi Teoritis Tanjung Bili (MWh/m)	49
Tabel 4.14 Tabel Potensi Energi Teoritis Pantai Pulau Merah (MWh/m)	50
Tabel 4.15 Tabel Potensi Energi Teknis Tanjung Bili dengan CF = 25% (MWh/m)	51
Tabel 4.16 Tabel Potensi Energi Teknis Pantai Pulau Merah dengan CF = 25% (MWh/m)...	51
Tabel 4.17 Tabel Potensi Energi Teknis Tanjung Bili dengan CF = 35% (MWh/m).....	52
Tabel 4.18 Tabel Potensi Energi Teknis Pantai Pulau Merah dengan CF = 35% (MWh/m) ..	52
Tabel 4.19 Tabel Urutan dari Lokasi dari Potensi Energi Tertinggi	54

Daftar Notasi

b	: Lebar Gelombang (m)
b_o	: Lebar Gelombang Laut Dalam (m)
c	: Kecepatan Rambat Gelombang (m/s)
c_g	: Kecepatan Rambat Kelompok Gelombang (m/s)
d	: Kedalaman air (m)
E	: Potensi Energi Total (J)
\bar{E}	: Densitas Energi Gelombang (J/m^2)
E_k	: Potensi Energi Kinetik (J)
E_o	: Potensi Energi Total Laut Dalam (J)
E_p	: Potensi Energi Potensial (J)
g	: Percepatan gravitasi (m/s^2)
H	: Tinggi Gelombang (m)
\bar{H}	: Rerata Tinggi Gelombang (m)
H_{10}	: Rerata tinggi dari 10 persen tinggi gelombang tertinggi dari data (m)
H_{max}	: Tinggi Gelombang Tertinggi (m)
H_{min}	: Tinggi Gelombang Terendah (m)
H_s	: Tinggi Gelombang Signifikan (m)
k	: Angka Gelombang
K_r	: Koefisien Refraksi.
K_s	: Koefisien Shoaling.
m	: Massa air (kg)
m_n	: Spektrum Momen
η	: Elevasi Muka Air (m)
P	: Daya Gelombang (watt)
T	: Periode Gelombang (detik)
T_e	: Periode Rerata Gelombang (detik)
T_p	: Periode Puncak Gelombang (detik)
u	: Kecepatan Partikel Gelombang Sumbu x (m/s)
v	: Kecepatan Partikel Gelombang Sumbu y (m/s)
w	: Kecepatan Partikel Gelombang Sumbu z (m/s)
Y_0	: Alongshore Distance (m)

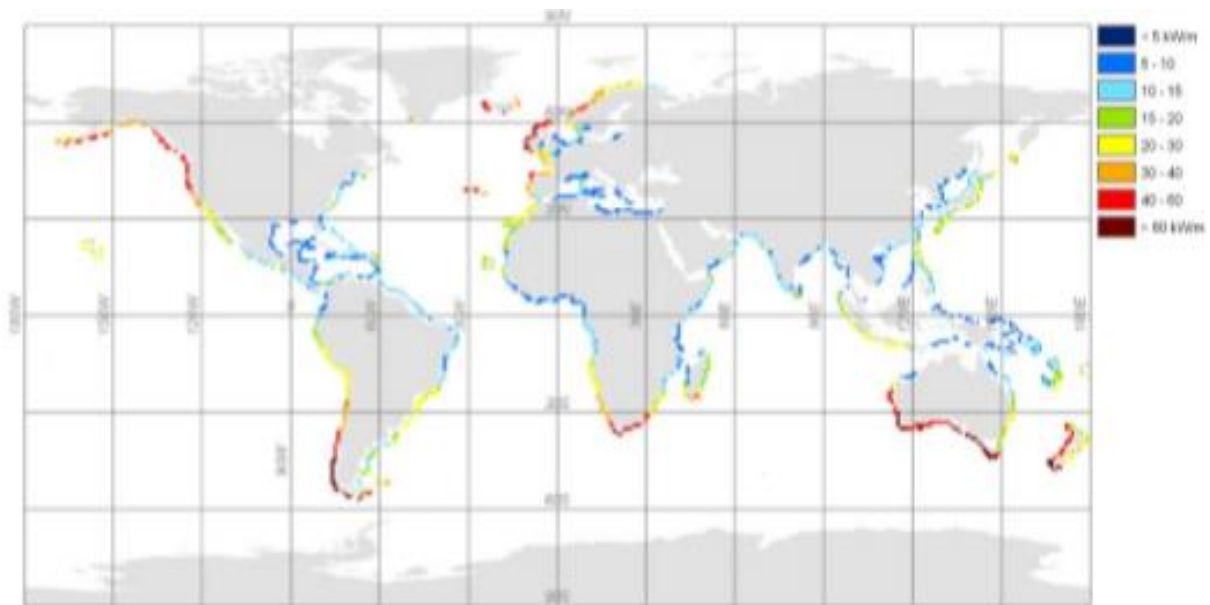
- β : Sudut arah gelombang datang dengan kontur dasar laut.
- β_0 : Sudut arah gelombang datang dengan kontur dasar laut dalam.
- λ : Panjang Gelombang (m)
- λ_0 : Panjang Gelombang Laut Dalam (m)
- ρ : Massa Jenis Air Laut (kg/m^3)
- ϕ : Potensi Kecepatan (m^2/s)
- ω : Frekuensi Angular Gelombang (rad)

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu jenis pembangkit listrik terbarukan adalah pembangkit listrik tenaga gelombang laut (PLTGL). Konsep mengonversi tenaga gelombang laut menjadi tenaga listrik sebenarnya bukanlah ide yang baru. Paten dari teknologi konversi gelombang sebenarnya sudah ada dari tahun 1799, namun riset mulai digencarkan oleh negara-negara eropa seperti Inggris Raya, Portugal, Swedia, Denmark, Irlandia, dan Norwegia saat krisis minyak terjadi pada tahun 1973 (Engstrom, 2011). Saat ini tercatat paling tidak ada 255 pengembang teknologi *wave energi converter* (WEC) yang sedang berjalan (European Marine Energy Centre, 2020). Energi jenis ini menjadi opsi yang menarik karena beberapa alasan seperti densitas energi yang terkandung, efek yang minim terhadap lingkungan, dan luasan gelombang menjalar yang bisa dikonversi menjadi energi (Drew et al. 2009).



Gambar 1.1 Potensi Energi Teoritis di Bagian Pesisir Seluruh Dunia (Tidak Termasuk yang Memiliki Potensi <math><5\text{kW/m}</math>) (Mork et al., 2010)

Dalam membangun WEC perlu pertimbangan beberapa aspek lingkungan agar alat yang dibangun bisa berfungsi dengan baik. Pecher dan Kofoed (2016), mengatakan salah satu aspek dalam menentukan posisi WEC yang baik adalah rerata tinggi gelombang signifikan di area peletakan. Tinggi gelombang ini dipengaruhi oleh panjangnya fetch gelombang di laut lepas. Berdasarkan kriteria ini Pesisir Selatan Pulau Jawa seharusnya memiliki potensi energi gelombang yang besar karena berhadapan langsung dengan Samudera Hindia. Dugaan ini

diperkuat oleh penelitian Mork et al. (2010) tentang potensi energi gelombang di dunia. Dari penelitiannya dia mendapatkan hasil pada Gambar 1.1. Dari gambar tersebut bisa dilihat bahwa potensi energi gelombang Pesisir Selatan Jawa kurang lebih sebesar 15 – 30 kW/m.

Untuk penelitian potensi energi gelombang laut di Indonesia, Anggraini et al. (2015) juga



Gambar 1.2 Potensi Energi Gelombang Laut di Indonesia (Anggraini et al., 2015)

sudah memetakan potensi energi gelombang di laut Indonesia dengan asumsi alat *oscillating water column* yang bisa dilihat di Gambar 1.2. Dari gambar tersebut bisa dilihat bahwa potensi energi gelombang laut di Indonesia sebesar paling kecil 55 kW. Selain itu dugaan akan potensi energi gelombang laut di Pantai Selatan Jawa Timur juga terbukti pada Gambar 1.2. Potensi energi gelombang di kawasan tersebut mempunyai besar paling kecil 20 kW hingga 40 kW.

Karena potensi energi gelombang yang cukup besar di Pantai Selatan Jawa, selanjutnya perlu tahu lebih rinci di bagian mana Pesisir Selatan Pulau Jawa yang paling tinggi potensinya untuk dibangun WEC. Karena alasan itulah penulis sebagai mahasiswa teknik kelautan terdorong untuk membuat tugas akhir berjudul “Studi Potensi Energi Gelombang Laut Pantai Selatan Pulau Jawa Timur”.

1.2 Rumusan Masalah

Dalam rencana tugas akhir ini permasalahan yang diangkat, yaitu :

1. Bagaimana parameter gelombang di Pantai Selatan Jawa Timur?
2. Bagaimana potensi daya dan energi laut dari gelombang di Pantai Selatan Jawa Timur?

1.3 Tujuan

Adapun tujuan dibuatnya laporan tugas akhir ini adalah :

1. Menemukan parameter gelombang Pantai Selatan Jawa Timur.
2. Mendapatkan potensi daya dan energi laut dari gelombang Pantai Selatan Jawa Timur.

1.4 Manfaat

Manfaat yang diharapkan dalam penulisan laporan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Membuat pemodelan numerik gelombang di Daerah Pantai Selatan Jawa Timur.
2. Dapat dijadikan alasan penentuan tempat pembangunan pembangkit listrik tenaga gelombang di Daerah Pantai Selatan Jawa Timur.
3. Bisa menjadi acuan data dalam pekerjaan yang memerlukan data gelombang di Daerah Pantai Selatan Jawa Timur.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam pengerjaan tugas akhir ini adalah :

1. Pemodelan dilakukan dengan Delft-3D.
2. Validasi model yang dibuat hanya dilakukan pada Pesanggaran, Banyuwangi, Jawa Timur.
3. Data lingkungan yang digunakan pada saat validasi adalah data pengukuran sekunder yang dilakukan oleh Tim Institut Teknologi September Kemitraan atau ITSK (2019) yang meliputi tinggi Gelombang Signifikan (H_s) dan Periode Puncak (T_p).
4. Perhitungan potensi daya dan energi dilakukan pada fase teoritis dan teknis.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

BAB I. PENDAHULUAN

Bagian pendahuluan laporan Tugas Akhir ini berisi latar belakang penelitian yang hendak dilakukan, rumusan masalah, tujuan yang menjawab rumusan masalah, manfaat dari penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

Bagian ini berisi tinjauan pustaka yang menjelaskan penelitian-penelitian sebelumnya dan dasar teori yang menunjang penelitian Tugas Akhir ini. Referensi yang digunakan berasal dari buku, jurnal, dan laporan Tugas Akhir sebelumnya.

BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian ini berisi *flowchart* dan penjelasan. *Flowchart* dan penjelasan tersebut berisi langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian Tugas Akhir. Pengerjaan setiap langkah diterangkan dengan jelas dan detail.

BAB IV. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Bagian ini berisi mengenai penjelasan hasil pemodelan numerik dan perhitungan – perhitungan tugas akhir yang telah dilakukan.

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini penulis menuliskan kesimpulan dari rangkain penelitian yang telah dilakukan berdasarkan tujuan yang telah ditulis dan memberikan saran untuk penelitian berikutnya.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Potensi energi gelombang laut di Indonesia bisa dibilang besar khususnya untuk Daerah Jawa Timur. Utami (2010) pernah melakukan penelitian lanjutan terkait potensi energi gelombang laut Indonesia untuk sistem *Oscillating Water Column* (OWC). Dalam penelitiannya ia mengambil kesimpulan bahwa Perairan Selatan Jawa Timur memiliki potensi energi gelombang laut paling besar. Selain itu Setyawan (2018) juga mendukung pernyataan ini yang berjudul “Identifikasi dan Pemetaan Lokasi Potensial Energi Gelombang Laut di Perairan Indonesia”. Dalam tesisnya ia juga menjelaskan bahwa potensi energi gelombang di Perairan Selatan Jawa Timur tergolong menjanjikan. Alfansuri (2014) menemukan bahwa Perairan Malang mempunyai potensi 94 kw – 5000 kw jika dipasang pembangkit listrik jenis OWC dengan lebar chamber 10 m.

Dalam menentukan potensi energi di suatu daerah ada beberapa metode yang dipakai. Alfansuri (2014) mengolah data tinggi signifikan rata-rata gelombang dari BMKG dengan rumus Kim Nielsen. Sayangnya dalam penelitiannya dia tidak melakukan validasi dan *range* hasilnya sangat luas. Peneliti lain menentukan potensi energi gelombang di Kabupaten Bengkayang memakai *Fast Fourier Transform* dalam memodelkan gelombangnya (Akbar dan Dwi, 2014). Dalam penelitian ini ditemukan nilai galat yang besar saat validasi. Selain itu Mumtaz (2020) dan Nuradiansyah (2020) memilih memakai cara yang lebih modern yaitu dengan simulasi perangkat lunak MIKE 21 untuk menentukan tinggi gelombang dan periode puncak di Daerah Banyuwangi. Beberapa peneliti seperti Zamri (2015) dan Kurniawan (2014) lebih memilih pendekatan yang lebih riil dengan membuat prototipe alat pembangkit listrik dan melakukan pengujian di dalam lab.

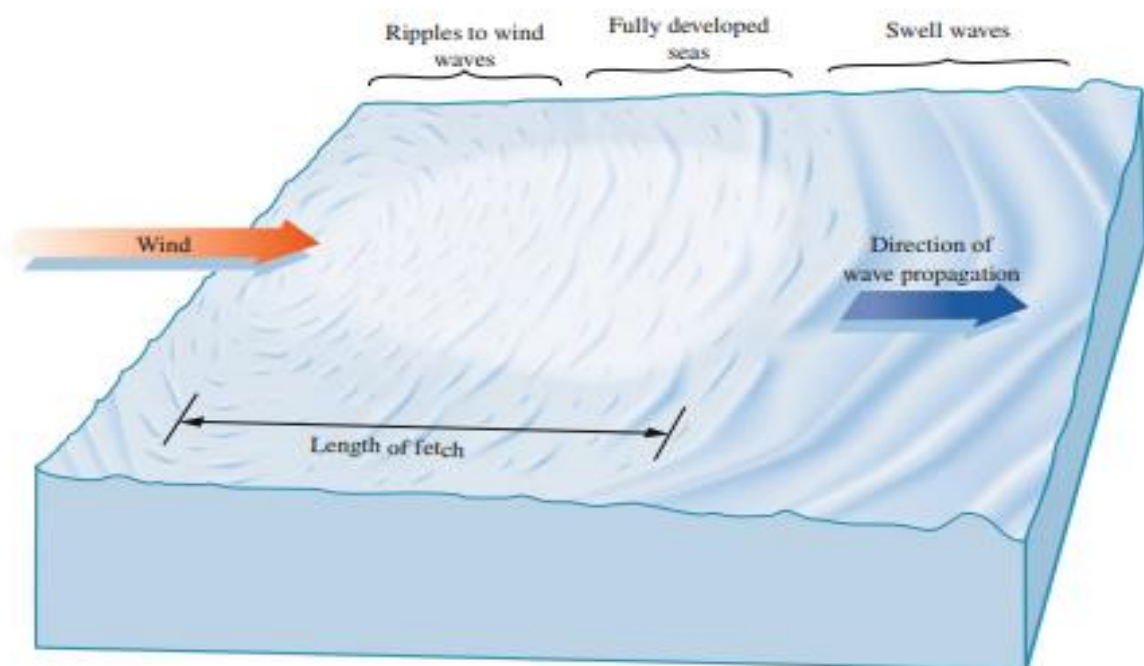
2.2 Dasar Teori

2.2.1 Gelombang

Arti dari gelombang secara umum adalah gangguan yang menjalar pada suatu media (Garrison dan Ellis, 2016). Gelombang laut itu sendiri bisa diartikan sebagai produk dari gaya pengganggu dan gaya pengembali pada muka air laut. Gangguan yang dimaksud di sini bisa mempunyai arti gempa bumi, perbedaan tekanan atmosfer, rotasi bumi, ataupun angin.

Walaupun begitu dalam konversi energi gelombang laut menjadi energi listrik biasanya yang dimaksud dengan gelombang laut adalah gelombang yang ditimbulkan dari hembusan angin (Pecher dan Kofoed, 2016).

Gelombang laut yang ditimbulkan oleh angin berubah bentuknya tergantung dari lamanya gelombang itu terkena hembusan angin. Mula-mula gelombang yang terhembus angin memiliki bentuk riakan kecil. Jika angin terus berhembus pada riakan kecil itu lama kelamaan gelombang itu akan berkembang hingga gelombang mengalami kehilangan energi saat *white capping*. Perkembangan gelombang ini bergantung pada beberapa faktor seperti kecepatan angin dan jarak pengaruh laut terkena hembusan angin atau *fetch*. Saat gelombang masih bergerak walaupun angin hembusan angin sudah hilang gelombang itu disebut menjadi gelombang *swell*. Gambar 2.1 merepresentasikan proses perkembangan gelombang ini (Pecher dan Kofoed, 2016).



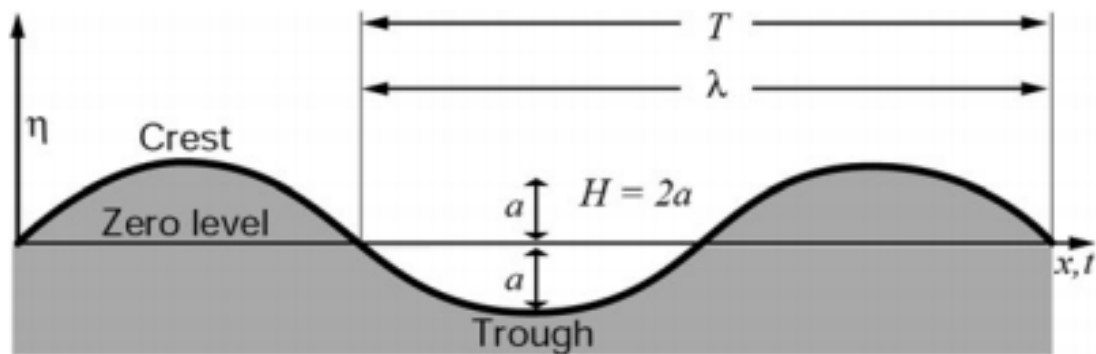
Gambar 2.1 Perkembangan Gelombang Oleh Angin (Pecher dan Kofoed, 2016)

Menurut Pecher dan Kofoed (2016) Gelombang laut umumnya biasanya berbentuk variasi sinusoidal di permukaan air sesuai dengan Gambar 2.2 dibawah. Parameter yang biasa dipakai dalam perhitungan gelombang laut meliputi tinggi gelombang (H), yaitu jarak vertikal dari puncak ke lembah gelombang, panjang gelombang (λ), yaitu panjang horizontal antara kedua puncak atau lembah gelombang yang berdekatan, dan periode gelombang (T), yaitu waktu yang diperlukan gelombang untuk melakukan satu gelombang. Selain itu ada beberapa

parameter yang juga sering digunakan dalam analisis gelombang yaitu angka gelombang, k dan frekuensi angular gelombang, ω yang bisa dinyatakan pada Persamaan 2.1 dan 2.2 yaitu:

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} \quad (2.1)$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \quad (2.2)$$



Gambar 2.2 Gelombang Sinusoidal (Pecher dan Kofoed, 2016)

Dari parameter di atas, kemiringan gelombang biasa dipakai untuk membedakan gelombang linear dan gelombang non-linear. Jika kemiringan gelombang kurang dari 0.01 maka teori gelombang linear atau Teori Gelombang Airy cukup akurat untuk dipakai dan jika nilai kemiringannya membesar maka akurasi menjadi tidak akurat dan memerlukan teori gelombang ordo tinggi seperti Teori Gelombang Stokes (Dean dan Dalrymple, 1991). Tetapi pada kenyataannya teori gelombang ordo tinggi sulit dipakai selain untuk menghitung gelombang regular sehingga teori gelombang linear umum dipakai untuk kemiringan gelombang yang besar (Pecher dan Kofoed, 2016). Rumus elevasi muka air, η dan frekuensi angular, ω pada persamaan linier adalah:

$$\eta = \frac{H}{2} \cos(kx - \omega t) \quad (2.3)$$

$$\omega = \sqrt{gk \tanh(kd)} \quad (2.4)$$

$$c = \frac{\lambda}{T} = \frac{\omega}{k} \quad (2.5)$$

Memasukkan Persamaan 2.2 ke Persamaan 2.3, bisa didapatkan

$$c = \frac{gT}{2\pi} \tanh \frac{2\pi d}{\lambda} \quad (2.6)$$

$$\lambda = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh \frac{2\pi d}{\lambda} \quad (2.7)$$

Gelombang laut bisa diklasifikasikan dalam berbagai cara. Untuk tugas akhir kali ini penulis akan mengklasifikasikan gelombang berdasarkan kedalaman lautnya (McCormick, 2010):

- Gelombang Laut Dangkal jika $0 \leq \frac{d}{\lambda} < \frac{1}{20}$ atau $0 < kd \leq \frac{2\pi}{20}$
- Gelombang Laut Transisi jika $\frac{1}{20} \leq \frac{d}{\lambda} < \frac{1}{2}$ atau $\frac{2\pi}{20} < kd \leq \pi$
- Gelombang Laut dalam jika $\frac{1}{2} \leq \frac{d}{\lambda} < \infty$ atau $\pi < kd \leq \infty$

Untuk perairan dalam yang memiliki nilai kd yang sangat besar sehingga nilai $\tanh(kd) \approx 1$ maka Persamaan 2.7 bisa ditulis menjadi:

$$\lambda_o = \frac{gT^2}{2\pi} \quad (2.8)$$

Dengan notasi 0 menyatakan laut dalam. Sedangkan untuk perairan dangkal yang memiliki nilai kd sangat kecil sehingga nilai $\tanh(kd) \approx kd$ maka Persamaan 2.7 bisa ditulis menjadi

$$\lambda = \sqrt{gd} T \quad (2.9)$$

Dalam tugas akhir kali ini, untuk menentukan kecepatan aliran gelombang diperlukan penyelesaian untuk potensi kecepatan. Dari hasil pembuktian (McCormick, 2010) potensi kecepatan bisa dipakai untuk mendeskripsikan kecepatan suatu aliran. Keuntungan menggunakan potensi kecepatan dalam menentukan kecepatan suatu aliran adalah pendekatan ini mengurangi variabel yang dibutuhkan dari tiga variable kecepatan (u, v, w) menjadi satu variabel potensi kecepatan (ϕ). Pendekatan ini ini biasa dipakai untuk dalam persamaan teori gelombang linier dengan sebutan Persamaan Laplace, yaitu:

$$\nabla^2 \phi = 0 \quad (2.10)$$

Dengan operator diferensial yang biasa disebut dengan Laplacian bisa ditulis menjadi:

$$\nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2} \quad (2.11)$$

Jika diasumsi gelombang hanya dua dimensi dan bergerak sesuai sumbu x dan sumbu z , maka kecepatan yang paralel dengan sumbu horizontal bisa dinyatakan menjadi:

$$u = \frac{\partial \phi}{\partial x} \quad (2.12)$$

Dan kecepatan yang paralel dengan sumbu vertikal bisa dinyatakan menjadi:

$$w = \frac{\partial \phi^2}{\partial z^2} \quad (2.13)$$

(McCormick, 2010) juga menyatakan kecepatan potensial juga bisa dinyatakan sebagai:

$$\phi = \frac{H g}{2 \omega} \frac{\cosh[k(z + d)]}{\cosh(kd)} \sin(kx - \omega t) \quad (2.14)$$

Dari persamaan-persamaan di atas, bisa didapat kecepatan horizontal pada suatu aliran adalah:

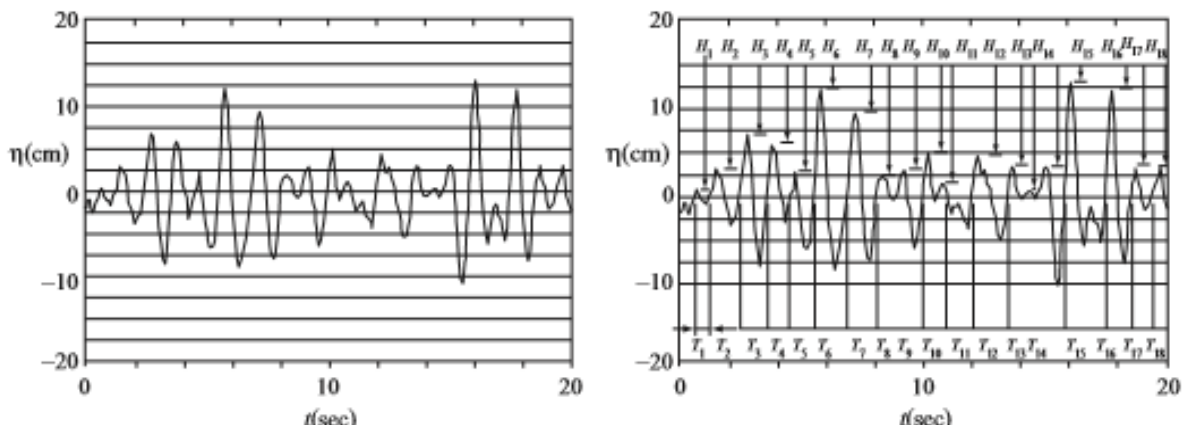
$$u = \frac{H g k \cosh[k(z + d)]}{2 \omega \sinh(kd)} \cos(kx - \omega t) \quad (2.15)$$

Dan kecepatan vertikal pada suatu aliran adalah:

$$w = \frac{H g k \cosh[k(z + d)]}{2 \omega \sinh(kd)} \sin(kx - \omega t) \quad (2.16)$$

2.2.2 Gelombang Irreguler

Pada kenyataannya gelombang di laut tidak bersifat regular, melainkan acak. Hal ini disebabkan karena kecepatan angin yang berubah-ubah, durasi angin berhembus yang tidak tetap, panjang, dan lebar bentangan angin yang tidak konstan membuat gelombang di laut mempunyai sifat acak (Djatkiko, 2012). Selain dari faktor angin faktor lain seperti gempa bumi, letusan gunung berapi, jatuhnya meteor ke bumi, dan gaya Tarik bulan dan matahari turut berkontribusi dalam membuat gelombang di laut mempunyai sifat acak. Menurut McCormick (2010) karena gelombang acak bisa dibuat ulang dalam lab dengan cara menyimulasikan gelombang regular yang berbeda fase, gelombang acak lebih umum disebut dengan gelombang irregular.



Gambar 2.3 Gelombang yang Diukur (Kiri) dan Parameter Gelombang yang Diukur dengan Metode *Zero Upcrossing* (Kanan) (McCormick, 2010) (Kiri)

Karena alasan tersebut, biasanya untuk menganalisis gelombang yang bersifat irregular diperlukan metode statistika. Salah satu cara dalam mengidentifikasi gelombang yang bersifat irregular adalah dengan metode *zero upcrossing*. Metode ini digambarkan pada Gambar 2.3. Satu gelombang dihitung setiap kali gelombang melewati sumbu waktu dengan kemiringan positif. Dengan metode ini, tinggi gelombang didefinisikan sebagai jarak antara puncak tertinggi dengan jurang terendah satu gelombang. Sedangkan periode gelombang didefinisikan sebagai jarak antara kemiringan positif yang memotong sumbu waktunya. Menurut McCormick (2010) walaupun ada beberapa gelombang kecil yang tak terhitung karena tak memotong sumbu waktu, jumlah sampel gelombang di laut sangatlah banyak sehingga keberadaan gelombang kecil yang tak terhitung tidak mempengaruhi hasil statistik secara signifikan. Selain metode *zero upcrossing*, ada juga cara lain dalam mengidentifikasi gelombang yaitu dengan metode *zero downcrossing*. Metode ini kurang lebih sama dengan metode *zero upcrossing* hanya saja satu gelombang diukur setiap gelombang memotong sumbu waktu dengan kemiringan negatif.

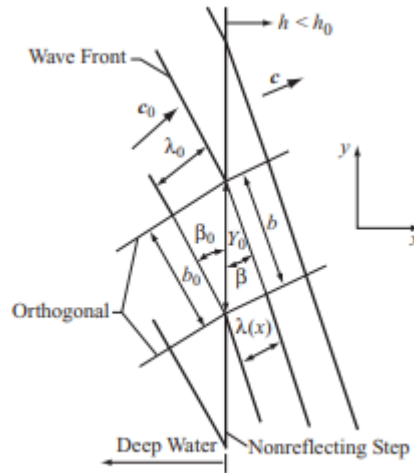
Dalam analisis gelombang, nilai tinggi gelombang ada beberapa jenis tinggi gelombang yang umum digunakan:

- H_{10} = Rerata tinggi dari 10 persen tinggi gelombang tertinggi dari data.
- H_{33} atau H_s = Rerata tinggi dari sepertiga persen tinggi gelombang tertinggi dari data, biasa disebut gelombang signifikan.
- H_{max} = Tinggi gelombang tertinggi.
- H_{min} = Tinggi gelombang terendah.
- \bar{H} atau H_{100} = Rerata tinggi gelombang.

Menurut Sverdrup dan Munk (1947), rerata gelombang yang diperhatikan secara manual dengan manusia mempunyai keterkaitan lebih dengan tinggi gelombang signifikan. Hal ini terjadi karena pengamat umumnya lebih selektif dalam mencatat data sehingga gelombang kecil diabaikan. Karena alasan ini juga Sverdrup dan Munk (1947) menyarankan agar tinggi signifikan menjadi standar pengukuran gelombang.

2.2.3 Refraksi Gelombang

Refraksi adalah perubahan arah propagasi gelombang karena perubahan kontur dasar laut yang tidak membentuk nol derajat dengan gelombang datang (Pecher, 2016; McCormick, 2010). Untuk memudahkan bagaimana refraksi terjadi bisa dilihat pada dibawah. Pada kasus gelombang linier laut dalam, puncak gelombang membentuk sudut β dengan perubahan kontur laut dengan kedalaman. Gambar refraksi gelombang bisa dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Refraksi Gelombang
(McCormick, 2010)

Dari Gambar 2.4 diasumsikan gelombang menjalar dengan kecepatan gelombang (c) di antara dua tembok vertikal yang disebut orthogonal dengan jarak kedua orthogonal b . Menurut McCormick (2010) Daya (P) di antara dua ortogonal pada Gambar 2.4, sehingga P bisa dinyatakan sebagai:

$$P_0 b_0 = \frac{\rho g H_0^2 \lambda c_{g0} b_0}{8} = P b = \frac{\rho g H^2 \lambda c_g b}{8} \quad (2.17)$$

Dengan c_g menyatakan kecepatan kelompok gelombang. Dari persamaan di atas bisa didapat hubungan tinggi gelombang laut dalam dengan tinggi gelombang pada kontur dimanapun, yaitu:

$$\frac{H}{H_0} = \sqrt{\frac{c_{g0}}{c_g}} \sqrt{\frac{b_0}{b}} = P b = K_s K_r \quad (2.18)$$

Sehingga persamaan tinggi gelombang bisa juga dinyatakan sebagai:

$$H = K_s K_r H_0 \quad (2.19)$$

Dengan K_s adalah koefisien *shoaling* dan K_r adalah koefisien refraksi. Nilai K_s pada perhitungan bisa dicari dengan:

$$K_s = \frac{H}{H_o} = \sqrt{\frac{c_{g0}}{c_g}} = \sqrt{\frac{\cosh^2(kd)}{\sinh(kd) \cosh(kd) + kd}} \quad (2.20)$$

Penentuan nilai K_r bisa dilakukan dengan berasumsi jika kontur pertama tidak membuat refleksi maka bisa membuat dua segitiga yang memiliki hipotenusa dengan panjang Y_0 yang biasa disebut *alongshore distance*. Dari Gambar 2.4 tersebut nilai K_r bisa dicari dengan:

$$K_r^2 = \frac{b_0}{b} = \frac{Y_0 \cos(\beta_0)}{Y_0 \cos(\beta)} = \frac{\cos(\beta_0)}{\cos(\beta)} \quad (2.21)$$

Sehingga nilai K_r bisa dinyatakan sebagai:

$$K_r = \sqrt{\frac{\cos(\beta_0)}{\cos(\beta)}} \quad (2.22)$$

Dari Gambar 2.4 juga bisa ditemukan hubungan kecepatan gelombang dengan sudut β yaitu:

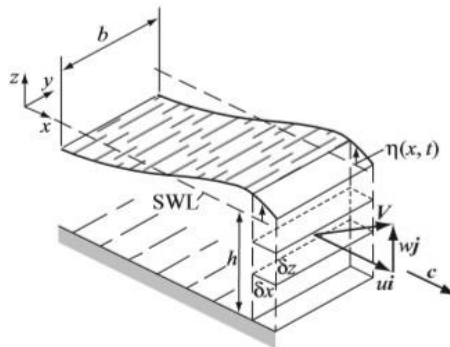
$$\frac{Y_0}{Y_0} = 1 = \frac{\lambda_0 / \sin(\beta_0)}{\lambda / \sin(\beta)} = \frac{c_0 / \sin(\beta_0)}{c / \sin(\beta)} \quad (2.23)$$

$$\frac{\lambda_0}{\lambda} = \frac{c_0}{c} = \frac{\sin(\beta_0)}{\sin(\beta)} \quad (2.24)$$

$$\sin(\beta) = \frac{c_0}{c} \sin(\beta_0) \quad (2.25)$$

2.2.4 Energi Gelombang

Energi gelombang dalam konteks teknologi kelautan adalah energi yang terkandung pada air laut saat terjadi gelombang (McCormick, 2010). Sedangkan menurut Samhudhi (2014) energi gelombang laut adalah energi yang dihasilkan dari gelombang laut ke daratan dan sebaliknya. Gambar 2.5 menunjukkan notasi dan representasi gelombang yang dipakai untuk rumus energi gelombang laut



Gambar 2.5 Notasi Untuk Gelombang Laut Tiga Dimensi (McCormick, 2010)

Energi potensial adalah energi yang terkandung di dalam air di atas kondisi laut tenang atau *still water level* (SWL). Massa dari elemen air tersebut bisa dinyatakan sebagai:

$$\delta m = \rho \eta (\delta x)b \quad (2.26)$$

Dengan b adalah lebar gelombang dari kondisi tertentu, η adalah elevasi muka air, dan δx adalah panjang dari elemen air. Jika panjang δx dianggap sangat kecil sehingga lengkungan gelombang bisa diabaikan, maka titik berat elemen air bisa dianggap pada posisi $\eta/2$ di atas SWL. Dengan kondisi seperti itu maka potensi energi pada elemen air adalah:

$$\delta E_p = g (\delta m) \frac{\eta}{2} \quad (2.27)$$

Rumus energi total pada satu gelombang bisa didapat dengan menjumlahkan seluruh elemen air untuk satu panjang gelombang dan memasukkan persamaan linier ke Persamaan 2.27, yaitu:

$$E_p = \frac{\rho g H^2}{8} \int_0^\lambda \cos^2(kx - \omega t) dx b = \frac{\rho g H^2 \lambda b}{16} \quad (2.28)$$

Energi kinetik gelombang adalah energi yang disebabkan oleh kecepatan partikel air karena adanya gerak gelombang. Rumus kinetik energi untuk satu elemen air adalah:

$$\delta E_k = \frac{1}{2} \rho (u^2 + w^2) b \delta x \delta z \quad (2.29)$$

Pada kondisi gelombang linier masing-masing komponen kecepatan partikel (u, w) bisa didapat dari persamaan 2.15 dan 2.16. Rumus energi kinetik satu elemen air kemudian diintegrasikan dengan kedalaman air dan panjang gelombangnya sehingga rumusnya menjadi:

$$E_k = \frac{1}{2} \rho \int_{-d}^0 \int_0^\lambda (u^2 + w^2) b \delta x \delta z \quad (2.30)$$

$$E_k = \frac{1}{2} \rho b \int_{-d}^0 \frac{g^2 h^2 k (2k\lambda \sinh^2(kz + kd) + 2k\lambda \cosh^2(kz + kd))}{16 \cosh^2(kd) \omega^2} \delta z \quad (2.31)$$

$$E_k = \frac{1}{2} \rho b \frac{g^2 h^2 k \lambda \sin(2kd)}{16 \omega^2 \cosh^2(kd)} \quad (2.32)$$

$$E_k = \frac{\rho g H^2 \lambda b}{16} \quad (2.33)$$

Dari Persamaan 2.28 dan 2.33 bisa dilihat bahwa nilai energi kinetik dengan nilai potensial adalah sama. Karena enenergi potensi energi total merupakan penjumlahan energi potensial dan energi kinetik maka energi total bisa ditulis menjadi

$$E = E_p + E_k = \frac{\rho g H^2 \lambda b}{8} \quad (2.34)$$

Jika Persamaan 2.8 dimasukkan ke dalam Persamaan 2.33, maka persamaan energi total laut dalam bisa ditulis menjadi:

$$E_0 = \frac{\rho g^2 H^2 T^2}{16\pi} \quad (2.35)$$

Sedangkan jika Persamaan 2.9 dimasukkan ke dalam Persamaan 2.33, maka persamaan energi total laut dangkal bisa didapat yaitu:

$$E = \frac{\rho g^{3/2} H^2 \sqrt{d} T b}{8} \quad (2.36)$$

Dengan:

- E = Energi total gelombang (J)
- δE_p = Energi potensial satu elemen air (J)
- E_p = Energi potensial gelombang (J)
- δE_k = Energi kinetik satu elemen air (J)
- E_k = Energi kinetik gelombang (J)
- ρ = Massa jenis air laut (1025 kg/m³)
- u = Kecepatan partikel gelombang pada sumbu horizontal (m/s)
- w = Kecepatan partikel gelombang pada sumbu vertikal (m/s)
- H = Tinggi gelombang (m)
- λ = Panjang gelombang (m)
- b = Lebar gelombang yang ditentukan
- g = Percepatan gravitasi (9,81 m/s²)

2.2.5 Daya Gelombang

Secara umum daya adalah transfer energi pada satuan waktu (Halliday et al. 1997). Dari definisi itu bisa diambil bahwa daya gelombang adalah transfer energi di muka air pada satuan waktu. Sedangkan menurut Triatmodjo (1999) daya gelombang adalah merupakan energi gelombang tiap satuan waktu yang menjalar dalam arah penjalaran gelombang. Menurut Pecher dan Kofoed (2016) daya dari satu komponen gelombang bisa dinyatakan sebagai:

$$P(\omega) = \rho g S(\omega) \cdot c_g(\omega) \quad (2.37)$$

Persamaan di atas mempunyai dua bagian. Bagian kiri menyatakan energi yang terkandung dalam gelombang dan bagian kanan menyatakan kecepatan gelombang yang menjalar, atau kecepatan kelompok gelombang. Persamaan dari kecepatan gelombang kelompok adalah:

$$c_g(\omega) = \frac{1}{2} \frac{\omega}{k(\omega)} \left(1 + \frac{2k(\omega)d}{\sinh(2k(\omega)d)} \right) \quad (2.38)$$

Dengan mensubstitusikan Persamaan 2.38 ke persamaan 2.37, bisa didapat persamaan dari rerata gelombang yaitu:

$$P = \int_0^{\infty} \rho g S(\omega) \cdot \frac{1}{2} \frac{\omega}{k(\omega)} \left(1 + \frac{2k(\omega)d}{\sinh(2k(\omega)d)} \right) d\omega \quad (2.40)$$

Selanjutnya, nilai periode rerata gelombang, tinggi signifikan gelombang, dan spektrum momen didefinisikan sebagai:

$$T_e = \frac{m_{-1}}{m_0} \quad (2.41)$$

$$H_s = 4\sqrt{m_0} \quad (2.42)$$

$$m_n = \int_0^{\infty} S(\omega) \omega^n d\omega \quad (2.43)$$

Pecher dan Kofoed (2016) juga memberikan hubungan periode puncak (T_p) dengan rerata gelombang (T_e) yaitu:

$$T_p = 1.12 T_e \quad (2.44)$$

Dalam tugas akhir ini akan digunakan rumus daya yang akan dipakai Yong et al. (2015) dalam penelitiannya. Nilai daya akan dibagi pada kondisi sesuai dengan kedalaman lautnya yaitu pada kondisi laut dalam, transisi, dan dangkal. Persamaan dayanya yaitu:

$$P = 0.5 H_s^2 T_e \quad \text{Untuk laut dalam} \quad (2.45)$$

$$P = \frac{\rho g}{16} H_s^2 \sqrt{gd} \quad \text{Untuk laut dangkal} \quad (2.46)$$

$$P = \bar{E} \left(\frac{g T_e}{2\pi} \tanh(kd) \right) \left[\frac{1}{2} \left(1 + \frac{2kd}{\sinh 2kd} \right) \right] \quad \text{Untuk laut transisi} \quad (2.47)$$

Dengan \bar{E} adalah densitas energi gelombang yang bisa didapat dari Persamaan 2.33 dengan menghilangkan variabel panjang dan lebar gelombang (λ dan b) yaitu:

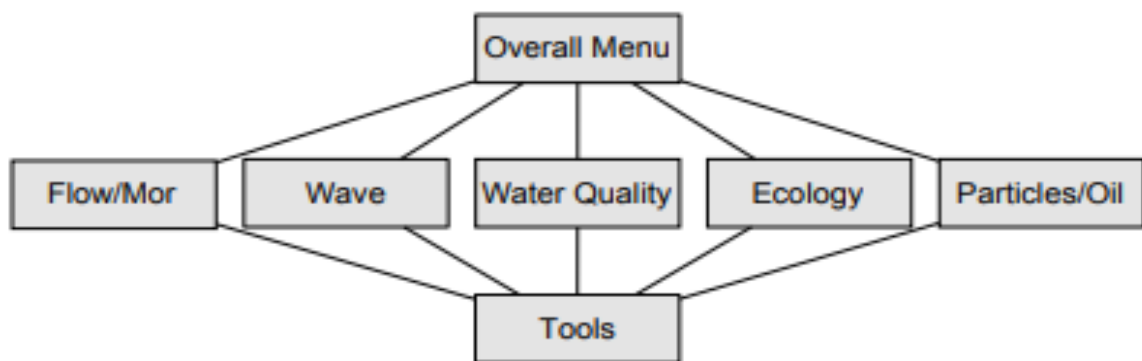
$$\bar{E} = \frac{\rho g H_s^2}{16} \quad (2.48)$$

2.2.6 ECMWF

European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) adalah lembaga penelitian dan penyedia layanan prediksi cuaca numerik ke negara-negara anggotanya. Pada tahun 2017 ECMWF mengeluarkan versi data terbaru yang bernama ERA5. ERA5 adalah analisis ulang iklim global generasi kelima milik ECMWF. Analisis ulang menggabungkan data model dengan observasi dari seluruh dunia menggunakan hukum fisika. Prinsip yang dipakai ERA5 ini disebut asimilasi data dan berdasarkan metode yang dipakai *Numerical Weather Prediction Centre*. Setiap 12 jam prediksi iterasi sebelumnya dikombinasikan dengan data observasi terbaru untuk menghasilkan prediksi terbaru (Climate Change Services 2020). ERA5 memiliki *grid* spasial sebesar 31 km, time resolution sebesar satu jam, tingkat vertikal sebesar 137, model prediksi numerik cuaca terbaru (IFS Cycle 41r) dan jumlah data yang diasimilasikan (Urraca et al. 2018). Pengunduhan data ERA5 bisa dilakukan di *Climate Data Store* milik Copernicus.

2.2.7 Prinsip Desain

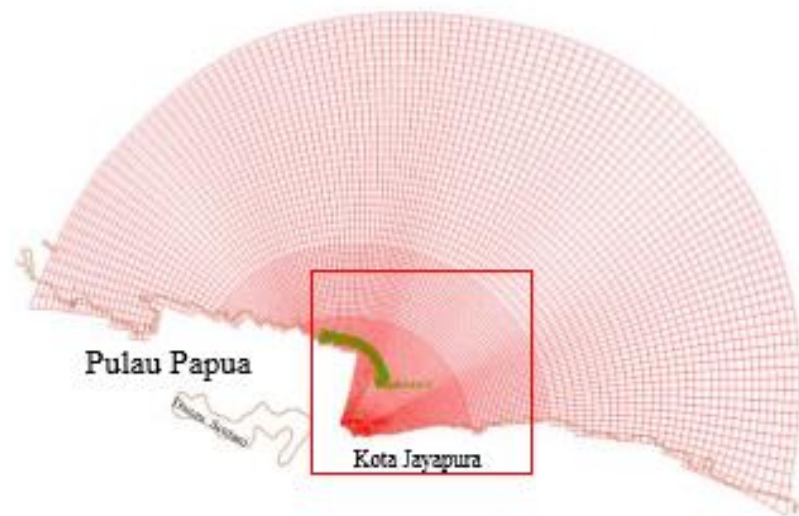
Delft3D adalah *framework modeling* yang terintegrasi dengan pendekatan multidisiplin dan komputasi 3D untuk daerah pesisir, danau, dan muara. Perangkat lunak ini mampu melakukan menganalisis model secara numerik dari aliran, transport sediment, gelombang, kualitas air, perkembangan morfologi dan ekologi. Delft3D terdiri dari beberapa modul yang mampu berinteraksi satu sama lain. Struktur *framework* dari Delft3D bisa dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Struktur *Framework* Delft3D (Deltares, *Delft3D Functional Specification*, 2014)

Integrasi antar modul dimanfaatkan dengan melakukan interaksi dua arah antara modul WAVE dan FLOW. Interaksi dua arah ini disebut dengan *online coupling* di manual Delft3D WAVE berjudul *Simulation of Short-Crested Waves With SWAN* oleh Deltares (2014). Keunggulan *online coupling* adalah model WAVE akan berinteraksi dengan modul FLOW sehingga model akan mempertimbangkan efek dari gelombang ke arus dan arus ke gelombang pada saat proses komputasi.

Pemodelan akan dilakukan dengan membuat dua *grid* yang memiliki resolusi yang berbeda. *Grid* yang memiliki resolusi kasar akan didetailkan oleh *grid* yang memiliki resolusi halus di daerah yang menjadi tempat studi. Proses ini disebut juga dengan nama *nesting*. Pada saat *nesting*, *grid* dengan resolusi lebih kasar akan dikomputasi terlebih dahulu lalu hasil dari komputasi *grid* kasar akan menjadi kondisi batas untuk *grid* dengan resolusi lebih halus. Contoh proses *nesting* bisa dilihat pada Gambar 2.7. Havis (2019) melakukan *nesting* pada Kota Jayapura dengan *grid* kasar menyentuh lokasi kondisi batas yang dimiliki dan *grid* halus dibuat pada lokasi studi.



Gambar 2.7 Contoh Proses *Nesting* (Havis, 2019)

2.2.8 Teknologi Konversi Energi Gelombang Laut

Konversi energi gelombang laut atau yang biasa disebut dengan *Wave Energy Converter* (WEC) adalah proses perubahan potensi energi kinetik gelombang laut menjadi energi lain biasanya listrik. Karena sifat gelombang laut yang stokastik dengan amplitudo yang tidak teratur sepanjang waktu membuat elevasi muka air dan frekuensinya berubah-ubah juga. Efek

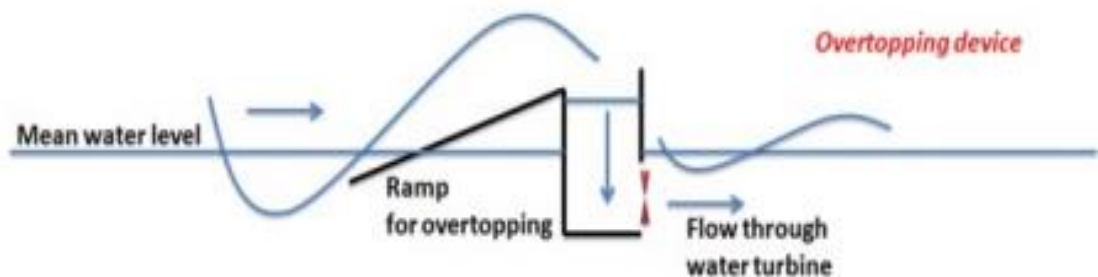
dari nilai parameter yang tidak teratur ini membuat besar energi yang dihasilkan sangat bervariasi, kadang bisa dari 0 sampai 200 kW/m (Karimirad, 2014).

Ada beberapa pertimbangan saat membangun teknologi WEC. Umumnya teknologi WEC lebih baik dipasang dikondisi laut dalam. Saat gelombang mendekati pesisir, gelombang kehilangan energi dari gesekan dengan dasar laut. Karena itu gelombang lepas pantai biasanya memiliki lebih banyak potensi energi yang bisa dikonversi. Lalu, gelombang dengan puncak gelombang yang panjang lebih baik dari gelombang dengan puncak yang pendek. Beberapa WEC juga didesain dengan nilai periode natural yang dekat dengan periode gelombang sehingga terjadi resonansi. Dengan begitu struktur bisa menghasilkan daya pada kondisi gelombang reguler (Karimirad, 2014).

Sebenarnya ada ratusan WEC yang sudah pernah dibuat, hanya saja cuma sebagian kecil yang layak dipakai dari segi teknis dan ekonomis. Pada praktiknya energi kinetik dan energi potensial dari gelombang bisa dimanfaatkan. Karena itu, WEC bisa dibagi sesuai dengan cara teknologi menyerap energi. Secara umum dalam kategori ini ada tiga jenis WEC:

1. *Overtopping Devices*

Overtopping devices menghasilkan daya dengan memanfaatkan energi potensial. WEC didesain dengan lereng yang membuat air tumpah saat mencapai tinggi tertentu. Air tersebut tumpah menggerakkan turbin air pembangkit listrik. Gambar 2.8 merupakan ilustrasi dari cara kerja *overtopping devices*. Salah satu contoh teknologi yang memakai konsep ini bisa dilihat pada Gambar 2.9 yaitu Wave Dragon.



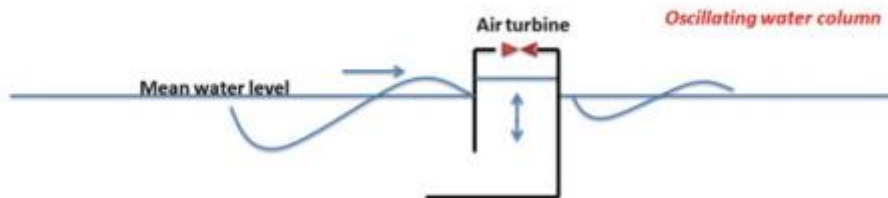
Gambar 2.8 Ilustrasi *Overtopping Devices* (Karimirad, 2014)



Gambar 2.9 Salah Satu Contoh WEC dengan Konsep *Overtopping Devices*, Wave Dragon

2. *Oscillating Water Columns* (OWC)

OWC memiliki mekanisme seperti silinder/piston. Energi gelombang membuat air dalam chamber naik turun. Permukaan air dalam chamber yang naik turun ini membuat tekanan air berfluktuasi yang kemudian menggerakkan turbin angin pembangkit listrik. Gambar 2.10 mengilustrasikan cara OWC bekerja. Salah satu contoh teknologi OWC yang pernah dipakai untuk membangkitkan listrik adalah LIMPET pada Gambar 2.11. LIMPET dipasang di Skotlandia pada tahun 2000, namun sudah tidak dipakai sejak tahun 2012.



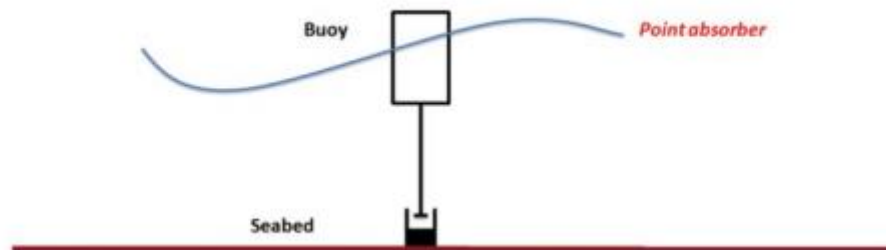
Gambar 2.10 Ilustrasi Mekanisme OWC (Karimirad, 2014)



Gambar 2.11 Salah Satu Contoh WEC dengan Konsep OWC, LIMPET (Falcão, 2010)

3. *Point Absorber*

WEC jenis *point absorber* biasanya didesain berdasarkan dari gerakan yang disebabkan oleh gelombang pada suatu bagian struktur. Bagian yang dipengaruhi oleh gelombang didesain agar mempunyai periode natural dekat atau sama dengan sehingga resonansi sering terjadi. Gambar 2.12 di atas mengilustrasikan bagaimana WEC membangkitkan listrik. Contoh WEC *point absorber* yang pernah diproduksi adalah Pelamis, Wavebob, dan PowerBuoy6, dan Oyster pada Gambar 2.13.



Gambar 2.12 Ilustrasi Mekanisme *Point Absorber* (Karimirad, 2014)



Gambar 2.13 Salah Satu WEC yang Memakai Konsep *Point Absorber*, Oyster (Pecher dan Kofoed, 2016)

Terdapat kelebihan dan kekurangan energi gelombang laut yang dapat menjadi bahan pertimbangan dalam pemanfaatannya. Berikut ini kelebihan energi gelombang laut menurut Mukhtasor (2014):

1. Potensi energi gelombang yang melimpah. Pernyataan ini juga diperkuat oleh Thorpe (1999) yang mengestimasi potensi gelombang laut global adalah 2 TW.
2. Energi gelombang laut merupakan energi yang ramah lingkungan.
3. Energi gelombang laut termasuk kategori energi terbarukan
4. Gelombang laut selalu ada sepanjang hari sehingga produksi listrik dapat diprediksi, direncanakan, dan diatur.
5. Biaya operasi rendah.
6. Tidak ada dampak polusi jika terjadi bencana alam.
7. Tidak mengganggu pemandangan karena alat dipasang pada permukaan laut maupun tenggelam.
8. Penangkapan energi gelombang laut oleh WEC mengakibatkan pengurangan benturan gelombang terhadap garis pantai, sehingga kerusakan dan erosi dapat dikurangi.
9. Pembangkit listrik energi gelombang laut dapat dibangun dengan skala yang menyesuaikan kebutuhan.
10. Energi gelombang laut lebih efisien dari energi angin karena massa jenis air yang lebih besar dari angin.

Dan berikut adalah kekurangan dari energi gelombang laut:

1. Biaya pemasangan alat yang masih tinggi karena teknologinya masih tergolong baru.
2. Walaupun WEC dibangun tidak terlihat, namun itu tetap bisa menjadi permasalahan bagi industri turisme lokal.
3. Kehidupan biota laut yang terganggu akibat pembangunan dan operasi dari pembangkit listrik tenaga gelombang laut.
4. Alat yang rentan mengalami kerusakan karena sebab alam.
5. Perkembangan teknologi yang rendah jika disbanding dengan energi terbarukan lainnya. Pernyataan ini didukung oleh Falcão (2010) yang mengatakan bahwa perkembangan teknologi energi gelombang laut lebih lambat dari teknologi angin.
6. Sering kali pembangkit listrik energi gelombang laut dibangun jauh dari daerah transmisi listrik dan konsumen listrik, sehingga penyambungan ke jaringan transmisi listrik masih menjadi permasalahan yang sulit dan membutuhkan biaya yang mahal.

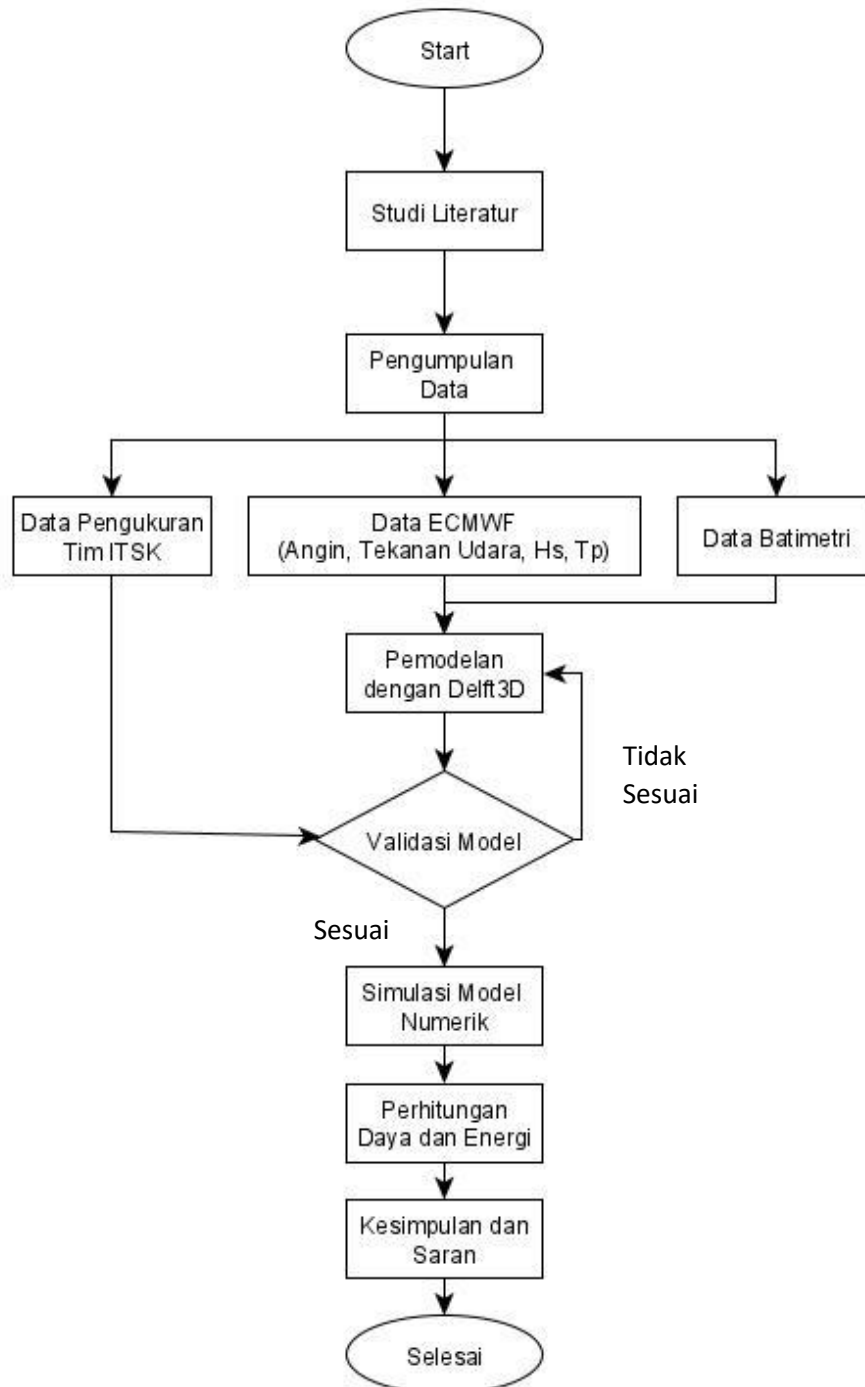
(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Metode Penelitian

Pengerjaan tugas akhir kali ini dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:



Gambar 3.1 Metodologi Penelitian

3.2 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian Tugas Akhir ini dapat diuraikan sebagai berikut:

3.2.1 Studi literatur

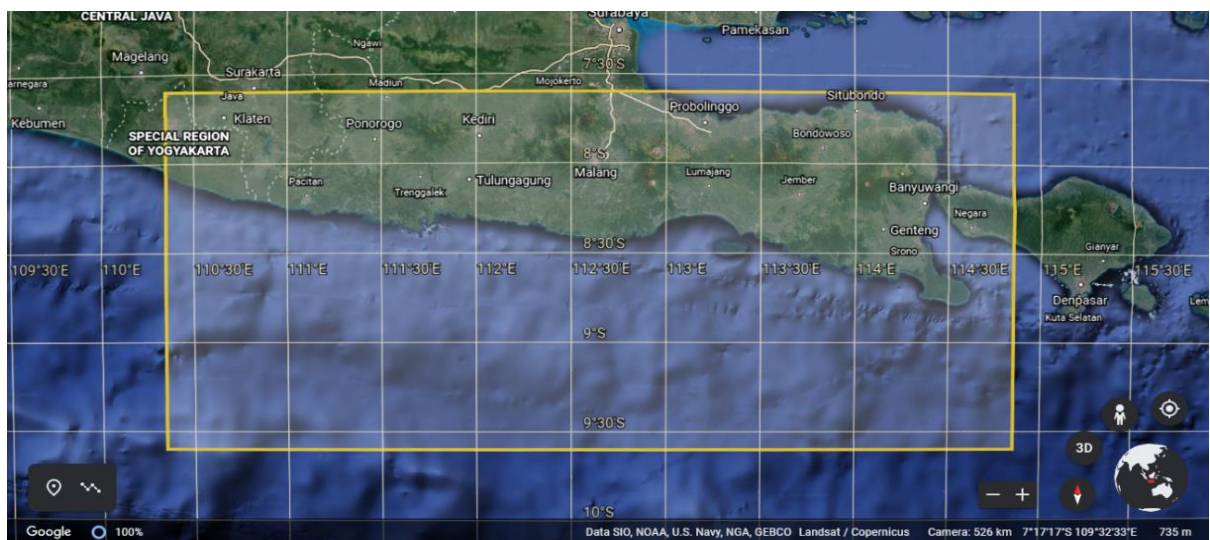
Studi literatur dilakukan untuk mencari dan mempelajari referensi-referensi dan dasar teori baik dari buku, jurnal, dan laporan tugas akhir serta penelitian terbaru yang berkaitan dengan topik tugas akhir ini. Penulis juga mempelajari manual pengguna Delft3D yang akan digunakan selama pengerjaan pemodelan dalam tugas akhir ini.

3.2.2 Pengumpulan Data

Pada tahap ini dilakukan pencarian data oseanografi yang dibutuhkan sebagai masukan dari pemodelan. Data meliputi data ECMWF ERA5, data pengukuran sekunder oleh Tim ITSK, dan data batimetri. Rincian data yang diambil yaitu:

1. Data ECMWF ERA5

Data gelombang ERA5 diunduh dari *Climate Data Store* milik Copernicus dengan format data GRIB. Data yang diunduh adalah data tinggi gelombang signifikan, periode puncak, komponen kecepatan angin u, komponen kecepatan angin v, tekanan udara dan rerata arah gelombang. Luas data yang diambil bisa dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Luas Data yang Diambil Untuk Studi, Dilihat dengan Google Earth

2. Data Pengukuran Sekunder

Data pengukuran merupakan data pengukuran sekunder. Pengukuran lapangan diperoleh dari pengukuran yang dilakukan oleh Tim ITSK (2019). Pengukuran dilakukan pada wilayah dekat dengan Pantai Candrian, Pesanggaran, Banyuwangi, Jawa Timur dari tanggal 12 Maret 2019 siang sampai dengan 16 Maret 2019 tengah malam.

3. Data Batimetri

Data batimetri yang dipakai adalah data batimetri *Global Multi-Resolution Topography* (GMRT). GMRT merupakan perpaduan *digital elevation model* (DEM) berbagai resolusi yang telah diolah oleh peneliti dan berbagai institusi dunia. Data tersebut selanjutnya di proses oleh tim dari *Marine Geoscience Data System* (MGDS) dan kemudian di gabung menjadi data elevasi global. (Ryan et al. 2009)

3.2.3 Pemodelan dengan Delft3D

Pemodelan gelombang dilakukan dengan perangkat lunak Delft3D. Wilayah pesisir pemodelan mencakup Pesisir Selatan Taman Nasional Alas Purwo, Banyuwangi hingga Pantai Nampu, Wonogiri.

Model ini nantinya akan diperiksa ketepatannya dengan validasi metode MAPE dan refraksi terhadap pengukuran gelombang di Daerah Banyuwangi. Hal ini perlu dilakukan untuk mengetahui ketepatan model numerik terhadap kondisi sesungguhnya. Setelah model numerik dianggap cukup akurat simulasi dilakukan dengan kondisi satu tahun. Luaran dari pemodelan ini adalah. tinggi gelombang signifikan, periode puncak gelombang

3.2.4 Validasi Model

Validasi dilakukan untuk mengetahui ketepatan model yang sudah dibuat. Pada tugas akhir kali ini validasi dilakukan dua kali yaitu dengan metode MAPE dan metode refraksi gelombang:

1. *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE)

Menurut Kim (2016) MAPE merupakan cara yang cukup populer dipakai untuk keakuratan prediksi. Rumus dari MAPE ialah:

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum \left(\frac{|h_0 - h_1|}{h_0} \right) \times 100\% \quad (3.1)$$

dengan h_0 adalah datum pengukuran, h_1 adalah datum luaran model, dan n adalah jumlah datum. Menurut Moreno (2013), terdapat kriteria MAPE pada Tabel 3.1 dapat merepresentasikan tingkat keakurasian pemodelan.

Tabel 3.1 Interpretasi Tingkat keakurasian MAPE oleh Moreno (2013)

MAPE	Interpretasi
< 10%	Sangat Baik
10% - 20%	Baik
20% - 50%	Cukup
> 50%	Buruk

2. Metode Refraksi Gelombang

Metode refraksi gelombang merupakan metode perhitungan manual untuk memperkirakan tinggi gelombang di kedalaman tertentu. Dalam metode ini, membutuhkan data berupa tinggi gelombang laut di lokasi yang lebih dalam, periode gelombang, dan data batimetri. Data tersebut kemudian dihitung sesuai dengan perhitungan pada bab 2.

3.2.5 Simulasi Model Selama Satu Tahun

Tahap ini merupakan tahap lanjutan dari model numerik pada Banyuwangi yang telah divalidasi dengan data pengukuran. Dengan pengaturan yang sama, simulasi dilakukan pada seluruh Pantai Selatan Jawa Timur untuk satu tahun dengan interval satu jam. Serupa dengan sebelumnya, luaran yang diperoleh berupa tinggi gelombang signifikan dan periode puncak gelombang. Luaran tersebut yang kemudian akan digunakan untuk menghitung potensi daya dan energi di lokasi kajian.

3.2.6 Perhitungan Potensi Daya dan Energi

Pada tahap ini, hasil model numerik sebelumnya digunakan untuk menghitung potensi daya dan energi Pantai Selatan Jawa Timur jangka panjang. Pada Tugas Akhir kali ini dilakukan perhitungan potensi daya dan energi selama satu tahun. Tahapan ini merupakan tahapan terakhir sebelum membuat kesimpulan.

3.2.7 Kesimpulan dan Saran

Dari hasil perhitungan energi selama satu tahun di Pantai Selatan Jawa Timur diambil kesimpulan berupa potensi energi listrik teknis yang dapat dihasilkan dari Pantai Selatan Pulau Jawa. Pada bab ini juga dituliskan saran berdasarkan tugas akhir ini untuk penelitian selanjutnya yang serupa.

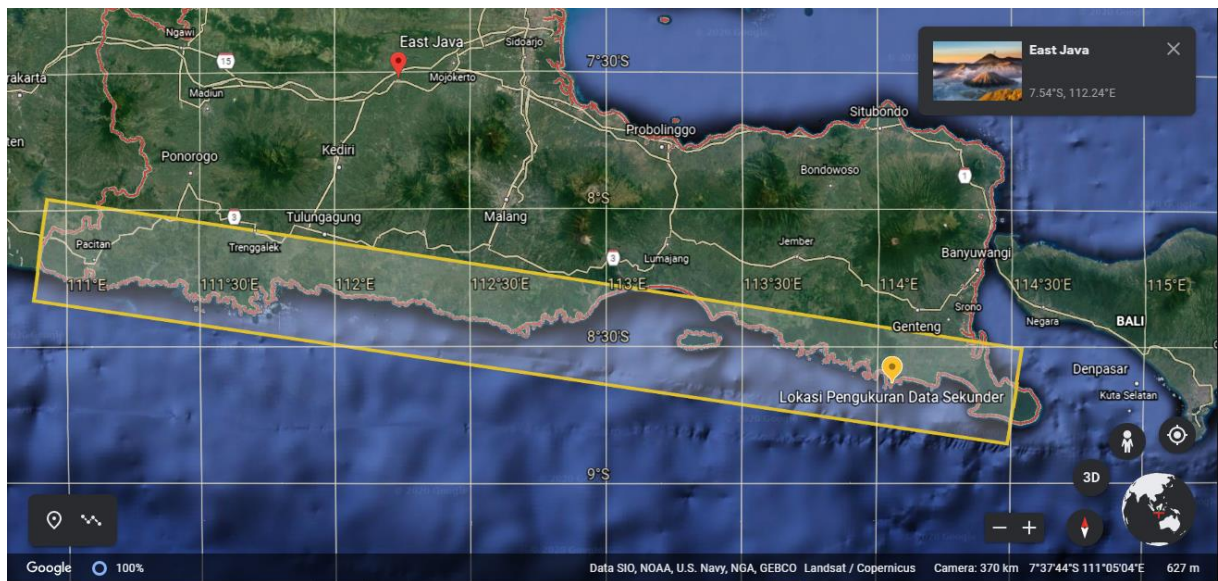
(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 4

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Lokasi Pemodelan

Sebelum dilakukan pemodelan penulis perlu menentukan luas tempat untuk pemodelan. Area yang akan dikerjakan ada dua yaitu area komputasi dan *nested area* untuk kondisi batas. Kedua area itu bisa dilihat pada Gambar 4.1.



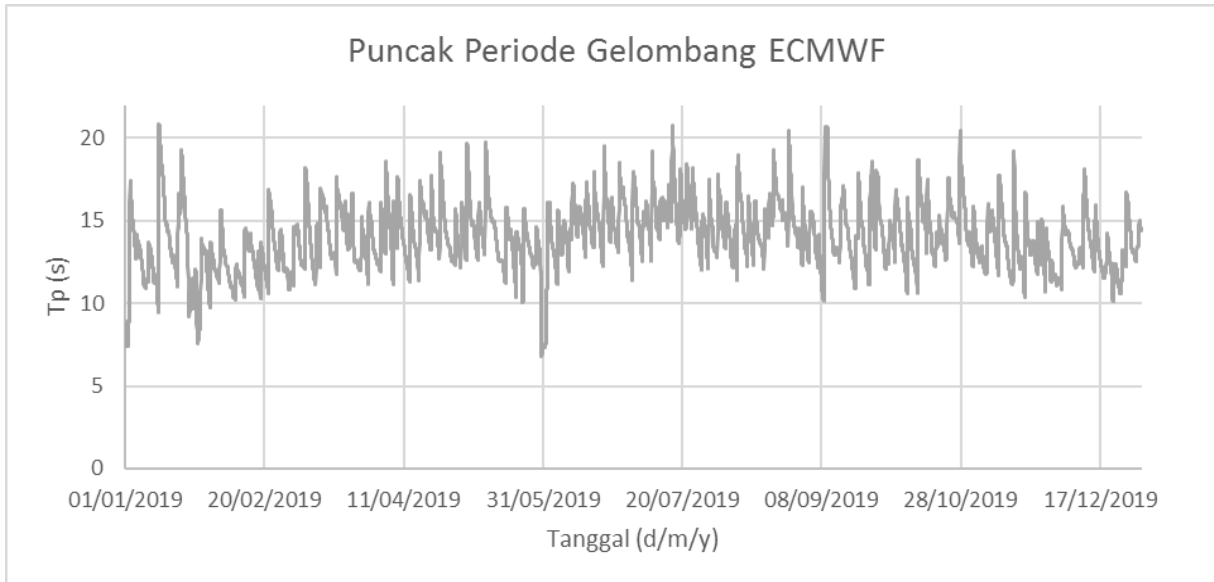
Gambar 4.1 Luas Wilayah Komputasi dilihat dengan Google Earth

Dalam studi kali ini, area komputasi mempunyai luas dilakukan dari Pesisir Selatan Taman Nasional Alas Purwo, Banyuwangi hingga Pantai Nampu, Wonogiri dengan Panjang pantai kurang lebih sebesar 402 km. Luas *grid* komputasi utama dibuat sedemikian rupa sehingga meliputi area laut dalam. Selain itu, luas pemodelan juga ditentukan oleh kemampuan komputer penulis dan waktu penyelesaian Tugas Akhir. Besar *grid* luar ditentukan oleh area komputasi utama dan posisi data yang akan menjadi kondisi batas.

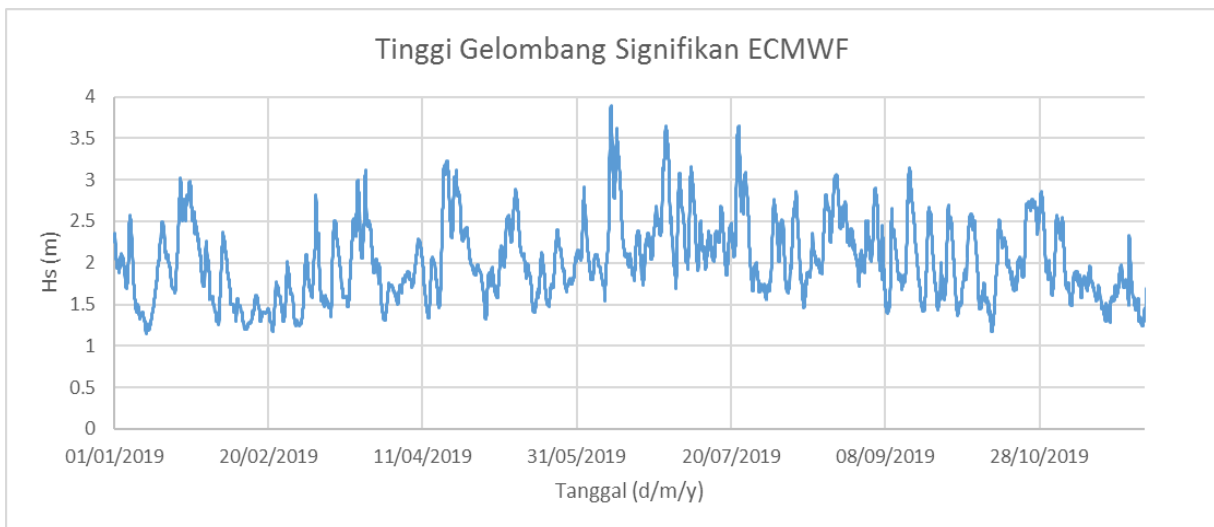
4.2 Data ECMWF ERA5

Data yang dipakai adalah data ECMWF yang berada pada posisi 110.8 hingga 114.3 BT dan -9 LS dengan resolusi 0.5 derajat. Data kemudian dicari rata-ratanya untuk menjadi data masukan kondisi batas tiap jamnya. Data ECMWF ERA5 yang diunduh memiliki ekstensi .grib. Sebelum dipakai, data diolah menjadi bentuk *file* TPAR dengan ekstensi bnd. File TPAR yang dipakai ada tiga yaitu untuk kondisi batas di barat, selatan, dan, timur. Data gelombang untuk

orientasi selatan bisa dilihat di Gambar 4.2 dan Gambar 4.3. Data gelombang untuk orientasi lainnya dimasukkan kedalam lampiran.



Gambar 4.2 Periode Puncak Gelombang Data ECMWF untuk orientasi selatan



Gambar 4.3 Tinggi Gelombang Signifikan Data ECMWF untuk orientasi selatan

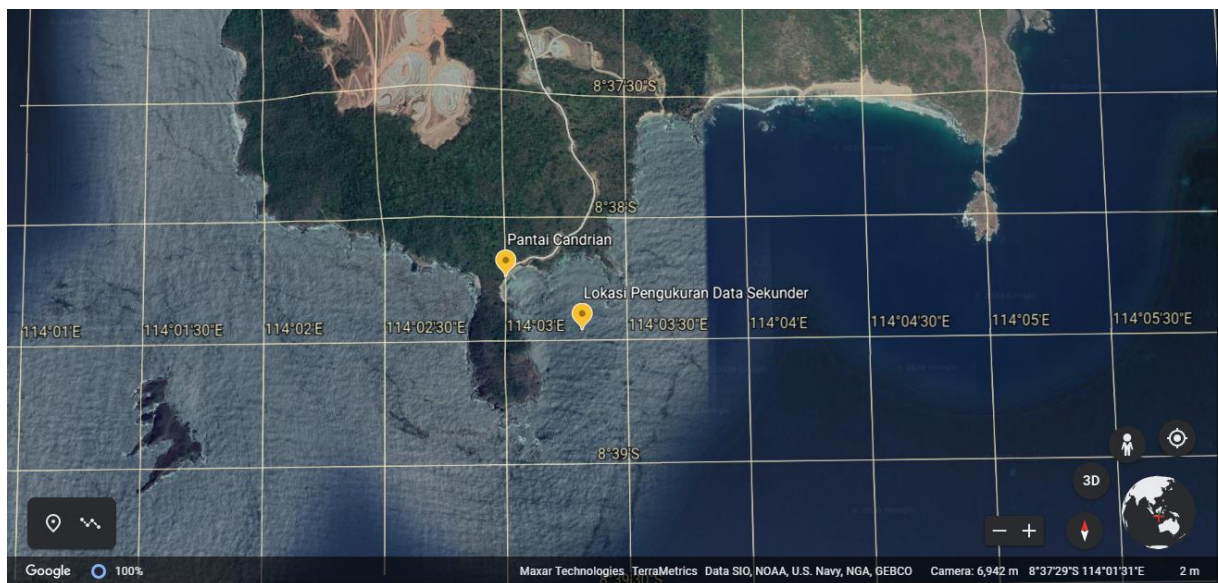
Selain data gelombang dan periode puncak, dalam pemodelan juga diperlukan data komponen angin u, komponen angin v, dan tekanan udara di MSL Berbeda dengan data sebelumnya, data angin dan gelombang diperlukan pada posisi 110.35 s/d 114.85 BT dan -7.6 s/d -9.6 LS dengan resolusi 0.25 derajat atau kurang lebih 462.5 meter. Hal ini dikarenakan luas

daerah angin yang dimasukkan dalam komputasi harus lebih besar dengan luas daerah komputasi yang dibuat.

Sama halnya dengan sebelumnya, data angin dan tekanan tidak bisa langsung menjadi masukan Delft3D tapi harus diolah menjadi *meteofile* dengan ekstensi .amu untuk komponen angin u, amv untuk komponen angin v, dan .amp untuk komponen tekanan. Data lalu baru bisa diinput dengan memasukkan perintah Filwu untuk komponen angin u, Filwv untuk komponen angin v, dan Filwp untuk tekanan udara. Selain itu PavBnd juga diperlukan untuk input tekanan udara di bagian kondisi batas *grid* komputasi utama. Nilai PavBnd didapat dengan merata – ratakan tekanan udara di seluruh area yang akan dihitung.

4.3 Data Pengukuran Sekunder

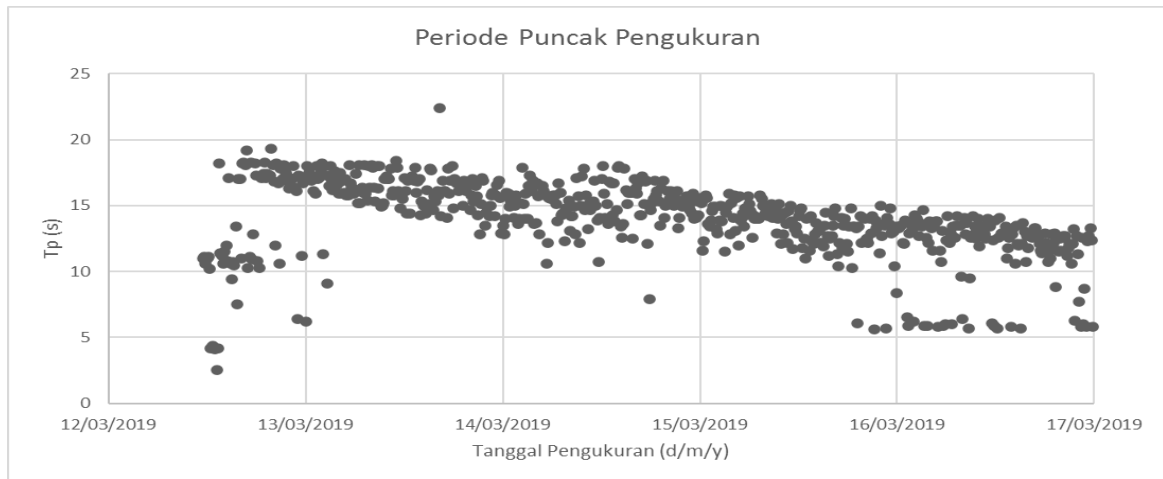
Data pengukuran sekunder Tim ITSK (2019) adalah data yang menjadi data pembanding pada proses validasi. Pengukuran dilakukan pada Pantai Candrian, Pesanggeran, Banyuwangi, Jawa Timur yang berkoordinat -8.64114° LS, 114.05526° BT atau $8^{\circ}38'28''$ LS, $114^{\circ}3'18''$ BT pada kedalaman 20 meter dengan alat Sontek Agronaut-XR *Multi-Cell Doppler Current Profiler* 750 kHz dari tanggal 12 Maret 2019 pukul 11.30 WIB s.d. 16 Maret 2019 pukul 23.50 WIB dengan interval 10 menit. Gambar lokasi pengambilan data bisa dilihat pada Gambar 4.4 Data yang akan dipakai saat validasi adalah data tinggi gelombang signifikan dan data periode puncak.



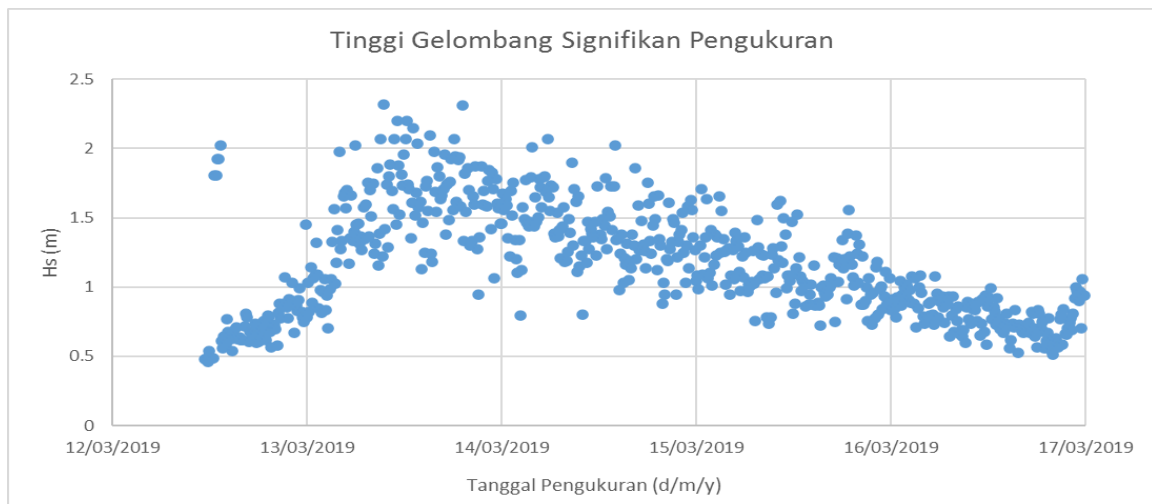
Gambar 4.4 Lokasi Pengukuran Gelombang Dilihat dengan Google Earth

Hasil pengukuran tinggi gelombang signifikan dan periode puncak bisa dilihat pada Gambar 4.5 dan Gambar 4.6. Dari data tersebut didapat beberapa parameter gelombang. Tinggi

gelombang signifikan memiliki rerata tinggi gelombangnya sebesar 1.2 m sedangkan periode puncak memiliki rerata 14.2 detik.



Gambar 4.5 Periode Puncak Gelombang Pengukuran Tim ITSK (2019)

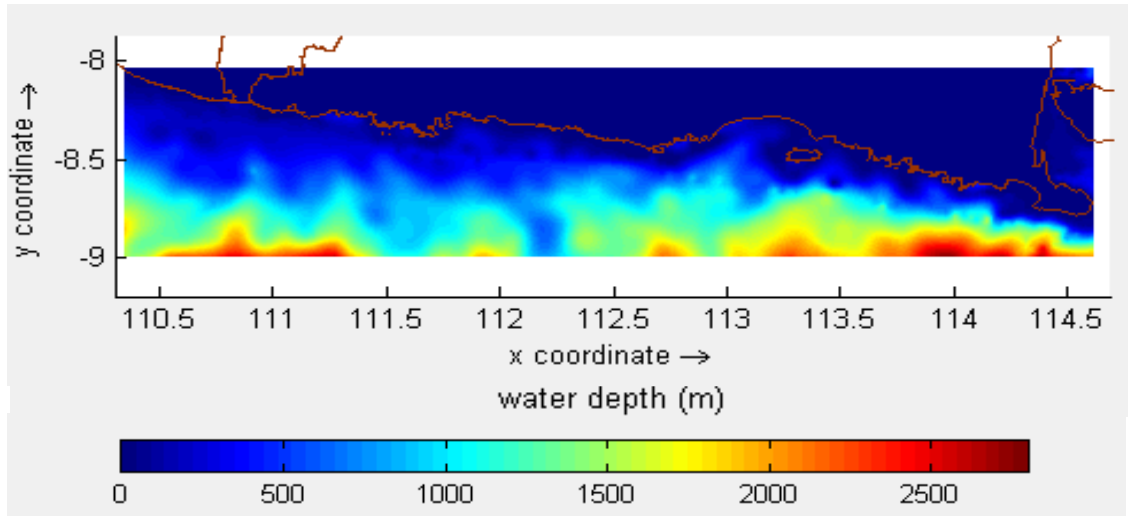


Gambar 4.6 Tinggi Gelombang Signifikan Pengukuran Tim ITSK (2019)

4.4 Data Batimetri

Data Batimetri yang dipakai adalah data batimetri GMRT. Data Batimetri diambil seluas -8 s/d -9 LS dan 110.30 s/d 114.62 BT dengan resolusi 244 meter. Selain itu, Data memiliki ekstensi .tiff sehingga harus dikonversi terlebih dahulu menjadi ekstensi .xyz.

Visualisasi data bisa dilihat pada Gambar 4.7. Dari data batimetri bisa dilihat pada area pemodelan memiliki kedalaman laut mencapai 2772 meter.



Gambar 4.7 Data Sampel GMRT

4.5 Pemodelan Numerik

4.5.1 Pemodelan *Grid* dan Batimetri

Pemodelan numerik dilakukan dengan membuat *grid* komputasi utama dan *grid* luar dengan fungsi *RGFGRID*. *Grid* komputasi utama adalah *grid* yang memiliki resolusi lebih halus dari *grid* luar dan berada pada lokasi kajian sedangkan *grid* luar adalah *grid* yang berguna untuk mengolah kondisi dari posisi data ECMWF diambil menuju *grid* komputasi utama. Pertimbangan penentuan luas *grid* dilakukan sesuai dengan studi yang pernah dilakukan Havis (2019).

Panjang komputasi *grid* ditentukan oleh panjang yang sudah ditentukan oleh bab 4.1 tetapi untuk kedalamannya penulis perlu mencari lokasi laut dalam. Lokasi laut dalam bisa ditemukan dengan $d/\lambda_o = 0.5$. Nilai λ_o bisa dicari dengan memasukkan rerata periode puncak data pengukuran sekunder Tim ITSK (2019) yaitu sebesar 14.2 detik kedalam Persamaan 2.8. sehingga didapat

$$\lambda_o = \frac{gT^2}{2\pi} = \frac{(9.81)(14.2)^2}{2\pi} = 313.5 \text{ m}$$

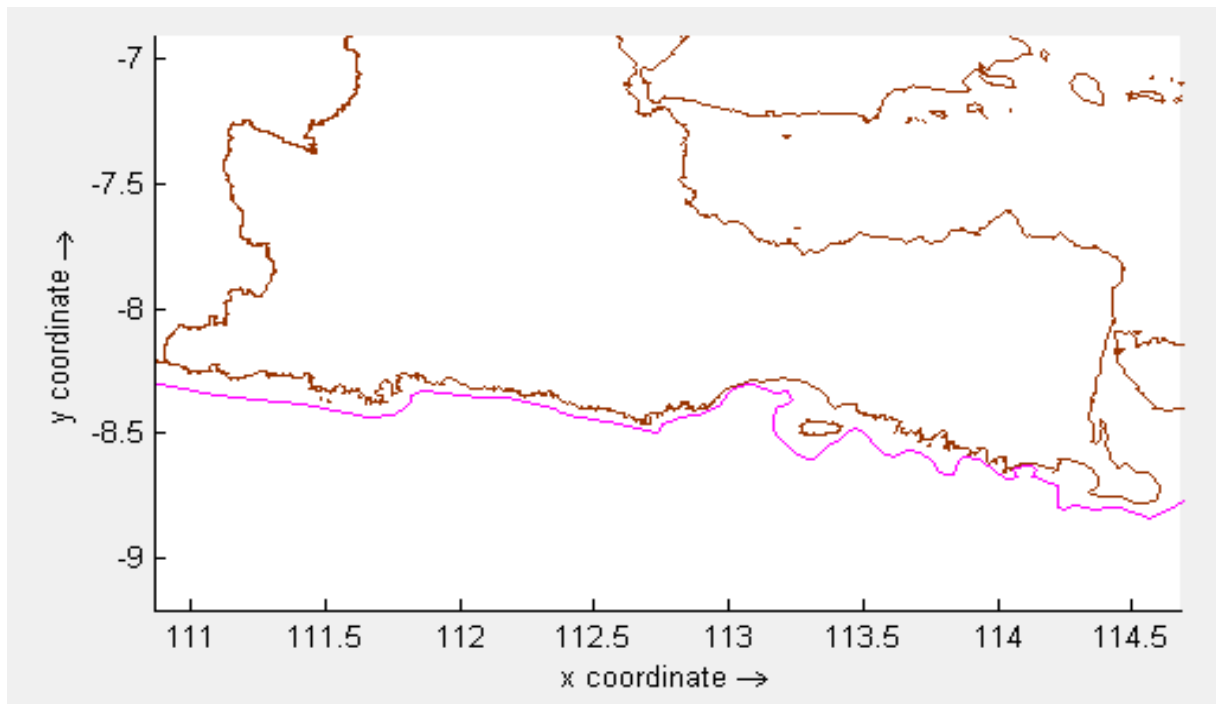
Setelah itu nilai kedalaman lautnya bisa didapat sebesar

$$\frac{d}{\lambda_o} = 0.5$$

$$d = 0.5 \lambda_o$$

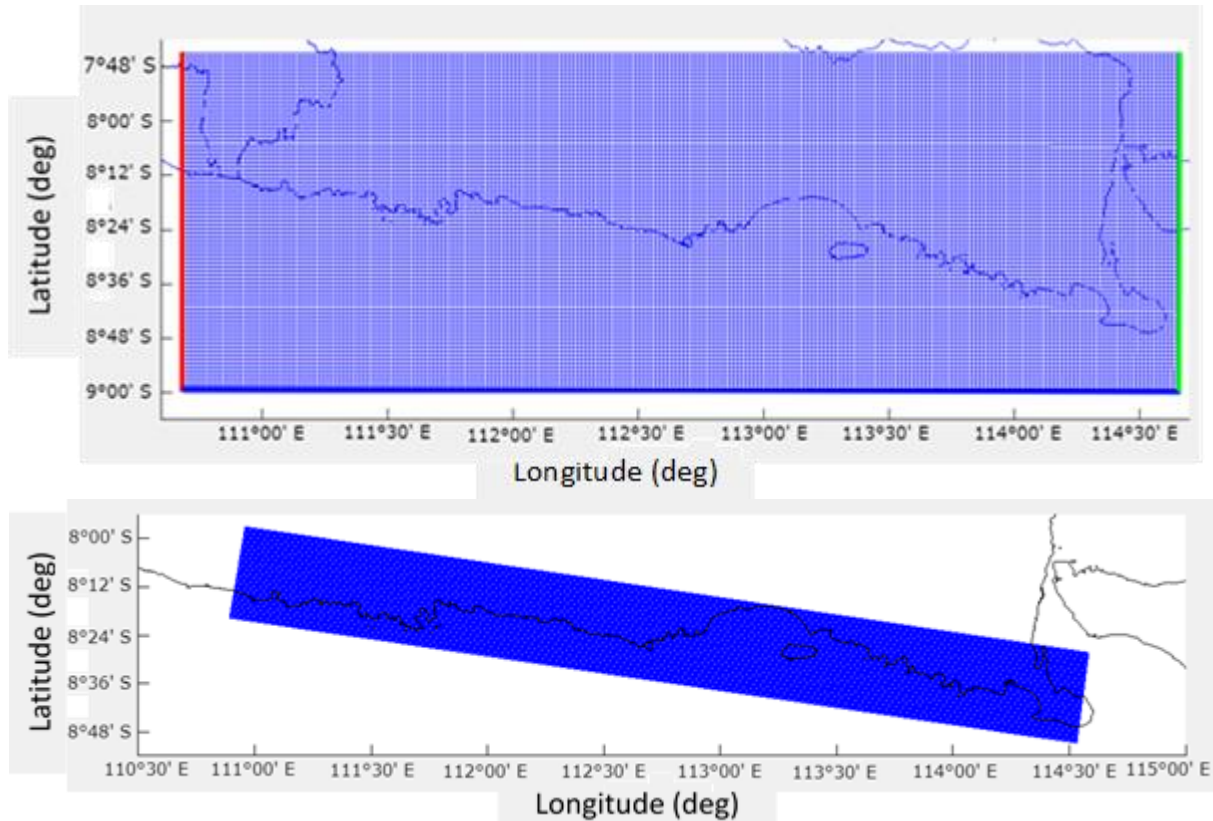
$$d = 0.5 \cdot (313.5) = 156.75 \text{ meter}$$

Garis yang menyatakan laut dalam dibuat dengan menyesuaikan data batimetri dengan hasil perhitungan. Garis ini berfungsi sebagai acuan dalam membuat *grid* komputasi utama agar bagian terluar *grid* bisa menyentuh laut dalam. Gambar 4.8 menunjukkan garis yang memisahkan laut dalam dengan laut transisi.



Gambar 4.8 Garis Ungu Menandakan Pemisah Laut Transisi dengan Laut Dalam

Resolusi *grid* ditentukan oleh berbagai faktor. Pada studi kali ini resolusi *grid* dibatasi oleh kemampuan komputasi komputer, waktu pengerjaan, dan kondisi kontur lautnya. Perubahan kontur laut yang terlalu curam dan jarak antar *grid* yang terlalu besar atau terlalu rapat bisa membuat model tidak akurat. Dari proses percobaan didapat *Grid* komputasi utama memiliki dimensi m sebesar 729 buah dan dimensi n sebesar 81 buah, dengan resolusi bervariasi $\pm 505 \times \pm 522$ m hingga $\pm 610 \times \pm 650$ m. Panjang total *grid* adalah 404740 meter dan lebar totalnya adalah 42470 meter. Hasil dari *grid* komputasi utama bisa dilihat pada Gambar 4.11.

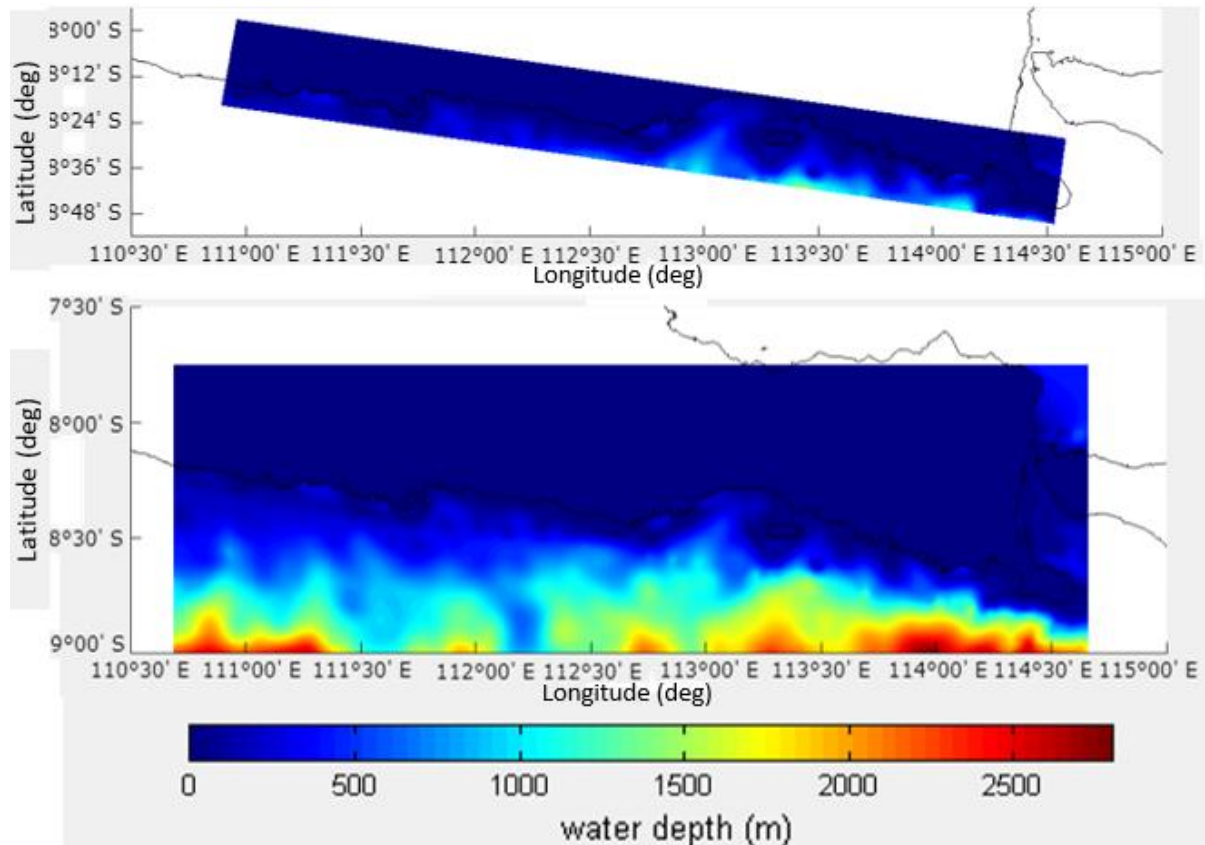


Gambar 4.9 Grid Komputasi Luar (Atas) dan Grid Komputasi Utama (Bawah)

Grid luar dibuat dengan pertimbangan agar bersentuhan dengan lokasi data (Havis, 2019). Luaran grid luar akan menjadi kondisi batas komputasi utama. *Grid* luar dibuat sehingga menyentuh lokasi data ECMWF yang akan menjadi kondisi batas yaitu -9 LS, 110.8 BT dan 114.3 BT dengan panjang meliputi seluruh area *grid* komputasi utama. Lokasi kondisi batas bisa dilihat pada garis merah, biru, dan hijau di Gambar 4.9 atas. Kondisi batas yang akan menjadi input model akan disesuaikan dengan orientasi posisinya yaitu merah untuk barat, biru untuk selatan, dan hijau untuk timur. *Grid* luar memiliki dimensi m sebanyak 243 sel, dimensi n sebanyak 81 sel dan resolusi *grid* bervariasi dari $\pm 1718 \times \pm 1798$ m hingga $\pm 1718 \times \pm 1804$ m. Panjang *grid* luar adalah 437020 m dan total lebarnya adalah 138250 meter. Gambar *grid* luar bisa dilihat pada Gambar 4.9 bawah.

Pemodelan batimetri bisa dilakukan dengan interpolasi titik-titik data batimetri. Metode interpolasi yang tersedia di delft3D ada dua yaitu *grid cell averaging* dan *triangular interpolation*. *Grid cell averaging* dipilih sebagai metode interpolasi yang cocok karena setiap ujung grid memiliki minimum empat titik sampel sesuai dengan rekomendasi manual QUICKIN Delft3D yang berjudul *Generation and Manipulation of Grid-Related Parameters*

Such as Bathymetry, Initial Conditions and Roughness oleh Deltares (2014). Hasil dari interpolasi data sampel menjadi data batimetri utuh bisa dilihat pada Gambar 4.10.



Gambar 4.10 Batimetri Grid Luar (Bawah) dan Batimetri Grid Komputasi Utama (Atas) Dilihat dengan QUICKIN

4.5.2 Pemodelan Hidrodinamika 2D dengan FLOW

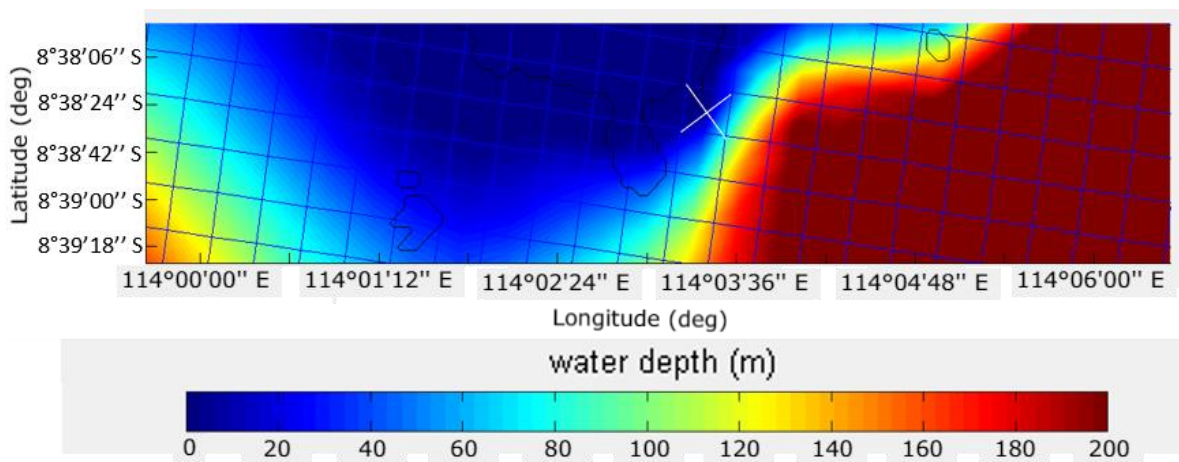
Pemodelan hidrodinamika dilakukan dengan fungsi Delft3D FLOW. Pemodelan dimulai dengan memasukkan *grid* dan batimetri komputasi utama sebagai model komputasi dengan FLOW. Setelah batimetri dimasukkan, nilai tengah dari *cell grid* diatur agar berupa rerata dari setiap ujung *grid*. Jangka waktu untuk validasi sepanjang lima hari dari 12 Maret 2019 jam 11 hingga 17 Maret 2019 jam 00 dengan *time step* 0.25 menit. Kondisi batas didefinisikan di seluruh bagian selatan, barat, dan timur komputasi utama memiliki kondisi muka air setinggi 0 meter atau tepat pada MSL. Pada *physical parameter* berat jenis air diubah menjadi 1025 kg/m³, masukan angin diubah menjadi *space varying wind and pressure*, dan dipilih seluruh moda pasang surut. Faktor angin didefinisikan pada bagian *additional parameter* dengan memasukkan *meteofile* komponen angin u, komponen angin v, dan tekanan udara. Nilai lainnya dibiarkan sesuai dengan rekomendasi Delft3D.

4.5.3 Pemodelan Propagasi Gelombang dengan WAVE

Pemodelan propagasi gelombang pada area pemodelan dilakukan dengan WAVE. Pertama *grid* komputasi utama dibuat agar *nesting* dengan *grid* luar. Kondisi batas dibuat pada sisi terletak pada seluruh sisi barat, selatan dan timur *grid* luar. Parameter boundaries akan diproses oleh *file* wavecon.runid. Nilai lainnya dibiarkan sesuai dengan rekomendasi Delft3D.

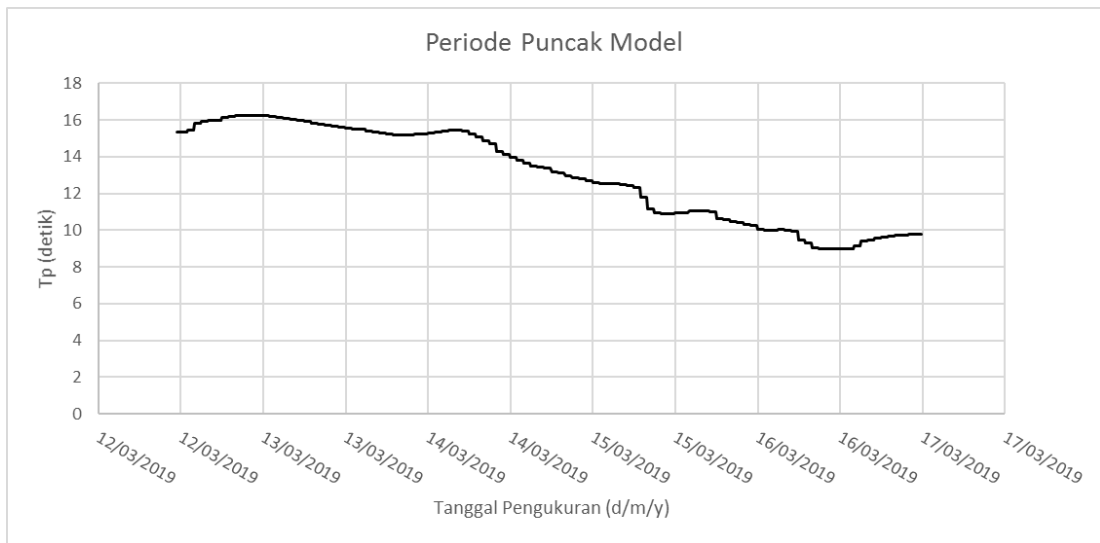
4.6 Validasi Model

Validasi Model numerik dilakukan dengan menaruh *observation point* pada *cell grid* yang berada pada posisi data pengukuran sekunder Tim ITSK (2019). Cell grid yang dimaksud bisa dilihat pada Gambar 4.11. Selain itu, validasi juga dilakukan dengan rentang waktu data pengukuran. Luaran model numerik berupa tinggi gelombang signifikan dan periode puncak yang bisa dilihat pada Gambar 4.12 dan 4.13. Dari pemodelan didapat rerata tinggi gelombang signifikan model adalah 1.48 m dan rerata periode puncaknya adalah 13.03 detik.

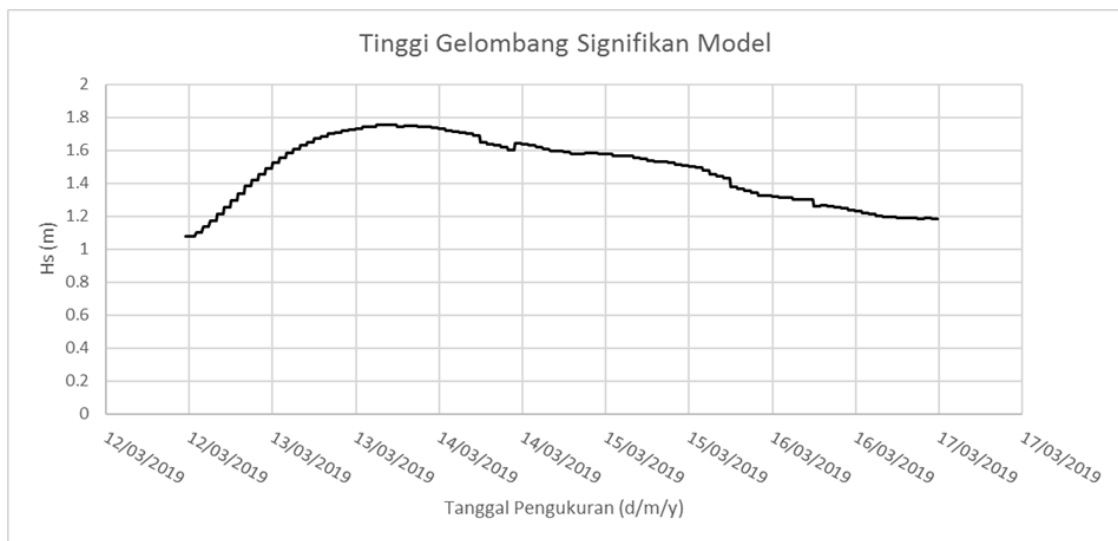


Gambar 4.11 Garis Silang Putih Menandakan *Cell Grid* Lokasi Pengukuran

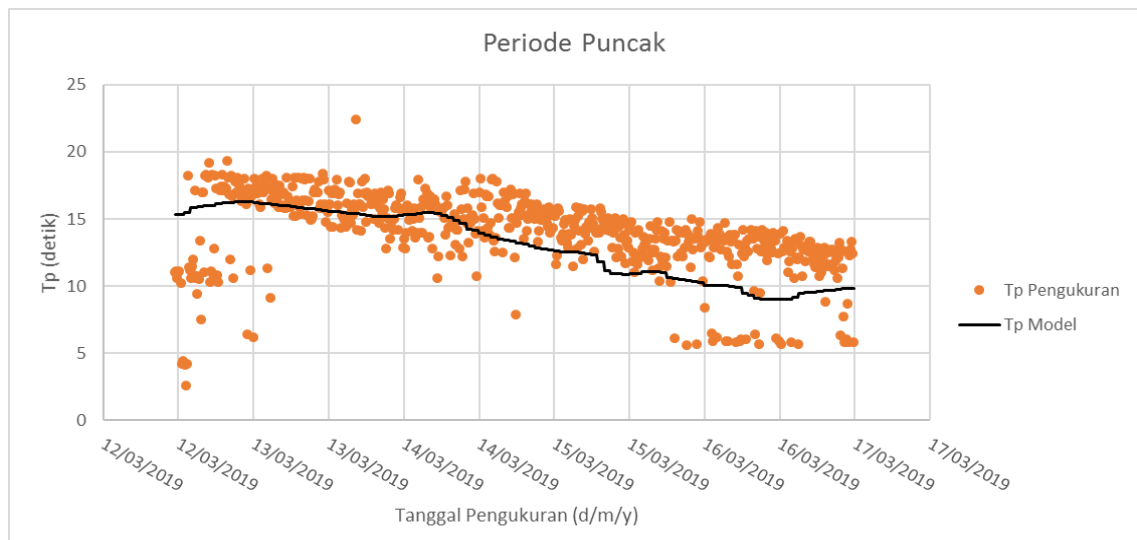
Selanjutnya tinggi gelombang dan puncak periode hasil komputasi bisa dibandingkan dengan dengan data pengukuran sekunder dari Tim ITSK (2019). Hasil perbandingan bisa dilihat pada Gambar 4.14 dan 4.15. Dengan validasi metode MAPE bisa didapat bahwa galat model dengan data lapangan adalah sebesar 34% untuk tinggi gelombang signifikan dan 18% untuk periode puncaknya. Menurut Tabel 3.1 interpretasi galat oleh Moreno (2013) tingkat akurasi untuk tinggi gelombang dan puncak periode masuk dalam kategori cukup.



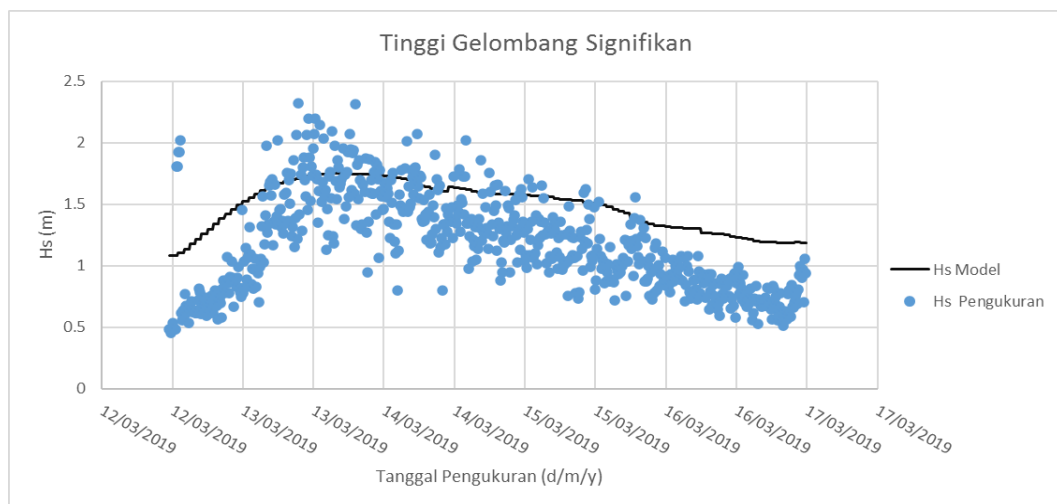
Gambar 4.12 Periode Puncak Model



Gambar 4.13 Tinggi Signifikan Model

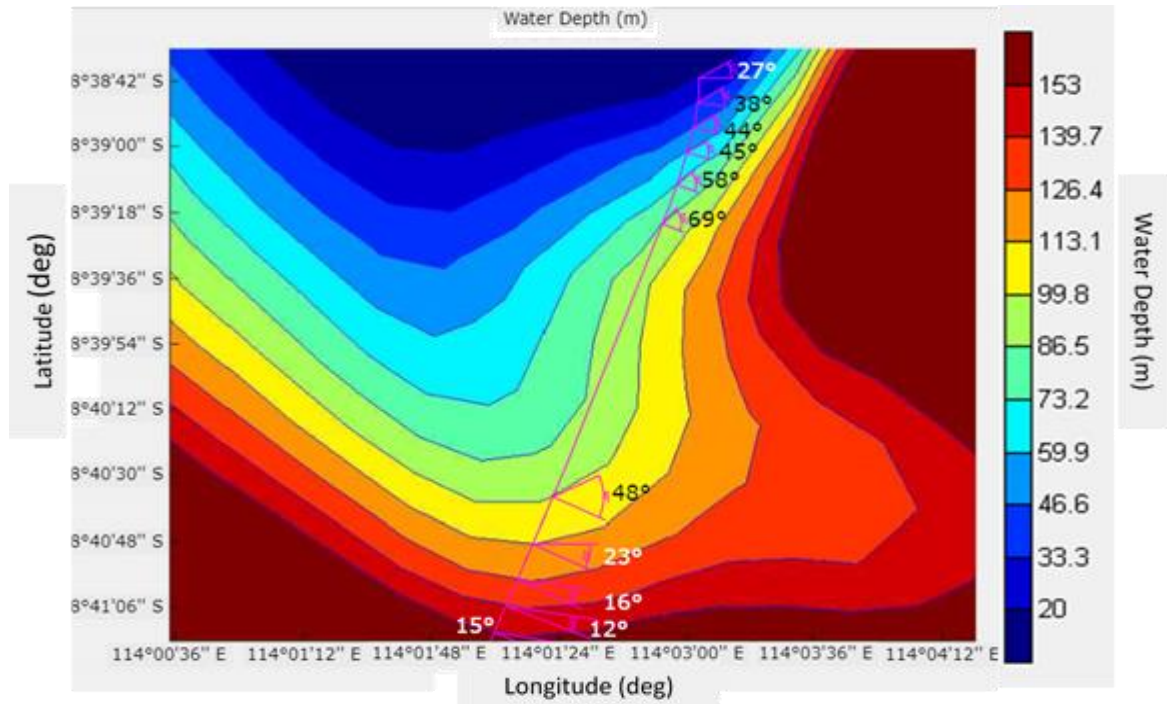


Gambar 4.14 Perbandingan Periode Puncak Pengukuran dengan Model



Gambar 4.15 Perbandingan Tinggi Gelombang Signifikan Pengukuran dengan Model

Validasi juga dilakukan dengan membandingkan data pengukuran sekunder Tim ITSK (2019) dengan refraksi manual gelombang. Pada perhitungan refraksi, periode gelombang bisa dianggap konstan (Triatmodjo, 1999). Validasi dilakukan dengan metode MAPE untuk nilai Hs dan dilakukan dari tanggal 14 Maret 2019 jam 00:00 hingga 23:00. Perhitungan dimulai dari laut dalam dengan syarat $d/L > 0.5$ sampai dengan posisi data yang akan dievaluasi. Analisis dimulai pada posisi -8.684444 LS, 114.035000 BT atau $8^{\circ}41'4''$ LS, $114^{\circ}2'6''$ BT pada kedalaman 153 meter. Gambar dari refraksi bisa dilihat pada Gambar 4.16.



Gambar 4.16 Refraksi gelombang

Hasil perhitungan gelombang yang rinci bisa dilihat di lampiran dan hasil dari refraksi bisa dilihat pada Tabel 4.1. Dari hasil refraksi didapat nilai H_s hasil model pada periode 14 Maret 2019 jam 00:00 hingga 23:00 memiliki galat yang lebih rendah daripada hasil refraksi. Dengan metode MAPE bisa didapat rerata error dari Tabel 4.1 untuk nilai H_s model dengan pengukuran sebesar 10% sedangkan rerata galat untuk hasil perhitungan refraksi adalah 29%. Selain perbandingan dengan H_s data, perhitungan galat juga dilakukan untuk H_s manual dengan H_s model yang bisa dilihat pada Tabel 4.1 kolom 8. Rerata galat yang dihasilkan sebesar 36%. Ketiga nilai galat tersebut sudah memenuhi kriteria cukup dan baik menurut Moreno (2013).

Tabel 4.1 Perhitungan Galat Hs Refraksi dan model dengan data

Waktu Sampel	Hs0 d = 153 m	Hs Manual	Hs Delft3D	Hs Data	Error Manual - Data (%)	Error Delft3D - Data (%)	Error Manual - Delft3D (%)
14/03/2019 00.00	2.48	1.07	1.69	1.54	30.92	8.85	37.03
14/03/2019 01.00	2.46	1.06	1.69	1.45	27.02	13.76	37.06
14/03/2019 02.00	2.45	1.05	1.68	1.24	14.91	26.20	37.20
14/03/2019 03.00	2.44	1.05	1.67	1.66	36.75	0.64	37.15
14/03/2019 04.00	2.42	1.04	1.66	1.59	34.52	4.11	37.21
14/03/2019 05.00	2.36	1.02	1.65	1.76	42.23	6.57	38.44
14/03/2019 06.00	2.34	1.01	1.61	1.55	34.69	3.69	37.10
14/03/2019 07.00	2.33	1.00	1.59	1.36	26.39	14.39	36.98
14/03/2019 08.00	2.31	1.00	1.58	1.42	29.95	9.99	36.94
14/03/2019 09.00	2.29	0.99	1.56	1.41	30.00	9.70	36.79
14/03/2019 10.00	2.34	1.01	1.54	1.23	18.31	20.20	34.81
14/03/2019 11.00	2.31	1.00	1.58	1.43	30.28	9.43	36.86
14/03/2019 12.00	2.29	0.99	1.56	1.47	32.79	5.86	36.72
14/03/2019 13.00	2.27	0.98	1.54	1.53	36.11	0.68	36.55
14/03/2019 14.00	2.25	0.97	1.53	1.38	29.84	9.38	36.42
14/03/2019 15.00	2.24	0.96	1.51	1.16	16.95	23.30	36.30
14/03/2019 16.00	2.22	0.96	1.50	1.41	32.19	5.85	36.16
14/03/2019 17.00	2.21	0.95	1.49	1.29	25.97	13.56	36.00
14/03/2019 18.00	2.20	0.95	1.48	1.50	36.98	1.73	35.89
14/03/2019 19.00	2.19	0.94	1.47	1.30	27.37	11.64	35.82
14/03/2019 20.00	2.19	0.94	1.47	1.21	21.96	17.58	35.68
14/03/2019 21.00	2.18	0.94	1.46	1.29	27.37	11.37	35.63
14/03/2019 22.00	2.17	0.94	1.45	1.32	28.78	9.49	35.54
14/03/2019 23.00	2.16	0.93	1.45	1.42	34.38	1.74	35.52

4.7 Simulasi Model Numerik

Simulasi model numerik idealnya dilakukan sepanjang umur produksi listrik. Namun karena keterbatasan waktu dalam pengerjaan Tugas Akhir, pada penelitian kali ini simulasi dilakukan selama satu tahun. Periode simulasi dilakukan dari 1 Januari 2019 pukul 00.00 hingga 31 Desember 2019 pukul 23.00 dengan konfigurasi yang sama dengan validasi. Luaran data hasil simulasi adalah komponen tinggi gelombang signifikan setiap setiap jam (Hs), periode rerata gelombang setiap jam (Te), rerata kemiringan gelombang setiap jam (k), dan kedalaman air (d). Periode rerata gelombang atau Te setiap jam dipakai mengikuti penelitian Maki et al (2014) yang melakukan analisis produksi daya WaveRoller. Hubungan Te dengan Tp bisa dilihat pada Persamaan 2.38. Keempat komponen gelombang akan dipakai dalam perhitungan energi di lokasi yang ditentukan.



Gambar 4.17 Lokasi Peninjauan Potensi Energi

Tabel 4.2 Koordinat dan Nama Lokasi yang ditinjau

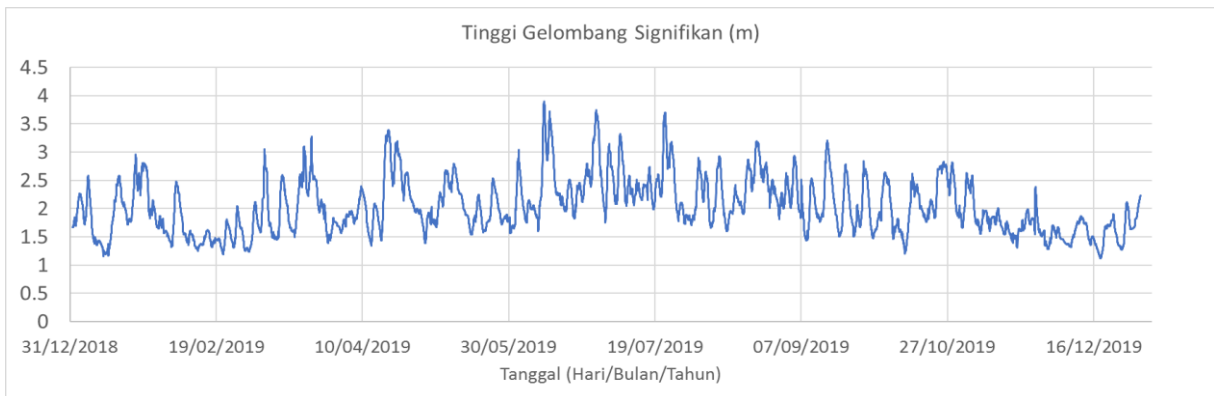
No	Longitude	Latitude	Lokasi	
			Nama Pantai Terdekat	Kabupaten
1	111.111526	-8.269182	Pantai Bakung Pacitan	Pacitan
2	111.425860	-8.286190	Pantai Njorok	Trenggalek
3	111.834600	-8.273537	Pantai Coro Tulungagung	Tulungagung
4	112.289690	-8.356790	Pantai Segoro Alas	Blitar
5	112.494400	-8.415263	Pantai Pring Jowo	Malang
6	112.856476	-8.417500	Tanjung Bili	Malang
7	113.273514	-8.385000	Pantai Mbah Dradji Wotgalih	Lumajang
8	113.578568	-8.446984	Pantai Payangan	Jember
9	113.973670	-8.621259	Pantai Pulau Merah	Banyuwangi
10	114.324660	-8.638430	Pantai Plengkung	Banyuwangi

Tabel 4.3 Parameter Gelombang di 10 Lokasi yang Ditinjau

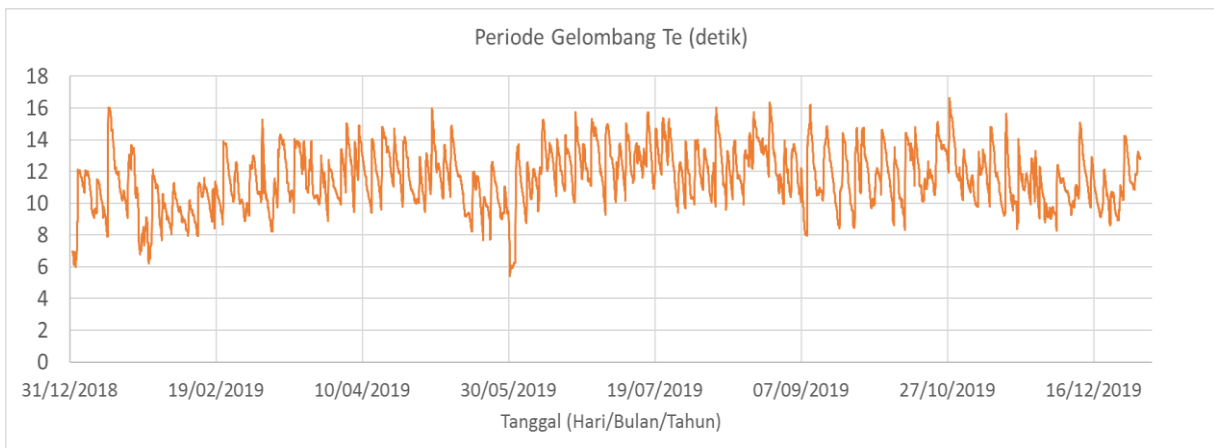
No	Longitude	Latitude	Max Hs (m)	Min Hs (m)	Rerata Hs (m)	Max Te (s)	Min Te (s)	Rerata Te (s)
1	111.111526	-8.269182	3.65	0.88	1.78	16.89	5.35	11.68
2	111.425860	-8.286190	2.58	0.74	1.40	16.36	4.55	11.37
3	111.834600	-8.273537	2.16	0.48	1.06	15.75	3.81	10.47
4	112.289690	-8.356790	3.54	1.02	1.85	15.92	5.24	11.13
5	112.494400	-8.415263	4.12	0.96	1.87	15.30	5.22	10.56
6	112.856476	-8.417500	1.69	0.56	0.96	15.89	4.66	10.49
7	113.273514	-8.385000	2.20	0.62	1.13	14.95	3.68	10.17
8	113.578568	-8.446984	3.27	0.89	1.70	16.33	5.26	11.47
9	113.973670	-8.621259	3.90	1.12	2.04	16.62	5.43	11.59
10	114.324660	-8.638430	3.65	0.88	1.78	16.89	5.35	11.68

Lokasi pengamatan dipilih sesuai dengan kriteria alat WaveRoller, yaitu pada kedalaman laut 8 - 20 meter dengan jarak dari bibir pantai sekitar 0.6 – 2 km. Pada tugas akhir kali ini dilakukan peninjauan pada 10 lokasi sesuai pada Gambar 4.17, lokasi tersebut dipilih sesuai dengan kriteria alat pembangkit pembangkit listrik WaveRoller. Koordinat, dan nama tempat lokasi tersebut bisa dilihat pada Tabel 4.2. Selain itu, parameter gelombang di kesepuluh lokasi yang ditinjau bisa dilihat pada Tabel 4.3.

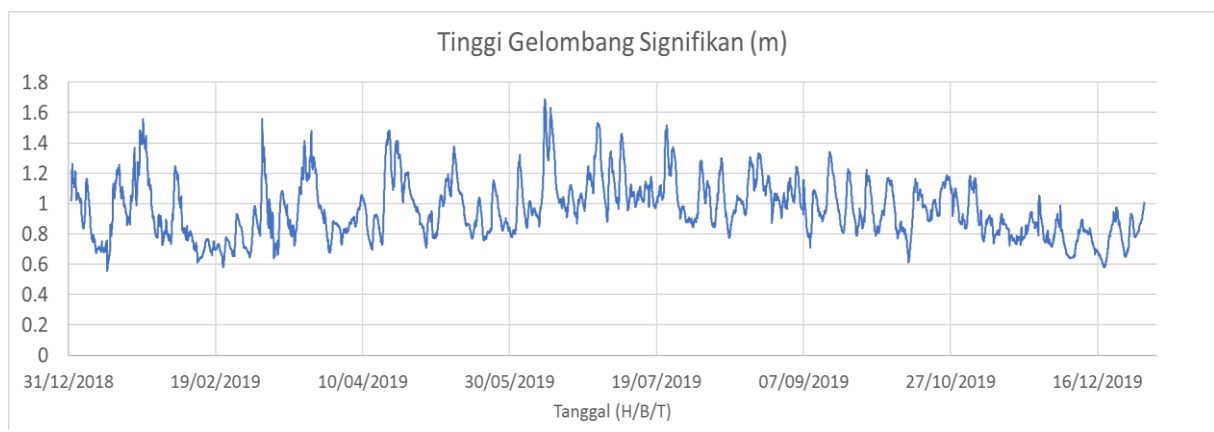
Dari 10 lokasi yang ditinjau, lokasi kelima atau Pantai Pring Jowo memiliki tinggi maksimum Hs yang paling besar yaitu 4.98 meter dan lokasi kesembilan atau Pantai Pulau Merah memiliki rerata Hs satu tahun paling besar yaitu 2.08 meter. Sedangkan lokasi keenam atau Tanjung Bili memiliki rerata Hs dan nilai maksimum Hs paling kecil yaitu 1.04 meter dan 1.99 meter. Nilai Hs dan Te setiap jamnya untuk Tanjung Bili dan Pantai Pulau Merah bisa dilihat pada Gambar 4.18 hingga Gambar 4.21. Sedangkan untuk sisanya akan dilampirkan pada lampiran.



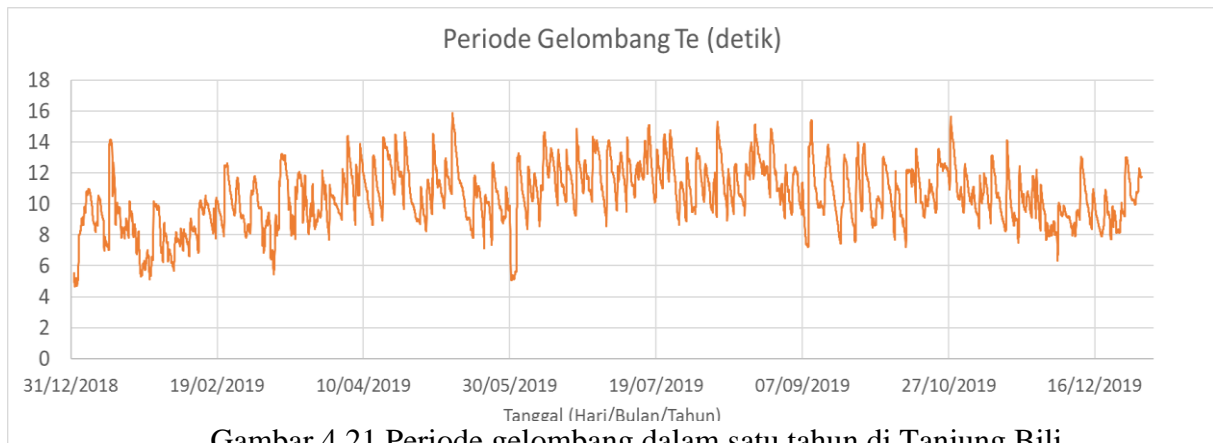
Gambar 4.18 Tinggi gelombang signifikan dalam satu tahun di Pantai Pulau Merah



Gambar 4.19 Periode gelombang dalam satu tahun di lokasi Pantai Pulau Merah



Gambar 4.20 Tinggi gelombang signifikan dalam satu tahun di Tanjung Bili



Gambar 4.21 Periode gelombang dalam satu tahun di Tanjung Bili

Hasil dari simulasi tinggi gelombang signifikan ini juga sesuai dengan penelitian Rachmayani, et al. (2018). Dalam penelitiannya dia menemukan bahwa tinggi gelombang relatif turun pada masa Februari-Maret-April (FMA) dan September-Oktober-November (SON) saat gelombang laut dalam datang dari arah Barat Daya. Sedangkan tinggi gelombang mulai mengalami sedikit kenaikan pada masa Desember-Januari-Februari (DJF) dan peningkatan tertinggi terjadi pada masa Juni-Juli-Agustus (JJA) saat gelombang laut dalam datang dari arah Tenggara.

Arah angin dan batimetri ini menjelaskan mengapa lokasi 3, 6, dan 7 memiliki tinggi gelombang yang relatif lebih kecil dari lokasi lainnya. Saat gelombang datang dari arah barat daya atau pada masa FMA, gelombang yang datang ke lokasi 3 dan 6 terhambat oleh perubahan kontur ke laut dangkal yang lebih luas sedangkan pada masa JJA, gelombang yang datang pada lokasi 7 juga mengalami hambatan yang sama. Hal itu membuat gelombang tinggi gelombang di ketiga area tersebut relative rendah dari lokasi lainnya.

4.8 Perhitungan Potensi Daya

Perhitungan daya kemudian dilakukan menggunakan keluaran karakteristik gelombang yang dari komputasi numerik. Perhitungan potensi daya akan dilakukan menggunakan Persamaan 2.47. Karena persamaan laut dalam dan dangkal merupakan penyederhanaan dari laut transisi karena itu, perhitungan akan dilakukan dengan Persamaan 2.47 yang merupakan persamaan daya gelombang laut transisi. Persamaan 2.47 diberikan:

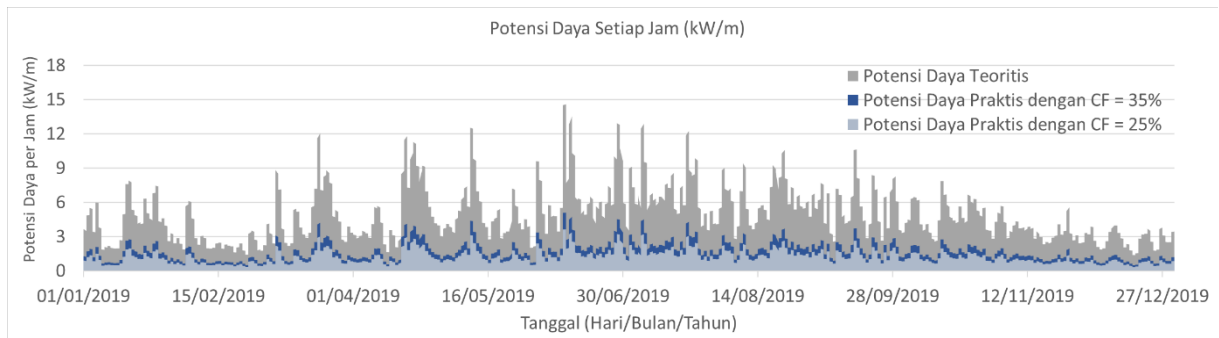
$$P_w = \bar{E} \left(\frac{gT_e}{2\pi} \tanh(kd) \right) \left[\frac{1}{2} \left(1 + \frac{2kd}{\sinh(2kd)} \right) \right]$$

Dari persamaan 2.47, grafik potensi daya bisa dibuat seperti Gambar 4.23 untuk Tanjung Bili dan Gambar 4.24 untuk Pantai Pulau Merah. Dari kedua gambar tersebut bisa dilihat bahwa potensi daya meningkat di pertengahan tahun dan menurun di akhir atau awal tahun. Potensi daya yang dihasilkan pada Tanjung Bili memiliki potensi daya teoritis sebesar 1.29 kW/m – 14.67 kW/m dengan rerata potensi daya teoritis 4.93 kW/m. Sedangkan pada Pantai Pulau Merah potensi daya teoritisnya sebesar 6.03 kW/m - 121.41 kW/m dan rerata potensi daya teoritisnya sebesar 29.06 kW/m. Hasil lainnya bisa dilihat pada lampiran tetapi rangkuman potensi daya bisa dilihat pada Tabel 4.4

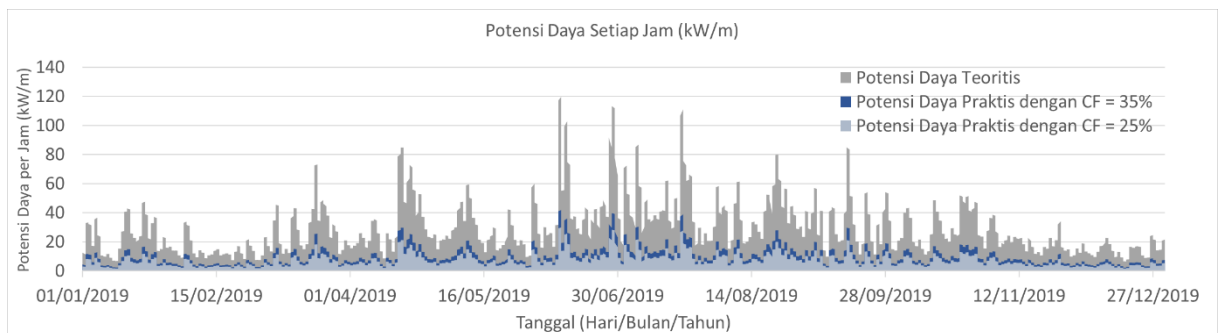
Tabel 4.4 Rangkuman Potensi Daya Lokasi Peninjauan

Lokasi	Potensi Daya Teoritis Per Jam (kW/m)			Potensi Daya Per Jam (kW/m) dengan CF = 25%			Potensi Daya Per Jam (kW/m) dengan CF = 35%		
	Rerata	Terbesar	Terkecil	Rerata	Terbesar	Terkecil	Rerata	Terbesar	Terkecil
1	20.70	104.98	2.59	5.18	26.25	0.65	7.25	36.74	0.91
2	12.38	49.12	2.51	3.09	12.28	0.63	4.33	17.19	0.88
3	7.35	33.50	0.93	1.84	8.38	0.23	2.57	11.73	0.33
4	23.64	104.70	5.13	5.91	26.17	1.28	8.27	36.64	1.80
5	21.81	103.57	4.43	5.45	25.89	1.11	7.63	36.25	1.55
6	4.93	14.67	1.29	1.23	3.67	0.32	1.73	5.14	0.45
7	7.83	26.94	0.98	1.96	6.74	0.24	2.74	9.43	0.34
8	17.39	74.62	3.05	4.35	18.65	0.76	6.08	26.12	1.07
9	29.06	121.41	6.03	7.26	30.35	1.51	10.17	42.49	2.11
10	16.90	79.01	1.86	4.22	19.75	0.47	5.91	27.65	0.65

Potensi daya teknis bisa didapat dengan mengalikan potensi daya teoritis dengan *capacity factor* alat pembangkit energi. Menurut AW-Energy, WaveRoller memiliki *capacity factor* bekisar 25%-35%. Tetapi angka *capacity factor* sebesar 35% dianggap terlalu optimis karena itu dipakai *capacity factor* berdasarkan riset Lavidas (2020). Di risetnya ia menemukan *capacity factor* untuk energi gelombang sebesar 32 %, agar mempermudah perhitungan di studi kali ini akan dipakai angka *capacity factor* sebesar 35%. Jika kita memasukkan *capacity factor* 25%, maka pada Tanjung Bili, potensi dayanya menjadi 0.32 kW/m – 3.67kW/m dengan rerata potensi daya teknisnya adalah 1.23 kW/m dan di Pantai Pulau Merah potensi dayanya menjadi 1.51 kW/m – 30.35 kW/m dengan rerata potensi dayanya sebesar 7.26 kW/m. Pada *capacity factor* 35%, Tanjung Bili potensi dayanya menjadi 0.45 kW/m – 5.14 kW/m dengan rerata potensi daya sebesar 1.73 kW/m. Sedangkan pada Pantai Pulau Merah potensi dayanya menjadi 2.11 kW/m – 42.49 kW/m dengan rerata potensi daya sebesar 10.17 kW/m.



Gambar 4.22 Potensi Daya Setiap Jam Lokasi Tanjung Bili



Gambar 4.23 Potensi Daya Lokasi Pantai Pulau Merah

Matriks daya bisa dipakai untuk penyajian data gelombang acak. Data gelombang sesuai dengan rentang tinggi gelombang signifikan dan periode gelombang. Dalam tugas akhir kali ini tinggi gelombang bervariasi dari 0.1 – 4.5 m yang dibagi setiap 0.5 m dan periode bervariasi dari 3 – 18 detik yang dibagi setiap 1 detik. Tabel potensi daya untuk Tanjung Bili dan Pantai Pulau Merah bisa dilihat pada Tabel 4.5 dan Tabel 4.6 dan tabel potensi daya bisa dilihat pada Tabel 4.7 hingga Tabel 4.10.

Tabel 4.5 Potensi Daya Teoritis Tanjung Bili (kW/m)

		Hs								
		0.1 - 0.5	0.5 - 1	1 - 1.5	1.5 - 2	2 - 2.5	2.5 - 3	3 - 3.5	3.5 - 4	4 - 4.5
Te	3 - 4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	4 - 5	0.00	0.00	3.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	5 - 6	0.00	1.58	4.40	8.62	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	6 - 7	0.00	1.87	5.20	10.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	7 - 8	0.00	2.16	5.99	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	8 - 9	0.00	2.45	6.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	9 - 10	0.00	2.73	7.59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	10 - 11	0.00	3.02	8.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	11 - 12	0.00	3.31	9.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	12 - 13	0.00	3.60	9.99	19.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	13 - 14	0.00	3.88	10.79	21.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	14 - 15	0.00	4.17	11.59	22.71	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	15 - 16	0.00	4.46	12.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	16 - 17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	17 - 18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tabel 4.6 Potensi Daya Teoritis Pantai Pulau Merah (kW/m)

		Hs								
		0.1 - 0.5	0.5 - 1	1 - 1.5	1.5 - 2	2 - 2.5	2.5 - 3	3 - 3.5	3.5 - 4	4 - 4.5
Te	3 - 4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	4 - 5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	5 - 6	0.00	0.00	0.00	9.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	6 - 7	0.00	0.00	0.00	11.11	18.37	27.44	0.00	0.00	0.00
	7 - 8	0.00	0.00	6.54	12.82	21.19	31.66	0.00	0.00	0.00
	8 - 9	0.00	0.00	7.41	14.53	24.02	35.88	0.00	0.00	0.00
	9 - 10	0.00	0.00	8.29	16.24	26.85	40.10	0.00	0.00	0.00
	10 - 11	0.00	0.00	9.16	17.95	29.67	44.33	0.00	0.00	0.00
	11 - 12	0.00	0.00	10.03	19.66	32.50	48.55	0.00	0.00	0.00
	12 - 13	0.00	0.00	10.90	21.37	35.32	52.77	73.70	0.00	0.00
	13 - 14	0.00	0.00	11.77	23.08	38.15	56.99	79.60	105.97	0.00
	14 - 15	0.00	0.00	12.65	24.79	40.98	61.21	85.49	113.82	0.00
	15 - 16	0.00	0.00	13.52	26.50	43.80	65.43	91.39	121.67	0.00
	16 - 17	0.00	0.00	14.39	0.00	46.63	69.66	0.00	0.00	0.00
	17 - 18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tabel 4.7 Potensi Daya Teknis Tanjung Bili dengan *Capacity Factor* = 25% (kW/m)

		Hs								
		0.1 - 0.5	0.5 - 1	1 - 1.5	1.5 - 2	2 - 2.5	2.5 - 3	3 - 3.5	3.5 - 4	4 - 4.5
Te	3 - 4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	4 - 5	0.00	0.00	0.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	5 - 6	0.00	0.40	1.10	2.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	6 - 7	0.00	0.47	1.30	2.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	7 - 8	0.00	0.54	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	8 - 9	0.00	0.61	1.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	9 - 10	0.00	0.68	1.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	10 - 11	0.00	0.76	2.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	11 - 12	0.00	0.83	2.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	12 - 13	0.00	0.90	2.50	4.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	13 - 14	0.00	0.97	2.70	5.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	14 - 15	0.00	1.04	2.90	5.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	15 - 16	0.00	1.11	3.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	16 - 17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	17 - 18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tabel 4.8 Potensi Daya Teknis Pantai Pulau Merah dengan *Capacity Factor* = 25%

		Hs								
		0.1 - 0.5	0.5 - 1	1 - 1.5	1.5 - 2	2 - 2.5	2.5 - 3	3 - 3.5	3.5 - 4	4 - 4.5
Te	3 - 4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	4 - 5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	5 - 6	0.00	0.00	0.00	2.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	6 - 7	0.00	0.00	0.00	2.78	4.59	6.86	0.00	0.00	0.00
	7 - 8	0.00	0.00	1.64	3.21	5.30	7.92	0.00	0.00	0.00
	8 - 9	0.00	0.00	1.85	3.63	6.01	8.97	0.00	0.00	0.00
	9 - 10	0.00	0.00	2.07	4.06	6.71	10.03	0.00	0.00	0.00
	10 - 11	0.00	0.00	2.29	4.49	7.42	11.08	0.00	0.00	0.00
	11 - 12	0.00	0.00	2.51	4.91	8.12	12.14	0.00	0.00	0.00
	12 - 13	0.00	0.00	2.73	5.34	8.83	13.19	18.43	0.00	0.00
	13 - 14	0.00	0.00	2.94	5.77	9.54	14.25	19.90	26.49	0.00
	14 - 15	0.00	0.00	3.16	6.20	10.24	15.30	21.37	28.46	0.00
	15 - 16	0.00	0.00	3.38	6.62	10.95	16.36	22.85	30.42	0.00
	16 - 17	0.00	0.00	3.60	0.00	11.66	17.41	0.00	0.00	0.00
	17 - 18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tabel 4.9 Potensi Daya Teknis Tanjung Bili dengan *Capacity Factor* = 35% (kW/m)

		Hs (m)								
		0.1 - 0.5	0.5 - 1	1 - 1.5	1.5 - 2	2 - 2.5	2.5 - 3	3 - 3.5	3.5 - 4	4 - 4.5
Te (s)	3 - 4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	4 - 5	0.00	0.00	1.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	5 - 6	0.00	0.55	1.54	3.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	6 - 7	0.00	0.65	1.82	3.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	7 - 8	0.00	0.76	2.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	8 - 9	0.00	0.86	2.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	9 - 10	0.00	0.96	2.66	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	10 - 11	0.00	1.06	2.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	11 - 12	0.00	1.16	3.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	12 - 13	0.00	1.26	3.50	6.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	13 - 14	0.00	1.36	3.78	7.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	14 - 15	0.00	1.46	4.06	7.95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	15 - 16	0.00	1.56	4.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	16 - 17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	17 - 18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tabel 4.10 Potensi Daya Teknis Pantai Pulau Merah dengan *Capacity Factor* = 35% (kW/m)

		Hs (m)								
		0.1 - 0.5	0.5 - 1	1 - 1.5	1.5 - 2	2 - 2.5	2.5 - 3	3 - 3.5	3.5 - 4	4 - 4.5
Te (s)	3 - 4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	4 - 5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	5 - 6	0.00	0.00	0.00	3.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	6 - 7	0.00	0.00	0.00	3.89	6.43	9.60	0.00	0.00	0.00
	7 - 8	0.00	0.00	2.29	4.49	7.42	11.08	0.00	0.00	0.00
	8 - 9	0.00	0.00	2.59	5.09	8.41	12.56	0.00	0.00	0.00
	9 - 10	0.00	0.00	2.90	5.68	9.40	14.04	0.00	0.00	0.00
	10 - 11	0.00	0.00	3.21	6.28	10.39	15.51	0.00	0.00	0.00
	11 - 12	0.00	0.00	3.51	6.88	11.37	16.99	0.00	0.00	0.00
	12 - 13	0.00	0.00	3.82	7.48	12.36	18.47	25.80	0.00	0.00
	13 - 14	0.00	0.00	4.12	8.08	13.35	19.95	27.86	37.09	0.00
	14 - 15	0.00	0.00	4.43	8.68	14.34	21.42	29.92	39.84	0.00
	15 - 16	0.00	0.00	4.73	9.27	15.33	22.90	31.99	42.59	0.00
	16 - 17	0.00	0.00	5.04	0.00	16.32	24.38	0.00	0.00	0.00
	17 - 18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

4.9 Perhitungan Potensi Energi

Perhitungan potensi energi dilakukan dengan mengalikan tabel *wave scatter* dengan tabel daya gelombang sesuai dengan lokasinya. Tabel 4.12 dan Tabel 4.13 merupakan tabel *wave scatter* kejadian gelombang dalam satuan jam yang terjadi pada Tanjung Bili dan kesembilan. Tabel 4.14 dan Tabel 4.15 merupakan tabel matriks potensi energi gelombang teoritis.

Tabel 4.11 Tabel *Wave Scatter* Tanjung Bili Dalam Jam

		Hs								
		0.1 - 0.5	0.5 - 1	1 - 1.5	1.5 - 2	2 - 2.5	2.5 - 3	3 - 3.5	3.5 - 4	4 - 4.5
Te	3 - 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4 - 5	0	0	17	0	0	0	0	0	0
	5 - 6	0	63	65	6	0	0	0	0	0
	6 - 7	0	95	79	2	0	0	0	0	0
	7 - 8	0	336	92	0	0	0	0	0	0
	8 - 9	0	916	184	0	0	0	0	0	0
	9 - 10	0	1532	205	0	0	0	0	0	0
	10 - 11	0	1172	557	0	0	0	0	0	0
	11 - 12	0	606	812	0	0	0	0	0	0
	12 - 13	0	364	785	3	0	0	0	0	0
	13 - 14	0	156	398	44	0	0	0	0	0
	14 - 15	0	68	148	13	0	0	0	0	0
	15 - 16	0	8	34	0	0	0	0	0	0
	16 - 17	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	17 - 18	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Berdasarkan Tabel 4.12 tersebut gelombang Tanjung Bili didominasi dengan kondisi tinggi gelombang signifikan sebesar 0.5 – 1.0 m dengan periode sebesar 9.0 – 10.0 detik dengan jumlah kejadian selama 1532 jam. Sedangkan tinggi gelombang paling jarang terjadi pada kondisi tinggi gelombang 1.5 – 2.0 m dengan periode sebesar 6 – 7 detik dengan jumlah kejadian selama dua jam.

Tabel 4.12 Tabel *Wave Scatter* Pantai Pulau Merah Dalam Jam

		Hs								
		0.1 - 0.5	0.5 - 1	1 - 1.5	1.5 - 2	2 - 2.5	2.5 - 3	3 - 3.5	3.5 - 4	4 - 4.5
Te	3 - 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4 - 5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5 - 6	0	0	0	20	0	0	0	0	0
	6 - 7	0	0	0	76	6	1	0	0	0
	7 - 8	0	0	13	30	14	24	0	0	0
	8 - 9	0	0	170	177	6	29	0	0	0
	9 - 10	0	0	387	612	46	7	0	0	0
	10 - 11	0	0	274	1059	398	60	0	0	0
	11 - 12	0	0	156	757	732	157	0	0	0
	12 - 13	0	0	47	429	592	364	49	0	0
	13 - 14	0	0	17	271	413	379	139	23	0
	14 - 15	0	0	18	138	160	178	91	37	0
	15 - 16	0	0	15	30	41	63	13	10	0
	16 - 17	0	0	6	0	25	1	0	0	0
	17 - 18	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Sedangkan berdasarkan Tabel 4.13, gelombang Pantai Pulau Merah didominasi pada kondisi ketinggian gelombang signifikan sebesar 1.5 – 2 m dengan periode sebesar 10 – 11 detik. Jumlah kejadian pada kondisi gelombang yang telah disebutkan adalah selama 1059 jam. Sebagai perbandingan gelombang paling jarang terjadi pada kondisi tinggi gelombang sebesar 2.5 – 3.0 m dengan periode sebesar 6 – 7 detik dan 16 – 17 detik. Pada masing-masing periode gelombang lama kejadian yang terjadi selama satu jam.

Hasil perkalian tabel *wave scatter* dengan matriks potensi daya teoritis yang merupakan tabel potensi energi teoritis untuk kedua lokasi bisa dilihat pada Tabel 4.14 dan Tabel 4.15. Pada Tanjung Bili potensi energi teoritis terbesar ada pada kondisi tinggi gelombang signifikan sebesar 1.0 – 1.5 m dengan periode gelombang 12 – 13 detik yaitu sebesar 7.84 MWh/m dan potensi energi teoritis terkecil sebesar 0.02 MWh/m yaitu pada kondisi tinggi gelombang signifikan 1.5 – 2.0 m dengan periode 6 – 7 detik. Sedangkan pada Pantai Pulau Merah potensi energi teoritis gelombang terbesar ada pada kondisi tinggi gelombang signifikan 2.0 – 2.5 m dan periode gelombang sebesar 11 – 12 detik. Potensi energi teoritisnya ialah sebesar 23.79 MWh/m. Potensi energi teoritis gelombang terkecil ada pada kondisi tinggi gelombang signifikan 2.5 – 3 m dan periode gelombang sebesar 6 – 7 detik yang sebesar 0.03 MWh/m.

Tabel 4.13 Tabel Potensi Energi Teoritis Tanjung Bili (MWh/m)

		Hs								
		0.1 - 0.5	0.5 - 1	1 - 1.5	1.5 - 2	2 - 2.5	2.5 - 3	3 - 3.5	3.5 - 4	4 - 4.5
Te	3 - 4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	4 - 5	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	5 - 6	0.00	0.10	0.29	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	6 - 7	0.00	0.18	0.41	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	7 - 8	0.00	0.73	0.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	8 - 9	0.00	2.24	1.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	9 - 10	0.00	4.19	1.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	10 - 11	0.00	3.54	4.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	11 - 12	0.00	2.01	7.46	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	12 - 13	0.00	1.31	7.84	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	13 - 14	0.00	0.61	4.29	0.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	14 - 15	0.00	0.28	1.72	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	15 - 16	0.00	0.04	0.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	16 - 17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	17 - 18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tabel 4.14 Tabel Potensi Energi Teoritis Pantai Pulau Merah (MWh/m)

		Hs								
		0.1 - 0.5	0.5 - 1	1 - 1.5	1.5 - 2	2 - 2.5	2.5 - 3	3 - 3.5	3.5 - 4	4 - 4.5
Te	3 - 4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	4 - 5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	5 - 6	0.00	0.00	0.00	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	6 - 7	0.00	0.00	0.00	0.84	0.11	0.03	0.00	0.00	0.00
	7 - 8	0.00	0.00	0.09	0.38	0.30	0.76	0.00	0.00	0.00
	8 - 9	0.00	0.00	1.26	2.57	0.14	1.04	0.00	0.00	0.00
	9 - 10	0.00	0.00	3.21	9.94	1.23	0.28	0.00	0.00	0.00
	10 - 11	0.00	0.00	2.51	19.01	11.81	2.66	0.00	0.00	0.00
	11 - 12	0.00	0.00	1.56	14.88	23.79	7.62	0.00	0.00	0.00
	12 - 13	0.00	0.00	0.51	9.17	20.91	19.21	3.61	0.00	0.00
	13 - 14	0.00	0.00	0.20	6.25	15.76	21.60	11.06	2.44	0.00
	14 - 15	0.00	0.00	0.23	3.42	6.56	10.90	7.78	4.21	0.00
	15 - 16	0.00	0.00	0.20	0.79	1.80	4.12	1.19	1.22	0.00
	16 - 17	0.00	0.00	0.09	0.00	1.17	0.07	0.00	0.00	0.00
	17 - 18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Matriks potensi energi teknis bisa didapat dengan mengalikan lama kejadian dengan matriks daya teknisnya. Pada *capacity factor* 25%, sesuai yang bisa dilihat pada Tabel 4.16 untuk Tanjung Bili dan Tabel 4.17 pada Pantai Pulau Merah, kondisi gelombang untuk potensi energi terbesar dan terkecil pada lokasi terkait tidak berubah. Tanjung Bili memiliki besar potensi energi teknis terbesar sebesar 1.96 MWh/m dan potensi energi teknis terkecil sebesar 0.01 MWh/m. Sedangkan Pantai Pulau Merah memiliki potensi energi teknis terbesar sebesar 5.95 MWh/m dan potensi energi teknis terkecil sebesar 0.01 MWh/m.

Tabel 4.15 Tabel Potensi Energi Teknis Tanjung Bili dengan
Capacity Factor = 25% (MWh/m)

		Hs								
		0.1 - 0.5	0.5 - 1	1 - 1.5	1.5 - 2	2 - 2.5	2.5 - 3	3 - 3.5	3.5 - 4	4 - 4.5
Te	3 - 4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	4 - 5	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	5 - 6	0.00	0.02	0.07	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	6 - 7	0.00	0.04	0.10	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	7 - 8	0.00	0.18	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	8 - 9	0.00	0.56	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	9 - 10	0.00	1.05	0.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	10 - 11	0.00	0.89	1.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	11 - 12	0.00	0.50	1.87	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	12 - 13	0.00	0.33	1.96	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	13 - 14	0.00	0.15	1.07	0.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	14 - 15	0.00	0.07	0.43	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	15 - 16	0.00	0.01	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	16 - 17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	17 - 18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tabel 4.16 Tabel Potensi Energi Teknis Pantai Pulau Merah dengan
Capacity Factor = 25% (MWh/m)

		Hs								
		0.1	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0
Te	3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	5	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	6	0.00	0.00	0.00	0.21	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00
	7	0.00	0.00	0.02	0.10	0.07	0.19	0.00	0.00	0.00
	8	0.00	0.00	0.32	0.64	0.04	0.26	0.00	0.00	0.00
	9	0.00	0.00	0.80	2.48	0.31	0.07	0.00	0.00	0.00
	10	0.00	0.00	0.63	4.75	2.95	0.66	0.00	0.00	0.00
	11	0.00	0.00	0.39	3.72	5.95	1.91	0.00	0.00	0.00
	12	0.00	0.00	0.13	2.29	5.23	4.80	0.90	0.00	0.00
	13	0.00	0.00	0.05	1.56	3.94	5.40	2.77	0.61	0.00
	14	0.00	0.00	0.06	0.86	1.64	2.72	1.95	1.05	0.00
	15	0.00	0.00	0.05	0.20	0.45	1.03	0.30	0.30	0.00
	16	0.00	0.00	0.02	0.00	0.29	0.02	0.00	0.00	0.00
	17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Pada *capacity factor* 35% potensi energi terbesar dan terkecil Tanjung Bili menjadi 2.74 MWh/m dan 0.01 MWh/m. Sedangkan pada Pantai Pulau Merah potensi energi teknis terbesar dan terkecilnya menjadi 8.33 MWh/m dan 0.01 MWh/m. Tabel potensi energi dengan *capacity factor* 35% bisa dilihat di Tabel 4.18 dan Tabel 4.19

Tabel 4.17 Tabel Potensi Energi Teknis Tanjung Bili dengan
Capacity Factor = 35% (MWh/m)

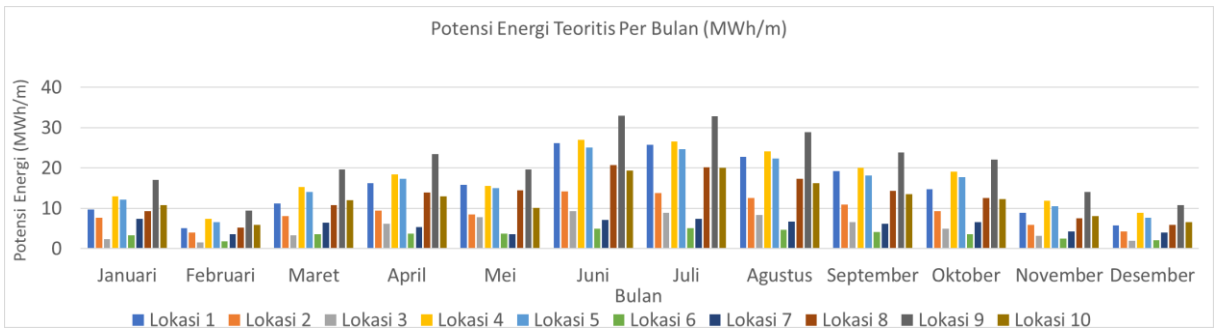
		Hs (m)								
		0.1 - 0.5	0.5 - 1	1 - 1.5	1.5 - 2	2 - 2.5	2.5 - 3	3 - 3.5	3.5 - 4	4 - 4.5
Te (s)	3 - 4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	4 - 5	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	5 - 6	0.00	0.03	0.10	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	6 - 7	0.00	0.06	0.14	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	7 - 8	0.00	0.25	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	8 - 9	0.00	0.78	0.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	9 - 10	0.00	1.47	0.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	10 - 11	0.00	1.24	1.64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	11 - 12	0.00	0.70	2.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	12 - 13	0.00	0.46	2.74	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	13 - 14	0.00	0.21	1.50	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	14 - 15	0.00	0.10	0.60	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	15 - 16	0.00	0.01	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	16 - 17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	17 - 18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tabel 4.18 Tabel Potensi Energi Teknis Pantai Pulau Merah dengan
Capacity Factor = 35% (MWh/m)

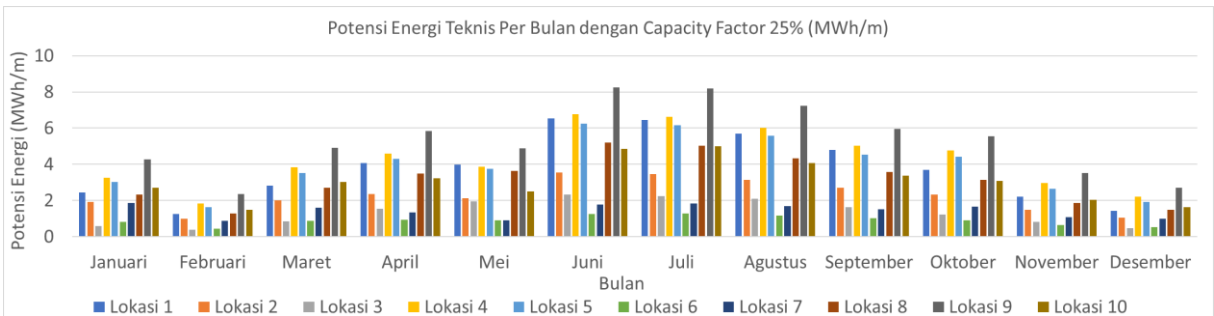
		Hs (m)								
		0.1 - 0.5	0.5 - 1	1 - 1.5	1.5 - 2	2 - 2.5	2.5 - 3	3 - 3.5	3.5 - 4	4 - 4.5
Te (s)	3 - 4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	4 - 5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	5 - 6	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	6 - 7	0.00	0.00	0.00	0.30	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00
	7 - 8	0.00	0.00	0.03	0.13	0.10	0.27	0.00	0.00	0.00
	8 - 9	0.00	0.00	0.44	0.90	0.05	0.36	0.00	0.00	0.00
	9 - 10	0.00	0.00	1.12	3.48	0.43	0.10	0.00	0.00	0.00
	10 - 11	0.00	0.00	0.88	6.65	4.13	0.93	0.00	0.00	0.00
	11 - 12	0.00	0.00	0.55	5.21	8.33	2.67	0.00	0.00	0.00
	12 - 13	0.00	0.00	0.18	3.21	7.32	6.72	1.26	0.00	0.00
	13 - 14	0.00	0.00	0.07	2.19	5.51	7.56	3.87	0.85	0.00
	14 - 15	0.00	0.00	0.08	1.20	2.29	3.81	2.72	1.47	0.00
	15 - 16	0.00	0.00	0.07	0.28	0.63	1.44	0.42	0.43	0.00
	16 - 17	0.00	0.00	0.03	0.00	0.41	0.02	0.00	0.00	0.00
	17 - 18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Pada tugas akhir kali ini, perhitungan potensi energi juga dilakukan tiap bulannya. Gambar 4.24 menunjukkan energi potensial teoritis untuk 10 lokasi yang ditinjau, sedangkan Gambar 4.25 dan Gambar 4.26 menunjukkan potensi energi teknis bulanan dengan *capacity factor* yang sudah ditentukan. Dari gambar tersebut bisa dilihat bahwa Bulan Juni – Juli menjadi

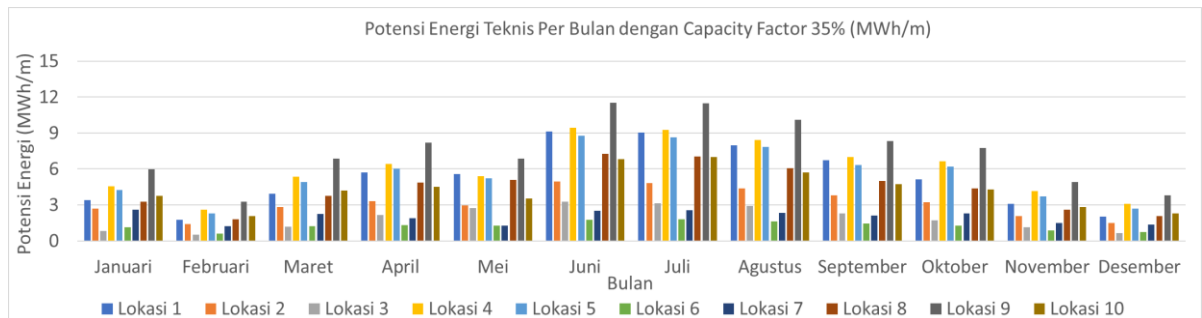
puncak produksi energi sedangkan pada Januari dan Desember produksi energi menurun. Urutan potensi dari yang tertinggi hingga terendah bisa dilihat pada Tabel 4.20.



Gambar 4.24 Potensi Teoritis Energi Tiap Bulan



Gambar 4.25 Potensi Energi Teknis Tiap Bulan dengan *Capacity Factor* = 25%

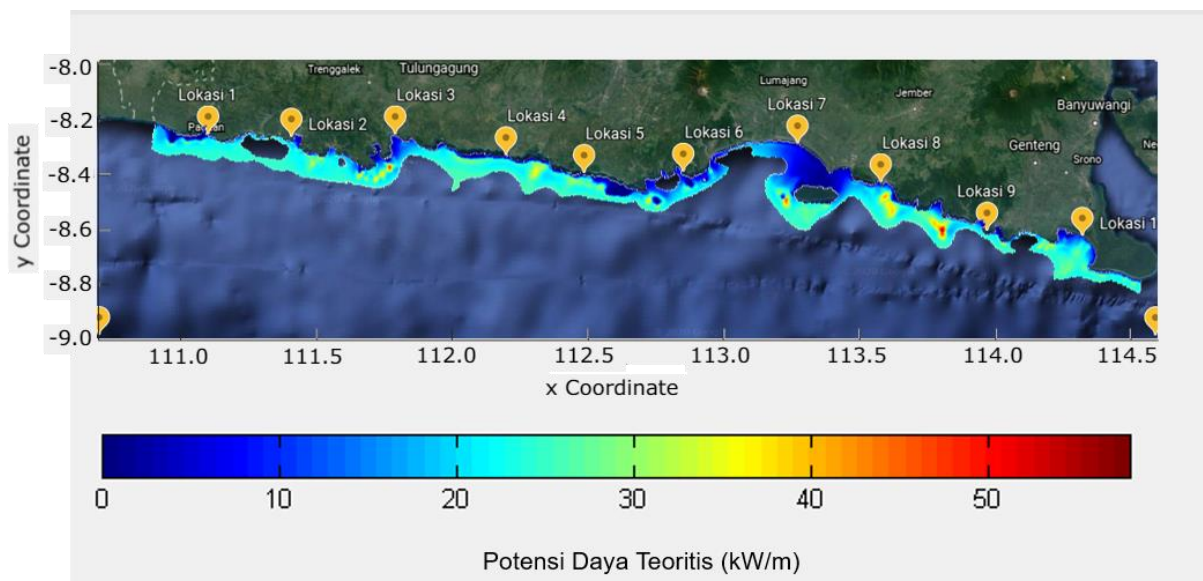


Gambar 4.26 Potensi Energi Teknis Tiap Bulan dengan *Capacity Factor* = 35%

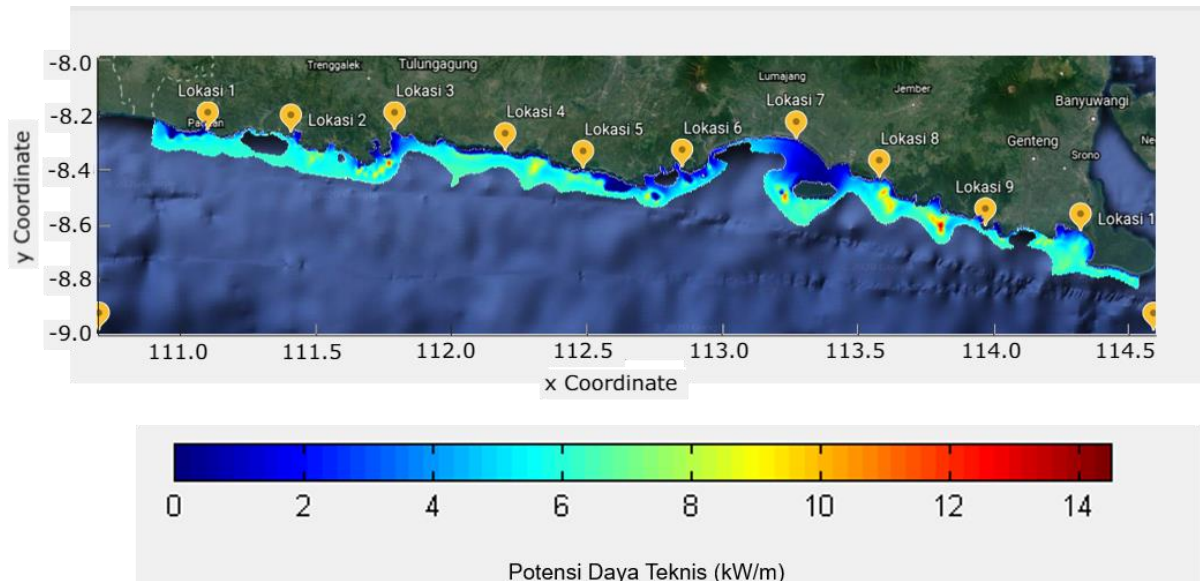
Tabel 4.19 Tabel Urutan dari Lokasi dari Potensi Energi Tertinggi

No	Lokasi	Nama Lokasi	Potensi Energi (MWh/m)		
			Teoritis	Teknis CF = 25%	Teknis CF = 35%
1	9	Pantai Pulau Merah	254.50	63.63	89.08
2	4	Pantai Segoro Alas	207.06	51.76	72.47
3	5	Pantai Pring Jowo	191.06	47.77	66.87
4	1	Pantai Bakung Pacitan	181.35	45.34	63.47
5	8	Pantai Payangan	152.28	38.07	53.30
6	10	Pantai Plengkung	148.02	37.00	51.81
7	2	Pantai Njorok	108.41	27.10	37.94
8	7	Pantai Mbah Dradji Wotgalih	68.57	17.14	24.00
9	3	Pantai Coro Tulungagung	64.40	16.10	22.54
10	6	Tanjung Bili	43.21	10.80	15.12

Pada Tugas Akhir ini juga dibuat peta yang menggambarkan rerata potensi daya satu tahun dan energi satu tahunan lokasi simulasi. Idealnya pembuatan peta dilakukan pada seluruh daerah simulasi tetapi karena keterbatasan waktu pengerjaan Tugas Akhir, wilayah yang dipetakan adalah wilayah yang mempunyai kedalaman kurang dari 160 meter. Pembuatan peta dilakukan dengan cara yang sama yaitu dengan mencari potensi daya dan energi di setiap titik yang disimulasikan. Setelah itu pembuatan peta bisa dilakukan dengan bantuan QUICKPLOT Delft3D dan Google Earth. Gambar 4.28 – 4.30 merupakan hasil dari pembuatan peta rerata potensi daya satu tahun pada Tugas Akhir kali ini.

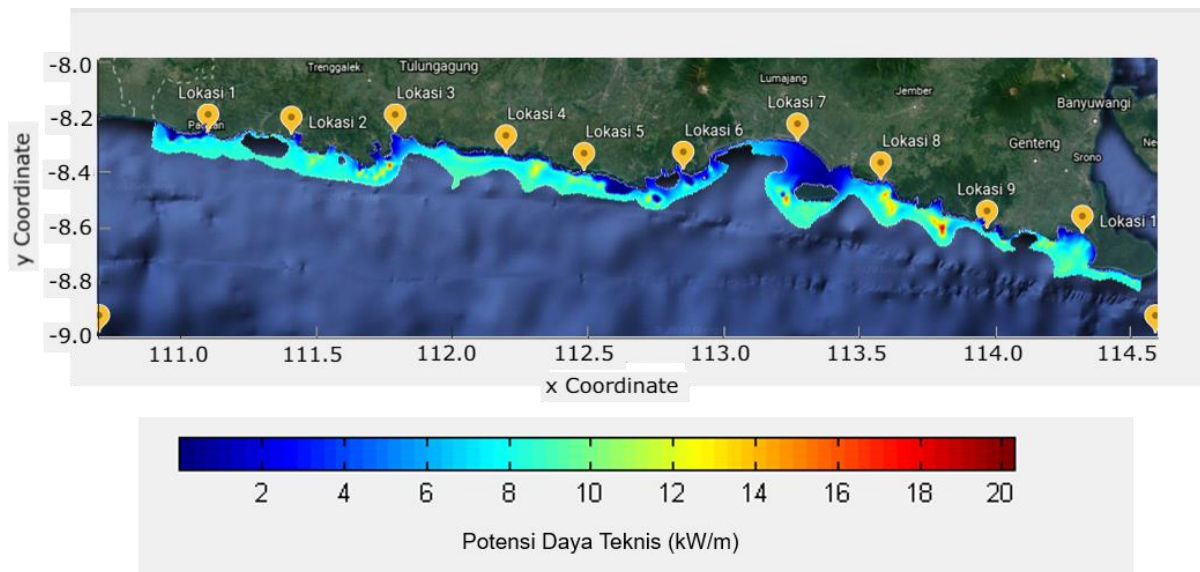


Gambar 4.27 Peta Potensi Daya Teoritis



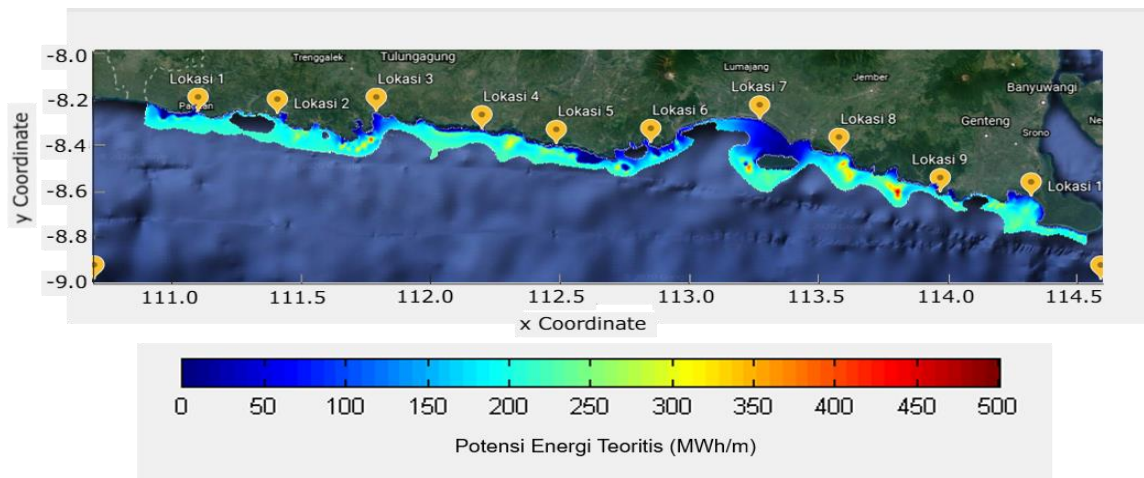
Gambar 4.28 Peta Potensi Daya Teknis CF = 25%

Gambar 4.28 – 4.30 menunjukkan bahwa potensi daya teoritis Pantai Selatan Jawa Timur mencapai 50 kW/m. Tetapi perairan di Pantai Selatan Jawa Timur umumnya memiliki potensi daya 20 – 30 kW/m yang ditandai dengan warna cyan pada Gambar 4.28. Hasil analisis ini mirip dengan hasil analisis Mork (2010) yang sudah disinggung di latar belakang bahwa potensi daya gelombang laut di Perairan Selatan Indonesia sebesar 20 – 30 kW/m. Jika dihitung dengan *capacity factor* sebesar 25% potensinya menjadi 14 kW/m dan dengan *capacity factor* sebesar 35% potensinya menjadi 20 kW/m.

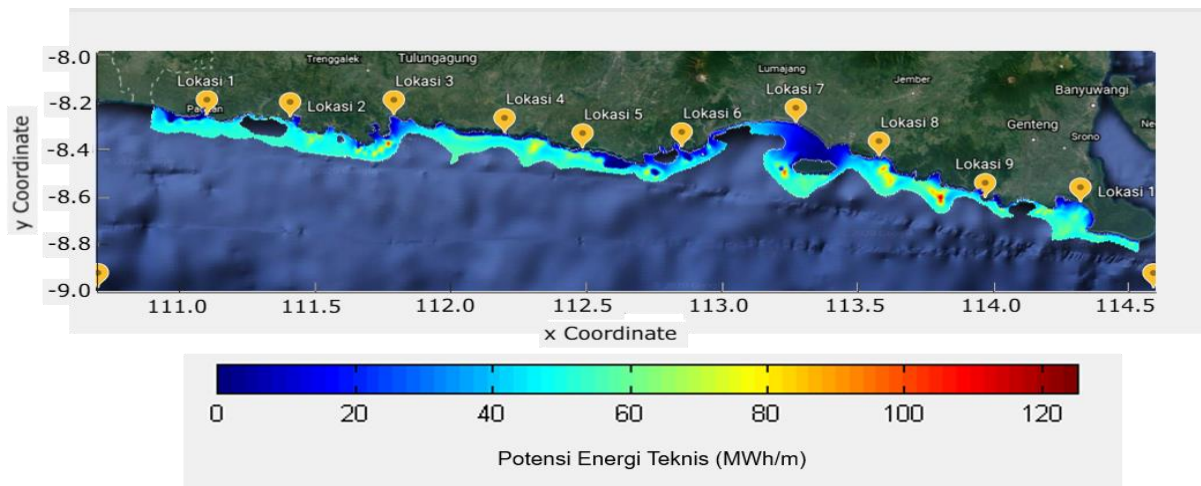


Gambar 4.29 Peta Potensi daya teknis CF = 35%

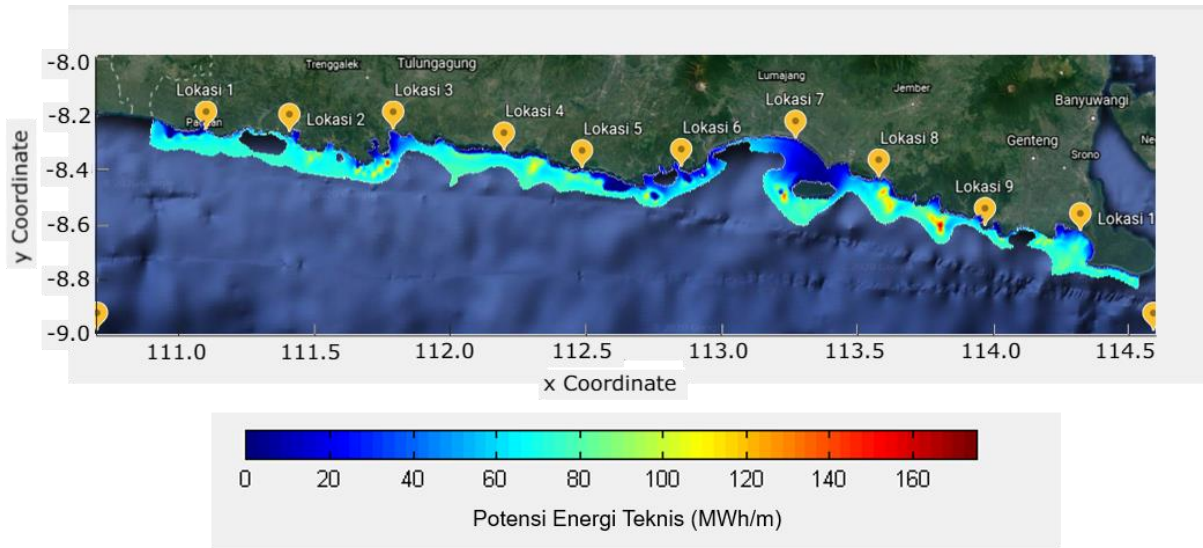
Dengan cara yang sama pembuatan potensi energi teoritis dan teknis satu tahun bisa dilakukan pada lokasi simulasi. Hasil pemetaan bisa dilihat pada Gambar 4.31 – Gambar 4.33. Dari gambar bisa didapat ada beberapa titik yang memiliki potensi energi hingga 500 MWh/m tetapi umumnya Pantai Selatan Jawa Timur memiliki potensi energi teoritis sebesar ± 200 MWh/m. Jika dihitung dengan *capacity factor* 25% maka potensi energinya bisa mencapai 120 MWh/m tetapi umumnya berada pada ± 50 MWh/m. Jika memakai *capacity factor* sebesar 35% potensi energinya mencapai 160 MWh/m tetapi umumnya potensinya berada pada ± 70 MWh/m.



Gambar 4.30 Peta Potensi Energi Teoritis



Gambar 4.31 Peta Potensi Energi Teknis CF = 25%



Gambar 4.32 Peta Potensi Energi Teknis CF = 35%

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis dan pembahasan di bab sebelumnya, maka dapat disimpulkan :

1. Tinggi gelombang signifikan di Pantai Selatan Jawa Timur periode 1 Januari 2019 hingga 31 Desember 2020 memiliki variasi dari 0.48 m hingga 4.12 m dan variasi periode dari 3.68 detik hingga 16.89 detik. Rerata ketinggian gelombang signifikan tertinggi ada pada Pantai Pulau Merah yaitu setinggi 2.04 m dan rerata terendah ada pada Tanjung Bili dengan ketinggian sebesar 0.96 meter.
2. Dari hasil perhitungan didapat, Pantai Pulau Merah memiliki potensi daya dan energi terbesar sedangkan Tanjung Bili memiliki potensi terkecil. Potensi daya teoritis Pantai Pulau Merah sebesar 6.03 kW/m hingga 121.41 kW/m dengan potensi senergi teoritis satu tahun sebesar 254.45 MWh/m. Sedangkan Tanjung Bili memiliki potensi daya teoritis sebesar 1.29 kW/m hingga 14.67 kW/m dengan potensi energi teoritis satu tahun sebesar 43.21 MWh/m.. Dengan *capacity factor* 25% Pantai Pulau Merah memiliki memiliki potensi daya dari 0.76 kW/m hingga 18.65 kW/m dan potensi energi satu tahun sebesar 63.63 MWh/m. Sedangkan Tanjung Bili memiliki potensi daya dari 0.32 kW/m hingga 3.67 kW/m dan potensi Energi Satu tahun sebesar 10.8 MWh/m. Jika *capacity factor* yang dipakai sebesar 35%, Pantai Pulau Merah memiliki memiliki potensi daya dari 2.11 kW/m hingga 42.49 kW/m dan potensi energi satu tahun sebesar 89.08 MWh/m. Sedangkan Tanjung Bili memiliki potensi daya dari 0.45 kW/m hingga 5.14 kW/m dan potensi energi satu tahun sebesar 15.12 MWh/m. Hasil ini juga diperkuat dengan peta daya dan energi yang dibuat dimana pada peta bisa dilihat bahwa area Pantai Pulau Merah mayoritas berwarna cyan yang menandakan potensi daya dan energi tinggi sedangkan area Tanjung Bili cenderung berwarna biru yang menandakan potensi daya dan energi gelombang laut yang lebih rendah.

5.2 Saran

Dari pengerjaan Tugas Akhir ini ada beberapa saran yang penulis dapat untuk penelitian selanjutnya :

1. Simulasi gelombang sebaiknya dilakukan pada jangka waktu yang lebih panjang. Idealnya periode simulasi disesuaikan dengan umur produksi listrik.
2. Pemodelan selanjutnya sebaiknya dilakukan dengan resolusi grid yang lebih kecil lagi, perubahan kontur dasar laut yang kurang detil membuat tinggi gelombang hasil simulasi kurang akurat
3. Pemodelan perairan yang luas di penelitian selanjutnya sebaiknya dilakukan dengan kondisi batas yang berbeda-beda sesuai dengan posisi data dan tidak disederhanakan sesuai dengan orientasi modelnya.
4. Pemodelan pada penelitian selanjutnya sebaiknya memasukkan faktor pasang surut dalam perhitungannya.
5. Analisis pada studi selanjutnya lebih baik dilakukan hingga fase praktis yaitu dengan mempertimbangkan kegiatan masyarakat, peraturan setempat, dan kemampuan ekonomi masyarakat setempat.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbary & Dwi, G. S. 2014. *Pemetaan Potensi Energi Gelombang Laut Di Kabupaten Bengkayang*. Tugas Akhir, Fakultas Teknologi Kelautan, Departemen Teknik Kelautan. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Alfansuri, T., Zuliari, & Efrita A. 2014. "Kajian Potensi Tenaga Gelombang Laut Sebagai Pembangkit Tenaga Listrik di Perairan Malang Selatan". *Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan II 2014*, Surabaya, 7 Oktober
- Anggraini, D., Hafiz, M. I. A., Derian, A., & Alfi, Y. 2015. "Quantitative Analysis of Indonesian Ocean Wave Energy Potential Using Oscillating Water Column Energy Converter". *MATTER: International Journal of Science and Technology* 1:228-239.
- AW-Energy. 2020. *AW-Energy*. [Online] tersedia di: <https://aw-energy.com/waveroller/> [Diakses 29 November 2020].
- Dean, R. G. & Dalrymple, R. A. 1991. *Water Wave Mechanism For Engineers and Scientist*. Singapore: World Scientific Publishing Co, Pte, Ltd.
- Deltares. 2014. *Delft3D Functional Specification*. Boussinesqweg: Deltares.
- Deltares. 2014. *Generation and manipulation of grid-related parameters such as bathymetry, initial conditions and roughness*. Boussinesqweg: Deltares.
- Deltares. 2014. *Delft3D-WAVE Simulation of short-crested waves with SWAN User Manual*. Boussinesqweg: Deltares.
- Djarmiko, E. B. 2012. *Perilaku dan Operabilitas Bangunan Laut di atas Gelombang Acak*. Surabaya: ITS Press.
- Drew, B., Plummer, A. R., & Sahinkaya, M. N. 2009. "A Review of Wave Energy Converter Technology", *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers* 23:887-902
- European Marine Energy Centre. 2020. *European Marine Energy Centre Ltd*. [Online] tersedia di <http://www.emec.org.uk/marine-energy/wave-developers/> [Diakses 1 November 2020].
- Engstrom, J. 2011. *Hydrodynamic Modelling for a Point Absorbing Wave Energy Converter*. Uppsala: Acta Universitatis Upsaliensis Uppsala.

- Falcao, A. 2010. "Wave Energy Utilization: A Review Of The Technologies". *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 14:899-918.
- Falcao, A. & Henriques, J. C. C. 2016. "Oscillating-water-column wave energy converters and air turbines: A review". *Renewable Energy* 85:1391-1424.
- Garrison, T. & Ellis, R. 2016. *Oceanography An Invitation to Marine Science*. Boston: Cengage Learning.
- Halliday, D., Resnick, R. & Walker, J. 1997. *Fundamentals of physics*. New York: Wiley.
- Havis, M. I. 2019. *Evaluasi Sumber Data Gelombang (Merged Alimetry, ERA5 Dan Windwave-05) Studi Kasus: Estimasi Energi Potensi Gelombang Laut di Pantai Barat Kota Jayapura*. Tesis, Fakultas Teknologi Kelautan, Departemen Teknik Kelautan. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Institut Teknologi Sepuluh Nopember Kemitraan. 2019. *Survei Hydro-Oceanografi Di Teluk Candrian Pesanggaran, Banyuwangi, Jawa Timur*. Surabaya: PT ITS Kemitraan.
- Karimirad, M. 2014. *Offshore Energy Structures For Wind Power, Wave Energy, and Hybrid Marine Platforms*. Switzerland: Springer International Publishing.
- Kurniawan, L. P., Sarwito, S., & Kusuma, I. R. 2014. "Studi Perancangan Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut Tipe Salter Duck". *Jurnal Teknik POMITS* 3:76 - 79.
- Lavidas, G. 2020. "Selection index for Wave Energy Deployments SIWED: A near-deterministic index for wave energy converters". *Energy* 196:117 - 131.
- Maki, T., Vuorinen M., Mucha T. 2014. "WaveRoller – One of the Leading Technologies for Wave Energy Conversion". *5th International Conference on Ocean Energy, Halifax, 4 November*.
- McCormick, M. E. 2010. *Ocean Engineering Mechanics With Applications*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Moreno, J. J. M., Pol, A. P., Abad, A. S., & Blasco, B. C., 2013. "Using the R-MAPE Index As a Resistant Measure of Forecast Accuracy". *Psicothema* 25:500-506.

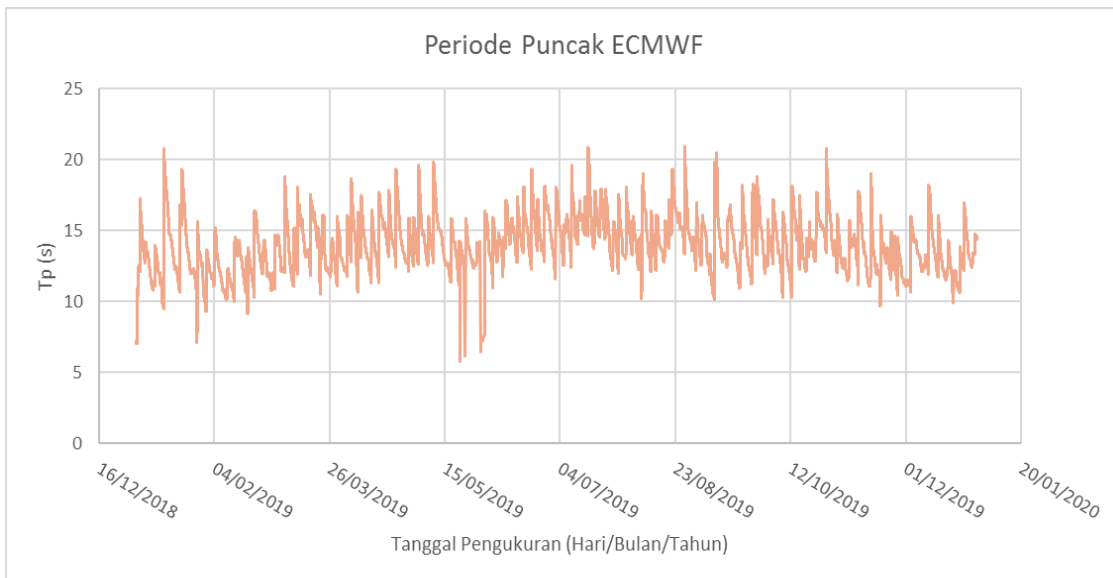
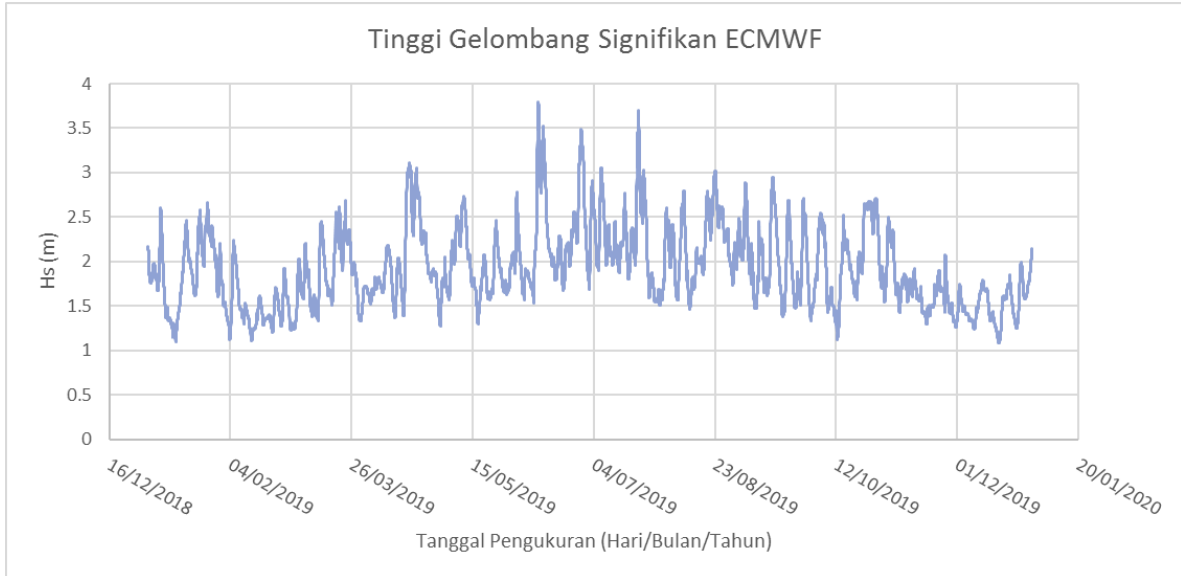
- Mørk, G., Barstow, S., Kabuth, A., & Pontes, T. M. 2010. "Assessing The Wave Global Energy Potential". *International Conference on Offshore Mechanics and Arctic Engineering 2010*, Shanghai, 6 Juni.
- Mukhtasor. 2015. *Mengenal Energi Laut*. Surabaya : Indonesia Counterpart for Energy and Environmental Solutions.
- Mumtaz, M. Y. 2020. *Studi Potensi Energi Gelombang Laut di Pantai Selatan Banyuwangi Menggunakan Sumber Data ERA5 (ECMWF) dan Data Lapangan*. Tugas Akhir, Fakultas Teknologi Kelautan, Departemen Teknik Kelautan. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Pecher, A. & Kofoed, J. P. 2016. *Handbook of Ocean Wave Energy*. Denmark: Springer Open.
- Rachmayani, R., Ningsih, N. S., Ramadhan, H., & Nurfitri S., 2018. "Analysis of ocean wave characteristic in Western Indonesian Seas using wave spectrum model". *The Third International Conference on Sustainable Infrastructure and Built Environment*, Bandung, 26 September 2017.
- Ryan, W. B. F., Carbotte, S., Coplan, J. O., O'Hara, S., Melkonian A., Arko, R., Weissel, R. A., Ferrini, V., Goodwillie, A., Nitsche, F., Bonczkowski, J., & Zemsky, R.. 2009. "Global Multi-Resolution Topography Synthesis". *Geochem Geophys Geosyst* 103:48-57.
- Samhudhi, H. 2014. *Analisis Respon Gerak Akibat Gelombang Pada Ponton Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang-Sistem Bandul*. Tugas Akhir, Fakultas Teknologi Kelautan, Departemen Teknik Kelautan. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Copernicus Climate Change Services. 2017. *ERA5: Fifth Generation of ECMWF Atmospheric Reanalyses Of The Global Climate*. [Online] tersedia di <https://cds.climate.copernicus.eu/> [Diakses 1 November 2020]
- Setyawan, F. O. 2018. *Identifikasi dan Pemetaan Lokasi Potensial Energi Gelombang Laut di Perairan Indonesia*. Tesis, Fakultas Teknologi Kelautan, Departemen Teknik Kelautan. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Sverdrup, H. U. & Munk, W. H. 1947. "Empirical and Theoretical Relations between Wind, Sea and Swell". *Transactions, American Geophysical Union* 27:823-827.

- Thorpe, T.W. 1999. *An Overview Of Wave Energy Technologies: Status, Performance And Costs*. Tennessee: East Tennessee State University Review.
- Triatmodjo, B. 1999. *Teknik Pantai*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Urraca, R., Huld, T., Amillo, A. M. G., & Ascacibar, F. J. M. D. P. 2018. "Evaluation Of Global Horizontal Irradiance Estimates From ERA5 And COSMO-REA6 Reanalyses Using Ground And Satellite-Based Data". *Solar Energy* 164:339-354.
- Utami, S. R. 2010. *Studi Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut Dengan Menggunakan Sistem Oscillating Water Column (OWC) di Tiga Puluh Wilayah Kelautan Indonesia*. Tugas Akhir, Fakultas Teknik, Departemen Teknik Elektro. Depok: Universitas Indonesia.
- Wan, Y., Jie, Z., Junmin, M., & Jing, W. 2014. "A wave energy resource assessment in the China's seas based on multi-satellite merged radar altimeter data". *Acta Oceanol. Sin.* 34:115–124
- Zamri, A., Mura, Y., Asmed, & Adril, E. 2015. "Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut sistim Empat Bandul". *Seminar Nasional Sains dan Teknologi 2015*, Jakarta, 17 November.

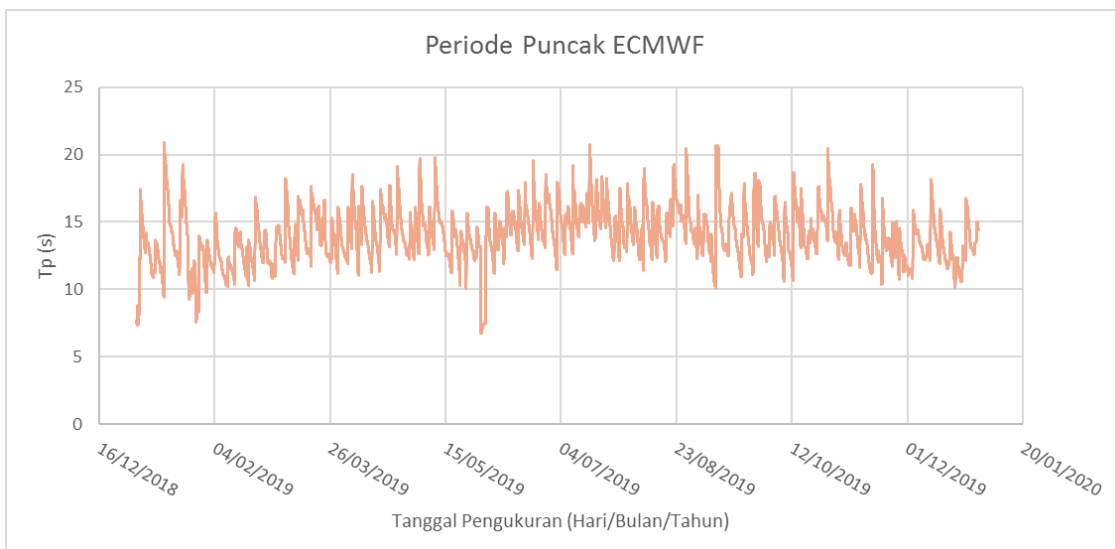
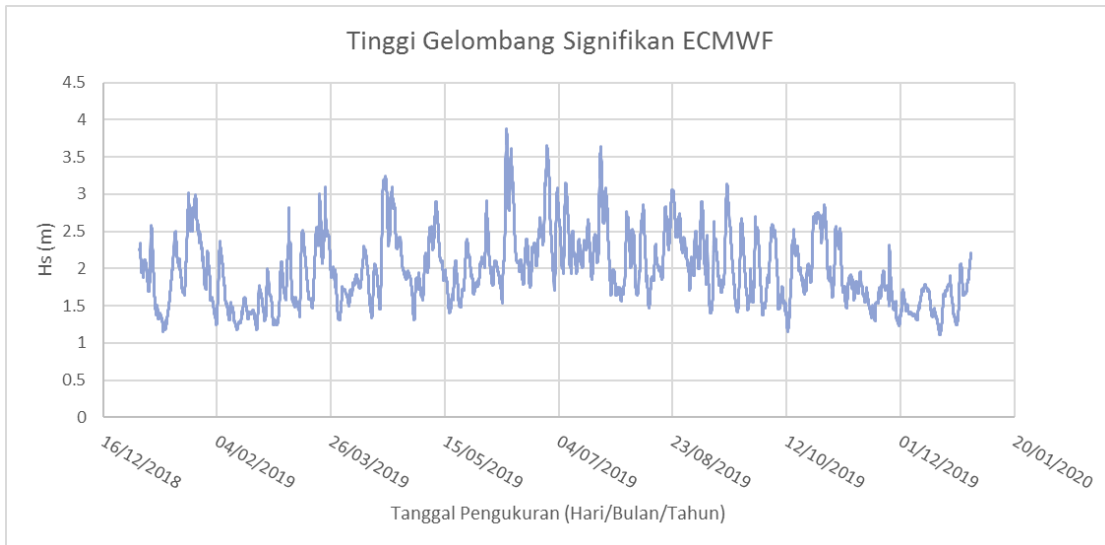
LAMPIRAN 1

Data gelombang signifikan dan periode puncak kondisi Batas

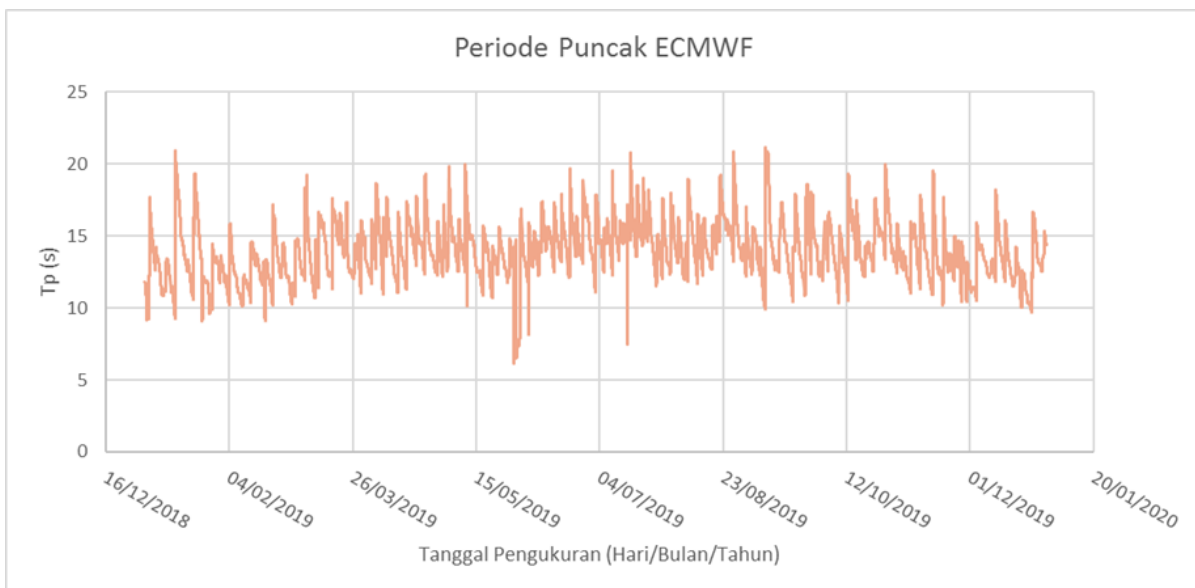
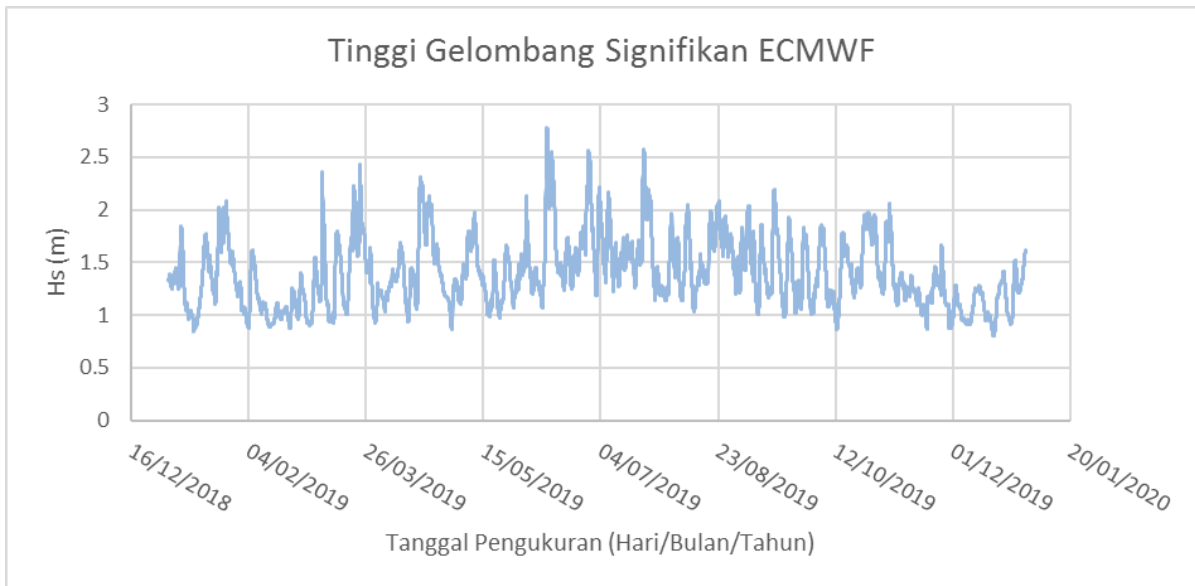
Orientasi Barat



Orientasi Selatan



Orientasi Timur



LAMPIRAN 2

Data gelombang pengukuran Sekunder Tim ITSK (2019)

Tanggal	Hs (m)	Tp (detik)	Tanggal	Hs (m)	Tp (detik)		
12/03/2019	11.30	0.483	11	-	-		
12/03/2019	11.40	0.484	11.1	-	-		
12/03/2019	11.50	0.457	10.6	-	-		
12/03/2019	12.00	0.538	11	16/03/2019	18.20	0.811	10.7
12/03/2019	12.10	0.485	11.1	16/03/2019	18.30	0.7	11.6
12/03/2019	12.20	0.487	10.2	16/03/2019	18.40	0.748	11
12/03/2019	12.30	0.487	4.2	16/03/2019	18.50	0.676	12.8
12/03/2019	12.40	1.805	4.4	16/03/2019	19.00	0.56	12.2
12/03/2019	12.50	1.805	4.2	16/03/2019	19.10	0.608	12.9
12/03/2019	13.00	1.92	4.1	16/03/2019	19.20	0.669	8.8
12/03/2019	13.10	1.92	2.56	16/03/2019	19.30	0.776	11.6
12/03/2019	13.20	2.022	4.2	16/03/2019	19.40	0.546	11.5
12/03/2019	13.30	0.614	18.2	16/03/2019	19.50	0.624	12.5
12/03/2019	13.40	0.558	11.4	16/03/2019	20.00	0.512	11.6
12/03/2019	13.50	0.641	11.2	16/03/2019	20.10	0.607	12.7
12/03/2019	14.00	0.585	10.6	16/03/2019	20.20	0.632	12.6
12/03/2019	14.10	0.767	11.5	16/03/2019	20.30	0.596	12.7
12/03/2019	14.20	0.677	12	16/03/2019	20.40	0.567	11.2
12/03/2019	14.30	0.66	10.8	16/03/2019	20.50	0.769	11.8
12/03/2019	14.40	0.625	17.1	16/03/2019	21.00	0.803	12.1
12/03/2019	14.50	0.538	10.6	16/03/2019	21.10	0.586	10.6
12/03/2019	15.00	0.682	9.4	16/03/2019	21.20	0.841	12.1
12/03/2019	15.10	0.641	10.7	16/03/2019	21.30	0.666	13.2
12/03/2019	15.20	0.712	10.5	16/03/2019	21.40	0.657	6.3
12/03/2019	15.30	0.623	13.4	16/03/2019	21.50	0.703	12.7
12/03/2019	15.40	0.635	7.5	16/03/2019	22.00	0.745	11.3
12/03/2019	15.50	0.617	17	16/03/2019	22.10	0.774	7.7
12/03/2019	16.00	0.619	17	16/03/2019	22.20	0.691	5.8
12/03/2019	16.10	0.615	11	16/03/2019	22.30	0.807	12.6
12/03/2019	16.20	0.716	18.2	16/03/2019	22.40	0.921	6
12/03/2019	16.30	0.811	18.3	16/03/2019	22.50	0.998	8.7
12/03/2019	16.40	0.785	18.1	16/03/2019	23.00	0.969	5.8
12/03/2019	16.50	0.605	19.2	16/03/2019	23.10	0.899	12.3
12/03/2019	17.00	0.68	10.3	16/03/2019	23.20	0.967	12.7
12/03/2019	17.10	0.625	11.1	16/03/2019	23.30	0.706	13.3
12/03/2019	17.20	0.672	18.3	16/03/2019	23.40	1.057	12.4
-	-	-	-	16/03/2019	23.50	0.938	5.8

LAMPIRAN 3

Hasil model gelombang yang dipakai saat validasi

Tanggal	Hs (m)	Tp (detik)	Tanggal	Hs (m)	Tp (detik)		
12/03/2019	11.30	1.0794	15.328	.	.		
12/03/2019	11.40	1.0794	15.328	.	.		
12/03/2019	11.50	1.0794	15.328	.	.		
12/03/2019	12.00	1.0794	15.328	16/03/2019	18.10	12.2	1.1902
12/03/2019	12.10	1.0794	15.328	16/03/2019	18.20	10.7	1.1902
12/03/2019	12.20	1.0794	15.328	16/03/2019	18.30	11.6	1.1902
12/03/2019	12.30	1.0794	15.328	16/03/2019	18.40	11	1.1902
12/03/2019	12.40	1.0794	15.328	16/03/2019	18.50	12.8	1.1902
12/03/2019	12.50	1.0794	15.328	16/03/2019	19.00	12.2	1.1882
12/03/2019	13.00	1.1012	15.45	16/03/2019	19.10	12.9	1.1882
12/03/2019	13.10	1.1012	15.45	16/03/2019	19.20	8.8	1.1882
12/03/2019	13.20	1.1012	15.45	16/03/2019	19.30	11.6	1.1882
12/03/2019	13.30	1.1012	15.45	16/03/2019	19.40	11.5	1.1882
12/03/2019	13.40	1.1012	15.45	16/03/2019	19.50	12.5	1.1882
12/03/2019	13.50	1.1012	15.45	16/03/2019	20.00	11.6	1.1877
12/03/2019	14.00	1.1371	15.822	16/03/2019	20.10	12.7	1.1877
12/03/2019	14.10	1.1371	15.822	16/03/2019	20.20	12.6	1.1877
12/03/2019	14.20	1.1371	15.822	16/03/2019	20.30	12.7	1.1877
12/03/2019	14.30	1.1371	15.822	16/03/2019	20.40	11.2	1.1877
12/03/2019	14.40	1.1371	15.822	16/03/2019	20.50	11.8	1.1877
12/03/2019	14.50	1.1371	15.822	16/03/2019	21.00	12.1	1.1865
12/03/2019	15.00	1.1746	15.921	16/03/2019	21.10	10.6	1.1865
12/03/2019	15.10	1.1746	15.921	16/03/2019	21.20	12.1	1.1865
12/03/2019	15.20	1.1746	15.921	16/03/2019	21.30	13.2	1.1865
12/03/2019	15.30	1.1746	15.921	16/03/2019	21.40	6.3	1.1865
12/03/2019	15.40	1.1746	15.921	16/03/2019	21.50	12.7	1.1865
12/03/2019	15.50	1.1746	15.921	16/03/2019	22.00	11.3	1.191
12/03/2019	16.00	1.2113	15.969	16/03/2019	22.10	7.7	1.191
12/03/2019	16.10	1.2113	15.969	16/03/2019	22.20	5.8	1.191
12/03/2019	16.20	1.2113	15.969	16/03/2019	22.30	12.6	1.191
12/03/2019	16.30	1.2113	15.969	16/03/2019	22.40	6	1.191
12/03/2019	16.40	1.2113	15.969	16/03/2019	22.50	8.7	1.191
12/03/2019	16.50	1.2113	15.969	16/03/2019	23.00	5.8	1.185
12/03/2019	17.00	1.2551	15.966	16/03/2019	23.10	12.3	1.185
12/03/2019	17.10	1.2551	15.966	16/03/2019	23.20	12.7	1.185
.	.	.	.	16/03/2019	23.30	13.3	1.185
.	.	.	.	16/03/2019	23.40	12.4	1.185
.	.	.	.	16/03/2019	23.50	5.8	1.185

LAMPIRAN 4

Tabel perhitungan validasi gelombang

Tanggal Sampel	Hs ITSK (2019)	Tp ITSK (2019)	Hs Model	Error (%)	Tp Model	MAPE (%)
12/03/2019 11.30	0.483	11	0.968	100.36	15.301	39.097
12/03/2019 11.40	0.484	11.1	0.968	99.94	15.301	37.844
12/03/2019 11.50	0.457	10.6	0.968	111.75	15.301	44.346
12/03/2019 12.00	0.538	11	0.968	79.87	15.301	39.097
12/03/2019 12.10	0.485	11.1	0.968	99.53	15.301	37.844
12/03/2019 12.20	0.487	10.2	0.968	98.71	15.301	50.007
12/03/2019 12.30	0.487	4.2	0.968	98.71	15.301	264.302
12/03/2019 12.40	1.805	4.4	0.968	46.39	15.301	247.743
12/03/2019 12.50	1.805	4.2	0.968	46.39	15.301	264.302
12/03/2019 13.00	1.92	4.1	0.995	48.17	15.343	274.210
12/03/2019 13.10	1.92	2.56	0.995	48.17	15.343	499.320
12/03/2019 13.20	2.022	4.2	0.995	50.79	15.343	265.300
12/03/2019 13.30	0.614	18.2	0.995	62.07	15.343	15.700
12/03/2019 13.40	0.558	11.4	0.995	78.33	15.343	34.584
12/03/2019 13.50	0.641	11.2	0.995	55.24	15.343	36.988
12/03/2019 14.00	0.585	10.6	1.031	76.17	15.738	48.473
12/03/2019 14.10	0.767	11.5	1.031	34.37	15.738	36.853
12/03/2019 14.20	0.677	12	1.031	52.23	15.738	31.151
.
.
.
.
.
16/03/2019 20.40	0.567	11.2	1.170	106.32	9.557	14.673
16/03/2019 20.50	0.769	11.8	1.170	52.12	9.557	19.012
16/03/2019 21.00	0.803	12.1	1.171	45.83	9.545	21.117
16/03/2019 21.10	0.586	10.6	1.171	99.83	9.545	9.954
16/03/2019 21.20	0.841	12.1	1.171	39.24	9.545	21.117
16/03/2019 21.30	0.666	13.2	1.171	75.82	9.545	27.690
16/03/2019 21.40	0.657	6.3	1.171	78.23	9.545	51.506
16/03/2019 21.50	0.703	12.7	1.171	66.57	9.545	24.843
16/03/2019 22.00	0.745	11.3	1.178	58.10	9.577	15.245
16/03/2019 22.10	0.774	7.7	1.178	52.18	9.577	24.380
16/03/2019 22.20	0.691	5.8	1.178	70.46	9.577	65.125
16/03/2019 22.30	0.807	12.6	1.178	45.96	9.577	23.990
16/03/2019 22.40	0.921	6	1.178	27.89	9.577	59.621
16/03/2019 22.50	0.998	8.7	1.178	18.02	9.577	10.083
16/03/2019 23.00	0.969	5.8	1.172	20.95	9.562	64.867
16/03/2019 23.10	0.899	12.3	1.172	30.37	9.562	22.258
16/03/2019 23.20	0.967	12.7	1.172	21.20	9.562	24.706
16/03/2019 23.30	0.706	13.3	1.172	66.01	9.562	28.103
16/03/2019 23.40	1.057	12.4	1.172	10.88	9.562	22.885
16/03/2019 23.50	0.938	5.8	1.172	24.95	9.562	64.867

LAMPIRAN 5

Tabel perhitungan gelombang refraksi

$d_0 = 153 \text{ m}$

$T = 13.32 \text{ detik}$

$L_0 = 276.78 \text{ m}$

$\text{Deg} = 204^\circ$

14/03/2019 00.00

β_0	Ho(m)	d (m)	d/Lo	d/L	L(m)	C(m/s)	sin β	β_0	cos β_0	cos β	Kr	Ks	H(m)
15	2.476	153	0.553	0.553	276.643	20.769	0.2587	14.992	0.966	0.966	1.000	0.994	2.461
12	2.461	139.7	0.505	0.506	276.223	20.737	0.2075	11.976	0.978	0.978	1.000	0.991	2.439
16	2.439	126.4	0.457	0.459	275.465	20.681	0.2743	15.922	0.961	0.962	1.000	0.986	2.404
23	2.404	113.1	0.409	0.413	274.122	20.580	0.3870	22.767	0.921	0.922	0.999	0.978	2.349
48	2.349	99.8	0.361	0.367	271.786	20.404	0.7297	46.865	0.669	0.684	0.989	0.967	2.247
69	2.247	86.5	0.313	0.323	267.827	20.107	0.9034	64.607	0.358	0.429	0.914	0.953	1.958
58	1.958	73.2	0.264	0.280	261.326	19.619	0.8007	53.197	0.530	0.599	0.941	0.937	1.725
45	1.725	59.9	0.216	0.239	250.985	18.843	0.6412	39.882	0.707	0.767	0.960	0.922	1.527
44	1.527	46.6	0.168	0.198	234.986	17.642	0.5898	36.140	0.719	0.808	0.944	0.913	1.316
38	1.316	33.3	0.120	0.158	210.586	15.810	0.4684	27.932	0.788	0.884	0.944	0.920	1.143
27	1.143	20	0.072	0.116	172.682	12.964	0.2832	16.454	0.891	0.959	0.964	0.968	1.067

14/03/2019 01.00

β_0	Ho(m)	d (m)	d/Lo	d/L	L(m)	C(m/s)	sin β	β_0	cos β_0	cos β	Kr	Ks	H(m)
15	2.463	153	0.553	0.553	276.643	20.769	0.2587	14.992	0.966	0.966	1.000	0.994	2.448
12	2.448	139.7	0.505	0.506	276.223	20.737	0.2075	11.976	0.978	0.978	1.000	0.991	2.426
16	2.426	126.4	0.457	0.459	275.465	20.681	0.2743	15.922	0.961	0.962	1.000	0.986	2.392
23	2.392	113.1	0.409	0.413	274.122	20.580	0.3870	22.767	0.921	0.922	0.999	0.978	2.337
48	2.337	99.8	0.361	0.367	271.786	20.404	0.7297	46.865	0.669	0.684	0.989	0.967	2.236
69	2.236	86.5	0.313	0.323	267.827	20.107	0.9034	64.607	0.358	0.429	0.914	0.953	1.948
58	1.948	73.2	0.264	0.280	261.326	19.619	0.8007	53.197	0.530	0.599	0.941	0.937	1.716
45	1.716	59.9	0.216	0.239	250.985	18.843	0.6412	39.882	0.707	0.767	0.960	0.922	1.519
44	1.519	46.6	0.168	0.198	234.986	17.642	0.5898	36.140	0.719	0.808	0.944	0.913	1.309
38	1.309	33.3	0.120	0.158	210.586	15.810	0.4684	27.932	0.788	0.884	0.944	0.920	1.137
27	1.137	20	0.072	0.116	172.682	12.964	0.2832	16.454	0.891	0.959	0.964	0.968	1.061

14/03/2019 02.00

β_0	Ho(m)	d (m)	d/Lo	d/L	L(m)	C(m/s)	sin β	β_0	cos β_0	cos β	Kr	Ks	H(m)
15	2.446	153	0.553	0.553	276.643	20.769	0.2587	14.992	0.966	0.966	1.000	0.994	2.431
12	2.431	139.7	0.505	0.506	276.223	20.737	0.2075	11.976	0.978	0.978	1.000	0.991	2.409
16	2.409	126.4	0.457	0.459	275.465	20.681	0.2743	15.922	0.961	0.962	1.000	0.986	2.375
23	2.375	113.1	0.409	0.413	274.122	20.580	0.3870	22.767	0.921	0.922	0.999	0.978	2.321
48	2.321	99.8	0.361	0.367	271.786	20.404	0.7297	46.865	0.669	0.684	0.989	0.967	2.220
69	2.220	86.5	0.313	0.323	267.827	20.107	0.9034	64.607	0.358	0.429	0.914	0.953	1.934
58	1.934	73.2	0.264	0.280	261.326	19.619	0.8007	53.197	0.530	0.599	0.941	0.937	1.705
45	1.705	59.9	0.216	0.239	250.985	18.843	0.6412	39.882	0.707	0.767	0.960	0.922	1.509
44	1.509	46.6	0.168	0.198	234.986	17.642	0.5898	36.140	0.719	0.808	0.944	0.913	1.300
38	1.300	33.3	0.120	0.158	210.586	15.810	0.4684	27.932	0.788	0.884	0.944	0.920	1.129
27	1.129	20	0.072	0.116	172.682	12.964	0.2832	16.454	0.891	0.959	0.964	0.968	1.054

14/03/2019 03.00

β_0	Ho(m)	d (m)	d/Lo	d/L	L(m)	C(m/s)	sin β	β_0	cos β_0	cos β	Kr	Ks	H(m)
15	2.435	153	0.553	0.553	276.643	20.769	0.2587	14.992	0.966	0.966	1.000	0.994	2.420
12	2.420	139.7	0.505	0.506	276.223	20.737	0.2075	11.976	0.978	0.978	1.000	0.991	2.398
16	2.398	126.4	0.457	0.459	275.465	20.681	0.2743	15.922	0.961	0.962	1.000	0.986	2.364
23	2.364	113.1	0.409	0.413	274.122	20.580	0.3870	22.767	0.921	0.922	0.999	0.978	2.310
48	2.310	99.8	0.361	0.367	271.786	20.404	0.7297	46.865	0.669	0.684	0.989	0.967	2.210
69	2.210	86.5	0.313	0.323	267.827	20.107	0.9034	64.607	0.358	0.429	0.914	0.953	1.926
58	1.926	73.2	0.264	0.280	261.326	19.619	0.8007	53.197	0.530	0.599	0.941	0.937	1.697
45	1.697	59.9	0.216	0.239	250.985	18.843	0.6412	39.882	0.707	0.767	0.960	0.922	1.502
44	1.502	46.6	0.168	0.198	234.986	17.642	0.5898	36.140	0.719	0.808	0.944	0.913	1.294
38	1.294	33.3	0.120	0.158	210.586	15.810	0.4684	27.932	0.788	0.884	0.944	0.920	1.124
27	1.124	20	0.072	0.116	172.682	12.964	0.2832	16.454	0.891	0.959	0.964	0.968	1.049

14/03/2019 04.00

β_0	Ho(m)	d (m)	d/Lo	d/L	L(m)	C(m/s)	sin β	β_0	cos β_0	cos β	Kr	Ks	H(m)
15	2.421	153	0.553	0.553	276.643	20.769	0.2587	14.992	0.966	0.966	1.000	0.994	2.406
12	2.406	139.7	0.505	0.506	276.223	20.737	0.2075	11.976	0.978	0.978	1.000	0.991	2.385
16	2.385	126.4	0.457	0.459	275.465	20.681	0.2743	15.922	0.961	0.962	1.000	0.986	2.351
23	2.351	113.1	0.409	0.413	274.122	20.580	0.3870	22.767	0.921	0.922	0.999	0.978	2.297
48	2.297	99.8	0.361	0.367	271.786	20.404	0.7297	46.865	0.669	0.684	0.989	0.967	2.197
69	2.197	86.5	0.313	0.323	267.827	20.107	0.9034	64.607	0.358	0.429	0.914	0.953	1.914
58	1.914	73.2	0.264	0.280	261.326	19.619	0.8007	53.197	0.530	0.599	0.941	0.937	1.687
45	1.687	59.9	0.216	0.239	250.985	18.843	0.6412	39.882	0.707	0.767	0.960	0.922	1.493
44	1.493	46.6	0.168	0.198	234.986	17.642	0.5898	36.140	0.719	0.808	0.944	0.913	1.287
38	1.287	33.3	0.120	0.158	210.586	15.810	0.4684	27.932	0.788	0.884	0.944	0.920	1.118
27	1.118	20	0.072	0.116	172.682	12.964	0.2832	16.454	0.891	0.959	0.964	0.968	1.043

14/03/2019 05.00

β_0	Ho(m)	d (m)	d/Lo	d/L	L(m)	C(m/s)	sin β	β_0	cos β_0	cos β	Kr	Ks	H(m)
15	2.362	153	0.553	0.553	276.643	20.769	0.2587	14.992	0.966	0.966	1.000	0.994	2.348
12	2.348	139.7	0.505	0.506	276.223	20.737	0.2075	11.976	0.978	0.978	1.000	0.991	2.327
16	2.327	126.4	0.457	0.459	275.465	20.681	0.2743	15.922	0.961	0.962	1.000	0.986	2.294
23	2.294	113.1	0.409	0.413	274.122	20.580	0.3870	22.767	0.921	0.922	0.999	0.978	2.241
48	2.241	99.8	0.361	0.367	271.786	20.404	0.7297	46.865	0.669	0.684	0.989	0.967	2.144
69	2.144	86.5	0.313	0.323	267.827	20.107	0.9034	64.607	0.358	0.429	0.914	0.953	1.868
58	1.868	73.2	0.264	0.280	261.326	19.619	0.8007	53.197	0.530	0.599	0.941	0.937	1.646
45	1.646	59.9	0.216	0.239	250.985	18.843	0.6412	39.882	0.707	0.767	0.960	0.922	1.457
44	1.457	46.6	0.168	0.198	234.986	17.642	0.5898	36.140	0.719	0.808	0.944	0.913	1.255
38	1.255	33.3	0.120	0.158	210.586	15.810	0.4684	27.932	0.788	0.884	0.944	0.920	1.091
27	1.091	20	0.072	0.116	172.682	12.964	0.2832	16.454	0.891	0.959	0.964	0.968	1.018

14/03/2019 06.00

β_0	Ho(m)	d (m)	d/Lo	d/L	L(m)	C(m/s)	sin β	β_0	cos β_0	cos β	Kr	Ks	H(m)
15	2.344	153	0.553	0.553	276.643	20.769	0.2587	14.992	0.966	0.966	1.000	0.994	2.330
12	2.330	139.7	0.505	0.506	276.223	20.737	0.2075	11.976	0.978	0.978	1.000	0.991	2.309
16	2.309	126.4	0.457	0.459	275.465	20.681	0.2743	15.922	0.961	0.962	1.000	0.986	2.276
23	2.276	113.1	0.409	0.413	274.122	20.580	0.3870	22.767	0.921	0.922	0.999	0.978	2.224
48	2.224	99.8	0.361	0.367	271.786	20.404	0.7297	46.865	0.669	0.684	0.989	0.967	2.128
69	2.128	86.5	0.313	0.323	267.827	20.107	0.9034	64.607	0.358	0.429	0.914	0.953	1.854
58	1.854	73.2	0.264	0.280	261.326	19.619	0.8007	53.197	0.530	0.599	0.941	0.937	1.633
45	1.633	59.9	0.216	0.239	250.985	18.843	0.6412	39.882	0.707	0.767	0.960	0.922	1.446
44	1.446	46.6	0.168	0.198	234.986	17.642	0.5898	36.140	0.719	0.808	0.944	0.913	1.246
38	1.246	33.3	0.120	0.158	210.586	15.810	0.4684	27.932	0.788	0.884	0.944	0.920	1.082
27	1.082	20	0.072	0.116	172.682	12.964	0.2832	16.454	0.891	0.959	0.964	0.968	1.010

14/03/2019 07.00

β_0	Ho(m)	d (m)	d/Lo	d/L	L(m)	C(m/s)	sin β	β_0	cos β_0	cos β	Kr	Ks	H(m)
15	2.330	153	0.553	0.553	276.643	20.769	0.2587	14.992	0.966	0.966	1.000	0.994	2.316
12	2.316	139.7	0.505	0.506	276.223	20.737	0.2075	11.976	0.978	0.978	1.000	0.991	2.295
16	2.295	126.4	0.457	0.459	275.465	20.681	0.2743	15.922	0.961	0.962	1.000	0.986	2.262
23	2.262	113.1	0.409	0.413	274.122	20.580	0.3870	22.767	0.921	0.922	0.999	0.978	2.211
48	2.211	99.8	0.361	0.367	271.786	20.404	0.7297	46.865	0.669	0.684	0.989	0.967	2.115
69	2.115	86.5	0.313	0.323	267.827	20.107	0.9034	64.607	0.358	0.429	0.914	0.953	1.842
58	1.842	73.2	0.264	0.280	261.326	19.619	0.8007	53.197	0.530	0.599	0.941	0.937	1.624
45	1.624	59.9	0.216	0.239	250.985	18.843	0.6412	39.882	0.707	0.767	0.960	0.922	1.437
44	1.437	46.6	0.168	0.198	234.986	17.642	0.5898	36.140	0.719	0.808	0.944	0.913	1.238
38	1.238	33.3	0.120	0.158	210.586	15.810	0.4684	27.932	0.788	0.884	0.944	0.920	1.076
27	1.076	20	0.072	0.116	172.682	12.964	0.2832	16.454	0.891	0.959	0.964	0.968	1.004

14/03/2019 08.00

β_o	Ho(m)	d (m)	d/Lo	d/L	L(m)	C(m/s)	sin β	β_o	cos β_o	cos β	Kr	Ks	H(m)
15	2.310	153	0.553	0.553	276.643	20.769	0.2587	14.992	0.966	0.966	1.000	0.994	2.296
12	2.296	139.7	0.505	0.506	276.223	20.737	0.2075	11.976	0.978	0.978	1.000	0.991	2.275
16	2.275	126.4	0.457	0.459	275.465	20.681	0.2743	15.922	0.961	0.962	1.000	0.986	2.243
23	2.243	113.1	0.409	0.413	274.122	20.580	0.3870	22.767	0.921	0.922	0.999	0.978	2.192
48	2.192	99.8	0.361	0.367	271.786	20.404	0.7297	46.865	0.669	0.684	0.989	0.967	2.097
69	2.097	86.5	0.313	0.323	267.827	20.107	0.9034	64.607	0.358	0.429	0.914	0.953	1.827
58	1.827	73.2	0.264	0.280	261.326	19.619	0.8007	53.197	0.530	0.599	0.941	0.937	1.610
45	1.610	59.9	0.216	0.239	250.985	18.843	0.6412	39.882	0.707	0.767	0.960	0.922	1.425
44	1.425	46.6	0.168	0.198	234.986	17.642	0.5898	36.140	0.719	0.808	0.944	0.913	1.228
38	1.228	33.3	0.120	0.158	210.586	15.810	0.4684	27.932	0.788	0.884	0.944	0.920	1.067
27	1.067	20	0.072	0.116	172.682	12.964	0.2832	16.454	0.891	0.959	0.964	0.968	0.995

14/03/2019 09.00

β_o	Ho(m)	d (m)	d/Lo	d/L	L(m)	C(m/s)	sin β	β_o	cos β_o	cos β	Kr	Ks	H(m)
15	2.290	153	0.553	0.553	276.643	20.769	0.2587	14.992	0.966	0.966	1.000	0.994	2.276
12	2.276	139.7	0.505	0.506	276.223	20.737	0.2075	11.976	0.978	0.978	1.000	0.991	2.256
16	2.256	126.4	0.457	0.459	275.465	20.681	0.2743	15.922	0.961	0.962	1.000	0.986	2.224
23	2.224	113.1	0.409	0.413	274.122	20.580	0.3870	22.767	0.921	0.922	0.999	0.978	2.173
48	2.173	99.8	0.361	0.367	271.786	20.404	0.7297	46.865	0.669	0.684	0.989	0.967	2.079
69	2.079	86.5	0.313	0.323	267.827	20.107	0.9034	64.607	0.358	0.429	0.914	0.953	1.811
58	1.811	73.2	0.264	0.280	261.326	19.619	0.8007	53.197	0.530	0.599	0.941	0.937	1.596
45	1.596	59.9	0.216	0.239	250.985	18.843	0.6412	39.882	0.707	0.767	0.960	0.922	1.412
44	1.412	46.6	0.168	0.198	234.986	17.642	0.5898	36.140	0.719	0.808	0.944	0.913	1.217
38	1.217	33.3	0.120	0.158	210.586	15.810	0.4684	27.932	0.788	0.884	0.944	0.920	1.057
27	1.057	20	0.072	0.116	172.682	12.964	0.2832	16.454	0.891	0.959	0.964	0.968	0.987

14/03/2019 10.00

β_0	Ho(m)	d (m)	d/Lo	d/L	L(m)	C(m/s)	sin β	β_0	cos β_0	cos β	Kr	Ks	H(m)
15	2.337	153	0.553	0.553	276.643	20.769	0.2587	14.992	0.966	0.966	1.000	0.994	2.323
12	2.323	139.7	0.505	0.506	276.223	20.737	0.2075	11.976	0.978	0.978	1.000	0.991	2.302
16	2.302	126.4	0.457	0.459	275.465	20.681	0.2743	15.922	0.961	0.962	1.000	0.986	2.269
23	2.269	113.1	0.409	0.413	274.122	20.580	0.3870	22.767	0.921	0.922	0.999	0.978	2.217
48	2.217	99.8	0.361	0.367	271.786	20.404	0.7297	46.865	0.669	0.684	0.989	0.967	2.121
69	2.121	86.5	0.313	0.323	267.827	20.107	0.9034	64.607	0.358	0.429	0.914	0.953	1.848
58	1.848	73.2	0.264	0.280	261.326	19.619	0.8007	53.197	0.530	0.599	0.941	0.937	1.629
45	1.629	59.9	0.216	0.239	250.985	18.843	0.6412	39.882	0.707	0.767	0.960	0.922	1.441
44	1.441	46.6	0.168	0.198	234.986	17.642	0.5898	36.140	0.719	0.808	0.944	0.913	1.242
38	1.242	33.3	0.120	0.158	210.586	15.810	0.4684	27.932	0.788	0.884	0.944	0.920	1.079
27	1.079	20	0.072	0.116	172.682	12.964	0.2832	16.454	0.891	0.959	0.964	0.968	1.007

14/03/2019 11.00

β_0	Ho(m)	d (m)	d/Lo	d/L	L(m)	C(m/s)	sin β	β_0	cos β_0	cos β	Kr	Ks	H(m)
15	2.314	153	0.553	0.553	276.643	20.769	0.2587	14.992	0.966	0.966	1.000	0.994	2.300
12	2.300	139.7	0.505	0.506	276.223	20.737	0.2075	11.976	0.978	0.978	1.000	0.991	2.279
16	2.279	126.4	0.457	0.459	275.465	20.681	0.2743	15.922	0.961	0.962	1.000	0.986	2.247
23	2.247	113.1	0.409	0.413	274.122	20.580	0.3870	22.767	0.921	0.922	0.999	0.978	2.196
48	2.196	99.8	0.361	0.367	271.786	20.404	0.7297	46.865	0.669	0.684	0.989	0.967	2.100
69	2.100	86.5	0.313	0.323	267.827	20.107	0.9034	64.607	0.358	0.429	0.914	0.953	1.830
58	1.830	73.2	0.264	0.280	261.326	19.619	0.8007	53.197	0.530	0.599	0.941	0.937	1.613
45	1.613	59.9	0.216	0.239	250.985	18.843	0.6412	39.882	0.707	0.767	0.960	0.922	1.427
44	1.427	46.6	0.168	0.198	234.986	17.642	0.5898	36.140	0.719	0.808	0.944	0.913	1.230
38	1.230	33.3	0.120	0.158	210.586	15.810	0.4684	27.932	0.788	0.884	0.944	0.920	1.069
27	1.069	20	0.072	0.116	172.682	12.964	0.2832	16.454	0.891	0.959	0.964	0.968	0.997

14/03/2019 12.00

β_o	Ho(m)	d (m)	d/Lo	d/L	L(m)	C(m/s)	sin β	β_o	cos β_o	cos β	Kr	Ks	H(m)
15	2.292	153	0.553	0.553	276.643	20.769	0.2587	14.992	0.966	0.966	1.000	0.994	2.278
12	2.278	139.7	0.505	0.506	276.223	20.737	0.2075	11.976	0.978	0.978	1.000	0.991	2.258
16	2.258	126.4	0.457	0.459	275.465	20.681	0.2743	15.922	0.961	0.962	1.000	0.986	2.226
23	2.226	113.1	0.409	0.413	274.122	20.580	0.3870	22.767	0.921	0.922	0.999	0.978	2.175
48	2.175	99.8	0.361	0.367	271.786	20.404	0.7297	46.865	0.669	0.684	0.989	0.967	2.080
69	2.080	86.5	0.313	0.323	267.827	20.107	0.9034	64.607	0.358	0.429	0.914	0.953	1.812
58	1.812	73.2	0.264	0.280	261.326	19.619	0.8007	53.197	0.530	0.599	0.941	0.937	1.597
45	1.597	59.9	0.216	0.239	250.985	18.843	0.6412	39.882	0.707	0.767	0.960	0.922	1.414
44	1.414	46.6	0.168	0.198	234.986	17.642	0.5898	36.140	0.719	0.808	0.944	0.913	1.218
38	1.218	33.3	0.120	0.158	210.586	15.810	0.4684	27.932	0.788	0.884	0.944	0.920	1.058
27	1.058	20	0.072	0.116	172.682	12.964	0.2832	16.454	0.891	0.959	0.964	0.968	0.987

14/03/2019 13.00

a o	Ho(m)	d (m)	d/Lo	d/L	L(m)	C(m/s)	sin a	a	cos a o	cos a	Kr	Ks	H(m)
15	2.273	153	0.553	0.553	276.643	20.769	0.2587	14.992	0.966	0.966	1.000	0.994	2.259
12	2.259	139.7	0.505	0.506	276.223	20.737	0.2075	11.976	0.978	0.978	1.000	0.991	2.239
16	2.239	126.4	0.457	0.459	275.465	20.681	0.2743	15.922	0.961	0.962	1.000	0.986	2.207
23	2.207	113.1	0.409	0.413	274.122	20.580	0.3870	22.767	0.921	0.922	0.999	0.978	2.157
48	2.157	99.8	0.361	0.367	271.786	20.404	0.7297	46.865	0.669	0.684	0.989	0.967	2.063
69	2.063	86.5	0.313	0.323	267.827	20.107	0.9034	64.607	0.358	0.429	0.914	0.953	1.797
58	1.797	73.2	0.264	0.280	261.326	19.619	0.8007	53.197	0.530	0.599	0.941	0.937	1.584
45	1.584	59.9	0.216	0.239	250.985	18.843	0.6412	39.882	0.707	0.767	0.960	0.922	1.402
44	1.402	46.6	0.168	0.198	234.986	17.642	0.5898	36.140	0.719	0.808	0.944	0.913	1.208
38	1.208	33.3	0.120	0.158	210.586	15.810	0.4684	27.932	0.788	0.884	0.944	0.920	1.050
27	1.050	20	0.072	0.116	172.682	12.964	0.2832	16.454	0.891	0.959	0.964	0.968	0.979

14/03/2019 14.00

β_0	Ho(m)	d (m)	d/Lo	d/L	L(m)	C(m/s)	sin β	β_0	cos β_0	cos β	Kr	Ks	H(m)
15	2.254	153	0.553	0.553	276.643	20.769	0.2587	14.992	0.966	0.966	1.000	0.994	2.240
12	2.240	139.7	0.505	0.506	276.223	20.737	0.2075	11.976	0.978	0.978	1.000	0.991	2.220
16	2.220	126.4	0.457	0.459	275.465	20.681	0.2743	15.922	0.961	0.962	1.000	0.986	2.189
23	2.189	113.1	0.409	0.413	274.122	20.580	0.3870	22.767	0.921	0.922	0.999	0.978	2.139
48	2.139	99.8	0.361	0.367	271.786	20.404	0.7297	46.865	0.669	0.684	0.989	0.967	2.046
69	2.046	86.5	0.313	0.323	267.827	20.107	0.9034	64.607	0.358	0.429	0.914	0.953	1.782
58	1.782	73.2	0.264	0.280	261.326	19.619	0.8007	53.197	0.530	0.599	0.941	0.937	1.571
45	1.571	59.9	0.216	0.239	250.985	18.843	0.6412	39.882	0.707	0.767	0.960	0.922	1.390
44	1.390	46.6	0.168	0.198	234.986	17.642	0.5898	36.140	0.719	0.808	0.944	0.913	1.198
38	1.198	33.3	0.120	0.158	210.586	15.810	0.4684	27.932	0.788	0.884	0.944	0.920	1.041
27	1.041	20	0.072	0.116	172.682	12.964	0.2832	16.454	0.891	0.959	0.964	0.968	0.971

14/03/2019 15.00

β_0	Ho(m)	d (m)	d/Lo	d/L	L(m)	C(m/s)	sin β	β_0	cos β_0	cos β	Kr	Ks	H(m)
15	2.236	153	0.553	0.553	276.643	20.769	0.2587	14.992	0.966	0.966	1.000	0.994	2.223
12	2.223	139.7	0.505	0.506	276.223	20.737	0.2075	11.976	0.978	0.978	1.000	0.991	2.202
16	2.202	126.4	0.457	0.459	275.465	20.681	0.2743	15.922	0.961	0.962	1.000	0.986	2.171
23	2.171	113.1	0.409	0.413	274.122	20.580	0.3870	22.767	0.921	0.922	0.999	0.978	2.122
48	2.122	99.8	0.361	0.367	271.786	20.404	0.7297	46.865	0.669	0.684	0.989	0.967	2.030
69	2.030	86.5	0.313	0.323	267.827	20.107	0.9034	64.607	0.358	0.429	0.914	0.953	1.768
58	1.768	73.2	0.264	0.280	261.326	19.619	0.8007	53.197	0.530	0.599	0.941	0.937	1.558
45	1.558	59.9	0.216	0.239	250.985	18.843	0.6412	39.882	0.707	0.767	0.960	0.922	1.379
44	1.379	46.6	0.168	0.198	234.986	17.642	0.5898	36.140	0.719	0.808	0.944	0.913	1.188
38	1.188	33.3	0.120	0.158	210.586	15.810	0.4684	27.932	0.788	0.884	0.944	0.920	1.033
27	1.033	20	0.072	0.116	172.682	12.964	0.2832	16.454	0.891	0.959	0.964	0.968	0.963

14/03/2019 16.00

β_0	Ho(m)	d (m)	d/Lo	d/L	L(m)	C(m/s)	sin β	β_0	cos β_0	cos β	Kr	Ks	H(m)
15	2.221	153	0.553	0.553	276.643	20.769	0.2587	14.992	0.966	0.966	1.000	0.994	2.208
12	2.208	139.7	0.505	0.506	276.223	20.737	0.2075	11.976	0.978	0.978	1.000	0.991	2.188
16	2.188	126.4	0.457	0.459	275.465	20.681	0.2743	15.922	0.961	0.962	1.000	0.986	2.157
23	2.157	113.1	0.409	0.413	274.122	20.580	0.3870	22.767	0.921	0.922	0.999	0.978	2.107
48	2.107	99.8	0.361	0.367	271.786	20.404	0.7297	46.865	0.669	0.684	0.989	0.967	2.016
69	2.016	86.5	0.313	0.323	267.827	20.107	0.9034	64.607	0.358	0.429	0.914	0.953	1.756
58	1.756	73.2	0.264	0.280	261.326	19.619	0.8007	53.197	0.530	0.599	0.941	0.937	1.548
45	1.548	59.9	0.216	0.239	250.985	18.843	0.6412	39.882	0.707	0.767	0.960	0.922	1.370
44	1.370	46.6	0.168	0.198	234.986	17.642	0.5898	36.140	0.719	0.808	0.944	0.913	1.180
38	1.180	33.3	0.120	0.158	210.586	15.810	0.4684	27.932	0.788	0.884	0.944	0.920	1.026
27	1.026	20	0.072	0.116	172.682	12.964	0.2832	16.454	0.891	0.959	0.964	0.968	0.957

14/03/2019 17.00

β_0	Ho(m)	d (m)	d/Lo	d/L	L(m)	C(m/s)	sin β	β_0	cos β_0	cos β	Kr	Ks	H(m)
15	2.210	153	0.553	0.553	276.643	20.769	0.2587	14.992	0.966	0.966	1.000	0.994	2.197
12	2.197	139.7	0.505	0.506	276.223	20.737	0.2075	11.976	0.978	0.978	1.000	0.991	2.177
16	2.177	126.4	0.457	0.459	275.465	20.681	0.2743	15.922	0.961	0.962	1.000	0.986	2.146
23	2.146	113.1	0.409	0.413	274.122	20.580	0.3870	22.767	0.921	0.922	0.999	0.978	2.097
48	2.097	99.8	0.361	0.367	271.786	20.404	0.7297	46.865	0.669	0.684	0.989	0.967	2.006
69	2.006	86.5	0.313	0.323	267.827	20.107	0.9034	64.607	0.358	0.429	0.914	0.953	1.748
58	1.748	73.2	0.264	0.280	261.326	19.619	0.8007	53.197	0.530	0.599	0.941	0.937	1.540
45	1.540	59.9	0.216	0.239	250.985	18.843	0.6412	39.882	0.707	0.767	0.960	0.922	1.363
44	1.363	46.6	0.168	0.198	234.986	17.642	0.5898	36.140	0.719	0.808	0.944	0.913	1.175
38	1.175	33.3	0.120	0.158	210.586	15.810	0.4684	27.932	0.788	0.884	0.944	0.920	1.021
27	1.021	20	0.072	0.116	172.682	12.964	0.2832	16.454	0.891	0.959	0.964	0.968	0.952

14/03/2019 18.00

β_0	Ho(m)	d (m)	d/Lo	d/L	L(m)	C(m/s)	sin β	β_0	cos β_0	cos β	Kr	Ks	H(m)
15	2.201	153	0.553	0.553	276.643	20.769	0.2587	14.992	0.966	0.966	1.000	0.994	2.188
12	2.188	139.7	0.505	0.506	276.223	20.737	0.2075	11.976	0.978	0.978	1.000	0.991	2.168
16	2.168	126.4	0.457	0.459	275.465	20.681	0.2743	15.922	0.961	0.962	1.000	0.986	2.137
23	2.137	113.1	0.409	0.413	274.122	20.580	0.3870	22.767	0.921	0.922	0.999	0.978	2.088
48	2.088	99.8	0.361	0.367	271.786	20.404	0.7297	46.865	0.669	0.684	0.989	0.967	1.998
69	1.998	86.5	0.313	0.323	267.827	20.107	0.9034	64.607	0.358	0.429	0.914	0.953	1.740
58	1.740	73.2	0.264	0.280	261.326	19.619	0.8007	53.197	0.530	0.599	0.941	0.937	1.534
45	1.534	59.9	0.216	0.239	250.985	18.843	0.6412	39.882	0.707	0.767	0.960	0.922	1.358
44	1.358	46.6	0.168	0.198	234.986	17.642	0.5898	36.140	0.719	0.808	0.944	0.913	1.170
38	1.170	33.3	0.120	0.158	210.586	15.810	0.4684	27.932	0.788	0.884	0.944	0.920	1.016
27	1.016	20	0.072	0.116	172.682	12.964	0.2832	16.454	0.891	0.959	0.964	0.968	0.948

14/03/2019 19.00

β_0	Ho(m)	d (m)	d/Lo	d/L	L(m)	C(m/s)	sin β	β_0	cos β_0	cos β	Kr	Ks	H(m)
15	2.193	153	0.553	0.553	276.643	20.769	0.2587	14.992	0.966	0.966	1.000	0.994	2.180
12	2.180	139.7	0.505	0.506	276.223	20.737	0.2075	11.976	0.978	0.978	1.000	0.991	2.160
16	2.160	126.4	0.457	0.459	275.465	20.681	0.2743	15.922	0.961	0.962	1.000	0.986	2.129
23	2.129	113.1	0.409	0.413	274.122	20.580	0.3870	22.767	0.921	0.922	0.999	0.978	2.081
48	2.081	99.8	0.361	0.367	271.786	20.404	0.7297	46.865	0.669	0.684	0.989	0.967	1.991
69	1.991	86.5	0.313	0.323	267.827	20.107	0.9034	64.607	0.358	0.429	0.914	0.953	1.734
58	1.734	73.2	0.264	0.280	261.326	19.619	0.8007	53.197	0.530	0.599	0.941	0.937	1.528
45	1.528	59.9	0.216	0.239	250.985	18.843	0.6412	39.882	0.707	0.767	0.960	0.922	1.353
44	1.353	46.6	0.168	0.198	234.986	17.642	0.5898	36.140	0.719	0.808	0.944	0.913	1.165
38	1.165	33.3	0.120	0.158	210.586	15.810	0.4684	27.932	0.788	0.884	0.944	0.920	1.013
27	1.013	20	0.072	0.116	172.682	12.964	0.2832	16.454	0.891	0.959	0.964	0.968	0.945

14/03/2019 20.00

β_0	Ho(m)	d (m)	d/Lo	d/L	L(m)	C(m/s)	sin β	β_0	cos β_0	cos β	Kr	Ks	H(m)
15	2.188	153	0.553	0.553	276.643	20.769	0.2587	14.992	0.966	0.966	1.000	0.994	2.175
12	2.175	139.7	0.505	0.506	276.223	20.737	0.2075	11.976	0.978	0.978	1.000	0.991	2.155
16	2.155	126.4	0.457	0.459	275.465	20.681	0.2743	15.922	0.961	0.962	1.000	0.986	2.125
23	2.125	113.1	0.409	0.413	274.122	20.580	0.3870	22.767	0.921	0.922	0.999	0.978	2.076
48	2.076	99.8	0.361	0.367	271.786	20.404	0.7297	46.865	0.669	0.684	0.989	0.967	1.986
69	1.986	86.5	0.313	0.323	267.827	20.107	0.9034	64.607	0.358	0.429	0.914	0.953	1.730
58	1.730	73.2	0.264	0.280	261.326	19.619	0.8007	53.197	0.530	0.599	0.941	0.937	1.525
45	1.525	59.9	0.216	0.239	250.985	18.843	0.6412	39.882	0.707	0.767	0.960	0.922	1.349
44	1.349	46.6	0.168	0.198	234.986	17.642	0.5898	36.140	0.719	0.808	0.944	0.913	1.163
38	1.163	33.3	0.120	0.158	210.586	15.810	0.4684	27.932	0.788	0.884	0.944	0.920	1.010
27	1.010	20	0.072	0.116	172.682	12.964	0.2832	16.454	0.891	0.959	0.964	0.968	0.943

14/03/2019 21.00

β_0	Ho(m)	d (m)	d/Lo	d/L	L(m)	C(m/s)	sin β	β_0	cos β_0	cos β	Kr	Ks	H(m)
15	2.181	153	0.553	0.553	276.643	20.769	0.2587	14.992	0.966	0.966	1.000	0.994	2.168
12	2.168	139.7	0.505	0.506	276.223	20.737	0.2075	11.976	0.978	0.978	1.000	0.991	2.148
16	2.148	126.4	0.457	0.459	275.465	20.681	0.2743	15.922	0.961	0.962	1.000	0.986	2.118
23	2.118	113.1	0.409	0.413	274.122	20.580	0.3870	22.767	0.921	0.922	0.999	0.978	2.069
48	2.069	99.8	0.361	0.367	271.786	20.404	0.7297	46.865	0.669	0.684	0.989	0.967	1.980
69	1.980	86.5	0.313	0.323	267.827	20.107	0.9034	64.607	0.358	0.429	0.914	0.953	1.725
58	1.725	73.2	0.264	0.280	261.326	19.619	0.8007	53.197	0.530	0.599	0.941	0.937	1.520
45	1.520	59.9	0.216	0.239	250.985	18.843	0.6412	39.882	0.707	0.767	0.960	0.922	1.345
44	1.345	46.6	0.168	0.198	234.986	17.642	0.5898	36.140	0.719	0.808	0.944	0.913	1.159
38	1.159	33.3	0.120	0.158	210.586	15.810	0.4684	27.932	0.788	0.884	0.944	0.920	1.007
27	1.007	20	0.072	0.116	172.682	12.964	0.2832	16.454	0.891	0.959	0.964	0.968	0.940

14/03/2019 22.00

β_o	Ho(m)	d (m)	d/Lo	d/L	L(m)	C(m/s)	sin β	β_o	cos β_o	cos β	Kr	Ks	H(m)
15	2.174	153	0.553	0.553	276.643	20.769	0.2587	14.992	0.966	0.966	1.000	0.994	2.161
12	2.161	139.7	0.505	0.506	276.223	20.737	0.2075	11.976	0.978	0.978	1.000	0.991	2.141
16	2.141	126.4	0.457	0.459	275.465	20.681	0.2743	15.922	0.961	0.962	1.000	0.986	2.111
23	2.111	113.1	0.409	0.413	274.122	20.580	0.3870	22.767	0.921	0.922	0.999	0.978	2.063
48	2.063	99.8	0.361	0.367	271.786	20.404	0.7297	46.865	0.669	0.684	0.989	0.967	1.973
69	1.973	86.5	0.313	0.323	267.827	20.107	0.9034	64.607	0.358	0.429	0.914	0.953	1.719
58	1.719	73.2	0.264	0.280	261.326	19.619	0.8007	53.197	0.530	0.599	0.941	0.937	1.515
45	1.515	59.9	0.216	0.239	250.985	18.843	0.6412	39.882	0.707	0.767	0.960	0.922	1.341
44	1.341	46.6	0.168	0.198	234.986	17.642	0.5898	36.140	0.719	0.808	0.944	0.913	1.155
38	1.155	33.3	0.120	0.158	210.586	15.810	0.4684	27.932	0.788	0.884	0.944	0.920	1.004
27	1.004	20	0.072	0.116	172.682	12.964	0.2832	16.454	0.891	0.959	0.964	0.968	0.937

14/03/2019 23.00

β_o	Ho(m)	d (m)	d/Lo	d/L	L(m)	C(m/s)	sin β	β_o	cos β_o	cos β	Kr	Ks	H(m)
15	2.164	153	0.553	0.553	276.643	20.769	0.2587	14.992	0.966	0.966	1.000	0.994	2.151
12	2.151	139.7	0.505	0.506	276.223	20.737	0.2075	11.976	0.978	0.978	1.000	0.991	2.132
16	2.132	126.4	0.457	0.459	275.465	20.681	0.2743	15.922	0.961	0.962	1.000	0.986	2.101
23	2.101	113.1	0.409	0.413	274.122	20.580	0.3870	22.767	0.921	0.922	0.999	0.978	2.053
48	2.053	99.8	0.361	0.367	271.786	20.404	0.7297	46.865	0.669	0.684	0.989	0.967	1.964
69	1.964	86.5	0.313	0.323	267.827	20.107	0.9034	64.607	0.358	0.429	0.914	0.953	1.711
58	1.711	73.2	0.264	0.280	261.326	19.619	0.8007	53.197	0.530	0.599	0.941	0.937	1.508
45	1.508	59.9	0.216	0.239	250.985	18.843	0.6412	39.882	0.707	0.767	0.960	0.922	1.335
44	1.335	46.6	0.168	0.198	234.986	17.642	0.5898	36.140	0.719	0.808	0.944	0.913	1.150
38	1.150	33.3	0.120	0.158	210.586	15.810	0.4684	27.932	0.788	0.884	0.944	0.920	0.999
27	0.999	20	0.072	0.116	172.682	12.964	0.2832	16.454	0.891	0.959	0.964	0.968	0.932

LAMPIRAN 6

Potongan *file* ekstensi .amu (atas), .amv (tengah), dan amp (bawah) sebagai masukan komponen angin dan tekanan

```
1 FileVersion = 1.03
2 filetype = meteo_on_equidistant_grid
3 NODATA_value = -999
4 n_cols = 19
5 n_rows = 9
6 grid_unit = degree
7 x_llcorner = 110.35
8 y_llcorner = -9.6
9 dx = 0.25
10 dy = 0.25
11 n_quantity = 1
12 quantity1 = x_wind
13 unit1 = m s-1
14 TIME = 0 minutes since 2019-01-01 00:00:00 +00:00
15 -0.9303405 0.62150264 -0.017901659 0.58195186 0.9728221 1.1132019 0.8353698 0.8111999 1.0585144 1.5077331 1.2855651 2.1659362 2.55
16 -3.233319 1.4298522 0.7755554 0.90592647 1.2787292 0.8016784 0.4847839 0.10538936 0.32731318 0.50675654 0.0690124 -0.21028447 0.0
17 -6.3585634 4.167157 3.8800476 3.9340026 3.156903 2.6053894 1.108319 0.6495788 0.81437373 0.96183467 -0.0572083 -0.48372197 -0.801
18 -7.7357607 7.6359077 7.7142763 7.6952333 6.7618837 5.769208 3.969403 3.5414245 3.752362 3.5687683 2.5304382 0.5504577 0.097332716
19 6.774579 8.874677 8.840741 8.802655 8.649579 7.9086123 7.4054384 7.0724306 7.275556 7.066036 6.454753 4.3610244 2.3502624 1.771
20 9.343427 9.3986025 9.324628 9.31828 9.174237 8.942304 8.714765 8.611493 8.833661 9.019452 8.482099 7.979657 5.999921 4.6100283
21 9.506757 9.548749 9.601483 9.626874 9.510663 9.256024 9.108075 9.041181 9.055097 9.241132 9.153729 8.758222 8.547772 7.177411 6.
22 9.314618 9.39372 9.464765 9.586347 9.510175 9.47453 9.341229 9.168866 9.128095 9.016278 8.92912 8.86247 8.70036 8.590009 7.80973
23 9.100995 9.181777 9.260663 9.361249 9.442792 9.485028 9.45329 9.310468 9.044599 8.863446 8.653974 8.571942 8.509198 8.424726 8.2
24 TIME = 60 minutes since 2019-01-01 00:00:00 +00:00
25 -1.3378406 0.99042845 0.23456907 0.7804675 0.97846556 1.099071 0.91840696 1.1652331 1.6020007 1.963573 1.4843249 2.3187976 3.0078
26 -1.3759753 2.216991 1.3969226 1.3214831 1.4918933 1.215282 0.9923816 0.69892454 1.1657214 0.94965696 0.17988157 -0.12480593 0.558
27 -6.546581 4.7597156 4.586864 4.4523425 3.8446765 3.53828 2.4154773 2.0351062 1.8380847 1.590282 0.30878782 -0.19414186 -0.5898938
28 -7.7509265 8.000195 8.172558 8.2882805 7.569774 6.7963367 5.4540515 4.7770495 4.458202 4.127147 2.9223132 0.8957019 0.31660032 -0.
29 6.698915 9.158886 9.413769 9.561962 9.389111 8.772411 8.268749 7.653026 7.3781238 6.9918933 6.5265613 4.4696765 2.4733386 1.7561
30 9.315868 9.675732 9.916454 9.986767 9.825878 9.5563 9.235546 8.982861 8.778271 8.691357 8.278271 7.8012195 5.8705554 4.5670866
31 9.573925 9.895702 10.122509 10.178661 10.00581 9.727978 9.500683 9.297802 9.215282 9.16206 8.957958 8.5583 8.259472 6.9782214 6.
```

```
1 FileVersion = 1.03
2 filetype = meteo_on_equidistant_grid
3 NODATA_value = -999
4 n_cols = 19
5 n_rows = 9
6 grid_unit = degree
7 x_llcorner = 110.35
8 y_llcorner = -9.6
9 dx = 0.25
10 dy = 0.25
11 n_quantity = 1
12 quantity1 = y_wind
13 unit1 = m s-1
14 TIME = 0 minutes since 2019-01-01 00:00:00 +00:00
15 -0.48210812 0.6668005 1.2566442 1.0453405 0.7690954 0.29204464 -0.116402626 -0.07380009 0.16521358 -0.1712122 -0.670846 -1.058785
16 -0.3240442 -0.18439579 0.48577023 0.6965388 0.45525265 0.6766882 0.251029 0.039603233 0.29082394 0.5586462 0.2046423 -0.6365444
17 -0.2722862 -0.2896204 -1.1248255 -0.94367313 -0.54889774 -0.15216923 0.17949581 -0.03913212 -0.056832314 0.2629919 0.3955505 -0.
18 -1.0524206 -0.061959267 -1.1659632 -1.8696985 -1.5740442 -1.4550257 -0.9779749 -0.9779749 -1.0619593 -0.61383915 -0.46259403 -0.8
19 -1.5367956 0.38042355 -0.56208134 -1.3665247 -2.0105677 -2.1195765 -2.3581018 -2.3506556 -2.32027483 -1.85151 -1.4378138 -1.75483
20 -1.200736 0.68352413 -0.14594364 -0.86103153 -1.5895472 -2.2226038 -2.6749964 -3.1071253 -3.0706263 -2.9632044 -2.5635462 -2.4375
21 -0.698905 0.27788448 -0.015572548 -0.6304407 -1.1615686 -1.8212366 -2.5131311 -3.0680628 -3.5280237 -3.4827356 -3.4883509 -3.3711
22 -0.18207645 -0.26508427 -0.47638798 -0.76557255 -1.1802454 -1.6759729 -2.358468 -3.007882 -3.547799 -3.9527063 -4.0153284 -4.081
23 -0.63105106 -0.7196741 -1.1652308 -1.4408655 -1.7721643 -2.2011194 -2.6098108 -3.21235 -3.7222376 -4.1682825 -4.4508753 -4.53091
24 TIME = 60 minutes since 2019-01-01 00:00:00 +00:00
25 -0.4703741 0.58487606 1.0875616 0.7367315 0.33829403 0.0382452 -0.26058292 -0.21785831 -0.13436222 -0.66268253 -1.1099482 -1.3677
26 -0.2796259 -0.07283878 0.5077276 0.55948544 0.17410946 0.24893856 -0.088707924 -0.13167667 -0.025597572 0.1656866 -0.1570673 -0.
27 -0.32015324 -0.22469425 -1.0584345 -1.0008173 -0.7930536 -0.573205 -0.27706242 -0.32430363 -0.16905363 0.12650204 0.5531378 -0.0
28 -0.73465633 -0.15731144 -1.2299433 -1.9411249 -1.8402948 -1.7604609 -1.3156366 -1.2586298 -1.1814814 -0.71199894 -0.16951847 -0.1
29 -1.0593634 0.10144615 -0.689538 -1.4607782 -2.0725946 -2.1747675 -2.40841 -2.3445673 -2.3620234 -1.9406366 -1.5706451 -1.5866622
30 -0.8108282 0.3843247 -0.30562687 -0.9334345 -1.5938349 -2.2107782 -2.6543818 -3.0249872 -3.040246 -3.0303583 -2.719201 -2.66915
31 -0.37039852 0.00260067 -0.2718134 -0.8079462 -1.3361444 -1.9806757 -2.5968866 -3.078576 -3.453576 -3.4801874 -3.5515985 -3.523886
```

```
1 FileVersion = 1.03
2 filetype = meteo_on_equidistant_grid
3 NODATA_value = -999
4 n_cols = 19
5 n_rows = 9
6 grid_unit = degree
7 x_llcorner = 110.35
8 y_llcorner = -9.6
9 dx = 0.25
10 dy = 0.25
11 n_quantity = 1
12 quantity1 = air_pressure
13 unit1 = Pa
14 TIME = 0 minutes since 2019-01-01 00:00:00 +00:00
15 101262.64 101215.445 101217.48 101191.28 101168.63 101158.984 101126.63 101116.04 101186.13 101180.836 101089.625 101070.43 1010
16 101188.84 101211.484 101226.43 101242.734 101219.79 101187.734 101152.99 101141.195 101217.57 101312.555 101210.43 101170.82 101
17 101155.59 101183.836 101193.9 101209.55 101198.19 101165.15 101139.93 101128.086 101159.72 101256.195 101261.9 101232.26 101208.
18 101134.29 101134.74 101137.49 101131.89 101123.695 101112.89 101091.9 101081.04 101104.836 101109.945 101113.945 101107.38 10108
19 101110.19 101108.836 101100.086 101090.94 101080.79 101070.44 101061.984 101055.44 101049.94 101045.586 101044.94 101041.54 1010
20 101098.79 101088.89 101078.84 101067.79 101056.74 101050.734 101043.94 101038.336 101031.29 101025.586 101024.04 101028.086 1010
21 101079.79 101068.59 101058.04 101046.84 101038.19 101032.836 101028.234 101023.29 101019.734 101014.89 101013.086 101016.54 1010
22 101060.79 101049.234 101038.79 101027.836 101019.586 101014.04 101009.74 101007.086 101003.99 101002.336 101001.14 101004.44 101
23 101040.336 101029.14 101018.336 101007.34 100998.734 100992.84 100989.19 100986.94 100986.74 100985.336 100986.24 100990.19 1005
24 TIME = 60 minutes since 2019-01-01 00:00:00 +00:00
25 101360.89 101309.95 101306.625 101273.44 101250.836 101243.44 101216.836 101207.586 101274.734 101264.03 101168.53 101142.28 101
26 101278.945 101290.484 101299.43 101314.234 101292.19 101261.63 101232.695 101227.74 101301.375 101386.555 101280.234 101236.98
27 101234.79 101252.44 101257.4 101272.15 101261.984 101229.8 101208.38 101203.69 101238.17 101325.5 101325.4 101292.35 101262.2 1011
28 101202.74 101198.04 101195.79 101188.54 101181.84 101173.44 101156.24 101148.84 101175.39 101182.35 101182.05 101174.03 101143.1
29 101171.24 101165.59 101155.484 101144.54 101135.64 101127.89 101120.29 101116.44 101113.79 101112.24 101115.984 101111.44 10111
30 101152.19 101143.29 101133.09 101121.39 101111.49 101105.086 101098.49 101093.836 101089.19 101087.64 101091.04 101098.586 10111
31 101134.484 101125.04 101114.64 101103.09 101092.586 101085.99 101080.39 101076.336 101074.24 101073.49 101076.19 101083.19 1010
```

LAMPIRAN 7

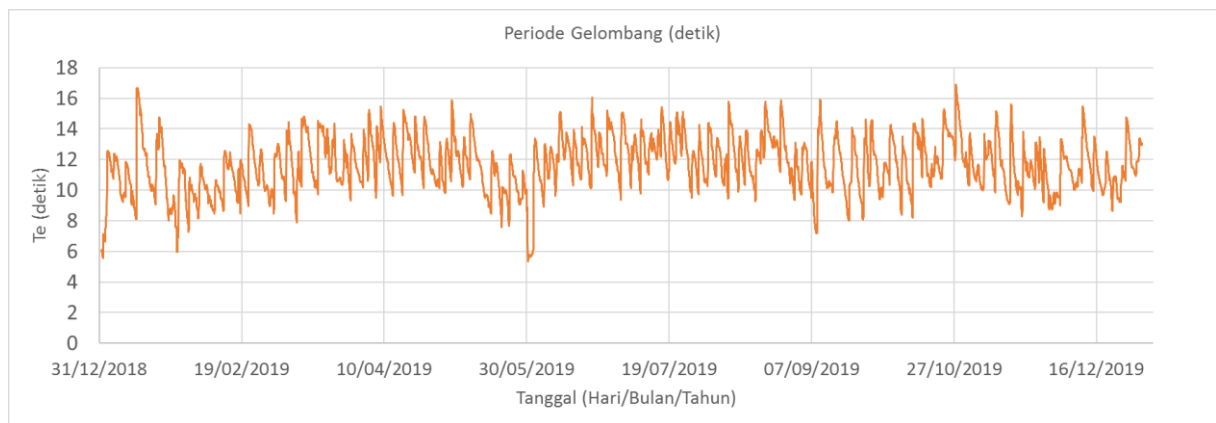
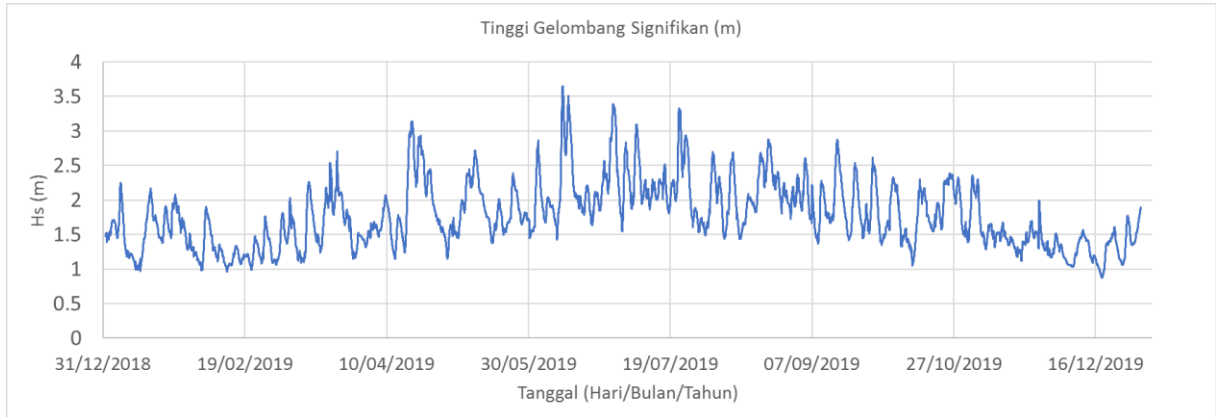
Potongan *file* wavecon.runid sebagai masukan kondisi batas *grid* luar

```
1 * I t d a t e H s T p D i r ( * ) m s w l w i n d s p e e d w i n d d i r . ( * )
2 B L 0 1
3 3 8 5 8 * * n u m b e r o f r o w s n u m b e r o f c o l u m n s
4 0 1.265375 10.854375 201.05 4 0 0 0
5 60 1.270875 10.894 201.0875 4 0 0 0
6 120 1.277 10.955875 201.15 4 0 0 0
7 180 1.283375 11.044375 201.225 4 0 0 0
8 240 1.289 11.15125 201.325 4 0 0 0
9 300 1.29325 11.259 201.5125 4 0 0 0
10 360 1.29775 11.362 201.6875 4 0 0 0
11 420 1.301625 11.472875 201.9 4 0 0 0
12 480 1.30475 11.585625 202.125 4 0 0 0
13 540 1.3075 11.687625 202.3375 4 0 0 0
14 600 1.301 11.73075 202.525 4 0 0 0
15 660 1.30075 11.8015 202.725 4 0 0 0
16 720 1.300375 11.86775 202.8875 4 0 0 0
17 780 1.2995 11.901 203.05 4 0 0 0
18 840 1.29825 11.908875 203.175 4 0 0 0
19 900 1.296375 11.905 203.325 4 0 0 0
20 960 1.29375 11.89125 203.475 4 0 0 0
21 1020 1.290625 11.868375 203.6375 4 0 0 0
22 1080 1.28625 11.837375 203.75 4 0 0 0
23 1140 1.281875 11.797875 203.8125 4 0 0 0
24 1200 1.277125 11.744625 203.8875 4 0 0 0
25 1260 1.2725 11.678375 203.925 4 0 0 0
26 1320 1.26575 11.603125 203.85 4 0 0 0
27 1380 1.2625 11.533625 203.8625 4 0 0 0
28 1440 1.259125 11.45825 203.8375 4 0 0 0
29 1500 1.256 11.39125 203.8 4 0 0 0
30 1560 1.253 11.3335 203.775 4 0 0 0
31 1620 1.249625 11.28275 203.775 4 0 0 0
32 1680 1.2465 11.2365 203.775 4 0 0 0
```

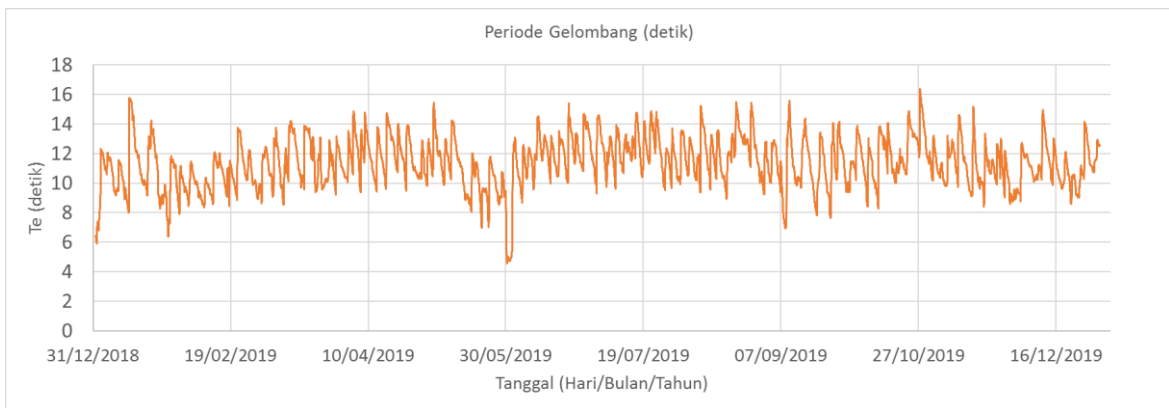
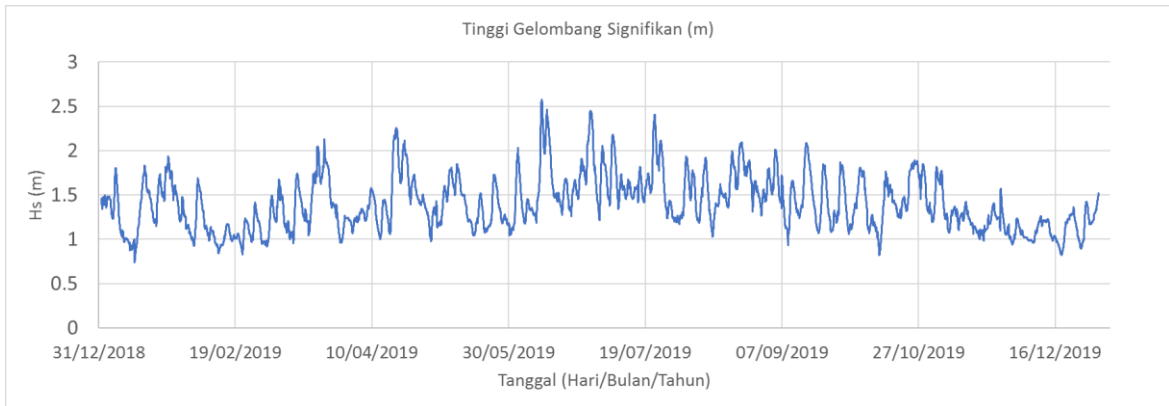
LAMPIRAN 8

Grafik Hs dan Te di kesepuluh lokasi

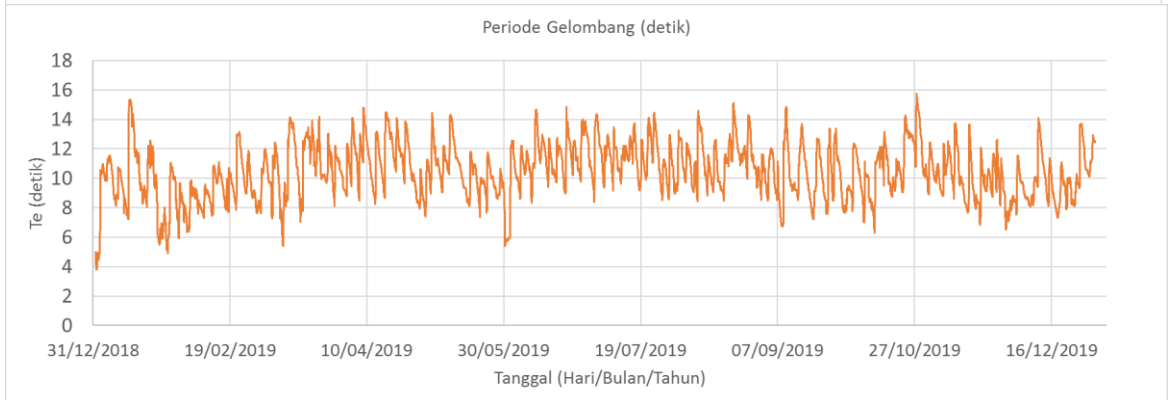
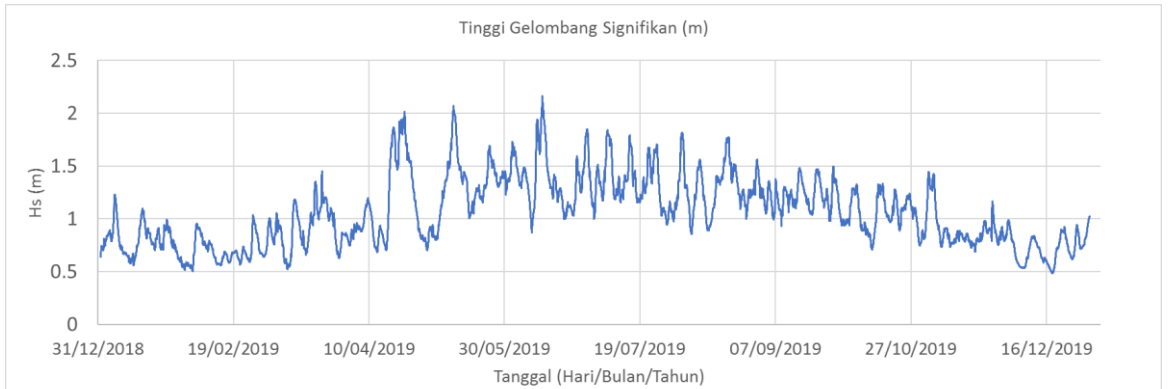
Hs dan Te Lokasi 1



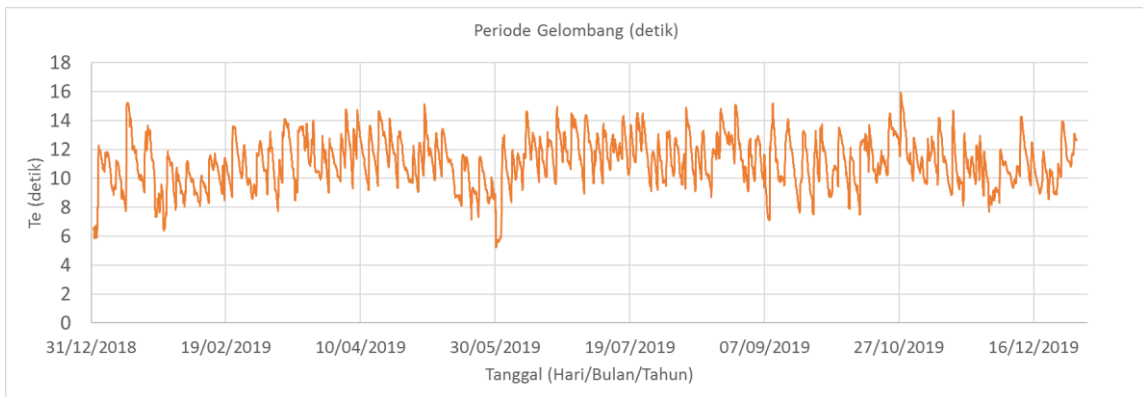
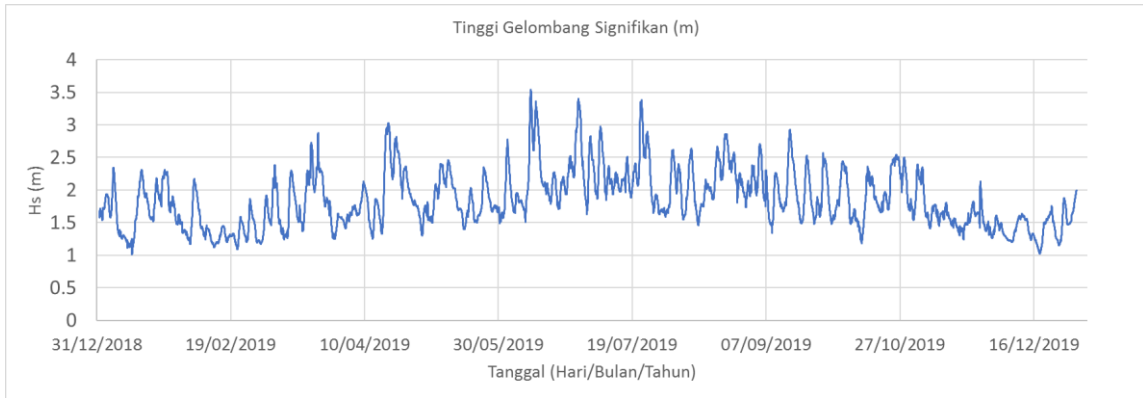
Hs dan Te Lokasi 2



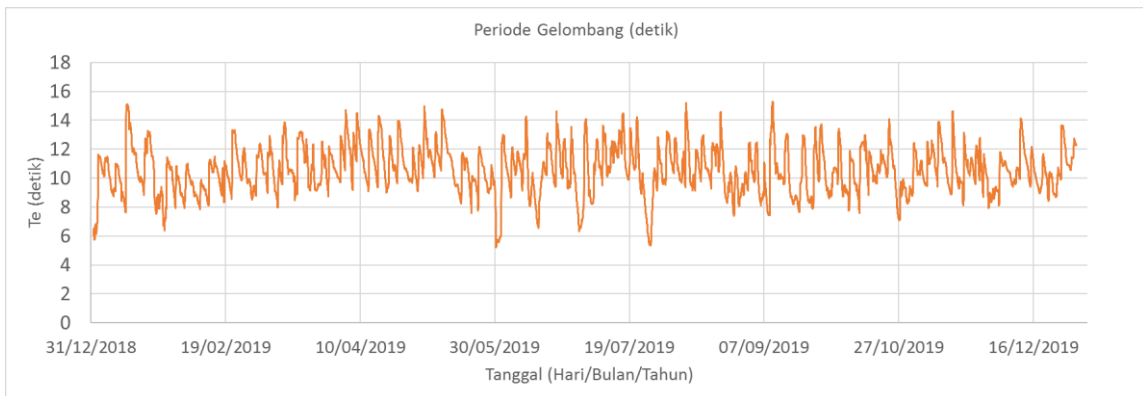
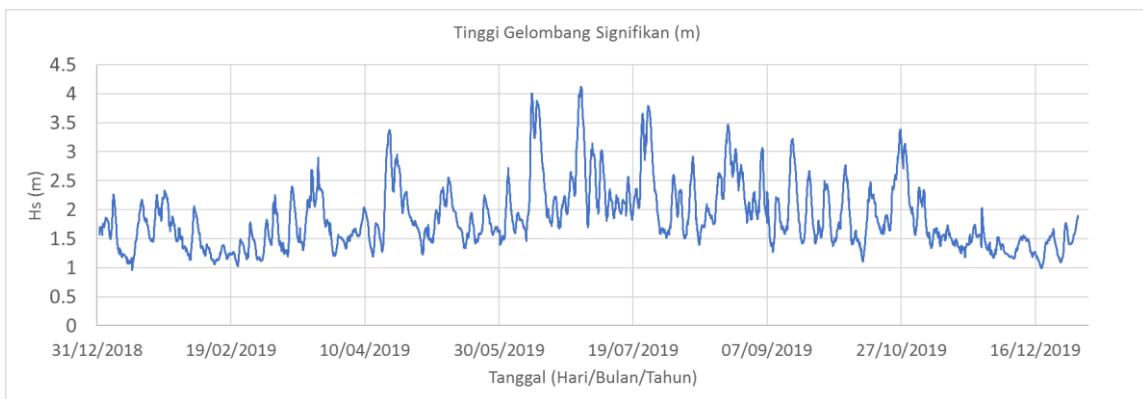
Hs dan Te Lokasi 3



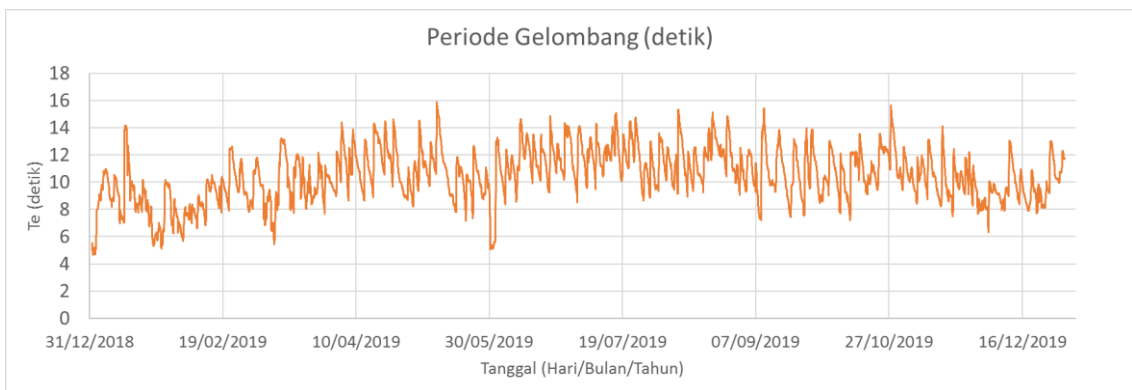
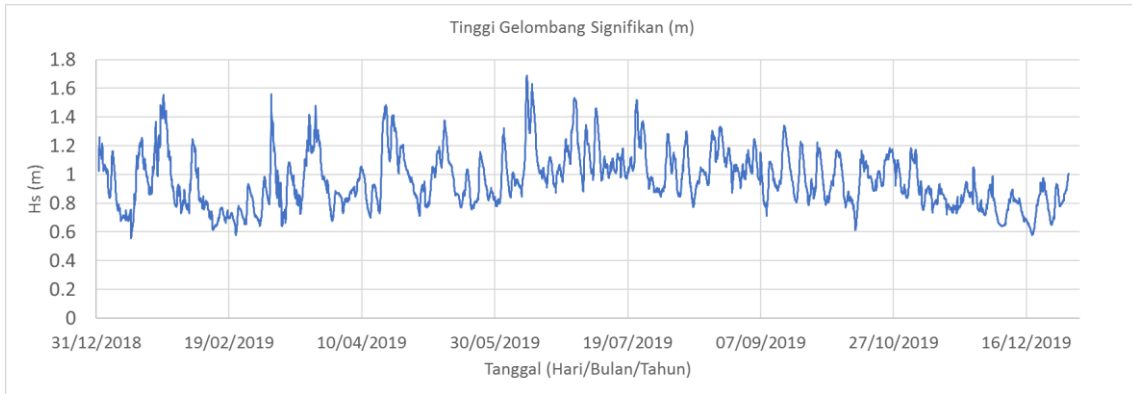
Hs dan Te Lokasi 4



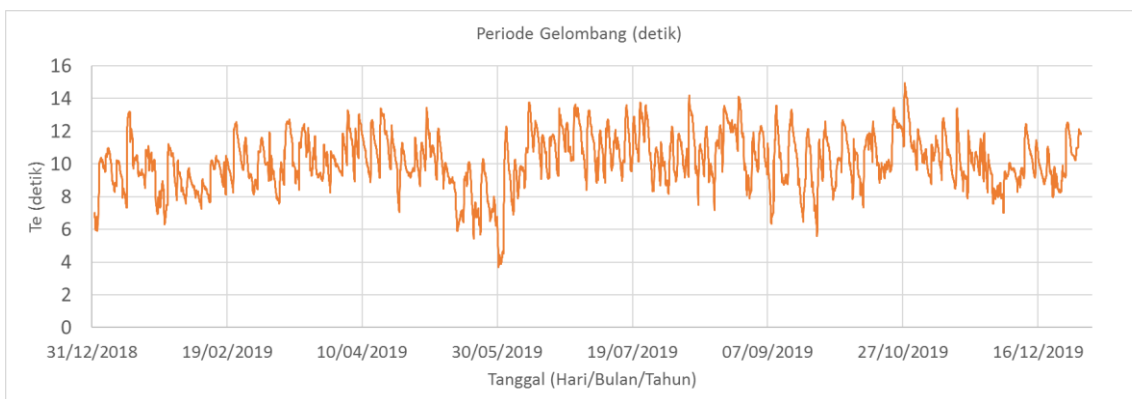
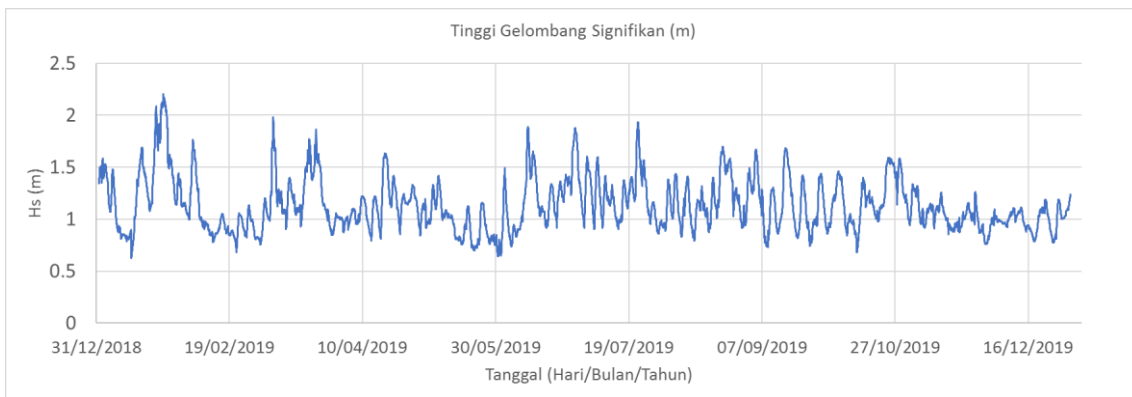
Hs dan Te Lokasi 5



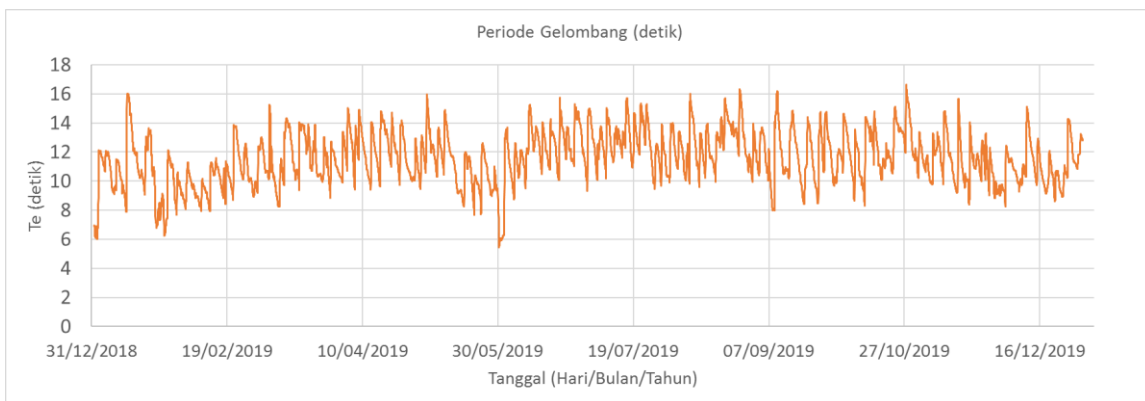
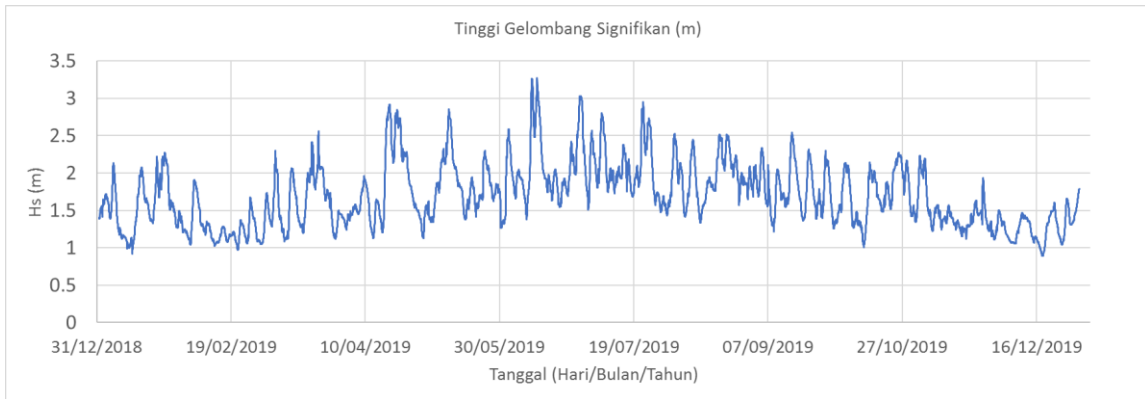
Hs dan Te Lokasi 6



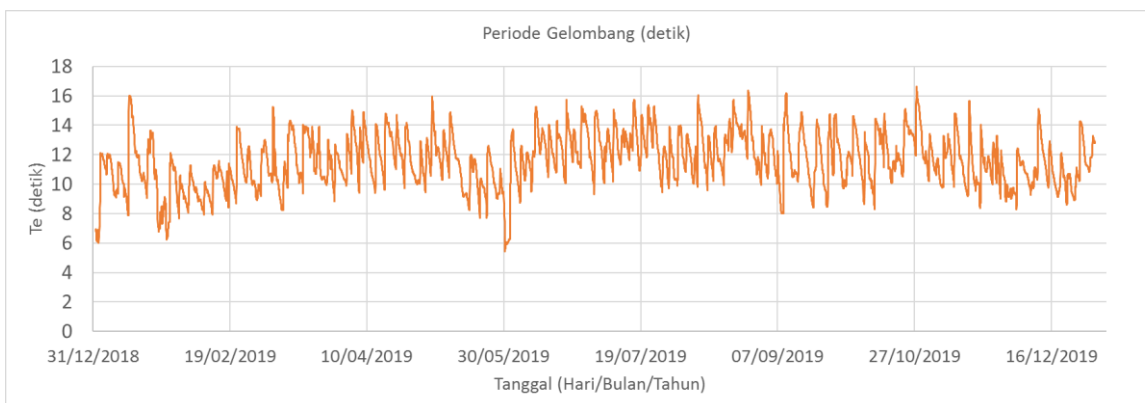
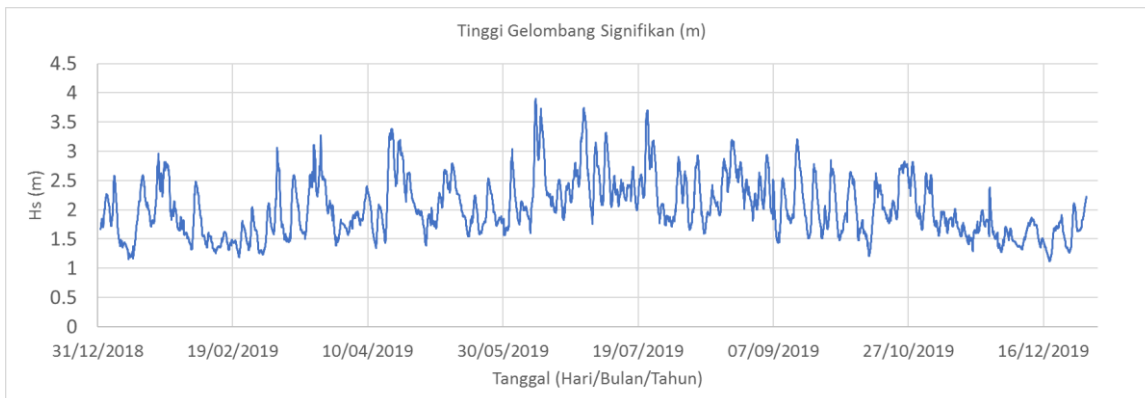
Hs dan Te Lokasi 7



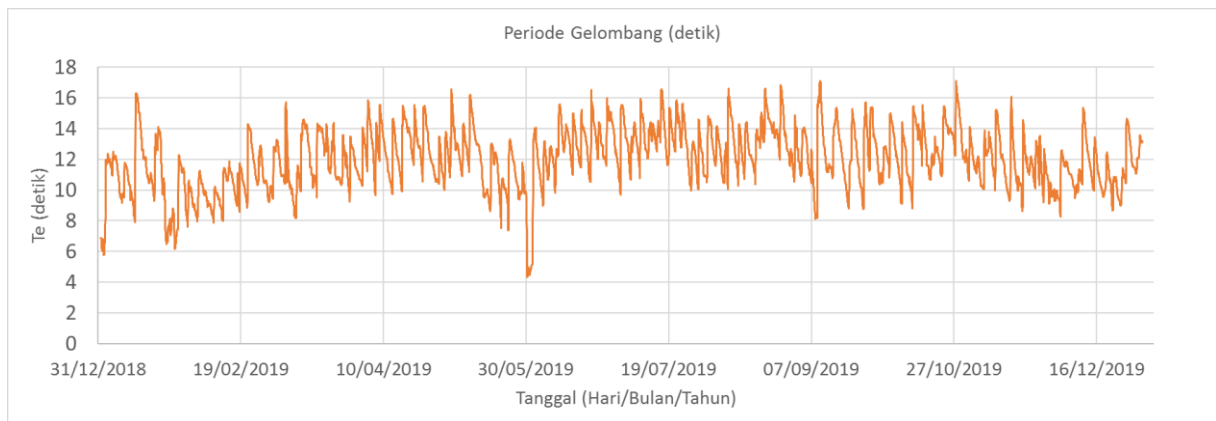
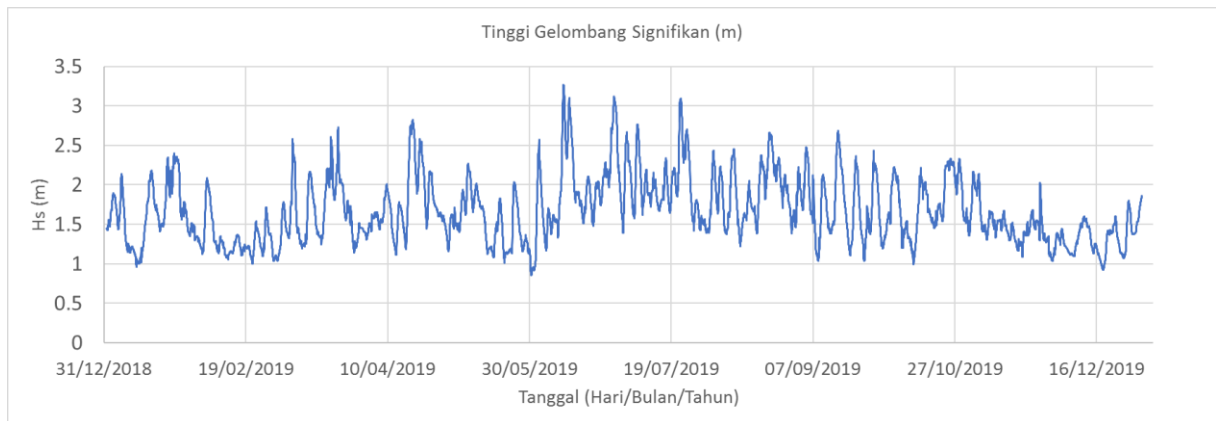
Hs dan Te Lokasi 8



Hs dan Te Lokasi 9



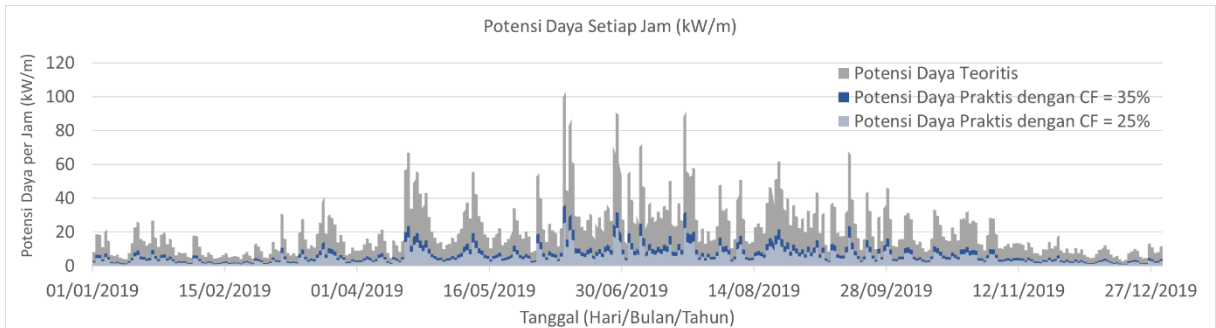
Hs dan Te Lokasi 10



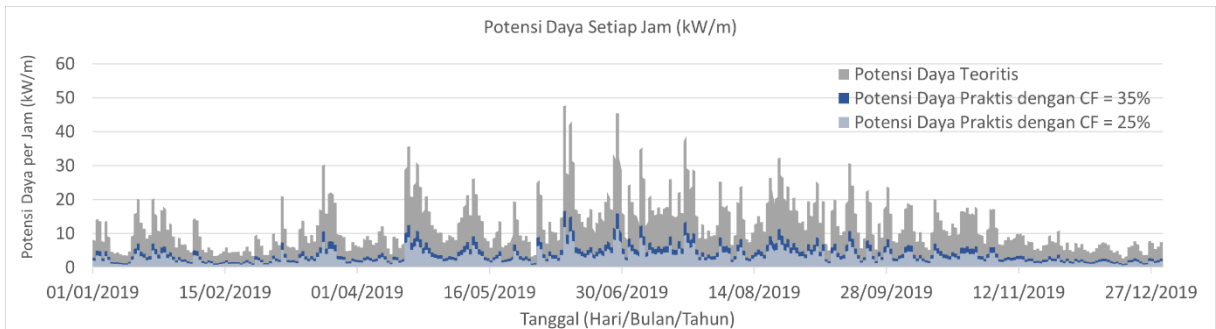
LAMPIRAN 9

Potensi Daya setiap jam di kesepuluh lokasi

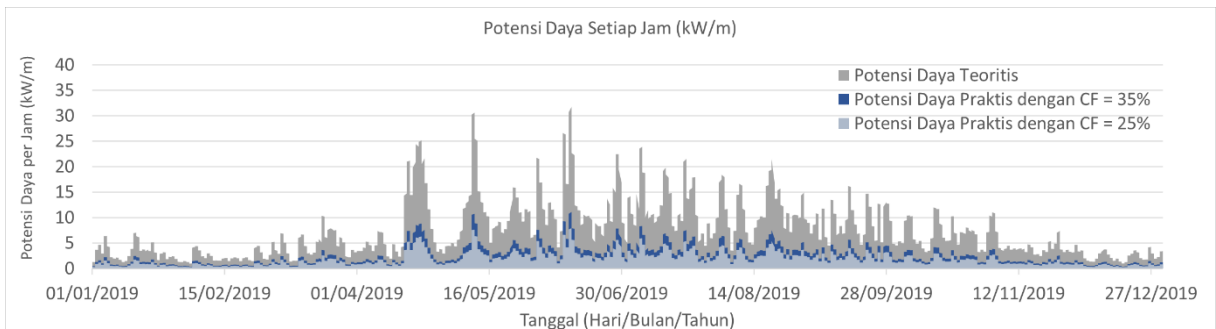
Lokasi 1



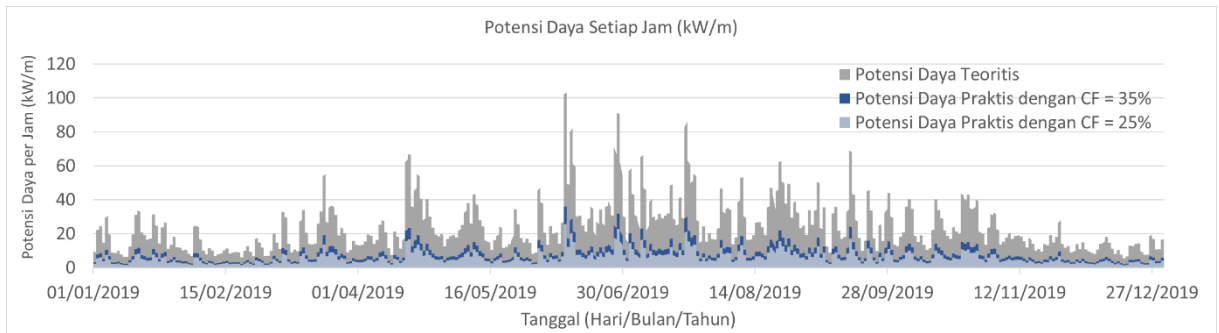
Lokasi 2



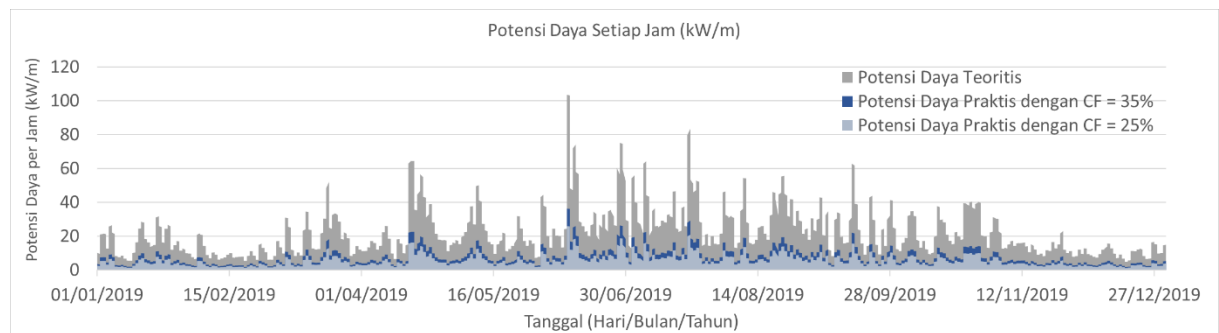
Lokasi 3



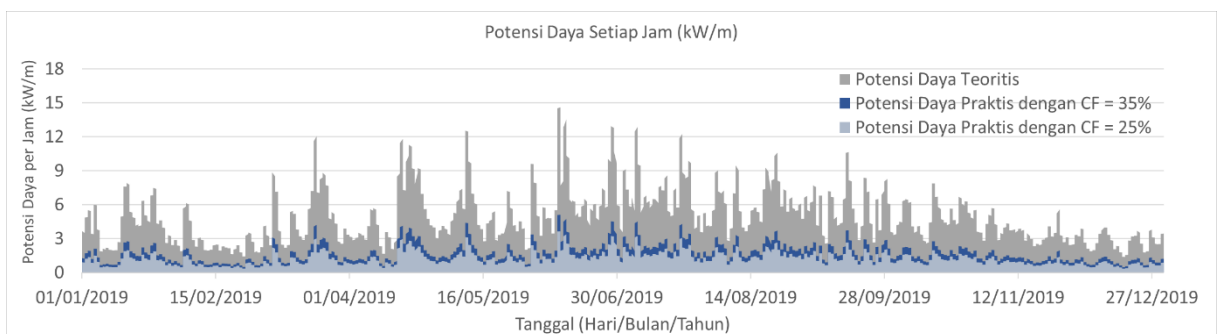
Lokasi 4



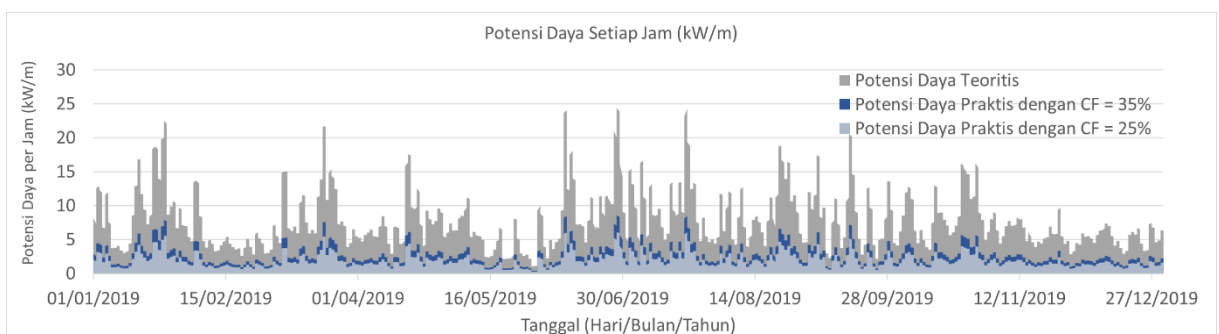
Lokasi 5



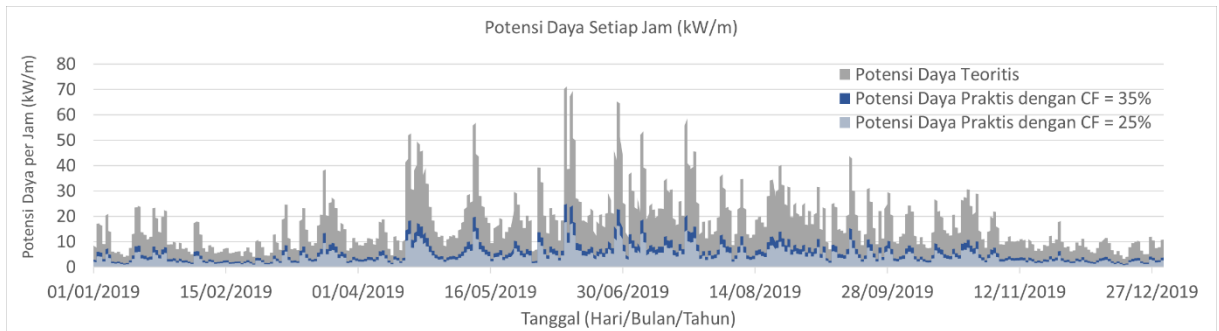
Lokasi 6



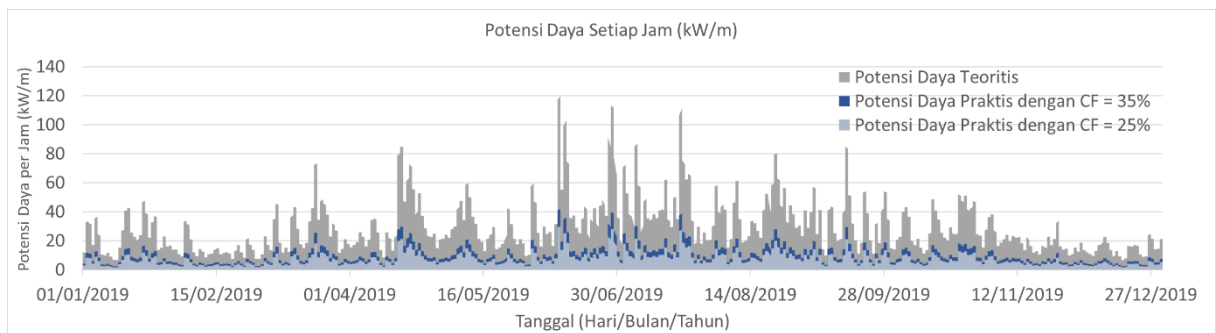
Lokasi 7



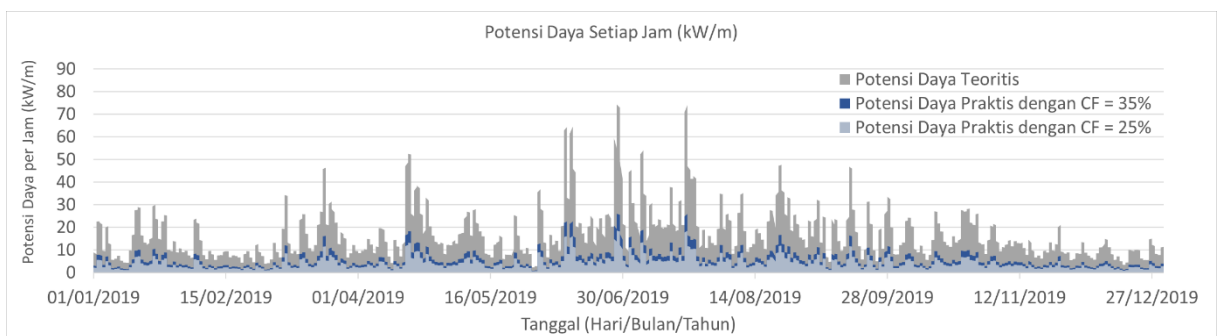
Lokasi 8



Lokasi 9



Lokasi 10



LAMPIRAN 10

Tabel frekuensi kejadian gelombang di kesepuluh lokasi

Lokasi 1

		Hs								
		0.1 - 0.5	0.5 - 1	1 - 1.5	1.5 - 2	2 - 2.5	2.5 - 3	3 - 3.5	3.5 - 4	4 - 4.5
Te	3 - 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4 - 5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5 - 6	0	0	16	42	0	0	0	0	0
	6 - 7	0	0	9	15	0	0	0	0	0
	7 - 8	0	0	39	32	0	0	0	0	0
	8 - 9	0	15	205	82	10	0	0	0	0
	9 - 10	0	26	565	361	1	0	0	0	0
	10 - 11	0	21	763	821	152	0	0	0	0
	11 - 12	0	1	523	796	446	17	0	0	0
	12 - 13	0	0	295	596	587	196	5	0	0
	13 - 14	0	0	165	327	490	167	92	1	0
	14 - 15	0	0	116	170	193	143	27	9	0
	15 - 16	0	0	30	55	82	15	6	1	0
	16 - 17	0	2	19	4	9	0	0	0	0
	17 - 18	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Lokasi 2

		Hs								
		0.1 - 0.5	0.5 - 1	1 - 1.5	1.5 - 2	2 - 2.5	2.5 - 3	3 - 3.5	3.5 - 4	4 - 4.5
Te	3 - 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4 - 5	0	0	40	0	0	0	0	0	0
	5 - 6	0	0	12	0	0	0	0	0	0
	6 - 7	0	0	24	1	0	0	0	0	0
	7 - 8	0	1	82	21	0	0	0	0	0
	8 - 9	0	91	242	31	0	0	0	0	0
	9 - 10	0	151	907	114	0	0	0	0	0
	10 - 11	0	144	1434	348	0	0	0	0	0
	11 - 12	0	127	1182	706	11	0	0	0	0
	12 - 13	0	27	707	701	135	0	0	0	0
	13 - 14	0	38	349	487	153	5	0	0	0
	14 - 15	0	2	159	175	56	5	0	0	0
	15 - 16	0	23	28	37	0	0	0	0	0
	16 - 17	0	0	3	1	0	0	0	0	0
	17 - 18	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Lokasi 3

		Hs								
		0.1-0.5	0.5-1	1-1.5	1.5-2	2-2.5	2.5-3	3-3.5	3.5-4	4-4.5
Te	3-4	0	6	0	0	0	0	0	0	0
	4-5	0	31	0	0	0	0	0	0	0
	5-6	0	53	44	0	0	0	0	0	0
	6-7	0	103	24	0	0	0	0	0	0
	7-8	18	373	63	0	0	0	0	0	0
	8-9	0	907	248	3	0	0	0	0	0
	9-10	0	958	728	22	0	0	0	0	0
	10-11	0	786	840	113	0	0	0	0	0
	11-12	0	484	809	263	4	0	0	0	0
	12-13	0	271	559	223	15	0	0	0	0
	13-14	0	139	283	135	9	0	0	0	0
	14-15	0	36	123	52	0	0	0	0	0
	15-16	0	22	13	0	0	0	0	0	0
	16-17	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	17-18	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Lokasi 4

		Hs								
		0.1-0.5	0.5-1	1-1.5	1.5-2	2-2.5	2.5-3	3-3.5	3.5-4	4-4.5
Te	3-4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4-5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5-6	0	0	1	56	0	0	0	0	0
	6-7	0	0	0	42	0	0	0	0	0
	7-8	0	0	58	79	15	0	0	0	0
	8-9	0	0	326	245	32	0	0	0	0
	9-10	0	0	544	830	39	0	0	0	0
	10-11	0	0	422	983	399	4	0	0	0
	11-12	0	0	329	875	707	103	0	0	0
	12-13	0	0	107	436	627	203	33	0	0
	13-14	0	0	61	226	377	177	59	1	0
	14-15	0	0	19	104	113	56	19	4	0
	15-16	0	0	20	10	19	0	0	0	0
	16-17	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	17-18	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Lokasi 5

		Hs								
		0.1-0.5	0.5-1	1-1.5	1.5-2	2-2.5	2.5-3	3-3.5	3.5-4	4-4.5
Te	3-4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4-5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5-6	0	0	23	27	6	16	3	0	0
	6-7	0	0	0	46	7	19	27	10	0
	7-8	0	0	84	34	29	27	30	17	7
	8-9	0	7	419	183	145	99	70	33	11
	9-10	0	1	690	747	217	148	66	37	0
	10-11	0	0	625	959	379	121	40	25	2
	11-12	0	0	356	757	389	86	37	8	0
	12-13	0	0	163	362	371	115	22	1	0
	13-14	0	0	94	196	153	36	7	3	0
	14-15	0	3	32	44	54	9	3	0	0
	15-16	0	0	12	3	8	0	0	0	0
	16-17	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	17-18	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Lokasi 6

		Hs								
		0.1 - 0.5	0.5 - 1	1 - 1.5	1.5 - 2	2 - 2.5	2.5 - 3	3 - 3.5	3.5 - 4	4 - 4.5
Te	3 - 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4 - 5	0	0	17	0	0	0	0	0	0
	5 - 6	0	63	65	6	0	0	0	0	0
	6 - 7	0	95	79	2	0	0	0	0	0
	7 - 8	0	336	92	0	0	0	0	0	0
	8 - 9	0	916	184	0	0	0	0	0	0
	9 - 10	0	1532	205	0	0	0	0	0	0
	10 - 11	0	1172	557	0	0	0	0	0	0
	11 - 12	0	606	812	0	0	0	0	0	0
	12 - 13	0	364	785	3	0	0	0	0	0
	13 - 14	0	156	398	44	0	0	0	0	0
	14 - 15	0	68	148	13	0	0	0	0	0
	15 - 16	0	8	34	0	0	0	0	0	0
	16 - 17	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	17 - 18	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Lokasi 7

		Hs								
		0.1 - 0.5	0.5 - 1	1 - 1.5	1.5 - 2	2 - 2.5	2.5 - 3	3 - 3.5	3.5 - 4	4 - 4.5
Te	3 - 4	0	15	0	0	0	0	0	0	0
	4 - 5	0	35	0	0	0	0	0	0	0
	5 - 6	0	26	6	0	0	0	0	0	0
	6 - 7	0	171	24	18	4	0	0	0	0
	7 - 8	0	293	71	37	22	0	0	0	0
	8 - 9	0	698	334	32	27	0	0	0	0
	9 - 10	0	886	1282	106	9	0	0	0	0
	10 - 11	0	484	1426	100	0	0	0	0	0
	11 - 12	0	225	1069	102	0	0	0	0	0
	12 - 13	0	121	503	295	0	0	0	0	0
	13 - 14	0	52	138	114	0	0	0	0	0
	14 - 15	0	0	28	7	0	0	0	0	0
	15 - 16	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	16 - 17	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	17 - 18	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Lokasi 8

		Hs								
		0.1 - 0.5	0.5 - 1	1 - 1.5	1.5 - 2	2 - 2.5	2.5 - 3	3 - 3.5	3.5 - 4	4 - 4.5
Te	3 - 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4 - 5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5 - 6	0	0	33	2	0	0	0	0	0
	6 - 7	0	0	33	48	11	0	0	0	0
	7 - 8	0	0	54	21	29	0	0	0	0
	8 - 9	0	12	345	24	16	0	0	0	0
	9 - 10	0	33	835	248	18	0	0	0	0
	10 - 11	0	2	908	796	80	0	0	0	0
	11 - 12	0	0	508	1005	346	6	0	0	0
	12 - 13	0	1	271	605	535	123	2	0	0
	13 - 14	0	4	182	375	379	131	31	0	0
	14 - 15	0	0	95	150	181	84	17	0	0
	15 - 16	0	6	31	54	58	18	0	0	0
	16 - 17	0	0	0	14	0	0	0	0	0
	17 - 18	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Lokasi 9

		Hs								
		0.1 - 0.5	0.5 - 1	1 - 1.5	1.5 - 2	2 - 2.5	2.5 - 3	3 - 3.5	3.5 - 4	4 - 4.5
Te	3 - 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4 - 5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5 - 6	0	0	0	20	0	0	0	0	0
	6 - 7	0	0	0	76	6	1	0	0	0
	7 - 8	0	0	13	30	14	24	0	0	0
	8 - 9	0	0	170	177	6	29	0	0	0
	9 - 10	0	0	387	612	46	7	0	0	0
	10 - 11	0	0	274	1059	398	60	0	0	0
	11 - 12	0	0	156	757	732	157	0	0	0
	12 - 13	0	0	47	429	592	364	49	0	0
	13 - 14	0	0	17	271	413	379	139	23	0
	14 - 15	0	0	18	138	160	178	91	37	0
	15 - 16	0	0	15	30	41	63	13	10	0
	16 - 17	0	0	6	0	25	1	0	0	0
	17 - 18	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Lokasi 10

		Hs								
		0.1 - 0.5	0.5 - 1	1 - 1.5	1.5 - 2	2 - 2.5	2.5 - 3	3 - 3.5	3.5 - 4	4 - 4.5
Te	3 - 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4 - 5	0	35	0	0	0	0	0	0	0
	5 - 6	0	5	11	0	0	0	0	0	0
	6 - 7	0	0	15	41	14	0	0	0	0
	7 - 8	0	0	29	19	33	0	0	0	0
	8 - 9	0	1	225	13	23	0	0	0	0
	9 - 10	0	29	676	48	9	0	0	0	0
	10 - 11	0	5	1073	339	65	0	0	0	0
	11 - 12	0	0	741	822	56	3	0	0	0
	12 - 13	0	0	305	970	355	4	0	0	0
	13 - 14	0	0	152	578	500	95	1	0	0
	14 - 15	0	0	89	315	344	161	28	0	0
	15 - 16	0	0	52	152	149	53	16	0	0
	16 - 17	0	0	30	40	34	0	0	0	0
	17 - 18	0	0	0	5	2	0	0	0	0

LAMPIRAN 11

Tabel Potensi Energi Teknis

Potensi energi teknis *capacity factor* 25% (atas) dan 35% (bawah) lokasi 1

		Hs								
		0.1 - 0.5	0.5 - 1	1 - 1.5	1.5 - 2	2 - 2.5	2.5 - 3	3 - 3.5	3.5 - 4	4 - 4.5
Te	3 - 4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	4 - 5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	5 - 6	0.00	0.00	0.02	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	6 - 7	0.00	0.00	0.01	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	7 - 8	0.00	0.00	0.06	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	8 - 9	0.00	0.01	0.34	0.27	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00
	9 - 10	0.00	0.02	1.06	1.33	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
	10 - 11	0.00	0.02	1.59	3.34	1.02	0.00	0.00	0.00	0.00
	11 - 12	0.00	0.00	1.19	3.55	3.29	0.19	0.00	0.00	0.00
	12 - 13	0.00	0.00	0.73	2.89	4.70	2.35	0.08	0.00	0.00
	13 - 14	0.00	0.00	0.44	1.71	4.24	2.16	1.66	0.02	0.00
	14 - 15	0.00	0.00	0.33	0.96	1.79	1.99	0.52	0.23	0.00
	15 - 16	0.00	0.00	0.09	0.33	0.81	0.22	0.12	0.03	0.00
	16 - 17	0.00	0.00	0.06	0.03	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
17 - 18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

		Hs (m)								
		0.1 - 0.5	0.5 - 1	1 - 1.5	1.5 - 2	2 - 2.5	2.5 - 3	3 - 3.5	3.5 - 4	4 - 4.5
Te (s)	3 - 4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	4 - 5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	5 - 6	0.00	0.00	0.02	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	6 - 7	0.00	0.00	0.02	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	7 - 8	0.00	0.00	0.08	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	8 - 9	0.00	0.01	0.48	0.38	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00
	9 - 10	0.00	0.02	1.49	1.86	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
	10 - 11	0.00	0.02	2.22	4.68	1.43	0.00	0.00	0.00	0.00
	11 - 12	0.00	0.00	1.67	4.97	4.60	0.26	0.00	0.00	0.00
	12 - 13	0.00	0.00	1.02	4.05	6.59	3.28	0.12	0.00	0.00
	13 - 14	0.00	0.00	0.62	2.40	5.94	3.02	2.33	0.03	0.00
	14 - 15	0.00	0.00	0.47	1.34	2.51	2.78	0.73	0.33	0.00
	15 - 16	0.00	0.00	0.13	0.46	1.14	0.31	0.17	0.04	0.00
	16 - 17	0.00	0.00	0.09	0.04	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00
17 - 18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

Potensi energi teknis *capacity factor* 25% (atas) dan 35 (bawah) lokasi 2

		Hs								
		0.1 - 0.5	0.5 - 1	1 - 1.5	1.5 - 2	2 - 2.5	2.5 - 3	3 - 3.5	3.5 - 4	4 - 4.5
Te	3 - 4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	4 - 5	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	5 - 6	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	6 - 7	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	7 - 8	0.00	0.00	0.13	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	8 - 9	0.00	0.06	0.43	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	9 - 10	0.00	0.11	1.82	0.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	10 - 11	0.00	0.11	3.18	1.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	11 - 12	0.00	0.11	2.87	3.36	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00
	12 - 13	0.00	0.03	1.86	3.62	1.15	0.00	0.00	0.00	0.00
	13 - 14	0.00	0.04	0.99	2.72	1.41	0.07	0.00	0.00	0.00
	14 - 15	0.00	0.00	0.49	1.05	0.55	0.07	0.00	0.00	0.00
	15 - 16	0.00	0.03	0.09	0.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	16 - 17	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	17 - 18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

		Hs (m)								
		0.1 - 0.5	0.5 - 1	1 - 1.5	1.5 - 2	2 - 2.5	2.5 - 3	3 - 3.5	3.5 - 4	4 - 4.5
Te (s)	3 - 4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	4 - 5	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	5 - 6	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	6 - 7	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	7 - 8	0.00	0.00	0.18	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	8 - 9	0.00	0.08	0.61	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	9 - 10	0.00	0.15	2.54	0.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	10 - 11	0.00	0.16	4.45	2.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	11 - 12	0.00	0.16	4.01	4.70	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00
	12 - 13	0.00	0.04	2.61	5.07	1.61	0.00	0.00	0.00	0.00
	13 - 14	0.00	0.05	1.39	3.81	1.98	0.10	0.00	0.00	0.00
	14 - 15	0.00	0.00	0.68	1.47	0.78	0.10	0.00	0.00	0.00
	15 - 16	0.00	0.04	0.13	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	16 - 17	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	17 - 18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Potensi energi teknis *capacity factor* 25% (atas) dan 35 (bawah) lokasi 3

		Hs								
		0.1 - 0.5	0.5 - 1	1 - 1.5	1.5 - 2	2 - 2.5	2.5 - 3	3 - 3.5	3.5 - 4	4 - 4.5
Te	3 - 4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	4 - 5	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	5 - 6	0.00	0.02	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	6 - 7	0.00	0.05	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	7 - 8	0.00	0.22	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	8 - 9	0.00	0.61	0.46	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	9 - 10	0.00	0.72	1.52	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	10 - 11	0.00	0.65	1.93	0.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	11 - 12	0.00	0.44	2.04	1.30	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00
	12 - 13	0.00	0.27	1.53	1.20	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00
	13 - 14	0.00	0.15	0.84	0.78	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00
	14 - 15	0.00	0.04	0.39	0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	15 - 16	0.00	0.03	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	16 - 17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	17 - 18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

		Hs (m)								
		0.1 - 0.5	0.5 - 1	1 - 1.5	1.5 - 2	2 - 2.5	2.5 - 3	3 - 3.5	3.5 - 4	4 - 4.5
Te (s)	3 - 4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	4 - 5	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	5 - 6	0.00	0.03	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	6 - 7	0.00	0.07	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	7 - 8	0.00	0.31	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	8 - 9	0.00	0.85	0.65	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	9 - 10	0.00	1.01	2.12	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	10 - 11	0.00	0.91	2.71	0.71	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	11 - 12	0.00	0.61	2.85	1.82	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00
	12 - 13	0.00	0.37	2.14	1.68	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00
	13 - 14	0.00	0.21	1.17	1.10	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00
	14 - 15	0.00	0.06	0.55	0.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	15 - 16	0.00	0.04	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	16 - 17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	17 - 18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Potensi energi teknis *capacity factor* 25% (atas) dan 35 (bawah) lokasi 4

		Hs								
		0.1 - 0.5	0.5 - 1	1 - 1.5	1.5 - 2	2 - 2.5	2.5 - 3	3 - 3.5	3.5 - 4	4 - 4.5
Te	3 - 4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	4 - 5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	5 - 6	0.00	0.00	0.00	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	6 - 7	0.00	0.00	0.00	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	7 - 8	0.00	0.00	0.10	0.26	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00
	8 - 9	0.00	0.00	0.62	0.92	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00
	9 - 10	0.00	0.00	1.16	3.48	0.27	0.00	0.00	0.00	0.00
	10 - 11	0.00	0.00	1.00	4.56	3.06	0.05	0.00	0.00	0.00
	11 - 12	0.00	0.00	0.85	4.44	5.93	1.29	0.00	0.00	0.00
	12 - 13	0.00	0.00	0.30	2.41	5.72	2.77	0.63	0.00	0.00
	13 - 14	0.00	0.00	0.19	1.35	3.71	2.60	1.21	0.03	0.00
	14 - 15	0.00	0.00	0.06	0.67	1.20	0.88	0.42	0.12	0.00
	15 - 16	0.00	0.00	0.07	0.07	0.21	0.00	0.00	0.00	0.00
	16 - 17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	17 - 18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

		Hs (m)								
		0.1 - 0.5	0.5 - 1	1 - 1.5	1.5 - 2	2 - 2.5	2.5 - 3	3 - 3.5	3.5 - 4	4 - 4.5
Te (s)	3 - 4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	4 - 5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	5 - 6	0.00	0.00	0.00	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	6 - 7	0.00	0.00	0.00	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	7 - 8	0.00	0.00	0.14	0.37	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00
	8 - 9	0.00	0.00	0.87	1.29	0.28	0.00	0.00	0.00	0.00
	9 - 10	0.00	0.00	1.63	4.87	0.38	0.00	0.00	0.00	0.00
	10 - 11	0.00	0.00	1.40	6.38	4.28	0.06	0.00	0.00	0.00
	11 - 12	0.00	0.00	1.19	6.22	8.30	1.81	0.00	0.00	0.00
	12 - 13	0.00	0.00	0.42	3.37	8.01	3.87	0.88	0.00	0.00
	13 - 14	0.00	0.00	0.26	1.89	5.20	3.65	1.70	0.04	0.00
	14 - 15	0.00	0.00	0.09	0.93	1.67	1.24	0.59	0.16	0.00
	15 - 16	0.00	0.00	0.10	0.10	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00
	16 - 17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	17 - 18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Potensi energi teknis *capacity factor* 25% (atas) dan 35 (bawah) lokasi 5

		Hs								
		0.1 - 0.5	0.5 - 1	1 - 1.5	1.5 - 2	2 - 2.5	2.5 - 3	3 - 3.5	3.5 - 4	4 - 4.5
Te	3 - 4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	4 - 5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	5 - 6	0.00	0.00	0.03	0.07	0.02	0.10	0.03	0.00	0.00
	6 - 7	0.00	0.00	0.00	0.13	0.03	0.14	0.27	0.13	0.00
	7 - 8	0.00	0.00	0.14	0.11	0.16	0.22	0.35	0.26	0.14
	8 - 9	0.00	0.00	0.82	0.70	0.92	0.93	0.92	0.58	0.25
	9 - 10	0.00	0.00	1.50	3.19	1.53	1.56	0.97	0.73	0.00
	10 - 11	0.00	0.00	1.51	4.53	2.96	1.41	0.65	0.54	0.06
	11 - 12	0.00	0.00	0.94	3.91	3.33	1.10	0.66	0.19	0.00
	12 - 13	0.00	0.00	0.47	2.03	3.45	1.60	0.43	0.03	0.00
	13 - 14	0.00	0.00	0.29	1.19	1.54	0.54	0.15	0.08	0.00
	14 - 15	0.00	0.00	0.11	0.29	0.58	0.14	0.07	0.00	0.00
	15 - 16	0.00	0.00	0.04	0.02	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00
	16 - 17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	17 - 18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

		Hs (m)								
		0.1 - 0.5	0.5 - 1	1 - 1.5	1.5 - 2	2 - 2.5	2.5 - 3	3 - 3.5	3.5 - 4	4 - 4.5
Te (s)	3 - 4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	4 - 5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	5 - 6	0.00	0.00	0.04	0.09	0.03	0.14	0.04	0.00	0.00
	6 - 7	0.00	0.00	0.00	0.19	0.05	0.19	0.38	0.19	0.00
	7 - 8	0.00	0.00	0.20	0.16	0.23	0.31	0.49	0.37	0.19
	8 - 9	0.00	0.01	1.14	0.98	1.28	1.31	1.29	0.81	0.35
	9 - 10	0.00	0.00	2.11	4.47	2.15	2.19	1.36	1.02	0.00
	10 - 11	0.00	0.00	2.11	6.34	4.14	1.98	0.91	0.76	0.08
	11 - 12	0.00	0.00	1.32	5.48	4.66	1.54	0.92	0.27	0.00
	12 - 13	0.00	0.00	0.65	2.85	4.83	2.23	0.60	0.04	0.00
	13 - 14	0.00	0.00	0.41	1.67	2.15	0.76	0.21	0.12	0.00
	14 - 15	0.00	0.01	0.15	0.40	0.81	0.20	0.09	0.00	0.00
	15 - 16	0.00	0.00	0.06	0.03	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00
	16 - 17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	17 - 18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Potensi energi teknis *capacity factor* 25% (atas) dan 35 (bawah) lokasi 6

		Hs								
		0.1 - 0.5	0.5 - 1	1 - 1.5	1.5 - 2	2 - 2.5	2.5 - 3	3 - 3.5	3.5 - 4	4 - 4.5
Te	3 - 4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	4 - 5	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	5 - 6	0.00	0.02	0.07	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	6 - 7	0.00	0.04	0.10	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	7 - 8	0.00	0.18	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	8 - 9	0.00	0.56	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	9 - 10	0.00	1.05	0.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	10 - 11	0.00	0.89	1.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	11 - 12	0.00	0.50	1.87	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	12 - 13	0.00	0.33	1.96	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	13 - 14	0.00	0.15	1.07	0.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	14 - 15	0.00	0.07	0.43	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	15 - 16	0.00	0.01	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	16 - 17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	17 - 18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

		Hs (m)								
		0.1 - 0.5	0.5 - 1	1 - 1.5	1.5 - 2	2 - 2.5	2.5 - 3	3 - 3.5	3.5 - 4	4 - 4.5
Te (s)	3 - 4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	4 - 5	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	5 - 6	0.00	0.03	0.10	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	6 - 7	0.00	0.06	0.14	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	7 - 8	0.00	0.25	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	8 - 9	0.00	0.78	0.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	9 - 10	0.00	1.47	0.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	10 - 11	0.00	1.24	1.64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	11 - 12	0.00	0.70	2.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	12 - 13	0.00	0.46	2.74	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	13 - 14	0.00	0.21	1.50	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	14 - 15	0.00	0.10	0.60	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	15 - 16	0.00	0.01	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	16 - 17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	17 - 18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Potensi energi teknis *capacity factor* 25% (atas) dan 35 (bawah) lokasi 7

		Hs								
		0.1 - 0.5	0.5 - 1	1 - 1.5	1.5 - 2	2 - 2.5	2.5 - 3	3 - 3.5	3.5 - 4	4 - 4.5
Te	3 - 4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	4 - 5	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	5 - 6	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	6 - 7	0.00	0.09	0.04	0.05	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
	7 - 8	0.00	0.18	0.12	0.12	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00
	8 - 9	0.00	0.48	0.64	0.12	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00
	9 - 10	0.00	0.68	2.74	0.44	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00
	10 - 11	0.00	0.41	3.37	0.46	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	11 - 12	0.00	0.21	2.77	0.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	12 - 13	0.00	0.12	1.42	1.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	13 - 14	0.00	0.06	0.42	0.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	14 - 15	0.00	0.00	0.09	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	15 - 16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	16 - 17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	17 - 18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

		Hs (m)								
		0.1 - 0.5	0.5 - 1	1 - 1.5	1.5 - 2	2 - 2.5	2.5 - 3	3 - 3.5	3.5 - 4	4 - 4.5
Te (s)	3 - 4	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	4 - 5	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	5 - 6	0.00	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	6 - 7	0.00	0.13	0.05	0.07	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00
	7 - 8	0.00	0.25	0.17	0.17	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00
	8 - 9	0.00	0.67	0.90	0.17	0.23	0.00	0.00	0.00	0.00
	9 - 10	0.00	0.96	3.84	0.62	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00
	10 - 11	0.00	0.58	4.72	0.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	11 - 12	0.00	0.29	3.88	0.72	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	12 - 13	0.00	0.17	1.98	2.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	13 - 14	0.00	0.08	0.59	0.95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	14 - 15	0.00	0.00	0.13	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	15 - 16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	16 - 17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	17 - 18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Potensi energi teknis *capacity factor* 25% (atas) dan 35 (bawah) lokasi 8

		Hs								
		0.1 - 0.5	0.5 - 1	1 - 1.5	1.5 - 2	2 - 2.5	2.5 - 3	3 - 3.5	3.5 - 4	4 - 4.5
Te	3 - 4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	4 - 5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	5 - 6	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	6 - 7	0.00	0.00	0.04	0.12	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00
	7 - 8	0.00	0.00	0.08	0.06	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00
	8 - 9	0.00	0.01	0.55	0.08	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00
	9 - 10	0.00	0.02	1.50	0.87	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
	10 - 11	0.00	0.00	1.80	3.10	0.51	0.00	0.00	0.00	0.00
	11 - 12	0.00	0.00	1.10	4.28	2.44	0.06	0.00	0.00	0.00
	12 - 13	0.00	0.00	0.64	2.80	4.10	1.41	0.03	0.00	0.00
	13 - 14	0.00	0.00	0.46	1.88	3.13	1.62	0.53	0.00	0.00
	14 - 15	0.00	0.00	0.26	0.81	1.61	1.11	0.32	0.00	0.00
	15 - 16	0.00	0.01	0.09	0.31	0.55	0.26	0.00	0.00	0.00
	16 - 17	0.00	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
17 - 18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

		Hs (m)								
		0.1 - 0.5	0.5 - 1	1 - 1.5	1.5 - 2	2 - 2.5	2.5 - 3	3 - 3.5	3.5 - 4	4 - 4.5
Te (s)	3 - 4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	4 - 5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	5 - 6	0.00	0.00	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	6 - 7	0.00	0.00	0.06	0.16	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00
	7 - 8	0.00	0.00	0.11	0.08	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00
	8 - 9	0.00	0.01	0.78	0.11	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00
	9 - 10	0.00	0.03	2.10	1.22	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00
	10 - 11	0.00	0.00	2.52	4.34	0.72	0.00	0.00	0.00	0.00
	11 - 12	0.00	0.00	1.55	6.00	3.41	0.09	0.00	0.00	0.00
	12 - 13	0.00	0.00	0.90	3.92	5.74	1.97	0.04	0.00	0.00
	13 - 14	0.00	0.01	0.65	2.63	4.39	2.27	0.75	0.00	0.00
	14 - 15	0.00	0.00	0.36	1.13	2.25	1.56	0.44	0.00	0.00
	15 - 16	0.00	0.01	0.13	0.43	0.77	0.36	0.00	0.00	0.00
	16 - 17	0.00	0.00	0.00	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
17 - 18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

Potensi energi teknis *capacity factor* 25% (atas) dan 35 (bawah) lokasi 9

		Hs								
		0.1 - 0.5	0.5 - 1	1 - 1.5	1.5 - 2	2 - 2.5	2.5 - 3	3 - 3.5	3.5 - 4	4 - 4.5
Te	3 - 4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	4 - 5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	5 - 6	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	6 - 7	0.00	0.00	0.00	0.21	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00
	7 - 8	0.00	0.00	0.02	0.10	0.07	0.19	0.00	0.00	0.00
	8 - 9	0.00	0.00	0.32	0.64	0.04	0.26	0.00	0.00	0.00
	9 - 10	0.00	0.00	0.80	2.48	0.31	0.07	0.00	0.00	0.00
	10 - 11	0.00	0.00	0.63	4.75	2.95	0.66	0.00	0.00	0.00
	11 - 12	0.00	0.00	0.39	3.72	5.95	1.91	0.00	0.00	0.00
	12 - 13	0.00	0.00	0.13	2.29	5.23	4.80	0.90	0.00	0.00
	13 - 14	0.00	0.00	0.05	1.56	3.94	5.40	2.77	0.61	0.00
	14 - 15	0.00	0.00	0.06	0.86	1.64	2.72	1.95	1.05	0.00
	15 - 16	0.00	0.00	0.05	0.20	0.45	1.03	0.30	0.30	0.00
	16 - 17	0.00	0.00	0.02	0.00	0.29	0.02	0.00	0.00	0.00
	17 - 18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

		Hs (m)								
		0.1 - 0.5	0.5 - 1	1 - 1.5	1.5 - 2	2 - 2.5	2.5 - 3	3 - 3.5	3.5 - 4	4 - 4.5
Te (s)	3 - 4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	4 - 5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	5 - 6	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	6 - 7	0.00	0.00	0.00	0.30	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00
	7 - 8	0.00	0.00	0.03	0.13	0.10	0.27	0.00	0.00	0.00
	8 - 9	0.00	0.00	0.44	0.90	0.05	0.36	0.00	0.00	0.00
	9 - 10	0.00	0.00	1.12	3.48	0.43	0.10	0.00	0.00	0.00
	10 - 11	0.00	0.00	0.88	6.65	4.13	0.93	0.00	0.00	0.00
	11 - 12	0.00	0.00	0.55	5.21	8.33	2.67	0.00	0.00	0.00
	12 - 13	0.00	0.00	0.18	3.21	7.32	6.72	1.26	0.00	0.00
	13 - 14	0.00	0.00	0.07	2.19	5.51	7.56	3.87	0.85	0.00
	14 - 15	0.00	0.00	0.08	1.20	2.29	3.81	2.72	1.47	0.00
	15 - 16	0.00	0.00	0.07	0.28	0.63	1.44	0.42	0.43	0.00
	16 - 17	0.00	0.00	0.03	0.00	0.41	0.02	0.00	0.00	0.00
	17 - 18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Potensi energi teknis *capacity factor* 25% (atas) dan 35 (bawah) lokasi 10

		Hs								
		0.1 - 0.5	0.5 - 1	1 - 1.5	1.5 - 2	2 - 2.5	2.5 - 3	3 - 3.5	3.5 - 4	4 - 4.5
Te	3 - 4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	4 - 5	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	5 - 6	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	6 - 7	0.00	0.00	0.02	0.10	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00
	7 - 8	0.00	0.00	0.04	0.05	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00
	8 - 9	0.00	0.00	0.35	0.04	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00
	9 - 10	0.00	0.02	1.18	0.16	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00
	10 - 11	0.00	0.00	2.08	1.29	0.41	0.00	0.00	0.00	0.00
	11 - 12	0.00	0.00	1.57	3.42	0.38	0.03	0.00	0.00	0.00
	12 - 13	0.00	0.00	0.70	4.38	2.65	0.04	0.00	0.00	0.00
	13 - 14	0.00	0.00	0.38	2.82	4.03	1.15	0.02	0.00	0.00
	14 - 15	0.00	0.00	0.24	1.65	2.98	2.08	0.51	0.00	0.00
	15 - 16	0.00	0.00	0.15	0.85	1.38	0.73	0.31	0.00	0.00
	16 - 17	0.00	0.00	0.09	0.24	0.34	0.00	0.00	0.00	0.00
	17 - 18	0.00	0.00	0.00	0.03	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00

		Hs (m)								
		0.1 - 0.5	0.5 - 1	1 - 1.5	1.5 - 2	2 - 2.5	2.5 - 3	3 - 3.5	3.5 - 4	4 - 4.5
Te (s)	3 - 4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	4 - 5	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	5 - 6	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	6 - 7	0.00	0.00	0.03	0.13	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00
	7 - 8	0.00	0.00	0.06	0.07	0.21	0.00	0.00	0.00	0.00
	8 - 9	0.00	0.00	0.49	0.06	0.16	0.00	0.00	0.00	0.00
	9 - 10	0.00	0.03	1.66	0.23	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00
	10 - 11	0.00	0.00	2.91	1.80	0.57	0.00	0.00	0.00	0.00
	11 - 12	0.00	0.00	2.20	4.79	0.54	0.04	0.00	0.00	0.00
	12 - 13	0.00	0.00	0.98	6.14	3.71	0.06	0.00	0.00	0.00
	13 - 14	0.00	0.00	0.53	3.95	5.65	1.60	0.02	0.00	0.00
	14 - 15	0.00	0.00	0.33	2.31	4.17	2.92	0.71	0.00	0.00
	15 - 16	0.00	0.00	0.21	1.19	1.93	1.03	0.43	0.00	0.00
	16 - 17	0.00	0.00	0.13	0.33	0.47	0.00	0.00	0.00	0.00
	17 - 18	0.00	0.00	0.00	0.04	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00

BIODATA PENULIS



Dimas Reza Andhika dilahirkan di Tangerang tanggal 27 Juni 1998. Penulis adalah anak kedua dari pasangan Bapak Erwin Iryanto dan Ibu Sri Rahmadanti memulai pendidikan formal di SD Islam Al-Azhar 08 Kembangan tahun 2004. Kemudian melanjutkan pendidikan formalnya di SMP Islam Al-Azhar 10 Kembangan dan SMA Negeri 112 Jakarta. Penulis mulai berkuliah di Teknik Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya masuk melalui jalur SNMPTN pada tahun 2016. Penulis telah menyelesaikan skripsi berjudul “Studi Potensi Energi Gelombang Laut di Pantai Selatan Jawa Timur” pada tahun 2021 sebagai syarat memperoleh gelar sarjana. Penulis dapat dihubungi melalui kontak berikut: rezaandhikadimas@gmail.com.