



TUGAS AKHIR (RC14-1501)

**PERENCANAAN BANGUNAN PEMECAH  
GELOMBANG DI TELUK SUMBRENG, KABUPATEN  
TRENGGALEK**

DZAKIA AMALIA KARIMA  
NRP. 3113 100 110

Dosen Pembimbing  
Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017



TUGAS AKHIR (RC14 – 1501)

**PERENCANAAN BANGUNAN PEMECAH  
GELOMBANG DI TELUK SUMBRENG,  
KABUPATEN TRENGGALEK**

DZAKIA AMALIA KARIMA  
NRP. 3113 100 110

Dosen Pembimbing  
Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017



FINAL PROJECT (RC14 - 1501)

**DESIGN OF BREAKWATER AT SUMBRENG BAY,  
TRENGGALEK REGENCY**

DZAKIA AMALIA KARIMA  
NRP. 3113 100 110

Supervisor  
Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.

CIVIL ENGINEERING DEPARTMENT  
Civil Engineering and Planning Faculty  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017

**PERENCANAAN BANGUNAN PEMECAH GELOMBANG  
DI TELUK SUMBRENG, KABUPATEN TRENGGALEK**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada

Bidang Studi Hidroteknik  
Program Studi S-1 Reguler Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**DZAKIA AMALIA KARIMA**  
NRP. 3113 100 110

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

1. Ir. Bambang Sarwono, M.Sc. (Pembimbing)



**SURABAYA**  
**JUNI, 2017**

# PERENCANAAN BANGUNAN PEMECAH GELOMBANG DI TELUK SUMBRENG, KABUPATEN TRENGGALEK

**Nama Mahasiswa** : Dzakia Amalia Karima  
**NRP** : 3113 100 110  
**Jurusan** : Teknik Sipil FTSP ITS  
**Dosen Pembimbing** : Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.

## **Abstrak**

*Kabupaten Trenggalek yang beribukota di Trenggalek memiliki luas 126.140 Ha yang terbagi dalam 152 Kelurahan/Desa dan 14 Kecamatan. Yang menjadi lokasi studi untuk tugas akhir ini yaitu di Teluk Sumbreng, Kecamatan Munjungan, Kabupaten Trenggalek. Lokasi ini memiliki potensi perikanan berupa pantai sepanjang 96 km, ketersediaan ikan cukup melimpah. Untuk memanfaatkan potensi ini dengan maksimal, pemerintah akan membangun sebuah pelabuhan sebagai sarana bagi para nelayan. Namun, diperlukan pula sarana pendukung untuk dapat menunjang kegiatan di pelabuhan itu sendiri. Salah satunya yaitu dengan membuat bangunan pemecah gelombang yang berfungsi untuk melindungi perairan di dermaga dapat tenang dan memudahkan mobilitas nelayan.*

*Dalam perencanaan bangunan pemecah gelombang, hal yang perlu diperhatikan adalah data primer dan sekunder. Data sekunder tersebut antara lain data angin, data pasang surut, peta topografi dan batimetri di sekitar lokasi tinjau. Kemudian data-data tersebut dianalisa untuk mendapatkan kondisi tinggi gelombang di lokasi yang akan dibangun. Data angin dianalisis menggunakan proses hindcasting sehingga didapat tinggi gelombang signifikan di laut dalam. Data pasang surut dianalisis menggunakan Metode Admiralty dan didapatkan elevasi-elevasi untuk perencanaan bangunan. Data topografi dan batimetri diperlukan untuk mendapatkan kedalaman perairan di lokasi*

*perencanaan. Selanjutnya direncanakan bangunan pemecah gelombang.*

*Setelah semua analisis dilakukan, dapat dihasilkan dimensi dan gambar desain hasil perencanaan bangunan pemecah gelombang. Dari hasil perencanaan tersebut juga diharapkan dapat menjadi solusi untuk melindungi pelabuhan yang ada di Teluk Sumbreng.*

**Kata kunci: Teluk Sumbreng, Gelombang, Pemecah Gelombang.**

# DESIGN OF BREAKWATER AT SUMBRENG BAY, TRENGGALEK REGENCY

**Student's Name** : Dzakia Amalia Karima  
**Student's Number** : 3113 100 110  
**Department** : Civil Engineering Dept. FTSP ITS  
**Supervisor** : Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.

## Abstract

*Trenggalek as capital regency has an area of 126.140 Ha which divided into 152 urban villages and 14 districts. In this thesis, the author took research location in Sumbreng Bay, District Munjungan, Trenggalek. This location has a good potency in fishery sector because its sea, the coastal is 96 kilometers long and tons of fish in there. To maximalize this potency, the government will build a seaport as facility for fishermen. But, it also needed some additional facilities to support activity in seaport itself. For example is build breakwater structure to break the waves so relative calm water created and improve the mobility of fishermen.*

*In this study, coastal defense structure design, thing that need to be mattered is secondary data in research location. Those secondary data are wind data, tidal data, soil data, topography map and bathymetry map. Then the author will analyze those data to get wave height condition at the located place. Furthermore, it will be planned the layout of breakwater.*

*For the result, it will be determined the dimension and design for breakwater structure. From the result of planning, also can be expected to protect the port in Sumbreng Bay.*

**Keywords** : *Sumbreng Bay, Waves, Breakwater.*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT karena berkat rahmat, taufik dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul “Perencanaan Bangunan Pemecah Gelombang di Teluk Sumbreng, Kabupaten Trenggalek” ini.

Adapun dalam proses penyusunan Laporan Tugas Akhir ini penulis memperoleh bantuan dan bimbingan serta banyak dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. Bambang Sarwono, M.Sc. selaku dosen pembimbing atas bimbingan dan ilmu yang sangat banyak dalam pengerjaan dan penyelesaian laporan tugas akhir ini.
2. Orang tua yang telah memberikan dukungan, semangat dan doa.
3. Teman-teman Jurusan Teknik Sipil ITS angkatan 2013 yang telah memberi dukungan dan semangat.
4. Sahabat-sahabat Kijil yang sangat saya sayangi Iput, Anin, Nadya, Dian, Mita, dan Silvy yang selalu membantu dan menyemangati selama perkuliahan di Teknik Sipil ITS.
5. Sahabat-sahabat tercinta Nindy, Ici, dan Ayyub yang selalu memberikan semangat, hiburan, dan doa untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
6. Adik saya tercinta Alifia yang telah membantu secara langsung dalam penyusunan laporan tugas akhir ini.

Walaupun jauh dari sempurna, harapan saya semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat dan menambah wawasan bagi rekan-rekan sedisiplin ilmu. Penulis juga memohon maaf atas kekurangan yang ada pada laporan ini.

Surabaya, Juli 2017



## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
ABSTRAK.....	iv
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Tugas Akhir.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Manfaat Tugas Akhir.....	4
BAB II.....	5
TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Umum.....	5
2.2 Angin.....	5
2.3 Gelombang.....	8
2.3.1 Teori Gelombang Amplitudo Kecil.....	8
2.3.2 Analisa Gelombang.....	10
2.3.3 Transformasi Gelombang.....	15
2.4 Fluktuasi Muka Air Laut.....	20
2.4.1 Pasang Surut.....	20
2.4.2 Kenaikan Muka Air Karena Gelombang ( <i>Wave Set-Up</i> )	22
2.4.3 Kenaikan Muka Air Karena Angin ( <i>Wind Set-Up</i> )	23

2.4.4	Pemanasan Global .....	23
2.4.5	Elevasi Muka Air Laut Rencana.....	24
2.5	Bangunan Pengaman Pantai .....	24
2.5.1	Pemecah Gelombang Sisi Tegak.....	25
2.5.2	Pemecah Gelombang Sisi Miring.....	27
<b>BAB III</b>	.....	<b>35</b>
<b>METODOLOGI</b>	.....	<b>35</b>
3.1	Studi Literatur.....	35
3.2	Pengumpulan Data .....	35
3.3	Analisa Data .....	35
3.3.1	Analisa Data Angin .....	36
3.3.2	Analisa Gelombang .....	36
3.3.3	Analisa Pasang Surut.....	36
3.3.4	Analisa Data Topografi dan Batimetri .....	36
3.4	Analisa Refraksi .....	36
3.5	Perhitungan Dimensi Struktur .....	36
3.6	Hasil Perencanaan .....	37
3.7	Diagram Alir.....	37
<b>BAB IV</b>	.....	<b>39</b>
<b>ANALISA DATA</b>	.....	<b>39</b>
4.1	Gelombang .....	39
4.1.1	Analisa Data Angin .....	39
4.1.2	<i>Fetch</i> .....	42
4.1.3	Pasang Surut.....	42
4.1.4	Tinggi dan Periode Gelombang pada Laut Dalam Berdasarkan Data Kecepatan Angin Maksimum Tahun 2010-2016.....	63
4.1.5	Statistik Gelombang .....	64
4.2	Analisa Refraksi .....	66
4.3	Analisa Difraksi.....	67
4.4	Gelombang Pecah.....	68

BAB V .....	69
PERANCANGAN DETAIL STRUKTUR .....	69
5.1    Perencanaan Umum.....	69
5.1.1    Lokasi Breakwater.....	69
5.1.2    Data Lingkungan .....	69
5.1.3    Tinggi Gelombang Rencana .....	69
5.1.4    Run Up Gelombang.....	71
5.2    Dimensi Struktur .....	72
5.2.1    Elevasi Puncak Struktur .....	72
5.2.2    Stabilitas Batu Lapis Pelindung.....	72
5.2.3    Lebar Puncak Pemecah Gelombang.....	73
5.2.4    Tebal Lapisan Pelindung .....	73
5.2.5    Jumlah Butir Pelindung.....	73
5.3    Gambar Perencanaan .....	74
 BAB VI .....	 75
PENUTUP .....	75
6.1    Kesimpulan.....	75
6.2    Saran.....	77
 DAFTAR PUSTAKA.....	 79
LAMPIRAN .....	81
BIODATA PENULIS.....	107

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Peta Teluk Sumbreng, Kabupaten Trenggalek .....	2
Gambar 2.1 Koefisien Koreksi Kecepatan terhadap Perbedaan Temperatur ( $R_T$ ).....	7
Gambar 2.2 Koefisien Koreksi terhadap Pencatatan Kecepatan di Darat .....	7
Gambar 2.3 Sketsa Definisi Gelombang .....	9
Gambar 2.4 Gelombang Tanpa Difraksi .....	16
Gambar 2.5 Gelombang Terdifraksi.....	16
Gambar 2.6 Difraksi Gelombang di Belakang Rintangan.....	17
Gambar 2.7 Skema Tipe Bangunan Pengaman Pantai .....	25
Gambar 3.1 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir.....	38
Gambar 4.1 Windrose Tahun 2010.....	39
Gambar 4.2 Windrose Tahun 2011 .....	40
Gambar 4.3 Windrose Tahun 2012 .....	40
Gambar 4.4 Windrose Tahun 2013 .....	41
Gambar 4.5 Windrose Tahun 2014 .....	41

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Parameter Gelombang di Laut Dalam, Transisi, dan Dangkal .....	9
Tabel 2.2 Persamaan untuk Peramalan Tinggi Gelombang dengan Menggunakan Metode SMB (SI).....	11
Tabel 2.3 Koefisien untuk Menghitung Deviasi Standar .....	14
Tabel 2.4 Batas Interval Keyakinan .....	15
Tabel 2.5 Koefisien Refleksi.....	19
Tabel 2.6 Koefisien Stabilitas $K_D$ untuk Berbagai Jenis Butir ....	30
Tabel 2.7 Koefisien Lapis .....	33
Tabel 4.1 Data Pasang Surut Bulan November 2013 di Teluk Sumbreng	43
Tabel 4.2 Skema II .....	44
Tabel 4.3 Skema III .....	45
Tabel 4.4 Skema IV .....	53
Tabel 4.5 Skema IV (Lanjutan).....	54
Tabel 4.6 Skema V, VI, dan VII.....	55
Tabel 4.7 Skema VIII .....	61
Tabel 4.8 Konstanta Pasang Surut.....	62
Tabel 4.9 Tinggi gelombang maksimum tahunan yang didapatkan dari hasil perhitungan metode SMB.....	63
Tabel 4.10 Perhitungan gelombang dengan periode ulang berdasarkan Metode Weibull .....	65
Tabel 5.1 Elevasi Muka Air Rencana	70
Tabel 5.2 Run Up Gelombang.....	71
Tabel 5.3 Tinggi Breakwater.....	72
Tabel 5.4 Rekapitulasi Dimensi Struktur Bangunan Tiap Lapisan .....	74

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Fetch Selatan.....	81
Lampiran 2. Fetch Tenggara .....	81
Lampiran 3. Fetch Timur.....	82
Lampiran 4. Daftar 1 Konstanta pengali untuk menyusun Skema II .....	82
Lampiran 5. Daftar 2 Konstanta pengali untuk menyusun Skema IV .....	83
Lampiran 6. Daftar 3 untuk menyusun Skema V dan VI.....	84
Lampiran 7. Grafik Pasang Surut .....	85
Lampiran 8. Hasil perhitungan analisa refraksi pada arah Tenggara menggunakan periode ulang 50 tahun .....	86
Lampiran 9. (Lanjutan) Hasil perhitungan analisa refraksi pada arah Tenggara menggunakan periode ulang 50 tahun .....	87
Lampiran 10. (Lanjutan) Hasil perhitungan analisa refraksi pada arah Tenggara menggunakan periode ulang 50 tahun .....	88
Lampiran 11. (Lanjutan) Hasil perhitungan analisa refraksi pada arah Tenggara menggunakan periode ulang 50 tahun .....	89
Lampiran 12. (Lanjutan) Hasil perhitungan analisa refraksi pada arah Tenggara menggunakan periode ulang 50 tahun .....	90
Lampiran 13. (Lanjutan) Hasil perhitungan analisa refraksi pada arah Tenggara menggunakan periode ulang 50 tahun .....	91
Lampiran 14. (Lanjutan) Hasil perhitungan analisa refraksi pada arah Tenggara menggunakan periode ulang 50 tahun .....	92
Lampiran 15. (Lanjutan) Hasil perhitungan analisa refraksi pada arah Tenggara menggunakan periode ulang 50 tahun .....	93

Lampiran 16. (Lanjutan) Hasil perhitungan analisa refraksi pada arah Tenggara menggunakan periode ulang 50 tahun .....	93
Lampiran 17. (Lanjutan) Hasil perhitungan analisa refraksi pada arah Tenggara menggunakan periode ulang 50 tahun .....	95
Lampiran 18. Layout Perencanaan Breakwater.....	96
Lampiran 19. Perhitungan Gelombang Pecah pada Pias Arah Tenggara Periode 50 Tahun.....	97
Lampiran 20. Perhitungan Gelombang Pecah pada Pias Arah Tenggara Periode 50 Tahun.....	98
Lampiran 21. Perhitungan Gelombang Pecah pada Pias Arah Tenggara Periode 50 Tahun.....	99
Lampiran 22. Perhitungan Gelombang Pecah pada Pias Arah Tenggara Periode 50 Tahun.....	100
Lampiran 23. Perhitungan Gelombang Pecah pada Pias Arah Tenggara Periode 50 Tahun.....	101
Lampiran 24. Perhitungan Gelombang Pecah pada Pias Arah Tenggara Periode 50 Tahun.....	102
Lampiran 25. Perhitungan Gelombang Pecah pada Pias Arah Tenggara Periode 50 Tahun.....	103
Lampiran 26. Perhitungan Gelombang Pecah pada Pias Arah Tenggara Periode 50 Tahun.....	104
Lampiran 27. Perhitungan Gelombang Pecah pada Pias Arah Tenggara Periode 50 Tahun.....	105
Lampiran 28. Perhitungan Gelombang Pecah pada Pias Arah Tenggara Periode 50 Tahun.....	106

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang Masalah**

Indonesia merupakan negara kepulauan yang terdiri dari 13.466 pulau dan wilayah pantai sepanjang 99.093 km. Wilayah pantai ini merupakan kawasan yang sangat intensif dimanfaatkan oleh manusia terutama untuk kegiatan industri, pelabuhan, pertambakan, perikanan, dan pariwisata. Untuk mendukung kegiatan-kegiatan tersebut mengakibatkan kebutuhan akan lahan dan prasarana meningkat.

Secara umum pembangunan di bidang perikanan dilakukan melalui serangkaian kebijakan. Di bawah Kementerian Kelautan dan Perikanan, pembangunan di bidang perikanan diorientasikan untuk meningkatkan tata pemanfaatan sumber daya ikan, mengembangkan sarana dan prasarana perikanan, meningkatkan pelayanan usaha dan pengendalian usaha perikanan, meningkatkan mutu dan nilai tambah hasil perikanan serta mengembangkan usaha perikanan skala kecil.

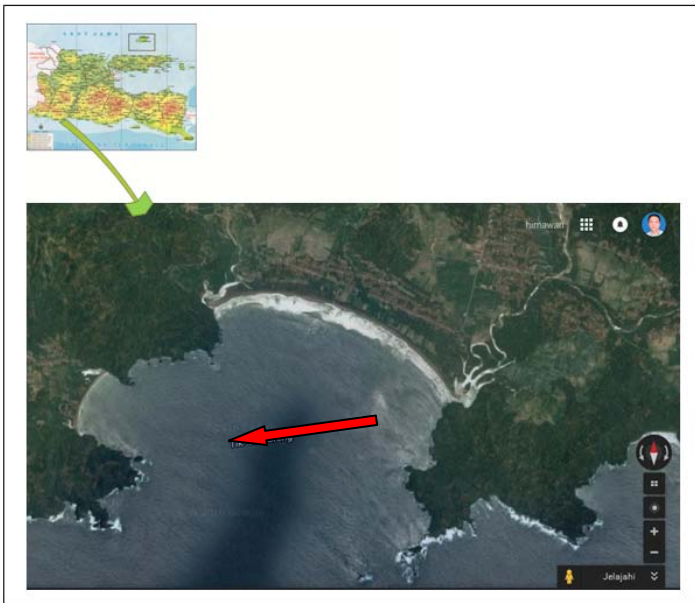
Pengembangan di bidang perikanan masih dihadapkan dengan berbagai permasalahan di masa depan. Seperti minimnya sarana dan prasarana, terjadi kerusakan lingkungan ekosistem air laut dan pesisir, dan masih terbatasnya akses nelayan ke sumber daya produktif termasuk permodalan dan layanan usaha yang pada akhirnya berdampak pada rendahnya kesejahteraan nelayan. Dengan minimnya sarana dan prasarana yang menunjang aktivitas nelayan, maka pengembangan di bidang perikanan akan terhambat. Oleh karena itu, permasalahan tersebut menjadi sebuah tantangan untuk semakin mengakselerasikan pembangunan di bidang perikanan di masa mendatang.

Kabupaten Trenggalek merupakan Kabupaten yang terletak di bagian selatan dari wilayah Propinsi Jawa Timur, yang terletak pada 111° 24' - 112° 11' BT dan 7° 53' - 8° 34' LS. dengan batas wilayahnya :



- Sebelah Barat berbatasan dengan Kabupaten Ponorogo dan Kabupaten Pacitan
- Sebelah Timur berbatasan dengan Kabupaten Tulungagung
- Sebelah Utara berbatasan dengan Kabupaten Ponorogo dan Kabupaten Tulungagung
- Sebelah Selatan berbatasan dengan Samudra Hindia

Kabupaten Trenggalek yang beribukota di Trenggalek memiliki luas 126.140 Ha yang terbagi dalam 152 Kelurahan/Desa dan 14 Kecamatan. Yang menjadi lokasi studi untuk tugas akhir ini yaitu di Teluk Sumbreg, Kecamatan Munjungan, Kabupaten Trenggalek sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1 Peta Teluk Sumbreg, Kabupaten Trenggalek

Pada daerah studi Kecamatan Munjungan, Kabupaten Trenggalek, yang memiliki potensi perikanan berupa pantai sepanjang 96 km, ketersediaan ikan cukup melimpah. Potensi ini sudah selayaknya dapat dimanfaatkan semaksimal mungkin untuk memenuhi kebutuhan sumber pangan masyarakat Kabupaten Trenggalek secara mandiri. Pemerintah Daerah akan membangun pelabuhan sebagai sarana bagi para nelayan untuk menunjang kegiatan perikanan. Namun, diperlukan pula sarana pendukung untuk dapat memaksimalkan kegiatan di bidang perikanan. Salah satunya yaitu dengan membuat bangunan pemecah gelombang (*breakwater*). Bangunan pemecah gelombang merupakan konstruksi yang bisa dibangun sejajar atau tegak lurus dengan garis pantai yang berfungsi untuk melindungi perairan dibelakangnya terhadap serangan gelombang. Bangunan Pemecah Gelombang ini direncanakan agar memudahkan bersandarnya kapal nelayan serta kegiatan bongkar muat hasil tangkapan ikan di pelabuhan.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Berdasarkan fenomena yang terjadi, permasalahan yang dibahas dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana kondisi iklim gelombang dan pasang surut di daerah Pantai Teluk Sumbreg?
2. Berapa kedalaman perairan di lokasi perencanaan?
3. Berapa tinggi gelombang di laut dalam dan tinggi gelombang rencana yang akan bekerja pada bangunan pemecah gelombang?
4. Berapa dimensi struktur bangunan pemecah gelombang?

## **1.3 Tujuan Tugas Akhir**

Tujuan penulisan tugas akhir ini yaitu:

1. Mengetahui kondisi iklim gelombang dan pasang surut di daerah Pantai Teluk Sumbreg.
2. Mendapatkan kedalaman perairan di lokasi perencanaan.

4

3. Mendapatkan tinggi gelombang di laut dalam dan tinggi gelombang di depan struktur.
4. Mendapatkan dimensi struktur bangunan pemecah gelombang di Teluk Sumbreng.

#### **1.4 Batasan Masalah**

Dalam tugas akhir ini dibatasi permasalahan pada:

1. Tidak memperhitungkan biaya dan waktu dalam perencanaan.
2. Tidak melakukan analisis data tanah untuk pondasi.

#### **1.5 Manfaat Tugas Akhir**

Manfaat yang bisa didapat dari penyusunan tugas akhir ini yaitu dapat menghasilkan desain perencanaan bangunan pemecah gelombang dan dapat dimanfaatkan secara maksimal oleh masyarakat Kecamatan Munjungan untuk kebutuhan bidang perikanan.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Umum**

Dalam bab ini akan dijelaskan beberapa dasar teori yang akan digunakan sebagai dasar perencanaan bangunan pengaman pantai. Cara untuk melindungi pantai khususnya dermaga dari gelombang agar kapal nelayan dapat berlabuh dengan tenang adalah dengan mengurangi energi gelombang yang sampai ke dermaga yaitu dengan membuat bangunan pemecah gelombang.

#### **2.2 Angin**

Angin merupakan unsur pembentuk gelombang yang paling dominan. Peramalan gelombang menggunakan data yang diperoleh dari lokasi pengukuran langsung di atas permukaan laut atau pengukuran di darat di dekat lokasi peramalan yang kemudian di konversi menjadi data angin di laut. Data angin dapat diperoleh dari stasiun meteorologi terdekat atau dari Bandar udara terdekat.

Biasanya pengukuran angin dilakukan di daratan, sedangkan rumus-rumus pembangkit gelombang data angin yang digunakan adalah yang ada di permukaan laut. Oleh karena itu, diperlukan transformasi dari data angin di atas daratan yang terdekat dengan lokasi studi ke data angin di atas permukaan laut (Triatmodjo, Bambang : 2016).

Kecepatan angin yang akan dipergunakan untuk peramalan gelombang adalah (SPM, 1984):

$$U = R_T \cdot R_L (U_{10})_L \quad (2.1)$$

Dimana :

$R_T$  = Koreksi akibat perbedaan temperatur antara udara dan air (Gambar 2.1)

$R_L$  = Koreksi terhadap pencatatan angin yang dilakukan di darat (Gambar 2.2)

$(U_{10})_L$  = Kecepatan angin pada ketinggian 10 m di atas tanah (land).

Koreksi antara data angin di darat dan di atas permukaan laut dapat menggunakan rumus berikut ini:

$$R_L = \frac{U_W}{U_L} \quad (2.2)$$

Dimana:

$R_L$  = Faktor koreksi terhadap kecepatan angin di darat

$U_W$  = Kecepatan angin di atas permukaan laut (m/dt)

$U_L$  = Kecepatan angin di atas daratan (m/dt)

Beberapa rumus atau grafik untuk memprediksi gelombang didasarkan pada kecepatan angin yang diukur pada  $y = 10$  m. Apabila angin tidak diukur pada elevasi 10 m, maka kecepatan angin harus dikonversi pada elevasi tersebut (Triatmodjo, Bambang : 2016).

$$U_{(10)} = U_{(y)} \left( \frac{10}{y} \right)^{\frac{1}{7}} \quad (2.3)$$

di mana,

$U_{(10)}$  = kecepatan angin di elevasi 10 m

$U_{(y)}$  = kecepatan angin pada ketinggian  $\neq 10$  m dan  $y < 20$ m

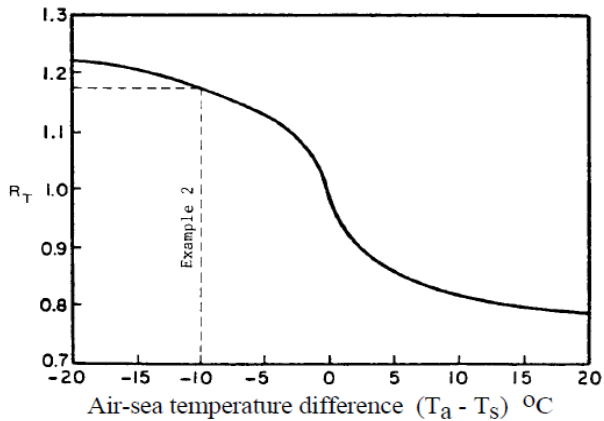
Untuk menggunakan grafik yang ada pada buku Shore Protection Manual (1984), kecepatan angin tersebut masih harus dirubah ke faktor tegangan angin  $U_A$  (wind-stress factor) yang dapat dihitung dengan rumus berikut (SPM, 1984):

$$U_A = 0,71 U^{1,23} \quad (2.4)$$

Dimana :

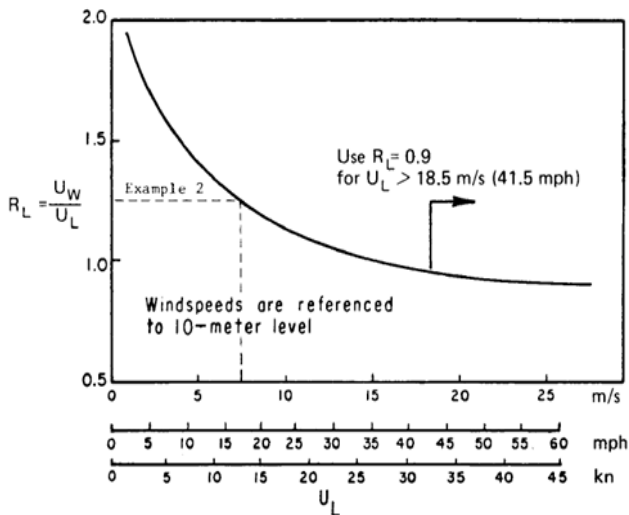
$U$  = Kecepatan angin dalam (m/dt)

$U_A$  = Faktor tegangan angin (*wind stress factor*)



Gambar 2.1 Koefisien Koreksi Kecepatan terhadap Perbedaan Temperatur ( $R_T$ )

(Sumber: CERC, 1984)



Gambar 2.2 Koefisien Koreksi terhadap Pencatatan Kecepatan di Darat

(Sumber: CERC, 1984)

### 2.3 Gelombang

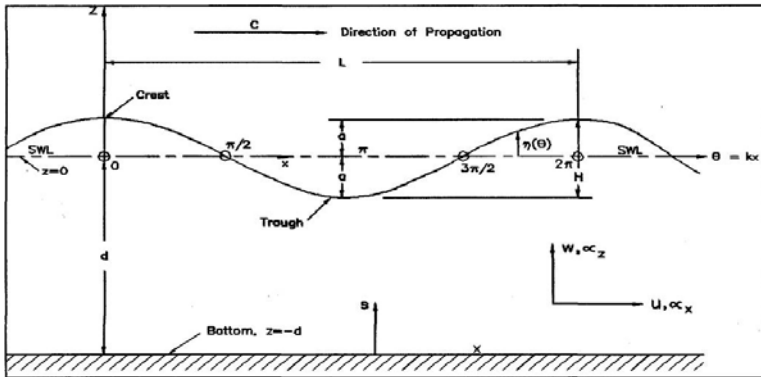
Gelombang di laut dapat dibedakan menjadi beberapa macam yang tergantung pada gaya pembangkitnya. Gelombang tersebut adalah gaya yang dibangkitkan oleh tiupan angin di permukaan laut, gelombang pasang surut dibangkitkan oleh gaya tarik benda-benda langit terutama matahari dan bulan terhadap bumi, dan sebagainya.

Pada umumnya bentuk gelombang yang di alam adalah sangat kompleks dan sulit digambarkan secara matematis. Ada beberapa teori yang menggambarkan gelombang linier atau teori gelombang amplitudo kecil yang pertama kali dikemukakan oleh Airy pada tahun 1845 (Bambang Triatmodjo, 2016)

#### 2.3.1 Teori Gelombang Amplitudo Kecil

Gambar 2.3. menunjukkan suatu gelombang yang berada pada sistem koordinat x-y. Gelombang menjalar pada arah sumbu x. Beberapa notasi yang digunakan adalah:

- d : Jarak antara muka air rerata dan dasar laut (kedalaman laut)
- $\eta$  : Fluktuasi muka air terhadap muka air diam
- a : Amplitudo
- H : Tinggi gelombang
- L : Panjang gelombang, yaitu jarak antara dua puncak gelombang yang berurutan
- T : Periode gelombang, yaitu interval waktu yang diperlukan oleh partikel air untuk kembali pada kedudukan yang sama dengan kedudukan sebelumnya.
- C : Kecepatan rambat gelombang =  $L/T$
- k : Angka gelombang =  $2\pi/L$
- $\sigma$  : Frekuensi gelombang =  $2\pi/T$



Gambar 2.3 Sketsa Definisi Gelombang

(Sumber: CERC, 1984)

Berdasarkan kedalaman relatif, yaitu perbandingan antara kedalaman air dan panjang gelombang ( $d/L$ ), gelombang dapat diklasifikasikan menjadi 3 macam, yaitu: gelombang di laut dangkal, gelombang di laut transisi dan gelombang di laut dalam. Perbedaan dari masing-masing gelombang dijelaskan pada tabel berikut ini:

Tabel 2.1 Parameter Gelombang di Laut Dalam, Transisi, dan Dangkal

	Laut Dalam	Laut Transisi	Laut Dangkal
Kedalaman Relatif ( $d/L_0$ )	$> \frac{1}{25} - \frac{1}{2}$	$\frac{1}{25} - \frac{1}{2}$	$< \frac{1}{25} - \frac{1}{2}$
Cepat Rambat (c)	1,56 T	$\frac{gT}{2\pi}$ tankd	$\sqrt{gd}$
Panjang Gelombang (L)	1,56 T <sup>2</sup>	$\frac{gT^2}{2\pi}$ tankd	$\sqrt{gd}T$



(Sumber: CERC, 1984)

### 2.3.2 Analisa Gelombang

#### 2.3.2.1 Fetch

Di dalam pembangkitan gelombang di laut, *fetch* dibatasi oleh bentuk daratan yang mengelilingi laut. Di daerah pembentukan gelombang tidak hanya dibangkitkan dalam arah yang sama dengan arah angin tetapi juga dalam berbagai sudut terhadap arah angin. *Fetch* rerata efektif diberikan oleh persamaan berikut. (Triatmodjo, Bambang: 2016)

$$F_{eff} = \frac{\sum(X_i \cdot \cos \alpha_i)}{\sum \cos \alpha_i} \quad (2.5)$$

dimana:

- $F_{eff}$  = *fetch* rerata efektif
- $X_i$  = Panjang segmen *fetch* yang diukur dari titik observasi gelombang ke ujung akhir *fetch*
- $\alpha_i$  = deviasi pada kedua sisi arah angin dengan menggunakan pertambahan  $6^\circ$  sampai sudut  $42^\circ$  pada kedua sisi dari arah angin

#### 2.3.2.2 Peramalan Gelombang di Laut Dalam

Besarnya tinggi dan periode gelombang di laut dalam ini didapatkan dari hasil analisa data angin yang didapatkan dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika dengan panjang *fetch* efektif yang sudah diperhitungkan sebelumnya. Perhitungan tinggi gelombang yang terjadi di laut dalam menggunakan metode *Sverdrup Muck Bretschneider* (SMB) yang telah dimodifikasi (CERC, 1984). Perumusan metode SMB dapat dilihat pada Tabel 2.4. Pada tabel tersebut ada 2 klasifikasi perhitungan yaitu berdasarkan *Fetch Limited* dan *Fully Developed*. (catatan satuan yang digunakan adalah satuan SI dengan  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ ).

Tabel 2.2 Persamaan untuk Peramalan Tinggi Gelombang dengan Menggunakan Metode SMB (SI)

<i>Dimensionless</i>	<i>Metric Units</i>	
	H(m), T(s), $U_A$ (m/s), F(m), t(s)	H(m), T(s), $U_A$ (m/s), F(km), t(hr)
<i>Fetch Limited (F,U)</i>		
$\frac{g \cdot H_{m0}}{U_A^2}$ $= 1,6 \times 10^{-3} \left( \frac{g \cdot F}{U_A^2} \right)^{1/2}$	$H_{m0} =$ $5,112 \times 10^{-4} \cdot U_A \cdot F^{1/2}$	$H_{m0} =$ $1,616 \times 10^{-2} \cdot U_A \cdot F^{1/2}$
$\frac{g \cdot T_m}{U_A}$ $= 2,857 \times 10^{-1} \left( \frac{g \cdot F}{U_A^2} \right)^{1/2}$	$T_m =$ $6,238 \times 10^{-2} \cdot (U_A \cdot F)^{1/2}$	$T_m =$ $6,238 \times 10^{-1} \cdot (U_A \cdot F)^{1/2}$
$\frac{g \cdot t}{U_A}$ $= 6,88 \times 10^1 \left( \frac{g \cdot F}{U_A^2} \right)^{2/3}$	$t =$ $3,215 \times 10^1 \left( \frac{F^2}{U_A} \right)^{1/3}$	$t =$ $8,93 \times 10^{-1} \left( \frac{F^2}{U_A} \right)^{1/3}$
<i>Fully Developed</i>		
$\frac{g \cdot H_{m0}}{U_A^2}$ $= 2,433 \times 10^{-1}$	$H_{m0} =$ $2,482 \times 10^{-2} \cdot U_A^2$	$H_{m0} =$ $2,482 \times 10^{-2} \cdot U_A^2$
$\frac{g \cdot T_m}{U_A} = 8,134$	$T_m =$ $8,308 \times 10^{-1} \cdot U_A$	$T_m =$ $8,308 \times 10^{-1} \cdot U_A$
$\frac{g \cdot t}{U_A} = 7,15 \times 10^4$	$t = 7,296 \times 10^3 \cdot U_A$	$t = 2,027 \cdot U_A$
$g = 9,8 \text{ m/s}^2$		

(Sumber: CERC, 1984)

dimana :  $H_{m0}$  = Tinggi gelombang significant  
 $T_0$  = Periode gelombang puncak  
 $F$  = Panjang fetch  
 $U_a$  = Tekanan angin

### 2.3.2.3 Peramalan Gelombang dengan Periode Ulang

Gelombang yang dihitung pada pembahasan sebelumnya merupakan tinggi gelombang pada laut dalam yang datanya merupakan hasil analisa dari kecepatan dan arah angin yang telah tercatat beberapa tahun secara urut sebelum bangunan pengaman pantai dibuat. Untuk menentukan tinggi gelombang rencana ini, maka hasil tinggi gelombang yang didapat sebelumnya dihitung menggunakan fungsi distribusi probabilitas. Metode yang digunakan untuk perhitungan tinggi gelombang rencana adalah distribusi Weibull dan distribusi Gumbel (Fisher Tippet Type I (CERC, 1992).

Kedua distribusi tersebut mempunyai bentuk berikut ini:

1. Distribusi Fisher Tippet Type I.

$$P(H_s \leq \hat{H}_s) = e^{-e^{\left(\frac{\hat{H}_s - B}{A}\right)}} \quad (2.6)$$

2. Distribusi Weibull

$$P(H_s \leq \hat{H}_s) = 1 - e^{-e^{\left(\frac{\hat{H}_s - B}{A}\right)^k}} \quad (2.7)$$

dengan:

$P(H_s \leq \hat{H}_s)$  = Probabilitas bahwa  $\hat{H}_s$  tidak dilampaui  
 $H_s$  = Tinggi gelombang representatif  
 $\hat{H}_s$  = Tinggi gelombang dengan nilai tertentu  
 $A$  = Parameter skala  
 $B$  = Parameter lokasi  
 $k$  = Parameter bentuk

Data masukan disusun dalam urutan dari besar ke kecil. Selanjutnya probabilitas ditetapkan untuk setiap tinggi gelombang sebagai berikut:

1. Distribusi Fisher Tippet Type I.

$$P(Hs \leq Hsm) = 1 - \frac{m-0,44}{NT+0,12} \quad (2.8)$$

## 2. Distribusi Weibull

$$P(Hs \leq Hsm) = 1 - \frac{m-0,2 - \frac{0,27}{\sqrt{k}}}{NT+0,2 + \frac{0,23}{\sqrt{k}}} \quad (2.9)$$

dengan:

$P(Hs \leq Hsm)$  = Probabilitas dari tinggi gelombang representatif ke  $m$  yang tidak dilampaui

$Hsm$  = Tinggi gelombang urutan ke  $m$

$M$  = Nomor urut tinggi gelombang signifikan

$N_T$  = Jumlah kejadian gelombang selama pencatatan

Parameter A dan B di dalam persamaan 2.5 dan 2.6 dihitung dari metode kuadrat terkecil untuk setiap tipe distribusi yang digunakan. Hitungan didasarkan pada analisa regresi linier dari hubungan berikut:

$$Hsm = A y_m + B$$

dimana  $y_m$  untuk distribusi Fisher Tippet tipe I:

$$y_m = - \ln \{ - \ln F(Hs \leq Hsm) \} \quad (2.10)$$

untuk distribusi Weibull:

$$y_m = [ - \ln \{ 1 - F(Hs \leq Hsm) \} ]^{1/k} \quad (2.11)$$

Tinggi gelombang signifikan untuk berbagai periode ulang dihitung dari fungsi probabilitas dengan rumus berikut ini.

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

dimana  $y_r$  untuk distribusi Fisher-Tippett tipe I:

$$y_r = - \ln \left\{ - \ln \left( 1 - \frac{1}{L \cdot T_r} \right) \right\} \quad (2.13)$$

dan untuk distribusi Weibull:

$$y_r = [ \ln(L \cdot T_r) ]^{1/k} \quad (2.14)$$

dengan:

$H_{sr}$  = tinggi gelombang signifikan dengan periode ulang  $T_r$

$T_r$  = periode ulang (tahun)

$K$  = panjang data (tahun)

$L$  = rerata jumlah kejadian per tahun

### 2.3.2.4 Interval Keyakinan

Perkiraan interval keyakinan sangat penting dalam analisa gelombang ekstrim. Hal ini dikarenakan biasanya periode pencatatan gelombang adalah pendek dan tingkat ketidakpastian yang tinggi dalam perkiraan gelombang ekstrim. Batas keyakinan sangat dipengaruhi oleh penyebaran data, sehingga nilainya bergantung pada standar deviasi. Dalam perhitungan ini digunakan pendekatan yang dilakukan oleh Gumbel (1958) dan Goda (2000) dalam CERC (1992) untuk perkiraan standar deviasi dari nilai uang. Standar deviasi yang dinormalkan dihitung dengan persamaan berikut:

$$\sigma_{nr} = \frac{1}{\sqrt{N}} [1 + \alpha(y_r - c + \varepsilon \ln v)^2]^{1/2} \quad (2.15)$$

dengan:

$\sigma_{nr}$  = standar deviasi yang dinormalkan dari tinggi gelombang signifikan

dengan periode ulang T

N = jumlah data tinggi gelombang signifikan

$$\alpha = \alpha_1 e^{\alpha_2 N^{-1,3} + k\sqrt{-\ln v}}$$

$\alpha_1, \alpha_2, e, \varepsilon, k$  = koefisien empiris yang diberikan pada tabel 2.3

$$v = \frac{N}{NT}$$

Tabel 2.3 Koefisien untuk Menghitung Deviasi Standar

Distribusi	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$e$	$c$	E
FT-1	0,64	9,0	0,93	0,0	1,33
Weibull (k=1,4)	2,05	11,4	0,69	0,4	0,72

(Sumber: Triatmodjo, 2016)

Besaran absolute standar deviasi dari tinggi gelombang signifikan dihitung dengan rumus:

$$\sigma_r = \sigma n_r \sigma_{H_s} \quad (2.16)$$

dengan:

$\sigma_r$  = kesalahan standar dari tinggi gelombang signifikan dengan periode ulang  $T_r$

$\sigma_{H_s}$  = standar deviasi dari data gelombang signifikan

Tabel 2.4 Batas Interval Keyakinan

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

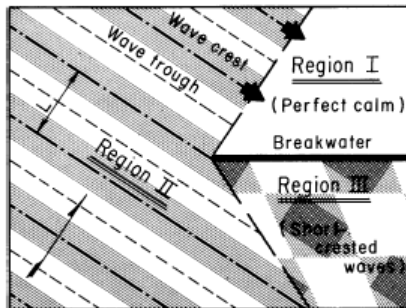
(Sumber: Triatmodjo, 2016)

### 2.3.3 Transformasi Gelombang

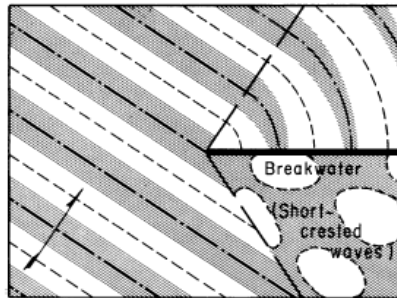
Apabila suatu deretan gelombang bergerak menuju pantai, gelombang tersebut akan mengalami perubahan bentuk yang disebabkan oleh proses difraksi, refraksi, pendangkalan gelombang, refleksi, dan gelombang pecah.

#### 2.3.3.1 Difraksi Gelombang

Difraksi gelombang terjadi apabila gelombang datang terhalang oleh suatu rintangan seperti breakwater atau pulau, maka gelombang tersebut akan membelok di sekitar ujung rintangan dan masuk di daerah terlindung di belakangnya; terlihat dalam gambar 2.5 dan 2.6.



Gambar 2.4 Gelombang Tanpa Difraksi



Gambar 2.5 Gelombang Terdifraksi

(Sumber: CERC, 1984)

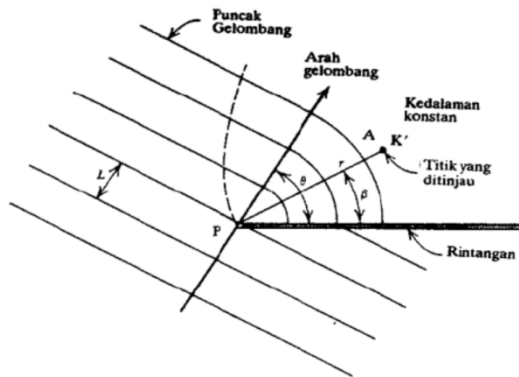
Apabila tidak terjadi difraksi gelombang, daerah di belakang rintangan akan tenang tetapi karena adanya proses difraksi maka daerah tersebut terpengaruh oleh gelombang datang.

Persamaan tinggi gelombang akibat pengaruh difraksi gelombang dapat dilihat dalam persamaan 2.16. Dengan  $K'$  adalah koefisien difraksi yang merupakan perbandingan antara tinggi gelombang di titik yang terletak di daerah terlindung dan tinggi gelombang datang. Nilai  $K'$  untuk  $\theta$ ,  $\beta$ ,  $r/L$  tertentu dapat dilihat dalam tabel difraksi.

$$H_A = K' \cdot H_P \quad (2.17)$$

dimana:

$H_A$  = tinggi gelombang yang ditinjau  
 $H_P$  = tinggi gelombang di ujung rintangan



Gambar 2.6 Difraksi Gelombang di Belakang Rintangan

(Sumber: Triatmodjo, 2016)

### 2.3.3.2 Refraksi

Kecepatan rambat gelombang tergantung pada kedalaman air dimana gelombang menjalar. Apabila cepat rambat gelombang berkurang dengan kedalaman, panjang gelombang juga berkurang secara linier. Refraksi dan pendangkalan gelombang (*wave shoaling*) akan dapat menentukan tinggi gelombang di suatu tempat berdasarkan karakteristik gelombang datang. Refraksi mempunyai pengaruh yang cukup besar terhadap tinggi dan arah gelombang serta distribusi energi gelombang di sepanjang pantai.

Apabila gelombang ditinjau di suatu titik di laut dalam, maka:

$$\sin \alpha = \left( \frac{c}{c_0} \right) \sin \alpha_0 \quad (2.18)$$

dimana:

$\alpha_0$  = sudut antara puncak gelombang dengan kontur dasar



$\alpha$  = sudut yang sama diukur saat garis puncak gelombang melintasi kontur dasar

$C_0$  = kecepatan gelombang pada kontur pertama

$C$  = kecepatan gelombang pada kontur kedua

Seperti terlihat dalam gambar 2.6, jarak antara orthogonal di laut dalam dan di suatu titik adalah  $b_0$  dan  $b$ . apabila kontur dasar laut adalah lurus dan sejajar maka jarak  $x$  di titik 0 dan di titik berikutnya adalah sama sehingga:

$$x = \frac{b}{\cos \alpha_0} = \frac{b}{\cos \alpha} \quad (2.19)$$

maka koefisien refraksi ( $K_r$ ) adalah:

$$K_r = \sqrt{\frac{b_0}{b}} = \sqrt{\frac{\cos \alpha_0}{\cos \alpha}} \quad (2.20)$$

### 2.3.3.3 Pendangkalan Gelombang (Wave Shoaling)

Proses pendangkalan gelombang (shoaling) adalah proses berkurangnya tinggi gelombang akibat perubahan kedalaman. Cepat rambat gelombang juga berkurang seiring dengan pengurangan kedalaman dasar laut, sehingga menyebabkan puncak gelombang yang ada di air dangkal bergerak lebih lambat dibandingkan puncak gelombang yang berada di perairan yang lebih dalam.

Koefisien shoaling dapat dituliskan dalam bentuk:

$$\frac{H}{H_0} = \sqrt{\frac{1 x C_0}{2nC}} = K_s \quad (2.21)$$

$$n = \frac{1}{2} \left( 1 + \frac{4\pi h/L}{\sinh(4\pi h/L)} \right) \quad (2.22)$$

Koefisien shoaling juga dapat diperoleh dari tabel L-1 buku Teknik Pantai, Bambang Triatmodjo 2016.

Maka tinggi gelombang pada kedalaman  $H_0$  akibat adanya refraksi dan shoaling adalah:

$$H = K_s \cdot K_r \cdot H_0 \quad (2.23)$$

dimana:

$K_s$  = koefisien shoaling

$K_r$  = koefisien refraksi

$H_o$  = tinggi gelombang di laut dalam

### 2.3.3.4 Refleksi Gelombang

Gelombang datang yang mengenai suatu bangunan akan dipantulkan sebagian atau seluruhnya. Sebuah bangunan dengan sisi miring dan terbuat dari tumpukan batu bisa menyerap energi gelombang lebih banyak dibanding dengan bangunan tegak dan masif. Besar kemampuan suatu bangunan memantulkan gelombang diberikan oleh koefisien refleksi, yaitu perbandingan antara tinggi gelombang refleksi  $H_r$  dengan tinggi gelombang datang  $H_i$  :

$$X = \frac{H_r}{H_i} \quad (2.24)$$

Koefisien refleksi berbagai tipe bangunan diberikan dalam tabel berikut ini:

Tabel 2.5 Koefisien Refleksi

Tipe Bangunan	X
Dinding vertikal dengan puncak di atas air	0.7-1.0
Dinding vertikal dengan puncak terendam	0.5-0.7
Tumpukan batu sisi miring	0.3-0.6
Tumpukan blok beton	0.3-0.5
Bangunan vertikal dengan peredam energi (diberi lubang)	0.05-0.2

(Sumber : Triatmodjo, 2016)

### 2.3.3.5 Gelombang Pecah

Ketika gelombang menjalar dari tempat dalam menuju ke tempat dangkal, pada lokasi tertentu gelombang tersebut akan pecah. Kondisi gelombang pecah tersebut tergantung pada kemiringan dasar pantai dan kecuraman gelombang. Tinggi gelombang pecah dapat dihitung dengan rumus berikut ini.

$$\frac{Hb}{H'_o} = \frac{1}{3,3\left(\frac{H'_o}{L_o}\right)^{\frac{1}{3}}} \quad (2.25)$$

Kedalaman air dimana gelombang pecah diberikan oleh rumus berikut:

$$\frac{db}{Hb} = \frac{1}{b - \left(\frac{aHb}{gT^2}\right)} \quad (2.26)$$

dimana  $a$  dan  $b$  merupakan fungsi kemiringan pantai  $m$  dan diberikan oleh persamaan berikut:

$$a = 43,75(1 - e^{-19m}) \quad (2.27)$$

$$b = \frac{1,56}{(1 + e^{-19,5m})} \quad (2.28)$$

dengan:

$Hb$	= tinggi gelombang pecah
$H'_o$	= tinggi gelombang laut dalam ekivalen
$L_o$	= panjang gelombang di laut dalam
$d_b$	= kedalaman air saat gelombang pecah
$m$	= kemiringan dasar laut
$g$	= percepatan gravitasi
$T$	= periode gelombang

## 2.4 Fluktuasi Muka Air Laut

### 2.4.1 Pasang Surut

Pasang surut adalah fluktuasi muka air laut sebagai fungsi waktu karena adanya gaya tarik benda-benda di langit, terutama matahari dan bulan terhadap massa air laut di bumi. Tinggi pasang surut adalah jarak vertikal antara air tertinggi (puncak air pasang) dan air terendah (lembah air surut) yang berurutan. Periode pasang surut adalah waktu yang diperlukan dari posisi muka air pada muka air rerata ke posisi yang sama berikutnya (Triatmodjo, Bambang : 2016).

Secara umum pasang surut di berbagai daerah dapat dibedakan menjadi empat tipe, yaitu pasang surut harian tunggal (diurnal tide), harian ganda (semi diurnal tide) dan dua jenis campuran.

- Pasang surut harian tunggal (diurnal tide)

Dalam satu hari terjadi satu kali air pasang dan satu kali air surut dengan periode pasang surut adalah 24 jam 50 menit.

- b. Pasang surut harian ganda (semi diurnal tide)  
 Dalam satu hari terjadi dua kali air pasang dan dua kali air surut dengan tinggi yang hampir sama dan pasang surut terjadi secara berurutan dan teratur. Periode pasang surut rata-rata adalah 12 jam 24 menit.
- c. Pasang surut campuran condong ke harian ganda (mixed tide prevelailing semidiurnal tide)  
 Dalam satu hari terjadi dua kali air pasang dan dua kali air surut, tetapi tinggi dan periodenya berbeda.
- d. Pasang surut campuran condong ke harian tunggal (mixed tide prevelailing diurnal tide)  
 Pada tipe ini, dalam satu hari terjadi satu kali air pasang dan satu kali air surut, tetapi kadang-kadang untuk sementara waktu terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dengan tinggi dan periode yang sangat berbeda.

Mengingat elevasi di laut selalu berubah setiap saat, maka diperlukan suatu elevasi yang ditetapkan berdasarkan data pasang surut. Beberapa elevasi tersebut adalah sebagai berikut:

- a. Muka air tinggi (high water level atau high water spring, HWS), muka air tertinggi yang dicapai pada saat air pasang dalam satu siklus pasang surut.
- b. Muka air rendah (low water level atau low water spring, LWS), kedudukan air terendah yang dicapai pada saat air surut dalam satu siklus pasang surut.
- c. Muka air tinggi rerata (mean high water level, MHWL), adalah rerata dari muka air tinggi.
- d. Muka air rendah rerata (mean low water level, MLWL), adalah rerata dari muka air rendah.
- e. Muka air laut rerata (mean sea level, MSL), adalah muka air rerata antara muka air tinggi rerata dan

- muka air rendah rerata. Elevasi ini digunakan sebagai referensi untuk elevasi di daratan.
- f. Muka air tinggi tertinggi (highest high water level, HHWL), adalah air tertinggi pada saat pasang surut purnama atau bulan mati.
  - g. Muka air rendah terendah (lowest low water level, LLWL), adalah air terendah pada saat pasang surut purnama atau bulan mati.
  - h. Higher high water level, adalah air tertinggi dari dua air tinggi dalam satu hari, seperti dalam pasang surut tipe campuran.
  - i. Lower low water level, adalah air terendah dari dua air rendah dalam satu hari.

#### 2.4.2 Kenaikan Muka Air Karena Gelombang (*Wave Set-Up*)

Gelombang yang datang dari laut menuju pantai menyebabkan fluktuasi muka air di daerah pantai terhadap muka air diam. Pada waktu gelombang akan pecah akan terjadi penurunan elevasi muka air rerata terhadap elevasi muka air diam di sekitar lokasi gelombang pecah. Kemudian dari titik dimana gelombang pecah permukaan air rerata miring ke atas ke arah pantai. Turunnya muka air disebut dengan *wave set-up*, seperti pada Gambar.

*Wave set-up* di pantai dapat dihitung dengan menggunakan teori Longuet-Higgins dan Stewart (1963).

$$S_b = - \frac{0,536H_b^{2/3}}{g^{1/2}T} \quad (2.29)$$

Dimana:

- $S_b$  = *set-down* di daerah gelombang pecah  
 $T$  = periode gelombang  
 $H_b$  = tinggi gelombang laut dalam ekivalen  
 $d_b$  = kedalaman gelombang pecah  
 $g$  = percepatan gravitasi

$$S_w = \Delta S - S_b \quad (2.30)$$

Dengan menganggap  $d_b = 1,28 H_b$  maka:

$$\Delta S = 0,15 d_b \quad (2.31)$$

Maka diperoleh:

$$S_w = 0,19 \left[ 1 - 2,82 \sqrt{\frac{H_b}{gT^2}} \right] H_b \quad (2.32)$$

### 2.4.3 Kenaikan Muka Air Karena Angin (*Wind Set-Up*)

Angin dengan kecepatan besar yang terjadi di atas permukaan laut bisa membangkitkan fluktuasi muka air laut yang besar di sepanjang pantai. Besar perubahan elevasi muka air laut tergantung pada kecepatan angin, fetch, kedalaman air dan kemiringan dasar. Kenaikan muka air dapat menyebabkan genangan yang luas di daratan. Penurunan muka air yang cepat setelah badai dapat menyebabkan kerusakan karena sapuan air dari genangan kembali ke laut.

Kenaikan elevasi muka air karena badai dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\Delta h = \frac{F_i}{2} \quad (2.33)$$

$$\Delta h = Fc \frac{v^2}{2gd} \quad (2.34)$$

Dengan:

- $\Delta h$  = kenaikan elevasi muka air karena badai (m)
- $F$  = panjang fetch
- $i$  = kemiringan muka air
- $c$  = konstanta =  $3,5 \times 10^{-6}$
- $v$  = kecepatan angin (m/dt)
- $d$  = kedalaman air (m)
- $g$  = percepatan gravitasi (m/dt<sup>2</sup>)

### 2.4.4 Pemanasan Global

Peningkatan suhu bumi yang diakibatkan oleh efek rumah kaca menyebabkan penguapan lebih besar yang berakibat meningkatnya curah hujan dan berpotensi mengalami banjir. Dampak lainnya adalah peningkatan tinggi muka air laut yang

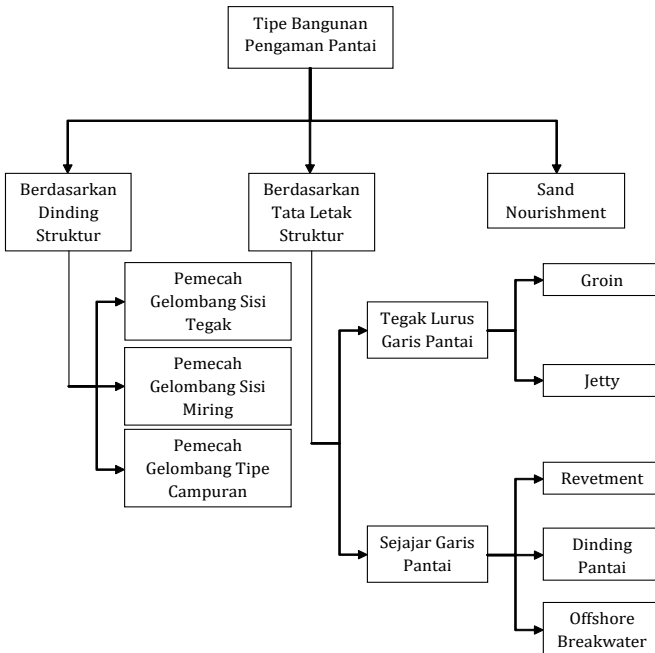
disebabkan oleh pemuaiian air laut dan mencairnya gunung-gunung es di kutub. Kenaikan permukaan air laut akan menyebabkan mundurnya garis pantai sehingga menggusur daerah pemukiman dan mengancam daerah perkotaan yang rendah, membanjiri lahan produktif dan mencemari persediaan air tawar (Triatmodjo, Bambang : 2016).

#### **2.4.5 Elevasi Muka Air Laut Rencana**

Elevasi muka air laut rencana merupakan penjumlahan dari pasang surut, *wave set-up*, *wind set-up*, dan kenaikan muka air karena perubahan suhu global.

#### **2.5 Bangunan Pengaman Pantai**

Bangunan pengaman pantai dibedakan berdasarkan dinding struktur dan tata letak struktur. Macam-macam bangunan pengaman pantai digambarkan melalui skema pada Gambar 2.7 berikut.



Gambar 2.7 Skema Tipe Bangunan Pengaman Pantai

### 2.5.1 Pemecah Gelombang Sisi Tegak

Bangunan sisi tegak terbuat dari dinding blok beton yang disusun secara vertikal, kaisson beton, tumpukan buis beton, dinding turap baja yang di dalamnya diisi batu, dan sebagainya.

Goda (1985) memberikan rumus untuk menghitung tekanan gelombang pada dinding vertikal sebagai berikut:

$$p_1 = \frac{1}{2}(1 + \cos\beta)(\alpha_1 + \alpha_2 \cos^2\beta)\gamma_0 H_{max}$$

$$p_2 = \frac{1}{\cosh(2\pi d/L)}$$

$$p_3 = \alpha_3 p_1$$



dengan :

$$\alpha_1 = 0,6 + \frac{1}{2} \left\{ \frac{4\pi d/L}{\sinh(4\pi d/L)} \right\}^2$$

$$\alpha_2 = \min \left\{ \frac{d_{bw} - h}{3d_{bw}} \left( \frac{H_{max}}{h} \right)^2, \frac{2d}{H_{max}} \right\}$$

$$\alpha_3 = 1 - \frac{d'}{d} \left\{ 1 - \frac{1}{\cosh(2\pi d/L)} \right\}$$

Elevasi maksimum di mana tekanan gelombang bekerja diberikan oleh rumus berikut:

$$\eta^* = 0,75(1 + \cos\beta)H_{max}$$

Di dalam rumus Goda tersebut digunakan tinggi gelombang rencana yang nilainya adalah  $H_{max} = 1,8H_s$  dan periode gelombang maksimum adalah sama dengan periode gelombang signifikan.

Tekanan ke atas dihitung dengan rumus berikut:

$$p_u = \frac{1}{2}(1 + \cos\beta)\alpha_1\alpha_3\gamma_0H_{max}$$

Gaya gelombang dan momen yang ditimbulkan oleh gelombang terhadap kaki pemecah gelombang vertikal dengan menggunakan rumus berikut:

$$R_m = \frac{1}{2}(p_1 + p_3)d' + \frac{1}{2}(p_1 + p_4)d_c^*$$

$$M_m = \frac{1}{6}(2p_1 + p_3)d'^2 + \frac{1}{2}(p_1 + p_4)d'd_c^* +$$

$$\frac{1}{6}(p_1 + 2p_4)d_c^{*2}$$

dengan:

$$f(x) = \begin{cases} p_1(1 - d_c/\eta^*) & : \eta^* > d_c \\ 0 & : \eta^* \leq d_c \end{cases}$$

$$d_c^* = \min\{\eta^*, d_c\}$$

Gaya angkat dan momennya terhadap ujung belakang kaki bangunan adalah:

$$U = \frac{1}{2} P_u B$$

$$M_U = \frac{2}{3} U B$$

dimana:

$d$  = kedalaman air di depan pemecah gelombang

$h$  = kedalaman di atas lapis pelindung dari pondasi tumpukan batu

$d'$  = jarak dari elevasi muka air rencana ke dasar tampang sisi tegak

$d_c$  = jarak antara elevasi muka air rencana dan puncak bangunan

$\eta^*$  = elevasi maksimum dari distribusi tekanan gelombang terhadap muka air

$p_1$  = tekanan maksimum yang terjadi pada elevasi muka air rencana

$p_2$  = tekanan yang terjadi pada tanah dasar

$p_3$  = tekanan yang terjadi pada dasar dinding vertikal

$p_u$  = tekanan ke atas pada dasar dinding vertikal

$\min \{a, b\}$  = nilai yang lebih kecil dari a dan b

$d_{bw}$  = kedalaman air di lokasi yang berjarak  $5H_s$  ke arah laut dari pemecah gelombang

$\beta$  = sudut antara arah gelombang datang dan garis tegak lurus pemecah gelombang, biasanya diambil  $15^\circ$

$B$  = lebar dasar bangunan vertikal

### 2.5.2 Pemecah Gelombang Sisi Miring

Bangunan sisi miring terbuat dari tumpukan batu yang disusun dalam beberapa lapis dengan ukuran batu tertentu, sehingga menjadi sebuah lapisan yang berfungsi sebagai saringan bagi lapisan di bawahnya. Seperti pada gambar berikut, pemecah

gelombang terbuka ke arah laut pada satu sisi, sedangkan sisi lainnya berada di daerah terlindung.

Pemecah gelombang terdiri dari beberapa lapis berikut ini :

1. Lapisan pelindung utama (*primary cover layer*), lapis paling luar yang menerima langsung serangan gelombang. Berat unit lapis lindung harus cukup besar sehingga stabil terhadap hantaman gelombang.
2. Lapis pelindung sekunder (*secondary cover layer*), lapis paling luar yang berada pada elevasi di bawah lapis pelindung utama. Berat unit lapis lindung lebih kecil daripada lapis lindung utama.
3. Lapis bawah pertama (*first underlayer*), lapis disebelah dalam dari lapis lindung utama dan sekunder.
4. Lapis bawah kedua (*second underlayer*), lapis disebelah dalam dari lapis bawah kedua.
5. Inti (*core*), bagian paling dalam dari pemecah gelombang.
6. *Bedding layer*, lapis yang merupakan alas untuk timbunan batu di atasnya.
7. Pelindung tumit, yang berfungsi untuk melindungi gerusan pada kaki bangunan.

### 2.5.2.1 Stabilitas Batu Lapis Pelindung Formula *Hudson* dan *Van Der Meer*

- Stabilitas berat butir batu pelindung dapat dihitung dengan menggunakan rumus *Hudson*.

$$W = \frac{\gamma_r H^3}{K_D (S_r - 1)^3 \cot \theta}$$

$$\text{dengan: } S_r = \frac{\gamma_r}{\gamma_a}$$

dimana:

W = berat butir batu pelindung

$\gamma_r$  = berat jenis batu

$\gamma_a$  = berat jenis air laut

$H$  = tinggi gelombang rencana  
 $\theta$  = sudut kemiringan sisi pemecah gelombang  
 $K_D$  = koefisien stabilitas yang tergantung pada bentuk batu pelindung (batu alam atau buatan), kekasaran permukaan batu, ketajaman sisi-sisinya, ikatan antara butir, dan kondisi gelombang. Nilai  $K_D$  untuk berbagai bentuk batu pelindung dalam Tabel 2.6.

- Stabilitas berat butir batu pelindung dapat dihitung dengan menggunakan rumus *Van Der Meer* (CIRIA, 1991).

Formula untuk menentukan angka stabilitas ( $N_s$ ) unit lapis lindung pemecah gelombang yang berlaku untuk jenis lapis lindung batuan dibedakan tipe gelombang pecah.

Gelombang pecah (*Plunging*) dan gelombang tak pecah (*Surging*) (Van Der Meer, 1987).

1. Stabilitas berat batu pelindung untuk laut dalam

- *Plunging waves*

$$N_s = \frac{H_s}{\Delta D_{n50}} = C_{pl} P^{0.18} \left( \frac{S_d}{\sqrt{N}} \right)^{0.2} \xi_m^{-0.5}$$

untuk  $C_{pl} = 6.2$  , faktor pengaruh grading dan permeabilitas

- *Surging wave*

$$N_s = \frac{H_s}{\Delta D_{n50}} = C_{pu} P^{0.18} \left( \frac{S_d}{\sqrt{N}} \right)^{0.2} \sqrt{\cot \alpha} \xi_m^p$$

untuk  $C_{pu} = 1.0$ , faktor pengaruh grading dan permeabilitas

Tabel 2.6 Koefisien Stabilitas  $K_D$  untuk Berbagai Jenis Butir

No- Damage Criteria and Minor Overtopping							
Armor Units	$n^3$	Placement	Structure Trunk		Structure Head		Slope Cot $\theta$
			$K_D^2$		$K_D$		
			Breaking Wave	Nonbreaking Wave	Breaking Wave	Nonbreaking Wave	
Quarystone							
Smooth rounded	2	Random	1.2	2.4	1.1	1.9	1.5 to 3.0
Smooth rounded	>3	Random	1.6	3.2	1.4	2.3	<sup>5</sup>
Rough angular	1	Random 4	<sup>4</sup>	2.9	<sup>4</sup>	2.3	<sup>5</sup>
Rough angular	2	Random	2.0	4.0	1.9	3.2	1.5
					1.3	2.3	2.0
Rough Angular	>3	Random	2.2	4.5	2.1	4.2	<sup>5</sup>
Rough Angular	2	Special	5.8	7.0	5.3	6.4	<sup>5</sup>
Parallepiped 7	2	Special	7.0-20.0	8.5-24.0	----	----	
Tetrapod and Quadripod	2	Random	7.0	8.0	5.0	6.0	1.5
					4.5	5.5	2.0
Tribar	2	Random	9.0	10.0	3.5	4.0	3.0
					8.3	9.0	1.5
Dolos	2	Random	15.8 <sup>b</sup>	31.8 <sup>b</sup>	7.8	8.5	2.0
					6.0	6.5	3.0
Modified cube	2	Random	6.5	7.5	8.0	16.0	2.0 <sup>u</sup>
					7.0	14.0	3.0
Hexapod	2	Random	8.0	9.5	5.0	7.0	<sup>5</sup>
Toskane	2	Random	11.0	22.0	----	5.0	<sup>5</sup>
Tribar	1	Unifarm	12.0	15.0	7.5	9.5	<sup>5</sup>
Quarystone ( $K_{RH}$ )							
Graded angular		Random	2.2	2.5	----	----	----

(Sumber: Triatmodjo, 2016)

## 2. Stabilitas berat batu pelindung untuk laut dangkal

### - *Plugging waves*

$$N_s = \frac{H_{2\%}}{\Delta D_{n50}} = C_{pl} P^{0.18} \left( \frac{S_d}{\sqrt{N}} \right)^{0.2} \xi_m^{-0.5}$$

untuk  $C_{pl} = 8.7$ , faktor pengaruh grading dan bentuk material

### - *Surging waves*

$$N_s = \frac{H_{2\%}}{\Delta D_{n50}} = C_{pu} P^{0.18} \left( \frac{S_d}{\sqrt{N}} \right)^{0.2} \sqrt{(\cot \alpha)} \xi_m^p$$

untuk  $C_{pu} = 1.4$ , faktor pengaruh grading dan permeabilitas

$$\text{dimana } \xi_m = I_r = \tan \alpha / \sqrt{S} = \tan \alpha / \sqrt{\frac{H_s}{L_o}}$$

dengan :

$P$  : Porositas pemecah gelombang

$N$  : Parameter untuk mempertimbangkan bahwa kondisi desain tercapai berkali-kali selama umur rencana struktur

$\xi$  : Parameter surf similarity

$S$  : *Armor damage*,

Van Der Meer menyarankan bahwa :

$P$  : 0.1 untuk lapisan armor di atas lapisan kedap

$P = 0.4$  untuk armor di atas *coarse core*, dan  $P = 0.6$  untuk struktur yang seluruhnya dari batu armor.

$S$  : 2-3 untuk *zero damage*.

$N$  : 1000-7500

### 2.5.2.2 Dimensi Pemecah Gelombang Sisi Miring

Perencanaan pemecah gelombang dilakukan pada beberapa bagian berikut ini:

#### 1. Elevasi puncak pemecah gelombang

Elevasi puncak bangunan dihitung berdasarkan kenaikan (*runup*) gelombang, yang tergantung pada bentuk dan kekasaran bangunan, kedalaman air pada kaki bangunan, kemiringan dasar laut di depan bangunan, dan karakteristik gelombang. Karena banyaknya variabel yang berpengaruh, maka besarnya *runup* sangat sulit ditentukan secara analitis. Gambar 2.8 menunjukkan *runup* gelombang yang terjadi karena gelombang membentur bangunan dengan permukaan miring.

Penentuan tinggi *runup* telah diteliti oleh Irribaren. Penelitian ini untuk menentukan *runup* gelombang pada bangunan dengan permukaan miring dan dari berbagai tipe material. Bilangan Irribaren mempunyai bentuk berikut :

$$I_r = \frac{tg \theta}{(H/L)^{0.5}}$$

dengan:

$I_r$  = Bilangan Irribaren

$\theta_r$  = sudut kemiringan sisi pemecah gelombang

H = tinggi gelombang di lokasi bangunan

Lo = panjang gelombang di laut dalam

#### 2. Lebar puncak pemecah gelombang

Lebar puncak pemecah gelombang dapat dihitung menggunakan rumus berikut ini:

$$B = nk_{\Delta} \left[ \frac{W}{\gamma_r} \right]^{\frac{1}{3}}$$

di mana:

$B$  = lebar puncak

$n$  = jumlah butir batu

$k_{\Delta}$  = koefisien lapis (Tabel 2.7)

$W$  = berat butir batu pelindung

$\gamma_r$  = berat jenis batu pelindung

Tabel 2.7 Koefisien Lapis

Batu Pelindung	n	Penempatan	Koef. Lapis $k_{\Delta}$	Porositas P(%)
Batu(quarrrystone, halus)	2	acak	1,02	38
Batu(quarrrystone, kasar)	2	acak	1,15	37
Batu(quarrrystone, kasar)	>3	acak	1,10	40
Kubus	2	acak	1,10	47
Tetrapod	2	acak	1,04	50
Quadripod	2	acak	0,95	49
Hexapod	2	acak	1,15	47
Tribard	2	acak	1,02	54
Dolos	2	acak	1,00	63
Tribar	1	seragam	1,13	47
Batu(quarrrystone)		acak	-	37

(Sumber: Triatmodjo, 2016)

### 3. Tebal Lapisan

Tebal lapis pelindung dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$t = nk_{\Delta} \left[ \frac{W}{\gamma_r} \right]^{\frac{1}{3}}$$

di mana,

$n$  = jumlah lapis batu dalam lapis pelindung

$k_{\Delta}$  = koefisien lapis batu alam kasar penempatan acak (Tabel 2.7)

$W$  = berat butir batu pelindung

$\gamma_r$  = berat jenis batu pelindung

### 4. Jumlah Butir Batu



Jumlah butir batu dapat dihitung dengan rumus:

$$N = Ank_{\Delta} \left[ 1 - \frac{P}{100} \right] \left[ \frac{\gamma_r}{W} \right]^{2/3}$$

di mana,

$N$  = jumlah butir batu untuk satu satuan luas permukaan  $A$

$A$  = luas permukaan

$n$  = Jumlah lapis batu dalam lapis pelindung

$k_{\Delta}$  = koefisien lapis batu alam kasar penempatan acak (Tabel 2.7)

$P$  = porositas rerata dari lapis pelindung (%) (Tabel 2.7)

$W$  = berat butir batu pelindung

$\gamma_r$  = berat jenis batu pelindung

## **BAB III METODOLOGI**

### **3.1 Studi Literatur**

Studi literatur pada tugas akhir diperlukan sebagai penunjang dan pengetahuan dasar sebelum pengerjaan tugas akhir. Dalam proses ini, penulis dapat mengetahui berbagai macam dasar teori yang digunakan dalam pengerjaan tugas akhir. Studi literatur didapatkan dari berbagai sumber seperti buku diktat kuliah, jurnal, peraturan-peraturan terkait, internet, serta buku penunjang lainnya yang berhubungan dengan masalah yang dibahas dalam tugas akhir. Adapun studi yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Kondisi eksisting daerah studi saat ini, yaitu Teluk Sumbreng, Trenggalek.
2. Gelombang, meliputi analisa mengenai pembangkitan gelombang, kecepatan dan panjang gelombang, serta gelombang rencana.
3. Bangunan pengaman pantai, meliputi analisa mengenai bagaimana merencanakan pengaman pantai yang sesuai sehingga dermaga terlindungi dari serangan gelombang.

### **3.2 Pengumpulan Data**

Data-data yang dipakai dalam perencanaan ini adalah data sekunder yang didapat dari instansi terkait atau hasil survey dari pihak lain. Data tersebut meliputi:

1. Data angin
2. Data pasang surut
3. Peta topografi dan batimetri

### **3.3 Analisa Data**

Dari data yang diperoleh dilakukan analisa mengenai perencanaan pengaman pantai. Maka dilakukan beberapa analisa seperti:

### **3.3.1 Analisa Data Angin**

Data angin akan dianalisa untuk mendapatkan kecepatan angin terkoreksi. Berdasarkan data angin kemudian dibuatkan *windrose* untuk mendapatkan arah angin yang paling dominan. Lalu dihitung *fetch* untuk langkah selanjutnya mencari tinggi dan periode gelombang.

### **3.3.2 Analisa Gelombang**

Analisa gelombang pada laut dalam dihitung dengan menggunakan data angin. Gelombang rencana yang didapat akan digunakan dalam perencanaan bangunan pemecah gelombang.

### **3.3.3 Analisa Pasang Surut**

Analisa pasang surut dilakukan untuk dapat menentukan fluktuasi muka air laut di perairan Teluk Sumbreng.

### **3.3.4 Analisa Data Topografi dan Batimetri**

Data topografi digunakan untuk mengetahui kontur tanah di lokasi untuk penempatan bangunan pantai. Sedangkan data batimetri diperlukan untuk perhitungan tinggi dan kedalaman gelombang pecah, yang kemudian akan digunakan untuk menghitung dimensi bangunan pemecah gelombang yang akan direncanakan.

## **3.4 Analisa Refraksi**

Berdasarkan hasil analisa data angin yang kemudian menghasilkan data gelombang, kemudian dilakukan analisa refraksi menggunakan metode puncak gelombang..

## **3.5 Perhitungan Dimensi Struktur**

Berdasarkan tipe bangunan pantai yang telah dipilih, dilakukan perhitungan sesuai teori dan didapatkan dimensi dari struktur bangunan sebagai berikut:

- Perhitungan stabilitas berat sendiri konstruksi.
- Elevasi puncak bangunan

- Perhitungan dimensi struktur

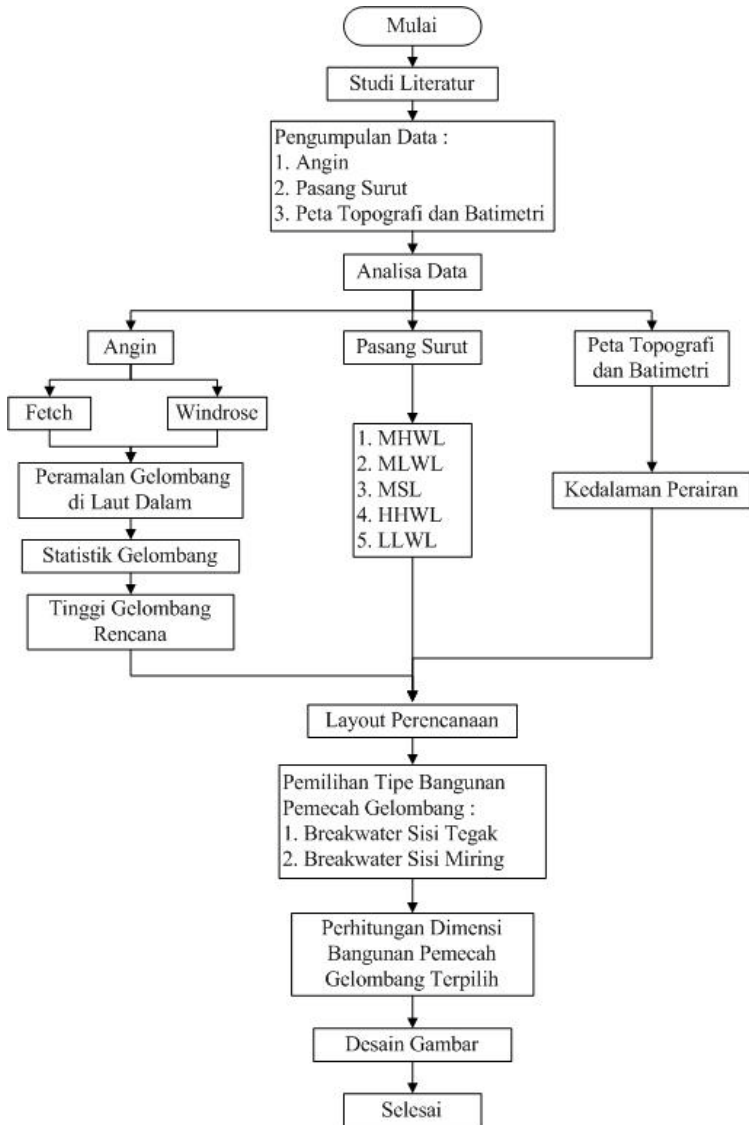
### **3.6 Hasil Perencanaan**

Hasil akhir dari perencanaan tugas akhir ini adalah gambar desain bangunan pengaman pantai lengkap dengan perhitungan dimensi dan stabilitas strukturnya dalam bentuk laporan.

Untuk lebih jelasnya, flowchart pengerjaan tugas akhir dapat dilihat pada Gambar 3.1

### **3.7 Diagram Alir**

Pada gambar berikut ini adalah diagram alir pada penulisan Tugas Akhir “Perencanaan Bangunan Pemecah Gelombang di Teluk Sumbreng”.



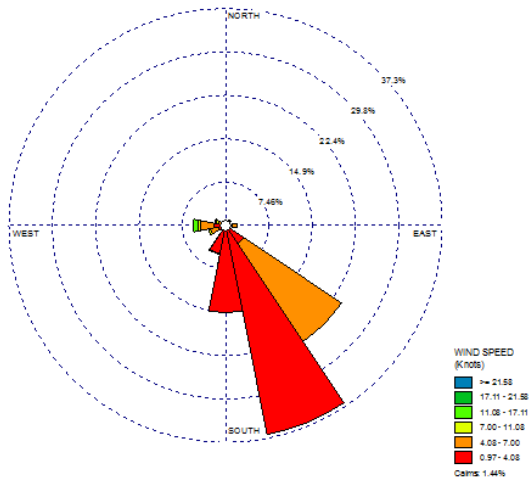
Gambar 3.1 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir

## BAB IV ANALISA DATA

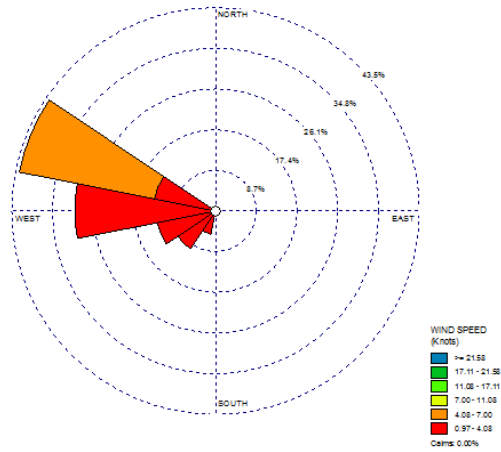
### 4.1 Gelombang

#### 4.1.1 Analisa Data Angin

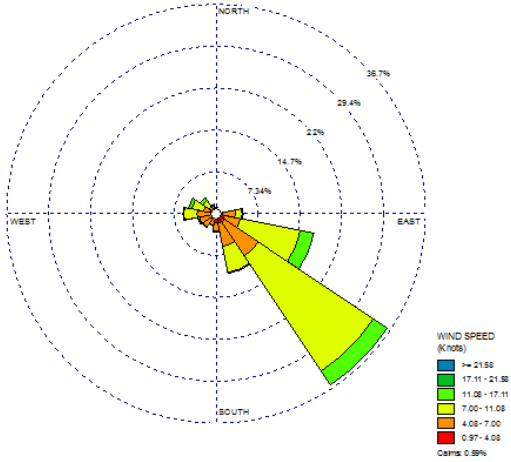
Data angin digunakan untuk menentukan arah dan tinggi gelombang. Data yang diperlukan adalah data arah dan kecepatan angin dimana data tersebut didapatkan dari Stasiun Meteorologi tahun 2010-2016. Dari data tersebut dibuat dalam bentuk gambar windrose seperti pada gambar berikut ini.



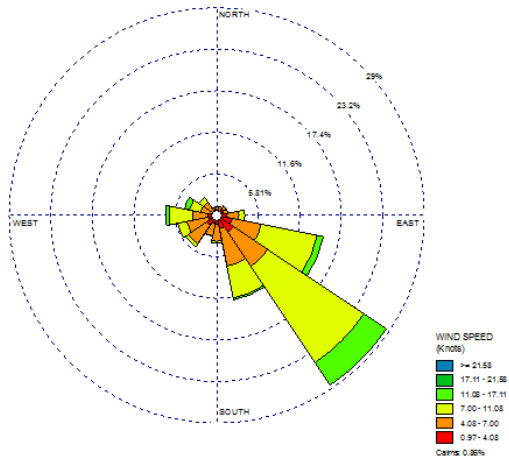
Gambar 4.1 Windrose Tahun 2010



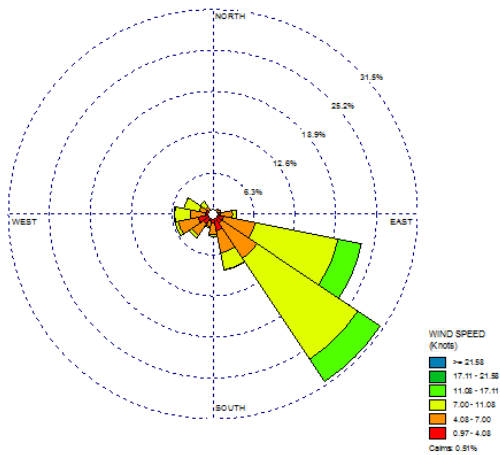
Gambar 4.2 Windrose Tahun 2011



Gambar 4.3 Windrose Tahun 2012



Gambar 4 4 Windrose Tahun 2013



Gambar 4 5 Windrose Tahun 2014



Dengan melihat windrose yang diperoleh serta memperhatikan arah pantai yang menghadap tenggara, maka arah angin yang digunakan untuk perhitungan selanjutnya adalah dari Tenggara dan Timur.

#### **4.1.2 Fetch**

Fetch efektif akan digunakan pada grafik peramalan gelombang untuk mengetahui tinggi, durasi dan periode gelombang. Fetch rata-rata efektif dihitung dengan persamaan 2.5.

Perhitungan panjang fetch disini menggunakan media bantu Google Earth sehingga memiliki ketepatan yang cukup tinggi dalam menentukan fetch. Dengan ditarik garis panjang melalui Teluk Sumbreng, panjang fetch efektif dengan daerah bangkitan Timur, Tenggara, Selatan, Barat Daya, dan Barat dapat dilihat melalui gambar (lampiran 1).

Didapatkan fetch efektif sebagai berikut:

Feff Selatan	= 5033.26 km
Feff Tenggara	= 1074.12 km
Feff Timur	= 139.5 km

#### **4.1.3 Pasang Surut**

Data pasang surut yang diperoleh dari Stasiun Meteorologi bulan November 2016 diolah sehingga didapat data pasang surut maksimum dan minimum per hari. Elevasi pasang surut Teluk Sumbreng bulan November 2016 dapat dilihat pada tabel 4.3.

Dari data pasang surut tersebut dapat dibuat grafik yang menunjukkan fluktuasi muka air laut serta dapat digunakan untuk menentukan elevasi muka air laut. Metode yang digunakan untuk menentukan pasang surut dalam perencanaan ini yaitu menggunakan metode admiralty.

#### 4.1.3.1 Skema 1

Berikut adalah hasil pengamatan pasang surut di Teluk Sumbreng, Kabupaten Trenggalek. Pada skema I, ke kanan menunjukkan waktu pengamatan dari pukul 00.00 sampai 12.00 dan ke bawah adalah tanggal selama 15 piantan.

Tabel 4.1 Data Pasang Surut Bulan November 2013 di Teluk Sumbreng

Hari	Tanggal	Jam												
		00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00
1	01-Nov-13	1.572	1.938	2.147	2.147	1.948	1.608	1.226	0.912	0.757	0.811	1.07	1.471	1.917
2	02-Nov-13	1.35	1.761	2.054	2.155	2.048	1.769	1.4	1.05	0.82	0.78	0.951	1.294	1.727
3	03-Nov-13	1.136	1.551	1.896	2.086	2.078	1.884	1.565	1.217	0.94	0.819	0.894	1.154	1.538
4	04-Nov-13	0.963	1.341	1.701	1.951	2.034	1.936	1.694	1.383	1.095	0.917	0.906	1.072	1.38
5	05-Nov-13	0.854	1.162	1.498	1.775	1.926	1.92	1.769	1.524	1.26	1.057	0.979	1.056	1.273
6	06-Nov-13	0.818	1.035	1.315	1.583	1.775	1.845	1.786	1.625	1.413	1.218	1.101	1.1	1.225
7	07-Nov-13	0.855	0.97	1.169	1.398	1.598	1.724	1.75	1.68	1.543	1.385	1.257	1.2	1.236
8	08-Nov-13	0.962	0.974	1.076	1.236	1.413	1.566	1.663	1.686	1.641	1.548	1.44	1.351	1.311
9	09-Nov-13	1.136	1.055	1.049	1.115	1.236	1.383	1.526	1.636	1.694	1.692	1.639	1.553	1.461
10	10-Nov-13	1.368	1.218	1.107	1.06	1.089	1.191	1.345	1.52	1.681	1.792	1.832	1.793	1.686
11	11-Nov-13	1.631	1.455	1.261	1.097	1.006	1.017	1.135	1.336	1.58	1.811	1.975	2.033	1.968
12	12-Nov-13	1.873	1.732	1.501	1.242	1.023	0.907	0.933	1.105	1.387	1.718	2.019	2.214	2.252
13	13-Nov-13	2.028	1.988	1.79	1.486	1.16	0.904	0.795	0.872	1.128	1.508	1.923	2.27	2.46
14	14-Nov-13	2.034	2.15	2.056	1.782	1.405	1.033	0.772	0.705	0.863	1.217	1.687	2.161	2.518
15	15-Nov-13	1.867	2.157	2.224	2.056	1.707	1.277	0.892	0.665	0.669	0.918	1.362	1.895	2.387

### 4.1.3.2 Skema II

Dengan menggunakan bantuan daftar 1 (terlampir) yaitu konstanta pengali untuk menyusun skema II.

Tabel 4.2 Skema II

Hari	Tanggal	X1		Y1		X2		Y2		X4		Y4	
		+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
1	01-Nov-13	8.164	11.36	1.917	17.607	10.926	8.598	13.277	6.247	7.794	5.862	10.469	9.055
2	02-Nov-13	8.022	11.137	1.727	17.432	9.917	9.242	12.864	6.295	7.54	5.809	10.162	8.997
3	03-Nov-13	8.127	10.631	1.538	17.22	8.988	9.77	12.169	6.589	7.277	5.741	9.843	8.915
4	04-Nov-13	8.447	9.926	1.38	16.993	8.28	10.093	11.306	7.067	7.045	5.664	9.557	8.816
5	05-Nov-13	8.918	9.135	1.273	16.78	7.879	10.174	10.408	7.645	6.872	5.59	9.34	8.713
6	06-Nov-13	9.468	8.371	1.225	16.614	7.812	10.027	9.596	8.243	6.774	5.529	9.217	8.622
7	07-Nov-13	10.051	7.714	1.236	16.529	8.072	9.693	8.95	8.815	6.765	5.495	9.203	8.562
8	08-Nov-13	10.64	7.227	1.311	16.556	8.662	9.205	8.538	9.329	6.853	5.501	9.313	8.554
9	09-Nov-13	11.201	6.974	1.461	16.714	9.585	8.59	8.435	9.74	7.059	5.55	9.557	8.618
10	10-Nov-13	11.649	7.033	1.686	16.996	10.796	7.886	8.719	9.963	7.583	5.64	9.925	8.757
11	11-Nov-13	11.838	7.467	1.968	17.337	12.134	7.171	9.435	9.87	7.784	5.749	10.366	8.939
12	12-Nov-13	11.628	8.278	2.252	17.654	13.309	6.597	10.53	9.376	8.179	5.848	10.783	9.123
13	13-Nov-13	10.956	9.356	2.46	17.852	13.967	6.345	11.816	8.496	8.457	5.912	11.061	9.251
14	14-Nov-13	9.923	10.46	2.518	17.865	13.823	6.56	12.978	7.405	8.518	5.918	11.098	9.285
15	15-Nov-13	8.788	11.288	2.387	17.689	12.81	7.266	13.675	6.401	8.318	5.867	10.861	9.215

### 4.1.3.3 Skema III

Untuk mengisi kolom-kolom pada skema III, setiap kolom pada kolom-kolom skema III merupakan penjumlahan dari perhitungan pada kolom-kolom pada skema II.

1. Untuk  $X_0$  (+) merupakan penjumlahan antara  $X_1$  (+) dengan  $X_1$  (-) tanpa melihat tanda (+) dan (-) mulai tanggal 1 s/d 15 November 2013.
2. Untuk  $X_1$ ,  $Y_1$ ,  $X_2$ ,  $Y_2$ ,  $X_4$ , dan  $Y_4$  merupakan penjumlahan tanda (+) dan (-), untuk mengatasi hasilnya tidak ada yang negatif maka ditambahkan dengan 20. Hal ini dilakukan juga untuk kolom  $X_1$ ,  $Y_1$ ,  $X_2$ ,  $Y_2$ ,  $X_4$  dan  $Y_4$ .

Tabel 4.3 Skema III

Hari	Tanggal	$X_0$	$X_1$	$Y_1$	$X_2$	$Y_2$	$X_4$	$Y_4$
			20	20	20	20	20	20
1	01-Nov-13	19.524	16.804	4.31	22.328	27.03	21.932	21.414
2	02-Nov-13	19.159	16.885	4.295	20.675	26.569	21.731	21.165
3	03-Nov-13	18.758	17.496	4.318	19.218	25.58	21.536	20.928
4	04-Nov-13	18.373	18.521	4.387	18.187	24.239	21.381	20.741
5	05-Nov-13	18.053	19.783	4.493	17.705	22.763	21.282	20.627
6	06-Nov-13	17.839	21.097	4.611	17.785	21.353	21.245	20.595
7	07-Nov-13	17.765	22.337	4.707	18.379	20.135	21.27	20.641
8	08-Nov-13	17.867	23.413	4.755	19.457	19.209	21.352	20.759
9	09-Nov-13	18.175	24.227	4.747	20.995	18.695	21.509	20.939
10	10-Nov-13	18.682	24.616	4.69	22.91	18.756	21.743	21.168
11	11-Nov-13	19.305	24.371	4.631	24.963	19.565	22.035	21.427
12	12-Nov-13	19.906	23.35	4.598	26.712	21.154	22.331	21.66
13	13-Nov-13	20.312	21.6	4.608	27.622	23.32	22.545	21.81
14	14-Nov-13	20.383	19.463	4.653	27.263	25.573	22.6	21.813
15	15-Nov-13	20.076	17.5	4.698	25.544	27.274	22.451	21.646

#### 4.1.3.4 Skema IV

Mengisi seluruh kolom-kolom pada skema IV, diisi dengan data setelah penyelesaian skema III dibantu dengan daftar 2.

Arti indeks pada skema IV:

- a. Indeks 00 untuk X berarti  $X_{00}$ ,  $X_0$  pada skema III dan indeks 0 pada daftar 2
- b. Indeks 00 untuk Y, berarti  $Y_{00}$ ,  $Y_0$  pada skema III dan indeks 0 pada daftar 2

#### 4.1.3.5 Skema V, VI, dan VII

Mengisi kolom-kolom pada skema V dan VI dengan bantuan daftar 3 (terlampir). Skema V dan VI pada Tabel 4.8 mempunyai 10 kolom, kolom kedua diisi pertama kali sesuai dengan perintah dan angka-angkanya dilihat pada skema IV. Untuk kolom 3,4,5,6,7,8,9 dan 10 dengan melihat angka-angka pada kolom 2 dikalikan dengan faktor pengali sesuai dengan kolom yang ada pada daftar 3.

Dari hasil perhitungan pada skema VIII dan hasil akhir didapatkan konstanta-konstanta yang akan digunakan untuk perhitungan skema VII.

Format isian pada skema VII dapat dilihat pada tabel 4.8:

- 1) Baris 1 untuk V :  $PR \cos r$ , merupakan penjumlahan semua bilangan pada kolom-kolom skema V untuk masing-masing kolom.
- 2) Baris 2 untuk VI :  $PR \sin r$ , merupakan penjumlahan semua bilangan pada kolom-kolom skema VI untuk masing-masing kolom.
- 3) Baris 3 untuk PR dicari dengan rumus:

$$PR = \sqrt{(PR \sin r)^2 + (PR \cos r)^2}$$

- 4) Baris 4 untuk P didapat dari daftar 3 untuk masing – masing  $S_0, M_2, S_2, N_2, K_1, O_1, M_4, MS_4$ .

- 5) Baris 5 untuk  $f$  didapatkan dengan menggunakan perhitungan berikut ini.

Dapatkan nilai  $s$ ,  $h$ ,  $p$  dan  $N$  dari persamaan berikut:

$$s = 277,025 + 129,38481 (Y - 1900) + 13,17640 (D+l)$$

$$h = 280,190 - 0,23872 (Y - 1900) + 0,98565 (D+l)$$

$$p = 334,385 + 40,66249 (Y - 1900) + 0,11140 (D+l)$$

$$N = 259,157 - 19,32818 (Y - 1900) - 0,05295 (D+l)$$

Dimana:

$Y$  = tahun dari tanggal tengah pengamatan

$D$  = jumlah hari yang berlalu dari jam 00.00 pada tanggal 1 Januari tahun tersebut sampai jam 00.00 tanggal tengah pengamatan.

$$l = \text{bagian integral tahun} = \frac{1}{4}^{(Y-1901)}$$

- 6) Baris 6 untuk  $(1 + W)$  ditunggu dulu karena pengisiannya merupakan hasil dari kolom-kolom pada skema VIII.
- 7) Baris 7 untuk  $V$  diperoleh dari persamaan berikut:

Nilai  $V$ :

$$\begin{aligned} V M_2 &= -2s + 2h \\ &= ((-2 * 19377,5) + 2 * 588,3) \\ &= -37577,3 \end{aligned}$$

Karena nilainya negatif maka diusahakan agar nilainya positif dengan cara menggunakan nilai kelipatan 360.

Nilai kelipatan yang digunakan adalah:

$$105 \cdot 360 = 37800$$

Jadi nilai awal ditambah dengan nilai pembantu maka menghasilkan perhitungan:  $= -37578,3 + 37800 = 221,7$

$$\begin{aligned} V K_1 &= h + 90 \\ &= 588,3 + 90 = 678,3 \end{aligned}$$

Karena nilainya terlalu besar maka diusahakan nilainya menjadi kecil dengan cara menggunakan nilai pembantu kelipatan 360.

$$\text{Nilai Pembantunya yaitu : } 1 \cdot 360 = 360$$

Jadi nilai awal ditambah dengan nilai pembantu maka menghasilkan perhitungan:  $= 1 \cdot 360 = 360$

Jadi nilai hasil dikurangi dengan nilai pembantu kelipatan 360, maka menghasilkan perhitungan:

$$\begin{aligned} &= 678,3 - 360 \\ &= 318,3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V O_1 &= -2_s + h + 270 \\ &= (-2 \cdot 16046,6) + (310,14) + (270) \\ &= -32093,3 + 310,14 + 270 \end{aligned}$$

Karena nilainya bernilai negatif maka diusahakan nilainya menjadi positif dengan cara menggunakan nilai pembantu kelipatan 360.

$$\text{Nilai pembantunya yaitu } 88 \cdot 360 = 31680$$

Jadi nilai hasil awal ditambah dengan nilai pembantu kelipatan 360, maka menghasilkan perhitungan :

$$= -31513,1 + 31680 = 166,9$$

$$\begin{aligned} V K_2 &= 2h \\ &= 2 \cdot 310,14 = 620,28 \end{aligned}$$

Karena nilainya terlalu besar maka diusahakan nilainya menjadi kecil dengan cara menggunakan nilai pembantu kelipatan 360.

$$\text{Nilai pembantunya yaitu } 1 \cdot 360 = 360$$

Jadi nilai hasil awal ditambahi dengan nilai pembantu kelipatan 360, maka menghasilkan perhitungan:

$$= 620,28 - 360 = 260,28$$

$$V S_2 = 0 \text{ (Tetap)}$$

$$V P_1 = -h + 270$$

$$= (-310,14 + 270)$$

$$= -40,14$$

Karena nilainya bernilai negatif maka diusahakan nilainya menjadi positif dengan cara menggunakan nilai pembantu kelipatan 360.

$$\text{Nilai pembantunya yaitu } 1 * 360 = 360$$

Jadi nilai hasil awal ditambahi dengannikai pembantu kelipatan 360, maka menghasilkan perhitungan:

$$= -40,14 + 360 = 319,86$$

$$V M_4 = 2(V M_2)$$

$$= 2 * (-2_s + 2_h)$$

$$= 2 * ((-2 * 16046,6) + (2 * 310,14))$$

$$= 2 * (-31472,9)$$

$$= -$$

$$62945,9$$

Karena nilainya bernilai negatif maka diusahakan nilainya menjadi positif dengan cara menggunakan nilai pembantu kelipatan 360.

$$\text{Nilai pembantunya yaitu } 15 * 360 = 63000$$

Jadi nilai hasil awal ditambahi dengan nilai pembantu kelipatan 360, maka menghasilkan perhitungan:

$$= -62945,9 + 63000 = 54,1$$

$$V MS_4 = VM_2 = -2_s + 2_h$$

$$= ((-2 * -16046,6) + (2 * 310,14)) = -31472,9$$

Karena nilainya negatif maka diusahakan agar nilainya positif dengan cara menggunakan nilai pembantu kelipatan 360.

$$\text{Nilai pembantunya } 88 * 360 = 31680$$

Jadi nilai hasil awal ditambahi dengan nilai pembantu kelipatan 360 maka menghasilkan perhitungan:

$$= -31472,9 + 31680 = 207,1$$



- 8) Untuk nilai  $u$  diperoleh dari daftar atau berdasarkan persamaan berikut

Pertama dapatkan nilai  $s$ ,  $h$ ,  $p$  dan  $N$  dari persamaan yang telah dijelaskan sebelumnya pada langkah ke-5. Setelah nilai  $s$ ,  $h$ ,  $p$  dan  $N$  diperoleh maka nilai  $u$  pada masing-masing komponen dapat dihitung dengan persamaan berikut:

**Nilai  $u$  :**

$$\begin{aligned} \mathbf{u M_2} &= \mathbf{-2,14 \sin N} \\ &= (-2,14 * \sin(N * \text{PI}() / 180)) \\ &= 1,11 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mathbf{u K_2} &= \mathbf{-17,74 \sin N + 0,68 \sin N - 0,04 \sin 3N} \\ &= (-17,74 * \sin(K78 * \text{PI}() / 180)) \\ &= 15,5 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mathbf{U K_1} &= \mathbf{-8,86 \sin N + 0,68 \sin 2N - 0,07 \sin 3N} \\ &= (-8,86 * \sin(K78 * \text{PI}() / 180)) + 0,68 * \sin(2 * K78 * \text{PI}() / 180) - 0,07 * \sin(3 * K78 * \text{PI}() / 180) \\ &= 0,32 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mathbf{U O_1} &= \mathbf{10,80 \sin N - 1,34 \sin 2N + 0,19 \sin 3N} \\ &= (10,8 * \sin(N * \text{PI}() / 180)) - 1,34 * \sin(2 * N * \text{PI}() / 180) + 0,19 * \sin(3 * N * \text{PI}() / 180) \\ &= -15,8 \end{aligned}$$

$$\mathbf{U S_2 = 0 \text{ (Tetap)}}$$

$$\mathbf{U P_1 = 0 \text{ (Tetap)}}$$

$$\begin{aligned} \mathbf{U M_4} &= \mathbf{2 (uM_2)} \\ &= 2 (-2,14 \sin N) \\ &= 2 (-2,14 * \sin(N * \text{PI}() / 180)) \\ &= 2 (1,11) = 2,22 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mathbf{U MS_4} &= \mathbf{u M_2} \\ &= -2,14 \sin N \end{aligned}$$

$$= (-2,14 * \sin(N * \text{PI}() / 180))$$

$$= 1,11$$

$$\mathbf{U N_2 = u M_2}$$

$$= -2,14 \sin N$$

$$= (-2,14 * \sin(N * \text{PI}() / 180))$$

$$= 1,11$$

- 9) Baris 9 untuk w diperoleh dari skema-VIII
- 10) Baris 10 untuk p diisi dengan harga p yang ada di daftar 3a sesuai dengan masing – masing kolom.
- 11) Baris 11 untuk r ditentukan dari :  $r = \arctan \frac{PR \sin r}{PR \cos r}$ , sedang untuk harganya dilihat dari tanda pada masing – masing kuadran.

Tabel 4.9 Penentuan Nilai r Berdasarkan Kuadrannya

PR cos r	PR sin r	r
+	+	$0 < r < 90$
-	+	$90 < r < 180$
-	-	$180 < r < 270$
+	-	$270 < r < 360$

- 12) Baris 15 untuk g ditentukan dari:  $g = V + u + w + p + r$
- 13) Baris 16 untuk  $n \times 360^0$  ditentukan dari kelipatan  $360^0$ , maksudnya untuk mencari harga kelipatan  $360^0$  terhadap g, besaran tersebut diisikan pada baris ke 13. Misalnya: 1181 maka  $n \times 360 = 3 \times 360 = 1080$ , dan harga ini masih dibawah dari harga 1181, yang diisikan adalah 1080.

14) Baris 17 untuk A ditentukan dengan rumus:  $A = \frac{PR}{pf(1+w)}$

15) Baris 18 untuk  $g^0$  ditentukan dari  $g^0 = g - (nx \ 360)$

Tabel 4.4 Skema IV

No.	10		12		11b		13		1c		20		22	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
	00													
1	19.5	16.8	4.31	-16.804	-4.31	0	0	100	100	0	0	-300	-300	20
2	19.2	16.89	4.295	-16.885	-4.295	16.885	4.295	-16.885	-4.31	-16.804	-4.31	22.328	27.03	-22.328
3	18.8	17.5	4.318	-17.496	-4.318	17.496	4.318	-17.496	-4.318	-17.496	-4.318	20.675	26.569	-20.675
4	18.4	18.52	4.387	-18.521	-4.387	18.521	4.387	-18.521	-4.387	18.521	4.387	18.187	24.239	-18.187
5	18.1	19.78	4.493	-19.783	-4.493	19.783	4.493	-19.783	-4.493	19.783	4.493	17.705	22.763	17.705
6	17.8	21.1	4.611	-21.097	-4.611	21.097	4.611	-21.097	-4.611	21.097	4.611	17.785	21.353	17.785
7	17.8	22.34	4.707	-22.337	-4.707	22.337	4.707	-22.337	-4.707	22.337	4.707	18.379	20.135	18.379
8	17.9	23.41	4.755	-23.413	-4.755	0	0	23.413	4.755	0	0	19.457	19.209	19.457
9	18.2	24.23	4.747	-24.227	-4.747	-24.23	-4.75	24.227	4.747	-24.227	-4.747	20.995	18.695	20.995
10	18.7	24.62	4.69	-24.616	-4.69	-24.62	-4.69	24.616	4.69	-24.616	-4.69	22.91	18.756	22.91
11	19.3	24.37	4.631	-24.371	-4.631	-24.37	-4.63	24.371	4.631	-24.371	-4.631	24.963	19.565	24.963
12	19.9	23.35	4.598	-23.35	-4.598	-23.35	-4.6	23.35	4.598	-23.35	-4.598	26.712	21.154	-26.712
13	20.3	21.6	4.608	-21.6	-4.608	-21.6	-4.61	21.6	4.608	-21.6	-4.608	27.622	23.32	-27.622
14	20.4	19.46	4.653	-19.463	-4.653	-19.46	-4.65	19.463	4.653	-19.463	-4.653	27.263	25.573	-27.263
15	20.1	17.5	4.698	-17.5	-4.698	0	0	-17.5	-4.698	17.5	4.698	25.544	27.274	-25.544
284	11.46	-231.5	28.225	16.77	-21.51	-1.12	19.917	78.52	-7.448	0.568	29.743	41.215	-25.355	-40.263

Tabel 4.5 Skema IV (Lanjutan)

X	2b		23		2c		42		4b		44		4d	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
0	0	0	100	100	0	0	20	20	0	0	20	20	0	0
0	0	-22.33	-27.03	-22.328	-27.03	-21.93	-21.414	0	0	0	0	21.932	21.414	0
20.675	26.569	-20.68	-26.57	-20.675	-26.569	-21.73	-21.165	21.731	21.165	21.731	21.165	21.731	21.165	-21.73
19.218	25.58	-19.22	-25.58	-19.218	-25.58	-21.54	-20.928	21.536	20.928	21.54	20.928	-21.54	-20.928	-21.54
18.187	24.239	-18.19	-24.24	18.187	24.239	-21.38	-20.741	21.381	20.741	-21.38	-20.741	-21.38	-20.741	-21.38
17.705	22.763	-17.71	-22.76	17.705	22.763	21.282	20.627	21.282	20.627	-21.28	-20.627	-21.28	-20.627	21.282
17.785	21.353	17.785	21.35	17.785	21.353	21.245	20.595	21.245	20.595	-21.25	-20.595	-21.25	-20.595	21.245
18.379	20.135	18.379	20.14	18.379	20.135	21.27	20.641	21.27	20.641	21.27	20.641	21.27	20.641	21.27
0	0	19.457	19.21	0	0	21.352	20.759	0	0	21.352	20.759	0	0	
-21	-18.7	20.995	18.7	-20.995	-18.695	21.509	20.939	-21.51	-20.94	21.509	20.939	-21.51	-20.939	21.509
-22.91	-18.76	22.91	18.76	-22.91	-18.756	21.743	21.168	-21.74	-21.17	21.74	21.168	-21.74	-21.168	21.74
-24.96	-19.57	-24.96	-19.57	-24.963	-19.565	22.035	21.427	-22.04	-21.43	22.04	21.427	-22.04	-21.427	22.04
-26.71	-21.15	-26.71	-21.15	-26.712	-21.154	-22.33	-21.66	-22.33	-21.66	-22.33	-21.66	-22.33	-21.66	22.331
-27.62	-23.32	-27.62	-23.32	27.622	23.32	-22.55	-21.81	-22.55	-21.81	-22.55	-21.81	-22.55	-21.81	22.545
-27.26	-25.57	-27.26	-25.57	27.263	25.573	-22.6	-21.813	-22.6	-21.81	22.6	21.813	-22.6	-21.813	22.6
0	0	-25.54	-27.27	25.544	27.274	-22.45	-21.646	0	0	22.451	21.646	0	0	
-38.52	13.576	-30.69	-44.92	-5.316	7.308	-6.071	-5.021	-4.318	-4.12	-1.253	-0.579	1.338	0.778	

Tabel 4.6 Skema V, VI, dan VII

		S0	M2	S2	N2	K1	O1	M4	MS4
V	X00 = 284.2	284.18							
	X10 = 11.46	0.1146	-0.11	0.115	0.34	11.46	-0.8	0.1146	
	12-Y1 = 29.34	-0.59	2.641		-2.64	-2.641	29.34	-0.587	0.587
	13-Y1 = 19.35	0.774	-1.35	0.193	2.52	3.8698	-11.4	0.5805	
	X20 = 29.74	-0.2974	-4.46	29.74	8.63	0.2974		-0.595	
	22-Y2 = -38.93	-0.3893	-38.9	5.45	23.7	0.7786	1.168	-1.168	1.168
	23-Y2 = -38	0.76	24.7	-9.5	-38	-1.14		1.9	0.38
	42-Y4 = -1.951		-0.02		-0.02			-0.195	-1.95
	44-Y4 = -2.031		0.02	-0.02	-0.04			-2.031	0.102
JUMLAH	284.55	-17.5	25.69	-5.47	12.628	18.29	-1.981	0.285	
VI	Y10 = -231.5			2.315	4.63	-233.8	18.52	-2.315	-2.31
	12+X1 = -4.741		-0.24	-0.047	0.24	0.5689	-4.98	0.1422	-0.05
	13+X1 = 71.07		-1.42	-1.421	6.4	17.057	-46.2	2.8428	1.421
	Y20 = 41.22		-6.59	41.22	12.4	-0.412	0.824	-1.236	-0.41
	22+X2 = -78.78		-81.9	11.82	50.4	-1.576	7.878	-3.151	1.576
	23+X2 = -50.24		35.16	-13.06	-51.7	1.5071	-4.52	3.5165	1.507
	42+X4 = -9.339		-0.19					-1.027	-9.34
	44+X4 = 0.759		-0.02	0.008	0.04			0.759	-0.05
JUMLAH		-55.2	40.82	22.3	-216.7	-28.5	-0.469	-7.66	
		S0	M2	S2	N2	K1	O1	M4	MS4
VII	V : PR cos r	284.55	-17.5	25.69	-5.47	12.628	18.29	-1.981	0.285
	VI : PR sin r		-55.2	40.82	22.3	-216.7	-28.5	-0.469	-7.66
	PR	284.55	57.94	48.23	23	217.04	33.84	2.0355	7.66
	Daftar 3a : P	360	175	214	166	217	177	273	280
	Daftar 5 : f		1.03	1	1.03	0.9126	0.857	1.061	1.03
	VII : 1 + W		1	1.05	1.09	1.0023	1	1	1.05
	V		32.37	82.87	80.9	311.44	0	48.564	113.5
	Daftar 9 : u		1.301	10.41	-8.04	6.1075	0	0	1.301
	VIII : w		0	13.77	-8.73	21.718	0	0	13.77
	Daftar 3a : p		333	345	327	173	160	307	318
	Daftar 4 : r		252.4	57.82	104	273.34	302.7	193.33	272.1
	Jumlah = g		619.1	509.9	495	785.6	462.7	548.89	718.7
	n x 360°		360	360	360	720	360	360	360
	PR:((P***(1+W))=A	0.7904	0.321	0.215	0.12	1.0934	0.223	0.007	0.025
g²		259	150	135	66	103	189	359	

#### 4.1.3.6 Skema VIII

Skema VIII dibagi menjadi tiga kelompok, yaitu:

1. Untuk menghitung  $(1+W)$  dan  $w$  untuk  $S_2$  dan  $MS_4$ .
2. Untuk menghitung  $(1+W)$  dan  $w$  untuk  $K_1$ .
3. Untuk menghitung  $(1+W)$  dan  $w$  untuk  $N_2$ .

- 1) Untuk menghitung  $(1+W)$  dan  $W$  untuk  $S_2$  dan  $MS_4$ :

Baris 1 adalah harga  $v$  untuk  $K_1$ ; Misal :  $V= 400,41$

Baris 2 adalah harga  $u$  untuk  $K_1$ ; Misal  $u= -1,09$

Baris 3 adalah penjumlahan  $V$  dan  $u$  atau  $(V + u)$  merupakan sudut

$$\text{Misal: } (V + u) = 400,41 + (-1.09)$$

Baris 4 adalah  $w/f$  diperoleh dengan cara interpolasi menggunakan daftar 10.

Cara hitungan:

$(V+u)= 39,05$  nilai ini berada diantara sudut  $30^0$  dan  $40^0$  (bedanya 10), beda antara  $39,05 - 30 = 9,05$

Jadi cara interpolasi untuk menghitung  $w/f$  adalah:

$$w/f = w/f_{K_2 \text{ sudut } 30^0} + \left[ \frac{39,05 - 30}{10} \times (f_{K_2 \text{ sudut } 30^0} - f_{K_2 \text{ sudut } 40^0}) \right]$$

$$= -15,5 + \left[ \frac{9,05}{10} \times (-15,5 - (-16,5)) \right]$$

$$= -15,5 + (-0,905)$$

$$-12,39$$

Baris 5 adalah  $W/f$  diperoleh dengan cara interpolasi menggunakan Tabel nilai  $w$ ,  $W$  dan  $1+W$

Baris ke 6 adalah  $f$  diperoleh dengan sama dengan seperti Tabel cara menggunakan persamaan berikut:

Pertama didapatkan nilai  $s$ ,  $h$ ,  $p$ , dan  $N$  dari persamaan berikut:

$$\begin{aligned}
 S &= 277,025 + 129,38481 (Y-1900) + 13,17640 (D+l) \\
 H &= 280,190 - 0,23872 (Y-1900) + 0,98565 (D+l) \\
 P &= 334,385 + 40,66249 (Y-1900) + 0,11140 (D+l) \\
 N &= 259,157 - 19,32818 (Y-1900) - 0,05295 (D+l)
 \end{aligned}$$

Dimana:

Y= tahun dari tanggal pengamatan

l= bagian integral tahun =  $\frac{1}{4}(Y-1901)$

Untuk mencari nilai f pada  $k_2$ , menggunakan persamaan yang telah ditentukan:

Nilai f untuk  $k_2$ :

$$fK_2 = 1,0241 + 0,2863 \cos N + 0,0083 \cos 2N - 0,0015 \cos 3N$$

$$\begin{aligned}
 &= (1,0241 + 0,2863 * \cos (-1914,3359 * \text{PI}() / 180 + \\
 &0,0083 * \cos(2 * -1914,3359 * \text{PI}() / 180, 0015 * \cos(3 * - \\
 &1914,3359 * \text{PI}() / 180)))
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= (1,0241 + \\
 &0,2863 * \cos(N * \text{PI}() / 180 + 0,0083 * \cos(2 * N * \text{PI}() / 180, 0015 \\
 &* \cos(3 * N * \text{PI}() / 180))) \\
 &= 0,75
 \end{aligned}$$

Baris 7 adalah w diperoleh dengan cara  $w = w/f$  (baris 5) x  $f$  (baris 6). Jadi nilai  $W = -12,39 * 0,75$   
 $= -9,28$

Baris 8 adalah w diperoleh dengan cara:  $W = W/f$  (baris 5) x  $f$  (baris 6). Jadi nilai  $W = 2,84 * 0,75$   
 $= 2,13$

Baris 9 adalah  $(1+w)$  diperoleh dengan cara:  $1+w$  (baris 8).  
 Jadi nilai  $(1+w) = 1 + (2,13)$   
 $= 3,13$

2) Untuk menghitung  $(1+W)$  dan  $w$  untuk  $K_1$ :



- a) Baris 1 adalah harga  $2v$  untuk  $K_1$  (baris ke 7 skema-VII)  
 Misal :  $2 \cdot 40,14 = 80,28$
- b) Baris 2 adalah harga  $u$  untuk  $K_1$  (baris ke 8 skema-VII)  
 Misal:  $-1,08$
- c) Baris ke 3 adalah penjumlahan  $2V$  dan  $U$  atau  $(2V + u)$  merupakan sudut  
 Misal  $(2V+u) = 80,28 + (-1,08) = 79,19$
- d) Baris 4 adalah  $wf$  diperoleh dengan cara interpolasi menggunakan daftar 10.

Cara hitungan:

$$(2V+u) = 79,19$$

Nilai ini berada diantara sudut  $70^0$  dan  $80^0$  (bedanya 10).

Beda antara  $79,19 - 70 = 9,19$  Jadi cara interpolasi untuk menghitung  $wf$  adalah:

$$\begin{aligned} w/f &= w/f K_2 \text{ sudut } 70^0 + \left[ \frac{79,19-70}{10} \times (fk_2 \text{ sudut } 70^0 - \right. \\ & \left. fk_2 \text{ sudut } 80^0) \right] \\ &= -15,6 + \left[ \frac{9,19}{10} \times (-15,6 - (-17,1)) \right] \\ &= -15,6 + (-1,38) \\ &= -16,98 \end{aligned}$$

- e) Baris 5 adalah  $Wf$  diperoleh dengan cara interpolasi menggunakan daftar 10.

Cara hitungan:

$$(2V+u) = 79,19$$

Nilai ini berada diantara sudut  $70^0$  dan  $80^0$  (bedanya 10).

Beda antara  $79,19 - 70 = 9,19$ . Jadi cara interpolasi untuk menghitung  $wf$  adalah:

$$\begin{aligned}
 w/f &= w/f K_2 \text{ sudut } 70^0 + \left[ \frac{79,19-70}{10} \times (fk_2 \text{ sudut } 70^0 - \right. \\
 & \left. fk_2 \text{ sudut } 80^0) \right] \\
 &= -15,6 + \left[ \frac{9,19}{10} \times (-15,6 - (-17,1)) \right] \\
 &= -15,6 + (-1,38) \\
 &= -16,98
 \end{aligned}$$

f) Baris 6 adalah f diperoleh dengan cara interpolasi menggunakan daftar 5, cara interpolasinya sama dengan skema-VII.

g) Baris 7 adalah w diperoleh dengan cara :  $w = \frac{wf(\text{baris 4})}{f(\text{baris 6})}$

h) Baris 8 adalah W diperoleh dengan cara:

$$\begin{aligned}
 w &= \frac{wf(\text{baris 4})}{f(\text{baris 6})} \\
 w &= 14,98
 \end{aligned}$$

i) Baris 9 adalah (1+W) diperoleh dengan cara :  $1 + W$  (baris 8) jadi  $1 + W = 1 + 0,54 = 1,54$

3) Untuk menghitung (1+W) dan w untuk  $N_2$ :

a) Baris 1 adalah harga 3V untuk  $M_2$  (Baris ke & skema-VII).

$$\text{Jadi } 3VM_2 = 3 * 207,1 = 621,22$$

b) Baris 2 adalah harga 2V untuk  $N_2$  (Baris ke 7 skema-VII).

$$\text{Jadi } 2V \text{ untuk } N_2 = 2 * 207,1 = 520,54$$

c) Baris 3 adalah selisih 3V dan 2V atau (3V-2V) merupakan sudut. Jadi  $(3V-2V) = 621,22 - 520,54 = 100,67$

d) Baris 4 adalah w diperoleh dengan cara interpolasi menggunakan daftar 10. Cara hitungan:  $(M_2 - N_2) = -53,2$  nilai ini berada diantara sudut  $50^0$  dan  $60^0$  (bedanya 10). Beda antara  $207,1 - 260,3 = -53,2$

Jadi cara interpolasi untuk menghitung w adalah:

$$\begin{aligned}
 W &= w \text{ sudut } 50^0 + \left[ \frac{207,1-260,3}{10} \times (w \text{ sudut } 50^0 - w \text{ sudut } 60^0) \right] \\
 &= 7,2 + \left[ \frac{-53,2}{10} \times (7,2-8,3) \right] \\
 &= -4,15
 \end{aligned}$$

- e) Baris 5 adalah  $1+W$  diperoleh dengan cara interpolasi menggunakan daftar 10.

Cara hitungan:

$(3v-2v) = 100,67$  nilai ini berada diantara sudut  $100^0$  dan  $110^0$  (bedanya 10).

Beda antara  $621,22 - 520,54 = 100,67$

Jadi cara interpolasi untuk menghitung  $1+w$  adalah:

$$\begin{aligned}
 1+w &= 1+w \text{ sudut } 100^0 + \left[ \frac{621,11-520,54}{10} \times (1|w \text{ sudut } 100^0 - 1|w \text{ sudut } 110^0) \right] \\
 &= 0,984 + \left[ \frac{100,67}{10} \times (0,984 - 0,953) \right] \\
 &= 1,04
 \end{aligned}$$

Setelah selesai pindahkan harga amplitude (A) dan kelambatan fase ( $g^0$ ) untuk setiap komponen dari skema-VII ke hasil terakhir dengan nilai pembulatan.

Dengan menggunakan rumus Formzahl (F)

$$F = (K1 + O1) / (M2 + S2)$$

$$F = 2,4$$

Dari perhitungan menggunakan rumus Formzahl dapat ditentukan tipe pasang surut. Karena  $F = 2,4$  maka dapat ditentukan tipe pasang surutnya adalah mixed, mainly diurnal.

#### 4.1.3.6 Skema VIII

Skema VIII dibagi menjadi tiga kelompok, yaitu:

4. Untuk menghitung  $(1+W)$  dan  $w$  untuk S2 dan MS4.
5. Untuk menghitung  $(1+W)$  dan  $w$  untuk K1.
6. Untuk menghitung  $(1+W)$  dan  $w$  untuk N2.

Tabel 4.7 Skema VIII

VIII	w dan $(1+W)$ , S2, MS4		
	VII : K1 : V	=	311.4
	VII : K1 : u	=	6.108
	Jumlah : V+u	=	317.5
	Daftar 10 : S2 : w/f	=	17.25
	Daftar 10 : S2 : W/f	=	0.06
	Daftar 5 : K2 : f	=	0.798
	w	=	13.77
	W	=	0.05
	$1+W$	=	1.05
	w dan $(1+W)$ untuk K1		
	VII : K1 : 2V	=	622.9
	VII : K1 : u	=	6.108
	Jumlah : 2V+u	=	269
	Daftar 10 : K1 : wf	=	19.82
	Daftar 10 : K1 : Wf	=	0.05
	Daftar 5 : K1 : f	=	0.913
	w	=	21.72
	W	=	0.002
	$1+W$	=	1.002
	w dan $(1+W)$ untuk N2		
	VII : M2 : 3V	=	97.12
	VII : N2 : 2V	=	161.9
	Selisih (M2-N2)	=	295.2
	Daftar 10 : N2 : w	=	-8.728
	Daftar 10 : N2 : $1+W$	=	1.091

#### 4.1.3.7 Hasil Akhir Konstanta Pasang Surut

Grafik dari hasil akhir konstanta pasang surut terdapat pada lampiran.

Tabel 4.8 Konstanta Pasang Surut

HASIL AKHIR										
	SO	M2	S2	N2	K1	O1	M4	MS4	K2	P1
A <sub>m</sub>	0.79	0.321	0.2147	0.12328	1.093	0.2231	0.007	0.0253	0.058	0.36082
g°		259	150	135	66	103	189	359	150	66

Penentuan elevasi muka air:

1. Muka air tinggi tertinggi (HHWL) adalah 2.643 m
2. Muka air rendah terendah (LLWL) adalah -1.062 m
3. Muka air tinggi rata-rata (MHWL) didapat dari rata-rata muka air tinggi adalah 1.327 m
4. Muka air rendah rata-rata (MLWL) didapat dari rata-rata muka air rendah adalah 0.254 m
5. Muka air rata-rata (MSL) didapat dari rata-rata muka air tinggi rata dan muka air rendah rata-rata adalah 1.38 m

Keterangan:

HWL (High Water Level) : Muka air tertinggi yang dicapai pada saat pasang dalam 1 siklus pasut

LWL (Low Water Level) : Muka air terendah yang dicapai pada saat pasang dalam 1 siklus pasut

MHWL (Mean High Water Level) : Rerata dari muka air tinggi

MLWL (Mean Low Water Level) : Rerata dari muka air rendah

MSL (Mean Sea Level) : Muka air rerata antara muka air tinggi dan muka air rendah

HHWL (Highest High Water Level) : Air tertinggi pada saat pasut purnama atau bulan mati  
 LLWL (Lowest Low Water Level) : Air terendah pada saat pasut purnama atau bulan mati

#### 4.1.4 Tinggi dan Periode Gelombang pada Laut Dalam Berdasarkan Data Kecepatan Angin Maksimum Tahun 2010-2016

Berdasarkan hasil perhitungan fetch dapat dilakukan perhitungan tinggi dan periode gelombang berdasarkan metode Sverdrup Munk Bretschneider (SMB) yang telah dimodifikasi Shore Protection Manual, 1984. Kecepatan angin yang digunakan adalah kecepatan angin maksimum dengan arah angin yang berpengaruh adalah timur laut, timur, dan tenggara.

Dalam perhitungan tinggi dan periode gelombang laut dalam diperlukan tambahan faktor koreksi terhadap kecepatan angin yang ada. Faktor koreksi yang digunakan adalah faktor koreksi yang disebabkan oleh perbedaan suhu ( $R_T$ ) dimana di daerah perairan Teluk Sumbreng ini digunakan faktor koreksi sebesar 1 dan faktor koreksi yang disebabkan oleh adanya perbedaan lokasi antara pencatatan angin di darat dan di laut ( $R_L$ ) yang dapat ditentukan melalui grafik faktor koreksi perbedaan lokasi dengan kecepatan angin di darat dan di laut.

Tabel 4.9 Tinggi gelombang maksimum tahunan yang didapatkan dari hasil perhitungan metode SMB

No.	Tahun	Gelombang Representatif		
		$H_{10}$ (m)	$T_m$ (s)	arah
1	2005	2.7	-	-
2	2006	3.1	-	-
3	2007	3.1	-	-
4	2008	4.2	-	-
5	2009	3.4	-	-

6	2010	1.182	6.477	SEE
7	2011	-	-	-
8	2012	3.296	10.814	SE
9	2013	3.460	11.080	SE
10	2014	4.120	12.091	SE

Dari hasil perhitungan tinggi gelombang pada tabel 4.1 dapat disimpulkan bahwa gelombang representatif yang terjadi merupakan pengaruh dari adanya angin musim selatan dan musim timur. Pada tabel 4.1 didapatkan besaran tinggi gelombang  $H_{10}$  yang terjadi pada tahun 2005 sampai dengan 2014 sebesar 4.2 meter.

Setelah tinggi gelombang  $H_{10}$  selama 10 tahun didapatkan, maka selanjutnya dilakukan perhitungan tinggi gelombang rencana berdasarkan periode ulang gelombang. Digunakan perhitungan tinggi gelombang menggunakan metode statistik atau Metode Weibull.

#### 4.1.5 Statistik Gelombang

Pengukuran gelombang di suatu tempat memberikan pencatatan muka air sebagai fungsi waktu. Pengukuran ini dilakukan dalam waktu yang sangat panjang, sehingga data gelombang akan sangat banyak. Mengingat kekompleksan dan besarnya jumlah data tersebut, maka gelombang alam dianalisa secara statistic untuk mendapatkan bentuk gelombang yang bermanfaat dalam bidang perencanaan dan perancangan.

Perhitungan statistik gelombang yang digunakan untuk Metode Weibull adalah sebagai berikut:

Tabel 4.10 Perhitungan gelombang dengan periode ulang berdasarkan Metode Weibull

n	H <sub>sm</sub> (m)	k	P	Y <sub>m</sub>	H <sub>sm</sub> × Y <sub>m</sub>	Y <sub>m</sub> <sup>2</sup>	(H <sub>sm</sub> - H <sub>r</sub> ) <sup>2</sup>	H <sub>sm</sub> <sup>4</sup>	H <sub>sm</sub> - H <sub>sm</sub> <sup>4</sup>
1	4.2000	1.40	0.9391	2.086	8.761	4.351	1.0544	4.609	-0.409
2	4.1204	1.40	0.8327	1.514	6.240	2.293	0.8972	3.911	0.210
3	3.4599	1.40	0.7262	1.203	4.163	1.448	0.0822	3.531	-0.071
4	3.4000	1.40	0.6198	0.976	3.320	0.953	0.0514	3.254	0.146
5	3.2959	1.40	0.5133	0.791	2.607	0.626	0.0151	3.027	0.269
6	3.1000	1.40	0.4069	0.629	1.950	0.395	0.0054	2.829	0.271
7	3.1000	1.40	0.3005	0.479	1.486	0.230	0.0054	2.647	0.453
8	2.7000	1.40	0.1940	0.334	0.903	0.112	0.2239	2.469	0.231
9	1.1824	1.40	0.0876	0.181	0.214	0.033	3.9630	2.282	-1.100

T <sub>r</sub>	Y <sub>r</sub>	H <sub>sr</sub>	σ <sub>nr</sub>	σ <sub>r</sub>	H <sub>sr</sub> - 1.28 × s <sub>r</sub>	H <sub>sr</sub> + 1.28 × s <sub>r</sub>
(tahun)	(tahun)	(m)			(m)	(m)
5	1.054	3.349	0.547	0.485	2.728	3.970
10	1.097	3.401	0.569	0.505	2.754	4.048
15	1.117	3.425	0.580	0.515	2.767	4.084
20	1.130	3.441	0.587	0.521	2.774	4.108
25	1.139	3.452	0.592	0.525	2.780	4.124
30	1.146	3.460	0.596	0.529	2.784	4.137
50	1.164	3.482	0.606	0.537	2.794	4.170
75	1.176	3.498	0.613	0.544	2.802	4.194
100	1.185	3.508	0.618	0.548	2.807	4.210

Didapatkan tinggi gelombang untuk 25 tahun = 3.4519 m

Didapatkan tinggi gelombang untuk 50 tahun = 3.4824 m

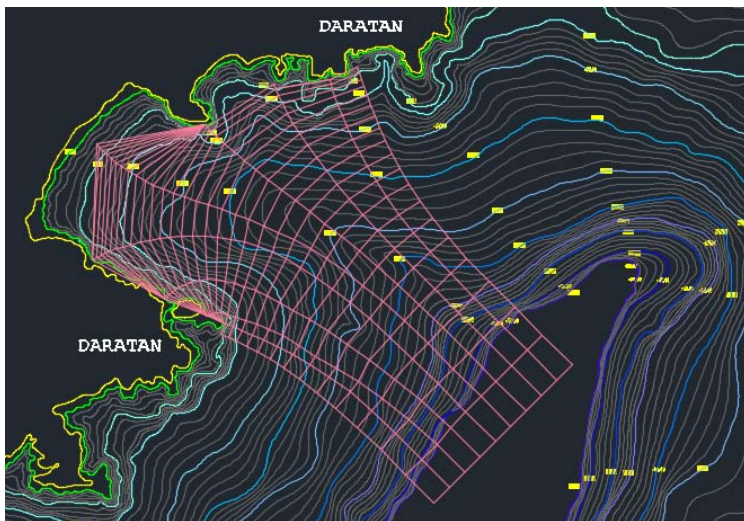
Didapatkan tinggi gelombang untuk 75 tahun = 3.4980 m

Didapatkan tinggi gelombang untuk 100 tahun = 3.5084 m



#### 4.2 Analisa Refraksi

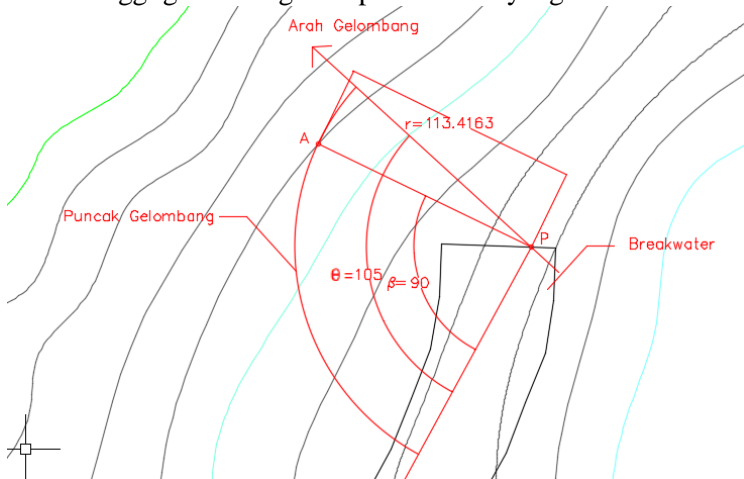
Refraksi adalah peristiwa berbeloknya arah gerak puncak gelombang laut. Refraksi dilakukan dengan Metode Puncak Gelombang (Bambang Triatmodjo, 2016). Refraksi yang dilakukan adalah dari arah datang gelombang yaitu Tenggara. Tabel perhitungan refraksi arah Tenggara dengan Periode 50 tahun terlampir pada lampiran 7. Berikut adalah gambar refraksi arah Tenggara dengan tinggi gelombang periode ulang 50 tahun.



Gambar 4.6 Refraksi Arah Tenggara dengan Periode 50 Tahun

### 4.3 Analisa Difraksi

Difraksi adalah peristiwa membeloknya gelombang apabila gelombang datang terhalang oleh suatu rintangan seperti pemecah gelombang atau pulau. Gelombang tersebut akan membelok di sekitar ujung rintangan dan akan masuk di daerah terlindung di belakangnya. Pada Gambar 4.7 berikut terlihat bahwa tinggi gelombang di depan struktur yang telah terefraksi



Diketahui:

$H_p = 0.343$  m (tinggi gelombang di depan struktur)

$r = 113.4163$  m

$\beta = 90^\circ$

$\theta = 105^\circ$

$d = 4$  m (titik A yang ditinjau)

$L = 19.7$  m (panjang gelombang di kedalaman 4 m akibat refraksi)

Penyelesaian:

$$\frac{r}{L} = \frac{113.4163}{19.7} = 5.75 \approx 6$$

Dengan menggunakan Tabel 3.2 (Triatmodjo, 2016) untuk  $r/L = 6$ ;  $\theta = 105^\circ$  dan  $\beta = 90^\circ$  didapatkan koefisien difraksi  $K' = 0.256$ .

Maka, tinggi gelombang di titik A:

$$H_A = K' H_p = 0.256 \times 0.343 = 0.0878 \text{ m}$$

#### 4.4 Gelombang Pecah

Dari 3 arah angin yang dominan didapatkan perhitungan gelombang pecah akibat gelombang yang datang dari arah Timur Laut, Timur, dan Tenggara dengan periode 50 tahun sebagai berikut:

Pias	Hb	Cb	db
1	3.82608	15.62879	3.780589
2	3.754113	15.62879	3.719705
3	3.741272	15.62879	3.806671
4	3.772104	15.62879	3.715828
5	3.743303	15.62879	3.735897
6	3.769741	15.62879	3.808731
7	3.763503	15.62879	3.874767
8	3.742489	15.62879	3.980165
9	3.764965	15.62879	3.990863
10	3.761812	15.62879	3.98752
<b>Rata-rata</b>	3.773392	15.62879	3.755698

Dari perhitungan di atas didapatkan:

$$\text{Tinggi gelombang pecah (Hb)} = 3.773 \text{ m}$$

$$\text{Cepat rambat gelombang pecah (Cb)} = 15.629 \text{ m/s}$$

$$\text{Kedalaman gelombang pecah (db)} = 3.756 \text{ m}$$

## **BAB V**

### **PERANCANGAN DETAIL STRUKTUR**

Perancangan bangunan pemecah gelombang pada Teluk Sumbreng Kabupaten Trenggalek menggunakan struktur breakwater sisi miring. Berikut adalah perencanaan bangunan breakwater sisi miring.

#### **5.1 Perencanaan Umum**

##### **5.1.1 Lokasi Breakwater**

Karena tujuan pembangunan breakwater ini adalah untuk melindungi area di belakang struktur yaitu pelabuhan, sehingga breakwater diletakkan pada kedalaman sebelum gelombang pecah yaitu pada kedalaman 5 sampai dengan 8 meter.

##### **5.1.2 Data Lingkungan**

Data dari pasang surut didapat:

MHWL = 1.34 m

MSL = 0.79 m

MLWL = 0.25 m

Dari perhitungan refraksi diperoleh gelombang pecah ( $H_b$ ) dan kedalaman gelombang pecah ( $db$ ) sebagai berikut:

$H_b = 3.773$  m

$db = 3.756$  m

##### **5.1.3 Tinggi Gelombang Rencana**

Elevasi muka air laut rencana didapatkan dari  $MHWL + Sw + SLR + \Delta h$ . dimana  $Sw$  adalah *wave set up*. Untuk mendapatkan nilai *wave set up* dan *wave set down* dapat dihitung menggunakan teori Longuet Higgins dan Stewart (1963, dalam CERC 1984) dengan formula:

$$S_b = \frac{0,536 H_b^{2/3}}{g^{1/2} T}$$

$$S_w = 0,19 [ 1 - 2,82 \sqrt{H_b / gT} ] H_b$$

Dimana:

- $S_w$  = wave set up di daerah gelombang pecah (m)  
 $S_b$  = wave set down di daerah gelombang pecah (m)  
 $T$  = periode gelombang (s)  
 $H_b$  = tinggi gelombang pecah (m)  
 $db$  = kedalaman gelombang pecah (m)  
 $g$  = percepatan gravitasi ( $9,81 \text{ m/s}^2$ )

Dari perhitungan didapatkan  $S_w = 0.604 \text{ m}$

Elevasi muka air laut rencana (DWL) berdasar muka air tinggi rerata (MHWL):

$$DWL = MHWL + S_w + SLR + \Delta h$$

$$SLR = 0.38$$

SLR merupakan kenaikan muka air laut karena pemanasan global, nilainya dapat diperoleh dari gambar 4.9 pada buku Teknik Pantai, Bambang Triatmodjo.

$\Delta h$  adalah wind set up yaitu kenaikan elevasi muka air akibat badai. Dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$\Delta h = F c \frac{V^2}{2gd}$$

Dimana:

- $\Delta h$  = kenaikan elevasi muka air karena badai (m)  
 $F$  = panjang fetch  
 $c$  = konstanta ( $3,5 \times 10^{-6}$ )  
 $V$  = kecepatan angin (m/s)  
 $d$  = kedalaman air (m)  
 $g$  = percepatan gravitasi ( $\text{m/s}^2$ )

Tabel 5.1 Elevasi Muka Air Rencana

Hb (m)	T (s)	db	Sb (m)	Sw (m)	MHWL(m)	SLR	Δh	Elevasi rencana
3.824	11.117	3.906	0.038	0.611	1.34	0.38	0.41	2.736

Kondisi gelombang rencana di lokasi bangunan yaitu gelombang tidak pecah. Untuk tinggi gelombang rencana (Hd) berdasarkan gelombang rencana di laut dalam dengan menggunakan analisis refraksi dan pendangkalan gelombang. Sehingga saya menggunakan tinggi gelombang rencana di depan struktur sebesar 0.343 m.

#### 5.1.4 Run Up Gelombang

Kemiringan breakwater ditetapkan 1:2. Untuk mencari run up gelombang harus mencari Ir (Bilangan Iribaren) dengan formula:

$$Ir = \frac{tg \theta}{(H / Lo)^{0.5}}$$

Dimana:

Ir = bilangan Iribaren

θ = sudut kemiringan sisi breakwater

H = tinggi gelombang di lokasi bangunan (akibat refraksi dan shoaling)

Lo = panjang gelombang di laut dalam

Ru = run up gelombang (didapat dari gambar 7.33 run up gelombang pada buku teknik pantai)

Tabel 5.2 Run Up Gelombang

d (m)	H (m)	Lo (m)	Tg θ	Ir	Ru/H	Ru (m)
-8.0	0.343	32.281	0.5	4.850	1.300	0.446

## 5.2 Dimensi Struktur

### 5.2.1 Elevasi Puncak Struktur

Elevasi puncak = DWL + Ru + Fb

Dimana:

Ru = run up gelombang (m)

Fb = tinggi kebebasan (diambil sekitar 0.5 m)

Tabel 5.3 Tinggi Breakwater

DWL (m)	Ru (m)	Fb (m)	El. Puncak (m)	Ed laut	Tinggi breakwater
2.632	0.446	0.5	3.578	-8.0	11.578

### 5.2.2 Stabilitas Batu Lapis Pelindung

Di dalam perencanaan pemecah gelombang sisi miring, ditentukan berat butir batu pelindung, yang dapat dihitung dengan menggunakan rumus Van Der Meer (CIRIA, 1991). Dalam perencanaan ini dipakai tipe *surgin waves* (gelombang tak pecah) untuk laut dangkal.

$$N_s = \frac{H_{2\%}}{\Delta D_{n50}} = C_s P^{-0.13} \left( \frac{S_d}{\sqrt{N}} \right)^{0.2} \sqrt{(\cot \alpha)} \xi_m^p$$

$$\text{dengan: } \Delta = \frac{\gamma_r}{\gamma_a} - 1 = \frac{2,65}{1,025} - 1 = 1,585$$

$$\frac{H_{2\%}}{H_s} = 1,4 \rightarrow H_{2\%} = 3,482 \times 1,4 = 4,8748 \text{ m}$$

$$C_s = 1,4$$

$$P = 0,4 \text{ (faktor permeabilitas)}$$

$$S_d = 2 \text{ (untuk zero damage)}$$

$$N = 3000 \text{ (untuk laut dangkal adalah } < 3000)$$

$$\zeta_m = \frac{\tan \alpha}{\sqrt{\frac{H_s}{L_0}}} = \frac{0,5}{\sqrt{\frac{3,482}{192,784}}} = 3,72$$

$$N_s = \frac{4,8748}{1,585x D_{n50}}$$

$$= 1,4x0,4^{-0,13} \left( \frac{2}{\sqrt{3000}} \right)^{0,2} \sqrt{2} x 3,72^{0,4}$$

Sehingga didapat  $D_{n50} = 1,58$  m

$$W_{50} = D_{n50}^3 \gamma_r = (1,58)^3 2,65 = 10,46 \text{ ton}$$

### 5.2.3 Lebar Puncak Pemecah Gelombang

Lebar puncak pemecah gelombang dapat dihitung menggunakan rumus berikut ini:

$$B = nk_{\Delta} \left[ \frac{W}{\gamma_r} \right]^{\frac{1}{3}} = 3x1,15x1,58 = 5,5 \text{ m}$$

Dimana:

n = jumlah butir batu (minimum 3)

$k_{\Delta}$  = koefisien lapis batu alam kasar penempatan acak (Tabel 2.7)

### 5.2.4 Tebal Lapis Pelindung

Tebal lapis pelindung dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$t = nk_{\Delta} \left[ \frac{W}{\gamma_r} \right]^{\frac{1}{3}} = 2x1,15x1,58 = 3,6 \text{ m}$$

Dimana:

n = jumlah lapis batu dalam lapis pelindung

### 5.2.5 Jumlah Butir Pelindung

Jumlah butir batu dapat dihitung dengan rumus:

$$N = Ank_{\Delta} \left[ 1 - \frac{P}{100} \right] \left[ \frac{\gamma_r}{W} \right]^{2/3}$$



$$= 10 \times 2 \times 1,15 \times \left[ 1 - \frac{37}{100} \right] \left[ \frac{2,65}{10,46} \right]^{2/3} = 5,8 \approx 6 \text{ buah}$$

Sehingga, jumlah batu tiap satuan luas 10 m<sup>2</sup> adalah 6 buah.

Dimensi struktur bangunan pada setiap lapisan dapat dilihat pada Tabel 5.4.

Tabel 5.4 Rekapitulasi Dimensi Struktur Bangunan Tiap Lapisan

	Primary Layer	Secondary Layer	Core Layer	Toe Berm
Berat (ton)	10.4612	1.0461	0.0523	1.0461
Lebar Puncak (m)	5.5	Menyesuaikan	Menyesuaikan	2.42
Tebal Lapis (m)	3.6	1.7	Menyesuaikan	Menyesuaikan
Jumlah per 10 m <sup>2</sup>	6	27	Menyesuaikan	27
Dimensi Batu (m)	1.580	0.734	0.270	0.734

### 5.3 Gambar Perencanaan

Gambar hasil perencanaan breakwater sisi miring Teluk Sumbreng Kabupaten Trenggalek terlampir pada lampiran.

## **BAB VI PENUTUP**

### **6.1 Kesimpulan**

Dalam perencanaan bangunan pemecah gelombang di Teluk Sumbreng, Kabupaten Trenggalek ini dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. a. Kondisi pasang surut di daerah Teluk Sumbreng adalah sebagai berikut:
  - HHWL = +2.643 m
  - MHWL = +1.34 m
  - MSL = +1.38 m
  - MLWL = +0.254 m
  - LLWL = -1.062 m

Data-data elevasi pasang surut ini akan dipakai dalam perencanaan struktur bangunan pemecah gelombang.

b. Kondisi iklim gelombang di daerah Teluk Sumbreng dianalisis dari data angin tahun 2010-2014 didapatkan kejadian angin dominan selama 5 tahun berasal dari Arah Tenggara. Kemudian, data angin ini digunakan dalam peramalan gelombang. Dari peramalan gelombang tersebut didapatkan tinggi gelombang maksimum adalah 4.12 meter dan periode 12.091 detik.

Dari data tinggi dan periode gelombang tersebut, dihitung periode ulang 50 tahun sehingga didapat tinggi gelombang 3.482 meter dan periode 11.116 detik.

2. Kedalaman perairan di lokasi perencanaan ditinjau dari tiga titik.
  - titik pertama di kedalaman -8.0 m dari LWS dengan jarak 214.5 m dari pantai, berarti kemiringan pantainya 0.0373.
  - titik kedua di kedalaman -7.0 m dari LWS dengan jarak 253.1 m dari pantai, berarti kemiringan pantainya 0.0277.
  - titik ketiga di kedalaman -6.0 m dari LWS dengan jarak 234.9 m dari pantai, berarti kemiringan pantainya 0.0255.
3. Tinggi gelombang di laut dalam berdasarkan analisis *hindcasting* dan peramalan gelombang periode ulang 50 tahun didapatkan  $H_{10}$  yaitu 3.482 m. sedangkan tinggi gelombang rencana yang akan bekerja pada bangunan pemecah gelombang berdasarkan analisis refraksi didapatkan sebesar 0.343 m.
4. Dimensi struktur bangunan pemecah gelombang dihitung menggunakan Rumus Van Der Meer sebagai berikut:
  - Primary Layer
    - Dimensi batu = 1.58 m
    - Lebar puncak = 5.5 m
    - Tebal lapis = 3.6 m
  - Secondary Layer
    - Dimensi batu = 0.734 m
    - Tebal lapis = 1.7 m
  - Core Layer
    - Dimensi batu = 0.27 m

## **6.2    Saran**

Untuk perencanaan bangunan pemecah gelombang selanjutnya sebaiknya analisis data tanah dari lokasi tersebut ikut diperhitungkan untuk merencanakan seberapa stabil bangunan yang akan direncanakan.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## DAFTAR PUSTAKA

- CERC. 1984. *Shore Protection Manual Volume I*. Washington: U.S. Army Coastal Engineering Research Center.
- CERC. 1984. *Shore Protection Manual Volume II*. Washington: U.S. Army Coastal Engineering Research Center.
- CERC. 1992. *Automated Coastal Engineering System, Buku I*. Mississippi: Department of the Army Water-way Experiment Station Corps of Engineers.
- CIRIA, 1991. *Manual on The Use of Rock in Coastal and Shoreline Engineering*. London: CIRIA.
- Tiatmodjo, Bambang. 2016. *Teknik Pantai*. Yogyakarta: Beta Offset.
- USACE. 2002. *Coastal Engineering Manual*. Washington: U.S. Army Corps of Engineers.

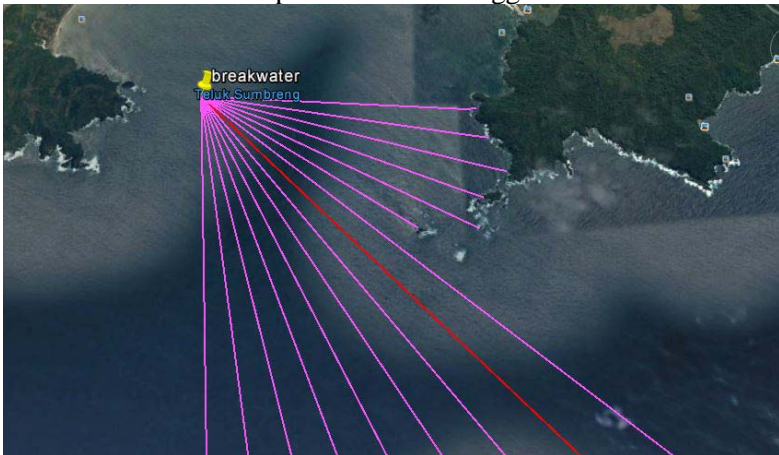
*Halaman ini sengaja dikosongkan*

# LAMPIRAN

## Lampiran 1. Fetch Selatan

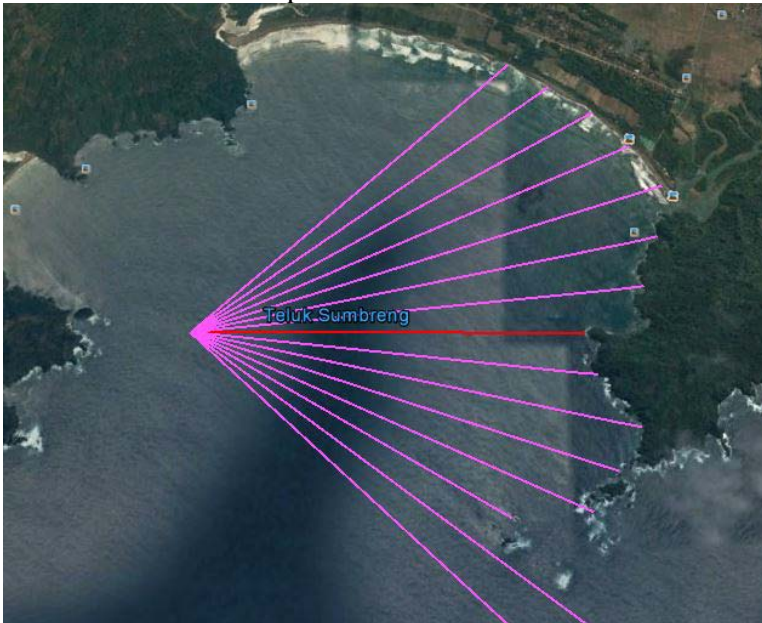


## Lampiran 2. Fetch Tenggara





Lampiran 3. Fetch Timur



Lampiran 4. Daftar 1 Kontanta pengali untuk menyusun Skema II

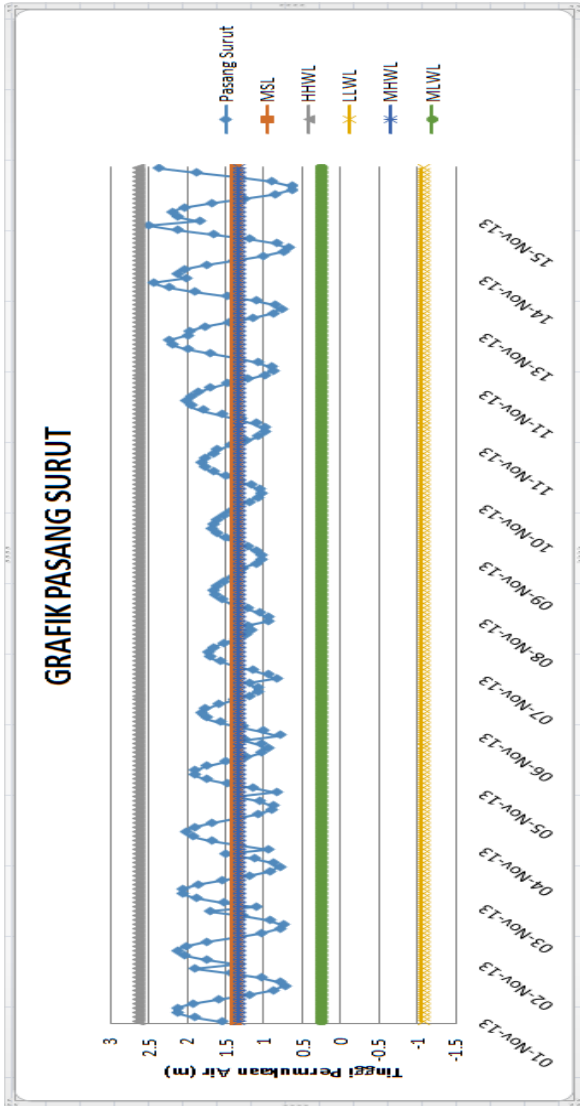
	waktu (jam)												
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
X1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	1	1
Y1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1
X2	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1
Y2	1	1	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1
X4	1	0	-1	-1	0	1	1	0	-1	-1	0	1	1
Y4	1	1	1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	-1	-1	1

Lampiran 5. Daftar 2 Konstanta pengali untuk menyusun Skema IV

DAFTAR KONSTANTA PENGALI SKEMA 4							
	0	2	b	3	c	4	d
	-15	1	0	5	0	1	0
1	1	-1	0	-1	-1	1	0
2	1	-1	1	-1	-1	1	-1
3	1	-1	1	-1	-1	-1	-1
4	1	-1	1	-1	1	-1	-1
5	1	1	1	-1	1	-1	1
6	1	1	1	1	1	-1	1
7	1	1	1	1	1	1	1
8	1	1	0	1	0	1	0
9	1	1	-1	1	-1	1	-1
10	1	1	-1	1	-1	-1	-1
11	1	1	-1	-1	-1	-1	-1
12	1	-1	-1	-1	-1	-1	1
13	1	-1	-1	-1	1	-1	1
14	1	-1	-1	-1	1	1	1
15	1	-1	0	-1	1	1	0



Lampiran 7. Grafik Pasang Surut



Lampiran 8. Hasil perhitungan analisa refraksi pada arah Tenggara menggunakan periode ulang 50 tahun

Lo	Co	Ho	T	d	d/Lo	Ks	d/L	L	C	ao	sina	a	cosa	cosa	Kr	H
192.8	17.3420	3.4824	11.117	50	0.25935732	0.935	0.27604	181.1	16.29383	33	0.511772	30.77858	0.838671	0.859151	0.988009	3.218214
181.1	16.2938	3.2182	11.117	42	0.23187433	0.927	0.25222	166.5	14.97935	32	0.487169	29.15467	0.948048	0.873308	0.985432	2.939425
166.5	14.9794	2.9394	11.117	34	0.20417965	0.919	0.22864	148.7	13.37667	19	0.290735	16.90195	0.945519	0.956804	0.994085	2.685354
148.7	13.37667	2.685354	11.117	28	0.18829399	0.916	0.21528	130.1	11.70003	13	0.196756	11.3473	0.97437	0.980453	0.996893	2.452142
130.1	11.70003	2.452142	11.117	26	0.19990003	0.918	0.22504	115.5	10.39321	22	0.332765	19.43671	0.927184	0.94301	0.991573	2.232098
115.5	10.39321	2.232098	11.117	22	0.19041425	0.916	0.21706	101.4	9.117452	16	0.241803	13.99298	0.961262	0.970325	0.995319	2.03503
101.4	9.117452	2.03503	11.117	19	0.18745916	0.916	0.21458	88.5	7.965254	16	0.240804	13.93401	0.961262	0.970574	0.995191	1.855124
88.5	7.965254	1.855124	11.117	15	0.16940186	0.913	0.19948	75.2	6.764111	22	0.318117	18.54907	0.927184	0.948052	0.988933	1.674984
75.2	6.764111	1.674984	11.117	14	0.18618464	0.915	0.21351	65.6	5.898565	34	0.487638	29.18543	0.829038	0.873046	0.97447	1.493784
65.6	5.898565	1.493784	11.117	12	0.18300437	0.915	0.21084	56.9	5.119732	22	0.325144	18.97433	0.927184	0.945664	0.990181	1.353391
56.9	5.119732	1.353391	11.117	11	0.19327337	0.917	0.21946	50.1	4.508838	22	0.329908	19.26319	0.927184	0.944013	0.991046	1.229947
50.1	4.508838	1.229947	11.117	10	0.19950875	0.918	0.22470	44.5	4.003306	0	0	0	1	1	1	1.129092
44.5	4.003306	1.129092	11.117	6	0.13482146	0.916	0.17062	35.2	3.163354	30	0.395093	23.27176	0.866025	0.918641	0.970594	1.004193

plias 1

Lampiran 9. (Lanjutan) Hasil perhitungan analisa refraksi pada arah Tenggara menggunakan periode ulang 50 tahun

plas 2	Lo	Co	Ho	T	d	d/Lo	Ks	d/L	L	C	ao	sina	a	cos ao	cos a	Kr	H
	192.8	17.34195	3.482383	11.116638	50	0.25935732	0.935357	0.27604	181.1	16.29383	10	0.163153	9.389962	0.984808	0.986601	0.999091	3.254311
	181.1	16.29383	3.254311	11.116638	46	0.2539576	0.933958	0.27132	169.5	15.25097	19	0.304731	17.74197	0.945519	0.952439	0.996361	3.028327
	169.5	15.25097	3.028327	11.116638	35	0.2064415	0.919441	0.23056	151.8	13.65588	12	0.186166	10.72913	0.978148	0.982518	0.997773	2.77817
	151.8	13.65588	2.77817	11.116638	29	0.19103151	0.916000	0.21758	133.3	11.98982	40	0.564366	34.35825	0.766044	0.825525	0.963301	2.451411
	133.3	11.98982	2.451411	11.116638	27	0.2025712	0.919000	0.22729	118.8	10.68608	38	0.548716	33.27899	0.788011	0.836009	0.970869	2.187219
	118.8	10.68608	2.187219	11.116638	23	0.19361359	0.917000	0.21975	104.7	9.415309	31	0.45379	26.98714	0.857167	0.891108	0.980771	1.967112
	104.7	9.415309	1.967112	11.116638	20	0.19108297	0.916000	0.21762	91.9	8.267198	36	0.51611	31.07169	0.809017	0.856522	0.971873	1.751194
	91.9	8.267198	1.751194	11.116638	17	0.18497674	0.915000	0.21250	80.0	7.196405	48	0.64689	40.30756	0.669131	0.762583	0.936725	1.500953
	80.0	7.196405	1.500953	11.116638	14	0.17500038	0.914000	0.20415	68.6	6.168854	24	0.34866	20.40538	0.913545	0.937249	0.987274	1.354412
	68.6	6.168854	1.354412	11.116638	12	0.17498599	0.914000	0.20414	58.8	5.287899	23	0.334932	19.5684	0.920505	0.942242	0.988398	1.22357
	58.8	5.287899	1.22357	11.116638	11	0.18712684	0.916000	0.21430	51.3	4.61747	29	0.423343	25.04581	0.87462	0.90597	0.982546	1.101228
	51.3	4.61747	1.101228	11.116638	10	0.19481504	0.917000	0.22075	45.3	4.074898	34	0.493485	29.56993	0.829038	0.869754	0.976313	0.985906
	45.3	4.074898	0.985906	11.116638	7	0.15452824	0.913000	0.18708	37.4	3.365897	36	0.485515	29.04623	0.809017	0.874228	0.961981	0.865591
	37.4	3.365897	0.865591	11.116638	2	0.05345098	1.011647	0.09772	20.5	1.840997	26	0.23977	13.87294	0.898794	0.97083	0.962185	0.842869

Lampiran 10. (Lanjutan) Hasil perhitungan analisa refraksi pada arah Tenggara menggunakan periode ulang 50 tahun

plas 3	Lo	Co	Ho	T	d	d/Lo	Ks	d/L	L	C	ao	sin a	a	cos a	cos a	Kr	H
	192.8	17.94195	3.482383	11.116638	50	0.25955732	0.935357	0.27604	181.1	16.29383	35	0.59891	32.60948	0.819152	0.842363	0.986126	3.212082
	181.1	16.29383	3.212082	11.116638	49	0.27052005	0.939	0.28585	171.4	15.42013	23	0.36978	21.70202	0.920505	0.92912	0.995353	3.00213
	171.4	15.42013	3.00213	11.116638	37	0.21584414	0.922	0.23853	155.1	13.95371	10	0.157135	9.040621	0.984808	0.987577	0.998597	2.76408
	155.1	13.95371	2.76408	11.116638	30	0.19340069	0.917	0.21957	136.6	12.29084	29	0.427035	25.27951	0.87462	0.904235	0.983488	2.492808
	136.6	12.29084	2.492808	11.116638	27	0.19760992	0.91761	0.22310	121.0	10.88645	28	0.415828	24.57148	0.882948	0.909443	0.985325	2.253858
	121.0	10.88645	2.253858	11.116638	24	0.19831319	0.918	0.22369	107.3	9.651287	22	0.332104	19.39655	0.927184	0.943243	0.991451	2.051353
	107.3	9.651287	2.051353	11.116638	21	0.19573144	0.917	0.22152	94.8	8.52755	34	0.494084	29.60936	0.829038	0.869414	0.976503	1.836892
	94.8	8.52755	1.836892	11.116638	18	0.18987807	0.916	0.21661	83.1	7.475245	29	0.424984	25.14964	0.87462	0.905201	0.982963	1.653926
	83.1	7.475245	1.653926	11.116638	15	0.18050631	0.914506	0.20876	71.9	6.463687	13	0.19451	11.21613	0.97437	0.9809	0.996666	1.507483
	71.9	6.463687	1.507483	11.116638	13	0.18092126	0.914921	0.20910	62.2	5.92524	35	0.496271	29.75359	0.819152	0.866168	0.971361	1.339728
	62.2	5.92524	1.339728	11.116638	11	0.17693404	0.914	0.20577	53.5	4.808916	40	0.552722	33.55396	0.766044	0.833366	0.958758	1.17401
	53.5	4.808916	1.17401	11.116638	10	0.18705932	0.916	0.21424	46.7	4.198811	0	0	0	1	1	1	1.075393
	46.7	4.198811	1.075393	11.116638	8	0.17139186	0.913392	0.20114	39.8	3.577832	56	0.706428	44.94501	0.559193	0.707785	0.888853	0.873081
	39.8	3.577832	0.873081	11.116638	5	0.12571198	0.918	0.16296	30.7	2.760074	64	0.693364	43.89695	0.438371	0.720588	0.779969	0.625136
	30.7	2.760074	0.625136	11.116638	3	0.09777484	0.934225	0.13904	21.6	1.940865	0	0	0	1	1	1	0.584018
	21.6	1.940865	0.584018	11.116638	2	0.09269607	0.939304	0.13458	14.9	1.336804	0	0	0	1	1	1	0.548571
	14.9	1.336804	0.548571	11.116638	2	0.13458254	0.916	0.17042	11.7	1.055693	0	0	0	1	1	1	0.502491
	11.7	1.055693	0.502491	11.116638	1	0.08520967	0.94779	0.12792	7.8	0.703222	0	0	0	1	1	1	0.476256
	7.8	0.703222	0.476256	11.116638	1	0.1279187	0.917081	0.16482	6.1	0.545776	0	0	0	1	1	1	0.436765

Lampiran 11. (Lanjutan) Hasil perhitungan analisa refraksi pada arah Tenggara menggunakan periode ulang 50 tahun

Lo	Co	Ho	T	d	d/Lo	Ks	d/L	L	C	ao	sina	a	cosa	cosa	Kr	H
192.8	17.342	3.48238	11.11664	50	0.259357	0.93536	0.27604	181.1	16.2938	29	0.45551	27.0976	0.87462	0.89023	0.99119	3.22858
181.1	16.2938	3.22858	11.11664	36	0.198749	0.918	0.22406	160.7	14.4533	12	0.18443	10.6277	0.97815	0.98285	0.99761	2.95675
160.7	14.4533	2.95675	11.11664	31	0.19294	0.91694	0.21918	141.4	12.723	23	0.34395	20.118	0.9205	0.93899	0.99011	2.68435
141.4	12.723	2.68435	11.11664	28	0.197969	0.91797	0.2234	125.3	11.2744	18	0.27383	15.8926	0.95106	0.96178	0.99441	2.45037
125.3	11.2744	2.45037	11.11664	25	0.199468	0.918	0.22467	111.3	10.0098	24	0.36111	21.1687	0.91355	0.93252	0.98977	2.22644
111.3	10.0098	2.22644	11.11664	22	0.197707	0.91771	0.22318	98.6	8.86718	7	0.10796	6.1976	0.99255	0.99416	0.99919	2.04157
98.6	8.86718	2.04157	11.11664	18	0.182605	0.915	0.21051	85.5	7.69183	29	0.42055	24.8692	0.87462	0.90727	0.98184	1.83411
85.5	7.69183	1.83411	11.11664	16	0.187119	0.916	0.21429	74.7	6.71654	30	0.4366	25.8873	0.86603	0.89965	0.98113	1.64835
74.7	6.71654	1.64835	11.11664	14	0.187503	0.916	0.21461	65.2	5.86812	40	0.56159	34.166	0.76604	0.82741	0.9622	1.45281
65.2	5.86812	1.45281	11.11664	13	0.199283	0.918	0.22451	57.9	5.20874	27	0.40298	23.7644	0.89101	0.92521	0.98669	1.31593
57.9	5.20874	1.31593	11.11664	13	0.224511	0.92451	0.24591	52.9	4.75539	80	0.89909	64.0592	0.17365	0.43776	0.62982	0.76624
52.9	4.75539	0.76624	11.11664	12	0.226998	0.925	0.24804	48.4	4.35201	0	0	0	1	1	1	0.70877
48.4	4.35201	0.70877	11.11664	12	0.248038	0.932	0.26617	45.1	4.05549	0	0	0	1	1	1	0.66057
45.1	4.05549	0.66057	11.11664	11	0.248992	0.93	0.26266	41.9	3.76721	86	0.92665	67.919	0.06976	0.37592	0.43077	0.26464
41.9	3.76721	0.26464	11.11664	11	0.262663	0.93666	0.27893	39.4	3.54747	0	0	0	1	1	1	0.24788
39.4	3.54747	0.24788	11.11664	11	0.278934	0.942	0.29329	37.5	3.37381	0	0	0	1	1	1	0.2335
37.5	3.37381	0.2335	11.11664	10	0.266628	0.938	0.28241	35.4	3.18524	0	0	0	1	1	1	0.21902
35.4	3.18524	0.21902	11.11664	8	0.22593	0.925	0.24713	32.4	2.912	62	0.8072	53.8237	0.46947	0.59027	0.89182	0.18068
32.4	2.912	0.18068	11.11664	7	0.216239	0.922	0.23886	29.3	2.63619	44	0.62886	38.9663	0.71934	0.77752	0.96186	0.16023
29.3	2.63619	0.16023	11.11664	5	0.170616	0.913	0.20049	24.9	2.4337	0	0	1	1	1	1	0.14629
24.9	2.4337	0.14629	11.11664	3	0.120295	0.92	0.15838	18.9	1.70391	65	0.68837	43.5011	0.42262	0.72536	0.7633	0.10273
18.9	1.70391	0.10273	11.11664	2	0.105587	0.92841	0.14582	13.7	1.23378	52	0.57059	34.7913	0.61566	0.82124	0.86584	0.08258
13.7	1.23378	0.08258	11.11664	2	0.145821	0.914	0.17982	11.1	1.00051	46	0.58333	35.6853	0.69466	0.81223	0.92479	0.0698

page 4



Lampiran 12. (Lanjutan) Hasil perhitungan analisa refraksi pada arah Tenggara menggunakan periode ulang 50 tahun

pas 5	Lo	Co	Ho	T	d	d/Lo	ks	d/H	L	C	zo	sm <sub>z</sub>	z	cos <sub>z</sub>	cos <sub>z</sub>	Kr	H
	192.8	17.342	3.4824	11.1166	50	0.259357	0.9354	0.276	181.1	16.294	8	0.1308	7.5136	0.9903	0.9914	0.9994	3.2554
	161.1	16.294	3.2554	11.1166	59	0.215512	0.92	0.2361	163.8	14.756	9	0.1445	8.1353	0.9877	0.9899	0.9989	2.9981
	163.8	14.756	2.9981	11.1166	32	0.195544	0.917	0.2212	144.7	13.013	27	0.4009	23.656	0.891	0.9161	0.9862	2.7113
	144.7	13.013	2.7113	11.1166	29	0.200461	0.918	0.2255	128.6	11.568	22	0.333	19.451	0.9272	0.9429	0.9916	2.4681
	128.6	11.568	2.4681	11.1166	26	0.202179	0.919	0.227	114.6	10.305	35	0.511	30.728	0.8192	0.8595	0.9762	2.2142
	114.6	10.305	2.2142	11.1166	24	0.209494	0.92	0.2331	102.9	9.2602	46	0.6454	40.269	0.6947	0.765	0.9542	1.9437
	102.9	9.2602	1.9437	11.1166	22	0.213712	0.921	0.2367	92.9	8.5603	50	0.6916	43.757	0.6428	0.7223	0.9434	1.6887
	92.9	8.5603	1.6887	11.1166	20	0.215166	0.922	0.238	84.0	7.56	52	0.7126	45.445	0.6157	0.7016	0.9368	1.4585
	84.0	7.56	1.4585	11.1166	20	0.237976	0.928	0.2575	77.7	6.9876	21	0.3312	19.344	0.9336	0.9435	0.9947	1.3464
	77.7	6.9876	1.3464	11.1166	20	0.25747	0.935	0.2744	72.9	6.5568	43	0.6399	39.788	0.7314	0.7684	0.9756	1.2281
	72.9	6.5568	1.2281	11.1166	20	0.274589	0.9404	0.2893	69.1	6.2196	51	0.7372	47.482	0.6293	0.6757	0.9651	1.1146
	69.1	6.2196	1.1146	11.1166	21	0.303725	0.95	0.3155	66.6	5.9879	0	0	0	1	1	1	1.0588
	66.6	5.9879	1.0588	11.1166	20	0.300457	0.949	0.3125	64.0	5.7566	0	0	0	1	1	1	1.0048
	64.0	5.7566	1.0048	11.1166	19	0.296905	0.948	0.3093	61.4	5.5253	77	0.9332	69.263	0.225	0.3541	0.7971	0.7593
	61.4	5.5253	0.7593	11.1166	18	0.293053	0.947	0.3059	58.8	5.2956	0	0	0	1	1	1	0.719
	58.8	5.2956	0.719	11.1166	17	0.288885	0.945	0.3021	56.3	5.0612	0	0	0	1	1	1	0.6795
	56.3	5.0612	0.6795	11.1166	16	0.284374	0.944	0.2981	53.7	4.8278	40	0.6131	37.817	0.766	0.79	0.9847	0.6317
	53.7	4.8278	0.6317	11.1166	15	0.27949	0.942	0.2938	51.1	4.593	35	0.5457	33.071	0.8192	0.838	0.9887	0.5883
	51.1	4.593	0.5883	11.1166	15	0.293781	0.947	0.3065	48.9	4.4019	36	0.5633	34.287	0.809	0.8262	0.9895	0.5513
	48.9	4.4019	0.5513	11.1166	13	0.265562	0.9377	0.2816	46.2	4.1533	21	0.3381	19.763	0.9336	0.9411	0.996	0.5148
	46.2	4.1533	0.5148	11.1166	12	0.259907	0.9359	0.2765	43.4	3.9058	0	0	0	1	1	1	0.4818
	43.4	3.9058	0.4818	11.1166	11	0.253476	0.9335	0.2709	40.6	3.6526	26	0.4102	24.215	0.8988	0.912	0.9927	0.4465
	40.6	3.6526	0.4465	11.1166	9	0.221649	0.9236	0.2435	37.0	3.3232	0	0	0	1	1	1	0.4124
	37.0	3.3232	0.4124	11.1166	7	0.189567	0.916	0.2162	32.4	2.9128	25	0.3702	21.728	0.9063	0.929	0.9877	0.3731
	32.4	2.9128	0.3731	11.1166	6	0.185295	0.915	0.2128	28.2	2.5367	20	0.2979	17.339	0.9397	0.9546	0.9922	0.3388
	28.2	2.5367	0.3388	11.1166	5	0.177504	0.914	0.2061	24.3	2.1826	14	0.2081	12.014	0.9703	0.9781	0.996	0.3084
	24.3	2.1826	0.3084	11.1166	3	0.133645	0.919	0.1612	18.6	1.674	11	0.1485	8.4152	0.9816	0.9892	0.9961	0.2823
	18.6	1.674	0.2823	11.1166	2	0.107475	0.9275	0.1474	13.6	1.2202	17	0.12131	12.305	0.9563	0.977	0.9893	0.2591
	13.6	1.2202	0.2591	11.1166	1	0.073724	0.9646	0.1174	8.5	0.766	10	0.109	6.2587	0.9848	0.994	0.9953	0.2487

Lampiran 13. (Lanjutan) Hasil perhitungan analisa refraksi pada arah Tenggara menggunakan periode ulang 50 tahun

plat 6	Co	Ho	T	d	dico	ks	dL	L	C	so	sn*	s	cos <sup>2</sup> α	cos α	Kc	H
192.8	17.342	3.482	11.117	50	0.295957	0.9554	0.27604	181.1	16.294	20	0.3213	18.745	0.9397	0.947	0.9962	3.2447
181.1	16.294	3.2447	11.117	41	0.226954	0.925	0.24749	165.7	14.902	33	0.4981	29.876	0.8387	0.8671	0.9835	2.9518
165.7	14.902	2.9518	11.117	34	0.205236	0.919	0.22954	148.1	13.324	39	0.5627	34.242	0.7771	0.8267	0.9696	2.6302
148.1	13.324	2.6302	11.117	31	0.208285	0.92	0.23296	133.1	11.97	47	0.657	41.073	0.682	0.7539	0.9511	2.3015
133.1	11.97	2.3015	11.117	28	0.210417	0.9204	0.23592	119.7	10.768	29	0.4561	25.855	0.8746	0.8999	0.9859	2.0884
119.7	10.768	2.0884	11.117	25	0.208858	0.92	0.23260	107.5	9.6685	30	0.449	26.677	0.866	0.8935	0.9845	1.8915
107.5	9.6685	1.8915	11.117	24	0.223295	0.924	0.24487	98.0	8.8165	28	0.4281	25.347	0.8829	0.9037	0.9884	1.7275
98.0	8.8165	1.7275	11.117	23	0.234671	0.9277	0.25463	90.3	8.1255	70	0.866	60.002	0.342	0.5	0.8271	1.3255
90.3	8.1255	1.3255	11.117	23	0.234627	0.924	0.27191	84.6	7.6092	66	0.8555	58.814	0.4067	0.5178	0.8663	1.0972
84.6	7.6092	1.0972	11.117	23	0.271905	0.9399	0.28707	80.1	7.2073	72	0.9008	64.267	0.309	0.4342	0.8436	0.87
80.1	7.2073	0.87	11.117	22	0.274586	0.9406	0.28944	76.0	6.8375	0	0	0	1	1	1	0.8183
76.0	6.8375	0.8183	11.117	22	0.289433	0.9454	0.30264	72.7	6.5391	0	0	0	1	1	1	0.7737
72.7	6.5391	0.7737	11.117	21	0.288883	0.945	0.30215	69.5	6.2521	0	0	0	1	1	1	0.7311
69.5	6.2521	0.7311	11.117	20	0.28776	0.945	0.30115	66.4	5.9742	0	0	0	1	1	1	0.6909
66.4	5.9742	0.6909	11.117	19	0.286089	0.9441	0.29965	63.4	5.7038	38	0.5878	36.001	0.788	0.809	0.9869	0.6438
63.4	5.7038	0.6438	11.117	18	0.283979	0.9439	0.29768	60.5	5.4393	25	0.403	23.767	0.9063	0.9152	0.9951	0.6047
60.5	5.4393	0.6047	11.117	16	0.264607	0.937	0.28064	57.0	5.1285	19	0.3207	17.876	0.9455	0.9517	0.9967	0.5647
57.0	5.1285	0.5647	11.117	15	0.263104	0.937	0.27932	53.7	4.8307	18	0.2911	16.822	0.9511	0.9567	0.997	0.5276
53.7	4.8307	0.5276	11.117	14	0.2607	0.936	0.27722	50.5	4.5429	9	0.1471	8.4597	0.9877	0.9891	0.9993	0.4835
50.5	4.5429	0.4835	11.117	13	0.257415	0.935	0.27434	47.4	4.2626	17	0.2743	15.922	0.9563	0.9616	0.9972	0.4601
47.4	4.2626	0.4601	11.117	12	0.253238	0.9332	0.27070	44.3	3.9877	21	0.3553	19.588	0.9356	0.9421	0.9955	0.4274
44.3	3.9877	0.4274	11.117	11	0.248139	0.932	0.26626	41.3	3.7163	14	0.2255	13.03	0.9703	0.9743	0.998	0.3976
41.3	3.7163	0.3976	11.117	10	0.242055	0.93	0.26099	38.3	3.4467	1	0.0162	0.9275	0.9998	0.9999	1	0.3697
38.3	3.4467	0.3697	11.117	9	0.234889	0.9279	0.25481	35.3	3.1772	2	0.0322	1.8436	0.9994	0.9995	1	0.3431
35.3	3.1772	0.3431	11.117	8	0.226502	0.925	0.24762	32.3	2.9065	0	0	0	1	1	1	0.3173
32.3	2.9065	0.3173	11.117	7	0.216665	0.92	0.23922	29.3	2.6322	10	0.1573	9.0486	0.9848	0.9876	0.9966	0.2922
29.3	2.6322	0.2922	11.117	6	0.20505	0.919	0.22958	26.2	2.353	11	0.1706	9.8209	0.9816	0.9853	0.9981	0.268
26.2	2.353	0.268	11.117	5	0.194152	0.916	0.21768	23.0	2.0663	8	0.1222	7.0199	0.9903	0.9925	0.9989	0.2452
23.0	2.0663	0.2452	11.117	4	0.174402	0.914	0.20344	19.7	1.7687	1	0.0149	0.656	0.9998	0.9999	1	0.2241
19.7	1.7687	0.2241	11.117	3	0.152578	0.913	0.18546	16.2	1.4551	7	0.1003	5.7544	0.9925	0.995	0.9968	0.2044

Lampiran 14. (Lanjutan) Hasil perhitungan analisa refraksi pada arah Tenggara menggunakan periode ulang 50 tahun

pas 7	Lo	Co	Ho	T	d	d/Lo	Ks	d/L	L	C	so	sin $\alpha$	$\alpha$	cos $\alpha$	cos $\alpha$	Kr	H
192.8	17.342	3.482	11.1166	50	0.259357	0.9354	0.27604	181.1	16.294	21	0.3367	19.676	0.9336	0.9416	0.9957	3.2434	
181.1	16.294	3.243	11.1166	43	0.237395	0.9280	0.25697	167.3	15.053	25	0.3304	22.981	0.9063	0.9206	0.9922	2.9863	
167.3	15.053	2.986	11.1166	37	0.221114	0.9231	0.24302	152.3	13.696	23	0.3355	20.825	0.9205	0.9347	0.9924	2.7357	
152.3	13.696	2.736	11.1166	32	0.210176	0.9202	0.23372	136.9	12.316	22	0.3369	19.687	0.9272	0.9415	0.9923	2.4981	
136.9	12.316	2.498	11.1166	29	0.211807	0.9210	0.23510	123.4	11.096	21	0.3229	18.836	0.9336	0.9464	0.9932	2.2851	
123.4	11.096	2.285	11.1166	28	0.226989	0.9250	0.24803	112.9	10.155	21	0.328	19.145	0.9336	0.9447	0.9941	2.1012	
112.9	10.155	2.101	11.1166	27	0.239173	0.9290	0.25850	104.4	9.3957	69	0.8638	59.744	0.3384	0.5039	0.8433	1.6462	
104.4	9.3957	1.646	11.1166	25	0.239352	0.9290	0.25866	96.7	8.6945	0	0	0	1	1	1	1.5295	
96.7	8.6945	1.529	11.1166	24	0.24831	0.9320	0.26641	90.1	8.1038	37	0.5609	34.12	0.7986	0.8279	0.9822	1.4	
90.1	8.1038	1.400	11.1166	23	0.255309	0.9340	0.27250	84.4	7.5925	27	0.4353	25.173	0.891	0.905	0.9922	1.2974	
84.4	7.5925	1.297	11.1166	23	0.272502	0.9400	0.28759	80.0	7.1941	0	0	0	1	1	1	1.2195	
80.0	7.1941	1.220	11.1166	22	0.275068	0.9410	0.28988	75.9	6.8271	1	0.0166	0.949	0.9998	0.9999	1	1.1476	
75.9	6.8271	1.148	11.1166	21	0.276702	0.9410	0.29131	72.1	6.4848	39	0.5978	36.71	0.7771	0.8017	0.9846	1.0632	
72.1	6.4848	1.063	11.1166	20	0.277436	0.9414	0.29196	68.5	6.1622	52	0.7488	48.488	0.6157	0.6628	0.9638	0.9647	
68.5	6.1622	0.965	11.1166	17	0.248164	0.9320	0.26628	63.8	5.7429	0	0	0	1	1	1	0.8991	
63.8	5.7429	0.899	11.1166	14	0.219292	0.9230	0.24346	58.0	5.2157	24	0.3694	21.678	0.9135	0.9293	0.9915	0.8228	
58.0	5.2157	0.823	11.1166	10	0.17247	0.9140	0.20204	49.5	4.4523	7	0.104	5.9714	0.9925	0.9946	0.999	0.7513	
49.5	4.4523	0.751	11.1166	5	0.10102	0.8920	0.14187	35.2	3.1704	0	0	0	1	1	1	0.7002	
35.2	3.1704	0.700	11.1166	3	0.08512	0.9479	0.12784	23.5	2.111	6	0.0696	3.991	0.9945	0.9976	0.9985	0.6627	
23.5	2.111	0.663	11.1166	1	0.042613	1.0519	0.06621	11.6	1.0434	8	0.0688	3.9446	0.9903	0.9976	0.9983	0.6945	

Lampiran 15. (Lanjutan) Hasil perhitungan analisa refraksi pada arah Tenggara menggunakan periode ulang 50 tahun

pas.β	Lo	Co	Ho	T	d	d/Lo	Ks	d/L	L	C	αo	sin α	α	cos α	Kr	H	
	492.8	17342	3482	11.1166	50	0.259357	0.935	0.27604	181.1	16.394	20	0.3213	18.745	0.9397	0.947	0.9962	3.2447
	181.1	16294	32447	11.1166	44	0.242916	0.930	0.26174	168.1	15.122	18	0.2868	16.666	0.9511	0.958	0.9964	3.0067
	168.1	15.122	30067	11.1166	37	0.220097	0.923	0.24214	152.8	13.745	10	0.1578	9.0814	0.9848	0.9875	0.9987	2.7714
	152.8	13.745	2.7714	11.1166	32	0.209421	0.920	0.23308	137.3	12.35	30	0.4493	26.666	0.866	0.8934	0.9846	2.5103
	137.3	12.35	2.5103	11.1166	30	0.218511	0.923	0.24079	124.6	11.207	9	0.142	8.1612	0.9877	0.9899	0.9989	2.3145
	124.6	11.207	2.3145	11.1166	28	0.224741	0.925	0.24611	113.8	10.234	40	0.587	35.943	0.766	0.8096	0.9727	2.0819
	113.8	10.234	2.0819	11.1166	25	0.219741	0.923	0.24184	103.4	9.2991	26	0.3983	23.473	0.8988	0.9172	0.9699	1.9022
	103.4	9.2991	1.9022	11.1166	23	0.222493	0.924	0.24419	94.2	8.4728	48	0.6771	42.619	0.6691	0.7359	0.9336	1.676
	94.2	8.4728	1.676	11.1166	22	0.233572	0.927	0.25368	86.7	7.8012	54	0.7449	48.149	0.5878	0.6672	0.9386	1.4583
	86.7	7.8012	1.4583	11.1166	21	0.242151	0.930	0.26107	80.4	7.2358	50	0.7105	45.278	0.6428	0.7037	0.9558	1.2962
	80.4	7.2358	1.2962	11.1166	20	0.248639	0.932	0.26670	75.0	6.7459	49	0.7036	44.717	0.6561	0.7106	0.9609	1.1608
	75.0	6.7459	1.1608	11.1166	18	0.240027	0.929	0.25924	69.4	6.2459	42	0.6195	38.282	0.7431	0.785	0.973	1.0492
	69.4	6.2459	1.0492	11.1166	16	0.230438	0.926	0.25099	63.7	5.7345	54	0.7428	47.969	0.5878	0.6695	0.937	0.9104
	63.7	5.7345	0.9104	11.1166	15	0.2353	0.928	0.25517	58.8	5.288	49	0.6959	44.103	0.6561	0.7181	0.9558	0.8075
	58.8	5.288	0.8075	11.1166	13	0.221146	0.923	0.24304	53.5	4.8116	37	0.5476	33.202	0.7986	0.8367	0.977	0.7283
	53.5	4.8116	0.7283	11.1166	11	0.205652	0.919	0.22989	47.8	4.3043	27	0.4061	23.962	0.891	0.9138	0.9874	0.6609
	47.8	4.3043	0.6609	11.1166	10	0.208989	0.920	0.23271	43.0	3.8555	29	0.4354	25.81	0.8746	0.9002	0.9857	0.5993
	43.0	3.8555	0.5993	11.1166	5	0.116355	0.922	0.15503	32.3	2.9012	39	0.4723	28.185	0.7771	0.8814	0.939	0.5188
	32.3	2.9012	0.5188	11.1166	4	0.124026	0.919	0.16153	24.8	2.2276	31	0.3955	23.294	0.8572	0.9185	0.966	0.4606

Lampiran 16. (Lanjutan) Hasil perhitungan analisa refraksi pada arah Tenggara menggunakan periode ulang 50 tahun

pasang	Lo	Co	Ho	T	d	d/Lo	ks	d/L	L	C	ao	sina	a	cosa0	cosa	K'	H
192.8	17.342	3.482	11.11664	50	0.2593573	0.935	0.27604	181.1	16.2938	11	0.17928	10.3276	0.98163	0.9838	0.9989	3.25368	
181.1	16.2938	3.25368	11.11664	46	0.2539576	0.934	0.27132	169.5	15.251	9	0.14642	8.41964	0.98769	0.98922	0.99922	3.03644	
169.5	15.251	3.03644	11.11664	34	0.2065432	0.918	0.22558	150.7	13.5585	26	0.38872	22.9373	0.89879	0.92093	0.96791	2.75374	
150.7	13.5585	2.75374	11.11664	30	0.1990379	0.918	0.2243	133.7	12.0313	41	0.58216	35.6029	0.75471	0.81307	0.96344	2.43552	
133.7	12.0313	2.43552	11.11664	28	0.2093487	0.920	0.23302	120.2	10.8093	35	0.51532	31.0187	0.81915	0.857	0.97767	2.19054	
120.2	10.8093	2.19064	11.11664	25	0.2080504	0.920	0.23191	107.8	9.6971	62	0.7921	52.382	0.46847	0.61039	0.877	1.7675	
107.8	9.6971	1.7675	11.11664	23	0.2133598	0.921	0.2377	96.8	8.70426	47	0.65847	41.0315	0.682	0.75435	0.95084	1.54783	
96.8	8.70426	1.54783	11.11664	21	0.217027	0.922	0.23953	87.7	7.88643	35	0.51968	31.3111	0.81915	0.85436	0.97918	1.39743	
87.7	7.88643	1.39743	11.11664	20	0.2281266	0.925	0.24901	80.3	7.2251	44	0.65841	39.5244	0.71934	0.77135	0.9657	1.24845	
80.3	7.2251	1.24845	11.11664	19	0.2365572	0.928	0.25625	74.1	6.66987	50	0.70718	45.0056	0.64279	0.70704	0.95348	1.10457	
74.1	6.66987	1.10457	11.11664	17	0.2292756	0.926	0.24999	68.0	6.11727	49	0.69218	43.8031	0.65606	0.72172	0.95342	0.97528	
68.0	6.11727	0.97528	11.11664	15	0.2205768	0.923	0.24256	61.8	5.56296	41	0.59661	36.6275	0.75471	0.80253	0.96975	0.87295	
61.8	5.56296	0.87295	11.11664	14	0.2263856	0.925	0.24752	56.6	5.06901	36	0.5376	32.5206	0.80902	0.8432	0.97952	0.79094	
56.6	5.06901	0.79094	11.11664	12	0.2121581	0.921	0.23539	51.0	4.58576	32	0.47761	28.5294	0.84805	0.87857	0.98248	0.71569	
51.0	4.58576	0.71569	11.11664	10	0.196162	0.917	0.22189	45.1	4.05412	37	0.53204	33.1437	0.79864	0.84672	0.97119	0.63738	
45.1	4.05412	0.63738	11.11664	5	0.110943	0.925	0.15042	33.2	2.99012	37	0.44387	26.351	0.79864	0.89609	0.94406	0.55663	
33.2	2.99012	0.55663	11.11664	5	0.150421	0.913	0.18365	27.2	2.44905	2	0.02858	1.63798	0.99939	0.99959	0.9999	0.50815	
27.2	2.44905	0.50815	11.11664	3	0.1101922	0.926	0.14978	20.0	1.8018	8	0.10239	5.87693	0.99027	0.99474	0.99775	0.46939	

Lampiran 17. (Lanjutan) Hasil perhitungan analisa refraksi pada arah Tenggara menggunakan periode ulang 50 tahun

pis 10	Lo	Co	Ho	T	d	d/Lo	Ks	d/L	L	C	ao	sin a	a	cos ao	cos a	Kr	H
	192.8	17.342	3.482	11.11664	50	0.2593573	0.93536	0.27604	181.1	16.2938	4	0.06554	3.75789	0.99756	0.99785	0.99986	3.25681
	181.1	16.2938	3.25681	11.11664	43	0.2373951	0.928	0.25697	167.3	15.0526	25	0.39043	22.981	0.90631	0.92063	0.99219	2.99871
	167.3	15.0526	2.99871	11.11664	32	0.1912334	0.916	0.21775	147.0	13.2198	28	0.41231	24.35	0.88295	0.91104	0.98446	2.70413
	147.0	13.2198	2.70413	11.11664	28	0.1905278	0.916	0.21715	128.9	11.9989	47	0.64168	39.9173	0.682	0.76697	0.94298	2.33574
	128.9	11.9989	2.33574	11.11664	25	0.1938669	0.917	0.21997	113.6	10.2234	48	0.65501	40.9205	0.66913	0.75562	0.94103	2.01557
	113.6	10.2234	2.01557	11.11664	23	0.202377	0.919	0.22712	101.3	9.10958	52	0.70216	44.6007	0.61566	0.71202	0.92988	1.72242
	101.3	9.10958	1.72242	11.11664	22	0.2172456	0.92225	0.23972	91.8	8.25557	39	0.57032	34.7727	0.77715	0.82142	0.97268	1.54509
	91.8	8.25557	1.54509	11.11664	20	0.2179262	0.92293	0.2403	83.2	7.487	38	0.55834	33.9414	0.78801	0.82961	0.97461	1.38979
	83.2	7.487	1.38979	11.11664	19	0.2282824	0.92528	0.24914	76.3	6.8602	41	0.60113	36.9512	0.75471	0.79915	0.9718	1.24969
	76.3	6.8602	1.24969	11.11664	17	0.2229148	0.924	0.24455	69.5	6.23334	37	0.54858	33.2695	0.79864	0.8361	0.97734	1.12854
	69.5	6.23334	1.12854	11.11664	16	0.2301624	0.926	0.25075	63.8	5.73992	37	0.5524	33.5321	0.79864	0.83358	0.97882	1.0219
	63.8	5.73992	1.0219	11.11664	15	0.2350778	0.928	0.25498	58.8	5.29196	28	0.43283	25.6475	0.88295	0.90147	0.98967	0.93944
	58.8	5.29196	0.93944	11.11664	13	0.22098	0.923	0.2429	53.5	4.81435	10	0.15798	9.08943	0.98481	0.98744	0.99866	0.86595
	53.5	4.81435	0.86595	11.11664	11	0.2055331	0.919	0.22979	47.9	4.30618	13	0.20121	11.6075	0.97437	0.97955	0.99735	0.7937
	47.9	4.30618	0.7937	11.11664	10	0.208898	0.92	0.23263	43.0	3.86683	14	0.21724	12.5469	0.9703	0.97612	0.99701	0.72802
	43.0	3.86683	0.72802	11.11664	7	0.1628433	0.913	0.19401	36.1	3.24564	17	0.2454	14.2057	0.9563	0.96942	0.99321	0.66017
	36.1	3.24564	0.66017	11.11664	6	0.1662943	0.913	0.19689	30.5	2.74132	0	0	0	1	1	1	0.60274
	30.5	2.74132	0.60274	11.11664	5	0.1640726	0.913	0.19504	25.6	2.30607	3	0.04403	2.92334	0.99863	0.99903	0.9998	0.55019

## Lampiran 18. Layout Perencanaan Breakwater



Lampiran 19. Perhitungan Gelombang Pecah pada Pias Arah Tenggara Periode 50 Tahun

<b>Pias 1</b>	
<b>Data Refraksi</b>	
<b>Arah</b>	<b>135</b>
<b>ao</b>	<b>2</b>
<b>Ho (m)</b>	<b>3.373804</b>
<b>T</b>	<b>9.675229</b>
<b>Lo</b>	<b>146.0317</b>
<b>d (m)</b>	<b>50</b>
<b>Co</b>	<b>15.09336</b>
<b>cos ao</b>	<b>0.999391</b>
<b>cos a</b>	<b>0.999313</b>
<b>Ho' (m)</b>	<b>3.213307</b>

<b>Arah</b>	135
<b>m</b>	0.043
<b>y</b>	50
<b>x</b>	1162.79

<b>Ho'/(gT<sup>2</sup>)</b>	<b>m</b>	<b>Hb/Ho'</b>	<b>Hb/(gT<sup>2</sup>)</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>db/Hb</b>	<b>db</b>	<b>Cb</b>	<b>Hb</b>
0.003499	0.043	1.0814	0.00378	24.4	1.09	1.003314	3.48637	13.602	3.47485



Lampiran 20. Perhitungan Gelombang Pecah pada Pias Arah Tenggara Periode 50 Tahun

<b>Pias 2</b>	
<b>Data Refraksi</b>	
<b>Arah</b>	<b>135</b>
<b>a<sub>0</sub></b>	<b>23</b>
<b>H<sub>0</sub> (m)</b>	<b>3.373804</b>
<b>T</b>	<b>9.675229</b>
<b>L<sub>0</sub></b>	<b>146.0317</b>
<b>d (m)</b>	<b>50</b>
<b>C<sub>0</sub></b>	<b>15.09336</b>
<b>cos a<sub>0</sub></b>	<b>0.920505</b>
<b>cos a</b>	<b>0.909849</b>
<b>H<sub>0</sub>' (m)</b>	<b>3.125416</b>

<b>Arah</b>	135
<b>m</b>	0.042199
<b>y</b>	50
<b>x</b>	1184.86

<b>H<sub>0</sub>'/(gT<sup>2</sup>)</b>	<b>m</b>	<b>H<sub>b</sub>/H<sub>0</sub>'</b>	<b>H<sub>b</sub>'/(gT<sup>2</sup>)</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>db/H<sub>b</sub></b>	<b>db</b>	<b>C<sub>b</sub></b>	<b>H<sub>b</sub></b>
0.003403	0.0422	1.09144	0.00371	24.1	1.08	1.005692	3.43061	13.602	3.4112

Lampiran 21. Perhitungan Gelombang Pecah pada Pias Arah Tenggara Periode 50 Tahun

<b>Pias 3</b>	
<b>Data Refraksi</b>	
<b>Arah</b>	<b>135</b>
<b>ao</b>	<b>3</b>
<b>Ho (m)</b>	<b>3.373804</b>
<b>T</b>	<b>9.675229</b>
<b>Lo</b>	<b>146.0317</b>
<b>d (m)</b>	<b>50</b>
<b>Co</b>	<b>15.09336</b>
<b>cos ao</b>	<b>0.99863</b>
<b>cos a</b>	<b>0.998454</b>
<b>Ho' (m)</b>	<b>3.107546</b>

<b>Arah</b>	135
<b>m</b>	0.037223
<b>y</b>	50
<b>x</b>	1343.27

<b>Ho'/(gT<sup>2</sup>)</b>	<b>m</b>	<b>Hb/Ho'</b>	<b>Hb/(gT<sup>2</sup>)</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>db/Hb</b>	<b>db</b>	<b>Cb</b>	<b>Hb</b>
0.003384	0.0372	1.09353	0.0037	22.2	1.05	1.031787	3.5062	13.602	3.39818

Lampiran 22. Perhitungan Gelombang Pecah pada Pias Arah Tenggara Periode 50 Tahun

<b>Pias 4</b>	
<b>Data Refraksi</b>	
<b>Arah</b>	<b>135</b>
<b>ao</b>	<b>33</b>
<b>Ho (m)</b>	<b>3.373804</b>
<b>T</b>	<b>9.675229</b>
<b>Lo</b>	<b>146.0317</b>
<b>d (m)</b>	<b>50</b>
<b>Co</b>	<b>15.09336</b>
<b>cos ao</b>	<b>0.838671</b>
<b>cos a</b>	<b>0.815766</b>
<b>Ho' (m)</b>	<b>3.150593</b>

<b>Arah</b>	135
<b>m</b>	0.043385
<b>y</b>	50
<b>x</b>	1152.48

<b>Ho'/(gT<sup>2</sup>)</b>	<b>m</b>	<b>Hb/Ho'</b>	<b>Hb/(gT<sup>2</sup>)</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>db/Hb</b>	<b>db</b>	<b>Cb</b>	<b>Hb</b>
0.003431	0.0434	1.08852	0.00373	24.6	1.09	1.00016	3.43004	13.602	3.42949

Lampiran 23. Perhitungan Gelombang Pecah pada Pias Arah Tenggara Periode 50 Tahun

<b>Pias 5</b>	
<b>Data Refraksi</b>	
<b>Arah</b>	<b>135</b>
<b>ao</b>	<b>10</b>
<b>Ho (m)</b>	<b>3.373804</b>
<b>T</b>	<b>9.675229</b>
<b>Lo</b>	<b>146.0317</b>
<b>d (m)</b>	<b>50</b>
<b>Co</b>	<b>15.09336</b>
<b>cos ao</b>	<b>0.984808</b>
<b>cos a</b>	<b>0.98285</b>
<b>Ho' (m)</b>	<b>3.110366</b>

<b>Arah</b>	135
<b>m</b>	0.040792
<b>y</b>	50
<b>x</b>	1225.735

<b>Ho'/(gT<sup>2</sup>)</b>	<b>m</b>	<b>Hb/Ho'</b>	<b>Hb/(gT<sup>2</sup>)</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>db/Hb</b>	<b>db</b>	<b>Cb</b>	<b>Hb</b>
0.003387	0.0408	1.0932	0.0037	23.6	1.07	1.012687	3.44338	13.602	3.40024

Lampiran 24. Perhitungan Gelombang Pecah pada Pias Arah Tenggara Periode 50 Tahun

<b>Pias 6</b>	
<b>Data Refraksi</b>	
<b>Arah</b>	<b>135</b>
<b>ao</b>	<b>32</b>
<b>Ho (m)</b>	<b>3.373804</b>
<b>T</b>	<b>9.675229</b>
<b>Lo</b>	<b>146.0317</b>
<b>d (m)</b>	<b>50</b>
<b>Co</b>	<b>15.09336</b>
<b>cos ao</b>	<b>0.848048</b>
<b>cos a</b>	<b>0.826627</b>
<b>Ho' (m)</b>	<b>3.147277</b>

<b>Arah</b>	135
<b>m</b>	0.038606
<b>y</b>	50
<b>x</b>	1295.14

<b>Ho'/(gT<sup>2</sup>)</b>	<b>m</b>	<b>Hb/Ho'</b>	<b>Hb/(gT<sup>2</sup>)</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>db/Hb</b>	<b>db</b>	<b>Cb</b>	<b>Hb</b>
0.003427	0.0386	1.08891	0.00373	22.7	1.06	1.025	3.51276	13.602	3.42709

Lampiran 25. Perhitungan Gelombang Pecah pada Pias Arah Tenggara Periode 50 Tahun

<b>Pias 7</b>	
<b>Data Refraksi</b>	
<b>Arah</b>	<b>135</b>
<b>ao</b>	<b>29</b>
<b>Ho (m)</b>	<b>3.373804</b>
<b>T</b>	<b>9.675229</b>
<b>Lo</b>	<b>146.0317</b>
<b>d (m)</b>	<b>50</b>
<b>Co</b>	<b>15.09336</b>
<b>cos ao</b>	<b>0.87462</b>
<b>cos a</b>	<b>0.857283</b>
<b>Ho' (m)</b>	<b>3.138536</b>

<b>Arah</b>	135
<b>m</b>	0.035175
<b>y</b>	50
<b>x</b>	1421.48

<b>Ho'/(gT<sup>2</sup>)</b>	<b>m</b>	<b>Hb/Ho'</b>	<b>Hb/(gT<sup>2</sup>)</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>db/Hb</b>	<b>db</b>	<b>Cb</b>	<b>Hb</b>
0.003418	0.0352	1.08992	0.00373	21.3	1.04	1.043787	3.57052	13.602	3.42074

Lampiran 26. Perhitungan Gelombang Pecah pada Pias Arah Tenggara Periode 50 Tahun

<b>Pias 8</b>	
<b>Data Refraksi</b>	
<b>Arah</b>	<b>135</b>
<b>ao</b>	<b>8</b>
<b>Ho (m)</b>	<b>3.373804</b>
<b>T</b>	<b>9.675229</b>
<b>Lo</b>	<b>146.0317</b>
<b>d (m)</b>	<b>50</b>
<b>Co</b>	<b>15.09336</b>
<b>cos ao</b>	<b>0.990268</b>
<b>cos a</b>	<b>0.989018</b>
<b>Ho' (m)</b>	<b>3.109237</b>

<b>Arah</b>	135
<b>m</b>	0.029478
<b>y</b>	50
<b>x</b>	1696.197

<b>Ho'/(gT<sup>2</sup>)</b>	<b>m</b>	<b>Hb/Ho'</b>	<b>Hb/(gT<sup>2</sup>)</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>db/Hb</b>	<b>db</b>	<b>Cb</b>	<b>Hb</b>
0.003386	0.0295	1.09333	0.0037	18.8	1	1.076714	3.6602	13.602	3.39942

Lampiran 27. Perhitungan Gelombang Pecah pada Pias Arah Tenggara Periode 50 Tahun

<b>Pias 9</b>	
<b>Data Refraksi</b>	
<b>Arah</b>	<b>135</b>
<b>ao</b>	<b>21</b>
<b>Ho (m)</b>	<b>3.373804</b>
<b>T</b>	<b>9.675229</b>
<b>Lo</b>	<b>146.0317</b>
<b>d (m)</b>	<b>50</b>
<b>Co</b>	<b>15.09336</b>
<b>cos ao</b>	<b>0.93358</b>
<b>cos a</b>	<b>0.924752</b>
<b>Ho' (m)</b>	<b>3.122071</b>

<b>Arah</b>	135
<b>m</b>	0.02493
<b>y</b>	50
<b>x</b>	2005.61

<b>Ho'/(gT<sup>2</sup>)</b>	<b>m</b>	<b>Hb/Ho'</b>	<b>Hb/(gT<sup>2</sup>)</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>db/Hb</b>	<b>db</b>	<b>Cb</b>	<b>Hb</b>
0.0034	0.0249	1.2	0.00408	16.5	0.97	1.06	3.97127	13.602	3.74648

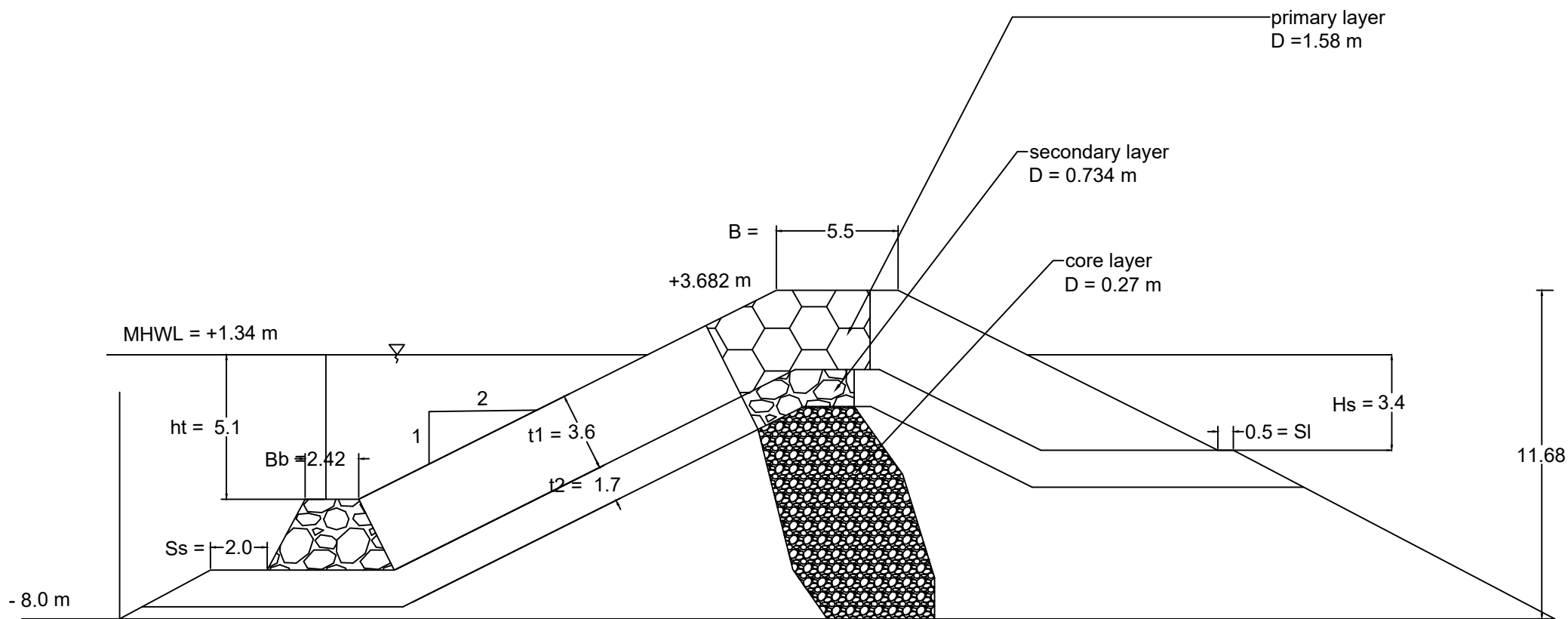


Lampiran 28. Perhitungan Gelombang Pecah pada Pias Arah Tenggara Periode 50 Tahun

<b>Pias 10</b>	
<b>Data Refraksi</b>	
<b>Arah</b>	<b>135</b>
<b>ao</b>	<b>19</b>
<b>Ho (m)</b>	<b>3.373804</b>
<b>T</b>	<b>9.675229</b>
<b>Lo</b>	<b>146.0317</b>
<b>d (m)</b>	<b>50</b>
<b>Co</b>	<b>15.09336</b>
<b>cos ao</b>	<b>0.945519</b>
<b>cos a</b>	<b>0.938331</b>
<b>Ho' (m)</b>	<b>3.119152</b>

<b>Arah</b>	135
<b>m</b>	0.023033
<b>y</b>	50
<b>x</b>	2170.81

<b>Ho'/(gT<sup>2</sup>)</b>	<b>m</b>	<b>Hb/Ho'</b>	<b>Hb/(gT<sup>2</sup>)</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>db/Hb</b>	<b>db</b>	<b>Cb</b>	<b>Hb</b>
0.003397	0.023	1.2	0.00408	15.5	0.95	1.06	3.96756	13.602	3.74298



DESAIN BREAKWATER SISI MIRING TELUK SUMBRENG KABUPATEN TRENGGALEK

SKALA 1:200



Form AK/TA-04  
rev01

PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS  
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil It.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111

Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



NAMA PEMBIMBING	: Ir. Bambang Sarwono M.Sc
NAMA MAHASISWA	: Dzakia Amalia Karima
NRP	: 3113100110
JUDUL TUGAS AKHIR	: PERENCANAAN BANGUNAN PEMECAH GELOMBANG DI TELUK SUMBRENG KABUPATEN TRENGGALEK
TANGGAL PROPOSAL	: 19 JANUARI 2017
NO.SP-MMTA	: 011603 / ITZ.VI.4.1 / PP.05.02.00 / 2017

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1.	21/2 17	Pengambilan SPMMA		
2.	2/3 17	Peramalan Gelombang		
3.	7/3 17	Peramalan Gelombang diperbaiki Pasang surut Periode ulang → gelombang rencana	<ul style="list-style-type: none"> <li>refraksi di depan struktur</li> <li>pasang surut</li> <li>tinggi gelombang rencana.</li> </ul>	
4.	13/4 17	Refraksi pakai metode puncak gelombang Pasang surut		 13/4-2017
5.	26/5 17	Refraksi dianalisa	<ul style="list-style-type: none"> <li>Refraksi tenggara, selatan dan timur.</li> </ul>	 26/5-2017
6.	16/6 17	<ul style="list-style-type: none"> <li>Refraksi</li> <li>Gelombang pecah</li> <li>rencana layout bangunan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tambah fetch timur laut</li> <li>Cek hitungan analisa peramalan gelombang</li> </ul>	
7.	17/8 17	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cek refraksi</li> <li>Cari ketinggian gel di depan struktur</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Buat sketsa penempatan dermaga yang akan dilindungi</li> </ul>	



PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS  
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 601111  
Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



Form AK/TA-04  
rev01

NAMA PEMBIMBING	: Ir. Bambang Sarwono, M.Sc
NAMA MAHASISWA	: Dzakia Amalia Karima
NRP	: 3113100110
JUDUL TUGAS AKHIR	: PERENCANAAN BANGUNAN PEMECAH GELOMBANG DI TELUK SUMBRENG KABUPATEN TRENGGALEK
TANGGAL PROPOSAL	: 19 JANUARI 2017
NO. SP-MMTA	: 011603

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
8.	19/1/17	<ul style="list-style-type: none"> <li>Refraksi hitungan yang diperbaiki</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sampai dimensi struktur.</li> <li><math>H_{33} \rightarrow H_{10} \rightarrow</math> refraksi lagi ya.</li> <li>Hitung material batu pecah &amp; dolos.</li> </ul>	

## BIODATA PENULIS



Dzakia Amalia Karima,

Penulis dilahirkan di Jakarta, 19 Agustus 1995, merupakan anak ketiga dari tujuh bersaudara. Penulis menempuh pendidikan formal di TK Bina Insan Kamil Jakarta, SD Negeri 08 Pagi Jakarta, SMP Negeri 109 Jakarta, dan SMA Negeri 61 Jakarta. Setelah lulus dari SMA Negeri 61 Jakarta di tahun 2013, penulis mengikuti ujian Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN) dan diterima di Jurusan Teknik Sipil ITS program sarjana pada tahun 2013 dan terdaftar dengan NRP 3113 100 110. Di jurusan Teknik Sipil ini penulis mengambil bidang hidroteknik. Di samping kuliah, penulis juga mengikuti kegiatan berorganisasi di ormawa jurusan maupun fakultas. Penulis juga aktif mengikuti kepanitiaan kegiatan di tingkat jurusan, fakultas, maupun institut.