



TUGAS AKHIR (RC-14 1501)

**PERENCANAAN PEMECAH GELOMBANG
(BREAKWATER) DAN Pengerukan (DREDGING)
DI TERMINAL KHUSUS TPPI TUBAN, JAWA
TIMUR**

**FAHMI NURULIL AMRI YUNUS
NRP 3112 100 150**

Dosen Pembimbing
Ir. Dyah Iriani W., M.Sc
Cahaya Buana, ST, MT

JURUSAN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016



FINAL PROJECT (RC-14 1501)

DESIGN OF BREAKWATER AND DREDGING AT TERMINAL KHUSUS TPPI TUBAN, EAST JAVA

FAHMI NURULIL AMRI YUNUS
NRP 3112 100 150

Supervisor
Ir. Dyah Iriani W., M.Sc
Cahaya Buana, ST, MT

DEPARTEMENT OF CIVIL ENGINEERING
Faculty of Civil Engineering and Planning
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016

**PERENCANAAN PEMECAH GELOMBANG
(BREAKWATER) DAN Pengerukan (DREDGING) DI
TERMINAL KHUSUS TPPI TUBAN, JAWA TIMUR**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada

Bidang Studi Transportasi (Pelabuhan)
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

FAHMI NURUL AMRI YUNUS

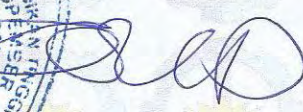
Nrp. 3112 100 150

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II


(Ir. Dyah Iriani W., M.Sc.)
NIP. 196112191986032602


(Cahya Buana, ST. MT)
NIP. 197209272006041001

SURABAYA, JULI 2016

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

PERENCANAAN PEMECAH GELOMBANG (BREAKWATER) DAN Pengerukan (DREDGING) DI TERMINAL KHUSUS TPPI TUBAN, JAWA TIMUR

Nama Mahasiswa : Fahmi Nurulil Amri Yunus
NRP : 3112 100 150
Jurusan : Teknik Sipil FTSP – ITS
Dosen Pembimbing : Ir Dyah Iriani W., M.sc
Cahya Buana, ST, MT

Kebutuhan minyak di Indonesia semakin meningkat setiap tahunnya, sehingga produksi minyak dalam negeri tidak sanggup memenuhi kebutuhan domestik yang cukup tinggi. Impor minyak bumi menjadi satu-satunya alternatif yang memungkinkan untuk memenuhi kebutuhan domestik. Impor minyak bumi pada kenyataannya juga tidak mencukupi akibat keterbatasan kilang minyak, hal ini memaksa Indonesia untuk mengeluarkan dana lebih untuk mengimpor hasil jadi minyak bumi berupa gas LPG dan hasil olahan lainnya. Guna memenuhi kebutuhan masyarakat pemerintah akan membangun kilang minyak baru di TPPI tuban, sehingga diperlukan dermaga baru untuk menagatasi arus bingkak muat yang meningkat.

Terminal khusus TPPI tuban akan membangun membangun 3 dermaga untuk meningkatkan dan mempercepat produksi . 3 dermaga yang akan dibangun terdiri dari satu jetti di bagian utara dan dua dermaga terdapat di bagian selatan breakwater. Dua dermaga di bagian selatan sudah terlindung oleh breakwater yang ada, sedangkan dermaga yang berada di bagian utara berhadapan langsung dengan laut jawa yang terbuka dari segala arah tanpa adanya perlindungan. Oleh karena itu dibutuhkan suatu struktur breakwater yang dapat melindungi dermaga utara dari gelombang besar agar kapal dapat bertambat ke pelabuhan. Selain itu, dibutuhkan kedalaman air sesuai dengan syarat kedalaman untuk kapal rencana yang diperbolehkan bertambat. Pada dermaga bagian utara direncanakan untuk kapal berkapasitas 15.000 DWT dengan

draft kapal 10m, sehingga diperlukan kedalaman pada alur masuk sebesar -12 mLWS. Pada kondisi saat kedalaman yang ada di perairan tersebut masih kurang dari 10 m, sehingga diperlukan adanya pengerukan (dredging) pada dasar laut guna memperdalam hingga batas kedalaman rencana.

Tugas akhir ini bertujuan untuk mampu mengevaluasi layout perairan, perhitungan struktur breakwater, metode pelaksanaan, rencana anggaran biaya dan pengerukan yang mampu melayani kebutuhan dermaga LPG.

Dari hasil analisis perhitungan didapatkan kebutuhan breakwater dengan panjang breakwater 1300 m dengan elevasi +5,5 mLWS. Volume pengerukan 3.302.625,2 m³. Rencana Anggaran biaya yang diperlukan untuk pembangunan jetty ini adalah Rp 460.630.686.000,00

Kata Kunci : TPPI Tuban, Breakwater, Pengerukan,

DESIGN OF BREAKWATER AND DREDGING AT TERMINAL KHUSUS TPPI TUBAN, JAWA TIMUR

Nama Mahasiswa : Fahmi Nurulil Amri Yunus
NRP : 3112 100 150
Jurusan : Teknik Sipil FTSP – ITS
Dosen Pembimbing : Ir Dyah Iriani W., M.sc
Cahya Buana, ST, MT

Oil demand in Indonesia is increasing every year, so that oil production in the country is unable to meet the domestic demand is quite high. Imports of petroleum be the only viable alternative to meet domestic needs. Imports of petroleum in fact also inadequate due to limited refinery, forcing Indonesia to spend more to import the finished product in the form of petroleum gas LPG and other processed products. In order to meet the needs of the community. the government will build a new oil refinery in Tuban TPPI, so we need a new dock for increase of loading and unloading number.

Terminal Khusus TPPI tuban will build three docks to improve and increase the production. 3 dock to be built consists of one jetties in the north and two piers located at the southern breakwater. Two docks in the southern part already protected by the existing breakwater, while the dock is located in the northern part of dealing directly with open Java sea from all directions without any protection. Therefore, it needs a breakwater structure to protect the northern dock of big waves so that the vessel can be tethered to the port. In addition, the required depth of water in accordance with the terms depth for boats tie up plans allowed. In the northern part of the pier is planned to ship with a capacity of 15,000 DWT vessels with a draft of 10m, so that the necessary depth to inflows amounted to -12 mLWS. In conditions when the depth in these waters is still less than 10 m, so it is necessary to dredging (dredging) in order to deepen the seabed up to a depth limit plan.

This thesis aims to be able to evaluate the layout of water, breakwater structure calculations, methods of implementation, budget plans and dredging capable of serving the needs of LPG jetty.

From the analysis of the calculation, the need breakwater length is 1300 m with an elevation of +5.5 mLWS. dredging volume is 3.302.625,2 m³. Budget Plan costs required for the construction of this breakwater is Rp 460.630.686.000,00

Kata Kunci : TPPI Tuban, Breakwater, Dredging

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT. Atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **“Perencanaan Pemecah Gelombang (Breakwater) dan Pengerukan (Dredging) di Terminal Khusus TPPI Tuban, Jawa Timur ”** pada waktu yang tepat. Tugas Akhir ini disusun penulis dalam rangka memenuhi salah satu syarat kelulusan di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Selama proses penyusunan Tugas Akhir ini, penulis mendapat banyak bimbingan, dukungan, dan pengarahan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT,. Atas segala rahmat dan karunia-Nya.
2. Ayah dan Ibu, yang senantiasa tidak henti-hentinya memberikan dukungan, do'a, dan kasih sayang kepada penulis.
3. Ibu Ir.Dyah Iriani W., M.sc., selaku dosen pembimbing, atas segala bimbingan, arahan dan waktunya dalam penyelesaian Tugas Akhir.
4. Bapak Cahya Buana, ST, MT. selaku dosen pembimbing, atas segala bimbingan, arahan dan waktunya dalam penyelesaian Tugas Akhir.
5. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Sipil FTSP ITS Surabaya yang tidak dapat saya sebutkan satu – persatu, karena telah memberikan ilmu yang sangat bermanfaat.
6. Seluruh jajaran staf dan karyawan Jurusan Teknik Sipil ITS yang senantiasa memberikan pelayanan yang terbaik bagi kami para mahasiswa
7. Teman – teman seperjuangan Tugas Akhir Pelabuhan (Satya Wira Wicaksana, Daniel Rudolf Hutagalung, Taufik Hidayat, Bayu Argo, Dimaz Irja W., Rahadian Arionegoro, Mujahid

M.S., Faroq Noviandi, Shobrina H, dan Adita Utami) dalam dukungan dan motivasinya.

8. Teman – teman S-1 Teknik Sipil ITS 2012 lainnya, terima kasih atas dukungan yang telah diberikan.
9. Semua pihak yang telah membantu yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini banyak terdapat kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan penulis agar di masa yang akan datang menjadi lebih baik.

Penulis berharap Tugas Akhir ini nantinya dapat bermanfaat bagi semua pihak. Dan penulis juga memohon maaf atas segala kekurangan yang ada dalam Tugas Akhir ini.

Surabaya, Juli 2016

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman Judul	
Lembar Pengesahan	
Abstrak	i
Kata Pengantar.....	ix
Daftar Isi.....	xi
Daftar Tabel.....	xi
Daftar Gambar	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Lingkup Pekerjaan.....	4
1.5 Batasan Masalah	5
1.6 Manfaat.....	5
1.7 Lokasi Perencanaan	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Umum	7
2.2 Data dan Analisis.....	7
2.2.1 Data Bathymetri.....	7
2.2.2 Data Arus.....	8
2.2.3 Data Pasang Surut.....	8
2.2.4 Data Angin.....	10
2.2.5 Analisis Gelombang	10
2.2.6 Data Tanah.....	24
2.3 Perencanaan Layout.....	24
2.3.1 Perencanaan Layout Perairan	24
2.3.2 Perencanaan Layout Breakwater	27
2.3.3 Difraksi Gelombang	28
2.3.4 Transmisi Gelombang.....	30
2.4 Struktur Breakwater.....	31
2.4.1 Analisa Sheet Pile.....	33

2.4.2	Analisa Tiang Pancang	38
2.5	Pengerukan (<i>Dredging</i>)	41
2.5.1	Pemilihan Kapal Keruk	42
2.5.2	Trailing Suction Hopper Dredger (TSHD)	43
2.5.3	Cutter Suction Dredger (CSD)	45
2.5.4	Grab Dredger	46
2.5.5	Volume Pengerukan	48
2.5.6	Produktivitas Pengerukan	49
BAB III PENGUMPULAN DAN ANALISIS DATA		51
3.1	Umum	51
3.2	Data Bathymetri	51
3.3	Data Arus	54
3.4	Data Pasang Surut	54
3.5	Data Angin	55
3.6	Peramalan Gelombang	59
3.6.1	Panjang Fetch	59
3.6.2	Tinggi dan Periode Gelombang pada Laut Dalam Berdasarkan Data Kecepatan Angin Maksimum Tahun 2006-2015	65
3.6.3	Tinggi Gelombang Berdasarkan Periode Ulang	.81
3.6.4	Refraksi Gelombang Berdasarkan Periode Ulang 50 Tahun	87
3.6.5	Tinggi dan Periode Gelombang pada Laut Dalam Berdasarkan Data Frekuensi Rata-rata Kejadian Angin	92
3.6.6	Refraksi Gelombang Berdasarkan Frekuensi Rata-rata Kejadian Angin	96
3.7	Analisa Data Tanah	98
BAB IV KRITERIA PERENCANAAN		101
4.1	Peraturan yang Digunakan	101
4.2	Kualitas Bahan dan Material	101
4.2.1	Mutu Beton	101
4.2.2	Mutu Baja Tulangan	102
4.3	Data Kapal	102

4.4	Pembebanan.....	102
4.4.1	Tekanan Gelombang.....	104
4.4.2	Tekanan Tanah	107
BAB V EVALUASI LAYOUT.....		109
5.1	Umum.....	109
5.2	Perencanaan Alur Pelayaran.....	109
5.3	Perencanaan Layout Breakwater	112
5.4	Difraksi Gelombang	115
5.5	Penentuan dan Perencanaan Layout Baru.....	120
5.6	Transmisi Gelombang	126
BAB VI STRUKTUR BREAKWATER.....		127
6.1	Perencanaan Sheet Pile (Panjang Pembenaman, Gaya Tie Rod, dan Momen Maximum)	127
6.2	Dimensi Sheet Pile	131
6.3	Dimensi dan Kedalaman Bearing Pile (Anchor)	132
6.4	Kontrol Tiang Pancang.....	136
6.5	Perhitungan Kalendering	139
6.6	Perlindungan Korosi.....	141
6.7	Kepala Sheet Pile (<i>Bulkhead</i>).....	141
BAB VII PERHITUNGAN Pengerukan		147
7.1	Umum.....	147
7.2	Menentukan Peralatan Pengerukan	147
7.2.1	Perhitungan Volume Material	147
7.2.2	Jenis Material.....	158
7.2.3	Kedalaman Perairan.....	159
7.3	Tempat Pembuangan Material.....	160
7.4	Produktivitas Alat Pengerukan	161
7.4.1	Produktivitas Alat Keruk.....	162
7.4.2	Produktivitas Barge	165
7.4.3	Waktu Pengerukan.....	166
BAB VIII METODE PELAKSANAAN.....		167

8.1	Umum	167
8.2	Pekerjaan Persiapan	167
8.3	Pekerjaan Kontruksi Breakwater Monolith	169
8.3.1	Pelapisan Tiang Pancang Menggunakan Pelapis Anti Karat	169
8.3.2	Transport Tiang Pancang	169
8.3.3	Pemancangan	170
8.3.4	Pemotongan Tiang Pancang	172
8.3.5	Pengisian Beton Pada Tiang Pancang	172
8.3.6	Pekerjaan Bulkhead (Poer)	173
8.4	Metode Pelaksanaan Pengerukan	174

BAB IX WORK BREAKDOWN STRUCTURE DAN RENCANA ANGGARAN BIAYA..... 177

9.1	Work Breakdown Structure	177
9.2	Penyusunan WBS (<i>Work Breakdown Structure</i>).....	177
9.3	Harga Material dan Upah	179
9.4	Analisis Harga Satuan	181
9.5	Analisa Rencana Anggaran Biaya	185
9.6	Kurva Biaya Waktu (<i>Kurva S</i>).....	186

BAB X KESIMPULAN 187

DAFTAR PUSTAKA..... 189

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penabelan Fetch Efektif.....	11
Tabel 2.2 Penabelan Tinggi dan Periode Gelombang di Laut Dalam	13
Tabel 2.3 Persamaan untuk Peramalan Tinggi Gelombang dengan Menggunakan Metode SMB (SI).....	17
Tabel 2.4 Tinggi Gelombang Maksimum Tiap Tahun.....	18
Tabel 2.5 Perhitungan Periode Ulang Gelombang Menggunakan Metode Weibul.....	18
Tabel 2.6 Tinggi Gelombang Berdasarkan Periode Ulang dengan Metode Weibul.....	20
Tabel 2.7 Kebutuhan Areal Penjangkaran.....	25
Tabel 2.8 Nilai Koefisien α	39
Tabel 2.9 Nilai koefisien β	39
Tabel 3.1 Data Kecepatan Angin Maksimum Tahun 2006-2015.....	56
Tabel 3.2 Frekuensi Rata-rata Kejadian Angin Tahun 2006-2015.....	58
Tabel 3.3 Banyak Kejadian Angin yang Terjadi Tahun 2006-2015.....	58
Tabel 3.4 Perhitungan Panjang Fetch Efektif.....	65
Tabel 3.5 Perhitungan tinggi gelombang berdasarkan metode SMB ⁶⁷	
Tabel 3.6 Tinggi gelombang maksimum pertahun yang didapatkan dari hasil perhitungan metode SMB.....	72
Tabel 3.7 Asumsi Durasi Angin Berhembus.....	73
Tabel 3.8 Tinggi gelombang berdasarkan duration time yang dikoreksi.....	74
Tabel 3.9 Tinggi gelombang maksimum tahun 2006-2015 berdasarkan duration time yang dikoreksi arah barat.....	79
Tabel 3.10 Tinggi gelombang maksimum tahun 2006-2015 berdasarkan duration time yang dikoreksi arah barat laut.....	79
Tabel 3.11 Tinggi gelombang maksimum tahun 2006-2015 berdasarkan duration time yang dikoreksi arah utara.....	80
Tabel 3.12 Tinggi gelombang maksimum tahun 2006-2015 berdasarkan duration time yang dikoreksi arah timur laut.....	80
Tabel 3.13 Tinggi gelombang maksimum tahun 2006-2015 berdasarkan duration time yang dikoreksi arah timur.....	80

Tabel 3.14 koefisien untuk deviasi standar	84
Tabel 3.15 Perhitungan Periode Ulang Gelombang Arah Utara	85
Tabel 3.16 Tinggi Gelombang Berdasarkan Periode Ulang Dengan Menggunakan Metode Weibull Arah Utara	85
Tabel 3.17 Tinggi Gelombang Periode Ulang Arah Barat, Barat Laut, Utara, Timur Laut dan Timur	86
Tabel 3.18 Tinggi, Periode dan Panjang Gelombang pada Periode Ulang 50 tahunan	87
Tabel 3.19 Besar Refraksi Yang Terjadi Dari Laut Dalam Arah Barat Laut	90
Tabel 3.20 Besar Refraksi Yang Terjadi Dari Laut Dalam Arah Utara	90
Tabel 3.21 Besar Refraksi Yang Terjadi Dari Laut Dalam Arah Barat	90
Tabel 3.22 Besar Refraksi Yang Terjadi Dari Laut Dalam Arah Timur.....	91
Tabel 3.23 Besar Refraksi Yang Terjadi Dari Laut Dalam Arah Timur Laut	91
Tabel 3.24 Tinggi Gelombang Di depan Breakwater Hasil Refraksi Gelombang Periode Ulang 50 tahun	92
Tabel 3.25 Perhitungan Tinggi Gelombang Berdasarkan Frekuensi Rata-rata Kejadian Angin di Arah Utara.....	93
Tabel 3.26 Perhitungan Tinggi Gelombang Berdasarkan Frekuensi Rata-rata Kejadian Angin di Arah Barat	93
Tabel 3.27 Perhitungan Tinggi Gelombang Berdasarkan Frekuensi Rata-rata Kejadian Angin di Arah Barat Laut.....	94
Tabel 3.28 Perhitungan Tinggi Gelombang Berdasarkan Frekuensi Rata-rata Kejadian Angin di Arah Timur Laut	94
Tabel 3.29 Perhitungan Tinggi Gelombang Berdasarkan Frekuensi Rata-rata Kejadian Angin di Arah Timur.....	95
Tabel 3.30 Refraksi Gelombang Berdasarkan Frekuensi Rata-rata Kejadian Angin Arah Utara	96
Tabel 3.31 Refraksi Gelombang Berdasarkan Frekuensi Rata-rata Kejadian Angin Arah Barat.....	96

Tabel 3.32 Refraksi Gelombang Berdasarkan Frekuensi Rata-rata Kejadian Angin Arah Barat Laut.....	97
Tabel 3.33 Refraksi Gelombang Berdasarkan Frekuensi Rata-rata Kejadian Angin Arah Timur Laut.....	97
Tabel 3.34 Refraksi Gelombang Berdasarkan Frekuensi Rata-rata Kejadian Angin Arah Timur	97
Tabel 3.35 Korelasi Nilai SPT.....	98
Tabel 5.1 Tabel Perhitungan Alur Pelayaran.....	109
Tabel 5.2 Hasil Perhitungan Layout Perairan	112
Tabel 5.3 Perhitungan Besar Difraksi Gelombang yang Terjadi Akibat Gelombang Utara	117
Tabel 5.4 Perhitungan Besar Difraksi Gelombang yang Terjadi Akibat Gelombang Barat Laut	118
Tabel 5.5 Perhitungan Besar Difraksi Gelombang yang Terjadi Akibat Gelombang Barat	118
Tabel 5.6 Perhitungan Besar Difraksi Gelombang yang Terjadi Akibat Gelombang Utara	123
Tabel 5.7 Perhitungan Besar Difraksi Gelombang yang Terjadi Akibat Gelombang Barat Laut	123
Tabel 5.8 Perhitungan Besar Difraksi Gelombang yang Terjadi Akibat Gelombang Timur Laut.....	123
Tabel 5.9 Transmisi Gelombang	126
Tabel 6.1 Besar Gaya Terpusat.....	128
Tabel 6.2 Daya Dukung Tanah (D = 1000 mm).....	134
Tabel 7.1 Perhitungan Volume Pengerukan	157
Tabel 7.2 Hubungan Jenis Tanah dan Kapal Keruk	159
Tabel 7.3 Spesifikasi CSD500 Damen	162
Tabel 9.1 WBS Pekerjaan Persiapan	178
Tabel 9.2 WBS Pekerjaan Struktur Breakwater	178
Tabel 9.3 WBS Pekerjaan Pengerukan.....	179
Tabel 9.4 Daftar Harga Upah Pekerja	179
Tabel 9.5 Daftar Harga Material.....	180
Tabel 9.6 Daftar Harga Sewa Peralatan.....	181
Tabel 9.7 Analisa Harga Satuan	181
Tabel 9.8 Rincian Anggaran Biaya.....	185

Tabel 9.9 Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya	186
---	-----

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Rencana Layout <i>Breakwater</i> , skala 1:50000	2
Gambar 1.2 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir	4
Gambar 1.3 Peta Kota Tuban, Skala 1:200000	6
Gambar 1.4 Lokasi Pengembangan Dermaga, skala 1:200000	6
Gambar 2.1 Penggambaran Fetch.....	12
Gambar 2.2 Diagram Alir Peramalan Gelombang	13
Gambar 2.3 Grafik Faktor Koreksi Kecepatan Terhadap Perbedaan Temperatur (R_T)	14
Gambar 2.4 Faktor Koreksi Terhadap Pencatatan Kecepatan di Darat (R_L).....	15
Gambar 2.5 Refraksi Gelombang Pada Kontur Lurus Dan Sejajar.....	22
Gambar 2.6 Konvergensi dan Divergensi Energi Gelombang	23
Gambar 2.7 Lebar Alur Masuk Kapal	25
Gambar 2.8 Difraksi Gelombang di Belakang Rintangan	30
Gambar 2.9 Gelombang Transmisi untuk Dinding Tegak.....	31
Gambar 2.10 Sheet Pile Breakwater.....	33
Gambar 2.11 Distribusi Tekanan Gelombang	34
Gambar 2.12 Metode Grafis	37
Gambar 2.13 Jenis Kapal Keruk dan Jenis Tanah Yang Mampu Dikeruk	42
Gambar 2.14 Ukuran TSHD Berdasarkan Kapasitas Hopper	43
Gambar 2.15 Trailing Suction Hopper Dredger	44
Gambar 2.16 Cutter Suction Dredger	46
Gambar 2.17 Grab Dredger	47
Gambar 2.18 Siklus Produksi Grab Dredger	48
Gambar 3.1 Peta Bathymetri Perairan Tanjung Awar awar	52
Gambar 3.2 Kemiringan Dasar Laut Pantai utara tuban (Potongan A-A)	53
Gambar 3.3 Grafik Pasang Surut.....	54
Gambar 3.4 <i>Winrose</i> Tahun 2006-2015	59
Gambar 3.5 Panjang Fetch arah barat.....	60
Gambar 3.6 Panjang Fetch arah barat laut.....	61
Gambar 3.7 Panjang Fetch arah utara.....	61

Gambar 3.8 Panjang Fetch arah timur laut	62
Gambar 3.9 Panjang Fetch arah timur	62
Gambar 3.10 Pembagian Mata Angin Sesuai Arah Datang Angin	66
Gambar 3.11 Grafik Probabilitas Data Utara, Barat, Barat Laut, Timur dan Timur laut.....	83
Gambar 3.12 Grafik Tinggi Gelombang Berdasarkan Periode Ulang Arah Utara, Barat, Barat Laut, Timur Laut dan Timur	86
Gambar 3.13 Statografi Data Tanah.....	99
Gambar 4.1 Tinggi Breakwater	103
Gambar 4.2 Struktur Breakwater.....	104
Gambar 4.3 Tekanan Gelombang (Goda).....	106
Gambar 4.4 Diagram Tekanan Horizontal	107
Gambar 5.1 Layout Breakwater.....	114
Gambar 5.2 Titik Tinjau Lokasi Perhitungan Defraksi Gelombang	116
Gambar 5.3 Diagram Difraksi Gelombang Arah 45°	119
Gambar 5.4 Diagram Difraksi Gelombang Arah 75°	119
Gambar 5.5 Diagram Difraksi Gelombang Arah 135°	120
Gambar 5.6 Layout Breakwater Baru.....	121
Gambar 5.7 Titik Tinjau Lokasi Perhitungan Defraksi Gelombang layout baru	122
Gambar 5.8 Diagram Difraksi Gelombang Arah 90°	124
Gambar 5.9 Diagram Difraksi Gelombang Arah 120°	125
Gambar 5.10 Diagram Difraksi Gelombang Arah 60°	125
Gambar 6.1 Loading Diagram.....	127
Gambar 6.2 Vector Diagram	129
Gambar 6.3 Momen Diagram.....	130
Gambar 6.4 Penguraian Gaya.....	133
Gambar 6.5 Grafik Daya Dukung Tanah VS Kedalaman Tiang Pancang.....	135
Gambar 6.6 Rencana Dimensi Bulkhead.....	142
Gambar 6.7 Gaya yang Terjadi pada Bulkhead.....	142
Gambar 7.1 Pembagian Area Pengerukan.....	148
Gambar 7.2 <i>Cross Section</i> Pengerukan	149

Gambar 7.3 Kapal CSD500 DAMEN	160
Gambar 7.4 Lokas <i>Dumping Area</i>	161
Gambar 7.5 Faktor Various Dredging Depth (f_f).....	163
Gambar 8.1 Site Office.....	168
Gambar 8.2 Pengadaan Material	168
Gambar 8.3 Transport Tiang Pancang.....	170
Gambar 8.4 Urutan Pemancangan Steel Sheet Pipe Pile.....	171
Gambar 8.5 Pemotongan Steel Pipe Sheet Pile	172
Gambar 8.6 Cutter Suction Dredger	175
Gambar 8.7 Pembuangan Hasil Keruk Sistem Split.....	176

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan minyak di Indonesia semakin meningkat setiap tahunnya, sehingga produksi minyak dalam negeri tidak sanggup memenuhi kebutuhan domestik yang cukup tinggi. Impor minyak bumi menjadi satu-satunya alternatif yang memungkinkan untuk memenuhi kebutuhan domestik. Impor minyak bumi pada kenyataannya juga tidak mencukupi akibat keterbatasan kilang minyak, hal ini memaksa Indonesia untuk mengeluarkan dana lebih untuk mengimpor hasil jadi minyak bumi berupa gas LPG dan hasil olahan lainnya.

Saat ini PT. Pertamina (Persero) tengah merencanakan pembangunan kilang baru maupun modifikasi kilang existing, salah satunya yaitu pembangunan kilang Tuban. Pembangunan Kilang Tuban ini direncanakan akan mulai beroperasi pada tahun 2016. Tujuan pembangunan kilang minyak baru selain untuk menutupi defisit, juga mempunyai peran yang cukup signifikan, yakni untuk membantu perekonomian dalam industri petrokimia dan BBM di Indonesia. Dengan direncanakannya pembangunan kilang TPPI Tuban ini, maka Indonesia akan mendapat tambahan supply produk petrokimia maupun produk BBM dan LPG sehingga diharapkan dapat mengurangi volume impor.

Pada Terminal khusus TPPI Tuban ini sudah terdapat 3 jetti existing namun keberadaannya sudah tidak mampu lagi untuk melayani arus bongkar muat, sehingga terminal khusus TPPI Tuban akan membangun 3 jetti tambahan untuk meningkatkan dan mempercepat produksi. Tiga jetti yang akan dibangun terdiri dari satu jetti di bagian utara *breakwater* dengan ukuran kapal yang dilayani berkisar 15.000 DWT untuk muatan LPG, sedangkan dua jetti lainnya terdapat di bagian selatan *breakwater*. Dua jetti di bagian selatan sudah terlindungi oleh *breakwater* yang ada, sehingga tidak diperlukan pembangunan *breakwater* kembali. Namun untuk jetti yang berada di bagian

utara dan berhadapan langsung dengan Laut Jawa masih terbuka terhadap gelombang air laut dari segala arah tanpa ada perlindungan sama sekali. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu struktur *breakwater* yang dapat melindungi jetti utara dari gelombang besar seperti Gambar 1.1 agar kapal dapat bertambat ke pelabuhan.



Gambar 1.1 Rencana Layout *Breakwater*, skala 1:50000
(Sumber: earth.google)

Kapal dapat bertambat ke pelabuhan jika gelombang relatif tenang dan kedalaman air sesuai dengan syarat kedalaman untuk kapal rencana yang diperbolehkan bertambat. Pada jetti bagian utara didesain untuk kapal LPG berukuran 15.000 DWT dengan draft kapal 10 m, sehingga diperlukan kedalaman pada alur masuk lebih besar dari 10 m. Pada kondisi eksisting kedalaman yang ada di perairan tersebut masih kurang dari 10 m, sehingga diperlukan adanya pengerukan pada dasar laut guna memperdalam hingga batas yang direncanakan.

Melalui data-data di atas maka penulis membuat perencanaan struktur *breakwater* yang nantinya mampu melindungi daerah perairan pelabuhan dari gelombang besar, selain itu *breakwater* juga direncanakan agar kapal-kapal muatan mampu bertambat dan melakukan aktifitas bongkar / muat

barang. Selain merencanakan struktur *breakwater* penulis juga merencanakan pengerukan pada alur masuk kapal (*entrance channel*) sehingga kapal dapat bertambat dan terhindar dari karam.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam perencanaan *breakwater* ini adalah diperlukannya *breakwater* baru akibat adanya pengembangan pelabuhan TPPI dibagian utara yang belum terlindung dari gelombang.

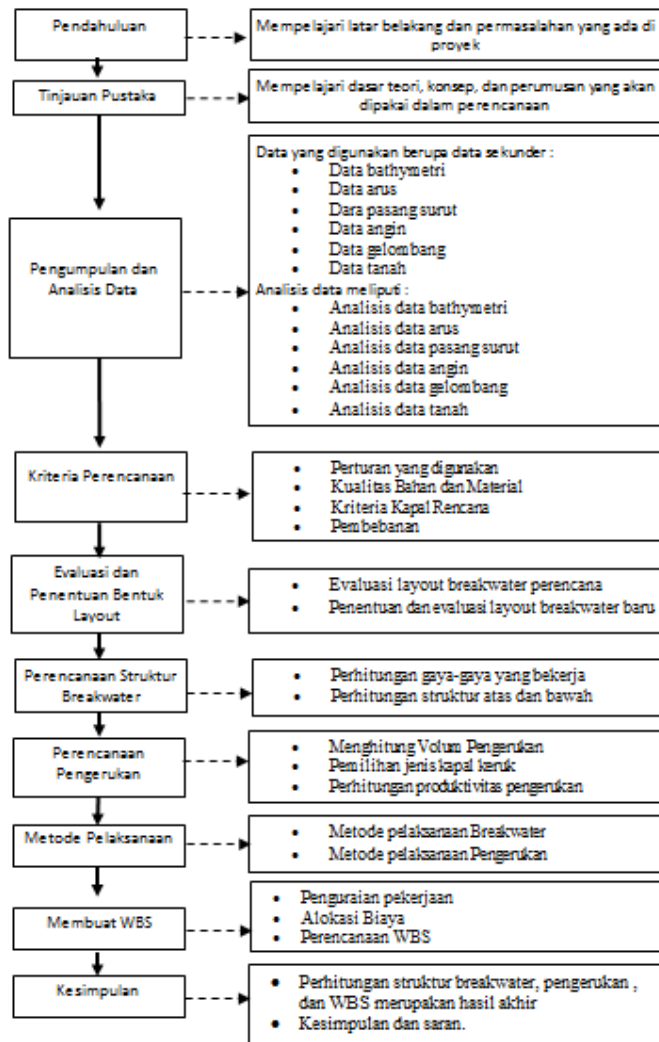
1.3 Tujuan

Tujuan yang akan dicapai dari pembahasan tugas akhir ini adalah:

- a. Mampu merencanakan struktur *breakwater* untuk melindungi dermaga dari gelombang besar.
- b. Mampu merencanakan pengerukan pada alur masuk (*Entrance Channel*) Terminal Khusus TPPI Tuban
- c. Mampu merencanakan metode pelaksanaan struktur *breakwater* dan pengerukan
- d. Mampu membuat work breakdown structure (WBS) dari struktur *breakwater* dan pengerukan yang direncanakan.

1.4 Lingkup Pekerjaan

Lingkup pekerjaan pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:



Gambar 1.2 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir

1.5 Batasan Masalah

Dalam pengerjaan Tugas Akhir ini nantinya, beberapa batasan masalah yang dipakai sebagai pedoman adalah :

- a. Tidak menghitung besarnya sedimentasi yang terjadi.
- b. Data yang digunakan adalah data sekunder
- c. Struktur breakwater yang digunakan adalah monolith *breakwater* yang terdiri dari sheet pile dan tiang pancang miring.
- d. Rumus-rumus merupakan rumus empirik, tanpa ada penurunan rumus.

1.6 Manfaat

Manfaat yang dapat diberikan Tugas Akhir ini adalah :

- a. Memberikan gambaran terhadap pelaksanaan pembangunan *breakwater* yang nantinya akan mempermudah pihak terkait dalam pengembangan terminal khusus TPPI Tuban.
- b. Sebagai referensi bagi saya dalam merencanakan proyek serupa dikemudian hari

1.7 Lokasi Perencanaan

Tuban merupakan kota industri berbasis migas dan kondensat di Jawa Timur yang terletak sekitar 79 km dari Blok Cepu. Kota Tuban mempunyai letak yang strategis, yakni di perbatasan Provinsi Jawa Timur dan Jawa Tengah. Letak geografis dari kota Tuban adalah $06^{\circ} 45' 38.1''$ LS dan $111^{\circ} 57' 39.0''$ BT. Peta kota Tuban dapat dilihat pada Gambar 1.3 di bawah ini.



Gambar 1.3 Peta Kota Tuban, Skala 1:200000
(Sumber: google.earth)

Pengembangan dilakukan dengan menambah breakwater, struktur jetty selatan dan struktur jetty utara. Adapun lokasi yang dipilih untuk pengembangan dermaga terdapat pada Gambar 1.4 dibawah ini:



Gambar 1.4 Lokasi Pengembangan Dermaga, skala 1:200000
(Sumber: google.earth)

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Menurut PP No. 1 Tahun 1969 “Pelabuhan adalah lingkungan kerja dan tempat labuh berlabuh bagi kapal-kapal dan kendaraan air lainnya untuk menyelenggarakan bongkar-muat barang, hewan dan penumpang”. Menurut Triatmodjo, B. “Pelabuhan adalah perairan terlindung terhadap gelombang, yang dilengkapi dengan fasilitas terminal laut meliputi dermaga, alat bongkar muat, gudang, lapangan penumpukan”.

Wilayah DLKR (Daerah Lingkungan Kerja) pelabuhan terbagi menjadi wilayah perairan dan wilayah daratan. Wilayah perairan terdiri dari alur pelayaran, kolam pelabuhan dan breakwater. Sedangkan wilayah daratan terdiri dari terminal-terminal, baik itu untuk barang maupun penumpang. Terminal dibedakan berdasarkan jenis muatan yang ditanganinya.

2.2 Data dan Analisis

2.2.1 Data Bathymetri

Peta Bathymetri menunjukkan kontur kedalaman dasar laut dari posisi 0,00m LWS. Sehingga bathymetri ini berfungsi untuk mengetahui kedalaman dasar laut atau dasar sungai yang nantinya kapal akan aman digunakan untuk bermanuver. Hasil dari pemetaan bathymetri ini adalah susunan garis-garis kedalaman (kontur).

Hasil pengukuran dapat diplot secara manual atau dilakukan menggunakan komputer. Selanjutnya hasil dituangkan pada kertas gambar. Garis-garis kontur peta digambar untuk tiap interval -0.5 m sampai -1.0 m LWS atau dengan perbedaan hingga -10.0 m untuk peta laut dalam. Adanya berbagai benda yang menghalangi atau berbahaya di dasar laut juga perlu ditandai. Dari peta tersebut dapat diketahui kelandaian/kemiringan dasar laut yang paling optimal dan efisien

sehingga dapat direncanakan posisi yang tepat untuk suatu bangunan dermaga.

2.2.2 Data Arus

Arus dapat terjadi oleh beberapa sebab meliputi adanya perbedaan muka tanah dibawah air, perbedaan level muka air, perbedaan kerapatan/densitas air dan juga perbedaan suhu air. Pada umumnya arus yang terjadi di sepanjang pantai merupakan arus yang terjadi akibat perbedaan muka air pasang surut satu lokasi dengan lokasi yang lain, sehingga kondisi pasang surut suatu lokasi sangat dipengaruhi oleh kondisi pasang surut lokasi tersebut itu pula.

Data arus ini dalam perencanaan pelabuhan digunakan untuk menghindari pengaruh tekanan arus yang arahnya tegak lurus terhadap kapal (cross current) sehingga kapal dapat melakukan manuver dengan mudah dan aman.

Analisa data yang dilakukan untuk data arus adalah dengan menganalisa hubungan diagram kecepatan arus dengan kedalaman. Selain itu juga dilakukan analisa untuk mengetahui kecepatan dan arah arus maksimum yang terjadi. Analisa data ini bertujuan untuk mengetahui tekanan arus serta kelayakannya untuk kapal berlabuh, dimana disyaratkan kecepatan maksimum arus sebesar 3 knot atau 1,5 m/dt.

2.2.3 Data 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. Meskipun massa matahari jauh lebih besar daripada bulan, namun pengaruh gaya tarik bulan terhadap bumi lebih besar daripada matahari. Hal ini dikarenakan jarak bumi ke bulan lebih dekat daripada jarak bumi ke matahari dengan gaya tarik bulan yang mempengaruhi besar pasang surut adalah 2,2 kali lebih besar daripada gaya tarik matahari terhadap bumi.

Pengetahuan pasang surut sangat penting di dalam perencanaan pelabuhan. Elevasi muka air tertinggi (pasang) dan terendah (surut) sangat penting untuk merencanakan bangunan-bangunan pelabuhan. Sebagai contoh, elevasi puncak bangunan pemecah gelombang dan dermaga yang ditentukan oleh elevasi muka air pasang, sementara untuk kedalaman alur pelayaran/pelabuhan ditentukan oleh muka air surut.

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

- Pasang harian tunggal (diurnal) bila terjadi 1 kali pasang dan surut dalam sehari sehingga dalam satu periode berlangsung sekitar 12 jam 50 menit.
- Pasang harian ganda (semi diurnal) bila terjadi 2 kali pasang dan 2 kali surut dalam sehari.
- Pasang surut campuran (mixed) : baik dengan didominasi semi diurnal maupun diurnal

Komponen penting yang perlu diketahui sebagai hasil analisis data pasang surut adalah:

- LWS (Low water Spring) merupakan hasil perhitungan level muka air rata-rata terendah (surut).
- MSL (Mean Sea Level) adalah elevasi rata-rata muka air pada kedudukan pertengahan antara muka air terendah dan tertinggi.
- HWS (High Water Spring) adalah elevasi rata-rata muka air tertinggi(pasang)

Data pasang surut yang digunakan adalah data sekunder. Sehingga tidak perlu dilakukan analisa data pasang surut.

2.2.4 Data Angin

Angin merupakan unsur pembentuk gelombang yang paling dominan. Dengan adanya angin, permukaan air laut yang tenang akan mengalami gangguan pada permukaannya sehingga menimbulkan riak gelombang kecil. Bertambahnya kecepatan angin berakibat pada riak gelombang yang semakin besar.

Jumlah data angin yang disajikan dalam bentuk tabel biasanya merupakan hasil pengamatan beberapa tahun dan datanya begitu besar. Untuk itu data tersebut harus diolah dan disajikan dalam bentuk tabel ringkasan (diagram). Data angin dapat diperoleh dari stasiun meteorology terdekat atau dari Bandar udara terdekat. Data yang diperoleh biasanya sudah terklasifikasikan sehingga pengolahan data lebih lanjut bisa lebih sederhana dan pada umumnya data dipilah berdasarkan distribusi kecepatan dan arah angin, serta prosentasenya atau dikenal dengan windrose.

2.2.5 Analisis Gelombang

2.2.6 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 seperti pada Gambar 2.1.

$$F_{\text{eff}} = \frac{\sum(X_i \cdot \cos\alpha_i)}{\sum \cos\alpha_i} \quad (2.1)$$

Dimana :

- F_{eff} = Fetch rata-rata efektif
- X_i = Panjang segmen fetch yang diukur dari titik observasi gelombang ke ujung akhir fetch
- α_i = deviasi pada kedua sisi arah angin dengan menggunakan pertambahan 6° sampai sudut 42° pada kedua sisi dari arah angin.

Untuk mendapatkan panjang fetch efektif dapat dibuatkan penabelan seperti pada Tabel 2.1. Langkah-langkah pembuatannya sebagai berikut :

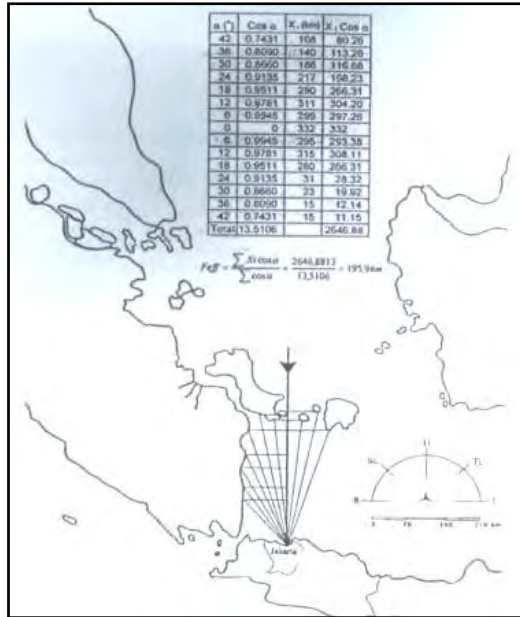
Tabel 2.1 Penabelan Fetch Efektif

α	$\cos \alpha$	Xi			Xi cos α		
		BL	U	TL	BL	U	TL

- Kolom 1, Pada kolom pertama yaitu kolom α , tentukan besarnya sudut yang ditinjau antara jalur fetch dengan arah angin, dengan menggunakan pertambahan 6^0 sampai sudut sebesar 42^0 pada kedua sisi dari arah angin.
- Kolom 2, Pada kolom kedua, dihitung besarnya $\cos \alpha$ baik dari arah kanan dan kiri jalur fetch. Setelah itu jumlahkan semua $\cos \alpha$.

$$\sum \cos \alpha = x$$

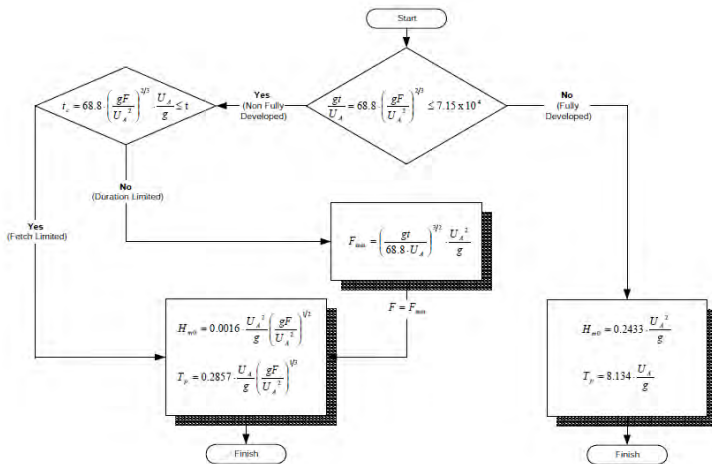
- Kolom 3, Kolom ketiga ini berupa panjang segmen fetch yang diukur dari titik observasi ke ujung akhir fetchnya. Pengukuran panjang ini dilakukan pada ketiga arah yang paling berpengaruh.
- Kolom 4, Kolom keempat ini berupa perhitungan kolom ketiga berupa panjang segmen fetch yang diukur dikalikan kolom kedua berupa nilai dari $\cos \alpha$. Setelah dihitung semuanya lalu dijumlahkan dalam tiap arah yang berpengaruh. Apabila sudah dihitung total dari $\sum xi \cos \alpha$ dari setiap arah (BL, U, TL) lalu dihitung panjang fetch efektifnya sesuai persamaan 2.1



Gambar 2.1 Penggambaran Fetch
(Sumber : *Shore Protection Manual, 1984*)

2.2.6.1 Tinggi dan Periode Gelombang di Laut Dalam

Besarnya tinggi dan periode gelombang dilaut dalam ini didapatkan dari hasil analisis 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 Munk Bretschneider (SMB) yang telah dimodifikasi (Shore Protection Manual, 1984). Perumusan metode SMB dapat dilihat pada Tabel 2.3 dan Gambar 2.2. Pada tabel tersebut ada 2 klasifikasi perhitungan yaitu berdasarkan Fetch Limited dan Fully Developed. (catatan satuan yang digunakan adalah satuan SI dengan $g = 9,8 \text{ m/s}^2$).



Gambar 2.2 Diagram Alir Peramalan Gelombang

Untuk mempermudah perhitungan dapat digunakan seperti Tabel 2.2. Berikut ini merupakan runtutan cara membuat tabel tersebut :

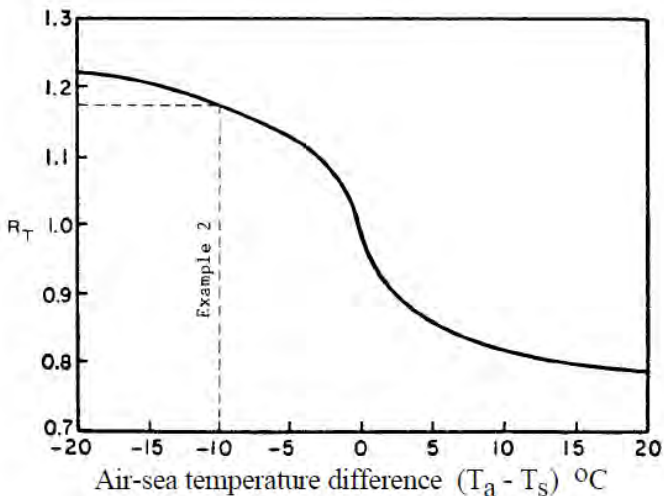
Tabel 2.2 Penabelan Tinggi dan Periode Gelombang di Laut Dalam

Tahun	Bulan	Kec Max		Arah		R _T	R _L	U _w	U _A	Fetch	Ket	t _L	H _{SOL}	T _{oL}
		(knot)	(m/s)	(°)	Mata Angin					(km)		(hr)	(m)	(s)

Keterangan :

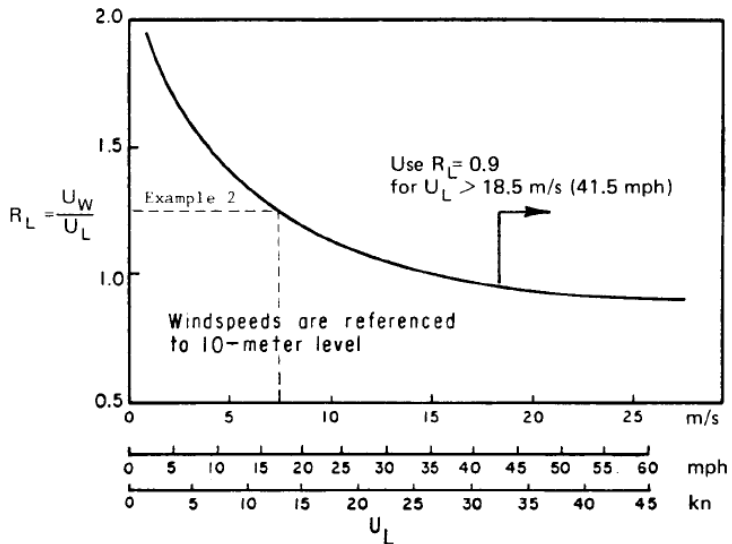
- Kolom 1, urutan tahun berdasarkan data angin yang didapat, minimal 10 tahun.
- Kolom 2, urutan bulan pengamatan berdasarkan tahun.

- c. Kolom 3, kecepatan maksimum dari tiap bulan pada tahun tertentu sesuai dengan data yang didapat. Kecepatan yang didapat biasanya dalam satuan knot.
- d. Kolom 4, sama dengan kolom 3 tetapi kecepatan angin dalam satuan m/s.
- e. Kolom 5, arah datangnya angin maksimum dalam sudut.
- f. Kolom 6, sama dengan kolom 5 namun klasifikasi arah datangnya angin berdasarkan arah mata angin.
- g. Kolom 7, faktor koreksi terhadap suhu
- h. Kolom 8, faktor koreksi terhadap ketinggian pencatatan kecepatan data angin di darat dan di laut.
- i. Kolom 9, kecepatan angin (kolom 4) dikalikan Faktor-faktor koreksi (Kolom 6 dan 7) R_T (Gambar 2.3) dan R_L (Gambar 2.4).



Gambar 2.3 Grafik Faktor Koreksi Kecepatan Terhadap Perbedaan Temperatur (R_T)

(Sumber : *Shore Protection Manual*, 1984)



Gambar 2.4 Faktor Koreksi Terhadap Pencatatan Kecepatan di Darat (R_L)

(Sumber : *Shore Protection Manual, 1984*)

- j. Kolom 10, perhitungan faktor tegangan angin
- k. Kolom 11, panjang fetch efektif berdasarkan arah datangnya angin.
- l. Kolom 12, perhitungan untuk mengklasifikasikan gelombang. Berdasarkan salah satu persamaan pada Tabel 2.3

$$\frac{g \cdot t}{U_A} = 6,88 \times 10 \cdot \left(\frac{g \cdot F}{U_A^2} \right)^{2/3} \quad (2.2)$$

- m. Kolom 13, hasil pada kolom 11 kemudian dimasukkan dalam syarat :

$$\frac{g \cdot t}{U_A} \leq 7,5 \times 10^4 \rightarrow \text{Fully Developed} \quad (2.3)$$

$$\frac{g \cdot t}{U_A} > 7,5 \times 10^4 \text{ Non Fully Developed} \quad (2.4)$$

- n. Kolom 14, perhitungan lamanya kecepatan angin tersebut berhembus di laut dalam menggunakan persamaan sesuai Tabel 2.3 Persamaan yang dipilih harus sesuai dengan tipe gelombang yang sesuai dengan kolom 12.
- o. Kolom 15, perhitungan tinggi gelombang di laut dalam dengan menggunakan persamaan sesuai Tabel 2.3 Persamaan yang dipilih harus sesuai dengan tipe gelombang yang sesuai dengan hasil kolom 12.
- p. Kolom 14, perhitungan periode gelombang yang terjadi di laut dalam menggunakan persamaan sesuai Tabel 2.3. Persamaan yang dipilih harus sesuai dengan tipe gelombang yang sesuai dengan kolom 12.

Pemilihan rumus untuk peramalan tinggi dan periode gelombang harus memperhatikan kondisi lapangan, sehingga hasil dari pendekatan hitungan secara empiris bisa logis dan sesuai dengan kondisi yang ada. Perumusan berdasarkan kondisi fetch limited digunakan bila pantai tertutup oleh penghalang (pulau atau teluk). Sedangkan perumusan berdasarkan kondisi Fully Developed Sea digunakan bila pantai berhubungan dengan laut bebas yang tidak ada penghalangnya. Apabila hasil perhitungan berdasarkan kondisi Fully Developed Sea didapatkan durasi gelombang yang sangat besar, maka harus dikoreksi terhadap nomogram dari SPM agar sesuai dengan kondisi lapangan.

Tabel 2.3 Persamaan untuk Peramalan Tinggi Gelombang dengan Menggunakan Metode SMB (SI)

Dimensionles	Metric Units	
	H(m), T(s), U _A (m/s), F(m), t(s)	H(m), T(s), U _A (m/s), F(m), t(s)
Fetch Limited (F,U)		
$\frac{g \cdot H_{m_0}}{U_A^2} = 1,6 \times 10^{-3} \left(\frac{g \cdot F}{U_A^2}\right)^{1/2}$	$H_{m_0} = 5,112 \times 10^{-4} \cdot U_A \cdot F^{1/2}$	$H_{m_0} = 1,616 \times 10^{-2} \cdot U_A \cdot F^{1/2}$
$\frac{g \cdot T_m}{U_A} = 2,857 \times 10^{-1} \left(\frac{g \cdot F}{U_A^2}\right)^{1/3}$	$T_m = 6,238 \times 10^{-2} \cdot (U_A \cdot F)^{1/3}$	$T_m = 6,238 \times 10^{-1} \cdot (U_A \cdot F)^{1/3}$
$\frac{g \cdot t}{U_A} = 6,88 \times 10 \cdot \left(\frac{g \cdot F}{U_A^2}\right)^{2/3}$	$t = 3,215 \times 10 \cdot \left(\frac{F^2}{U_A}\right)^{1/3}$	$t = 8,93 \times 10^{-1} \cdot \left(\frac{F^2}{U_A}\right)^{1/3}$
Fully Developed		
$\frac{g \cdot H_{m_0}}{U_A^2} = 2,433 \times 10^{-1}$	$H_{m_0} = 2,482 \times 10^{-2} \cdot U_A^2$	$H_{m_0} = 2,482 \times 10^{-2} \cdot U_A^2$
$\frac{g \cdot T_m}{U_A} = 8,134$	$T_m = 8,308 \times 10^{-1} \cdot U_A$	$T_m = 8,308 \times 10^{-1} \cdot U_A$
$\frac{g \cdot t}{U_A} = 7,15 \times 10^4$	$t = 7,296 \times 10^3 \cdot U_A$	$t = 2,027 \cdot U_A$
$g = 9.8 \text{ m/s}^2$		

(Sumber : Shore Protection Manual, 1984)

Dimana : H_{s0} = Tinggi gelombang significant
 T₀ = Periode gelombang puncak
 F = Panjang fetch
 U_a = 9,8 m/s

2.2.6.2 Periode Ulang Tinggi Gelombang

Gelombang yang dihitung pada pembahasan sebelumnya merupakan tinggi gelombang pada laut dalam yang datanya merupakan hasil analisis dari kecepatan dan arah angin yang telah tercatat beberapa tahun secara urut sebelum breakwater atau pelabuhan dibuat. Untuk menentukan tinggi gelombang rencana ini, maka hasil tinggi gelombang yang didapat sebelumnya dihitung menggunakan fungsi distribusi probabilitas. Metode probabilitas yang digunakan dalam tugas akhir ini yaitu metode Weibull. Berikut ini merupakan penabelan langkah-langkah pengerjaannya serta penjelasannya, dapat dilihat pada Tabel 2.4, Tabel 2.5 dan Tabel 2.6.

Tabel 2.4 Tinggi Gelombang Maksimum Tiap Tahun

Tahun	H (m)	t (jam)	Arah ($^{\circ}$)

Tabel 2.5 Perhitungan Periode Ulang Gelombang Menggunakan Metode Weibull

No Urut	H_{sm}	P	y_m	$H_{sm} \cdot y_m$	y_m^2	$(H_{sm} - H_r)^2$	\hat{H}_{sm}	$H_{sm} - \hat{H}_{sm}$	$(H_{sm} - \hat{H}_{sm})^2$

Langkah-langkah perhitungan Tabel 2.5 :

1. Kolom1, nomor urut tinggi gelombang signifikan selama 10 tahun.
2. Kolom 2, data gelombang yang diurutkan dari besar ke kecil berdasarkan kolom 1.
3. Kolom 3, nilai $P(H_s \leq H_{sm})$ yang dihitung berdasarkan persamaan

$$P(H_s \leq H_{sm}) = 1 + \frac{m - 0.2 - \frac{0.27}{\sqrt{k}}}{N_T + 0.2 + \frac{0.27}{\sqrt{k}}} \quad (2.5)$$

Keterangan :

- $P(H_s \leq H_{sm})$ = Probabilitas tinggi gelombang dengan nilai tertentu yang tidak di lampau
 H_s = Tinggi Gelombang representatif
 H_{sm} = Tinggi Gelombang dengan nilai tertentu
 N_T = Jumlah kejadian gelombang selama pencatatan
 K = Parameter bentuk untuk Weibul

4. Kolom 4, nilai Y_m dihitung menggunakan persamaan :

$$Y_m = [-\ln\{1 - F(H_s \leq H_{sm})\}]^{1/k} \quad (2.6)$$

5. Kolom 5, kolom 2 dikalikan dengan kolom 4,

$$H_{sm} * Y_m$$

6. Kolom 6, kolom 4 dikuadratkan, y_m^2 . Kolom 5 dan 6 ini digunakan untuk analisis regresi linier guna menghitung parameter A dan B.

$$A = \frac{n \sum H_{sm} y_m - \sum H_{sm} \sum Y_m}{n \sum Y_m^2 - (\sum Y_m)^2} \quad (2.7)$$

$$B = \hat{H}_{sm} - A \hat{Y}_m \quad (2.8)$$

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

Dengan :

$$\hat{H}_{sm} = \text{Rata-rata tinggi gelombang dengan nilai tertentu}$$

$$\hat{Y}_m = \text{Rata-rata } y_m$$

7. Kolom 7, digunakan untuk menghitung deviasi standard gelombang signifikan (σ_{H_s}).
8. Kolom 8, perkiraan tinggi gelombang yang dihitung dengan persamaan regresi linier yang dihasilkan oleh,
- $$H_{sm} = A.y_m + B \quad (2.10)$$
9. Kolom 9, kolom 2 dikurangi kolom 8. Setelah itu dapat dihitung besarnya deviasi standard gelombang signifikan

$$\sigma_{H_s} = \left[\frac{1}{N-1} \sum_1^N (H_{sm} - H_{msm})^2 \right]^{1/2} \quad (2.11)$$

Tabel 2.6 Tinggi Gelombang Berdasarkan Periode Ulang dengan Metode Weibul

Periode ulang	y_r	H_{sr}	σ_{nr}	σ_r	$H_s - 1.28\sigma_r$	$H_s + 1.28\sigma_r$
(Tahun)	(Tahun)	(m)			(m)	(m)

Langkah-langkah perhitungan Tabel 2.7:

1. Kolom 1, urutan periode ulang yang akan dihitung
2. Kolom 2, menghitung fungsi distribusi probabilitas tiap periode ulang.

$$Y_r = [\ln(L \cdot T_r)]^{1/k} \quad (2.12)$$

$$L = \frac{N_T}{K} \quad (2.13)$$

Dengan:

T_r = Periode ulang

K = Panjang data

L = Rerata jumlah kejadian per tahun

3. Kolom 3, perhitungan tinggi gelombang signifikan untuk tiap periode ulang.

$$H_{sr} = A \cdot y_r + B \quad (2.14)$$

4. Kolom 4

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

σ_{nr} = Standar deviasi yang dinormalkan dari tinggi gelombang signifikan dengan periode ulang T_r

5. Kolom 5

$$\sigma_r = \sigma_{nr} \times \sigma_{Hs} \quad (2.16)$$

σ_r = Kesalahan standard dari tinggi gelombang signifikan dengan periode ulang T_r . Pada perhitungan ini digunakan interval keyakinan sebesar 80%.

6. Kolom 6, kolom 3 dikurangi dengan 1.28 dikali kolom 5.

$$H_{sr} - 1.28 \times \sigma_r$$

7. Kolom 7, kolom 3 ditambah dengan 1.28 dikali kolom 5.

$$H_{sr} + 1.28 \times \sigma_r$$

2.2.6.3 Refraksi

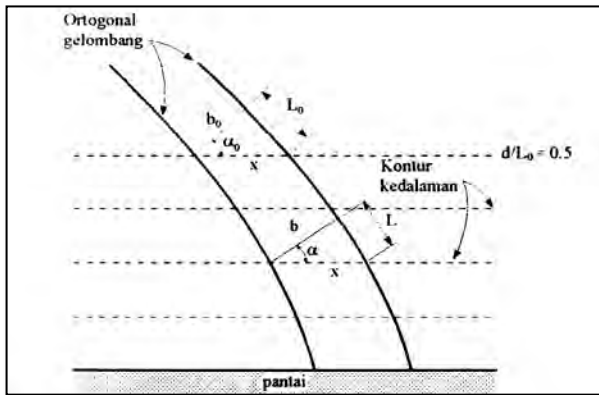
Kecepatan rambat gelombang tergantung pada kedalaman air dimana gelombang menjalar. Apabila cepat rambat gelombang berkurang dengan kedalaman, panjang gelombang juga berkurang secara linier. Variasi cepat rambat gelombang terjadi di sepanjang garis puncak gelombang yang bergerak dengan membentuk suatu sudut terhadap garis kedalaman laut, karena bagian dari gelombang di laut dalam bergerak lebih cepat daripada bagian di laut yang lebih dangkal. Variasi tersebut menyebabkan puncak gelombang membelok dan berusaha untuk sejajar dengan garis kontur dasar laut.

Refraksi dan pendangkalan gelombang (*wave shoaling*) akan dapat menentukan tinggi gelombang di suatu tempat berdasarkan karakteristik gelombang datang (Lihat Gambar 2.5). Refraksi mempunyai pengaruh yang cukup besar terhadap tinggi dan arah gelombang serta distribusi energi gelombang di sepanjang pantai.

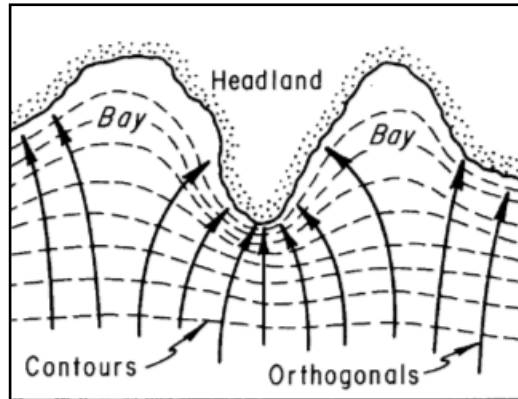
Perubahan arah gelombang karena refraksi tersebut menghasilkan konvergensi (pengucupan) atau divergensi (penyebaran) energi gelombang (Lihat Gambar 2.6) dan mempengaruhi energi gelombang yang terjadi di suatu tempat di daerah pantai.

Anggapan-anggapan yang digunakan dalam studi refraksi adalah sebagai berikut ini.

- Energi gelombang antara dua ortogonal adalah konstan.
- Arah penjalaran gelombang tegak lurus pada puncak gelombang, yaitu dalam arah ortogonal gelombang.
- Cepat rambat gelombang yang mempunyai periode tertentu di suatu tempat hanya tergantung pada kedalaman di tempat tersebut.
- Perubahan topografi dasar adalah berangsur-angsur.
- Gelombang mempunyai puncak yang panjang, periode konstan, amplitudo kecil dan monokromatik.
- Pengaruh arus, angin dan refleksi dari pantai dan perubahan topografi dasar laut diabaikan.



Gambar 2.5 Refraksi Gelombang Pada Kontur Lurus Dan Sejajar
(Sumber: *Shore Protection Manual*, 1984)



Gambar 2.6 Konvergensi dan Divergensi Energi Gelombang
(Sumber : *Shore Protection Manual, 1984*)

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

$$\sin \alpha = \left(\frac{C}{C_0} \right) \sin \alpha_0 \quad (2.17)$$

dimana :

- α_0 = sudut antara puncak gelombang dengan kontur dasar
- α = 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 2.4, jarak antara ortogonal di laut dalam dan disuatu 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 :

$$x = \frac{b_0}{\cos \alpha_0} = \frac{b}{\cos \alpha} \quad (2.18)$$

maka koefisien refraksi (K_r) adalah :

$$K_r = \sqrt{\frac{b_0}{b}} = \sqrt{\frac{\cos \alpha_0}{\cos \alpha}} \quad (2.19)$$

2.2.7 Data Tanah

Penyelidikan tanah dilakukan guna mengetahui parameter dan data-data dari tanah dasar yang akan digunakan untuk perencanaan breakwater dan pengerukan. Penyelidikan tanah dilakukan dalam dua tahap yaitu penyelidikan lapangan dan analisa laboratorium. Penyelidikan lapangan yang dilakukan biasanya berupa pemboran (boring) yang bertujuan untuk mendapatkan undisturbed sample dari tanah, pengujian SPT untuk mendapatkan nilai N-SPT yang menunjukkan besar kekerasan tanah, dari nilai SPT yang didapatkan dapat digambarkan stratigrafi tanah yaitu lapisan tanah berdasarkan SPT atau kekerasannya, serta penyelidikan Vane Shear Test untuk mendapatkan nilai kohesi dari tanah. Sedangkan analisa laboratorium dilakukan untuk menyelidiki lebih lanjut sampel tanah yang didapatkan. Hasil dari penyelidikan data tanah ini selanjutnya akan digunakan dalam perhitungan breakwater dan pengerukan.

2.3 Perencanaan Layout

2.3.1 Perencanaan Layout Perairan

a. Areal Penjangkaran (*Anchorage Area*)

Areal penjangkaran adalah lokasi kapal menunggu sebelum dapat bertambat atau memasuki alur, baik karena menunggu cuaca membaik, atau karena jetty dan alur yang akan digunakan masih terpakai, alasan karantina, atau oleh sebab yang lain.

Kebutuhan areal penjangkaran areal penjangkaran dapat ditentukan dengan menggunakan perumusan seperti pada (Tabel 2.7)

Tabel 2.7 Kebutuhan Areal Penjangkaran

Tujuan penjangkaran	Dasar laut atau Kecepatan angin	Jari-jari	
Menunggu atau inspeksi muatan	Penjangkaran baik	Swinging	LOA + 6 d
		Multiple	LOA + 4,5 d
	Penjangkaran jelek	Swinging	LOA + 6 d + 30 m
		Multiple	LOA + 4,5 d + 25 m
Menunggu cuaca baik	Kec.Angin V= 20 m/dtk	LOA + 3 d + 90 m	
	Kec.Angin V= 30 m/dtk	LOA + 4 d + 145 m	

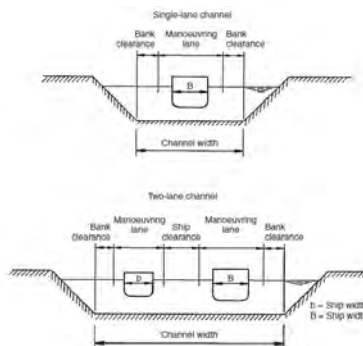
(Sumber: Thoresen, 2003)

Untuk kebutuhan kedalaman *anchorage area*, sebagai berikut :

$$D = 1.5 \times \text{Draft}$$

b. Alur Masuk (*Entrance Channel*)

Dalam merencanakan lebar alur masuk, perlu diperhatikan juga kondisi perairan yang ada. Perencanaan lebar alur masuk, mengacu kepada *Port Designer Handbook*, Thoresen, dimana untuk lebar alur dengan dua jalur dibagi menjadi tiga zona yaitu *maneuvering lane*, *bank clearance*, dan *ship clearance*.



Gambar 2.7 Lebar Alur Masuk Kapal

(Sumber: Thoressen, 2003)

Adapun rumus untuk mencari lebar masing-masing zona adalah sebagai berikut:

Maneuvering Lane = $1.6 \times B$

Bank Clearance = $1 \times B$

Ship Clearance = 30 m

Total lebar alur masuk = $(2 \times \text{maneuvering lane}) + (2 \times \text{bank clearance}) + 30$

Untuk kebutuhan kedalaman *Entrance Channel*, sebagai berikut :

$D = 1.1 \times \text{Draft}$

c. Kolam Putar (*Turning Basin*)

Kolam putar (*turning basin*), berada di ujung alur masuk atau dapat diletakkan di sepanjang alur bila alurnya panjang ($> S_d$). Kapal diharapkan bermanuver pada kecepatan rendah (mendekati nol) atau dipandu. Areal yang disediakan dibatasi dengan bentuk lingkaran berdiameter (D_b). Kedalaman perairan dapat disamakan dengan alur masuk.

$D_b = 3 \times \text{LOA}$

(untuk kapal bermanuver dengan dipandu)

$D_b = 4 \times \text{LOA}$

(untuk kapal bermanuver tanpa bantuan pandu)

Untuk kebutuhan kedalaman *Turning Basin*, sebagai berikut :

$D = 1.1 \times \text{Draft}$

d. Kolam Dermaga (*Basin*)

Kolam jetty (*basin*), berada di depan jetty dan luasan ini perlu ditentukan bila kedalaman perairan perlu dikeruk dan untuk menentukan jarak antar jetty yang saling berhadapan. Panjang kolam yang akan dikeruk adalah panjang jetty ditambah area keselamatan kapal. Secara keseluruhan ukuran kolam sebagai berikut :

Panjang =

$1,25 \times \text{LOA}$, bila dengan dibantu kapal pandu

1,50 * LOA, bila tanpa dibantu kapal pandu

Lebar =

4 * B + 50 m , 1 jetty berhadapan

2 * B + 50 m , > 1 jetty berhadapan

1,25 B , jetty bebas

e. Kedalaman Kolam Dermaga

Kedalaman perairan, pada prinsipnya harus lebih dalam dari draft penuh kapal terbesar, ditambah alokasi untuk gerakan osilasi akibat gelombang dan angin maupun arus serta squat dan trim sebagai konsekuensi pergerakan kapal, ditambah lagi alokasi untuk ketidakrataan kedalaman perairan dan kondisi tanah dasar laut. Untuk kemudahan penentuan dalam menentukan kedalaman perairan dapat digunakan aturan sebagai berikut :

Perairan Tenang = 1,1*draft kapal

Perairan terbuka = 1,2*draft kapal

2.3.2 Perencanaan Layout Breakwater

Perencanaan layout ini untuk merencanakan layout terhadap besar dan arah gelombang datang sehingga didapatkan arah pintu, lebar pintu dan alur pelayarannya. Sehingga layout yang sudah direncanakan dapat melayani kapal secara aman dan nyaman di areal pelabuhan.

Bentuk Layout breakwater dapat ditentukan dari beberapa factor :

- a. Tinggi, arah, dan frekuensi dari gelombang yang datang, serta kondisi lingkungan alam lainnya, direkomendasikan agar posisi mulut berada pada arah datang gelombang tinggi dengan frekuensi terendah.
- b. Lebar dan posisi mulut serta efek defraksi yang terjadi, direkomendasikan lebar mulut sesuai kebutuhan lebar alur

tanpa ada penambahan sebab besaran faktor defraksi bergantung pada lebar mulut ini.

- c. Rencana elevasi puncak dari struktur breakwater, apakah submerged (terendam), overtopping (lidah gelombang melampaui puncak breakwater); non-overtopping (lidah gelombang tidak melampaui puncak breakwater). Penentuan elevasi yang dipilih bergantung biaya yang tersedia, kesibukan lalu lintas dan kegiatan di pelabuhan, dan fungsi dari breakwater, serta gaya gelombang atau gaya alam yang terjadi. Untuk fungsi sebagai penangkis gelombang, umumnya digunakan overtopping karena relatif murah, dan tidak terlalu tinggi.
- d. Arah dan kecepatan arus, hal ini akan menentukan panjang kaki breakwater.
- e. Biaya pembangunan dan biaya perawatannya perlu dipilih yang paling murah.

2.3.3 Difraksi Gelombang

Apabila gelombang datang terhalang oleh suatu rintangan seperti pemecah gelombang atau pulau, maka gelombang tersebut akan membelok di sekitar ujung rintangan dan masuk di daerah terlindung di belakangnya. Difraksi terjadi ketika terdapat perbedaan energi gelombang yang tajam di sepanjang puncak gelombang. Pada awalnya kondisi di daerah yang terlindung penghalang cukup tenang (tidak terdapat gelombang), saat gelombang melintasi penghalang. Perairan yang jauh dari penghalang akan memiliki energi lebih banyak (energi gelombang awal) dibandingkan perairan di belakang penghalang yang semula tenang (tidak ada energi karena tidak ada gelombang), terjadilah proses pemindahan energi di panjang puncak gelombang tersebut ke arah daerah yang terlindung bangunan pantai.

Transfer energi ke daerah terlindung menyebabkan terbentuknya gelombang di daerah tersebut, meskipun tidak sebesar gelombang di luar daerah terlindung. Garis puncak gelombang di belakang rintangan membelok dan mempunyai

bentuk busur lingkaran dengan pusatnya pada ujung rintangan. Dianggap bahwa kedalaman air adalah konstan. Apabila tidak maka selain difraksi juga terjadi refraksi gelombang. Biasanya tinggi gelombang berkurang di sepanjang puncak gelombang menuju daerah terlindung.

Persamaan tinggi gelombang akibat pengaruh difraksi gelombang dapat dilihat dalam persamaan 2.20 yang merupakan penyelesaian matematis untuk difraksi cahaya. K' merupakan koefisien difraksi yang merupakan perbandingan antara tinggi gelombang di titik yang terletak di daerah terlindung dan tinggi gelombang datang. Nilai K' untuk θ , β , r/L dapat dicari melalui diagram difraksi yang dikembangkan oleh Wiegell, 1962 dengan berbagai macam sudut antara puncak gelombang terhadap pemecah gelombang yang terdapat di shore protection manual (Gambar 2.8).

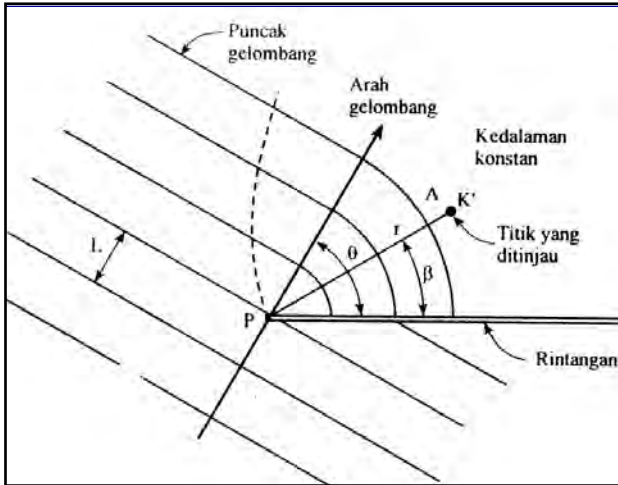
$$H_A = K' \cdot H_P \quad (2.20)$$

Dengan :

H_A = Tinggi gelombang yang ditinjau (m)

H_P = Tinggi gelombang di ujung rintangan (m)

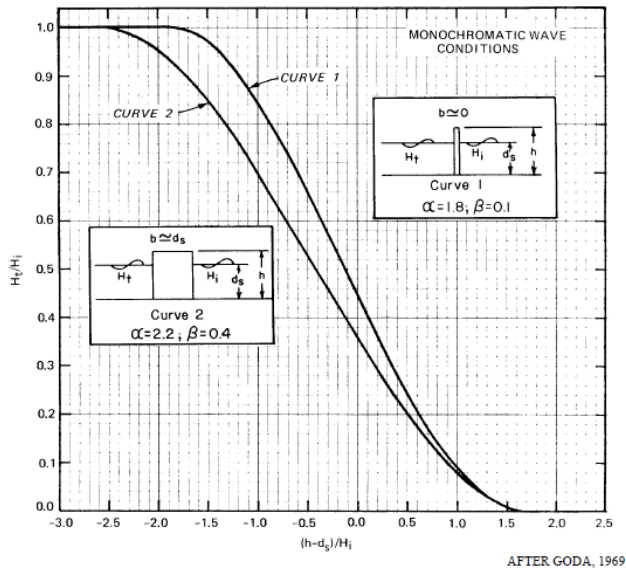
K' = Koefisien difraksi



Gambar 2.8 Difraksi Gelombang di Belakang Rintang
(Sumber : Shore Protection Manual, 1984)

2.3.4 Transmisi Gelombang

Ketika suatu gelombang mengenai struktur maka gelombang akan teredam/ditransmisikan, tetapi akan ada sisa-sisa energi gelombang yang terjadi setelah melewati struktur. Transmisi adalah penerusan gelombang melalui suatu bangunan yang parameternya dinyatakan sebagai perbandingan antara tinggi gelombang yang ditransmisikan (H_t) dengan tinggi gelombang datang (H_i). Untuk perhitungan tinggi gelombang transmisi lihat



Gambar 2.9 Gelombang Transmisi untuk Dinding Tegak
(sumber: *Shore Protection Manual*, 1984)

2.4 Struktur Breakwater

Breakwater atau pemecah gelombang merupakan pelindung utama bagi pelabuhan buatan. Tujuan dibuatnya breakwater ini adalah :

- Melindungi bangunan di dalamnya dari gelombang yaitu memperkecil tinggi gelombang yang datang, sehingga kapal dapat memasuki areal pelabuhan dengan tenang dan proses bongkar muat atau peratan kapal dapat berjalan dengan lancar. Persyaratan tinggi gelombang maksimum untuk kapal dapat melakukan proses bongkar muat berbagai jenis muatan, secara umum dapat dilihat pada.
- Mengurangi kebutuhan pengerukan di dalam wilayah pelabuhan. Sedimen yang masuk ke dalam wilayah pelabuhan sudah tertahan oleh breakwater atau pemecah gelombang yang ada.

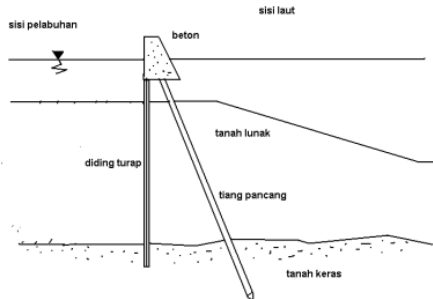
- c. Menghindarkan arah perjalanan kapal dari pengaruh cross current, biasanya terjadi di mulut breakwater dan mulut muara sungai.
- d. Dapat juga digunakan sebagai tambatan untuk muatan berbahaya yang harus diletakkan cukup jauh dari areal pelabuhan.
- e. Sebagai pelindung pantai atau areal reklamasi dari hantaman gelombang.

Breakwater sendiri memiliki berbagai macam bentuk-bentuk dasar dan syarat-syarat teknisnya yaitu:

- a. Gelombang disalurkan melalui suatu dinding batu miring yang terbuat dari batuan alam (rubble mounds), sehingga energi gelombang dihilangkan secara gravitasi, karena gelombang pecah baik di permukaan atau melalui celah-celah batu;
- b. Batu-batuan alam tersebut dapat juga diganti dengan bentuk-bentuk buatan misalnya terbuat dari beton bertulang sebagai : tetrapods, quadripods, hexapods, tribars, modified cubes atau dolos. Pemakaian batuan buatan ini yaitu apabila pada lokasi yang direncanakan sukar didapatkan batu alam yang sesuai beratnya dengan kebutuhan;
- c. Dengan membangun dinding tegak (wall type) yang cukup ketinggiannya dan kekuatannya sehingga gelombang tersebut dapat didefraksikan dan dihapuskan karena pecahnya gelombang. Dinding vertikal ini dapat berbentuk macam-macam misalnya : caissons silindris, kotak (box), dan lain sebagainya;
- d. Dinding pemecah gelombang dengan diberi “penyerap gelombang” (wave absorber). Bentuk dan dimensinya bermacam-macam.

Dalam perencanaan proposal tugas akhir ini digunakan tipe vertikal breakwater menggunakan sheet pile yang di sokong oleh

tiang pancang. Sheet Pile breakwater dapat dilihat pada Gambar 2.10 dibawah ini:



Gambar 2.10 Sheet Pile Breakwater
(sumber: *Port Engineering: Planning, Construction, Maintenance, and Scurity, 2004*)

2.4.1 Analisa Sheet Pile

2.4.1.1 Perhitungan Gaya Luar

Dalam Perhitungan struktur breakwater yang perlu diketahui pertama adalah gaya-gaya yang bekerja. Antara lain:

A. Tekanan Tanah aktif

Tekanan tanah aktif akibat tekanan horizontal tanah di belakang sheet pile menurut rankine

$$\sigma_a = \sigma_v \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right) \quad (2.21)$$

B. Tekanan pasif

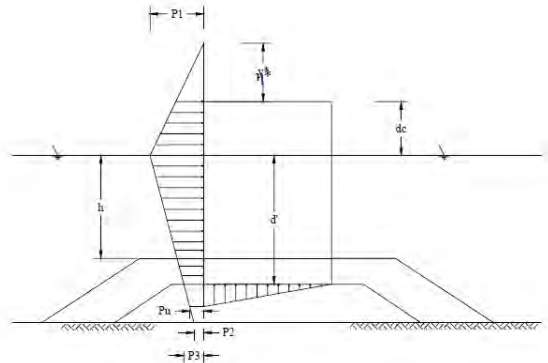
Tekanan pasif dari tanah sedalam sheet pile yang terbenam. Menurut rumus rankine, tekanan pasif tanah.

$$\sigma_p = \sigma_v \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) \quad (2.22)$$

C. Tekanan air sisa

Tekanan air sisa merupakan tekanan air akibat beda elevasi di depan dan di belakang dinding.

- D. Gaya gelombang pada dinding vertikal
 Beban yang diperhitungkan dalam perencanaan ini adalah beban yang diakibatkan oleh tekanan gelombang sedangkan tekanan hidrostatik tidak diperhitungkan karena gaya hidrostatik yang datang dari berbagai arah yang berlawanan akan saling menghilangkan. Untuk perhitungan tekanan gelombang digunakan perumusan menggunakan metode Goda (1985). Rumusan ini dapat digunakan untuk berbagai kondisi gelombang. Distribusi tekanan yang diberikan oleh Goda, yang berbentuk trapesium (Lihat Gambar 2.11).



Gambar 2.11 Distribusi Tekanan Gelombang

Beberapa notasi dalam gambar tersebut:

- d : Kedalaman air di depan breakwater
 h : kedalaman diatas lapis pelindung
 d' : Jarak elevasi muka air rencana ke dasar breakwater
 dc : Jarak antara elevasi muka air rencana dengan puncak gelombang
 η : Elevasi maksimum dari distribusi tekanan gelombang terhadap muka air

- P1 : Tekanan maksimum yang terjadi pada elevasi muka air rencana
 P2 : Tekanan yang terjadi pada dasar tanah
 P3 : Tekanan yang terjadi pada dasar dinding vertikal

Langkah-langkah perhitungan menggunakan metode Goda ini adalah sebagai berikut:

1. Desain Gelombang

Menggunakan gelombang maksimum (H_{max}) dan Periode gelombang maksimum (T_{max}) dengan rumusan:

$$H_{max} : 1,8 H_{1/3}$$

$$T_{max} : T_{1/3}$$

Keterangan:

$H_{1/3}$: Tinggi Gelombang Signifikan

$T_{1/3}$: Periode Gelombang signifikan

2. Elevasi Maksimum

$$\eta = 0,75 (1 + \cos\beta) H_{max} \quad (2.23)$$

keterangan:

β : sudut antara gelombang datang dengan garis tegak lurus breakwater

karena ketidakpastian estimasi dari arah datangnya gelombang datang, maka β harus di rotasi 15° terhadap garis gelombang datang kearah normal breakwater

3. Tekanan Gelombang di depan dinding

$$P_1 = \frac{1}{2} (1 + \cos\beta) (\alpha_1 + \alpha_2 \cos^2\beta) \gamma_w \cdot H_{max} \quad (2.24)$$

$$P_2 = \frac{P_1}{\cosh\left(\frac{2\pi h}{L}\right)} \quad (2.25)$$

$$P_3 = \alpha_3 \cdot P_1 \quad (2.26)$$

Dimana:

$$\alpha_1 = 0.6 + \frac{1}{2} \left(\frac{\frac{4\pi d}{L}}{\sinh \frac{4\pi d}{L}} \right)^2 \quad (2.27)$$

$$\alpha_2 = \min \left[\frac{hb-d}{3hb} \cdot \left(\frac{H_{max}}{d} \right)^2; \frac{2d}{H_{max}} \right] \quad (2.28)$$

$$\alpha_3 = 1 - \frac{h'}{h} \cdot \left(1 - \frac{1}{\cosh \frac{2\pi d}{L}} \right) \quad (2.30)$$

hb = kedalaman didepan breakwater sejarak $5H_{1/3}$

4. Uplift

Uplift merupakan tekanan air keatas dibawah dasar breakwater berbentuk (distribusi) segitiga.

$$P_u = \frac{1}{2} (1 + \cos \beta) \alpha_1 \cdot \alpha_3 \cdot \gamma_w \cdot H_{max} \quad (2.31)$$

Berdasarkan teori sebenarnya besar $P_u = P_3$, tetapi pada kenyataannya di lapangan $P_3 > P_u$.

5. Momen

$$P = \frac{1}{2} (P_1 + P_3) h' + \frac{1}{2} (P_1 + P_4) d_c \quad (2.32)$$

$$M_p = \frac{1}{6} (2P_1 + P_3) d'^2 + \frac{1}{2} (P_1 + P_4) d' \cdot d_c + \frac{1}{6} (P_1 + 2P_4) d_c^2 \quad (2.33)$$

$$U = \frac{1}{2} P_u \quad (2.34)$$

$$M_u = \frac{2}{3} U \cdot B \quad (2.35)$$

Dimana:

B : Lebar bawah breakwater

P_4 : $P_1(1-d_c/n) \rightarrow \eta > d_c$

0 $\rightarrow \eta < d_c$

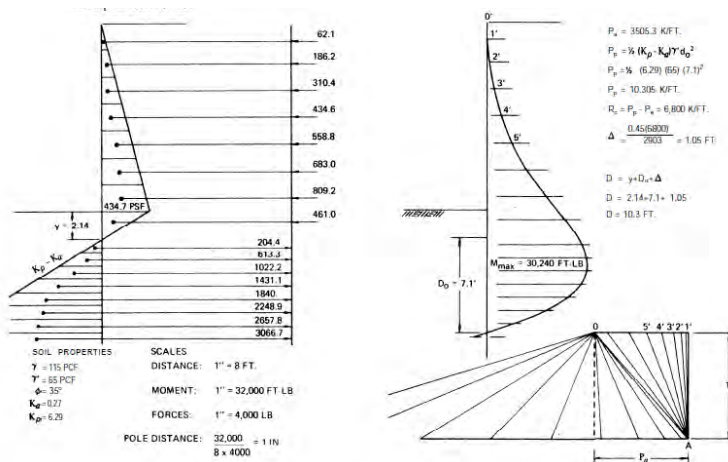
2.4.1.2 Perhitungan Gaya Reaksi, Momen dan Panjang Pembentaman

Perhitungan gaya reaksi dan momen dapat dilakukan dengan beberapa metode, seperti *free earth support* dan *fixed*

earth support atau *equivalent beam* an metode grafis. Namun, pada tugas akhir ini digunakan metode grafis

Langkah awal yaitu mengetahui tekanan tanah lateral. Pada metode grafis dianggap sheet pile sebagai balok sederhana dengan perletakan pada titik anchor (T), dan titik $P = 0$ atau zero Pressure atau contraflexure (Rd) dengan beban berupa tekanan tanah termasuk beban di atasnya.

Lalu diagram tekanan tanah lateral dibagi-bagi menjadi lapisan kecil untuk merubah diagram tekanan tanah lateral menjadi beban terpusat pada masing-masing titik berat pada tiap lapisan tersebut. Dalam hal ini dibagi menjadi lapisan tiap 2 m dan dirubah menjadi beban terpusat seperti pada loading diagram. Setelah mengetahui beban terpusat yang terjadi pada sheet pile. Dapat digambar vector diagram dan moment diagram seperti pada Gambar 2.12



Gambar 2.12 Metode Grafis

(Sumber: *Steel Sheet Piling Design Manual, 1984*)

Untuk menggambar vektor diagram, rangkai beban terpusat aktif yaitu P_1 hingga P_{12} sebagai garis bawah mulai titik 1

hingga titik 13 pada vektor diagram. Panjang dari 1-2 di vektor diagram adalah sebesar P12 pada load diagram.

Tarik garis dari titik 1 ke titik 0, 2 ke titik 0, 3 ke titik 0 dst. Lalu gambar garis yang sejajar dengan 1 – 0 kedalam momen diagram dimulai dari titik 0'. Hingga memotong garis P12 dan beri nama 1'. Gambar garis yang sejajar dengan 2 – 0 ke dalam momen diagram dimulai dari titik 1' hingga memotong garis P11, beri nama 2', dst.

Jika kurva momen sudah tergambar. tarik garis anchor dan beri titik A' lalu tarik garis ke titik 0' pada momen diagram. gambar garis yang sejajar dengan A' – 0' pada vektor diagram dari titik 0 ke A.

Lanjutkan kurva untuk P pasif hingga memotong garis sheet pile lagi.

- Penentuan ukuran dan penampang sheet pile

Untuk menentukan ukuran dan penampang sheet pile perlu dikontrol momen tekuk dan modulus penampang (section modulus).

$$Z_0 = \frac{M}{F_y} \quad (2.36)$$

2.4.2 Analisa Tiang Pancang

- Daya Dukung Tanah

Pada perhitungan daya dukung tanah menggunakan metode *Luciano Decourt*

$$Q_l = Q_p + Q_s \quad (2.37)$$

Dimana :

Q_l = daya dukung tanah maksimum (ton)

Q_p = resistance ultime di dasar pondasi (ton)

Q_s = resistance ultime akibat lekatan lateral (ton)

$$Q_p = \alpha \cdot q_p \cdot A_p = \alpha \cdot (N_p \cdot k) \cdot A_p \quad (2.38)$$

Dimana :

α = base coefficient (terdapat pada Tabel 2.8)

N_p = harga rata-rata SPT sekitar 4B diatas dan dibawah dasar tiang

K = koefisien karakteristik tanah

- 12 t/m² = untuk lempung
- 20 t/m² = untuk lanau berlempung
- 25 t/m² = untuk lanau berpasir
- 40 t/m² = untuk pasir

A_p = luas penampang dasar tiang (m²)

Q_p = tegangan ujung tiang (t/m²)

Tabel 2.8 Nilai Koefisien α

Soil/ pile	Driven pile	Bored pile	Bored pile (bentonite)	Continuous hollow auger	Root pile	Injected pile (high pressure)
Clay	1.0	0.85	0.85	0.30	0.85	1.0
Intermediate soils	1.0	0.60	0.60	0.30	0.60	1.0
sands	1.0	0.50	0.50	0.30	0.50	1.0

$$Q_s = \beta * q_s * A_s = \beta * (N_s/3+1) * A_s \quad (2.39)$$

Dimana:

β = shaft coefficient (terdapat pada Tabel 2.9)

q_s = tegangan akibat lekatan lateral (t/m²)

N_s = harga N rata sepanjang tiang tertanam, dengan batasan : $3 < N < 50$

A_s = luas selimut tiang yang terbenam (m²)

Tabel 2.9 Nilai koefisien β

Soil/ pile	Driven pile	Bored pile	Bored pile (bentonite)	Continuous hollow auger	Root pile	Injected pile (high pressure)
Clay	1.0	0.85	0.90	1.0	1.5	3.0
Intermediate soils	1.0	0.60	0.75	1.0	1.5	3.0
sands	1.0	0.50	0.60	1.0	1.5	3.0

- **Kontrol Tiang Pancang**

1. Titik Jepit tiang (*Point of fixity*)

Posisi titik jepit tiang dari permukaan tanah (Z_f) untuk *normally consolidated clay* dan *granular soil* adalah 1.8 T, di mana T adalah faktor kekakuan yang dihitung sebagai berikut:

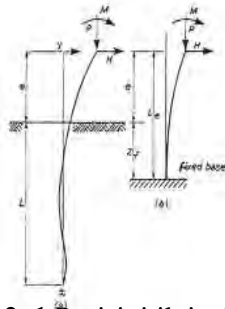
$$T = \sqrt[5]{EI/nh} \quad (2.40)$$

Dimana :

Nh = untuk cohesion less soil diperoleh dari Terzaghi, sedangkan untuk normally consolidated clays = 350 s/d 700 KN/m³ dan soft organic silts = 150 KN/m³

E = modulus elastisitas young yang tergantung dari bahan tiang pancang

I = momen inersia dari penampang tiang pancang



Gambar 2. 1 Posisi titik jepit tiang pancang

(Sumber: Wahyudi,2013)

2. Kontrol kuat bahan

Kontrol kekuatan bahan dilakukan dengan mengecek besarnya momen yang terjadi pada tiang pancang harus lebih kecil dari pada momen Crack bahan. momen crack bahan didapatkan dari spesifikasi bahan oleh pabrik :

$$M_{\text{tiangpancang}} < M_{\text{crack}} \quad (2.41)$$

3. Kontrol tiang pancang berdiri sendiri
 Tiang pancang dicek kekuatannya pada saat berdiri sendiri, khususnya terhadap frekuensi gelombang (ω). Frekuensi tiang (ωt) harus lebih besar dari frekuensi gelombang supaya tiang tidak bergoyang dan patah. Frekuensi tiang pancang dihitung dengan rumus berikut ini:

$$\omega t = 1,73 \sqrt{\frac{EI}{wl^2/g}} \quad (2.42)$$

Dimana:

- ωt = frekuensi tiang
- w = berat tiang pancang (kg)
- l = tinggi tiang di atas tanah
- g = gravitasi (m/s^2)

Frekuensi gelombang dapat dihitung dengan rumus:

$$\omega = \frac{1}{T} \quad (2.43)$$

Dimana:

- ω = frekuensi gelombang
- T = periode gelombang (s)

2.5 Pengerukan (*Dredging*)

Definisi Pengerukan (*Dredging*) menurut Asosiasi Internasional Perusahaan Pengerukan adalah mengambil material atau tanah di dasar air, biasanya di perairan dangkal seperti danau, sungai, muara maupun laut dangkal dan memindahkan atau membuangnya di tempat lain.

2.5.1 Pemilihan Kapal Keruk

Jenis Tanah menjadi faktor utama yang mempengaruhi dalam pemilihan kapal keruk dan produktivitas kapal (Lihat Gambar 2.13).

Type of Soil			Type of Dredger				
Klasifikasi	State	N Value	CSD	TSHD	Grab	Bucket	Dipper
Clay	Soft mud	< 4	■	■	■	■	■
	Soft	4 – 10	■	■	■	■	■
	Medium	10 – 20	■	■	■	■	■
	Hard	20 – 30	■	■	■	■	■
	Harder	30 – 40	■	■	■	■	■
	Hardest	40 – 50	■	■	■	■	
Sand	Soft	< 10	■	■	■	■	■
	Medium	10 – 20	■	■	■	■	■
	Hard	20 – 30	■	■	■	■	■
	Harder	30 – 40	■	■	■	■	■
	Hardest	40 – 50	■	■	■	■	■
Clay w/ Gravel	Soft	< 30	■	■	■	■	■
	Hard	30 –	■	■	■	■	■
Rock	Softer	40 – 50	■	■	■	■	■
	Soft	50 – 60	■	■	■	■	■
	Medium		■	■	■	■	■
	Hard		■	■	■	■	■
Gravel	Loose		■	■	■	■	■
	Packed		■	■	■	■	■

Gambar 2.13 Jenis Kapal Keruk dan Jenis Tanah Yang Mampu Dikeruk

(sumber: *International Association of Dredging Company*)

Selain jenis tanah dalam pemilihan kapal keruk juga mempertimbangkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Karakteristik tanah/batuan dasar laut
2. Area pengerukan
3. Volum tanah/batuan yang akan dikeruk
4. Kondisi perairan laut
5. Lalu lintas kapal di lokasi pengerukan
6. Keadaan cuaca
7. Lokasi pembuangan material keruk
8. Produksi kapal keruk

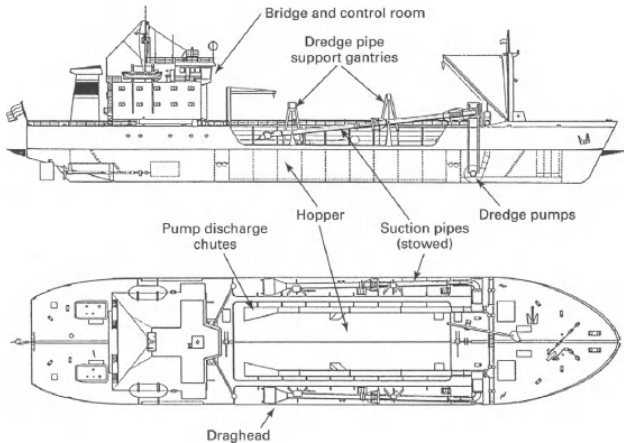
2.5.2 Trailing Suction Hopper Dredger (TSHD)

Trailing Suction Hopper Dredger (TSHD) merupakan jenis kapal keruk yang dilengkapi dengan propeller (untuk berlayar) dan ruang muatan material (Hopper). Ukuran dari kapal keruk jenis TSHD ini adalah kapasitas Hopper, dan saat ini sudah berbagai ukuran yang telah dibangun dan dioperasikan. Adapun berbagai ukuran untuk TSHD berdasarkan kapasitas hopper dapat dilihat pada Gambar 2.14ndibawah ini.



Gambar 2.14 Ukuran TSHD Berdasarkan Kapasitas Hopper
(*sumber: International Association of Dredging Companies*)

Kapal TSHD (Lihat Gambar 2.15) dapat dioperasikan disegala medan dan cuaca, karena kapal ini dilengkapi dengan alat gerak untuk berlayar sendiri. TSHD merupakan jenis kapal keruk yang cepat pertumbuhan dan perkembangannya, karena banyak permintaan terhadap kapal ini dan serba guna/multi purpose.



Gambar 2.15 Trailing Suction Hopper Dredger
(Sumber: *Dredging: A Handbook for Engineers, 1995*)

Siklus waktu kerja keruk kapal TSHD dibagi atas :

1. Mengeruk

Mengeruk material di area keruk. Pada tahap ini juga ada siklus kerjanya, yaitu: menurunkan Ladder, berlayar dan mengeruk, menaikan Ladder. Kecepatan berlayar kapal TSHD saat mengeruk 2-3knot, tergantung dari jenis material yang dikeruk. Material yang dihisap akan langsung dimuat ke dalam Hopper, dan akan terjadi overflow pada hopper untuk mendapatkan kondisi jenuh material di Hopper. Waktu untuk overflow juga harus diperhatikan, jangan sampai terjadi konsentrasi material rendah ataupun terlalu jenuh sehingga banyak material terbuang.

2. Berlayar mengangkut Material

Material yang sudah jenuh di hopper akan dibawa ke lokasi buang. Lokasi buang telah ditentukan oleh Otoritas pelabuhan

3. Membuang

Sesampainya di lokasi buang material dibuang melalui bottom door (jika material lumpur) atau discharge pipe untuk Land reclamation.

4. Berlayar ke area keruk

Kapal TSHD berlayar kembali ke area keruk

5. Manuver

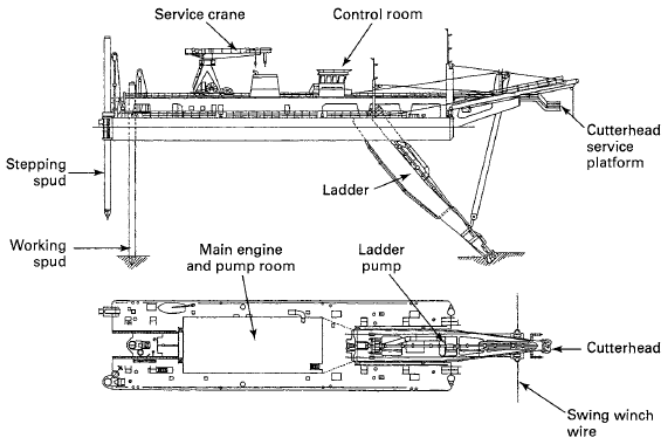
Kapal TSHD mempersiapkan posisinya untuk memulai mengeruk.

Pada siklus waktu Nomor 2 s.d 5, merupakan tahapan yang tidak produktif sehingga pada tahapan ini harus sesegera mungkin untuk menghemat waktu.

Waktu overflow menjadi sangat penting pada saat mengeruk material tanah jenis Lumpur dan menentukan kandungan lumpur yang dikeruk, semakin lama mengeruk akan semakin jenuh namun ada titik jenuh dimana pengerukan harus dihentikan. Kejadian ini dapat dimonitor pada Kertas Loading Graph yang ada di kapal. Waktu overflow tergantung dari jenis materialnya, semakin grainsize-nya kecil maka waktu untuk mencapai titik jenuh semakin lama dan waktu overflow semakin lama. Dan harus diperhitungkan secara komprehensif waktu mengeruk dan jarak buangnya, mana yang lebih menguntungkan muatan banyak tetapi waktu lebih lama atau muatan sedikit tetapi waktu lebih cepat. Jika jarak buang jauh maka lebih ekonomis dengan muatan hopper yang penuh.

2.5.3 Cutter Suction Dredger (CSD)

Kapal Keruk berdasarkan cara penggalian dan operasinya dapat dibagi dalam 3 jenis, yaitu cara mekanik, cara hidrolis dan cara hidrodinamik. Kapal keruk Hidrolis itu mencakup seluruh peralatan keruk yang menggunakan Pompa sentrifugal dalam sistem transportasinya memindahkan material hasil pengerukan. CSD (Lihat Gambar 2.16) diklasifikasikan kedalam kapal keruk Hidrolis, yang memiliki kemampuan untuk mengeruk hampir seluruh jenis tanah (Pasir, Tanah liat, Batu).



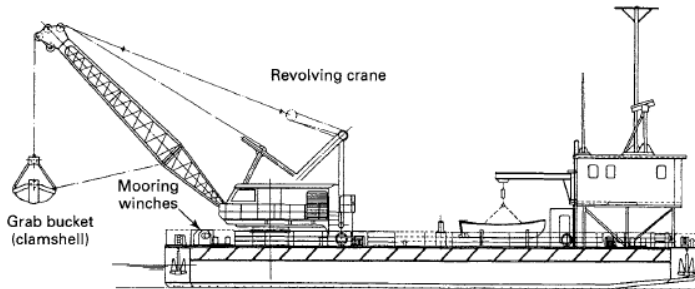
Gambar 2.16 Cutter Suction Dredger
(Sumber: *Dredging: A Handbook for Engineers, 1995*)

Prosedure pekerjaan pengerukan dengan menggunakan *Cutter Suction Dredger*. Pergerakan CSD dalam mengeruk menggunakan Jangkar yang disambung dengan Sling yang diikatkan pada Cutterhead, dengan Winch Draghead ditarik kekiri-kanan untuk memotong material di dalam air. Sedangkan satu Spud bekerja agar CSD tetap pada posisinya. Untuk menggerakkan CSD pada lokasi lain dengan menggunakan *Spud* (seperti melangkah) salah satu *Spud station* dan Spud lainnya bergerak maju. Untuk pergerakan vertikal Draghead, dengan menggunakan Winch yang disambungkan dengan sling dan diikatkan pada Pontoon/Barge. Segala kegiatan dalam air dimonitor melalui Komputer, yaitu pergerakan Draghead, sudut CSD dan tekanan pada pipa buang. Material disalurkan melalui pipa.

2.5.4 Grab Dredger

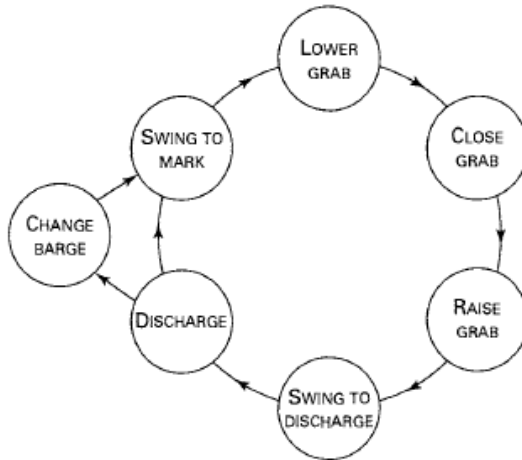
Grab dredger terdiri dari pontoon sederhana yang dilengkapi dengan grab crane dan tidak dilengkapi dengan

hopper atau lambung kapal, oleh karena itu grab dredger harus dilengkapi dengan *hopper barge* saat melakukan pengerukan untuk menampung dan membuang hasil kerukan.



Gambar 2.17 Grab Dredger
(sumber: *Dredging: A Handbook for Engineers, 1995*)

Pada Gambar 2.17 bahwa crane dilengkapi dengan grab bucket, ukuran grab bucket ini bervariasi antara 0.75-200 m³ namun biasanya untuk ukuran diatas 20 m³ sulit ditemukan di pasaran. Adapun siklus produksi grab dredger dapat dilihat pada Gambar 2.18.



Gambar 2.18 Siklus Produksi Grab Dredger

2.5.5 Volume Pengerukan

Dalam memperkirakan volume pekerjaan, alur yang akan dikeruk disurvei kedalamannya. Kemudian panjang alur dibagi menjadi bagian-bagian (segmen) dengan jarak tertentu (biasanya 310m). Tiap-tiap bagian kemudian digambarkan penampang dari dasar alur asli dan potongan dari pengerukan yang direncanakan. Bila luas potongan dari tiap potongan penampang yang berurutan adalah A_i dan A_{i+1} , maka pada segmen ini isi hasil keruk adalah :

Berdasarkan kontur eksisting dan rencana kedalaman alur/kolam, pada areal keruk dibuat segmen-segmen dengan jarak tertentu yang sama, sehingga dengan formula berikut dapat ditentukan volume keruk sebagai berikut:

$$V = \sum_{i=1}^n (0,5 (A_1 + A_2)) \Delta L \quad (2.44)$$

Dimana:

- V = Volume total keruk
- A1 = Luas keruk untuk segmen ke-1
- A2 = Luas keruk untuk segmen ke-(1+1)

- ΔL = Jarak interval antara segmen ke-I dengan segmen ke-(1+1)
- N = Jumlah total segmen pada areal keruk yang direncanakan

2.5.6 Produktivitas Pengerukan

Produktivitas pengerukan sangat tergantung dari volume pengerukan dan produktivitas kapal keruk itu sendiri, kapal keruk hidrolis memiliki produktivitas lebih tinggi daripada kapal keruk mekanik. Adapun perhitungan waktu pengerukan adalah sebagai berikut:

$$\text{Waktu Pengerukan} = \frac{V}{P_{max}} \quad (2.45)$$

Dengan:

- V = Volume Pengerukan
- Pmax = Produktivitas maksimum kapal keruk

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

BAB III

PENGUMPULAN DAN ANALISIS DATA

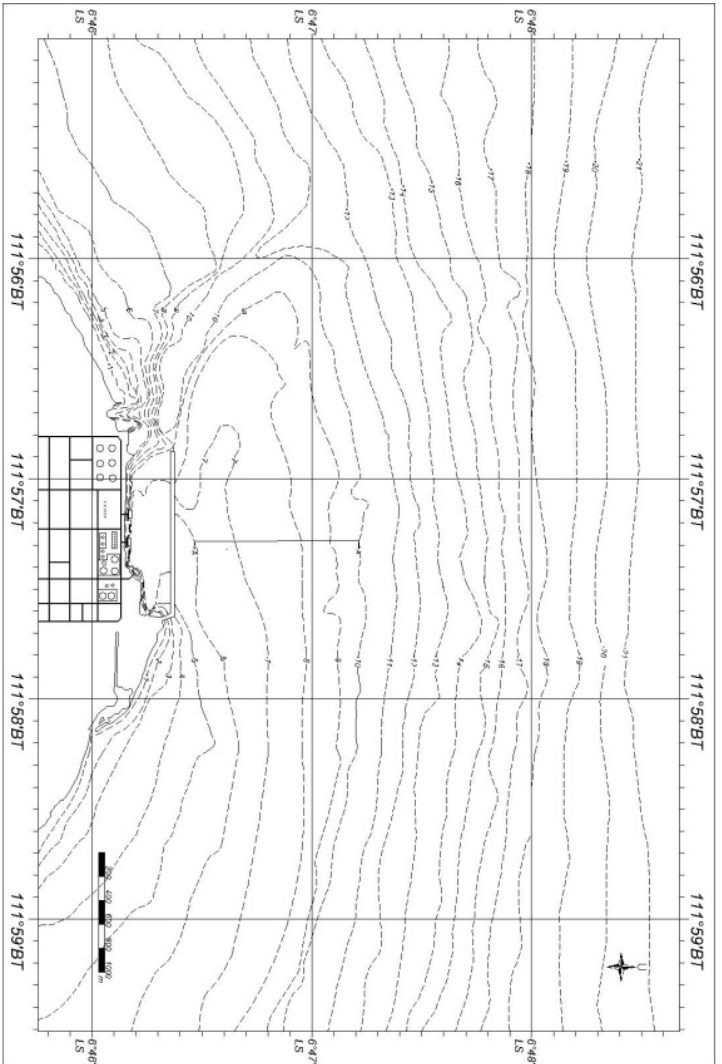
3.1 Umum.

Breakwater ini berada di pantai utara Tuban, tepatnya di perairan Terminal Khusus PT. TPPI Tuban, Propinsi Jawa Timur dengan posisi geografisnya berada pada $06^{\circ} 46' 37.5''$ LS dan $111^{\circ} 57' 15.5''$ BT. Dilakukan evaluasi layout terhadap kondisi eksisting breakwater Terminal Khusus PT. TPPI Tuban untuk menentukan perlu tidaknya pembangunan breakwater, selanjutnya dilakukan evaluasi terhadap layout breakwater yang direncanakan apakah mampu melindungi perairan Terminal Khusus PT. TPPI.

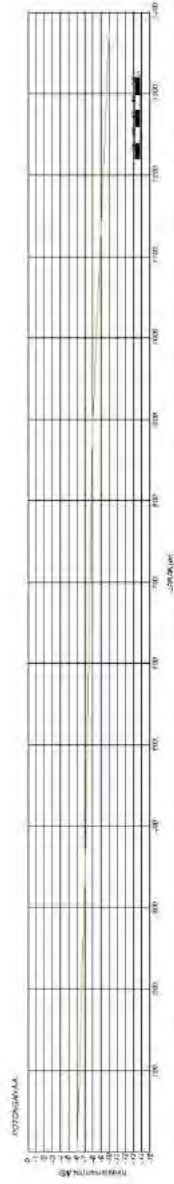
Sebelum dilakukan evaluasi layout serta perencanaan detail struktur breakwater maka perlu adanya pengumpulan serta analisis data. Data-data yang dianalisis merupakan data sekunder.

3.2 Data Bathymetri.

Peta Bathymetri merupakan peta yang menunjukkan kontur permukaan dasar laut dari posisi 0.00 mLWS. Dalam tugas akhir ini pengambilan data tidak diambil dari pengukuran lapangan, tetapi dari hasil peta hydral. Dari peta bathymetri yang bisa dilihat pada Gambar 3.1. terlihat bahwa kondisi kedalaman di sekitar wilayah perairan utara kabupaten Tuban cukup landai, ini dapat dilihat pada Gambar 3.2 dengan rata-rata kemiringan 1:300.



Gambar 3.1 Peta Bathymetri Perairan Tanjung Awar awar



Gambar 3.2 Kemiringan Dasar Laut Pantai utara tuban (Potongan A-A)

3.3 Data Arus.

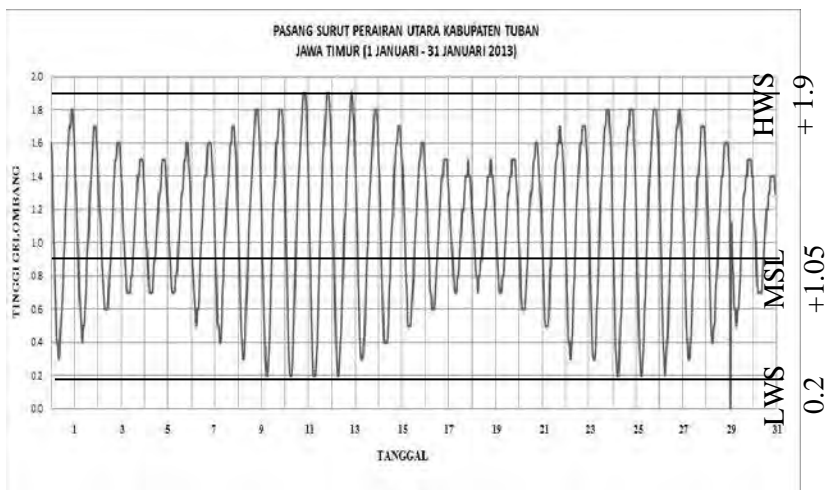
Data arus yang digunakan dalam tugas akhir kali ini adalah data yang di peroleh dari keterangan orang lapangan. Kecepatan arus yang terjadi cukup rendah sebesar 0.95 m/s. Dari data yang di dapatkan maka di ambil kesimpulan arah arus tidak mengganggu navigasi kapal karena kecepatannya masih di bawah kecepatan ijin 3 knot (1.5 m/s) dan tidak terjadi *cross current*.

3.4 Data Pasang Surut.

Perilaku pasang surut diambil dari stasiun Karang Jemuang yang memiliki letak geografis $06^{\circ} 55' 50''$ LS dan $112^{\circ} 43' 10''$ BT kemudian di analisis sebagai berikut:

- Type pasang surut bersifat harian tunggal (*Diurnal Tide*)
- Beda pasang surut 1.7 m diatas mLWS
- Elevasi HWS (High Water Spring) pada +1.7 mLWS
- Elevasi LWS (Low Water Spring) pada 0.00 mLWS

Pada Gambar 3.3 dapat dilihat permodelan dari grafk pasang surut



Gambar 3.3 Grafik Pasang Surut
(sumber: BMKG Maritim Perak II Surabaya)

3.5 Data Angin.

Data angin yang digunakan diperoleh dari National Oceanic and Atmospheric Administration adalah data angin tahun 2006 – 2015 pada stasiun Ahmad Yani Semarang dapat dilihat pada lampiran 1. Namun dalam sub-bab ini disajikan data angin maksimum perbulan beserta arah angin berhembus yang digunakan dalam peramalan gelombang (Tabel 3.1 Data Kecepatan Angin Maksimum Tahun 2006-2015). Penyajian data angin juga dapat diberikan dalam bentuk tabel banyaknya kejadian angin (Tabel 3.3) dan tabel frekuensi kejadian angin (Tabel 3.2) dan *Wind Rose* (Gambar 3.4) agar karakteristik angin bisa dibaca dengan cepat dan mudah.

Tabel 3.1 Data Kecepatan Angin Maksimum Tahun 2006-2015

Tahun	Uraian	Bulan											
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Juli	Agst	Sep	Okt	Nov	Des
2006	Kec. Max (knot)	21	19	18.1	15	13	15	15.9	18.1	20	19	15	16.9
	Kec. Max (m/s)	10.5	9.5	9.05	7.5	6.5	7.5	7.95	9.05	10	9.5	7.5	8.45
	Arah (°)	330	310	310	320	90	120	10	120	120	330	10	300
	Mata angin	baratlaut	baratlaut	baratlaut	baratlaut	timur	tenggara	utara	tenggara	tenggara	baratlaut	utara	baratlaut
	Kec. Max (knot)	50.0	20.0	25.1	13.0	15.0	22.9	58.0	58.0	18.1	16.9	18.1	22.0
	Kec. Max (m/s)	25.0	10.0	12.6	6.5	7.5	11.5	29.0	29.0	9.1	8.5	9.1	11.0
2007	Arah (°)	350	320	320	120	110	40	330	150	350	340	160	290
	Mata angin	utara	baratlaut	baratlaut	tenggara	timur	timurlaut	baratlaut	tenggara	utara	utara	selatan	barat
	Kec. Max (knot)	21	19	18.1	40	15	15	20	18.1	15.9	21	16.9	14
2008	Kec. Max (m/s)	10.5	9.5	9.05	20	7.5	7.5	10	9.05	7.95	10.5	8.45	7
	Arah (°)	60	290	320	110	110	110	110	110	80	140	100	310
	Mata angin	timurlaut	barat	baratlaut	timur	timur	timur	timur	timur	timur	tenggara	timur	baratlaut
2009	Kec. Max (knot)	16.9	48.1	15.0	18.1	14.0	19.0	18.1	15.0	15.0	18.1	15.0	18.1
	Kec. Max (m/s)	8.5	24.0	7.5	9.1	7.0	9.5	9.1	7.5	7.5	9.1	7.5	9.1
	Arah (°)	350	20	340	100	70	350	180	30	340	50	330	330
2010	Mata angin	utara	utara	utara	timur	timur	utara	selatan	timurlaut	utara	timurlaut	baratlaut	baratlaut
	Kec. Max (knot)	18.1	18.1	18.1	16.9	16.9	13.0	52.9	18.1	15.0	14.0	15.0	19.0
	Kec. Max (m/s)	9.1	9.1	9.1	8.5	8.5	6.5	26.5	9.1	7.5	7.0	7.5	9.5
2010	Arah (°)	320	20	340	130	110	110	110	130	30	140	320	320
	Mata angin	baratlaut	utara	utara	tenggara	timur	timur	timur	tenggara	timurlaut	tenggara	baratlaut	baratlaut

2011	Kec. Max (knot)	22.0	21.0	16.0	13.0	15.0	16.0	13.0	16.0	15.0	15.0	14.0	15.0
	Kec. Max (m/s) Arah (°)	11.0 320	10.5 330	8.0 110	6.5 310	7.5 310	8.0 110	6.5 310	8.0 110	7.5 310	7.5 310	7.0 310	7.5 310
2012	Mata angin	barat laut	barat laut	timur	barat laut	barat laut	timur	barat laut	timur	barat laut	barat laut	barat laut	barat laut
	Kec. Max (knot)	21.0	15.0	27.0	26.1	18.1	26.1	16.0	15.0	37.9	16.0	13.0	21.0
2013	Kec. Max (m/s) Arah (°)	10.5 320	7.5 300	13.5 310	13.0 300	9.0 330	13.0 300	8.0 300	7.5 300	19.0 100	8.0 300	6.5 300	10.5 320
	Mata angin	barat laut	barat laut	barat laut	barat laut	barat laut	barat laut	barat laut	barat laut	timur	barat laut	barat laut	barat laut
2014	Kec. Max (knot)	36.0	23.0	18.1	16.0	16.9	15.0	16.0	16.9	20.0	15.0	18.1	22.0
	Kec. Max (m/s) Arah (°)	18.0 360	11.5 300	9.0 330	8.0 320	8.5 320	7.5 310	8.0 320	8.5 320	10.0 320	7.5 310	9.0 330	11.0 250
2015	Mata angin	utara	barat laut	barat laut	barat laut	barat laut	barat laut	barat laut	barat laut	barat laut	barat laut	barat laut	barat
	Kec. Max (knot)	23.0	18.1	20.0	13.0	15.0	31.1	13.0	17.1	15.0	14.0	30.0	24.1
2015	Kec. Max (m/s) Arah (°)	11.5 320	9.0 320	10.0 330	6.5 290	7.5 300	15.6 230	6.5 290	8.6 360	7.5 300	7.0 330	15.0 150	12.1 100
	Mata angin	barat laut	barat laut	barat laut	barat	barat laut	barat daya	barat	utara	barat laut	barat laut	tenggara	timur
2015	Kec. Max (knot)	30.0	18.1	19.1	13.0	38.1	14.0	19.1	15.0	16.0	20.0	15.0	17.1
	Kec. Max (m/s) Arah (°)	15.0 300	9.0 290	9.5 300	6.5 30	19.1 70	7.0 110	9.5 120	7.5 130	7.5 120	10.0 120	7.5 340	8.6 310
2015	Mata angin	barat laut	barat	barat laut	timur laut	timur	timur	tenggara	tenggara	tenggara	utara	utara	barat laut

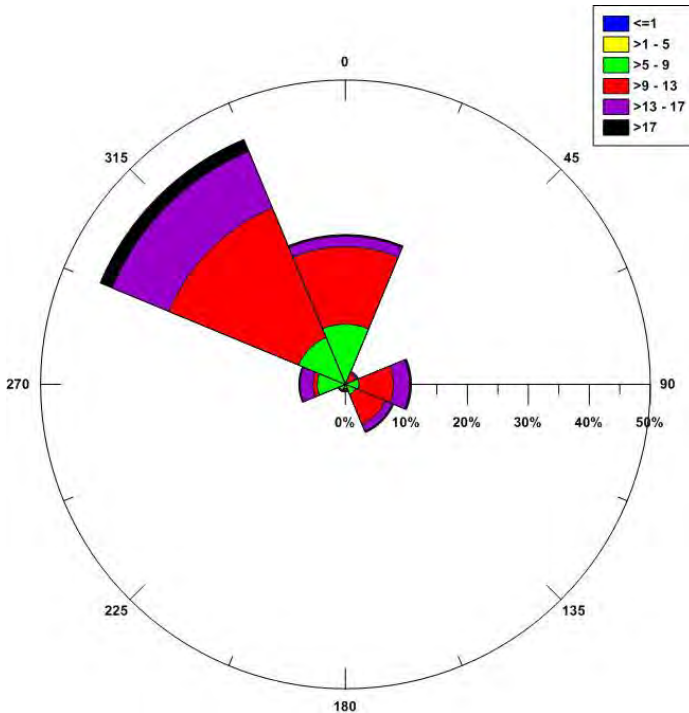
(Sumber : National Oceanic and Atmospheric Administration)

Tabel 3.3 Banyak Kejadian Angin yang Terjadi Tahun 2006-2015

KECEPATAN (knot)	Banyaknya Angin yang Terjadi										
	ARAH ANGIN										
	utara	timur laut	timur	tenggara	selatan	barat daya	barat laut	barat	timur laut	utara	
1<											4
1-5	4		1	4	5	3	1				4
5-9	355		18	75	64	24	38				300
9-13	455		49	204	188	11	7				833
13-17	67		13	95	44	4	1				366
≥17	17		3	17	11	3	1				85
Jumlah	898		84	395	312	45	48				1588
Total	3652										

Tabel 3.2 Frekuensi Rata-rata Kejadian Angin Tahun 2006-2015

Kecepatan	Persentase Kejadian Angin dalam %										Jumlah
	Arah Angin										
	utara	timur laut	timur	tenggara	selatan	barat daya	barat	barat laut	timur laut	utara	
1≤	0,11										0,11
1-5	0,11	0,03	0,11	0,14	0,08	0,03	0,05	0,11			0,66
5-9	9,72	0,49	2,05	1,75	0,66	1,04	4,57	8,21			28,50
9-13	12,46	1,34	5,59	5,15	0,30	0,19	0,63	22,81			48,47
13-17	1,83	0,36	2,60	1,20	0,11	0,03	2,14	10,02			18,29
≥17	0,47	0,08	0,47	0,30	0,08	0,03	0,22	2,33			3,97
Jumlah	24,59	2,30	10,82	8,54	1,23	1,31	7,61	43,48			100,00



Gambar 3.4 Winrose Tahun 2006-2015

dari data angin diatas diketahui bahwa angin dominan yang terjadi pada laut utara tuban pada tahun 2006-2015 adalah angin yang berhembus dari barat laut dengan frekuensi kejadian sebesar 43.48%.

3.6 Peramalan Gelombang.

3.6.1 Panjang Fetch.

Letak Terminal khusus PT. TPPI Tuban berada di pantai utara tuban yang dipengaruhi oleh angin dari arah Barat Laut, Utara dan Timur Laut sedangkan untuk arah lainnya tidak perlu diperhitungkan karena bukan daerah bangkitan gelombang.

Sehingga untuk mencari panjang fetch cukup diambil dari arah Barat Laut, Utara dan Timur Laut.

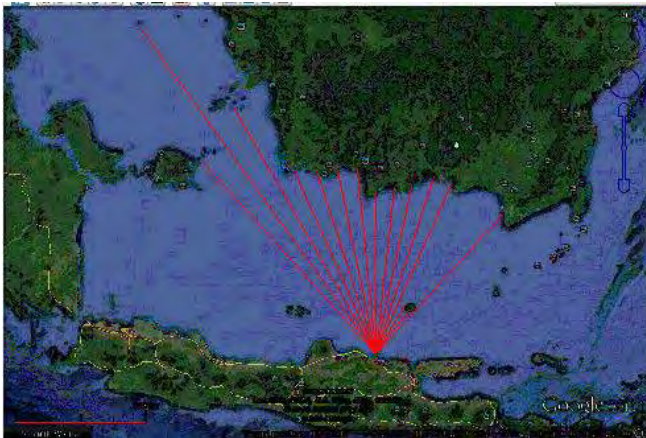
Perhitungan panjang fetch disini digunakan media bantu Google Earth sehingga memiliki ketepatan yang cukup tinggi dalam menentukan fetch. Dengan ditarik garis panjang melalui Pantai Utara Tuban, panjang fetch efektif dengan daerah bangkitan Barat Laut, Utara, dan Timur Laut dapat dilihat melalui Gambar 3.5 sampai Gambar 3.9. Perhitungan fetch efektif dapat dilihat pada Tabel 3.4.



Gambar 3.5 Panjang Fetch arah barat
(Sumber : Google Earth)



Gambar 3.6 Panjang Fetch arah barat laut
(Sumber : Google Earth)



Gambar 3.7 Panjang Fetch arah utara
(Sumber : Google Earth)



Gambar 3.8 Panjang Fetch arah timur laut
(Sumber : Google Earth)



Gambar 3.9 Panjang Fetch arah timur
(Sumber : Google Earth)

Berikut ini merupakan langkah-langkah perhitungan untuk mendapatkan besarnya panjang fetch efektif.

1. Sesuai dengan Gambar 3.5 sampai Gambar 3.9, arah angin datang menjadi acuan 0° dan bertambah tiap 6° sampai sudut sebesar 42° pada kedua sisi dari acuan 0° tiap arah angin. Tiap-tiap sudut yang bertambah dihitung panjangnya dari titik pantai Telaga Biru sampai panjang garis yang ditarik menemui daratan/pulau.

Contoh :

Sudut 42° ke arah kanan diukur dalam 5 arah, yaitu :

Barat	(B)	= 500,00 km
Barat Laut	(BL)	= 386,53 km
Utara	(U)	= 463,43 km
Timur Laut	(TL)	= 427,22 km
Timur	(T)	= 0 km

Dan pada sudut yang lain.

2. Besarnya $\cos \alpha$ tiap-tiap sudut baik dari arah kanan maupun dari arah kiri acuan 0° tiap arah angin.
 - $\cos 0^\circ = 1,000$
 - $\cos 6^\circ = 0,995$
 - $\cos 12^\circ = 0,978$
 - $\cos 18^\circ = 0,951$
 - $\cos 24^\circ = 0,914$
 - $\cos 30^\circ = 0,866$
 - $\cos 36^\circ = 0,809$
 - $\cos 42^\circ = 0,743$

Setelah itu semua nilai $\cos \alpha$ dijumlahkan = 13,551

3. Setelah didapatkan panjang garis yang ditarik tiap-tiap sudut sesuai perhitungan nomer 1, hasil dari tiap panjang garis yang ditarik tersebut kemudian dikalikan dengan nilai $\cos \alpha$.

Contoh :

Sudut 42° ke arah kanan diukur dalam tiga arah, yaitu :

Barat	(B)	= 500,00 km x 0,743
-------	-----	---------------------

$$\begin{aligned}
 &= 371,60 \text{ km.} \\
 \text{Barat Laut (BL)} &= 386,53 \text{ km} \times 0,743 \\
 &= 287,25 \text{ km.} \\
 \text{Utara (U)} &= 463,43 \text{ km} \times 0,743 \\
 &= 344,40 \text{ km.} \\
 \text{Timur Laut (TL)} &= 427,22 \text{ km} \times 0,743 \\
 &= 317,49 \text{ km.} \\
 \text{Timur (T)} &= 0 \text{ km} \times 0,743 \\
 &= 0 \text{ km.}
 \end{aligned}$$

Dan pada sudut yang lain.

4. Nilai yang didapatkan pada nomer 3 dijumlahkan dalam tiap arah yang berpengaruh.

Contoh :

$$\begin{aligned}
 \text{Barat (B)} &= \sum x_i \cos \alpha \\
 &= 1533,6 \text{ km.} \\
 \text{Barat Laut (BL)} &= \sum x_i \cos \alpha \\
 &= 4847,9 \text{ km.} \\
 \text{Utara (U)} &= \sum x_i \cos \alpha \\
 &= 5666,1 \text{ km.} \\
 \text{Timur Laut (TL)} &= \sum x_i \cos \alpha \\
 &= 5323,7 \text{ km.} \\
 \text{Timur (T)} &= \sum x_i \cos \alpha \\
 &= 3479,7 \text{ km.}
 \end{aligned}$$

5. Apabila sudah dihitung total dari $\sum x_i \cos \alpha$ tiap-tiap arah (BL, U, dan TL) lalu dihitung panjang fetch efektifnya.

$$\begin{aligned}
 \text{Fetch efektif} &= \frac{\sum x_i \cdot \cos \alpha}{\sum \cos \alpha} \\
 \text{Fetch efektif B} &= \frac{1533,6}{13,551} = 113,5 \text{ km} \\
 \text{Fetch efektif BL} &= \frac{4847,9}{13,551} = 360,8 \text{ km} \\
 \text{Fetch efektif U} &= \frac{5666,1}{13,551} = 419,4 \text{ km} \\
 \text{Fetch efektif TL} &= \frac{5232,7}{13,551} = 394,0 \text{ km} \\
 \text{Fetch efektif T} &= \frac{3479,7}{13,551} = 257,5 \text{ km}
 \end{aligned}$$

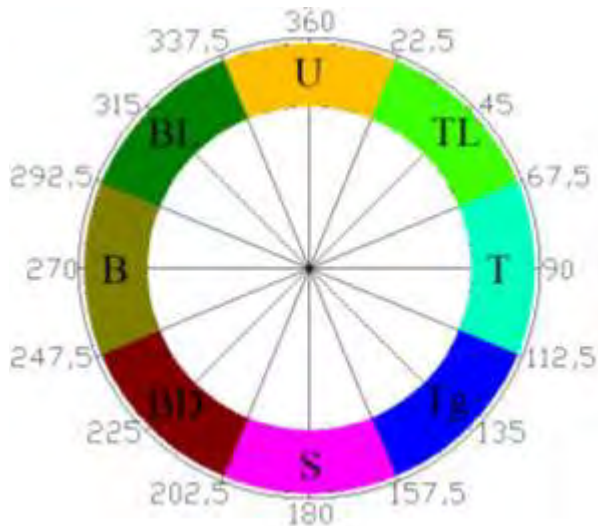
Tabel 3.4 Perhitungan Panjang Fetch Efektif

α	Cos α	Xi					Xi.Cos α				
		B	BL	U	TL	T	B	BL	U	TL	T
42	0.743	500.0	386.5	463.4	427.2	0.0	371.6	287.2	344.4	317.5	0.0
36	0.809	500.0	465.4	129.1	500.0	0.0	404.5	376.5	104.4	404.5	0.0
30	0.866	198.6	452.4	132.1	500.0	0.0	171.9	391.8	114.4	433.0	0.0
24	0.914	500.0	478.5	456.7	500.0	0.0	456.8	437.1	417.2	456.8	0.0
18	0.951	43.6	500.0	460.1	319.4	0.0	41.4	475.5	437.5	303.7	0.0
12	0.978	35.7	500.0	422.5	368.4	0.0	34.9	489.1	413.2	360.3	0.0
6	0.995	27.6	500.0	411.9	500.0	0.0	27.4	497.3	409.6	497.3	0.0
0	1.000	25.0	500.0	398.5	442.4	500.0	25.0	500.0	398.5	442.4	500.0
6	0.995	0.0	500.0	458.9	133.4	500.0	0.0	497.3	456.4	132.6	497.3
12	0.978	0.0	192.7	465.9	128.3	500.0	0.0	188.5	455.7	125.5	489.1
18	0.951	0.0	205.7	476.1	446.3	500.0	0.0	195.6	452.8	424.5	475.5
24	0.914	0.0	500.0	495.8	449.4	500.0	0.0	456.8	452.9	410.5	456.8
30	0.866	0.0	44.2	500.0	442.8	329.0	0.0	38.3	433.0	383.4	284.9
36	0.809	0.0	31.5	500.0	403.3	500.0	0.0	25.5	404.5	326.3	404.5
42	0.743	0.0	24.7	500.0	410.8	500.0	0.0	18.4	371.6	305.3	371.6
Total	13.511						1533.6	4874.9	5666.1	5323.7	3479.7
Fetch Efektif (Km)							113.5	360.8	419.4	394.0	257.5

3.6.2 Tinggi dan Periode Gelombang pada Laut Dalam Berdasarkan Data Kecepatan Angin Maksimum Tahun 2006-2015

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 barat laut, utara dan timur laut. Untuk mempermudah klasifikasi arah mata angin dibawah ini ditampilkan pembagian arah mata angin sesuai sudut datang angin yang dapat dilihat pada Gambar 3.10.



Gambar 3.10 Pembagian Mata Angin Sesuai Arah Datang Angin

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 terminal khusus PT. TPPI Tuban ini digunakan faktor koreksi sebesar 1,1 dan faktor koreksi yang disebabkan oleh adanya perbedaan lokasi antara pencatatan angin di darat dan di laut (R_L) yang dapat ditentukan melalui grafik factor koreksi perbedaan lokasi dengan kecepatan angin di darat dan di laut.

Tabel 3.5 dibawah ini merupakan perhitungan tinggi gelombang berdasarkan metode SMB, dimana perhitungan dengan SMB ini memperhatikan besarnya fetch dari masing-masing arah bangkitan gelombang yang sudah dijelaskan sebelumnya.

Tabel 3.5 Perhitungan tinggi gelombang berdasarkan metode SMB

Tahun	Bulan	Kec. Max		Arah	Rr	Rl	U	UA	Fetch		gt/UA	Ket.	t	Hmo	Tm
		(knot)	(m/s)						(°)	(Km)					
2006	Jan	21.0	10.5	330	1.1	1.15	13.28	17.10	360.8	36257.13	NFD	17.57	5.25	11.44	
	Feb	19.0	9.5	310	1.1	1.2	12.54	15.93	360.8	39844.14	NFD	17.99	4.89	11.17	
	Mar	18.1	9.1	310	1.1	1.2	11.95	15.01	360.8	43144.70	NFD	18.35	4.61	10.95	
	Apr	15.0	7.5	320	1.1	1.3	10.73	13.14	360.8	51489.75	NFD	19.18	4.04	10.48	
	Mei	13.0	6.5	90	1.1	1.4	10.01	12.07	257.5	46046.96	NFD	15.76	3.13	9.10	
	Jun	15.0	7.5	120	1.1	1.3	10.73	13.14	-	-	-	-	-	-	-
	Jul	15.9	8.0	10	1.1	1.3	11.37	14.12	419.4	51736.11	NFD	20.70	4.67	11.29	
	Ags	18.1	9.1	120	1.1	1.2	11.95	15.01	-	-	-	-	-	-	-
	Sep	20.0	10.0	120	1.1	1.15	12.65	16.10	-	-	-	-	-	-	-
	Okt	19.0	9.5	330	1.1	1.2	12.54	15.93	360.8	39844.14	NFD	17.99	4.89	11.17	
	Nop	15.0	7.5	10	1.1	1.3	10.73	13.14	419.4	56924.00	NFD	21.20	4.35	11.02	
	Des	16.9	8.5	300	1.1	1.25	11.62	14.50	360.8	45155.53	NFD	18.56	4.45	10.83	
2007	Jan	50.0	25.0	350	1.1	0.85	23.38	34.26	419.4	15863.33	NFD	15.41	11.34	15.17	
	Feb	20.0	10.0	320	1.1	1.15	12.65	16.10	360.8	39277.51	NFD	17.92	4.94	11.21	
	Mar	25.1	12.6	320	1.1	1.05	14.50	19.04	360.8	31416.82	NFD	16.95	5.85	11.86	
	Apr	13.0	6.5	120	1.1	1.4	10.01	12.07	-	-	-	-	-	-	
	Mei	15.0	7.5	110	1.1	1.3	10.73	13.14	257.5	41120.77	NFD	15.32	3.41	9.37	
	Jun	22.9	11.5	40	1.1	1.1	13.85	18.01	394.0	35879.79	NFD	18.31	5.78	11.99	
	Jul	58.0	29.0	330	1.1	0.85	27.10	41.10	360.8	11256.29	NFD	13.11	12.62	15.33	
	Ags	58.0	29.0	150	1.1	0.85	27.10	41.10	-	-	-	-	-	-	
	Sep	18.1	9.1	350	1.1	1.2	11.95	15.01	419.4	47698.21	NFD	20.29	4.97	11.52	
	Okt	16.9	8.5	340	1.1	1.25	11.62	14.50	419.4	49921.26	NFD	20.52	4.80	11.39	
	Nop	18.1	9.1	160	1.1	1.2	11.95	15.01	-	-	-	-	-	-	
	Des	22.0	11.0	290	1.1	1.1	13.31	17.14	113.5	16713.73	NFD	8.12	2.95	7.79	

Tahun	Bulan	Kec. Max (knol)	(m/s)	(^)	Arah Mata Angin	Rt	Rl	U	UA	Fetch		Ket.	t (jam)	Hmo (m)	Tm (s)	
										(km)	g/UVA					
2008	Jan	21.0	10.5	60	timur laut	1.1	1.15	13.28	17.10	394.0	38448.55	NFD	18.63	5.49	11.78	
	Feb	19.0	9.5	290	barat	1.1	1.2	12.54	15.99	113.5	18429.66	NFD	8.32	2.74	7.60	
	Mar	18.1	9.1	320	baratlaut	1.1	1.2	11.95	15.01	360.8	43144.70	NFD	18.35	4.61	10.95	
	Apr	40.0	20.0	110	timur	1.1	0.9	19.80	27.94	257.5	15004.64	NFD	11.91	7.25	12.04	
	Mei	15.0	7.5	110	timur	1.1	1.3	10.73	13.14	257.5	41120.77	NFD	15.32	3.41	9.37	
	Jun	15.0	7.5	110	timur	1.1	1.3	10.73	13.14	257.5	41120.77	NFD	15.32	3.41	9.37	
	Jul	20.0	10.0	110	timur	1.1	1.15	12.65	16.10	257.5	31367.82	NFD	14.31	4.18	10.02	
	Agst	18.1	9.1	110	timur	1.1	1.2	11.95	15.01	257.5	34456.24	NFD	14.65	3.89	9.79	
	Sep	15.9	8.0	80	timur	1.1	1.3	11.37	14.12	257.5	37373.15	NFD	14.96	3.66	9.59	
	OkT	21.0	10.5	140	tegarata	1.1	1.15	13.28	17.10	-	-	-	-	-	-	-
	Nop	16.9	8.5	100	timur	1.1	1.25	11.62	14.50	360.8	57658.12	NFD	19.73	3.71	10.19	
	Des	14.0	7.0	310	baratlaut	1.1	1.3	10.01	12.07	49921.26	49921.26	NFD	20.52	4.80	11.39	
2009	Jan	16.9	8.5	350	utara	1.1	1.25	11.62	14.50	419.4	16930.18	NFD	15.66	10.80	14.92	
	Feb	48.1	24.0	20	utara	1.1	0.85	22.47	32.63	419.4	56924.00	NFD	21.20	4.35	11.02	
	Mar	15.0	7.5	340	utara	1.1	1.3	10.73	13.14	257.5	34456.24	NFD	14.65	3.89	9.79	
	Apr	18.1	9.1	100	timur	1.1	1.2	11.95	15.01	257.5	46046.96	NFD	15.76	3.13	9.10	
	Mei	14.0	7.0	70	timur	1.1	1.3	10.01	12.07	257.5	44049.30	NFD	19.89	5.27	11.75	
	Jun	19.0	9.5	350	utara	1.1	1.2	12.54	15.99	394.0	54601.84	NFD	20.34	4.22	10.79	
	Jul	18.1	9.1	180	selatan	1.1	1.2	11.95	15.01	419.4	56924.00	NFD	21.20	4.35	11.02	
	Agst	15.0	7.5	30	timurlaut	1.1	1.3	10.73	13.14	394.0	45752.40	NFD	19.46	4.81	11.28	
	Sep	15.0	7.5	340	utara	1.1	1.3	10.73	13.14	360.8	51489.75	NFD	19.18	4.04	10.48	
	OkT	18.1	9.1	50	timurlaut	1.1	1.2	11.95	15.01	360.8	43144.70	NFD	18.35	4.61	10.95	
	Nop	15.0	7.5	330	baratlaut	1.1	1.3	10.73	13.14	360.8	43144.70	NFD	18.35	4.61	10.95	
	Des	18.1	9.1	330	baratlaut	1.1	1.2	11.95	15.01	360.8	43144.70	NFD	18.35	4.61	10.95	

Tahun	Bulan	Kec. Max		Arah	Rr	Rl	U	UA	Fetch		g ² /UA	Ket.	t (jam)	Hmo (m)	Tm (s)
		(knot)	(m/s)						(km)	(km)					
2010	Jan	18.1	9.1	320	barat laut	1.1	1.2	11.95	15.01	360.8	43144.70	NFD	18.35	4.61	10.95
	Feb	18.1	9.1	20	utara	1.1	1.2	11.95	15.01	419.4	47698.21	NFD	20.29	4.97	11.52
	Mar	18.1	9.1	340	utara	1.1	1.2	11.95	15.01	419.4	47698.21	NFD	20.29	4.97	11.52
	Apr	16.9	8.5	130	tenggara	1.1	1.25	11.62	14.50	-	-	-	-	-	-
	Mei	16.9	8.5	110	timur	1.1	1.25	11.62	14.50	257.5	36062.13	NFD	14.82	3.76	9.68
	Jun	13.0	6.5	110	timur	1.1	1.4	10.01	12.07	257.5	46046.96	NFD	15.76	3.13	9.10
	Jul	52.9	26.5	110	timur	1.1	0.85	24.74	36.74	257.5	10441.37	NFD	10.87	9.53	13.19
	Ags	18.1	9.1	130	tenggara	1.1	1.2	11.95	15.01	-	-	-	-	-	-
	Sep	15.0	7.5	30	timur laut	1.1	1.3	10.73	13.14	394.0	54601.84	NFD	20.34	4.22	10.79
	Okt	14.0	7.0	140	tenggara	1.1	1.3	10.01	12.07	-	-	-	-	-	-
	Nop	15.0	7.5	320	barat laut	1.1	1.3	10.73	13.14	360.8	51489.75	NFD	19.18	4.04	10.48
	Des	19.0	9.5	320	barat laut	1.1	1.2	12.54	15.93	360.8	39844.14	NFD	17.99	4.89	11.17
2011	Jan	22.0	11.0	320	barat laut	1.1	1.15	13.91	18.09	360.8	33632.87	NFD	17.24	5.55	11.66
	Feb	21.0	10.5	330	barat laut	1.1	1.15	13.29	17.11	360.8	36224.10	NFD	17.57	5.25	11.44
	Mar	16.0	8.0	110	timur	1.1	1.3	11.41	14.18	257.5	37168.56	NFD	14.94	3.68	9.60
	Apr	13.0	6.5	310	barat laut	1.1	1.4	10.04	12.11	360.8	57404.30	NFD	19.71	3.72	10.20
	Mei	15.0	7.5	310	barat laut	1.1	1.3	10.71	13.12	360.8	51599.46	NFD	19.19	4.03	10.47
	Jun	16.0	8.0	110	timur	1.1	1.3	11.41	14.18	257.5	37168.56	NFD	14.94	3.68	9.60
	Jul	13.0	6.5	310	barat laut	1.1	1.4	10.04	12.11	360.8	57404.30	NFD	19.71	3.72	10.20
	Ags	16.0	8.0	110	timur	1.1	1.3	11.41	14.18	257.5	37168.56	NFD	14.94	3.68	9.60
	Sep	15.0	7.5	310	barat laut	1.1	1.3	10.71	13.12	360.8	51599.46	NFD	19.19	4.03	10.47
	Okt	15.0	7.5	310	barat laut	1.1	1.3	10.71	13.12	360.8	51599.46	NFD	19.19	4.03	10.47
	Nop	14.0	7.0	310	barat laut	1.1	1.3	10.02	12.08	360.8	57605.60	NFD	19.73	3.71	10.19
	Des	15.0	7.5	310	barat laut	1.1	1.3	10.71	13.12	360.8	51599.46	NFD	19.19	4.03	10.47

Tahun	Bulan	Kec Max		Avah	Rt	Rl	U	UA	Fetch		Ket	t		Hmo	Tm
		(km)	(m/s)						(')	Mata Angin		(km)	gr/UA		
2012	Jan	21.0	10.5	320	baratlaut	1.1	1.15	13.29	17.11	360.8	36224.10	NFD	17.57	5.25	11.44
	Feb	15.0	7.5	300	baratlaut	1.1	1.3	10.71	13.12	360.8	51599.46	NFD	19.19	4.03	10.47
	Mar	27.0	13.5	310	baratlaut	1.1	1	14.87	19.65	360.8	30117.08	NFD	16.77	6.03	11.98
	Apr	26.1	13.0	300	baratlaut	1.1	1	14.34	18.78	360.8	31981.97	NFD	17.03	5.77	11.80
	Mei	18.1	9.0	330	baratlaut	1.1	1.2	11.94	15.00	360.8	43170.57	NFD	18.35	4.61	10.95
	Jun	26.1	13.0	300	baratlaut	1.1	1	14.34	18.78	360.8	31981.97	NFD	17.03	5.77	11.80
	Jul	16.0	8.0	300	baratlaut	1.1	1.3	11.41	14.18	360.8	46540.95	NFD	18.70	4.35	10.75
	Ags	15.0	7.5	300	baratlaut	1.1	1.3	10.71	13.12	360.8	51599.46	NFD	19.19	4.03	10.47
	Sep	37.9	19.0	100	timur	1.1	0.9	18.78	26.17	257.5	16409.04	NFD	12.17	6.29	11.78
	OkT	16.0	8.0	300	baratlaut	1.1	1.3	11.41	14.18	360.8	46540.95	NFD	18.70	4.35	10.75
	Nop	13.0	6.5	300	baratlaut	1.1	1.4	10.04	12.11	360.8	57404.30	NFD	19.71	3.72	10.20
	Des	21.0	10.5	320	baratlaut	1.1	0.95	13.29	17.11	360.8	36224.10	NFD	17.57	5.25	11.44
2013	Jan	36.0	18.0	360	utara	1.1	0.95	18.81	26.22	419.4	22662.27	NFD	16.84	8.68	13.87
	Feb	23.0	11.5	300	baratlaut	1.1	1.1	13.89	18.06	360.8	33696.64	NFD	17.25	5.55	11.65
	Mar	18.1	9.0	330	baratlaut	1.1	1.2	11.94	15.00	360.8	43170.57	NFD	18.35	4.61	10.95
	Apr	16.0	8.0	320	baratlaut	1.1	1.3	11.41	14.18	360.8	46540.95	NFD	18.70	4.35	10.75
	Mei	16.9	8.5	320	baratlaut	1.1	1.25	11.64	14.53	360.8	45041.52	NFD	18.55	4.46	10.84
	Jun	15.0	7.5	310	baratlaut	1.1	1.3	10.71	13.12	360.8	51599.46	NFD	19.19	4.03	10.47
	Jul	16.0	8.0	320	baratlaut	1.1	1.3	11.41	14.18	360.8	46540.95	NFD	18.70	4.35	10.75
	Ags	16.9	8.5	320	baratlaut	1.1	1.25	11.64	14.53	360.8	45041.52	NFD	18.55	4.46	10.84
	Sep	20.0	10.0	320	baratlaut	1.1	1.15	12.67	16.14	360.8	39152.51	NFD	17.91	4.96	11.22
	OkT	15.0	7.5	310	baratlaut	1.1	1.3	10.71	13.12	360.8	51599.46	NFD	19.19	4.03	10.47
	Nop	18.1	9.0	330	baratlaut	1.1	1.2	11.94	15.00	360.8	43170.57	NFD	18.35	4.61	10.95
	Des	22.0	11.0	250	barat	1.1	1.15	13.91	18.09	113.5	15556.68	NFD	7.98	3.11	7.93

Tahun	Bulan	Kec. Max		Arah	Rt	Rl	U	UA	Fetch (Km)	gt/UA	Ket.	t (jam)	Hmo (m)	Tm (s)	
		(knot)	(m/s)												
2014	Jan	23.0	11.5	320 barat laut	1.1	1.1	13.89	18.06	360.8	33696.64	NFD	17.25	5.55	11.65	
	Feb	18.1	9.0	320 barat laut	1.1	1.2	11.94	15.00	360.8	43170.57	NFD	18.35	4.61	10.95	
	Mar	20.0	10.0	330 barat laut	1.1	1.15	12.67	16.14	360.8	39152.51	NFD	17.91	4.96	11.22	
	Apr	13.0	6.5	290 barat	1.1	1.4	10.04	12.11	113.5	26552.00	NFD	9.12	2.09	6.94	
	Mei	15.0	7.5	300 barat laut	1.1	1.3	10.71	13.12	360.8	51599.46	NFD	19.19	4.03	10.47	
	Jun	31.1	15.6	230 barat daya	1.1	1	17.12	23.36	-	-	-	-	-	-	-
	Jul	13.0	6.5	290 barat	1.1	1.4	10.04	12.11	113.5	26552.00	NFD	9.12	2.09	6.94	
	AgS	17.1	8.6	360 utara	1.1	1.25	11.77	14.73	419.4	48870.60	NFD	20.41	4.88	11.45	
	Sep	15.0	7.5	300 barat laut	1.1	1.3	10.71	13.12	360.8	51599.46	NFD	19.19	4.03	10.47	
	Okt	14.0	7.0	330 barat laut	1.1	1.3	10.02	12.08	360.8	57605.60	NFD	19.73	3.71	10.19	
	Nop	30.0	15.0	150 tenggara	1.1	1	16.48	22.29	-	-	-	-	-	-	-
	Des	24.1	12.1	100 timur	1.1	1.05	13.93	18.13	257.5	26775.37	NFD	13.76	4.70	10.43	
2015	Jan	30.0	15.0	300 barat laut	1.1	1	16.48	22.29	360.8	25457.93	NFD	16.08	6.84	12.50	
	Feb	18.1	9.0	290 barat	1.1	1.2	11.94	15.00	113.5	19988.28	NFD	8.49	2.58	7.45	
	Mar	19.1	9.5	300 barat laut	1.1	1.2	12.58	16.00	360.8	39617.68	NFD	17.96	4.91	11.19	
	Apr	13.0	6.5	30 timur laut	1.1	1.4	10.04	12.11	394.0	60873.87	NFD	20.90	3.89	10.50	
	Mei	38.1	19.1	70 timur	1.1	0.9	18.88	26.34	257.5	16271.96	NFD	12.15	6.83	11.81	
	Jun	14.0	7.0	110 timur	1.1	1.3	10.02	12.08	257.5	46005.01	NFD	15.75	3.13	9.11	
	Jul	19.1	9.5	120 tenggara	1.1	1.2	12.58	16.00	-	-	-	-	-	-	-
	AgS	15.0	7.5	130 tenggara	1.1	1.3	10.71	13.12	-	-	-	-	-	-	-
	Sep	16.0	8.0	120 tenggara	1.1	1.3	11.41	14.18	-	-	-	-	-	-	-
	Okt	20.0	10.0	10 utara	1.1	1.15	12.67	16.14	419.4	43284.68	NFD	19.80	5.34	11.80	
	Nop	15.0	7.5	340 utara	1.1	1.3	10.71	13.12	419.4	57045.29	NFD	21.22	4.34	11.01	
	Des	17.1	8.6	310 barat laut	1.1	1.25	11.77	14.73	360.8	44205.17	NFD	18.46	4.52	10.89	

Tabel 3.6 Tinggi gelombang maksimum pertahun yang didapatkan dari hasil perhitungan metode SMB

Tahun	Bulan	Kec. Mac		Arah		t	H _{mo}	T _m
		(knot)	(m/s)	(°)	Mata Angin	(jam)	(m)	(s)
2006	Jan	21.0	10.5	330	barat laut	17.57	5.25	11.44
2007	Jul	58.0	29.0	330	barat laut	13.11	12.62	15.33
2008	Apr	40.0	20.0	110	timur	11.91	7.25	12.04
2009	Feb	48.1	24.0	20	utara	15.66	10.80	14.92
2010	Jul	52.9	26.5	110	timur	10.87	9.53	13.19
2011	Jan	22.0	11.0	320	barat laut	17.24	5.55	11.66
2012	Sep	37.9	19.0	100	timur	12.17	6.79	11.78
2013	Jan	36.0	18.0	360	utara	16.84	8.68	13.87
2014	Jun	31.1	15.6	230	barat daya	17.25	5.55	11.65
2015	Mei	38.1	19.1	70	timur	12.15	6.83	11.81

Dari hasil perhitungan tinggi gelombang pada Tabel 3.5 dan Tabel 3.6 dapat disimpulkan bahwa gelombang maksimum rata-rata yang terjadi merupakan pengaruh dari adanya angin musim barat dan musim timur. Pada Tabel 3.6 didapatkan besaran tinggi gelombang maksimum yang terjadi pada tahun 2006 sampai dengan 2015 sebesar 10,80 meter dengan durasi waktu berhembusnya angin sebesar 15,66 jam dirasakan tidak mungkin terjadi karena pada keadaan yang nyata, gelombang sebesar 10,80 meter yang diakibatkan oleh angin dengan arah yang sama berhembus selama 15,66 jam tidak pernah ada dan gelombang maksimum ini terjadi pada arah angin utara yang selama ini diketahui menghasilkan gelombang yang tidak terlalu besar.

Berdasarkan hasil perhitungan dengan menggunakan metode SMB, tinggi gelombang serta durasi yang dihasilkan sangat tidak mungkin terjadi, sehingga perlu adanya penyesuaian dengan kondisi yang sesungguhnya terjadi pada lapangan.

Penyesuaian ini dilakukan dengan menggunakan data durasi gelombang yang dicatat oleh Stasiun Meteorologi kelas II Maritim Semarang (Lihat Tabel 3.7). Dari data ini akan didapatkan asumsi durasi angin berhembus pada tinggi gelombang maksimum yang digunakan oleh stasiun meteorologi.

Tabel 3.7 Asumsi Durasi Angin Berhembus

Waktu		Angin Sedang	Angin Kuat
		(11-16 knot)	(17-27 knot)
Musim Barat	Durasi Angin Maksimum	7 jam	6 jam
	Durasi Angin Minimum	5 jam	3 jam
Musim Peralihan	Durasi Angin Maksimum	7 jam	5 jam
	Durasi Angin Minimum	5 jam	2 jam
Musim Timur	Durasi Angin Maksimum	8 jam	4 jam
	Durasi Angin Minimum	6 jam	1 jam

(sumber: Stasiun Meteorologi kelas II Maritim Semarang)

Setelah didapatkan besaran durasi angin yang berhembus, maka selanjutnya dilakukan perhitungan tinggi gelombang dari tahun 2005 sampai tahun 2014 berdasarkan *duration time* yang dikoreksi (Lihat Tabel 3.8).

Tabel 3.8 Tinggi gelombang berdasarkan duration time yang dikoreksi

Tahun	Bulan	Kec. Mak		Arah	Rt	Rl	U	Ua	Fetch		Ket.	t	t	Fmin	Hmo	Tm	
		(knot)	(m/s)						(λ)	(km)							g/UA
2006	Jan	21.0	10.5	330	barat laut	1.1	1.35	13.28	17.10	360.8	36257.13	NFD	3.5	17.57	32.08	1.57	5.11
	Feb	19.0	9.5	310	barat laut	1.1	1.2	12.54	15.93	360.8	39884.14	NFD	4	17.99	37.82	1.58	5.27
	Mar	18.1	9.1	310	barat laut	1.1	1.2	11.95	15.01	360.8	43144.70	NFD	4	18.35	36.72	1.47	5.11
	Apr	15.0	7.5	320	barat laut	1.1	1.3	10.73	13.14	360.8	51489.75	NFD	5	19.18	48.02	1.47	5.35
	Mei	13.0	6.5	90	timur	1.1	1.4	10.01	12.07	257.5	46046.96	NFD	7	15.76	76.25	1.70	6.07
	Jun	15.0	7.5	120	tenggara	1.1	1.3	10.73	13.14	-	-	-	-	-	-	-	-
	Jul	15.9	8.0	10	utara	1.1	1.3	11.37	14.12	419.4	51736.11	NFD	5	20.70	49.78	1.61	5.55
	Ags	18.1	9.1	120	tenggara	1.1	1.2	11.95	15.01	-	-	-	-	-	-	-	-
	Sep	20.0	10.0	120	tenggara	1.1	1.15	12.65	16.10	-	-	-	-	-	-	-	-
	Okh	19.0	9.5	330	barat laut	1.1	1.2	12.54	15.93	360.8	39884.14	NFD	4	17.99	37.82	1.58	5.27
	Nop	15.0	7.5	10	utara	1.1	1.3	10.73	13.14	419.4	56924.00	NFD	5	21.20	48.02	1.47	5.35
	Des	16.9	8.5	300	utara	1.1	1.25	11.62	14.50	360.8	45155.53	NFD	4	18.56	36.10	1.41	5.03
2007	Jan	50.0	25.0	350	barat laut	1.1	0.85	23.38	34.26	419.4	15868.33	NFD	3	15.41	36.04	3.33	6.69
	Feb	20.0	10.0	320	barat laut	1.1	1.15	12.65	16.10	360.8	39277.51	NFD	3.5	17.92	31.13	1.45	4.96
	Mar	25.1	12.6	320	barat laut	1.1	1.05	14.50	19.04	360.8	31416.82	NFD	3	16.95	26.86	1.59	4.99
	Apr	13.0	6.5	120	tenggara	1.1	1.4	10.01	12.07	-	-	-	-	-	-	-	-
	Mei	15.0	7.5	110	timur	1.1	1.3	10.73	13.14	257.5	41120.77	NFD	6	15.32	63.13	1.69	5.86
	Jun	22.9	11.5	40	timurlaut	1.1	1.1	13.85	18.01	394.0	35879.79	NFD	3.5	18.31	32.92	1.67	5.24
	Jul	58.0	29.0	330	baratlaut	1.1	0.85	27.10	41.10	360.8	11256.29	NFD	3	13.11	39.47	4.17	7.33
	Ags	58.0	29.0	150	tenggara	1.1	0.85	27.10	41.10	-	-	-	-	-	-	-	-
	Sep	18.1	9.1	350	utara	1.1	1.2	11.95	15.01	419.4	47698.21	NFD	4	20.29	36.72	1.47	5.11
	Okh	16.9	8.5	340	utara	1.1	1.25	11.62	14.50	419.4	49921.26	NFD	4	20.52	36.10	1.41	5.03
	Nop	18.1	9.1	160	selatan	1.1	1.2	11.95	15.01	-	-	-	-	-	-	-	-
	Des	22.0	11.0	290	barat	1.1	1.1	13.31	17.14	113.5	16713.73	NFD	3.5	8.12	32.12	1.57	5.11

Tahun	Bulan	Kec. Max (knot)	Kec. Max (m/s)	Arah (°)	Mata Angin	Rt	RL	U	UA	Fetch (km)	gV/UA	Ket.	t (jam)	t (jam)	Fmin (km)	Hino (m)	Tm (s)	
																		Mata Angin
2008	Jan	21.0	10.5	60	timur laut	1.1	1.15	13.28	17.10	394.0	38448.55	NFD	3.5	18.63	32.08	1.57	5.11	
	Feb	19.0	9.5	290	barat	1.1	1.2	12.54	15.93	113.5	18429.66	NFD	4	8.32	37.83	1.58	5.27	
	Mar	18.1	9.1	320	barat laut	1.1	1.2	11.95	15.01	360.8	43144.70	NFD	4	18.35	36.72	1.47	5.11	
	Apr	40.0	20.0	110	timur	1.1	0.9	19.80	27.94	297.5	15044.64	NFD	3	11.91	32.94	2.38	6.04	
	Mei	15.0	7.5	110	timur	1.1	1.3	10.73	13.14	257.5	41120.77	NFD	6	15.32	63.13	1.69	5.86	
	Jun	15.0	7.5	110	timur	1.1	1.3	10.73	13.14	257.5	41120.77	NFD	6	15.32	63.13	1.69	5.86	
	Jul	20.0	10.0	110	timur	1.1	1.15	12.65	16.10	257.5	31367.82	NFD	3.5	14.31	31.13	1.45	4.96	
	Ags	18.1	9.1	110	timur	1.1	1.2	11.95	15.01	257.5	34456.24	NFD	4	14.65	36.72	1.47	5.11	
	Sep	15.9	8.0	80	timur	1.1	1.3	11.37	14.12	257.5	37373.15	NFD	6	14.96	65.43	1.85	6.08	
	Okt	21.0	10.5	140	tenggara	1.1	1.15	13.28	17.10	257.5	-	-	-	-	-	-	-	-
	Nop	16.9	8.5	100	timur	1.1	1.25	11.62	14.50	360.8	36062.13	NFD	4	14.82	36.10	1.41	5.03	
	Des	14.0	7.0	310	barat laut	1.1	1.3	10.01	12.07	419.4	57658.12	NFD	5	19.73	46.03	1.32	5.13	
2009	Jan	16.9	8.5	350	utara	1.1	1.25	11.62	14.50	419.4	49921.26	NFD	4	20.52	36.10	1.41	5.03	
	Feb	48.1	24.0	20	utara	1.1	0.85	22.47	32.63	419.4	16930.18	NFD	3	15.66	35.17	3.13	6.53	
	Mar	15.0	7.5	340	utara	1.1	1.3	10.73	13.14	419.4	56924.00	NFD	5	21.20	48.02	1.47	5.35	
	Apr	18.1	9.1	100	timur	1.1	1.2	11.95	15.01	257.5	34456.24	NFD	4	14.65	36.72	1.47	5.11	
	Mei	14.0	7.0	70	timur	1.1	1.3	10.01	12.07	257.5	46046.96	NFD	6	15.76	60.51	1.52	5.62	
	Jun	19.0	9.5	350	utara	1.1	1.2	12.54	15.93	419.4	44049.30	NFD	4	19.89	37.83	1.58	5.27	
	Jul	18.1	9.1	180	selatan	1.1	1.2	11.95	15.01	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Ags	15.0	7.5	30	timur laut	1.1	1.3	10.73	13.14	394.0	54601.84	NFD	6	20.34	63.13	1.69	5.86	
	Sep	15.0	7.5	340	utara	1.1	1.3	10.73	13.14	419.4	56924.00	NFD	5	21.20	48.02	1.47	5.35	
	Okt	18.1	9.1	50	timur laut	1.1	1.2	11.95	15.01	394.0	45752.40	NFD	4	19.46	36.72	1.47	5.11	
	Nop	15.0	7.5	330	barat laut	1.1	1.3	10.73	13.14	360.8	51489.75	NFD	5	19.18	48.02	1.47	5.35	
	Des	18.1	9.1	330	barat laut	1.1	1.2	11.95	15.01	360.8	43144.70	NFD	4	18.35	36.72	1.47	5.11	

Tahun	Bulan	Kec. Max		Arah	Rr	Rl	U	Ua	Fetch		Ket.	t (jam)	t (jam)	Fmin (km)	Hmo (m)	Tm (s)	
		(knot)	(m/s)						(km)	g/U/A							
2010	Jan	18.1	9.1	320	barat laut	1.1	1.2	11.95	15.01	360.8	43144.70	NFD	4	18.35	36.72	1.47	5.11
	Feb	18.1	9.1	20	utara	1.1	1.2	11.95	15.01	419.4	47688.21	NFD	4	20.29	36.72	1.47	5.11
	Mar	18.1	9.1	340	utara	1.1	1.2	11.95	15.01	419.4	47688.21	NFD	4	20.29	36.72	1.47	5.11
	Apr	16.9	8.5	130	tenggara	1.1	1.25	11.62	14.50	-	-	-	-	-	-	-	-
	Mei	16.9	8.5	110	timur	1.1	1.25	11.62	14.50	257.5	36062.13	NFD	4	14.82	36.10	1.41	5.03
	Jun	13.0	6.5	110	timur	1.1	1.4	10.01	12.07	257.5	46064.96	NFD	7	15.76	76.25	1.70	6.07
	Juli	52.9	26.5	110	timur	1.1	0.85	24.74	36.74	257.5	10041.37	NFD	3	10.87	37.32	3.63	6.93
	Agus	18.1	9.1	130	tenggara	1.1	1.2	11.95	15.01	-	-	-	-	-	-	-	-
	Sep	15.0	7.5	30	timur laut	1.1	1.3	10.73	13.14	394.0	54601.84	NFD	6	20.34	63.13	1.69	5.86
	Oktr	14.0	7.0	140	tenggara	1.1	1.3	10.01	12.07	-	-	-	-	-	-	-	-
	Nov	19.0	9.5	320	barat laut	1.1	1.2	12.54	15.93	360.8	51489.75	NFD	5	19.18	48.02	1.47	5.35
	Des	15.0	7.5	320	barat laut	1.1	1.2	12.54	15.93	360.8	39844.14	NFD	4	17.99	37.83	1.58	5.27
2011	Jan	22.0	11.0	320	barat laut	1.1	1.15	13.91	18.09	360.8	3652.87	NFD	3.5	17.24	33.00	1.68	5.25
	Feb	21.0	10.5	330	barat laut	1.1	1.15	13.29	17.11	360.8	36224.10	NFD	3.5	15.57	32.09	1.57	5.11
	Mar	16.0	8.0	110	timur	1.1	1.3	11.41	14.18	257.5	37168.56	NFD	6	14.94	65.57	1.86	6.09
	Apr	13.0	6.5	310	barat laut	1.1	1.4	10.04	12.11	360.8	57404.30	NFD	6	19.71	60.61	1.52	5.63
	Mei	15.0	7.5	310	barat laut	1.1	1.3	10.71	13.12	360.8	51599.46	NFD	5	19.19	47.99	1.47	5.35
	Jun	16.0	8.0	110	timur	1.1	1.3	11.41	14.18	257.5	37168.56	NFD	6	14.94	65.57	1.86	6.09
	Juli	13.0	6.5	310	barat laut	1.1	1.4	10.04	12.11	360.8	57404.30	NFD	6	19.71	60.61	1.52	5.63
	Agus	16.0	8.0	110	timur	1.1	1.3	11.41	14.18	257.5	37168.56	NFD	6	14.94	65.57	1.86	6.09
	Sep	15.0	7.5	310	barat laut	1.1	1.3	10.71	13.12	360.8	51599.46	NFD	5	19.19	47.99	1.47	5.35
	Oktr	15.0	7.5	310	barat laut	1.1	1.3	10.71	13.12	360.8	51599.46	NFD	5	19.19	47.99	1.47	5.35
	Nov	14.0	7.0	310	barat laut	1.1	1.3	10.02	12.08	360.8	57605.60	NFD	5	19.73	46.05	1.33	5.13
	Des	15.0	7.5	310	barat laut	1.1	1.3	10.71	13.12	360.8	51599.46	NFD	5	19.19	47.99	1.47	5.35

Tahun	Bulan	Kec. Max (knot)	Kec. Max (m/s)	Arah (°)	Arah		Rr	Rl	U	UA	Fetch (km)	gt/UA	Ket.	t (jam)	t (jam)	Fmin (km)	Hmo (m)	Tm (s)
					Mata Angin													
2012	Jan.	21.0	10.5	320	baratlaut	1.1	1.15	13.29	17.11	360.8	36224.10	NFD	3.5	17.57	32.09	1.47	5.35	
	Feb	15.0	7.5	300	baratlaut	1.1	1.3	10.71	13.12	360.8	51599.46	NFD	5	19.19	47.99	1.47	5.35	
	Mar	27.0	13.5	310	baratlaut	1.1	1	14.87	19.65	360.8	30117.08	NFD	3	16.77	27.29	1.66	5.07	
	Apr	26.1	13.0	300	baratlaut	1.1	1	14.34	18.78	360.8	31981.97	NFD	3	17.03	26.68	1.57	4.96	
	Mei	18.1	9.0	330	baratlaut	1.1	1.2	11.94	15.00	360.8	43170.57	NFD	4	18.35	36.71	1.47	5.11	
	Jun	26.1	13.0	300	baratlaut	1.1	1	14.34	18.78	360.8	31981.97	NFD	3	17.03	26.68	1.57	4.96	
	Jul	16.0	8.0	300	baratlaut	1.1	1.3	11.41	14.18	360.8	46540.95	NFD	5	18.70	49.88	1.62	5.56	
	Ags	15.0	7.5	300	baratlaut	1.1	1.3	10.71	13.12	360.8	51599.46	NFD	5	19.19	47.99	1.47	5.35	
	Sep	37.9	19.0	100	timur	1.1	0.9	18.78	26.17	257.5	16409.04	NFD	3	12.17	31.50	2.37	5.85	
	Okt	16.0	8.0	300	baratlaut	1.1	1.3	11.41	14.18	360.8	46540.95	NFD	5	18.70	49.88	1.62	5.56	
	Nop	13.0	6.5	300	baratlaut	1.1	1.4	10.04	12.11	360.8	57404.30	NFD	6	19.71	60.61	1.52	5.63	
	2013	Des	21.0	10.5	320	baratlaut	1.1	1.15	13.29	17.11	360.8	36224.10	NFD	3.5	17.57	32.09	1.57	5.11
Jan		36.0	18.0	360	utara	1.1	0.95	18.81	26.22	419.4	22662.27	NFD	3	16.84	31.53	2.38	5.85	
Feb		23.0	11.5	300	baratlaut	1.1	1.1	13.89	18.06	360.8	33696.64	NFD	3.5	17.25	32.97	1.68	5.25	
Mar		18.1	9.0	330	baratlaut	1.1	1.2	11.94	15.00	360.8	43170.57	NFD	4	18.35	36.71	1.47	5.11	
Apr		16.0	8.0	320	baratlaut	1.1	1.3	11.41	14.18	360.8	46540.95	NFD	5	18.70	49.88	1.62	5.56	
Mei		16.9	8.5	320	baratlaut	1.1	1.25	11.64	14.53	360.8	45041.52	NFD	4	18.55	36.13	1.41	5.03	
Jun		15.0	7.5	310	baratlaut	1.1	1.3	10.71	13.12	360.8	51599.46	NFD	5	19.19	47.99	1.47	5.35	
Jul		16.0	8.0	320	baratlaut	1.1	1.3	11.41	14.18	360.8	46540.95	NFD	5	18.70	49.88	1.62	5.56	
Ags		16.9	8.5	320	baratlaut	1.1	1.25	11.64	14.53	360.8	45041.52	NFD	4	18.55	36.13	1.41	5.03	
Sep		20.0	10.0	320	baratlaut	1.1	1.15	12.67	16.14	360.8	39152.51	NFD	3.5	17.91	31.17	1.46	4.96	
Okt		15.0	7.5	310	baratlaut	1.1	1.3	10.71	13.12	360.8	51599.46	NFD	5	19.19	47.99	1.47	5.35	
Nop		18.1	9.0	330	baratlaut	1.1	1.2	11.94	15.00	360.8	43170.57	NFD	4	18.35	36.71	1.47	5.11	
Des	22.0	11.0	250	barat	1.1	1.15	13.91	18.09	113.5	15556.68	NFD	3.5	7.98	33.00	1.68	5.25		

Tahun	Bulan	Kec. Max		Arah	Rt	Rl	U	Ua	Fetch		Ket.	t	t	EmIn	Hms	Tm	
		(knot)	(m/s)						($^{\circ}$)	(km)							gV/VA
2014	Jan	23.0	11.5	320	barat laut	1.1	1.1	13.89	18.06	360.8	33696.64	NFD	3.5	17.25	32.97	1.68	5.25
	Feb	18.1	9.0	320	barat laut	1.1	1.2	11.94	15.00	360.8	43170.57	NFD	4	18.35	36.71	1.47	5.11
	Mar	20.0	10.0	330	barat laut	1.1	1.15	12.67	16.14	360.8	39152.51	NFD	3.5	17.91	31.17	1.46	4.96
	Apr	13.0	6.5	290	barat	1.1	1.4	10.04	12.11	113.5	26552.00	NFD	6	9.12	60.61	1.52	5.63
	Mei	15.0	7.5	300	barat laut	1.1	1.3	10.71	13.12	360.8	51599.46	NFD	5	19.19	47.99	1.47	5.35
	Jun	31.1	15.6	230	barat daya	1.1	1	17.12	23.36	-	-	-	-	-	-	-	-
	Jul	13.0	6.5	290	barat	1.1	1.4	10.04	12.11	113.5	26552.00	NFD	6	9.12	60.61	1.52	5.63
	Agp	17.1	8.6	360	utara	1.1	1.25	11.77	14.73	419.4	48870.60	NFD	4	20.41	36.39	1.44	5.07
	Sep	15.0	7.5	300	barat laut	1.1	1.3	10.71	13.12	360.8	51599.46	NFD	5	19.19	47.99	1.47	5.35
	OkT	14.0	7.0	330	barat laut	1.1	1.3	10.02	12.08	360.8	57605.60	NFD	5	19.73	46.05	1.33	5.13
	Nop	30.0	15.0	150	tenggara	1.1	1	16.48	22.29	-	-	-	-	-	-	-	-
	Des	24.1	12.1	100	timur	1.1	1.05	13.93	18.13	257.5	26775.37	NFD	3	13.76	26.22	1.50	4.87
2015	Jan	30.0	15.0	300	barat laut	1.1	1	16.48	22.29	360.8	25457.93	NFD	3	16.08	29.07	1.94	5.40
	Feb	18.1	9.0	290	barat	1.1	1.2	11.94	15.00	113.5	19968.28	NFD	4	8.49	36.71	1.47	5.11
	Mar	19.1	9.5	300	barat laut	1.1	1.2	12.58	16.00	360.8	39617.68	NFD	4	17.96	37.91	1.59	5.28
	Apr	13.0	6.5	30	timur laut	1.1	1.4	10.04	12.11	394.0	60873.87	NFD	7	20.90	76.37	1.71	6.08
	Mei	38.1	19.1	70	timur	1.1	0.9	18.88	26.34	257.5	16271.96	NFD	3	12.15	31.60	2.39	5.87
	Jun	14.0	7.0	110	timur	1.1	1.3	10.02	12.08	257.5	46005.01	NFD	6	15.75	60.53	1.52	5.62
	Jul	19.1	9.5	120	tenggara	1.1	1.2	12.58	16.00	-	-	-	-	-	-	-	
	Agp	15.0	7.5	130	tenggara	1.1	1.3	10.71	13.12	-	-	-	-	-	-	-	
	Sep	16.0	8.0	120	tenggara	1.1	1.3	11.41	14.18	-	-	-	-	-	-	-	
	OkT	20.0	10.0	10	utara	1.1	1.15	12.67	16.14	419.4	43284.68	NFD	3.5	19.80	31.17	1.46	4.96
	Nop	15.0	7.5	340	utara	1.1	1.3	10.71	13.12	419.4	57065.29	NFD	5	21.22	47.99	1.47	5.35
	Des	17.1	8.6	310	barat laut	1.1	1.25	11.77	14.73	360.8	44205.17	NFD	4	18.46	36.39	1.44	5.07

Dari perhitungan diatas didapatkan tinggi gelombang maksimum per arah per tahun seperti pada Tabel 3.9-Tabel 3.13 berikut ini

Tabel 3.9 Tinggi gelombang maksimum tahun 2006-2015 berdasarkan duration time yang dikoreksi arah barat

Tahun	Bulan	Kec. Max		Arah		t _L (hr)	H _{sol} (m)	T _L (s)
		(Knot)	(m/s)	(°)	Mata Angin			
2006	Jan	15.0	7.7	270.0	barat	5	1.5	5.4
2007	Des	22.0	11.0	290.0	barat	3.5	1.57	5.11
2008	Feb	19.0	9.5	290.0	barat	4	1.58	5.27
2009	Feb	22.0	11.3	270.0	barat	3.5	1.6	5.2
2010	Feb	14.0	7.2	290.0	barat	5	1.4	5.2
2011	Jan	8.0	4.1	290.0	barat	7	1.03	4.96
2012	Jan	14.0	7.2	280	barat	5	1.38	5.22
2013	Des	22.0	11.0	250.0	barat	3.5	1.68	5.25
2014	Jul	13.0	6.5	290.0	barat	6	1.52	5.63
2015	Feb	18.1	9.0	290.0	barat	4	1.47	5.11

Tabel 3.10 Tinggi gelombang maksimum tahun 2006-2015 berdasarkan duration time yang dikoreksi arah barat laut

Tahun	Bulan	Kec. Max		Arah		t _L (hr)	H _{sol} (m)	T _L (s)
		(Knot)	(m/s)	(°)	Mata Angin			
2006	Jan	21.0	10.5	330.0	barat laut	3.5	1.57	5.11
2007	Jul	58.0	29.0	330.0	barat laut	3	4.17	7.33
2008	Mar	18.1	9.1	320.0	barat laut	4	1.47	5.11
2009	Des	18.1	9.1	330.0	barat laut	4	1.47	5.11
2010	Des	19.0	9.5	320.0	barat laut	4	1.58	5.27
2011	Jan	22.0	11.0	320.0	barat laut	3.5	1.68	5.25
2012	Mar	27.0	13.5	310.0	barat laut	3	1.66	5.07
2013	Feb	23.0	11.5	300.0	barat laut	3.5	1.68	5.25
2014	Jan	23.0	11.5	320.0	barat laut	3.5	1.68	5.25
2015	Jan	30.0	15.0	300.0	barat laut	3	1.94	5.40

Tabel 3.11 Tinggi gelombang maksimum tahun 2006-2015 berdasarkan duration time yang dikoreksi arah utara

Tahun	Bulan	Kec. Max		Arah		tl (hr)	Hsol (m)	Tl (s)
		(Knot)	(m/s)	(°)	Mata Angin			
2006	Jul	15.9	8.0	10.0	utara	5	1.61	5.55
2007	Jan	50.0	25.0	350.0	utara	3	3.33	6.69
2008	Sep	15.0	7.7	10	utara	5	1.54	5.44
2009	Feb	48.1	24.0	20.0	utara	3	3.13	6.53
2010	Feb	18.1	9.1	20.0	utara	4	1.47	5.11
2011	Jan	16.9	8.7	340	utara	4	1.47	5.12
2012	Jun	8.0	4.1	340	utara	7	0.40	6.70
2013	Jan	36.0	18.0	360.0	utara	3	2.38	5.85
2014	Ags	17.1	8.6	360.0	utara	4	1.44	5.07
2015	Okt	20.0	10.0	10.0	utara	3.5	1.46	4.96

Tabel 3.12 Tinggi gelombang maksimum tahun 2006-2015 berdasarkan duration time yang dikoreksi arah timur laut

Tahun	Bulan	Kec. Max		Arah		tl (hr)	Hsol (m)	Tl (s)
		(Knot)	(m/s)	(°)	Mata Angin			
2006	Ags	15.0	7.7	30.0	timur laut	6	1.76	5.96
2007	Jun	22.9	11.5	40.0	timur laut	3.5	1.67	5.24
2008	Jan	21.0	10.5	60.0	timur laut	3.5	1.57	5.11
2009	Okt	18.1	9.1	50.0	timur laut	4	1.47	5.11
2010	Sep	15.0	7.5	30.0	timur laut	6	1.69	5.86
2011	-	-	-	-	-	-	-	-
2012	-	-	-	-	-	-	-	-
2013	-	-	-	-	-	-	-	-
2014	-	-	-	-	-	-	-	-
2015	Apr	13.0	6.5	30.0	timur laut	7	1.71	6.08

Tabel 3.13 Tinggi gelombang maksimum tahun 2006-2015 berdasarkan duration time yang dikoreksi arah timur

Tahun	Bulan	Kec. Max		Arah		tl (hr)	Hsol (m)	Tl (s)
		(Knot)	(m/s)	(°)	Mata Angin			
2006	Mei	13.0	6.5	90.0	timur	7	1.70	6.07
2007	Mei	15.0	7.5	110.0	timur	6	1.69	5.86
2008	Apr	40.0	20.0	110.0	timur	3	2.58	6.04
2009	Apr	18.1	9.1	100.0	timur	4	1.47	5.11
2010	Jul	52.9	26.5	110.0	timur	3	3.63	6.93
2011	Mar	16.0	8.0	110.0	timur	6	1.86	6.09
2012	Sep	37.9	19.0	100.0	timur	3	2.37	5.85
2013	Jul	4.1	2.1	80.0	timur	8	0.10	3.3
2014	Des	24.1	12.1	100.0	timur	3	1.50	4.87
2015	Mei	38.1	19.1	70.0	timur	3	2.39	5.87

Dari hasil perhitungan Tabel 3.9-Tabel 3.13 didapatkan hasil yang lebih sesuai dengan kondisi dilapangan. Angin dari arah barat laut pada kecepatan angin 29 m/s dapat membangkitkan gelombang sebesar 4,17 m dengan durasi angin sebesar 3 jam.

Setelah tinggi gelombang maksimum selama 10 tahun didapatkan, maka selanjutnya dilakukan perhitungan tinggi gelombang rencana berdasarkan periode ulang gelombang. Digunakan perhitungan tinggi gelombang rencana berdasarkan periode ulang dengan menggunakan metode statistik.

3.6.3 Tinggi Gelombang Berdasarkan Periode Ulang.

Breakwater direncanakan untuk mampu menahan gaya gelombang yang bekerja pada breakwater sehingga dalam penentuan tinggi gelombang rencana didasarkan pada umur rencana breakwater. Hal ini bertujuan untuk mengetahui kondisi ekstrim atau tinggi gelombang maksimum yang mungkin akan terjadi selama umur rencana breakwater. Untuk mendapatkan suatu hasil yang mendekati akurat, umur rencana dibuat dalam beberapa alternative.

Penentuan perilaku gelombang maksimum yang pernah terjadi serta interval kejadiannya merupakan dasar analisa selanjutnya. Analisa tersebut digunakan untuk menentukan tinggi gelombang yang berpengaruh pada breakwater selama umur rencana yang telah ditetapkan yaitu untuk breakwater pada Terminal khusus PT. TPPI Tuban ini direncanakan memiliki umur rencana 50 tahun. Perhitungan tinggi gelombang rencana ini menggunakan analisis statistik.

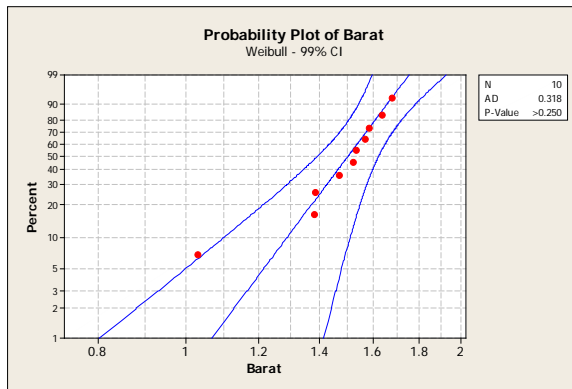
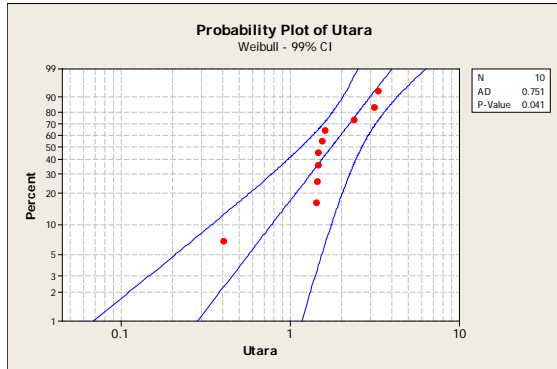
Sebelum menentukan menggunakan suatu distribusi maka harus dilakukan test terlebih dahulu apakah data tersebut cocok atau tidak, berikut merupakan uji menggunakan P-value dari data pada subbab sebelumnya.

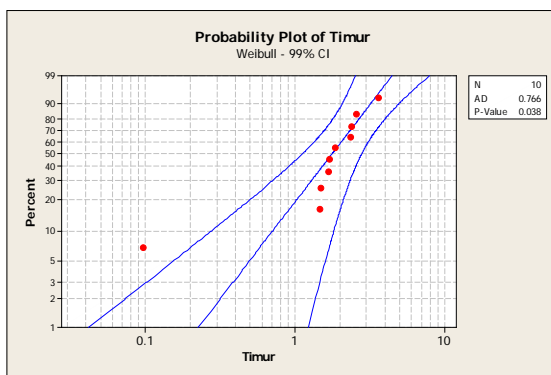
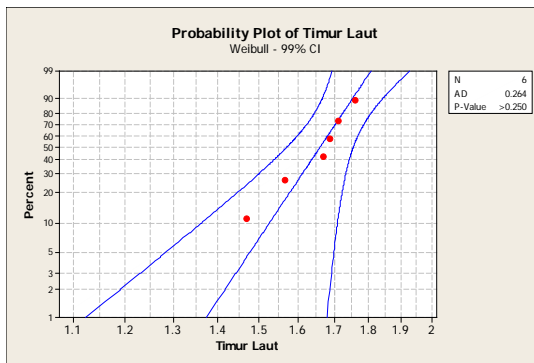
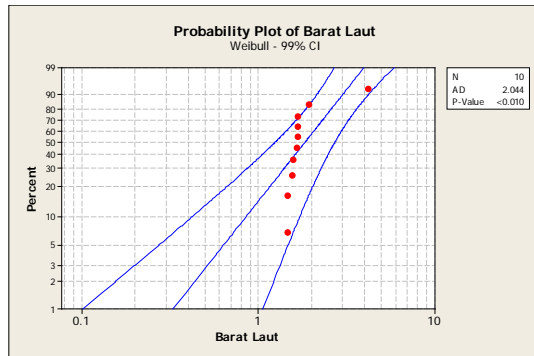
H_0 = Data berdistribusi weibull

H_1 = Data tidak berdistribusi weibull

Jika, $P\text{-value} < \alpha$ maka data dinyatakan tolak H_0

Dimana, α = tingkat peluang kesalahan H_0
Dalam kasus ini digunakan $\alpha = 1\% = 0.01$





Gambar 3.11 Grafik Probabilitas Data Utara, Barat, Barat Laut, Timur dan Timur laut

Dapat kita lihat pada Gambar 3.11 bahwa P-value setiap data mempunyai nilai lebih besar atau sama dengan α , hal ini membuktikan bahwa data tersebut menerima H_0 yaitu berdistribusi weibull. Oleh sebab itu dalam menentukan periode ulang gelombang setiap arah dapat menggunakan distribusi weibull.

Untuk langkah-langkah perhitungan dengan metode distribusi weibull dapat dilihat pada bab II. Dalam perhitungan distribusi weibull terdapat 3 parameter, yaitu:

- Parameter Skala

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

- Parameter Lokasi

$$B = \hat{H}_{sm} - \hat{A} \hat{Y}_m$$

- Parameter Bentuk (k)

K dapat diperoleh dari tabel koefisien untuk deviasi standar Teknik Pantai, Bambang Triatmodjo (1999)

Tabel 3.14 koefisien untuk deviasi standar

Distribusi	$\alpha 1$	$\alpha 2$	k	c	ϵ
Weibull (k = 0.75)	1.65	11.4	-0.63	0	0.9
Weibull (k = 1.0)	1.92	11.4	0	0.3	0.9
Weibull (k = 1.4)	2.05	11.4	0.69	0.4	0.72
Weibull (k = 2.0)	2.24	11.4	1.34	0.5	0.54

Berikut adalah tabel perhitungan periode ulang gelombang menggunakan distribusi weibull:

Tabel 3.15 Perhitungan Periode Ulang Gelombang Arah Utara

No. Urut	H _m	P	Y _m	H _m ·Y _m	Y _m ²	(H _m -H _r) ²	H _m	H _m -H _m	(H _m -H _m) ²
1	3.33	0.941	2.834	9.423	8.032	2.259	3.570	-0.245	0.0598
2	3.13	0.845	1.863	5.827	3.469	1.706	2.673	0.455	0.207
3	2.38	0.748	1.379	3.283	1.902	0.311	2.227	0.153	0.023
4	1.61	0.652	1.055	1.698	1.113	0.045	1.927	-0.317	0.101
5	1.54	0.555	0.810	1.244	0.656	0.082	1.702	-0.166	0.027
6	1.47	0.459	0.614	0.904	0.377	0.122	1.520	-0.047	0.002
7	1.47	0.362	0.450	0.661	0.202	0.124	1.369	0.101	0.010
8	1.46	0.284	0.232	0.339	0.054	2.121	0.000	1.457	2.121
9	1.44	0.189	0.124	0.179	0.015	2.064	0.000	1.437	2.064
10	0.40	0.093	0.045	0.018	0.002	0.163	0.000	0.404	0.163

Dari tabel diatas didapat 3 parameter untuk perhitungan distribusi weibull, yaitu:

- Parameter Skala
 $\hat{A} = 0.923$
- Parameter Lokasi
 $B = 0.954$
- Parameter Bentuk (k)
 $k = 2$

Tabel 3.16 Tinggi Gelombang Berdasarkan Periode Ulang Dengan Menggunakan Metode Weibull Arah Utara

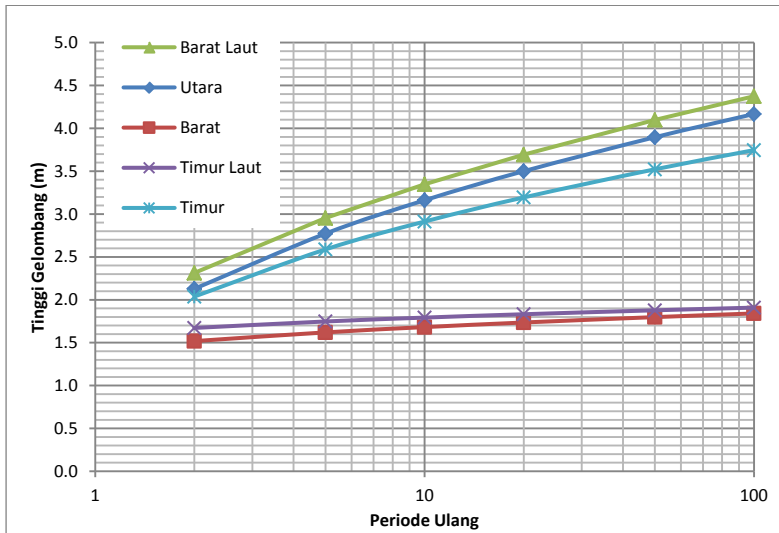
Periode Ulang	Yr	Hsr	σ_{nr}	σ_r	$H_s - 1.28\sigma_r$	$H_s + 1.28\sigma_r$
(Tahun)	(Tahun)	(m)			(m)	(m)
2	0.833	1.722	0.379	0.276	1.368	2.076
5	1.269	2.125	0.578	0.421	1.585	2.664
10	1.517	2.354	0.715	0.521	1.688	3.021
20	1.731	2.551	0.837	0.610	1.770	3.332
50	1.978	2.779	0.983	0.716	1.862	3.696
100	2.146	2.935	1.084	0.790	1.924	3.946

Perhitungan untuk arah lainnya sama dengan perhitungan tinggi gelombang berdasarkan periode ulang arah utara diatas, sehingga didapatkan hasil tinggi gelombang periode ulang untuk ke lima arah seperti pada Tabel 3.17

Tabel 3.17 Tinggi Gelombang Periode Ulang Arah Barat, Barat Laut, Utara, Timur Laut dan Timur

Periode Ulang (Tahun)	Tinggi Gelombang Periode Ulang (m)				
	Barat	Barat Laut	Utara	Timur Laut	Timur
2	1.518	2.315	2.128	1.672	2.038
5	1.620	2.954	2.772	1.747	2.588
10	1.682	3.348	3.161	1.792	2.913
20	1.735	3.693	3.500	1.832	3.194
50	1.798	4.098	3.896	1.877	3.522
100	1.841	4.375	4.167	1.909	3.746

Dari Tabel 3.17 Tinggi Gelombang Periode Ulang Arah Barat, Barat Laut, Utara, Timur Laut dan Timur di dapat grafik tinggi gelombang berdasarkan periode ulang sebagai berikut:



Gambar 3.12 Grafik Tinggi Gelombang Berdasarkan Periode Ulang Arah Utara, Barat, Barat Laut, Timur Laut dan Timur

Dari hasil perhitungan periode ulang gelombang pada tabel Tabel 3.17 didapat tinggi gelombang 50 tahunan seperti pada Tabel 3.18 berikut ini:

Tabel 3.18 Tinggi, Periode dan Panjang Gelombang pada Periode Ulang 50 tahunan

	Barat	Barat Laut	Utara	Timur Laut	Timur
H (m)	1.798	4.098	3.896	1.877	3.522
T (s)	6.785	10.243	9.988	6.933	9.496
L (m)	71.815	163.679	155.625	74.987	140.678

3.6.4 Refraksi Gelombang Berdasarkan Periode Ulang 50 Tahun

Pergerakan gelombang dari laut dalam ke laut dangkal akan mengalami refraksi dan pendangkalan. Refraksi merupakan peristiwa berbeloknya gelombang akibat pengaruh bentuk kontur dasar laut. Gelombang yang datang akan mengalami pengurangan kecepatan dan panjang gelombang sehingga arah gelombang dibelokkan mengikuti kontur pantai. Refraksi dan pendangkalan gelombang (*wave shoaling*) akan mempengaruhi tinggi dan arah gelombang. Penentuan besarnya breaking index dapat digunakan beberapa nilai namun untuk pengerjaan tugas akhir ini digunakan breaking index 0,7.

Perhitungan refraksi pertama kali yang harus dilakukan adalah menentukan sudut garis puncak gelombang dengan kontur dasar pantai (θ_0). Dari pemetaan bathymetri didapatkan bahwa kontur dasar laut perairan telaga biru tidak beraturan, maka untuk mempermudah perhitungan dilakukan penyederhanaan garis kontur pantai dengan menarik garis kontur rata-rata. Garis rata-rata ini dibuat berdasarkan asumsi yang mendekati keadaan kontur sebenarnya. Selain berfungsi untuk menyederhanakan serta mempermudah perhitungan, hal ini juga berfungsi agar perhitungan tidak menyimpang.

Berikut ini merupakan contoh langkah-langkah perhitungan untuk mendapatkan besarnya tinggi gelombang arah barat laut setelah proses refraksi pada kedalaman -10.0 mLWS:

1. Menentukan arah datang gelombang terhadap garis kontur yang telah disederhanakan
Barat Laut (α_0) : 45°
2. Menentukan tinggi dan periode gelombang dari hasil perhitungan tinggi gelombang sebelumnya
 H_0 : 4.10 m
T : 10.24 dt
3. Menghitung panjang Gelombang
 $L_0 = 1,56T^2$
 $= 1,56.(10.24^2)$
 $= 13.68$ m
4. Menghitung cepat rambat gelombang di laut dalam
 $C_0 = L_0/T$
 $= 163.68/10.24$
 $= 15.98$ m/s
5. Menghitung d/L_0 dan d/L
 $d/L_0 = 10/163.68$
 $= 0.0611$
Sehingga didapat nilai d/L dari tabel fungsi d/L untuk pertambahan d/L_0 sebesar 0,10529
Untuk itu di dapat panjang gelombang pada kedalaman yang ditinjau
 $L = d/(d/L)$
 $= 10/0.10529$
 $= 94.98$ m
6. Menghitung cepat rambatgelombang pada kedalaman yang ditinjau
C = L/T
 $= 94.98/10.24$
 $= 9.27$ m/s
7. Mencari harga α

$$\begin{aligned}\sin \alpha &= \left(\frac{c}{c_0}\right) \sin \alpha_0 \\ &= \left(\frac{9.27}{15.98}\right) \sin 45^\circ \\ &= 0.410 \rightarrow \alpha = 24.22^\circ\end{aligned}$$

8. Menghitung koefisien refraksi (Kr) dan koefisien pendangkalan (Ks)

$$\begin{aligned}\text{Kr} &= \sqrt{\frac{\cos \alpha_0}{\cos \alpha}} = \sqrt{\frac{\cos 45}{\cos 24.22}} \\ &= 0.881\end{aligned}$$

$$\text{Ks} = 0.991 \text{ (didapat dari tabel)}$$

9. Menghitung tinggi gelombang pada kedalaman yang ditinjau akibat refraksi

$$\begin{aligned}\text{H} &= \text{Ks} \cdot \text{Kr} \cdot \text{H}_0 \\ &= 0.881 \cdot 0.991 \cdot 4.10 \\ &= 3.58 \text{ p m}\end{aligned}$$

Perhitungan refraksi untuk arah dan kedalaman lainnya sama seperti diatas, sedangkan untuk hasil perhitungan refraksi pada setiap arah dapat dilihat pada Tabel 3.21- Tabel 3.22 berikut:

Tabel 3.20 Besar Refraksi Yang Terjadi Dari Laut Dalam Arah Utara

α_0	H	T	d	$l_0 = 1.56 \cdot T^2$	$C_0 = l_0/T$	d/l_0	d/L	L	$C = L/T$	$\sin \alpha_0$	$\text{Sind} = (C/C_0) \cdot \text{Sind}_0$	$\alpha = \arcsin \alpha$	$Kr = (\cos \alpha_0 / \cos \alpha) \cdot 0.5$	Ks	$H = Kr^2 \cdot Ks^2 \cdot H_0$	$V = H/d$	Ket
15	3.90	9.99	10	155.63	15.58	0.0643	0.10821	92.41	9.25	0.259	0.154	8.841	0.989	0.984	3.79	0.38	Normal
15	3.90	9.99	9	155.63	15.58	0.0578	0.10232	87.96	8.81	0.259	0.146	8.412	0.988	0.998	3.84	0.43	Normal
15	3.90	9.99	8	155.63	15.58	0.0514	0.09520	84.03	8.41	0.259	0.140	8.094	0.988	1.019	3.92	0.49	Normal
15	3.90	9.99	7	155.63	15.58	0.0450	0.08883	78.80	7.89	0.259	0.131	7.531	0.987	1.042	4.01	0.57	Normal

Tabel 3.21 Besar Refraksi Yang Terjadi Dari Laut Dalam Arah Barat

α_0	H ₅₀	T	d	$l_0 = 1.56 \cdot T^2$	$C_0 = l_0/T$	d/l_0	d/L	L	$C = L/T$	$\sin \alpha_0$	$\text{Sind} = (C/C_0) \cdot \text{Sind}_0$	$\alpha = \arcsin \alpha$	$Kr = (\cos \alpha_0 / \cos \alpha) \cdot 0.5$	Ks	$H = Kr^2 \cdot Ks^2 \cdot H_0$	$V = H/d$	Ket
85	1.80	6.78	10	71.81	10.58	0.1382	0.17412	57.43	8.46	0.996	0.79667647	52.81	0.37973762	0.915	0.62	0.06	Normal
85	1.80	6.78	9	71.81	10.58	0.1253	0.16236	55.43	8.17	0.996	0.768942943	50.26	0.369223843	0.918	0.61	0.07	Normal
85	1.80	6.78	8	71.81	10.58	0.1114	0.15047	53.17	7.84	0.996	0.737514758	47.52	0.35922411	0.925	0.60	0.07	Normal
85	1.80	6.78	7	71.81	10.58	0.0975	0.13837	50.59	7.46	0.996	0.701756991	44.57	0.349768787	0.935	0.59	0.08	Normal

Tabel 3.19 Besar Refraksi Yang Terjadi Dari Laut Dalam Arah Barat Laut

α_0	H ₅₀	T	d	$l_0 = 1.56 \cdot T^2$	$C_0 = l_0/T$	d/l_0	d/L	L	$C = L/T$	$\sin \alpha_0$	$\text{Sind} = (C/C_0) \cdot \text{Sind}_0$	$\alpha = \arcsin \alpha$	$Kr = (\cos \alpha_0 / \cos \alpha) \cdot 0.5$	Ks	$H = Kr^2 \cdot Ks^2 \cdot H_0$	$V = H/d$	Ket
45	4.10	10.24	10	163.68	15.98	0.0611	0.10529	94.98	9.27	0.707	0.410303316	24.22	0.880556441	0.991	3.58	0.36	Normal
45	4.10	10.24	9	163.68	15.98	0.0550	0.09930	96.46	9.42	0.707	0.416728323	24.63	0.881968623	1.007	3.64	0.40	Normal
45	4.10	10.24	8	163.68	15.98	0.0489	0.09311	85.92	8.39	0.707	0.371181065	21.79	0.872644582	1.026	3.67	0.46	Normal
45	4.10	10.24	7	163.68	15.98	0.0428	0.08864	80.79	7.89	0.707	0.349037227	20.43	0.888655311	1.050	3.74	0.53	Normal

Tabel 3.23 Besar Refraksi Yang Terjadi Dari Laut Dalam Arah Timur Laut

α_0	T	d	$L_0 = 1.56 T^2$	$C_0 = L_0/T$	d/L_0	d/L	L	$C = L/T$	$\sin \alpha_0$	Sine $\alpha = (C/C_0) * \sin \alpha_0$	$\alpha = \arcsin \alpha$	$Kr = (C_0 \alpha_0 / C \alpha)^{0.5}$	Ks	H = $Kr * Ks * H_{50}$	$y = H/d$	Ket
45	1.88	6.93	10	74.99	10.82	0.1334	59.14	8.53	0.707	0.557674571	33.90	0.922970546	0.916	1.59	0.16	Normal
45	1.88	6.93	9	74.99	10.82	0.1200	56.92	8.21	0.707	0.536694327	32.46	0.915437554	0.920	1.58	0.18	Normal
45	1.88	6.93	8	74.99	10.82	0.1067	54.41	7.85	0.707	0.513042401	30.87	0.907626024	0.928	1.58	0.20	Normal
45	1.88	6.93	7	74.99	10.82	0.0933	51.91	7.49	0.707	0.48949229	29.31	0.900497186	0.939	1.59	0.23	Normal

Tabel 3.22 Besar Refraksi Yang Terjadi Dari Laut Dalam Arah Timur

α_0	T	d	$L_0 = 1.56 T^2$	$C_0 = L_0/T$	d/L_0	d/L	L	$C = L/T$	$\sin \alpha_0$	Sine $\alpha = (C/C_0) * \sin \alpha_0$	$\alpha = \arcsin \alpha$	$Kr = (C_0 \alpha_0 / C \alpha)^{0.5}$	Ks	H = $Kr * Ks * H_{50}$	$y = H/d$	Ket
85	3.52	9.50	10	140.68	14.81	0.0711	87.05	9.17	0.996	0.616416043	38.05	0.332693723	0.969	1.14	0.11	Normal
85	3.52	9.50	9	140.68	14.81	0.0640	49.94	5.26	0.996	0.358656776	20.71	0.305249572	0.984	1.06	0.12	Normal
85	3.52	9.50	8	140.68	14.81	0.0569	78.96	8.31	0.996	0.559130478	34.00	0.324227516	1.001	1.14	0.14	Normal
85	3.52	9.50	7	140.68	14.81	0.0498	74.34	7.83	0.996	0.536441297	31.77	0.320172865	1.023	1.15	0.16	Normal

Dari perhitungan refraksi diatas di dapatkan tinggi gelombang didepan breakwater atau pada kedalaman $- 7.0$ mLWS dapat dilihat pada Tabel 3.24 berikut

Tabel 3.24 Tinggi Gelombang Di depan Breakwater Hasil Refraksi Gelombang Periode Ulang 50 tahun

Arah	H (m)
Barat	0.588
Barat Laut	3.738
Utara	4.008
Timur Laut	1.587
Timur	1.154

3.6.5 Tinggi dan Periode Gelombang pada Laut Dalam Berdasarkan Data Frekuensi Rata-rata Kejadian Angin

Perhitungan tinggi dan periode gelombang pada laut dalam berdasarkan data frekuensi rata-rata kejadian angin di Surabaya ini sama dengan perhitungan sebelumnya. Namun dalam perhitungan ini langsung digunakan duration time yang sudah dikoreksi dan grafik peramalan gelombang. Berbeda dengan tinggi dan periode gelombang pada laut dalam berdasarkan kecepatan angin maksimum pada tahun 2006 – 2015 yang bertujuan untuk menentukan tinggi gelombang maksimum selama umur rencana breakwater. Sub bab ini bertujuan untuk merencanakan layout breakwater yang efektif serta efisien berdasarkan tinggi gelombang serta besar frekuensi kejadian yang terjadi masing-masing arah pembangkit gelombang. Perhitungan tinggi serta periode gelombang masing-masing arah bangkitan gelombang dapat dilihat pada Tabel 3.25 sampai Tabel 3.29.

Tabel 3.25 Perhitungan Tinggi Gelombang Berdasarkan Frekuensi Rata-rata Kejadian Angin di Arah Utara

Kec. Angin (Knot)	Kec. Angin (m/s)	Frek (%)	Kejadian (hour)		Rt	Rl	Uw	Ua	t (jam)	Fmin (km)	Hmo (m)	Tm (s)
1-5	1.75	0.11	9.6	1.1	1.1	1.9	3.66	3.50	7	41.05	0.36	3.27
5-9	3.75	9.72	851.5	1.1	1.1	1.6	6.60	7.23	7	59.02	0.90	4.70
9-13	5.75	12.46	1091.4	1.1	1.1	1.5	9.49	11.30	7	73.77	1.57	5.87
13-17	7.75	1.83	160.7	1.1	1.1	1.3	11.08	13.68	5	49.00	1.55	5.46
≥17	12	0.47	40.8	1.1	1.1	1.05	13.86	18.01	3	26.13	1.49	4.85

Tabel 3.26 Perhitungan Tinggi Gelombang Berdasarkan Frekuensi Rata-rata Kejadian Angin di Arah Barat

Kec. Angin (Knot)	Kec. Angin (m/s)	Frek (%)	Kejadian (hour)		Rt	Rl	Uw	Ua	t (jam)	Fmin (km)	Hmo (m)	Tm (s)
1-5	1.75	0.05	4.8	1.1	1.1	1.9	3.66	3.50	7	41.05	0.36	3.27
5-9	3.75	4.57	400.6	1.1	1.1	1.6	6.60	7.23	7	59.02	0.90	4.70
9-13	5.75	0.63	55.2	1.1	1.1	1.5	9.49	11.30	7	73.77	1.57	5.87
13-17	7.75	2.14	187.1	1.1	1.1	1.3	11.08	13.68	5	49.00	1.55	5.46
≥17	12	0.22	19.2	1.1	1.1	1.05	13.86	18.01	3	26.13	1.49	4.85

Tabel 3.27 Perhitungan Tinggi Gelombang Berdasarkan Frekuensi Rata-rata Kejadian Angin di Arah Barat Laut

Kec. Angin (Knot)	(m/s)	Frek (%)	Kejadian (hour)	Rr	Rl	Uw	Ua	t		Fmin (km)	Hmo (m)	Tm (s)
								(jam)				
1-5	1.75	0.11	9.6	1.1	1.9	3.66	3.50	7		41.05	0.36	3.27
5-9	3.75	8.21	719.6	1.1	1.6	6.60	7.23	7		59.02	0.90	4.70
9-13	5.75	22.81	1998.1	1.1	1.5	9.49	11.30	7		73.77	1.57	5.87
13-17	7.75	10.02	877.9	1.1	1.3	11.08	13.68	5		49.00	1.55	5.46
≥17	12	2.33	203.9	1.1	1.05	13.86	18.01	3		26.13	1.49	4.85

Tabel 3.28 Perhitungan Tinggi Gelombang Berdasarkan Frekuensi Rata-rata Kejadian Angin di Arah Timur Laut

Kec. Angin (Knot)	(m/s)	Frek (%)	Kejadian (hour)	Rr	Rl	Uw	Ua	t		Fmin (km)	Hmo (m)	Tm (s)
								(jam)				
1-5	1.75	0.03	2.4	1.1	1.9	3.66	3.50	8		50.15	0.40	3.49
5-9	3.75	0.49	43.2	1.1	1.6	6.60	7.23	8		72.11	0.99	5.02
9-13	5.75	1.34	117.5	1.1	1.5	9.49	11.30	8		90.14	1.73	6.28
13-17	7.75	0.36	31.2	1.1	1.3	11.08	13.68	6		64.42	1.78	5.98
≥17	12	0.08	7.2	1.1	1.05	13.86	18.01	3		26.13	1.49	4.85

Tabel 3.29 Perhitungan Tinggi Gelombang Berdasarkan Frekuensi Rata-rata Kejadian Angin di Arah Timur

Kec. Angin (Knot)	Kec. Angin (m/s)	Frek (%)	Kejadian (hour)	Rr	Rl	Uw	UA	t (jam)	Fmin (Km)	Hmo (m)	Tm (s)
5-9	3.75	2.05	179.9	1.1	1.6	6.60	7.23	8	72.11	0.99	5.02
9-13	5.75	5.59	489.3	1.1	1.5	9.49	11.30	8	90.14	1.73	6.28
13-17	7.75	2.60	227.9	1.1	1.3	11.08	13.68	6	64.42	1.78	5.98
≥17	12	0.47	40.8	1.1	1.05	13.86	18.01	3	26.13	1.49	4.85

3.6.6 Refraksi Gelombang Berdasarkan Frekuensi Rata-rata Kejadian Angin

Perhitungan refraksi ini secara umum sama dengan perhitungan sebelumnya, namun tinggi gelombang yang dipakai merupakan tinggi gelombang dari data frekuensi rata-rata kejadian angin di Surabaya yang dapat dilihat pada Tabel 3.25 sampai Tabel 3.29.

Berdasarkan Tabel 3.25 sampai Tabel 3.29 dapat dilihat bahwa tinggi gelombang pada perairan utara Tuban cukup tinggi untuk digunakan sebagai fasilitas labuh dan bongkar muat kapal. Persyaratan tinggi gelombang maksimum yang boleh diterima oleh kapal dengan ukuran <50.000 GT adalah sebesar 0,5 meter.

Berikut adalah tabel hasil perhitungan refraksi berdasarkan frekuensi kejadian angin di Semarang untuk arah utara, barat, barat laut, timur laut, dan timur:

Tabel 3.30 Refraksi Gelombang Berdasarkan Frekuensi Rata-rata Kejadian Angin Arah Utara

Kec. Angin		Frek	Kejadian	Hmo	Dari LWS			
(Knot)	(m/s)	(%)	(hour)	(m)	H-10	H-9	H-8	H-7
1-5	1.75	0.11	9.59	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36
5-9	3.75	9.72	851.53	0.90	0.85	0.84	0.83	0.83
9-13	5.75	12.46	1091.40	1.57	1.44	1.43	1.43	1.44
13-17	7.75	1.83	160.71	1.55	1.41	1.42	1.42	1.41
≥17	12	0.47	40.78	1.49	1.40	1.39	1.37	1.36

Tabel 3.31 Refraksi Gelombang Berdasarkan Frekuensi Rata-rata Kejadian Angin Arah Barat

Kec. Angin		Frek	Kejadian	Hmo	Dari LWS			
(Knot)	(m/s)	(%)	(hour)	(m)	H-10	H-9	H-8	H-7
1-5	1.75	0.05	4.80	0.36	0.36	0.31	0.29	0.26
5-9	3.75	4.57	400.58	0.90	0.45	0.42	0.39	0.36
9-13	5.75	0.63	55.17	1.57	0.60	0.58	0.55	0.54
13-17	7.75	2.14	187.10	1.55	0.63	0.64	0.58	0.55
≥17	12	0.22	19.19	1.49	0.72	0.67	0.62	0.58

Tabel 3.32 Refraksi Gelombang Berdasarkan Frekuensi Rata-rata
Kejadian Angin Arah Barat Laut

Kec. Angin		Frek	Kejadian	Hmo	Dari LWS			
(Knot)	(m/s)	(%)	(hour)	(m)	H-10	H-9	H-8	H-7
1-5	1.75	0.11	9.59	0.36	0.36	0.36	0.36	0.35
5-9	3.75	8.21	719.61	0.90	0.83	0.82	0.80	0.79
9-13	5.75	22.81	1998.11	1.57	1.36	1.35	1.33	1.33
13-17	7.75	10.02	877.92	1.55	1.36	1.36	1.33	1.32
≥17	12	2.33	203.89	1.49	1.37	1.34	1.32	1.29

Tabel 3.33 Refraksi Gelombang Berdasarkan Frekuensi Rata-rata
Kejadian Angin Arah Timur Laut

Kec. Angin		Frek	Kejadian	Hmo	Dari LWS			
(Knot)	(m/s)	(%)	(hour)	(m)	H-10	H-9	H-8	H-7
1-5	1.75	0.03	2.40	0.40	0.40	0.39	0.37	0.38
5-9	3.75	0.49	43.18	0.99	0.90	0.89	0.87	0.86
9-13	5.75	1.34	117.54	1.73	1.48	1.47	1.47	1.46
13-17	7.75	0.36	31.18	1.78	1.53	1.52	1.51	1.50
≥17	12	0.08	7.20	1.49	1.37	1.34	1.32	1.29

Tabel 3.34 Refraksi Gelombang Berdasarkan Frekuensi Rata-rata
Kejadian Angin Arah Timur

Kec. Angin		Frek	Kejadian	Hmo	Dari LWS			
(Knot)	(m/s)	(%)	(hour)	(m)	H-10	H-9	H-8	H-7
1-5	1.75	0.11	9.59	0.40	0.36	0.32	0.37	0.25
5-9	3.75	2.05	179.90	0.99	0.46	0.42	0.40	0.37
9-13	5.75	5.59	489.33	1.73	0.63	0.61	0.59	0.58
13-17	7.75	2.60	227.88	1.78	0.67	0.64	0.62	0.60
≥17	12	0.47	40.78	1.49	0.72	0.65	0.62	0.58

3.7 Analisa Data Tanah

Data tanah yang digunakan merupakan data tanah asli pada perairan terminal khusus PT. TPPI Tuban ini. Secara umum jenis lapisan tanah didominasi oleh batu kapur (*limestone*) dengan nilai N-SPT mencapai 80 pada kedalaman 10 meter. Untuk statigrafi data tanah secara lengkap dapat dilihat pada Gambar 3.13.

Dari statigrafi data tanah tersebut dapat diketahui parameter-parameter tanah yang digunakan dalam perencanaan breakwater pada tugas akhir ini. dalam ststigrafi tanah hanya terdapat data SPT sehingga perlu dilakukan korelasi nilai SPT untuk mendapat parameter tanah yang lain. Digunakan Tabel 3.35 untuk mencari korelasi data tanah yang lain.

Tabel 3.35 Korelasi Nilai SPT

		Cohesionless Soil / Sol Pulvérulent				
N	(blows)	0 - 3	4 - 10	11 - 30	31 - 50	> 50
γ	(KN/m ³)	-	12 - 16	14 - 18	16 - 20	18 - 23
ϕ	(°)	-	25 - 32	28 - 36	30 - 40	> 35
State		Very Loose	Loose	Medium	Dense	Very Dense
Dr	(%)	0 - 15	15 - 35	35 - 65	65 - 85	85 - 100
		Cohesive Soil / Sol Cohérent				
N	(blows)	< 4	4 - 6	6 - 15	16 - 25	> 25
γ	(KN/m ³)	14 - 18	16 - 18	16 - 18	16 - 20	> 20
q_u	(kPa)	< 25	20 - 50	30 - 60	40 - 200	> 100
Consistency		Very Soft	Soft	Medium	Stiff	Hard

(sumber: Perencanaan Pondasi Dalam)

- Jenis Tanah : *Limestone*
- γ_s : 2 t/m³
- ϕ : 36°
- Koefisien tekanan tanah aktif:

$$K_a = \tan^2 \left(45 - \frac{36}{2} \right) = 0.259$$
- Koefisien tekanan tanah pasif:

$$K_p = \tan^2 \left(45 + \frac{36}{2} \right) = 3.851$$

Table 3.7 : Bor and SPT titik BD6								
Bore No.	:	BD6	Coordinates of GPS (UTM)	X =	0606694			
Project	:	TPPI TUBAN		Y =	9251914			
		KABUPATEN TUBAN						
Location	:	PROPINSI JAWA TIMUR	Diameter of Bore	:	73 mm			
GWL	:	-5.70 m	Diameter of Casing	:	89 mm			
<u>BORE LOG</u>								
DEPTH (m)	BORE LOG	Standard Penetration		DESCRIPTION	COLOUR	SPT Value		
		Test (SPT) N/30 cm				Depth sample (Blow / 30 cm)		
0		0	35 70 105 140					
1				Lime Stone and Clayey Silt	White Brown	15	+ 27 1.00 -	+ 33 / 5 cm = 80 1.50 m
2								
3								
4								
5						13	+ 21 4.00 -	+ 27 4.50 = 48 m
6								
7								
8						14	+ 22 7.00 -	+ 28 7.50 = 50 m
9								
10								
11						13	+ 20 10.00 -	+ 26 10.50 = 46 m
12								
13								
14						13	+ 20 13.00 -	+ 36 13.50 = 56 m
15								
16				Lime Stone	White	17	+ 24 16.00 -	+ 28 16.50 = 52 m
17								
18								
19								
20						21	+ 27 19.00 -	+ 35 / 10 cm = 80 19.50 m
21								
22								
23						20	+ 26 22.00 -	+ 37 / 9 cm = 80 22.50 m
24								
25								
26						23	+ 29 25.00 -	+ 37 / 8 cm = 80 25.50 m
27								
28								
29						25	+ 31 28.00 -	+ 30 / 4 cm = 80 28.50 m
30						27	+ 35 30.00 -	+ 30 / 4 cm = 80 30.50 m

Gambar 3.13 Statigrafi Data Tanah

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

BAB IV

KRITERIA PERENCANAAN

4.1 Peraturan yang Digunakan

Dalam tugas akhir ini digunakan beberapa peraturan sebagai dasar dalam perencanaan, antara lain:

- Peraturan Beton Bertulang Indonesia (1971). Dipergunakan untuk perhitungan detail penulangan pada poer, pelat dan balok
- Peraturan Beton Bertulang Indonesia dengan Cara “n” (1971). Digunakan dalam perencanaan tulangan dengan memakai Perhitungan Lentur Cara “n” (Ir. Wiratman W.)
- British Standard 6349-7:1991, Guide to the design and construction of breakwaters, digunakan untuk menghitung struktur *vertical breakwater*.
- Design Sheet Piling Manual, digunakan untuk menghitung sheetpile sebagai struktur utama breakwater.
- The Overseas Coastal Area Development Institute of Japan (OCDI) Technical Standard and Commentaries for Port and Harbour Facilities in Japan

4.2 Kualitas Bahan dan Material

4.2.1 Mutu Beton

Dalam tugas akhir ini spesifikasi beton yang digunakan dalam dalam perencanaan adalah:

- σ'_{bk} : 30 Mpa
: 300 kg/cm²
- Modulus Elastisitas berdasarkan PBI 1971
 $E_b = 6400\sqrt{300} \text{ kgf.cm}^{-2} = 1.108 \times 10^5 \text{ kgf.cm}^{-2}$

4.2.2 Mutu Baja Tulangan

Mutu baja tulangan diambil kelas U32 dengan spesifikasi sebagai berikut:

- Modulus elastisitas (E_a) : $2.1 \times 10^5 \text{ kgf.cm}^{-2}$
- Tegangan leleh karakteristik 3200 kg/cm^2
- Tegangan tarik baja untuk pembebanan tetap
 $\sigma_a = 1280 \text{ kgf.cm}^{-2}$
- Kekuatan tarik atau tekan baja rancana berdasarkan PBI 1971 tabel 10.4.3 :
 $\sigma'_{au} = 2780 \text{ kgf.cm}^{-2}$

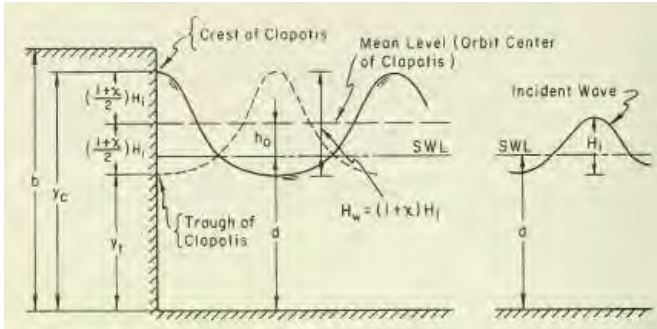
4.3 Data Kapal

Dalam tugas akhir kali ini digunakan kapal rencana kapal LPG 15000 DWT, berikut adalah spesifikasi kapal rencana:

- DWT (Dead Weight Tonage) = 15000 ton
- Displacement Tonage = 20000 ton
- LoA (Panjang kapal) = 146.7 m
- Lpp (Panjang Perpendicular) = 135.5 m
- Lebar kapal (B) = 24 m
- Draft kapal (D) = 9.56 m

4.4 Pembebanan

Untuk mengetahui gaya-gaya yang bekerja pada breakwater terlebih dahulu harus mengetahui tinggi dari struktur breakwater, berikut merupakan perhitungan tinggi struktur breakwater (Lihat Gambar 4.1):



Gambar 4.1 Tinggi Breakwater

(sumber : *Shore Protection Manual*, 1984)

Data perencanaan:

$$d = -7.00 \text{ mLWS}$$

$$h_0 = 1.70 \text{ m}$$

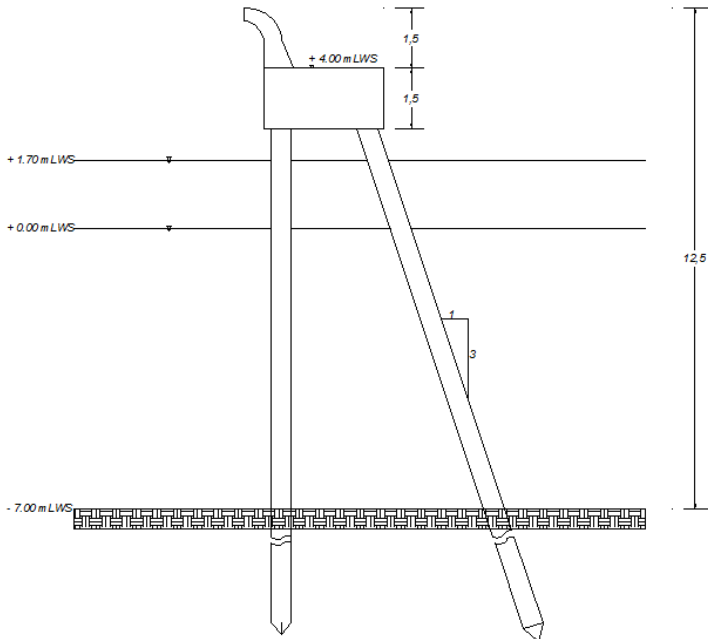
$$H_i = 4.06 \text{ m}$$

$$x = 1 \text{ (dinding tegak)}$$

didapat tinggi breakwater sebesar:

$$\begin{aligned} Y_c &= d + h_0 + \left(\frac{1+x}{2}\right) \cdot H_i \\ &= 7 + 1.7 + \left(\frac{1+1}{2}\right) \times 4.06 = 12.76 \text{ m} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas didapat tinggi breakwater sebesar 12.76 m, namun digunakan tinggi 12.50 m dari *seabed* dan ditambah struktur melengkung untuk membelokkan gelombang yang terjadi. Didapat struktur breakwater seperti pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Struktur Breakwater

4.4.1 Tekanan Gelombang

Untuk perhitungan tekanan gelombang digunakan perumusan menggunakan metode Goda (1985). Rumusan ini dapat digunakan untuk berbagai kondisi gelombang. Distribusi tekanan yang diberikan oleh Goda, yang berbentuk trapesium

Berikut ini merupakan data-data yang digunakan untuk menghitung gaya-gaya gelombang berdasarkan metode Goda:

- Data gelombang:
 - H : 4.06 m
 - T : 9.99 dt
 - γ_w : 1.03 t/m³
 - H_{max} : 1.8*H
 - : 1.8*4.06 = 7.308 m
- Kedalaman air dan tinggi bangunan:

$$\begin{aligned}
 h & : 8.7 \text{ m} \\
 h' & : 8.7 \text{ m} \\
 d & : 8.7 \text{ m} \\
 dc & : 4.0 \text{ m} \\
 hb & : h' + (5 \times (H \times 1/100)) \\
 & : 8.7 + (5 \times (4.06 \times 0.01)) \\
 & : 8.9 \text{ m}
 \end{aligned}$$

- Berdasarkan tabel C-1 (Shore Protection Manual):

$$\begin{aligned}
 - \frac{4\pi d}{L} & = 1.1163 \\
 - \sinh \frac{4\pi d}{L} & = 1.3630 \\
 - \cosh \frac{4\pi d}{L} & = 1.690 \\
 - \cosh \frac{2\pi d}{L} & = 1.1598
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan gaya gelombang berdasarkan metode Goda adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \alpha_1 & = 0.6 + \frac{1}{2} \left(\frac{\frac{4\pi d}{L}}{\sinh \frac{4\pi d}{L}} \right)^2 \\
 & = 0.6 + \frac{1}{2} \left(\frac{1.1163}{1.3630} \right)^2 = 0.935 \\
 \alpha_2 & = \min \left[\frac{hb-d}{3hb} \cdot \left(\frac{H_{max}}{d} \right)^2; \frac{2d}{H_{max}} \right] \\
 & = \min \left[\frac{8.9-8.7}{3 \times 8.9} \cdot \left(\frac{7.308}{8.7} \right)^2; \frac{2 \times 8.7}{7.308} \right] \\
 & = \min[0.0054; 2.3809] = 0.0054
 \end{aligned}$$

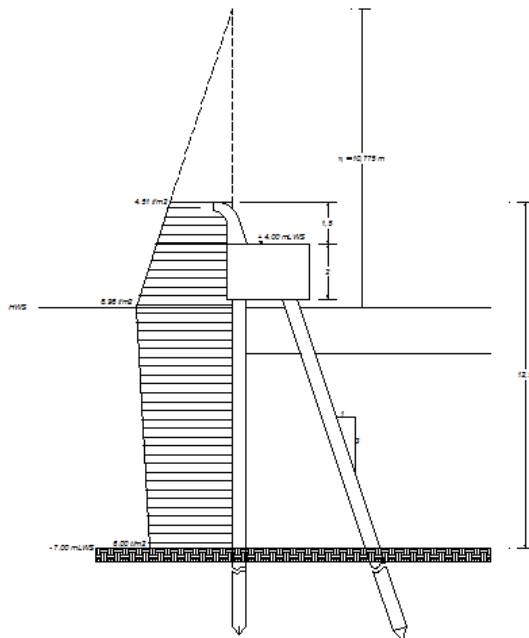
$$\begin{aligned}
 \alpha_3 & = 1 - \frac{h'}{h} \cdot \left(1 - \frac{1}{\cosh \frac{2\pi d}{L}} \right) \\
 & = 1 - \frac{8.7}{8.7} \cdot \left(1 - \frac{1}{1.1598} \right) = 0.862
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \eta & = 0.75 (1 + \cos\beta) H_{max} \\
 & = 0.75 (1 + \cos(15^\circ)) \times 7.308 = 10.775
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_1 & = \frac{1}{2} (1 + \cos\beta) (\alpha_1 + \alpha_2 \cos^2\beta) \gamma_w \cdot H_{max} \\
 & = \frac{1}{2} (1 + \cos(15^\circ)) \times (0.935 + 0.0054 \times \cos^2(15^\circ)) \times 1.03 \times 7.308
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 6.96 \text{ t/m}^2 \\
 P_3 &= \alpha_3 \cdot P_1 = 0.862 \times 6.96 = 6.00 \text{ t/m}^2 \\
 P_4 &= P_1 (1 - d_c/\eta) \\
 &= 6.96 (1 - 3.80/10.775) = 4.51 \text{ t/m}^2 \\
 P &= \frac{1}{2} (P_1 + P_3) h' + \frac{1}{2} (P_1 + P_4) d_c \\
 &= \frac{1}{2} (6.96 + 6.00) \times 8.7 + \frac{1}{2} (6.96 + 5.02) \times 3 \\
 &= 74.346 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Setelah dilakukan perhitungan tekanan gelombang menggunakan metode Goda, kemudian dapat dibuat grafik tekanan gelombang seperti pada Gambar 4.3.

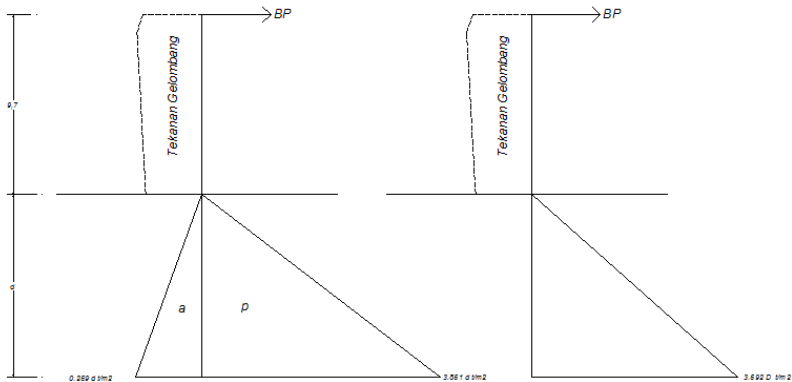


Gambar 4.3 Tekanan Gelombang (Goda)

4.4.2 Tekanan Tanah

Selain adanya tekanan dari gelombang terdapat juga tekanan horizontal dari tanah pada dasar breakwater, untuk data-data tanah yang dibutuhkan dalam perhitungan dapat dilihat pada bab 3. Sheet pile dianggap ditanamkan sepanjang d meter, lalu diberi bearing pile atau tiang pancang miring pada ujung sheet pile sebagai angkur. Nilai dari tekanan tanah disajikan dalam perhitungan berikut ini:

$$\begin{aligned}\sigma_{Ha} &= K_a \times \sigma_v \\ &= 0.259 \times \gamma' \times d \\ &= 0.259 \times (2-1) \times d = 0.259 d \\ \sigma_{Hp} &= K_p \times \sigma_v \\ &= 3.851 \times \gamma' \times d \\ &= 3.851 \times (2-1) \times d = 3.851 d\end{aligned}$$



Gambar 4.4 Diagram Tekanan Horizontal

”Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V EVALUASI LAYOUT

5.1 Umum

Perencanaan layout yang akan dilakukan pada bab ini hanya perencanaan fasilitas wilayah perairan saja karena breakwater direncanakan untuk melindungi layout perairan pelabuhan dari gelombang besar yang datang. Fasilitas tersebut berupa alur pelayaran dan layout breakwater. Pada dasarnya prinsip perencanaan lokasi perairan adalah agar kapal dapat bernavigasi secara aman dan nyaman di areal pelabuhan, sehingga didapatkan layout pelabuhan yang paling efektif dan efisien.

5.2 Perencanaan Alur Pelayaran

Untuk mengurangi tinggi gelombang yang masuk ke area pelabuhan, alur pelayaran harus dibuat berdasarkan ukuran yang diperlukan. Hal ini bertujuan untuk menyediakan pelayaran yang aman dan juga mencegah pengaruh arus yang ditimbulkan oleh gelombang pasang.

Selain panjang alur, lebar alur juga harus diperhatikan. Kebutuhan lebar alur sangat bergantung pada kondisi lingkungan. Perhitungan alur masuk dapat dilihat pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Tabel Perhitungan Alur Pelayaran

Lokasi	Ukuran	Keterangan
Alur (Entrance Channel)		
Kedalaman nominal (tidak termasuk toleransi dasar laut)	1,20 * D	Laut terbuka
	1,15 * D	Alur masuk
	1,10 * D	Depan dermaga
Lebar Untuk Alur Panjang	2 * LOA	Kapal sering berpapasan
	1,5 * LOA	Kapal jarang berpapasan
Lebar Untuk Alur Tidak Panjang	1,5 * LOA	Kapal sering berpapasan
	1 * LOA	Kapal jarang berpapasan
Panjang alur (stopping distance)	7 * LOA	± 10.000 DWT, 16 knots
	18 * LOA	± 200.000 DWT, 16 knots
	1 * LOA	± 10.000 DWT, 5 knots
	3 * LOA	± 200.000 DWT, 5 knots
	5 * LOA	Kapal ballast/kosong

Perhitungan perencanaan layout perairan akan menggunakan data kapal yang paling besar agar dapat memenuhi persyaratan

sandar kapal sesuai dengan buku *Technical Standards and Commentaries for Port and Harbour Facilities in Japan* dipadukan dengan KM 54 tahun 2002. Perhitungannya adalah sebagai berikut:

a. Areal penjangkaran (*anchorage area*)

Areal penjangkaran di asumsikan dengan metoda swinging dan berada pada kondisi penjangkaran baik, kemudian jumlah anchorage areanya sebanyak empat sesuai dengan lalu lintas angkutan, maka perhitungannya adalah sebagai berikut:

$$\text{Jumlah} = 4$$

$$\text{Kedalaman} = 1.5 \times \text{draft}$$

$$= 1.5 \times 9.56$$

$$= 14,34 \text{ m} \approx 15 \text{ m}$$

$$\text{Radius} = \text{LOA} + 6 \text{ D}$$

$$= \text{Panjang kapal} + 6 (\text{kedalaman air})$$

$$= 146.7 + 6 (12)$$

$$= 218.7 \text{ m}$$

$$= 219 \text{ m}$$

b. Alur masuk (*entrance channel*)

• Lebar Alur Masuk

Lebar alur direncanakan satu arah, maka perhitungannya adalah sebagai berikut :

$$\text{Lebar} = \text{LOA}$$

$$= 146.7 \text{ m}$$

$$= 147 \text{ m}$$

• Panjang alur (*stopping distance*)

Kapal pada saat sudah masuk alur pelabuhan direncanakan dibatasi kecepatannya 5 knot (2.5 m/dt) sebelum dipandu oleh tug boat, maka perhitungannya adalah sebagai berikut:

$$\text{Panjang alur} = 3 \text{ LOA}$$

$$= 3 (146.7)$$

$$= 440.1 \text{ m}$$

$$= 441 \text{ m}$$

- Kedalaman

Untuk menentukan kedalaman alur masuk, hal-hal yang harus diperhatikan adalah kecepatan kapal ketika mendekati dermaga untuk perairan tenang atau terbuka dan kondisi dasar laut dari perairan yang akan ditinjau. Kedalaman minimum untuk perairan terbuka dan kecepatan kapal >15 kts adalah $1.2x \text{ draft}$. Sehingga kedalaman alur masuk adalah :

$$\begin{aligned} \text{Kedalaman} &= 1.2 \times \text{draft} \\ &= 1.2 \times 9.56 \\ &= 11.472 \text{ m} \approx 12 \text{ m} \end{aligned}$$
- c. Kolam putar (*turning Basin*)
- Daimaeter Kolam Putar

Kapal direncanakan dipandu dengan bantuan kapal tug boat, maka perhitungannya adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Kolam} &= 3 \times \text{LOA} \\ &= 3 (146.7) \\ &= 440.1 \text{ m} \\ &= 441 \text{ m} \end{aligned}$$
 - Kedalaman kolam putar

Kedalaman kolam putar disesuaikan dengan kedalaman alur masuk yang dibutuhkan kapal ketika memasuki alur masuk. Jadi, kedalaman kolam putar yang dibutuhkan adalah -12 mLWS.
- d. Kolam Dermaga
- Panjang kolam dermaga

Merupakan panjang kolam dermaga atau panjang daerah teritorial kapal pada saat berlabuh di dermaga dengan pertimbangan dermaga adalah dermaga bebas, maka perhitungannya adalah sebagai berikut

$$\begin{aligned} \text{Panjang kolam} &= 1.25 \text{ LOA} \\ &= 1.25 (146.7) \\ &= 183.38 \text{ m} \\ &= 184 \text{ m} \end{aligned}$$

- Lebar kolam dermaga
Merupakan lebar kolam dermaga atau lebar daerah teritorial kapal pada saat berlabuh di dermaga dengan pertimbangan dermaga adalah dermaga bebas, maka perhitungannya adalah sebagai berikut :
Lebar kolam = 1.25 B
= 1.25 (24)
= 30 m
- Kedalaman
Kedalaman kolam dermaga disesuaikan dengan kedalaman kolam putar yang dibutuhkan kapal ketika memasuki alur masuk. Jadi, kedalaman kolam dermaga yang dibutuhkan adalah -12 mLWS.

Tabel 5.2 Hasil Perhitungan Layout Perairan

No.	Kebutuhan	Tinjauan	Dimensi	Keterangan
	Fasilitas Perairan			
1	Anchorage Area	Jumlah	4	area penjangkaran diletakkan pada kedalaman -15 mLWS, makatidak diperlukan pengerukan
		Radius	219 m	
		Kedalaman	15 m	
2	Alur Masuk (Entrance Channel)	Lebar	147 m	kedalaman eksisting di alur masuk adalah antara -7 mLWS sampai -12mLWS, maka diperlukan pengerukan
		Panjang	441 m	
		Kedalaman	12 m	
3	Kolam Putar (Turning Basin)	Diameter	441 m	dilakukan pengerukan karena kedalaman tidak mencukupi
		Kedalaman	12 m	
4	Kolam Dermaga	Lebar	184 m	dilakukan pengerukan karena kedalaman tidak mencukupi
		Panjang	30 m	
		Kedalaman	12 m	

Berdasarkan hasil perhitungan layout perairan yang kemudian ditabelkan pada Tabel 5.2 maka didapatkan layout perairan yang terdapat pada Gambar 5.1

5.3 Perencanaan Layout Breakwater

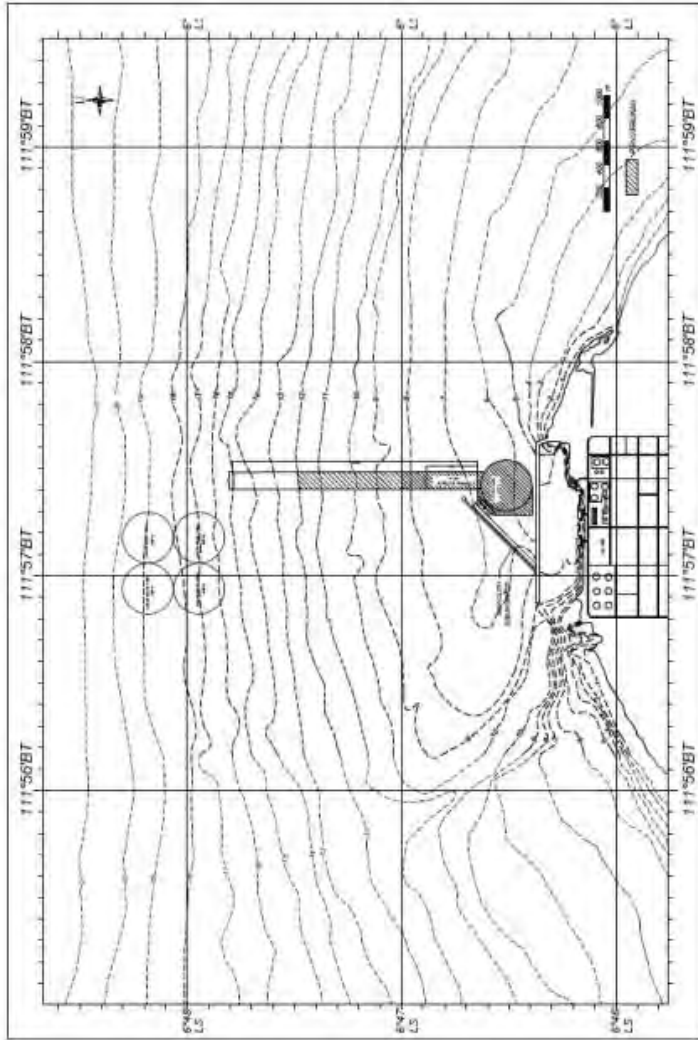
dalam tugas akhir ini layout yang digunakan berupa layout yang telah disepakati oleh owner sebagai patokannya dan tidak membuat layout baru hanya membuat segmentasi pada layout

asli. Layout tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.1. dasar-dasar evaluasi layout yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Mulut breakwater menghadap ke arah barat laut
2. Kedalaman perairan sebesar 12 meter. Karena terlalu jauh jaraknya jika mencapai kedalaman tersebut maka akan dibuat sampai kedalaman 7 meter lalu dilakukan pengerukan sampai kedalamannya tersebut.
3. Lebar alur diasumsikan kapal jarang berpapasan sebesar 147 meter, sedangkan panjang alurnya (*stopping distance*) diasumsikan untuk kapal LPG 15.000 DWT dengan kecepatan 5 Knots sebesar 441 meter.

Dalam penentuan layout ini digunakan data frekuensi rata-rata kejadian angin di Semarang. Dari data tersebut akhirnya didapatkan tinggi gelombang di laut dalam pada arah bangkitan gelombang yaitu barat laut, utara, dan timur laut. Tinggi gelombang di laut dalam tersebut selanjutnya direfraksi menuju ke laut dangkal perairan pelabuhan TPPI Tuban.

PELABUHAN PT. TPPI TANJUNG AWAR AWAR



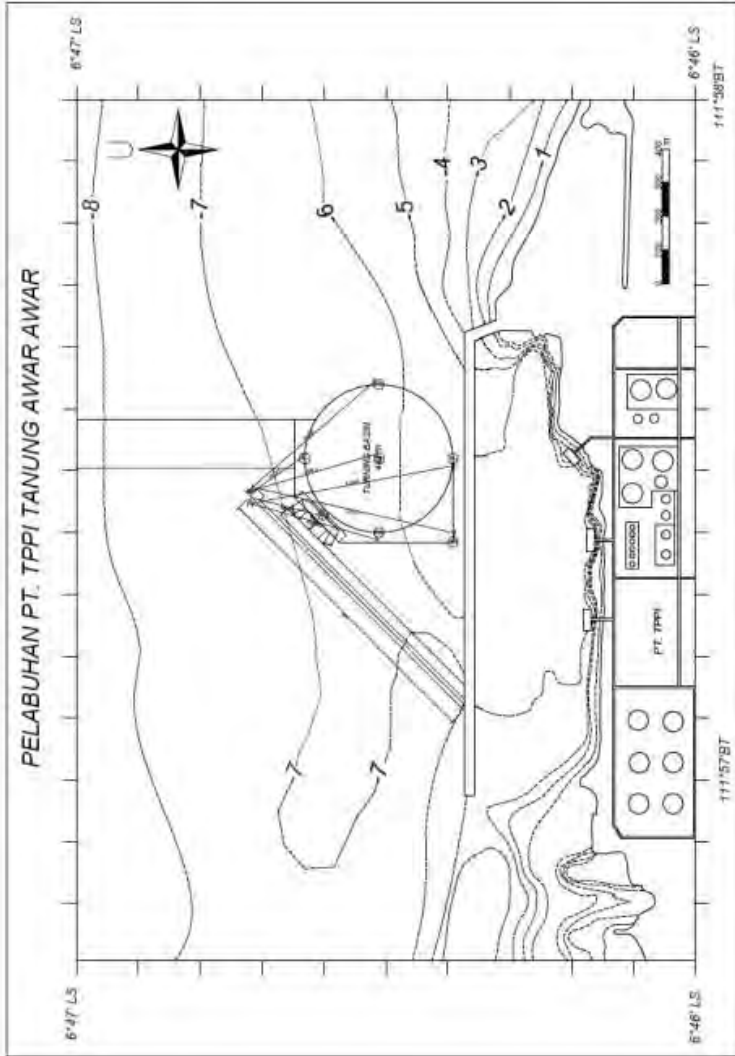
Gambar 5.1 Layout Breakwater

Gambar 5.1 diatas menunjukkan bahwa layout breakwater rancana terletak dengan ujung breakwater mencapai kedalaman -7 mLWS. Sehingga dalam penentuan evaluasi arah serta mulut breakwater, digunakan tinggi gelombang hasil refraksi pada kedalaman -7 mLWS. Tinggi gelombang refraksi pada kedalaman -7 mLWS tiap arah datang gelombang dapat dilihat pada lampiran.

5.4 Difraksi Gelombang

Apabila gelombang bergerak melalui suatu bangunan yang impermeable seperti pemecah gelombang maka akan terjadi suatu proses perpindahan energy di sepanjang puncak gelombang menuju daerah yang terlindung oleh bangunan. Proses ini secara umum disebut sebagai difraksi. Perhitunagn difraksi ini bertujuan untuk mengetahui tinggi gelombang yang terjadi pada posisi titik yang digunakan sebagai bertambatnya kapal, sehingga dapat diketahui apakah kapal yang bertambat dan melakukan aktifitas bongkar atau muat berada pada posisi yang aman dan nyaman dengan persyaratan tinggi gelombang maksimum yang diterima untuk kapal ukuran <50.000 GT dapat melakukan aktifitas bongkar / muat berbagai jenis muatan adalah 0.75 meter.

Difraksi dihitung pada kondisi tinggi gelombang maksimum sehingga didapatkan nilai suatu perhitungan untuk mengetahui breakwater aman dari semua tinggi gelombang. Perhitungan difraksi ini tidak hanya dihitung pada posisi yang digunakan kapal untuk bertambat, namun difraksi diperhitungkan pada beberapa wilayah terlindung. Titik tinjau lokasi perhitungan difraksi berjumlah 7 titik yang dapat dilihat pada Gambar 5.2. Sedangkan perhitungan difraksi dapat dilihat pada Tabel 5.3.



Gambar 5.2 Titik Tinjau Lokasi Perhitungan Defraksi Gelombang

Data-data yang digunakan perhitungan difraksi :

- θ_0 = Sudut datang gelombang dengan rintangan ($^\circ$)
 H = Besar refraksi gelombang yang terjadi ada kedalaman -7 mLWS (m).
 Lo = Panjang gelombang di laut dalam (m).
 X = Jarak titik rintangan dengan posisi titik tinjau dengan arah sejajar rintangan (m).
 Y = Jarak titik rintangan dengan posisi titik tinjau dengan arah tegak lurus rintangan (m).
 r = Jarak sebenarnya titik rintangan dengan dengan posisi titik tinjau (m).
 α = Sudut posisi titik tinjau dengan rintangan ($^\circ$).
 K' = Koefisien difraksi.
 H_A = Tinggi gelombang hasil difraksi (m).

Koefisien difraksi didapatkan dari Diagram Difraksi Gelombang, Shore Protection Manual Volume I, 1984. Koefisien difraksi (K') didapatkan dari penarikan garis jarak titik sebenarnya rintangan dengan sudut posisi titik tinjau pada diagram defraksi gelombang.

Tabel 5.3 Perhitungan Besar Difraksi Gelombang yang Terjadi Akibat Gelombang Utara

Titik	θ_0	H	T	$L_0 = 1,56 T^2$	X	Y	r	r/L ₀	β	K'	H _A	Ket.
	($^\circ$)	(m)	(d)	(m)	(m)	(m)	(m)		($^\circ$)		(m)	
1	45	1.44	6.06	57.352	112.33	162.58	197.61	3.45	80	1	1.44	not OK
2	45	1.44	6.06	57.352	55.46	217.37	224.33	3.91	31	0.31	0.45	OK
3	45	1.44	6.06	57.352	108.17	383.08	398.06	6.94	29	0.31	0.45	OK
4	45	1.44	6.06	57.352	112.33	383.08	399.21	6.96	61	0.26	0.37	OK
5	45	1.44	6.06	57.352	332.83	383.08	507.47	8.85	86	1	1.44	not OK
6	45	1.44	6.06	57.352	136.17	603.58	618.75	10.79	32	0.29	0.42	OK
7	45	1.44	6.06	57.352	112.33	603.58	613.94	10.70	56	0.9	1.29	not OK

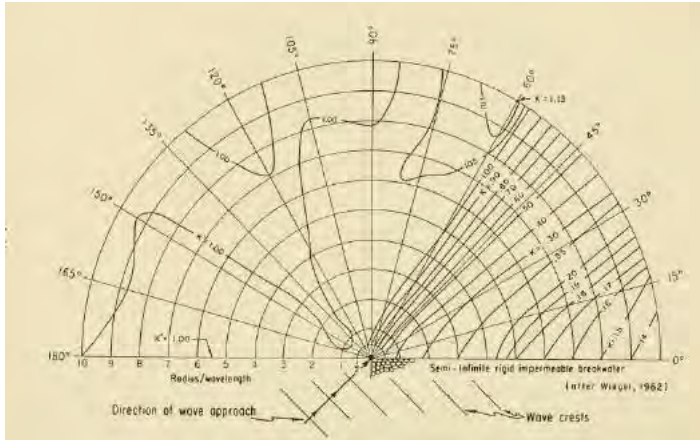
Tabel 5.4 Perhitungan Besar Difraksi Gelombang yang Terjadi Akibat Gelombang Barat Laut

Titik	θ_s	H	T	$L_s = 1,56 T^2$	X	Y	r	r/L_s	β	K'	H_A	Ket.
	($^\circ$)	(m)	(d)	(m)	(m)	(m)	(m)		($^\circ$)		(m)	
1	75	1.33	5.83	52.941	112.33	162.58	197.61	3.73	80	0.9	1.19	not OK
2	75	1.33	5.83	52.941	55.46	217.37	224.33	4.24	31	0.16	0.21	OK
3	75	1.33	5.83	52.941	108.17	383.08	398.06	7.52	29	0.115	0.15	OK
4	75	1.33	5.83	52.941	112.33	383.08	399.21	7.54	61	0.25	0.33	OK
5	75	1.33	5.83	52.941	332.83	383.08	507.47	9.59	86	1	1.33	not OK
6	75	1.33	5.83	52.941	136.17	603.58	618.75	11.69	32	0.11	0.15	OK
7	75	1.33	5.83	52.941	112.33	603.58	613.94	11.60	56	0.17	0.23	OK

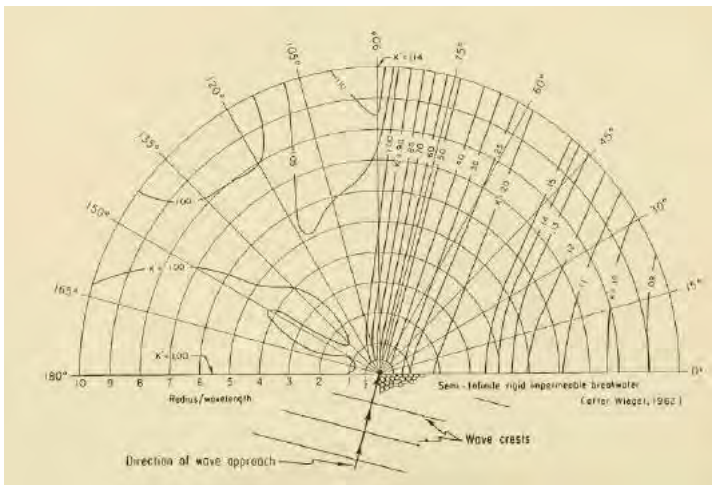
Tabel 5.5 Perhitungan Besar Difraksi Gelombang yang Terjadi Akibat Gelombang Barat

Titik	θ_s	H	T	$L_s = 1,56 T^2$	X	Y	r	r/L_s	β	K'	H_A	Ket.
	($^\circ$)	(m)	(d)	(m)	(m)	(m)	(m)		($^\circ$)		(m)	
1	105	0.58	3.84	23.006	112.33	162.58	197.61	8.59	80	0.17	0.0979	OK
2	105	0.58	3.84	23.006	55.46	217.37	224.33	9.75	31	0.082	0.0472	OK
3	105	0.58	3.84	23.006	108.17	383.08	398.06	17.30	29	0.08	0.0461	OK
4	105	0.58	3.84	23.006	112.33	383.08	399.21	17.35	61	0.09	0.0518	OK
5	105	0.58	3.84	23.006	332.83	383.08	507.47	22.06	86	0.18	0.1037	OK
6	105	0.58	3.84	23.006	136.17	603.58	618.75	26.89	32	0.085	0.0490	OK
7	105	0.58	3.84	23.006	112.33	603.58	613.94	26.69	56	0.085	0.0490	OK

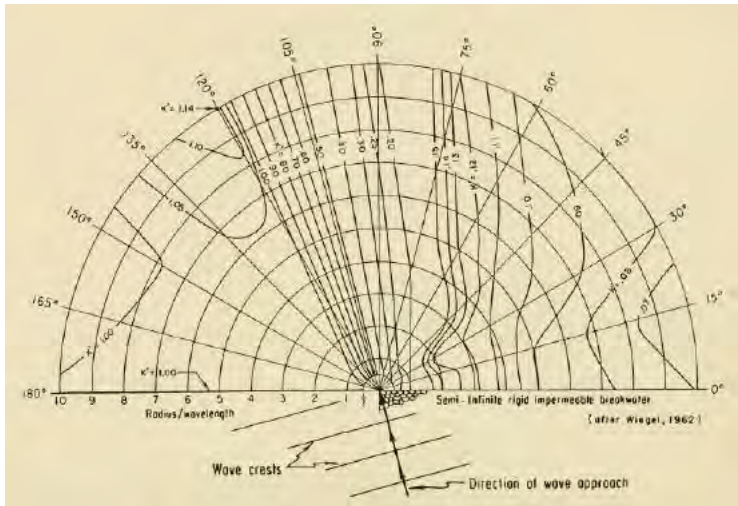
Pada Tabel 5.3-Tabel 5.5 dapat kita lihat bahwa terdapat beberapa titik yang mempunyai tinggi gelombang lebih dari 0.5 m terutama untuk gelombang dari arah utara terdapat 3 titik dengan frekuensi kejadian hingga 1091 jam atau sekitar 45 hari dapat dilihat pada bab III. Tinggi gelombang dari arah utara dengan frekuensi kejadian yang lama, sehingga dibutuhkan layout breakwater baru agar dapat mereduksi gelombang sesuai dengan tinggi gelombang yang disyaratkan yaitu sebesar 0.5 m.



Gambar 5.3 Diagram Difraksi Gelombang Arah 45°



Gambar 5.4 Diagram Difraksi Gelombang Arah 75°

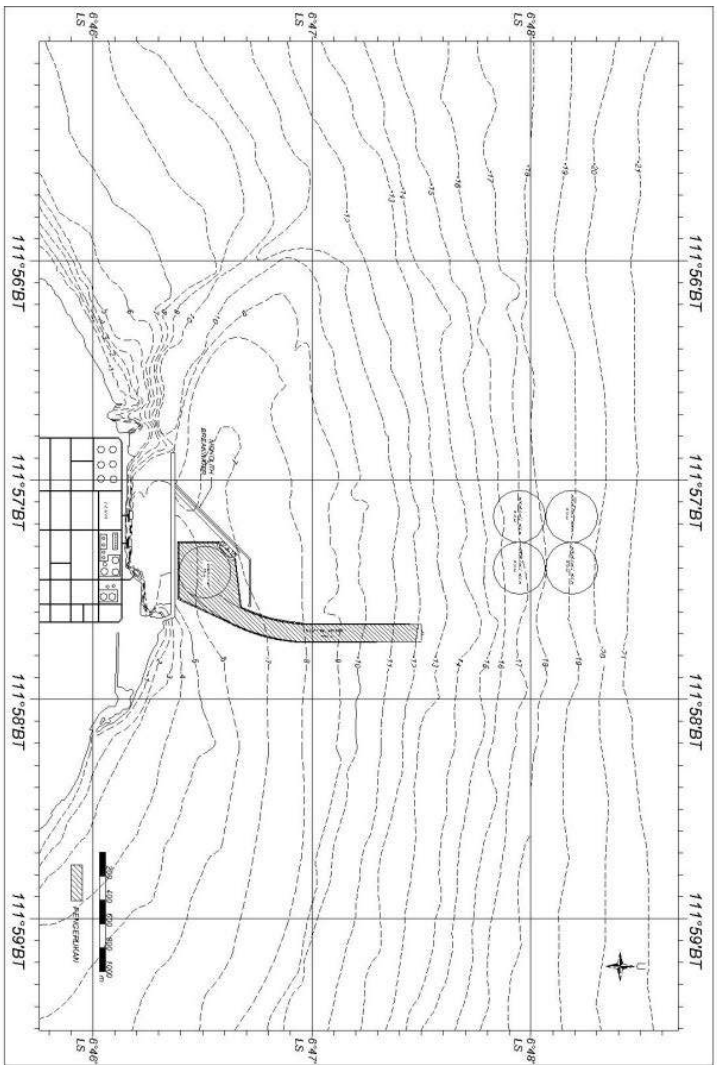


Gambar 5.5 Diagram Difraksi Gelombang Arah 135°

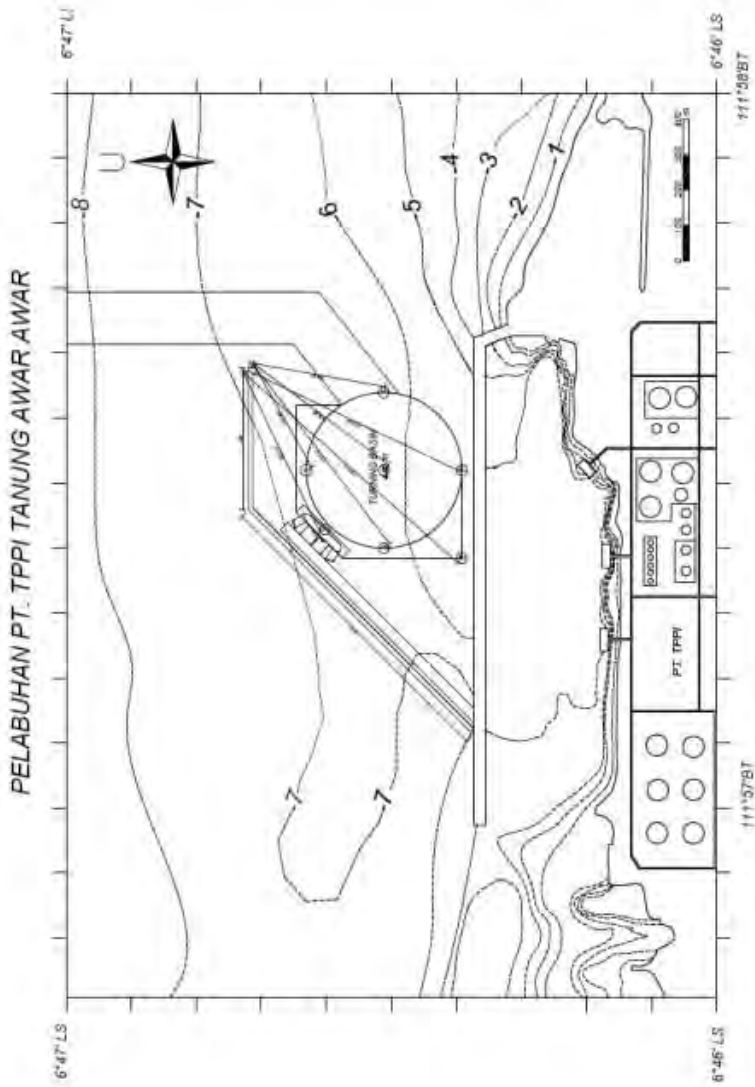
5.5 Penentuan dan Perencanaan Layout Baru

Subbab evaluasi dan difraksi layout perencana menunjukkan bahwa besar defraksi yang terjadi akibat breakwater perencana belum mampu mereduksi secara optimal gelombang datang. Maka untuk breakwater perlu direncanakan ulang dengan memperpanjang breakwater ke arah timur sejauh 400 meter. Gambar 5.6 adalah layout breakwater baru yang direncanakan dengan memperpanjang breakwater sepanjang 400 meter ke arah timur dengan ujung breakwater tetap berada pada kedalaman -7 mLWS.

Setelah ditentukan layout baru dari breakwater, maka perlu dihitung kembali apakah mampu mereduksi gelombang yang terjadi seperti pada perhitungan pada subbab sebelumnya.



Gambar 5.6 Layout Breakwater Baru



Gambar 5.7 Titik Tinjau Lokasi Perhitungan Defraksi Gelombang layout baru

Tabel 5.6 Perhitungan Besar Difraksi Gelombang yang Terjadi Akibat Gelombang Utara

Titik	θ_s ($^\circ$)	H (m)	T (d)	$L_s = 1,56 T^2$ (m)	X (m)	Y (m)	r (m)	r/L_s	β ($^\circ$)	K'	H_A (m)	Ket.
1	90	1.44	6.07	57.477	287.67	163.65	330.96	5.76	29	0.11	0.16	OK
2	90	1.44	6.07	57.477	455.45	218.44	505.12	8.79	25	0.085	0.12	OK
3	90	1.44	6.07	57.477	508.17	384.15	637.03	11.08	37	0.08	0.12	OK
4	90	1.44	6.07	57.477	287.67	384.15	479.92	8.35	53	0.12	0.17	OK
5	90	1.44	6.07	57.477	61.17	384.15	388.99	6.77	80	0.35	0.50	OK
6	90	1.44	6.07	57.477	536.17	604.65	808.13	14.06	48	0.1	0.14	OK
7	90	1.44	6.07	57.477	287.67	604.65	669.59	11.65	64	0.14	0.20	OK
8	90	1.44	6.07	57.477	300.00	531.60	610.41	10.62	60	0.128	0.18	OK

Tabel 5.7 Perhitungan Besar Difraksi Gelombang yang Terjadi Akibat Gelombang Barat Laut

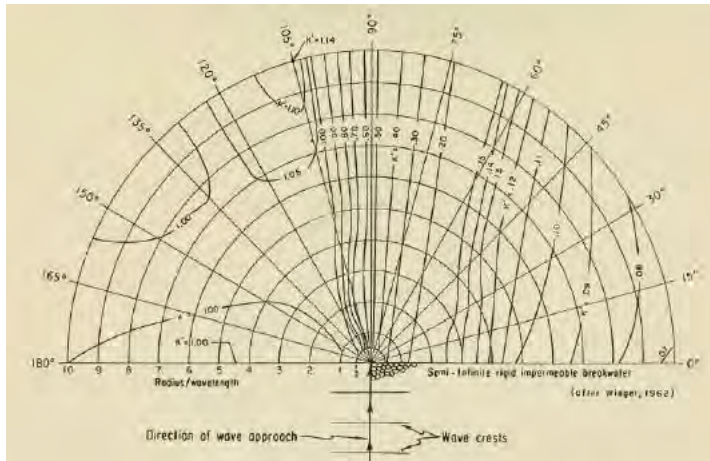
Titik	θ_s ($^\circ$)	H (m)	T (d)	$L_s = 1,56 T^2$ (m)	X (m)	Y (m)	r (m)	r/L_s	β ($^\circ$)	K'	H_A (m)	Ket.
1	120	1.33	5.83	52.941	287.67	163.65	330.96	6.25	29	0.075	0.10	OK
2	120	1.33	5.83	52.941	455.45	218.44	505.12	9.54	25	0.07	0.09	OK
3	120	1.33	5.83	52.941	508.17	384.15	637.03	12.03	37	0.07	0.09	OK
4	120	1.33	5.83	52.941	287.67	384.15	479.92	9.07	53	0.075	0.10	OK
5	120	1.33	5.83	52.941	61.17	384.15	388.99	7.35	80	0.12	0.16	OK
6	120	1.33	5.83	52.941	536.17	604.65	808.13	15.26	48	0.07	0.09	OK
7	120	1.33	5.83	52.941	287.67	604.65	669.59	12.65	64	0.075	0.10	OK
8	120	1.33	5.83	52.941	300.00	531.6	610.41	11.53	60	0.07	0.09	OK

Tabel 5.8 Perhitungan Besar Difraksi Gelombang yang Terjadi Akibat Gelombang Timur Laut

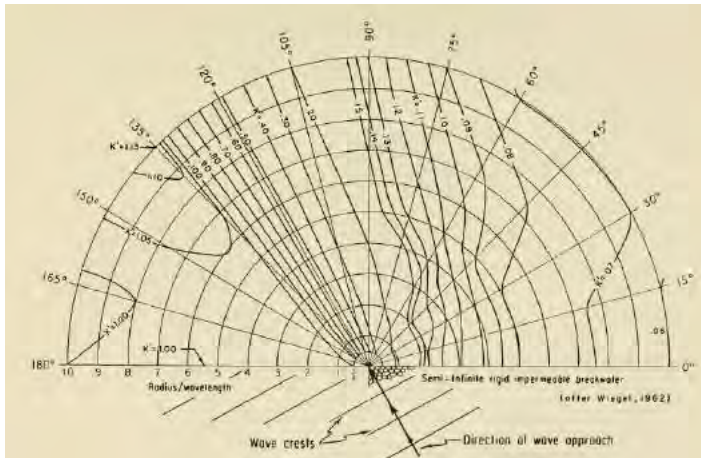
Titik	θ_s ($^\circ$)	H (m)	T (d)	$L_s = 1,56 T^2$ (m)	X (m)	Y (m)	r (m)	r/L_s	β ($^\circ$)	K'	H_A (m)	Ket.
1	60	1.50	6.19	59.81	287.67	163.65	330.96	5.53	29	0.16	0.24	OK
2	60	1.50	6.19	59.81	455.45	218.44	505.12	8.45	25	0.13	0.19	OK
3	60	1.50	6.19	59.81	508.17	384.15	637.03	10.65	37	0.17	0.25	OK
4	60	1.50	6.19	59.81	287.67	384.15	479.92	8.02	53	0.4	0.60	OK
5	60	1.50	6.19	59.81	61.17	384.15	388.99	6.50	80	1	1.50	not OK
6	60	1.50	6.19	59.81	536.17	604.65	808.13	13.51	48	0.35	0.52	OK
7	60	1.50	6.19	59.81	287.67	604.65	669.59	11.20	64	0.6	0.90	not OK
8	60	1.50	6.19	59.81	300.00	531.60	610.41	10.21	60	0.5	0.75	OK

Pada Tabel 5.6-Tabel 5.8 dapat kita lihat difraksi gelombang pada 3 arah yaitu utara, barat laut, dan timur laut. Pada arah utara dan barat laut gelombang yang terjadi pada area pelabuhan aman. Pada arah timur laut juga dapat dikatakan aman karena pada kolam pelabuhan gelombang yang terjadi kurang dari

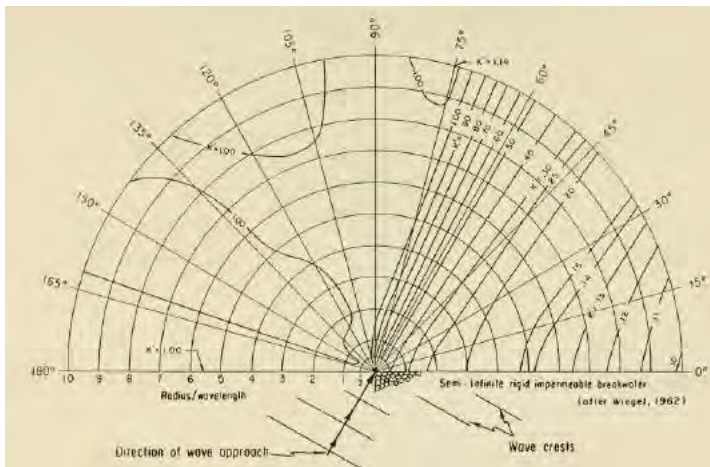
0.75 m, pada Tabel 5.8 terdapat beberapa titik yang tidak Ok itu berada pada posisi luar layout perairan. Untuk arah timur tinggi gelombang yang terjadi cukup rendah setelah terjadi refraksi, tinggi gelombang timur dapat dilihat pada bab 3, sehingga layout breakwater baru dapat digunakan.



Gambar 5.8 Diagram Difraksi Gelombang Arah 90°



Gambar 5.9 Diagram Difraksi Gelombang Arah 120°



Gambar 5.10 Diagram Difraksi Gelombang Arah 60°

5.6 Transmisi Gelombang

Transmisi gelombang pada breakwater ini di perlukan karena dalam perencanaannya breakwater di buat overtopping. Perhitungannya melihat Gambar 2.9 pada BAB II. Hasil perhitungannya dapat dilihat Tabel 5.9.

Tabel 5.9 Transmisi Gelombang

Arah	H	H_{transmisi}
Barat Laut	1.44	0.41
Utara	1.33	0.41
Timur Laut	1.50	0.41

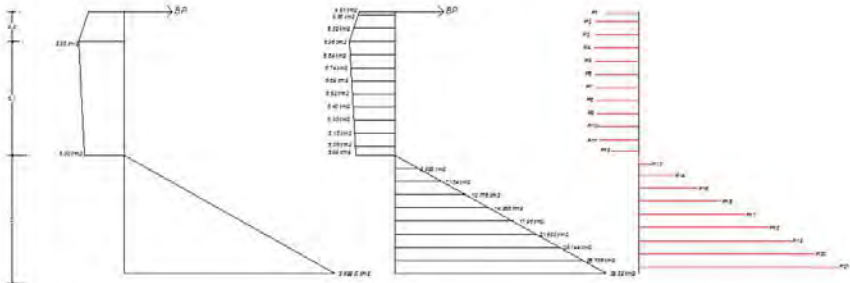
BAB VI STRUKTUR BREAKWATER

6.1 Perencanaan Sheet Pile (Panjang Pembedaman, Gaya Tie Rod, dan Momen Maximum)

Dalam mencari panjang pembedaman, gaya tie rod, dan momen maximum pada sheet pile terdapat beberapa metode. Dalam tugas akhir ini digunakan metode grafis.

Langkah awal dalam metode grafis adalah mengetahui tekanan horizontal seperti pada Gambar 6.1. dalam metode grafis sheet pile dianggap sebagai balok sederhana dengan perletakan di titik anchor (T) pada ujung sheet pile, dan titik $P = 0$ atau zero pressure atau contraflexure (R_d) dengan beban berupa tekanan tanah dan tekanan gelombang. $P=0$ pada kasus ini dianggap berada di *seabed*.

Kemudian diagram tekanan horizontal dibagi-bagi menjadi lapisan kecil untuk merubah diagram tekanan horizontal menjadi beban terpusat pada masing masing titik berat tiap lapisan tersebut. Dalam hal ini dibagi tiap 1m dan dirubah menjadi beban terpusat seperti pada Gambar 6.1. besarnya gaya tersebut dapat dilihat pada Tabel 6.1.

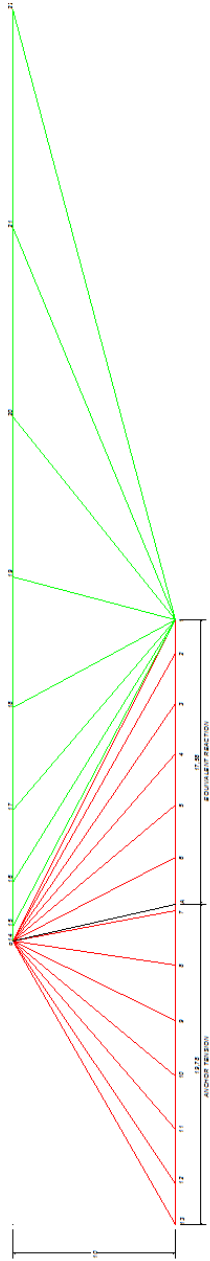


Gambar 6.1 Loading Diagram

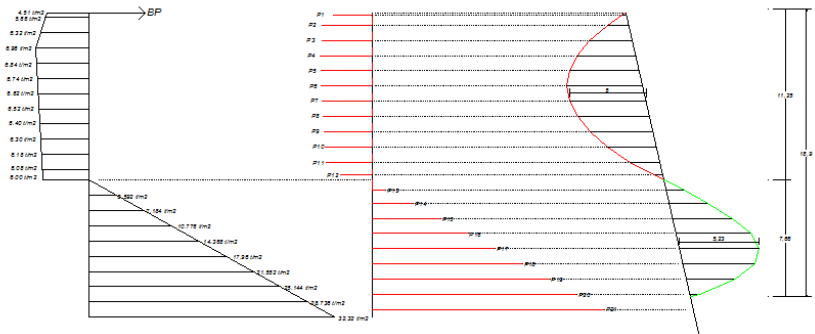
Tabel 6.1 Besar Gaya Terpusat

Nama	Gaya (ton)	Nama	Gaya (ton)
P1	5.09	P12	4.22
P2	5.99	P13	1.80
P3	6.64	P14	5.38
P4	6.90	P15	8.98
P5	6.80	P16	12.58
P6	6.68	P17	16.16
P7	6.58	P18	19.76
P8	6.46	P19	23.34
P9	6.36	P20	26.94
P10	6.24	P21	30.80
P11	6.14		

Setelah mengetahui beban terpusat yang terjadi pada sheet pile. Dapat digambar vector diagram seperti Gambar 6.2 dan diagram momen pada Gambar 6.3.



Gambar 6.2 Vector Diagram



Gambar 6.3 Momen Diagram

Dalam perhitungan ini dipakai skala sebagai berikut:

Panjang = 1 : 1m
 Lateral = 1 : 2 ton
 Momen = 1 : 20 ton.m

Jarak pole distance pada vector diagram dapat dicari dengan cara
 Pole distane = skala momen / (skala panjang x skala lateral)
 = 20 / (1x2) = 10

Untuk menggambar *vector diagram*, rangkai beban terpusat aktif yaitu P1 sampai P12 sebagai garis bawah mulai titik 1 hingga titik 13 pada *vector diagram*. Panjang 1-2 di vector diagram adalah sebesar P12 pada load diagram.

Tarik garis dari titik 1 ke titik 0, 2 ke titik 0, 3 ke titik 0, dan seterusnya. Lalu gambar garis yang sejajar dengan garis 1-0 ke dalam momen diagram dimulai dari titik 0' hingga memotong garis P1 dan seterusnya. Jika kurva momen sudah tergambar, tarik garis anchor dan beri titik A' lalu tarik garis dari titik 0' ke titik A' pada momen diagram. Gambar garis yang sejajar dengan 0'-A' pada vector diagram dari titik 0 ke A. Lanjutkan kurva untuk pasif hingga memotong garis sheetpile lagi.

Dari Gambar 6.2 dan Gambar 6.3 didapat hasil:

d	= D
	= 7.66 m
Gaya Anchor	= Garis A-14 x Skala Lateral
	= 19.78 x 2 ton
	= 39.56 ton
M max	= 5.23 x skala momen
	= 5.23 x 20 ton.m
	= 104.6 ton.m

6.2 Dimensi Sheet Pile

Penampang sheet pile dapat dicari dengan mencari *section modulus* minimum yang dibutuhkan dengan menggunakan persamaan:

$$Z_o = \frac{M_{max}}{f_y}$$

$$Z_o = \frac{104.6}{18200} = 0.00575 \text{ m}^3 = 5750 \text{ cm}^3$$

Z_o minimum yang dibutuhkan adalah 5750 cm^3 , maka dapat dipakai sheet pile berjenis steel sheet pipe pile D600 tebal 16 dengan pengunci LT 65x65x8 dari Nippon Steel Sumitomo Metal dengan mutu ASTM A252 grade 3.

Dimensi yang digunakan:

Diameter SSPP	= 600 mm
Tebal	= 16 mm
Junction	= 65,1 mm
Momen Inersia	= 188000 cm^4
Section Modulus	= 6280 cm^3
Fy	= 182 Mpa
Fu	= 455 Mpa

Dengan spesifikasi diatas sheetpile dengan diameter 600 mm dan tebal 16 mm sudah dapat digunakan, akan tetapi dalam pelaksanaan pemasangan sheetpile sangatlah sulit dalam sambungan dan penyambungan antar pengunci. Oleh karena itu

untuk meminimalisir banyaknya pengunci, digunakan diameter yang lebih besar yaitu D1000 mm dan tebal 16 mm dengan pengunci LT 65x65x8 dari Nippon Steel Sumitomo Metal dengan mutu ASTM A252 grade 3.

Dimensi yang digunakan:

Diameter SSPP	= 1000 mm
Tebal	= 16 mm
Junction	= 69,6 mm
Momen Inersia	= 560000 cm ⁴
Section Modulus	= 11200 cm ³
Fy	= 182 Mpa
Fu	= 455 Mpa

6.3 Dimensi dan Kedalaman Bearing Pile (Anchor)

Sheet pile tidak dapat dipasang begitu saja, diperlukan anchor pendukung kerja sheet pile yang dalam perencanaan ini digunakan bearing pile. Bearing pile dipasang sejarak 4 kali lebar sheet pile dan junction yaitu 4.25 m.

Dimensi Bearing Pile yang dipakai

Diameter	= 1000 mm
Tebal	= 16 mm
Mutu	= ASTM A252 Grade 2
Fy	= 182 Mpa
Fu	= 455 Mpa

Untuk menentukan kedalaman bearing pile, disesuaikan dengan gaya yang akan diterima oleh bearing pile tersebut. Dalam perhitungan sheet pile gaya yang diterima bearing pile dianggap horizontal. Oleh karena itu agar gaya horizontal tersebut dapat diteruskan ke bearing pile, maka dihitung dengan keseimbangan gaya seperti pada Gambar 6.4.



Gambar 6.4 Penguraian Gaya

Direncanakan bearing pile dengan kemiringan 3:1 atau dengan sudut $\alpha = 18.435$ terhadap bidang vertical. Maka gaya yang diterima oleh bearing pile adalah sebesar:

$$\begin{aligned} P \text{ horizontal} &= 39.56 \text{ ton/m} \cdot 4,25 \text{ m} \\ &= 168.13 \text{ ton per pile} \end{aligned}$$

$$SF = 3$$

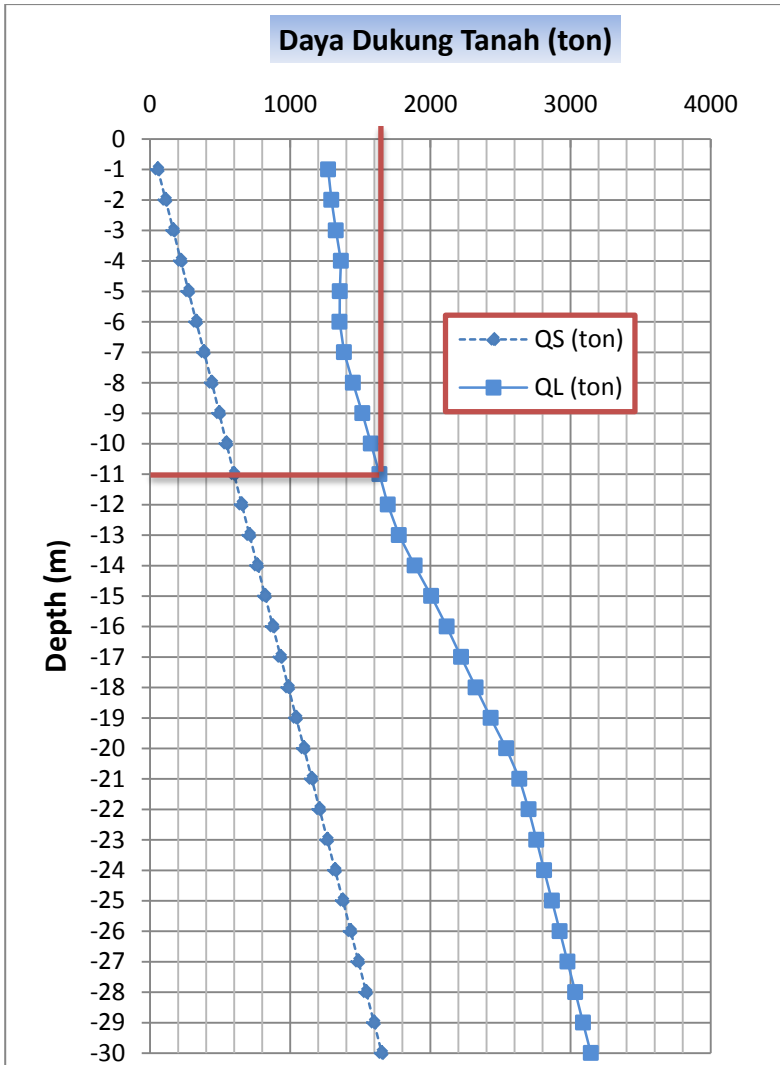
$$Q \text{ horizontal} = 504.39$$

$$\begin{aligned} Q \text{ bearing pile} &= Q \text{ horizontal} / \sin 18.435^\circ \\ &= 504.39 / 0.316 \\ &= 1596.17 \text{ ton} \end{aligned}$$

diatas bearing pile menerima gaya tekan, maka daya dukung yang digunakan adalah Q_L (Lihat Tabel 6.2). Kedalaman yang diperlukan untuk $Q = 1596.17$ ton adalah sebesar 11 m yang memiliki $Q_L = 1637.2$ ton atau dapat dilihat pada Gambar 6.5.

Tabel 6.2 Daya Dukung Tanah (D = 1000 mm)

Depth(m)	Elevation(mLWS)	N	N'	Np'	K	Ap	Qp	Nsf	Ns	qs	As	Qs	Qt (ton)	Qall (ton)
1.00	-1.000	80	47.5	38.7	40	0.78500	1215.2	50.0	50.0	17.7	3.14	55.5	1270.7	423.6
2.00	-2.000	75	45	37.7	40	0.78500	1182.7	50.0	50.0	17.7	6.28	111.0	1293.7	431.2
3.00	-3.000	60	37.5	36.9	40	0.78500	1159.6	50.0	50.0	17.7	9.42	166.5	1326.1	442.0
4.00	-4.000	48	31.5	36.4	40	0.78500	1142.2	48.0	49.5	17.5	12.57	219.9	1362.1	454.0
5.00	-5.000	49	32	34.4	40	0.78500	1079.4	49.0	49.4	17.5	15.71	274.4	1353.7	451.2
6.00	-6.000	50	32.5	32.6	40	0.78500	1022.5	50.0	49.5	17.5	18.85	329.9	1352.3	450.8
7.00	-7.000	50	32.5	31.8	40	0.78500	998.9	50.0	49.6	17.5	21.99	385.4	1384.3	461.4
8.00	-8.000	50	32.5	32.1	40	0.78500	1006.8	50.0	49.6	17.5	25.13	440.9	1447.6	482.5
9.00	-9.000	48	31.5	32.5	40	0.78500	1020.5	48.0	49.4	17.5	28.27	494.3	1514.8	504.9
10.00	-10.000	46	30.5	32.8	40	0.78500	1030.3	46.0	49.1	17.4	31.42	545.6	1575.9	525.3
11.00	-11.000	48	31.5	33.1	40	0.78500	1038.2	48.0	49.0	17.3	34.56	599.0	1637.2	545.7
12.00	-12.000	52	33.5	33.2	40	0.78500	1042.1	50.0	49.1	17.4	37.70	654.5	1696.6	565.5
13.00	-13.000	56	35.5	33.9	40	0.78500	1065.6	50.0	49.2	17.4	40.84	710.0	1775.6	591.9
14.00	-14.000	55	35	35.8	40	0.78500	1122.6	50.0	49.2	17.4	43.98	765.5	1888.1	629.4
15.00	-15.000	54	34.5	37.8	40	0.78500	1185.4	50.0	49.3	17.4	47.12	821.0	2006.4	668.8
16.00	-16.000	52	33.5	39.5	40	0.78500	1240.3	50.0	49.3	17.4	50.27	876.5	2116.8	705.6
17.00	-17.000	60	37.5	41.0	40	0.78500	1287.4	50.0	49.4	17.5	53.41	932.0	2219.4	739.8
18.00	-18.000	75	45	42.6	40	0.78500	1336.5	50.0	49.4	17.5	56.55	987.5	2324.0	774.7
19.00	-19.000	80	47.5	44.2	40	0.78500	1387.5	50.0	49.4	17.5	59.69	1043.0	2430.5	810.2
20.00	-20.000	80	47.5	45.9	40	0.78500	1442.4	50.0	49.5	17.5	62.83	1098.5	2540.9	847.0
21.00	-21.000	80	47.5	47.2	40	0.78500	1481.7	50.0	49.5	17.5	65.97	1154.0	2635.7	878.6
22.00	-22.000	80	47.5	47.5	40	0.78500	1491.5	50.0	49.5	17.5	69.12	1209.5	2701.0	900.3
23.00	-23.000	80	47.5	47.5	40	0.78500	1491.5	50.0	49.5	17.5	72.26	1265.0	2756.5	918.8
24.00	-24.000	80	47.5	47.5	40	0.78500	1491.5	50.0	49.5	17.5	75.40	1320.5	2812.0	937.3
25.00	-25.000	80	47.5	47.5	40	0.78500	1491.5	50.0	49.6	17.5	78.54	1376.0	2867.5	955.8
26.00	-26.000	80	47.5	47.5	40	0.78500	1491.5	50.0	49.6	17.5	81.68	1431.5	2923.0	974.3
27.00	-27.000	80	47.5	47.5	40	0.78500	1491.5	50.0	49.6	17.5	84.82	1487.0	2978.5	992.8
28.00	-28.000	80	47.5	47.5	40	0.78500	1491.5	50.0	49.6	17.5	87.96	1542.5	3034.0	1011.3
29.00	-29.000	80	47.5	47.5	40	0.78500	1491.5	50.0	49.6	17.5	91.11	1598.0	3089.5	1029.8
30.00	-30.000	80	47.5	47.5	40	0.78500	1491.5	50.0	49.6	17.5	94.25	1653.5	3145.0	1048.3



Gambar 6.5 Grafik Daya Dukung Tanah VS Kedalaman Tiang Pancang

6.4 Kontrol Tiang Pancang

1. Titik jepit tiang

- Sheetpile (tiang tegak)

Perhitungan letak jepit tanah terhadap tiang untuk tanah normally consolidated clay and granular, $Z_f = 1,8T$ dimana :

$$T = \left(\frac{E \cdot I}{nh} \right)^{\frac{1}{5}} \quad ; \text{nh diambil sebesar } 1200 \text{ kN/m}^3$$

$$T = \left(\frac{2100000 \times 560000}{1,2} \right)^{\frac{1}{5}}$$

$$= 250,176 \text{ cm} = 2,5 \text{ m}$$

$$Z_f = 1,8 \times 2,5$$

$$= 4,5 \text{ m (dibawah seabed)}$$

- Anchore pile (tiang miring)

Perhitungan letak jepit tanah terhadap tiang untuk tanah normally consolidated clay and granular, $Z_f = 1,8T$ dimana :

$$T = \left(\frac{E \cdot I}{nh} \right)^{\frac{1}{5}} \quad ; \text{nh diambil sebesar } 1200 \text{ kN/m}^3$$

$$T = \left(\frac{2100000 \times 599000}{1,2} \right)^{\frac{1}{5}}$$

$$= 253,567 \text{ cm} = 2,54 \text{ m}$$

$$Z_f = 1,8 \times 2,54$$

$$= 4,56 \text{ m (dibawah seabed)}$$

2. Kontrol Tegangan Tiang Pancang

- Sheet Pile

Tegangan yang terjadi akibat beban aksial (P) dan momen (M) pada tiang pancang harus lebih kecil dari tegangan ijin ($\sigma_{ijin} = 1820 \text{ kg/cm}^2$). Adapun perumusannya adalah sebagai berikut :

$$\sigma = \frac{M \cdot y}{I}$$

Dimana :

$M = 104,6 \text{ tonm} = 104600 \text{ kgm}$
 $A = \text{luas penampang tiang pancang} = 0,022 \text{ m}^2$
 $I = \text{momen inersia tiang pancang} = 0,00056 \text{ m}^4$
 $y = 0,5 \times \text{diameter tiang pancang} = 0,5 \text{ m}$
 Maka,

$$\sigma = \frac{104600 \times 0,5}{0,0056} = 9339285,714 \text{ kg/m}^2$$

$$\sigma = 933,93 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} < 1820 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \dots \text{OK}$$

- **Tiang Miring**

Tegangan yang terjadi akibat beban aksial (P) dan momen (M) pada tiang pancang harus lebih kecil dari tegangan ijin ($\sigma_{ijin} = 1820 \text{ kg/cm}^2$). Adapun perumusannya adalah sebagai berikut :

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

Dimana :

$P = 1595,02 \text{ ton} = 1595020 \text{ kgm}$
 $A = \text{luas penampang tiang pancang} = 0,022 \text{ m}^2$
 $I = \text{momen inersia tiang pancang} = 0,00056 \text{ m}^4$
 $y = 0,5 \times \text{diameter tiang pancang} = 0,5 \text{ m}$
 Maka,

$$\sigma = \frac{1595020}{0,022} = 72500909,09 \text{ kg/m}^2$$

$$\sigma = 725,01 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} < 1820 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \dots \text{OK}$$

3. Kontrol Tiang Pancang Berdiri Sendiri

- Sheet pile (Tiang Tegak)

Tiang pancang pada saat pelaksanaan harus dikontrol terhadap frekwensi gelombang sehingga tiang akan stabil walaupun pada saat berdiri sendiri. ω gelombang diambil sebesar $\frac{1}{6} S^{-1}$. Dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\omega_t = 1,73 \sqrt{\frac{EI}{\left(\frac{W \cdot i^3}{g}\right)}} \geq \omega$$

Dimana:

$$E = 2,1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

$$I = 599000 \text{ cm}^4$$

$$w = 7825 \text{ kg}$$

$$i = 10,5 \text{ m}$$

ω sheet pile

$$\omega_t = 1,73 \sqrt{\frac{2,1 \times 10^6 \cdot 59,9 \times 10^5}{\left(\frac{7825 \cdot 1050^3}{1000}\right)}} \geq 4,6$$

$$\omega_t = 64,48 \text{ s} \geq 4,6 \text{ s}$$

- Sheet pile (Tiang Tegak)

Tiang pancang pada saat pelaksanaan harus dikontrol terhadap frekwensi gelombang sehingga tiang akan stabil walaupun pada saat berdiri sendiri. ω gelombang diambil sebesar $\frac{1}{6} S^{-1}$. Dengan perhitungan sebagai berikut :

Dimana:

$$E = 2,1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

$$I = 560000 \text{ cm}^4$$

$$w = 9085 \text{ kg}$$

$$i = 10,5 \text{ m}$$

ω tiang pancang miring

$$\omega_t = 1,73 \sqrt{\frac{2,1 \times 10^6 \cdot 56 \times 10^5}{\left(\frac{9085 \cdot 1050^3}{1000}\right)}} \geq 4,6$$

$$\omega_t = 57,85 \text{ s} \geq 4,6 \text{ s}$$

Dari perhitungan di atas didapatkan bahwa tiang pancang stabil terhadap frekwensi gelombang dan mampu berdiri sendiri.

6.5 Perhitungan Kalendering

- Kalendering tiang pancang tegak :

Data dan asumsi awal perhitungan kalendering adalah :

$$\emptyset_{\text{tiang}} = 100 \text{ cm}$$

$$t = 1,6 \text{ cm}$$

$$P = 101,174 \text{ ton}$$

$$SF = 3$$

$$Qu = 3 \times 101,174 = 303,522 \text{ ton}$$

$$\alpha = 2,5 \text{ (hydrolic hammer)}$$

$$W = 5 \text{ ton (hydrolic hammer)}$$

$$H = 2 \text{ m, tinggi jatuh hammer kondisi normal}$$

$$C_1 = 5 \text{ mm (hard cushion + packing)}$$

$$C_2 = 10 \text{ mm (Steel Pile)}$$

$$C_3 = 4 \text{ (soft ground)}$$

$$n = 0,32 \text{ (compact wood cushion on steel pile)}$$

Panjang tiang pancang tegak yang dibutuhkan,

$$L = 20 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} W_p &= 0,25\pi (D^2 - D_1^2) \times L_{\text{tiang}} \times \gamma_{\text{tiang}} \\ &= 0,25\pi (100^2 - 98,4^2) \times 2000 \times 7,85 \times 10^{-6} \\ &= 3,91 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$C = C_1 + C_2 + C_3 = 5 + 10 + 4 = 19 \text{ mm} = 0.019 \text{ m}$$

$$303,522 = \frac{2,5 \cdot 5 \cdot 2}{S + 0,5 \cdot 0,019} \times \frac{5 + 0,32^2 \cdot 3,91}{5 + 3,91}$$

$$\frac{303,522}{0,606} = \frac{2,5 \cdot 5 \cdot 2}{S + 0,5 \cdot 0,019}$$

$$500,522S + 4,578 = 25$$

$$S = 0,041 \text{ m} = 41 \text{ mm}$$

Jadi final set kalendering yang digunakan untuk tiang pancang tegak adalah 41 mm/10 blow .

- Kalendering tiang pancang miring :

Data dan asumsi awal perhitungan kalendering adalah :

$$\emptyset_{\text{tiang}} = 100 \text{ cm}$$

$$t = 1,6 \text{ cm}$$

$$P = 531,67 \text{ ton}$$

$$SF = 3$$

$$Q_u = 531,67 \times 3 = 1595,02 \text{ ton}$$

$$\alpha = 2,5 \text{ (hydrolic hammer)}$$

$$W = 5 \text{ ton (hydrolic hammer)}$$

$$H = 2 \text{ m, tinggi jatuh hammer kondisi normal}$$

$$C_1 = 5 \text{ mm (hard cushion + packing)}$$

$$C_2 = 10 \text{ mm (Steel Pile)}$$

$$C_3 = 4 \text{ (soft ground)}$$

$$n = 0,32 \text{ (compact wood cushion on steel pile)}$$

Panjang tiang pancang miring yang dibutuhkan,

$$L = \sqrt{20^2 + \left(\frac{20}{3}\right)^2} = 21,1 \text{ m} \sim 22 \text{ m}$$

$$W_p = 0,25\pi (D^2 - D_1^2) \times L_{\text{tiang}} \times \gamma_{\text{tiang}}$$

$$= 0,25\pi (100^2 - 98,4^2) \times 2200 \times 7,85 \times 10^{-6}$$

$$= 4,31 \text{ ton}$$

$$C = C_1 + C_2 + C_3 = 5 + 10 + 4 = 19 \text{ mm} = 0.019 \text{ m}$$

$$1595,02 = \frac{2,5 \cdot 5 \cdot 2}{S + 0,5 \cdot 0,019} \times \frac{5 + 0,32^2 \cdot 4,31}{5 + 4,31}$$

$$\frac{1595,02}{0,584} = \frac{2,5 \cdot 5 \cdot 2}{S + 0,5 \cdot 0,019}$$

$$2729,038S + 23,926 = 25$$

$$S = 0,0039 \text{ m} = 3,9 \text{ mm}$$

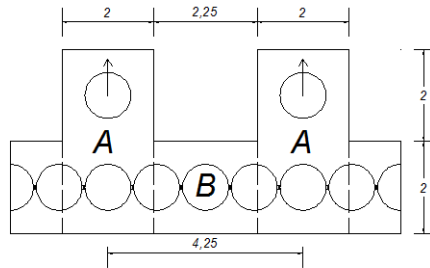
Jadi final set kalendering yang digunakan untuk tiang pancang tegak adalah 3,9 mm/10 blow .

6.6 Perlindungan Korosi

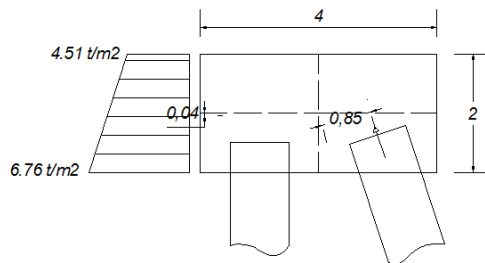
Dalam tugas akhir ini tiang pancang miring dan sheet pile diberi perlindungan terhadap korosi dengan cara di cat atau sering disebut *coating*.

6.7 Kepala Sheet Pile (*Bulkhead*)

Bulkhead diperlukan untuk mengikat sheetpile dengan tiang pancang miring. Dalam perencanaan ini terdapat dua jenis bulkhead yaitu, bulkhead dengan bearing pile (bulkhead A) dan bulkhead tanpa bearing pile (bulkhead B) (Gambar 6.6). Terdapat gaya-gaya yang bekerja pada bulkhead seperti gaya tekanan gelombang dan gaya dari bearing pile (Gambar 6.7),



Gambar 6.6 Rencana Dimensi Bulkhead



Gambar 6.7 Gaya yang Terjadi pada Bulkhead

Bulkhead dengan bearing pile (Bulkhead A)

Data data perencanaan

Lebar (b)	= 200 cm
Tinggi (h)	= 200 cm
Panjang	= 400 cm
Selimit beton	= 8 cm

Mutu Beton

σ'_{bk}	= 300 kg/cm ²
σ'_b	= 116,67 kg/cm ²
E_b	= 1,2 x 10 ⁵ kg/cm ²

Mutu Baja

$$\sigma_{au} = 320 \text{ Mpa} = 3200 \text{ kg(U-32)}$$

$$E_a = 2,1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_a = \sigma'_a = 1850 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma^*_{au} = 2780 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Diameter Tulangan} &= 29 \text{ mm (tul. utama)} \\ &= 29 \text{ mm (senggang)} \end{aligned}$$

n = Angka ekivalensi antara modulus elastisitas baja dengan modulus tekan beton

$$n = \frac{E_a}{E_b} = \frac{2,1 \times 10^6}{1,2 \times 10^5} = 17,5$$

Gaya yang Bekerja

$$\begin{aligned} \text{Bearing pile} &= 168.13 \text{ ton/ sin}18.435^\circ \\ &= 531.672 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tekanan Gelombang} &= \frac{(5.48+6.76)}{2} \times 2 \\ &= 12.24 \end{aligned}$$

Momen yang terjadi pada bulkhead

$$\begin{aligned} \text{Momen} &= \text{Qult BP . eksen} + \text{tekanan gelombang . eksen} \\ &= 531.672 \times 0.85 + 12.24 \times 0.04 \\ &= 452.411 \text{ ton.m} \end{aligned}$$

Perhitungan Tulangan Tumpuan

$$\begin{aligned} h_x &= h_t - \text{selimut beton} - \phi_{\text{geser}} - 0.5\phi_{\text{lentur}} \\ &= 2000 - 80 - 29 - 0.5 \times 29 \\ &= 1880.5 \text{ mm} = 188.05 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$M = 452.411 \text{ ton.m} = 452411 \text{ kgm}$$

$$\begin{aligned} Ca &= \frac{h}{\sqrt{\frac{n.M}{b.\sigma_a}}} = \frac{188.05}{\sqrt{\frac{17.5.452411}{2.1850}}} \\ &= 4.056 \end{aligned}$$

$$\Phi_o = \frac{\sigma_a}{n.\sigma_b} = \frac{1850}{17.5 \times 116.67} = 0.906$$

Poer ini didesain dengan menggunakan $\delta = 0,4$ (asumsi simetris, tulangan tekan dan tarik sama) dengan $C_a = 4,056$, dari tabel perhitungan cara “n” lentur didapatkan :

$$\Phi = 2.448$$

$$\Phi > \Phi_o \quad (\text{Ok})$$

$$100n\omega = 6.632$$

Sehingga,

$$\omega = 6.632 / (100 \times 17,5) = 0,00379$$

Tulangan Tarik

$$A_s = \omega b h$$

$$= 0,00379 \times 200 \times 188,05$$

$$= 142,23 \text{ cm}^2 = 14223 \text{ mm}^2$$

Dipasang 22 –D29 dengan luas (14531,44 mm²)

Tulangan Tekan

$$A' = \delta A_s$$

$$= 0,4 \times 14223 = 5689 \text{ mm}^2$$

Dipasang 9 –D29 dengan luas (5944,68 mm²)

Tulangan Samping

$$A = 10\% \cdot A_s$$

$$= 10\% \cdot 14223 = 1422,3 \text{ mm}^2$$

Dipasang 3 –D29 dengan luas (1981,56 mm²)

Cek jarak tulangan tarik

$$S = \frac{B - 2 \cdot \text{decking} - 2\phi_{geser} - n\phi_{lentur}}{n - 1}$$

$$= \frac{150 - 2 \times 8 - 2 \times 2,9 - 22 \times 2,9}{22 - 1}$$

$$= 6 \text{ cm} < 3,9 \text{ cm (Ok)}$$

Karena $S < D + 1 \text{ cm} = 3,9 \text{ cm}$, maka tulangan dibuat satu baris

Kontrol Retak

Berdasarkan PBI 1971 pasal 10.7.1b retak yang diijinkan sebesar 0.1 mm. Dengan menggunakan tabel 10.7.1 PBI 1971 maka didapat koefisien:

Koefisien untuk perhitungan lebar retak untuk balok yang mengalami lentur murni

$$\omega_p = \frac{A_s}{b \cdot h}; C_3 = 1.50; C_4 = 0.04 \text{ dan } C_5 = 7.5$$

$$\text{maka, } \omega_p = \frac{13987}{200 \times 187,65} = 0.372$$

$$\sigma_a = \frac{\sigma_a}{\Phi} = \frac{1850}{2,704} = 684,172$$

Besarnya lebar retak pada pembebanan tetap akibat beban kerja dihitung dengan rumus berikut ini:

$$w = \alpha \times \left(C_3 \cdot c + C_4 \cdot \frac{d}{\omega_p} \right) \left(\sigma_a - \frac{C_5}{\omega_p} \right) 10^{-6} \quad (cm)$$

$$w = 1 \times \left(1,5 \cdot 8 + 0,04 \cdot \frac{2,9}{0,37} \right) \left(684,172 - \frac{7,5}{0,372} \right) 10^{-6} \quad (cm)$$

$$W = 0.008 < 0.01 \text{ cm (Ok)}$$

Bulkhead tanpa bearing pile (Bulkhead B)

Tulangan pada bulkhead B meneruskan tulangan yang ada pada Bulkhead A, dikarenakan gaya yang terjadi pada bulkhead B terlalu kecil yang mengakibatkan jumlah tulangan yang sedikit.

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

BAB VII

PERHITUNGAN Pengerukan

7.1 Umum

Pengerukan pada alur masuk perlu dilakukan karena kedalaman yang ada sekarang tidak memenuhi kriteria kedalaman untuk kapal 15.000 DWT, dimana kedalaman perairan yang diperlukan adalah -12.00 mLWS sedangkan kedalaman perairan yang ada hanya -7.00 mLWS sampai -12.00 mLWS. Untuk itu diperlukan adanya pengerukan hingga sedalam 5m. Langkah-langkah dalam merencanakan pengerukan yaitu sebagai berikut:

1. Menentukan peralatan yang digunakan
2. Menghitung produktivitas

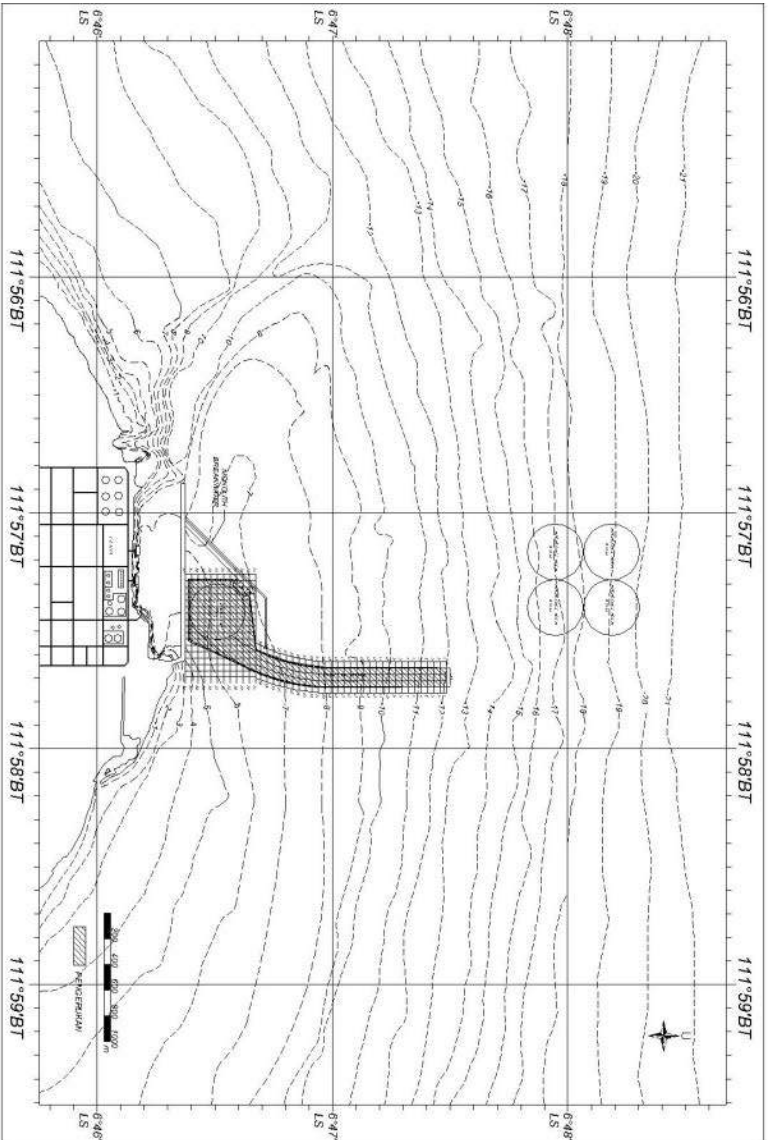
7.2 Menentukan Peralatan Pengerukan

dalam menentukan kapal keruk (*dredger*) yang digunakan dalam pengerukan ini ada beberapa hal yang perlu diperhatikan. beberapa hal yang menjadi pertimbangan dalam pemilihan jenis kapal keruk adalah:

1. Volum pekerjaan
2. Jenis material
3. Kedalaman Perairan

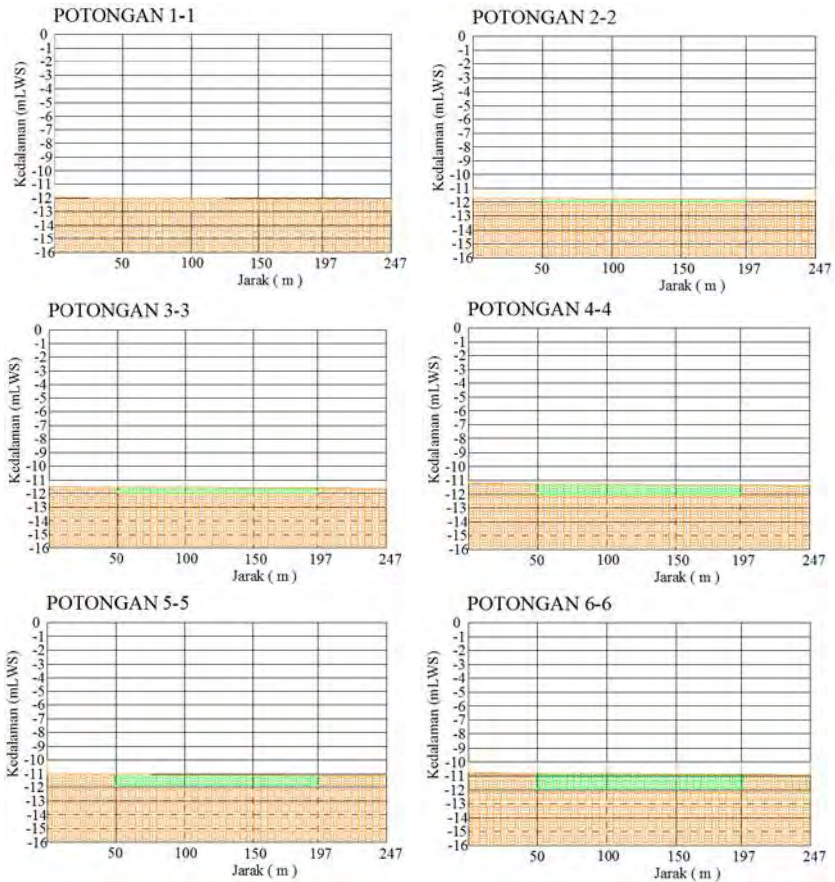
7.2.1 Perhitungan Volume Material

Pada BAB IV dijelaskan bahwa kedalaman kondisi eksisting dengan kebutuhan kapal untuk bersandar tidak terpenuhi (Lihat Gambar 4.6). Dalam penentuan volume dilakukan dengan cara membagi-bagi layout yang akan dikeruk dengan beberapa cross section (Lihat Gambar 7.1). *Slope* pada pengerukan ini sebesar 1:1,5 sesuai dengan pedoman teknis pengerukan dan reklamasi, Departemen perhubungan Tahun 2006

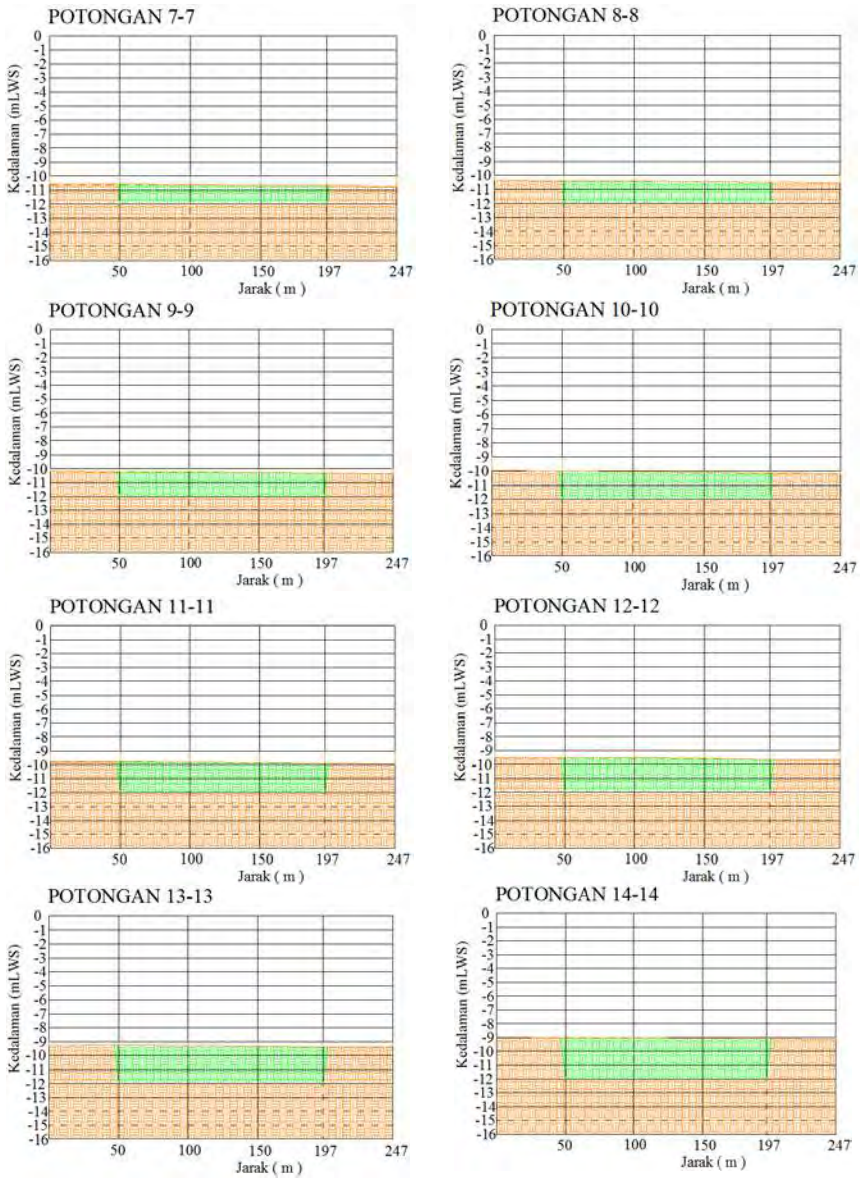


Gambar 7.1 Pembagian Area Pengerukan

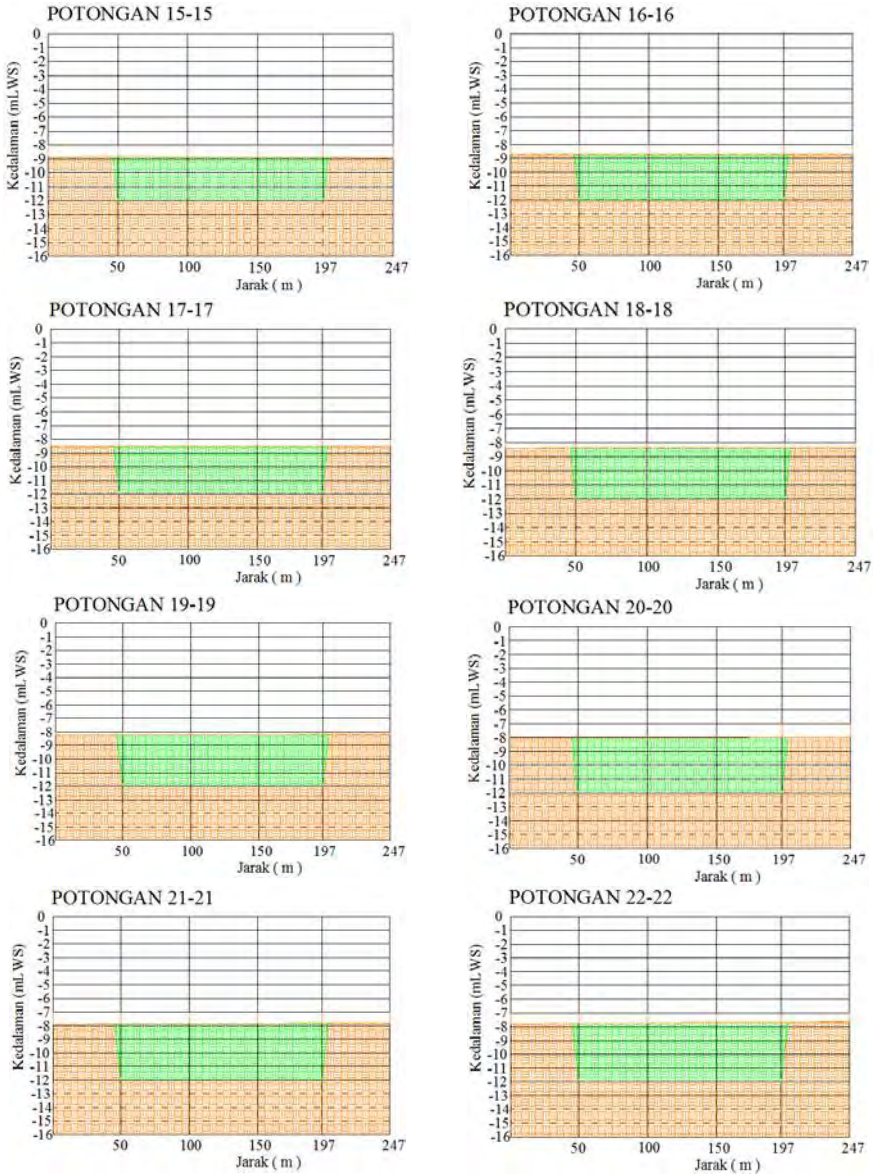
Dari gambar diatas perhitungan volume dibagi menjadi 42 *cross section*. Berikut merupakan potongan melintang dan tabel perhitungan volume:



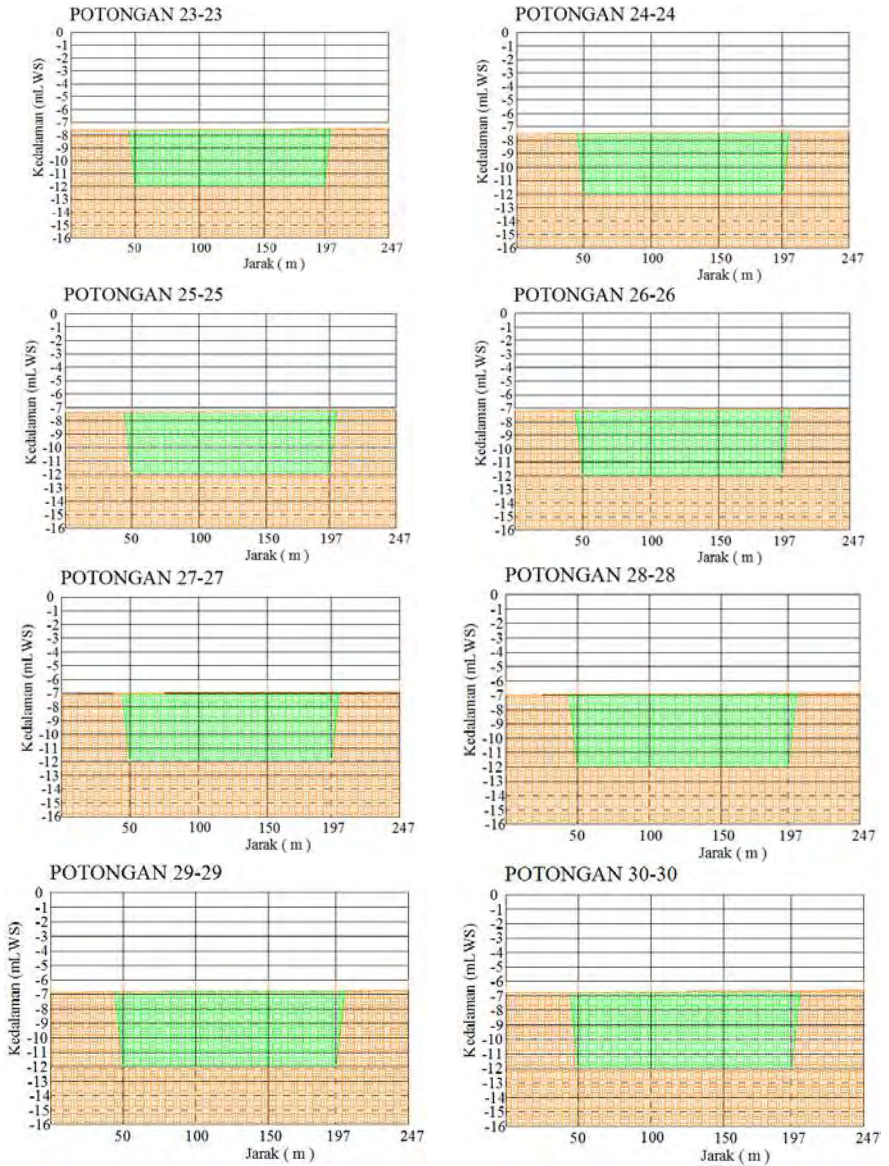
Gambar 7.2 *Cross Section* Pengerukan



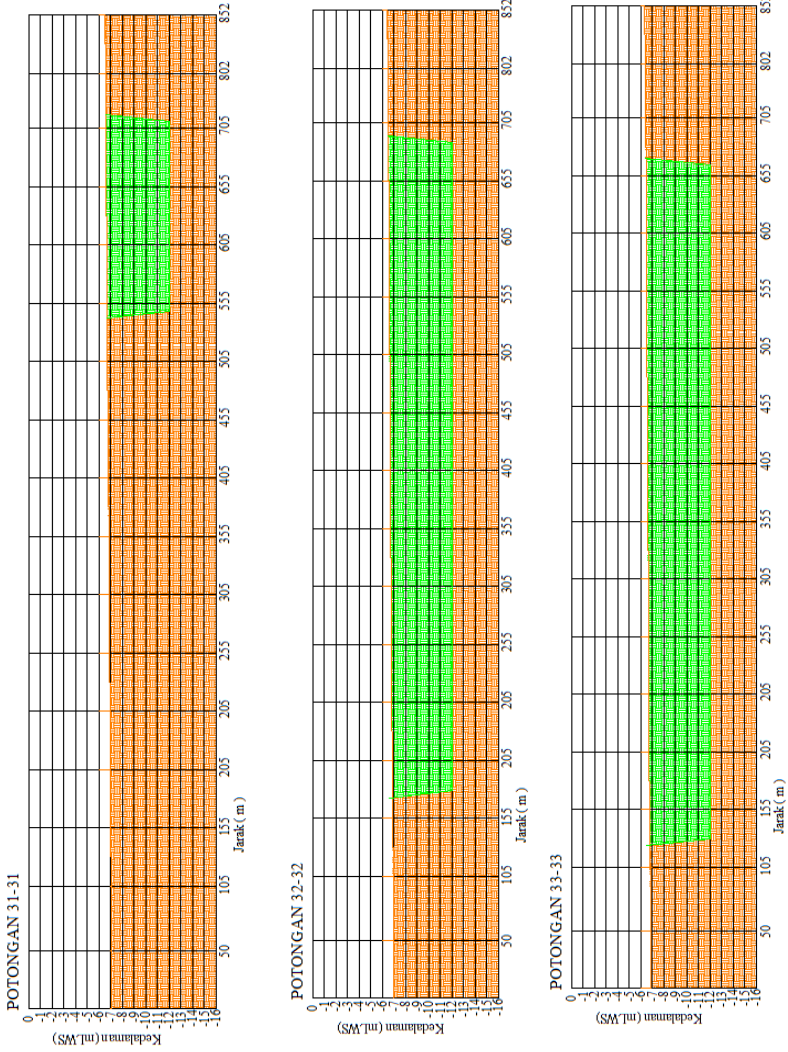
Gambar 7.2 Lanjutan



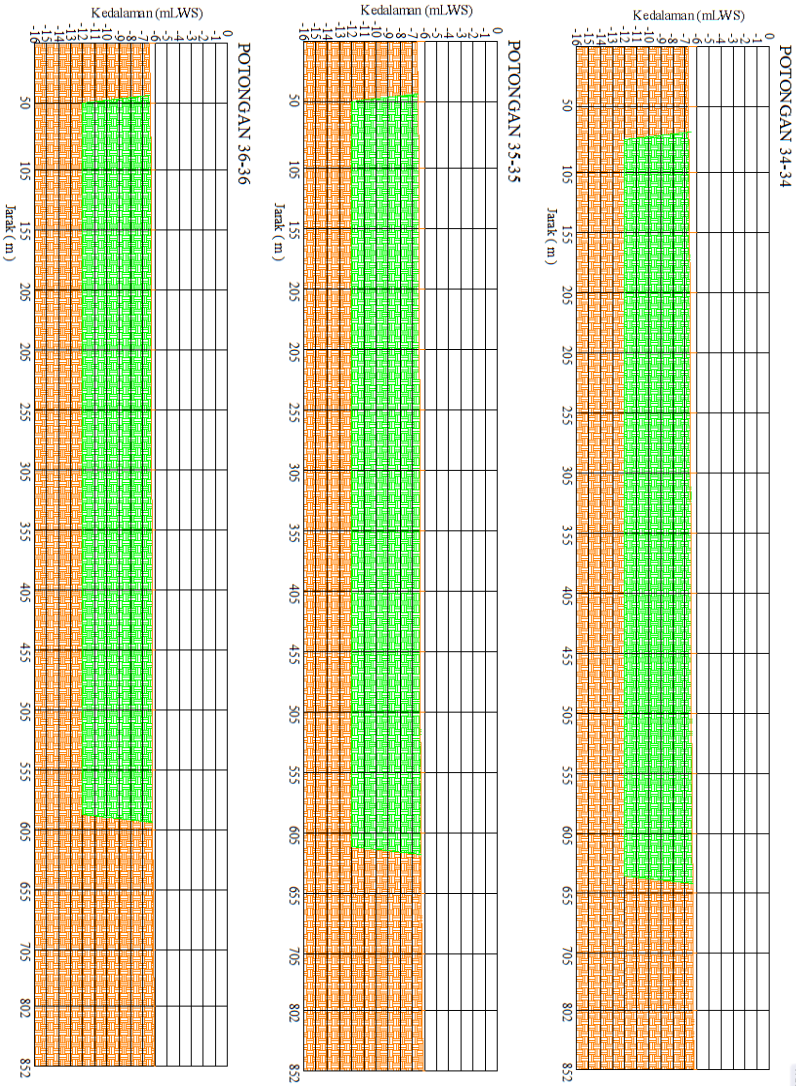
Gambar 7.2 Lanjutan



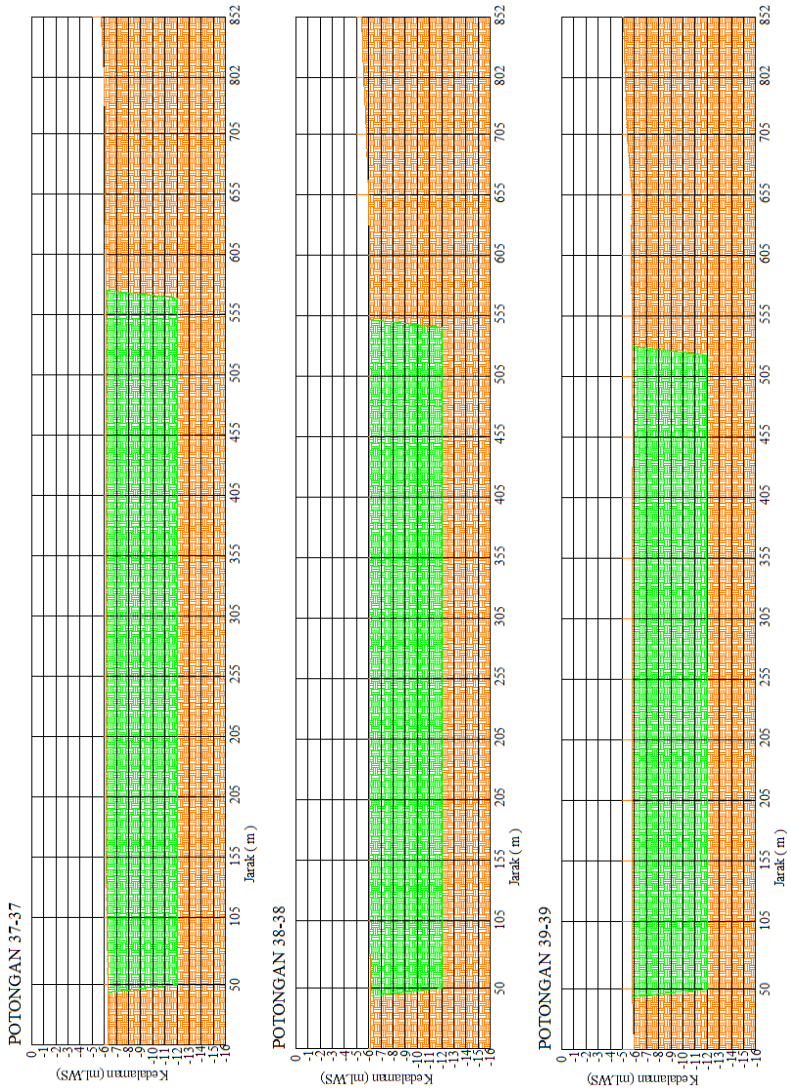
Gambar 7.2 Lanjutan



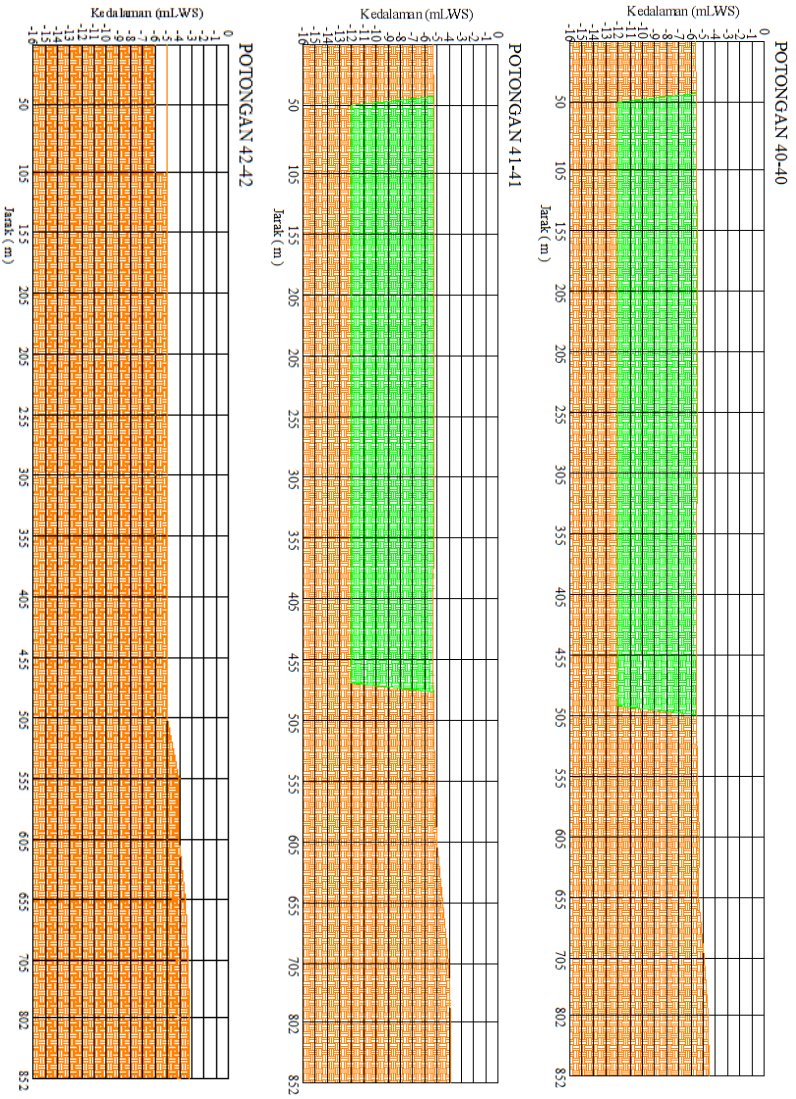
Gambar 7.2 Lanjutan



Gambar 7.2 Lanjutan



Gambar 7.2 Lanjutan



Gambar 7.2 Lanjutan

Dari 42 cross section diatas didapatkan volume penegerukan sebagai berikut (Tabel 7.1):

Tabel 7.1 Perhitungan Volume Pengerukan

No.	Potongan	A (m ²)	A rata-rata(m ²)	jarak (m)	volume (m ³)
1	1-1	0.00			
2	2-2	30.27	15.14	50.00	756.75
3	3-3	66.73	48.50	50.00	2425.00
4	4-4	103.32	85.03	50.00	4251.25
5	5-5	140.04	121.68	50.00	6084.00
6	6-6	171.43	155.74	50.00	7786.75
7	7-7	201.13	186.28	50.00	9314.00
8	8-8	230.93	216.03	50.00	10801.50
9	9-9	260.83	245.88	50.00	12294.00
10	10-10	290.92	275.88	50.00	13793.75
11	11-11	326.71	308.82	50.00	15440.75
12	12-12	365.69	346.20	50.00	17310.00
13	13-13	404.78	385.24	50.00	19261.75
14	14-14	443.98	424.38	50.00	21219.00
15	15-15	472.35	458.17	50.00	22908.25
16	16-16	498.49	485.42	50.00	24271.00
17	17-17	524.21	511.35	50.00	25567.50
18	18-18	551.03	537.62	50.00	26881.00
19	19-19	577.31	564.17	50.00	28208.50
20	20-20	603.71	590.51	50.00	29525.50
21	21-21	627.44	615.58	50.00	30778.75
22	22-22	650.86	639.15	50.00	31957.50
23	23-23	674.21	662.54	50.00	33126.75
24	24-24	697.64	685.93	50.00	34296.25
25	25-25	721.13	709.39	50.00	35469.25
26	26-26	744.63	732.88	50.00	36644.00
27	27-27	765.85	755.24	50.00	37762.00
28	28-28	781.16	773.51	50.00	38675.25

Tabel 7.1 Lanjutan

No.	Potongan	A (m ²)	A rata-rata(m ²)	jarak (m)	volume (m ³)
29	29-29	795.82	788.49	50.00	39424.50
30	30-30	811.51	803.67	50.00	40183.25
31	31-31	897.99	854.75	42.00	35899.50
32	32-32	2992.27	1945.13	50.00	97256.50
33	33-33	3179.20	3085.74	50.00	154286.75
34	34-34	3396.41	3287.81	50.00	164390.25
35	35-35	3485.07	3440.74	50.00	172037.00
36	36-36	3423.32	3454.20	50.00	172709.75
37	37-37	3357.68	3390.50	50.00	169525.00
38	38-38	3290.90	3324.29	50.00	166214.50
39	39-39	3269.90	3280.40	50.00	164020.00
40	40-40	3254.92	3262.41	50.00	163120.50
41	41-41	3235.35	3245.14	50.00	162256.75
42	42-42	0.00	1617.68	50.00	80883.75
VOLUME TOTAL					2359018.00

Volume pengerukan yang didapat dari perhitungan diatas adalah 2.359.018 m³, karena terdapat *bulking factor* sebesar 1,4 untuk jenis tanah medium rock sehingga didapat volume pengerukan sebesar:

$$\begin{aligned}
 \text{Volume} &= \text{bulking factor} \times \text{volume pengerukan} \\
 &= 1,4 \times 2.359.018 \\
 &= 3.302.625,2 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

7.2.2 Jenis Material

Dari data statigrafia tanah diketahui bahwa sampai kedalaman -12 m dari seabed jenis tanah yang ada bersifat *limestone* (Batu sedang). Hal ini dapat dilihat dari nilai N-SPT berkisar 50. Berdasarkan Tabel 7.2 pemilihan alat keruk mekanik dan hidrolis khususnya Cutter Suction Dredger (CSD) masih dapat dipergunakan.

Tabel 7.2 Hubungan Jenis Tanah dan Kapal Keruk

Type of Soil			Type of Dredger				
Klasifikasi	State	N Value	CSD	TSHD	Grab	Bucket	Dipper
Clay	Soft mud	1 - 4					
	Soft	4 - 10					
	Medium	10 - 20					
	Hard	20 - 30					
	Harder	30 - 40					
	Hardest	40 - 50					
Sand	Soft	1 - 10					
	Medium	10 - 20					
	Hard	20 - 30					
	Harder	30 - 40					
	Hardest	40 - 50					
	Clay w/ Gravel	Soft	1 - 30				
Hard		30 -					
Rock	Softer	40 - 50					
	Soft	50 - 60					
	Medium						
	Hard						
Gravel	Loose						
	Packed						

(sumber: *International Association of Dredging Companie*)

7.2.3 Kedalaman Perairan

Kedalaman perairan keruk ditentukan berdasarkan draft rencana serta kemudahan kapal untuk masuk dermaga. Pada perencanaan ini, pekerjaan pengerukan dilakukan di kolam dermaga sampai alur masuk. Dari evaluasi perairan diketahui kedalaman eksisting adalah -7 mLWS sampai -12 mLWS. Pada kondisi seperti ini, penggunaan kapal keruk mekanik masih dapat dipergunakan.

Dari penjelasan diatas, dapat disimpulkan bahwa penggunaan kapal Cutter Suction Dredger (CSD) dapat digunakan dikarenakan volume pengerukan yang besar, sehingga diperlukan produktivitas alat keruk yang tinggi. Dalam perencanaan ini akan

digunakan kapal keruk hidrolik CSD dengan nama CSD500 (Lihat Gambar 7.3) dari DAMEN.



Gambar 7.3 Kapal CSD500 DAMEN
(*sumber: brosur DAMEN Dredging Equipment*)

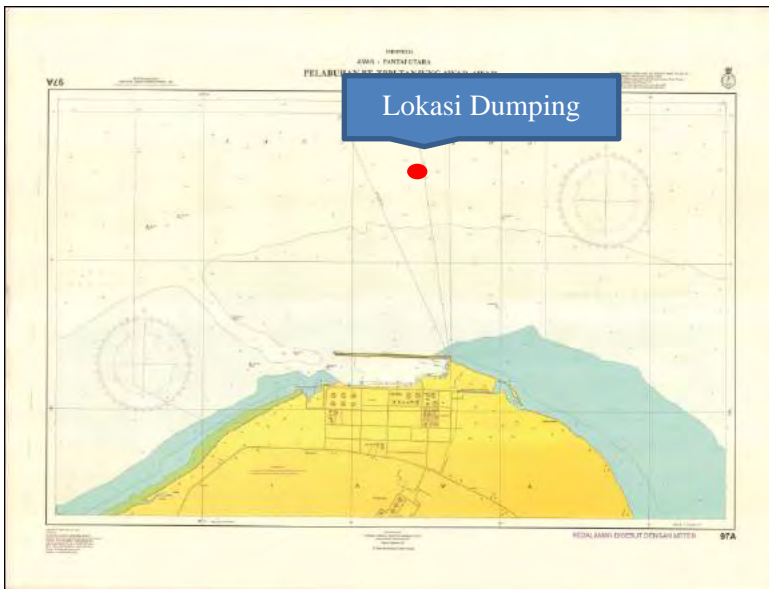
7.3 Tempat Pembuangan Material

Penentuan lokasi pembuangan material pengerukan sangat penting. Apakah hasil pengerukan dimanfaatkan untuk reklamasi ataukah akan dibuang. Dalam perencanaan dermaga LPG untuk kapal 15.000 DWT, hasil kerukan akan dibuang ke perairan dalam dengan mengikuti pedoman teknis kegiatan pengerukan dan reklamasi departemen perhubungan, 2006. Seperti,

1. Tempat pembuangan material keruk yang lokasinya di perairan, idealnya dibuang pada jarak 12 mil dari daratan dan atau pada kedalaman lebih dari 20 m atau lokasi lainnya setelah mendapat rekomendasi atau izin dari Direktorat Jendral Perhubungan Laut, melalui ADPEL atau KAKANPEL setempat.

2. Tempat pembuangan material keruk didarat harus mendapat persetujuan dari PEMDA setempat yang berkaitan dengan penguasaan lahan yang sesuai RUTR.

Lokasi pembuangan material pengerukan terdapat pada jarak 20 km dari lokasi proyek dengan kedalaman lebih dari 20 m, sehingga lokasi sesuai dengan pedoman teknis kegiatan pengerukan dan reklamasi departemen perhubungan, 2006 (lihat Gambar 7.4)



Gambar 7.4 Lokas *Dumping* Area

7.4 Produktivitas Alat Pengerukan

Produktivitas alat keruk dibutuhkan untuk menghitung kemampuan kapasitas alat dan waktu suatu pekerjaan. Berikut ini adalah urutan perhitungan produktivitas untuk proses pengerukan:

1. Produktivitas alat keruk
2. Produktivitas barge
3. Waktu pengerukan

7.4.1 Produktivitas Alat Keruk

Kapal keruk CSD500 DAMEN dengan kapasitas 4000 m³/jam . Berikut adalah spesifikasinya:

Tabel 7.3 Spesifikasi CSD500 Damen

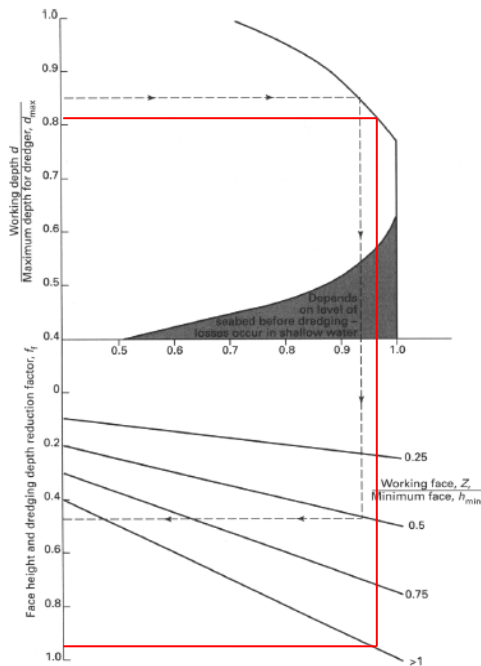
Name		CSD500
Type		Cutter Sucton Dredger
Dimension	Length o.a.	19.00 m
	Length over pontoons	11.50 m
	Beam o.a	4.20 m
	Draught	1.00 m
Dredging Feature	min/max dredging depth	2.5/14 m
	Dredging Width	39.60 m
	Max. Mixture Capacity	4000 m ³ /jam

Besaran prosentase butiran dalam slurry, dimana kandungan air sebanyak 60 % dan kandungan tanah yang terserap sebanyak 40 % . Jadi produktivitas dari kapal keruk adalah :

$$\begin{aligned}
 \text{Produktivitas} &= \text{Kapasitas alat keruk} \times \text{kandungan tanah} \\
 &= 4000 \times 40\% \\
 &= 1600 \text{ m}^3/\text{jam}
 \end{aligned}$$

Produktivitas CSD ditentukan oleh variasi kedalaman pengerukan sehingga diperlukan *factor various dredging depth* (f_f). Dalam menentukan besarnya f_f dapat dilihat pada Gambar 7.5. sebelum menentukan besarnya f_f terlebih dahulu dilakukan perhitungan sebagai berikut:

- $$\frac{\text{working depth } (d)}{\text{max.depth for dredger } (d_{\max})} = \frac{12.00}{14.00} = 0.857$$
- $$\frac{\text{working face } (Z)}{\text{Minimum face } (h_{\min})} = \frac{4.00}{1.05} = 3.8$$



Gambar 7.5 Faktor Various Dredging Depth (f_f)
(sumber: *Dredging, A Handbook for Engineers, 1996*)

Dari grafik diatas besarnya f_f adalah sebesar 0,95. sehingga didapatkan produktivitas nominal sebesar:

$$\begin{aligned} P_{\text{nom}} &= f_f \times \text{Produktivitas} \\ &= 0.95 \times 1600 \\ &= 1520 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas didapatkan nilai P_{nom} sebesar 1520 m^3/jam , setelah mendapatkan besarnya P_{nom} harus dikalikan dengan faktor delay akibat perpindahan angkur (f_a), faktor delay akibat pemindahan spud (f_p) dan akibat pergantian hopper (f_h). Berikut adalah perhitungan faktor delay:

$$\bullet \quad f_p = \frac{1}{1 + \frac{P_{nom} \times t_p}{z \times p \times b}}$$

dimana, t_p = Waktu untuk pemindahan spud (0.05 h)
 z = tebal rata-rata pengerukan (4 m)
 p = jarak prpindahan spud (2 m)
 b = lebar keruk (39.6 m)

$$f_p = \frac{1}{1 + \frac{1520 \times 0.05}{4 \times 2 \times 39.6}} = 0.81$$

$$\bullet \quad f_a = \frac{1}{1 + \frac{P_{nom} \times f_p \times t_a}{z \times a \times b}}$$

dimana, t_a = waktu memindahkan angkur (0.33 h)
 a = jarak perpindahan angkur (80 m)
 z = tebal rata-rata pengerukan (4 m)
 b = lebar keruk (39.6 m)

$$f_a = \frac{1}{1 + \frac{1520 \times 0.81 \times 0.33}{4 \times 80 \times 39.6}} = 0.97$$

$$\bullet \quad f_h = \frac{1}{1 + \frac{t_h \times f_a \times P_{nom} \times B}{H}}$$

dimana, t_h = Waktu ganti hopper (20 menit)
 A = Luas Layanan (3168 m^2)
 H = Kapasitas Barge (3.700 m^3)
 B = Bulking faktor (1,40)

$$f_h = \frac{1}{1 + \frac{0.33 \times 0.97 \times 1520 \times 1.4}{3700}}$$

$$= 0.85$$

Sehingga didapatkan produksi maksimum sebesar:

$$P_{\max} = f_p \cdot f_a \cdot f_h \cdot P_{\text{nom}}$$

$$= 0.81 \times 0.97 \times 0.85 \times 1520$$

$$= 1015,12 \text{ m}^3/\text{jam}$$

7.4.2 Produktivitas Barge

Produktivitas barge ditentukan oleh siklus waktu dari pengerukan, yaitu *loading time*, *travelling time*, *unloading time*, *return time*. Berikut adalah perhitungan produktivitas barge:

- Loading Time

$$\text{Loading time} = \frac{H}{\frac{P_{\max}}{3700}} = 3,6 \text{ jam}$$

- Travelling time

Travelling time dipengaruhi oleh jarak dumping area dan juga kecepatan dari barge. diasumsikan Jarak dumping area sebesar 20 Km dari area pengerukan dan split barge dengan kecepatan 5 knot saat barge full dan 8 knot saat barge kosong. Sehingga didapatkan travelling time sebesar:

$$\text{Travelling Time} = \frac{\text{jarak dumping area}}{V_{\text{tugboat}}}$$

$$= \frac{20000 \text{ m}}{2,5 \text{ m/s}} = 8000 \text{ s}$$

$$= 2,2 \text{ jam}$$

- Unloading Time

Proses pembuangan material diasumsikan selama 6 menit atau 0,1 jam

- Return Time

Perhitungan waktu kembali sama dengan travelling time yang membedakan hanya pada kecepatan tugboat.

$$\begin{aligned}
 \text{Travelling Time} &= \frac{\text{jarak dumping area}}{V_{\text{tugboat}}} \\
 &= \frac{20000 \text{ m}}{4 \text{ m/s}} = 5000 \text{ s} \\
 &= 1,4 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

Sehingga total siklus waktu yang diperlukan hopper barge selama:

$$\begin{aligned}
 \text{Waktu Siklus} &= \text{Loading} + \text{travelling} + \text{unloading} + \text{return} \\
 &= 3,6 + 2,2 + 0,1 + 1,4 \\
 &= 7,3 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

Dalam satu siklus tersebut terdapat waktu dredger menganggur jika yang digunakan hanya satu hopper barge. Oleh karena itu dibutuhkan perhitungan banyaknya hopper barge yang dibutuhkan agar dredger dapat bekerja secara berkelanjutan. Berikut adalah perhitungan kebutuhan hopper barge untuk satu alat keruk:

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah} &= \frac{\text{waktu siklus} - \text{loading time}}{\text{loading time}} + 1 \\
 &= \frac{7,3 - 3,6}{3,6} + 1 \\
 &= 3 \text{ hopper barge}
 \end{aligned}$$

7.4.3 Waktu Pengerukan

Waktu pengerukan diperlukan untuk mengetahui berapa hari yang dibutuhkan sebuah alat keruk untuk dapat menyelesaikan pekerjaannya. Dalam tugas akhir ini digunakan 2 kapal keruk untuk mempersingkat waktu pekerjaan. Berikut adalah perhitungan waktu pengerukan:

$$\begin{aligned}
 T &= \frac{V}{P_{\text{max}} \times n} \\
 &= \frac{3302625,2}{1015,12 \times 1} = 3253,43 \text{ jam} \\
 &= 4,51 \text{ bulan}
 \end{aligned}$$

BAB VIII

METODE PELAKSANAAN

8.1 Umum

Dalam bab ini, akan dibahas mengenai metode pelaksanaan pekerjaan breakwater untuk perlindungan Terminal Khusus TPPI Tuban dan pengerukan yang mengacu pada perencanaan pada bab-bab sebelumnya.

Konstruksi breakwater di terminal Khusus TPPI Tuban inimempunyai panjang keseluruhan 1.300 m dengan tipe monolith yang terdiri dari susunan tiang pancang tegak dan tiang pancang miring pada kedalaman sekitar -7 mLWS. Dengan jumlah tiang pancang tegak 1216 buah dan tiang pancang miring 311 buah.

Metode pelaksanaan perencanaan breakwater dan pengerukan ini meliputi beberapa tahapan pekerjaan sebagai berikut:

- Pekerjaan Persiapan
- Pekerjaan Struktur Breakwater Monolith
 - Pekerjaan Pемancangan
 - Pekerjaan Pengecoran Poer Breakwater
- Pekerjaan Pengerukan pada alur masuk masuk

8.2 Pekerjaan Persiapan

Dalam tahap ini, umumnya pekerjaan yang dilakukan adalah persiapan pelaksanaan, baik persiapan untuk wilayah darat maupun wilayah laut. Secara detail pekerjaan yang dilakukan dalam masa prakonstruksi ini meliputi:

- Pembersihan laha, yakni membersihkan lahan proyek dan lahan sekitar proyek yang telah dibebaskan dari hal-hal yang akan mengganggu jalannya proyek secara keseluruhan
- Direksi kit, berfungsi sebagai tempat untuk keperluan *official*, seperti kantor untuk kontraktor dan pengawas, tempat untuk rapat anatar organisasi yang terkait



Gambar 8.1 Site Office
(sumber: *ptmji.webs.com*)

- Pos jaga, berfungsi sebagai tempat pengawasan alat dan material yang akan digunakan pada saat konstruksi dilaksanakan
- Gudang penyimpanan, berfungsi sebagai tempat penyimpanan bahan dan material yang akan dipakai pada saat konstruksi
- Pengadaan material konstruksi, seperti semen, pasir, datu, dan sebagainya



Gambar 8.2 Pengadaan Material
(Sumber : *abadimetalutama.com*)

- Mobilisasi alat berat seperti:
 - Dredger untuk pengerukan
 - Mobile crane untuk pemasangan dan pengangkutan komponen material
 - Dump truck untuk mengangkut material ke lokasi Konstruksi
 - Dan alat berat lainnya

8.3 Pekerjaan Kontruksi Breakwater Monolith

8.3.1 Pelapisan Tiang Pancang Menggunakan Pelapis Anti Karat

Struktur baja yang dibangun dikawasan laut memerlukan perhatian khusus, laju korosi aksibat kondisi lingkungan dan salinitas yang tinggi perlu dicegah dan dikendalikan. Sistem proteksi pada pipa pancang dilakukan dengan memakai coating system. Metode ini dilakukan langsung dilapangan sebelum dipancang untuk menghasilkan kualitas coating yang optimal.

Hal penting yang harus diperhatikan adalah monitoring stok tiang pancang pipa baja yang sudah di coating sesuai kebutuhan untuk menjaga kontinuitas pekerjaan pemancangan. Selanjutnya adalah pemindahan stok pipa ke tepi pantai sesuai dengan kebutuhan. Peralatan yang digunakan untuk pemindahan ini adalah crane service 25 ton dan truk trailer harus sudah dipersiapkan di posisi yang telah ditentukan. Kemudian crane ditempatkan dititik yang telah ditentukan dan dikontrol dengan theodolit.

8.3.2 Transport Tiang Pancang

Setelah dilakukan penyambungan dan pelapisan tiang pancang selanjutnya adalah transport tiang pancang ke lokasi pemancangan menggunakan pontoon. Hal yang perlu diperhatikan dalam proses ini adalah jumlah tiang pancang yang diangkut harus sesuai dengan kebutuhan pemancangan dalam 1 hari (lihat Gambar 8.3).



Gambar 8.3 Transport Tiang Pancang

8.3.3 Pemancangan

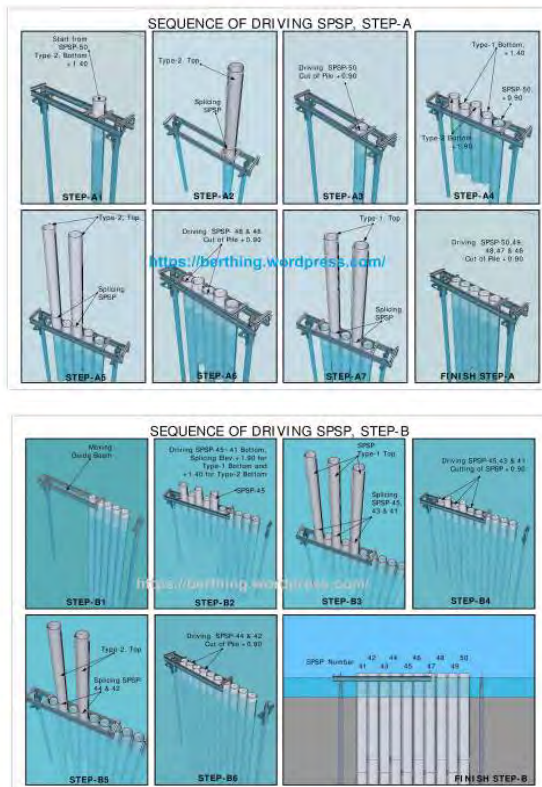
Pemancangan tiang pancang dilakukan secara bertahap. Tahapan ini dilakukan dengan tujuan efisiensi penggunaan alat. Pemancangan breakwater ini pada kedalaman -7 m LWS. Peralatan yang digunakan pada tahapan ini yaitu:

- 2 buah pontoon
- 1 crane
- 2 hydraulic Hammer
- 3 buah theodolit

Dalam pekerjaan pemancangan, tiang pancang yang digunakan berupa steel pipe sheet pile, dimana panjang tiang yang dibutuhkan 18 m (2 batang @ 12 m). Pemancangan dilakukan dengan 2 ponton, dimana 1 ponton berfungsi sebagai diesel hammer untuk tiang pancang dan yang kedua berfungsi untuk mengambil tiang pancang dari area penumpukan ke ponton pancang. Alat theodolit digunakan untuk mengukur ketepatan posisi dan kemiringan tiang saat pemancangan.

Pada saat pemancangan, langkah-langkah pekerjaan yang dilakukan yaitu ponton pancang diarahkan ke titik yang dituju, dengan bantuan alat theodolit untuk menentukan ketepatan titiknya serta untuk memastikan kelurusan ataupun kemiringan tiang.

Dalam pemancangan sheet pile terdapat tambahan alat yaitu profil baja yang digunakan untuk pembatas saat dilakukan pemancangan (Gambar 8.4), ini digunakan untuk membantu pemancangan agar tetap lurus sesuai rencana.



Gambar 8.4 Urutan Pemancangan Steel Sheet Pipe Pile
(sumber: berthing.wordpress.com)

Setelah semuanya sesuai, tali pengikat tiang pada hammer hydraulic dikendorkan sehingga tiang pancang akan turun sampai seabed dan diukur kembali ketepatan lokasinya dengan theodolit. Apabila telah tepat pada titik yang dituju, proses pemancangan dimulai sampai dengan kedalaman yang dituju. Panjang tiang pancang yang ada tidak sepanjang dengan kebutuhan sehingga dilakukan penyambungan menggunakan proses pengelasan. Untuk terakhir dilakukan kalendering, apabila $S_{rencana} > S_{lapangan}$ pemancangan dapat dihentikan. Langkah-langkah ini dilakukan sampai dengan semua tiang pancang dapat terpancang pada posisinya dengan tepat.

8.3.4 Pemotongan Tiang Pancang

Setelah beberapa tiang pancang selesai dipancang. Dapat dilakukan pemotongan tiang pancang yang berlebihan dengan menggunakan hammer ban sampai dengan elevasi yang direncanakan.



Gambar 8.5 Pemotongan Steel Pipe Sheet Pile
(sumber: *berthing.wordpress.com*)

8.3.5 Pengisian Beton Pada Tiang Pancang

Setelah dilakukan pemancangan hal selanjutnya yang dikerjakan adalah pengisian tulangan dan beton pada tiang pancang. Tiang pancang yang diisi hanya pada bagian atas tiang

pancang tidak seluruhnya. Tulangan pada tiang pancang ini berguna untuk menyambungkan antara tiang pancang dengan struktur di atasnya yaitu bulkhead.

8.3.6 Pekerjaan Bulkhead (Poer)

Dalam pekerjaan pengecoran bulkhead ini ada beberapa tahapan, yaitu:

1. Sebelum pemasangan bekisting poer, terlebih dahulu dipasang landasan untuk bekisting berupa klem besi yang dibaut dan dipasang pada tiang pancang
2. Setelah klem tersebut terpasang kemudian dipasang balok kayu yang menghubungkan antara tiang satu dengan lainnya baik arah memanjang maupun melintang sebagai landasan
3. Kemudian dilanjutkan dengan perakitan bekisting poer di atas landasan yang telah ada sesuai dengan ukurannya. Untuk bagian vertikal dari bekisting poer ditopang dengan kayu perancah ke balok yang menghubungkan antar tiang pancang
4. Setelah bekisting poer selesai, kemudian dipasang tulangan beton pengisi tiang dan tulangan poer. Pengecoran dilakukan sekaligus sehingga antara beton pengisi tiang dan poer monolith

Pengecoran harus dilakukan secara menerus dan hanya boleh berhenti ditempat-tempat yang dianggap aman dan telah direncanakan sebelumnya. Bila pengecoran dihentikan, dan kemudian akan disambung lagi maka pengecoran sebelumnya harus dibersihkan permukaannya dan dibuat kasar dengan sikat baja agar hasil pengecoran baru bisa melekat dengan sempurna dengan permukaan lama. Sebelum pengecoran yang baru dilakukan, permukaan yang akan disambung harus disiram dengan air semen 1PC : 0,45 air, setelah itu permukaan sambungan dilapis dengan lem beton dan dicor kembali.

Selama waktu pengerasan, beton harus dilindungi dengan air bersih atau ditutup dengan kaarung basah terus menerus selama paling tidak 10 hari setelah pengecoran. Pembongkaran bekisting beton tidak boleh dilakukan sebelum waktu pengerasan menurut PBI 1971 dipenuhi dan pembongkarannya dilakukan hati hati agar jangan sampai merusak beton yang sudah mengeras.

8.4 Metode Pelaksanaan Pengerukan

Dalam pelaksanaan pengerukan, alat keruk yang dipergunakan adalah Cutter Suction Dredger (CSD) ditambah dengan penggunaan Split hopper barge (SHB) perencanaan pengerukan dibagi menjadi 2 tahap :

- a. Tahap prapengerukan
- b. Tahap pekerjaan pengerukan

8.4.1 Tahap Prapengerukan

Tahapan prapengerukan adalah suatu tahapan pada proses pengerukan dimana hal-hal yang dapat menunjang persiapan pelaksanaan tahap prapengerukan. Pada tahapan ini pekerjaan yang dapat dilakukan adalah sebagai berikut :

- a. Persiapan

Tahapan persiapan pengerukan ini sebagai perencanaan untuk mengadakan survei setelah adanya instruksi perlu adanya proses pengerukan di lokasi kolam dermaga. Survey yang dilakukan mengenai Survey hidrologi. Untuk survey hidrologi ini dibutuhkannya kapal sebagai alat transportasi dan sebagai penempatan alat-alat survey. Adapun alat-alat yang dipergunakan antara lain, *ecosounder*, *hydrotide automatic tide gauge*, *sexant*, GPS atau DGPS.

- b. Perencanaan

Setelah proses persiapan selesai dilakukan, maka data yang didapat dapat dijadikan petunjuk guna menyusun pekerjaan yang harus dilaksanakan. Adapun hal-hal yang

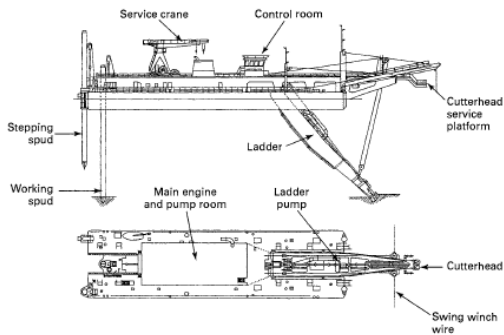
menyangkut perencanaan antara lain, rencana navigasi pengerukan, prakiraan volume, pemilihan kapal keruk, perencanaan lokasi pembuangan dan mobilisasi.

8.4.2 Tahap pekerjaan pengerukan

Tahapan pekerjaan pengerukan adalah suatu tahapan dimana kegiatan pekerjaan fisik dari rencana proyek yang akan dilaksanakan. alat keruk yang dipergunakan adalah Cutter Suction Dredger (CSD) ditambah dengan penggunaan Split hopper barge (SHB). Pada tahapan ini kegiatan yang akan dilaksanakan bergantung pada apa yang telah direncanakan. Pada tahapan ini pekerjaan yang dapat dilakukan adalah sebagai berikut:

a. Pembongkaran

Tahap pembongkaran ini, Sesuai dengan alat kapal keruk yang dipergunakan, Metoda penggalian material keruk yang dipergunakan ialah menggunakan sistem mekanis hidrolis dimana efektifitas dari pengerukan bergantung pada alat hisap yang dipergunakan. Pada proses ini, pertama-tama kapal keruk menurunkan drag head yang dipergunakan untuk menghisap material. (Lihat Gambar 8.6)



Gambar 8.6 Cutter Suction Dredger
(sumber: *Dredgong: A Hanbook for Engineer*, 1995)

- b. pengangkutan
Setelah drag head diturunkan, maka proses penghisapan dilakukan dengan menggunakan bantuan pompa jet air. Material yang telah dihisap ditempatkan pada split hopper barge karena CSD tidak mempunyai lambung kapal (*Hopper*).
- c. Pembuangan
Material dihisap menggunakan pompa dan disalurkan ke split hopper barge hingga palka kapal penuh. Setelah dirasa penuh, split hopper barge akan berlayar menuju tempat pembuangan yang telah ditentukan sebelumnya. Sesampainya dilokasi pembuangan, split hopper barge akan membuka pintu palka untuk pembuangan material hasil kerukan kedalam air (Lihat Gambar 8.7). Setelah membuang muatan, kapal akan kembali ke lokasi semula.



Gambar 8.7 Pembuangan Hasil Keruk Sistem Split
(Sumber : <http://www.jandenul.com>)

BAB IX

WORK BREAKDOWN STRUCTURE DAN RENCANA ANGGARAN BIAYA

9.1 Work Breakdown Structure

WBS (*Work Breakdown Structure*) adalah suatu metode yang berguna untuk memecah suatu proyek menjadi komponen yang lebih kecil dan lebih detail. Hal ini dimaksudkan agar proses perencanaan proyek memiliki tingkat yang lebih baik, dan membantu membuat rencana jadwal dan anggaran, sehingga biaya dan kinerja dapat ditelusuri.

Dalam Tugas Akhir kali ini untuk merencanakan penyusunan WBS menggunakan program bantu Ms.Project. Hasil akhir dari WBS berupa Kurva-S yang dapat dilihat pada lampiran. Kurva-S sendiri dapat digunakan untuk mengontrol pelaksanaan proyek dari segi biaya dan waktu.

9.2 Penyusunan WBS (*Work Breakdown Structure*)

Dalam perencanaan WBS, tahapan tiap pekerjaan yang disusun meliputi:

1. Pekerjaan persiapan
2. Pekerjaan Struktur Breakwater
3. Pekerjaan Pengerukan

Adapun rincian perencanaan WBS dermaga TPPI Tuban, adalah sebagai berikut:

(Data hasil dari WBS terlampir)

Tabel 9.1 WBS Pekerjaan Persiapan

No.	Uraian Pekerjaan	Satuan
1	Administrasi dan dokumentasi	Ls/bulan
2	Papan Nama Proyek	buah
3	Pembersihan Lokasi Proyek	Ls/hari
4	Penerangan dan Pengamanan	Ls
5	Pengukuran dan pemasangan titik tetap	Ls
6	pengadaan direksi kit	Ls
7	pengadaan workshop dan gudang	Ls
8	mobilisasi dan demobilisasi	Ls

Tabel 9.2 WBS Pekerjaan Struktur Breakwater

PEKERJAAN STRUKTUR BREAKWATER		
No.	Uraian Pekerjaan	Satuan
1	Pengadaan Sheet Pile (Tiang Pancang)	kg
2	PengecatanTiang Pancang	m ²
3	Mobilisasi Sheet pile (Tiang Pancang)	buah
4	Pemancangan Sheet pile	m'
5	Penyambungan Sheet pile	titik
6	Pemotongan Sheet pile	titik
7	Pengisian Beton ke Sheet pile	m ³
8	Pengadaan Anchor pile	kg
9	Pengecatan Anchore pile (Tiang Pancang)	m ²
10	Mobilisasi Anchor pile	buah
11	Pemancangan Anchor pile (Tiang Pancang miring)	m
12	Penyambungan Anchor pile	titik
13	Pemotongan Anchor pile	titik
14	Pengisian Beton ke Anchor pile	m ³
15	Bulkhead A	m ³
16	Bulkhead B	m ³

Tabel 9.3 WBS Pekerjaan Pengerukan

PEKERJAAN Pengerukan		
No.	Uraian Pekerjaan	Satuan
1	Pengerukan	hari

9.3 Harga Material dan Upah

Harga material dan upah yang digunakan berasal dari “Peraturan Menteri Perhubungan PM 78 Tahun 2014“. Untuk Kota Tuban harga yang telah ditetapkan dikalikan dengan nilai koefisien kemahalan standart biaya kementerian perhubungan tahun 2015 sebesar 0,8. berikut ini adalah rincian daftar harga upah pekerja (Tabel 9.4), daftar harga material dan peralatan (Tabel 9.5) dan harga sewa peralatan (Tabel 9.6).

Tabel 9.4 Daftar Harga Upah Pekerja

No.	Jenis Pekerjaan	Satuan	Harga Satuan
1	Mandor	O.H.	Rp 99,190.71
2	Kepala Tukang	O.H.	Rp 87,677.51
3	Tukang	O.H.	Rp 76,143.77
4	Pembantu Tukang	O.H.	Rp 45,796.00
5	Tukang Cat	O.H.	Rp 76,154.04
6	Tukang Kayu	O.H.	Rp 76,154.04
7	Operator	O.H.	Rp 76,154.04
8	Pembantu Operator	O.H.	Rp 45,796.00
9	Tukang Pancang	O.H.	Rp 72,542.40
10	Tukang Las	O.H.	Rp 76,154.04
11	Juru Ukur	O.H.	Rp 69,308.61

Tabel 9.5 Daftar Harga Material

No.	Jenis Material	Satuan	Harga Satuan
1	Beton Ready Mix K350	m ²	Rp 607,760.00
2	Kawat Bendrat	kg	Rp 16,857.21
3	Besi tulangan D22	kg	Rp 12,840.00
4	Besi Tulangan D16	kg	Rp 12,840.00
5	Papan Plywood 16 mm	lbr	Rp 92,747.20
6	Kayu Kelas III	m ³	Rp 2,996,000.00
7	Paku	kg	Rp 16,309.37
9	Tiang Pancang Baja	Kg	Rp 15,000.00
10	Oli	liter	Rp 28,165.60
11	Solar	liter	Rp 8,216.00
12	Oksigen (tabung)	tabung	Rp 513,600.00
13	Acetelin @ 15kg	tabung	Rp 124,120.00
14	Anti Corrosive Marine Use	kg	Rp 368,080.00
15	Anti Fouling Marine Use	ltr	Rp 349,248.00
16	Percobaan pembebanan tiang panca	unit	Rp 9,200,000.00
17	Tes beton di laboratorium	unit	Rp 1,360,000.00
18	Pile loading trials	unit	Rp 9,600,000.00
19	Grease	liter	Rp 59,920.00
20	Lubricant	liter	Rp 59,920.00
21	Profil C 75 x 45 x 2.3	kg	Rp 10,986.76
22	Pelat cincin baja	kg	Rp 10,986.76
23	Plat Baja	kg	Rp 10,986.40

Tabel 9.6 Daftar Harga Sewa Peralatan

No.	Jenis Peralatan	Satuan	Harga Satuan
1	Kapal Ponton	hari	Rp 4,708,000.00
2	Crane	hari	Rp 5,174,691.20
3	Diesel Hammer	hari	Rp 1,694,880.00
4	Concrete Mixer	hari	Rp 1,373,880.00
5	Concrete Pump	hari	Rp 192,336.00
6	Concrete Vibrator	hari	Rp 1,373,880.00
7	Dump Truck	hari	Rp 256,800.00
8	Excavator	hari	Rp 599,200.00
9	Mesin las	hari	Rp 1,551,500.00
10	Alat Bantu Pemotong Tiang	Ls	Rp 24,049.60
11	Genset 1.5 KVA	Unit	Rp 4,622,400.00
12	Generator	hari	Rp 1,091,400.00
13	Tug boat	hari	Rp 3,528,089.60
14	perahu motor	hari	Rp 145,520.00
15	Kapal CSD	hari	Rp 250,000,000.00
16	Split Hopper Barge	hari	Rp 20,000,000.00

9.4 Analisis Harga Satuan

Rincian untuk analisis harga satuan pada perencanaan dermaga TPPI adalah sebagai berikut:

Tabel 9.7 Analisa Harga Satuan

No.	Uraian Pekerjaan	Koefisien	Satuan	Harga Satuan	Jumlah Harga
	Pembersihan Lahan Lokasi Pekerjaan (Ls/hari)				
	Bahan :				
	Oli	1.20	ltr	Rp 28,165.60	Rp 33,798.72
	Solar	200.00	ltr	Rp 8,216.00	Rp 1,643,200.00
	Alat :				
	Dump Truck	1.00	hari	Rp 256,800.00	Rp 256,800.00
	Excavator	1.00	hari	Rp 599,200.00	Rp 599,200.00
	Upah :				
	Mandor	1.00	org/hari	Rp 99,190.71	Rp 99,190.71
	Operator	2.00	org/hari	Rp 76,154.04	Rp 152,308.08
	Pembantu Operator	5.00	org/hari	Rp 45,796.00	Rp 228,980.00
	Tukang	5.00	org/hari	Rp 76,143.77	Rp 380,718.84
	Biaya Pembersihan Lahan Lokasi Pekerjaan				Rp 3,394,196.35

Tabel 9.7 Lanjutan

Pelaporan dan Dokumentasi (Ls/bulan)					
2	Upah :				
	Sekretaris	30.00	org/hari	Rp 60,000.00	Rp 1,800,000.00
	Alat :				
	Album Foto	3.00	eksemplar	Rp 128,400.00	Rp 385,200.00
	As Built Drawing	1.00	eksemplar	Rp 342,400.00	Rp 342,400.00
	Laporan Bulanan	1.00	eksemplar	Rp 171,200.00	Rp 171,200.00
	Laporan Harian	30.00	eksemplar	Rp 42,800.00	Rp 1,284,000.00
	Laporan Mingguan	4.00	eksemplar	Rp 102,720.00	Rp 410,880.00
	Alat Tulis Kantor	1.00	bulan	Rp 428,000.00	Rp 428,000.00
	Biaya Komunikasi/dokumentasi	1.00	bulan	Rp 556,400.00	Rp 556,400.00
Biaya Pelaporan dan Dokumentasi					Rp 5,378,080.00
Penerangan dan Pengamanan					
3	Upah :				
	Satpam	1.00	org/hari	Rp 76,143.77	Rp 76,143.77
	Bahan :				
	Solar	15.30	ltr	Rp 8,216.00	Rp 125,704.80
	Alat :				
	Genset 1.5 KVA	0.01	unit	Rp 4,622,400.00	Rp 25,885.44
	Perlengkapan Keamanan	0.01	hari	Rp 2,140,000.00	Rp 11,984.00
	Perlengkapan Keselamatan	0.01	hari	Rp 3,852,000.00	Rp 21,571.20
Biaya Penerangan dan Pengamanan					Rp 261,289.21
1 m3 beton K-350					
4	Bahan :				
	Beton ready mix K-350	1.00	m3	Rp 607,760.00	Rp 607,760.00
	Alat :				
	Concrete pump	0.33	hari	Rp 192,336.00	Rp 64,112.00
	Vibrator	0.67	hari	Rp 1,373,880.00	Rp 915,920.00
	Upah :				
	Mandor	0.07	org/hari	Rp 99,190.71	Rp 6,612.71
	Kepala tukang	0.11	org/hari	Rp 87,677.51	Rp 9,741.95
	Tukang	0.33	org/hari	Rp 76,143.77	Rp 25,381.26
	Pembantu Tukang	0.67	org/hari	Rp 45,796.00	Rp 30,530.67
Biaya 1 m3 beton					Rp 1,660,058.58
10 m2 Bekisting untuk 1 m3 beton					
5	Bahan :				
	Kayu bekisting	0.40	m2	Rp 2,996,000.00	Rp 1,198,400.00
	Paku	4.00	kg	Rp 16,309.37	Rp 65,237.47
	Plywood	1.80	lbr	Rp 92,747.20	Rp 166,944.96
	Upah :				
	Mandor	0.10	org/hari	Rp 99,190.71	Rp 9,919.07
	Kepala tukang	0.50	org/hari	Rp 87,677.51	Rp 43,838.76
	Pembantu Tukang	2.00	org/hari	Rp 45,796.00	Rp 91,592.00
	Tukang kayu	5.00	org/hari	Rp 76,154.04	Rp 380,770.20
	Biaya 10 m2 bekisting				
Biaya 1m2 bekisting					Rp 195,670.25
100 kg Pembesian Tulangan					
6	Bahan :				
	Besi tulangan	100.00	kg	Rp 12,840.00	Rp 1,284,000.00
	Kawat bendrat	4.00	kg	Rp 16,857.21	Rp 67,428.83
	Upah :				
	Kepala tukang	0.06	org/hari	Rp 87,677.51	Rp 3,328.89
	Tukang	0.67	org/hari	Rp 76,143.77	Rp 58,451.67
	Pembantu Tukang	0.67	org/hari	Rp 45,796.00	Rp 50,762.51
	Biaya 100 kg pembesian				
Biaya 1 kg pembesian					Rp 14,639.72

Tabel 9.7 Lanjutan

Perancah						
7	Bahan :					
	Profil C 75 x 45 x 2.3	5.92	kg	Rp 10,986.76	Rp 65,041.62	
	Pelat cincin baja	39.92	kg	Rp 10,986.76	Rp 438,591.46	
	Kawat Las	0.25	kg	Rp 10,986.40	Rp 2,746.60	
	Alat :					
	Mesin las	0.17	hari	Rp 1,551,500.00	Rp 258,583.33	
	Generator	0.17	hari	Rp 1,091,400.00	Rp 181,900.00	
	Upah :					
	Mandor	0.07	org/hari	Rp 99,190.71	Rp 6,612.71	
	Tukang Las	0.08	org/hari	Rp 76,154.04	Rp 6,346.17	
	Tukang	1.33	org/hari	Rp 76,143.77	Rp 101,525.02	
Biaya perancah					Rp 1,061,346.92	
8	Pengecatan Tiang Pancang (m2)					
	Bahan :					
	Anti Corrosive Marine Use	0.20	kg	Rp 368,080.00	Rp 73,616.00	
	Anti Fouling Marine Use	0.10	ltr	Rp 349,248.00	Rp 34,924.80	
	Upah :					
	Mandor	0.01	org/hari	Rp 99,190.71	Rp 793.53	
	Kepala Tukang	0.03	org/hari	Rp 87,677.51	Rp 2,191.94	
	Tukang	0.15	org/hari	Rp 76,143.77	Rp 11,421.57	
	Tukang Cat	0.25	org/hari	Rp 76,154.04	Rp 19,038.51	
	Biaya Pengecatan tiang pancang					Rp 141,986.34
	9	Mobilisasi Tiang Pancang				
Alat :						
Crane		0.33	hari	Rp 5,174,691.20	Rp 1,724,897.07	
Kapal Ponton		0.67	hari	Rp 4,708,000.00	Rp 3,138,666.67	
Tug Boat		0.33	hari	Rp 3,528,089.60	Rp 1,176,029.87	
Upah :						
Mandor		0.03	org/hari	Rp 99,190.71	Rp 3,306.36	
Operator		0.50	org/hari	Rp 76,154.04	Rp 38,077.02	
Pembantu Operator		1.33	org/hari	Rp 76,143.77	Rp 101,525.02	
Jumlah Pengangkatan dalam 1 hari					12	
Biaya Pengangkatan Tiang Pancang					Rp 515,208.50	
10	Pemancangan Tiang Pancang Tegak (m')					
	Alat :					
	Crane	0.03	hari	Rp 5,174,691.20	Rp 170,764.81	
	Kapal Ponton	0.03	hari	Rp 4,708,000.00	Rp 155,364.00	
	Tug Boat	0.03	hari	Rp 3,528,089.60	Rp 116,426.96	
	Diesel Hammer	0.03	hari	Rp 1,694,880.00	Rp 50,846.40	
	Upah :					
	Mandor	0.02	org/hari	Rp 99,190.71	Rp 1,836.87	
	Operator	0.08	org/hari	Rp 76,154.04	Rp 6,320.79	
	Pembantu Operator	0.17	org/hari	Rp 76,143.77	Rp 12,716.01	
	Tukang Pancang	0.33	org/hari	Rp 72,542.40	Rp 24,180.80	
Biaya Pemancangan tiang per m'					Rp 538,456.63	
11	Pemancangan Tiang Pancang Miring (m')					
	Alat :					
	Crane	0.04	hari	Rp 5,174,691.20	Rp 215,784.62	
	Kapal Ponton	0.04	hari	Rp 4,708,000.00	Rp 196,323.60	
	Tug Boat	0.04	hari	Rp 3,528,089.60	Rp 147,121.34	
	Diesel Hammer	0.04	hari	Rp 1,694,880.00	Rp 70,676.50	
	Upah :					
	Mandor	0.02	org/hari	Rp 99,190.71	Rp 1,836.87	
	Operator	0.08	org/hari	Rp 76,154.04	Rp 6,320.79	
	Pembantu Operator	0.17	org/hari	Rp 45,796.00	Rp 7,647.93	
	Tukang Pancang	0.33	org/hari	Rp 72,542.40	Rp 24,180.80	
Biaya Pemancangan tiang per m'					Rp 669,892.44	

Tabel 9.7 Lanjutan

Penyambungan Tiang Pancang (buah)					
12	Bahan :				
	Plat Baja	1.00	kg	Rp 10,986.40	Rp 10,986.40
	Alat :				
	Mesin Las	0.33	hari	Rp 1,551,500.00	Rp 511,995.00
	Generator	0.33	hari	Rp 1,091,400.00	Rp 363,800.00
	Upah :				
	Mandor	0.02	org/hari	Rp 99,190.71	Rp 1,983.81
	Tukang Las	0.20	org/hari	Rp 76,154.04	Rp 15,230.81
	Tukang	0.20	org/hari	Rp 76,143.77	Rp 15,228.75
	Biaya penyambungan tiang pancang				
13	Pemotongan Tiang Pancang				
	Alat :				
	Mesin Las	0.10	hari	Rp 1,551,500.00	Rp 155,150.00
	Generator	0.05	hari	Rp 1,091,400.00	Rp 54,570.00
	Alat Bantu Pemotong Tiang	1.00	ls	Rp 24,049.60	Rp 24,049.60
	Upah :				
	Mandor	0.10	org/hari	Rp 99,190.71	Rp 9,919.07
	Tukang Las	0.50	org/hari	Rp 76,154.04	Rp 38,077.02
	Tukang	1.00	org/hari	Rp 76,143.77	Rp 76,143.77
	Biaya pemotongan tiang pancang				
14	Pembuatan 1 Buah Sepatu Tiang				
	Bahan :				
	Pelat baja	100.00	kg	Rp 8,000.00	Rp 800,000.00
	Alat :				
	Mesin Las	0.10	hari	Rp 1,551,500.00	Rp 155,150.00
	Generator	0.05	hari	Rp 1,091,400.00	Rp 54,570.00
	Upah :				
	Mandor	0.10	org/hari	Rp 99,190.71	Rp 9,919.07
	Tukang Las	1.00	org/hari	Rp 76,154.04	Rp 76,154.04
	Tukang	2.00	org/hari	Rp 76,143.77	Rp 152,287.54
Biaya pembuatan 1 buah tiang pancang					Rp 1,248,080.65
15	Beton K350 Pengisi Tiang Pancang (m3)				
	1m2 beton K-350	1.00	m3	Rp 1,660,058.58	Rp 1,660,058.58
	Pembesian	110.00	kg	Rp 14,639.72	Rp 1,610,369.10
	Biaya isian tiang pancang				
16	Bulkhead A				
	1m3 beton K-350	1	m3	Rp 1,660,058.58	Rp 1,660,058.58
	Pembesian	91.34	kg	Rp 14,639.72	Rp 1,337,202.49
	Bekisting	2.00	m2	Rp 195,670.25	Rp 391,340.49
Bulkhead					Rp 3,388,601.57
17	Bulkhead B				
	1m3 beton K-350	1	m3	Rp 1,660,058.58	Rp 1,660,058.58
	Pembesian	15.76	kg	Rp 14,639.72	Rp 230,659.80
	Bekisting	1.50	m2	Rp 195,670.25	Rp 293,505.37
Bulkhead					Rp 2,184,223.75
18	Pengerukan (hari)				
	Kapal CSD650	1	unit	Rp 350,000,000.00	Rp 350,000,000.00
	Split Hopper Barge	3	unit	Rp 45,000,000.00	Rp 135,000,000.00
	Pengerukan				

9.5 Analisa Rencana Anggaran Biaya

Rencana anggaran biaya dalam perencanaan terdiri dari beberapa pekerjaan, meliputi:

1. Pekerjaan persiapan
2. Pekerjaan Struktur Breakwater
3. Pekerjaan Pengerukan

Rincian anggaran biaya pekerjaan disajikan dalam (Tabel 9.8) Sedangkan rekapitulasi analisa rencana anggaran biaya untuk masing-masing pekerjaan tersaji dalam (Tabel 9.9)

Tabel 9.8 Rincian Anggaran Biaya

PEKERJAAN PERSIAPAN					
No.	Uraian Pekerjaan	Volume	Satuan	Harga Satuan	Jumlah Harga
1	Administrasi dan dokumentasi	20	Ls/bulan	Rp 5.378.080,00	Rp 107.561.600,00
2	Papan Nama Proyek	1	buah	Rp 869.798,00	Rp 869.798,00
3	Pembersihan Lokasi Proyek	30	Ls/hari	Rp 3.394.196,35	Rp 101.825.890,56
4	Penerangan dan Pengamanan	551	Ls/hari	Rp 261.289,21	Rp 143.970.353,61
5	Pengukuran dan pemasangan titik tetap	1	Ls	Rp 5.000.000,00	Rp 5.000.000,00
6	pengadaan direksi kit	1	Ls	Rp 25.200.000,00	Rp 25.200.000,00
7	pengadaan workshop dan gudang	1	Ls	Rp 25.200.000,00	Rp 25.200.000,00
8	mobilisasi dan demobilisasi	1	Ls	Rp 75.250.000,00	Rp 75.250.000,00
Total					Rp 484.877.642,17
PEKERJAAN STRUKTUR BREAKWATER					
No.	Uraian Pekerjaan	Volume	Satuan	Harga Satuan	Jumlah Harga
1	Pengadaan Sheet Pile (Tiang Pancang)	12344832,00	kg	Rp 15,000	Rp 185.172.480.000,00
2	Pembuatan Sepatu Sheet Pile	1216,00	buah	Rp 1.248,081	Rp 1.517.666.067,00
3	PengecatanTiang Pancang	22921,06	m ²	Rp 141,986	Rp 3.254.477.388,52
4	Mobilisasi Sheet pile (Tiang Pancang)	29184,00	m'	Rp 515,209	Rp 15.035.844.866,59
5	Pemancangan Sheet pile	29184,00	m'	Rp 538,457	Rp 15.714.318.173,56
6	Penyambungan Sheet pile	1216,00	titik	Rp 919,225	Rp 1.117.777.327,42
7	Pemotongan Sheet pile	1216,00	titik	Rp 357,909	Rp 435.217.902,39
8	Pengisian Beton ke Sheet pile	4297,70	m ³	Rp 3.270,428	Rp 14.055.312.956,48
9	Pengadaan Anchor pile	2948280,00	kg	Rp 15,000	Rp 44.224.200.000,00
10	Pembuatan Sepatu Anchor pile	311,00	buah	Rp 1.248,081	Rp 388.153.081,28
11	Pengecatan Anchore pile (Tiang Pancang)	5862,21	m ²	Rp 141,986	Rp 832.354.003,15
12	Mobilisasi Anchor pile	7464,00	m'	Rp 515,209	Rp 3.845.516.244,66
13	Pemancangan Anchor pile (Tiang Pancang miring)	7153,00	m	Rp 538,457	Rp 3.851.580.245,87
14	Penyambungan Anchor pile	311,00	titik	Rp 919,225	Rp 285.878.905,29
15	Pemotongan Anchor pile	311,00	titik	Rp 357,909	Rp 111.309.841,81
16	Pengisian Beton ke Anchor pile	1221,29	m ³	Rp 3.270,428	Rp 3.994.154.175,32
17	Bulkhead A	4976,00	m ³	Rp 3.388,602	Rp 16.861.681.405,57
18	Bulkhead B	2717,00	m ³	Rp 2.184,224	Rp 5.934.535.920,25
Total					Rp 314.726.639.356,89
PEKERJAAN Pengerukan					
No.	Uraian Pekerjaan	Volume	Satuan	Harga Satuan	Jumlah Harga
1	Pengerukan	135	hari	Rp 485.000.000,00	Rp 65.475.000.000,00
Total					Rp 65.475.000.000,00

Tabel 9.9 Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya

No.	Pekerjaan	Harga Pekerjaan
1	Pekerjaan Persiapan	Rp 484,877,642.17
2	Pekerjaan Struktur Breakwater	Rp 314,726,639,356.89
3	Pekerjaan Pengerukan	Rp 65,475,000,000.00
Total		Rp 380,686,516,999.06
Profit + O.H 10 %		Rp 38,068,651,699.91
Jumlah		Rp 418,755,168,698.96
PPn 10%		Rp 41,875,516,869.90
Jumlah Akhir		Rp 460,630,685,568.86
Jumlah Akhir (Dibulatkan)		Rp 460,630,686,000.00

9.6 Kurva Biaya Waktu (*Kurva S*)

Kurva S secara grafis adalah penggambaran kemajuan kerja (bobot%) kumulatif pada sumbu vertikal terhadap waktu pada sumbu horizontal. Bobot kegiatan adalah nilai persentase proyek dimana penggunaannya dipakai untuk mengetahui kemajuan proyek tersebut. Kemajuan kegiatan biasanya diukur terhadap jumlah uang yang telah dikeluarkan oleh proyek. Perbandingan kurva S rencana dengan kurva pelaksanaan memungkinkan dapat diketahuinya kemajuan pelaksanaan proyek apakah sesuai, lambat, ataupun lebih dari yang direncanakan.

(Data hasil Kurva S terlampir)

LAMPIRAN

tgl	Jan		Feb		Mar		Apr		Mei		Jun		Jul		Agust		Sep		Okt		Nop		Des	
	Kec.	Dir.	Kec.	Dir.	Kec.	Dir.	Kec.	Dir.	Kec.	Dir.	Kec.	Dir.	Kec.	Dir.	Kec.	Dir.	Kec.	Dir.	Kec.	Dir.	Kec.	Dir.	Kec.	Dir.
1	5.1	20	15.9	310	16.9	320	9.9	350	11.1	40	9.9	320	9.9	110	15.0	100	15.9	100	15.0	330	11.1	10	9.9	330
2	8.9	320	7.0	340	13.0	330	8.0	350	8.0	180	8.9	10	9.9	80	18.1	120	14.0	300	12.0	330	12.0	350	9.9	340
3	21.0	330	6.0	350	9.9	330	9.9	350	9.9	80	12.0	290	15.0	100	16.9	110	11.1	350	8.9	340	14.0	100	12.0	330
4	8.9	140	8.0	210	11.1	340	14.0	340	11.1	120	8.0	120	12.0	20	12.0	110	12.0	70	15.9	130	9.9	90	12.0	170
5	7.0	350	12.0	300	8.9	340	15.0	320	9.9	120	8.0	110	9.9	120	15.0	100	8.9	100	15.0	360	12.0	10	12.0	350
6	5.1	110	8.0	330	13.0	310	9.9	350	8.9	20	15.0	120	8.0	330	15.9	110	13.0	350	13.0	90	13.0	320	12.0	330
7	6.0	340	8.9	10	11.1	330	12.0	360	8.9	110	8.0	120	11.1	330	9.9	360	13.0	110	12.0	340	12.0	360	12.0	350
8	7.0	330	11.1	320	12.0	350	9.9	350	9.9	210	9.9	130	11.1	90	12.0	350	14.0	100	12.0	10	12.0	10	11.1	330
9	9.9	360	13.0	310	7.0	350	8.9	350	9.9	350	12.0	120	15.0	120	12.0	340	20.0	120	15.9	310	15.0	90	8.0	150
10	8.9	340	9.9	320	9.9	350	8.0	340	8.9	100	11.1	330	11.1	10	8.0	110	15.0	100	19.0	330	11.1	340	15.0	330
11	8.9	30	12.0	360	8.0	350	12.0	360	9.9	340	12.0	120	9.9	110	8.9	150	14.0	110	16.9	360	12.0	340	9.9	160
12	9.9	330	12.0	360	9.9	330	7.0	100	8.9	340	8.0	350	13.0	280	12.0	100	12.0	100	15.0	30	12.0	340	9.9	340
13	11.1	360	11.1	10	9.9	340	9.9	10	8.0	330	9.9	100	9.9	150	8.0	100	15.0	340	14.0	340	15.0	10	12.0	10
14	8.0	290	8.9	350	8.9	330	12.0	350	8.0	50	8.9	110	7.0	230	12.0	350	11.1	10	13.0	350	15.0	10	12.0	10
15	9.9	320	9.9	340	18.1	310	8.9	340	8.0	110	8.9	280	15.0	70	15.0	30	9.9	340	15.0	10	15.0	10	12.0	350
16	14.0	310	11.1	330	18.1	330	9.9	340	12.0	130	12.0	30	14.0	130	12.0	160	15.0	100	14.0	340	9.9	60	8.9	350
17	11.1	300	9.9	350	14.0	330	9.9	320	13.0	90	8.0	320	11.1	10	13.0	100	15.9	120	12.0	350	12.0	350	8.9	340
18	12.0	320	8.0	340	8.9	340	8.0	130	12.0	250	9.9	90	14.0	20	15.9	120	15.0	90	13.0	340	12.0	110	12.0	320
19	13.0	310	15.9	320	11.1	310	9.9	350	9.9	330	11.1	130	11.1	350	14.0	330	15.9	120	13.0	350	14.0	120	8.9	340
20	8.0	300	9.9	350	13.0	300	6.0	100	11.1	30	14.0	100	11.1	340	12.0	350	9.9	330	15.9	100	12.0	310	8.9	350
21	13.0	300	11.1	340	9.9	340	8.0	330	8.0	350	8.9	100	14.0	340	11.1	350	14.0	340	11.1	340	14.0	350	7.0	360
22	18.1	310	8.9	290	18.1	320	8.9	360	8.9	290	14.0	110	15.0	10	8.9	40	11.1	320	12.0	340	12.0	180	11.1	330
23	12.1	310	13.0	340	12.0	310	9.9	340	9.9	350	6.0	330	13.0	110	11.1	350	9.9	140	12.0	100	9.9	130	13.0	340
24	14.0	310	15.9	320	9.9	320	12.0	360	12.0	40	12.0	130	15.9	10	9.9	340	12.0	340	13.0	320	12.0	10	8.0	320
25	15.0	290	8.9	350	11.1	300	11.1	10	11.1	350	8.9	340	12.0	100	14.0	330	15.0	350	13.0	310	13.0	360	9.9	180
26	12.0	300	19.0	310	12.0	350	8.0	320	12.0	10	12.0	110	8.0	100	16.9	120	13.0	350	12.0	320	9.9	330	8.0	310
27	15.0	270	12.0	310	13.0	330	8.9	330	11.1	50	12.0	330	15.0	340	12.0	350	12.0	330	15.0	20	7.0	360	6.0	340
28	8.0	290	12.0	300	9.9	340	8.0	190	7.0	90	9.9	330	11.1	100	15.9	90	12.0	350	12.0	10	8.9	350	15.0	330
29	9.9	300			12.0	310	8.0	350	8.0	120	9.9	90	12.0	110	15.0	20	12.0	360	12.0	320	12.0	330	16.9	300
30	9.9	310			9.9	340	8.9	160	8.0	10	14.0	110	12.0	340	12.0	340	12.0	120	13.0	350	14.0	20	15.0	290
31	14.0	320			14.0	310			8.9	40			12.0	90	14.0	120			15.9	30			13.0	300

Tahun 2006

Kec = Kecepatan (knot)

Dir. = Direction (°)

tgl	Jan		Feb		Mar		Apr		Mei		Jun		Jul		Agust		Sep		Okt		Nop		Des	
	Kec.	Dir.	Kec.	Dir.	Kec.	Dir.	Kec.	Dir.	Kec.	Dir.	Kec.	Dir.	Kec.	Dir.	Kec.	Dir.	Kec.	Dir.	Kec.	Dir.	Kec.	Dir.	Kec.	Dir.
1	15.9	310	20.0	320	9.9	360	9.9	350	8.0	120	12.0	130	7.0	340	12.0	130	13.0	100	16.9	340	12.0	320	9.9	350
2	13.0	300	20.0	320	18.1	310	8.0	30	12.0	360	8.0	360	12.0	100	14.0	110	15.0	320	11.1	360	7.0	350	6.0	310
3	13.0	330	18.1	320	18.1	300	8.0	360	11.1	90	11.1	120	11.1	90	9.9	60	13.0	330	15.0	10	9.9	280	9.9	230
4	12.0	330	11.1	290	18.1	320	8.9	310	9.9	110	13.0	130	8.0	110	8.0	90	9.9	310	13.0	340	13.0	270	9.9	310
5	9.9	10	16.9	310	15.9	320	9.9	10	12.0	10	8.9	110	11.1	110	11.1	340	13.0	320	9.9	360	9.9	340	5.1	160
6	9.9	350	14.0	320	15.0	310	12.0	30	9.9	340	9.9	90	8.0	310	16.9	80	13.0	300	13.0	360	7.0	250	8.0	250
7	8.0	330	15.9	330	25.1	320	9.9	90	13.0	140	22.9	40	8.0	300	12.0	90	15.0	10	9.9	350	12.0	320	8.0	350
8	8.9	350	9.9	330	21.0	330	12.0	80	12.0	110	15.0	120	15.9	110	7.0	70	15.9	100	12.0	360	8.9	300	9.9	350
9	12.0	360	8.0	270	19.1	310	13.0	120	9.9	110	8.0	120	9.9	140	13.0	80	9.9	290	15.0	310	13.0	10	9.9	320
10	8.9	350	14.0	310	19.0	310	12.0	130	9.9	140	9.9	130	12.0	120	58.0	150	9.9	330	8.0	320	9.9	360	7.0	200
11	50.0	350	12.0	340	14.0	320	8.0	350	14.0	130	13.0	160	14.0	140	13.0	100	12.0	360	9.9	290	8.9	190	9.9	320
12	11.1	360	12.0	310	9.9	340	9.9	300	12.0	130	12.0	100	58.0	330	12.0	120	11.1	300	9.9	330	18.1	160	8.9	310
13	9.9	340	12.0	340	11.1	350	12.0	350	11.1	130	9.9	120	13.0	350	11.1	320	12.0	350	12.0	10	11.1	360	11.1	340
14	9.9	360	13.0	10	7.0	20	9.9	280	9.9	130	12.0	120	14.0	70	14.0	130	9.9	90	13.0	310	8.9	330	11.1	350
15	9.9	340	11.1	340	12.0	10	9.9	340	13.0	120	8.0	300	13.0	130	9.9	330	9.9	320	11.1	300	9.9	320	8.9	310
16	9.9	350	8.0	320	7.0	360	8.9	340	7.0	130	11.1	150	14.0	100	11.1	150	14.0	310	12.0	330	9.9	320	9.9	300
17	8.0	320	9.9	350	6.0	30	9.9	330	9.9	340	12.0	40	13.0	90	8.9	300	13.0	350	13.0	320	8.0	350	14.0	310
18	12.0	330	11.1	340	11.1	330	11.1	360	9.9	120	7.0	350	16.9	120	15.9	90	14.0	120	9.9	340	8.0	350	16.9	320
19	11.1	350	11.1	330	8.9	330	8.0	310	11.1	30	9.9	30	13.0	100	13.0	70	18.1	350	12.0	340	8.0	330	7.0	340
20	13.0	340	13.0	310	11.1	330	12.0	350	11.1	90	9.9	330	15.0	90	15.0	330	12.0	80	11.1	140	8.9	320	6.0	310
21	9.9	340	8.9	320	15.9	320	8.0	350	8.0	110	9.9	330	13.0	110	9.9	320	15.9	360	13.0	330	8.0	310	13.0	320
22	12.0	340	14.0	20	11.1	290	9.9	350	11.1	120	8.0	330	14.0	110	13.0	340	11.1	320	9.9	100	8.0	330	9.9	330
23	15.0	320	12.0	350	8.0	10	9.9	20	15.0	110	8.0	130	13.0	100	9.9	310	9.9	360	9.9	340	13.0	330	9.9	290
24	11.1	300	9.9	300	7.0	50	7.0	200	11.1	110	7.0	330	12.0	90	8.9	300	14.0	360	12.0	310	8.0	330	12.0	300
25	9.9	340	15.9	310	6.0	200	11.1	10	12.0	100	8.0	310	8.0	300	7.0	10	14.0	20	11.1	310	12.0	340	18.1	290
26	9.9	340	12.0	330	14.0	330	9.9	10	9.9	130	13.0	110	11.1	350	9.9	340	11.1	100	14.0	320	8.9	340	8.9	280
27	12.0	350	15.9	310	8.9	20	12.0	70	9.9	120	9.9	120	11.1	310	12.0	70	14.0	360	8.0	320	11.1	300	18.1	280
28	9.9	350	12.0	350	11.1	330	9.9	360	9.9	10	9.9	20	12.0	310	4.1	50	13.0	350	8.9	10	12.0	310	22.0	290
29	9.9	280			12.0	340	11.1	360	9.9	110	12.0	10	12.0	90	13.0	50	12.0	350	7.0	360	11.1	330	8.0	310
30	15.9	320			8.0	350	11.1	110	9.9	50	8.0	200	9.9	320	15.0	110	9.9	340	7.0	300	11.1	340	15.9	300
31	15.0	320			12.0	350			12.0	100			11.1	70	9.9	110			11.1	340			15.0	300

Tahun 2007
 Kec = Kecepatan (knot)
 Dir. = Direction (°)

tgl	Jan		Feb		Mar		Apr		Mei		Jun		Jul		Agust		Sep		Okt		Nop		Des	
	Kec.	Dir.	Kec.	Dir.	Kec.	Dir.	Kec.	Dir.	Kec.	Dir.	Kec.	Dir.	Kec.	Dir.	Kec.	Dir.	Kec.	Dir.	Kec.	Dir.	Kec.	Dir.	Kec.	Dir.
1	16.9	130	16.9	300	8.9	330	6.0	290	8.0	20	9.9	50	8.9	110	13.0	90	14.0	350	12.0	340	14.0	350	7.0	360
2	9.9	110	19.0	290	12.0	320	9.9	350	9.9	110	8.9	90	8.9	100	15.0	350	15.0	100	13.0	80	16.9	100	7.0	150
3	21.0	60	15.9	300	4.1	340	5.1	70	6.0	280	8.9	130	9.9	100	14.0	120	15.0	320	15.0	100	12.0	10	8.0	320
4	12.0	90	15.9	300	8.0	350	6.0	310	11.1	40	9.9	40	8.9	320	15.0	330	13.0	320	12.0	330	7.0	340	12.0	10
5	12.0	340	14.0	310	8.0	360	6.0	110	9.9	30	8.9	310	13.0	140	14.0	120	13.0	320	8.0	310	11.1	320	9.9	340
6	12.0	80	14.0	290	8.0	330	40.0	110	15.0	190	8.9	260	9.9	110	8.9	300	8.9	20	12.0	340	11.1	10	9.9	320
7	13.0	90	9.9	280	12.0	320	7.0	340	15.0	110	8.9	60	12.0	70	15.9	80	8.0	300	9.9	320	9.9	350	6.0	100
8	8.9	70	12.0	290	14.0	310	9.9	340	11.1	110	9.9	330	20.0	110	18.1	110	7.0	300	15.0	310	8.9	340	8.0	340
9	8.9	80	15.0	300	11.1	320	9.9	310	9.9	300	9.9	80	11.1	100	12.0	130	9.9	340	9.9	120	7.0	140	6.0	340
10	8.9	150	13.0	300	8.9	320	12.0	100	11.1	120	8.0	300	12.0	110	12.0	80	14.0	320	15.0	130	9.9	350	9.9	340
11	9.9	100	16.9	290	14.0	310	12.0	90	9.9	320	7.0	150	7.0	120	9.9	120	12.0	110	9.9	100	8.9	110	8.0	320
12	11.1	120	15.0	300	12.0	360	15.0	60	8.9	110	12.0	90	12.0	340	12.0	320	13.0	120	12.0	90	13.0	320	5.1	350
13	11.1	320	18.1	300	11.1	340	13.0	110	8.9	270	14.0	90	13.0	120	12.0	360	14.0	100	12.0	90	9.9	330	12.0	310
14	11.1	130	12.0	280	9.9	360	7.0	120	13.0	360	13.0	110	11.1	350	14.0	120	9.9	340	9.9	350	11.1	340	6.0	340
15	15.9	330	11.1	290	11.1	340	11.1	100	9.9	110	6.0	120	15.9	180	9.9	330	12.0	340	9.9	130	9.9	340	8.0	280
16	12.0	150	15.0	300	12.0	310	14.0	300	9.9	70	9.9	20	8.9	100	11.1	120	12.0	310	14.0	330	6.0	190	6.0	340
17	14.0	300	15.0	300	8.9	20	9.9	350	8.0	130	8.9	320	12.0	100	9.9	70	12.0	340	11.1	340	12.0	330	14.0	310
18	15.0	90	13.0	300	11.1	310	8.0	110	9.9	100	9.9	110	11.1	110	14.0	100	14.0	360	9.9	330	11.1	310	13.0	300
19	9.9	70	15.0	300	12.0	310	8.9	80	12.0	90	8.0	320	11.1	320	12.0	110	15.9	80	21.0	140	9.9	10	9.9	310
20	12.0	330	15.0	300	8.9	340	12.0	340	8.9	110	8.9	20	8.9	340	12.0	350	12.0	320	12.0	340	7.0	320	5.1	300
21	11.1	320	12.0	300	12.0	320	8.0	120	13.0	360	12.0	350	13.0	300	13.0	340	9.9	340	14.0	130	7.0	320	8.9	300
22	9.9	340	14.0	300	9.9	340	18.1	310	9.9	90	9.9	100	14.0	300	15.0	80	15.0	10	13.0	340	4.1	130	12.0	300
23	8.9	310	15.0	330	9.9	330	8.0	330	9.9	120	14.0	110	8.9	140	11.1	320	14.0	360	13.0	340	7.0	330	13.0	290
24	12.0	300	12.0	320	8.0	320	9.9	120	8.0	130	15.0	110	8.9	330	14.0	90	11.1	300	9.9	340	14.0	300	8.0	340
25	13.0	10	11.1	300	9.9	330	11.1	110	8.0	310	14.0	90	12.0	300	13.0	330	15.0	90	8.9	340	5.1	350	8.9	330
26	12.0	340	9.9	300	18.1	320	8.0	340	8.0	80	12.0	100	9.9	350	11.1	120	15.0	60	8.0	340	7.0	340	13.0	330
27	9.9	90	11.1	330	14.0	310	8.9	300	12.0	330	12.0	360	8.9	350	13.0	100	11.1	10	6.0	350	7.0	350	11.1	310
28	8.9	50	11.1	310	12.0	310	11.1	90	12.0	90	9.9	320	9.9	80	12.0	80	13.0	140	8.0	320	11.1	340	9.9	320
29	13.0	50	8.0	320	12.0	310	12.0	110	13.0	110	9.9	100	13.0	340	9.9	300	11.1	130	8.0	190	8.0	10	8.0	350
30	15.9	110			8.0	350	7.0	330	12.0	100	8.9	350	13.0	350	9.9	110			11.1	330	8.0	350	8.0	330
31	12.0	110			7.0	340			11.1	90			14.0	80	11.1	330			9.9	330			9.9	20

Tahun 2008

Kec = Kecepatan (knot)

Dir. = Direction (°)

tgl	Jan		Feb		Mar		Apr		Mei		Jun		Jul		Agust		Sep		Okt		Nop		Des	
	Kec.	Dir.	Kec.	Dir.	Kec.	Dir.	Kec.	Dir.	Kec.	Dir.	Kec.	Dir.	Kec.	Dir.	Kec.	Dir.	Kec.	Dir.	Kec.	Dir.	Kec.	Dir.	Kec.	Dir.
1	12.0	320	14.0	320	13.0	330	7.0	360	8.9	100	15.0	130	9.9	140	11.1	20	12.0	350	12.0	310	11.1	20	9.9	320
2	6.0	160	15.9	310	13.0	350	11.1	360	5.1	130	14.0	120	15.0	230	7.0	310	9.9	350	9.9	310	11.1	350	8.9	340
3	8.9	310	14.0	310	9.9	320	8.9	30	9.9	350	8.9	140	9.9	330	13.0	20	13.0	340	8.0	340	12.0	140	9.9	20
4	11.1	310	15.0	300	13.0	999	8.0	70	12.0	30	9.9	100	8.9	350	13.0	130	15.0	340	9.9	120	14.0	100	9.9	340
5	7.0	10	19.0	310	9.9	240	12.0	10	8.9	290	18.1	180	12.0	100	14.0	10	15.0	340	13.0	100	9.9	30	9.9	360
6	14.0	310	14.0	300	12.0	20	7.0	150	8.0	330	9.9	110	14.0	110	9.9	330	12.0	110	13.0	100	11.1	120	18.1	330
7	7.0	290	22.0	270	8.0	350	14.0	40	9.9	40	9.9	140	7.0	330	11.1	140	9.9	330	13.0	350	12.0	110	9.9	350
8	8.9	350	14.0	330	8.0	320	6.0	360	9.9	110	19.0	350	11.1	350	9.9	120	9.9	330	9.9	340	12.0	320	9.9	330
9	14.0	300	15.0	270	12.0	330	18.1	100	9.9	130	11.1	120	8.0	290	12.0	110	12.0	10	11.1	10	9.9	320	9.9	360
10	12.0	290	8.9	320	11.1	350	13.0	130	9.9	150	7.0	240	8.9	120	12.0	120	13.0	30	9.9	350	6.0	30	8.9	330
11	15.0	300	48.1	20	9.9	310	8.0	130	14.0	70	8.9	110	9.9	160	11.1	20	9.9	130	12.0	360	13.0	100	9.9	350
12	15.0	350	13.0	330	9.9	350	9.9	340	5.1	120	8.0	110	18.1	180	11.1	40	12.0	100	15.9	110	9.9	10	11.1	330
13	14.0	350	8.0	320	4.1	190	9.9	360	8.0	10	8.9	110	8.9	60	8.0	350	12.0	130	15.9	30	9.9	30	14.0	320
14	13.0	350	8.0	350	9.9	350	8.0	350	8.0	350	8.9	360	13.0	320	9.9	330	12.0	350	15.9	360	9.9	340	9.9	360
15	15.0	350	6.0	320	9.9	360	9.9	360	8.0	360	8.9	130	8.9	100	9.9	350	14.0	90	11.1	360	8.0	320	15.0	320
16	15.9	350	8.0	300	8.9	360	9.9	350	5.1	360	12.0	340	8.0	120	9.9	120	5.1	120	12.0	330	13.0	340	9.9	10
17	13.0	350	15.0	320	8.0	340	8.9	140	8.9	180	9.9	150	13.0	120	9.9	100	9.9	330	11.1	350	8.0	330	11.1	340
18	15.0	350	14.0	310	15.0	340	8.0	140	11.1	330	13.0	140	9.9	120	14.0	20	8.9	320	12.0	130	11.1	320	8.0	350
19	14.0	350	9.9	360	8.9	350	9.9	330	4.1	160	9.9	140	11.1	110	9.9	100	9.9	350	15.0	120	9.9	360	9.9	330
20	15.0	350	8.9	350	12.0	340	9.9	320	9.9	10	12.0	130	12.0	130	9.9	340	11.1	350	15.0	180	7.0	110	9.9	360
21	15.0	350	13.0	340	9.9	30	7.0	20	6.0	310	9.9	130	12.0	100	9.9	340	12.0	350	12.0	360	8.0	140	8.9	10
22	15.0	350	9.9	340	7.0	360	5.1	90	9.9	70	9.9	100	11.1	330	14.0	150	9.9	320	9.9	320	6.0	170	11.1	10
23	15.9	350	13.0	360	8.9	100	11.1	40	5.1	50	11.1	110	8.9	360	15.0	30	13.0	350	13.0	10	7.0	300	6.0	130
24	9.9	350	13.0	350	12.0	30	7.0	130	9.9	340	8.9	10	9.9	350	12.0	350	9.9	350	18.1	50	13.0	330	8.0	110
25	16.9	350	9.9	290	14.0	120	8.0	20	9.9	130	8.9	120	6.0	130	9.9	130	14.0	340	13.0	10	15.0	330	7.0	10
26	15.0	330	4.1	310	8.9	10	9.9	340	8.0	160	11.1	130	14.0	120	11.1	110	11.1	340	9.9	20	9.9	340	15.0	330
27	16.9	300	14.0	330	9.9	330	8.9	10	7.0	120	12.0	120	9.9	110	9.9	340	9.9	330	9.9	90	7.0	350	11.1	20
28	14.0	300	15.9	290	12.0	360	9.9	340	7.0	330	12.0	140	12.0	100	8.9	320	9.9	340	13.0	80	12.0	350	5.1	330
29	16.9	320			8.0	130	9.9	100	8.9	340	9.9	20	13.0	120	8.9	120	14.0	330	13.0	360	8.0	330	15.0	200
30	15.0	310			9.9	10	7.0	280	11.1	130	8.0	90	9.9	310	11.1	340	8.9	340	9.9	340	8.9	340	9.9	340
31	11.1	310			9.9	360			9.9	90			9.9	320	11.1	350			13.0	340			9.9	330

Tahun 2009

Kec = Kecepatan (knot)

Dir. = Direction (°)

tgl	Jan		Feb		Mar		Apr		Mei		Jun		Jul		Agust		Sep		Okt		Nop		Des	
	Kec.	Dir.	Kec.	Dir.	Kec.	Dir.	Kec.	Dir.	Kec.	Dir.	Kec.	Dir.	Kec.	Dir.	Kec.	Dir.	Kec.	Dir.	Kec.	Dir.	Kec.	Dir.	Kec.	Dir.
1	7.0	350	8.9	350	12.0	350	4.1	150	11.1	90	9.9	20	9.9	120	11.1	340	13.0	130	9.9	50	8.0	310	8.9	10
2	12.0	170	12.0	330	9.9	360	13.0	190	9.9	20	9.9	330	9.9	10	8.9	30	9.9	320	14.0	140	6.0	120	12.0	320
3	8.9	340	8.9	340	11.1	350	6.0	230	13.0	80	9.9	360	9.9	120	11.1	330	8.9	340	13.0	120	5.1	270	8.0	310
4	8.9	350	11.1	340	9.9	360	9.9	360	14.0	130	12.0	120	7.0	310	8.0	150	9.9	40	12.0	150	8.9	350	12.0	330
5	8.9	350	14.0	290	5.1	300	8.0	330	8.9	360	8.0	230	4.1	110	8.0	100	15.0	30	8.0	130	8.9	350	12.0	330
6	9.9	330	18.1	20	8.9	330	9.9	360	8.9	120	8.0	340	5.1	350	7.0	130	5.1	170	9.9	310	7.0	20	8.0	340
7	7.0	340	9.9	360	13.0	350	7.0	330	8.9	90	8.0	120	9.9	50	11.1	110	9.9	10	7.0	130	9.9	30	11.1	340
8	15.0	300	8.0	340	13.0	330	8.9	350	11.1	100	12.0	60	6.0	350	8.9	80	13.0	360	7.0	340	9.9	320	8.9	340
9	7.0	300	9.9	350	8.0	360	6.0	10	6.0	360	12.0	100	8.9	140	8.9	100	8.9	360	6.0	330	11.1	360	5.1	350
10	9.9	290	9.9	120	8.0	120	8.0	360	9.9	10	11.1	180	11.1	110	8.9	120	9.9	330	9.9	310	13.0	130	7.0	210
11	14.0	320	7.0	340	9.9	320	9.9	350	8.9	350	8.0	110	8.9	350	12.0	140	8.0	340	9.9	350	13.0	110	6.0	300
12	9.9	300	9.9	330	8.0	350	8.0	360	6.0	290	7.0	100	11.1	120	13.0	120	9.9	340	8.0	330	7.0	50	18.1	320
13	14.0	310	11.1	350	9.9	100	9.9	340	8.9	110	8.9	340	13.0	130	8.9	120	8.0	290	6.0	10	7.0	120	14.0	320
14	18.1	320	9.9	350	9.9	130	6.0	350	11.1	130	11.1	100	12.0	10	11.1	100	12.0	130	9.9	320	8.0	260	8.9	310
15	15.9	310	12.0	10	12.0	20	16.9	130	8.0	340	9.9	60	12.0	130	8.9	10	11.1	120	8.0	30	9.9	330	14.0	330
16	14.0	310	9.9	350	8.0	360	12.0	320	11.1	10	8.9	340	11.1	140	9.9	20	12.0	220	9.9	340	7.0	250	15.9	310
17	18.1	320	12.0	330	9.9	340	9.9	10	11.1	340	2.9	350	6.0	320	9.9	20	11.1	100	11.1	40	8.9	350	14.0	310
18	15.9	320	9.9	300	7.0	330	11.1	330	8.0	360	11.1	100	7.0	100	9.9	110	12.0	10	9.9	20	8.9	330	15.0	320
19	15.0	330	15.0	330	8.0	360	9.9	340	7.0	170	9.9	120	9.9	360	9.9	350	9.9	120	7.0	360	7.0	310	8.9	350
20	15.0	330	13.0	230	9.9	350	7.0	20	9.9	120	12.0	20	8.9	20	11.1	10	11.1	40	12.0	340	8.9	360	13.0	340
21	5.1	350	14.0	330	8.9	340	7.0	350	9.9	350	12.0	130	8.9	100	6.0	10	12.0	110	7.0	190	15.0	320	6.0	320
22	8.0	100	11.1	330	9.9	360	15.0	340	6.0	40	13.0	110	8.0	340	9.9	10	13.0	40	4.1	200	8.9	350	8.0	340
23	8.9	10	8.0	280	6.0	350	9.9	330	6.0	20	8.9	140	14.0	130	8.0	100	8.9	140	8.9	350	7.0	350	9.9	220
24	13.0	330	4.1	120	9.9	50	7.0	310	8.0	160	12.0	130	52.9	110	8.9	80	9.9	190	11.1	30	5.1	290	8.0	330
25	8.9	340	12.0	350	7.0	340	5.1	340	9.9	130	8.0	10	9.9	70	11.1	80	12.0	130	11.1	110	8.0	270	14.0	320
26	12.0	320	12.0	330	12.0	340	7.0	160	16.9	110	9.9	320	9.9	130	9.9	130	8.0	20	8.0	90	6.0	330	11.1	330
27	12.0	340	8.0	350	8.0	350	7.0	340	9.9	120	8.9	100	11.1	140	8.0	10	12.0	360	13.0	360	9.9	350	12.0	310
28	15.0	300	8.0	10	5.1	280	8.0	350	12.0	100	9.9	120	15.0	110	11.1	10	9.9	10	8.9	350	11.1	30	14.0	310
29	9.9	340			8.0	10	8.0	360	11.1	120	9.9	210	11.1	40	18.1	130	9.9	340	9.9	10	8.9	340	13.0	320
30	15.0	340			18.1	340	8.9	140	11.1	40	9.9	100	12.0	100	12.0	360	12.0	340	8.0	350	7.0	340	14.0	320
31	12.0	350			5.1	340			9.9	40			9.9	130	9.9	360			8.0	250			19.0	320

Tahun 2010

Kec = Kecepatan (knot)

Dir. = Direction (°)

tgl	Jan		Feb		Mar		Apr		Mei		Jun		Jul		Agust		Sep		Okt		Nop		Des	
	Kec.	Dir.	Kec.	Dir.	Kec.	Dir.	Kec.	Dir.	Kec.	Dir.	Kec.	Dir.	Kec.	Dir.	Kec.	Dir.	Kec.	Dir.	Kec.	Dir.	Kec.	Dir.	Kec.	Dir.
1	14.0	310	9.9	300	12.1	320	8.0	290	7.0	240	12.1	320	8.0	290	13.0	310	14.0	310	12.1	320	11.1	310	11.1	310
2	18.1	320	7.0	240	11.1	310	6.0	290	9.9	300	16.0	110	12.1	320	15.0	310	15.0	310	9.9	300	6.0	290	11.1	310
3	16.9	330	14.0	310	11.1	310	8.9	320	8.9	320	12.1	320	13.0	310	14.0	310	14.0	310	13.0	310	6.0	290	15.0	310
4	14.0	310	12.1	320	14.0	310	9.9	300	7.0	240	8.9	320	9.9	300	11.1	310	11.1	310	8.9	320	8.0	290	7.0	240
5	13.0	310	12.1	320	9.9	300	8.0	290	8.0	290	7.0	240	12.1	320	9.9	300	12.1	320	11.1	310	6.0	290	8.0	290
6	14.0	310	19.1	320	11.1	310	9.9	300	12.1	320	6.0	290	13.0	310	12.1	320	9.9	300	14.0	310	9.9	300	8.0	290
7	12.1	320	16.9	330	7.0	240	7.0	240	5.1	280	9.9	300	9.9	300	9.9	300	12.1	320	12.1	320	8.0	290	8.0	290
8	15.0	310	15.0	310	12.1	320	6.0	290	7.0	240	8.9	320	13.0	310	9.9	300	9.9	300	13.0	310	9.9	300	7.0	240
9	16.9	330	16.0	110	7.0	240	7.0	240	9.9	300	8.9	320	13.0	310	9.9	300	12.1	320	8.9	320	13.0	310	8.0	290
10	22.0	320	9.9	300	8.9	320	8.0	290	9.9	300	9.9	300	9.9	300	9.9	300	12.1	320	11.1	310	7.0	240	9.9	300
11	20.0	310	11.1	310	6.0	290	8.9	320	8.9	320	9.9	300	13.0	310	8.9	320	11.1	310	12.1	320	11.1	310	8.0	290
12	13.0	310	12.1	320	14.0	310	6.0	290	11.1	310	9.9	300	12.1	320	12.1	320	12.1	320	12.1	320	13.0	310	8.0	290
13	18.1	320	8.0	290	8.0	290	11.1	310	11.1	310	9.9	300	12.1	320	9.9	300	13.0	310	11.1	310	8.0	290	9.9	300
14	13.0	310	14.0	310	8.9	320	6.0	290	8.0	290	11.1	310	9.9	300	12.1	320	9.9	300	9.9	300	11.1	310	11.1	310
15	14.0	310	9.9	300	7.0	240	9.9	300	13.0	310	8.9	320	8.0	290	9.9	300	8.9	320	11.1	310	8.0	290	8.0	290
16	18.1	320	14.0	310	9.9	300	9.9	300	12.1	320	14.0	310	9.9	300	15.0	310	11.1	310	11.1	310	8.0	290	9.9	300
17	15.0	310	16.0	110	9.9	300	9.9	300	7.0	240	12.1	320	8.0	290	9.9	300	9.9	300	15.0	310	8.9	320	13.0	310
18	13.0	310	12.1	320	8.9	320	13.0	310	11.1	310	12.1	320	12.1	320	9.9	300	12.1	320	8.9	320	9.9	300	12.1	320
19	19.1	320	15.0	310	8.9	320	9.9	300	9.9	300	8.0	290	9.9	300	14.0	310	9.9	300	6.0	290	11.1	310	7.0	240
20	15.0	310	16.9	330	9.9	300	9.9	300	14.0	310	7.0	240	9.9	300	12.1	320	12.1	320	11.1	310	9.9	300	13.0	310
21	9.9	300	16.9	330	12.1	320	9.9	300	9.9	300	13.0	310	12.1	320	13.0	310	8.0	290	12.1	320	8.9	320	7.0	240
22	15.0	310	16.9	330	8.0	290	7.0	240	12.1	320	9.9	300	9.9	300	12.1	320	9.9	300	9.9	300	11.1	310	6.0	290
23	14.0	310	13.0	310	9.9	300	9.9	300	15.0	310	11.1	310	7.0	240	13.0	310	11.1	310	15.0	310	9.9	300	9.9	300
24	14.0	310	14.0	310	7.0	240	9.9	300	8.0	290	14.0	310	13.0	310	11.1	310	14.0	310	13.0	310	9.9	300	8.0	290
25	16.0	110	14.0	310	8.0	290	9.9	300	11.1	310	9.9	300	12.1	320	7.0	240	9.9	300	9.9	300	8.0	290	6.0	290
26	9.9	300	15.0	310	8.0	290	8.9	320	9.9	300	11.1	310	9.9	300	16.0	110	9.9	300	12.1	320	14.0	310	15.0	310
27	14.0	310	16.0	110	15.0	310	5.1	280	11.1	310	16.0	110	11.1	310	14.0	310	9.9	300	9.9	300	14.0	310	14.0	310
28	11.1	310	21.0	330	16.0	110	9.9	300	9.9	300	14.0	310	8.9	320	9.9	300	9.9	300	9.9	300	12.1	320	7.0	240
29	9.9	300			14.0	310	11.1	310	12.1	320	5.1	280	9.9	300	8.9	320	11.1	310	9.9	300	6.0	290	9.9	300
30	8.0	290			15.0	310	8.9	320	8.9	320	9.9	300	9.9	300	8.9	320	11.1	310	11.1	310	7.0	240	6.0	290
31	12.1	320			7.0	240			9.9	300			13.0	310	12.1	320			7.0	240			12.1	320

Tahun 2011

Kec = Kecepatan (knot)

Dir. = Direction (°)

tgl	Jan		Feb		Mar		Apr		Mei		Jun		Jul		Agust		Sep		Okt		Nop		Des	
	Kec.	Dir.	Kec.	Dir.	Kec.	Dir.	Kec.	Dir.	Kec.	Dir.	Kec.	Dir.	Kec.	Dir.	Kec.	Dir.	Kec.	Dir.	Kec.	Dir.	Kec.	Dir.	Kec.	Dir.
1	18.1	330	7.0	330	16.0	300	11.1	320	8.9	300	8.9	300	13.0	300	11.1	320	12.1	300	8.0	340	9.9	320	9.9	320
2	6.0	260	8.0	340	13.0	300	7.0	330	7.0	330	26.1	300	13.0	300	14.0	280	15.0	300	13.0	300	11.1	320	12.1	300
3	8.0	340	13.0	300	8.9	300	12.1	300	7.0	330	11.1	320	8.9	300	8.9	300	12.1	300	12.1	300	8.0	340	7.0	330
4	7.0	330	15.0	300	8.9	300	11.1	320	8.0	340	9.9	320	11.1	320	12.1	300	12.1	300	12.1	300	11.1	320	8.0	340
5	6.0	260	11.1	320	15.0	300	11.1	320	11.1	320	11.1	320	9.9	320	12.1	300	8.9	300	12.1	300	11.1	320	6.0	260
6	16.9	310	15.0	300	12.1	300	9.9	320	9.9	320	8.0	340	8.0	340	13.0	300	13.0	300	14.0	280	8.0	340	11.1	320
7	11.1	320	12.1	300	8.9	300	7.0	330	8.9	300	13.0	300	9.9	320	9.9	320	9.9	320	9.9	320	9.9	320	8.0	340
8	11.1	320	8.0	340	8.9	300	9.9	320	8.0	340	11.1	320	8.0	340	15.0	300	37.9	100	16.0	300	8.0	340	21.0	320
9	14.0	280	8.0	340	15.0	300	8.9	300	12.1	300	12.1	300	7.0	330	8.0	340	13.0	300	9.9	320	8.0	340	11.1	320
10	13.0	300	8.9	300	15.0	300	16.9	310	8.0	340	6.0	260	9.9	320	15.0	300	13.0	300	9.9	320	13.0	300	8.9	300
11	13.0	300	11.1	320	11.1	320	9.9	320	8.0	340	8.9	300	14.0	280	9.9	320	8.0	340	14.0	280	8.0	340	8.0	340
12	16.9	310	13.0	300	20.0	300	9.9	320	9.9	320	8.0	340	8.9	300	8.0	340	13.0	300	14.0	280	8.9	300	8.0	340
13	11.1	320	8.9	300	18.1	330	12.1	300	9.9	320	12.1	300	8.9	300	13.0	300	8.0	340	13.0	300	8.9	300	7.0	330
14	8.9	300	6.0	260	20.0	300	9.9	320	12.1	300	9.9	320	8.0	340	12.1	300	12.1	300	12.1	300	12.1	300	6.0	260
15	14.0	280	11.1	320	27.0	310	8.9	300	12.1	300	7.0	330	9.9	320	11.1	320	11.1	320	7.0	330	6.0	260	8.0	340
16	8.0	340	12.1	300	25.1	330	12.1	300	11.1	320	8.9	300	8.9	300	11.1	320	11.1	320	9.9	320	9.9	320	11.1	320
17	9.9	320	13.0	300	11.1	320	8.0	340	8.9	300	12.1	300	8.0	340	14.0	280	13.0	300	8.9	300	8.0	340	8.9	300
18	8.0	340	5.1	200	15.0	300	14.0	280	8.9	300	16.0	300	8.0	340	14.0	280	12.1	300	11.1	320	12.1	300	9.9	320
19	7.0	330	5.1	200	14.0	280	8.9	300	14.0	280	13.0	300	9.9	320	12.1	300	8.0	340	11.1	320	6.0	260	7.0	330
20	8.0	340	13.0	300	6.0	260	11.1	320	11.1	320	11.1	320	7.0	330	9.9	320	9.9	320	9.9	320	9.9	320	8.0	340
21	7.0	330	8.9	300	6.0	260	7.0	330	9.9	320	8.9	300	8.9	300	11.1	320	12.1	300	12.1	300	9.9	320	8.0	340
22	16.0	300	8.0	340	9.9	320	11.1	320	11.1	320	8.0	340	12.1	300	13.0	300	13.0	300	9.9	320	13.0	300	9.9	320
23	14.0	280	12.1	300	12.1	300	8.0	340	9.9	320	8.9	300	8.0	340	9.9	320	11.1	320	9.9	320	8.0	340	8.0	340
24	21.0	320	8.0	340	8.9	300	12.1	300	9.9	320	11.1	320	8.9	300	9.9	320	15.0	300	12.1	300	9.9	320	8.0	340
25	15.0	300	8.9	300	6.0	260	12.1	300	8.9	300	12.1	300	13.0	300	15.0	300	14.0	280	9.9	320	9.9	320	8.0	340
26	21.0	320	8.0	340	8.0	340	8.0	340	14.0	280	9.9	320	9.9	320	9.9	320	13.0	300	12.1	300	6.0	260	11.1	320
27	15.0	300	9.9	320	6.0	260	8.9	300	13.0	300	11.1	320	12.1	300	13.0	300	8.0	340	11.1	320	9.9	320	11.1	320
28	16.0	300	9.9	320	14.0	280	8.9	300	9.9	320	8.0	340	13.0	300	11.1	320	11.1	320	8.0	340	8.0	340	11.1	320
29	15.0	300	15.0	300	9.9	320	11.1	320	15.0	300	8.9	300	16.0	300	11.1	320	14.0	280	13.0	300	9.9	320	11.1	320
30	11.1	320			9.9	320	26.1	300	18.1	330	8.0	340	8.9	300	9.9	320	12.1	300	8.0	340	11.1	320	11.1	320
31	4.1	130			9.9	320			6.0	260			9.9	320	9.9	320			8.9	300			9.9	320

Tahun 2012
Kec = Kecepatan (knot)
Dir. = Direction (°)

tgl	Jan		Feb		Mar		Apr		Mei		Jun		Jul		Agust		Sep		Okt		Nop		Des	
	Kec.	Dir.	Kec.	Dir.	Kec.	Dir.	Kec.	Dir.	Kec.	Dir.	Kec.	Dir.	Kec.	Dir.	Kec.	Dir.	Kec.	Dir.	Kec.	Dir.	Kec.	Dir.	Kec.	Dir.
1	9.9	350	12.1	300	16.9	320	12.1	300	16.9	320	12.1	300	9.9	350	14.0	280	14.0	280	9.9	350	12.1	300	12.1	300
2	18.1	330	9.9	350	16.9	320	13.0	310	8.0	310	8.0	310	8.9	280	8.0	310	13.0	310	15.0	310	11.1	300	9.9	350
3	36.0	360	7.0	260	18.1	330	14.0	280	16.0	320	6.0	360	11.1	300	8.0	310	13.0	310	11.1	300	11.1	300	8.0	310
4	16.0	320	9.9	350	12.1	300	14.0	280	12.1	300	7.0	260	15.0	310	13.0	310	12.1	300	13.0	310	8.9	280	8.0	310
5	16.9	320	8.0	310	11.1	300	12.1	300	8.0	310	8.0	310	9.9	350	16.9	320	20.0	320	12.1	300	11.1	300	8.0	310
6	11.1	300	9.9	350	8.9	280	12.1	300	15.0	310	15.0	310	9.9	350	8.0	310	11.1	300	12.1	300	12.1	300	8.9	280
7	5.1	220	12.1	300	14.0	280	7.0	260	11.1	300	8.9	280	8.0	310	13.0	310	12.1	300	8.9	280	8.0	310	12.1	300
8	9.9	350	8.0	310	18.1	330	7.0	260	6.0	360	5.1	220	11.1	300	9.9	350	0.0	0	14.0	280	7.0	260	12.1	300
9	12.1	300	9.9	350	15.0	310	16.0	320	8.9	280	5.1	220	8.0	310	8.0	310	0.0	0	12.1	300	12.1	300	6.0	360
10	18.1	330	8.0	310	13.0	310	11.1	300	8.9	280	5.1	220	8.9	280	9.9	350	9.9	350	7.0	260	11.1	300	7.0	260
11	19.1	300	7.0	260	8.0	310	9.9	350	8.0	310	8.0	310	11.1	300	9.9	350	11.1	300	12.1	300	12.1	300	9.9	350
12	16.0	320	8.0	310	8.0	310	11.1	300	9.9	350	8.0	310	12.1	300	12.1	300	8.0	310	12.1	300	14.0	280	9.9	350
13	13.0	310	9.9	350	11.1	300	7.0	260	8.9	280	8.9	280	8.9	280	15.0	310	14.0	280	13.0	310	11.1	300	8.9	280
14	9.9	350	12.1	300	9.9	350	9.9	350	9.9	350	8.9	280	8.0	310	15.0	310	13.0	310	9.9	350	11.1	300	8.9	280
15	8.0	310	11.1	300	9.9	350	8.9	280	9.9	350	11.1	300	5.1	220	12.1	300	9.9	350	12.1	300	8.0	310	7.0	260
16	15.0	310	13.0	310	6.0	360	8.0	310	6.0	360	9.9	350	9.9	350	13.0	310	11.1	300	12.1	300	5.1	220	9.9	350
17	11.1	300	14.0	280	7.0	260	11.1	300	8.9	280	8.9	280	4.1	80	8.0	310	11.1	300	12.1	300	18.1	330	8.9	280
18	18.1	330	11.1	300	9.9	350	7.0	260	9.9	350	8.9	280	11.1	300	7.0	260	13.0	310	9.9	350	16.9	320	6.0	360
19	15.0	310	7.0	260	9.9	350	8.9	280	11.1	300	12.1	300	9.9	350	9.9	350	12.1	300	9.9	350	8.9	280	8.0	310
20	11.1	300	15.0	310	11.1	300	11.1	300	11.1	300	9.9	350	11.1	300	12.1	300	9.9	350	8.0	310	6.0	360	22.0	250
21	20.0	320	19.1	300	9.9	350	11.1	300	11.1	300	11.1	300	9.9	350	12.1	300	9.9	350	8.9	280	8.0	310	5.1	220
22	23.0	300	21.0	330	11.1	300	9.9	350	8.9	280	7.0	260	12.1	300	11.1	300	15.0	310	8.9	280	9.9	350	7.0	260
23	16.9	320	11.1	300	9.9	350	9.9	350	12.1	300	8.0	310	12.1	300	11.1	300	8.9	280	8.9	280	8.9	280	11.1	300
24	15.0	310	18.1	330	8.0	310	8.9	280	6.0	360	13.0	310	13.0	310	16.0	320	13.0	310	14.0	280	8.9	280	14.0	280
25	18.1	330	14.0	280	9.9	350	8.0	310	8.0	310	8.9	280	8.9	280	15.0	310	13.0	310	8.0	310	8.9	280	7.0	260
26	16.9	320	23.0	300	9.9	350	13.0	310	11.1	300	8.0	310	16.0	320	15.0	310	12.1	300	11.1	300	12.1	300	9.9	350
27	13.0	310	20.0	320	8.0	310	13.0	310	6.0	360	8.0	310	8.0	310	8.9	280	12.1	300	13.0	310	9.9	350	9.9	350
28	21.0	330	19.1	300	8.0	310	15.0	310	7.0	260	12.1	300	12.1	300	11.1	300	12.1	300	15.0	310	8.9	280	12.1	300
29	8.9	280			8.9	280	14.0	280	14.0	280	8.0	310	6.0	360	12.1	300	12.1	300	13.0	310	9.9	350	12.1	300
30	16.0	320			7.0	260	12.1	300	9.9	350	9.9	350	6.0	360	9.9	350	12.1	300	8.9	280	12.1	300	9.9	350
31	12.1	300			6.0	360			14.0	280			12.1	300	12.1	300			8.9	280			7.0	260

Tahun 2013

Kec = Kecepatan (knot)

Dir. = Direction (°)

tgl	Jan		Feb		Mar		Apr		Mei		Jun		Jul		Agust		Sep		Okt		Nop		Des	
	Kec.	Dir.	Kec.	Dir.	Kec.	Dir.	Kec.	Dir.	Kec.	Dir.	Kec.	Dir.	Kec.	Dir.	Kec.	Dir.	Kec.	Dir.	Kec.	Dir.	Kec.	Dir.	Kec.	Dir.
1	6.0	260	12.1	310	12.1	310	9.9	320	9.9	320	9.9	320	11.1	120	8.9	350	12.1	310	9.9	320	14.0	330	9.9	320
2	14.0	330	12.1	310	12.1	310	13.0	290	7.0	340	11.1	120	11.1	120	8.9	350	12.1	310	11.1	120	14.0	330	8.0	320
3	6.0	260	11.1	120	14.0	330	11.1	120	8.0	320	13.0	290	11.1	120	9.9	320	9.9	320	12.1	310	12.1	310	11.1	120
4	16.9	310	8.9	350	11.1	120	11.1	120	8.9	350	11.1	120	9.9	320	13.0	290	9.9	320	12.1	310	12.1	310	6.0	260
5	8.0	320	16.0	310	14.0	330	11.1	120	8.9	350	11.1	120	13.0	290	15.0	300	11.1	120	11.1	120	12.1	310	7.0	340
6	8.0	320	5.1	300	9.9	320	11.1	120	11.1	120	8.0	320	9.9	320	12.1	310	9.9	320	12.1	310	12.1	310	5.1	300
7	8.0	320	11.1	120	9.9	320	8.9	350	9.9	320	8.9	350	8.9	350	8.9	350	11.1	120	12.1	310	13.0	290	12.1	310
8	9.9	320	14.0	330	11.1	120	7.0	340	7.0	340	8.0	320	11.1	120	8.0	320	12.1	310	8.0	320	30.0	150	9.9	320
9	6.0	260	12.1	310	9.9	320	8.0	320	8.0	320	8.0	320	8.9	350	8.9	350	13.0	290	8.9	350	12.1	310	14.0	330
10	6.0	260	13.0	290	12.1	310	9.9	320	12.1	310	8.9	350	9.9	320	9.9	320	13.0	290	11.1	120	5.1	300	12.1	310
11	8.9	350	18.1	320	13.0	290	7.8	330	11.1	120	7.0	340	13.0	290	17.1	360	15.0	300	14.0	330	8.0	320	7.0	340
12	5.1	300	16.0	310	16.9	310	12.1	310	8.9	350	6.0	260	11.1	120	9.9	320	11.1	120	13.0	290	9.9	320	6.0	260
13	23.0	320	14.0	330	20.0	330	7.0	340	6.0	260	12.1	310	6.0	260	9.9	320	12.1	310	11.1	120	13.0	290	12.1	310
14	11.1	120	7.0	340	13.0	290	12.1	310	8.0	320	25.1	120	9.9	320	11.1	120	14.0	330	8.9	350	8.0	320	15.0	300
15	9.9	320	14.0	330	12.1	310	8.0	320	11.1	120	31.1	230	7.0	340	12.1	310	12.1	310	11.1	120	9.9	320	15.0	300
16	12.1	310	11.1	120	12.1	310	8.0	320	12.1	310	13.0	290	8.9	350	12.1	310	15.0	300	13.0	290	9.9	320	13.0	290
17	12.1	310	11.1	120	8.9	350	9.9	320	8.9	350	9.9	320	8.9	350	9.9	320	9.9	320	13.0	290	15.0	300	11.1	120
18	6.0	260	15.0	300	11.1	120	8.9	350	9.9	320	8.9	350	6.0	260	12.1	310	12.1	310	14.0	330	13.0	290	8.9	350
19	16.0	310	12.1	310	9.9	320	12.1	310	6.0	260	9.9	320	9.9	320	11.1	120	13.0	290	9.9	320	16.0	310	24.1	100
20	22.0	310	11.1	120	8.9	350	8.0	320	8.9	350	15.0	300	7.0	340	11.1	120	8.9	350	12.1	310	7.0	340	8.0	320
21	16.9	310	12.1	310	7.0	340	9.9	320	6.0	260	9.9	320	7.0	340	11.1	120	13.0	290	11.1	120	9.9	320	8.0	320
22	14.0	330	12.1	310	8.0	320	7.0	340	11.1	120	8.9	350	7.0	340	8.9	350	15.0	300	12.1	310	12.1	310	9.9	320
23	9.9	320	13.0	290	8.9	350	7.0	340	12.1	310	7.0	340	7.0	340	11.1	120	11.1	120	13.0	290	11.1	120	6.0	260
24	14.0	330	14.0	330	13.0	290	7.0	340	9.9	320	9.9	320	8.9	350	9.9	320	12.1	310	11.1	120	8.0	320	8.0	320
25	15.0	300	16.0	310	14.0	330	8.9	350	12.1	310	11.1	120	9.9	320	9.9	320	14.0	330	12.1	310	11.1	120	11.1	120
26	16.9	310	12.1	310	11.1	120	8.9	350	15.0	300	11.1	120	13.0	290	11.1	120	8.9	350	12.1	310	8.9	350	11.1	120
27	18.1	320	14.0	330	8.9	350	8.9	350	9.9	320	7.0	340	8.0	320	11.1	120	12.1	310	12.1	310	8.9	350	8.0	320
28	8.0	320	11.1	120	9.9	320	8.9	350	8.0	320	9.9	320	13.0	290	13.0	290	11.1	120	12.1	310	7.0	340	8.9	350
29	16.0	310			8.9	350	8.9	350	9.9	320	6.0	260	12.1	310	11.1	120	11.1	120	11.1	120	12.1	310	8.0	320
30	15.0	300			8.9	350	9.9	320	8.0	320	9.9	320	11.1	120	11.1	120	9.9	320	11.1	120	9.9	320	7.0	340
31	15.0	300			11.1	120			13.0	290			12.1	310	11.1	120			12.1	310			4.1	260

Tahun 2014

Kec = Kecepatan (knot)

Dir. = Direction (°)

tgl	Jan		Feb		Mar		Apr		Mei		Jun		Jul		Agust		Sep		Okt		Nop		Des	
	Kec.	Dir.	Kec.	Dir.	Kec.	Dir.	Kec.	Dir.	Kec.	Dir.	Kec.	Dir.	Kec.	Dir.	Kec.	Dir.	Kec.	Dir.	Kec.	Dir.	Kec.	Dir.	Kec.	Dir.
1	8.9	330	15.0	280	13.0	310	9.9	300	7.0	360	12.1	100	12.1	360	11.1	330	11.1	110	11.1	50	12.1	310	9.9	300
2	12.1	300	13.0	310	12.1	310	9.9	320	4.1	100	8.0	80	12.1	320	13.0	110	11.1	340	17.1	90	12.1	300	11.1	320
3	7.0	310	17.1	320	18.1	320	8.0	90	8.0	300	9.9	340	8.9	90	12.1	10	12.1	80	14.0	110	12.1	320	8.9	350
4	12.1	320	15.0	310	15.0	300	12.1	70	8.0	10	11.1	100	11.1	350	11.1	310	9.9	300	13.0	100	14.0	350	9.9	90
5	7.0	350	12.1	320	12.1	320	8.0	350	8.9	80	11.1	110	11.1	300	12.1	90	15.0	100	12.1	70	13.0	350	7.0	310
6	8.0	330	13.0	310	19.1	300	8.9	310	11.1	90	11.1	120	9.9	340	12.1	60	15.0	90	12.1	320	12.1	320	6.0	150
7	7.0	350	13.0	310	14.0	280	12.1	100	8.0	120	14.0	110	9.9	100	13.0	130	14.0	340	9.9	320	15.0	340	8.9	310
8	13.0	30	9.9	330	12.1	320	9.9	310	13.0	110	9.9	330	11.1	90	11.1	40	12.1	40	9.9	350	9.9	310	9.9	340
9	8.9	310	13.0	310	14.0	310	9.9	310	12.1	90	9.9	330	7.0	340	12.1	350	11.1	310	11.1	60	12.1	20	6.0	70
10	13.0	290	18.1	290	14.0	260	12.1	360	14.0	110	9.9	350	12.1	120	14.0	100	16.0	120	14.0	90	14.0	320	13.0	90
11	13.0	310	14.0	290	15.0	310	9.9	100	13.0	100	9.9	100	14.0	100	11.1	120	14.0	20	16.0	330	12.1	340	8.9	350
12	12.1	300	6.0	200	15.0	300	8.0	320	14.0	90	8.9	70	13.0	110	9.9	320	8.9	80	12.1	90	9.9	90	12.1	310
13	13.0	310	13.0	290	12.1	320	6.0	320	8.9	110	11.1	50	19.1	120	11.1	10	9.9	320	9.9	360	14.0	110	9.9	330
14	13.0	280	12.1	310	8.9	300	8.9	300	12.1	90	8.0	110	14.0	110	14.0	120	12.1	350	12.1	310	9.9	20	8.0	360
15	5.1	330	11.1	310	11.1	300	8.0	20	11.1	120	8.0	120	12.1	110	14.0	130	14.0	90	14.0	120	12.1	310	8.9	320
16	18.1	300	11.1	320	11.1	320	8.0	350	11.1	350	8.9	120	13.0	120	11.1	120	15.0	120	16.0	110	11.1	360	8.9	280
17	30.0	300	11.1	290	11.1	310	6.0	120	9.9	90	11.1	100	13.0	110	9.9	330	13.0	140	14.0	100	12.1	310	8.9	250
18	13.0	290	13.0	310	8.9	330	13.0	30	38.1	70	8.9	90	12.1	100	9.9	340	16.0	90	12.1	300	12.1	350	11.1	290
19	15.0	310	16.0	300	8.9	330	5.1	180	9.9	60	9.9	300	12.1	120	12.1	80	12.1	330	12.1	80	8.9	100	12.1	290
20	9.9	300	7.0	280	9.9	120	11.1	320	11.1	70	11.1	110	14.0	100	9.9	90	12.1	340	14.0	120	13.0	350	14.0	300
21	8.9	310	13.0	320	8.9	310	9.9	330	8.9	90	9.9	130	13.0	90	9.9	20	14.0	340	17.1	90	8.0	20	11.1	300
22	15.0	310	15.0	320	9.9	330	8.0	320	12.1	80	12.1	90	13.0	110	14.0	140	13.0	90	15.0	100	11.1	330	8.9	300
23	13.0	300	13.0	290	8.0	350	8.9	350	13.0	100	12.1	110	12.1	120	15.0	130	9.9	290	13.0	120	13.0	330	17.1	310
24	13.0	290	16.0	310	12.1	310	11.1	320	11.1	110	8.9	50	14.0	130	14.0	310	9.9	310	12.1	90	8.0	10	13.0	300
25	14.0	310	8.9	340	13.0	20	2.9	230	11.1	120	8.0	100	11.1	100	12.1	300	12.1	90	13.0	80	8.9	90	9.9	310
26	8.0	280	8.0	320	8.9	320	8.9	330	11.1	110	12.1	100	9.9	100	14.0	50	13.0	90	12.1	90	8.9	300	13.0	320
27	18.1	320	8.0	320	9.9	330	6.0	10	11.1	330	8.9	100	16.0	70	11.1	360	12.1	10	14.0	80	9.9	340	9.9	330
28	13.0	310	9.9	310	8.9	320	8.0	350	8.9	10	9.9	320	8.9	100	11.1	110	9.9	70	14.0	320	8.9	350	12.1	330
29	11.1	320			9.9	360	6.0	110	8.0	70	8.9	340	12.1	90	11.1	320	13.0	110	12.1	30	14.0	360	9.9	320
30	15.0	310			7.0	350	8.9	320	8.9	80	12.1	340	13.0	80	12.1	90	11.1	110	20.0	10	8.0	310	11.1	320
31	11.1	290			8.0	310			11.1	90			12.1	100	11.1	10			12.1	350			9.9	320

Tahun 2015

Kec = Kecepatan (knot)

Dir. = Direction (°)

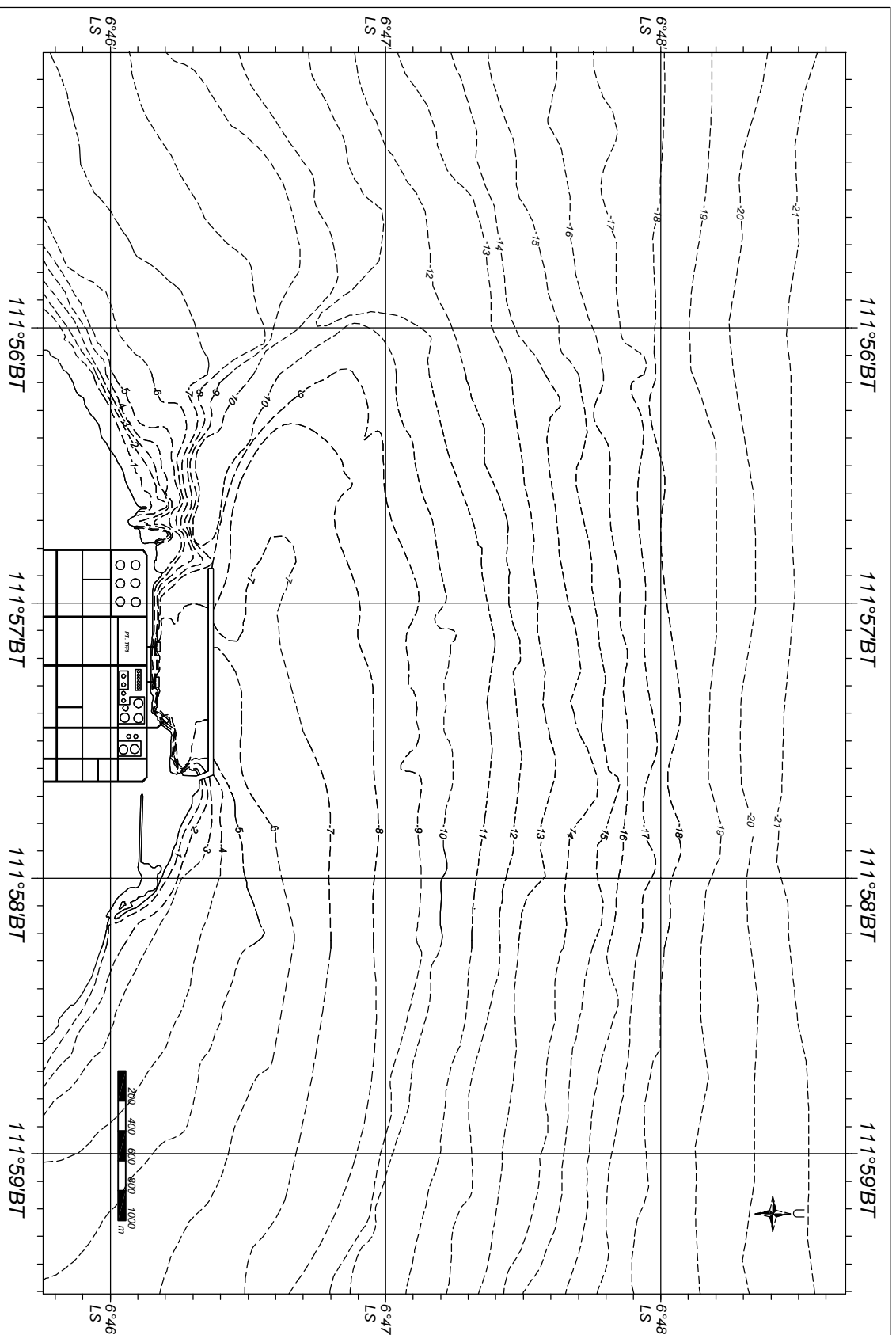
No	URAIAN PEKERJAAN		Cost	Total Bobot	September				Oktober	
					Week					
					1	2	3	4	1	2
I	PERSIAPAN	Administrasi dan dokumentasi	Rp 107,561,600	0.0600	0.00075	0.00075	0.00075	0.0007497	0.00075	0.00075
		Papan Nama Proyek	Rp 869,798	0.0005		0.0005				
		Pembersihan Lokasi Proyek	Rp 101,825,891	0.0568			0.014194	0.0141944	0.014194	0.014194
		Penerangan dan Pengamanan	Rp 143,970,354	0.0803				0.0010426	0.001043	0.001043
		Pengukuran dan pemasangan titik tetap	Rp 5,000,000	0.0028						
		pengadaan direksi kit	Rp 25,200,000	0.0141						
		pengadaan workshop dan gudang	Rp 25,200,000	0.0141						
		mobilisasi dan demobilisasi	Rp 75,250,000	0.0420		0.000531	0.000531	0.0005311	0.000531	0.000531
II	Struktur Breakwater	Pengadaan Sheet Pile (Tiang Pancang)	Rp 67,415,040,000.00	37.5904						
		PengecatanTiang Pancang	Rp 3,254,477,388.52	1.8147						
		Mobilisasi Sheet pile (Tiang Pancang)	Rp 1,262,817,756.66	0.7041						
		Pemancangan Sheet pile	Rp 5,287,569,435.77	2.9483						
		Penyambungan Sheet pile	Rp 1,117,777,327.42	0.6233						
		Pemotongan Sheet pile	Rp 435,217,902.39	0.2427						
		Pengisian Beton ke Sheet pile	Rp 14,055,312,956.48	7.8372						
		Pengadaan Anchor pile	Rp 14,106,960,000.00	7.8660						
		Pengecatan Anchore pile (Tiang Pancang)	Rp 832,354,003.15	0.4641						
		Mobilisasi Anchor pile	Rp 322,973,949.28	0.1801						
		Pemancangan Anchor pile (Tiang Pancang miring)	Rp 1,859,454,671.03	1.0368						
		Penyambungan Anchor pile	Rp 285,878,905.29	0.1594						
		Pemotongan Anchor pile	Rp 111,309,841.81	0.0621						
		Pengisian Beton ke Anchor pile	Rp 3,994,154,175.32	2.2271						
				Bulkhead A	Rp 16,741,786,181.61	9.3352				
		Bulkhead B	Rp 5,923,243,530.10	3.3028						
III	Pengerukan	Pengerukan	Rp 41,850,000,000	23.3354						
Total			Rp 179,341,205,667	100.000						
WEEK					1	2	3	4	5	6
BOBOT RENCANA					0.00075	0.001766	0.015475	0.0165178	0.016518	0.016518
KUMULATIF BOBOT RENCANA					0.00075	0.002516	0.017991	0.0345086	0.051026	0.067544

Maret				April				Mei				Juni				Ju	
Week				Week				Week				Week				We	
1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2
0.00075	0.00075	0.00075	0.00075	0.00075	0.00075	0.00075	0.00075	0.00075	0.00075	0.00075	0.00075	0.00075	0.00075	0.00075	0.00075	0.00075	0.00075
0.001043	0.001043	0.001043	0.001043	0.001043	0.001043	0.001043	0.001043	0.001043	0.001043	0.001043	0.001043	0.001043	0.001043	0.001043	0.001043	0.001043	0.001043
0.000531	0.000531	0.000531	0.000531	0.000531	0.000531	0.000531	0.000531	0.000531	0.000531	0.000531	0.000531	0.000531	0.000531	0.000531	0.000531	0.000531	0.000531
0.939759	0.939759	0.939759	0.939759	0.939759	0.939759	0.939759	0.939759	0.939759	0.939759	0.939759	0.939759	0.939759	0.939759	0.939759	0.939759	0.939759	0.939759
0.045367	0.045367	0.045367	0.045367	0.045367	0.045367	0.045367	0.045367	0.045367	0.045367	0.045367	0.045367	0.045367	0.045367	0.045367	0.045367	0.045367	0.045367
0.01467	0.01467	0.01467	0.01467	0.01467	0.01467	0.01467	0.01467	0.01467	0.01467	0.01467	0.01467	0.01467	0.01467	0.01467	0.01467	0.01467	0.01467
0.061424	0.061424	0.061424	0.061424	0.061424	0.061424	0.061424	0.061424	0.061424	0.061424	0.061424	0.061424	0.061424	0.061424	0.061424	0.061424	0.061424	0.061424
0.012985	0.012985	0.012985	0.012985	0.012985	0.012985	0.012985	0.012985	0.012985	0.012985	0.012985	0.012985	0.012985	0.012985	0.012985	0.012985	0.012985	0.012985
				0.007584	0.007584	0.007584	0.007584	0.007584	0.007584	0.007584	0.007584	0.007584	0.007584	0.007584	0.007584	0.007584	0.007584
								0.178118	0.178118	0.178118	0.178118	0.178118	0.178118	0.178118	0.178118	0.178118	0.178118
0.413999	0.413999	0.413999															
0.024427	0.024427	0.024427	0.024427														
0.008576	0.008576	0.008576	0.008576	0.008576	0.008576	0.008576											
0.049373	0.049373	0.049373	0.049373	0.049373	0.049373	0.049373											
0.007591	0.007591	0.007591	0.007591	0.007591	0.007591	0.007591											
				0.005172	0.005172	0.005172	0.005172	0.005172	0.005172	0.005172	0.005172	0.005172	0.005172	0.005172	0.005172	0.005172	
								0.050616	0.050616	0.050616	0.050616	0.050616	0.050616	0.050616	0.050616	0.050616	0.050616
								0.212163	0.212163	0.212163	0.212163	0.212163	0.212163	0.212163	0.212163	0.212163	0.212163
								0.075063	0.075063	0.075063	0.075063	0.075063	0.075063	0.075063	0.075063	0.075063	0.075063
1.16677	1.16677	1.16677															
25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
2.747264	2.747264	2.747264	1.166494	1.154823	1.154823	1.154823	1.089284	1.605244	1.605244	1.605244	1.605244	1.605244	1.605244	1.605244	1.605244	1.605244	1.600072
47.59431	50.34158	53.08884	54.25533	55.41016	56.56498	57.7198	58.80909	60.41433	62.01957	63.62482	65.23006	66.83531	68.44055	70.04579	71.65104	73.25628	74.85635

Bulan		Agustus				September				Oktober				Nopember			
Minggu		Minggu				Minggu				Minggu				Minggu			
3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
0.00075	0.00075	0.00075	0.00075	0.00075	0.00075	0.00075	0.00075	0.00075	0.00075	0.00075	0.00075	0.00075	0.00075	0.00075	0.00075	0.00075	0.00075
0.001043	0.001043	0.001043	0.001043	0.001043	0.001043	0.001043	0.001043	0.001043	0.001043	0.001043	0.001043	0.001043	0.001043	0.001043	0.001043	0.001043	0.001043
0.000531	0.000531	0.000531	0.000531	0.000531	0.000531	0.000531	0.000531	0.000531	0.000531	0.000531	0.000531	0.000531	0.000531	0.000531	0.000531	0.000531	0.000531
0.939759	0.939759	0.939759	0.939759	0.939759	0.939759												
0.045367	0.045367	0.045367	0.045367	0.045367	0.045367	0.045367											
0.01467	0.01467	0.01467	0.01467	0.01467	0.01467	0.01467	0.01467	0.01467	0.01467	0.01467	0.01467	0.01467	0.01467	0.01467	0.01467		
0.061424	0.061424	0.061424	0.061424	0.061424	0.061424	0.061424	0.061424	0.061424	0.061424	0.061424	0.061424	0.061424	0.061424	0.061424	0.061424		
0.012985	0.012985	0.012985	0.012985	0.012985	0.012985	0.012985	0.012985	0.012985	0.012985	0.012985	0.012985	0.012985	0.012985	0.012985	0.012985		
0.007584	0.007584	0.007584	0.007584	0.007584	0.007584	0.007584	0.007584	0.007584	0.007584	0.007584	0.007584	0.007584	0.007584	0.007584	0.007584	0.007584	0.007584
0.178118	0.178118	0.178118	0.178118	0.178118	0.178118	0.178118	0.178118	0.178118	0.178118	0.178118	0.178118	0.178118	0.178118	0.178118	0.178118	0.178118	0.178118
0.050616	0.050616	0.050616	0.050616	0.050616	0.050616	0.050616	0.050616	0.050616	0.050616	0.050616	0.050616	0.050616	0.050616	0.050616	0.050616	0.050616	0.050616
0.212163	0.212163	0.212163	0.212163	0.212163	0.212163	0.212163	0.212163	0.212163	0.212163	0.212163	0.212163	0.212163	0.212163	0.212163	0.212163	0.212163	0.212163
0.075063	0.075063	0.075063	0.075063	0.075063	0.075063	0.075063	0.075063	0.075063	0.075063	0.075063	0.075063	0.075063	0.075063	0.075063	0.075063	0.075063	0.075063
43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
1.600072	1.600072	1.600072	1.600072	1.600072	1.600072	0.660312	0.614945	0.614945	0.614945	0.614945	0.614945	0.614945	0.614945	0.614945	0.614945	0.525867	0.525867
76.45643	78.0565	79.65657	81.25664	82.85671	84.45678	85.1171	85.73204	86.34699	86.96193	87.57688	88.19182	88.80677	89.42171	90.03666	90.6516	91.17747	91.70334

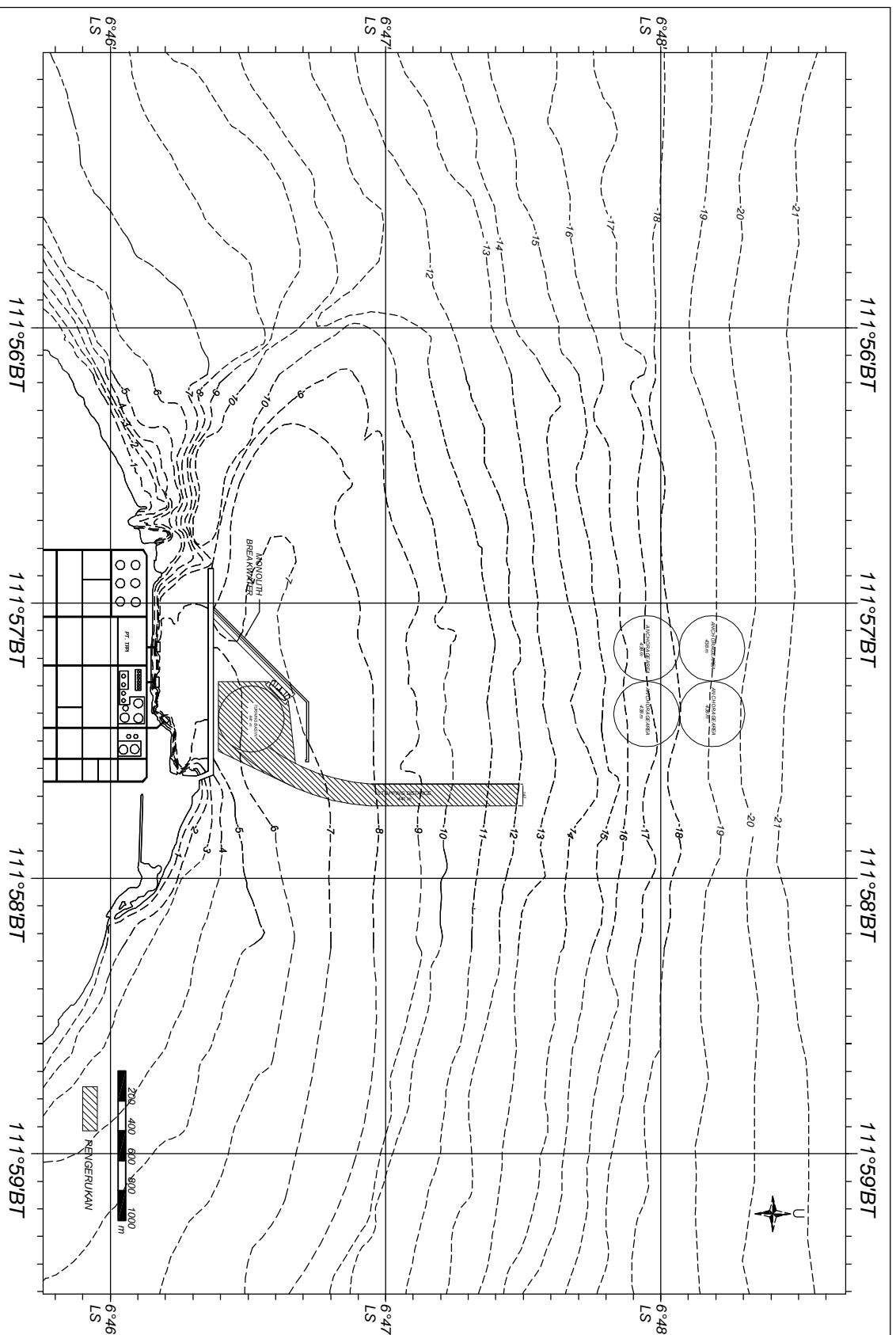
Desember				Januari				Februari				Maret				Ap	
Week				Week				Week				Week				We	
1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2
0.00075	0.00075	0.00075	0.00075	0.00075	0.00075	0.00075	0.00075	0.00075	0.00075	0.00075	0.00075	0.00075	0.00075	0.00075	0.00075	0.00075	0.00075
0.001043	0.001043	0.001043	0.001043	0.001043	0.001043	0.001043	0.001043	0.001043	0.001043	0.001043	0.001043	0.001043	0.001043	0.001043	0.001043	0.001043	0.001043
0.000531	0.000531	0.000531	0.000531	0.000531	0.000531	0.000531	0.000531	0.000531	0.000531	0.000531	0.000531	0.000531	0.000531	0.000531	0.000531	0.000531	0.000531
0.178118	0.178118	0.178118	0.178118	0.178118	0.178118	0.178118	0.178118	0.178118	0.178118	0.178118	0.178118	0.178118	0.178118	0.178118	0.178118		
0.050616	0.050616	0.050616	0.050616	0.050616	0.050616	0.050616	0.050616	0.050616	0.050616	0.050616	0.050616	0.050616	0.050616	0.050616	0.050616		
0.212163	0.212163	0.212163	0.212163	0.212163	0.212163	0.212163	0.212163	0.212163	0.212163	0.212163	0.212163	0.212163	0.212163	0.212163	0.212163		
0.075063	0.075063	0.075063	0.075063	0.075063	0.075063	0.075063	0.075063	0.075063	0.075063	0.075063	0.075063	0.075063	0.075063	0.075063	0.075063		
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78
0.518284	0.518284	0.518284	0.518284	0.518284	0.518284	0.518284	0.518284	0.518284	0.518284	0.518284	0.518284	0.518284	0.518284	0.518284	0.518284	0.002323	0.002323
92.22162	92.73991	93.25819	93.77647	94.29476	94.81304	95.33133	95.84961	96.36789	96.88618	97.40446	97.92274	98.44103	98.95931	99.47759	99.99588	99.9982	100.0005

PELABUHAN PT. TPPI TANJUNG AWAR AWAR



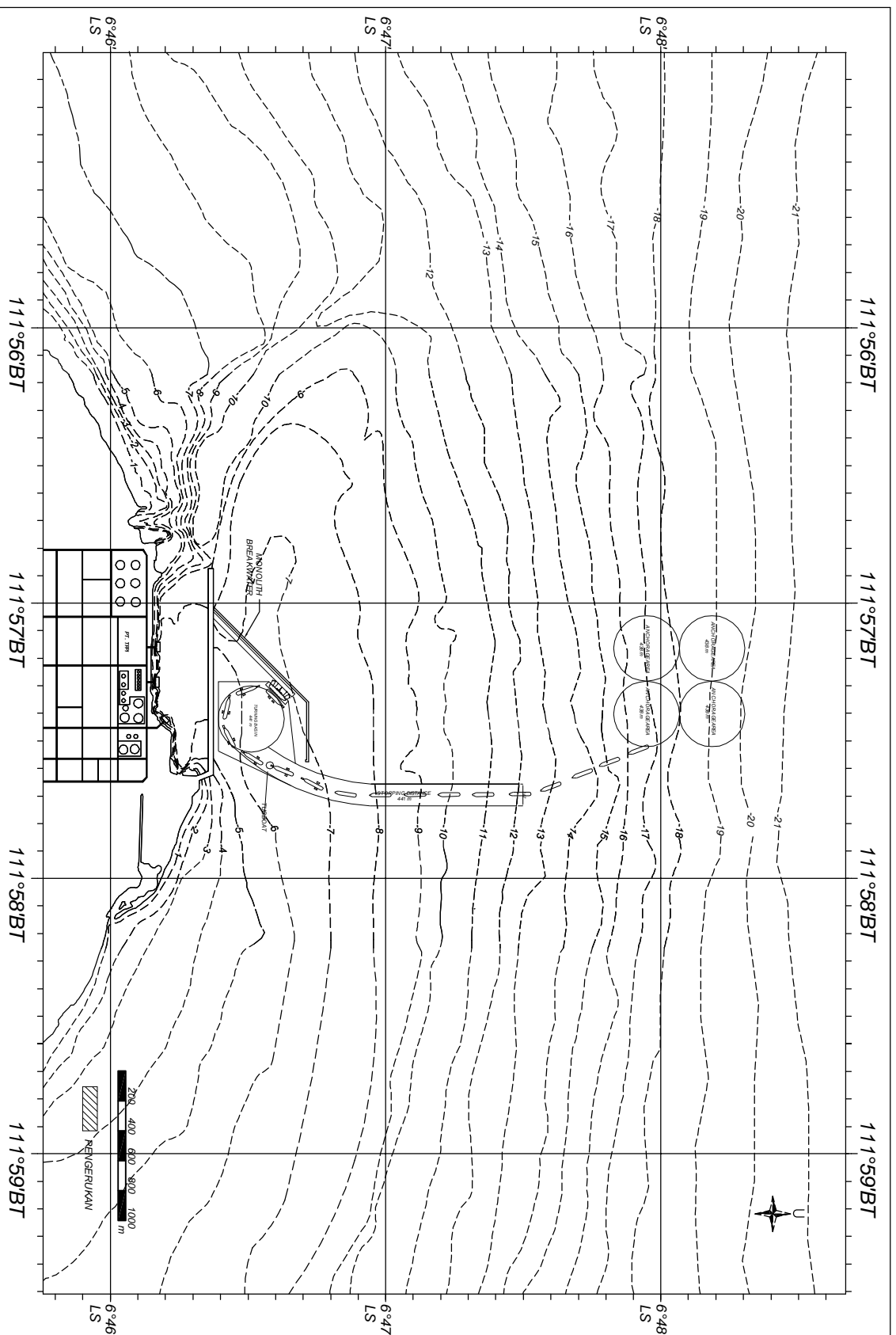
	INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN JURUSAN TEKNIK SIPIL		PERENCANAAN PEMECAH GELOMBANG (BREAKWATER) DAN PENGURUKAN (DREDGING) DI TERMINAL KHUSUS PT. TPPI TUBAN, JAWA TIMUR		DOSEN PEMBIMBING Ii. DYAH IRIANI W., M.Sc. CAHYA BUANA, ST., MT.	MAHASISWA FAHMI NURUL AMRI YUNUS 3112100150	NAMA GAMBAR BATHYMETRI	SKALA GAMBAR 1:40000	NOMOR GAMBAR
	JUJUDL TUGAS AKHIR								

PELABUHAN PT. TPPi TANJUNG AWAR AWAR



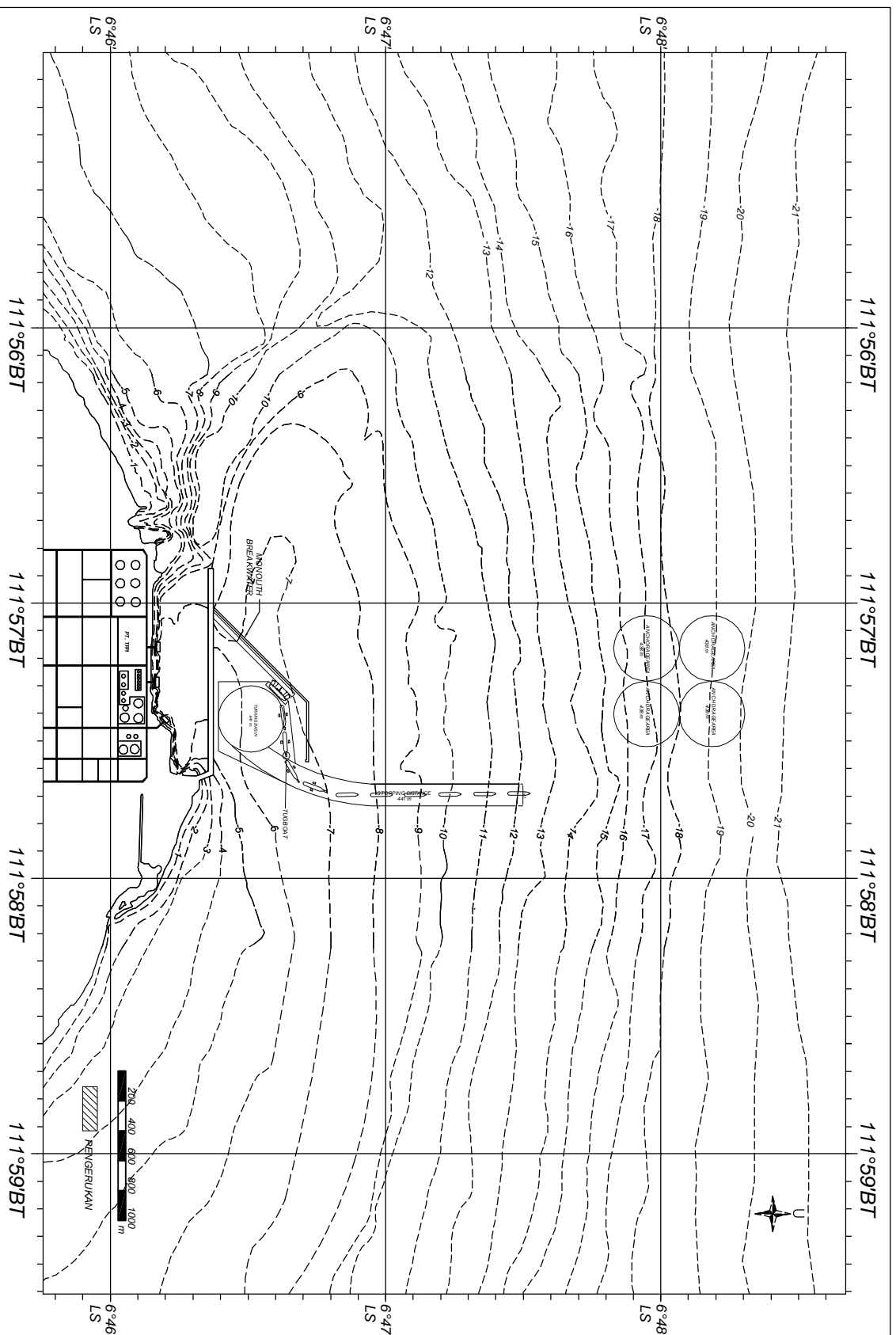
	INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER FKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN JURUSAN TEKNIK SIPIL		PERENCANAAN PEMECAH GELOMBANG (BREAKWATER) DAN PENGURUKAN (DREDGING) DI TERMINAL KHUSUS PT. TPPI TUBAN, JAWA TIMUR		DOSEN PEMBIMBING Ii. DYAH IRIANI W., M.Sc. CAHYA BUANA, ST., MT.	MAHASISWA FAHMI NURUL AMRI YUNUS 3112100150	NAMA GAMBAR LAYOUT	SKALA GAMBAR 1:40000	NOMOR GAMBAR 1
	JUJUL TUGAS AKHIR								

PELABUHAN PT. TPPI TANJUNG AWAR AWAR

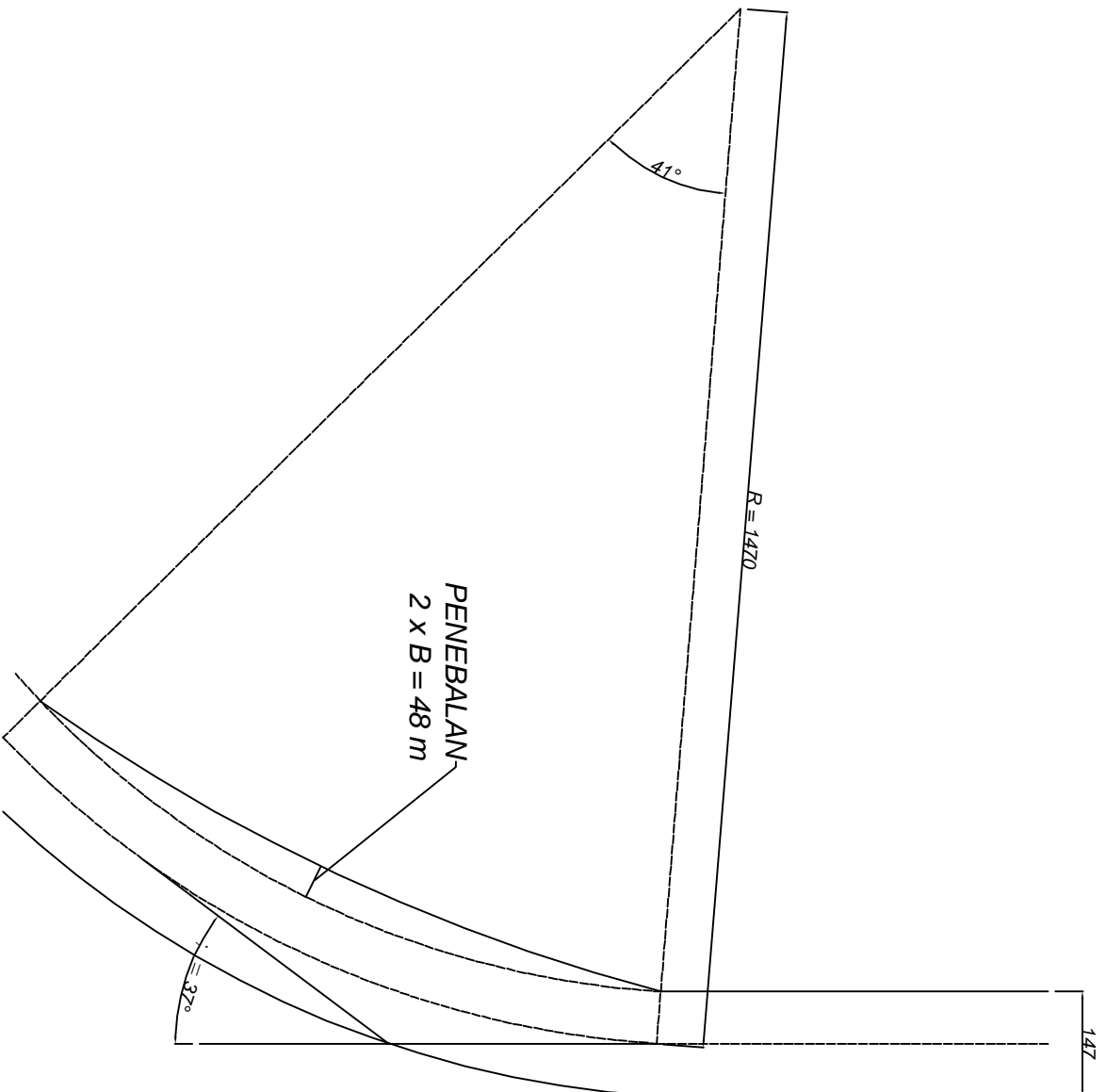


	INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN JURUSAN TEKNIK SIPIL		PERENCANAAN PEMECAH GELOMBANG (BREAKWATER) DAN PENGURUKAN (DREDGING) DI TERMINAL KHUSUS PT. TPPI TUBAN, JAWA TIMUR		DOSEN PEMBIMBING Ii. DYAH IRIANI W., M.Sc. CAHYA BUANA, ST., MT.	MAHASISWA FAHMI NURUL AMRI YUNUS 3112100150	NAMA GAMBAR ALUR MASUK	SKALA GAMBAR 1:40000	NOMOR GAMBAR 1
	JUJUL TUGAS AKHIR								

PELABUHAN PT. TPP1 TANJUNG AWAR AWAR

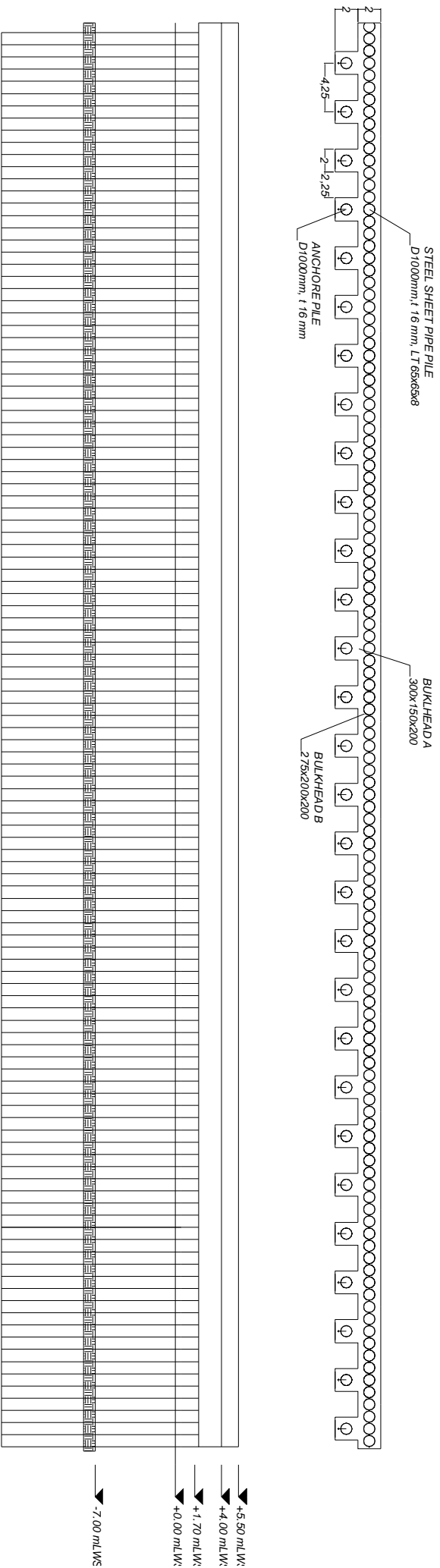


	INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER FKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN JURUSAN TEKNIK SIPIL									
	PERENCANAAN PEMECAH GELOMBANG (BREAKWATER) DAN PENGURUKAN (DREDGING) DI TERMINAL KHUSUS PT. TPP1 TUBAN, JAWA TIMUR		DOSEN PEMBIMBING	MAHASISWA	NAMA GAMBAR	SKALA GAMBAR	NOMOR GAMBAR			
JUJUL TUGAS AKHIR		JI. DYAH IRIANI W., M.Sc. CAHYA BUANA, ST., MT.	FAHMI NURUL AMRI YUNUS 3112100150	ALUR KELUAR	1:40000	1				

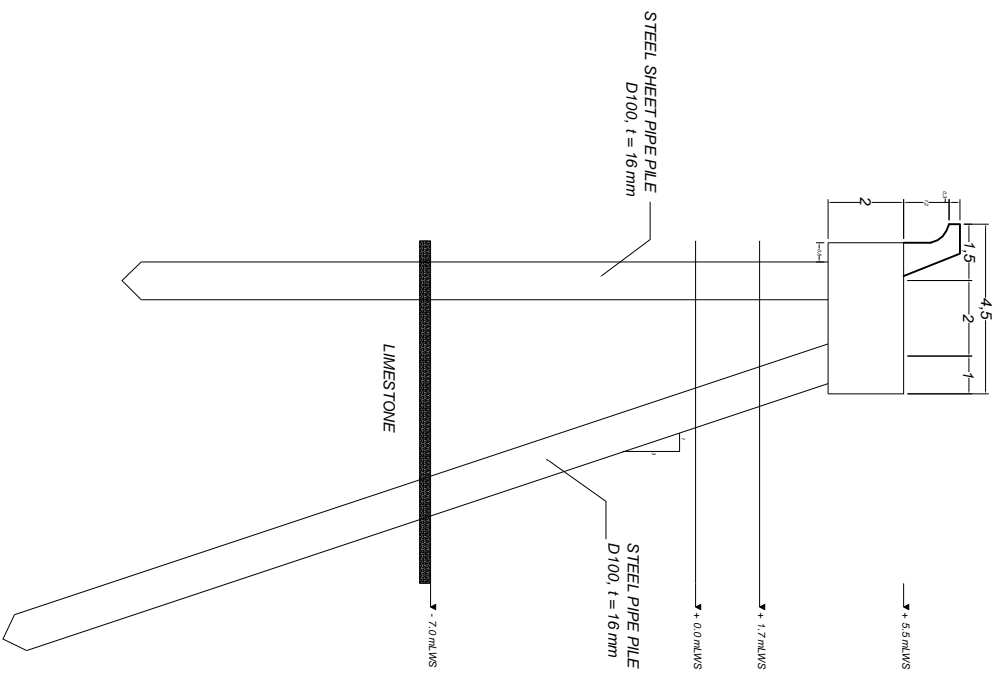


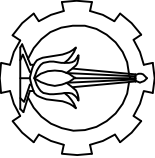
$$\begin{aligned}
 R &= 37^\circ > 35^\circ, \text{ maka} \\
 &= 10 \times L \\
 &= 10 \times 147 = 1470 \text{ m}
 \end{aligned}$$

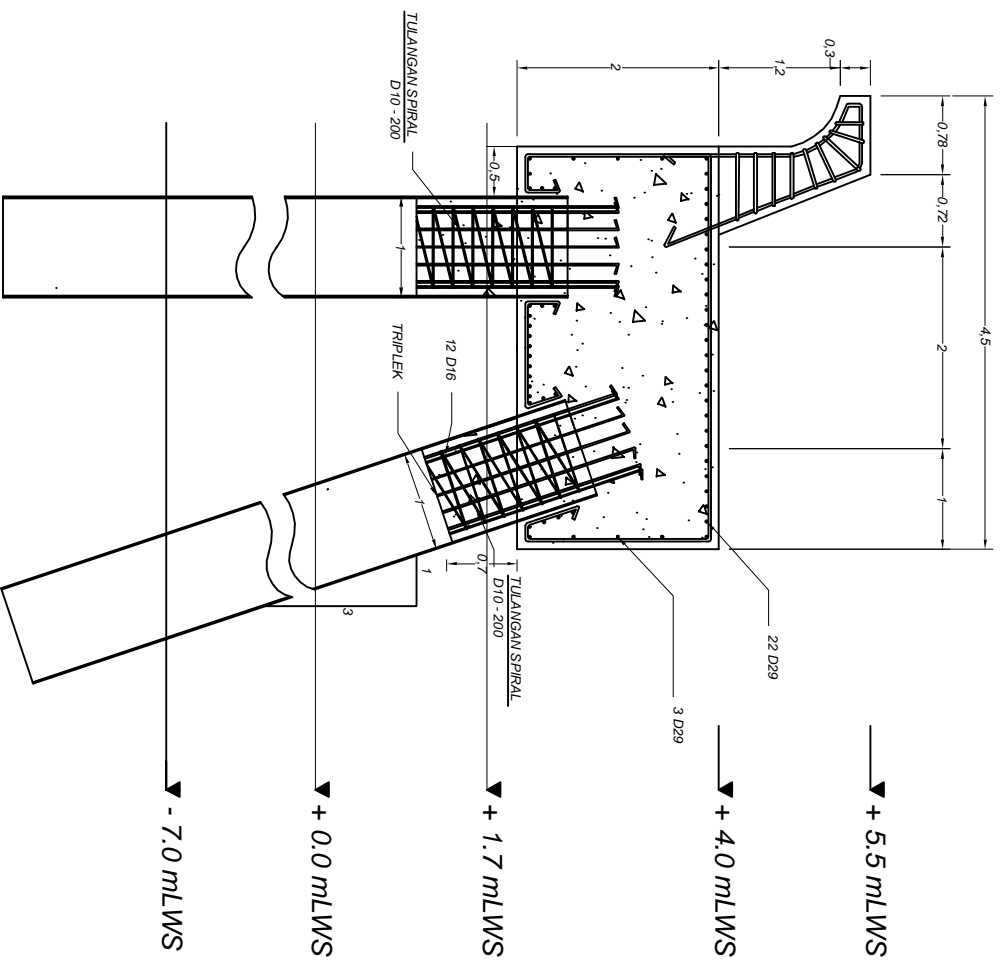
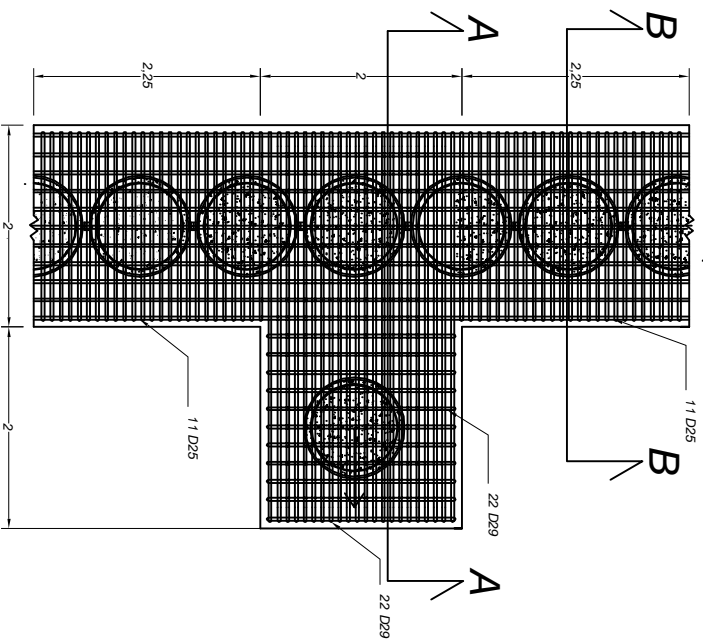
	INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN JURUSAN TEKNIK SIPIL		PERENCANAAN PEMEGAH GELOMBANG (BREAKWATER) DAN PENGGERUKAN (DREDGING) DI TERMINAL KHUSUS PT. TPEI TUBAN, JAWA TIMUR	DOSEN PEMBIMBING Ir. DYAH IRIANI W., M.Sc. CAHYA BUANA, ST., MT.	MAHASISWA FAHMI NURUL AMRI YUNUS 3112100150	NAMA GAMBAR ALIGNMENT	SKALA GAMBAR 1:10000	NOMOR GAMBAR
	JUDUL TUGAS AKHIR							



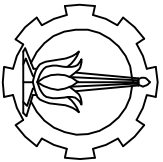
	INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN JURUSAN TEKNIK SIPIL		PERENCANAAN PEMECAH GELOMBANG (BREAKWATER) DAN Pengerukan (DREDGING) DI TERMINAL KHUSUS PT. TPII TUBAN, JAWA TIMUR		DOSEN PEMBIMBING I. DYAH IRIANI W., M.Sc. CAHYA BUANA, ST., MT.	MAHASISWA FAHMI NURULLAMRI YUNUS 312100150	NAMA GAMBAR TAMPAK ATAS DAN TAMPAK SAMPIING	SKALA GAMBAR 1:500	NOMOR GAMBAR
	JUDUL TUGAS AKHIR								



	INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN JURUSAN TEKNIK SIPIL		PERENCANAAN PEMECAH GELOMBANG (BREAKWATER) DAN Pengerukan (DREDGING) DI TERMINAL KHUSUS PT. TPII TUBAN, JAWA TIMUR	DOSEN PEMBIMBING I. DYAH IRIANI W., M.Sc. CAHYA BUANA, ST., MT.	MAHASISWA FAHMI NURULLAMRI YUNUS 312100750	NAMA GAMBAR TAMPAK SAMPIING	SKALA GAMBAR 1:200	NOMOR GAMBAR
	JUDUL TUGAS AKHIR							



POTONGAN A-A
SKALA 1:75



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN PEMECAH GELOMBANG
(BREAKWATER) DAN PENGURUKAN
(DREDGING) DI TERMINAL KHUSUS PT.
TPII TUBAN, JAWA TIMUR

DOSEN PEMBIMBING

I. DYAH IRIANI W., MSc.
CAHYA BUANA, ST., MT.

MAHASISWA

FAHMI NURULLAMRI YUNUS
31712100150

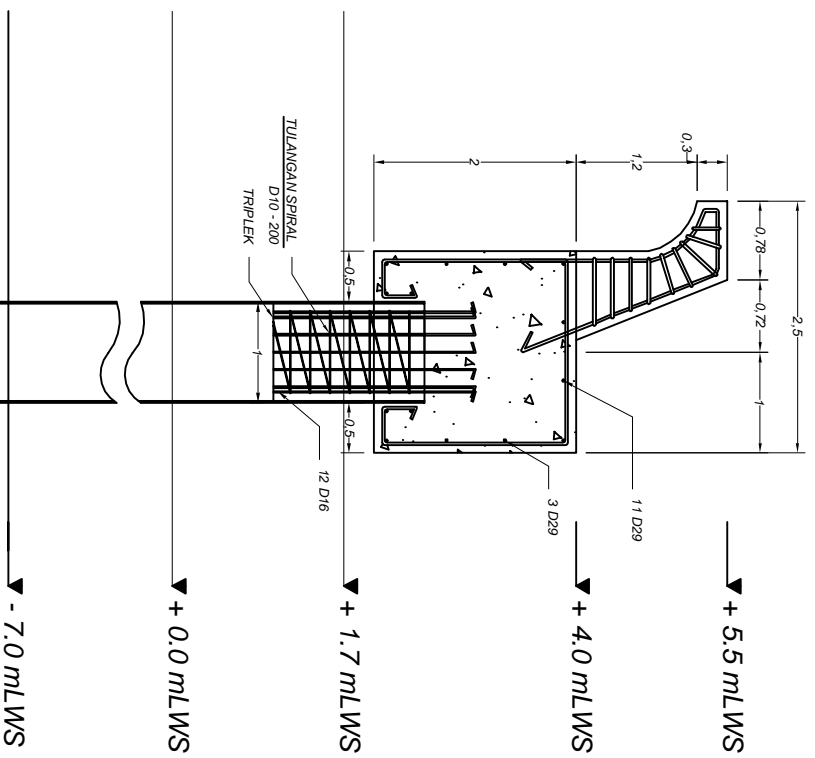
NAMA GAMBAR

POTONGAN A-A

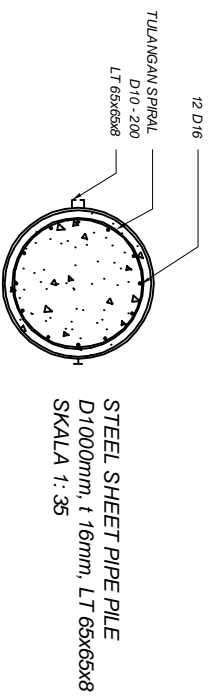
SKALA GAMBAR

1:75

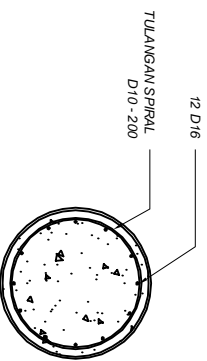
NOMOR GAMBAR



POTONGAN B-B
SKALA 1:75

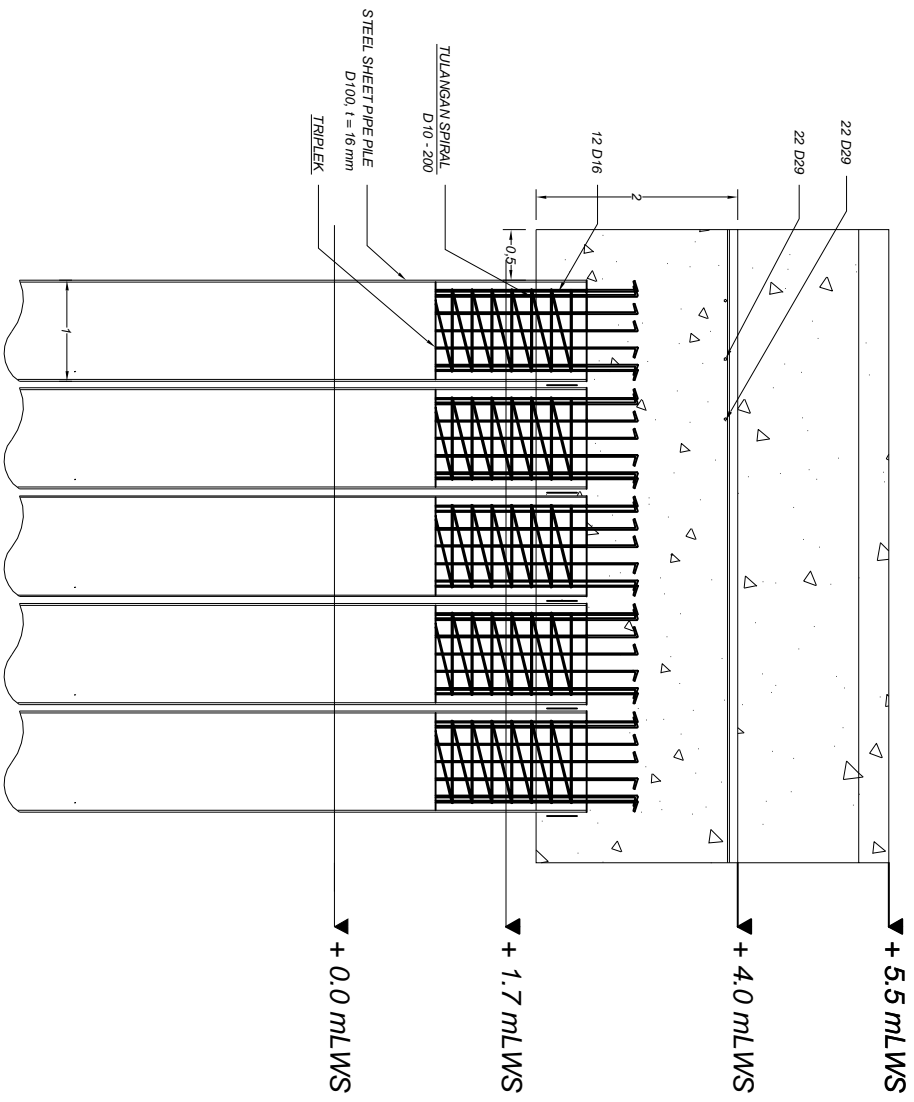


STEEL SHEET PIPE PILE
D1000mm, t 16mm, LT 65x65x8
SKALA 1:35



ANCHORE PILE
D1000mm, t 16mm
SKALA 1:35

	INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN JURUSAN TEKNIK SIPIL		PERENCANAAN PEMECAH GELOMBANG (BREACKWATER) DAN PENGURUKAN (DREDGING) DI TERMINAL KHUSUS PT. TPII TUBAN, JAWA TIMUR		DOSEN PEMBIMBING I. DYAH RIANI W., M.Sc. CAHYA BUANA, ST., MT.	MAHASISWA FAHMI NURULLAMRI YUNUS 312100150	NAMA GAMBAR POTONGAN B-B	SKALA GAMBAR 1:75	NOMOR GAMBAR
	JUDUL TUGAS AKHIR								



	INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN JURUSAN TEKNIK SIPIL		PERENCANAAN PEMECAH GELOMBANG (BREAKWATER) DAN Pengerukan (DREDGING) DI TERMINAL KHUSUS PT. TPII TUBAN, JAWA TIMUR		DOSEN PEMBIMBING I. DYAH IRIANI W., M.Sc. CAHYA BUANA, ST., MT.	MAHASISWA FAHMI NURULLAMRI YUNUS 312100150	NAMA GAMBAR POTONGAN MEMANJANG	SKALA GAMBAR 1:75	NOMOR GAMBAR
	JUDUL TUGAS AKHIR								

BAB X KESIMPULAN

Berdasarkan pada bab – bab yang telah dibahas sebelumnya diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari pengumpulan dan analisis data pada bab 3 didapatkan :
 - Data bathymetri : perairan TPPI Tuban berada di perairann dangkal dengan kemiringan yang landai
 - Data arus : arus maksimum sebesar 0,95 m/s (arah arus sejajar pantai)
 - Data pasang surut : 1,7 meter
 - Data angin : arah dominan pembangkit gelombang dari arah barat laut
 - Data gelombang : tinggi gelombang periode ulang 50 tahunan sebesar 4,06 meter

2. Spesifikasi Kapal Rencana yang akan dilayani oleh dermaga adalah sebagai berikut :

Loa (*Length Overall*) = 146,7
meter

Lpp (*length between perpendiculars*) = 135,5
meter

B (*Beam*) = 24 meter

T (*Draft*) = 9,56 meter

3. Brakwater direncanakan dengan konstruksi *sheet pile* dengan tiang pancang miring sebagai anchor.

4. Dalam perencanaan tugas akhir ini direncanakan struktur Brekwater sebagai berikut :

a. Panjang Breakwater = 1300 meter

b. Lebar = 4 meter

c. Elevasi Puncak = + 5,50 mLWS

d. Spesifikasi *Sheet pile*:
Jenis = *Steel Sheet Pipe Pile*

Diameter	= 1000 mm
Tebal	= 16 mm
Junction	= 69,6 mm
Mutu	= ASTM A252 Grade 3
e. Spesifikasi <i>Anchor pile</i> :	
Jenis	= <i>Steel Pipe Pile</i>
Diameter	= 1000 mm
Tebal	= 16 mm
Mutu	= ASTM A252 Grade 3

5. Pengerukan

Pada perencanaan dermaga ini untuk kapal 15.000 DWT, Kedalaman perairan yang dibutuhkan tidak cukup. Sehingga dibutuhkannya pengerukan pada Alur masuk hingga kolam dermaga. Kedalaman eksisting hanya -7 hingga -12 mLWS. Untuk mencapai kedalaman -12 mLWS dibutuhkan pengerukan sedalam rata-rata 4 meter. Kebutuhan volume yang dikeruk adalah 3.302.625,2 m³. Dalam perencanaan ini akan digunakan kapal keruk hidrolik *CSD500 Damen* dengan tipe *Cutting Suction Dredger (CSD)* dari Damen. Pengerukan dilakukan selama 4,5 bulan

6. Rencana anggaran biaya yang diperlukan dalam pembangunan *Breakwater dan pengerukan di Terminal Khusus TPPI Tuban, Jawa Timur* sebesar : Rp 460.630.686.000,00 dan diperlukan waktu pengerjaan selama 20 bulan

DAFTAR PUSTAKA

- British Standard. 1991. *BS 6349-7: 1991 MARITIME STRUCTURE part 7: Guide to The Design and Construction of Breakwater*.
- Bryan, R.N. A.D. Bates, dan J.M. Land .1995. *Dredging: A Hanbook for Engineer*. Alexandria, USA
- CERC .1984. *Shore Protection Manual*. US Army Coastal Engineering Research Center, Washington
- Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik Direktorat Jendral Cipta Karya. 1971. *Peraturan Beton Indonesia 1971*. Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan, Bandung
- Japan Port and Harbour Association. 2002. *Technical Standards and Commentaries for Port and Harbour Facilities in Japan*. Daicousa Printing, Japan
- Thoresen, Carl A. 2003. *Port designer's handbook*. Thomas Telford. British
- Triatmodjo, Bambang. 2008. *Pelabuhan*. Beta Offset, Yogyakarta
- Triatmodjo, Bambang. 2008. *Teknik Pantai*. Beta Offset, Yogyakarta
- US Department of Transportasion. 1984. *US Steel Sheet Piling Design Manual*. US
- Widyastuti, Dyah Iriani. 2000. *Diktat Pelabuhan*. Surabaya. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan ITS.

Wahyudi, Herman. 2013. *Daya Dukung Pondasi Dalam*. Surabaya. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan ITS.

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Yogyakarta pada tanggal 12 April 1994, merupakan anak kedua dari lima bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SD Islamic Center di Semarang yang kemudian pindah di SD Muhammadiyah Sukajadi di Pekanbaru saat kelas 3 dan pindah di SD Muhammadiyah Bodon di Bantul saat kelas 6, MTs Mu'allimin Muhammadiyah Yogyakarta, dan MA Mu'allimin Muhammadiyah Yogyakarta. Setelah lulus dari MA Mu'allimin

Muhammadiyah Yogyakarta tahun 2012, penulis melanjutkan jenjang studinya di Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS pada tahun 2012 dan terdaftar dengan NRP 3112100150.

Di Jurusan Teknik Sipil ini, penulis mengambil judul Tugas Akhir di bidang Perhubungan/Transportasi (Pelabuhan). Penulis aktif dalam bidang kemahasiswaan seperti BEM FTSP ITS pada periode 2013-2014 dan periode 2014-2015 dan berbagai kegiatan yang diselenggarakan oleh internal kampus maupun eksternal kampus. Penulis dapat dihubungi melalui *email* fahminurulil@outlook.com