

TUGAS AKHIR

**PERENCANAAN STRUKTUR ATAS DERMAGA
GENERAL CARGO TIPE PIER BERKAPASITAS
10.000 DWT**

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat-Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Sipil Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh:

HANIFAH ZAHRA
1407210134



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2018**

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Hanifah Zahra

NPM : 140721034

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Perencanaan Struktur Atas Dermaga *General Cargo* Tipe *Pier* Berkapasitas 10.000 DWT (Studi Literatur).

Bidang ilmu : Struktur

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 27 September 2018

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing I / Penguji

Tondi Amirsyah, P, S.T, M.T

Dosen Pembimbing II/Peguji

Sri Prafanti, S.T, M.T

Dosen Pembanding I / Penguji



Dr. Ade Faisal, ST, MSc

Dosen Pembanding II/Peguji



Dr. Fahrizal Zulkarnain

Program Studi Teknik Sipil
Ketua,

Dr. Fahrizal Zulkarnain



SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Hanifah Zahra
Tempat /Tanggal Lahir: Medan / 29 Maret 1997
NPM : 1407210134
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil

menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

“Perencanaan Struktur Atas Dermaga *General Cargo* Tipe *Pier* Menggunakan Plat *Precast* Dengan Kapasitas Kapal Yang Bertambat 10.000 DWT”.

bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 27 September 2018

Yang menyatakan,

Hanifah Zahra

METERAI
TEMPEL
TGL. 20
C3860AFF416317391
6000
ENAM RIBU RUPIAH

ABSTRAK

PERENCANAAN STRUKTUR ATAS DERMAGA *GENERAL CARGO* TIPE *PIER* BERKAPASITAS 10.000 DWT (LITERATUR)

Hanifah Zahra

1407210134

Tondi Amirysah Putera P, S.T,MT

Sri Prafanti, S.T, M.T

Dermaga *general cargo type pier* merupakan suatu bangunan pelabuhan yang digunakan untuk merapat dan menambatkan kapal yang melakukan bongkar muat barang-barang umum dengan menambat 2 kapal pada sisi kiri dan sisi kanan dermaga. Dalam Tugas akhir ini Dermaga tersebut direncanakan di wilayah perairan Teluk Krueng Raya Banda Aceh di Pelabuhan Malahayati dan mampu melayani kapal *General Cargo* kapasitas 10.000 DWT dengan kedalaman kapal 10,5 m. Struktur bawah menggunakan tiang pancang komposit. Perencanaan struktur dermaga dianalisis menggunakan *Software* SAP2000 dengan model 3 dimensi. Dari hasil perencanaan ditetapkan dimensi dermaga 190 m x 55 m. Dimensi balok utama dermaga 100 cm x 70 cm, dimensi balok anak 80 cm x 50 cm, dimensi pile cap 170 cm x 170 cm x 150 cm dan tebal plat dermaga 35 cm. Tiang pancang dermaga menggunakan *steel pipe pile* dengan ukuran diameter 914 mm, tebal 20 mm dan tiang pancang beton menggunakan $f_c'35$ Mpa. Struktur bawah dianggap tumpuan jepit. Dari hasil perencanaan diperoleh nilai perioda getar sebesar 0,366648 detik, nilai momen sebesar 289292,16 Kgf-m, nilai perpindahan pada arah vertikal sebesar 0,01113 m dan nilai perpindahan pada arah horizontal sebesar 0,02046 m yang diakibatkan oleh gaya gempa Y.

Kata kunci: Dermaga *Pier*, tiang pancang komposit, perpindahan.

ABSTRACT

STRUCTURAL DESIGN PORT OF GENERAL CARGO TYPE PIER WITH CAPACITY 10.000 DWT (LITERATURE)

Hanifah Zahra

1407210134

Tondi Amirysah Putera P, S.T,MT

Sri Prafanti, S.T, M.T

The pier – type general cargo dock is a port building that is used to dock and moor ships that are loading and unloading general goods capable of mooring 2 ships on the left and right sides of the dock. In this final project, the pier is planned to be in the bay area of Teluk Krueng Raya, Banda Aceh in the port of Malahayati and is able to serve ships with 10.000 DWT capacitance with a vessel depth of 10,5 m. The bottom structure uses composite piles. In the dock structure plan, it was analyzed using SAP2000 software with 3-dimensional model. From the planning results the dimensions of the pier are 190 m x 55 m the dock beam dimensions are 100 cm x 70 cm, 80 cm x 50 cm child beam dimensions, 170 cm x 170 cm x 150 cm pilecap dimension and the plate thickness of the pier is 35cm. The pier pile uses still pipe pile with a diameter of 914mm, 20mm, thick and concret piles using $f_c'35$. The bottom structure is considered a pinch pedestal. From the planning results, it is obtained the vibration period value is 0,366648 seconds, the moment value is 289292,16 Kgf-m the vertical displacement value is 0,01113 m and the displacement value in the horizontal direction is 0,02046 m due to Y earthquake force.

Keywords: Pier dock, composite pile, displacement.

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Perencanaan Struktur Atas Dermaga *General Cargo* Tipe *Pier* Berkapasitas 10.000 DWT” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Tondi Amirsyah Putera .P, S.T,M.T selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Ibu Sri Prafanti, S.T, M.T selaku Dosen Pimbimbing II dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Dr. Ade Faisal, ST, MSc selaku Dosen Pembanding I dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Dr. Fahrizal Zulkarnain selaku Dosen Pembanding II dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, sekaligus sebagai Ketua Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Munawar Alfansury Siregar,S.T,M.T selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu ketekniksipilan kepada penulis.

7. Orang tua penulis: Alm.H Nyak Jad, S.H, dan Hj.Dra.Ida Syafriani, yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis.
8. Terimakasih kepada Abangda Syafrijal Kautsar, S.T dan Adinda Dara Fadilah.
9. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
10. Sahabat-sahabat penulis: Juni Indriani, Indah Prastiwi, Adisti, Retno Friana Dewi, M. Rizka Nur adha, Rahmad Amin Pasaribu , M. Prawira, Andika Hadiningrat, Sapto Prabowo serta keluarga besar Teknik Sipil 2014, terimakasih atas dukungan dan kerjasamanya selama ini.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia konstruksi teknik sipil.

Medan, September 2018

Hanifah Zahra

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	ii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR NOTASI	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Umum	5
2.2 Dermaga	6
2.2.1 Tipe Dermaga	6
2.2.2 Bangunan Pendukung	8
2.2.3 Struktur Dermaga	8
2.3 Karakteristik Kapal	10
2.4 Perencanaan Dimensi Dermaga	11
2.4.1 Panjang Dermaga	11
2.4.2 Lebar Dermaga	12
2.4.3 Elevasi Apron	12
2.4.4 Kedalaman Dermaga	13
2.5 Perencanaan Pembebanan Dermaga	14
2.5.1 Beban Vertikal	14

2.5.1.1	Beban Mati	14
2.5.1.2	Beban Hidup	14
2.5.2	Beban Horizontal	19
2.5.2.1	Beban Benturan Kapal (<i>Berthing Force</i>)	19
2.5.2.2	Beban Tambat	21
2.5.2.3	Beban Arus	22
2.5.2.4	Beban Angin	22
2.5.2.5	Beban Gempa	23
2.6	Rangkak Dan Susut Beton	30
2.6.1	Rangkak pada Beton	30
2.6.2	Susut Beton	31
2.7	Perencanaan Bollard	31
2.8	Perencanaan Fender	33
2.9	Kombinasi Pembebanan	34
2.10	Perencanaan Dimensi Elemen Struktur	35
2.10.1	Pelat Lantai	35
2.10.1.1	Perencanaan Tulangan	37
2.10.1.2	Kontrol Geser Pons Terhadap Plat	38
2.10.2	Balok Dermaga	39
2.10.1.1	Perencanaan Tulangan	39
2.10.2.1	Kontrol <i>Displacement</i>	40
BAB 3 PERMODELAN STRUKTUR		
3.1	Metodologi Penelitian	41
3.2	Lokasi Penelitian	42
3.2.1	Tata Letak Perencanaan	42
3.3	Pengumpulan Data	43
3.3.1	Data Kapal	43
3.3.2	Data Bathymetri	43
3.3.3	Data Arus	44
3.3.3	Data Pasang Surut	44
3.3.4	Data Angin	44
3.3.5	Data Gelombang	44

3.4 Permodelan Struktur	44
3.4.1 Dimensi Dermaga	46
3.4.2 Data Material Struktur Dermaga	46
3.5 Analisa Pembebanan Struktur Dermaga	47
3.5.1 Beban Vertikal	47
3.5.1.1 Beban Mati	47
3.5.1.2 Beban Mati Tambahan	48
3.5.1.3 Beban Hidup Merata	49
3.5.1.4 Beban Hidup Bergerak	50
3.5.2 Beban Horizontal	51
3.5.2.1 Beban Tumbukan Kapal	51
3.5.2.2 Beban Tambat Kapal	54
3.5.2.3 Beban Angin Struktur	54
3.5.2.4 Beban Arus	55
3.5.2.5 Beban Gempa	55
3.5.2.5 Beban Gelombang	60
3.6 Rangkak Dan Susut Pada Beton	61
3.6.1 Rangkak Pada Beton	61
3.6.2. Susut Pada Beton	61
3.7 Rekapitulasi Pembebanan	61
3.8 Kombinasi Pembebanan	61
3.9 Analisa Perencanaan Struktur	62
3.9.1 Plat Dermaga	62
3.9.2 Balok Dermaga	63
3.9.3 Pilecap Dermaga	
3.9.4. Tiang Pancang Dermaga	63
3.9.5 Rekapitulasi Elemen Struktur	63
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Tinjauan Umum	66
4.2 Hasil Analisis	66
4.2.1 Hasil Analisis Periode Getar	66

4.2.2 Hasil Pemeriksaan <i>Displacement</i> Pada Dermaga	67
4.2.3 Hasil Analisis Besarnya Momen Pada Struktur Dermaga	70
4.2.4 Hasil Analisis Besarnya Gaya Aksial Pada Dermaga	71
4.2.5 Hasil Analisis Besarnya Gaya Geser Arah X Dermaga	71
4.2.6 Hasil Analisis Besarnya Gaya Geser Arah Y Dermaga	73
4.3 Perhitungan Tulangan Pada Struktur Atas	76
4.3.1 Perhitungan Penulangan Plat	76
4.3.2 Perhitungan Penulangan Balok	80
4.3.2.1 Penulangan Balok Induk	80
4.3.2.2 Penulangan Balok Anak	83
4.3.3 Perhitungan Penulangan Pilecap	87
4.4 Hasil Diagram Interaksi	89
4.5 Daya Dukung Tiang Pancang	90
BAB 5 KESIMPULAN	
5.1 Kesimpulan	90
5.2 Saran	90
DAFTAR PUSTAKA	91
LAMPIRAN	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 :	Karakteristik kapal Barang Umum	10
Tabel 2.2 :	Elevasi Dermaga Diatas HWS	13
Tabel 2.3 :	Kriteria Beban Hidup Merata	15
Tabel 2.4 :	Data Teknis <i>Jib Portal Crane</i>	18
Tabel 2.5 :	Kecepatan Tambat Kapal Rencana	19
Tabel 2.6 :	Gaya Tambat Sesuai Dengan Bobot Kapal	21
Tabel 2.7 :	Tekanan Angin Dasar	
Tabel 2.8 :	Penjelasan Peta Gempa	24
Tabel 2.9 :	Faktor Amplifikasi Untuk Periode 0,2 Detik <i>FPGA/Fa</i>	27
Tabel 2.10:	Besarnya Nilai Faktor Amplifikasi Untuk Periode 1 Detik <i>Fv</i>	28
Tabel 2.11:	Koefisien Standart Rangkak Beton Sebagai Tambahan Regangan Jangka Panjang	31
Tabel 2.12:	Koefisien Standart Susut Beton Sebagai Tambahan Regangan Jangka Panjang	31
Tabel 2.13:	Gaya Tambat Sesuai Bobot Kapal	32
Tabel 2.14:	Standart Tipe Bollard	32
Tabel 2.15:	Dimensi Dan Kapasitas Fender Silinder	34
Tabel 2.16:	Jarak Antara Fender	34
Tabel 2.17:	Kombinasi Pembebanan	35
Tabel 3.1 :	Perhitungan Gempa Respon Spektrum	58
Tabel 3.2 :	Hasil Rekapitulasi Pembebanan	61
Tabel 3.3 :	Dimensi Elemen Struktur Dermaga	64
Tabel 4.1 :	Data Periode Getar (T) Pada Struktur Dermaga	67
Tabel 4.2 :	Hasil <i>Displacement</i> Kombinasi Struktur Dermaga	68
Tabel 4.3 :	Hasil Output Nilai Momen Maksimum Pada Setiap Balok	70
Tabel 4.4 :	Hasil Analisa Gaya Aksial (P) maksimum	71
Tabel 4.5 :	Hasil Analisa Terhadap Gaya Geser arah X	72
Tabel 4.6 :	Hasil Analisa Terhadap Gaya Geser arah Y	73
Tabel 4.7 :	Rekapitulasi Penulangan Balok Utama Pada Dermaga	82
Tabel 4.8 :	Rekapitulasi Penulangan Balok Anak Pada Dermaga	86

Tabel 4.9 : Rekapitulasi Penulangan Pilecap Pada Dermaga	89
Tabel 4.10: Hasil <i>Output</i> Diagram Interaksi	89

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 :	Tampang Dermaga	6
Gambar 2.2 :	Dermaga Tipe <i>Wharf</i>	7
Gambar 2.3 :	Dermaga Tipe <i>Pier</i>	7
Gambar 2.4 :	Dermaga Tipe <i>Jetty</i>	
Gambar 2.5 :	Struktur Dermaga (a) Tipe Konstruksi Dermaga Terbuka, (b) Tipe Konstruksi Dermaga Tertutup	9
Gambar 2.6 :	Dimensi Kapal	10
Gambar 2.7 :	Perencanaan panjang Dermaga Tipe <i>Pier</i>	11
Gambar 2.8 :	Elevasi Lantai Dermaga	12
Gambar 2.9 :	Perencanaan Kedalaman Dermaga	13
Gambar 2.10:	Pembebanan Truk	16
Gambar 2.11:	<i>Jib Portal Crane</i>	17
Gambar 2.12:	Beban Berjalan	18
Gambar 2.13:	Jarak Sandar Kapal Ke Pusat Berat Kapal	20
Gambar 2.14:	Jari-Jari Putaran Di Sekeliling Pusat Berat Kapal	21
Gambar 2.15:	Peta 1 Percepatan Puncak Di Batuan Dasar (PGA) Untuk Probabilitas Terlampaui 10% Dalam 50 Tahun	24
Gambar 2.16:	Peta 2 Respons Spektra Percepatan 0,2 Detik Di Batuan Dasar Untuk Probabilitas Terlampaui 10% Dalam 50 Tahun	25
Gambar 2.17:	Peta 3 Respons Spektra Percepatan 1 Detik Di Batuan Dasar Untuk Probabilitas Terlampaui 10% Dalam 50 Tahun	25
Gambar 2.18:	Peta 4 Percepatan Puncak Di Batuan Dasar (PGA) untuk Probabilitas Terlampaui 7% Dalam 75 Tahun	26
Gambar 2.19:	Peta 5 Respons Spektra Percepatan 0,2 Detik Di Batuan Dasar Untuk Probabilitas Terlampaui 7% Dalam 75 Tahun	26
Gambar 2.20:	Peta 6 Respons Spektra Percepatan 1 Detik Di Batuan Dasar Untuk Probabilitas Terlampaui 7% Dalam 75 Tahun	27
Gambar 2.21:	Bentuk Tipikal Respons Spektra Permukaan Tanah	29
Gambar 2.22:	<i>Straight type Bollard</i>	33
Gambar 2.23:	Dimensi Fender <i>Silinder</i>	34

Gambar 2.24:	Bidang Penyebaran Tekanan Roda Kendaraan	38
Gambar 3.1 :	Diagram Alir	41
Gambar 3.2 :	Lokasi Perencanaan Dermaga <i>General cargo</i> Tipe <i>Pier</i>	42
Gambar 3.3 :	Kondisi Dan Tata Letak Perencanaan Dermaga <i>general Cargo</i>	43
Gambar 3.4 :	Pemodelan Struktur Dermaga 3D.	45
Gambar 3.5 :	Tampak Atas Perencanaan Dermaga	
Gambar 3.6 :	Tampak Samping Perencanaan Dermaga	45
Gambar 3.7 :	Input Beban Sendiri Dermaga	47
Gambar 3.8 :	Input Beban Mati Tambahan Dermaga	49
Gambar 3.9 :	Input Beban Hidup Merata Dermaga	50
Gambar 3.10:	Beban Vertikal Pada Balok Crane	50
Gambar 3.11:	Input Beban Crane Yang Diasumsikan Jadi Beban Garis	51
Gambar 3.12:	Input Beban Benturan Kapal	53
Gambar 3.13:	Input Beban Tambat	54
Gambar 3.14:	Input Beban Sendiri Angin Struktur	55
Gambar 3.15:	Input Beban Arus	56
Gambar 3.16:	Peta Gambar 5 Untuk Lokasi Perencanaan Dermaga	56
Gambar 3.17:	Peta Gambar 6 Untuk Lokasi Perencanaan Dermaga	57
Gambar 3.18:	Peta Gambar 7 Untuk Lokasi Perencanaan Dermaga	57
Gambar 3.19:	Grafik Respons Spektrum Malahayati untuk tanah lunak	59
Gambar 3.20:	Input Beban Gelombang	60
Gambar 3.21 :	Momen Inersia Untuk Tiang Pancang Komposit	64
Gambar 4.1 :	Grafik Nilai <i>displacement</i>	69
Gambar 4.2 :	Grafik Nilai Lendutan akibat beban horizontal	69
Gambar 4.3 :	Tulangan Plat Tampak Atas	79
Gambar 4.4 :	Gambar Tulangan Lapangan Pada Balok Utama	83
Gambar 4.5 :	Gambar Tulangan Tumpuan Pada Balok Utama	83
Gambar 4.6 :	Gambar Tulangan Lapangan Pada Balok Anak	86
Gambar 4.7 :	Gambar Tulangan Tumpuan Pada Balok Anak	87
Gambar 4.8 :	Diagram Interaksi Pada Pilecap	90
Gambar 4.9 :	Hasil Cek Struktur Pada Tiang Pancang	91
Gambar 4.8 :	Hasil Analisa Output Daya Dukung Tiang Pancang	91

DAFTAR NOTASI

L_p	= Panjang dermaga (m)
L_{oa}	= Panjang kapal yang ditambat (m)
N	= Jumlah kapal yang bertambat
E	= Energi kinetik yang timbul akibat benturan kapal (ton meter)
V	= Kecepatan kapal saat merapat (m/det)
W	= Berat kapal (ton)
G	= Gaya gravitasi bumi 9,81 (m/det ²)
C_m	= Koefesien massa
C_s	= Koefesien kekerasan (diambil 1)
C_c	= Koefesien bentuk dari tambatan (diambil 1)
C_e	= Koefesien eksentris
C_b	= Koefesien blok kapal
d	= Draft kapal (m)
B	= Lebar kapal (m)
γ_0	= Berat jenis air laut (t/m ³)
L_{pp}	= Panjang garis air (m)
W_d	= <i>Displacement tonnage</i> (KN)
l	= Jarak sepanjang permukaan air dari pusat berat kapal sampai titik sandar kapal (m)
r	= Jari – jari putaran disekeliling pusat berat kapal pada permukaan air (m)
F_L	= Gaya angkat akibat arus (KN)
C_L	= Koefesien lift
A_L	= Luas penampang tegak lurus arus (m ²)
U	= Kecepatan arus (m/s)
ρ	= Berat jenis air laut ($\rho = 1,03 \text{ t/m}^3$)
V_B	= Kecepatan angin rencana (90-126 km/jam)
V_{DZ}	= Kecepatan angin rencana pada elevasi rencana (km/jam)
P_B	= Tekanan angin dasar seperti yang ditentukan dalam tabel (MPa)
E_Q	= Gaya gempa horizontal statis (KN)
C_{sm}	= Koefesien respon gempa statik pada moda getar ke – m

- R = Faktor modifikasi respon
- Wt = Berat total struktur terdiri dari beban mati dan beban hidup yang sesuai (KN)
- As = Koefisien percepatan muka tanah (g)
- F_{PGA} = Faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran periode 0 detik.
- PGA = Percepatan puncak batuan
- Fa = Faktor amplifikasi terkait percepatan mewakili getaran periode 0,2 detik
- Ss = Lokasi yang memerlukan investigasi geoteknik dan analisis respons dinamik spesifik
- S1 = Parameter respon spektra percepatan gempa untuk periode 1 detik
- S_{D1} = Spektra permukaan tanah pada periode 1 detik
- T = Periode (detik)
- $\epsilon_{cc, t}$ = Rangkak pada beton
- ϵ_e = Regangan *elastis* sesaat
- T = Umur beton yang dirawat basah di lokasi pekerjaan, terhitung sejak 7 hari setelah pengecoran (hari)
- ϕ_{cc} = Koefisien rangkak
- C_u = Koef, rangkak maksimum
- D = Beban Mati (kg)
- L = Beban Hidup (kg)
- W_x = Beban angin x (kg)
- W_y = Beban angin y (kg)
- E_x = Beban gempa x (kg)
- E_y = Beban gempa y (kg)
- C = Arus (kg)
- R = Gaya Merayap (kg)
- S = Penyusutan
- BE = Beban Bentur/ *Berthing load* (kg)
- M = Beban Tambat/*Mooring load* (kg)
- V_u = Gaya geser *ultimate*
- V_c = Gaya geser beton

- V_{nc} = Gaya geser pons
 V_s = Gaya geser tulangan
 V_c = Gaya geser beton
 F_c = Kuat tekan beton yang direncanakan pada umur 28 hari (MPa)
 b = Lebar balok (mm)
 d = Tinggi balok (mm).
DWT = *Deadweight Tonnage* (Bobot mati) yaitu berat total muatan yang dapat diangkut kapal dalam keadaan pelayaran optimal (draft kapal)
GRT = *Gross register tons* (Ukuran isi kotor) adalah volume keseluruhan ruangan kapal (1 GRT = 100 ft)
 F_r = Tegangan izin
 F_{ci} = Kuat tekan beton pada umur tertentu
= Tegangan ijin terjadi
 M = Momen yang terjadi
 W = Momen tahanan
 A_s = Luas tulangan plat (mm²)
 b = Lebar plat (diasumsikan 1 m lari/1000 mm)
 d = Lebar efektif plat (mm)
 f_y = Kuat tarik baja tulangan (MPa)
 R_n = Koefesien tahanan nominal
 M_n = Momen nominal
 b = Lebar elemen (m) / untuk pelat lantai biasa dipakai
 d = Tinggi efektif elemen
 ρ_b = Rasio tulangan yang memberikan kondisi regangan seimbang
 β_1 = Faktor tinggi balok dan regangan tekan persegi ekuivalen beban
 f_c' = Kuat tekan beton yang direncanakan pada umur 28 hari (Mpa)
 f_y = Tegangan leleh tulangan
 ρ_{maks} = Rasio tulangan maksimal
 $R_n \text{ max}$ = Koefesien tahanan maksimal

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kapal sebagai sarana transportasi yang mempunyai peran sangat penting dalam sistem angkutan laut. Hampir semua barang *impor*, *ekspor* dan muatan dalam jumlah sangat besar diangkut dengan kapal laut, walaupun diantara tempat-tempat dimana pengangkutan dilakukan terdapat fasilitas angkutan lain yang berupa angkutan darat dan angkutan udara. Hal ini mengingat kapal mempunyai kapasitas yang jauh lebih besar dari pada sarana angkutan lainnya. Sebagai contoh pengangkutan minyak yang mencapai puluhan bahkan ratusan ribu ton. Apabila harus di angkut dengan truk tangki diperlukan ribuan kendaraan dan waktu yang lama. Tetapi bila menggunakan kapal dengan muatan yang besar, akan memerlukan waktu yang singkat, tenaga kerja lebih sedikit dan biaya yang lebih murah. Selain itu untuk angkutan barang antar pulau atau negara, kapal merupakan satu-satunya saran yang sesuai (Harnianto, 2006).

Untuk mendukung sarana angkutan laut tersebut diperlukan prasarana yang berupa pelabuhan. Pelabuhan (*port*) adalah daerah perairan yang terlindung terhadap gelombang, yang dilengkapi dengan fasilitas terminal yang meliputi dermaga, Dermaga merupakan suatu bangunan pelabuhan yang digunakan untuk merapat dan menambatkan kapal yang melakukan bongkar muat barang dan menarik-turunkan penumpang. Dimensi dermaga didasarkan pada jenis dan ukuran kapal yang merapat dan bertambat pada dermaga tersebut. Dalam merencanakan ukuran dermaga harus didasarkan pada ukuran-ukuran minimal sehingga kapal dapat bertambat atau meninggalkan dermaga maupun melakukan bongkar muat barang dengan aman, cepat dan lancar. Di belakang dermaga terdapat halaman cukup luas. Di halaman dermaga ini terdapat apron, gudang transit, tempat bongkar muat barang dan jalan. Apron adalah daerah yang terletak antara sisi dermaga dan sisi depan gudang di mana terdapat pengalihan kegiatan angkutan laut (kapal) ke kegiatan angkutan darat (kereta api, truk, dan sebagai

berikut). Gudang transit digunakan untuk menyimpan barang sebelum diangkut oleh kapal, atau setelah dibongkar dari kapal dan menunggu pengangkutan barang ke daerah yang dituju.

Dermaga dapat dibedakan menjadi dua tipe yaitu *wharf*, *jetty* atau *pier* atau jembatan. *Wharf* adalah dermaga paralel dengan pantai dan biasanya berimpit dengan garis pantai. *Jetty* atau *pier* adalah dermaga yang menjorok ke laut (Triatmodjo, 2009).

Perencanaan dermaga *General cargo* ada beberapa hal yang harus diperhatikan yaitu Dimensi dermaga, perhitungan konstruksi, perhitungan pembebanan dan kontrol *design*.

Dalam tugas akhir ini penulis merencanakan dermaga *General Cargo type Pier*, kapasitas kapal yang akan bertambat sebesar 10.000 DWT. Kemudian mendesain struktur atas dan struktur bawah dimana struktur bawah didesain dengan struktur terbuka yang merupakan tiang- tiang pancang (*Deck on pile*), kapasitas tiang pancang sangat berpengaruh pada struktur atas dan pembebanan yang ada pada struktur atas.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, rumusan masalah dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Bagaimana cara menentukan dimensi dermaga dan elemen struktur dermaga.
2. Berapa *displacement* yang terjadi pada struktur dermaga akibat beban yang ada.

1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan uraian dari latar belakang diatas, maka yang menjadi batasan masalah dalam penulisan tugas akhir ini adalah:

1. Perhitungan struktur di titik beratkan pada struktur dermaga.
2. Perumusan yang digunakan sesuai literatur yang ada.
3. Perencanaan dermaga *General cargo* dengan menggunakan *type Pier* dimana struktur bawahnya didesain dengan struktur terbuka.

4. Perencanaan struktur dermaga tidak membahas metode pelaksanaan beton dan tiang pancang.
5. Tugas akhir ini tidak meninjau operasional dermaga, kolam pelabuhan, pemecah gelombang dan alur pelayaran.
6. Perencanaan ini tidak meninjau analisis biaya dan management konstruksi.
7. Perencanaan dilakukan hanya sampai dengan tiang pancang pada kedalaman 10 m dan ditumpu dengan perletakan jepit.
8. Tidak meninjau kondisi tanah pada lokasi perencanaan.
9. Perencanaan Pelabuhan, Bambang Triadmoedjo, 2009.
10. SNI 2847-2013 Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung.
11. *Port Of Long Beach Wharf Design Criteria v 4.*
12. RSNI 2833:2013 Standart perancangan jembatan terhadap beban gempa.
13. SNI 1725-2016 Pembebanan untuk jembatan.
14. Dasar-dasar perencanaan beton bertulang, SKSNI T-15-19919-03.
15. *Standard Design Criteria for Ports in Indonesia, 1984.*

1.4 Tujuan

Adapun tujuan dari penyusunan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui dimensi dermaga dan elemen dermaga *General Cargo type pier* dengan struktur konstruksi terbuka pada pelabuhan Malahayati kota Banda Aceh.
2. Untuk mengetahui *displacement* pada struktur dermaga akibat gaya pada struktur dermaga.

1.5 Manfaat

Manfaat penulisan ini adalah untuk menerapkan materi perkuliahan yang telah diperoleh ke dalam bentuk penerapan secara utuh. Penerapan materi perkuliahan yang telah diterima diaplikasikan dengan merencanakan suatu bangunan dermaga yang cukup kompleks sehingga diharapkan mahasiswa dapat mengaplikasikan ilmu pengetahuan yang diperoleh.

1.6 Sistematika Penulisan Laporan

Proposal penelitian atau skripsi ini terdiri dari lima bab yang direncanakan dan diharapkan dapat menjelaskan perihal topik bahasan, yaitu :

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini menguraikan latar belakang permasalahan, identifikasi dan rumusan permasalahan, ruang lingkup pembahasan, tujuan dilakukannya penelitian dan manfaat penelitian.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menguraikan teori-teori tentang jembatan, metode analisa yang akan digunakan serta ketentuan dalam desain yang harus dipenuhi sesuai syarat.

BAB 3 METODE PENELITIAN DAN PEMODELAN

Bab ini menjelaskan rencana atau prosedur yang dilakukan penulis memperoleh jawaban yang sesuai dengan kasus permasalahan.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menguraikan hasil pembahasan analisis desain dan kinerja struktur.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan sesuai dengan analisis terhadap studi literatur dan berisi saran untuk pengembangan lebih lanjut yang baik di masa yang akan datang

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

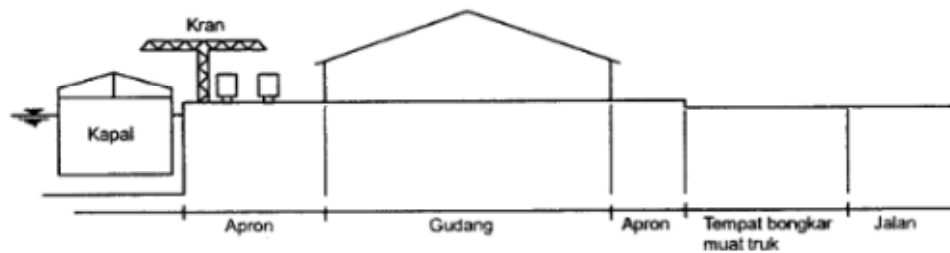
Dermaga merupakan suatu bangunan pelabuhan yang digunakan untuk merapat dan menambatkan kapal yang melakukan bongkar muat barang dan menaik turunkan penumpang yang merupakan suatu struktur yang dibuat di laut yang menghubungkan bagian darat dan terdiri dari bangunan atas yang terbuat dari balok, pelat lantai, pile cap dan tiang pancang yang mendukung bangunan di atasnya. konstruksi dermaga diperlukan untuk menahan gaya-gaya akibat tumbukan kapal dan beban selama bongkar muat. Dimensi dermaga didasarkan pada jenis dan ukuran kapal yang akan merapat dan bertambat pada dermaga tersebut. Dalam mempertimbangkan ukuran dermaga harus didasarkan pada ukuran-ukuran minimal sehingga kapal dapat bertambat dan meninggalkan dermaga maupun melakukan bongkar muat dengan aman, cepat dan lancar.

Dermaga dibedakan menjadi tiga tipe yaitu *wharf*, *pier* dan *jetty*. *Wharf* adalah dermaga yang dibuat sejajar pantai dan dapat dibuat berimpit dengan garis pantai atau agak menjorok ke laut, Biasanya digunakan untuk pelabuhan barang potongan atau peti kemas dimana dibutuhkan suatu halaman terbuka yang cukup luas untuk menjamin kelancaran angkutan barang. *Pier* adalah dermaga serupa dengan *wharf* (berada di garis pantai) yang berbentuk seperti jari dan dapat untuk merapat kapal pada dua sisinya, sehingga bisa digunakan bersandar kapal dalam jumlah lebih banyak untuk satu satuan panjang pantai dan *Jetty* adalah dermaga yang dibangun menjorok cukup jauh ke arah laut, dengan maksud agar ujung dermaga berada pada kedalaman yang cukup untuk merapat kapal dan tidak diperlukan pengerukan untuk kedalaman kapal (Triatmodjo, 2009).

Dalam perencanaan ini dibutuhkan literatur sebagai acuan dasar melakukan Analisis struktur dermaga. Data-data yang digunakan didapat dari sumber sumber yang terkait dengan penelitian ini dan diolah menggunakan metode yang sesuai untuk mendapatkan hasil yang baik.

2.2. Dermaga

Dermaga adalah suatu bangunan pelabuhan yang digunakan untuk merapat dan menambat kapal yang melakukan bongkar muat barang dan menaik turunkan penumpang. Dermaga memiliki dimensi dan bentuk rencana yang disesuaikan pada jenis kapal yang berlabuh, peruntukkan dermaga atau fasilitas yang akan digunakan pada dermaga tersebut.



Gambar 2.1: Tampang Dermaga (Triatmodjo, 2009)

Dermaga juga dilengkapi dengan bangunan pelengkap seperti halnya pada gambar diatas yaitu terdiri dari apron, gudang, penyimpanan, lapangan, penimbunan, akses jalan, bahkan terkadang dilengkapi oleh jalur rel kereta api. Apron sendiri adalah daerah di belakang muka dermaga atau daerah diantara sisi dermaga dan gudang (pada terminal barang atau *container yard* (pada terminal peti kemas) dan pada daerah inilah terjadi proses bongkar muat dan alur perjalanan untuk mengangkut.

2.2.1 Tipe Dermaga.

Dilihat dari penampilan pada layout dermaga , bentuk dermaga dapat dibagi menjadi 3 yaitu

a. Dermaga *Wharf*

Wharf adalah tipe Dermaga yang paralel dengan garis pantai dan biasanya berhimpitan dengan garis pantai. *Wharf* biasanya digunakan untuk pelabuhan barang potongan atau peti kemas dimana dibutuhkan suatu alaman terbuka yang cukup luas untuk menjamin kelancaran angkutan barang. Contoh gambar dermaga tipe *wharf* dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2: Dermaga Tipe *Wharf*.

b. Dermaga / *Pier*

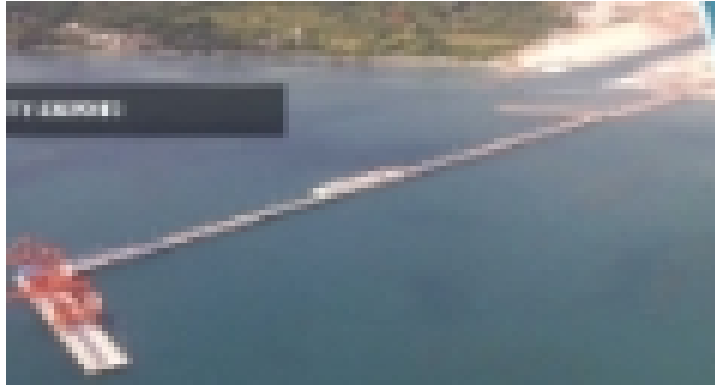
Pier adalah tipe dermaga serupa *wharf* (berada di garis pantai) yang berbentuk seperti jari dan dapat untuk merapat kapal pada kedua sisinya, sehingga bisa digunakan bersandan kapal dalam jumlah lebih banyak untuk satu satuan panjang pantai. Perairan diantara dua *pier* yang berdampingan disebut slip.



Gambar 2.3: Dermaga tipe *pier*.

c. Dermaga *Jetty*

Jetty adalah tipe dermaga yang bangunannya menjorok cukup jauh kearah laut, dengan maksud agar ujung dermaga berada pada kedalaman yang cukup untuk merapat kapal. Pada umumnya *jetty* digunakan untuk merapat kapal tanker, kapal LNG, tongkang pengangkut batubara. Dermaga *jetty* biasanya menggunakan jalur penghubung yaitu *trestle*, seperti pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4: Dermaga tipe *jetty*.

2.2.2 Bangunan Pendukung

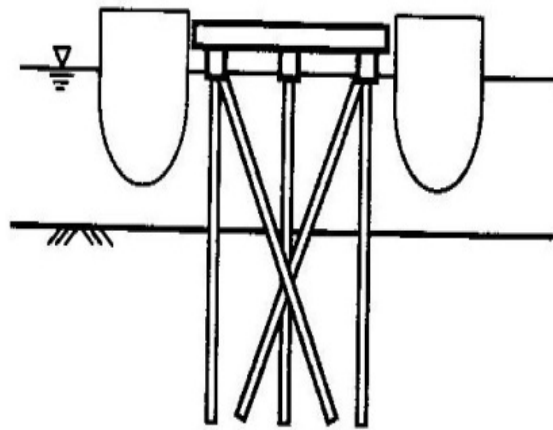
Dalam merencanakan suatu dermaga ada beberapa bangunan pendukung, yaitu :

1. Pemecah gelombang yang berfungsi untuk melindungi daerah perairan pelabuhan dari gangguan gelombang.
2. Alur pelayaran yang berfungsi untuk mengarahkan kapal-kapal yang akan keluar/masuk ke pelabuhan.
3. Kolam pelabuhan merupakan daerah perairan dimana kapal berlabuh untuk melakukan bongkar muat, melakukan gerakan untuk memutar (dikolam putar), dan lainnya.
4. Gudang.

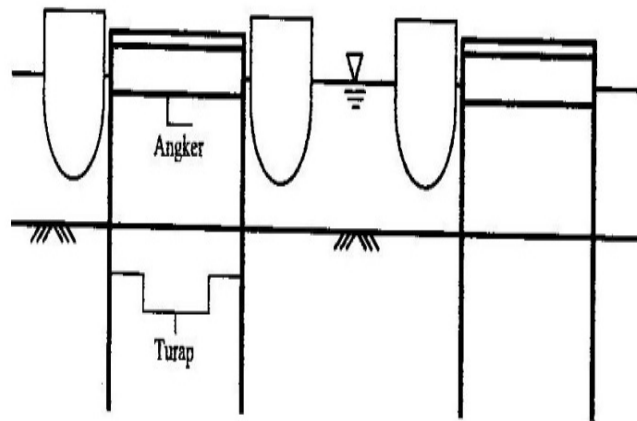
2.2.3 Struktur Dermaga

Dermaga merupakan batas muka antara daratan dan perairan dimana kapal yang dapat bertambat. Struktur dermaga dapat dikelompokkan menjadi 2 macam yaitu:

1. Dermaga konstruksi terbuka dimana lantai dermaga di dukung oleh tiang-tiang pancang. Gambar konstruksi terbuka dapat dilihat pada Gambar 2.5.
2. Dermaga konstruksi tertutup atau solid, dimana batas antara daratan dan perairan dipisahkan oleh suatu dinding yang berfungsi menahan tanah dibelakangnya, yang dapat berupa dinding massa, kaisan, turap, dinding penahan. Gambar dermaga konstruksi tertutup dilihat pada Gambar 2.5.



(a)



(b)

Gambar 2.5: Struktur dermaga (a) Tipe konstruksi dermaga terbuka, (b) Tipe konstruksi dermaga tertutup (Triadmdjo, 2009).

Baik *wharf*, *pier* maupun *jetty* dapat dibangun dengan salah satu konstruksi tersebut. Terlihat pada gambar contoh struktur dermaga terbuka dan struktur dermaga tertutup pada dermaga.

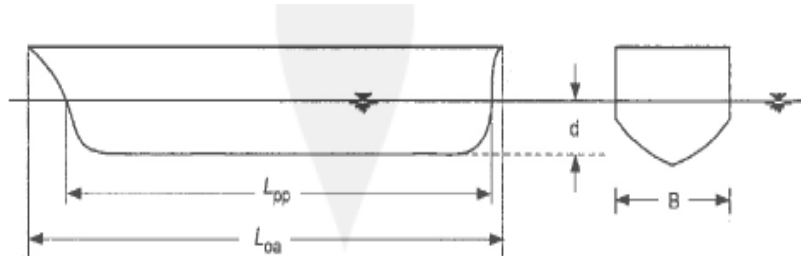
Elevasi puncak dermaga ditentukan oleh beberapa faktor berikut:

1. Elevasi muka air pasang tertinggi.
2. Kenaikan muka air karena pengaruh gelombang dan angin.
3. Tipe kapal yang akan bertambat.
4. Fasilitas yang digunakan untuk bongkat muat barang.

Pada umumnya untuk terminal barang umum, elevasi permukaan dermaga paling tidak 1,5 m diatas permukaan rencana (Triadmdjo, 2009).

2.3 Karakteristik kapal

Dalam merencanakan dimensi dermaga, diperlukan data kapal yang akan bersandar pada dermaga untuk mengetahui dimensi-dimensi utama kapal. Kapasitas kapal tidak boleh melebihi kapasitas rencana dermaga.



Gambar 2.6: Dimensi kapal (Triadmojo, 2009).

Untuk keperluan perencanaan dermaga, maka berikut ini diberikan dimensi dan ukuran kapal secara umum, seperti ditunjukkan dalam Tabel 2.1 yaitu karakteristik kapal (kapal barang umum / *General cargo*) memberikan dimensi kapal sesuai dengan jenis kapal, bobot kapal dan muatan kapal.

Tabel 2.1: Karakteristik kapal barang umum (Triadmojo, 2009).

Bobot (DWT)	Panjang Loa (m)	Lebar (m)	Draft (m)
700	58	9,7	3,7
1000	64	10,4	4,2
2000	81	12,7	4,9
3000	92	14,2	5,7
5000	109	16,4	6,8
8000	126	18,7	8,0
10000	137	19,9	8,5
15000	153	22,3	9,3
20000	177	23,4	10,0
30000	186	27,1	10,9
40000	201	29,4	11,7
50000	216	31,5	12,4

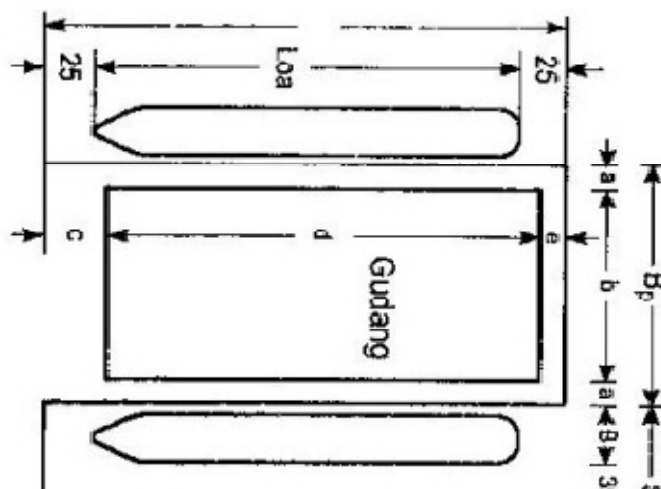
2.4 Perencanaan Dimensi Dermaga

Dimensi suatu dermaga ditentukan berdasarkan panjang, lebar, elevasi apron dan daerah pendukung operasinya. Semua ukuran dasar ini sangat menentukan kemampuan pelabuhan terhadap kapal dan barang yang ditangani dalam pelabuhan tersebut. Ukuran dan bentuk konstruksi menentukan pula besar investasi yang diperlukan. Sehingga penentuan yang tepat sangat membantu operasi pelabuhan yang efisien. Penentuan panjang dermaga tergantung oleh penggunaan tambatan dan ukuran kapal rencana. Perencanaan dimensi dermaga ini meliputi panjang dermaga, lebar dermaga, elevasi apron.

2.4.1 Panjang Dermaga

Pada umumnya panjang dermaga adalah panjang kapal ditambahkan 10% dari panjang kapal pada ujung-ujungnya. Namun, ketentuan tersebut tidak sepenuhnya berlaku, karena dimensi dermaga dan perairan untuk tambat tergantung pada jenis, ukuran dan jumlah kapal yang akan dilayani serta ada faktor-faktor lain seperti pengaruh dari fasilitas pelabuhan atau alat bongkar muat yang akan digunakan. Panjang dermaga yang digunakan untuk merapat beberapa kapal rerata pada dermaga untuk tipe *Pier* digunakan dengan Pers. 2.1.

$$L_p = nL_{oa} + (n-1)15 \times (2 \times 25) \quad (2.1)$$



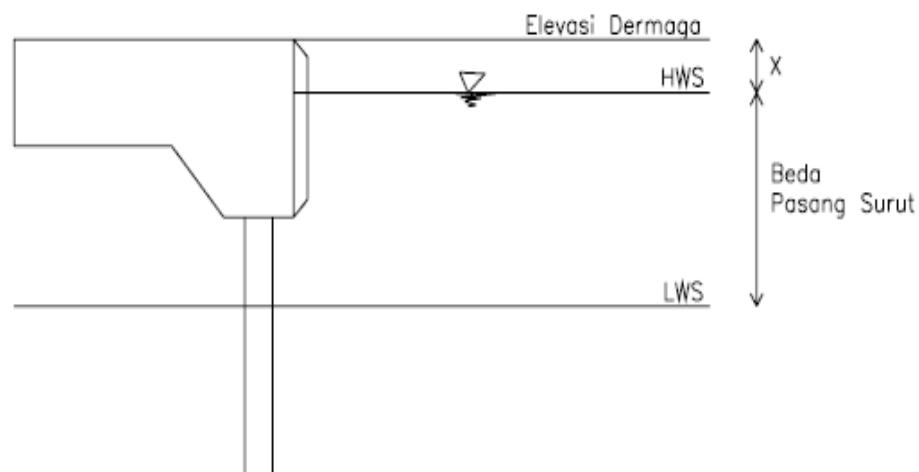
Gambar 2.7: Perencanaan panjang dermaga tipe *pier* (Triadmojo, 2009).

2.4.2 Lebar Dermaga

Lebar dermaga ditentukan berdasarkan kegunaan dari dermaga yang ditinjau dari jenis dan volume barang yang mungkin ditangani dermaga tersebut serta ruang gerak yang cukup agar peralatan bongkar muat dapat melakukan manuver dengan aman, leluasa, cepat dan lancar. Lebar dermaga (apron) biasanya berukuran antara 15 m – 25 m. Pada bagian apron tersebut ditempatkan peralatan bongkar muat serta pengoperasian peralatan lainnya (Triatmodjo, 2009).

2.4.3 Elevasi Apron

Pengertian apron pada dermaga adalah daerah yang terletak antara sisi dermaga dan sisi depan gudang dimana terdapat pengalihan kegiatan angkutan laut ke angkutan darat. Dalam perencanaan ini penentuan elevasi lantai dermaga (apron) ditentukan oleh kondisi muka air rencana, keadaan pasang surut daerah setempat ditambah dengan angka kebebasan agar tidak terjadi limpasan (*overtopping*) pada saat terjadi gelombang dan jenis kapal rencana.



Gambar 2.8: Elevasi lantai dermaga (Triadmojo, 2009).

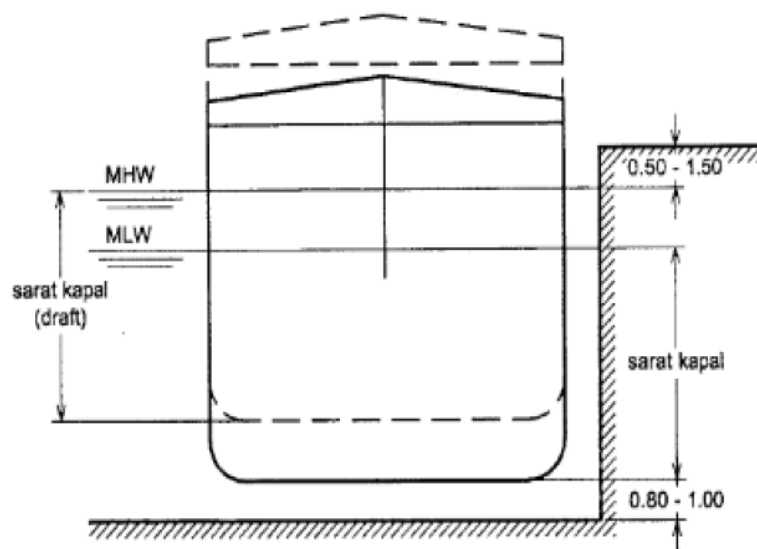
Ditentukan besarnya elevasi lantai dermaga diatas HWL berdasarkan besarnya pasang surut air laut dan kedalaman air rencana sebagai seperti pada Tabel 2.2. Berdasarkan ketentuan Tabel 2.2 penentuan elevasi apron dengan kedalaman air rencana 4,5 m atau lebih besar pasang surut kurang dari 3 m adalah 1,0 m – 3,0 m diatas HWL.

Tabel 2.2: Elevasi dermaga diatas HWS (Triadmojo, 2009).

	Pasang surut terbesar 3 m atau lebih	Pasang surut kurang dari 3m
Dermaga untuk kapal-kapal yang memerlukan kedalaman air $\geq 4,5$ m	0,5 – 1,5 m	1,0 – 3,0 m
Dermaga untuk kapal – kapal yang memerlukan kedalaman air $< 4,5$ m	0,3 – 1,0 m	0,5 – 1,5 m

2.4.4 Kedalaman Dermaga

Dalam perencanaan kedalaman dermaga hal yang harus diperhatikan adalah ketinggian draf kapal maksimum serta kondisi pasang surut yang di aplikasikan pada data bathymetry yang ada ditambah dengan jarak aman. Jarak aman dalam perencanaan dermaga (*clearance*) sebesar 0,8 – 1 m dibawah lunas kapal. Jarak ini ditentukan berdasarkan ketentuan operasional pelabuhan (panambatan kapal dengan/tanpa kapal tunda) dan kontruksi dermaga. Sedangkan untuk taraf dermaga ditentukan antara 0,5 – 1,5 m di atas MHWS sesuai dengan besar ukuran kapal.



Gambar 2.9: Perencanaan kedalaman dermaga (Triadmojo, 2009).

2.5 Perencanaan Pembebanan Dermaga

Gaya-gaya yang bekerja pada dermaga dibedakan menjadi 2 yaitu Beban vertikal dan Beban horizontal (Triatmodjo, 2009).

2.5.1 Beban Vertikal

Pembebanan vertikal pada struktur dermaga dapat dikategorikan dalam beban mati dan beban hidup.

2.5.1.1 Beban Mati

Beban mati merupakan berat sendiri struktur dan/atau pondasi serta semua material yang melekat secara permanen pada struktur dermaga. Berikut adalah berat jenis material konstruksi pada struktur dermaga :

- Beton = 2.400 kg/m^3
- Beton bertulang = 2.500 kg/m^3
- Baja = 7.850 kg/m^3
- Aspal beton = 2.300 kg/m^3
- Air laut = 1.025 kg/m^3
- Karet = 1.200 kg/m^3

2.5.1.2 Beban Hidup

Beban yang diakibatkan oleh beban hidup yang ada diatas dermaga. Beban hidup dibagi menjadi 2 yaitu beban hidup merata dan beban hidup terpusat.

1. Beban Hidup Merata

Beban hidup merata adalah muatan yang bersifat merata yang bekerja pada pelat lantai dermaga ditentukan berdasarkan *Standard Design Criteria for Ports in Indonesia (1984)*, pasal V.2 tabel 5.3 sebesar 3 T/m^2 . Kriteria beban hidup merata dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3: Kriteria Beban hidup merata (*Standard Design Criteria for Ports in Indonesia, 1984*).

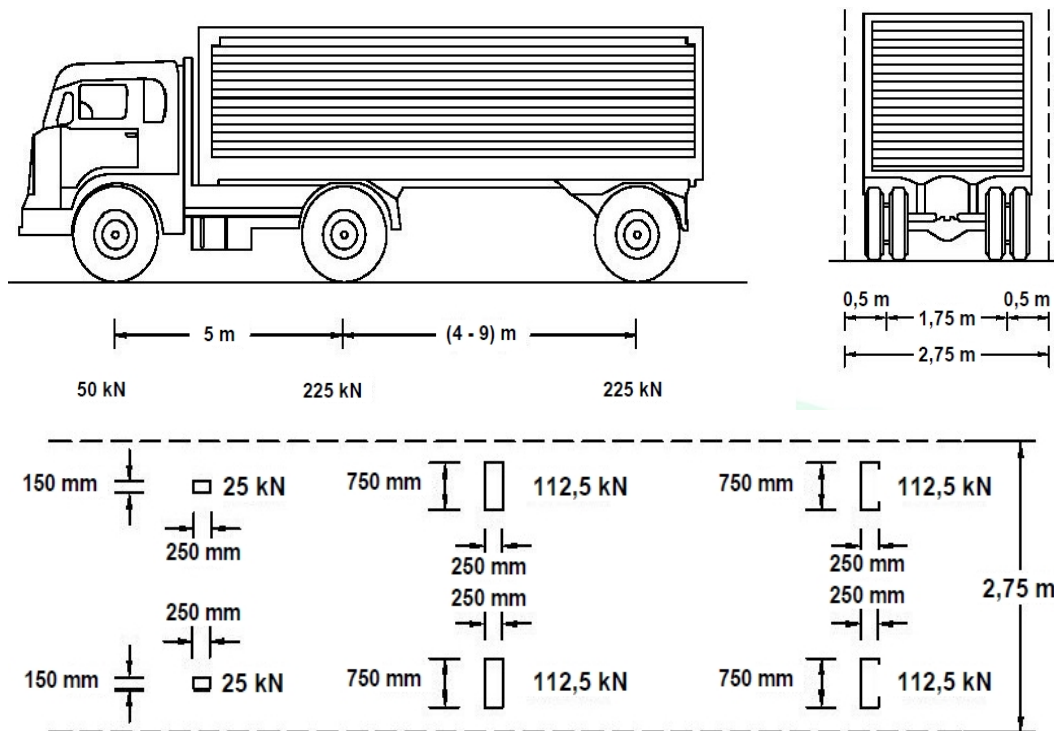
		PELABUHAN PENGUMPAN LOKAL							
		PELABUHAN PENGUMPAN REGIONAL							
		PELABUHAN PENGUMPUL							
		PELABUHAN UTAMA / INTERNASIONAL							
No	Beban	Peti Kemas		Samudera		Perairan Regional		Perintis/Lokal/Pelra	
		Dermaga	Terminal	Dermaga	Terminal	Dermaga	Terminal	Dermaga	Terminal
1	Beban Merata (T/m ²)	3	4	3	3	2	3	1-2	1-2
2	Gantry Crane	40'	-	-	-	-	-	-	-
3	Crane	-	-	15 t Kap (macx kapasitas angkat)				-	-
	- Stradle carrier	40'	40'	-	-	-	-	-	-
	- Travel-lift for stacking	-	*)	-	-	-	-	-	-
4	- Loader	-	40 t Kap	-	-	-	-	-	-
	- Top loader	-	40 t Kap	-	-	-	-	-	-
	- Side loader	40 t Kap	40 t Kap	-	-	-	-	-	-
	- Fork lift		15 t Kap	10 t Kap	10 t Kap	3 t Kap	3 Kap	3 t Kap	3 t Cap
5	- Truck Head truck-chassis	Chasis 40* (2 x 20*)	Chasis 40* (2 x 20*)	12 t Kap (2 x 20*)	12 t Kap (2 x 20*)	6 t Kap 20*	6 t Kap 20*	1,5 t Kap	1,5 Kap

2. Beban Hidup Terpusat

Beban hidup terpusat merupakan beban yang bekerja pada lantai dermaga akibat alat dan fasilitas bongkar muat pada pelabuhan yang terdiri dari :

a. Beban Truck Container

Beban terpusat akibat muatan T roda kendaraan berdasarkan peraturan *SNI T-02-2005*. Beban truk T adalah beban yang diakibatkan oleh kendaraan semitrailer yang mempunyai susunan berat as. Seperti terlihat pada Gambar 2.10. Berdasarkan gambar tersebut perhitungan lebar penyebaran beban kerja pada plat dengan anggapan bahwa plat dan ketebalan tertentu yang memikul beban satu arah dinyatakan sebagai lebar manfaat.



Gambar 2.10: Pembebanan Truk (*SNI T-02-2005*)

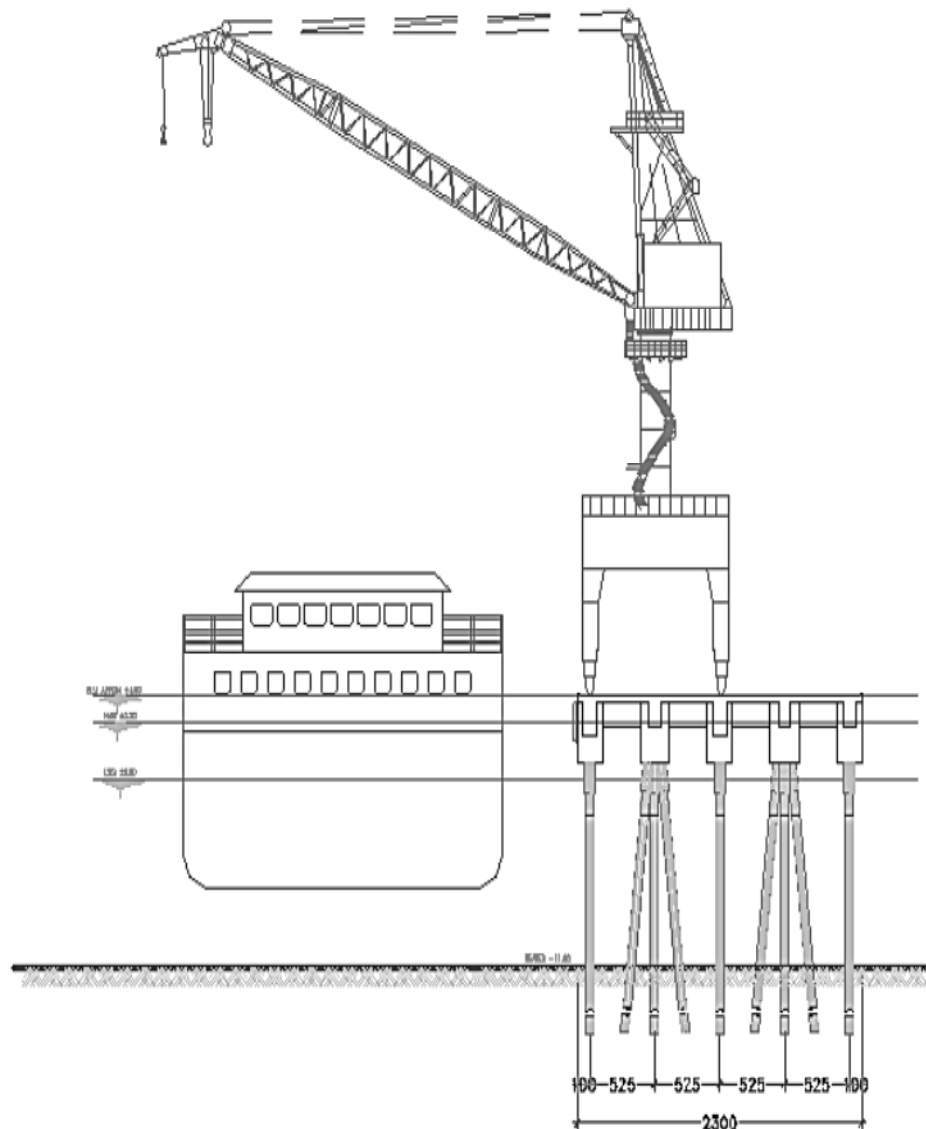
b. Beban portal crane

Beban crane yang bekerja adalah beban terpusat tiap roda. Besarnya beban crane per roda dapat dihitung dengan menggunakan perhitungan momen sederhana dengan mempertimbangkan kondisi paling kritis dari tiap kondisi crane terutama saat kondisi pengangkatan.

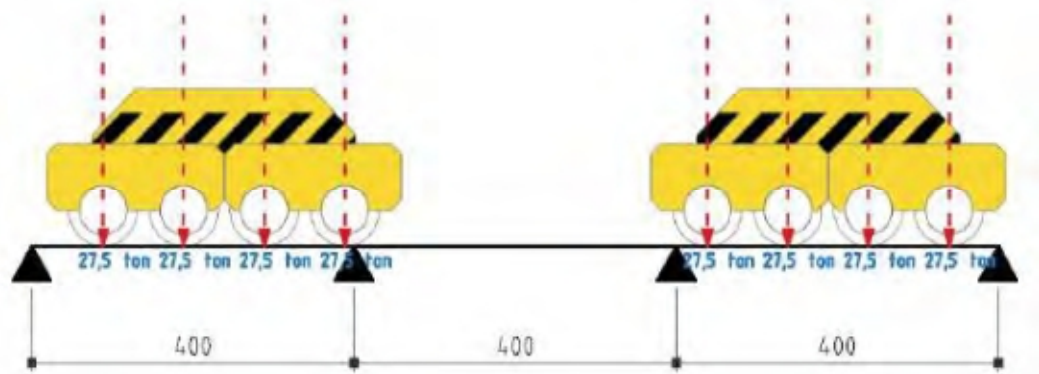
Pembebanan yang bekerja pada balok *crane* adalah:

1. Beban merata yang terdiri dari berat sendiri dan berat rel
2. Beban berjalan (rangkaian roda *crane*)

Untuk perhitungan penulangan balok *crane* digunakan cara dengan menghitung beban berjalan sejauh x dari tepi balok yang ditinjau. Untuk menghitung besarnya momen maksimum yang dihasilkan pada tiap-tiap jarak x dari balok yang ditinjau.



Gambar 2.11: *Jib Portal crane* (Muhammad, 2016).



Gambar 2.12: Beban berjalan (Muhammad, 2016).

Tabel 2.4: Data Teknis *Jib Portal Crane* (Muhammad, 2016).

Type	Capacity	Luffing		Hoistheight		Span x Base (m)	Max wheel load (KN)	Capablit (KW)	Ship (DWT)
		max	min	up	down				
Bp209	2	9	4	6	6	4,5x4,5	40	22	200
Bp315	3,2	15	56	12	8	6x6	80	42	500- 2500
Bp 322	3.2	22	7	14	8	6x6	90	58	1000 - 3000
Bp515	5	15	56	12	8	6x6	120	120	500- 1500
Bp 525	5	15	6	12	9	6x6	80	42	5000
Bp1020	Hook 10	20	7	15	10	10x10	115	103	5000
	Grab5								
Bp2020	Hook 10	20	7	16	10	10,5x10,5	165	145	3000
	Grab 5								
Bp1025	Hook16	25	8	20	12	10,5x10,5	185	132,8	5000
	Grab 10								
Bp1625	Hook 16	25	8	20	12	10x10	185	305	5000
	Grab 10								
Bp1627	Hook 16	27	10	22	15	10x10	185	305	10000
	Grab 10								
Bp1030	Hook 10	30	11	25	15	10x10	275	305	15000
	Grab 5								

2.5.2 Beban Horizontal

Beban arah horizontal terdiri dari beban benturan kapal, beban tambat, beban akibat gelombang, beban gempa, Arus dan Angin.

2.5.2.1 Beban Benturan Kapal (*Berthing Force*)

Gaya *berthing* adalah gaya yang diterima dermaga saat kapal sedang bersandar pada dermaga. gaya maksimum yang diterima dermaga adalah saat kapal merapat ke dermaga dan membentur dermaga pada sudut 10^0 terhadap sisi depan dermaga. Gaya benturan dermaga pada dan energinya diserap oleh fender pada dermaga. Besar energi tersebut dapat dihitung berdasarkan Pers. 2.2.

$$E = \frac{WV^2}{2g} \times C_M \times C_e \times C_s \times C_c \quad (2.2)$$

Dimana:

$$C_s = 1,0$$

$$C_c = 1,0$$

- Menghitung berat kapal (W) pada Pers. 2.3

$$W = 0,25 \pi d^2 B \gamma_{\text{air laut}} (2/3) + W_d \quad (2.3)$$

- Menghitung kecepatan merapat kapal

Kecepatan tambat kapal pada dermaga direncanakan sebagai berikut:

Tabel 2.5: Kecepatan tambat kapal rencana (*Bridgestone*)

Ukuran kapal (DWT)	Kecepatan aktual (m/s ²)	Kecepatan Rencana (m/s)
Kurang dari 10.000 ton	0,1 - 0,30	0,20
10.000 – 50.000 ton	0,1 - 0,20	0,15
Lebih dari 50.000 ton	0,1 – 0,15	0,15

Maka kecepatan kapal merapat tegak lurus dengan sudut 10^0 seperti Pers. 2.4.

$$V_x = V \sin \alpha \quad (2.4)$$

- Koefisien massa (C_m)

Koefisien massa tergantung pada gerakan air disekeliling kapal yang dapat dihitung dengan Pers. 2.5.

$$C_m = 1 + \frac{\pi}{2 C_b} \frac{d}{B} \quad (2.5)$$

- Koefisien blok kapal (C_b)

Koefisien blok kapal dihitung dengan Pers. 2.6.

$$C_b = \frac{W}{L_{pp} \times B \times d \times \gamma_0} \quad (2.6)$$

Dimana :

Kapal barang : $L_{pp} = 0,846 Lo_a^{1,0193}$

Kapal tanker : $L_{pp} = 0,852 Lo_a^{1,0201}$

- Koefisien Eksentrisitas (C_e)

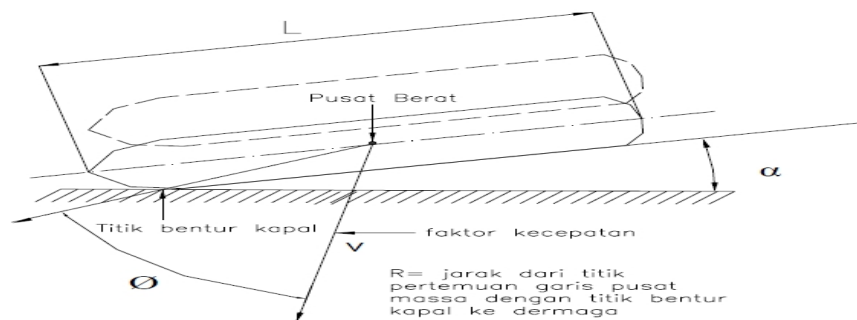
Koefisien eksentrisitas adalah perbandingan antara energi sisa dengan energi kinetik kapal yang merapat, dan dihitung dengan Pers. 2.7.

$$C_e = \frac{1}{1+(l-r)^2} \quad (2.7)$$

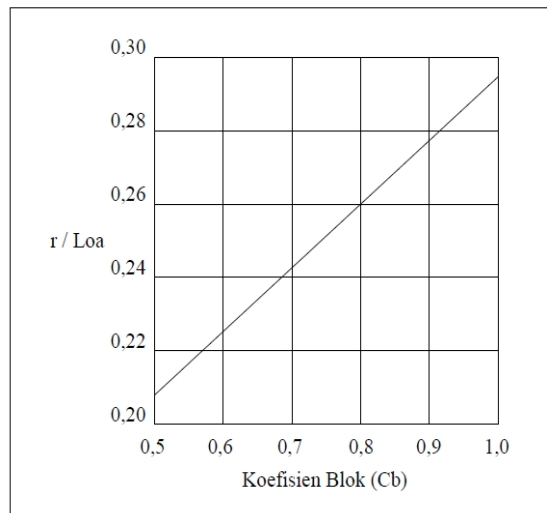
Dimana :

Dermaga : $l = \frac{1}{4} Lo_a$ (m)

Dolphin : $l = \frac{1}{6} Lo_a$ (m)



Gambar 2.13: Jarak sandar kapal ke pusat berat kapal (Triadmojo, 2009).



Gambar 2.14: Jari-jari putaran di sekeliling pusat berat kapal. (Triadmodjo, 2009).

2.5.2.2 Beban Tambat

Kapal yang merapat di dermaga akan ditambat dengan menggunakan tali ke alat penambat yang disebut *bollard*. Pengikatan ini dimaksudkan untuk menahan gerakan kapal yang disebabkan oleh angin dan arus. Gaya tambat merupakan gaya tarikan kapal pada alat penambat yang disebabkan oleh tiupan angin dan arus pada badan kapal. Bollard ditanam/diangker pada dermaga dan harus mampu menahan gaya tarikan kapal. Berikut ini tabel gaya tambat sesuai dengan bobot kapal.

Tabel 2.6: Gaya tambat sesuai dengan bobot kapal (*Standart Design Criteria For Port In Indonesia, 1964*).

Ukuran kapal (GT)	Gaya tarik pada Mooring Bitt (KN)	Gaya tarik pada Bollard (KN)
$200 < GT \leq 500$	150	150
$500 < GT \leq 1000$	250	250
$1000 < GT \leq 2000$	350	250
$2000 < GT \leq 3000$	350	350
$3000 < GT \leq 5000$	500	350
$5000 < GT \leq 1000$	700	500

Tabel 2.6: *Lanjutan*

Ukuran kapal (GT)	Gaya tarik pada Mooring Bitt (KN)	Gaya tarik pada Bollard (KN)
$10000 < GT \leq 20000$	1000	700
$20000 < GT \leq 50000$	1500	1000

Beban bollard terdiri dari komponen arah tegak lurus dan arah sejajar dermaga sebagai berikut :

- Untuk arah sejajar digunakan Pers. 2.8.

$$F_x = F \cos 60 \quad (2.8)$$

- Untuk arah tegak lurus digunakan Pers. 2.9.

$$F_y = F \sin 60 \quad (2.9)$$

2.5.2.3 Beban Arus

Beban yang dihitung akibat perilaku arus terhadap tiang terdiri dari gaya seret dan gaya angkat, Perhitungan besar gaya yang ditimbulkan oleh arus pada Pers. 2.10.

$$F_L = \frac{1}{2} C_L \times \rho \times A_L \times U^2 \quad (2.10)$$

2.5.2.4 Beban Angin

Beban angin harus diasumsikan terdistribusi secara merata pada permukaan yang terekspos oleh angin. Luas area yang diperhitungkan adalah luas area dari semua komponen, termasuk sistem lantai dan railing yang diambil tegak lurus terhadap arah angin. Arah ini harus divariasikan untuk mendapatkan pengaruh yang paling berbahaya terhadap struktur. Perhitungan beban angin berdasarkan SNI 1725-2016. Perencanaan dapat digunakan dengan kecepatan angin rencana dasar yang berbeda untuk kombinasi pembebanan yang tidak melibatkan kondisi beban angin yang bekerja pada kendaraan. Arah angin rencana harus diasumsikan horizontal. Tekanan angin rencana dalam MPa dihitung pada Pers. 2.11.

$$P_D = P_B \left\{ \frac{V_{DZ}}{V_B} \right\}^2 \quad (2.11)$$

Tabel 2.7: Tekanan angin dasar (SNI 1725-2016).

Komponen bangunan atas	Angin tekan (MPa)	Angin hisap (MPa)
Rangka, kolom dan pelengkung	0,0024	0,0012
Balok	0,0024	N/A
Permukaan datar	0,0019	N/A

Gaya total beban angin tidak boleh diambil kurang dari 4,4 KN/mm pada bidang tekan dan 2,2 KN/mm pada bidang hisap pada struktur rangka dan pelengkung, serta tidak kurang dari 4,4 KN/mm pada balok atau gelagar.

2.5.2.5 Beban Gempa

Dermaga harus direncanakan agar memiliki kemungkinan kecil untuk runtuh namun dapat mengalami kerusakan yang signifikan dan gangguan terhadap pelayanan akibat gempa dengan kemungkinan terlampaui 7% dalam 75 tahun. Penggantian secara parsial atau lengkap pada struktur diperlukan untuk beberapa kasus. Kinerja yang lebih tinggi seperti kinerja operasional dapat ditetapkan oleh pihak yang berwenang. Perhitungan beban gempa berdasarkan RSNI 2833-2013 yaitu Standart perancangan jembatan terhadap beban gempa.

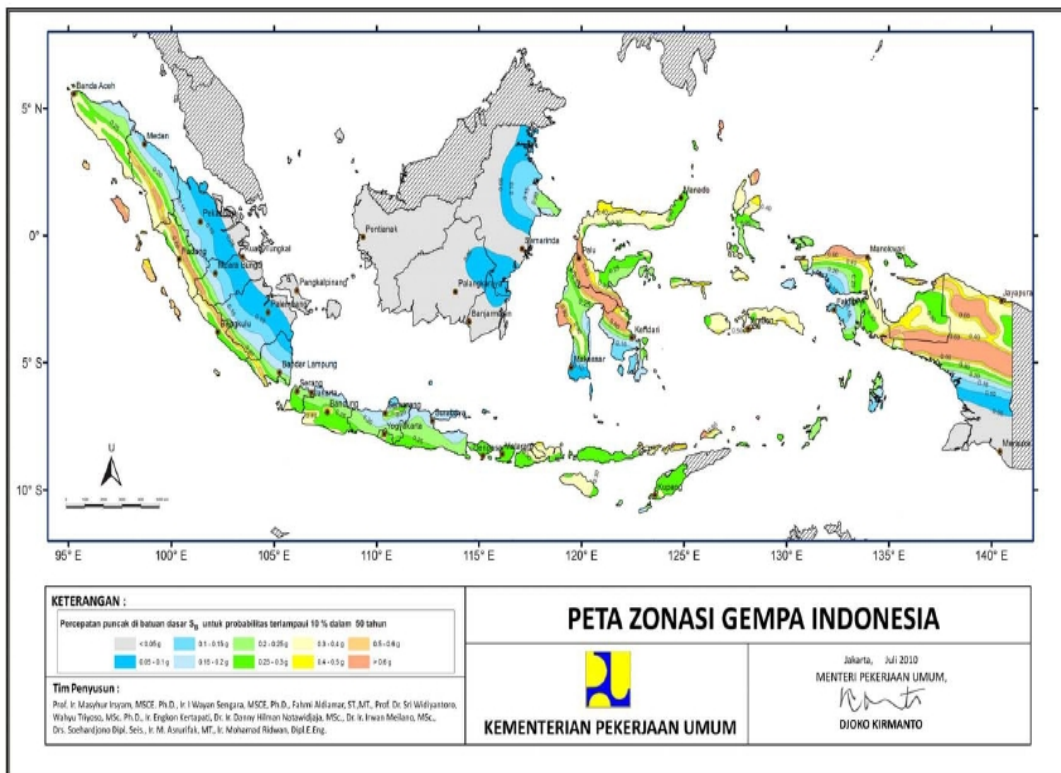
Beban gempa diambil sebagai gaya horizontal yang ditentukan berdasarkan perkalian antar koefisien respon elastik dengan berat struktur ekuivalensi yang kemudian dimodifikasi dengan faktor modifikasi respon (R) Pada Pers. 2.12.

$$E_Q = \frac{C_{sm}}{R} \times W_t \quad (2.12)$$

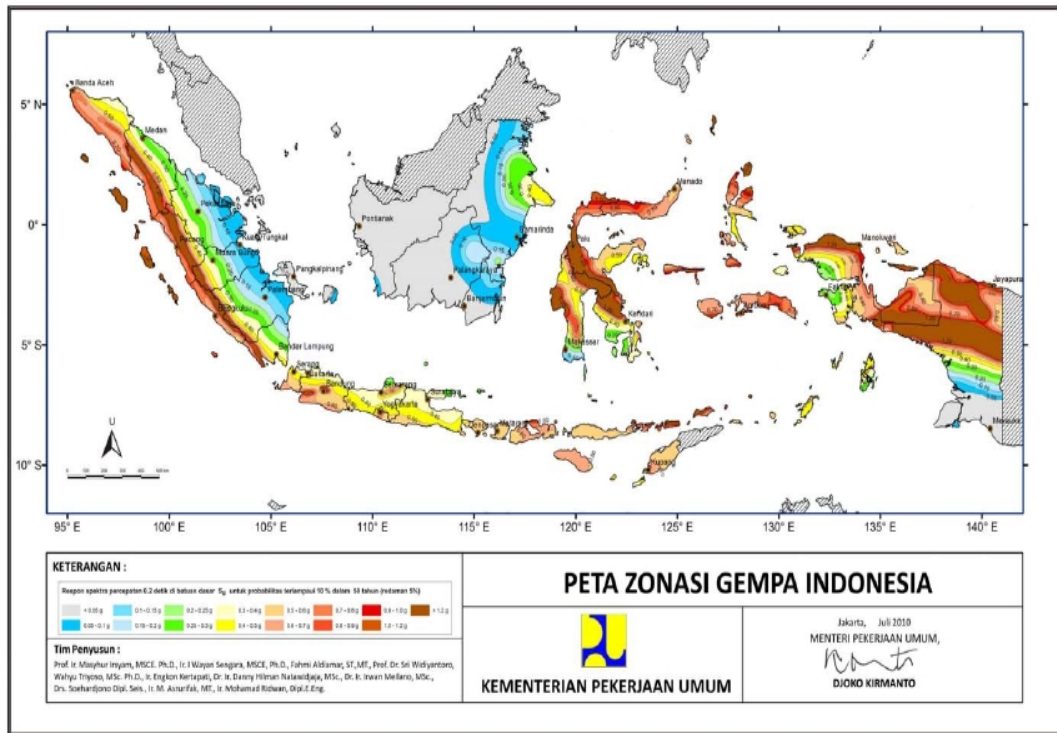
Koefisien respons elastik C_{sm} diperoleh dari peta percepatan batuan dasar dan spektra percepatan (Peta 1 hingga Peta 6) pada Gambar 2.15 – Gambar 2.20 sesuai dengan daerah gempa dan periode ulang gempa rencana. Koefisien percepatan yang diperoleh berdasarkan peta gempa dikalikan dengan suatu faktor amplifikasi sesuai dengan kondisi tanah sampai kedalaman 30 m di bawah struktur jembatan.

Tabel 2.8: Penjelasan peta gempa 2010 (RSNI 2833-2013).

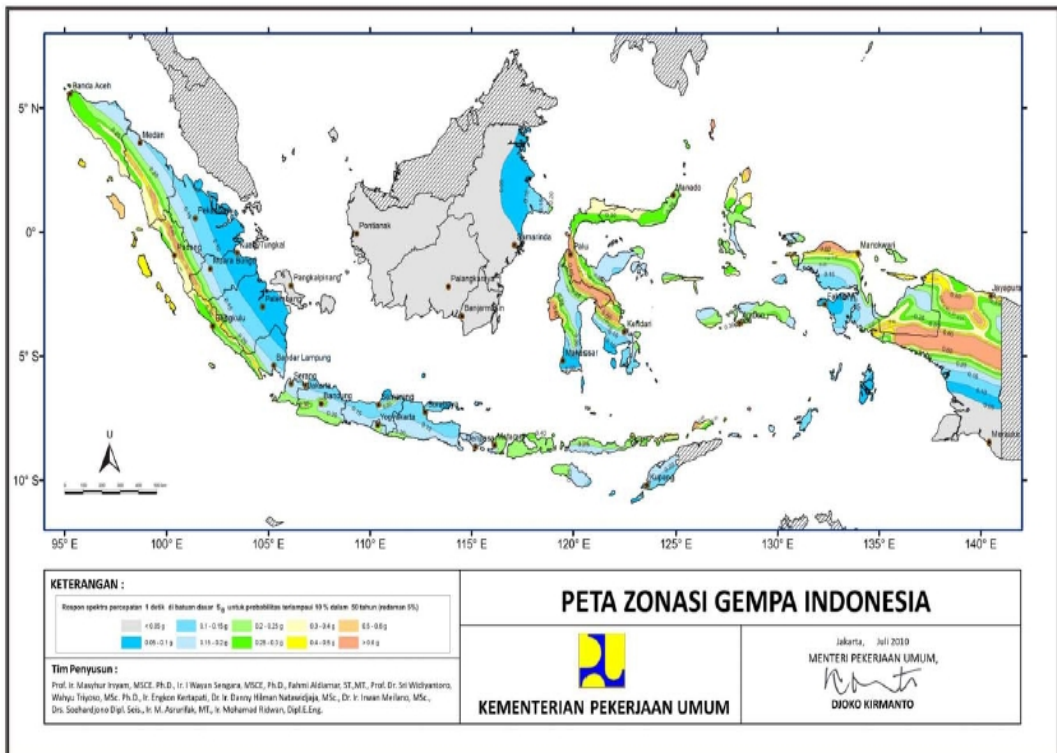
No	No.Peta	Level Gempa	keterangan
1	Peta 1	10 % dalam 50 tahun (500 tahun)	Peta percepatan puncak di batuan dasar (PGA)
2	Peta 2		Peta respons spektra percepatan 0,2 detik di batuan dasar (S_s)
3	Peta 3		Peta respons spektra percepatan 1,0 detik di batuan dasar (S_1)
4	Peta 4	7% dalam 75 tahun (1000 tahun)	Peta percepatan puncak di batuan dasar (PGA)
5	Peta 5		Peta respons spektra percepatan 0,2 detik di batuan dasar (S_s)
6	Peta 6		Peta respons spektra percepatan 1,0 detik di batuan dasar (S_1)



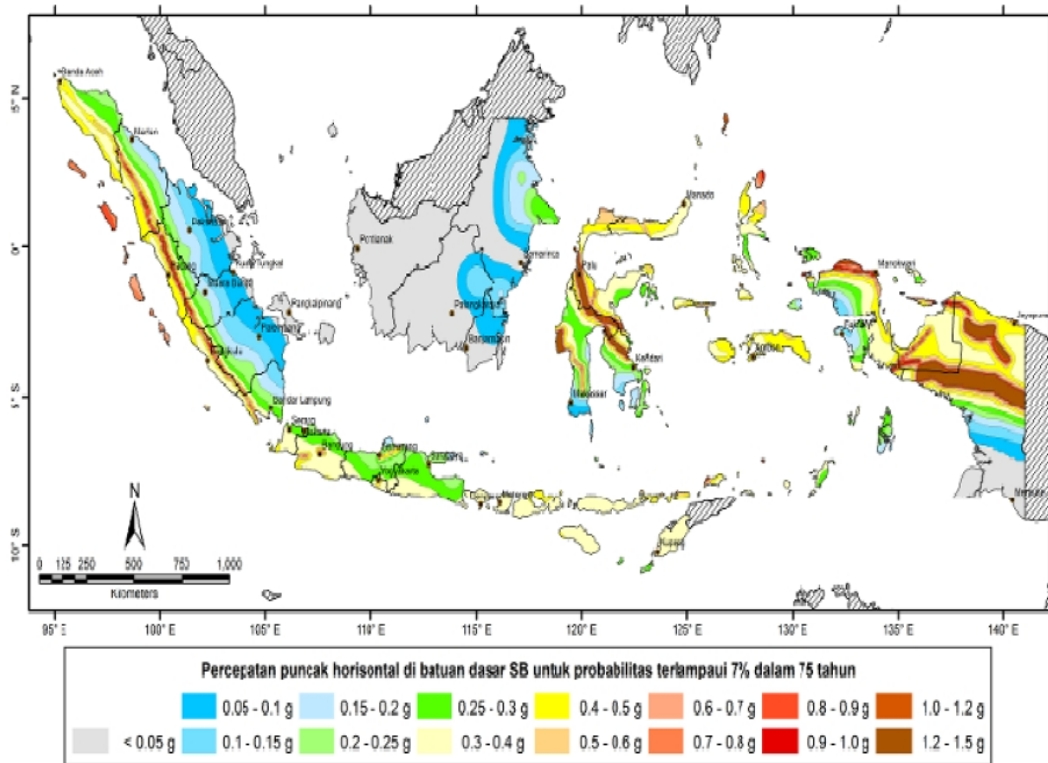
Gambar 2.15 : Peta 1 percepatan puncak di batuan dasar (PGA) untuk probabilitas terlampaui 10% dalam 50 tahun (RSNI 2833-2013).



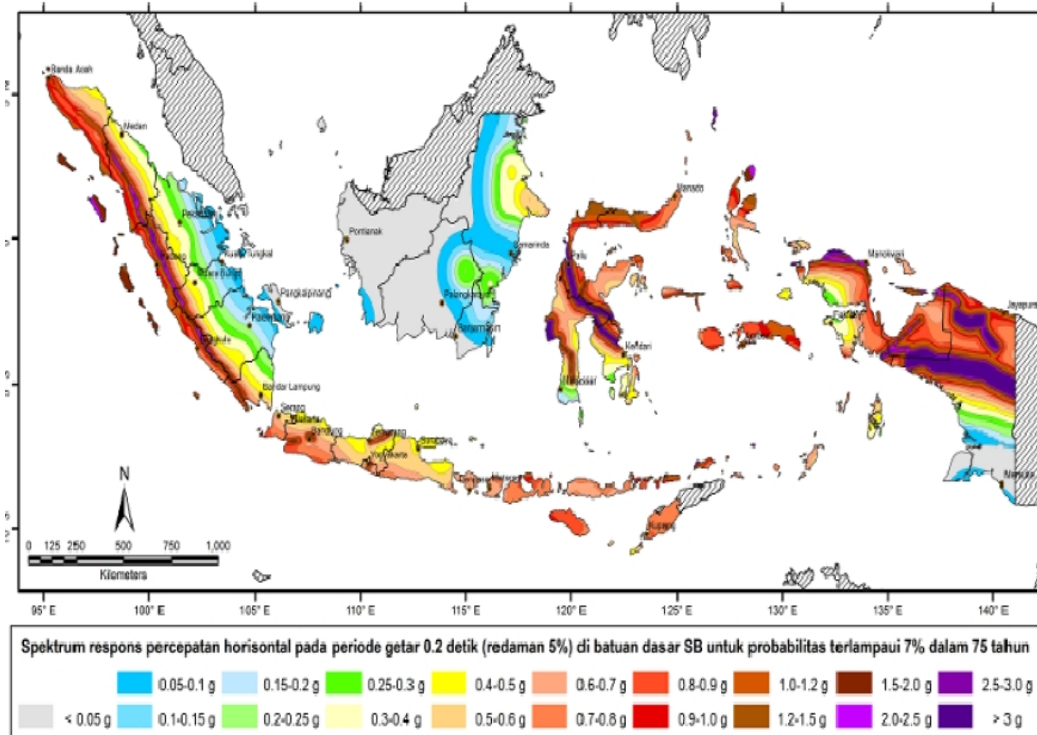
Gambar 2.16: Peta 2 respons spektra percepatan 0,2 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 10% dalam 50 tahun (RSNI 2833-2013).



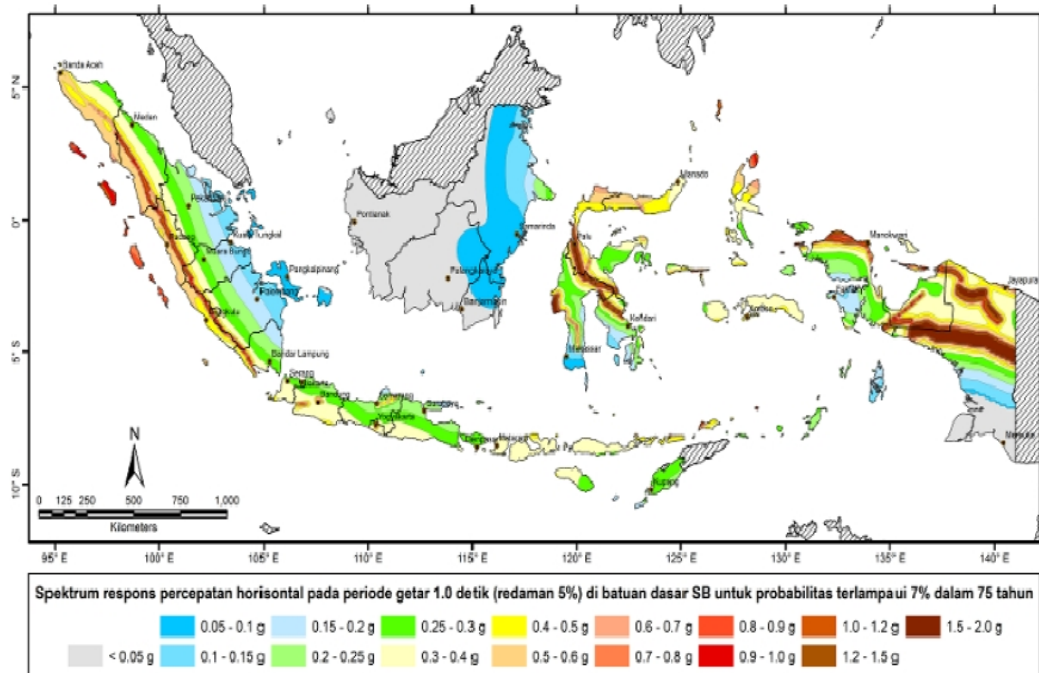
Gambar 2.17: Peta 3 respons spektra percepatan 1 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 10% dalam 50 tahun (RSNI 2833-2013).



Gambar 2.18: Peta 4 percepatan puncak di batuan dasar (PGA) untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun (RSNI 2833-2013).



Gambar 2.19: Peta 5 respons spektra percepatan 0,2 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun (RSNI 2833-2013).



Gambar 2.20 : Peta 6 respons spektra percepatan 1 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun (RSNI 2833-2013).

Bahaya gempa pada jembatan harus dikarakterisasi dengan menggunakan respons spektrum percepatan dan faktor situs untuk kelas situs yang sesuai.

a. Faktor situs

Untuk penentuan respons spektra di permukaan tanah, diperlukan suatu faktor amplifikasi pada periode nol detik, periode pendek ($T=0,2$ detik) dan periode 1 detik. Faktor amplifikasi meliputi faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode nol detik ($FPGA$), faktor amplifikasi periode pendek (Fa) dan faktor amplifikas terkait percepatan yang mewakili getaran periode 1 detik (Fv). Tabel 2.9 dan Tabel 2.10. memberikan nilai-nilai $FPGA$, Fa , dan Fv untuk berbagai klasifikasi jenis tanah.

Tabel 2.9: Faktor amplifikasi untuk periode 0 detik dan 0,2 detik $FPGA/Fa$ (RSNI 2833-2013).

Kelas situs	$PGA \leq 0,1$ $S_s \leq 0,25$	$PGA 0,2$ $S_s \leq 0,5$	$PGA = 0,3$ $S_s \leq 0,75$	$PGA \leq 0,4$ $S_s \leq 1,0$	$PGA > 0,5$ $S_s \geq 1,25$
Batuan keras (SA)	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9

Tabel 2.9: *Lanjutan.*

Kelas situs	PGA \leq 0,1 S _s \leq 0,25	PGA 0,2 S _s \leq 0,5	PGA =0,3 S _s \leq 0,75	PGA \leq 0,4 S _s \leq 1,0	PGA $>$ 0,5 S _s \geq 1,25
Batuan (SB)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Tanah keras (SC)	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
Tanah sedang (SD)	2,4	2,0	1,8	1,6	1,5
Tanah lunak (SE)	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
Tanah khusus (SF)	SS	SS	SS	SS	SS

Tabel 2.10: Besarnya nilai faktor amplifikasi untuk periode 1 detik F_v (RSNI 2833-2013).

Kelas situs	S ₁ \leq 0,1	S ₁ = 0,2	S ₁ = 0,3	S ₁ =0,4	S ₁ \geq 0,5
Batuan keras (SA)	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9
Batuan (SB)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Tanah keras (SC)	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
Tanah sedang (SD)	2,4	2,0	1,8	1,6	1,5
Tanah lunak (SE)	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
Tanah khusus (SF)	SS	SS	SS	SS	SS

Dimana:

PGA = Percepatan puncak batuan dasar mengacu pada Peta Gempa Indonesia 2010 (Peta 1 atau Peta 4).

S_s = Parameter respons spektral percepatan gempa untuk periode pendek (T = 0.2 detik) mengacu pada Peta Gempa Indonesia 2010 (peta 2 atau Peta 5).

SS = Lokasi yang memerlukan investigasi geoteknik dan analisis respons dinamik spesifik.

b. Respon spektrum rencana

Respon spektrum rencana adalah nilai yang menggambarkan respons maksimum dari sistem berderajat kebebasan tunggal pada berbagai frekuensi alami (periode alam) teredam akibat suatu guyangan tanah. Untuk kebutuhan

praktis , maka repons spektra dibuat dalam bentuk repons spektra yang sudah di sederhanakan.

Respons spektra di permukaan tanah ditentukan dari 3 (tiga) nilai percepatan puncak yang mengacu pada peta gempa Indonesia 2010 (PGA, Ss, dan S1), serta nilai faktor amplifikasi F_{PGA} , F_s dan F_v . Dihitung dengan Pers. 2.13 - Pers. 2.17.

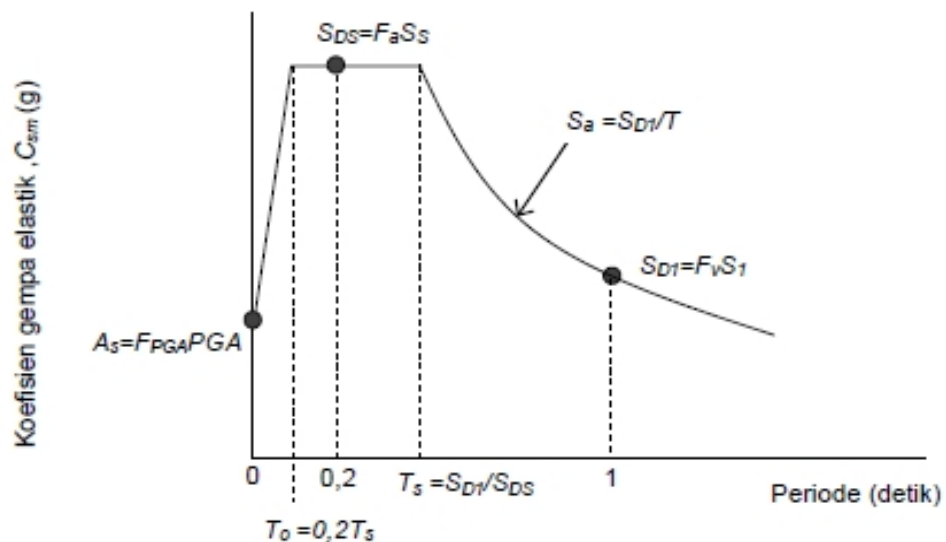
$$A_s = F_{PGA} \times PGA \quad (2.13)$$

$$S_{DS} = F_a \times S_s \quad (2.14)$$

$$S_{D1} = F_v \times S_1 \quad (2.15)$$

$$T_0 = 0,2 \times T_s \quad (2.16)$$

$$T_s = \frac{SD1}{SDS} \quad (2.17)$$



Gambar 2.21: Bentuk tipikal respons spektra permukaan tanah (RSNI 2833-2013).

c. Koefisien respon gempa elastik

Koefisien respon gempa elastik ditentukan berdasarkan 3 (tiga) kondisi, yaitu:

1. Untuk $T < T_0$, koefisien respon gempa elastik (C_{sm}) didapat dari Pers. 2.18.

$$C_{sm} = (S_{DS} - A_s) \frac{T}{T_0} + A_s \quad (2.18)$$

2. Untuk $T_0 \leq T \leq T_s$, maka nilai koefisien respons gempa elastik (C_{sm}) pada Pers. 2.19.

$$C_{sm} = S_{DS} \quad (2.19)$$

3. Untuk $T > T_s$, koefisien respons gempa elastik (C_{sm}) didapat dari Pers. 2.20.

$$C_{sm} = \frac{SD1}{T} \quad (2.20)$$

- d. Nilai faktor modifikasi Gaya gempa (R)

Gaya gempa yang dimodifikasi berdasarkan RSNI 2833-2013 Pasal 5.9.3.2, kecuali untuk fondasi nilai R diambil sama dengan 1. Kolom boleh mengalami kerusakan hingga batas yang dapat diterima dengan membentuk sendi plastis. Tetapi untuk fondasi, harus tetap dalam kondisi batas elastis sehingga nilai R diambil sama dengan 1.

2.6 Rangkak Dan Susut Pada Beton

2.6.1 Rangkak Pada Beton

Rangkak yang merupakan regangan jangka panjang yang tergantung waktu pada suatu kondisi tegangan tetap, dan yang akan mengakibatkan suatu tambahan regangan terhadap regangan elastis beton, rangkakan dan susut pada beton dapat dihitung berdasarkan RSNI T-12-2014 perencanaan struktur jembatan beton. Rangkakan dan susut pada beton dihitung dalam perbandingannya terhadap regangan elastis, melalui suatu koefisien rangkakan $\epsilon_{cc}(t)$. Perhitungan pada Pers. 2.21 dan Pers. 2.22.

$$\epsilon_{cc,t} = \epsilon_{cc}(t) \cdot \epsilon_e \quad (2.21)$$

$$\epsilon_{cc}(t) = (t^{0,6} / (10 + t^{0,6})) C_u \quad (2.22)$$

di mana t menyatakan umur beton yang dirawat dengan cara penguapan, terhitung sejak 1-3 hari setelah pengecoran, dalam satuan hari.

Tabel 2.11: Koefesien standart rangkak beton sebagai tambahan regangan jangka panjang (RSNI T-12-2014).

Kekuatan karakteristik f_c' (Mpa)	20	25	30	35	40-60
Koef.Rangkak maksimum ϵ_{cs}	2,8	2,5	2,3	2,15	2,0

2.6.2 Susut Beton

Bila tidak dilakukan pengukuran atau pengujian secara khusus, nilai regangan susut rencana beton pada umur t (hari). Untuk beton yang dirawat basah dilokasi pekerjaan, bisa ditentukan berdasarkan tabel koefesien standart susut beton sebagai tambahan regangan jangka panjang adapun rumus yang digunakan pada Pers. 2.23.

$$\epsilon_{cs,t} = (t / (35 + t)) \epsilon_{cs,u} \quad (2.23)$$

dengan pengertian :

$\epsilon_{cs,t}$ = nilai regangan susut beton pada umur t hari.

$\epsilon_{cs,u}$ = nilai susut maksimum beton.

di mana t menyatakan umur beton yang dirawat dengan cara penguapan, terhitung sejak 1 -3 hari setelah pengecoran, dalam satuan hari.

Tabel 2.12: Koefesien standart susut beton sebagai tambahan regangan jangka panjang (RSNI T-12-2014).

Kekuatan karakteristik f_c' (MPa)	20	25	30	35	40-60
Koef. Susut maksimum $\epsilon_{cs,t}$	0,000174	0,000170	0,000163	0,000161	0,000153

2.7 Perencanaan Bollard

Kapal yang merapat disepanjang dermaga akan berhenti sebagian dengan menggunakan mesinnya sendiri dan sebagian ditahan dengan tali penambat yang dililitkan pada bollard. Dengan demikian bollard harus mampu menahan gaya

tarikan kapal, , yang paling tidak sama dengan gaya yang bisa memutuskan tali penambat. Dimensi bollard dan pengangkerannya pada dermaga harus direncanakan sedemikian sehingga mampu menahan gaya. Tabel 2.13 memberikan gaya tambat pada bollard . Beban bollard terdiri dari komponen arah tegak lurus dan arah sejajar dermaga pada Pers. 2.24 dan Pers. 2.25.

Untuk arah sejajar

$$F_x = F \cos 60 \quad (2.24)$$

Untuk arah tegak lurus

$$F_y = F \sin 60 \quad (2.25)$$

Berdasarkan gaya tarik pada bollard sudah ditentukan kita dapat merencanakan jenis bollard yang digunakan dan dimensi bollard yang digunakan seperti pada Tabel 2.14.

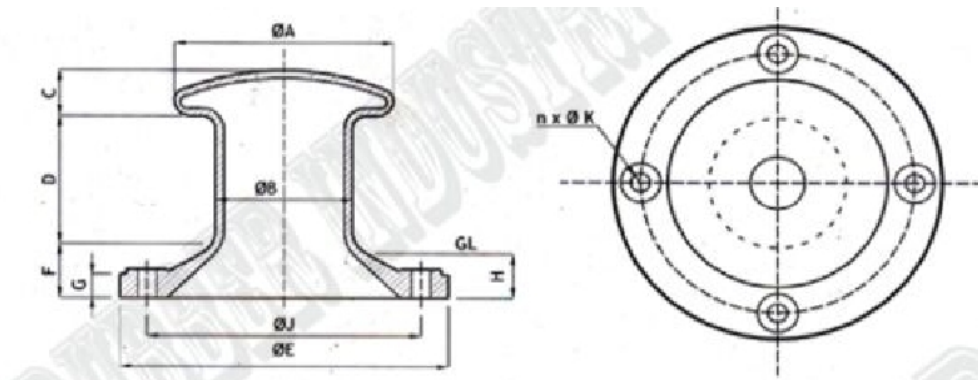
Tabel 2.13: Gaya tambat sesuai bobot kapal (Triadmojo, 2009)

Ukuran kapal (GT)	Gaya tarik pada mooring Bitt (KN)	Gaya tarik pada bollard (KN)
200 < GT < 500	150	150
500 < GT < 1000	250	250
1000 < GT < 2000	350	250
2000 < GT < 3000	350	350
3000 < GT < 5000	500	350
5000 < GT < 10000	700	500
10000 < GT < 20000	1000	700
20000 < GT < 50000	1500	1000
50000 < GT < 100000	2000	1000

Tabel 2.14: *Standart type bollard* (Triadmojo, 2009).

Type	SwL Ton	Body					Base					n
		A	B	C	D	E	F	G	H	j	K	
SR-25	25	400	250	88	250	600	123	45	100	500	43	4
SR-35	35	480	300	105	290	720	150	60	130	800	56	4
SR-50	50	480	300	105	290	720	150	60	130	600	56	6
SR-70	70	560	350	123	330	840	175	70	160	700	66	6
SR-100	100	640	400	140	370	960	200	80	190	800	74	6
SR-150	150	720	450	158	405	1180	270	80	270	1000	74	8
SR-200	200	880	550	193	485	1440	330	100	340	1220	91	8
SR-250	250	1040	650	228	565	1700	390	110	410	1440	101	8

Bentuk dimensi bollard dilihat pada Gambar 2.22.



Gambar 2.22: *Straight type bollard*.

2.8 Perencanaan Fender

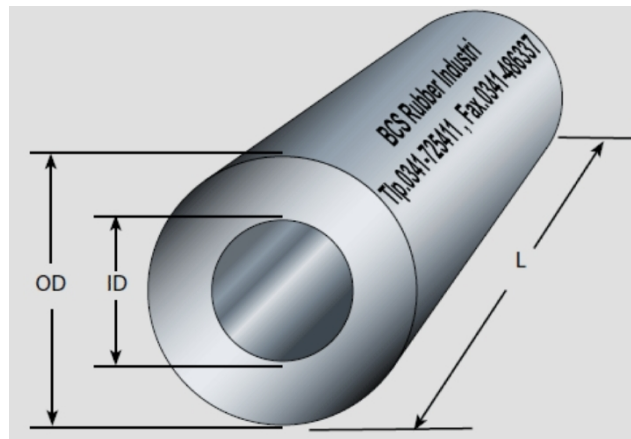
Fender adalah bantalan yang ditempatkan di depan dermaga yang berfungsi untuk mencegah kerusakan pada kapal dan dermaga pada waktu kapal merapat ke dermaga. Fender akan menyerap gaya benturan kapal pada dermaga dan dermaga meneruskan gaya ke struktur dermaga tergantung pada defleksi fender diijinka dan tipe fender yang di perlukan. Fender harus dipasang sepanjang dermaga dan letaknya harus sedemikian rupa sehingga dapat mengenai kapal. Fender dibuat dari bahan elastis seperti kayu dan karet. Pemilihan fender harus

disesuaikan dengan besarnya energi benturan yang disebabkan kapal dan harus direncanakan jarak antar fender yang berdasarkan Tabel 2.15 dan 2.16.

Tabel 2.15: Dimensi dan kapasitas fender silinder (Triadmojo, 2009).

Dimensi OD xID (mm)	Gaya R (Ton)	Energi diserap E (Ton-m)
175 x 75	9,38	0,28
200 x 90	9,99	0,36
200 x 100	8,77	0,34
250 x 125	11,01	0,52
300 x 125	13,15	0,75
380 x 190	16,72	1,20
400 x 200	17,53	1,34
450 x 225	19,78	1,69

Bentuk dimensi Fender silinder dilihat pada Gambar 2.23.



Gambar 2.23: Dimensi Fender silinder (Triadmojo, 2009).

Tabel 2.16: Jarak antara fender (Triadmojo, 2009).

Kedalaman air (m)	Jarak antara fender (m)
4 -6	4-7
6-8	7-10
8-10	10-15

2.9 Kombinasi Pembebanan

Struktur dan komponen harus dirancang sedemikian rupa hingga kuat rencana sama atau melebihi pengaruh beban-beban terfaktor dengan kombinasi. Kombinasi pembebanan yang akan ditinjau berdasarkan peraturan *Port Of Long Beach Wharf Design Criteria* dengan beban dan faktor kombinasi beban seperti pada Tabel 2.17.

Tabel 2.17: Kombinasi Pembebanan (*Port of long beach wharf*).

LOAD AND RESISTANCE FACTOR DESIGN (LRFD) ^b									
Case	LOAD COMBINATION FACTORS								
	D	L+I ^C	E	W	BE	M	R+S+T	BU	C
I	1,20	1,60	1,60	1,00	-	-	1,20	1,20	1,20
II ^D	0,90	-	1,60	1,00	-	-	1,20	1,00	1,20
III	1,20	1,00	1,60	1,00	1,60	-	-	1,20	1,20
IV	1,20	1,60	1,60	1,00	-	1,60	-	1,20	1,20

2.10 Perencanaan Dimensi Elemen Struktur

Perencanaan dimensi elemen struktur dibagi menjadi 2 yaitu ada elemen struktur atas dan elemen struktur bawah. Pada perencanaan dermaga tersebut yang merupakan elemen struktur atas berupa plat lantai, balok dermaga dan pile cap sedangkan elemen pada struktur bawah berupa tiang pancang.

2.10.1. Pelat Lantai

Secara umum lantai dermaga tersusun dari pelat beton bertulang yang merupakan bagian struktural. Pelat lantai beton bertulang dianggap lantai dengan tulangan dua arah (*two way slab*), direncanakan mengikuti kaidah struktur, yaitu menghitung momen dengan lentur dengan mengikuti sifat balok dengan banyak perletakan. Disamping momen lentur, juga yang harus diperiksa adalah geser pada lantai akibat tekanan roda kendaraan.

Pada perencanaan dermaga, lantai dermaga berfungsi sebagai penerima beban mati, beban hidup, beban terpusat dan beban terpusat yang bekerja di atasnya.

Beban yang diterima beserta berat sendiri diteruskan ke balok melintang dan memanjang. Pada lantai dermaga terdapat boulder dan fender untuk menambat kapal.

Perhitungan kekuatan plat lantai dermaga berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 9.5.3.3 untuk pelat dengan balok yang membentang di antara tumpuan pada semua sisinya, tebal minimumnya, h , tebal minimum untuk pelat dua arah dengan balok yang menghubungkan tumpuan pada semua sisinya harus memenuhi ketentuan sebagai berikut :

1. Untuk $\alpha f m (l_y/l_x)$ yang sama atau lebih kecil dari 0,2 harus menggunakan pasal 9.5.3.2 pada SNI 2847-2013.
2. Untuk $\alpha f m (l_y/l_x)$ yang sama lebih besar dari 0,2 tapi tidak lebih dari 2,0 tidak boleh kurang dari pada Pers. 2.26.

$$h = \frac{\ln(0,8 + \frac{f_y}{1400})}{36 + 5\beta (\alpha f m - 0,2)} \quad (2.26)$$

persyaratan nilai f_y berdasarkan pasal 9.4 pada kekuatan desain tulangan yaitu perhitungan desain tidak boleh melebihi 550 MPa.

Persyaratan nilai Faktor βI berdasarkan Pers. 2.27 – Pers. 2.28 tetapi βI pada persamaan 2.27 tidak boleh diambil kurang dari 0,65.

$$\beta I = 0,85 \text{ untuk } f_c' < 30 \text{ MPa} \quad (2.27)$$

$$\beta I = 0,85 - 0,008 (f_c' - 30) \text{ untuk } f_c' > 30 \text{ MPa} \quad (2.28)$$

Untuk $\alpha f m (l_y/l_x)$ yang sama lebih besar dari 2,0, ketebalan pelat minimum tidak boleh kurang dari seperti Pers. 2.29 dan tidak boleh kurang dari 90 mm.

$$h = \frac{\ln(0,8 + \frac{f_y}{1400})}{36 + 9\beta} \quad (2.29)$$

3. Pada tepi yang tidak menerus, balok tepi harus mempunyai rasio kekuatan αf tidak kurang dari 0,8 atau sebagai alternatif ketebalan minimum harus

dinaikkan paling tidak 10 persen pada panel dengan tepi yang tidak menerus.

2.10.1.1 Perencanaan Tulangan

a. Tulangan minimum

Tulangan minimum yang harus dipasang untuk menahan tegangan tarik utama. Pelat lantai yang ditumpu pada kolom, perhitungan dilihat pada Pers. 2.30 sedangkan pelat lantai yang ditumpu balok dan dinding perhitungan dilihat pada Pers. 2.31.

$$\frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{1,25}{f_y} \quad (2.30)$$

$$\frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{1,25}{f_y} \quad (2.31)$$

c. Koefesien tahanan momen

Dalam perenanaan tulangan lentur, perlu dipertimbangkan koefesien tahanan atau disebut juga koefesien kapasitas penampang. Koefesien yang dipakai adalah koefesien nominal (R_n) dimana R_n tidak boleh lebih dari koefesien tahanan momen maksimum R_{maks} seperti pada Pers. 2.32 – Pers. 2.35.

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} \quad (2.32)$$

$$\rho b = \beta_1 \cdot 0,85 \cdot \frac{f_c'}{f_y} \cdot \frac{600}{600 + f_y} \quad (2.33)$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \cdot \rho b \quad (2.34)$$

$$R_n \text{ maks} = \rho_{maks} \cdot F_y \cdot \left(1 - \frac{1/2 \rho_{maks} \cdot f_y}{0,85 f_c'} \right) \quad (2.35)$$

d. Rasio tulangan yang diperlukan

Rasio tulangan yang diperlukan (ρ) dapat ditentukan dengan Pers. 2.36.

$$\rho = \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \left(1 - \sqrt{\frac{2 \cdot R_n}{0,85 f_c'}} \right) \quad (2.36)$$

e. Rasio tulangan minimum

Rasio tulangan yang minimum (ρ_{min}) untuk plat dapat ditentukan dengan Pers. 2.37.

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} \quad (2.37)$$

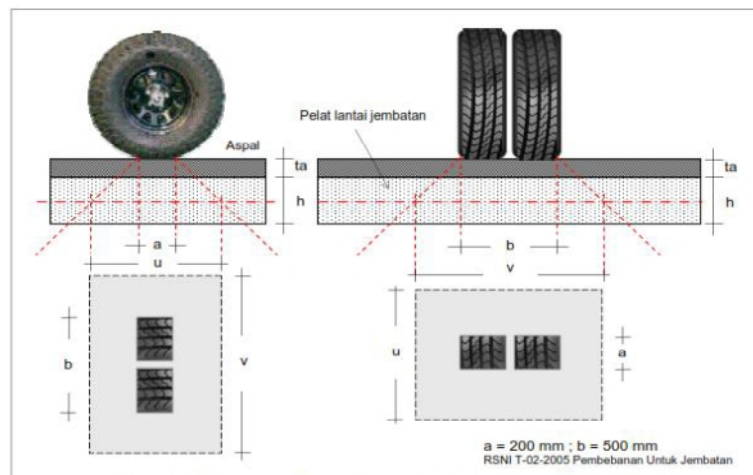
f. Luas tulangan yang diperlukan

Luas tulangan yang diperlukan dapat dihitung dengan Pers. 2.38.

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d \quad (2.38)$$

2.10.1.2 Kontrol Geser Pons Terhadap Plat

Kontrol geser pons berfungsi mengontrol apakah plat dermaga perlu ditambahkan ketebalannya atau sudah cukup dengan ketebalan 350 mm. seperti pada Gambar 2.24.



Gambar 2.24: Bidang penyebaran tekanan roda kendaraan (SNI T-02-2005).

Perhitungan kontrol geser pons berdasarkan SNI T-02-2005. Kekuatan pelat lantai terhadap geser untuk pelat beton bertulang seperti pada Pers. 2.39 dan Pers. 2.40.

$$V_{nc} = (1 + 2 / \beta) \cdot \left(\frac{\sqrt{f_c}}{6} \right) u \cdot d \quad (2.39)$$

$$V_c = \left(\frac{\sqrt{f_c}}{6}\right) u.d \quad (2.40)$$

Syarat :

$$0,6 V_c > V_u$$

2.10.2 Balok Dermaga

Balok merupakan komponen struktur utama dalam perencanaan dermaga yang berfungsi memikul momen lentur. Dasar perencanaan balok dermaga sama halnya pada perencanaan balok pada struktur gedung yaitu *SNI 2847-2013*. Secara umum perhitungan balok hampir sama dengan perhitungan pada struktur pelat satu arah yang telah di sebutkan pada sub-bab sebelumnya.

Untuk konstruksi balok, syarat ketinggian dimensi balok berdasarkan *SNI 2847-2013* pasal 9.5.2.1 berlaku untuk konstruksi yang tidak menumpu atau tidak disatukan dengan yang besar .sedangkan, untuk oentuan lebar balok dapat ditentukan sepertiga sampai duapertiga dari syarat ketinggian balok. Namun, untuk konstruksi dermaga, balok merupakan komponen yang menerima beban vertikal super besar sehingga perencanaan menggunakan perencanaan gedung ataupun jembatan kurang akurat (Fakhry, 2016). Perhitungan tinggi balok sesuai dengan perhitungan beban geser yang diterima. Perhitungan geser dilihat pada Pers. 2.41.

$$\frac{V_u}{\theta} = V_c + V_s \quad (2.41)$$

Jika V_s disini memiliki kekuatan yang sangat kecil dibanding V_c , sehingga dapat diabaikan sedangkan perhitungan V_c didapat berdasarkan Pers. 2.42.

$$V_c = 0,17 \lambda \sqrt{f_c'} bw. D \quad (2.42)$$

2.10.2.1 Perencanaan Tulangan

Langkah- langkah perhitungan tulangan balok adalah sebagai berikut:

- a. Menetapkan tebal penutup beton menurut tabel minimum penutup beton pada tulangan terluar dalam mm.

- b. Menetapkan diameter tulangan utama yang direncanakan dalam arah x dan arah y
- c. Mencari tinggi efektif dalam arah x dan arah y
- d. Membagi Mu dengan $b \times d^2$ ($\frac{Mu}{b \cdot d^2}$)
- e. Mencari rasio penulangan (ρ) dengan Pers. 2.43.

$$\rho = \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \left(1 - \sqrt{\frac{2 \cdot R_n}{0,85 f_c'}} \right) \quad (2.43)$$

- g. Memeriksa syarat rasio penulangan ($\rho_{min} < \rho < \rho_{maks}$)
- h. Mencari luas tulangan yang dibutuhkan ($A_s = \rho \cdot b \cdot d$)

2.10.2.2 Kontrol *Lendutan*

Lendutan yang terjadi yang harus dicek adalah pada waktu kondisi terkitis, pengecekan lendutan berdasarkan SNI 2847-2013. Untuk konstruksi dua arah dengan bidang konstruksi lantai yang menumpu atau disatukan dengan komonan struktural yang mungkin tidak akan rusak oleh lendutan yang besar. Perhitungan berdasarkan Pers. 2.44.

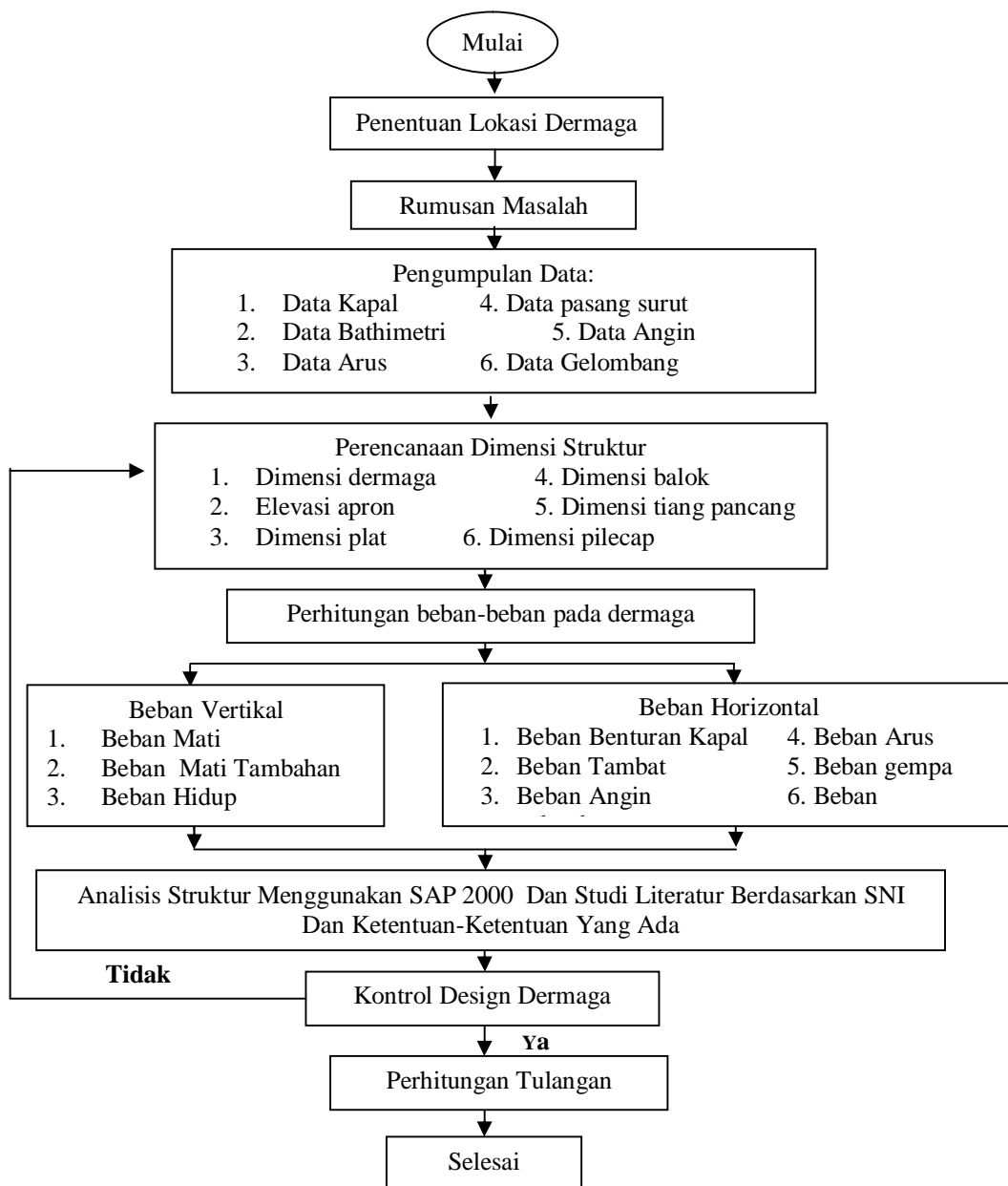
$$\text{Batas ledutan} = L / 240 \quad (2.44)$$

BAB 3

PERMODELAN STRUKTUR

3.1 Metodologi Penelitian

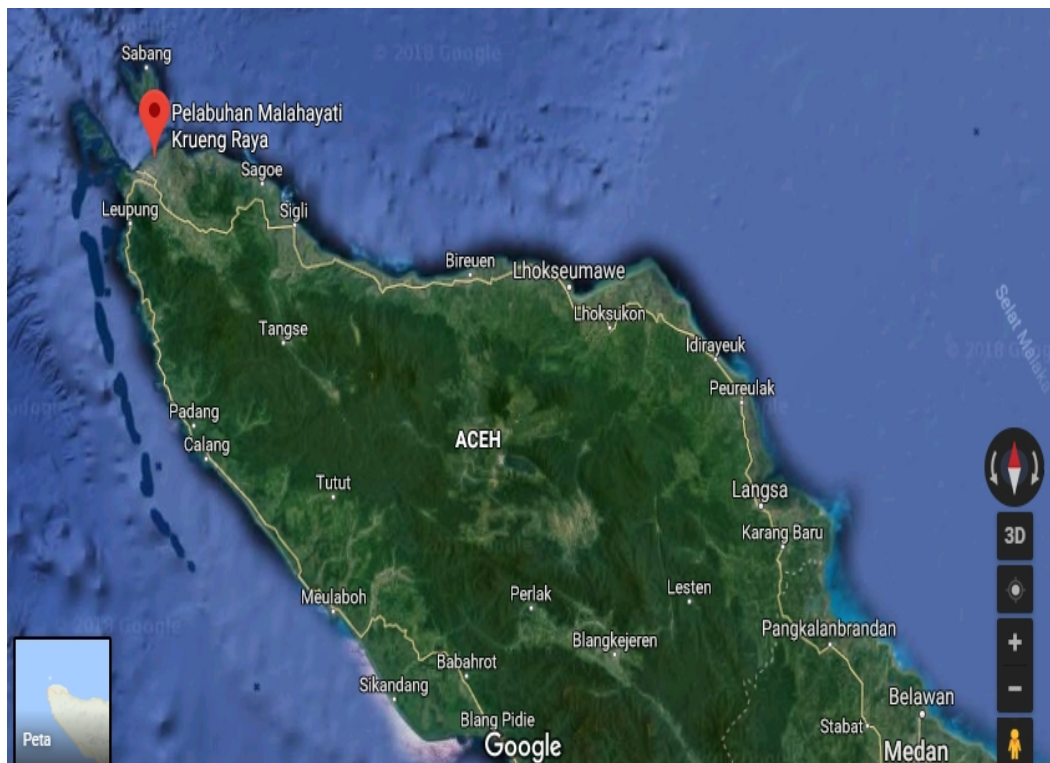
Langkah-langkah dalam perencanaan dan analisis struktur dermaga pada tugas akhir ini dilakukan dengan beberapa tahapan. Langkah-langkah perencanaan struktur dermaga dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1: Diagram Alir.

3.2 Lokasi Penelitian

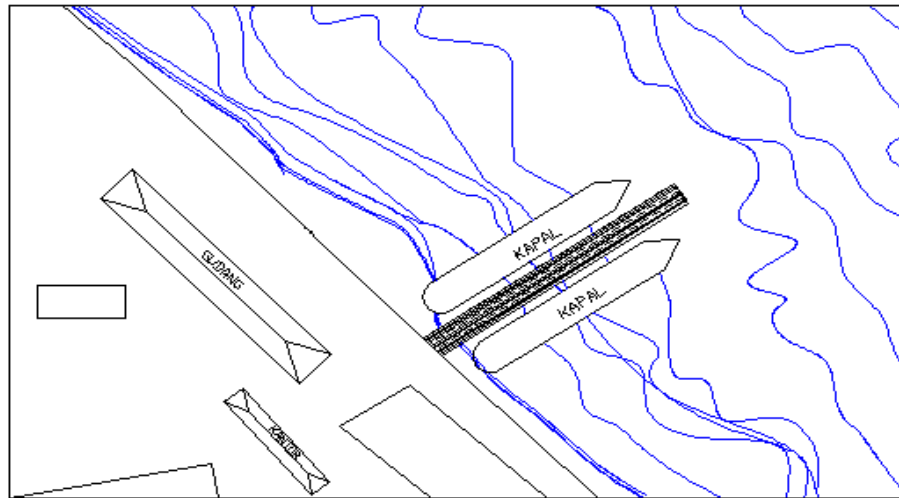
Lokasi perencanaan dermaga *general cargo* yaitu di perairan Teluk Krueng Raya pelabuhan Malahayati Banda Aceh. Secara geografis pelabuhan Malahayati terletak antara $5^{\circ} 2' - 5^{\circ} 8' \text{ LU}$ dan $95^{\circ} 80' - 95^{\circ} 88' \text{ BT}$. Bagian barat berbatasan dengan Samudra Hindia, bagian timur berbatasan dengan Kabupaten Pidie bagian utara berbatasan dengan Kabupaten Aceh Jaya, dan bagian selatan berbatasan dengan Selat Malaka/Kota Banda Aceh. Titik lokasi dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2: Lokasi perencanaan dermaga *General cargo type pier* (google maps).

3.2.1 Tata letak Perencanaan

Dalam perencanaan ini direncanakan dermaga *general cargo* tipe *pier* konstruksi terbuka dengan kapasitas dermaga 10.000 DWT yang terletak di pelabuhan Malahayati Banda Aceh perairan Teluk Krueng Raya. Dermaga ini dapat menampung 2 tambatan kapal pada sisi kanan dan kiri dermaga. Gambar 3.3 menunjukkan kondisi dan tata letak dermaga yang direncanakan berdasarkan peta bathymetri.



Gambar 3.3: Kondisi tata letak perencanaan dermaga *general cargo type pier*.

3.3 Pengumpulan Data

Dalam melakukan perencanaan struktur dermaga diperlukan data yang akan digunakan sebagai dasar perencanaan yang meliputi :

3.3.1 Data Kapal

Kapal yang bertambat adalah Kapal Barang umum (*general cargo*) dengan kapasitas 10.000 DWT.

- Kapal : 10.000 DWT
- Panjang kapal : 137 m
- Lebar kapal : 19,9 m
- Kedalaman kapal : 8,5 m

3.3.2 Data Bathymetri

Data Bathymetri menunjukkan kontur kedalaman dasar laut yang diukur dari posisi 0,00 LWS. Data Bathymetri di pelabuhan Malahayati Banda Aceh menunjukkan elevasi 0,0 m diukur dari posisi *lower water surface* (LWS) dengan kedalaman maksimal adalah 20 m LWS. Kedalaman tersebut harus lebih besar dari pada kedalaman izin untuk kapal 10.000 DWT yang akan berlabuh. Data bathymetri didapat dari analisis sedimen pada kolam labuh pelabuhan Malahayati (Muzammil, 2011).

3.3.3 Data Arus

Data arus dibutuhkan untuk perencanaan gaya pada Bollard/*mooring* dan gaya pada pondasi tiang pancang . Data arus di perairan ini didapat dari simulasi hidrodinamika oleh UNSYIAH Banda Aceh, maka didapat bahwa kecepatan arus maksimum yang terjadi di perairan Teluk Krueng Raya pelabuhan Malahayati adalah 0,5 knot – 0.7 knot.

3.3.4 Data Pasang Surut

Data pasang surut dibutuhkan untuk menentukan elevasi lantai dermaga sebagai pelengkap data bathimetri untuk merencanakan kedalaman kolam dermaga.

- High water level (HWL) : $\pm 2,9$ m LWS
- Low water level (LWLS) : $\pm 0,0$ m LWS

3.3.5 Data Angin

Data angin yang diperlukan adalah data arah dan kecepatannya. Data ini dibutuhkan untuk perencanaan gaya mooring dan gaya pada tiang pancang. Data ini diperoleh dari BMKG pelabuhan Malahayati. Hasil data yang didapat bahwa arah angin bergerak dari arah selatan ke arah barat daya. Dan kecepatan angin sebesar 4 – 17 Knots atau (2,06 m/s – 8,745 m/s).

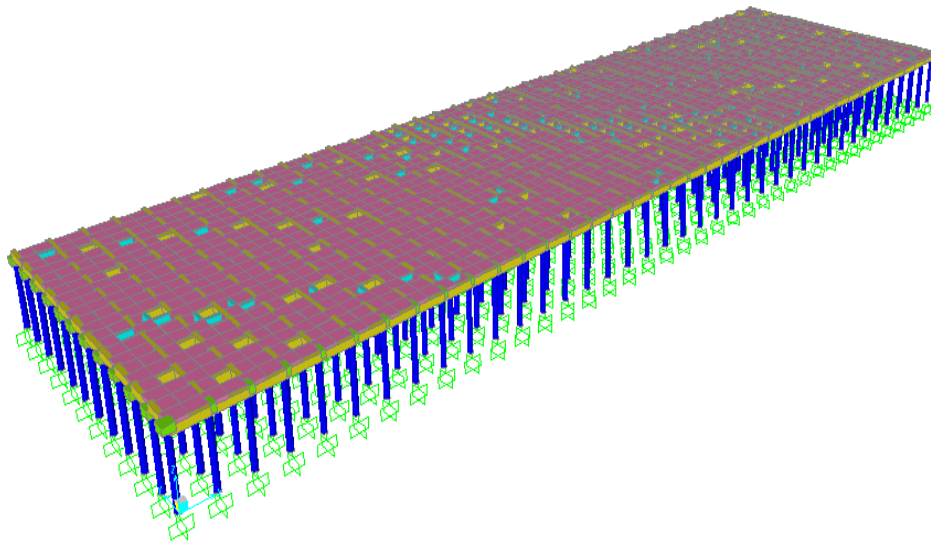
3.3.6 Data Gelombang

Data gelombang diperoleh dari BMKG Banda Aceh.

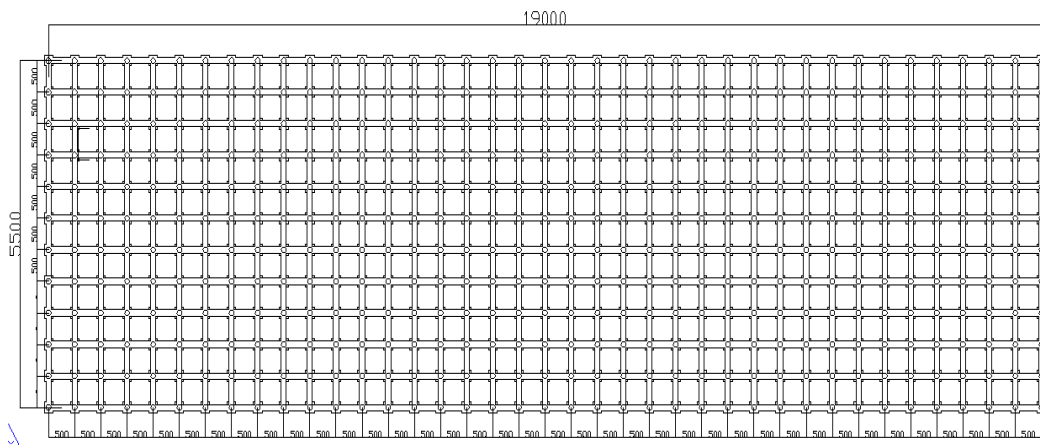
- Tinggi gelombang = 0,6 – 1,1 m
- Kedalaman laut maksimum = 20 m LWS.

3.4 Permodelan Struktur

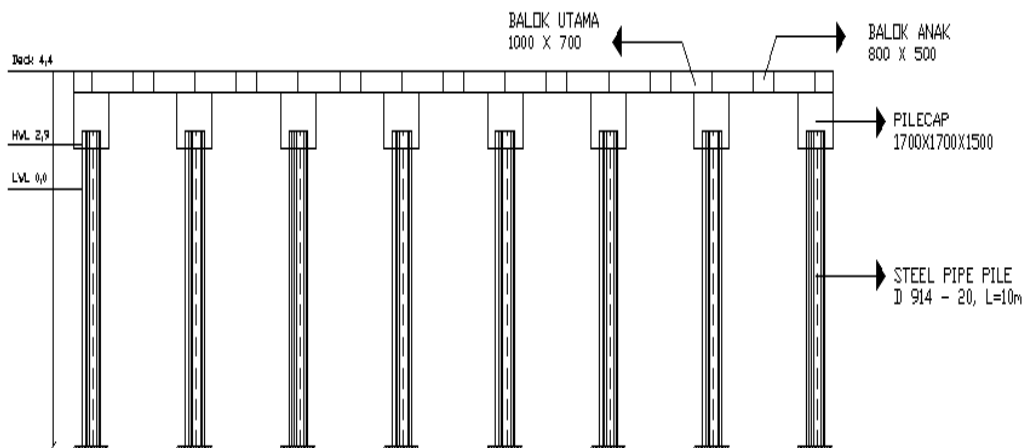
Dermaga yang direncanakan mampu menahan benturan dan tambatan kapal dengan kapasitas kapal 10.000 DWT. Dermaga ditumpu dengan tiang pancang sebagai kolom. Dilihat pada Gambar 3.4 yaitu pemodelan Struktur, bagian tampak atas dan bagian tampak bawah pada Gambar 3.5 dan Gambar 3.6.



Gambar 3.4: Permodelan struktur dermaga 3D.



Gambar 3.5: Tampak atas perencanaan dermaga.



Gambar 3.6: Tampak samping perencanaan dermaga.

3.4.1 Dimensi Dermaga

- Panjang dermaga (Lp) = $nLoa + (n-1)15 + (2 \times 25)$
= $1 (137) + (1-1) + 50$
= $187 \text{ m} \approx 190 \text{ m}$
- Lebar dermaga (LD) = 55 m (perencanaan)
- Kedalaman dermaga (H) = (Draff +1,5 m)LWS
= $(8,5 + 1,5) \text{ LWS}$
= $10 \text{ m LWS} < 20 \text{ m LWS}$
(tidak perlu adanya pengerukan dikarenakan kedalaman laut memenuhi kedalaman dermaga)
- Elevasi lantai dermaga = + HWS + 1,5 m
= + 2,90 + 1,5
= + 4,40 m dari LWS

3.4.2 Data Material Struktur Dermaga

Data material yang digunakan dalam struktur dermaga ini, antara lain:

- Mutu beton (f_c') : 35 MPa
- Modulus Elastis beton (E_c) : $4700\sqrt{35}$
: 27805,575 MPa
- Mutu baja tulangan polos : BJ TP 24
 - Tegangan leleh baja (f_y) : 235 MPa
 - Tegangan putus baja (f_u) : 380 MPa
- Mutu baja tulangan ulir : BJ TS 40
 - Tegangan leleh baja (f_y) : 390 MPa
 - Tegangan putus baja (f_u) : 560 MPa
- Modulus Elastisitas (E) : 200.000 MPa
- Mutu Baja : BJ 37
 - Tegangan leleh baja (f_y) : 235 MPa
 - Tegangan putus baja (f_u) : 380 MPa
- Berat Jenis Baja : 7850 kg/m^3
- Berat Jenis Beton Bertulang : 2400 kg/m^3

3.4 Analisa Pembebanan Pada Dermaga

Analisa pembebanan dermaga dibagi menjadi 2 yaitu pembebanan vertikal dan pembebanan horizontal.

3.5.1 Beban Vertikal

Beban vertikal pada struktur dermaga yaitu beban yang bekerja pada plat dermaga secara vertikal / tegak lurus. Beban vertikal dermaga terdiri dari beban hidup, beban berjalan, beban mati dan beban mati tambahan.

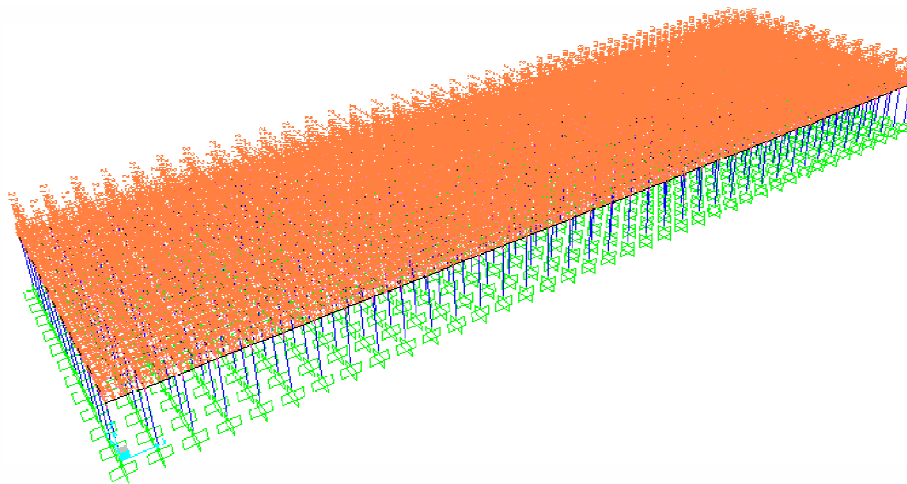
3.5.1.1 Beban Mati

Beban mati merupakan berat sendiri pada struktur:

a. Berat sendiri pelat

- Lebar = 1 m
- Tebal = 0,35 m
- BJ Beton = 2400 kg/m³

$$\begin{aligned}\text{Berat sendiri plat} &= \text{lebar} \times \text{tebal} \times \text{berat jenis} \\ &= 1 \times 0,35 \times 2400 \\ &= 840 \text{ kg/m.}\end{aligned}$$



Gambar 3.7: *Input* berat sendiri dermaga.

3.5.1.2 Beban Mati Tambahan

1. Beban Fender

Berdasarkan energi bentur yang disebabkan oleh kapal merapat ke dermaga adalah 0,486 ton meter. Tipe fender ditentukan berdasarkan nilai tersebut dan karakteristik fender seperti diberikan pada Tabel 2.15 pada Bab 2. Dipilih fender *silinder* dengan dimensi OD x ID = 250 x 125 dengan gaya 11,01 ton dan jarak antar fender sepanjang 10 m.

Dimensi fender maka berat sendiri fender yaitu:

L1 diameter 250 mm \approx 0,25 m

$$\begin{aligned} L1 &= \pi r^2 \\ &= 3,14 \times 0,125^2 = 0,049 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

L2 diameter 125 mm \approx 0,125 m

$$\begin{aligned} L2 &= \pi r^2 \\ &= 3,14 \times 0,0625^2 = 0,0123 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luas total = L1 - L2

$$= 0,049 - 0,0123 = 36796,87 \text{ mm}^2 \approx 0,37 \text{ m}^2$$

Maka

$$\begin{aligned} W &= \text{Panjang} \times \text{luas total} \times \text{berat jenis karet} \\ &= 1 \times 0,37 \times 1200 \\ &= 444 \text{ kg} \end{aligned}$$

Pada dermaga *General cargo* dengan kapal yang bertambat 10.000 DWT maka fender yang digunakan sebanyak 14 fender dengan jarak antar fender 10 m untuk 1 buah kapal. Pada dermaga ini dilakukan untuk bertambatnya 2 kapal pada sisi kiri dan sisi kanan dermaga.

Maka total berat fender = berat x jumlah fender x 2

$$444 \times 14 \times 2 = 1232 \text{ kg.}$$

2. Beban Bollard

Berdasarkan bobot kapal 10.000 DWT *General cargo* maka besarnya gaya tarik kapal terhadap bollard adalah 500 KN berdasarkan Tabel 2.13 pada Bab 2 Maka tipe bollard ditentukan berdasarkan nilai tersebut dan karakteristik bollard seperti diberikan pada Tabel 2.14 pada Bab 2. Dipilih bollard SR-50 dengan jarak antar bollard 15 m.

Dimensi Bollard SR-50

$$\begin{aligned} L1 &= 1/4 \pi D^2 \times t \\ &= 1/4 \pi (0,3)^2 \times (0,29 + 0,13) \\ &= 0,030 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

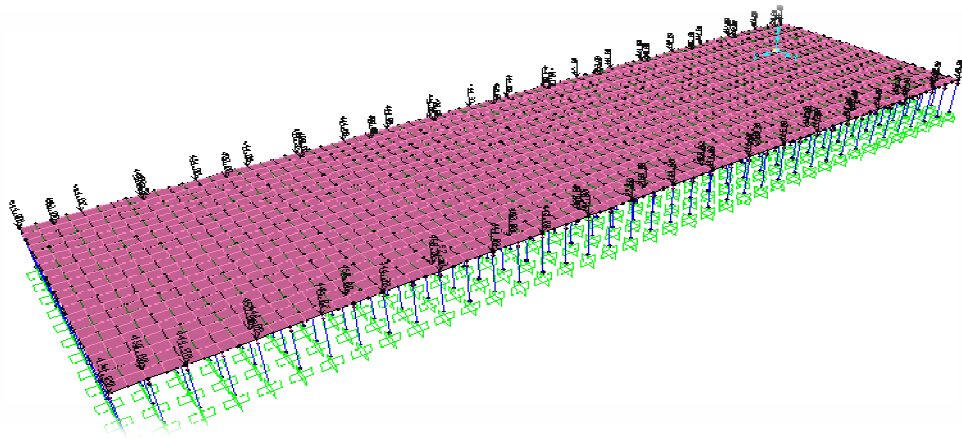
$$\begin{aligned} L2 &= 1/4 \pi D^2 \times t \\ &= 1/4 \pi (0,48)^2 \times (0,105) \\ &= 0,019 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat Bollard} &= (L1 + L2) \times \text{berat jenis besi} \\ &= (0,030 + 0,019) \times 7850 \\ &= 384,65 \text{ kg} \approx 450 \text{ kg} \end{aligned}$$

Pada dermaga *General cargo* dengan kapal yang bertambat 10.000 DWT maka bollard yang digunakan sebanyak 8 bollard dengan jarak antar bollard 15 m. Pada dermaga ini dilakukan untuk 2 bertambatnya kapal .

$$\begin{aligned} \text{Maka total berat bollard} &= \text{berat} \times \text{jumlah bollard} \times 2 \\ &= 450 \times 8 \times 2 = 7200 \text{ kg.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total beban mati tambahan} &= \text{beban fender} + \text{beban bollard} \\ &= 1232 \text{ kg} + 7200 \text{ kg} \\ &= 8432 \text{ kg} \end{aligned}$$

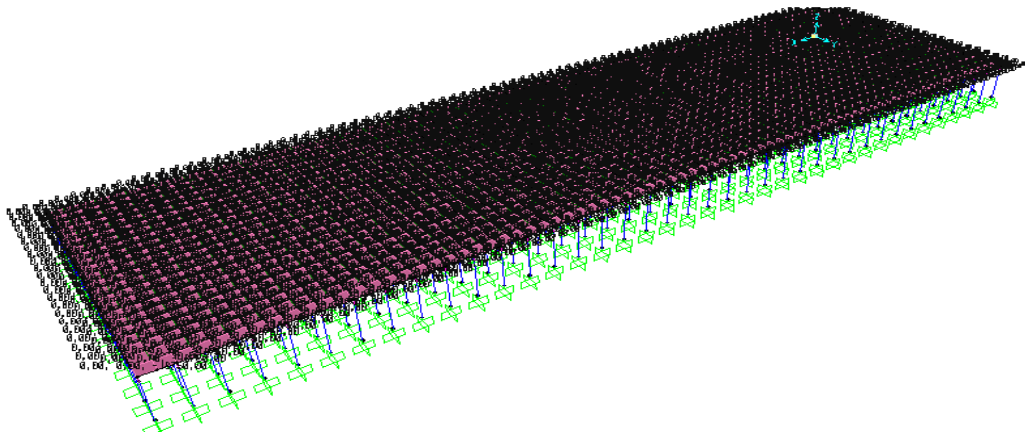


Gambar 3.8: *Input* beban mati tambahan.

3.5.1.3 Beban Hidup Merata

Berdasarkan *Standart Design Criteria For Port In Indonesia* yang dijelaskan pada Tabel 2.3 kriteria beban hidup merata adalah 3 T/m². Diasumsikan beban

sudah termasuk penumpukan barang, beban container dan berat pekerja.



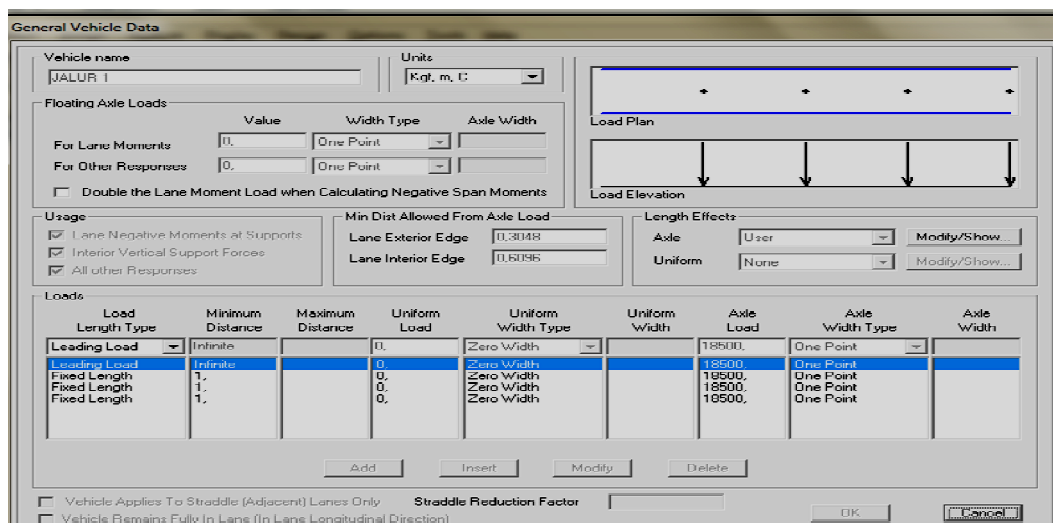
Gambar 3.9: *Input* beban hidup merata.

3.5.1.4. Beban Hidup Bergerak

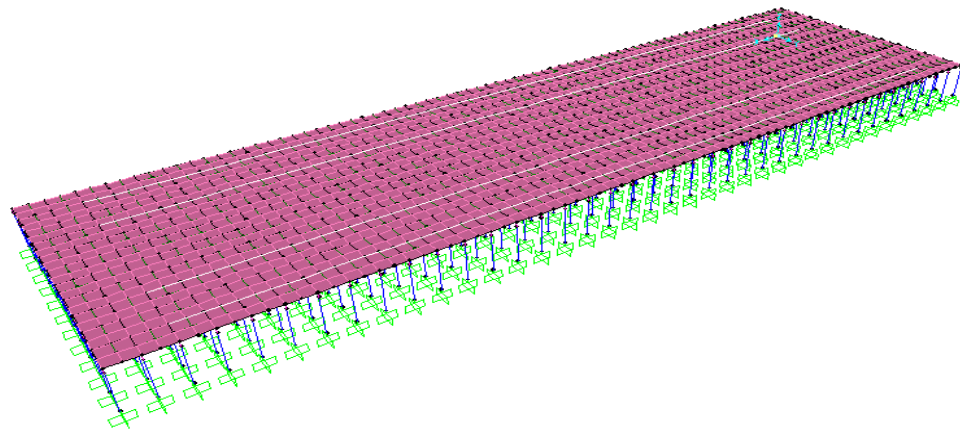
1. Beban portal crane

Crane yang digunakan pada perencanaan ini adalah *Jib Portal crane*. Dilihat dari Tabel 2.4 *Jib Portal crane* pada Bab 2 yaitu:

- Tipe crane : BP1627
- Panjang : 10 m
- Beban per Roda : 18,5 Ton
- Jumlah Roda : 4 Roda di setiap sisi
- Jarak antar Roda : 1 m



Gambar 3.10: Beban vertikal pada balok crane.



Gambar 3.11: *Input* beban *crane* yang diasumsikan jadi beban garis.

3.5.2 Beban Horizontal

Beban horizontal pada dermaga meliputi beban benturan kapal, beban tambat kapal, beban arus, beban gelombang, beban angin dan beban gempa.

3.5.2.1. Beban Tumbukan Kapal (*Berthing Force*)

Gaya benturan kapal dihitung berdasarkan energi benturan dan kemudian akan diserap oleh sistem fender.

$$E = \frac{WV^2}{2g} \times C_m \times C_e \times C_s \times C_c$$

Data Kapal

Kapasitas	= 10.000 DWT
Displacement tonnage	= 13.900 Ton
Panjang (Loa)	= 137 m
Lpp	= 0,846 Loa ^{1,0193}
	= 127,447 m
Lebar	= 10,9 m
Draft	= 3,9 m
Berat jenis air laut	= 1,025 t/m ³
Gaya gravitasi	= 9,81 m/s ²
V	= 0,15 m/s
Θ	= 10 ⁰

Menghitung W :

$$\begin{aligned}W &= 0,25 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot B \cdot \gamma_{\text{air laut}} (2/3) + wd \text{ (displacement tonnage)} \\ &= (0,25 \times \pi \times (3,9^2) \times 10,9 \times 1,025) + 13900 \\ &= 14671,25 \text{ Ton}\end{aligned}$$

Menghitung C_b

$$\begin{aligned}C_b &= \frac{W}{Lpp \times B \times d \times \gamma_o} \\ C_b &= \frac{14671,25}{127,45 \times 19,9 \times 8,5 \times 1,025} \\ C_b &= 0,74\end{aligned}$$

Menghitung C_m

$$\begin{aligned}C_m &= 1 + \frac{\pi}{2} \frac{C_b}{B} \frac{d}{B} \\ C_m &= 1 + \frac{\pi}{2} \frac{0,74}{19,9} \frac{8,5}{19,9} \\ C_m &= 1,907\end{aligned}$$

Menghitung C_e :

$$\begin{aligned}C_e &= \frac{1}{1 + (l-r)^2} \\ C_e &= \frac{1}{1 + (34,25/34,25)^2} \\ C_e &= 0,5\end{aligned}$$

Dimana:

$$\begin{aligned}r/l &= 0,25 \text{ (berdasarkan gambar 2.30)} \\ r &= 0,25 \times 137 = 34,25 \text{ m} \\ l &= 1/4 \times 137 \text{ (m)} = 1/4 \times 137 = 34,25 \text{ m}\end{aligned}$$

$$C_s = 1$$

$$C_c = 1$$

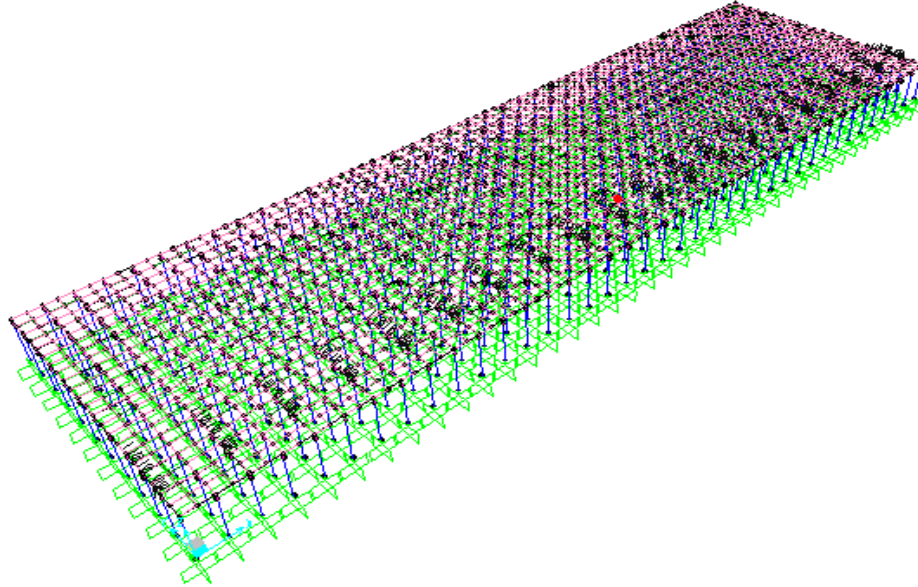
Menghitung V_x :

$$V_x = 0,15 \sin 10^\circ = 0,026$$

Maka

$$\begin{aligned}E &= \frac{14671,25 \times 0,026^2}{2 \times 9,81} \times 1,907 \times 0,5 \times 1 \times 1 \\ E &= 0,486 \text{ T}\end{aligned}$$

Tipe fender yang digunakan yaitu fender silinder dengan dimensi OD x ID = 250 x 125 dengan gaya yang diteruskan ke dermaga adalah $F = 11,01$ ton. Gaya yang diteruskan ke dermaga merupakan gaya tumbukan kapal/ *Berthing Force*.



Gambar 3.12: *Input* beban benturan kapal.

3.5.2.2 Beban Tambat Kapal (*mooring Force*)

Beban tambat pada kapal berpengaruh terhadap bollard. Gaya pada bollard untuk kapal *general cargo* 10.000 DWT.

$$\begin{aligned} GT &= 0,541 \text{ DWT} \\ &= 0,541 \times 10.000 \\ &= 5410 \end{aligned}$$

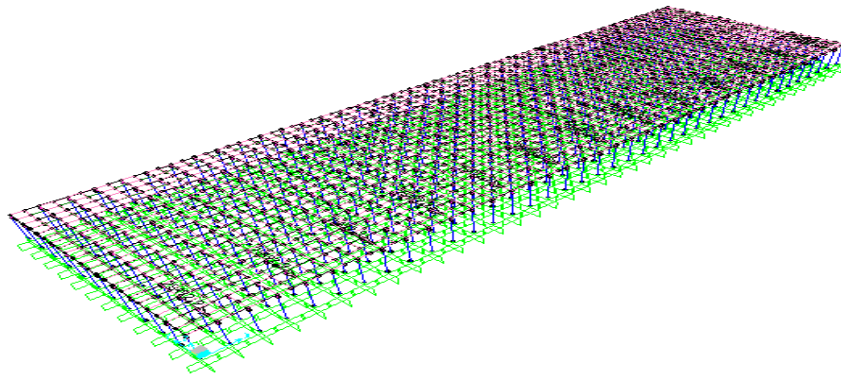
Berdasarkan Tabel 2.13 pada Bab 2.

- Ukuran kapal $5000 < GT < 10.000$
 Gaya tarik pada bitt = 700 KN
 Gaya tarik pada bollard = 500 KN

Dipilih gaya tarik pada bollard sebesar 500 KN. Maka gaya tarik bollard pada posisi sejajar sebagai berikut:

$$\begin{aligned} P &= F \cos 60 \\ &= 500 \cos 60 \\ &= 250 \text{ KN} \end{aligned}$$

Gaya tarik bollard merupakan gaya tambat pada kapal / *Mooring force*.



Gambar 3.13: *Input* beban tambat.

3.5.2.3. Beban Angin Struktur (Ews)

Pembebanan angin struktur berdasarkan SNI 1725-2016 yang telah dijelaskan pada Bab 2.

$$P_D = P_B \left\{ \frac{VD_Z}{V_B} \right\}^2$$

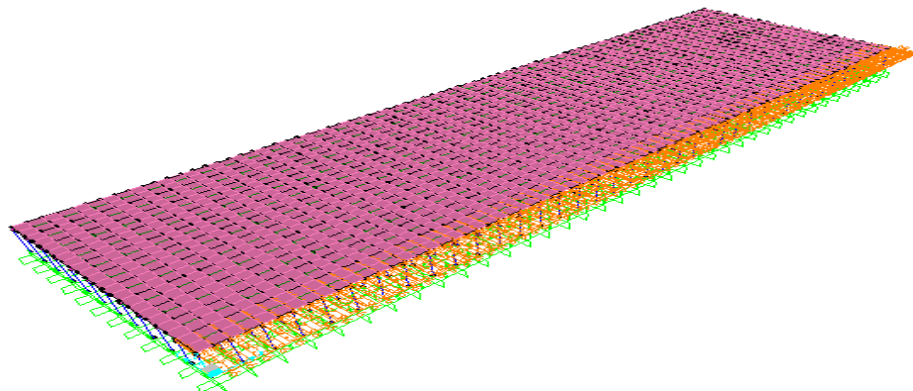
Dimana :

P_B = tekanan angin dasar untuk balok sebesar $0,0024 \text{ Mpa} \approx 24 \text{ kg/m}^2$

$VD_Z = 8,745 \text{ m/s}$ (kecepatan angin wilayah dermaga)

$V_B = 35 \text{ m/s}$

Maka $P_D = 24 \text{ kg/m}^2 \times 6,25 = 150 \text{ kg/m}^2$



Gambar 3.14: *Input* beban angin struktur.

3.5.2.4 Beban Arus

Besarnya beban arus yang bekerja pada pondasi dapat dihitung dengan formula sebagai berikut:

$$F_D = \frac{1}{2} C_D \rho_0 A U^2$$

Dimana :

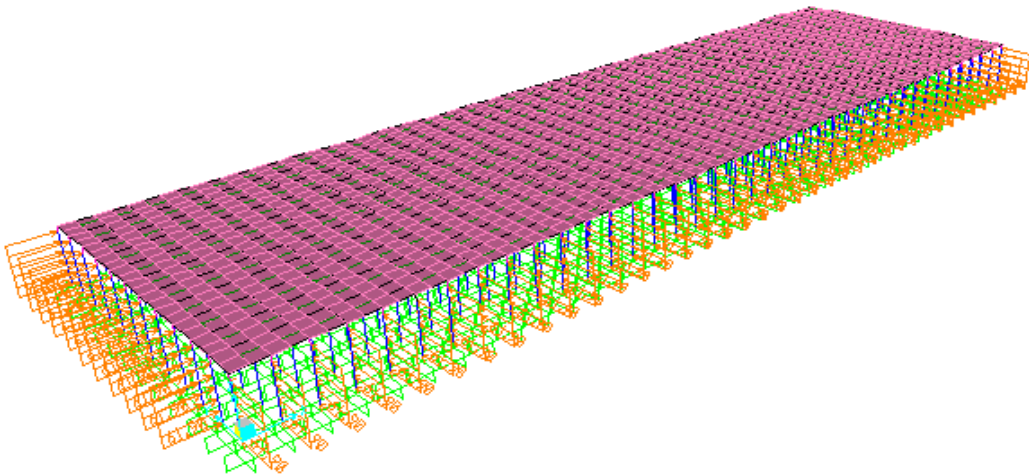
Tiang pancang yang terkena arus memiliki kedalaman 10 m, kecepatan arus di wilayah dermaga sebesar 0,7 Knot (0,360 m/s) dan Luas area yang dipengaruhi oleh diameter tiang pancang yang digunakan sebagai berikut:

Steel pipe pile 914 mm (d = 0,914 m).

$$\begin{aligned} A_s &= L \cdot d \\ &= 10 \text{ m} \times 0,914 \text{ m} \\ &= 9,14 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned} F_D &= \frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 1,025 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,14 \text{ m}^2 \cdot (0,360 \text{ m/s})^2 \\ &= 0,607 \text{ KN} \approx 61,896 \text{ kg} \end{aligned}$$



Gambar 3.15: Input beban arus.

3.5.2.5 Beban Gempa

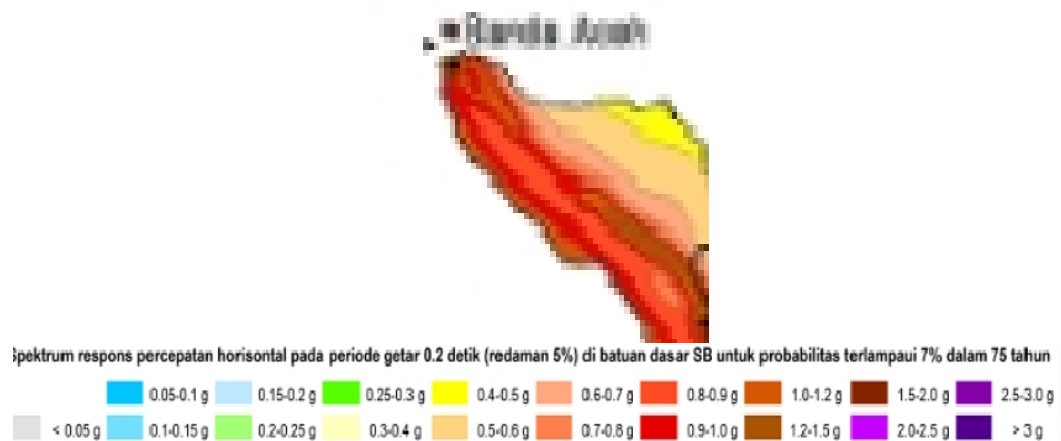
1. Penentuan kelas situs

Pada perairan Teluk Krueng Raya Aceh, didapat bahwa jenis tanah didaerah tersebut termasuk jenis tanah lunak (SE).

2. Menentukan nilai Ss, S1 dan nilai PGA

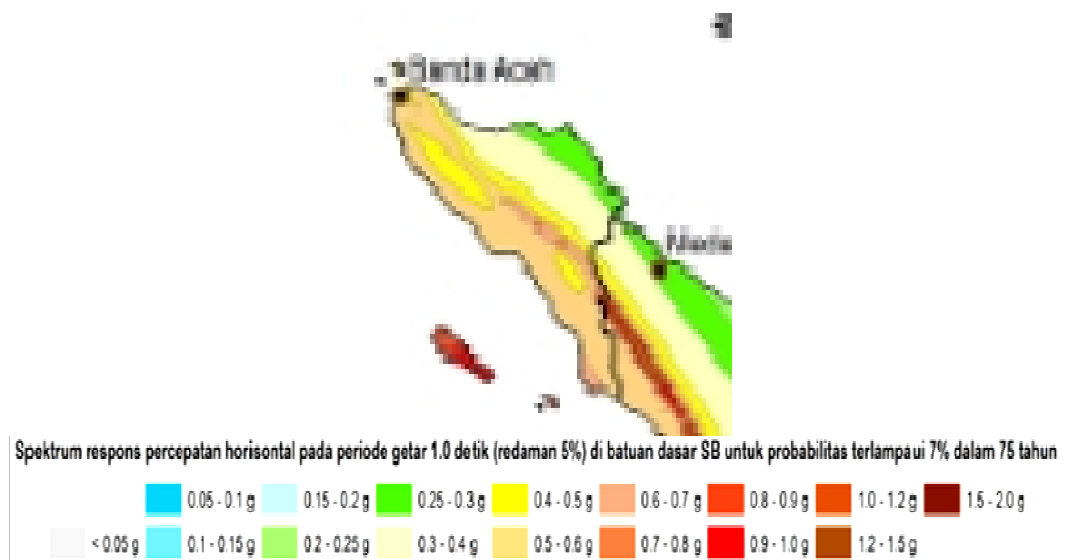
Nilai Ss, S1 dan PGA ditentukan dengan melihat peta gempa untuk periode ulang 1000 tahun pada SNI 2833 2013 yaitu Gambar peta 5 untuk nilai Ss, Gambar peta 6 untuk nilai S1 dan Gambar peta 4 untuk nilai PGA.

- a. Menentukan nilai Ss dilihat pada Gambar 3.16, maka Nilai Ss yang diperoleh (0,9-1,0) dan direncanakan Ss = 1,0.



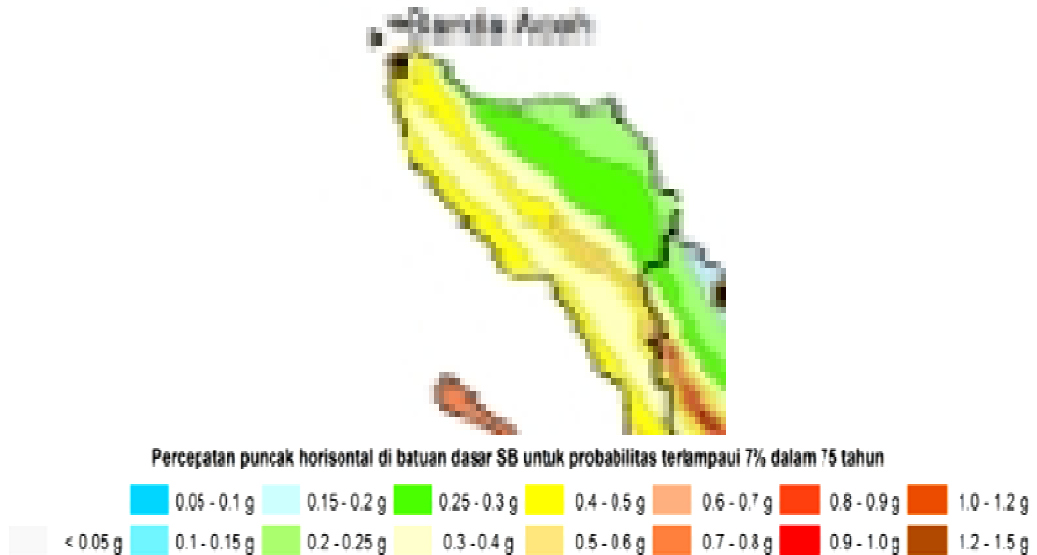
Gambar 3.16: Peta gambar 5 untuk lokasi perencanaan dermaga (SNI 2833-2013).

- b. Menentukan Nilai S1 dilihat pada Gambar 3.17, Maka nilai S1 yang didapat (0,5-0,6) dan direncanakan S1 = 0,6.



Gambar 3.17: Peta gambar 6 untuk lokasi perencanaan dermaga (SNI 2833-2013)

- c. Menentukan nilai PGA dilihat pada Gambar 3.18, Maka didapat nilai PGA yang didapat (0,4 - 0,5g) Direncanakan PGA = 0,4.



Gambar 3.18: Peta gambar 4 untuk lokasi perencanaan dermaga (SNI 2833-2013).

3. Menentukan nilai F_A , F_v dan F_{PGA}

a. Nilai F_A

Berdasarkan tabel Faktor amplifikasi (F_A) untuk periode 0 detik dan 0,2 detik dengan nilai $S_s = 1,0$ kelas situs tanah lunak, maka $F_A = 0,9$.

b. Nilai F_v

Berdasarkan tabel Besarnya nilai faktor amplifikasi (F_v) untuk periode 1 detik yang dijelaskan pada Bab 2. Dengan nilai $S_1 = 0,6$ kelas situs tanah lunak, maka $F_v = 2,4$.

c. Nilai F_{PGA}

Berdasarkan tabel Faktor amplifikasi (F_{PGA}) untuk periode 0 detik dan 0,2 detik dengan nilai PGA = 0,4 kelas situs tanah lunak, maka $F_{PGA} = 0,9$.

4. Parameter Percepatan Spektra

Parameter percepatan spektra desain untuk perioda 1 detik berdasarkan SNI 2947-2013, diperhitungkan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 A_s &= F_{PGA} \times PGA \\
 &= 0,9 \times 0,4 \\
 &= 0,36
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_{DS} &= F_a \times S_s \\
 &= 0,9 \times 1,0 \\
 &= 0,9
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_{D1} &= F_v \times S_1 \\
 &= 2,4 \times 0,6 \\
 &= 1,44
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T_s &= \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \\
 &= \frac{1,44}{0,9} \\
 &= 1,6
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T_0 &= 0,2 \times T_s \\
 &= 0,2 \times 1,6 \\
 &= 0,32
 \end{aligned}$$

5. Koefesien respon gempa elastik.

4. $T < T_0$, maka $C_{sm} = (S_{DS} - A_s) \frac{T}{T_0} + A_s$

5. $T_0 \leq T \leq T_s$, maka $C_{sm} = S_{DS}$

6. $T > T_s$, maka $C_{sm} = \frac{S_{D1}}{T}$

Maka Didapat grafik metode analisa gempa respon spektrum di Pelabuhan Malahayati untuk tanah lunak. Kemudian dapat ditabelkan seperti pada Tabel 3.1 lalu diinputkan respon spectrum pada SAP 2000.

Tabel 3.1: Perhitungan gempa respon spektrum.

T (detik)	T (detik)	Csm
0,000	0,000	0,360
T0	0,320	0,900
TS	1,600	0,900
TS+0,1	1,700	0,847
TS+0,2	1,800	0,800
TS+0,3	1,900	0,758
TS+0,5	2,100	0,686
TS+0,6	2,200	0,655
TS+0,7	2,300	0,626
TS+0,8	2,400	0,600

Tabel 3.1: *Lanjutan.*

T (detik)	T (detik)	Csm
TS+0,9	2,500	0,576
TS+1,0	2,600	0,554
TS+1,1	2,700	0,533
TS+1,2	2,800	0,514
TS+1,3	2,900	0,497
TS+1,7	3,300	0,436
TS+1,8	3,400	0,424
TS+1,9	3,500	0,411
TS+2,0	3,600	0,400
TS+2,1	3,700	0,389
TS+2,2	3,800	0,379
TS+2,3	3,900	0,369
TS+2,4	4,000	0,360
TS+2,5	4,100	0,351
TS+2,6	4,200	0,343
TS+2,7	4,300	0,335
TS+2,8	4,400	0,327
TS+2,9	4,500	0,320
TS+3,2	4,800	0,300
TS+3,3	4,900	0,294
TS+3,4	5,000	0,288
TS+3,5	5,100	0,282
TS+3,6	5,200	0,277
TS+3,7	5,300	0,272

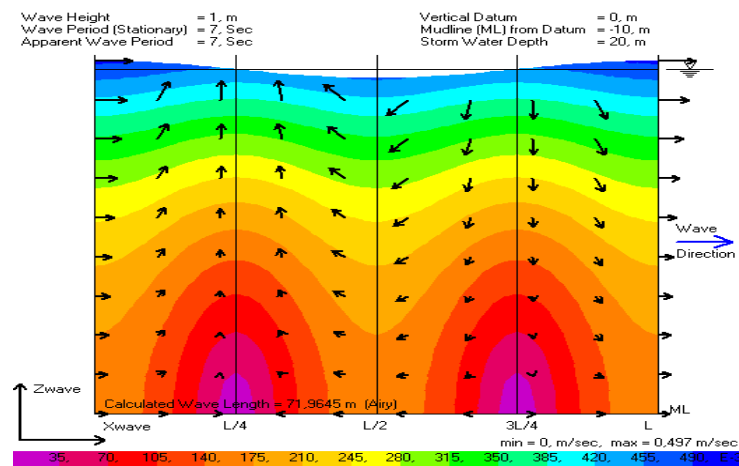
Hasil Tabel 3.1 diinput kedalam grafik seperti pada Gambar 3.16.



Gambar 3.19 : Grafik respons spektrum pelabuhan Malahayati untuk tanah lunak.

3.5.2.6 Beban Gelombang

Data yang diinput pada beban gelombang yaitu data gelombang yang diperoleh dari BMKG sesuai dengan wilayah perencanaan. Nilai yang diinput dapat dilihat pada Gambar 3.20.



Gambar 3.20: *Input* beban gelombang.

3.6 Rangkak Dan Susut Pada Beton

3.6.1 Rangkak Pada Beton

$$\epsilon_{cc,t} = \phi_{cc}(t) \cdot \epsilon_e$$

Dimana :

$$\phi_{cc}(t) = (t^{0,6} / (10+t^{0,6})) C_u$$

$$C_u = 2,15 \text{ (berdasarkan Tabel 2.12 dengan } f_c'35)$$

$$T = 28 \text{ hari}$$

$$\epsilon_e = 0,03$$

$$\begin{aligned} \phi_{cc}(t) &= (t^{0,6} / (10+t^{0,6})) C_u \\ &= (28^{0,6} / (10 + 28^{0,6})) 2,15 \\ &= 0,913 \end{aligned}$$

$$\text{Maka: } \epsilon_{cc,t} = \phi_{cc}(t) \cdot \epsilon_e$$

$$= 0,913 \times 0,03$$

$$= 0,0274.$$

3.6.2 Susut Pada Beton

$$\epsilon_{cs,t} = (t / (35 + t)) \epsilon_{cs,u}$$

Dimana berdasarkan Tabel 2.12 yaitu Koefesien standart susut beton sebagai tambahan regangan jangka panjang dengan $f_c'35$ didapat sebesar 0,000161.

3.6 Rekapitulasi Pembebanan

Dari perhitungan pembebanan yang digunakan maka di rekapitulasi semua pembebanan, seperti pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2: Hasil Rekapitulasi pembebanan

Pembebanan	Beban	Satuan
Beban mati	840	kg/m ²
Beban mati tambahan	894	kg/alat
Beban hidup	3	Ton/m ²
Beban crane	18,5	Ton/roda
Beban bentur kapal	11,01	Ton
Beban tambat kapal	250	KN
Beban angin struktur	150	Kg/m ²
Beban arus	61,896	kg
Beban Gempa	Respon spektrum	-
Beban Gelombang	API WSD 2000	-
Rangkak dan Susut	0,0276	-

3.8 Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan yang digunakan dalam perencanaan dermaga ini berdasarkan *Port of long beach wharf*.

Case 1

A. 1,20D + 1,60L + 1,60EX + 1,20(S+R) + 1,2C

B. 1,20D + 1,60L + 1,60EY + 1,20(S+R) + 1,2C

C. 1,20D + 1,60L + 1,00WX + 1,20(S+R) + 1,2C

$$D. 1,20D + 1,60L + 1,00WX + 1,20(S+R) + 1,2C$$

Case II^D

$$A. 0,90D + 1,6EX + 1,20(R+S) + 1,2C$$

$$B. 0,90D + 1,6EX + 1,20(R+S) + 1,2C$$

$$C. 0,90D + 1,0WX + 1,20(R+S) + 1,2C$$

$$D. 0,90D + 1,0WY + 1,20(R+S) + 1,2C$$

Case III

$$A. 1,20D + 1,00L + 1,60EX + 1,60BE + 1,2C$$

$$B. 1,20D + 1,00L + 1,60EY + 1,60BE + 1,2C$$

$$C. 1,20D + 1,00L + 1,00WX + 1,60BE + 1,2C$$

$$D. 1,20D + 1,00L + 1,00WX + 1,60BE + 1,2C$$

CASE IV^D

$$A. 1,20D + 1,00L + 1,60EX + 1,60M + 1,2C$$

$$B. 1,20D + 1,00L + 1,60EY + 1,60M + 1,2C$$

$$C. 1,20D + 1,00L + 1,00WX + 1,60M + 1,2C$$

$$D. 1,20D + 1,00L + 1,00WX + 1,60M + 1,2C$$

3.9 Analisa Perencanaan Struktur

Analisa perencanaan struktur dermaga meliputi plat dermaga, balok dermaga yang terdiri dari balok aak dan balok induk, pilecap dermaga dan tiang pancang dermaga.

3.9.1 Plat Dermaga

Direncanakan dimensi pelat 500 mm x 500 mm dan Tebal plat dermaga berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 9.5.3.3 yang sudah dijelaskan pada Bab 2.

Diketaui :

$$\alpha m = 1$$

$$Ln = 5 \text{ m} = 5000 \text{ mm}$$

$$fy = 240 \text{ MPa}$$

$$f'c = 35 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned}\beta &= 0,85 - 0,008 (f_c' - 30) \\ &= 0,81\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Maka } H &= \frac{\ln \left(0,8 + \frac{240}{1400} \right)}{36 + 5\beta (\alpha f_m - 0,2)} \\ &= 0,142 \text{ m} \approx 142 \text{ mm (tebal plat minimum)}\end{aligned}$$

Dengan mempertimbangkan beban-beban yang bekerja diatas plat dermaga dan perencanaan struktur pracetak , maka direncanakan tebal dermaga 350 mm.

3.9.2 Balok Dermaga

Balok merupakan elemen struktur pemikul momen yang berfungsi mentransfer beban dari pelat ke kolom/ Tiang Pancang . Dimensi tinggi balok induk ditentukan berdasarkan sebagai berikut :

Untuk bentang antar kolom / Tiang Pancang $L = 5$ m, maka tinggi balok induk $h = L/12 = 5000 \text{ mm} / 12 = 416,67 \approx 1.000 \text{ mm}$. Lebar balok $= h \times 1/2 = 1000 \text{ mm} \times 1/2 = 500 \text{ mm}$ diambil $B = 700 \text{ mm}$.

maka :

Dimensi balok induk = 1000 mm x 700 mm

Dimensi balok anak = 800 mm x 500 mm

3.9.3 Pile Cap Dermaga

Pilecap dermaga merupakan elemen struktural pemikul beban yang ditransferkan beban dari balok ke kolom, pilecap diasumsikan sebagai kolom pada perencanaan ini dimensi pilecap 1700 mm x 1700 mm x 1500 mm.

3.9.4 Tiang Pancang Dermaga

Tiang pancang yang digunakan tiang pancang komposit yang merupakan tiang pancang baja dan diisi dengan beton bertulang. Baja yang digunakan yaitu *steel pipe pile*.

1. Dimensi baja yang digunakan:

Diameter luar = 914 mm $\approx 0,914$ m

Diameter dalam = 20 mm

Kedalaman tiang pancang = 10,5 m

Inersia = 1 (dari SAP2000)

2. Dimensi beton yang digunakan :

Diameter kolom = 874 mm \approx 0,874 m

Mutu beton = 35 mpa

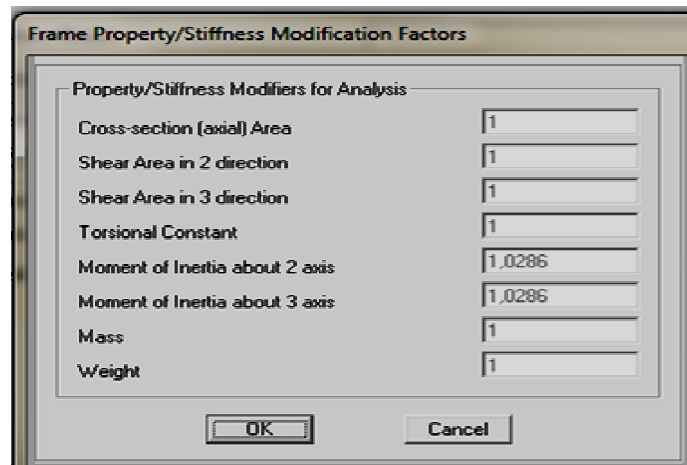
Berat jenis = 2400 kg/m³

$$\begin{aligned} \text{Inersia} &= \frac{1}{64} \pi D^4 \\ &= \frac{1}{64} \pi 0,874^4 \\ &= 0,0286 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

Maka Inersia total = Inersia baja + Inersia beton

$$= 1 + 0,0286$$

$$= 1,0286 \text{ mm}^4$$



Gambar 3.21: Momen inersia untuk tiang pancang komposit.

3.9.5 Rekapitulasi Elemen Struktur Dermaga

Perencanaan elemen struktur dermaga di rekapitulasi seperti pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3: Dimensi elemen struktur dermaga.

Elemen	Dimensi (mm)
Plat lantai	5000 x 5000 x 350
Balok utama	1000 x 700

Tabel 3.3: *Lanjutan.*

Elemen	Dimensi (mm)
Balok Anak	800 x 500
Pile Cap	1700 x 1700 x 1500
Tiang pancang baja <ul style="list-style-type: none"> • Diameter luar • Diameter dalam 	<i>Steel pipe pile</i> 914 20
Tiang pancang beton	874

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Tinjauan Umum

Pada bab ini akan membahas hasil dari studi perencanaan Dermaga *general cargo*. Dari analisa yang dilakukan dalam perencanaan dermaga dengan bentang 190 m x 55 m dan jarak antar kolom sebesar 5m didapat nilai- nilai yang disyaratkan sesuai dengan SNI 2847-2013 dan SNI 2847-2002 tentang persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung dan Tata Cara Perlindungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung. Dalam analisis struktur dermaga ini digunakan software SAP 2000 dengan permdodelan 3D, hasil (output sap 2000) dari analisis struktur menggunakan software ini yaitu berupa:

- a. Output momen, gaya geser , perioda , gaya aksial dan *displacement*
- b. Output diagram interaksi dan daya dukung tiang pancang.

4.2. Hasil Analisis

Dalam perhitungan perencanaan dermaga sesuai dengan SNI 2847-2013 dan syarat yang sudah ditentukan, dalam perencanaan dermaga perlu adanya pemeriksaan dermaga untuk memenuhi batas ijin guna untuk pembangunan dermaga.

4.2.1 Hasil Analisis Periode Getar

Hasil analisis terhadap pemodelan struktur dermaga menghasilkan nilai periode getar (T) . Nilai periode dapat dilihat pada Tabel 4.1. Dari hasil analisa didapat nilai periode getar yang terbesar berada pada *Mode* 1 yaitu sebesar: 0,366648 detik. Perhitungan Tm dapat dilihat pada lampiran.

Syarat :

$$T < T_m$$

$$0,366648 \text{ s} < 2,109 \text{ s}$$

Tabel 4.1: Data periode getar (T) pada struktur dermaga.

Case	Mode	Periode (T)	%
Modal	Mode 1	0,366648	-
Modal	Mode 2	0,36382	0,00799
Modal	Mode 3	0,359359	0,01173
Modal	Mode 4	0,265608	0,26244
Modal	Mode 5	0,20038	0,24638
Modal	Mode 6	0,147533	0,26415
Modal	Mode 7	0,146827	0,00462
Modal	Mode 8	0,134054	0,08714
Modal	Mode 9	0,113568	0,15305
Modal	Mode 10	0,106753	0,05988
Modal	Mode 11	0,093048	0,12854
Modal	Mode 12	0,082811	0,11002

Syarat:

Perbedaan $T_1 - T_n < 15\%$

$CQC < 15\%$

$SRSS < 15\%$

Dari Tabel 4.1 didapat nilai paling dominan CQC, maka dalam perencanaan gaya gempa pada respons spektrum digunakan CQC.

4.2.2 Hasil Pemeriksaan *Displacement* Yang Terjadi Pada Dermaga.

Displacement untuk kondisi struktur dermaga, pada perhitungan diasumsikan hanya dengan satu bentang dengan syarat bahwa lendutan yang dihitung tidak boleh melebihi lendutan ijin maksimum ($L/240$), umur rencana dermaga direncanakan 50 tahun. Untuk bentang antar tumpuan sebesar 5 m. Diasumsikan

memiliki nilai lendutan pada kombinasi adalah dilihat dari Tabel 4.2 dan Gambar 4.1 nilai maksimum lendutan sebesar 0,0113 m.

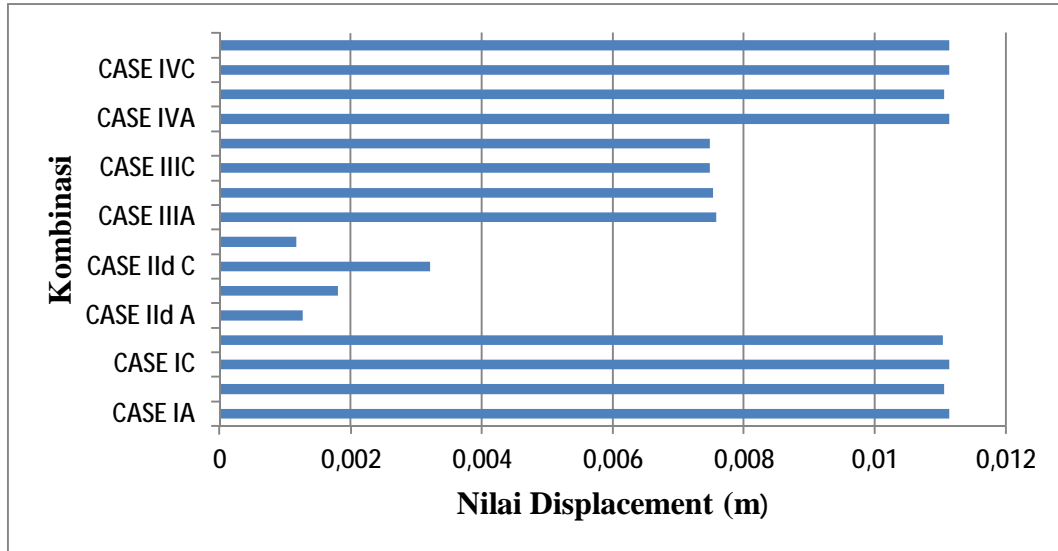
Tabel 4.2: Hasil *displacement* kombinasi struktur dermaga.

Kombinasi	Perpindahan (m)
CASE IA	0,01113
CASE IB	0,01106
CASE IC	0,01103
CASE ID	0,01103
CASE II ^d A	0,00127
CASE II ^d B	0,00253
CASE II ^d C	0,00117
CASE II ^d D	0,00117
CASE IIIA	0,00758
CASE IIIB	0,00753
CASE IIIC	0,00748
CASE IIID	0,00748
CASE IVA	0,01113
CASE IVB	0,01106
CASE IVC	0,01103
CASE IVD	0,01103

Dengan syarat lendutan $L/240$ maka perencanaan jembatan memenuhi syarat pembangunan untuk jembatan, dimana:

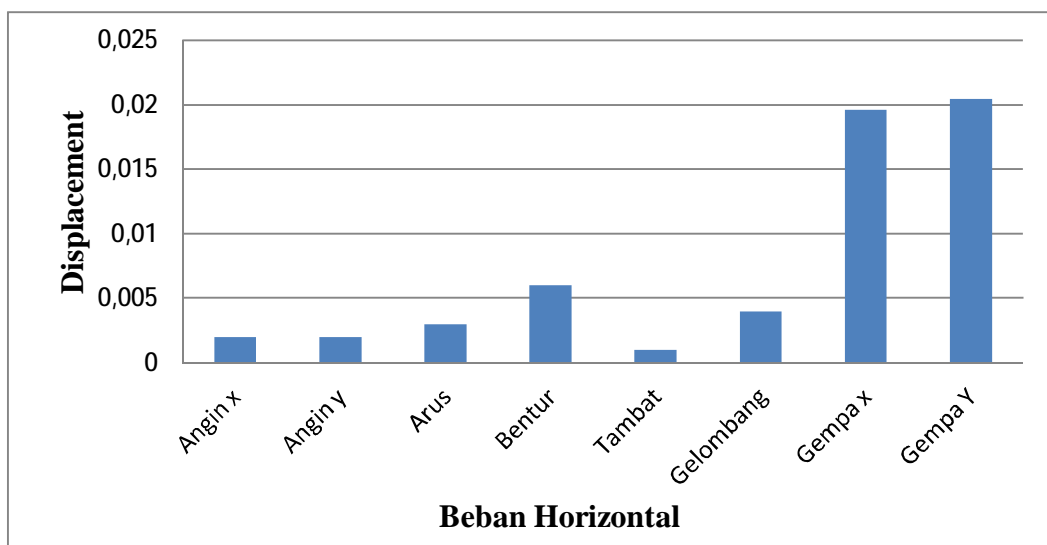
$L/240 = 5/240 = 0.021 \text{ m}$	>	Case 1A	=	0,01113 m	(OK)
$L/240 = 5/240 = 0.021 \text{ m}$	>	Case 1B	=	0,01106 m	(OK)
$L/240 = 5/240 = 0.021 \text{ m}$	>	Case 1C	=	0,01103 m	(OK)
$L/240 = 5/240 = 0.021 \text{ m}$	>	Case 1D	=	0,01103 m	(OK)
$L/240 = 5/240 = 0.021 \text{ m}$	>	Case 1I ^d A	=	0,00127 m	(OK)
$L/240 = 5/240 = 0.021 \text{ m}$	>	Case 1I ^d B	=	0,00253 m	(OK)
$L/240 = 5/240 = 0.021 \text{ m}$	>	Case 1I ^d C	=	0,00117 m	(OK)
$L/240 = 5/240 = 0.021 \text{ m}$	>	Case 1I ^d D	=	0,00117 m	(OK)
$L/240 = 5/240 = 0.021 \text{ m}$	>	Case 1IIA	=	0,00758 m	(OK)
$L/240 = 5/240 = 0.021 \text{ m}$	>	Case 1IIB	=	0,00753 m	(OK)
$L/240 = 5/240 = 0.021 \text{ m}$	>	Case 1IIC	=	0,00748 m	(OK)
$L/240 = 5/240 = 0.021 \text{ m}$	>	Case 1IID	=	0,00748 m	(OK)
$L/240 = 5/240 = 0.021 \text{ m}$	>	Case 1VA	=	0,01113 m	(OK)

$L/240 = 5/240 = 0.021 \text{ m} > \text{Case 1VB} = 0,01106 \text{ m} \quad (\text{OK})$
 $L/240 = 5/240 = 0.021 \text{ m} > \text{Case 1VC} = 0,01104 \text{ m} \quad (\text{OK})$
 $L/240 = 5/240 = 0.021 \text{ m} > \text{Case 1VD} = 0,01104 \text{ m} \quad (\text{OK})$



Gambar 4.1: Grafik nilai *displacement* (m).

Adapun hasil *displacement* pada beban horizontal yang akan berpengaruh kepada tiang pancang. Seperti terlihat pada Gambar 4.2. Maka dapat disimpulkan bahwa *displacement* paling besar diakibatkan beban gempa arah Y yaitu sebesar : 0,02046 m.



Gambar 4.2: Grafik nilai *displacement* akibat beban horizontal (m).

4.2.3 Hasil Analisis Besarnya Momen (M3) Pada Struktur Dermaga

Dalam analisa momen plat dermaga, asumsi plat sebagai plat lentur dan dianggap terjepit penuh dengan balok di keempat sisinya. Dikatakan jepit penuh apabila tumpuan mampu mencegah plat berotasi dan relatif sangat kaku terhadap momen puntir. Bila balok tepi tidak cukup kuat untuk mencegah rotasi sama sekali, maka plat dikatakan terjepit sebagian atau jepit elastis. Hasil analisis terhadap pemodelan struktur dermaga menghasilkan nilai momen maksimum pada setiap balok dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3: Hasil momen kombinasi struktur dermaga.

Kombinasi	Momen maksimum (Kgf-m)
CASE IA	285981,58
CASE IB	289292,16
CASE IC	261295,24
CASE ID	261295,56
CASE II ^d A	236156,98
CASE II ^d B	142626,04
CASE II ^d C	22844,7
CASE II ^d D	22845,39
CASE IIIA	245150,69
CASE IIIB	203130,48
CASE IIIC	175100,77
CASE IIID	175101,1
CASE IVA	286033,79
CASE IVB	288657,59
CASE IVC	260662,84
CASE IVD	260663,16

Momen maksimum = 289292,16 kgf-m.

Digunakan tulangan polos BJTP 40 D25-250

Luas tulangan terpakai, $A_s = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times b/s$

$$= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 25^2 \times 5000/250$$

$$= 9812,5 \text{ mm}^2$$

Tinggi balok regangan $= \frac{A_s \times f_y}{0,82 \times f_c' \times b}$

$$= \frac{9812,5 \times 390}{0,82 \times 35 \times 5000}$$

$$= 25,726 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen nominal (Mn)} &= A_s \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2}\right) \times 10^{-6} \\ &= 9812,5 \times 390 \times \left(900,5 - \frac{25,726}{2}\right) \times 10^{-6} \\ &= 3696,8741 \text{ KNm} \approx 376976,246 \text{ kgf-m} \end{aligned}$$

$$\text{Syarat : } \phi M_n \geq M_u$$

$$301583,396 \geq 289292,16 \text{ (Ok)}$$

4.2.4 Hasil Analisis Besarnya Gaya Aksial (P) Pada Struktur Dermaga.

Analisis gaya aksial didapat dari hasil output sap 2000, gaya aksial pada kombinasi dapat dilihat pada Tabel 4.4. Hasil gaya aksial maksimum yang didapat sebesar 281399,9 kgf .

Tabel 4.4: Hasil analisa gaya aksial (P) maksimum.

Kombinasi	Gaya Aksial (kgf)
CASE IA	280321,1
CASE IB	225386,8
CASE IC	202391,4
CASE ID	202390,6
CASE II ^d A	164341,7
CASE II ^d B	182791,3
CASE II ^d C	17711,51
CASE II ^d D	17703,99
CASE IIIA	238274,4
CASE IIIB	195845,8
CASE IIIC	135433,5
CASE IIID	135424,7
CASE IVA	280296,7
CASE IVB	225073,6
CASE IVC	202079,5
CASE IVD	202078,7

4.2.5 Hasil Analisis Besarnya Gaya Geser Arah X Pada Struktur Dermaga

Analisis perhitungan geser sesuai dengan SNI 2847-2013 dan SNI 2847-2002 kekuatan pelat lantai dan pile cap terhadap geser pos sehingga memenuhi syarat untuk dibangun. Hasil analisis terhadap gaya geser X pada Tabel 4.5 .

Tabel 4.5: Hasil analisis terhadap gaya geser arah X.

Kombinasi	Gaya Geser (kgf)
CASE IA	234391,4
CASE IB	287806
CASE IC	232877,5
CASE ID	232877,8
CASE II ^d A	84052,63
CASE II ^d B	84052,63
CASE II ^d C	24587,49
CASE II ^d D	24587,77
CASE IIIA	174389,4
CASE IIIB	220143,4
CASE IIIC	158604,5
CASE IIID	158604,5
CASE IVA	158604,7
CASE IVB	233286,3
CASE IVC	231772,3
CASE IVD	231772,6

Dari Tabel 4.5 gaya geser maksimum arah X pada kombinasi Case 1B sebesar 287806 kgf.

- Cek kekuatan gaya geser

$$V_n \geq V_u$$

Dimana:

$$V_n = V_c + V_s$$

$$V_c = 0,17 \lambda \sqrt{f_c'} bw. D$$

$$= 0,17 \times 1,0 \sqrt{35} (1000+700) (700+500)$$

$$= 2051696,469 \text{ N}$$

$$V_s = \frac{A_v \times F_{yt} \times d}{s}$$

$$A_v = 0,062 \sqrt{f_c'} \frac{bw \times s}{f_{yt}}$$

$$= 0,062 \sqrt{35} \frac{(1000+700) \times 250}{235}$$

$$= 663,356 \text{ mm}^2$$

$$s = 380 \left(\frac{280}{f_s} \right) - 2,5 c_c$$

$$= 380 \left(\frac{280}{\frac{2}{3} \cdot 235} \right) - 2,5 \cdot 250$$

$$= 54,149 \text{ mm}$$

Sehingga nilai:

$$V_s = \frac{Av \times Fyt \times d}{s}$$

$$= \frac{663,356 \times 235 \times (700+500)}{54,134}$$

$$= 187066442,7 \text{ N}$$

$$V_n = V_c + V_s$$

$$= 2051696,469 + 187066442,7$$

$$= 2051696,469 \text{ N}$$

$$V_n \geq V_u$$

$$0,90 (2051696,469) \geq 287806$$

$$170411494 \text{ N} \geq 287806 \text{ Kgf}$$

$$2800135,53 \text{ kgf} \geq 287806 \text{ Kgf (OK)}$$

4.2.6 Hasil Analisis Besarnya Gaya Geser Arah Y Pada Struktur Dermaga

Analisis perhitungan geser sesuai dengan SNI 2847-2013 dan SNI 2847-2002 kekuatan pelat lantai dan pile cap terhadap geser pos sehingga memenuhi syarat untuk dibangun. Hasil analisis terhadap gaya geser Y dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6: Hasil analisis terhadap gaya geser Y

Kombinasi	Gaya Geser (Kgf)
CASE IA	10536,14
CASE IB	54964,56
CASE IC	8780,14
CASE ID	8780,19
CASE II ^d A	6170,26
CASE II ^d B	53199,86
CASE II ^d C	998,77
CASE II ^d D	998,77
CASE IIIA	9041,46
CASE IIIB	54932,62
CASE IIIC	6595,31
CASE IIID	6595,36
CASE IVA	10552,48
CASE IVB	53976,31
CASE IVC	7787,53
CASE IVD	7787,58

Dari Tabel 4.6 gaya geser maksimum arah Y pada kombinasi Case 1B sebesar 54964,56 kgf.

- Cek kekuatan gaya geser:

$$V_n \geq V_u$$

Dimana:

$$V_n = V_c + V_s$$

$$\begin{aligned} V_c &= 0,17 \lambda \sqrt{f_c'} b_w \cdot D \\ &= 0,17 \times 1,0 \sqrt{35} (1000+700) (700+500) \\ &= 2051696,469 \text{ N} \end{aligned}$$

$$V_s = \frac{A_v \times F_{yt} \times d}{s}$$

$$\begin{aligned} A_v &= 0,062 \sqrt{f_c'} \frac{b_w \times s}{f_{yt}} \\ &= 0,062 \sqrt{35} \frac{(1000+700) \times 250}{235} \\ &= 663,356 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} s &= 380 \left(\frac{280}{f_s} \right) - 2,5 c_c \\ &= 380 \left(\frac{280}{\frac{2}{3} 235} \right) - 2,5 \cdot 250 \\ &= 54,149 \text{ mm} \end{aligned}$$

Sehingga nilai:

$$\begin{aligned} V_s &= \frac{A_v \times F_{yt} \times d}{s} \\ &= \frac{663,356 \times 235 \times (700+500)}{54,134} \\ &= 187066442,7 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_n &= V_c + V_s \\ &= 2051696,469 + 187066442,7 \\ &= 2051696,469 \text{ N} \end{aligned}$$

$$V_n \geq V_u$$

$$\begin{aligned} 0,90 (2051696,469) &\geq 54964,56 \\ 170411494 \text{ N} &\geq 254964,56 \text{ Kgf} \\ 2800135,53 \text{ kgf} &\geq 54964,56 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

- Cek geser pons terhadap plat

Diketahui data perhitungan sebagai berikut:

$$a = 500 \text{ mm}$$

$$b = 500 \text{ mm}$$

$$\text{tebal plat} = 350 \text{ mm}$$

$$b_0 = 2 \cdot (0,5 \cdot t) + a$$

$$= 850 \text{ mm}$$

$$d_0 = (2 \cdot (0,5 \cdot t) + b)$$

$$= 850 \text{ mm}$$

$$\beta = 1$$

$$U = 2 (b_0 + d_0)$$

$$= 3400 \text{ mm}$$

$$F_c' = 35 \text{ MPa}$$

$$\text{Beban P roda} = 410000 \text{ N}$$

Maka kekuatan geser ultimate plat

$$V_n = (1 + 2 / \beta) \cdot \left(\frac{\sqrt{f_c}}{6} \right) u \cdot d$$

$$= (1 + 2/1) \cdot \left(\frac{\sqrt{35}}{6} \right) 3400 \cdot 350$$

$$= 3520067 \text{ N}$$

$$V_c = \left(\frac{\sqrt{f_c}}{6} \right) \cdot U \cdot b$$

$$= \left(\frac{\sqrt{35}}{6} \right) \cdot 3400 \cdot 500$$

$$= 1173355,824 \text{ N}$$

$$V_c = 1173355,824 \text{ N} < V_n = 3520067,47 \text{ N (diambil nilai terkecil)}$$

$$V_u = 1,8 P$$

$$= 1,8 * 410000$$

$$= 738000 \text{ N}$$

Syarat:

$$0,6 V_c < V_u$$

$$704013 \text{ N} < 738000 \text{ N (syarat memenuhi).}$$

- Cek geser pons terhadap pile cap

Diketahui data – data perhitungan sebagai berikut:

- Diameter tiang pancang = 914 mm
- Tebal tiang = 20 mm
- P tiang (SAP2000) = 281399,9 kgf \approx 27595903 N
- $\Phi = 0,8$

Syarat:

$$\begin{aligned}
 &= (1+DLA).P.2 < 2.(a+b+2h)h . 1,6 . \sqrt{35} . \Phi \\
 &= (1 +0,4) (27595903 \times 2) < 2.(914+20+(2.1000)).1000.1,6. \sqrt{35} .0,8 \\
 &= 7726852,944 < 4435912 \text{ (memenuhi syarat)}
 \end{aligned}$$

4.3. Perhitungan Tulangan Pada Struktur Atas

Perhitungan tulangan berdasarkan Dasar-dasar perencanaan beton bertulang SKSNI T-15-1991-03. Perhitungan tulangan pada struktur atas meliputi tulangan plat, tulangan balok dan tulangan pilecap.

4.3.1 Perhitungan Penulangan Plat

Dari hasil perhitungan plat pada Bab 3 pasal 3.5.1.1 beban mati yang terletak pada plat dermaga sebesar 840 kg/m. Sedangkan beban hidup sebesar 3 Ton/m².

$$\begin{aligned}
 q &= 1,2 DD + 1,6 DL \\
 &= 1,2 (840) + 1,6 (3000) \\
 &= 5808 \text{ kg/m}^2 = 58,08 \text{ KN/m}^2
 \end{aligned}$$

Periksa jenis plat menurut ratio bentang terpanjang dan terpendek.

$$\frac{ly}{lx} = \frac{5}{5} = 1 < 2 \text{ (plat dua arah)}$$

Nilai – nilai momen yang menentukan :

- Bagian lapangan

$$\begin{aligned}
 M_x &= 0,001 . W_u . l_x^2 . x \\
 &= 0,001 . 58,08 . 5^2 . 25 \\
 &= 36,3 \text{ kN/m} \\
 M_y &= 0,001 . W_u . l_x^2 . x \\
 &= 0,001 . 58,08 . 5^2 . 25
 \end{aligned}$$

$$= 36,3 \text{ KN/m}$$

- Bagian tumpuan

$$\begin{aligned} M_{tx} &= 0,001 \cdot W_u \cdot l x^2 \cdot x \\ &= 0,001 \cdot 58,08 \cdot 5^2 \cdot 51 \\ &= 74,05 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{ty} &= 0,001 \cdot W_u \cdot l x^2 \cdot x \\ &= 0,001 \cdot 58,08 \cdot 5^2 \cdot 51 \\ &= 74,05 \text{ KN/m} \end{aligned}$$

Diketahui :

Dimensi plat	= 5000 mm x 5000 mm
Tebal plat	= 350 mm
Penutup beton	= 50 mm
Diameter tulangan	= D25mm
Mutu Tulangan	= BJTS 40
	$F_y = 390 \text{ MPa}$
	$F_u = 560 \text{ MPa}$
Mutu Beton (f_c')	= 35 MPa
M_u	= 36,3 kN/m = 36300000Nmm

• Perhitungan penulangan lapangan

$$M_u = 36,3 \text{ kN/m} = 36300000 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} M_R &= M_{n_{\text{perlu}}} = \frac{M_u}{\phi} \\ &= \frac{36300000}{0,8} = 4535000 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d &= h - \text{penutup beton} - \frac{1}{2} D \\ &= 350 - 50 - \frac{1}{2}(25) = 287,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} = \frac{390}{0,85 \cdot (35)} = 13,1$$

$$\begin{aligned} \beta_1 &= 0,85 - \left(\frac{0,05 \cdot (f_c' - 28)}{7} \right) \\ &= 0,85 - \left(\frac{0,05 \cdot (35 - 28)}{7} \right) = 0,80 \end{aligned}$$

$$\rho_b = \left(\frac{0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1}{390} \right) \cdot \frac{600}{600 + 390}$$

$$= \left(\frac{0,85 \cdot f'c \cdot \beta_1}{390} \right) \cdot \frac{600}{600+390} = 0,037$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \rho_b \\ &= 0,75 (0,037) = 0,0277 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = 0,0036$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_{\text{perlu}}}{b \cdot d^2} \\ &= \frac{4535000 \text{ Nmm}}{1000 \times 287,5^2 \text{ mm}} \\ &= 0,055 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{13,1} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot (13,1) \cdot 0,055}{390}} \right) \\ &= 0,00014 \end{aligned}$$

Cek nilai : $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$

$$0,0036 > 0,00014 < 0,0277 \text{ (diambil } \rho = 0,0036)$$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,0036 \cdot 1000 \cdot 287,5 \\ &= 1035 \text{ mm}^2. \end{aligned}$$

Maka dipakai tulangan D25 – 250 mm²

$$A_s \text{ used} = 1610 \text{ mm}^2 > 1035. \quad \text{mm}^2 \dots \text{ (ok)}$$

- Perhitungan penulangan Tumpuan

$$M_u = 74,05 \text{ kN/m} = 74050000 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} M_R &= M_{\text{perlu}} = \frac{M_u}{\phi} \\ &= \frac{74050000}{0,8} = 92562500 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d &= h - \text{penutup beton} - \frac{1}{2} D \\ &= 350 - 50 - \frac{1}{2}(25) = 287,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'c} = \frac{390}{0,85 \cdot (35)} = 13,1$$

$$\begin{aligned} \beta_1 &= 0,85 - \left(\frac{0,05 \cdot (f'c - 28)}{7} \right) \\ &= 0,85 - \left(\frac{0,05 \cdot (35 - 28)}{7} \right) = 0,80 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_b &= \left(\frac{0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1}{390}\right) \cdot \frac{600}{600+390} \\ &= \left(\frac{0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1}{390}\right) \cdot \frac{600}{600+390} = 0,037\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\max} &= 0,75 \rho_b \\ &= 0,75 (0,037) = 0,0277\end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = 0,0036$$

$$\begin{aligned}R_n &= \frac{M_{\text{perlu}}}{b \cdot d^2} \\ &= \frac{92562500 \text{ Nmm}}{1000 \times 287,5^2 \text{ mm}} \\ &= 1,119\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}}\right) \\ &= \frac{1}{13,1} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot (13,1) \cdot 1,119}{390}}\right) \\ &= 0,0029\end{aligned}$$

Cek nilai : $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$

$$0,0036 > 0,0029 < 0,0277 \text{ (diambil } \rho = 0,0036)$$

$$\begin{aligned}A_s &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,0036 \cdot 1000 \cdot 287,5 \\ &= 1035 \text{ mm}^2.\end{aligned}$$

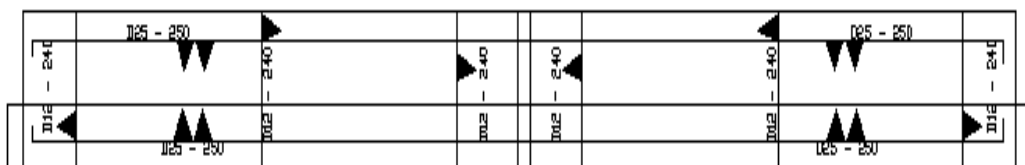
Maka dipakai tulangan D25 – 250 mm²

$$A_s \text{ used} = 1610 \text{ mm}^2 > 1035 \text{ mm}^2 \dots \text{ (ok)}$$

- Menghitung tulangan pembagi

$$A_s = \frac{0,18 \cdot b \cdot h}{100} = \frac{0,18 \cdot 1000 \cdot 350}{100} = 630 \text{ mm}^2$$

Berdasarkan tabel penulangan, maka tulangan pembagi yang digunakan adalah Ø12 – 240 ($A_s \text{ terpasang} = 654 \text{ mm}^2$)



Gambar 4.3: Tulangan plat tampak atas

4.3.2 Perhitungan Penulangan Balok

Berikut akan diuraikan cara perhitungan penulangan balok pada struktur dermaga yang terdiri dari penulangan lentur dan tulangan geser.

4.3.2.1 Penulangan Balok Induk

Diketahui :

- Lebar (b) = 700 mm
- Tinggi (h) = 1000 mm
- Mutu beton = $f_c' 35$
- Mutu baja BJTP40
 - Fy = 390 MPa
 - Fu = 560 MPa
- Diameter tulangan
 - Lentur = D 25
 - Geser = D 12
 - Web = D 25
- $\beta_1 = 0,85 - \left(\frac{0,05 \cdot (f_c' - 28)}{7}\right)$
 $= 0,85 - \left(\frac{0,05 \cdot (35 - 28)}{7}\right) = 0,80$
- Gaya dalam

Berikut output gaya dalam yang bekerja pada balok.

- a. Momen lapangan = 2874345840 N.mm
- b. Momen Tumpuan = 1996138960 N.mm
- c. Geser Lapangan = 1563833,9 N
- d. Geser Tumpuan = 1563833,9 N

- Penulangan lentur lapangan

$$M_u = 2874345840 \text{ N.mm}$$

$$d = h - \text{penutup beton} - \frac{1}{2} D - D - \text{Sengkang}$$
$$= 1000 - 50 - \frac{1}{2} (25) - 25 - 12 = 900,5 \text{ mm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} = \frac{390}{0,85 \cdot (35)} = 13,1$$

$$\begin{aligned}\rho_b &= \left(\frac{0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1}{390}\right) \cdot \frac{600}{600+390} \\ &= \left(\frac{0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1}{390}\right) \cdot \frac{600}{600+390} = 0,037\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\max} &= 0,75 \rho_b \\ &= 0,75 (0,037) = 0,0277\end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = 0,0036$$

$$\begin{aligned}R_n &= \frac{M_u}{b \cdot d^2} \\ &= \frac{2874345840 \text{ Nmm}}{1000 \times 900,5^2 \text{ mm}} \\ &= 3,544\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}}\right) \\ &= \frac{1}{13,1} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot (13,1) \cdot 3,544}{390}}\right) \\ &= 0,0097\end{aligned}$$

Cek nilai : $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$

$$0,0036 < 0,0097 < 0,0277 \text{ (diambil } \rho = 0,0036)$$

$$\begin{aligned}A_s &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,0097 \cdot 1000 \cdot 900,5 \\ &= 8734,85 \text{ mm}^2.\end{aligned}$$

Maka dipakai tulangan 18 D25

$$A_s \text{ used} = 8835 \text{ mm}^2 > 8734,85 \text{ mm}^2 \dots \text{ (ok)}$$

- Penulangan lentur tumpuan

$$M_u = 1996138960 \text{ N.mm}$$

$$\begin{aligned}d &= h - \text{penutup beton} - \frac{1}{2} D - D - \text{Sengkang} \\ &= 1000 - 50 - \frac{1}{2} (25) - 25 - 12 = 900,5 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} = \frac{390}{0,85 \cdot (35)} = 13,1$$

$$\begin{aligned}\rho_b &= \left(\frac{0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1}{390}\right) \cdot \frac{600}{600+390} \\ &= \left(\frac{0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1}{390}\right) \cdot \frac{600}{600+390} = 0,037\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\max} &= 0,75 \rho_b \\ &= 0,75 (0,037) = 0,0277\end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = 0,0036$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_u}{b \cdot d^2} \\ &= \frac{1996138960 \text{ Nmm}}{1000 \times 900,5^2 \text{ mm}} \\ &= 2,46 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{13,1} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot (13,1) \cdot 2,46}{390}} \right) \\ &= 0,0066 \end{aligned}$$

Cek nilai : $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$

$$0,0036 < 0,0066 < 0,0277 \text{ (diambil } \rho = 0,0066)$$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,0066 \cdot 1000 \cdot 900,5 \\ &= 5943,3 \text{ mm}^2. \end{aligned}$$

Maka dipakai tulangan 13 D25

$$A_{s \text{ used}} = 6381 \text{ mm}^2 > 5943,3 \text{ mm}^2 \dots \text{ (ok)}$$

- Penulangan geser

$$V_u = 1563833,9 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} d &= h - \text{penutup beton} - \frac{1}{2} D - D - \text{Sengkang} \\ &= 1000 - 50 - \frac{1}{2} (25) - 25 - 12 = 900,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$A_{vs} = \frac{b_w S}{3 \cdot f_y} = \frac{700 \times 250}{3 \times 390} = 149,573 \text{ mm}^2$$

Maka dipakai tulangan sengkang 2 kaki D12- 250

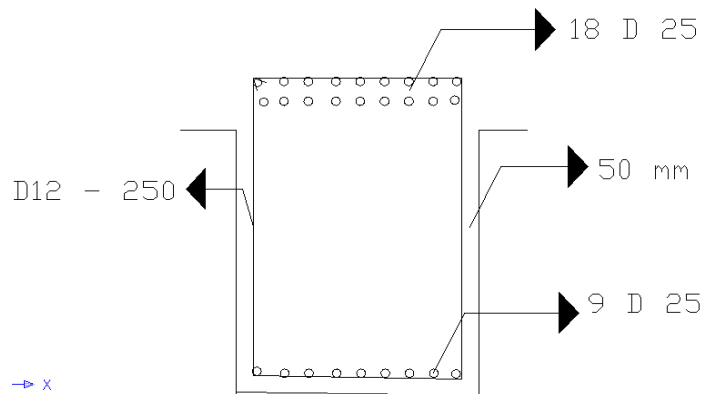
$$A_{v \text{ used}} = 265 \text{ mm}^2 > A_{v \text{ perlu}} = 149,573 \text{ mm}^2$$

Tabel 4.7: Rekapitulasi penulangan balok utama pada dermaga.

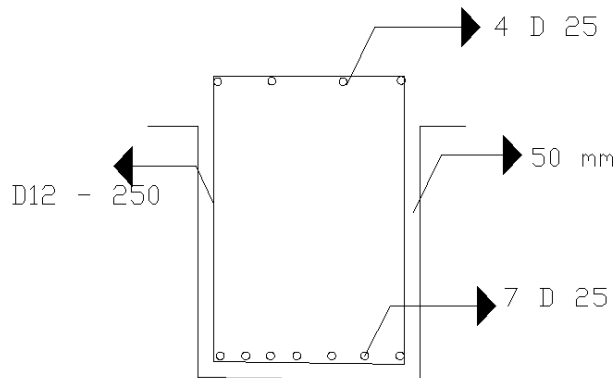
	Tulangan Tumpuan	Tulangan Lapangan
Dimensi (mm)	1000 x 700	1000 x 700

Tabel 4.7: *Lanjutan.*

	Tulangan Tumpuan	Tulangan Lapangan
Tulangan Atas	18D25	7D25
Tulangan bawah	9 D25	13D25
Sengkang	D12 -250	D12 -250
Selimit Beton (mm)	50	50



Gambar 4.4: Gambar tulangan lapangan pada balok utama.



Gambar 4.5: Gambar tulangan tumpuan pada balok utama.

4.3.3 Penulangan Balok Anak

Diketahui :

- Lebar (b) = 500 mm
- Tinggi (h) = 800 mm
- Mutu beton = $f_c' 35$
- Mutu baja

$$F_y = 390 \text{ MPa}$$

$$F_u = 560 \text{ MPa}$$

- Diameter tulangan

$$\text{Lentur} = D 25$$

$$\text{Geser} = D 12$$

$$\text{Web} = D 25$$

$$\begin{aligned} - \beta_1 &= 0,85 - \left(\frac{0,05 \cdot (f_c' - 28)}{7} \right) \\ &= 0,85 - \left(\frac{0,05 \cdot (35 - 28)}{7} \right) = 0,80 \end{aligned}$$

- Gaya dalam

Berikut output gaya dalam yang bekerja pada balok.

a. Momen lapangan = 878724487 N.mm

b. Momen Tumpuan = 605993609 N.mm

c. Geser Lapangan = 465221,633 N

d. Geser Tumpuan = 465221,633 N

• Penulangan lentur lapangan

$$M_u = 878724487 \text{ N.mm}$$

$$\begin{aligned} d &= h - \text{penutup beton} - \frac{1}{2} D - D - \text{Sengkang} \\ &= 800 - 50 - \frac{1}{2} (25) - 25 - 12 = 700,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} = \frac{390}{0,85 \cdot (35)} = 13,1$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \left(\frac{0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1}{390} \right) \cdot \frac{600}{600 + 390} \\ &= \left(\frac{0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1}{390} \right) \cdot \frac{600}{600 + 390} = 0,037 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \rho_b \\ &= 0,75 (0,037) = 0,0277 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = 0,0036$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_u}{b \cdot d^2} \\ &= \frac{878724487 \text{ Nmm}}{1000 \times 700,5^2 \text{ mm}} \\ &= 1,79 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{13,1} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot (13,1) \cdot 1,79}{390}} \right) \\ &= 0,0047\end{aligned}$$

Cek nilai : $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$

$$0,0036 < 0,0047 < 0,0277 \text{ (diambil } \rho = 0,0047)$$

$$\begin{aligned}A_s &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,0047 \cdot 1000 \cdot 700,5 \\ &= 3292,35 \text{ mm}^2.\end{aligned}$$

Maka dipakai tulangan 9 D25

$$A_s \text{ used} = 4417,86 \text{ mm}^2 > 3292,5 \text{ mm}^2 \dots \text{ (ok)}$$

- Penulangan lentur tumpuan

$$M_u = 605993609 \text{ N.mm}$$

$$\begin{aligned}d &= h - \text{penutup beton} - \frac{1}{2} D - D - \text{Sengkang} \\ &= 800 - 50 - \frac{1}{2} (25) - 25 - 12 = 700,5 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} = \frac{390}{0,85 \cdot (35)} = 13,1$$

$$\begin{aligned}\rho_b &= \left(\frac{0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1}{390} \right) \cdot \frac{600}{600 + 390} \\ &= \left(\frac{0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1}{390} \right) \cdot \frac{600}{600 + 390} = 0,037\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\max} &= 0,75 \rho_b \\ &= 0,75 (0,037) = 0,0277\end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = 0,0036$$

$$\begin{aligned}R_n &= \frac{M_u}{b \cdot d^2} \\ &= \frac{605993609 \text{ Nmm}}{1000 \times 700,5^2 \text{ mm}} \\ &= 1,23\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{13,1} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot (13,1) \cdot 1,23}{390}} \right) \\ &= 0,0032\end{aligned}$$

Cek nilai : $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$

$$0,0036 > 0,0032 < 0,0277 \text{ (diambil } \rho = 0,0036)$$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,0036 \cdot 1000 \cdot 700,5 \\ &= 2521,8 \text{ mm}^2. \end{aligned}$$

Maka dipakai tulangan 8 D25

$$A_{s \text{ used}} = 3926,99 \text{ mm}^2 > 2521,8 \text{ mm}^2 \dots \text{ (ok)}$$

- Penulangan geser lapangan

$$V_u = 465221,633 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} d &= h - \text{penutup beton} - \frac{1}{2} D - D - \text{Sengkang} \\ &= 800 - 50 - \frac{1}{2} (25) - 25 - 12 = 700,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

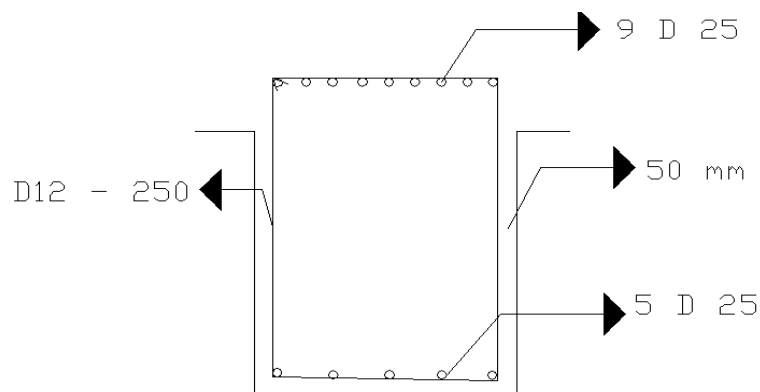
$$A_{vs} = \frac{bws}{3 \cdot f_y} = \frac{500 \times 250}{3 \times 390} = 106,837 \text{ mm}^2$$

Maka dipakai tulangan sengkang 2 kaki D12- 250

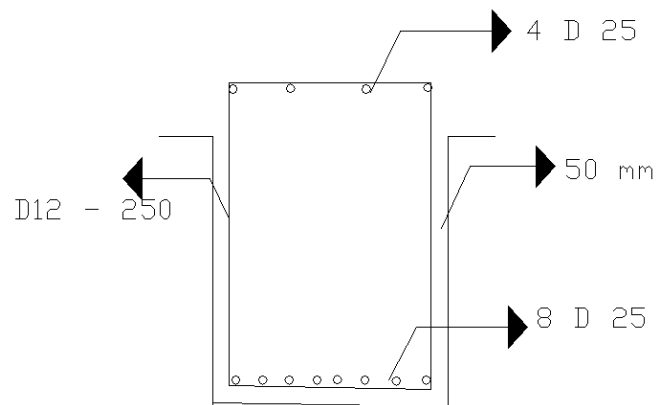
$$A_{v \text{ used}} = 265 \text{ mm}^2 > A_{v \text{ perlu}} = 106,837 \text{ mm}^2$$

Tabel 4.8: Rekapitulasi penulangan balok anak pada dermaga.

	Tulangan Tumpuan	Tulangan Lapangan
Dimensi (mm)	800 x 500	800 x 500
Tulangan Atas	9 D25	4D25
Tulangan bawah	5 D25	8 D25
Sengkang	D12 -250	D12 -250
Selimit Beton (mm)	50	50



Gambar 4.6: Gambar tulangan lapangan pada balok anak.



Gambar 4.7: Gambar tulangan lapangan pada balok anak.

4.3.4 Penulangan Pilecap

Diketahui :

- Dimensi pile cap = 1700 mm x 1700 mm
- Tebal pile cap = 1500 mm
- Penutup beton = 100 mm
- Diameter tulangan = D25 mm
- Mutu Tulangan = BJTS 40
 - Fy = 390 MPa
 - Fu = 560 MPa
- Mutu Beton (fc') = 35 MPa
- Mu = 5583415,8 Nmm (Sap2000)

- perhitungan penulangan Lx

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} = \frac{390}{0,85 \cdot (35)} = 13,1$$

$$\begin{aligned} \beta_1 &= 0,85 - \left(\frac{0,05 \cdot (f_c' - 28)}{7} \right) \\ &= 0,85 - \left(\frac{0,05 \cdot (35 - 28)}{7} \right) = 0,80 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \left(\frac{0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1}{390} \right) \cdot \frac{600}{600 + 390} \\ &= \left(\frac{0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1}{390} \right) \cdot \frac{600}{600 + 390} = 0,037 \end{aligned}$$

$$\rho_{\max} = 0,75 (0,037) = 0,0277$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = 0,0036$$

$$d = h - \text{decking} - \frac{1}{2} D$$

$$= 1500 - 100 - \frac{1}{2}(25) = 1387,5 \text{ mm}$$

$$\rho = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{\frac{1}{4} \pi D^2}{b \cdot d}$$

$$= \frac{\frac{1}{4} \pi 25^2}{1000 \cdot 1387,5}$$

$$= 0,00035$$

Cek nilai : $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$

$$0,0036 < 0,00035 < 0,0277 \text{ (diambil } \rho = 0,0036)$$

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d$$

$$= 0,0036 \cdot 1000 \cdot 1387,5$$

$$= 4995 \text{ mm}^2$$

Maka dipakai tulangan D25 – 80mm²

$$A_s \text{ used} = 4995 \text{ mm}^2 > 5031 \text{ mm}^2 \dots \text{ (ok)}$$

- perhitungan penulangan Ly

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} = \frac{390}{0,85 \cdot (35)} = 13,1$$

$$\beta_1 = 0,85 - \left(\frac{0,05 \cdot (f_c' - 28)}{7} \right)$$

$$= 0,85 - \left(\frac{0,05 \cdot (35 - 28)}{7} \right) = 0,80$$

$$\rho_b = \left(\frac{0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1}{390} \right) \cdot \frac{600}{600 + 390}$$

$$= \left(\frac{0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1}{390} \right) \cdot \frac{600}{600 + 390} = 0,037$$

$$\rho_{\max} = 0,75 (0,037) = 0,0277$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = 0,0036$$

$$d = h - \text{decking} - \frac{1}{2} D$$

$$= 1500 - 100 - \frac{1}{2}(25) = 1387,5 \text{ mm}$$

$$\rho = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{\frac{1}{4} \pi D^2}{b \cdot d}$$

$$= \frac{\frac{1}{4} \pi 25^2}{1000 \cdot 1387,5}$$

$$= 0,00035$$

Cek nilai : $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$

$$0,0036 < 0,00035 < 0,0277 \text{ (diambil } \rho = 0,0036)$$

$$\begin{aligned}
 A_s &= \rho \cdot b \cdot d \\
 &= 0,0036 \cdot 1000 \cdot 1387,5 \\
 &= 4995 \text{ mm}^2.
 \end{aligned}$$

Maka dipakai tulangan D25 – 80 mm²

$$A_s \text{ used} = 4995 \text{ mm}^2 > 5031 \text{ mm}^2 \dots (\text{ok})$$

- Menghitung tulangan sengkang

$$A_s = \frac{0,18 \cdot b \cdot h}{100} = \frac{0,18 \cdot 1000 \cdot 1700}{100} = 630 \text{ mm}^2$$

Berdasarkan tabel penulangan, maka tulangan pembagi yang digunakan adalah Ø12 – 240 ($A_s \text{ terpasang} = 654 \text{ mm}^2$)

Tabel 4.9: Rekapitulasi penulangan pile cap pada dermaga.

Dimensi (mm)			Penulangan Lx	Penulangan Ly
panjang	lebar	tinggi		
1700	1700	1500	D25-90	D25-90

4.4 Hasil Diagram interaksi

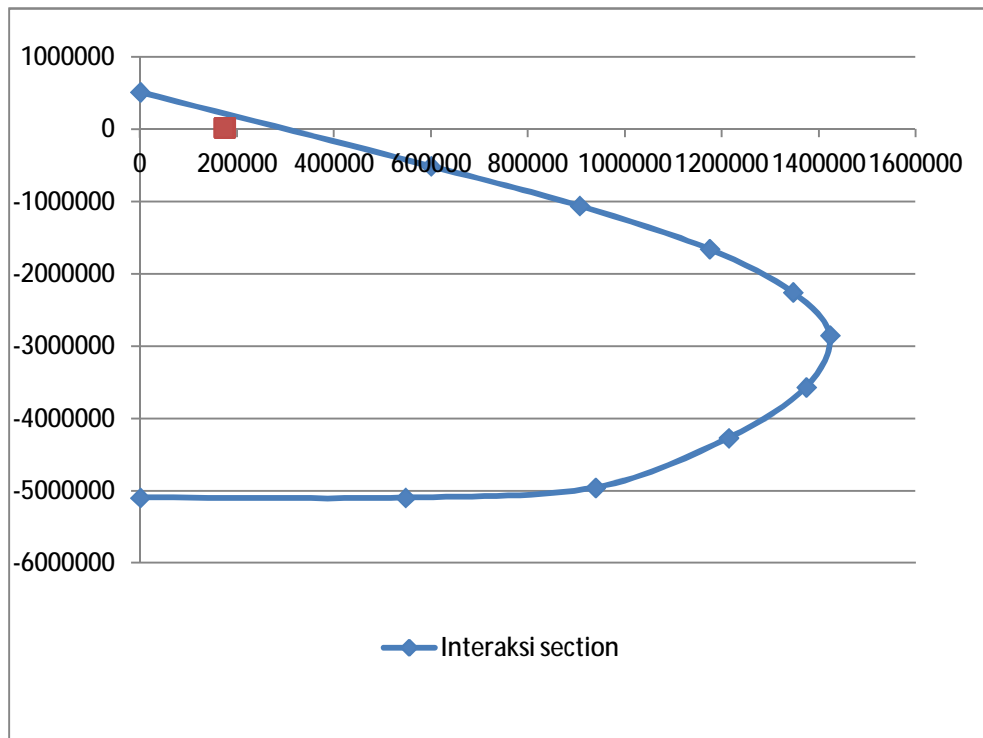
Diagram interaksi yang diinput dari SAP2000 merupakan hasil diagram dari pilecap . Dilihat pada Gambar 4. dan Tabel 4.10.

Tabel 4.10: Hasil output nilai diagram interaksi pada pilecap.

P (section)	M3 (section)	P (Pembebanan)	M3 (Pembebanan)
-5090535	0	25321,06	176053,76
-5090535	547507	25321,06	175010,88
-4951200	938981,1	25321,06	174902,22
-4264513	1213769	25321,06	174660,03
-3564476	1373729,6	25321,06	174529,87
-2847261,8	1422742,1	25321,06	173489,08
-2251620,6	1346462,1	24254,87	173410,25
-1653256,8	906424,2	24254,87	173351,46

Tabel 4.10: *Lanjutan.*

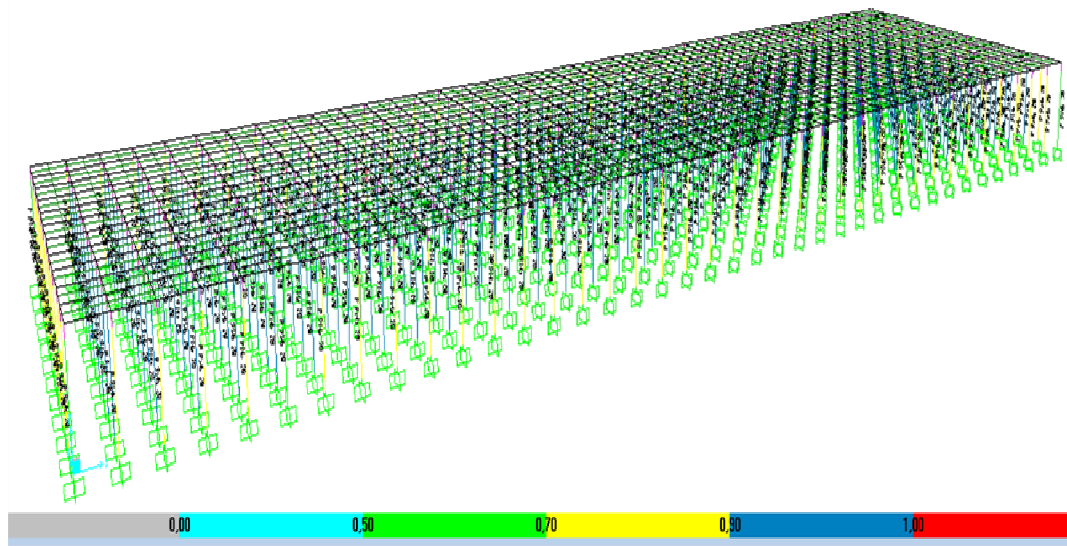
P (section)	M3 (section)	P (Pembebanan)	M3 (Pembebanan)
-1056190,2	906424,2	24254,87	172267,33
-507021,9	599408,9	24254,87	172263,89
314683,6	0	24254,87	172118,91



Gambar 4.8 Diagram interaksi pada pilecap.

4.5 Daya Dukung Tiang Pancang

Daya dukung tiang pancang didapat dari analisa output software SAP2000. Daya dukung tiang pancang merupakan kekuatan tiang pancang dalam memikul beban yang terjadi dari horizontal dan beban yang terjadi dari vertikal. Tiang pancang yang digunakan yaitu komposit. Hasil output dapat dilihat pada Gambar 4.9 dan Gambar 4.10.



Gambar 4.9: Hasil cek struktur pada tiang pancang.

File		Units Kgf, mm, C						
Frame : 5055	Design Sect: P 914x 20							
X Mid : 85000,000	Design Type: Column							
Y Mid : 0,000	Frame Type: Special Moment Frame							
Z Mid : 4500,000	Sect Class : Compact							
Length : 9000,000	Major Axis : 0,000 degrees counterClockwise from local 3							
Loc : 0,000	RLLF : 1,000							
Area : 56171,677	SMajor : 12285802,743	rMajor : 316,156	AUMajor: 28095,208					
IMajor : 5614611853,	SMInor : 12285802,743	rMInor : 316,156	AUMInor: 28095,208					
IMInor : 5614611853,	ZMajor : 15987386,667	E : 20394,324						
Ixy : 0,000	ZMInor : 15987386,667	Fy : 24,473						
STRESS CHECK FORCES & MOMENTS								
Location	Pu	Hu33	Hu22	Uu2	Uu3	Tu		
0,000	-387523,277	2066099,475	154981948,8	444,652	39030,446	-18498,725		
PMM DEMAND/CAPACITY RATIO								
Governing Equation (H1-Ta)	Total Ratio	P Ratio	MMajor Ratio	MMinor Ratio	Ratio Limit	Status Check		
	0,769	= 0,376	+ 0,005	+ 0,392	0,950	OK		
AXIAL FORCE DESIGN								
	Pu Force	phi*Pnc Capacity	phi*Pnt Capacity					
Axial	-387523,277	1029340,844	1237230,034					
MOMENT DESIGN								
	Hu Moment	phi*Hn Capacity	Cn Factor	B1 Factor	B2 Factor	K Factor	L Factor	Cb Factor
Major Moment	2106884,383	352136096,	1,000	1,029	1,000	1,550	1,000	1,000
Minor Moment	155414778,7	352136096,	1,000	1,029	1,000	1,753	1,000	
SHEAR DESIGN								
	Uu Force	phi*Un Capacity	Stress Ratio	Status Check	Tu Torsion			
Major Shear	444,652	371169,010	0,001	OK	0,000			
Minor Shear	39030,446	371169,010	0,105	OK	0,000			

Gambar 4.10: Hasil analisa output daya dukung tiang pancang.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari analisa perencanaan struktur atas dermaga *general cargo type pier* dengan kapasitas kapal yang bertambat 10.000 DWT, maka diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Dengan kapal rencana 10.000 DWT dan model dermaga *pier*, dimensi dan struktur dermaga ditetapkan :
 - Panjang dermaga = 190 m
 - Lebar dermaga = 55 m
 - Tinggi Apron = 4,40 m dari LWS
 - Kedalaman dermaga = 10 m
 - Plat dermaga = 5000 mm x 5000 mm
 - Tebal plat = 35 cm
 - Balok utama = 1000 mm x 700 mm
 - Balok anak = 800 mm x 500 mm
 - Pile Cap = 1700 mm x 1700 mm x 1500 mm
 - Tiang pancang = *Steel pipe pile D914-D20*.
2. *Displacement* maksimum yang terjadi pada struktur dan disebabkan oleh gaya-gaya yang terjadi sebesar 0,01113 m, nilai *displacement* pada tiang pancang sebesar 0,02046 m yang dipengaruhi oleh beban gempa dan nilai *displacement* yang didapat memenuhi syarat ijin ketentuan. Dimana nilai *displacement* yang ditentukan yaitu $L/240 = 5/240 = 0,021$ m. Hal ini didefenisikan bahwa struktur dermaga aman digunakan.

5.2 Saran.

1. Dalam perencanaan tata letak dermaga, harus memperhatikan kondisi kolam putar kapal, sehingga kapal dapat berputar saat kembali ke laut.
2. Dalam perencanaan dermaga sebaiknya menggunakan data tanah yang akurat sesuai dengan lokasi yang direncanakan.

3. Pada tugas akhir ini, analisa beban struktur gempa hanya menggunakan analisis Respons spektrum. Penulis menyarankan agar dilakukan peninjauan lebih dalam lagi menggunakan analisis lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Bakri. (2016) *Pelabuhan Malahayati Layani Peti Kemas. Aceh Tribun News, 6 agustus 2016.*
- Badan Meteorologi Dan Klimatologi (2018). *Prakiraan Cuaca Pelabuhan Malahayati.* (BMKG).
- Badan Standarisasi Nasional (2005) *Standart Pembebanan Untuk Jembatan.* (RSNI T-02-2005). Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional (2013) *Standart Perancangan Jembatan Terhadap Beban Gempa.* (SNI 2833-2013). Jakarta: Badan Standarisasi Nasional
- Badan Standarisasi Nasional (2014) *Perencanaan Struktur Jembatan Beton.* (RSNI T-12-2014). Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional (2016) *Pembebanan untuk jembatan.* (SNI 1725-2016). Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional (2013) *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung.* (SNI 2847-2013). Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Bridgestone, Marine Fender Design Manual.*
- Directorat General of Sea Communication.* (1984) *Standart Design Criteria for Port In Indonesia.*
- Fakhry, A. (2016) *Perencanaan Detail Struktur Dermaga Tuks PT.Petrokimia Gresik.* Jurnal Ilmiah Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
- Hanif, Muhammad Al-Bahsyar. (2016) *Perencanaan Struktur Dermaga General Cargo Pelabuhan Awerange, Kab. Baru Sulawesi Selatan Kapasitas 15.000 DWT.* Tugas Akhir Fakultas Teknik Dan Perencanaan Institute Teknologi Sepuluh November.
- Harnianto, D., dan Setyorini. (2006) *Perencanaan Dermaga Peti Kemas Di Pelabuhan Trisakti Banjarmasin.* Tugas Akhir Fakultas Teknik Sipil Universitas Diponegoro.
- Kassimali, A. (1999) *Structural Analysis.*
- Kusuma, G. (1994) *Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang.* (SKSNI T-15-1991-03) Jakarta: Erlangga
- Muzammil, A. (2011) *Analisis Sedimen Pada Kolam Labuh Pelabuhan Malahayati, Banda Aceh.* Universitas Abulyatama.

Nur Yunita Cahyuni. (2012) *Modifikasi Struktur Dermaga Samudra 16.000GT Pelabuhan Pulang Pisau Dengan Metode Beton Pracetak*. Thesis Fakultas Teknik Institute Teknologi Sepuluh November.

PCI Design Handbook Precast and Prestress 6th Edition. Chikago: PCI Industry Handbook Committe.

Port Of Long Beach Wharf Design Criteria v 4.

Sitepu, S.R., Satriadi, A., dan Saputro, S. (2017) *Studi Sebaran Sedimen Dasar Di Teluk Krueng Raya Dan Sekitarnya*, Jurnal Oseanografi Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Diponegoro.

Triadmodjo, B. (2009) *Perencanaan Pelabuhan*. Jogjakarta.

LAMPIRAN

Tabel L.1: Kombinasi dan Pembebanan maksimum untuk Element force.

Kombinasi	P (Kgf)	V2 (Kgf)	V3 (Kgf)	T (Kgf-M)	M2 (Kgf-M)	M3 (Kgf-M)
Arus	153,08	314,71	357,25	107,81	699,17	546,98
Bentur	1701,41	1213,46	569,47	205,2	2626,5	3439,05
B.Mati Tambahan	9905,14	13646,83	463,58	341,79	22910,98	12814,3
Angin X	288,84	36,17	203,4	23,35	104,3	161,05
Angin Y	288,84	36,17	203,4	23,35	104,3	161,05
Crane	6375,4	13206,15	163,11	118,98	5140,8	5970,69
B.Hidup Tmabat	106888,3	123131,7	4641,03	4217,09	3443,61	142463,8
Dead	9759,45	13645,97	460,71	343,09	22912,75	12618,65
Gelombang	13515,93	2897,92	136,52	147,05	3569,42	3920,65
Gempa Y	111936,4	46353,71	33166,3	4478,15	153836,3	97496,96
Gempa X	94580,38	42306,97	3606,68	10785,14	22693,73	147472,2
Case 1a	280321,1	234391,4	10536,14	20535,72	386260,56	285981,58
Case 1b	225386,8	287806	54964,56	14636,03	606737,28	289292,16
Case 1c	202391,4	232877,5	8780,14	7468,78	381254,43	261295,24
Case 1d	202390,6	232877,8	8780,19	7470,99	381257,63	261295,56
Case 2a	164341,7	84052,63	6170,26	17263,49	56134,12	236156,98
Case 2b	182791,3	84052,63	53199,86	53199,86	56134,12	142626,04
Case 2c	17711,51	24587,49	998,77	616,17	41119,22	22844,7
Case 2d	17703,99	24587,77	998,77	616,27	41122,42	22845,39
Case 3a	238274,4	174389,4	9041,46	18849,19	260365,62	245150,69
Case 3b	195845,8	220143,4	54932,62	12222,64	483612,13	203130,48
Case 3c	135433,5	158604,5	6595,31	12222,64	255359,49	175100,77
Case 3d	135424,7	158604,5	6595,36	5061,93	255362,69	175101,1
Case 4a	280296,7	158604,7	10552,48	20537	391301,33	286033,79
Case 4b	225073,6	233286,3	53976,31	14466,98	611741,31	288657,59
Case 4c	202079,5	231772,3	7787,53	7302,84	386295,19	260662,84

Tabel L.1: *Lanjutan.*

Kombinasi	P (Kgf)	V2 (Kgf)	V3 (Kgf)	T (Kgf-M)	M2 (Kgf-M)	M3 (Kgf-M)
Case 4d	202078,7	231772,6	7787,58	7302,94	386298,39	260663,16
Env.Case 1a	3724706	683925,3	81339,45	38238,66	1748242,2	1074240,55
Env.Case 2a	204603,6	165679,2	53759,14	18181,54	395479,35	239252,39
Env.Case 3a	565456,3	683925,3	72457,52	29833,36	1244662,5	1244662,47
Env.Case 4a	832033	976485,6	77387,88	37562,45	1768405,3	1071702,27
Envelope	280321,1	976485,6	54964,56	20537	611741,31	289292,16

Perhitungan periode fundamental (Tm)

Diketahui:

$$W_t = 281399,9 \text{ kgf} \approx 27595,9 \text{ KN}$$

$$L = 5 \text{ m}$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$V_s = 0,00589 \text{ m}$$

$$P = 3 \text{ t/m} \approx 29,42 \text{ KN/m}$$

Dimana:

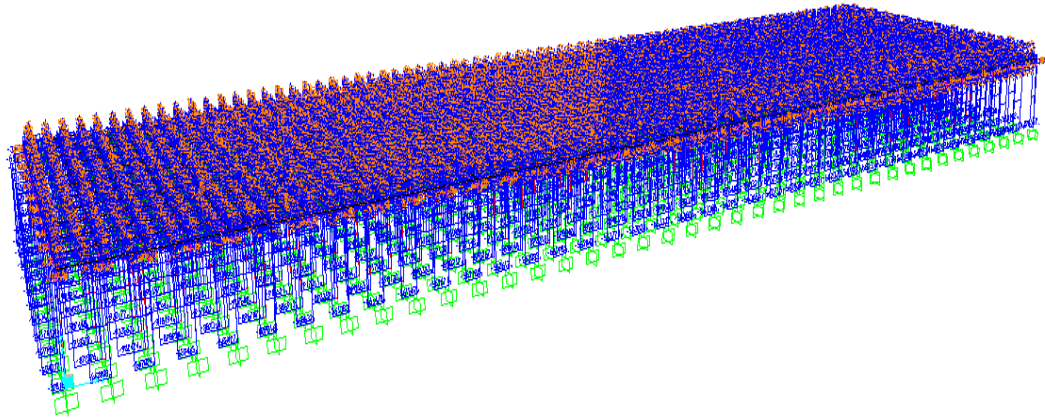
$$K = \frac{P \cdot L}{V_s \max} = \frac{29,42 \times 5}{0,00589} = 24974,53$$

Maka :

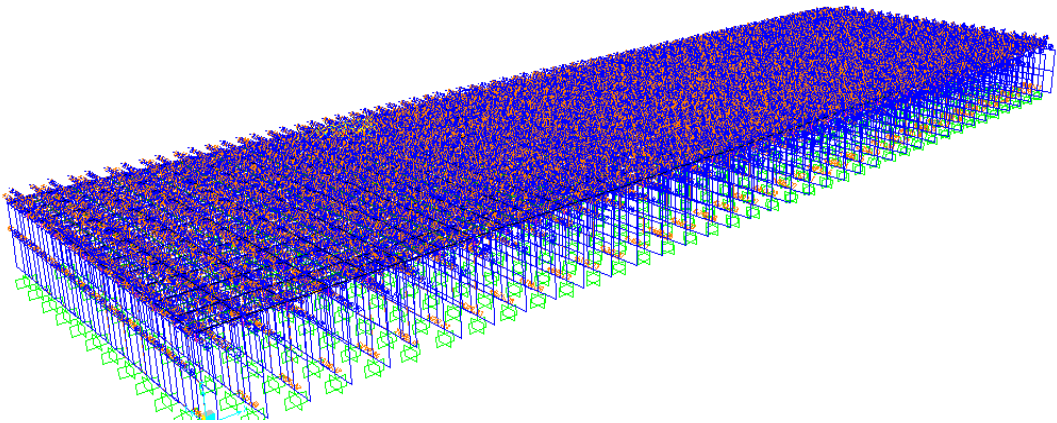
$$\begin{aligned} T_m &= 2\pi \sqrt{\frac{W}{g \cdot K}} \\ &= 2\pi \sqrt{\frac{27595,9}{9,81 \times 24972,53}} \\ &= 2,109 \text{ s} \end{aligned}$$

Tabel L.2 : Tabel maksimum kombinasi dan pembebanan untuk displacement joint.

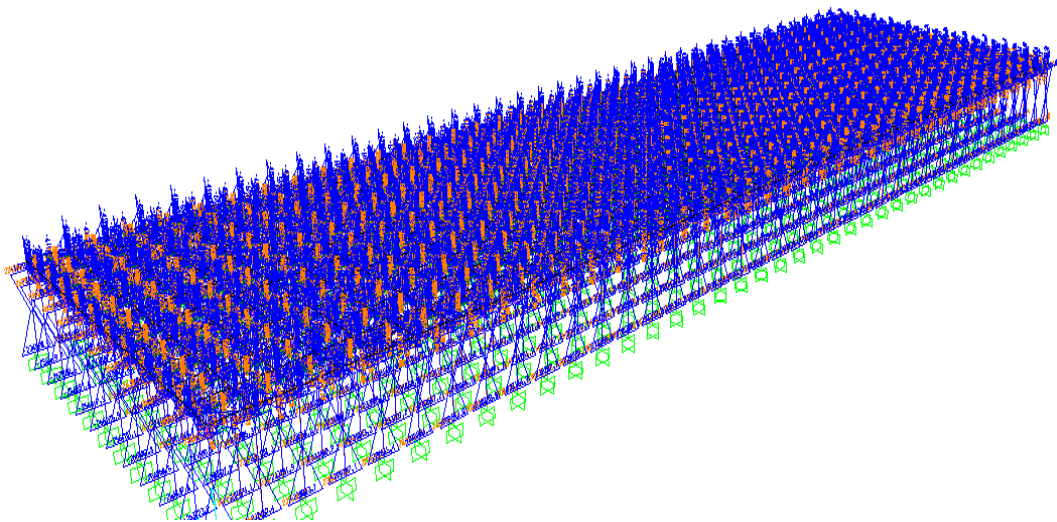
Pembebanan dan kombinasi	U1 (m)	U2 (m)	U3 (m)
Angin X	0,00002	3,829E-07	6,788E-07
Angin Y	0,00002	3,829E-07	6,788E-07
Arus	0,00000799	0,000019	0,000002688
Bentur	0,000024	0,000369	0,000022
Tambat	0,000008799	0,000496	0,000496
Gelombang	0,000072	0,000007551	0,000146
Gempa X	0,019599	0,000519	0,000411
Gempa Y	0,000423	0,02046	0,001257
Crane	0,000019	0,000015	0,000005521
B.Hidup	0,000551	0,000769	0,005891
B. Mati			
Tambahan	0,000053	0,000649	0,000649
Modal	0,001168	0,001052	0,000041
CASE 1A	0,011131	0,000562	0,031756
CASE 1B	0,011059	0,032028	0,001479
CASE 1C	0,011031	0,001431	0,001023
CASE 1D	0,011031	0,001431	0,001013
CASE2A	0,001267	0,000745	0,031402
CASE 2B	0,00253	0,032663	0,000715
CASE 2C	0,001167	0,000137	0,000108
CASE 2D	0,001167	0,000137	0,000098
CASE 3A	0,007578	0,007578	0,031632
CASE 3B	0,007529	0,033901	0,001143
CASE 3C	0,007479	0,00142	0,000687
CASE 3D	0,007479	0,00142	0,000677
CASE 4A	0,01113	0,001453	0,031776
CASE 4B	0,011059	0,001453	0,001476
CASE 4C	0,011031	0,000758	0,001476
CASE 4D	0,011031	0,000758	0,00101
ENVELOPE	0,011131	0,032729	0,031776



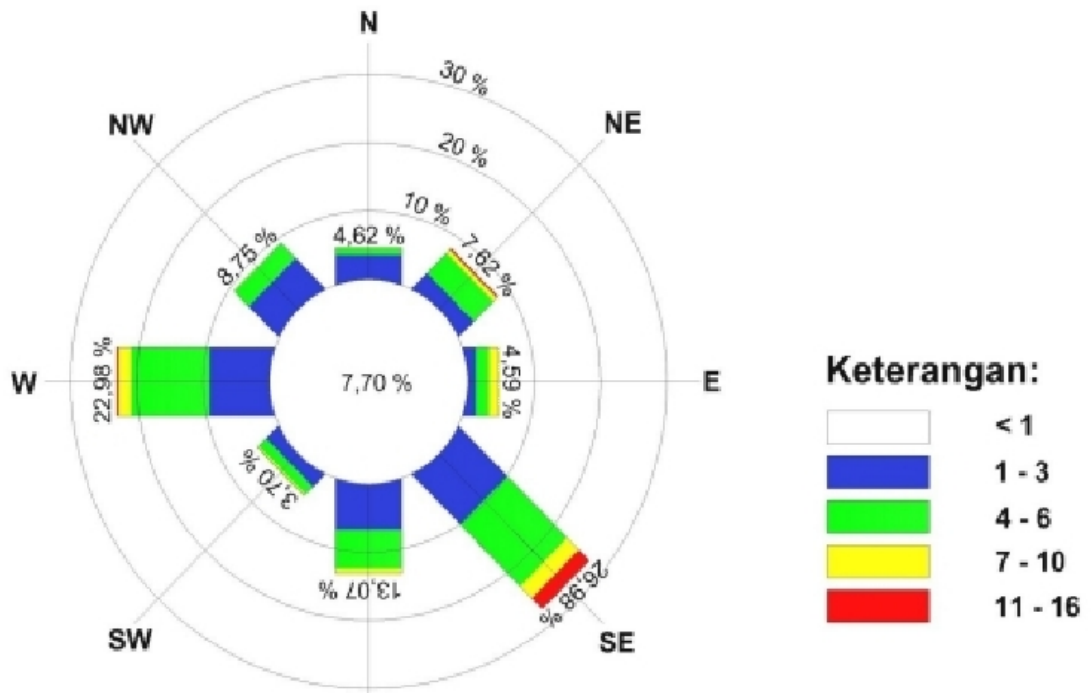
Gambar L.1: Axial force pada Envelope.



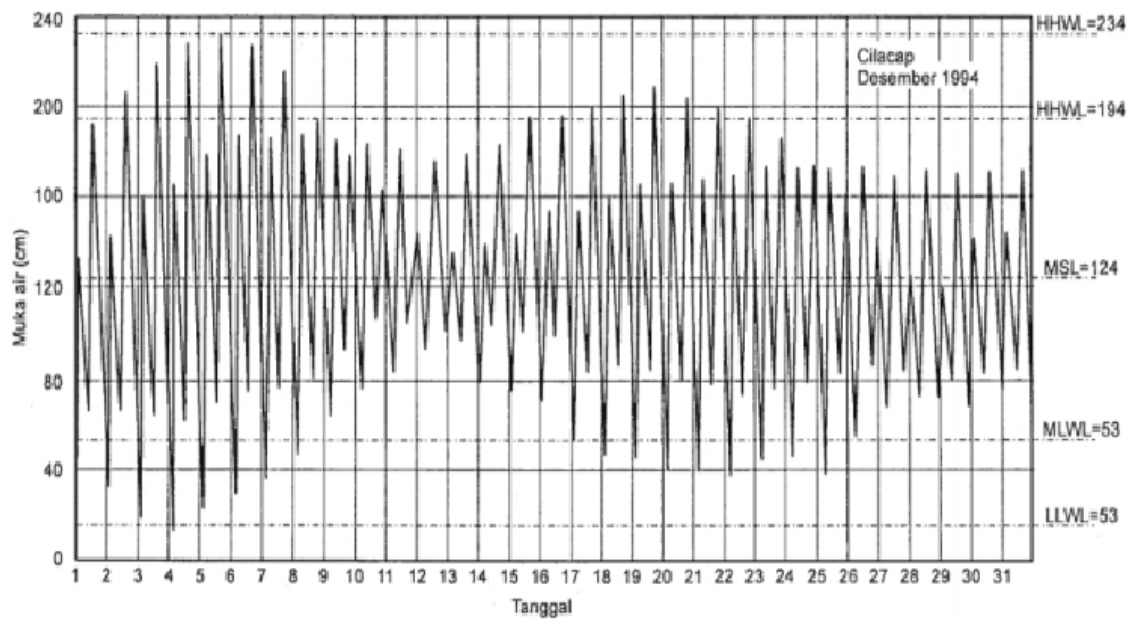
Gambar L.2: Shear force 3-3 pada Envelope.



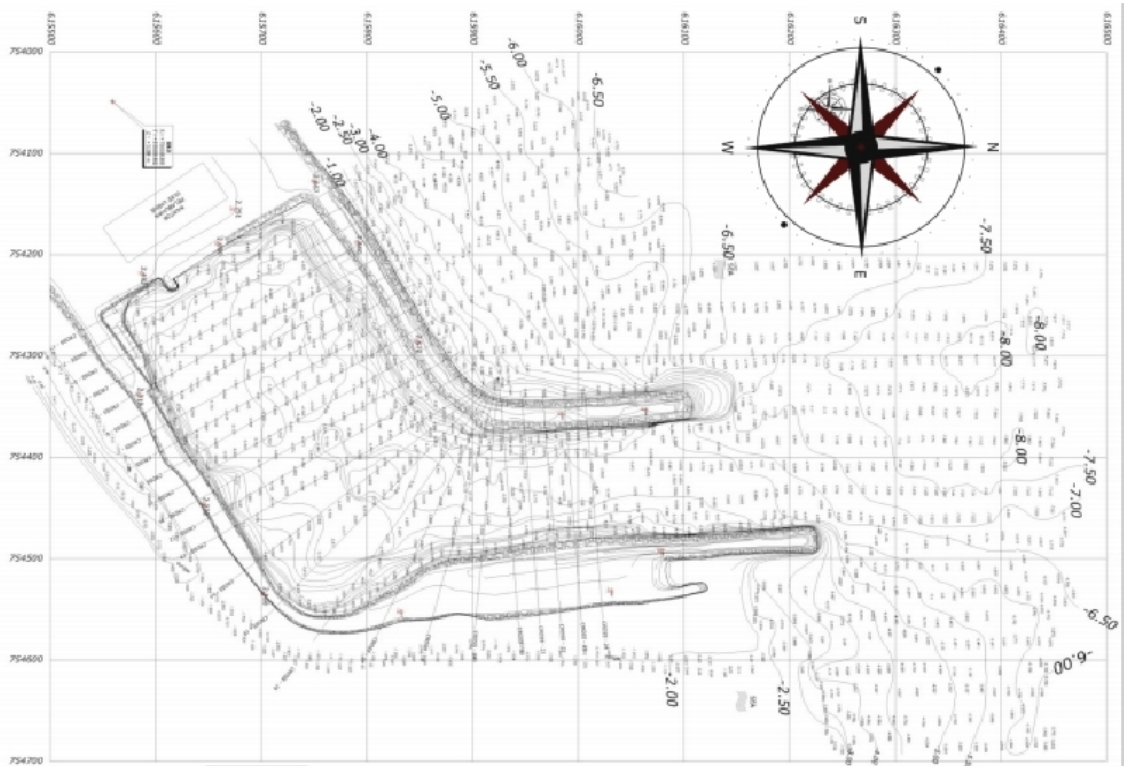
Gambar L.3: Moment force 3-3 pada Envelope.



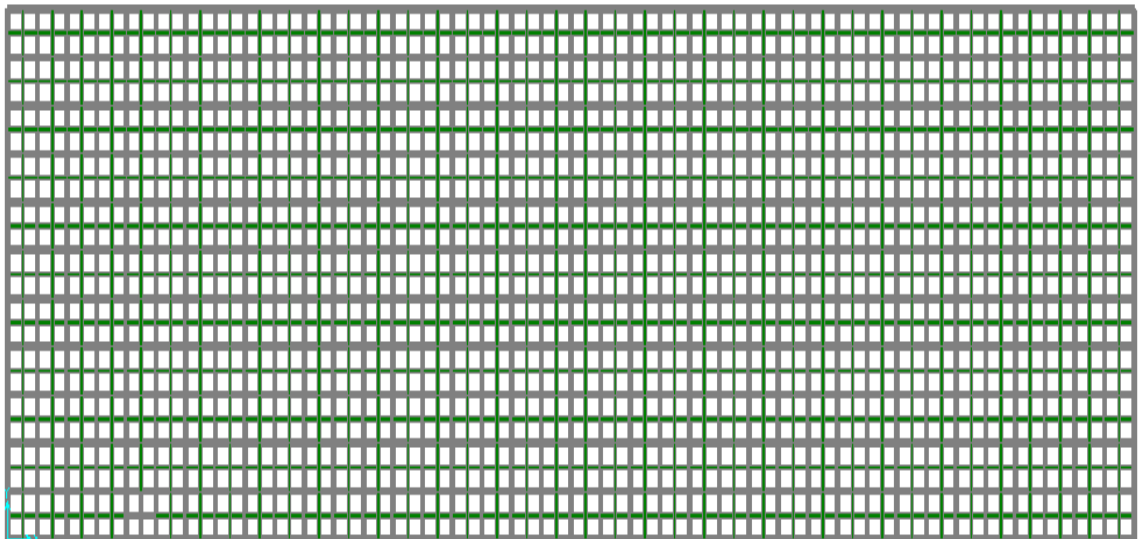
Gambar L.4: Data Angin Pelabuhan Malahayati.



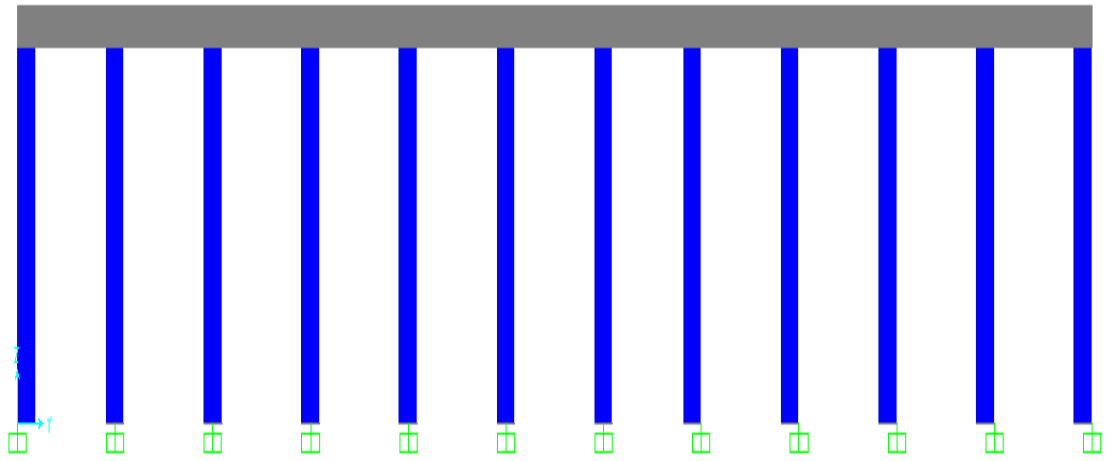
Gambar L.5 : Data Pasang Surut Pelabuhan Malahayati.



Gambar L.6 : Peta Bathimetri Pelabuhan Malahayati.



Gambar L.7: Tampak atas dermaga.



Gambar L.8: Tampak samping dermaga.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA DIRI PESERTA

Nama Lengkap : Hanifah Zahra
Panggilan : Hanifah/ Zahra
Tempat, Tanggal Lahir : Medan, 29 Maret 1997
Jenis Kelamin : Perempuan
Alamat : Jl.Pasar V tembung Komp.padi No.20, Kec.Percut Sei Tuan, Kab. Deli Serdang
Agama : Islam
Nama Orang Tua
Ayah : Alm.H.Nyak Jad,SH
Ibu : HJ.Dra. Ida Syafriani
No.HP : 082165823312
E-Mail : Zhanifah73@gmail.com

RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Pokok Mahasiswa : 1407210134
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Alamat Perguruan Tinggi : Jl. Kapten Mughtar Basri BA. No. 3 Medan 20238

No	Tingkat Pendidikan	Nama dan Tempat	Tahun Kelulusan
1	SD	SD SWASTA AN-NIZAM	2008
2	SMP	SMP SWASTA AN-NIZAM	2011
3	SMA	SMAN 8 MEDAN	2014
4	Melanjutkan kuliah di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Tahun 2014 sampai selesai.		