

TUGAS AKHIR

PEMODELAN FEM UNTUK BOLLARD PADA DERMAGA C PELABUHAN DUMAI DENGAN MEMAKAI SOFTWARE SOLIDWORKS

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

Disusun Oleh:

ABDUR ROZAK
1707210131



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2021**

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Abdur Rozak

NPM : 1707210131

Program Studi : Teknik Sipil

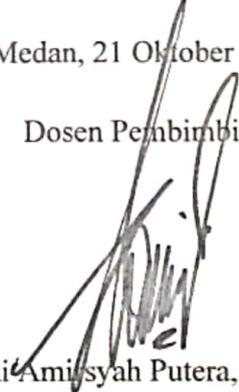
Judul Skripsi : Pemodelan FEM Untuk Bollard Pada Dermaga C
Pelabuhan Dumai Dengan Memakai *Software* Solidworks

DISETUJUI UNTUK DISAMPAIKAN KEPADA

PANITIA UJIAN SKRIPSI

Medan, 21 Oktober 2021

Dosen Pembimbing


Tondi Amisyah Putera, ST., M.T

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Abdur Rozak

NPM : 1707210131

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Pemodelan FEM Untuk Bollard Pada Dermaga C
Pelabuhan Dumai Dengan Memakai *Software* Solidworks

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, 21 Oktober 2021

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing

Tondi Amirsyah Putera, ST., M.T

Dosen Pembanding I


Dr. Ade Faisal, S.T, M.Sc

Dosen Penguji II


Assoc. Prof. Dr. Fahrizal Z., M.Sc

Ketua Prodi Teknik Sipil


Assoc. Prof. Dr. Fahrizal Z., M.Sc

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Abdur Rozak
Tempat/Tanggal Lahir : Medan/ 20 Desember 1999
NPM : 1707210131
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil

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

“Pemodelan FEM Untuk Bollard Pada Dermaga C Pelabuhan Dumai Dengan Memakai *Software* Solidworks”.

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 orisinil dan otentik.

Bila kemudian hari diduga ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia di proses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kerjasama 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, 21 Oktober 2021
Saya yang menyatakan,



Abdur Rozak

ABSTRAK

PEMODELAN FEM UNTUK BOLLARD PADA DERMAGA C PELABUHAN DUMAI DENGAN MEMAKAI SOFTWARE SOLIDWORKS

Abdur Rozak

1707210131

Tondi Amirsyah Putera S.T, M.T

Bollard merupakan salah satu fasilitas di dermaga sebagai tempat bertambatnya sebuah kapal, Selain itu juga berfungsi untuk mengarahkan kapal merapat ke dermaga. *Bollard* ditanamkan pada dermaga dan harus mampu menahan gaya tarikan kapal. Gaya tarikan kapal dikarenakan gaya akibat angin dan gaya akibat arus. Desain pada *bollard* harus mempertimbangkan ukuran dan material yang digunakan serta perhitungan yang akurat, agar *bollard* mampu menahan beban yang diberikan kapal. Kapal yang bertambat ialah jenis kapal curah kering dengan beban maksimum kapal yaitu 50.000 DWT. Pada studi kasus ini *bollard* di desain dengan tiga pemodelan, yaitu *bollard* tipe harbour, *bollard* tipe bitt, *bollard* tipe tee. dengan menggunakan material *Cast Steel JIS 5101*. Ketiga model tersebut diberikan gaya (*Force*) sebesar 82,8 Ton. Analisis yang dilakukan untuk mendapatkan nilai tegangan, *displacement*, faktor keamanan. Analisis ini menggunakan bantuan *software* Solidwork. Dari hasil analisis yang dilakukan tegangan maksimum yang didapatkan dari ketiga *bollard* masih berada dibawah nilai *Yield strength*. Maka dari itu *bollard* tidak mengalami deformasi plastis. Untuk nilai tegangan maksimum pada tipe *bollard* Harbour yaitu 183,673 N/mm², sedangkan untuk tipe Bitt 188,048 N/mm² dan tipe Tee 176,618 N/mm². Nilai *displacement* maksimum yang didapatkan sebesar 1,335 mm pada tipe Harbour, tipe bitt sebesar 0,864 mm, dan pada tipe Tee 0,663 mm. Pada faktor kewanan dari ketiga model *bollard* dinyatakan layak digunakan. Dikarenakan hasil tersebut berada diatas nilai satu (>1). Jika dibawah dari satu (≤1) maka pemodelan tersebut tidak dapat digunakan. Pada nilai faktor keamanan didapatkan tipe *bollard* Harbour sebesar 1,225. Sedangkan pada tipe Bitt sebesar 1,197, dan pada tipe Tee *bollard* sebesar 1,274.

Kata kunci: *bollard*, tegangan, *displacement*, Faktor keamanan.

ABSTRACT

FEM MODELING OF BOLLARD AT C PIER ON DUMAI PORT USING SOLIDWORKS

Abdur Rozak

1707210131

Tondi Amirsyah Putera, S.T, M.T

Bollard is a facilities of the pier as a place for a vessel to be moored and also to direct the vessel to the pier. The bollard is embedded in the pier and must be able to withstand the tensile strength which occurs by mooring vessels. Tensile stress is caused by the force due to the wind and the water current. The design of bollard must be consider the dimension and material used as well as accurate calculations, so bollard is able to withstand the load given by the vessel. The moored vessel is a dry bulk vessel with 50,000 DWT of maximum vessel load . In this study, the bollard is designed with three models which harbor bollard, bitt bollard, and tee bollard with material used is JIS 5101 Cast Steel. All models are given 82.8 tons of force and the analysis is carried out to obtain the value of stress, displacement, and factor of safety using solidwork. The analysis obtained the maximum stress from the bollard models that it value is must be below the Yield strength so plastic deformation will not occurs on bollards. Maximum stress value of harbour bollard is 183, 673 N/mm², for Bitt bollard is 188,048 N/mm², and for tee is 176,618 N/mm². the displacement values are 1,335 mm for harbour bollard, 0,864 mm for bitt bollard and 0,663 mm for tee bollard. The safety factor of the three bollard models is declared feasible to use considering that the results value are above one (> 1), otherwise if the result is below one (≤ 1) then the model cannot be used. Safety factor values for harbour is 1,225, 1,197 for bitt bollard and 1,274 for tee bollard.

Keywords: bollard, stress, displacement, factor of safety

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Puji syukur kita panjatkan atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan kita rahmat, karunia, dan hidaya-Nya dan tidak lupa shalawat berangkaian salam kita limpahkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW. Karena-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Pemodelan FEM Untuk *Bollard* Pada Dermaga C Pelabuhan Dumai Dengan Memakai *Software Solidworks*”.

Dimana Tugas Akhir merupakan salah satu mata kuliah wajib yang dilaksanakan oleh Mahasiswa/i Teknik sipil untuk memnuhi syarat dalam memperolehnya gelar sarjana Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Dalam penulisan laporan dan penyelesaian tugas akhir ini, penulis mendapatkan dukungan, bimbingan serta pengalaman yang berharga. Penulis ingin mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada pihak yang banyak berkontribusi, terutama kepada:

1. Kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayahnya kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Tondi Amirnya Putera, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak memberikan bimbingan, motivasi, saran untuk menyelesaikan tugas akhir penulis.
3. Bapak Dr. Ade Faisal selaku Dosen Pembanding I yang telah banyak memberikan koreksi dan masukkan kepada penulis dalam proses penyelesaian tugas akhir ini.
4. Bapak Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T., MSc selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, sekaligus Dosen Pembanding II yang telah banyak memberikan koreksi dan masukkan kepada penulis dalam proses penyelesaian tugas akhir ini.

5. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Ibu Rizki Efrida, S.T., M.T selaku sekretaris Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu ketekniksipilann kepada penulis.
8. Kepada kedua orang tua tercinta Bapak Bintang Lazuardi, S.H dan Ibu Dra. Emi Khairani yang telah memberikan kasih sayang, motivasi, dan memberikan nasihat kepada penulis sehingga penulis mampu menyelesaikan tugas akhir ini.
9. Terimakasih sahabat terkasih Penulis Namira Romaito Siregar yang telah memberikan dukungan, saran dan motivasi selama penulisan Tugas Akhir.
10. Sahabat-sahabat penulis: Mhd. Tondi Alfarizi Siregar, Fenollete Sitanggung, Bagus Setiawan, Mohammad Alfiansyah, Nurul Wahidah Siregar, Rahma Nur Afifa, Muhammad Ihsan, Septa Pranata Tarigan, Rahmadsyah Henry, Muhammad Ihsan sahrin, Ichsannudin Munir Lubis Serta rekan – rekan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Stambuk 2017 yang tidak dapat disebut satu per satu.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini jauh dari kata sempurna, sehingga penulis mengharapakan kritikan dan saran yang dapat membangun Tugas Akhir ini yang dapat menjadi referensi penelitian lainnya.

Akhir kata, penulis berharap Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi para pembaca dan juga penulis.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Medan, Oktober 2021

Penulis

Abdur Rozak

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR NOTASI	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Ruang Lingkup Penelitian	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Pembahasan	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Pelabuhan	5
2.1.1 Fungsi Pelabuhan	6
2.1.2 Macam Pelabuhan	6
2.2 Dermaga	13
2.2.1 Gaya – Gaya Yang bekerja Pada Dermaga	15
2.3 Kapal	19
2.3.1. Karakteristik Kapal	20
2.3.2 Gaya Tarik Kapal	22
2.4 <i>Bollard</i>	22
2.4.1 Pengertian <i>Bollard</i>	22
2.4.2 Jenis – Jenis <i>Bollard</i>	24
2.4.3 Pelampung Penambat (<i>mooring buoy</i>)	24
	viii

BAB 3 METODE PENELITIAN	32
3.1 Diagram Alir Penelitian	32
3.2 Studi Literatur	33
3.3 Pengumpulan Data	33
3.3.1 Data Kapal	33
3.3.2 Data Arus	34
3.3.3 Data Angin	34
3.4 Analisa Data: Gaya – Gaya yang bekerja	34
3.5 Pemodelan <i>Bollard</i>	34
3.5.1 Pemodelan <i>Bollard</i> Tipe Harbour	35
3.5.2 Pemodelan <i>Bollard</i> tipe Bitt	36
3.5.3 Pemodelan <i>Bollard</i> Tipe Tee	37
3.6 <i>Input</i> Pemodelan	39
3.7 Fixtures Advisor	40
3.7.1 <i>Bollard</i> tipe Harbour	40
3.7.2 <i>Bollard</i> tipe Bitt	40
3.7.3 <i>Bollard</i> tipe Tee	41
3.8 Pembebanan Beban	41
3.8.1 <i>Bollard</i> tipe Harbour	41
3.8.2 <i>Bollard</i> tipe Bitt	42
3.8.3 <i>Bollard</i> tipe Tee	42
3.9 Meshing	42
3.9.1 <i>Meshing</i> pada <i>Bollard</i> tipe Harbour	43
3.9.2 <i>Meshing</i> pada <i>Bollard</i> tipe Bitt	43
3.9.3 <i>Meshing</i> pada <i>Bollard</i> tipe Tee	44
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	45
4.1 Hasil Pemodelan	45
4.2 <i>Stress</i> (Tegangan) pada <i>bollard</i>	45
4.2.1 Tegangan <i>Bollard</i> tipe Harbour	45
4.2.2 Tegangan <i>Bollard</i> tipe Bitt	47
4.2.3 Tegangan <i>Bollard</i> tipe Tee	48

4.2.4	Diagram Perbandingan Tegangan (<i>Stress</i>) Antara Tipe <i>Bollard</i>	49
4.3	Perpindahan (<i>Displacement</i>)	50
4.3.1	Perpindahan (<i>Displacement</i>) <i>Bollard</i> tipe Harbour	51
4.3.2	Perpindahan (<i>Displacement</i>) <i>Bollard</i> tipe bitt	52
4.3.3	Perpindahan (<i>Displacement</i>) <i>Bollard</i> tipe Tee	53
4.3.4	Diagram Perbandingan Perpindahan (<i>Displacement</i>) Antara Tipe <i>Bollard</i>	54
4.4	Faktor Keamanan (<i>Factor of safety</i>)	55
4.4.1	Faktor Keamanan (<i>Factor of safety</i>) <i>Bollard</i> tipe Harbour	55
4.4.2	Faktor Keamanan (<i>Factor of safety</i>) <i>Bollard</i> tipe Bitt	56
4.4.3	Faktor Keamanan (<i>Factor of safety</i>) <i>Bollard</i> tipe Tee	57
4.4.4	Diagram Perbandingan Faktor Keamanan (<i>factor of safety</i>) Antara Tipe <i>Bollard</i>	58
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		60
5.1	Kesimpulan	60
5.2	Saran	61
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		
DAFTAR RIWAYAT HIDUP		

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1: Pelabuhan Minyak	10
Gambar 2.2: Sket Terminal Penumpang	11
Gambar 2.3: Sket Terminal Barang Umum	12
Gambar 2.4: Sket Terminal Peti Kemas	12
Gambar 2.5: Sket Barang Curah Padat	12
Gambar 2.6: Tipe Dermaga	14
Gambar 2.7: Jarak Pusat berat kapal sampai titik sandar kapal	16
Gambar 2.8: Jari – jari putaran disekeliling pusat berat kapal	17
Gambar 2.9: Metode pengikatan kapal ke dermaga	23
Gambar 2.10: Putaran kapal terhadap penumpang	25
Gambar 2.11: Pelampung untk membelok	25
Gambar 2.12: Cara penambatan kapal.	26
Gambar 2.13: Pelampung Penambat	26
Gambar 2.14: Titik luluh.	28
Gambar 2.15: Konsep dasar pembagian suatu benda menjadi beberapa elemen	30
Gambar 3.1: Diagram Alir.	33
Gambar 3.2: Katalog Desain <i>Bollard</i> tipe Harbour.	35
Gambar 3.3: Tampak Depan <i>Bollard</i> tipe Harbour.	35
Gambar 3.4: Tampak Atas <i>Bollard</i> tipe Harbour.	36
Gambar 3.5: Ukuran <i>Bollard</i> tipe Bitt.	36
Gambar 3.6: Tampak Depan <i>Bollard</i> tipe Bitt.	37
Gambar 3.7: Tampak Atas <i>Bollard</i> tipe Bitt.	37
Gambar 3.8: Ukuran <i>Bollard</i> tipe Tee.	38
Gambar 3.9: Tampak Depan <i>Bollard</i> tipe Tee.	38
Gambar 3.10: Tampak Atas <i>Bollard</i> tipe Tee.	38
Gambar 3.11: Input Material <i>Bollard</i> pada Software.	39
Gambar 3.12: Penerapan Tumpuan Jepit Pada <i>Bollard</i> tipe Harbour	40
Gambar 3.13: Penerapan tumpuan jepit pada <i>bollard</i> tipe Bitt.	40
Gambar 3.14: Penerapan tumpuan jepit pada <i>bollard</i> tipe Tee.	41
Gambar 3.15: Penerapan beban pada <i>Bollard</i> tipe Harbour.	41

Gambar 3.16: Penerapan beban pada <i>Bollard</i> tipe Bitt.	42
Gambar 3.17: Penerapan beban pada <i>Bollard</i> tipe Tee.	42
Gambar 3.18: Penerapan <i>Meshing</i> pada <i>Bollard</i> tipe Harbour.	43
Gambar 3.19: Penerapan <i>Meshing</i> pada <i>Bollard</i> tipe bitt.	43
Gambar 3.20: Penerapan <i>Meshing</i> pada <i>Bollard</i> tipe Tee.	44
Gambar 4.1: Hasil distribusi tegangan (<i>Stress</i>) <i>bollard</i> tipe Harbour.	46
Gambar 4.2: Grafik tegangan terhadap gaya yang bekerja pada <i>bollard</i> tipe Harbour.	46
Gambar 4.3: Hasil distribusi tegangan (<i>Stress</i>) <i>bollard</i> tipe Bitt.	47
Gambar 4.4: Grafik tegangan terhadap gaya yang bekerja pada <i>bollard</i> tipe Bitt.	47
Gambar 4.5: Hasil distribusi tegangan (<i>Stress</i>) <i>bollard</i> tipe Tee.	48
Gambar 4.6: Grafik tegangan terhadap gaya yang bekerja pada <i>bollard</i> tipe Tee.	49
Gambar 4.7: Perbandingan Distribusi Tegangan (<i>Stress</i>) Maksimal.	49
Gambar 4.8: Hasil distribusi <i>displacement</i> pada <i>Bollard</i> tipe Harbour.	51
Gambar 4.9: Grafik <i>displacement</i> <i>bollard</i> tipe Harbour.	51
Gambar 4.10: Hasil distribusi <i>displacement</i> pada <i>Bollard</i> tipe Bitt.	52
Gambar 4.11: Grafik <i>Displacement</i> <i>bollard</i> tipe Bitt.	52
Gambar 4.12: Hasil distribusi <i>displacement</i> pada <i>Bollard</i> tipe Tee.	53
Gambar 4.13: Grafik <i>Displacement</i> <i>bollard</i> tipe Tee.	53
Gambar 4.14: Perbandingan Distribusi Perpindahan (<i>Displacement</i>) Maksimal	54
Gambar 4.15: Faktor Keamanan (<i>Factor of safety</i>) <i>Bollard</i> tipe Harbour.	55
Gambar 4.16: Faktor Keamanan (<i>Factor of safety</i>) terhadap gaya yang bekerja pada <i>bollard</i> tipe Harbour.	56
Gambar 4.17: Faktor Keamanan (<i>Factor of safety</i>) <i>Bollard</i> tipe Bitt.	56
Gambar 4.18: Faktor Keamanan terhadap gaya yang bekerja <i>bollard</i> tipe Bitt.	57
Gambar 4.19: Faktor Keamanan (<i>Factor of safety</i>) <i>Bollard</i> tipe Tee.	57
Gambar 4.20: Faktor Keamanan terhadap gaya yang bekerja pada <i>bollard</i> tipe Tee.	58
Gambar 4.21: Faktor Keamanan terhadap gaya yang bekerja pada <i>bollard</i> .	59

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1: Kecepatan Kapal merapat ke dermaga.	16
Tabel 2.2: Gaya <i>bollard</i> dan jarak antara <i>bollard</i> .	19
Tabel 2.3: Karakteristik Kapal.	20
Tabel 2.4: Dimensi kapal pada pelabuhan.	21
Tabel 2.5: Penempatan Bitt.	23
Tabel 2.6: Gaya Tarik <i>Bollard</i> .	23
Tabel 2.7: Modulus Young Beberapa Jenis Bahan.	28
Tabel 3.1: Katalog <i>Bollard</i> Tipe Harbour.	35
Tabel 3.2: Katalog <i>Bollard</i> Tipe Bitt.	36
Tabel 3.3: Katalog <i>Bollard</i> Tipe Tee.	37

DAFTAR NOTASI

- E = Energi benturan (ton meter)
- V = Komponen tegak lurus sisi dermaga dari kecepatan kapal pada saat membentur dermaga (m/d)
- W = Displacement (berat) kapal
- G = Percepatan gravitasi (m/d^2)
- C_m = Koefisien massa
- C_e = Koefisien eksentrisitas
- C_s = Koefisien kekerasan (diambil 1)
- C_c = Koefisien bentur dari tambatan (diambil 1)
- C_b = Koefisien blok kapal
- d = Draft Kapal (m)
- B = Lebar Kapal (m)
- L_{pp} = Panjang garis air (m)
= Berat jenis air laut (t/m^3)
- l = Jarak sepanjang permukaan air dari pusat berat kapal sampai titik sandar kapal
- r = Jari – jari putaran di sekeliling pusat berat kapal pada permukaan air
- R_w = Gaya akibat angin (kg)
- P_a = Tekanan angin (kg/m^2)
- V = Kecepatan angin (m/d)
- A_w = Proyeksi bidang yang tertiuo angin (m^2)
- R = Gaya akibat arus (kgf)
- A_c = Luas tampang kapal yang terendam air (m^2)
- γ_w = Rapat massa air laut ($1025 kg/m^3$)
- V_c = Kecepatan arus (m/d)
- C_c = Koefisien tekanan arus
= Massa jenis air laut ($1,025 t/m^3$) dan massa jenis air tawar ($1,0 t/m^3$)
- A_c = Luasan kapal yang ada dibawah permukaan air (m^3)
= Kecepatan arus (m/s)

- Cc = Koefisien arus (l)
F = Besar gaya tekan/tarik (N)
A = Luas penampang (m^2)
= Tegangan (N/m^2)
 ϵ = Regangan
L = Pertambahan panjang (m)
 L_0 = Panjang mula – mula (m)
E = Modulus Young (N/m^2 atau Pascall)

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Indonesia ialah negara kepulauan. Hal itu ditegaskan di dalam pasal 25 A UUD Negara Republik Indonesia Tahun 1945 (Wardani et al., 2017). Dengan adanya transportasi laut, dapat menghubungkan pulau dan Negara. Infrastruktur utama pada transportasi laut ialah Pelabuhan. Pelabuhan merupakan pintu gerbang utama sebagai penghubung dari pulau maupun Negara. Pelabuhan (port) adalah wilayah perairan yang terlindungi dari gelombang yang memiliki fasilitas berupa dermaga. Dermaga merupakan bangunan yang berfungsi sebagai tempat bertambatnya bagi kapal yang aktifitasnya yaitu menaik - turunkan penumpang dan *loading* barang. Kapal yang merapat ke dermaga akan ditambatkan dengan menggunakan alat penambat yang disebut *bollard*. (Triatmodjo, 2009).

Bollard adalah salah satu fasilitas pada dermaga atau pelabuhan yang berfungsi sebagai penambat tali kapal pada saat sedang merapat, selain itu juga berfungsi untuk mengarahkan kapal merapat ke dermaga (Adeliasavitri, 2019). *Bollard* terbuat dari besi cor yang di tanamkan pada fondasi dermaga. Sehingga *bollard* mampu untuk menahan gaya yang bekerja pada saat kapal merapat. Pada pelabuhan Dumai, *Bollard* yang digunakan di dermaga C yaitu tipe *Keman Harbour Bollard*. Kapal yang bertambat ialah jenis kapal curah kering dengan beban maksimum kapal yaitu 50.000 DWT.

Dalam mendesain perencanaan *bollard* harus dilakukan dengan akurat. Perencanaan tersebut seperti beban yang seharusnya dapat ditumpu oleh *bollard* terhadap beban maksimum kapal. Dalam perencanaan juga harus mempertimbangkan ukuran dan material yang digunakan, agar mendapatkan hasil yang maksimal.

Berdasarkan latar belakang diatas, Maka dari itu penulis melakukan analisa tentang “Pemodelan FEM Untuk Bollard Pada Dermaga C Pelabuhan Dumai Dengan Memakai Software Solidworks”. Dengan menggunakan desain dan

perhitungan yang sudah direncanakan, *bollard* mampu untuk menumpu beban yang diberikan kapal.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, rumusan masalah pada penelitian yang dapat diambil adalah:

1. Berapakah nilai minimum dan maksimum *Stress* akibat gaya yang bekerja terhadap *bollard*.
2. Berapa nilai minimum dan maksimum *Displacement* akibat gaya yang bekerja terhadap *bollard*.
3. Berapakah nilai *Factor of safety* akibat gaya yang bekerja terhadap *bollard*.

1.3 Ruang Lingkup Penelitian

Dengan memperhatikan luasnya faktor yang berpengaruh pada penelitian ini. Maka penelitian ini dilakukan dengan adanya batasan – batasan masalah pada ruang lingkup sebagai berikut :

1. Pada penelitian ini pemodelan dan analisis elemen hingga merupakan perhitungan statis yang dibantu dengan menggunakan perangkat lunak komputer yang mana hasil akhir yang didapatkan yaitu nilai minimum dan maksimum dari *Stress*, *Displacement*, dan *Factor Of Safety* pada *bollard*
2. Perhitungan ini di titik beratkan terhadap tipe *bollard* yang akan dipakai terhadap kapal Issa Express dengan berat 50.000 DWT. dengan tidak melakukan perhitungan angkur, sehingga angkur diasumsikan sebagai jepit serta tidak meninjau manajemen konstruksi, analisis pelabuhan dan analisis biaya.
3. Perhitungan berfokus kepada data Sekunder yang diperoleh dari PT. Pelabuhan Indonesia 1 (Persero). Data yang didapatkan ialah data angin, data arus, gelombang, data kapal, dan data tipe *bollard*. Dimana terdapat

3 tipe *bollard* yang akan dianalisis yaitu tipe *bitt bollard*, tipe *harbour bollard* dan tipe *tee bollard*. Dimana tipe *harbour bollard* sudah terpasang dilapangan, sedangkan dua tipe lainnya dianalisis sesuai dengan studi literatur.

1.4 Tujuan Penelitian

Sesuai dengan adanya latar belakang dan permasalahan diatas, tujuan yang akan didapatkan pada penelitian ini adalah:

1. Mengetahui analisis tegangan minimum dan maksimum pada *bollard*.
2. Mengetahui analisis minimum dan maksimum *Displacement* pada *bollard*.
3. Mengetahui analisis *Factor of safety* yang terjadi pada *bollard*.

1.5 Manfaat Penelitian

Berkaitannya tujuan dan beberapa permasalahan pada penelitian ini. Diharapkan dapat memberikan manfaat beserta informasi mengenai perbandingan antar tipe *bollard* yang menggunakan analisis elemen hingga, sehingga didapatkan jenis *bollard* yang efektif. Dari hasil penelitian ini dapat dijadikan acuan bagi penelitian yang berkaitan dengan *bollard*.

1.6 Sistematika Pembahasan

Laporan penelitian ini menggunakan Sistematika Penulisan yang disusun sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Dalam bab ini penulis menjelaskan mengenai Latar belakang masalah, rumusan masalah, ruang lingkup penelitian, tujuan, manfaat penelitian dan sistematika penulisan penelitian.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini digunakan dengan memberikan Gambaran dalam studi literatur dan teori yang akan digunakan untuk menganalisis kasus pada penelitian ini.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini membahas mengenai alur pengerjaan pada penelitian, dimulai dari pembuatan *flowchart*, pengumpulan data, pengelolaan data, dan analisis data.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini membahas mengenai hasil dan pembahasan yang sudah di sesuaikan dengan metode penelitian.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini membahas Kesimpulan hasil dan pembahasan dari penelitian yang sudah dilakukan.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pelabuhan

Menurut Undang – Undang No 17 Tahun (2008) mengenai pelayaran pada pasal 1 ayat 16 berkata bahwa definisi pelabuhan yaitu tempat yang terdiri dari daratan atau perairan sebagai tempat kegiatan baik pemerintah maupun perusahaan yang digunakan untuk kapal bersandar, menaik-turunkan penumpang, dan *Loading* barang. Fasilitasnya berupa terminal dan tempat berlabuhnya kapal yang dilengkapi dengan keselamatan serta keamanan dalam pelayaran dan sebagai tempat perpindahan intra dan antar moda transportasi.

Pelabuhan merupakan tempat yang terlindung dari gelombang dengan dilengkapi fasilitas laut berupa dermaga. Dimana kapal dapat bertambat untuk *Loading* barang, gudang laut dan tempat penyimpanan dimana letak *loading* barang tersebut. Terminal ini dilengkapi dengan adanya jalan raya atau saluran pelayaran darat (Triatmodjo, 2009). Pelabuhan dapat dibagi dalam beberapa macam, dilihat dari sudut yang ditinjau, yaitu dari segi penyelenggaraannya, fungsi di dalam perdagangan nasional dan internasional, dalam segi kegunaan, letak geografisnya dan segi kegunaan pelabuhan (Triatmodjo, 2009). Dengan demikian definisi Pelabuhan adalah tempat yang dapat terlindungi dari gelombang dan badai untuk berlabuhnya kapal baik menaik - turunkan penumpang, *loading* barang, dan tempat penyimpanan barang. Untuk mendukung fungsi tersebut dibangun sarana fasilitas berupa dermaga, terminal, jalan, gudang, fasilitas penerangan, dan telekomunikasi.

Pelabuhan sebagai penggerak penyelenggaraan pelayaran memiliki peran penting sehingga penyelenggaraannya dapat dikuasai oleh Negara dan dibina oleh pemerintah untuk mencapai tujuan bersama, dan dapat dijadikan wawasan nusantara serta memperkuat ketahanan suatu Negara.

2.1.1 Fungsi Pelabuhan

Pelabuhan memiliki fungsi yaitu sebagai wadah moda transportasi laut dan darat sebagai jasa pelayanan baik teknis maupun non teknis. Dimana terdapat adanya kapal yang berlabuh, *Loading* barang dan naik – turun penumpang. Pelabuhan juga memiliki ekonomi dan sosial. Secara ekonomi, pelabuhan berfungsi sebagai penggerak roda perekonomian. Karena dapat memudahkan aktifitas masyarakat dalam distribusi dari hasil produk. Sedangkan secara sosial, pelabuhan berfungsi sebagai wadah interaksi sosial yang mempertemukan masyarakat, termasuk interaksi yang dilakukan karena adanya aktifitas perekonomian.

Pelabuhan juga memiliki peran dari segi politis. Peran pelabuhan dari segi politis yaitu tempat strategisnya untuk melakukan interaksi perekonomian dan menjadi urat nadi bagi suatu wilayah. Pelabuhan memiliki nilai politis yang strategis yang harus dipertahankan kedaulatannya. Aturan yang dikelola dalam pelabuhan yaitu menjunjung tinggi perdaulatan, transparan, aman, tidak membedakan terhadap perusahaan asing. Pengelolaan tersebut dilakukan secara efektif dan efisien untuk meningkatkan dari segi politis yang dapat berupa nilai positif untuk suatu Negara yang memiliki tempat pelabuhan tersebut.

2.1.2 Macam Pelabuhan

Pelabuhan dapat dibagi dalam beberapa macam. Dilihat dari sudut yang ditinjau, yaitu dari segi penyelenggaraannya, fungsi di dalam perdagangan nasional dan internasional. Dari Segi letak geografisnya, segi pengusahaanya dan segi penggunaannya.

2.1.2.1 Ditinjau dari segi Penyelenggaraan

1. Pelabuhan Umum

Pelabuhan umum digunakan untuk kepentingan dalam pelayanan kepada masyarakat umum. Pelabuhan umum diselenggarakan oleh pihak pemerintah. Pemerintah melakukan pembinaan berupa aspek pengaturan, pengendalian, dan pengawasan. Pada aspek pengaturan memiliki

rumusan dan kebijakan umum maupun teknis, pada aspek pengendalian berupa adanya bimbingan yang dilakukan dalam pengoperasian pelabuhan. Sedangkan dalam aspek pengawasan dilakukan terhadap penyelenggaraan kepelabuhan. Pelaksanaan pelabuhan umum dapat diberikan kepada badan usaha milik Negara (BUMN). Di Indonesia memiliki badan usaha milik Negara yang dapat mengelola pelabuhan umum yaitu PT (Persero) Pelabuhan Indonesia (Pelindo).

2. Pelabuhan Khusus

Pelabuhan Khusus ialah pelabuhan yang berfungsi untuk kepentingan sendiri pada kegiatan tertentu. Pelabuhan ini tidak untuk dipakai izin pada kepentingan umum, kecuali keadaan yang mengharuskan dipakai untuk umum lewat perizinan pemerintah. Pelabuhan khusus dibangun oleh suatu perusahaan baik itu pemerintah, seperti TNI AL maupun swasta seperti PT BOGASARI yang digunakan sebagai bongkar muat tepung terigu. Pelabuhan tersebut bertujuan untuk prasarana pengiriman hasil dari produksi perusahaan itu sendiri.

2.1.2.2 Ditinjau dari segi perdagangan Nasional dan Internasional

Ditinjau dari segi fungsi perdagangan nasional dan Internasional dapat dibedakan menjadi:

1. Pelabuhan Laut

Pelabuhan laut adalah pelabuhan yang terdapat banyak kapal berbendera asing yang berlabuh. Pelabuhan ini merupakan pelabuhan utama yang ramai dikunjungi kapal – kapal yang membawa barang impor maupun ekspor dari luar negeri.

2. Pelabuhan Pantai

Pelabuhan pantai adalah pelabuhan yang difungsikan untuk perdagangan dalam negeri. Kapal yang akan masuk ke pelabuhan pantai harus menggunakan izin khusus terlebih dahulu.

2.1.2.3 Ditinjau dari segi Geografis

Ditinjau dari segi geografisnya, pelabuhan dapat dibedakan sebagai berikut:

1. Pelabuhan Buatan

Pelabuhan buatan adalah tempat yang menggunakan *breakwater* untuk dapat melindungi dari adanya pengaruh gelombang yang terjadi karena adanya pemecah perairan tertutup dari laut yang dihubungkan oleh celah dan memiliki fungsi untuk keluar masuknya kapal.

2. Pelabuhan alam

Pelabuhan alam adalah daerah yang pengaruh gelombangnya kecil yang dapat terlindungi dari badai, dan gelombang secara alami.

3. Pelabuhan Semi alam

Pelabuhan semi alam ini merupakan campuran dari pelabuhan alam dan pelabuhan buatan, contohnya adalah pelabuhan Bengkulu. Pelabuhan ini dapat terhindar dari pantai yang alur masuknya memiliki bangunan buatan yang berfungsi untuk melindungi pelabuhan.

2.1.2.4 Ditinjau dari segi pengusahaanya

1. Pelabuhan yang diusahakan

Pelabuhan ini berfungsi memberikan fasilitas yang dapat memenuhi kebutuhan kapal untuk memasuki pelabuhan untuk *Loading* barang, menaik – turunkan penumpang dan kegiatan lainnya. Pemaikaian ini dikenakan biaya diantaranya biaya jasa pada saat berlabuh, pada saat bertambat, pemanduan, penundaan, penumpukan, *loading* barang, jasa dermaga dan sebagainya.

2. Pelabuhan yang tidak diusahakan

Pelabuhan ini hanya tempat singgah kapal, tidak memiliki fasilitas *loading* barang, bea cukai dan sebagainya. Pelabuhan ini adalah subsidi yang diberikan oleh pemerintah dan pengelolaannya diberikan oleh Unit Direktorat Jendral Perhubungan Laut.

2.1.2.5 Ditinjau dari segi penggunaanya

1. Pelabuhan Ikan

Pelabuhan ikan adalah tempat penyediaan bagi kapal ikan yang akan melakukan aktifitas penangkapan ikan dan dapat memberikan pelayanan yang dibutuhkan. Dimana kegiatan seperti *loading* barang, perawatan dan perbaikan ringan dilakukan di dermaga berbeda dengan pelabuhan umum. Pada pelabuhan ikan jumlah kapal yang berlabuh sangat banyak, sehingga fasilitas pada pelabuhan dilakukan secara efektif dan efisien mungkin. Pelabuhan ikan memiliki fasilitas pendukung untuk melakukan kegiatannya, seperti adanya *Breakwater*, kantor pelabuhan, dermaga tempat pelelangan ikan(TPI), pabrik es, tempat perbaikan kapal, tempat penjemuran jala dan lain – lain.

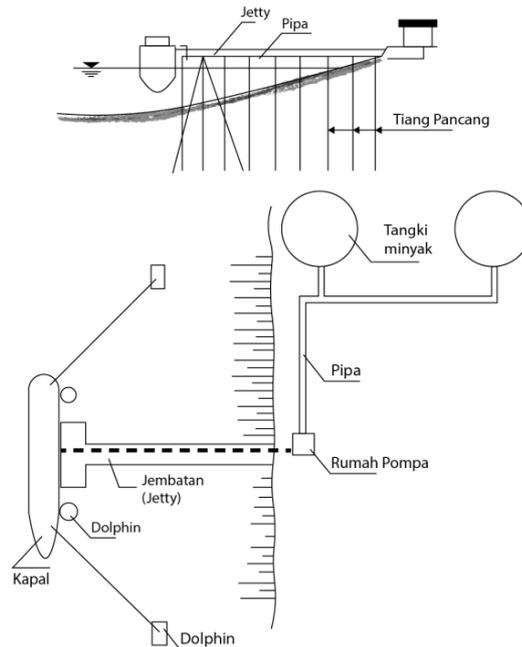
Dermaga pada pelabuhan ikan dibagi 3 macam, yaitu dermaga bongkar, dermaga perbekalan, adapun fungsi dari 3 macam dermaga pada pelabuhan ikan adalah

- a. Dermaga bongkar. Dermaga ini berfungsi bagi kapal yang datang untuk bertambat yang akan membongkar hasil dari tangkapan ikan, setelah di bongkar ikan tersebut dibawa ke TPI (Tempat Pelelangan Ikan). Di tempat tersebut ikan hasil tangkapan akan dilelang, sehingga dermaga tambat bongkar dapat digunakan kembali bagi kapal yang akan bertambat dengan membawa hasil tangkapannya.
- b. Dermaga Tambat. Pada dermaga ini kapal yang bertambat dan ABK (Anak Buah Kapal) pulang untuk beristirahat setelah 1 minggu ataupun lebih melakukan penangkapan ikan. selama berada di dermaga kapal dan juga peralatan untuk penangkapan ikan dilakukan perawatan. Adanya penyediaan lahan didekat dermaga yang berfungsi untuk penjemuran jaring dan memperbaiki jaring, terdapat juga adanya tempat penyimpanan alat tangkap dan suku cadang.
- c. Dermaga Perbekalan. Pada saat nelayan akan melakukan aktifitas, kapal yang berada di dermaga tambat dibawa menuju dermaga perbekalan untuk mempersiapkan kebutuhan yang dibawa pada saat menangkap ikan. Bahan yang diperlukan saat melaut yaitu makanan,

air tawar, bahan bakar minyak dan es.

2. Pelabuhan Minyak

Pelabuhan minyak merupakan tempat yang tidak membutuhkan dermaga atau pangkalan yang mana letaknya jauh dari kepentingan umum. Hanya membuat jembatan perancah atau tambatan. Bongkar muat dilakukan dengan menggunakan pipa dan pompa. Pipa – pipa penyalur diletakkan dibawah jembatan. Agar menghindarkan adanya gangguan lalu lintas. Tetapi ditempat yang dekat kapal merapat, pipa tersebut dinaikkan agar adapat dengan mudah disambungkan dengan pipa lainnya. Jembatan biasanya memiliki pipa uap yang digunakan untuk membersihkan tangki kapal dan pipa air yang menyuplai air tawar. Untuk menghindari dari adanya benturan, *breasting dolphin* digunakan untuk menahan benturan kapal dan *mooring dolphin* untuk menambatkan kapal. Ini dibuat untuk menghindarkan dari benturan antara dermaga dan kapal.



Gambar 2.1: Pelabuhan Minyak (Triatmodjo,2009).

3. Pelabuhan Barang

Di pelabuhan ini adanya perpindahan moda transportasi dari angkutan laut ke angkutan darat dan sebaliknya. Barang tersebut

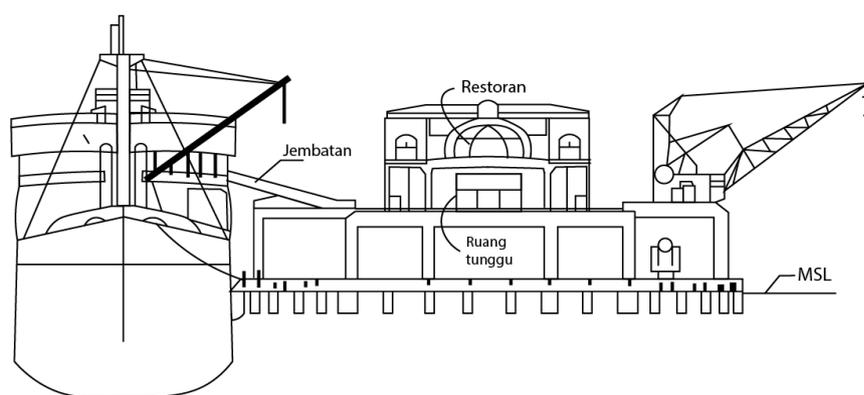
dibongkar dan diturunkan di dermaga. Selanjutnya, diangkut dan dikirimkan ke tempat tujuan. Demikian sebaliknya, barang dari pengirim ditempatkan digudang sebelum diangkut dengan kapal.

Jenis muatan pada penanganan muatan di pelabuhan yang dilakukan di terminal pengampalan terbagi atas tiga jenis, yaitu:

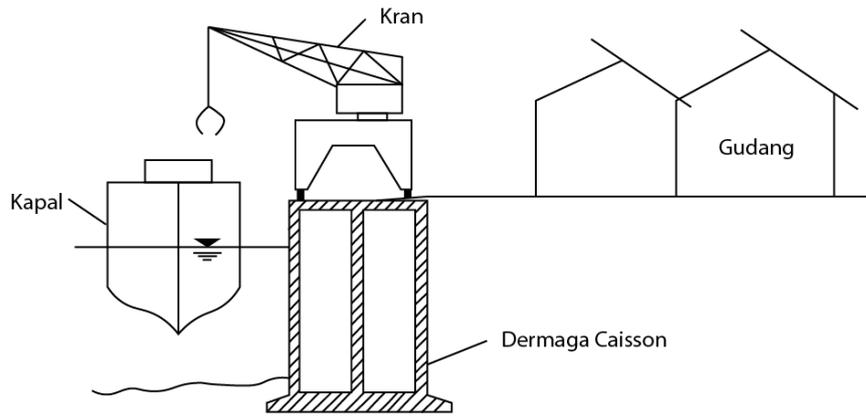
- a. Barang Umum (*general Cargo*). Barang ini yang dikirim kedalam bentuk satuan seperti mobil, truk, dan barang yang dibungkus kedalam peti.
- b. Muatan curah / lepas (*bulk cargo*). Muatan ini dapat dapat dibedakan menjadi muatan curah kering yang berupa butiran padat dan muatan curah cir.
- c. Peti Kemas (*container*). Peti kemas ini digunakan sebagai tempat untuk mengangkut sejumlah barang

4. Pelabuhan Penumpang

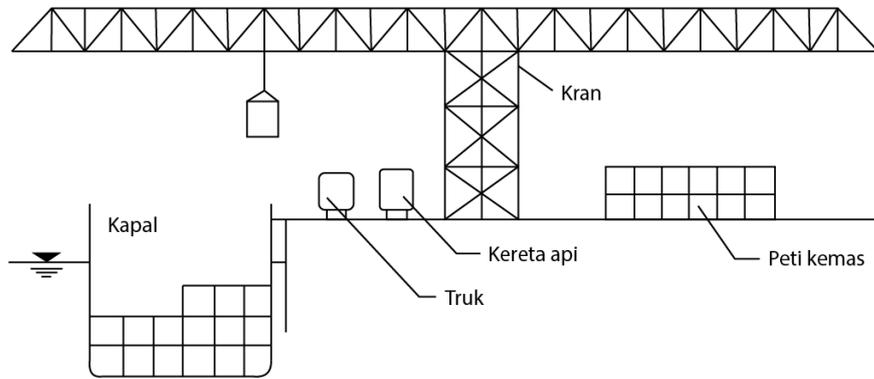
Pelabuhan / terminal penumpang berfungsi untuk orang yang akan melakukan aktifitas berpergian dengan menggunakan kapal penumpang. Terminal ini memiliki stasiun penumpang yang melayani kegiatan bagi orang yang yang akan berpergian, layanan yang diberikan seperti, ruang tunggu, kantor maskapai pelayaran, tempat penjualan tiket, mushola, kantor imigrasi, direksi pelabuhan dan sebagainya



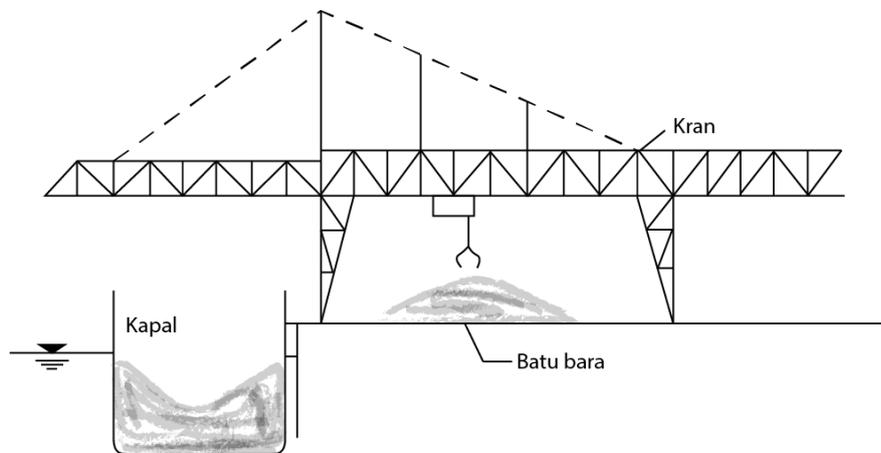
Gambar 2.2: Sket Terminal Penumpang (Triatmodjo, 2009).



Gambar 2.3: Sket Terminal Barang Umum (Triatmodjo, 2009).



Gambar 2.4: Sket Terminal Peti Kemas (Triatmodjo, 2009).



Gambar 2.5: Sket Barang Curah Padat (Triatmodjo, 2009).

5. Pelabuhan Campuran

Pelabuhan ini pencampuran dari pemakaian terbatas bagi penumpang dan barang. Untuk keperluan minyak dan ikan tetap terpisah. Bagi pelabuhan yang sedang dalam tahap perkembangan, keperluan yang digunakan untuk bongkar minyak menggunakan dermaga atau jembatan yang kegunaannya tersebut juga sama dengan keperluan barang dan penumpang. Pada dermaga dan jembatan juga dilampirkan pipa-pipa yang dapat mengalirkan minyak.

6. Pelabuhan Militer

Pada pelabuhan ini memiliki daerah yang luas yang dapat memungkinkan pergerakan kapal cepat seperti kapal perang. Konstruksi baik tambatan maupun dermaga sama seperti pelabuhan barang, yang membedakannya hanya perlengkapannya berbeda. Pada pelabuhan ini bangunan – bangunan pelabuhan harus dipisah – pisah yang letaknya berjauhan, sedangkan pada pelabuhan barang letak/ kegunaan bangunan tersebut harus seefisien mungkin.

2.2 Dermaga

Dermaga adalah suatu bangunan / tempat yang berfungsi untuk menambat dan merapatnya suatu kapal yang melakukan kegiatan *loading* barang, naik – turunnya penumpang (Triatmodjo, 2009).

Konstruksi dermaga sangat diperlukan untuk menahan gaya – gaya yang bekerja akibat dari tumbukan kapal, beban dari *loading* barang. Dimensi dari dermaga berdasarkan dari jenis dan ukuran kapal yang akan merapat dan bertambat. Ukuran pada dermaga juga didasarkan dari ukuran minimal, sehingga kapal yang bertambat dan merapat mampu melakukan aktifitas bongkar muat dengan aman.

Dermaga dapat dibedakan menjadi tiga tipe yaitu *wharf* atau *quai*, *pier* dan *jetty*.

1. Dermaga tipe memanjang (Wharf)

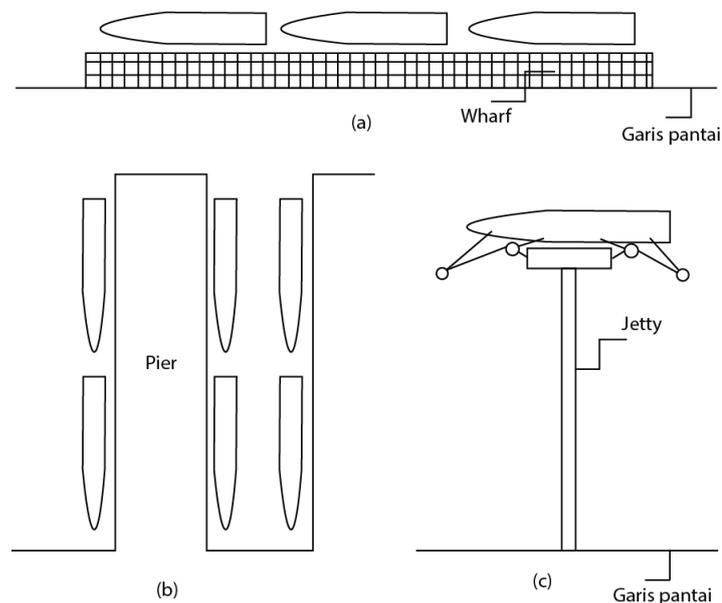
Wharf adalah tipe dermaga yang sejajar dengan garis pantai yang biasanya berimpitan dengan garis pantai. Tipe ini dibangun apabila sejajar dengan garis pantai yang kedalaman lautnya hampir merata. Wharf juga sebagai penahan tanah yang ada dibelakangnya

2. Dermaga tipe *Pier*

Pier ialah tipe dermaga yang terletak pada garis pantai dan posisinya tegak lurus dengan pantai (berbentuk jari).dermaga ini memiliki kedalaman yang diisyaratkan jauh dari pantai, sehingga dermaga dihubungkan dengan jembatan penghubung yang berbentuk tegak lurus.

3. Dermaga tipe Jetty

Jetty ialah dermaga yang menjorok ke laut. Dermaga ini dibangun berfungsi untuk melayani kapal dengan muatan umum. Jetty berfungsi bagi merapatnya kapal dengan ukuran sangat besar seperti kapal tanker dan kapal pengangkut gas alam.



Gambar 2.6: Tipe Dermaga (Triatmodjo, 2009).

2.2.1 Gaya óGaya Yang bekerja Pada Dermaga

Gaya yang bekerja pada dermaga dibedakan menjadi gaya vertikal dan horizontal. Gaya vertikal terdiri dari berat sendiri dermaga, beban hidup, beban peralatan bongkar muat (crane), dan sebagainya. Sedangkan gaya horizontal dibedakan menjadi dua, yaitu gaya benturan kapal pada saat kapal merapat ke dermaga (gaya sandar, *berthing forces*) dan gaya tambat (*mooring forces*), gaya ini ditimbulkan karena kapal bertambat ataupun merapat ke dermaga yang disebabkan oleh angin, arus, dan gelombang.

2.2.1.1 Gaya Sandar (*Berthing Forces*)

Ketika kapal sedang merapat ke dermaga kapal masih memiliki kecepatan, sehingga terjadinya benturan antara kapal dengan dermaga. Gaya hasil dari benturan tersebut ialah gaya sandar (*Berthing Forces*). Pada perencanaan dianggap benturan tersebut maksimum terjadi apabila kapal yang menghantam dermaga dengan muatan penuh pada sudut 10° pada sisi dermaga.

Gaya yang terbentur yang dihasilkan antara kapal dan dermaga harus ditahan oleh dermaga, tergantung energi pada sistem fender yang dipasang pada dermaga. Gaya benturan yang bekerja secara horizontal dapat dihitung melalui energi benturan. Hubungan tersebut tergantung tipe fender yang akan digunakan. Besar energi benturan yang akan dihitung, sesuai dengan rumus sebagai berikut ini.

$$\text{--- } C_m C_e C_s C_c \tag{2.1}$$

Kecepatan merapatnya kapal ke dermaga merupakan salah satu factor dalam perencanaan dermaga dan system fender. Kecepatan kapal dalam merapat ke dermaga diberikan pada yanel berikut:

$$C_m = 1 + \text{---} \tag{2.2}$$

Dimana:

$$C_b = \text{---} \tag{2.3}$$

Tabel 2.1: Kecepatan Kapal merapat ke dermaga (Triatmodjo, 2009).

Ukuran Kapal (DWT)	Kecepatan Merapat	
	Pelabuhan (m/d)	Laut terbuka (m/d)
Sampai 500	0,25	0,30
500 - 10.000	0,15	0,20
6000 – 30.000	0,15	0,15
Diatas 30.000	0,12	0,15

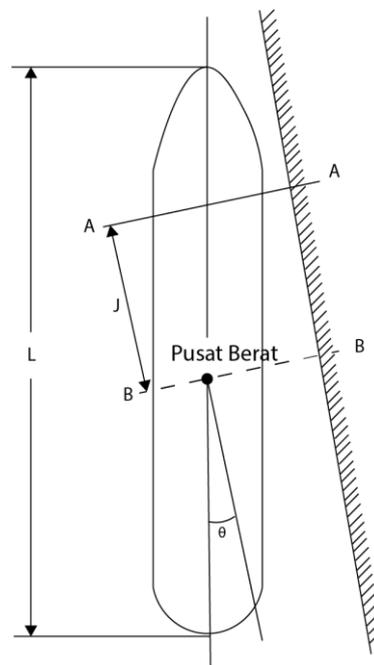
Koefisien eksentrisitas adalah perbandingan antara energi sisa dengan energi kinetik kapal yang merapat, dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$C_e = \frac{\text{Energi Sisa}}{\text{Energi Kinetik}} \quad (2.4)$$

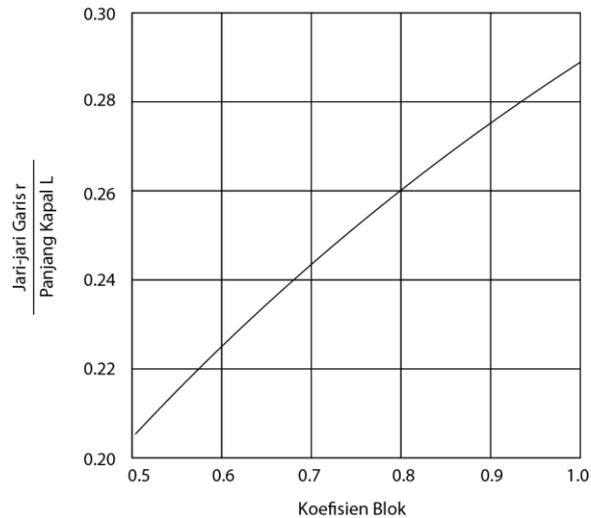
Panjang garis air (L_{pp}) dihitung dengan rumus:

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

Kapal Tangker : $L_{pp} = 0,852 L_{oa}^{1,020}$



Gambar 2.7: Jarak Pusat berat kapal sampai titik sandar kapal (Triatmodjo,2009).



Gambar 2.8: Jari – jari putaran disekeliling pusat berat kapal (Triatmodjo, 2009).

2.2.1.2 Gaya Tambat (*mooring forces*)

Kapal yang merapat di dermaga ditambatkan dengan menggunakan tali penambat yang disebut *bollard*. Tali yang diikat ke *bollard* untuk menahan gerakan kapal yang disebabkan oleh angin, arus. Gaya tambat (*mooring forces*) ialah gaya tarikan kapal pada alat penambat disebabkan oleh tiupan angin dan arus pada badan kapal. *Bollard* ditanamkan pada dermaga dan harus mampu menahan gaya tarikan kapal. Berikut metode untuk menghitung gaya tarik yang diakibatkan oleh angin dan arus.

a. Gaya akibat angin

Angin yang dihembuskan ke badan kapal yang sedang merapat akan menyebabkan gerakan kapal yang dapat menimbulkan gaya pada dermaga. Jika angin menuju ke dermaga, gaya tersebut gaya benturan ke dermaga. Sedangkan jika arahnya pergi menjauh dari dermaga akan menyebabkan gaya tarikan pada alat penambat. Besaran dari gaya angin tergantung pada arah dan kecepatan hembus angin, dapat dihitung dengan rumus berikut.

- a. Gaya longitudinal apabila angin datang dari arah haluan ($\alpha = 0$)

$$R_w = 0,42Q_a A_w \quad (2.5)$$

- b. Gaya longitudinal apabila angin datang dari arah buritan ($\alpha = 180^\circ$)

$$R_w = 0,5 Q_a A_w \quad (2.6)$$

- c. Gaya lateral apabila angin datang dari arah lebar ($\alpha = 90^\circ$)

$$R_w = 1,1 Q_a A_w \quad (2.7)$$

Dimana :

$$P_a = 0,063 V^2 \quad (2.8)$$

b. Gaya akibat arus

Sama seperti angin, arus yang bekerja pada kapal yang terendam air juga akan menyebabkan terjadinya gaya pada kapal yang diteruskan pada alat penambat dan dermaga. Gaya yang ditimbulkan oleh arus diberikan oleh persamaan ini.

$$R_a = C_c \gamma_w A_c \left(\frac{V}{V_0} \right)^2 \quad (2.9)$$

Nilai C_c adalah factor yang menghitung gaya lateral dan memanjang. Nilai C_c tergantung pada bentuk kapal dan kedalaman air pada saat tambatan, nilainya diberikan berikut ini. Faktor untuk menghitung gaya arus melintang :

- Di air dalam, nilai $C_c = 1,0 - 1,5$
- Kedalaman air/ draft kapal = 2, nilai $C_c = 2,0$
- Kedalaman air/ draft kapal = 1,5, nilai $C_c = 3,0$
- Kedalaman air/ draft kapal = 1,1, nilai $C_c = 5,0$
- Kedalaman air/ draft kapal = 1, nilai $C_c = 6,0$

Faktor dalam menghitung gaya arus memanjang bervariasi dari 0,2 untuk laut dalam dan 0,6 untuk perbandingan antara kedalaman air dan draft kapal yang mendekati 1.

c. Gaya pada *Bollard*

Kapal yang merapat di dermaga berhenti dengan menggunakan mesin dari kapal tersebut, sebagian talinya yang ditambat dililitkan pada *bollard*. *Bollard*

harus mampu menahan gaya tarikan yang diberikan kapal. Dimensi *bollard* dan pengangkurnya pada dermaga direncanakan sehingga mampu menahan gaya. Tabel 2.2 memberikan gaya rencana bollard dan perkiraan dari jarak antara *bollard*.

Tabel 2.2: Gaya *bollard* dan jarak antara *bollard* (Triatmodjo, 2009).

Displacement kapal (Ton)	Gaya Bollard P (kN)	Jarak Antara Bollard (m)	Gaya Bollard tegak lurus tambatan (kN/m)	Gaya Bollard sepanjang tambatan (kN/m)
2000	100	5-10	15	10
5000	200	10-15	15	10
10.000	300	15	20	15
20.000	500	20	25	20
30.000	600	20	30	20
50.000	800	20-25	35	20
100.000	1.000	25	40	25
200.000	1.500	30	50	30

2.3 Kapal

Menurut Undang – Undang Nomor 17 Tahun 2008, kapal adalah kendaraan air dengan bentuk dan jenis tertentu, yang digerakkan oleh angin, tenaga mekanik, dan energi lainnya, ditarik atau ditunda, termasuk kendaraan dibawah permukaan air, serta alat apung dan bangunan terapung yang tidak berpindah – pindah. Panjang, lebar, dan sarat (draft) kapal yang akan menggunakan pelabuhan berhubungan langsung pada perencanaan pelabuhan dan juga fasilitas yang akan digunakan. Pada Gambar 2.7 merupakan dimensi utama kapal yang akan digunakan untuk menjelaskan beberapa definisi kapal

Displacement Tonnage, DPL (ukuran isi tolak) yaitu volume air yang dipindahkan oleh kapal, dan sama dengan berat kapal. Ukuran isi tolak dalam keadaan kosong disebut *Displacement Tonnagelight*, yaitu berat kapal muatan. *Deadweight Tonnage*, DWT (bobot mati) yaitu berat total muat pada saat kapal mengangkut dalam keadaan pelayaran optimal (draft maksimum. DWT adalah selisih antara *Displacement Tonnage Loaded* dan *Displacement Tonnagelight*.

Gross register tons, (ukuran isi kotor) yaitu volume keseleruhan ruangan kapal ($1 \text{ GRT} = 2,83 \text{ m}^3 = 100 \text{ ft}^3$). *Netto register tons*, NRT (ukuran isi bersih) merupakan ruangan yang disediakan baik penumpang maupun muatan. NRT

adalah ruangan – ruangan yang dapat didayagunakan, dapat diisi dengan muatan yang membayar uang tambang.

Sarat (draft) adalah bagian kapal yang terendam air pada keadaan muatan maksimum. Panjang total (length overall, L_{OA}) adalah panjang kapal yang dihitung dari ujung depan (haluan) sampai ujung belakang (buritan).

Panjang garis air (length between perpendiculars, L_{pp}) adalah panjang antara kedua ujung *design load water line*. Lebar kapal (*beam*) adakah jarak maksimum antara dua sisi kapal.

2.3.1. Karakteristik Kapal

Tipe dan bentuk dari suatu pelabuhan tergantung dari jenis kapal yang akan bertambat ataupun berlabuh. Pada perencanaan pelabuhan, harus meninjau pengembangan dengan memperhatikan daerah perairan, dan akur pelayaran, kolam putar, penambatan, dermaga, tempat pembuangan bahan hasil pengerukkan, daerah daratan untuk penempatan, penyimpanan, dan pengangkutan barang – barang. Kedalaman dan lebar alur pelayaran tergantung pada kapal terbesar yang masuk kepelabuhan.

Tabel 2.3: Karakteristik Kapal (Triatmodjo, 2009).

Bobot	Panjang Loa (m)	Lebar	Draft (m)	Bobot	Panjang Loa (m)	Lebar (m)	Draft (m)
Kapal Penumpang (GRT)				Kapal Minyak (Lanjutan)			
500	51	10,2	2,9	20.000	162	24,9	9,8
1.000	68	11,9	3,6	30.000	185	28,3	10,9
2.000	88	13,2	4,0	40.000	204	30,9	11,8
3.000	99	14,7	4,5	50.000	219	33,1	12,7
5.000	120	16,9	5,2	60.000	232	35,0	13,6
8.000	142	19,2	5,8	70.000	244	36,7	14,3
10.000	154	20,9	6,2	80.000	255	38,3	14,9
15.000	179	22,8	6,8	Kapal Barang Curah (DWT)			
20.000	198	24,7	7,5	10.000	140	18,7	8,1
30.000	230	27,5	8,5	15.000	157	21,5	9,0
Kapal Barang (DWT)				20.000	170	23,7	9,8
700	58	9,7	3,7	30.000	192	27,3	10,6
1.000	64	10,4	4,2	40.000	208	30,2	11,4
2.000	81	12,7	4,9	50.000	222	32,6	11,9

Tabel 2.3: Lanjutan.

Bobot	Panjang Loa (m)	Lebar	Draft (m)	Bobot	Panjang Loa (m)	Lebar (m)	Draft (m)
Kapal Barang (DWT)				Kapal Barang Curah (DWT)			
3.000	92	14,2	5,7	70.000	244	37,8	13,3
5.000	109	16,4	6,8	90.000	250	38,5	14,5
8.000	126	18,7	8,0	100.000	275	42,0	16,1
10.000	137	19,9	8,5	150.000	313	44,5	18,0
20.000	177	23,4	10,0	1.000	73	14,3	3,7
30.000	186	27,1	10,9	2.000	90	16,2	4,3
40.000	201	29,4	11,7	3.000	113	18,9	4,9
50.000	216	31,5	12,4	4.000	127	20,2	5,3
Kapal Minyak (DWT)				6.000	138	22,4	5,9
700	50	8,5	3,7	8.000	155	21,8	6,1
1.000	61	9,8	4,0	10.000	170	25,4	6,5
2.000	77	12,2	5,0	13.000	188	27,1	6,7
3.000	88	13,8	5,6	Kapal Peti Kemas (DWT)			
5.000	104	16,2	6,5	20.000	201	27,1	10,6
10.000	130	20,1	8,0	30.000	237	30,7	11,6
15.000	148	22,8	9,0	40.000	263	33,5	12,4
				50.000	280	35,8	13,0

Tabel 2.4: Dimensi kapal pada pelabuhan (Triatmodjo, 2009).

Tipe Pelabuhan	Dimensi Kapal			Panjang Dermaga (m)
	Bobot (DWT)	Draft (m)	Panjang (m)	
1. <i>Gate way part</i>				
a. Kapal Kontainer	15.000-25.000	9,0-12,0	175-285	300
b. Kapal barang umum	8.000-20.000	8,0-10,0	135-185	200
c. Kapal barang dr collector part	5.000-7.000	7,5	100-130	150
d. Kapal Penumpang	3.000-5.000	5,0-6,0	100-135	165
2. <i>Collector Part</i>				
Kapal barang				
a. Dari Pelabuhan Pengumpul	5.000-7.000	7,5	100-130	150
b. Dari Pelabuhan Cabang	500-3.000	4,0-6,0	50-90	110
3. <i>Trunk Port</i>				
a. Kapal barang				
- Dari Pelabuhan Pengumpul	500-3.000	4,0-6,0	50-90	110
- Dari Pelabuhan Feeder	500-1.000	6,0		75
b. Kapal Perintis	700-1.000	6,0		75

Tabel 2.4: *lanjutan.*

Tipe Pelabuhan	Dimensi Kapal			Panjang Dermaga (m)
	Bobot (DWT)	Draft (m)	Panjang (m)	
4. <i>Feeder port</i>				
a. Kapal barang	< 1000	6,0		
b. Kapal perintis	500-1.000	6,0		75

2.3.2 Gaya Tarik Kapal

Gaya tarik kapal yang terjadi pada bollard ditentukan dengan bobot kapal yang bertambat, dirumuskan sebagai berikut:

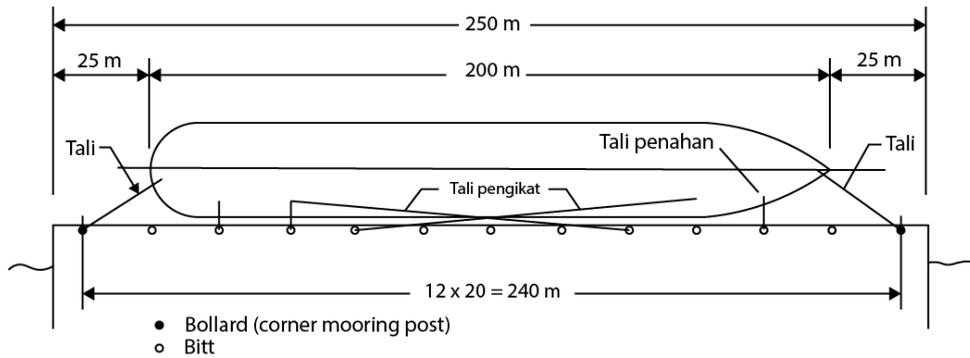
$$= \frac{\dots \dots \dots}{\dots \dots \dots} \quad (2.10)$$

2.4 *Bollard*

2.4.1 Pengertian *Bollard*

Bollard adalah fasilitas pada pelabuhan dan dermaga yang berfungsi sebagai alat penambat yang digunakan oleh kapal pada saat akan bertambat ataupun merapat. selain itu *bollard* dapat digunakan untuk mengarahkan kapal atau untuk membelok / memutar kapal terhadap ujung dermaga atau dolphin (Triatmodjo, 2009)

Bollard ditanam pada dermaga dengan menggunakan baut yang dipasang melalui pipa yang ditempatkan didalam beton. Jadi dengan cara tersebut memungkinkan untuk mengganti baut jika mengalami kerusakan. *bollard* terbuat dari bahan besi cor (*cast iron*). Pada ujung atas *bollard* dibuat tertutup dan lebih besar guna dapat menghalangi keluarnya tali kapal yang akan diikatkan pada *bollard*. Kapal yang berlabuh yang ditambatkan ke dermaga dengan cara mengikatkan tali-tali penambat ke bagian haluan, buritan, dan badan kapal. Gambar 2.9 merupakan penunjukkan metode pengikatan kapal ke dermaga. Tali yang diikatkan pada alat penambat dikenal dengan nama *bitt*. *Bitt* yang berukuran besar disebut *bollard*.



Gambar 2.9: Metode pengikatan kapal ke dermaga (Triatmodjo, 2009).

Bitt digunakan untuk mengikat kapal pada saat cuaca normal. Sedangkan *bollard* tidak hanya pada kondisi cuaca normal tetapi cuaca badai juga dapat mampu mengarahkan kapal untuk merapatkan ke dermaga. Agar tidak mengganggu kelancaran aktifitas di dermaga (bongkar muat barang) maka tinggi *bollard* tidak boleh melebihi 50 cm.

Tabel 2.5: Penempatan Bitt (Triatmodjo, 2009).

Ukuran Kapal (GRT)	Jarak Maksimum (m)	Jumlah Min./tambahan
~ 2.000	10 - 15	4
2.001 - 5.000	20	6
5.001 - 20.000	25	6
20.001 - 50.000	35	8
50.001 - 100.000	45	8

Tabel 2.6: Gaya Tarik *Bollard* (Triatmodjo, 2009).

Bobot Kapal (GRT)	Gaya Tarik Pada Bollard	Gaya Tarik Pada Bitt
200-500	15	15
501-1.000	25	25
1.000-2.000	35	25
2.001-3.000	35	35
3.001-5.000	59	35
5.001-10.000	70	50(25)
10.001-15.000	100	70(25)
20.001-50.000	150	100(35)
50.001-100.000	200	100(50)

Catatan : Nilai dalam kurung untuk gaya pada tambatan yang dipasang disekitar tengah kapal yang memiliki tidak lebih dari 2 tali penambat.

2.4.2 Jenis *Bollard*

Bollard memiliki bentuk yang berbeda – beda, begitu juga namanya yang berbeda – beda. Berikut beberapa jenis bentuk dari *bollard* :

a. Bitt Bollard

Bitt bollard juga disebut dengan straight bollard karena bentuknya yang statis dengan pembatas di atasnya berbentuk bulat.

b. Tee Bollard

Tee bollard ini juga disebut dengan bollard jamur karena bentuk yang menyerupai jamur. Tee bollard juga berbahan dasar cor logam (besi cor)

c. Curve Bollard

Jenis bollard ini disebut juga dengan harbor bollard. Jenis bollard ini banyak yang menamakannya cocor bebek.

Pada Dermaga C pelabuhan Dumai, Katalog yang dipakai pada *bollard* (PT Kemenangan The Manufacturer of Keman Rubber) yaitu:

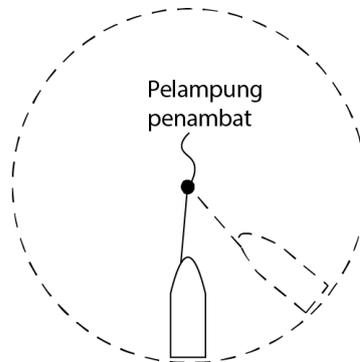
1. Keman Harbour Bollard
2. Keman Bitt Bollard
3. KR-Bollard (Tee Bollard)
4. Staghorn Bollard

2.4.3 Pelampung Penambat (*mooring buoy*)

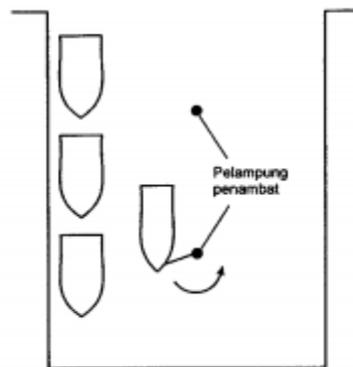
Pelampung penambat terletak di dalam kolam pelabuhan atau ditengah laut. Kapal yang akan melakukan bongkar muat tidak selalu dapat merapat ke dermaga, karena ada kapal lainnya yang sedang melakukan bongkar muat. Dengan demikian kapal tersebut harus menunggu diluar dermaga untuk berhenti. Bila kapal berhenti diluar lindungan pemecah gelombang, kapal dapat berlabuh dengan membuang jangkar sendiri. Kapal tidak dianjurkan untuk berlabuh diluar dari pelindung pemecah gelombang karena airnya tidak selalu tenang.

Selain sebagai pengikat kapal, pelampung penambat dipakai sebagai penolong untuk berputarnya kapal. Ditempat sempit, berputarnya kapal dapat membahayakan kapal lainnya. Untuk mengurangi resiko tersebut, diletakkan antara dua pier dipasang dengan pelampung yang dapat dipakai sebagai pembantu

berputarnya kapal. Pelampung penambat juga dapat dipakai sebagai pembantu pengereman.

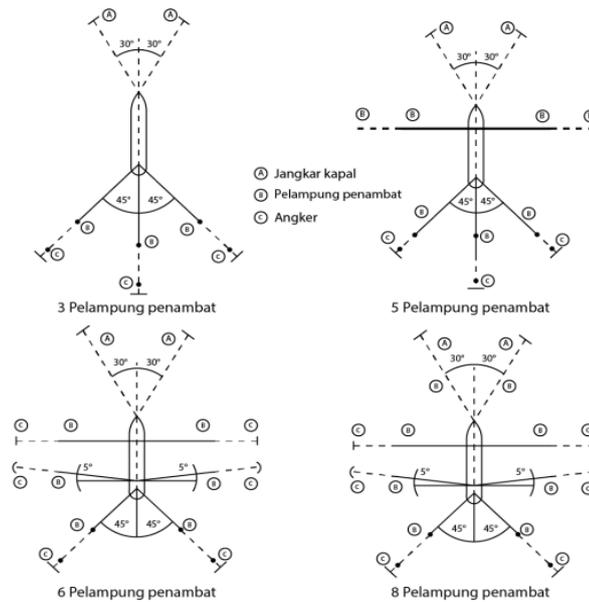


Gambar 2.10: Putaran kapal terhadap penumpang (Triatmodjo, 2009).



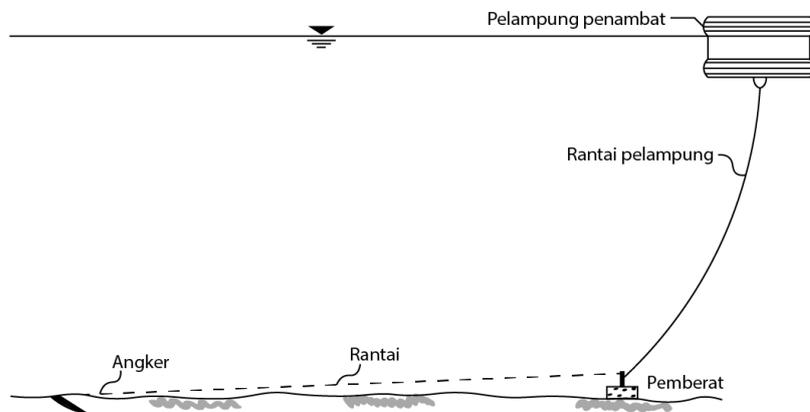
Gambar 2.11: Pelampung untk membelok (Triatmodjo, 2009).

Penambatan kapal bisa dilakukan dengan jangkarnya sendiri atau dengan seeklompok pelampung atau kombinasi antara jangkar dan pelampung. Jumlah pelampung penambat di liat dari ukuran kapal, angin, arus, gelombang, keadaan dasar laut dan pertimbangan ekonomi. Pada Gambar 2.12 menunjukkan beberapa cara penambatan yang terdiri dari tiga sampai delapan penampung ditambah dengan jangkar sendiri yang diletakkan dengan membentuk sudut 30° atau 45°



Gambar 2.12: Cara penambatan kapal.

Pelampung penambat terdiri dari berbagai komponen yaitu pelampung penambat, beton pemberat, jangkar, dan rantai antara jangkar dan pelampung yang ditunjukkan pada Gambar 2.13.



Gambar 2.13: Pelampung Penambat (Triatmodjo, 2009).

2.5 Hubungan Tegangan dan regangan

2.5.1 Tegangan (*Stress*)

Tegangan adalah besaran gaya yang bekerja pada satuan luas permukaan benda yang dikenakan gaya. Secara matematis definisi tegangan dapat dituliskan pada persamaan 2.11

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (2.11)$$

Tegangan dibagi menjadi dua macam, yaitu tegangan normal dan tegangan geser. Tegangan normal adalah tegangan yang bekerja tegak lurus pada permukaan benda (), sedangkan tegangan geser merupakan tegangan yang bekerja sejajar dengan permukaan benda () (Sutikno, 2011).

2.5.2 Regangan (*Strain*)

Regangan (*strain*) merupakan perbandingan antara penambahan panjang benda L terhadap panjang mula – mula L yang dirumuskan sebagai berikut:

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L} \quad (2.12)$$

Regangan dapat dikatakan sebagai tingkat deformasi yang dapat memanjang, memendek, membesar dan mengecil (Sembiring, 2021).

2.5.3 Perpindahan (*Deformasi*)

Deformasi adalah perpindahan benda yang terjadi dikarenakan adanya gaya yang bekerja. *Deformasi* dapat terbagi menjadi dua, yaitu *deformasi* elastis dan *deformasi* plastis.

a. Deformasi Elastis

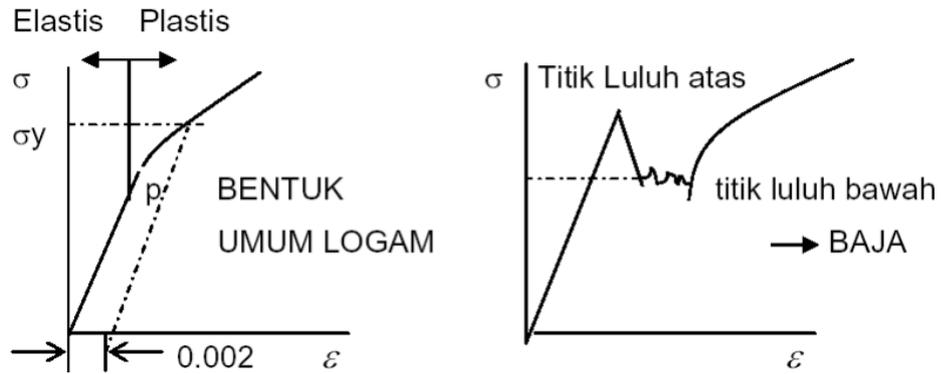
Besarnya benda mengalami deformasi atau regangan dapat tergantung dengan besarnya tegangan yang diterima. Pada sebagian besar material, tegangan dan regangan adalah proposional dengan hubungan

$$\delta = \varepsilon.L \quad (2.13)$$

terjadi akibat adanya beban yang ditiadakan, maka material akan kembali pada ukuran semula.

b. Deformasi Plastis

Jika bahan yang diuji melewati dari batas elastis, bentuk ini tidak akan kembali lagi pada ukuran semula.



Gambar 2.14: Titik luluh.

Pada tinjauan mikro deformasi plastis mengakibatkan putusya ikatan atom dengan atom yang lainnya, sehingga membentuk ikatan baru. Jika beban dilepaskan, maka atom ini tidak dapat kembali pada ikatan awalnya (Sembiring, 2021).

2.5.4 Modulus Elastisitas (Modulus Young)

Selama gaya F bekerja pada benda elastis tidak melampaui batas elastisitasnya, maka perbandingan antara tegangan (σ) dengan regangan (ϵ) menjadi konstan. Bilangan (konstanta) disebut modulus elastisitas atau modulus young (E). dalam perumusan 2.14, modulus elastisitas merupakan perbandingan antara tegangan dengan regangan yang terjadi oleh suatu benda.

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} \quad (2.14)$$

Nilai modulus young untuk beberapa jenis bahan ditunjukkan pada tabel 2.7

Tabel 2.7: Modulus Young Beberapa Jenis Bahan.

Bahan	Modulus Young (Pa)
Aluminium	7×10^{10}
Bahan	Modulus Young (Pa)
Baja	20×10^{10}

Tabel 2.7 : *lanjutan.*

Bahan	Modulus Young (Pa)
Besi	21×10^{10}
Karet	$0,05 \times 10^{10}$
Kuningan	9×10^{10}
Nikel	21×10^{10}
Tembaga	11×10^{10}
Timah	$1,6 \times 10^{10}$
Beton	$2,3 \times 10^{10}$
Kaca	$5,5 \times 10^{10}$
Wolfram	41×10^{10}

2.5.5 Kekuatan Luluh (*Yield Strenght*)

Yield Strenght (kekuatan luluh) merupakan tegangan minimum ketika suatu material kehilangan sifat elastisnya. Luluh yang terjadi pada material jika tegangan yang di desain melebihi kekuatan luluhnya. Tegangan desain dapat ditentukan dari kriteriaan Von mises yang merupakan persamaan yang didapat dengan metode elemen hingga (Sembiring, 2021).

2.6 *Finite Element Method* (FEM)

Finite Element Method (FEM) atau metode elemen hingga adalah metode numerik berbasis komputer untuk memecahkan masalah teknik dalam geometri bidang atau volume yang geometri tersebut dibagi menjadi elemen-elemen (Cornelis, 2017). Secara sistematis, FEM didefinisikan sebagai teknik numerik untuk menyelesaikan problem yang dinyatakan dalam persamaan diferensial (Naradiagung, 2009).

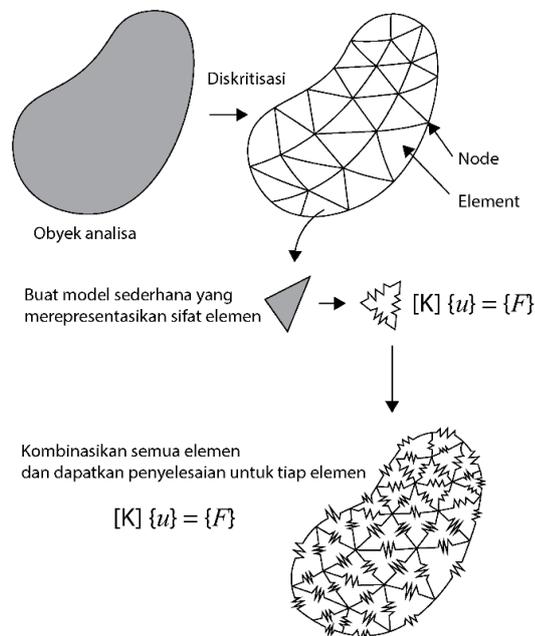
Langkah awal simulasi menggunakan elemen hingga adalah dengan membagi (*dicretizing*) struktur/sistem menjadi beberapa elemen-elemen yang berhingga (*mesh*) yang dihubungkan pada titik-titik sudut yang disebut *nodal* atau *node* yang

mengikat satu sama lain. (Naradiagung, 2009) menjelaskan langkah-langkah dalam FEM bisa diringkas sebagai berikut:

1. Membagi objek analisa ke dalam elemen elemen kecil.
2. Melakukan modelisasi sederhana yang berlaku untuk setiap elemen.
3. Membuat formula sederhana untuk setiap elemen.
4. Mengkombinasikan seluruh elemen dan membuat persamaan simultan yang mencakup semua variabel seperti pada Pers. 2.15.

$$[K] \{u\} = \{F\} \quad (2.15)$$

Langkah-langkah tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.15.



Gambar 2.15: Konsep dasar pembagian suatu benda menjadi beberapa elemen (Naradiagung, 2009).

Digunakan perangkat lunak komputer *Solidworks* untuk menggambarkan dan menganalisis model fender yang diteliti. Tahap penggunaan perangkat lunak *solidworks* adalah sebagai berikut:

1. Menggambar/ membuat model yang akan disimulasikan,
2. Menentukan jenis analisis yang akan dihitung,
3. Menentukan jenis material model yang telah digambar,

4. Menentukan titik tumpu pada model,
5. Memasukkan besarnya beban yang akan disimulasikan,
6. Proses *meshing* (membagi model menjadi elemen-elemen sederhana).
7. Melakukan analisis oleh perangkat lunak dengan hasil akhir yang diperoleh berupa *stress* (tegangan) dan *displacement* (deformasi).

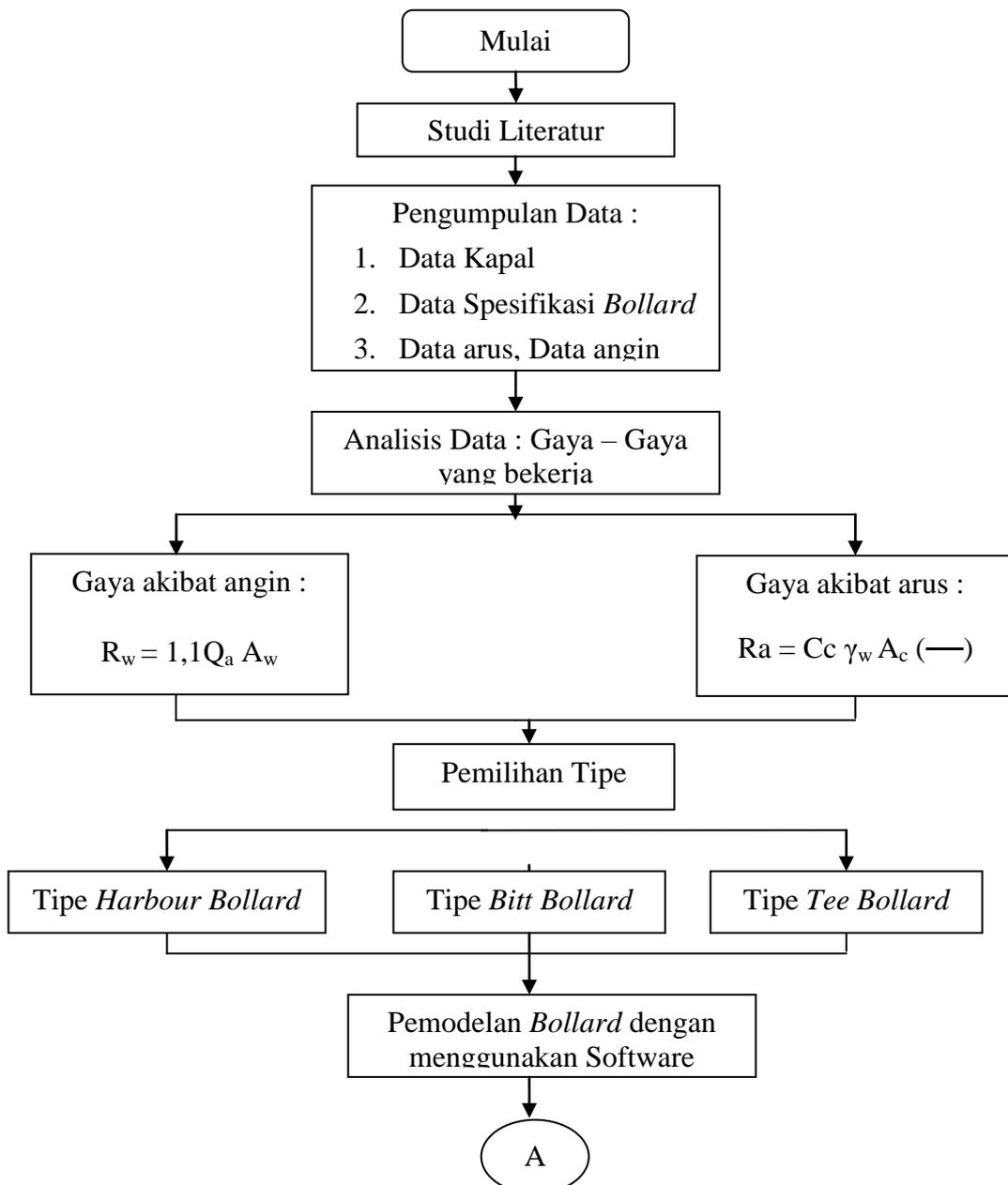
Masing-masing hasil akhir yang diperoleh menggunakan perangkat lunak solidworks berupa gambar dengan nilai perhitungan maksimum ditunjukkan dengan warna merah dan nilai minimum ditunjukkan dengan warna biru. Untuk analisis Faktor Keamanan (*Factor Of Safety*) model dinyatakan layak digunakan jika hasilnya diatas satu (>1) sebaliknya model dinyatakan tidak layak digunakan jika hasil yang dimiliki dibawah satu (<1).

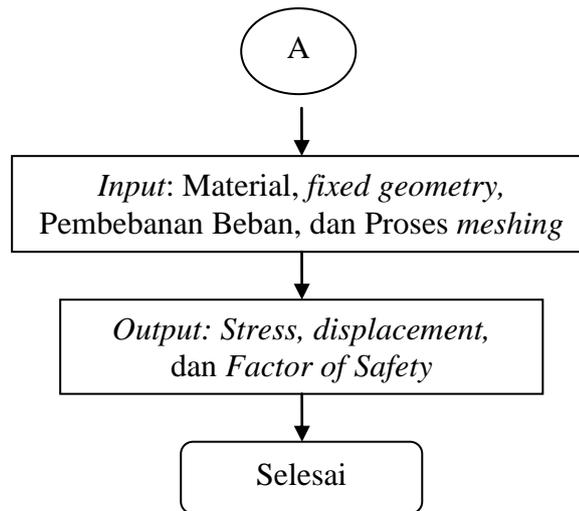
BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Dalam penelitian ini penulis membuat flowchart perencanaan dan analisis *Bollard* yang dilakukan dengan beberapa tahapan. Dimana tahapan tersebut tertera pada Gambar 3.1





Gambar 3.1: Diagram Alir.

3.2 Studi Literatur

Pada penelitian ini penulis mengumpulkan data melalui literatur – literatur yang berhubungan dengan penelitian untuk mendapatkan teori, konsep dan metode pengerjaan.

3.3 Pengumpulan Data

Pada tahap ini penulis mengumpulkan data yang sesuai dengan penelitian yang ditinjau, yaitu data arus, data angin, data kapal, dan data tipe bollard. Yang nantinya data tersebut akan dianalisa.

3.3.1 Data Kapal

Kapal yang bertambat adalah kapal Curah Kering dengan kapasitas 50.000 DWT.

- Type Kapal : Isa Express (Kapal Curah Kering)
- Panjang Kapal (Loa) : 185,74 m
- Lebar Kapal (B) : 30,43 m
- Tinggi Kapal (h) : 16,5 m
- Full Draft (d) : 6,6 m

3.3.2 Data Arus

Data arus dibutuhkan dalam perencanaan gaya pada bollard. Data ini didapatkan hasil dari perhitungan data angin. Maka didapat kecepatan arus ialah 0,484 m/detik.

$$\begin{aligned}V_{\text{arus}} &= 0,044 \times V_{\text{angin}} \\ &= 0,044 \times 25,3 \\ &= 1,1 \text{ m/detik}\end{aligned}$$

3.3.3 Data Angin

Data angin yang digunakan dalam analisis adalah kecepatan angin maksimal yang didapatkan oleh BMKG yang diberikan oleh PT Pelabuhan Indonesia 1 Persero. Data ini diperoleh dari BMKG Stasiun Meteorologi Sultan Syarif Kasim II. Ketentuan Peraturan Muatan Indonesia untuk gedung, 1981 (PMI, 1981), tekanan tiup harus diambil minimum 40 kg/m^2 yaitu setara dengan 25,3 m/d.

3.4 Analisa Data: Gaya óGaya yang bekerja

Pada tahap ini hasil dari pengumpulan data yang sudah ada, penulis melakukan analisis data dengan gaya – gaya yang bekerja pada kapal, baik itu gaya tarik kapal, gaya akibat arus, dan juga gaya akibat angin. Analisis data ini dilakukan berdasarkan buku acuan Perencanaan Pelabuhan. Hasil gaya yang didapatkan yaitu sebesar $T = 82,8 \text{ Ton}$. Pada katalog spesifikasi yang diambil ialah 100 Ton. Perhitungan hasil ini dapat dilihat pada lampiran 1.

3.5 Pemodelan *Bollard*

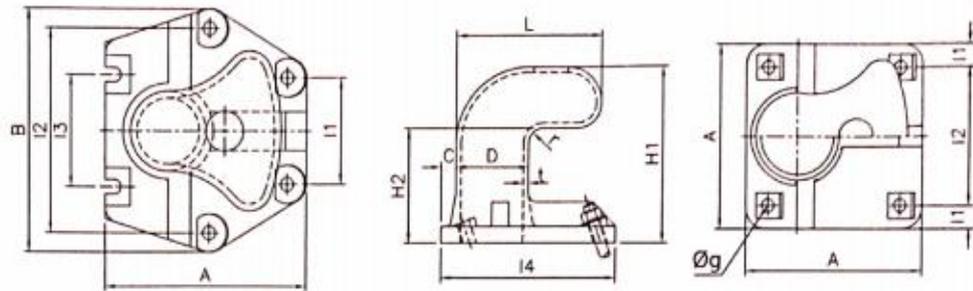
Setelah pemilihan tipe *bollard* sudah sesuai dengan yang direncanakan, maka tahap selanjutnya dilakukan dengan software elemen hingga, yang mana pada software tersebut dilakukannya pemodelan *Bollard*. Pemodelan yang di desain sesuai dengan spesifikasi Katalog yang dipakai pada *bollard*.

3.5.1 Pemodelan *Bollard* Tipe Harbour

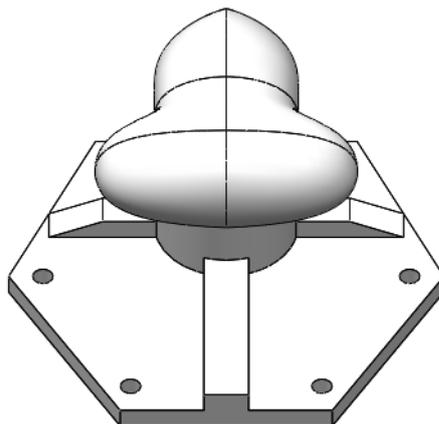
Pemodelan ini dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak komputer. Dimana desain dan ukuran diambil dari catalog yang digunakan PT Pelabuhan Indonesia 1 pada *bollard* di dermaga C Pelabuhan Dumai seperti pada tabel dan Gambar dibawah ini.

Tabel 3.1: Katalog *Bollard* Tipe Harbour.

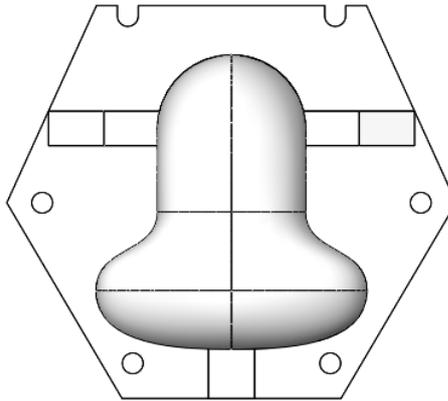
CAPACITY (Ton)	DIMENSION (mm)														ANCHO R BOLT (Ø-Qty)	WEIGHT (Kg)
	D	H1	H2	T	L	A	B	C	I1	I2	I3	I4	Øg			
100	450	990	630	39	900	1200	1365	150	600	1150	630	1200	75	W2 ^{1/2} x 6	1670	



Gambar 3.2: Katalog Desain *Bollard* tipe Harbour.



Gambar 3.3: Tampak Depan *Bollard* tipe Harbour.



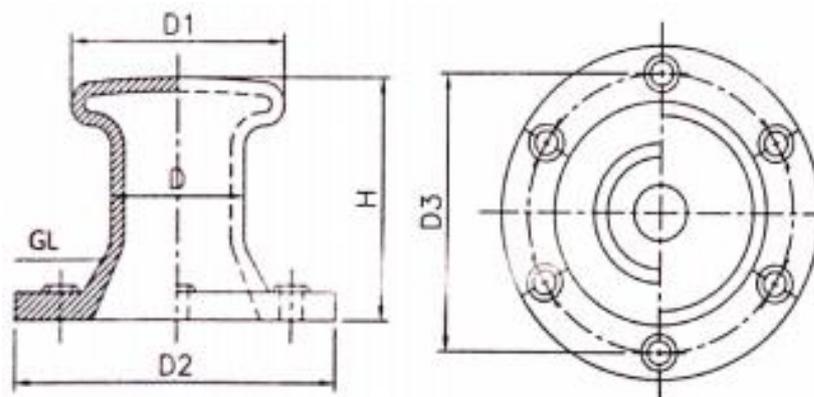
Gambar 3.4: Tampak Atas *Bollard* tipe Harbour.

3.5.2 Pemodelan *Bollard* tipe Bitt

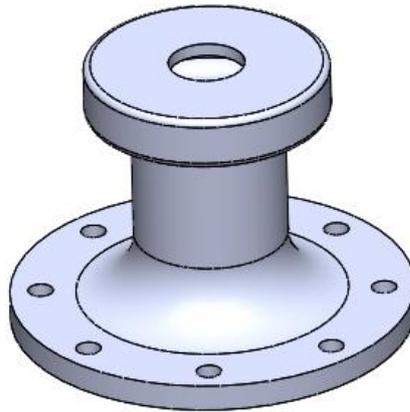
Pemodelan ini dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak komputer. Dimana desain dan ukuran diambil dari catalog yang digunakan PT Pelabuhan Indonesia 1 pada *bollard* di dermaga C Pelabuhan Dumai seperti pada tabel dan Gambar 3.2 dibawah ini.

Tabel 3.2: Katalog *Bollard* Tipe Bitt

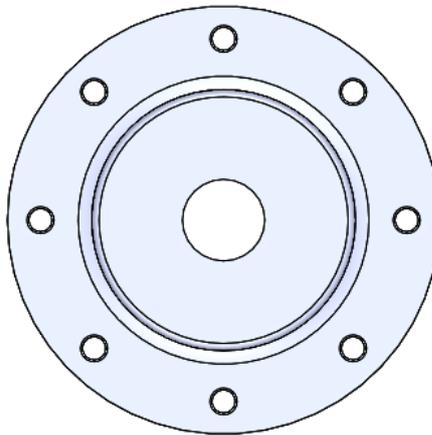
CAPACITY (Ton)	POST			BASE		ANCHOR BOLT (Ø-Qty)	WEIGHT (Kg)	Øg
	D	D1	H	D2	D3			
100	450	720	833	1180	1000	W2 ^{1/2} ” x 8	820	74



Gambar 3.5: Ukuran *Bollard* tipe Bitt.



Gambar 3.6: Tampak Depan *Bollard* tipe Bitt.



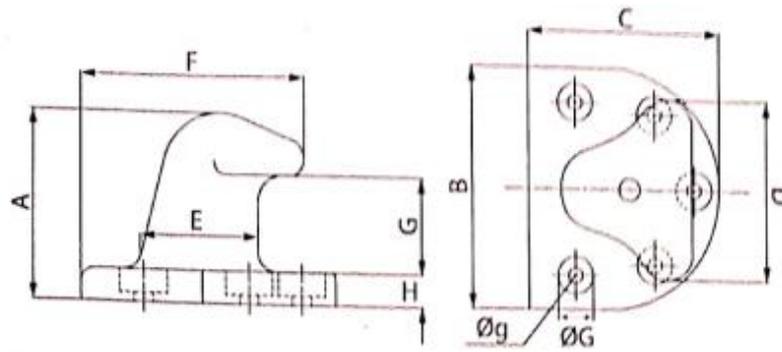
Gambar 3.7: Tampak Atas *Bollard* tipe Bitt.

3.5.3 Pemodelan *Bollard* Tipe Tee

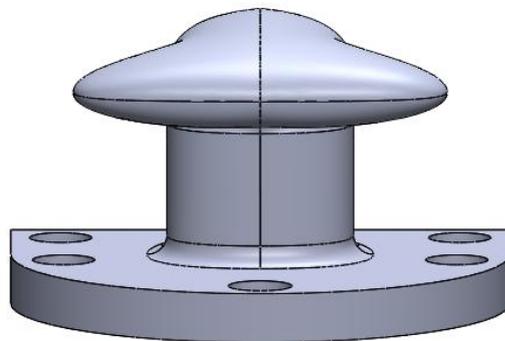
Pemodelan ini dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak komputer. Dimana desain dan ukuran diambil dari catalog yang digunakan PT Pelabuhan Indonesia 1 pada *bollard* di dermaga C Pelabuhan Dumai seperti pada tabel dan Gambar dibawah ini.

Tabel 3.3: Katalog *Bollard* Tipe Tee

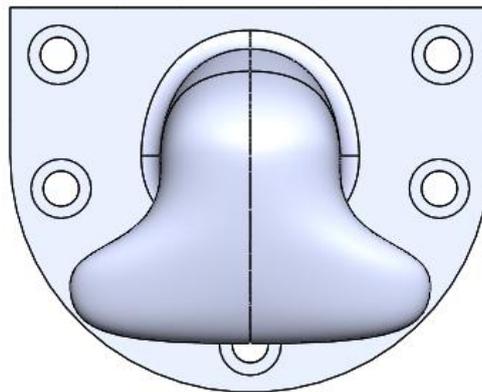
CAPACITY (Ton)	A	B	C	D	E	F	G	H	ØG	Ø g	ANCHOR BOLT (Ø- Qty)	WEIGHT (Kg)
100	600	1000	813	750	374	710	306	100	125	75	W2 ^{1/2} ” x 7	650



Gambar 3.8: Ukuran *Bollard* tipe Tee.



Gambar 3.9: Tampak Depan *Bollard* tipe Tee.

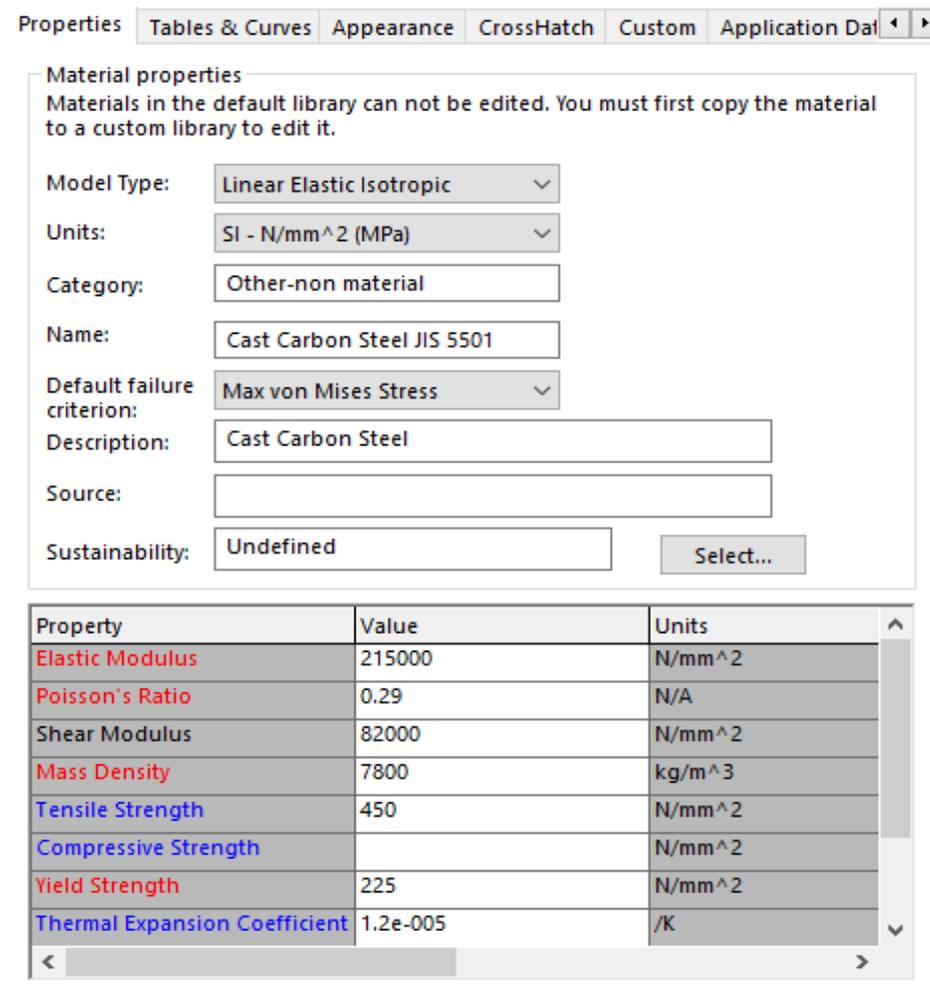


Gambar 3.10: Tampak Atas *Bollard* tipe Tee.

3.6 Input Pemodelan

Data material *Bollard* yang digunakan dalam perencanaan *bollard* ini, antara lain:

- Material : Cast Steel JIS 5101
- Elastic Modulus : 2.15e+011 N/mm²
- Poisson's Ratio : 0,29 N/A
- Shear Modulus : 8,2e+004 N/mm²
- Mass Density : 7800 Kg/m³
- Tensile Strength : 4,5e+008 N/mm²
- Yield Strength : 225 N/m²
- Thermal expansion : 1,2e-005 /K

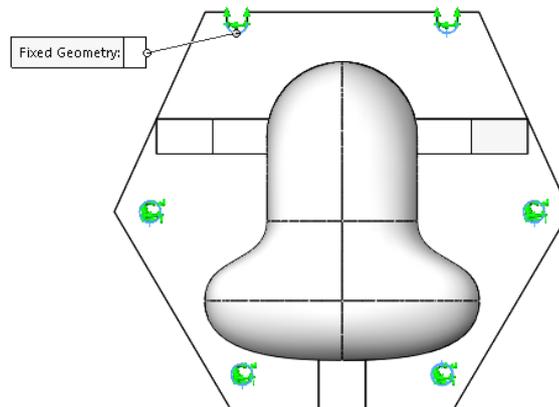


Gambar 3.11: Input Material *Bollard* pada Software.

3.7 Fixtures Advisor

3.7.1 *Bollard tipe Harbour*

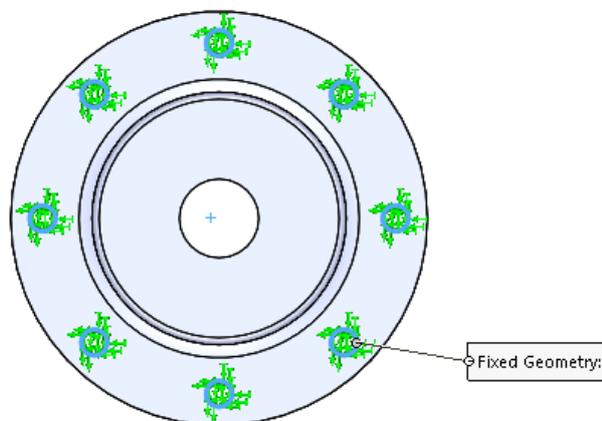
Fixed Advisor yaitu langkah untuk menentukan titik tumpuan sehingga tidak terjadinya pergeseran. Baut diasumsikan sebagai tumpuan, maka dari itu *fixed geometry*/jepit dipilih dikarenakan bollard diam di dermaga. Tumpuan jepit diletak di setiap lubang baut seperti pada Gambar 3.12.



Gambar 3.12: Penerapan Tumpuan Jepit Pada *Bollard tipe Harbour*

3.7.2 *Bollard tipe Bitt*

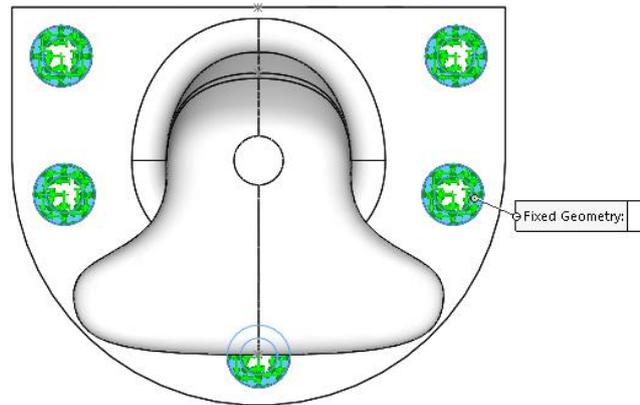
Perletakkan tumpuan jepit terletak di setiap lubang pada model, seperti pada Gambar 3.13



Gambar 3.13: Penerapan tumpuan jepit pada *bollard tipe Bitt*.

3.7.3 *Bollard tipe Tee*

Pada langkah ini perletakkan jepit terletak di setiap lubang pada model, seperti pada Gambar 3.14.

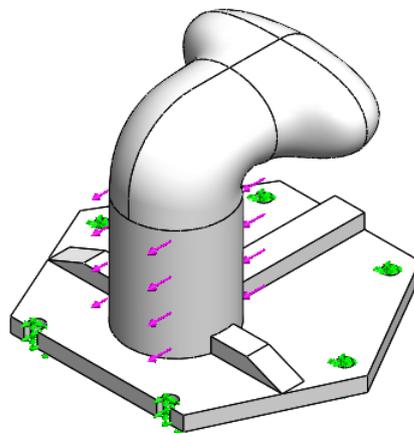


Gambar 3.14: Penerapan tumpuan jepit pada *bollard* tipe Tee.

3.8 Pembebanan Beban

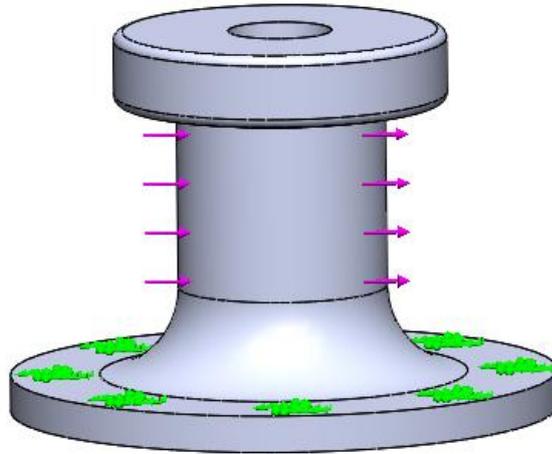
Dari hasil analisis yang sudah dilakukan pada lampiran 1, di dapat beban yang diterima oleh *Bollard* melalui perhitungan gaya tarik kapal (*Mooring Force*) yaitu sebesar $811.990,62 \text{ N/mm}^2$.

3.8.1 *Bollard tipe Harbour*



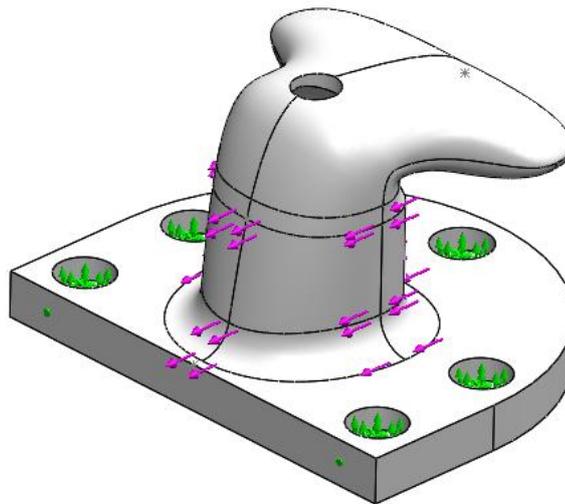
Gambar 3.15: Penerapan beban pada *Bollard* tipe Harbour.

3.8.2 *Bollard tipe Bitt*



Gambar 3.16: Penerapan beban pada *Bollard tipe Bitt*.

3.8.3 *Bollard tipe Tee*



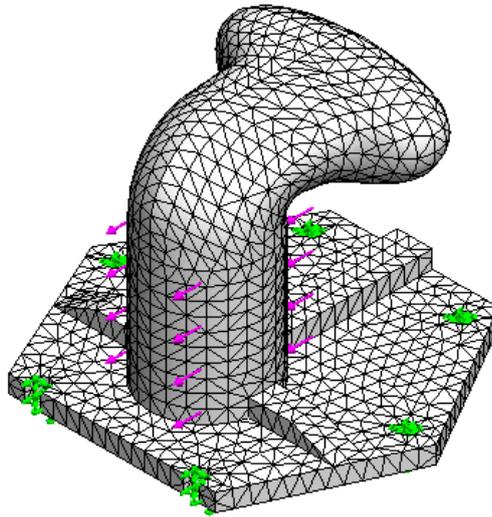
Gambar 3.17: Penerapan beban pada *Bollard tipe Tee*.

3.9 Meshing

Meshing adalah proses simulasi dengan membagi geometri menjadi elemen – elemen sederhana. Tingkat akurasi dari hasil simulasi dipengaruhi oleh kualitas *mesh* yang dibuat. Semakin kecil ukuran elemen yang dibuat pada saat *mesh*, semakin baik kualitas *mesh* yang akan dihasilkan. Pada langkah ini *meshing* dilakukan secara *default* dengan tidak mengatur ukuran dari *meshing* tersebut.

3.9.1 *Meshing* pada *Bollard* tipe Harbour

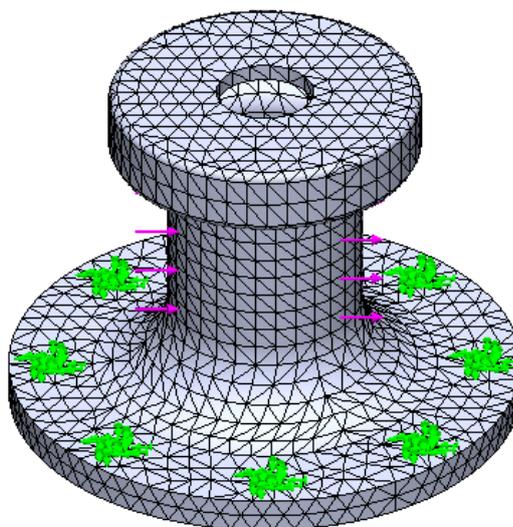
Hasil dari penerapan *meshing* *Bollard* tipe Harbour pada *software Solidworks* dapat dilihat sebagai berikut.



Gambar 3.18: Penerapan *Meshing* pada *Bollard* tipe Harbour.

3.9.2 *Meshing* pada *Bollard* tipe Bitt

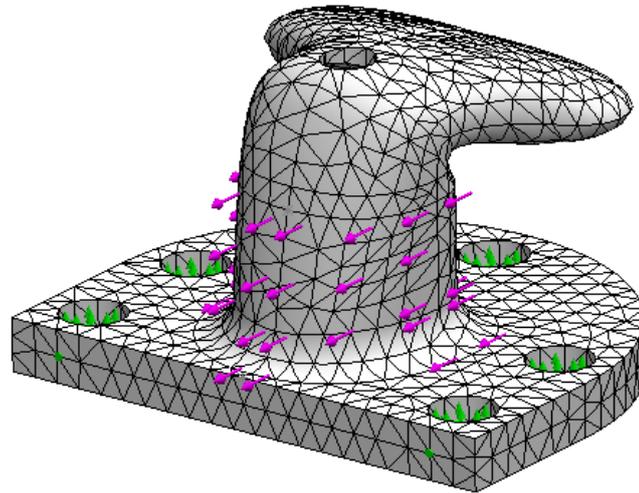
Pada tahap ini merupakan penerapan *meshing* pada *bollard* tipe bitt. Dapat dilihat pada Gambar 3.19 sebagai berikut.



Gambar 3.19: Penerapan *Meshing* pada *Bollard* tipe bitt.

3.9.3 Meshing pada *Bollard* tipe Tee

Pada tahap ini merupakan penerapan *meshing* pada *bollard* tipe Tee. Dapat dilihat pada Gambar 3.20 sebagai berikut.



Gambar 3.20: Penerapan *Meshing* pada *Bollard* tipe Tee.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pemodelan

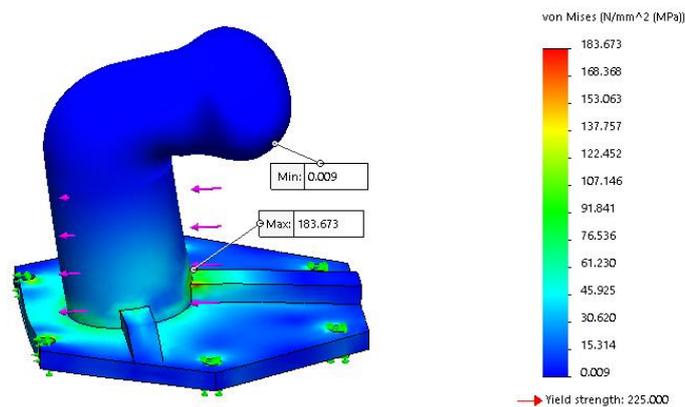
Pada tahap ini hasil pemodelan dari ketiga tipe *bollard* yang dilakukan dapat dilihat perbandingan nilai minimum dan maksimum *stress*, *displacement* dan *Factor of safety*. Dimana hasil pemodelan *Bollard* harus mampu menahan kekuatan tarik yang diberikan oleh kapal bersandar yang terbesar di dermaga C Pelabuhan Dumai. Hasil simulasi akan ditunjukkan dengan simbol gradasi warna yang dibantu dengan penunjukkan arti bilangan terhadap warna.

4.2 *Stress (Tegangan) pada bollard*

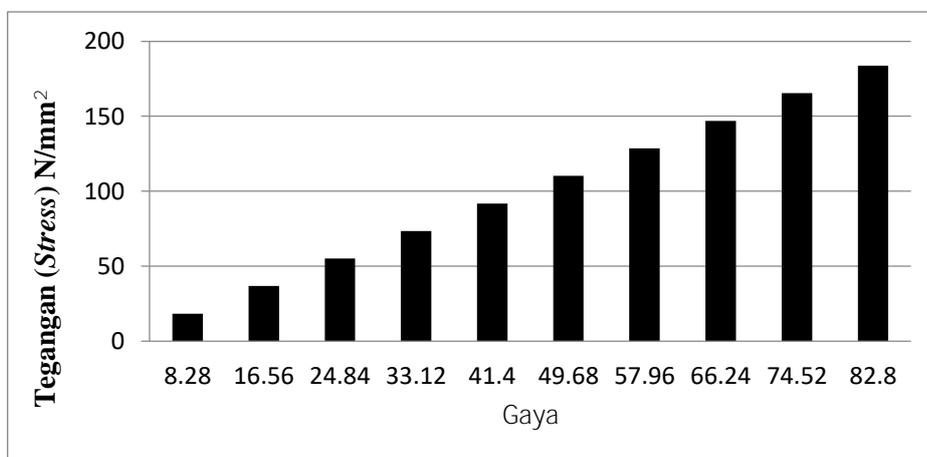
Tegangan merupakan kumpulan dari gaya (force) pada suatu permukaan benda. Semakin sempit permukaan namun gaya tetap, maka tegangannya akan semakin besar. Tegangan maksimum ditunjukkan pada gradasi berwarna merah, tegangan minimum ditunjukkan dengan gradasi berwarna biru. Sedangkan gradasi berwarna kuning, hijau, biru muda, merupakan tegangan sedang. Pada tegangan ini jika gaya P menarik benda, maka tegangannya disebut tegangan tarik (tensile stress), apabila arah gaya P sebaliknya maka tegangan ini dinamakan tegangan tekan (compressive stress). Pada hasil pemodelan ini tegangan yang diizinkan harus lebih besar dari tegangan yang terjadi ($Maximum\ stress < Yield\ Strength$). Pada grafik tegangan terhadap rasio gaya, nilai satu dianggap seratus persen.

4.2.1 Tegangan *Bollard* tipe Harbour

Pada Gambar 4.1 merupakan hasil distribusi tegangan. Hasil pemodelan tersebut dilakukan berdasarkan analisis data pada lampiran 1.



Gambar 4.1: Hasil distribusi tegangan (*Stress*) *bollard* tipe Harbour.



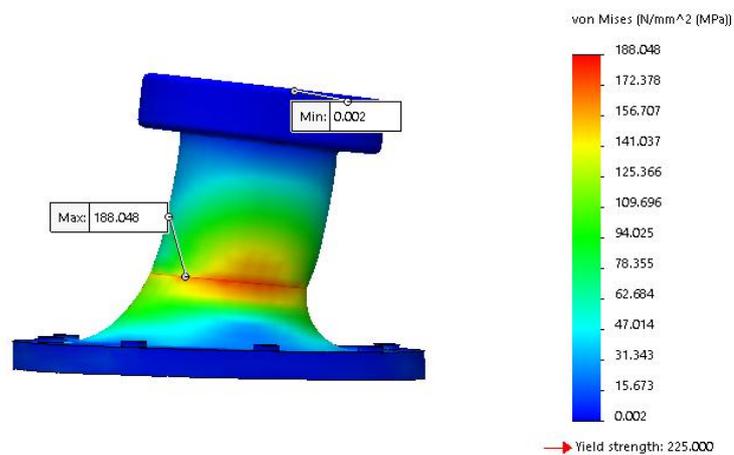
Gambar 4.2: Grafik tegangan terhadap gaya yang bekerja pada *bollard* tipe Harbour.

Pada tahap ini hasil dari beban yang sudah diberikan. Dengan menggunakan analisis statis untuk mengetahui seberapa kuat ketika model diberikan beban. Dengan pengansumsian jepit pada angkur. Dari hasil analisis distribusi pada Gambar 4.1 didapatkan nilai minimum sebesar 0,009 MPa dengan gradasi berwarna biru dan maksimum sebesar 183.673 MPa dengan gradasi berwarna merah. Dapat diketahui bahwa nilai distribusi tegangan maksimum pada tipe Harbour berada dibawah nilai batas izin tegangan kekuatan bahan (*yield strength*) dari sifat material *Cast Steel JIS 5101* sebesar 225 MPa, sehingga dapat dikatakan pemodelan tipe harbour ini aman terhadap gaya yang diberikan. Hasil ini membuktikan bahwasannya *stiffners* pada *bollard* berpengaruh besar terhadap

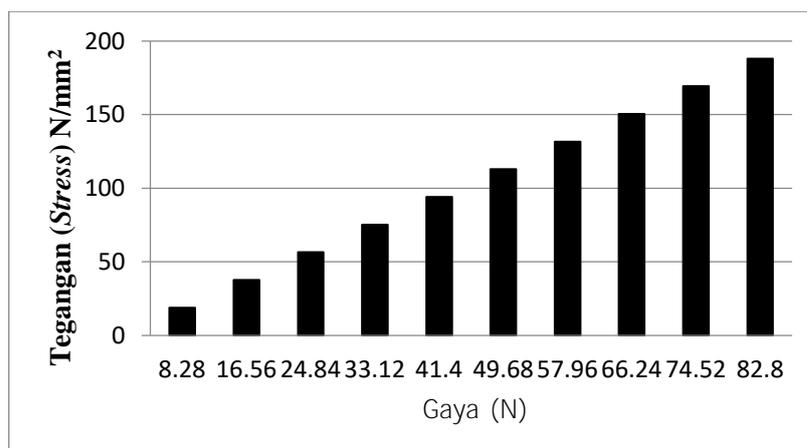
tegangan yang diberikan kapal ketika tali penambat dipasang. Pada Gambar 4.2 merupakan kurva tegangan terhadap gaya yang bekerja. grafik tersebut merupakan hasil dari tegangan yang dianalisis dengan menggunakan software terhadap gaya yang bekerja.

4.2.2 Tegangan *Bollard* tipe Bitt

Pada Gambar 4.3 dibawah ini merupakan hasil dari analisis tegangan setelah diberikannya gaya. Sedangkan Gambar 4.4 merupakan grafik tegangan terhadap gaya yang bekerja.



Gambar 4.3: Hasil distribusi tegangan (*Stress*) *bollard* tipe Bitt.



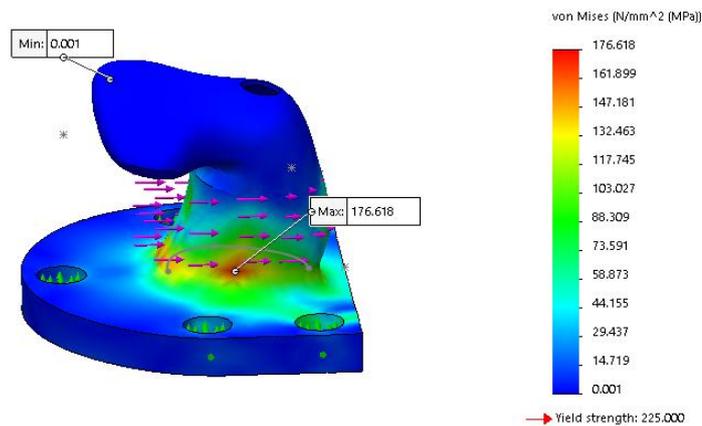
Gambar 4.4: Grafik tegangan terhadap gaya yang bekerja pada *bollard* tipe Bitt.

Pada tahap ini setelah diberikannya beban terhadap model, maka didapat hasil distribusi tegangan dengan melakukan analisis. Dari hasil analisis yang dilakukan pada Gambar 4.3 didapatkan nilai minimum sebesar 0.002 MPa dan nilai maksimum sebesar 188.048 MPa. Nilai tersebut masih dibawah dari batas izin (*yield strength*) pada material, yang dapat dikatakan pada pemodelan ini aman digunakan untuk pemodelan spesifikasi *bollard* 100 Ton. Tidak seperti pada model sebelumnya, model *bollard* tipe bitt ini dapat dilihat dengan kesederhanaanya.

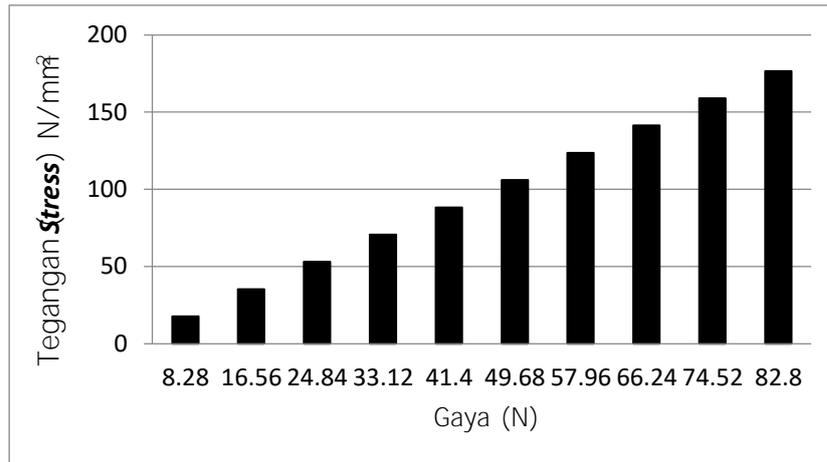
Beban yang terbesar ditumpu pada leher *bollard* dapat dilihat pada Gambar 4.3. Jika hasil dari analisis didapatkan terletak diatas batas izin (*yield strength*) 225 Mpa, maka *bollard* ini akan mengalami kegagalan dan tidak dapat digunakan. Pada pemodelan ini gaya P menarik model bitt *bollard* maka disebut dengan tegangan tarik (*tensile stress*) dengan nilai positif (+). Pada Gambar 4.4 merupakan grafik tegangan terhadap gaya yang bekerja.

4.2.3 Tegangan *Bollard* tipe Tee

Pada Gambar 4.5 menunjukkan hasil simulasi tegangan pada model *bollard* tipe Tee, dengan beban yang diberikan yaitu 811.990,62 N/mm².



Gambar 4.5: Hasil distribusi tegangan (*Stress*) *bollard* tipe Tee.

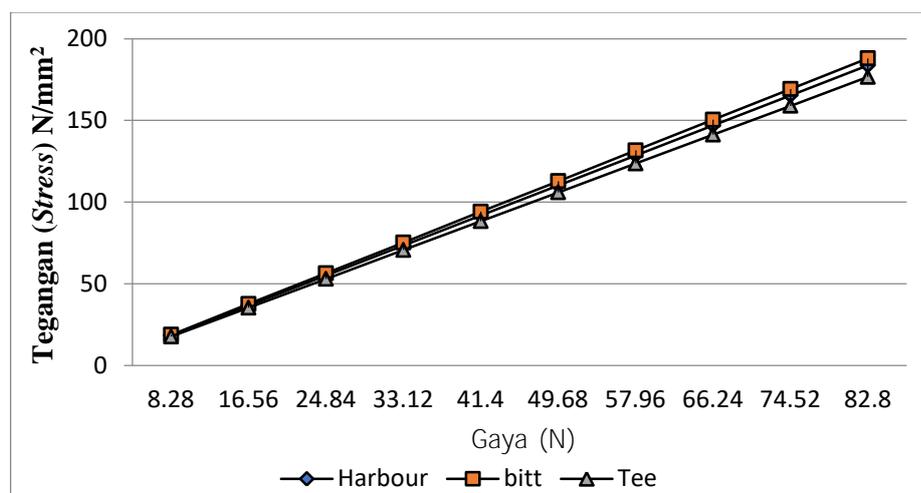


Gambar 4.6: Grafik tegangan terhadap gaya yang bekerja pada *bollard* tipe Tee.

Dari hasil distribusi tegangan dengan melakukan analisis didapatkan pada model *bollard* tipe bitt nilai minimum sebesar 0,001 MPa dan nilai maksimum sebesar 176,618 MPa. Nilai maksimum pada model ini terletak pada leher *bollard* yang ditunjukkan pada gradasi berwarna merah. Pada Gambar 4.6 merupakan grafik tegangan terhadap gaya yang bekerja.

4.2.4 Diagram Perbandingan Tegangan (*Stress*) Antara Tipe *Bollard*

Untuk melihat perbandingan grafik tegangan (*Stress*) antara tipe *bollard* dapat dilihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7: Perbandingan Distribusi Tegangan (*Stress*) Maksimal.

Berdasarkan Gambar 4.7 menunjukkan bahwa *bollard* tipe bitt memiliki nilai maksimum tertinggi dari tipe *bollard* lainnya. Yaitu sebesar 188,048 MPa. Nilai ini masih berada di bawah nilai batas izin kekuatan material (*Yield Strength*) dari sifat material *Cast Steel JIS 5101* sebesar 225 MPa. Hasil tersebut membuktikan bahwa posisi leher pada *bollard* berpengaruh terhadap besarnya tegangan yang diterima pada *bollard*.

Dari hasil analisis yang didapatkan dari ketiga model *bollard* tersebut, Peninjauan kegagalan terhadap *bollard* adalah sebagai berikut:

a. Tipe Harbour *Bollard*

Maximum stress < yield strength

$$183,673 \text{ N/mm}^2 < 225 \text{ N/mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

b. Tipe Bitt *Bollard*

Maximum stress < yield strength

$$188,048 \text{ N/mm}^2 < 225 \text{ N/mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

c. Tipe Tee *Bollard*

Maximum stress < yield strength

$$176,618 \text{ N/mm}^2 < 225 \text{ N/mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

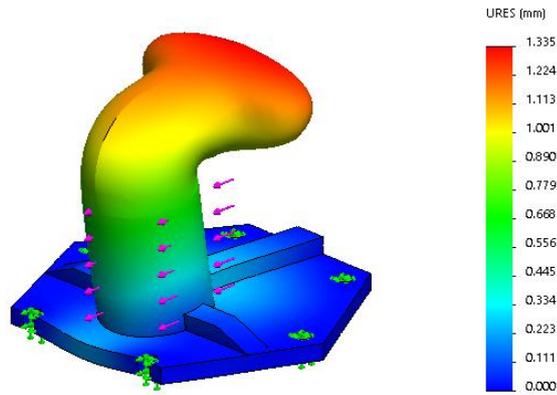
Dari peninjauan diatas maka diketahui hasil analisis pada ketiga tipe *bollard* terhadap gaya yang bekerja sebesar 82,8 Ton dinyatakan aman, dikarenakan tegangan maksimal yang terjadi berada dibawah *yield strength* yaitu sebesar 225 N/mm²

4.3 Perpindahan (*Displacement*)

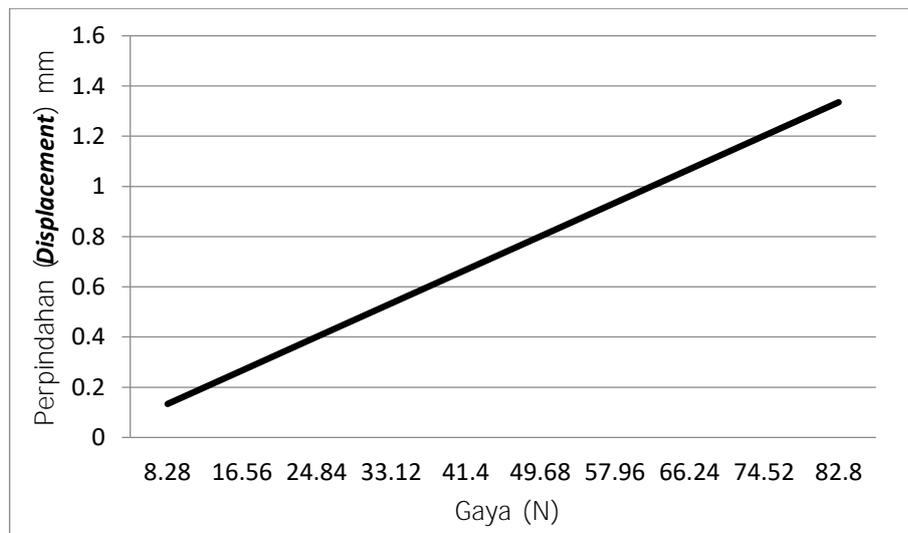
Pada tahap ini dapat dilihat perpindahan yang terjadi dari pemodelan yang telah diberikan *Force* (gaya) berkapasitas 82,8 Ton terhadap *bollard*. Dengan gradasi berwarna merah untuk maksimum dan berwarna biru untuk minimum.

4.3.1 Perpindahan (*Displacement*) *Bollard* tipe Harbour

Gambar 4.8 adalah hasil dari *displacement* yang telah diberikan gaya. Gambar 4.9 merupakan grafik *displacement bollard* tipe harbour.



Gambar 4.8: Hasil distribusi *displacement* pada *Bollard* tipe Harbour.



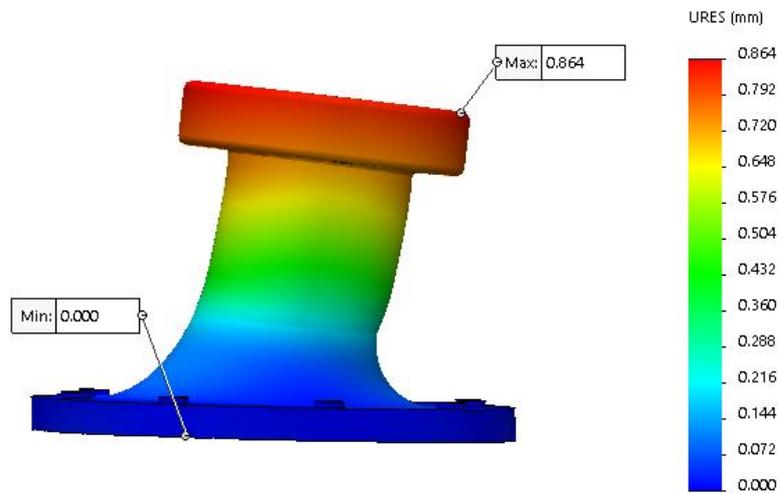
Gambar 4.9: Grafik *displacement bollard* tipe Harbour.

Dari hasil analisis distribusi diatas dengan bertambatnya kapal yang bersandar 50.000 DWT didapatkan nilai minimum sebesar 0,000 mm untuk gradasi berwarna biru dan maksimum sebesar 1,335 mm untuk gradasi berwarna merah. hasil dari pemodelan ini dapat dilihat bagaimana perpindahan (*Displacement*)

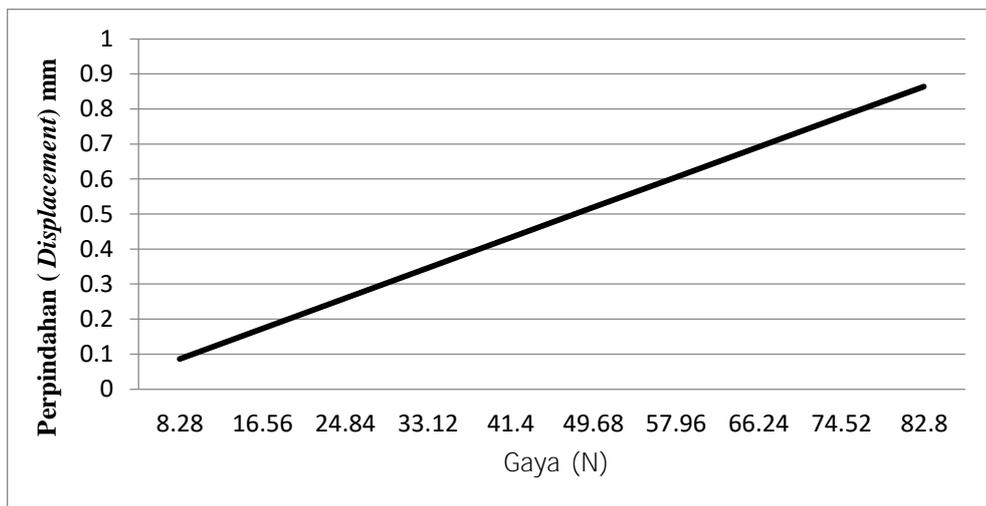
pada *bollard* dengan kapasitas 100 Ton. terlihat pada Gambar 4.8 perpindahan pada model terletak pada kepala *bollard*.

4.3.2 Perpindahan (*Displacement*) *Bollard* tipe bitt

Pada Gambar 4.10 merupakan hasil distribusi *displacement* dengan gaya yang diberikan sebesar $811.990,62 \text{ N/mm}^2$. Gambar 4.11 merupakan hasil dari *displacement* terhadap gaya yang bekerja.



Gambar 4.10: Hasil distribusi *displacement* pada *Bollard* tipe Bitt.

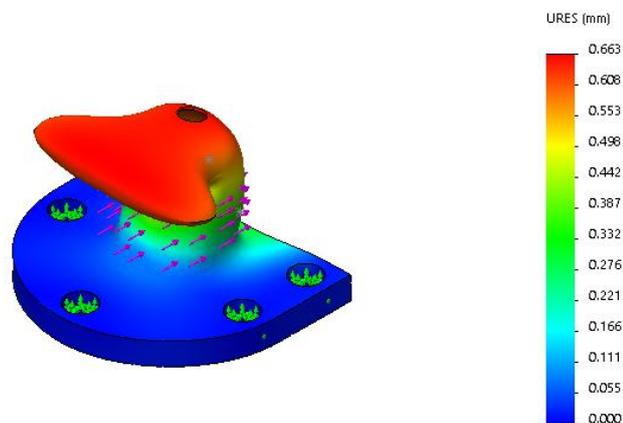


Gambar 4.11: Grafik *Displacement* *bollard* tipe Bitt.

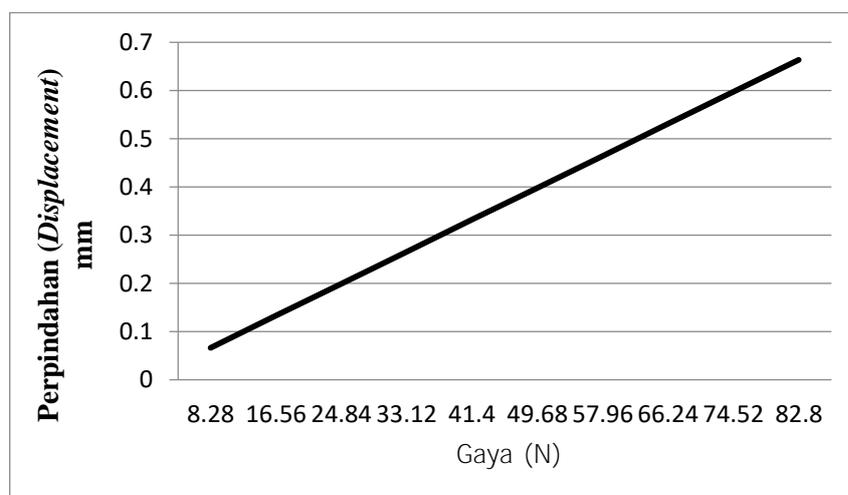
hasil analisis distribusi *displacement* yang didapatkan pada Gambar 4.10 adalah nilai minimum sebesar 0,000 mm berwarna biru dan nilai maksimum sebesar 0,864 mm berwarna merah. Besar atau kecilnya perpindahan yang terjadi karena adanya gaya (*Force*). Dari hasil analisis pada gambar diatas, dapat dilihat perpindahan ini dapat diterima pada pemodelan..

4.3.3 Perpindahan (*Displacement*) *Bollard* tipe Tee

Gambar 4.12 hasil distribusi *displacement* pada model tipe Tee, sedangkan Gambar 4.13 merupakan hasil dari *displacement* terhadap gaya yang bekerja.



Gambar 4.12: Hasil distribusi *displacement* pada *Bollard* tipe Tee.

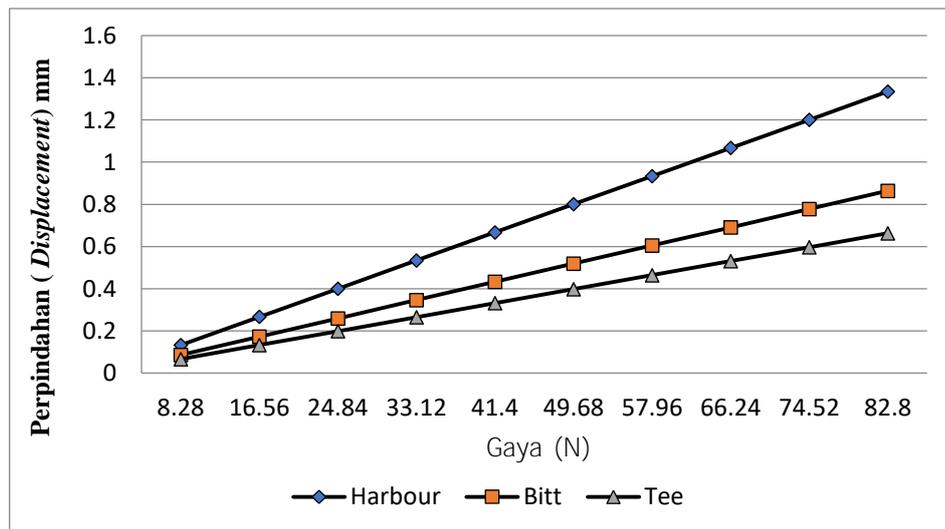


Gambar 4.13: Grafik *Displacement* bollard tipe Tee.

Gambar 4.12 merupakan hasil displacement dari gaya yang bekerja sebesar 82,8 Ton. Perpindahan *bollard* yang terjadi pada tipe Bitt *Bollard* dengan nilai minimum sebesar 0,000 mm dan nilai maksimum sebesar 0,663 mm.

4.3.4 Diagram Perbandingan Perpindahan (*Displacement*) Antara Tipe *Bollard*

Untuk melihat perbandingan grafik perpindahan (*Displacement*) antara tipe *bollard* dapat dilihat pada Gambar 4.14.



Gambar 4.14: Perbandingan Distribusi Perpindahan (*Displacement*) Maksimal

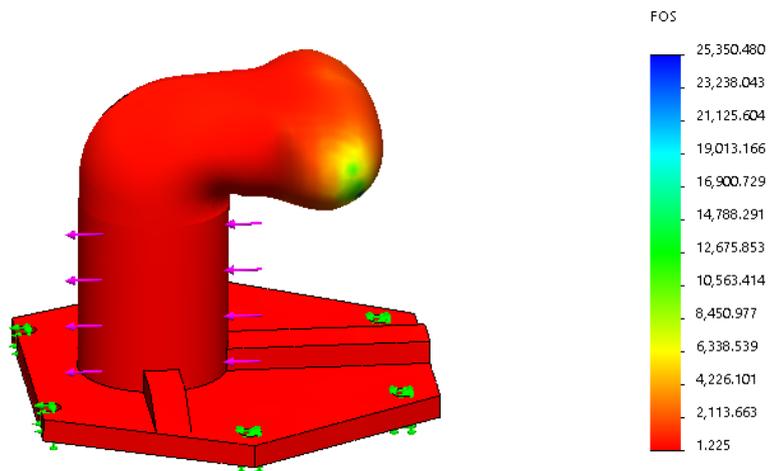
Berdasarkan Gambar 4.14 merupakan hasil perbandingan displacement maksimum yang dilakukan dapat dilihat pada tipe Harbour *Bollard* berpindah sebesar 1,335 mm sedangkan tipe Bitt *Bollard* berpindah 0,864 mm, dan tipe Tee *Bollard* berpindah sebesar 0,663 mm. Perpindahan ini terjadi karena adanya gaya yang bekerja.

4.4 Faktor Keamanan (*Factor of safety*)

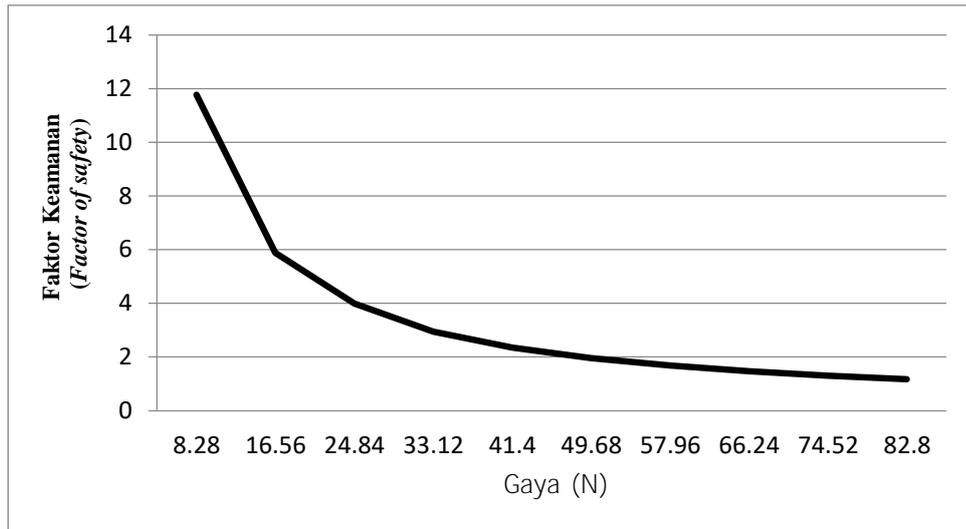
hasil analisis pada ketiga pemodelan bollard ini dapat dilihat dari *factor of safety*. *factor of safety* merupakan suatu patokan yang digunakan untuk melihat benda layak atau tidak layak digunakan. Jika nilai *factor of safety* kurang dari satu (≤ 1), maka benda tidak aman untuk digunakan. Jika sebaliknya, *factor of safety* lebih dari satu (> 1) maka desain dapat dikatakan memiliki kualitas yang layak digunakan.

4.4.1 Faktor Keamanan (*Factor of safety*) *Bollard tipe Harbour*

Pada Gambar 4.15 adalah faktor keamanan *bollard* tipe Harbour. Gambar 4.16 adalah faktor keamanan (*factor of safety*) terhadap gaya yang bekerja.



Gambar 4.15: Faktor Keamanan (*Factor of safety*) *Bollard tipe Harbour*.



Gambar 4.16: Faktor Keamanan (*Factor of safety*) terhadap gaya yang bekerja pada *bollard* tipe Harbour.

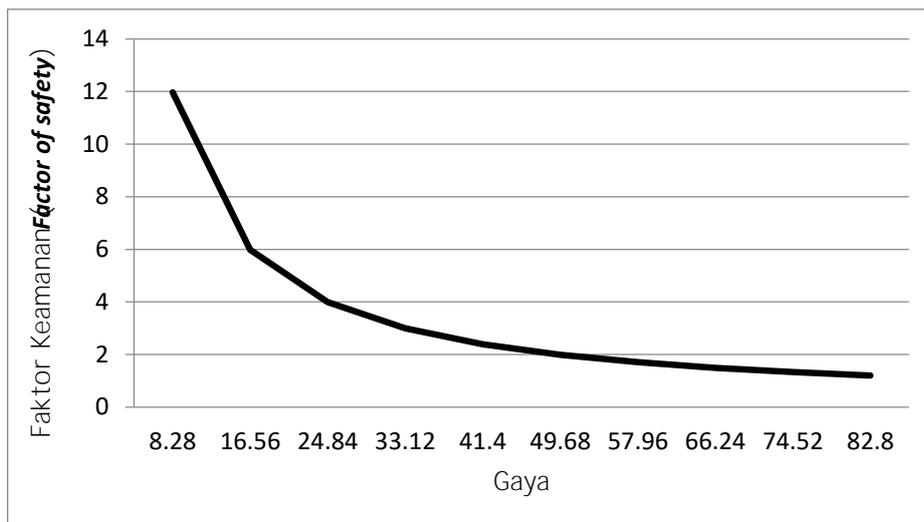
Dapat dilihat hasil analisis pemodelan pada Gambar 4.15 Faktor Keamanan (*Factor of safety*) *Bollard* tipe Harbour didapat nilai sebesar 1,225. Gradasi berwarna merah merupakan hasil keamanan. Pada pemodelan ini dapat dinyatakan layak digunakan dikarenakan melebihi dari satu (>1).

4.4.2 Faktor Keamanan (*Factor of safety*) *Bollard* tipe Bitt

Gambar 4.17 merupakan hasil dari faktor keamanan (*Factor of safety*) *bollard* tipe bitt. Gambar 4.18 adalah grafik faktor keamanan (*Factor of safety*) terhadap gaya yang bekerja.



Gambar 4.17: Faktor Keamanan (*Factor of safety*) *Bollard* tipe Bitt.

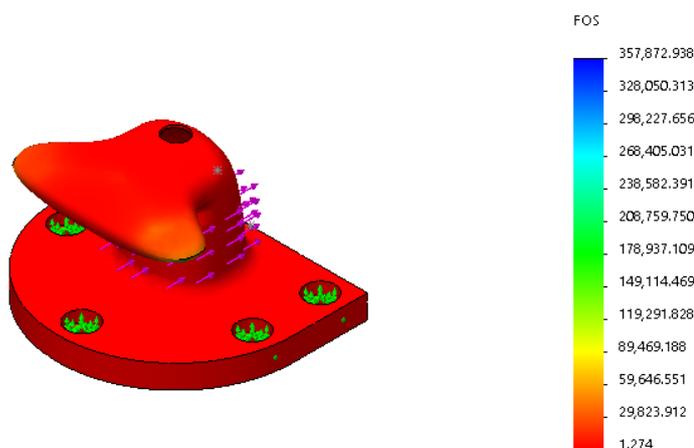


Gambar 4.18: Faktor Keamanan terhadap gaya yang bekerja *bollard* tipe Bitt.

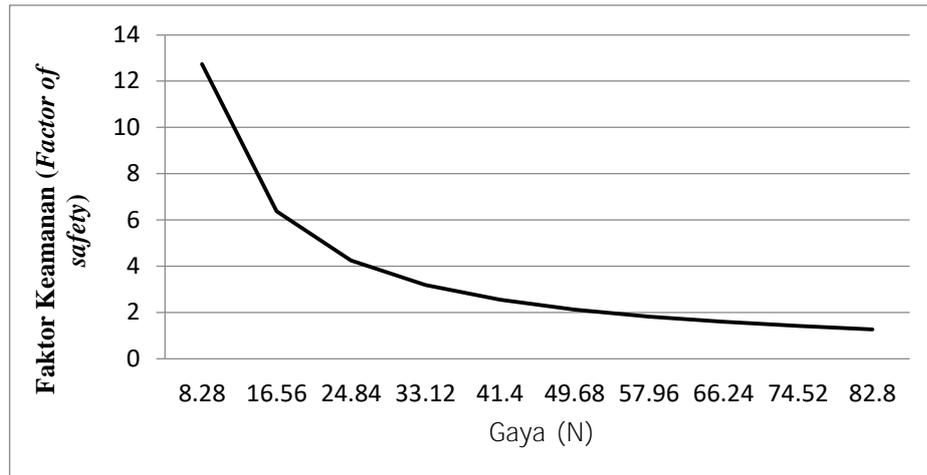
Pada Gambar 4.17 Merupakan hasil analisis *bollard* tipe bitt, dimana didapatkan nilai faktor keamanan sebesar 1,197. Hasil analisis pada pemodelan ini dinyatakan layak digunakan dikarenakan melebihi angka satu (>1).

4.4.3 Faktor Keamanan (*Factor of safety*) *Bollard* tipe Tee

Gambar 4.19 Faktor Keamanan (*Factor of safety*) *Bollard* tipe Tee. Gambar 4.20 merupakan grafik faktor keamanan (*Factor of Safety*) terhadap gaya yang bekerja pada *bollard*.



Gambar 4.19: Faktor Keamanan (*Factor of safety*) *Bollard* tipe Tee.

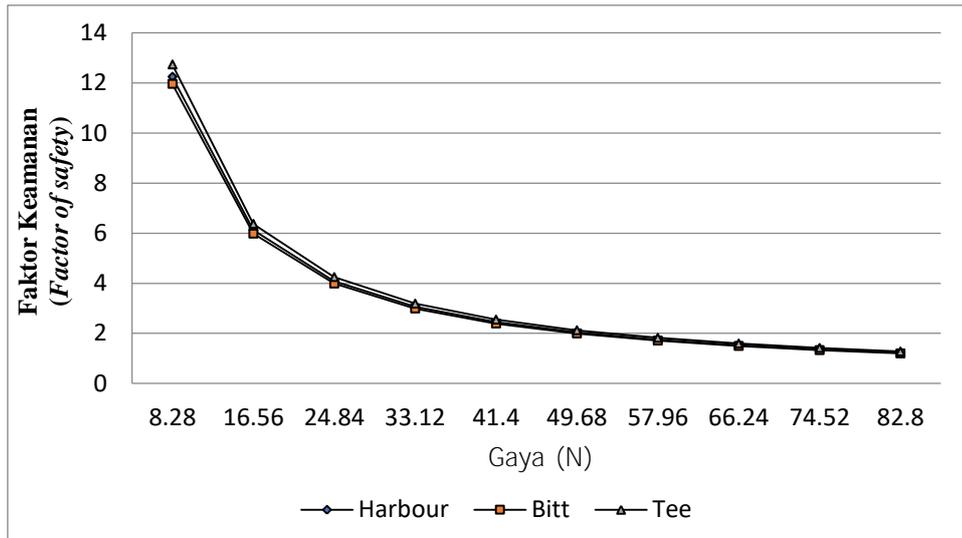


Gambar 4.20: Faktor Keamanan terhadap gaya yang bekerja pada *bollard* tipe Tee.

Berdasarkan Gambar 4.19 merupakan hasil dari faktor keamanan pada *bollard tipe* bitt didapatkan nilai sebesar 1,274. Dengan material *Cast Steel JIS 5101* dan gaya yang diterima sebesar 82,8 Ton. *Bollard* tersebut mampu atau dianggap layak untuk dipakai pada dermaga C. syarat dari kelayakan suatu benda yaitu nilai faktor keamanan (*Factor of safety*) harus melebihi satu (>1) dan tidak boleh kurang dari satu (≤ 1).

4.4.4 Diagram Perbandingan Faktor Keamanan (*factor of safety*) Antara Tipe *Bollard*

Untuk melihat grafik faktor keamanan (*factor of safety*) dari ketiga pemodelan dapat dilihat pada Gambar 4.21 sebagai berikut.



Gambar 4.21: Faktor Keamanan terhadap gaya yang bekerja pada *bollard*.

Berdasarkan Gambar 4.21 dilihat pada tipe Harbour *Bollard* memiliki keamanan sebesar 1,225 sedangkan tipe Bitt *Bollard* sebesar 1,197 dan tipe Tee *Bollard* berpindah sebesar 1,274.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan dari hasil dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan yang berdasarkan rumusan masalah dalam Tugas Akhir ini. Adanya saran bertujuan untuk dapat dikembangkan oleh penulis lainnya.

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari Rumusan Masalah yang ada dan dengan analisis yang sudah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Dengan diberikan gaya (*Force*) pada *Bollard* didapatkan nilai tegangan minimum (gradasi berwarna biru) dan maksimum (gradasi berwarna merah) yang didapatkan pada ketiga model yaitu :
 - a. Pada tipe Harbour *Bollard* nilai tegangan maksimum yang didapatkan sebesar 183,674 MPa.
 - b. Pada tipe Bitt *Bollard* nilai tegangan maksimum yang didapatkan sebesar sebesar 188,048 MPa.
 - c. Pada tipe Tee *Bollard* nilai tegangan maksimum yang didapatkan sebesar 176,618 MPa.
2. Dengan adanya pengaruh dari gaya yang diberikan pada masing-masing *bollard*, maka displacement yang terjadi ialah :
 - a. Pada tipe Harbour *Bollard* nilai *Displacement* maksimum yang didapatkan sebesar 1,335 mm.
 - b. Pada tipe Bitt *Bollard* nilai *Displacement* maksimum yang didapatkan sebesar 0,822 mm.
 - c. Pada tipe Tee *Bollard* nilai *Displacement* maksimum yang didapatkan sebesar 0,063 mm.
3. Nilai Faktor keamanan (*Factor Of Safety*) pada *bollard* dengan material *Cast Steel JIS 5101* adalah sebagai berikut :

- a. Tipe Harbour *Bollard* dengan hasil analisis Faktor keamanan (*Factor Of Safety*) sebesar 1,225
- b. Tipe Bitt *Bollard* dengan hasil analisis Faktor Keamanan (*Factor of Safety*) sebesar 1,197
- c. Tipe Tee *Bollard* dengan hasil analisis Faktor Keamanan (*Factor of Safety*) sebesar 1,274

5.2 Saran

Setelah melakukan tugas akhir ini penulis memberikan saran untuk diperhatikan sebagai berikut:

1. Disarankan untuk melakukan perhitungan selain menggunakan software Solidworks.
2. Disarankan dalam mendesain model, spesifikasi ukuran harus sesuai dengan yang ada pada lapangan.
3. Perlu adanya dilakukan analisa pengangkuran dan biaya pada penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Adeliasavitri, C. (2019). *Analisa Kerusakan Bollard Pada Kapal TB.Bhayangkara*. Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
- Cornelis, C. I. (2017). *Analisis Springback Pada Tube AISI 304L Berpenampang Segiempat Pada Proses Rotary Draw Bending*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Naradiagung, R. (2009). *Simulasi FEM dan Proses Produksi Alat Pengukur Kestabilan Putaran Roda Depan Sepeda Motor*. Universitas Indonesia.
- Presiden Republik Indonesia. (2008). *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 17 Tahun 2008 Tentang Pelayaran*.
- PT Kemenangan The Manufacturer of Keman Rubber. (n.d.). *Rubber Fender Catalog*.
- Sembiring, E. M. D. (2021). *Analisis Statik Pada Bucket Teeth Excavator CAT 320D Menggunakan Software Solidworks* [Universitas Sanata Dharma]. <https://repository.unsri.ac.id/12539/>
- Sutikno, E. (2011). *Analisis Tegangan Akibat Pembebanan Statis Pada Desain Carbody TeC Railbus Dengan Metode Elemen Hingga*. 2(1), 65–81.
- Triatmodjo, B. (2009). *Perencanaan Pelabuhan*. Beta Offset.
- Wardani, D., Abdurrakhim, R., & Laelasari, E. (2017). *Modul 2: Pendidikan Kewarganegaraan Ketentuan UUD NRI 1945 Dalam Kehidupan Berbangsa dan Bernegara*. Pusat Pengembangan Pendidikan Anak Usia Dini dan Pendidikan.

LAMPIRAN 1

PERHITUNGAN GAYA TARIK KAPAL (*MOORING FORCE*)

Gaya tarik kapal (*Moorings Force*) dihitung dengan memerlukan beberapa data. Data yang diambil merupakan data sekunder yang diperoleh dari PT. Pelabuhan Indonesia 1 (Persero) pada tahun 2021. Data-data tersebut meliputi:

Nama Kapal	: Isa Express
Dead Weight Tonnage	: 45734 DWT
Gross Tonnage	: 26059 Ton
Bething Spped (v)	: 0,15 m/s
Length / Pajang (Loa)	: 185,74 m
Width / Lebar (B)	: 30,43 m
Depth/ Tinggi (H)	: 16,5 m
Full Draft (d)	: 6,6 m
Kec Angin (V)	: 25,3 m/s
Gravitasi (g)	: 9,81 m/s
Berat Jenis air laut	: 1025 kg/m ³

Menurut Peraturan Muatan Indonesia untuk gedung, 1981 (PMI, 1981), tekanan tiup harus diambil minimum 40 kg/m² yaitu setara dengan 25,3 m/dt. Maka kecepatan angin maksimum diambil 25,3 m/dt

1. Menghitung Gaya Akibat Angin

- 1) Gaya Longitudinal apabila angin datang dari arah haluan ($\alpha = 0^\circ$)

$$\begin{aligned} Q_a &= 0,063 \times V_{\text{angin}} \\ &= 0,063 \times 25,3 \\ &= 40,326 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_w &= \text{Lebar} \times (\text{Tinggi} - \text{Full draft}) \\ &= 30,43 \times (16,5 - 6,6) \end{aligned}$$

$$= 301.257 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Rw} &= 0,42 \times \text{Qa} \times \text{Aw} \\ &= 0,42 \times 40,326 \times 301,257 \\ &= 5102,324 \text{ Kg} \\ &= 5,102 \text{ Ton} \end{aligned}$$

2) Gaya Longitudinal apabila angin datang dari arah haluan ($\alpha = 180^\circ$)

$$\begin{aligned} \text{Qa} &= 0,063 \times V_{\text{angin}} \\ &= 0,063 \times 25 \\ &= 40,326 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Aw} &= 70 \% \times (\text{Lebar} \times \text{Tinggi}) \\ &= 70 \% \times (30,43 \times 16,5) \\ &= 351.467 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned} \text{Rw} &= 0,5 \times \text{Qa} \times \text{Aw} \\ &= 0,5 \times 40,326 \times 351,467 \\ &= 7806,561 \text{ Kg} \\ &= 7,087 \text{ Ton} \end{aligned}$$

3) Gaya Longitudinal apabila angin datang dari arah haluan ($\alpha = 90^\circ$)

$$\begin{aligned} \text{Qa} &= 0,063 \times V_{\text{angin}} \\ &= 0,063 \times 25,3 \\ &= 40,326 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Aw} &= 70 \% \times (\text{Panjang Loa} \times \text{Tinggi}) \\ &= 70 \% \times (185,74 - 16,5) \\ &= 2145,297 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned}R_w &= 1,1 \times Q_a \times A_w \\ &= 1,1 \times 40,326 \times 2145,297 \\ &= 95161,593 \text{ Kg} \\ &= 95,162 \text{ Ton}\end{aligned}$$

Dari gaya yang didapatkan, Maka diambil gaya akibat angin yang terbesar yaitu dengan sudut ($\alpha = 90^\circ$) sebesar 95,162 Ton

2. Menghitung Gaya Akibat Arus

$$\begin{aligned}A_c &= \text{Lebar} \times \text{Full draft} \\ &= 30,43 \times 6,6 \\ &= 200,838 \text{ m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_c &= 0,044 \times 25,3 \\ &= 1,1132 \text{ m/s}\end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned}R_a &= C_c \times \gamma_c \times A_c \times V_c^2 \\ &= 1 \times 1025 \times 200,838 \times 0,063 \\ &= 13002,209 \text{ Kg} \\ &= 13,002 \text{ Ton}\end{aligned}$$

3. Gaya Total

Gaya Tarik kapal (*Mooring Force*) ditentukan berdasarkan pengaruh gaya akibat angin dan arus yang bekerja pada kapal sedang bertambat.

$$\begin{aligned}P &= \text{Gaya Akibat Angin} + \text{Gaya Akibat Arus} \\ &= 95,162 + 13,002 \\ &= 108,164 \text{ Ton}\end{aligned}$$

$$= 1060724,547 \text{ N}$$

Gaya Tarik kapal (*Mooring Force*) dihitung dengan anggapan bahwa tali pengikat kapal membentuk sudut $= 30^\circ$ terhadap sumbu memanjang dermaga (pada bidang horizontal) dan sudut vertikal $= 25^\circ$

$$\begin{aligned}
 T &= \frac{\dots \dots \dots \circ}{\dots \circ \dots \dots \circ} \\
 &= \frac{\dots \dots \dots \circ}{\dots \circ \dots \dots \circ} \\
 &= 82,8 \quad \text{Ton} \\
 &= 811.990,62 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Hasil analisa data yang didapatkan sebesar 811.990,62 N. hasil ini akan dimasukkan kedalam pemodelan masing – masing tipe *bollard*. Pada katalog *bollard*, spesifikasi *bollard* yang digunakan ialah 100 Ton.

Bollard yang digunakan di Dermaga C Pelabuhan Dumai untuk kapasitas 50.000 DWT dengan jarak antar *bollard* 25 m adalah

$$\begin{aligned}
 \text{Bollard} &= \frac{\text{LOA}}{\text{Jarak antar } \textit{bollard}} \\
 &= \frac{185,74}{25} \\
 &= 8 \text{ buah}
 \end{aligned}$$



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK

Jalan Kapten Mukhtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - EXT. 12
Website : <http://fatek.umsu.ac.id> E-mail : fatek@umsu.ac.id

Bila menjawab surat ini agar disebutkan nomor dan tanggalnya

Nomor : 402 / II.3-AU/UMSU-07/F/2021
Lamp : 1 Lembar
Hal : Pengambilan Data
Kepada :
Yth. Bapak/Ibu **Direktur SDM Dan Umum**
PT. Pelindo I (Persero)

Medan, 20 Rajab 1442 H
04 Maret 2021 M

Di : Tempat

Assalamu'alaikum Wr. Wb

Dengan hormat,

Kami memohon kesediaan Bapak untuk menerima dan memberikan izin bagi Mahasiswa kami yang akan melakukan Pengambilan Data di **PT. Pelindo I (Persero)** untuk penulisan Tugas Akhir, guna menyelesaikan program pendidikan Strata Satu (S-I) di Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Nama : Abdur Rozak
NPM : 1707210131
Semester : VIII (Delapan)
Jurus : Teknik Sipil
Judul Tugas Akhir : **Perbandingan Kapasitas Tarik Tipe Bollard Dengan Metode Analisis Elemen Hingga (Studi Kasus Dermaga C Pelabuhan Dumai).**

Pembimbing I : Tondi Amirsyah Putra, S.T.,M.T

Demikian harapan kami atas bantuan dan kerjasama yang Bapak /Ibu berikan kami ucapkan terima kasih.
Wassalamu'alaikum Wr. Wb



Dekan

Munawar Alfansury Siregar, S.T.,M.T
NIDN : 0101017202

Cc : File

Nomor : KP.40/2 /10/PI-21.TU

Medan, 10 Maret 2021

Lampiran :

Kepada

Perihal : Persetujuan Pengambilan Data / Riset

Yth. Dekan Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah
Sumatera Utara

di

Tempat

Memperhatikan surat Saudara Nomor : 402/II.3-AU/UMSU-07/F/2021 tanggal 04 Maret 2021 Perihal Pengambilan Data.

Sehubungan hal tersebut, bahwa pada prinsipnya kami menyetujui pelaksanaan pengambilan data / riset dimaksud yang dilaksanakan secara daring atas nama :

NO	Nama	NIM	Program Studi
1	Abdur Rozak	1707210131	Teknik Sipil

untuk pelaksanaan permintaan data dimaksud kepada Mahasiswa/i agar memperhatikan hal-hal sebagai berikut :

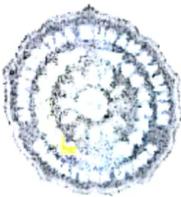
1. Sebelum memulai riset wajib melapor kepada Divisi Umum Kantor Pusat PT. Pelabuhan Indonesia I (Persero).
2. Mentaati semua aturan yang berlaku di perusahaan dan Wajib memahaminya.
3. Menggunakan data yang telah diperoleh dengan sebaik-baiknya dan tidak menyebar luaskan data tersebut tanpa seizin perusahaan.

Demikian disampaikan atas perhatian dan kerjasamanya diucapkan terima kasih.

a.n. DIREKTUR SDM DAN UMUM
SENIOR VICE PRESIDENT UMUM



WIDYA GUSTANTO



UMSU
Unggul | Cordat | Terpercaya

FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

Jalan Kapten Mochtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400
Website: <http://fatek.umsu.ac.id> E-mail: fatek@umsu.ac.id

LEMBAR ASISTENSI

NAMA : ABDUR ROZAK

NPM : 1707210131

JUDUL : "PEMODELAN FEM UNTUK BOLLARD PADA
DERMAGA C PELABUHAN DUMAI DENGAN MEMAKAI
SOFTWARE SOLIDWORK"

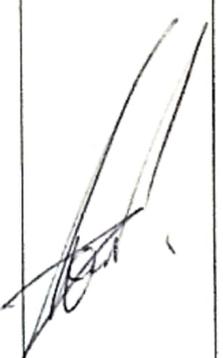
NO	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
1	10/8 2021	<ul style="list-style-type: none">- Masalah dan batasan di sesuaikan- Tujuan juga di sesuaikan- Bab II → teori FEM ke Solid- Bab III → Masalah pernyataan ambil gaya bahasanya ada ditampiran- Bab IV → Lanjutkan	
2	18/8-2021	<ul style="list-style-type: none">- Untuk Revisi Rumusan masalah home = Ruang lingkup- Bab IV → Lanjutkan	

Mengesahui,
Pembimbing Tugas Akhir

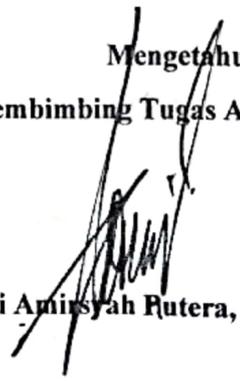
(Tondi Amriyah Putera, S.T., M.T)

LEMBAR ASISTENSI

NAMA : ABDUR ROZAK
NPM : 1707210131
JUDUL : "PEMODELAN FEM UNTUK BOLLARD PADA DERMAGA C PELABUHAN DUMAI DENGAN MEMAKAI SOFTWARE SOLIDWORK"

NO	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
3	24/8-2021	- Untuk Bab IV : a) Buat tiap koms dan buat Argumen, dan buat diagram pertumbuhannya b) Caritaban dasar Formulasi dari Analisis.	
4	21/8-2021	Lanjutan Bab IV → Cari permasalahan yang mungkin dpt diungkap sbg isu	

Mengetahui,
Pembimbing Tugas Akhir


(Tondi Amirsyah Ratera, S.T., M.T)



UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya

FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

Jalan Kapten Muchtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400
Website: <http://fatek.umsu.ac.id> E-mail: fatek@umsu.ac.id

LEMBAR ASISTENSI

NAMA : ABDUR ROZAK

NPM : 1707210131

JUDUL : "PEMODELAN FEM UNTUK BOLLARD PADA
DERMAGA C PELABUHAN DUMAI DENGAN MEMAKAI
SOFTWARE SOLIDWORK"

NO	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
5	14/9-2021	- Tolak dikaji kembali Safety Factor yang anda gunakan	
6	21/9-2021	Ace Untuk seminar <u>Note</u> : perbaiki	

Mengetahui,
Pembimbing Tugas Akhir

(Tondi Amirah Butera, S.T., M.T)

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA DIRI PESERTA

Nama Lengkap : Abdur Rozak
Panggilan : Rozak
Tempat, Tanggal Lahir : Medan, 20 Desember 1999
Jenis Kelamin : Laki-laki
Alamat : Jl. Karya bakti no 35 b
Agama : Islam

Nama Orang Tua

Ayah : Bintang Lazuardi
Ibu : Emi Khairani
No. HP : +62896-0411-2124
E-mail : abdurrozak0420@gmail.com

RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Pokok Mahasiswa : 1707210131
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Alamat Perguruan Tinggi : Jl. Kapten Muchtar Basri No. 3 Medan 20238