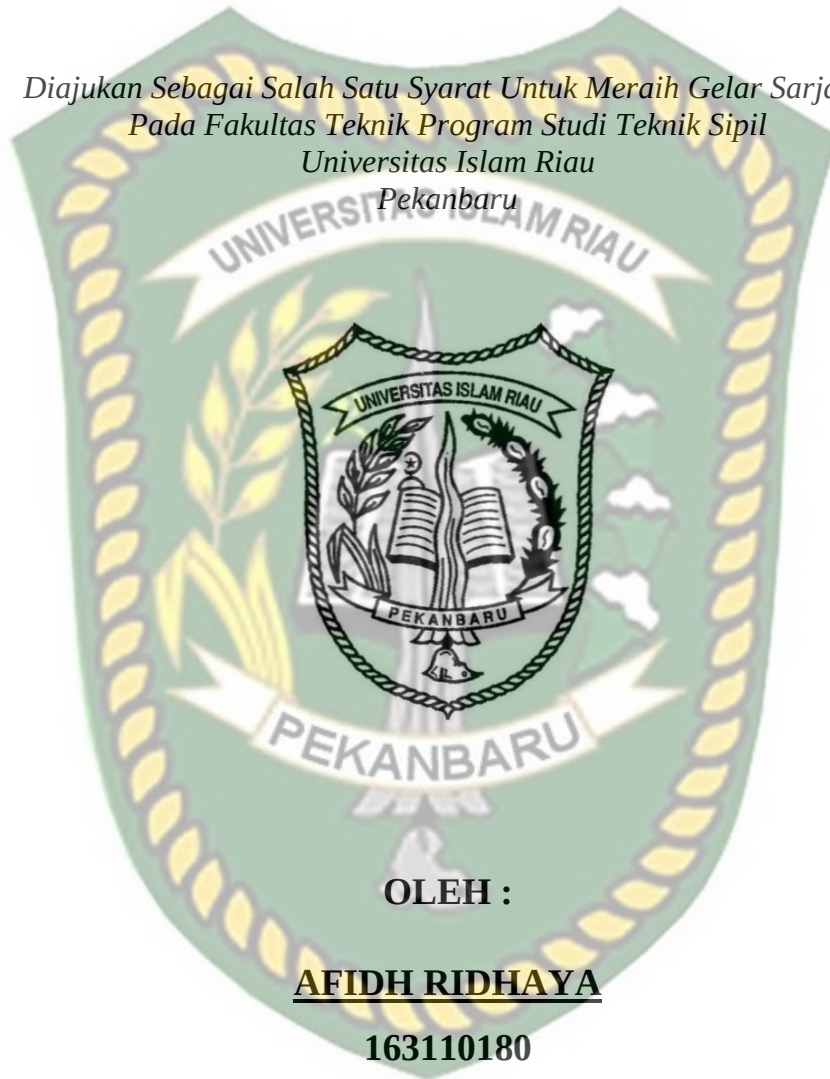


**STUDI PERENCANAAN SISTEM FENDER DERMAGA DI PELABUHAN
PENYEBRANGAN RORO (ROLL ON – ROLL OFF) AIR PUTIH
KOTA BENGKALIS**

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Meraih Gelar Sarjana
Pada Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil
Universitas Islam Riau
Pekanbaru*



OLEH :

AFIDH RIDHAYA

163110180

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM RIAU
PEKANBARU**

2022

HALAMAN PERSETUJUAN

TUGAS AKHIR

STUDI PERENCANAAN SISTEM FENDER DERMAGA DI
PELABUHAN PENYEBRANGAN RORO (*ROLL ON – ROLL OFF*)
AIR PUTIH KOTA BENGKALIS

DISUSUN OLEH :

AFIDH RIDHAYA

163110180

Diperiksa dan Disetujui oleh :

Harmiyati, S.T., M.Si.
Pembimbing


.....
Tanggal : 16 Maret 2022

HALAMAN PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

STUDI PERENCANAAN SISTEM FENDER DERMAGA DI PELABUHAN PENYEBRANGAN RORO (*ROLL ON – ROLL OFF*) AIR PUTIH KOTA BENGKALIS

DISUSUN OLEH :

AFIDH RIDHAYA

163110180

*Telah Disetujui di Depan Dewan Penguji Tanggal 16 Maret 2022 Dan Dinyatakan
Telah Memenuhi Syarat Untuk Diterima*

SUSUNAN DEWAN PENGUJI


Harmiyati, S.T., M.Si.
Dosen Pembimbing


Muchammad Zaenal Muttaqin, S.T., M.Sc.

Dosen Penguji I


Firman Syarif, S.T., M.Eng

Dosen Penguji II

Pekanbaru, 21 Maret 2022

UNIVERSITAS ISLAM RIAU
FAKULTAS TEKNIK

HALAMAN PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan :

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah di ajukan untuk mendapatkan gelar akademik (strata satu) di Universitas Islam Riau.
2. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan dosen pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan tidak kebenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dan sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Pekanbaru, 16 Maret 2022



Afidh Ridhaya
163110180

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb.

Alhamdulillah, puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah memberi banyak kenikmatan dan iman sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Sholawat dan salam senantiasa selalu penulis berikan kepada Nabi Muhammad SAW yang telah membawa umatnya dari alam kegelapan menuju ke alam yang penuh dengan ilmu pengetahuan.

Selama menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini penulis telah mendapatkan begitu banyak bimbingan, kritikan, saran, serta dukungan dari berbagai pihak. Hal ini tidak lepas dari dukungan banyak pihak yang telah membantu dan membimbing penulis dalam kegiatan Tugas Akhir. Sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir dengan judul **“Studi Perencanaan Sistem Fender Dermaga Di Pelabuhan Penyebrangan Roro (Roll On – Roll Off) Air Putih Kota Bengkalis”**. Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat menyelesaikan pendidikan S-1 bagi mahasiswa Jurusan Teknik Sipil UIR Pekanbaru.

Penulis menyadari bahwa Laporan Tugas Akhir ini masih banyak memiliki kekurangan. Oleh karena itu penulis sangat mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari banyak pihak. Akhir kata, Semoga hasil dari penulisan ini dapat bermanfaat bagi bagi semua pihak, khususnya bagi kalangan teknik sipil.

Wassalamualaikum Wr. Wb.

Pekanbaru, 8 Agustus 2021

Penulis



Afidh Ridhaya

NPM.163110180

UCAPAN TERIMAKASIH

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Puji syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik. Penulis menyadari bahwa penelitian ini tidak akan terwujud tanpa adanya dorongan dan motivasi dari berbagai pihak. Oleh karena itu dalam penulisan dan penyelesaian Tugas Akhir ini tidak lupa penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. H. Syafrinaldi, S.H., M.C.L., selaku Rektor Universitas Islam Riau.
2. Bapak Dr. Eng. Muslim, S.T., M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
3. Ibu Dr. Mursyidah, S.Si., M.Sc., selaku Wakil Dekan I Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
4. Bapak Dr. Anas Puri, S.T., M.T., selaku Wakil Dekan II Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
5. Bapak Ir. Akmar Efendi, S.Kom., M.Kom., selaku Wakil Dekan III Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
6. Ibu Harmiyati, S.T., M.Si., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Riau dan selaku Dosen Pembimbing.
7. Ibu Sapitri, S.T., M.T., selaku Sekretaris Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
8. Bapak Muchammad Zaenal Muttaqin, S.T., M.Sc., selaku Dosen Penguji I dalam Tugas Akhir ini.
9. Bapak Firman Syarif, S.T., M.Eng., selaku Dosen Penguji II dalam Tugas Akhir ini.
10. Bapak dan Ibu Dosen Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
11. Bapak dan Ibu seluruh Staff Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
12. Teristimewa orang tua penulis, Bapak Histo dan Ibu Suryati yang telah memberikan kasih sayang, doa yang tiada henti serta dukungan baik moral

maupun material kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.

13. Teman-teman seperjuangan Program Studi Teknik Sipil Angkatan 2016 terkhusus kelas A, yang telah memberikan saran, motivasi dan semangat kepada penulis.

14. Keluarga rumah gobah dan yang selalu memberikan semangat, Bang Puja, Rully, Abrar dan Desi Putri Ayu.

Terimakasih atas segala bantuanya, semoga penelitian ini bermanfaat bagi kita semua dan semoga segala amal baik kita mendapatkan balasan yang setimpal dari Allah SWT. Amin...

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Pekanbaru, 8 Agustus 2021

Penulis



Afidh Ridhaya
NPM.163110180

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
HALAMAN PERSETUJUAN	
HALAMAN PENGESAHAN	
HALAMAN PERNYATAAN	
KATA PENGANTAR	i
UCAPAN TERIMA KASIH	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR NOTASI	vi
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
ABSTRAK	xi
 BAB I PENDAHULUAN	 1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah	4
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA	 5
2.1 Umum	5
2.2 Penelitian Terdahulu	5
2.3 Keaslian Penelitian	10
 BAB III LANDASAN TEORI	 11
3.1 Umum	11
3.2 Hidro – Oseanografi	11
3.3 Dermaga	14
3.4 Kapal	17
3.5 Fender	21
 BAB IV METODOLOGI PENELITIAN	 40
4.1 Lokasi Penelitian	40
4.2 Metode Penelitian	41
4.3 Tahapan Pelaksanaan Penelitian	41
4.4 Cara Analisa Data	44
 BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN	 45
5.1 Data Dermaga	45

5.2 Data Kapal	45
5.3 Analisa Berat Kapal	45
5.4 Hasil Gaya Sandar Kapal (<i>Berthing Energy</i>)	47
5.5 Hasil Gaya Tambat Kapal (<i>Mooring Forces</i>)	47
5.6 Hasil Energi Abnormal	49
5.7 Penentuan Tipe Fender	50
5.8 Permodelan Fender	51
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	55
6.1 Kesimpulan	55
6.2 Saran	55
DAFTAR PUSTAKA	56
LAMPIRAN	

DAFTAR NOTASI

A_c	= Luas tampang kapal yang terendam air (m^2)
A_w	= Proyeksi bidang yang tertiup angin (m^2)
B	= Lebar kapal (m)
C	= Faktor baja
C_b	= Koefisien blok
C_c	= Koefisien tekanan arus
C_e	= Koefisien eksentrisitas
C_m	= Koefisien massa
C_s	= Koefisien kekerasan
C_{st}	= Koefisien berat baja (ton/m^3)
C_p	= Koefisien berat peralatan (ton/m^3)
C_{pm}	= Koefisien mesin perkapalan (ton/m^3)
d	= Sarat kapal (m)
DWT	= Berat mati kapal (ton)
E	= Energi benturan (ton m)
E_A	= Energi sandar kapal abnormal yang diserap kapal (kNm)
E_N	= Energi sandar kapal normal (kNm)
E_F	= Energi desain fender (kNm)
F_T	= Faktor temperatur
F_P	= Faktor toleransi pabrik (10%)
F_A	= Faktor sudut (<i>angle</i>)
F_S	= Faktor keamanan
g	= Percepatan gravitasi (m/s^2)
Loa	= Panjang total kapal (m)
L_{pp}	= Panjang garis air (m)
Vol	= Volume badan kapal dibawah air (m^3)
LWT	= Berat kosong kapal (ton)
R_w	= Gaya akibat angin (kg)
R_a	= Gaya akibat arus (kg)
P_a	= Tekanan angin (kg/m^2)

P_{st}	= Berat baja badan kapal kosong (ton)
P_p	= Berat peralatan kapal (ton)
P_m	= Berat mesin penggerak kapal (ton)
V	= Komponen kecepatan dalam arah tegak lurus sisi dermaga (m/s)
V_w	= Kecepatan angin (m/d)
V_c	= Kecepatan arus (m/d)
W	= <i>Displacement</i> /berat kapal (ton)
γ	= Massa jenis air laut (ton/m^3)



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Jurnal penelitian terdahulu	9
Tabel 3.1 Kecepatan merapat kapal pada dermaga (Triatmodjo, 2010).....	27
Tabel 3.2 Umumnya nilai koefisien blok (C_b), (PIANC, 2002)	28
Tabel 3.3 Rekomendasi nilai koefisien kekerasan (C_s), (PIANC, 2002)	30
Tabel 3.4 Nilai koefisien tekanan arus (C_c), (PIANC, 2002).....	31
Tabel 3.5 Faktor keamanan (PIANC, 2002).....	34
Tabel 3.6 <i>Intermediate Deflection</i> (Fender team, 2016).....	35
Tabel 3.7 Faktor Temperature (F_T), (Fender team, 2016)	36
Tabel 3.8 Faktor Angle (F_A), (Fender team, 2016)	37
Tabel 3.9 Tipe Fender-Performance Table CSS Fender (Fender Team, 2016)...	38
Tabel 5.1 Data kapal penyeberangan ferry roro	45
Tabel 5.2 Hasil perhitungan berat kapal (<i>Displacement</i>)	46
Tabel 5.3 Energi benturan kapal.....	47
Tabel 5.4 Gaya akibat angin.....	49
Tabel 5.5 Gaya akibat arus	49
Tabel 5.6 Energi abnormal kapal	50
Tabel 5.7 Energi desain fender.....	50
Tabel 5.8 Tipe Fender-Performance Table CSS Fender (Fender team, 2016)....	50

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Kurva pasang surut (Triatmodjo, 2010).....	13
Gambar 3.2 <i>Layout</i> pelabuhan roro Bengkalis (Dishub Bengkalis, 2020)	14
Gambar 3.3 Tipe Dermaga (Triatmodjo, 2010).....	15
Gambar 3.4 Dimensi kapal (Triatmodjo, 2010)	20
Gambar 3.5 Kurva defleksi gaya suatu fender (Trelleborg, 2018).....	21
Gambar 3.6 Grafik komponen tegak lurus dari kecepatan kapal (PIANC, 2002).....	27
Gambar 3.7 Jarak pusat berat kapal sampai titik sandar kapal (Triatmodjo, 2010).....	29
Gambar 3.8 Grafik Jari – jari putaran di sekeliling berat kapal (Triatmodjo, 2010).....	30
Gambar 3.9 Fleksibilitas lambung kapal, (Trelleborg, 2018)	30
Gambar 3.10 Struktur dermaga terbuka (Trelleborg, 2018).....	31
Gambar 3.11 Grafik <i>performance</i> generik tipe CSS (<i>fender team</i> , 2016)	35
Gambar 3.12 Faktor sudut (<i>angel</i>), (Trelleborg, 2018)	37
Gambar 3.13 Fender karet tipe css (<i>Fender Team</i> , 2016)	39
Gambar 4.1 Peta lokasi pelabuhan roro Bengkalis (<i>Google maps</i> , 2021)	40
Gambar 4.2 Layout dermaga roro Bengkalis (Dishub Bengkalis, 2021)	40
Gambar 4.3 Diagram alir penelitian (<i>Flowchart</i>).....	43
Gambar 5.1 Denah perletakan dolphin	51
Gambar 5.2 Potongan A-A dolphin.....	52
Gambar 5.3 Tampak depan fender	52
Gambar 5.4 Potongan A-A fender	53
Gambar 5.5 Tampak samping	53
Gambar 5.6 Dimensi fender tipe <i>cell CSS 300</i>	54
Gambar 5.7 Konstruksi pemasangan fender 3D	54

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A

1. Tahapan Perhitungan Fender
2. Perhitungan Fender
3. Penentuan Tipe Fender
4. Permodelan Fender

LAMPIRAN B: Dokumentasi

LAMPIRAN C

1. Data Kapal
2. Data Kecepatan Angin
3. Data Kecepatan Arus
4. Katalog Fender

LAMPIRAN D

1. Lembar Asistensi
2. Berita Acara Persetujuan Seminar Tugas Akhir
3. Surat Keterangan Bebas Plagiat
4. Surat Keterangan Persetujuan Jilid Tugas Akhir



STUDI PERENCANAAN SISTEM FENDER DERMAGA DI PELABUHAN PENYEBRANGAN RORO (*ROLL ON – ROLL OFF*) AIR PUTIH KOTA BENGKALIS

AFIDH RIDHAYA
163110180

ABSTRAK

Kapal yang bersandar secara terus-menerus di pelabuhan penyebrangan roro (*roll on – roll off*) Air Putih kota Bengkalis menyebabkan kerusakan pada fender. Untuk mengurangi resiko kerusakan pada struktur beton dolphin dan badan kapal, fender perlu dilakukan perencanaan ulang terhadap kapal yang beroperasi saat ini. Tujuan dari penelitian ini adalah merencanakan tipe dan jenis fender terhadap energi yang bekerja akibat kapal yang bersandar pada dermaga II, yang terintegrasi dengan struktur dermaga dan mendapatkan spesifikasi fender yang sesuai, sehingga kerusakan pada kapal dan dermaga dapat dicegah.

Metode analisis yang dilakukan pada penelitian ini adalah metode analisis deskriptif kuantitatif. Pengolahan data dengan mengumpulkan data primer dan skunder. Data primer didapat dengan cara observasi lapangan, sedangkan data skunder yang didapat yaitu data kapal, angin, arus, gelombang, dan pasang surut air laut yang akan diklasifikasi untuk perencanaan sistem fender pada dermaga. Kriteria desain fender menggunakan *shibata fender team*.

Hasil perhitungan gaya benturan kapal KMP. Bahari Nusantara = 0,137 tm dan kapal KMP Swarna Putri = 0,144 tm. Berdasarkan nilai dari energi desain fender (E_F), didapat nilai 4,313 kN.m untuk kapal KMP. Bahari Nusantara dan 4,534 kN.m untuk kapal KMP. Swarna Putri. Sehingga jenis fender yang digunakan adalah tipe *cell fender* CSS 300 dengan kelas karet G1,2 yang dikeluarkan oleh *shibata fender team*. Fender di pasang vertikal pada sisi depan dermaga tepatnya di *breasting dolphin* karena memperhitungkan perubahan elevasi muka air laut yang berubah pada saat pasang surut.

Kata kunci: Pelabuhan Roro, Dermaga, Fender, Kapal

STUDY OF PLANNING SYSTEM FENDER PIERS AT RORO PORT (ROLL ON – ROLL OFF) AIR PUTIH CITY BENGKALIS

AFIDH RIDHAYA

163110180

ABSTRACT

Ships that lean continuously at the roro (roll on – roll off) port of Air Putih Bengkalis cause damage to the fenders. To reduce the risk of damage to the dolphin's concrete structure and the ship's hull, fenders need to be redesigned for ships that are currently operating. The purpose of this study is to plan the type and type of fender on the energy that works due to ships leaning on pier II, which is integrated with the wharf structure and obtains the appropriate fender specifications, so that damage to ships and docks can be prevented.

The analytical method used in this research is descriptive quantitative analysis method. Data processing by collecting primary and secondary data. Primary data is obtained by means of field observations, while the secondary data obtained are ship, wind, current, wave, and tidal data which will be classified for planning the fender system on the pier. Fender design criteria using the shibata fender team.

The results of the calculation of the collision force of the KMP ship. Bahari Nusantara = 0.137 tm and the ship KMP Swarna Putri = 0.144 tm. Based on the value of the fender design energy (EF), obtained a value of 4,313 kN.m for the KMP ship. Bahari Nusantara and 4,534 kN.m for KMP ships. Princess Swarna. So that the type of fender used is the cell type fender CSS 300 with rubber class G1,2 issued by the shibata fender team. The fender is installed vertically on the front side of the pier, precisely on the breasting dolphin because it takes into account changes in sea level elevation that changes during low tide.

Keywords: Roro Port, Pier, Fender, Ship

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pelabuhan adalah suatu tempat yang terdiri daratan dan perairan disekitarnya dalam batas-batas tertentu sebagai tempat pemerintahan dan kegiatan perekonomian, yang digunakan sebagai tempat kapal bersandar, berlabuh, naik turun penumpang dan bongkar muat barang yang dilengkapi dengan fasilitas keselamatan pelayaran dan penunjang kegiatan pelabuhan, serta sebagai intra dan antar moda transportasi (Peraturan pemetintah, 2001).

Kapal sebagai sarana pelayaran memiliki peranan yang sangat penting dalam sistem transportasi laut. Kapal mempunyai kapasitas yang lebih besar daripada sarana angkutan lainnya. Itensitas yang tinggi di dermaga penyebrangan memerlukan sistem proteksi dengan tingkat yang memadai untuk melindungi kerusakan pada struktur dermaga dan badan kapal. Dermaga harus direncanakan sebaik mungkin sehingga kapal dapat berlabuh dan bertambat serta melakukan aktivitasnya dengan aman, cepat dan lancar. Apabila rasio penggunaan dermaga pada suatu pelabuhan tinggi, itu berarti penggunaan dermaga tersebut di dalam melayani kapal-kapal yang datang cukup baik. Dermaga yang baik harus mempunyai konstruksi sandaran kapal yang biasa disebut dengan fender.

Dolphin merupakan konstruksi yang digunakan untuk menahan benturan dan menambatkan kapal. Dolphin direncanakan untuk bisa menahan gaya horizontal yang ditimbulkan oleh benturan kapal, tiupan angin dan dorongan arus yang mengenai badan kapal pada waktu ditambatkan. Dolphin pada pelabuhan penyebrangan roro Bengkalis terdiri menjadi dua macam yaitu dolphin penahan (*breasting dolphin*) dan dolphin penambat (*mooring dolphin*). Dolphin penahan mempunyai ukuran lebih besar, karena direncanakan untuk menahan benturan kapal ketika berlabuh dan menahan tarikan kapal karena pengaruh tiupan angin, arus, dan gelombang. Alat penambat ini harus dilengkapi fender untuk menahan benturan kapal, dan bolder untuk menempatkan tali kapal, guna menggerakkan kapal di sepanjang dermaga dan menahan tarikan kapal.

Fender adalah bagian dari dermaga yang berupa bantalan yang diletakkan di depan dermaga. Fungsi fender untuk menyerap energi tumbukan atau benturan antara kapal dan dermaga, kemudian meneruskan gaya ke struktur dermaga. (Triatmodjo, 2010). Gaya yang ditransmisikan ke dermaga tergantung pada jenis dan defleksi fender yang diizinkan. Pemasangan fender harus dilakukan secara teratur di sepanjang dermaga agar kapal dapat bersandar pada bagian fender. Karena ukuran kapal yang berbeda, sehingga fender harus dibuat sedikit lebih tinggi pada sisi dermaga. Dalam perencanaan fender, umur fender juga harus dipertimbangkan. Jika pemilihan fender tidak dilakukan dengan tepat, proses pemasangan tidak dilakukan dengan benar, produksi di pabrik tidak baik dan fender tidak didesain dengan benar, maka penggunaan fender akan menurun (Wahid, 2011).

Pelabuhan penyebrangan ro-ro Bengkalis adalah suatu pelabuhan khusus yang terletak di wilayah selatan Desa Air Putih, Kecamatan Bengkalis, Kabupaten Bengkalis. Pelabuhan penyebrangan ini menghubungkan pulau Bengkalis, sebagai ibu kota Pemerintah Kabupaten Bengkalis, dengan pulau Sumatera dimana ibu kota Provinsi Riau berada.

Secara geografis pelabuhan penyebrangan Roro Air Putih terletak pada $1^{\circ}26'36.91''$ LU dan $102^{\circ}09'57.97''$ BT. Pelabuhan ini memiliki 2 dermaga dan memiliki fasilitas pelayanan yang lengkap. Pada konstruksi dermaga tempat sandar kapal menggunakan *Movable Bridge* (MB) lebih menguntungkan dari sudut tinjauan operasional, yang tidak terkendala dengan elevasi pasang surut air laut.

Pada awal pembangunan dermaga pelabuhan penyebrangan ro-ro Bengkalis dilengkapi dengan adanya fender. Intensitas yang tinggi terhadap kapal yang masuk dan bersandar secara terus-menerus di dermaga penyebrangan ro-ro Bengkalis menyebabkan kerusakan pada fender, akibatnya gaya benturan kapal dengan dermaga akan semakin besar. Dalam tiga tahun kebelakang dan hingga saat penelitian ini, pelabuhan penyebrangan ro-ro Bengkalis tidak dilengkapi adanya fender. Sehingga fender perlu dilakukan perencanaan ulang terhadap kapal yang bersandar.

Pembangunan penyebarangan pelabuhan ro-ro Bengkalis berdampak besar terhadap perkembangan transportasi. pembangunan konstruksi dermaga terdiri dari beberapa bagian bangunan yaitu dolphin, fender, dan *movable bridge* (MB). Pengelolaan fender diperlukan untuk mengurangi kerusakan pada badan kapal dan dermaga, gaya yang bekerja seperti gaya sandar (gaya benturan kapal pada dolphin), gaya tambatan (tarikan kapal karena angin, arus dan gelombang). Salah satu cara perencanaan fender tersebut dengan menghitung energi benturan kapal (*berthing energy*) yang beroperasi pada dermaga. Oleh karena itu, perlu dibangunnya fender untuk menahan beban benturan kapal yang mengenai dermaga. Untuk mengukur dan mendapatkan karakteristik fender yang optimum, maka perlu dilakukan analisis dan perhitungan beban yang bekerja pada fender.

Fender direncanakan menyesuaikan dengan tipe dan bobot kapal ro-ro yang akan bersandar dan bertambat pada dermaga, selanjutnya dilaksanakan perhitungan energi benturan kapal agar mendapatkan energi yang diterima dermaga supaya berfungsinya fender dengan optimal. Dari permasalahan yang dikemukakan diatas, maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian, dimana fender pada dermaga ini dirasa sangat penting. Sehingga penelitian ini diberi judul “Studi Perencanaan Sistem Fender Dermaga Di Pelabuhan Penyebrangan Roro (*Roll On – Roll Off*) Air Putih Kota Bengkalis”.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana merencanakan tipe dan jenis fender yang sesuai terhadap energi yang bekerja akibat kapal yang bersandar pada dermaga II ?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dalam penelitian ini adalah merencanakan tipe dan jenis fender terhadap energi yang bekerja akibat kapal yang bersandar pada dermaga II.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mendapatkan suatu desain fender pada dermaga yang mampu menahan gaya yang timbul akibat beban yang bekerja pada dermaga tersebut.
2. Sebagai bahan masukan pentingnya fender kepada pihak terkait, sehingga di rencanakannya fender agar tidak terjadi kerusakan pada kapal dan dermaga.

1.5 Batasan Masalah

Dalam hal ini, untuk menyingkat dan memperjelas suatu penelitian sehingga dapat dibahas dengan baik daripada luas, perlu direncanakan batasan-batasan masalah, yang terdiri dari:

1. Tidak menghitung rencana anggaran biaya (RAB).
2. Fender direncanakan terletak pada dermaga II tepatnya pada dolphin.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Tinjauan pustaka berisi mengenai hasil-hasil kajian yang didapat dari penelitian sebelumnya dan berkaitan erat dengan penelitian yang sedang dikerjakan, serta bisa membantu memecahkan masalah dalam penelitian serta memberikan solusi terhadap penelitian yang dilakukan saat ini. Dalam penelitian ini penulis menggunakan beberapa referensi diantaranya yang melakukan penelitian terkait dengan perencanaan sistem fender dermaga di pelabuhan.

2.2 Penelitian Terdahulu

Abidin, dkk., (2018), telah melakukan penelitian dengan judul “*Perencanaan Fender Dermaga (Studi Kasus Dermaga Pengangkut Minyak, Luwuk Banggai Provinsi Sulawesi Tengah)*”. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan fender yang efisien dalam kaitannya dengan berat kapal, ukuran kapal, ukuran dermaga, kondisi pasang surut dan jarak antar fender di dermaga pengangkut minyak di pelabuhan Luwuk Banggai, Sulawesi Tengah. Metode yang digunakan adalah dengan menghitung gaya-gaya yang bekerja pada dermaga dibedakan menjadi gaya vertikal dan gaya horizontal. Gaya vertikal adalah berat bangunan dermaga itu sendiri, beban hidup, beban peralatan bongkar muat, dan sebagainya. Gaya horizontal dapat dibedakan antara lain gaya benturan kapal pada saat kapal bersandar (*berthing force*) dan gaya tambat (*mooring force*), yaitu gaya yang disebabkan oleh angin, arus dan gelombang pada saat kapal merapat. Hasil perhitungan jarak antar fender pada dermaga adalah 23 meter, dipasang vertikal di depan dermaga karena memperhitungkan perubahan elevasi muka air laut pada saat pasang surut. Kesimpulan dari penelitian ini adalah berdasarkan pada dua percobaan, tipe fender V 1300H dan tipe fender V 600H, didapat menggunakan tipe fender V 600H dengan nilai $h = 550$ m dan $r = 26,378$ m. Sehingga jarak antar fender pada dermaga pelabuhan pengangkut minyak Luwuk Banggai berjarak 23 m. Dipasang vertikal pada sisi depan dermaga karena

memperhitungkan perubahan elevasi muka air laut yang berubah pada saat pasang surut.

Zen, dkk., (2020), telah melakukan penelitian dengan judul “*Studi Perencanaan Sistem Fender Dermaga (Jetty) Di Pelabuhan Tanjung Tembaga Kota Probolinggo*”. Tujuan dari penelitian ini ialah untuk merencanakan sistem fender yang terintegrasi dengan struktur dalam dermaga baru yang akan melayani kapal dengan kapasitas 15000-20000 DWT. Salah satu fasilitas dermaga yang bertujuan untuk menghindari kerusakan akibat benturan pada dermaga maupun badan kapal, maka sebaiknya diletakkan bantalan berupa fender di depan dermaga. Metode yang digunakan dalam menyelesaikan penelitian ini adalah dengan mengumpulkan data kapal, angin, arus, bathimetri, gelombang dan pasang surut yang akan diklasifikasikan dalam perencanaan sistem fender dan struktur dermaga. Pada penelitian ini disimpulkan bahwa energi benturan kapal sebesar 689,3 kN. Untuk itu tipe fender yang direncanakan adalah SCN-800 F.2.5 dengan *frontal pad* 3x1 m dengan memiliki energi hisap 308.6 kN/fender. Dalam perencanaan struktur, dimensi pelat lantai adalah $t=320$ mm, balok memanjang 1200x850 mm, balok derek 1200x900 mm, balok melintang 1200x800 mm, balok diagonal 1200x850 mm, balok samping 1200x750 mm, *plank* fender 5000x3000x1200 mm dan 5000x3000x1100 mm. Dimensi *pile cap* adalah 3400x1800x2000 mm, 360x1800x2000 mm, 1800x1800x1800 mm, 1800x1700x2000 mm dan 2200x2200x2000 mm. Pondasi yang digunakan adalah tiang pancang baja berbentuk tabung 1016 mm dengan kedalaman 18,45 m-*abad* (tiang tegak), 21,45 m-*seabad* (tiang miring). Selain itu direncanakan *concrate filler* (kolom virtual) dengan diameter 978 mm dan panjang 3 m.

Fauzan, (2018), telah melakukan penelitian dengan judul “*Perencanaan Fender Dermaga (Jetty) Kapal Dengan Bobot 10000 DWT*”. Tujuan dari penelitian agar mendapatkan dan mengetahui beban yang mempengaruhi pada perencanaan fender dermaga (*jetty*), menghitung analisa kebutuhan fender dan menentukan tipe fender sesuai dengan kapasitas kapal tangker 1000 DWT. Metode yang digunakan terdiri dari 2 yaitu; (metode pengolahan data dan metode analisa struktur konfensional). Sedangkan pengolahan data yang terkumpul,

tahapan dalam analisis data meliputi: penyajian data desain kapal, penyajian data angin, penyajian data topografi, penyajian data hidro-oseanografi dan penyajian data bathimetri. Adapun metode analisa struktur konvensional; menghitung energi tumbukan antara kapal dan dermaga, menghitung beban tambat akibat gaya angin, menghitung beban *mooring* akibat gaya arus, pemilihan tipe fender dan bollard. Hasil dari perencanaan ini adalah data kapal yang digunakan berdasarkan denah dermaga di Tanjung Uncang, Pulau Batam. Kapal yang digunakan dalam penelitian ini adalah kapal tanker dengan bobot 10000 DWT. Tinjauan topografi pada kawasan pantai tempat dermaga yang akan dibangun sangat penting dilakukan, karena berkaitan dengan faktor keamanan, efisiensi, kemudahan proses pengerjaan dan faktor ekonomis. Jenis dermaga yang dipilih dalam perencanaan ini adalah bentuk *jetty* menggunakan dolphin. Alasannya karena kedalamannya yang dangkal sehingga cukup jauh dari permukaan tanah, penggunaan dermaga *jetty* akan lebih hemat karena tidak perlu pengerukan. Elevasi dermaga diperoleh dari hasil hitungan pasang surut (HWL) ditambah tinggi angin (*fetch*) gelombang (0,4 m) dan tinggi jagaan (1,3 m). Kesimpulan dari penelitian ini adalah besarnya energi benturan yang dihasilkan dari merapatnya kapal ke dermaga dapat diperoleh dengan menentukan koefisien blok pada kapal, koefisien massa kapal, koefisien eksentrisitas kapal di dermaga, dan kecepatan merapat kapal dalam arah tegak lurus. Desain fender ditentukan oleh besarnya energi yang diserap akibat benturan kapal. Tergantung pada fender yang digunakan, jumlah energi yang tersisa di fender diperoleh setelah energi fender kapal diserap. Berdasarkan energi yang tersisa di fender, jenis fender yang paling cocok ditentukan sesuai dengan karakteristik kapal.

Syahputra, (2015), telah melakukan penelitian dengan judul “*Desain Fender Pada Condesata and Sulphuric Acid Bert PT. Pertamina – Medco E&P (JOB PMTS) Di Senora Block Project*”. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melakukan perancangan sistem, spesifikasi dan pengukuran fender pada dermaga proyek *Blok Senoro* sesuai dengan kriteria beban pada fender dan menganalisa tegangan pada Fender. Metode fender yang digunakan adalah didapat dari “*Guidelines for the Design of Fender Systems: International Navigation*

Association (PIANC, 2002)” dan “*Technical Standards and Commentaries for Port and Harbour Facilities in Japan: Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism* (MLIT, 2009)”. Kesimpulan dari penelitian ini adalah tipe fender yang dipilih di dermaga Kondensat dan Asam Sulfat PT. Pertamina dan Medco E&P (JOB PMTS) yang berada di *Blok Senoro Project* ialah *Trelleborg Cell* Fender tipe SCK 2000H E2.5 memiliki tinggi dan lebar 2 meter. Berdasarkan hasil pemodelan dengan *Ansys Workbench*, nilai total maksimum deformasi fender adalah 0,23086 m, tegangan utama maksimum 3,9002e6 Pa, tegangan geser maksimum 2,1937e6 Pa, dan tegangan ekuivalen maksimum (*von – Mises*) adalah 3.9537e6 Pa dan aman terhadap kegagalan struktural.

Sudarjo, (2016), telah melakukan penelitian dengan judul “*Perencanaan Sistem Fender Dermaga (Studi Kasus Dermaga Penyeberangan Mukomuko, Provinsi Bengkulu)*”. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui sistem fender yang efisien dan ekonomis ditinjau dari bobot kapal, ukuran kapal, ukuran dermaga, kondisi pasang surut dan jarak antar fender di pelabuhan penyeberangan Mukomuko Provinsi Bengkulu. Metode yang digunakan adalah dengan mengumpulkan data kapal yang akan diklasifikasikan, angin, arus, bathimetri, gelombang dan pasang surut untuk perencanaan sistem fender dan struktur dermaga. Berdasarkan hasil perhitungan jarak antar fender pada dermaga adalah 4,6 meter yang dipasang vertikal di sisi depan dermaga dengan memperhitungkan perubahan muka air laut pada saat pasang dan surut. Kesimpulan dalam merencanakan sistem fender adalah perlunya mengetahui karakteristik tipe-tipe fender agar mendapatkan tipe fender yang sesuai dengan kebutuhan, tipe fender yang digunakan di pelabuhan penyeberangan Mukomuko ialah tipe fender *Bridgestone SuperArch FV001-5-4*.

Tabel 2.1 Jurnal Penelitian Terdahulu

No	Nama Peneliti	Judul Penelitian	Tahun	Hasil
1.	Abidin, dkk.	<i>Perencanaan Fender Dermaga (Studi Kasus Dermaga Pengangkut Minyak, Luwuk Banggai Provinsi Sulawesi Tengah).</i>	2018	Berdasarkan pada dua percobaan, tipe fender V 1300H dan tipe fender V 600H, didapat menggunakan tipe fender V 600H dengan nilai $h = 550$ m dan $r = 26,378$ m. Sehingga jarak antar fender pada dermaga pelabuhan pengangkut minyak Luwuk Banggai berjarak 23 m. Dipasang vertikal pada sisi depan dermaga.
2.	Zen, dkk.	<i>Studi Perencanaan Sistem Fender Dermaga (Jetty) Di Pelabuhan Tanjung Tembaga Kota Probolinggo.</i>	2020	Energi benturan kapal yang terjadi sebesar 689,3 kN. Untuk itu tipe fender yang direncanakan adalah SCN-800 F.2.5 dengan <i>frontal pad</i> 3x1 m dengan memiliki energi hisap 308.6 kN/fender. Digunakan <i>plank</i> fender 5000x3000x1200 mm dan 5000x3000x1100 mm.
3.	Fauzan	<i>Perencanaan Fender Dermaga (Jetty) Kapal Dengan Bobot 10000 DWT.</i>	2018	Elevasi dermaga diperoleh dari hasil hitungan pasang surut (HWL) ditambah tinggi angin (<i>fetch</i>) gelombang (0,4 m) dan tinggi jagaan (1,3 m). Berdasarkan energi yang tersisa di fender, jenis fender yang paling optimal ditentukan sesuai dengan karakteristik kapal.
4.	Syahputra	<i>Desain Fender Pada Condesata and Sulphuric Acid Bert PT. Pertamina – Medco E&P (JOB PMTS) Di Senora Block Project.</i>	2015	Tipe fender yang digunakan di dermaga yang berada di <i>Blok Senora Project</i> adalah <i>Trelleborg Cell</i> fender tipe SCK 2000H E2.5 dengan diameter dan tinggi 2 meter.

Tabel 2.1 (lanjutan)

				Berdasarkan hasil pemodelan dengan <i>Ansys Workbench</i> , nilai total maksimum deformasi fender adalah 0,23086 m, tegangan utama maksimum 3,9002e6 Pa, tegangan geser maksimum 2,1937e6 Pa, dan tegangan ekuivalen maksimum (<i>von – Mises</i>) adalah 3.9537e6 Pa dan aman terhadap kegagalan struktural.
5.	Sudarjo	<i>Perencanaan Sistem Fender Dermaga (Studi Kasus Dermaga Penyebrangan Mukomuko, Provinsi Bengkulu.</i>	2016	Hasil perhitungan jarak antar fender pada dermaga adalah 4,6 meter yang dipasang vertikal di sisi depan dermaga dengan memperhitungkan perubahan muka air laut pada saat pasang dan surut. Tipe fender yang digunakan di pelabuhan penyebrangan Mukomuko adalah tipe fender <i>Bridgestone SuperArch</i> FV001-5-4.

2.3 Keaslian Penelitian

Meskipun judul yang diajukan dalam penelitian skripsi ini mirip dengan judul-judul peneliti sebelumnya, namun terdapat perbedaan seperti lokasi penelitian, kondisi pasang surut dan bentuk strukturnya. Oleh karena itu, semua penelitian ini adalah benar, hasil penelitian penulis dan penelitian ini belum pernah diteliti sebelumnya sebagai objek penelitian dalam tugas akhir.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Umum

Pelabuhan adalah kawasan perairan terlindung yang dilengkapi dengan fasilitas terminal laut, antara lain dermaga tempat kapal dapat berlabuh untuk bongkar muat barang dan orang, derek untuk bongkar muat, gudang laut (transito) dan tempat penyimpanan. Tempat ini merupakan gudang tempat kapal-kapal membongkar muatannya dan tempat barang-barang tersebut dapat disimpan dalam jangka waktu yang lebih lama menunggu pengiriman barang ke daerah atau pengiriman ke tempat tujuan. Terminal ini dapat dilengkapi dengan jalur transportasi kereta api, jalan raya atau darat. Jadi daerah mungkin terlalu jauh dari pelabuhan tersebut.

Kapal yang berlabuh di dermaga masih memiliki kecepatan, baik yang digerakkan oleh mesinnya sendiri atau ditarik oleh kapal tunda (untuk kapal besar). Benturan antara kapal dan dermaga akan terjadi pada waktu merapat, meskipun kecepatan kapal kecil tetapi kapal memiliki bobot yang sangat besar, akibatnya energi benturan akan sangat besar karena massanya sangat besar. Agar tidak terjadi kerusakan pada kapal dan dermaga akibat tumbukan, pada bagian depan tempat dermaga dipasang fender untuk menyerap energi tumbukan. Penyangga yang dipasang di bagian depan dermaga disebut fender.

3.2 Hidro – Oseanografi

Hidro-oseanografi adalah suatu lingkup ilmiah laut yang secara khusus mempelajari tentang sifat-sifat dari pergerakan air laut yang meliputi topografi, pasang surut, gelombang laut, arus laut dan angin.

1. Topografi

Kondisi topografi darat dan bawah laut mesti memungkinkan pembangunan pelabuhan dan memungkinkan untuk pengembangan di masa depan. Luas lahan harus cukup luas apabila membangun fasilitas pelabuhan seperti dermaga, jalan raya, gudang dan kawasan industri. Jika area lahannya sempit, maka pantai harus cukup lebar dan dangkal untuk memungkinkan pengembangan

lahan dengan penimbunan di pantai. Area yang akan digunakan untuk perairan pelabuhan harus memiliki kedalaman yang cukup untuk kapal masuk dan keluar pada pelabuhan.

2. Angin

Penggunaan data angin dalam peramalam gelombang ialah data muka air laut pada lokasi perencanaan. Data bisa didapatkan berdasarkan pengukuran secara langsung di atas muka air laut (digunakan kapal yang sedang berlayar) atau dari pengukuran di darat didekat lokasi prakiraan, yang kemudian diubah menjadi data angin laut. Kecepatan angin diukur menggunakan alat anemometer dan biasanya ditentukan dengan satuan knot. Satu knot ialah panjang satu menit garis bujur melalui khatulistiwa yang ditempuh sepanjang dalam satu jam, atau $1 \text{ knot} = 1,852 \text{ km/jam} = 0,5 \text{ m/s}$

3. Gelombang

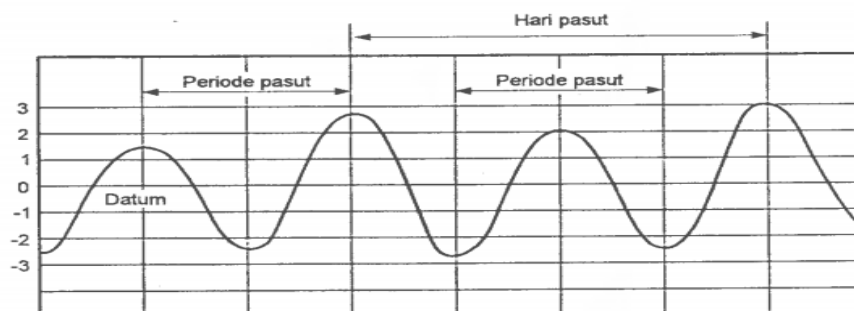
Dalam perencanaan pelabuhan penumpang dan kargo, tinggi gelombang harus serendah mungkin, sehingga dapat terjadinya defleksi (pembengkokan arah dan perubahan karakteristik gelombang) dengan dibangunnya pemecah gelombang di tepi pantai. Faktor utama yang menentukan tata letak pelabuhan, alur pelayaran dan perencanaan struktur konstruksi pantai ialah gelombang (Triatmodjo, 1996). Dengan demikian perkembangan ilmiah gelombang dimengerti secara baik.

4. Pasang Surut

Pasang surut ialah instabilitas permukaan air laut karena adanya gaya tarikan benda-benda di langit, terutama matahari dan bulan, ke massa air laut. Elevasi pasang surut merupakan jarak tegak lurus antara perairan tertinggi dan terendah secara berurutan. Periode pasang surut ialah waktu dari posisi muka air pada muka air rata-rata ke posisi yang sama berikutnya. Perubahan permukaan laut menyebabkan arus yang disebut arus pasang surut, yang mengangkut massa air yang sangat besar. Data pengamatan pasang surut minimal 15 hari diperlukan dalam perencanaan bangunan pelindung pantai.

Mengingat tinggi rendah muka air laut yang terus berubah, maka perlu ditentukan tinggi muka air laut berdasarkan data pasang surut air laut yang dapat dijadikan pedoman dalam perencanaan suatu pelabuhan. Beberapa elevasi tersebut adalah sebagai berikut:

- Muka air tinggi (*high water level*), muka air tertinggi yang dicapai pada saat air pasang dalam suatu siklus pasang surut.
- Muka air rendah (*low water level*), muka air terendah yang dicapai pada saat air surut dalam suatu siklus pasang surut.
- Muka air tinggi rerata (*mean high water level, MHWL*) ialah rata-rata tinggi muka air selama periode 19 tahun.
- Muka air rendah rerata (*mean low water level, MLWL*) ialah rata-rata muka air rendah selama periode 19 tahun.
- Muka air laut rata-rata (*Mean sea level, MSL*) ialah muka air rata-rata antara muka air rata-rata tinggi dan muka air rata-rata rendah. Elevasi ini digunakan sebagai acuan untuk elevasi di daratan.
- Muka air ketinggian tertinggi (*highest high water level, HHWL*) ialah air tertinggi pada saat bulan purnama atau bulan mati.
- Muka air rendah terendah (*lowest low water level, LLWL*) ialah level air terendah pada saat pasang surut bulan purnama atau bulan mati.
- Higher high water level* ialah air tertinggi yang lebih tinggi adalah yang tertinggi dari dua pasang tertinggi dalam satu hari, seperti halnya pasang surut tipe campuran.
- Lower low water level* ialah air terendah dari dua ketinggian air rendah dalam satu hari.



Gambar 3.1 Kurva Pasang Surut (Triatmodjo, 2010)

5. Arus

Kecepatan aliran adalah hasil pengukuran aliran pada suatu penampang pada kedalaman tertentu (0.2d, 0.6d, 0.8d) dan dimana arus mempunyai pengaruh yang signifikan. Arus air laut dilakukan pengukuran pada pasang terendah (*neap tide*) dan pada pasang tertinggi (*spring tide*).

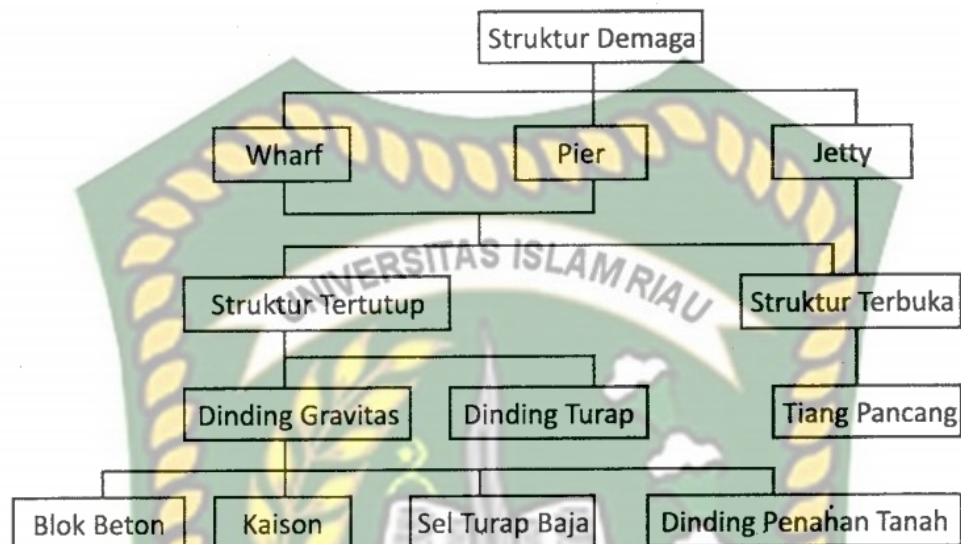
3.3 Dermaga

Dermaga ialah suatu bangunan di tepi sisi laut (sungai, danau) yang berfungsi untuk melayani bongkar muat barang ke kapal atau bongkar muat penumpang (Asiyanto, 2008). Dermaga terdiri dari dua struktur, yaitu struktur atas (balok dan pelat lantai) dan struktur bawah (*poer* dan tiang pancang) yang berfungsi untuk menopang bagian atas. Pembangunan dermaga diperlukan untuk menahan gaya dari benturan kapal dan beban pada saat bongkar muat. Penentuan dimensi dermaga dilakukan sesuai dengan jenis dan ukuran kapal yang akan merapat dan bertambat di dermaga. Ketika mempertimbangkan ukuran dermaga, dimensi minimum harus diperhitungkan agar kapal dapat berlabuh dan meninggalkan dermaga, serta memuat dan membongkar dengan aman, cepat dan tanpa masalah.



Gambar 3.2 Layout Pelabuhan Roro Bengkalis (Dishub Bengkulu, 2020)

Tipe struktur dermaga dibedakan menjadi tiga yaitu; struktur *wharf*, struktur *pier* dan struktur *jetty*. Dapat dilihat pada gambar 3.3.



Gambar 3.3 Tipe Dermaga (Triatmodjo, 2010)

- Wharf* adalah dermaga yang dibuat sejajar pantai dan dapat dibuat berimpit dengan garis pantai atau agak menjorok kelaut dan dapat juga berfungsi sebagai penahan tanah yang ada dibelakangnya. *Wharf* dibangun apabila garis kedalaman laut hampir merata dan sejajar dengan garis pantai. Dermaga dengan tipe ini biasanya digunakan untuk pelabuhan barang potongan atau peti kemas dimana dibutuhkan suatu halaman terbuka yang cukup luas untuk menjamin kelancaran angkutan barang.
- Pier* adalah dermaga serupa *wharf* (berada garis pantai) yang berbentuk seperti jari dan dapat untuk merapat kapal pada kedua sisinya, sehingga biasa digunakan bersandar kapal dalam jumlah lebih banyak untuk satuan panjang pantai.
- Jetty* adalah dermaga yang dibangun menjorok cukup jauh ke arah laut, dengan maksud agar ujung dermaga berada pada kedalaman yang cukup untuk merapat kapal. Untuk menahan benturan kapal yang merapat dipasang dolphin penahan benturan (*breathing dolphin*) di depan *jetty*. Sedangkan untuk mengikat kapal digunakan dolphin penambat (*mooring dolphin*).

Ukuran dermaga dan perairan tambat tergantung pada ukuran kapal terbesar dan jumlah kapal yang menggunakan tempat berlabuh. Tata letak dermaga dipengaruhi oleh banyak faktor, seperti ukuran perairan pelabuhan, kemudahan navigasi saat kapal berlabuh dan meninggalkan dermaga, ketersediaan atau penggunaan kapal tunda untuk membantu kapal berlabuh, serta arah dan intensitas angin, gelombang dan arus.

1. Bagian – Bagian Dermaga

Peran dermaga sangat penting, karena harus dapat memenuhi seluruh kegiatan distribusi fisik di pelabuhan, antara lain: menaik turunkan penumpang dengan lancar, pengangkutan dan pembongkaran barang dengan aman dan lancar, menghubungkan angkutan dari-ke-darat atau laut, bersandar dan bertambatnya kapal, tempat penyimpanan efektif, gudang yang berhubungan dengan lalu lintas darat. Berikut adalah bagian-bagian dermaga, yaitu:

1. Bangunan Atas

Bangunan atas merupakan struktur konstruksi dermaga yang berada di atas, terdiri dari:

- a. Plat lantai, adalah plat bagian dari dermaga yang berfungsi untuk dilewati kendaraan yang menuju kapal atau dari kapal menuju daratan.
- b. Balok, adalah rangkaian dari *girder* yang memanjang dari konstruksi dermaga tersebut dan merupakan pengaku serta memikul pelat lantai.

2. Bangunan Bawah

Satu – satunya yang dapat dicantumkan pada kategori bangunan bawah sebuah dermaga adalah pondasi. Pondasi adalah suatu bagian dari dermaga yang tertanam atau berhubungan dengan tanah, fungsi dari pondasi adalah untuk menahan beban bangunan di atasnya dan meneruskannya ke tanah dasar. Tujuannya adalah agar didapat keadaan yang kokoh dan stabil atau dengan kata lain tidak akan terjadi penurunan yang besar, baik arah vertikal maupun horizontal.

Dalam beberapa faktor terdapat beberapa jenis pondasi yang dapat digunakan sesuai dengan keadaan yang ada, antara lain:

- a. Pondasi dangkal, adalah suatu pondasi yang mendukung bangunan bawah secara langsung pada tanah, dapat dibedakan menjadi :
 - 1) Pondasi tumpuan setempat
 - 2) Pondasi tumpuan menerus
 - 3) Pondasi tumpuan plat
- b. Pondasi dalam, dapat dibedakan menjadi
 - 1) Pondasi tiang pancang, Pondasi tiang pancang digunakan bila tanah pendukung berada pada kedalaman lebih dari 8 meter, bentuk dari pondasi tiang pancang adalah lingkaran, segi empat, segi tiga, dll.
 - 2) Pondasi sumuran, Pondasi sumuran digunakan apabila tanah pendukung berada pada kedalaman 2-8 meter, pondasi ini mempunyai bentuk penampang bulat, segiempat, dan oval.

3.4 Kapal

Peran kapal secara langsung atau tidak langsung, sangat penting dalam perencanaan sistem fender, di mana kekuatan eksternal akan mempengaruhi struktur dermaga dan mempengaruhi kondisi di mana kapal bersandar dan ditambat.

Dimensi kapal perlu ditetapkan agar fasilitas dermaga yang digunakan dapat menampung kapal yang akan bersandar dan bertambat. Faktor-faktor yang perlu diperhatikan dalam karakteristik kapal untuk mengetahui gaya-gaya luar yang terjadi adalah sebagai berikut:

- a. Jenis kapal,
- b. Bobot kapal,
- c. Dimensi kapal,
- d. Jarak maksimum yang diizinkan antara kapal dengan dermaga (*loading equipment of the ship*).

3.4.1 Jenis Kapal

1. Kapal penumpang

Di Indonesia yang merupakan negara kepulauan dan taraf hidup sebagian penduduknya relatif masih rendah, kapal penumpang masih mempunyai peranan yang cukup besar. Jarak antar pulau yang relatif dekat masih bisa dilayani oleh kapal-kapal penumpang. Pada umumnya kapal penumpang mempunyai ukuran yang relatif kecil.

2. Kapal Roro (*Roll On – Roll Off*)

Umumnya tipe kapal yang beroperasi di pelabuhan penyeberangan merupakan *ferry* menggunakan sistem Roro (*roll on-roll off*). Kramadibrata (1985) mengartikan roro sebagai tipe kapal yang pemindahan muatan dilakukan secara mendatar (*horizontal*).

Kapal roro (*roll On-roll off*) merupakan kapal yang dapat memuat orang dan kendaraan yang masuk ke dalam kapal dengan tenaga penggerak sendiri dan dapat keluar dengan sendirinya. Dilengkapi dengan gerbang *raam door* agar kapal dapat menghubungkan kapal dengan dermaga.

Secara umum, tiga jenis utama kapal roro dapat diidentifikasi untuk layanan linier laut dalam adalah :

1. Tipe 1: Kapal roro dengan geladak bertingkat dan atau pelka tepi pelabuhan yang memerlukan *ramp* dermaga.
2. Tipe 2: Kapal roro dengan sudut dasar kapal yang mempunyai ramp buritan, dan banyak dek yang dihubungkan oleh ramp, khusus diijinkan di negara-negara berkembang karena kebutuhan jembatan penghubung di dermaga pelabuhan yang rumit dan relative mahal dapat dihindari, sedangkan muatan yang bervariasi besarnya dapat ditangani. Lebih jauh lagi kapal tersebut sering memakai *straddle carrier*, truk forklift dan mesin peralatan mekanik miliknya sendiri.
3. Tipe 3: Campuran dari kapal ro/ro, lo/lo (*lift on/lift off*) yang memerlukan ramp dermaga.

3.4.2 Berat Kapal

Kapal adalah kendaraan untuk mengangkut barang dan penumpang melalui sungai atau laut. Kapal sebagai alat bongkar muat turun muatan memiliki karakteristik yang unik dalam penanganan muatan. Muatan kapal ini bisa berupa gas, cair atau padat. Dalam menentukan bentuk teknis suatu kapal, tergantung pada jarak dan massa suatu muatan. Mengatasi muatan kargo juga menentukan karakteristik pelayanan kapal di dermaga dan alat peralatan yang mendukung bongkar muat.

Dapat didefinisikan berbagai macam keterangan mengenai berat kapal dan ukurannya adalah sebagai berikut:

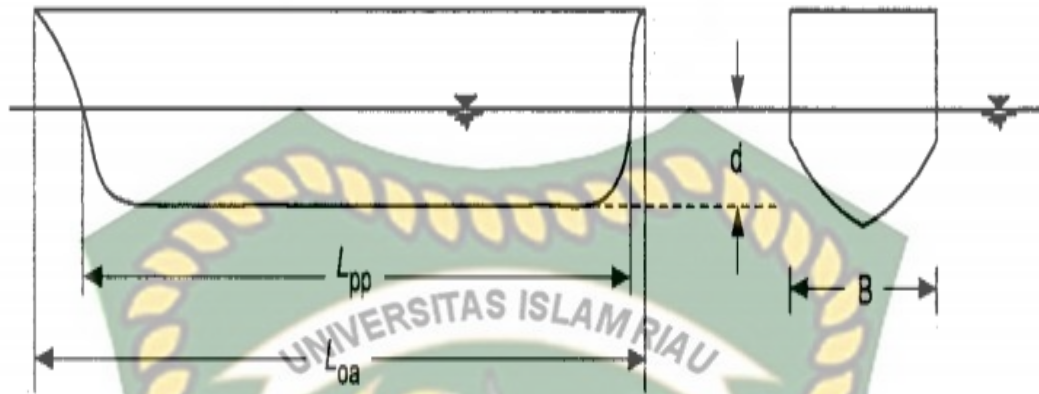
1. *Gross Tonnage* yaitu berat total volume kapal dinyatakan dengan GRT ($1 \text{ GRT} = 100 \text{ ft}^3 = 2.83 \text{ m}^3$).
2. *Netto Register Tons, NRT* (ukuran isi bersih) yaitu ruangan yang disediakan untuk muatan dan penumpang kapal.
3. *Dead Weight Tonnage, DWT* yaitu berat total muatan dimana kapal dapat mengangkut dalam keadaan pelayanan optimal (*draft* maksimum).
4. *Displacement Tonnage (W)* yaitu berat total dari badan kapal, mesin, kargo, dan seluruh struktur yang ada didalamnya.

3.4.3 Dimensi Kapal

Dimensi kapal diperlukan sebagai salah satu faktor yang berhubungan langsung pada perencanaan:

1. Panjang total kapal (*length overall, Loa*) adalah panjang kapal dihitung dari ujung depan (haluan) sampai ujung belakang (buritan).
2. Panjang garis air (*length between perpendiculars, Lpp*) adalah panjang antara kedua ujung *design load water line*.
3. Sarat (*draft, d*) adalah bagian kapal yang terendam air pada keadaan muatan maksimum.
4. Lebar kapal (*beam, B*) yaitu jarak maksimal pada kedua ujung sisi kapal.

Bentuk dan dimensi kapal sangat berkaitan erat dengan perencanaan fasilitas yang ada pada dermaga di pelabuhan.



Gambar 3.4 Dimensi pada kapal (Triatmodjo, 2010)

3.4.4 Karakteristik Kapal

Sesuai dengan pengembangan teknologi kapal, pelabuhan sebagai prasarana harus disesuaikan sedemikian rupa agar dapat melayani kapal dan mampu menangani muatan. Antara kapal dan pelabuhan terdapat hubungan ketergantungan (*interdependensi*).

Untuk mendalami karakteristik kapal, terdapat beberapa ragam faktor penentu, dilihat dari segi material, fungsi dan operasi dari kapal, antara lain:

- Bahan material yang dipakai yaitu baja, kayu, ferro semen, fiberglass dan lain sebagainya;
- Fungsi kapal sebagai kapal penumpang, kapal barang umum, kapal curah, kapal peti kemas, kapal tanki, kapal tunda, kapal ikan, dan lain sebagainya;
- Sistem pengendali dan penggerak yaitu mekanik, semiotomatis, otomatis diesel, sebagai kekuatan penggerak utama dan lain sebagainya;
- Daerah operasi dari kapal, jarak dekat/sedang, jauh, disesuaikan pula dengan keadaan perairan laut.

Secara umum bentuk badan kapal dapat dibagi sebagai berikut :

- Dasar rata (*Flat bottom*), biasa terdapat pada kapal-kapal dengan ukuran besar.
- Dasar semi rata (*Semi flat bottom*), biasa terdapat pada kapal dengan ukuran sedang/kecil.

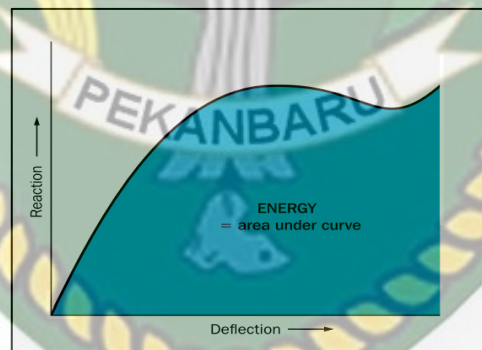
- c. Dasar landai (*Deep bottom*), kapal dengan kecepatan tinggi.

3.4 Fender

Fender memiliki fungsi sebagai bantalan yang diletakkan di depan dermaga. Fender akan menyerap energi benturan kapal dan mengirimkan gaya ke struktur dermaga. Gaya yang ditransmisikan ke dermaga tergantung pada jenis fender dan defleksi yang diizinkan.

Fender juga mencegah kerusakan cat pada badan kapal akibat gesekan antara kapal dan dermaga yang disebabkan oleh gerakan gelombang, arus dan angin. Fender harus dipasang dan diposisikan secara tepat di sepanjang dermaga sehingga dapat mengenai badan kapal. Karena dimensi kapal yang berbeda, maka fender harus didesain sedikit lebih tinggi di sisi dermaga.

Pada saat fender mengenai benturan kapal, maka akan terjadi defleksi. Defleksi yang terjadi pada fender akan menyerap energi benturan kapal, kemudian ditransmisikan energi benturan tersebut ke struktur dermaga.



Gambar 3.5 Kurva defleksi gaya suatu fender (Trelleborg, 2018)

Fender terbuat dari bahan elastis seperti karet atau kayu. Fender karet yang di produksi pabrik semakin banyak diaplikasikan karena memiliki kualitas yang lebih tinggi dan ketersediaannya yang luas di pasaran dengan berbagai jenis. Fender kayu berupa balok kayu yang dipasang di depan dermaga atau tiang kayu yang dipancang. Mengingat harga kayu yang tidak lagi murah, dan masalah lingkungan akibat penebangan pohon, fender kayu tidak banyak digunakan saat ini. Kecuali pelabuhan-pelabuhan kecil di Sumatera, Kalimantan dan Papua yang masih banyak ketersediaan kayu.

3.5.1 Tipe – Tipe Fender

1. Fender Karet

Saat ini fender karet banyak digunakan di pelabuhan. Fender karet dibuat oleh pabrik dengan berbagai bentuk dan ukuran tergantung fungsinya. Produsen pembuatan fender memberikan spesifikasi untuk fender yang mereka produksi. Fender dari jenis yang sama tetapi diproduksi oleh produsen yang berbeda mungkin memiliki karakteristik yang berbeda. Fender karet dapat dibedakan menjadi beberapa jenis, yaitu:

a. Fender ban bekas mobil

Fender tersebut adalah jenis fender yang bentuknya paling sederhana diantara fender yang lainnya karena dari ban bekas mobil yang kemudian dipasang pada sisi depan di sepanjang dermaga.

b. Fender tipe A

Fender tipe A merupakan jenis fender yang paling umum digunakan di dermaga di Indonesia, bentuknya sederhana dan pemasangannya pun mudah. Fender tipe A hampir sama bentuknya dengan fender tipe V perbedaannya hanya pada bagian atas fender di mana bagian atas fender tipe A berbentuk seperti kubah.

c. Fender tipe sel (*cell fender*)

Bentuk lain dari fender karet adalah fender sel, yang dipasang didepan dermaga menggunakan baut. Sisi depan fender dipasang panel kontak. Karakteristik fender diberikan oleh pabrik pembuatannya.

2. Fender Kayu

Fender kayu bisa berupa batang-batang kayu yang dipasang horizontal dan vertikal di sisi depan dermaga. Fender kayu ini memiliki kemampuan menyerap energi. Penyerapan energi diperoleh tidak hanya dari defleksi/ pembengkokan tiang kayu, tetapi juga dari balok kayu memanjang. Tiang kayu dipasang di setiap bentangan bukaan dermaga.

3.5.2 Dasar Perencanaan Fender

Pedoman atau dasar perencanaan fender yang digunakan adalah sebagai berikut (Triatmdjo, 2010):

- Menentukan energi benturan kapal, berdasarkan kapasitas dan bobot kapal terbesar yang merapat pada dermaga.
- Menentukan energi yang diserap oleh dermaga. Energi tersebut sama dengan setengah gaya reksi fender (F) dikalikan dengan defleksinya (d).
- Energi yang akan diserap fender adalah energi yang di sebabkan karena benturan kapal kemudian dikurangi energi yang diserap dermaga.
- Gunakan fender yang dapat menyerap energi yang sudah di rencanakan diatas berdasarkan karakteristik fender yang dikeluarkan oleh pabrik pembuatannya.

Dengan kata lain, pada waktu memilih fender harus diingat akan adanya energi tumbukan yang diabsorbsi fender (E_f) dan gaya reaksi (P) yang harus ditahan bangunan. Jadi, pemilihan fender harus memperhatikan faktor yang memenuhi persyaratan. Fender yang ideal adalah yang mampu mengabsorbsi energi kinetik yang sebesar – besarnya dan mengubah ke bentuk gaya reaksi sekecil – kecilnya ke konstruksi dermaga. Defleksi fender terjadi ketika kapal memberikan energi benturan, dimana besarnya defleksi menentukan besarnya energi dan gaya reaksi terabsorpsi.

Besarnya defleksi fender adalah rasio yang dinyatakan sebagai persentase, dari tingkat perubahan antara kondisi awal dan kondisi pada saat tumbukan. Dalam panduan atau katalog yang diterbitkan oleh pabrikan fender, besarnya defleksi yang terjadi pada setiap jenis dan ukuran fender ditampilkan dalam tabel dan grafik. Lendutan fender maksimum adalah antara 45% sampai 60%. Untuk perencanaan sebaiknya menggunakan kondisi deviasi yang menghasilkan desain paling kritis.

3.5.3 Pembebanan Pada Fender

Fungsi utama dari sistem fender adalah untuk mencegah kerusakan pada kapal dan dermaga pada waktu kapal merapat dan bertambat pada dermaga. Gaya-

gaya yang timbul pada saat kapal bertambat adalah benturan kapal, gesekan antara kapal dengan dermaga dan tekanan yang diberikan kapal pada dermaga. Energi tersebut bisa mengakibatkan kerusakan pada kapal dan struktur dermaga. Untuk mencegah kerusakan tersebut, fender dipasang di depan sisi dermaga yang dapat menyerap energi benturan. Jumlah energi yang diserap dan gaya maksimum yang ditransmisikan ke struktur dermaga digunakan untuk menentukan jenis dan ukuran fender.

Beberapa faktor yang mempengaruhi pemilihan jenis fender adalah kondisi gelombang, arus dan angin, ukuran kapal, kecepatan dan daya dukung kapal saat ditambatkan, keberadaan kapal penarik untuk membantu penambatan, jenis dermaga, dan juga kemampuan nahkoda kapal.

Pembebanan fender didasarkan pada hukum kekekalan energi. Energi tumbukan kapal dengan dermaga sebagian diserap oleh sistem fender, dan sisanya diserap oleh struktur dermaga. Diperkirakan bahwa struktur dermaga yang sangat kaku tidak menyerap energi tumbukan, oleh karena itu energi tersebut ditahan oleh sistem fender. Berikut analisis perhitungan berat kapal yang pada umumnya digunakan adalah sebagai berikut:

Volume badan kapal dibawah air (*Vol*):

$$Vol = Lpp \times B \times d \times Cb \dots\dots\dots(3.1)$$

Dimana:

Vol = volume badan kapal dibawah air (m^3)

Lpp = panjang garis air (m)

B = lebar (m)

d = sarat (m)

Cb = koefesien blok

Displacement Kapal (*W*):

$$W = Vol \times \gamma_o \times C \dots\dots\dots(3.2)$$

Dimana:

W = *displacement*/berat kapal (ton)

C = faktor baja

γ_o = berat jenis air laut

Berat Kosong Kapal (LWT):

$$LWT = P_{st} + P_p + P_m \dots\dots\dots(3.3)$$

Dimana:

LWT = berat kosong kapal

P_{st} = berat baja badan kapal kosong (ton)

P_p = berat peralatan kapal (ton)

P_m = berat mesin penggerak kapal (ton)

Berat Baja Badan Kapal Kosong (P_{st}):

$$P_{st} = C_{st} \times L_{pp} \times B \times H \dots\dots\dots(3.4)$$

Dimana:

C_{st} = koefisien berat baja (0,09-0,12) ton/m³

L_{pp} = panjang garis air (m)

B = lebar (m)

H = tinggi dari sarat kapal (m)

Berat Peralatan Kapal (P_p):

$$P_p = C_p \times L_{pp} \times B \times H \dots\dots\dots(3.5)$$

Dimana:

C_p = koefisien berat peralatan (0,09-0,12) ton/m³

L_{pp} = panjang garis air (m)

B = lebar (m)

H = tinggi dari sarat kapal (m)

Berat Mesin Penggerak Kapal (P_m):

$$P_m = C_{pm} \times BHP_{ME} \dots\dots\dots(3.6)$$

Dimana:

C_{pm} = koefisien mesin perkapalan (0,09-0,11) ton/m³

BHP_{ME} = hourse power kapal

Berat Mati Kapal (*DWT*):

$$DWT = W - LWT \dots\dots\dots(3.7)$$

Dimana:

DWT = berat mati kapal (ton)

LWT = berat kosong kapal (ton)

W = displacement/berat kapal (ton)

Koreksi perhitungan *DWT* dengan rumus pendekatan *BOCKER*, dengan

$$DWT \text{ berkisar antara } 0,3 \text{ hingga } 0,5. \text{ Koreksi} = \frac{DWT}{W}$$

3.5.4 Gaya Sandar (*Berthing forces*)

Kapal-kapal yang akan merapat pada dermaga di pelabuhan akan memberikan beban pada struktur berupa energi. Energi benturan dari kapal ini kemudian akan diserap oleh fender, yang mentransfer energi ke struktur dan merespons sebagai respons terhadap struktur tempat berlabuh. Energi benturan yang cukup besar dapat menyebabkan fender mengalami defleksi. Perhitungan energi tempat berlabuh kapal ini hampir mirip dengan perhitungan energi kinetik, tetapi dengan penambahan beberapa koefisien. Untuk menghitung gaya sandar kapal dapat digunakan rumus sebagai berikut:

$$E = \frac{WV^2}{2g} C_m. C_e. C_s. C_c \dots\dots\dots(3.8)$$

Dimana:

E = energi benturan (ton.m)

W = displacement/berat kapal (ton)

V = komponen kecepatan dalam arah tegak lurus sisi dermaga (m/s)

g = percepatan gravitasi (m/s²)

C_m = koefisien massa

C_e = koefisien eksentrisitas

C_s = koefisien kekerasan

C_c = koefisien tekanan arus

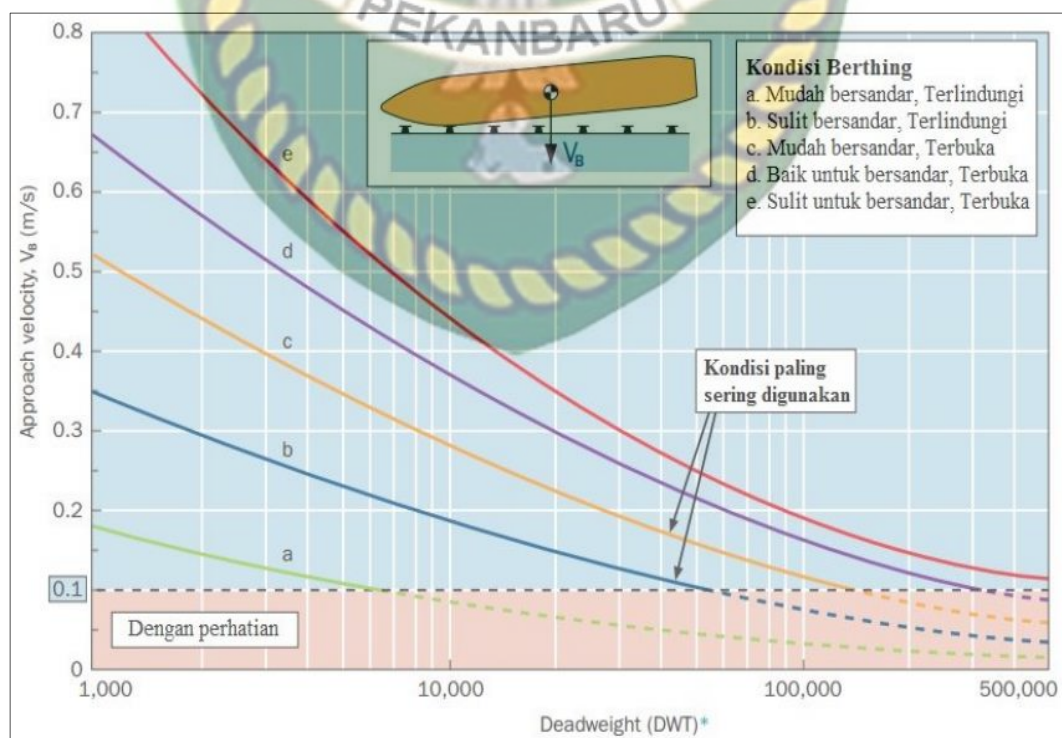
a. Komponen kecepatan dalam arah tegak lurus sisi dermaga (V)

Apabila kapal bermuatan maksimum membentur dermaga dengan sudut 10° terhadap sisi depan dermaga diasumsikan bahwa dalam perencanaan ialah benturan maksimum yang terjadi.

Tabel 3.1 Kecepatan merapat kapal pada dermaga (Triatmodjo, 2010)

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
10.000 – 30.000	0,15	0,15
di atas 30.000	0,12	0,15

Kecepatan berlabuh tergantung pada tingkatan kemudahan atau kesulitan berlabuhnya kapal, panduan bersandar dan ukuran kapal berlabuh dari dermaga. Kondisi kecepatan umumnya dibedakan atas 5 jenis, terlihat pada gambar grafik dibawah ini. Pilihan V_B juga tergantung pada lokasi tempat berlabuh kapal.



Gambar 3.6 Grafik komponen tegak lurus dari kecepatan kapal (PIANC, 2002)

b. Koefisien blok (Cb)

Koefisien balok merupakan kegunaan dari lambung kapal pada saat bersandar yaitu dengan menggunakan rumus:

$$C_b = \frac{W}{L_{pp} \cdot B \cdot d \cdot \gamma_o} \dots\dots\dots(3.9)$$

Dimana:

W = displacement (berat) kapal

L_{pp} = panjang garis air (m)

B = lebar kapal (m)

d = draft kapal (m)

γ_o = berat jenis air laut (t/m³)

Tabel 3.2 Umumnya nilai koefisien blok (C_b), (PIANC, 2002)

Container vessels	0,6 - 0,8
General Cargo dan Bulk Carriers	0,72 - 0,85
Tanker	0,85
Ferrie	0,55- 0,65
RoRo vessel	0,7 - 0,8

c. Koefisien massa (C_m)

Besarnya koefisien massa memungkinkan air laut ikut terbawa saat kapal bergerak menyamping saat hendak bersandar di dermaga. Ketika kapal berhenti setelah ditahan oleh fender, air laut terus mendorong lambung kapal, secara efektif meningkatkan massa kapal secara keseluruhan. Sehingga dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$C_m = 1 + \frac{\pi}{2 \cdot C_b} \times \frac{d}{B} \dots\dots\dots(3.10)$$

Dimana:

C_b = koefisien blok kapal

d = draft kapal (m)

B = lebar kapal (m)

d. Koefisien eksentrisitas (Ce)

Kapal yang merapat kedermaga akan membentuk sudut terhadap dermaga, sehingga pada waktu bagian kapal menyentuh dermaga, kapal akan berputar sehingga sejajar dengan dermaga. Sebagian energi benturan yang ditimbulkan oleh kapal akan hilang oleh perputaran tersebut. Sisa energi akan diserap oleh dermaga. Koefisien eksentrisitas adalah perbandingan antara energi sisa dan energi kinetik kapal yang merapat, dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$C_e = \frac{1}{1 + \left(\frac{l}{r}\right)^2} \dots\dots\dots(3.11)$$

Dimana:

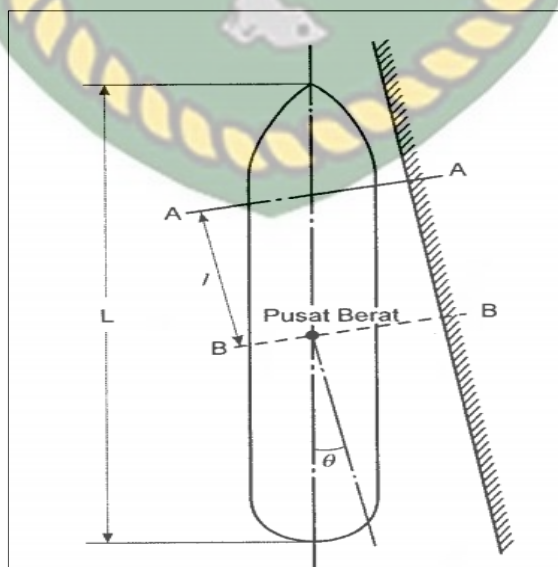
l = jarak sepanjang permukaan air dermaga dari pusat berat kapal sampai titik sandar kapal

r = jari-jari putaran di sekeliling pusat berat kapal pada permukaan air

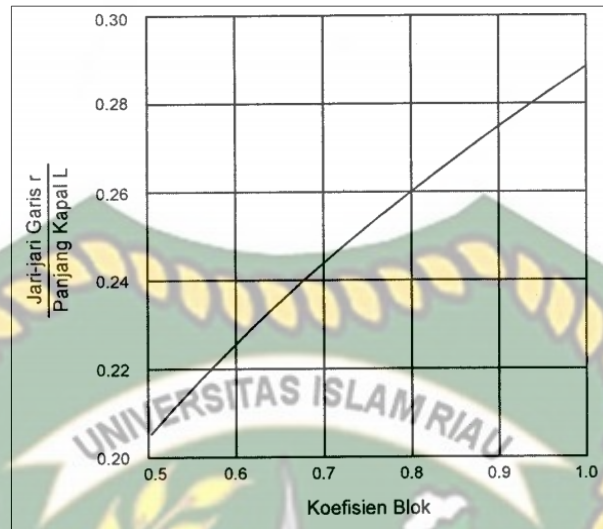
Titik kontak pertama antara kapal dan dermaga adalah suatu titik $\frac{1}{4}$ panjang kapal pada dermaga dan $\frac{1}{3}$ panjang kapal pada dolphin, dan nilai 1 adalah:

$$\text{Dermaga: } 1 = \frac{1}{4} \text{ Loa} \dots\dots\dots(3.12)$$

$$\text{Dolphin : } 1 = \frac{1}{6} \text{ Loa} \dots\dots\dots(3.13)$$



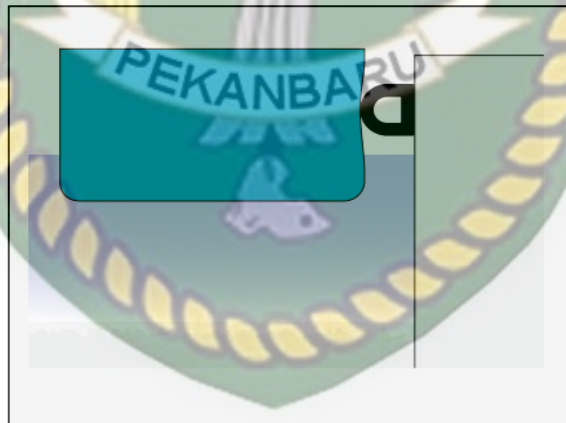
Gambar 3.7 Jarak pusat berat kapal sampai titik sandar kapal (Triatmodjo, 2010)



Gambar 3.8 Grafik Jari – jari putaran di sekeliling berat kapal (Triatmodjo, 2010)

e. Koefesien kekerasan (Cs)

Fender masih relatif sulit menyerap energi tumbukan dari lambung kapal, sehingga sebagian energi tumbukan diserap oleh fleksibilitas deformasi dari lambung kapal.



Gambar 3.9 Fleksibilitas lambung kapal, (Trelleborg, 2018)

Dalam kebanyakan kasus ini sangat jarang terjadi dan diabaikan ($C_s = 1$). Rekomendasi nilai koefesien kekerasan (C_s), dapat dilihat pada tabel 3.3.

Tabel 3.3 Rekomendasi nilai koefesien kekerasan (C_s), (PIANC, 2002)

$C_s = 1.0$	<i>Soft fenders</i> ($\delta f > 150 \text{ mm}$)
$C_s = 0.9$	<i>Hard fenders</i> ($\delta f \leq 150 \text{ mm}$)

f. Koefesien tekanan arus (C_c)

Ketika kapal bersandar pada struktur dermaga tertutup dengan sudut yang kecil, aliran air antara lambung kapal dan dermaga menjadi melemah dapat mengurangi sedikit energi benturan. Beberapa faktor yang berpengaruh terhadap kontribusi nilai koefesien tekanan arus (C_c) sebagai berikut:

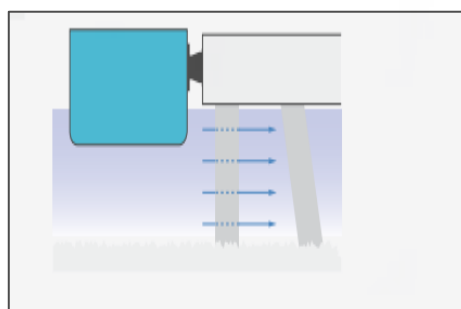
- Perencanaan struktur dermaga
- *Under keel clarence (UKC)* ialah jarak antara lunas kapal pada draft terdalamnya dengan dasar perairan dimana kapal tersebut berada
- Luasan fender
- Karakteristik lambung kapal

Rekomendasi yang diberikan oleh PIANC mengenai penggunaan nilai koefesien tekanan arus (C_c) dapat dilihat pada tabel 3.4.

Tabel 3.4 Nilai koefesien tekanan arus (C_c), (PIANC, 2002)

$C_c = 1.0$	Struktur dermaga terbuka menggunakan tiang pancang Sudut berlabuh $> 0,5^\circ$ Kecepatan berlabuh yang sangat rendah <i>Under keel clarence</i> yang besar
$C_c = 0.9$	Struktur dermaga tertutup Sudut sandaran $> 0.5^\circ$

Catatan: Apabila *under kell clearance* direncanakan untuk penambahan koefisien massa (C_m), nilai koefisien konfigurasi dermaga yang biasanya digunakan ialah $C_c = 1,0$.



Gambar 3.10 Struktur dermaga terbuka (Trelleborg, 2018)

3.5.5 Gaya Tambat (*Mooring forces*)

Gaya tambat kapal yang ditambatkan di dermaga akan diikatkan pada alat tambatan yang disebut *bollard* dengan menggunakan tali. Tambatan ini dirancang untuk menahan pergerakan kapal yang disebabkan oleh kecepatan angin dan arus. Gaya tarikan yang ditimbulkan oleh angin dan arus pada kapal dan pada alat penambat kapal disebut gaya tambat. *Bollard* didirikan di atas dermaga dan harus mampu menahan gaya tarik kapal.

a. Gaya Akibat Angin

Angin yang bertiup pada badan kapal yang ditambatkan akan menyebabkan kapal bergerak dan hal ini akan menimbulkan gaya pada dermaga. Jika arah angin menuju dermaga, gaya tersebut berupa gaya tumbukan terhadap dermaga. Sedangkan jika arah angin meninggalkan dermaga akan menyebabkan tali tertarik pada alat tambat. Besarnya gaya angin tergantung pada arah tiupan dan kecepatan angin dan dihitung dengan rumus sebagai berikut:

- Gaya longitudinal apabila angin datang dari arah haluan ($\alpha = 0^\circ$):
 $R_w = 0,42 \cdot Pa \cdot A_w \dots\dots\dots(3.14)$

- Gaya longitudinal apabila angin datang dari arah buritan ($\alpha = 180^\circ$):
 $R_w = 0,5 \cdot Pa \cdot A_w \dots\dots\dots(3.15)$

- Gaya longitudinal apabila angin datang dari arah lebar kapal ($\alpha = 90^\circ$):
 $R_w = 1,1 \cdot Pa \cdot A_w \dots\dots\dots(3.16)$

dimana:

$$Pa = 0,063 \cdot V_w^2 \dots\dots\dots(3.17)$$

Keterangan:

R_w = gaya akibat angin (kg)

Pa = tekanan angin (kg/m²)

V_w = kecepatan angin (m/d)

A_w = proyeksi bidang yang tertiuip angin (m²)

b. Gaya Akibat Arus

Arus yang bekerja pada bagian kapal yang terendam air juga akan menyebabkan terjadinya gaya pada kapal yang kemudian diteruskan pada alat

penambat dan dermaga. Besar gaya yang ditimbulkan oleh arus diberikan oleh persamaan berikut :

$$R_a = C_c \cdot \gamma_o \cdot A_c \left(\frac{V_c^2}{2g} \right) \dots\dots\dots(3.18)$$

Dimana:

$$A_c = B \times d \dots\dots\dots(3.19)$$

Keterangan:

- R_a = gaya akibat arus (kg)
- γ_o = massa jenis air laut (1025 kg/m)
- A_c = luas lambung kapal yang terendam air (m²)
- V_c = kecepatan arus (m/s)
- B = lebar kapal (m)
- d = draf kapal (m)

Nilai C_c merupakan faktor untuk menghitung gaya lateral dan longitudinal. Nilai C_c tergantung pada bentuk kapal dan kedalaman air di depan dermaga. Nilai yang diberikan untuk menghitung faktor gaya arus silang adalah sebagai berikut:

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

Faktor untuk menghitung arus longitudinal berkisar dari 0,2 untuk laut dalam dan 0,6 untuk rasio antara kedalaman air dan draft kapal mendekati 1.

3.5.6 Gaya Sandar Abnormal (*Abnormal Berthing Energy*)

Energi abnormal terjadi ketika energi normal terlampaui. Dapat terjadi karena kesalahan manusia (*human error*), perairan pelabuhan tidak tenang, cuaca tidak baik atau pengaruh faktor-faktor lain sejenisnya.

Gaya sandar abnormal yang diserap oleh fender dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$E_A = F_S \times E_N \dots\dots\dots(3.20)$$

dimana:

E_A = energi sandar kapal abnormal yang diserap kapal (kNm)

F_S = *safety factor*

E_N = energi sandar kapal normal (kNm)

Dalam penentuan faktor keamanan (*safety factor*) berkaitan pada banyak faktor, yaitu sebagai berikut:

- Konsekuensi dari kemungkinan kegagalan fender saat kapal bersandar
- Seberapa sering dermaga dipergunakan
- Desain kecepatan benturan yang tidak memadai
- Sensitivitas terhadap kerusakan pada konstruksi penunjang
- Ukuran dan jenis kapal yang bersandar di dermaga

Tabel 3.5 Faktor keamanan (PIANC, 2002)

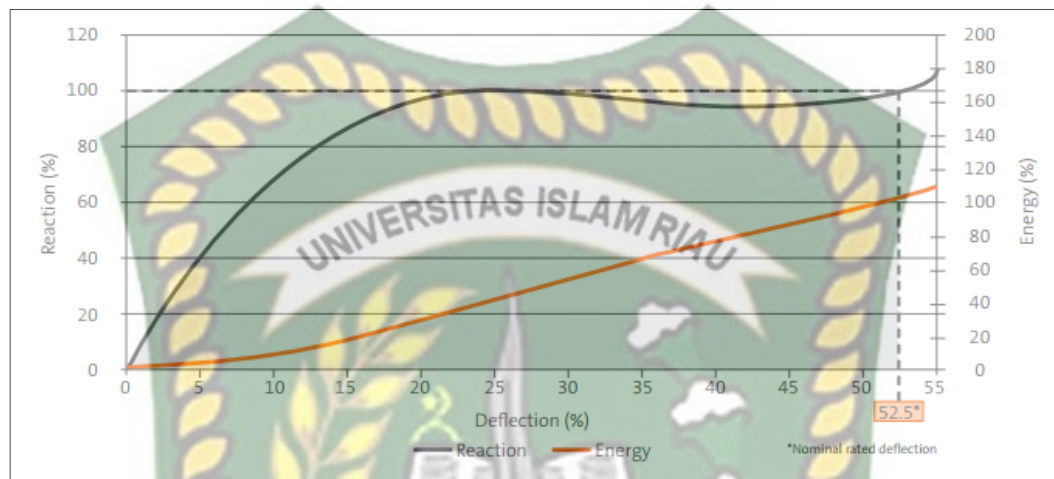
Jenis Kapal	Ukuran	Fs
Tangker, Bulk, Cargo	Terbesar	1.25
	Terkecil	1.75
Container	Terbesar	1.5
	Terkecil	2.0
General cargo	-	1.75
Roro, Ferries	-	≥ 2.0
Tugs, Worksboat, dll	-	2.0

Rekomendasi yang disarankan oleh *Pianc* terhadap dampak faktor abnormal ialah, apabila saat diturunkan tidak kurang dari 1.1 atau lebih besar dari 2.0 dengan pengecualian untuk dalam keadaan yang sering digunakan.

3.5.8 Pemilihan Tipe Fender

Tipe fender dan dimensi fender dapat ditentukan berdasarkan katalog fender, yaitu: *fender team* dan *trelleborg*. Katalog fender berisikan tabel tipe dan dimensi fender, grafik *performance* fender, dan tabel *performance* fender.

Performance fender ditunjukkan oleh energi dan gaya dari masing – masing tipe fender dan kualitas / kelas bahan karet fender. Energi benturan kapal di gunakan untuk memilih tipe fender.



Gambar 3.11 Grafik *performance* generik tipe CSS (fender team, 2016)

Berdasarkan **Gambar 3.11** berupa grafik *performance* generik tipe CSS pada fender. Dalam grafik tersebut absis adalah defleksi fender dalam persen (%), ordinat sebelah kiri adalah reaksi fender dalam persen (%), sedangkan ordinat sebelah kanan merupakan energi fender dalam (%). Selain grafik diatas, terdapat tabel yang dapat memudahkan hitungan yang dapat dilihat pada Tabel 3.6.

Tabel 3.6 *Intermediate Deflection* (Fender team, 2016)

Defleksi of original fender height (%)	Energy absorption of original value (%)	Reaction force of original value (%)
0	0	0
5	2	39
10	8	70
15	17	88
20	28	96
25	39	100
30	50	99
35	62	97

Tabel 3.6 (Lanjutan)

40	72	96
45	83	95
50	94	97
52.5	100	100
55	106	107

Ditetapkan defleksi fender untuk mendapatkan nilai energi dalam (%) dari bacaan grafik. Sehingga,

$$E_{100\%} = \frac{E_A}{\text{Energy}\%} \dots\dots\dots(3.21)$$

Pada kondisi operasi terburuk kapasitas energi fender memperhitungkan faktor suhu (F_T), faktor toleransi pabrik (F_P), dan faktor sudut (*angel*, F_A).

Dengan menentukan beberapa faktor tersebut, maka persamaan diatas berubah menjadi persamaan berikut:

$$E_F = \frac{E_{100\%}}{F_T F_P F_A} \dots\dots\dots(3.22)$$

Dimana:

E_F = energi desain fender

F_T = faktor temperatur

F_P = faktor toleransi pabrik (10%), sehingga $F_P = 90\% = 0,90$

F_A = faktor sudut (*angle*)

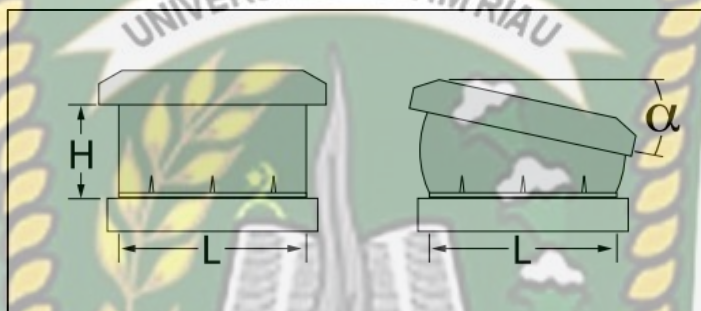
Faktor *temperature* dapat ditentukan berdasarkan Tabel 3.7

Tabel 3.7 Faktor Temperature (F_T), (*Fender team, 2016*)

Temperature (*C)	Correction Factor
-60	Contact your local SFT office for special compound consultation
-50	
-40	
-30	1.559
-20	1.375
-10	1.182

Tabel 3.7 (Lanjutan)

0	1.083
10	1.034
23	1.000
30	0.976
40	0.945
50	0.918
60	0.917

**Gambar 3.12** Faktor sudut (*angel*), (Trelleborg, 2018)

Energi atau gaya benturan kapal ke fender bisa membentuk sudut *alpha* (α), karena tekanan yang membentuk sudut *alpha*. Maka, defleksi fender tidak simetris sehingga mengalami penurunan kapasitas fender. Penurunan kapasitas ini ditunjukkan dengan faktor koreksi sudut. Seperti ditunjukkan pada tabel 3.8 berikut.

Tabel 3.8 Faktor Angle (F_A), (Fender team, 2016)

Compression Angel ($^{\circ}$)	Energy Absorption of original value (%)	Reaction Force of original value (%)
0	100	100
3	98.7	100
5	97.8	100
8	96.8	100
10	95.0	100
15	87.6	100
20	85.5	100

Didapatkan nilai faktor *temperature* (F_T) dan faktor *angle* (F_A) dari tabel dan nilai diatas, dapat ditentukan nilai energi desain fender (E_F) yaitu sebagai berikut.

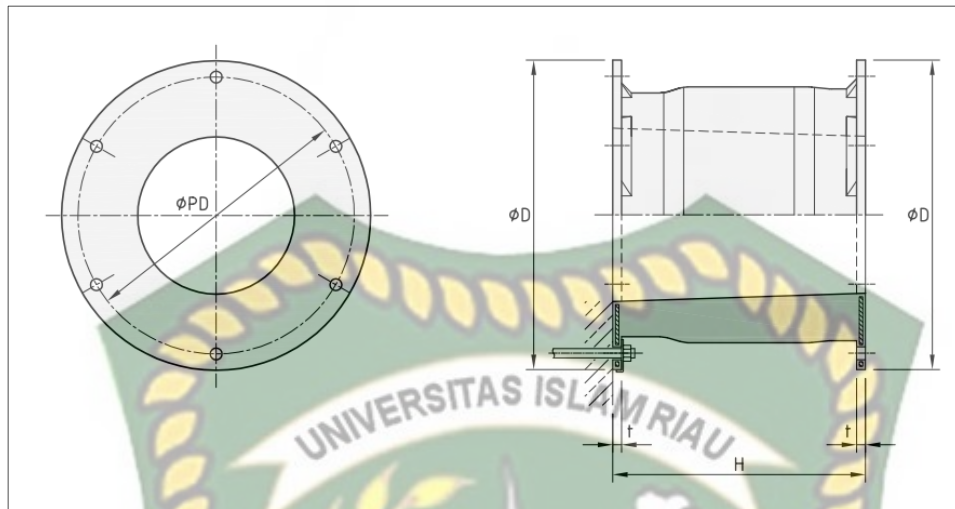
Berdasarkan nilai dari energi desain fender atau energi benturan (E_F), dapat dicari dan ditentukan tipe fender dengan energi yang mendekati (E_F) atau sedikit lebih besar dari (E_F), nilai tersebut dapat dilihat pada tabel 3.9.

Tabel 3.9 Tipe Fender-Performance Table CSS Fender (Fender Team, 2016)

Fender Size		E/R	Rubber Grades									
			G 0.9	G 1.0	G 1.1	G 1.2	G 1.3	G 1.4	G 1.5	G 1.6	G 1.7	G 1.8
CSS	E _A	0.13	4	4	4	5	5	5	5	6	6	
300	R _F		29	31	32	34	36	37	39	43	46	
CSS	E _A	0.17	9	10	10	11	12	12	13	14	15	
400	R _F		50	56	59	63	67	70	74	81	84	
CSS	E _A	0.22	18	19	20	21	22	23	24	27	28	
500	R _F		83	87	91	96	100	105	109	122	128	
CSS	E _A	0.30	31	33	35	36	38	40	41	46	49	
600	R _F		119	126	132	138	144	151	157	176	185	
CSS	E _A	0.35	75	79	82	86	90	94	98	110	116	
800	R _F		211	223	234	245	256	267	279	312	329	
CSS	E _A	0.44	145	153	161	168	176	184	191	214	226	
1000	R _F		331	348	366	383	401	418	435	488	514	
CSS	E _A	0.51	222	233	245	257	268	280	291	326	344	
1150	R _F		438	461	484	507	530	553	576	645	679	
CSS	E _A	0.55	284	299	314	329	343	359	374	419	441	
1250	R _F		517	544	571	598	626	653	680	761	802	
CSS	E _A	0.64	444	467	490	514	537	560	584	654	689	
1450	R _F		694	732	768	805	842	878	915	1,024	1,078	
CSS	E _A	0.70	596	628	659	690	721	753	785	879	926	
1600	R _F		846	891	937	982	1,027	1,073	1,118	1,251	1,318	
CSS	E _A	0.75	714	751	789	827	864	902	940	1,054	1,110	
1700	R _F		961	1,010	1,059	1,108	1,157	1,206	1,255	1,404	1,484	
CSS	E _A	0.88	1,165	1,226	1,287	1,348	1,408	1,469	1,530	1,714	1,806	
2000	R _F		1,322	1,393	1,463	1,534	1,604	1,675	1,746	1,953	2,057	
CSS	E _A	0.99	1,659	1,746	1,832	1,918	2,005	2,091	2,177	2,440	2,571	
2250	R _F		1,676	1,765	1,854	1,942	2,030	2,118	2,207	2,469	2,601	
CSS	E _A	1.10	2,544	2,826	2,976	3,026	3,275	3,425	3,575	3,874	4,024	
2500	R _F		2,317	2,574	2,711	2,847	2,983	3,120	3,256	3,528	3,665	
CSS	E _A	1.32	3,915	4,131	4,347	4,536	4,752	4,968	5,157	5,778	6,102	
3000	R _F		2,979	3,132	3,294	3,447	3,609	3,762	3,915	4,392	4,626	

3.5.9 Dimensi Fender

Setelah didapatkan tipe fender yang sesuai dengan perencanaan, didapatkan nilai dari tabel untuk pemilihan dimensi fender.



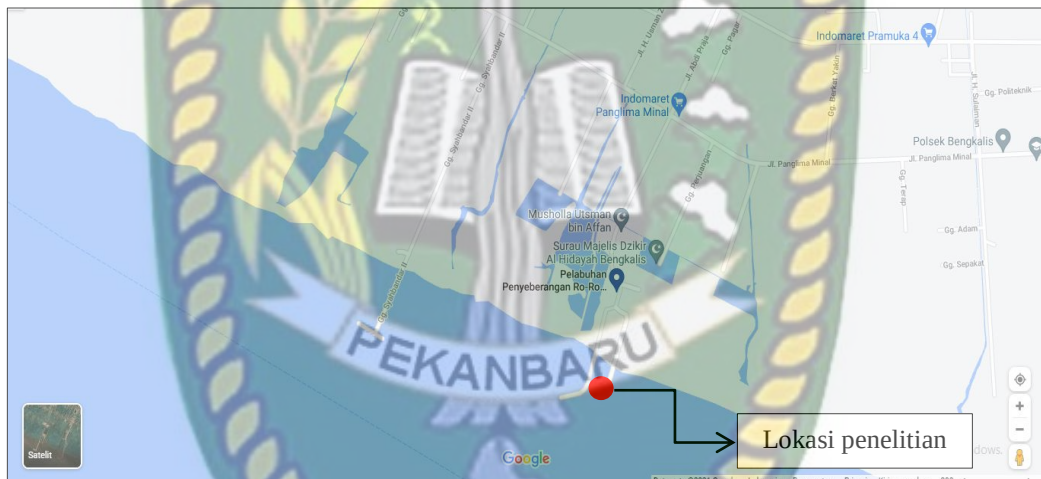
Gambar 3.13 Fender karet tipe CSS (*Fender Team, 2016*)

BAB IV

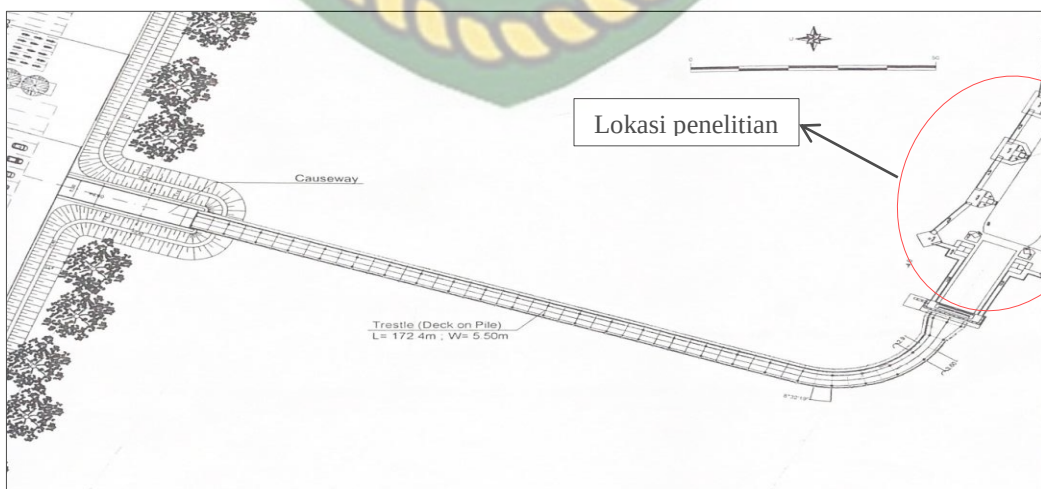
METODOLIGI PENELITIAN

4.1 Lokasi Penelitian

Daerah penelitian ini dilakukan di pelabuhan penyebrangan ro-ro Bengkalis ialah suatu pelabuhan khusus yang terletak di wilayah selatan Desa Air Putih, Kecamatan Bengkalis, Kabupaten Bengkalis. Secara geografis pelabuhan penyebrangan ro-ro Air Putih terletak pada $1^{\circ}26'36.91''$ LU dan $102^{\circ}09'57.97''$ BT. Konstruksi dermaga tempat sandar kapal menggunakan *Movable Bridge* (MB) lebih menguntungkan dari sudut tinjauan operasional, yang tidak terkendala dengan elevasi pasang surut air laut.



Gambar 4.1 Peta lokasi pelabuhan ro-ro Bengkalis (Google maps, 2021)



Gambar 4.2 Layout dermaga ro-ro Bengkalis (Dishub Bengkalis, 2021)

4.2 Metode Penelitian

Untuk metode penelitian yang digunakan adalah metode analisis deskriptif kuantitatif. Deskriptif kuantitatif merupakan metode yang digunakan untuk menjelaskan informasi dari hasil penelitian dengan dilengkapi tabel, diagram lingkaran, atau grafik untuk mendukung informasi.

Teknik pengumpulan data yang digunakan didalam penelitian ini dengan cara mengumpulkan data sekunder. Metode pengumpulan data dalam penelitian ini adalah:

1. Persiapan Awal

Persiapan awal dimulai dengan pengurusan surat izin atau surat pengantar yang ditujukan kepada Kantor Dinas Perhubungan Bengkalis untuk pengambilan data-data pelabuhan. Selain itu juga, surat pengantar yang ditujukan kepada PT. Jembatan Nusantara di Bengkalis untuk pengambilan data-data kapal.

2. Pengumpulan Data Sekunder

Data sekunder adalah sumber data penelitian yang diperoleh melalui media perantara atau secara tidak langsung yang berupa baku, catatan, bukti yang telah ada, atau arsip baik yang dipublikasi maupun tidak dipublikasikan secara umum. Adapun data sekunder pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Data kapal penyebrangan ferry ro-ro diperoleh dari PT. Jembatan Nusantara di Bengkalis dengan memiliki bobot kapal terbesar dan terkecil yang berlayar dan beroperasi hingga saat ini.
- b. Data gambar *AutoCad* dermaga ro-ro Bengkalis diperoleh dari Dinas Perhubungan Bengkalis untuk mengetahui jumlah dolphin yang digunakan sebagai tempat sandar fender.
- c. Data Angin, Arus diperoleh dari BMKG dan Jurnal penelitian.

4.3 Tahapan Pelaksanaan Penelitian

Pada tahapan ini menguraikan langkah-langkah penelitian yang akan memandu penulis dalam membuat penelitian ini lebih terarah. Tahapan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Persiapan

Tahap persiapan ini adalah langkah pertama yang harus dilakukan dalam penelitian ini, dimana persiapan yang harus dilakukan pertama sekali adalah mencari tempat atau lokasi penelitian yang akan dilakukan serta mencari referensi sesuai dengan judul penelitian.

2. Pengumpulan data

Dari penelitian ini penulis memerlukan beberapa data dan literatur untuk pembahasan dalam menyelesaikan penelitian ini. Data-data yang dikumpulkan berupa data sekunder:

- Data kapal penyebrangan ferry Roro
- Data Dermaga
- Data Hidro-oseanografi

3. Analisa data

Setelah mengumpulkan data yang diperlukan, kemudian dilakukan proses pengolahan dan analisa data. Tahapan untuk menganalisa perhitungan ini sebagai berikut:

- a. Menghitung berat kapal
- b. Menghitung gaya sandar kapal
- c. Menghitung gaya tambat kapal
- d. Menghitung energi abnormal

4. Perencanaan Fender

Setelah analisa dilakukan di tentukan tipe dan jenis fender menggunakan katalog fender dan dibuat gambar fender yang dilengkapi dengan potongan fender.

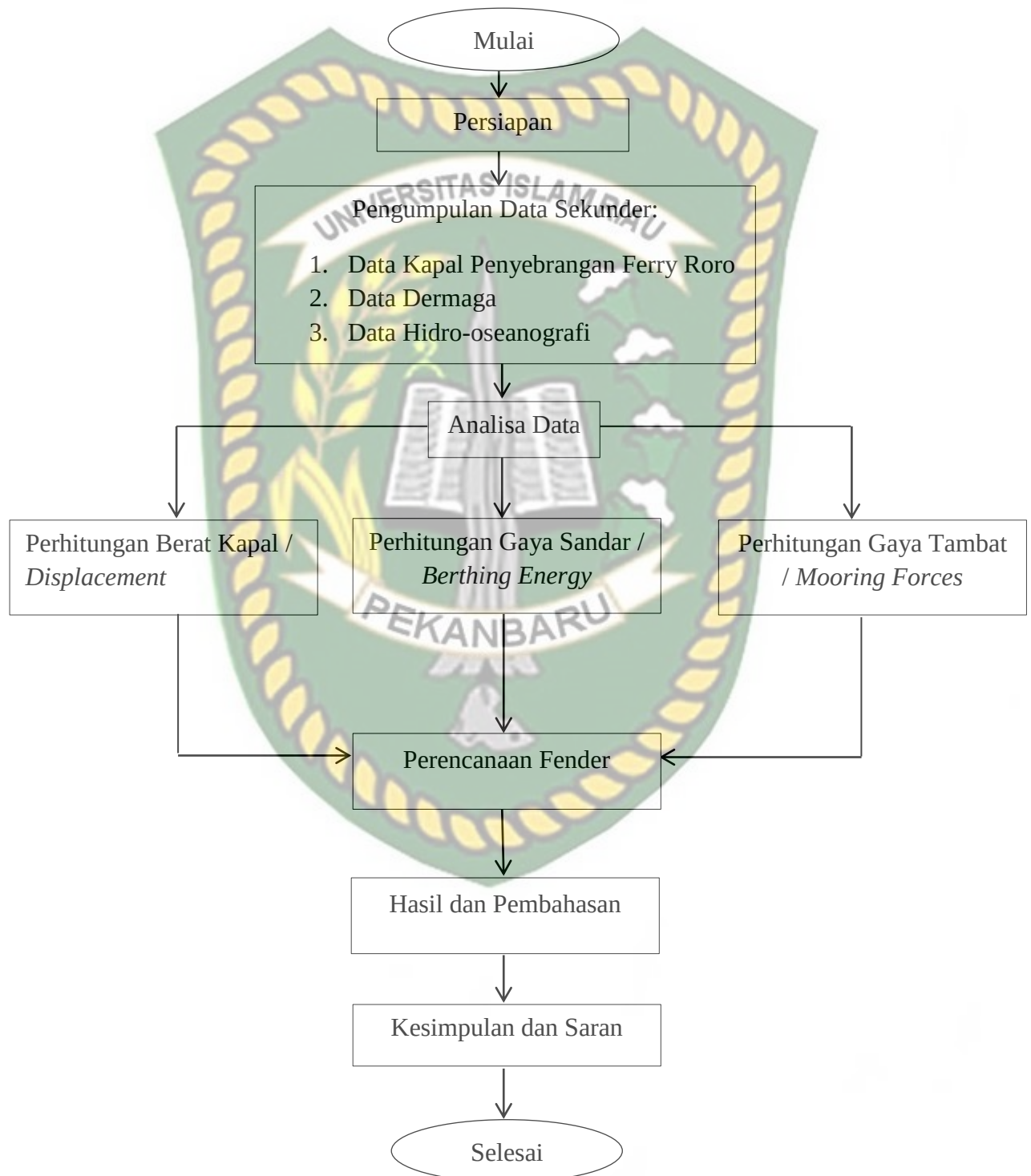
5. Hasil dan Pembahasan

Hasil yang didapat dari metode-metode perhitungan analisis data sebagai acuan penelitian untuk dibuat rangkuman dari analisa perhitungan

6. Kesimpulan dan Saran

Tahapan terakhir dari analisis dan pembahasan hasil penelitian adalah membuat kesimpulan dan saran.

Diagram alir digunakan dalam penyusunan penelitian ini agar pembaca dapat dengan mudah mengetahui langkah-langkah penelitian perencanaan fender dermaga ini. Tahapan pelaksanaan penelitian dapat dilihat pada **Gambar 4.3**.



Gambar 4.3 Diagram Alir Penelitian (*Flowchart*)

4.4 Cara Analisa Data

Beberapa metode dalam menganalisa data untuk mendapatkan pembahasan permasalahan yang terjadi di lokasi penelitian. Tahapan dalam menganalisa data sebagai berikut:

1. Menghitung gaya benturan kapal

Kapal-kapal yang akan berlabuh di pelabuhan akan memberikan beban pada struktur berupa energi. Gaya benturan kapal ini akan diserap oleh fender, selanjutnya ditransfer gaya ke konstruksi dermaga dan ditanggapi sebagai reaksi terhadap konstruksi dermaga. Gaya benturan kapal yang cukup besar dapat mengakibatkan defleksi pada fender.

2. Menghitung gaya tambat kapal

Kapal yang ditambatkan di dermaga akan menggunakan *bollard* yaitu alat penambat yang diikat menggunakan tali. Tambatan ini digunakan agar pergerakan kapal yang diakibatkan oleh tiupan angin dan arus dapat tertahan. Energi tarikan yang ditimbulkan oleh angin dan arus pada kapal dan pada alat tambat kapal disebut gaya tambat.

3. Menghitung gaya abnormal

Energi abnormal terjadi ketika energi normal terlampaui. Dapat terjadi karena kesalahan manusia (*human error*), perairan pelabuhan tidak tenang, cuaca tidak baik atau kombinasi dari faktor – faktor lain sejenisnya.

4. Memilih tipe fender

Didapat hitungan nilai gaya benturan kapal pada fender yang terjadi, maka diketahui nilai tipe fender dan dimensi fender dapat ditentukan berdasarkan katalog fender, pada penelitian ini akan digunakan katalog produk fender dari pabrik yaitu *Fender Team*. Katalog berisikan tabel tipe dan dimensi dari fender, grafik *performance* fender, dan tabel *performance* fender.

5. Permodelan fender

Setelah fender di dapatkan tipe dan jenis nya, kemudian langkah terakhir di buat model fender menggunakan autocad.

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Data Dermaga

Tipe dermaga yang digunakan buat bersandar serta bertambat kapal ro-ro yaitu *dolphin berth*. *Dolphin berth* ialah konstruksi utama sandaran kapal pada dermaga menggunakan *borpile*. Lokasi *dolphin* yang ditempatkan pada tepi laut yang landai sehingga dibutuhkan jembatan penghubung antara dermaga dan pelabuhan hingga dengan elevasi yang diperlukan. Terdiri atas tiga *mooring dolphin* dan tiga *breasting dolphin* yang disediakan dalam sarana dermaga ini.

5.2 Data Kapal

Data kapal yang digunakan pada penelitian ini diperoleh dari PT. Jembatan Nusantara di Bengkalis dengan memiliki kapasitas bobot kapal terbesar dan terkecil yang berlayar dan beroperasi di dermaga II, dengan lintas penyeberangan Bengkalis-Pakning. Untuk lebih jelas data kapal dapat dilihat pada tabel 5.1.

Tabel 5.1 Data kapal penyeberangan ferry ro-ro

Data Utama		
Nama Kapal	KMP. Bahari Nusantara	KMP. Swarna Putri
Jenis Kapal	Roll On – Roll Off (RORO)	Roll On – Roll Off (RORO)
Ukuran Kapal		
Panjang total, Loa (m)	50,60	62,28
Panjang garis air, Lpp (m)	47,25	45,00
Lebar, B (m)	10,35	10,20
H (m)	3,20	3,60
Sarat, d (m)	2,40	2,60
Mesin Utama	2x640 HP/750 rpm	2x1100 HP/660 rpm
GRT	846	516
NRT	280	155

5.3 Analisa Berat Kapal

Analisa berat kapal digunakan dalam menghitung gaya benturan kapal (*berthing energy*). Analisa berat kapal terdiri dari; volume badan kapal dibawah

air (*Vol*), *displacement* kapal (*W*), berat kosong kapal (*LWT*), berat mati kapal (*DWT*).

Berdasarkan hasil perhitungan di lampiran A-1 sampai dengan lampiran A-6 perhitungan berat kapal, adalah sebagai berikut:

1. KMP. Bahari Nusantara

- a. Volume badan kapal dibawah air (*Vol*) = 938,952 m³
dengan menggunakan $C_b = 0,7-0,8$ (untuk kapal ro-ro)
- b. *Displacement* kapal (*W*) = 966,276 ton
- c. Berat kosong kapal (*LWT*) = 485,082 ton
- d. Berat mati kapal (*DWT*) = 481,194 ton

Koreksi perhitungan *DWT* dengan rumus pendekatan *BOCKER*, dengan *DWT* berkisar antara 0,3 hingga 0,5. Didapatkan hasil 0,498 (memenuhi).

2. KMP. Swarna Putri

- a. Volume badan kapal dibawah air (*Vol*) = 954,72 m³
dengan menggunakan $C_b = 0,7-0,8$ (untuk kapal ro-ro)
- b. *Displacement* kapal (*W*) = 982,502 ton
- c. Berat kosong kapal (*LWT*) = 376,974 ton
- d. Berat mati kapal (*DWT*) = 481,194 ton

Koreksi perhitungan *DWT* dengan rumus pendekatan *BOCKER*, dengan *DWT* berkisar antara 0,3 hingga 0,5. Didapatkan hasil 0,384 (memenuhi).

Tabel 5.2 Hasil perhitungan berat kapal (*Displacement*)

Nama Kapal	<i>Displacement (W) (ton)</i>
KMP. Bahari Nusantara	966,276
KMP. Swarna Putri	982,502

Berat atau *displacement* kapal (*W*) dipakai untuk menghitung energi benturan (*E*) pada setiap kapal, sehingga akan didapat energi benturan maksimum.

5.4 Hasil Gaya Sandar Kapal (*Berthing Energy*)

Pada waktu merapat ke dermaga, kapal yang merapat masih memiliki kecepatan menyebabkan terjadinya benturan antara dermaga dengan kapal. Berdasarkan hasil perhitungan energi sandar kapal pada lampiran A-7 sampai dengan Lampiran A-13, adalah sebagai berikut:

1. KMP. Bahari Nusantara

- a. Kecepatan bertambat (V) = 0,052 m/s
- b. Berat kapal (W) = 966,276 ton
- c. Koefisien blok (C_b) = 0,80
- d. Koefisien massa (C_m) = 1,455
- e. Koefisien eksentrisitas (C_e) = 0,709
- f. Koefisien kekerasan (C_s) = 1
- g. Koefisien tekanan arus (C_c) = 1

2. KMP. Swarna Putri

- a. Kecepatan bertambat (V) = 0,052 m/s
- b. Berat kapal (W) = 982,502 ton
- c. Koefisien blok (C_b) = 0,80
- d. Koefisien massa (C_m) = 1,500
- e. Koefisien eksentrisitas (C_e) = 0,709
- f. Koefisien kekerasan (C_s) = 1
- g. Koefisien tekanan arus (C_c) = 1

Tabel 5.3 Energi Benturan kapal

Nama Kapal	<i>Berthing Energy</i> (tm)
KMP. Bahari Nusantara	0,137
KMP. Swarna Putri	0,144

5.5 Hasil Gaya Tambat Kapal (*Mooring Forces*)

Tambatan kapal yang terjadi di dolphin mendapat tiupan angin dan arus air yang bisa menyebabkan tarikan kapal pada saat tambatan. Energi tambatan kapal terdiri dari gaya tambatan kapal akibat angin dan gaya tambatan kapal akibat arus.

Gaya akibat angin yang berhembus ke badan kapal yang ditambatkan akan menyebabkan gerakan kapal yang bisa menimbulkan gaya pada dermaga. Proyeksi bidang kapal mengenai tiupan angin ialah 70% daripada luasan bidang kapal di atas permukaan air.

Berdasarkan hasil perhitungan energi tambatan kapal akibat angin tertera pada lampiran A-13 sampai dengan lampiran A-15, adalah sebagai berikut:

1. KMP. Bahari Nusantara

- a. Gaya longitudinal apabila angin datang dari arah haluan ($\alpha = 0^\circ$)
 - Tekanan angin (P) = $8,1 \text{ Kg/m}^2$
 - Proyeksi bidang yang tertiup angin (A_w) = $23,184 \text{ m}^2$
 - Gaya akibat angin (R_w) = $0,079 \text{ ton}$
- b. Gaya longitudinal apabila angin datang dari arah butiran ($\alpha = 180^\circ$)
 - Tekanan angin (P) = $8,1 \text{ Kg/m}^2$
 - Proyeksi bidang yang tertiup angin (A_w) = $23,184 \text{ m}^2$
 - Gaya akibat angin (R_w) = $0,094 \text{ ton}$
- c. Gaya lateral apabila angin datang dari arah lebar ($\alpha = 90^\circ$)
 - Tekanan angin (P) = $8,1 \text{ Kg/m}^2$
 - Proyeksi bidang yang tertiup angin (A_w) = $113,184 \text{ m}^2$
 - Gaya akibat angin (R_w) = $1,010 \text{ ton}$

2. KMP. Swarna Putri

- a. Gaya longitudinal apabila angin datang dari arah haluan ($\alpha = 0^\circ$)
 - Tekanan angin (P) = $8,1 \text{ Kg/m}^2$
 - Proyeksi bidang yang tertiup angin (A_w) = $25,074 \text{ m}^2$
 - Gaya akibat angin (R_w) = $0,087 \text{ ton}$
- b. Gaya longitudinal apabila angin datang dari arah butiran ($\alpha = 180^\circ$)
 - Tekanan angin (P) = $8,1 \text{ Kg/m}^2$
 - Proyeksi bidang yang tertiup angin (A_w) = $25,704 \text{ m}^2$
 - Gaya akibat angin (R_w) = $0,104 \text{ ton}$
- c. Gaya lateral apabila angin datang dari arah lebar ($\alpha = 90^\circ$)

- Tekanan angin (P) = 8.1 Kg/m^2
- Proyeksi bidang yang tertiuap angin (A_w) = $156,946 \text{ m}^2$
- Gaya akibat angin (R_w) = $1,398 \text{ ton}$

Tabel 5.4 Gaya akibat angin

Nama Kapal	Sudut α	Gaya Akibat Angin
KMP. Bahari Nusantara	0°	0,079 ton
	90°	1,010 ton
	180°	0,094 ton
KMP. Swarna Putri	0°	0,087 ton
	90°	1,398 ton
	180°	0,104 ton

Berdasarkan hasil perhitungan gaya akibat arus pada lampiran A-15 adalah sebagai berikut:

1. KMP. Bahari Nusantara
 - a. Luas tampang kapal yang terendam air (A_c) = $24,84 \text{ m}^2$
 - b. Gaya akibat arus (R_a) = $1,324 \text{ ton}$
2. KMP. Swarna Putri
 - a. Luas tampang kapal yang terendam air (A_c) = $26,52 \text{ m}^2$
 - b. Gaya akibat arus (R_a) = $1,413 \text{ ton}$

Tabel 5.5 Gaya akibat arus

Nama Kapal	Gaya Akibat Arus
KMP. Bahari Nusantara	1,323 ton
KMP. Swarna Putri	1,413 ton

5.6 Hasil Energi Abnormal

Energi abnormal terjadi ketika energi normal terlampaui. Hal ini dapat terjadi karena manusia (*human error*), pelabuhan tidak tenang, cuaca tidak baik atau kombinasi dari faktor-faktor lain sejenisnya. Berdasarkan tabel 5.6 dapat dilihat nilai energi abnormal kapal (E_A), yaitu sebagai berikut:

Tabel 5.6 Energi abnormal kapal

Nama Kapal	Abnormal Berthing Energy (E_d)
KMP. Bahari Nusantara	2,688 kN.m
KMP. Swarna Putri	2,826 kN.m

5.7 Penentuan Tipe Fender

Tipe fender dan dimensi fender dapat ditentukan berdasarkan katalog fender, pada penelitian ini akan digunakan katalog produk fender dari pabrik yaitu *Fender team*. Katalog berisikan tabel tipe dan dimensi dari fender, grafik *performance* fender, dan tabel *performance* fender.

Tabel 5.7 Energi desain fender

Nama Kapal	Energi Desain Fender (E_f)
KMP. Bahari Nusantara	4,313 kN.m
KMP. Swarna Putri	4,534 kN.m

Tabel 5.8 Tipe Fender-*Performance Table CSS Fender (Fender team, 2016)*

Fender Size		E/R	Rubber Grades									
			G 0.9	G 1.0	G 1.1	G 1.2	G 1.3	G 1.4	G 1.5	G 1.6	G 1.7	G 1.8
CSS 300	E _A	0.13	4	4	4	5	5	5	5	5	6	6
	R _F		29	31	32	34	36	37	39	41	43	46
CSS 400	E _A	0.17	9	10	10	11	12	12	13	13	14	15
	R _F		50	56	59	63	67	70	74	77	81	84
CSS 500	E _A	0.22	18	19	20	21	22	23	24	25	27	28
	R _F		83	87	91	96	100	105	109	115	122	128
CSS 600	E _A	0.30	31	33	35	36	38	40	41	44	46	49
	R _F		119	126	132	138	144	151	157	166	176	185
CSS 800	E _A	0.35	75	79	82	86	90	94	98	104	110	116
	R _F		211	223	234	245	256	267	279	295	312	329
CSS 1000	E _A	0.44	145	153	161	168	176	184	191	203	214	226
	R _F		331	348	366	383	401	418	435	462	488	514
CSS 1150	E _A	0.51	222	233	245	257	268	280	291	309	326	344
	R _F		438	461	484	507	530	553	576	610	645	679
CSS 1250	E _A	0.55	284	299	314	329	343	359	374	396	419	441
	R _F		517	544	571	598	626	653	680	720	761	802
CSS 1450	E _A	0.64	444	467	490	514	537	560	584	619	654	689
	R _F		694	732	768	805	842	878	915	969	1,024	1,078
CSS 1600	E _A	0.70	596	628	659	690	721	753	785	832	879	926
	R _F		846	891	937	982	1,027	1,073	1,118	1,185	1,251	1,318
CSS 1700	E _A	0.75	714	751	789	827	864	902	940	997	1,054	1,110
	R _F		961	1,010	1,059	1,108	1,157	1,206	1,255	1,332	1,404	1,484
CSS 2000	E _A	0.88	1,165	1,226	1,287	1,348	1,408	1,469	1,530	1,622	1,714	1,806
	R _F		1,322	1,393	1,463	1,534	1,604	1,675	1,746	1,860	1,953	2,057

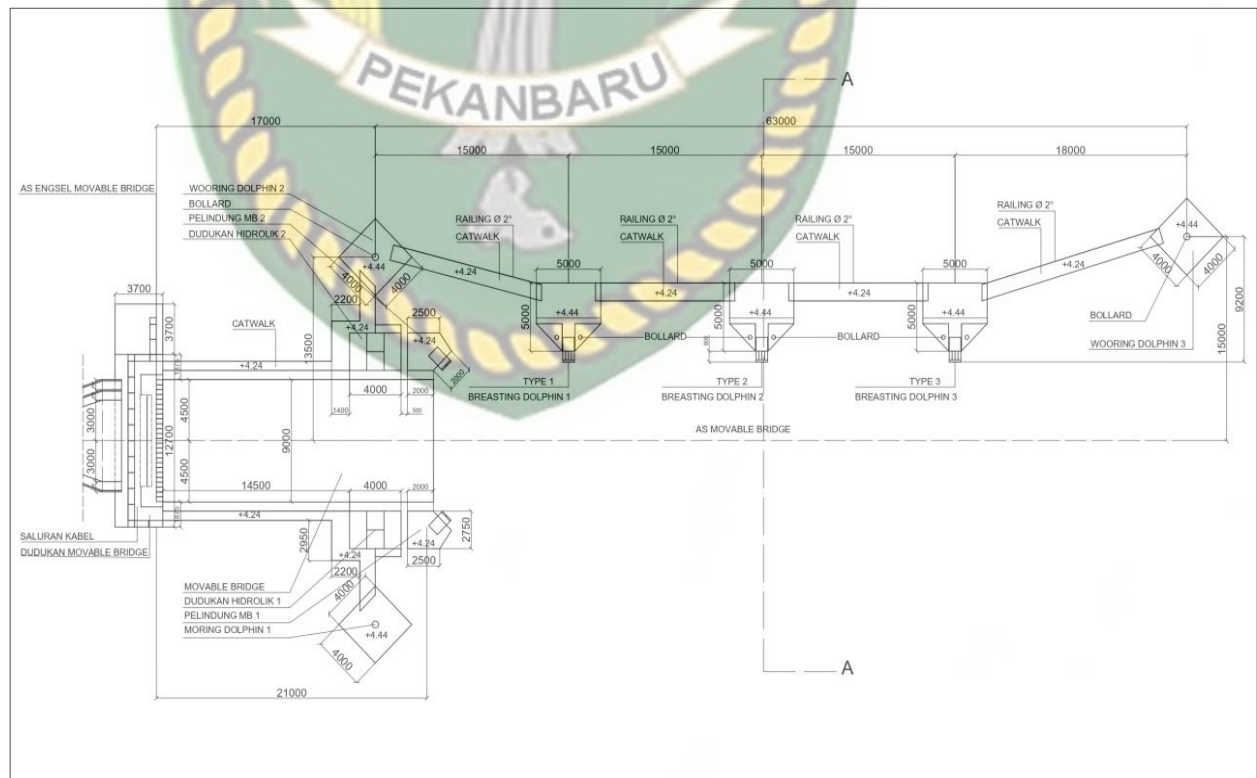
Tabel 5.8 (Lanjutan)

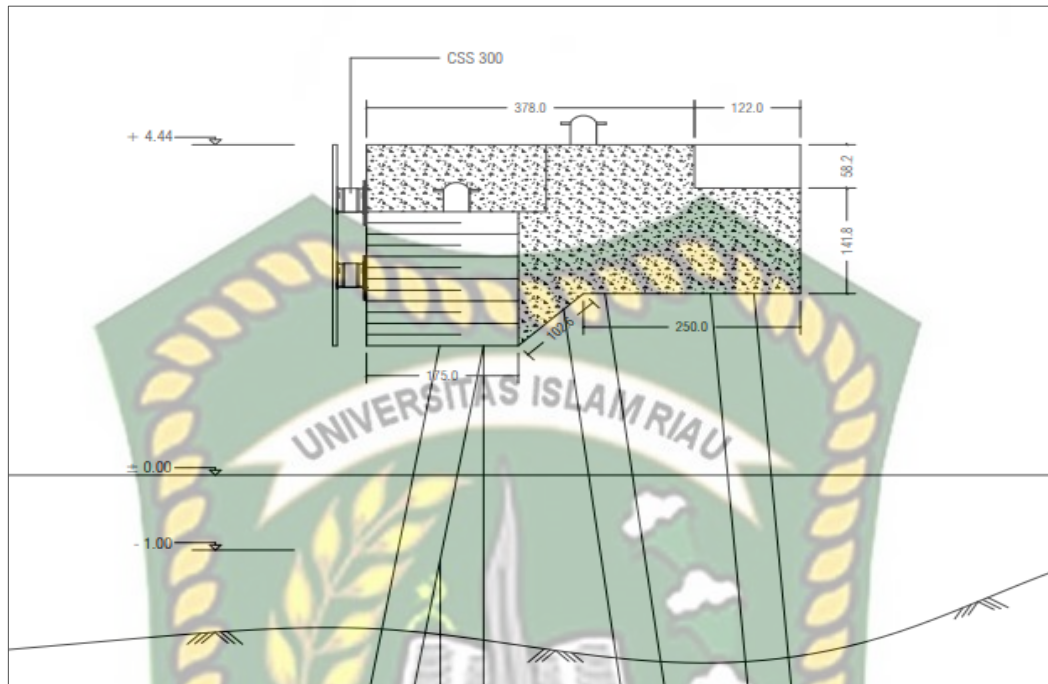
CSS 2250	E_A	0.99	1,659	1,746	1,832	1,918	2,005	2,091	2,177	2,309	2,440	2,571
	R_F		1,676	1,765	1,854	1,942	2,030	2,118	2,207	2,338	2,469	2,601
CSS 2500	E_A	1.10	2,544	2,826	2,976	3,026	3,275	3,425	3,575	3,724	3,874	4,024
	R_F		2,317	2,574	2,711	2,847	2,983	3,120	3,256	3,392	3,528	3,665
CSS 3000	E_A	1.32	3,915	4,131	4,347	4,536	4,752	4,968	5,157	5,481	5,778	6,102
	R_F		2,979	3,132	3,294	3,447	3,609	3,762	3,915	4,158	4,392	4,626

Berdasarkan nilai dari energi desain fender atau energi benturan (E_F), dapat ditentukan tipe fender dengan energi yang mendekati (E_F) atau sedikit lebih besar dari (E_F). Dari Tabel 5.8 didapat tipe fender CSS 300 dengan kelas karet G 1,2.

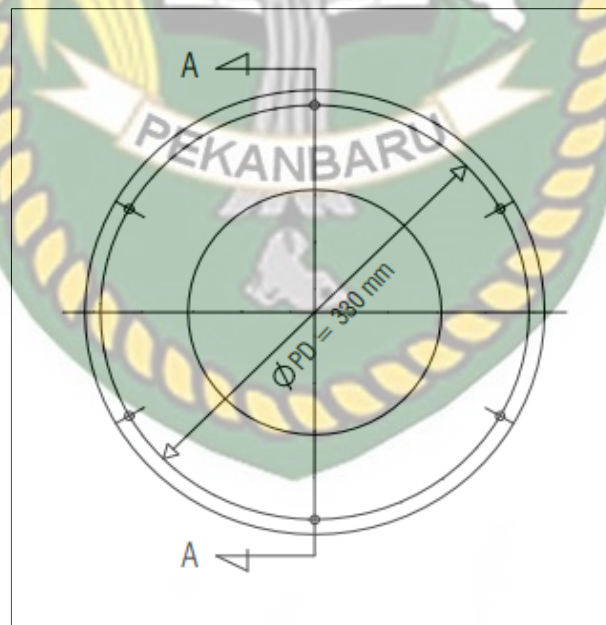
5.8 Permodelan Fender

Permodelan fender didukung menggunakan Autocad dan kemudian di ekspor dalam format pdf. Setelah fender dipasang secara keseluruhan dan *rubber fender* di aplikasikan menggunakan baut di dolphin dermaga, kemudian dilapisi material baja pada badan depan dolphin agar perkuatan terhadap fender saat kapal memberikan gaya benturan dan tambatan.

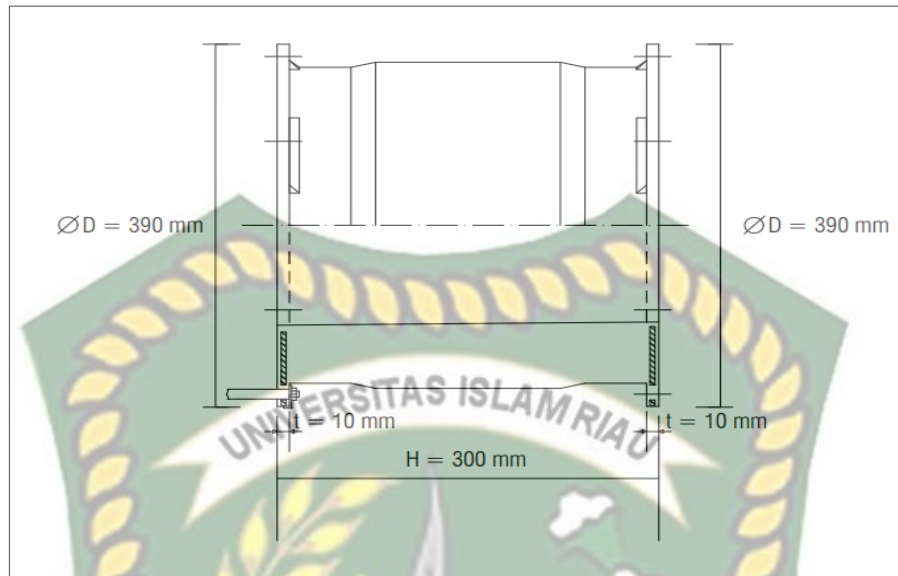
**Gambar 5.1** Denah perletakan dolphin



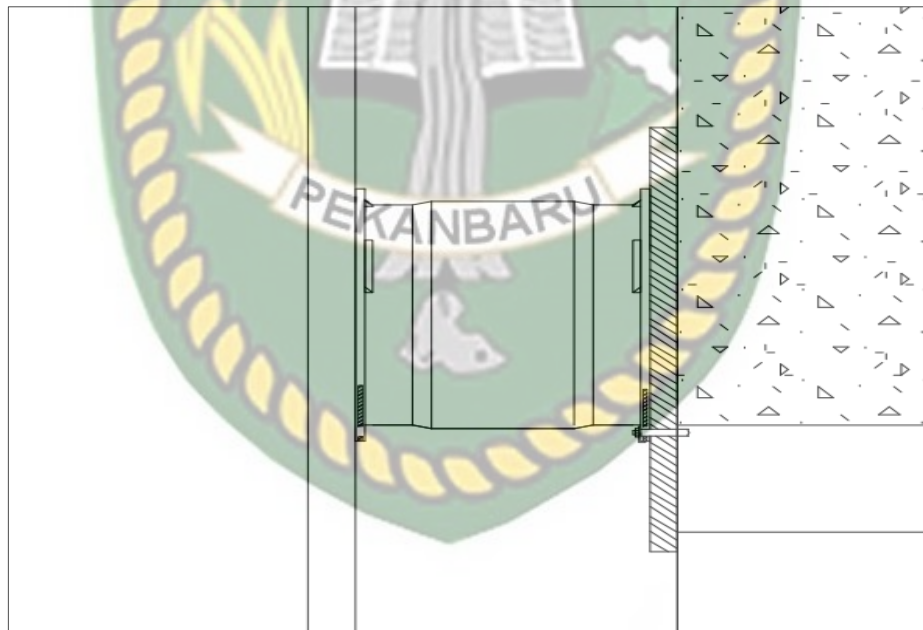
Gambar 5.2 Potongan A-A dolphin



Gambar 5.3 Tampak depan fender



Gambar 5.4 Potongan A-A fender



Gambar 5.5 Tampak samping



Gambar 5.6 Dimensi fender tipe *cell* CSS 300

Gambar 5.7 Konstruksi pemasangan fender 3D

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang diambil berdasarkan analisis data pada perencanaan sistem fender dermaga pada pelabuhan penyebrangan roro (*roll on – roll off*) Air Putih Kota Bengkalis adalah hasil perhitungan gaya benturan kapal KMP. Bahari Nusantara = 0,137 tm dan kapal KMP Swarna Putri = 0,144 tm. Berdasarkan nilai dari energi desain fender atau energi benturan (E_F), dapat ditentukan tipe fender dengan energi yang mendekati (E_F) atau sedikit lebih besar dari (E_F), didapat nilai 4,313 kN.m untuk kapal KMP. Bahari Nusantara dan 4,534 kN.m untuk kapal KMP. Swarna Putri. Jenis fender yang digunakan adalah tipe *cell fender* CSS 300 dengan kelas karet G1,2 yang dikeluarkan oleh *shibata fender team*. Fender di pasang vertikal pada sisi depan dermaga tepatnya di *breasting dolphin* dengan mempertimbangkan perubahan tinggi rendah permukaan air laut yang berganti pasang surut.

6.2 Saran

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, saran yang dapat diberikan yaitu diperlukan perbaikan pada penelitian dimasa yang akan datang guna untuk memperoleh hasil yang baik, antara lain sebagai berikut:

1. Fender yang telah dipasang pada dolphin dan digunakan apabila mengalami kerusakan sebaiknya segera diperbaiki kembali agar tidak mengganggu kekuatan karet fender, oleh sebab itu diperlukan pengecekan rutin terhadap fender tersebut.
2. Penelitian selanjutnya dapat menghitung rencana anggaran biaya (RAB) yang dikeluarkan untuk kontruksi perencanaan pada fender.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, dkk. 2018. “*Perencanaan Fender Dermaga (Studi Kasus Dermaga Pengangkut Minyak, Luwuk Banggai Provinsi Sulawesi Tengah)*”. Jurnal Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Pakuan.
- Amri, dkk. 2018. “*Karakteristik Oseanografi Fisika Perairan Estuaria Bengkalis Berdasarkan Data Pengukuran In-Situ*” Jurnal Segera Vol. 14 no 1 April 2018. Hal: 43-56.
- Asiyanto. 2008. *Metode Konstruksi Bangunan Pelabuhan*. Jakarta: Universitas Indonesia (UI Press).
- Fender Team AG. 2016. *Fender Product*. Hamburg: Shibata Fender Team.
- Fauzan. 2018. “*Perencanaan Fender Dermaga (Jetty) Kapal Dengan Bobot 10000 DWT*” Vol. 1 No.1 Edisi 2 Oktober 2018.
- Kramadibrata, S. 2002. *Perencanaan Pelabuhan*. Bandung: Insitut Teknologi Bandung (ITB Press).
- OCDI, (The Oversear Coastal Area Development Institute of Japan). 2002. *Technical Standards And Commentaries For Port And Harbour Facilities In Japan*. Tokyo: Japan Port and Harbour Association.
- PIANC, (International Navigation Association). 2002. *Guidelines for the Design of Fenders Systems*. Belgium: Report of Working Group.
- Sudarjo. 2016. “*Perencanaan Sistem Fender Dermaga (Studi Kasus Dermaga Penyeberangan Mukomuko, Provinsi Bengkulu)*”. Jurnal Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Pakuan.
- Syahputra. 2015. “*Desain Fender Pada Condesata and Sulphuric Acid Bert PT. Pertamina – Medco E&P (JOB PMTS) Di Senora Block Project*”. Tugas Akhir Program Strata 1 Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, Insitut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Trelleborg. 2016. *Fender Application Design Manual*. Sweden: Trelleborg Marine System.
- Triatmodjo, B. 2010. *Perencanaan Pelabuhan*. Yogyakarta: Beta Offset Yogyakarta.
- Zen, dkk. 2020. “*Studi Perencanaan Sistem Fender Dermaga (Jetty) Di Pelabuhan Tanjung Tembaga Kota Probolinggo*”. Jurnal Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Malang.