

**ANALISIS KAPASITAS FENDER TIPE V PADA DERMAGA  
CURAH PELABUHAN GARONGKONG KABUPATEN BARRU**

**SKRIPSI**

*Diajukan Guna Memenuhi Persyaratan untuk Meraih Gelar Strata 1 (S1)*

*Departemen Teknik Kelautan Fakultas Teknik*

*Universitas Hasanuddin*



**OLEH:**

**FITRIYANTI**

**D32116512**

**DEPARTEMEN TEKNIK KELAUTAN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**GOWA**

**2020**

**ANALISIS KAPASITAS FENDER TIPE V PADA DERMAGA  
CURAH PELABUHAN GARONGKONG KABUPATEN BARRU**

**SKRIPSI**

*Diajukan Guna Memenuhi Persyaratan untuk Meraih Gelar Strata I (S1)*

*Departemen Teknik Kelautan Fakultas Teknik*

*Universitas Hasanuddin*



OLEH:

FITRIYANTI

D32116512

**DEPARTEMEN TEKNIK KELAUTAN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
GOWA  
2020**

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Skripsi:

" ANALISIS KAPASITAS FENDER TIPE V PADA DERMAGA CURAH  
PELABUHAN GARONGKONG KABUPATEN BARRU "

OLEH  
FITRIANTI  
D32116512

Telah diperiksa dan disetujui oleh dosen pembimbing pada :

Tanggal : 30 November 2020

Di : Gowa

Pembimbing I

Ashury, ST., MT  
Nip. 197403182006041001

Pembimbing II

Dr. Ir. Chairul Paotonan, ST., MT  
Nip: 197506052002121003

Mengetahui,

Ketua Departemen Teknik Kelautan



Dr. Fauziqur Rachman, ST, MT  
196908021997021001

**LEMBAR PENGESAHAN KOMISI PENGUJI**

Judul Skripsi

**" ANALISIS KAPASITAS FENDER TIPE V PADA DERMAGA CURAH  
PELABUHAN GARONGKONG KABUPATEN BARRU "**

OLEH  
FITRIANTI  
D321 16 512

Telah diperiksa dan disetujui oleh dosen pembimbing pada :

Tanggal : 30 November 2020

Di : Gowa

Dengan Panel Ujian Skripsi

1. Ketua : Ashury, ST., MT
2. Sekertaris : Dr. Ir. Chairul Paotonan, ST., MT
3. Anggota 1 : Dr. Taufiqur Rachman, ST., MT
4. Anggota 2 : Sabaruddin Rahman, ST., MT, Ph.D

Mengetahui,

Ketua Departemen Teknik Kelautan

  
Dr. Taufiqur Rachman, ST., MT  
196908021997021001



## PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Fitriyanti

NIM : D321 16 512

Departemen : S1 Teknik Kelautan

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa tugas akhir/skripsi yang saya tulis ini benar-benar hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambil alihan tulisan atau pemikiran orang lain. Apabila kemudian hari saya terbukti bahwa keseluruhan skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 30 November 2020

Penulis,



Fitriyanti

D321 16 512

## ABSTRAK

**Fitriyanti.** “Analisis Kapasitas Fender Tipe V 500H x 2000L Pada Dermaga Curah Pelabuhan Garongkong Kabupaten Barru”. Dibimbing oleh **Ashury, ST., MT.** dan **Dr.Ir Chairul Paotonan, ST. MT.**

Sesuai dengan fungsi dan perannya, pelabuhan merupakan institusi yang dinamik keberadaannya terhadap perkembangan yang ada. Pada tahun 2019 Kantor UPP Kelas II Garongkong telah melakukan rehabilitasi dengan mengganti 23 buah fender *type super cone* dan 1 buah fender tipe V di dermaga pelabuhan Garongkong karena mengalami kerusakan yang dapat mengganggu aktivitas bongkar muat di Kantor UPP Kelas II Garongkong. Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan analisis kapasitas fender tipe V 500H x 2000L untuk mengetahui besar energi benturan kapal yang mampu diserap oleh fender dan yang diteruskan ke struktur dermaga.

Pengambilan data dilakukan di Pelabuhan Garongkong, adapun sumber data yang digunakan adalah data primer diambil dengan cara mewawancarai, mengamati, dan mengukur langsung arus pada dermaga pelabuhan Garongkong. Data sekunder di peroleh dengan mengutip dokumen pada instansi yang bersangkutan seperti data ukuran kapal, spesifikasi fender, dan layout pelabuhan Garongkong.

Hasil analisis diketahui bahwa energy terabsorsir fender lebih besar dari energi tambat kapal dan gaya bentur yang diserap fender lebih kecil dari gaya reaksi fender, diperoleh nilai terabsorsir sebesar 5,57 tm dan nilai energi tambat kapal 4,54 tm ( $5,57 > 4,20$ ). Diperoleh nilai gaya bentur yang bentur yang diserap fender sebesar 12,79 ton dan gaya reaksi fender 26,31 ton ( $12,79 \text{ ton} < 26,31$ ). Energi yang diteruskan fender ke struktur dermaga adalah 3,36 tm.

*Kata kunci : energi, dermaga, fender, beban*

## **ABSTRACT**

**Fitriyanti.** “Analysis of the Fender Capacity Type V at the Bulk Wharf, Garongkong Port, Barru Regency”. Guided by **Ashury, ST., MT. Dr.Ir Chairul Paotonan, ST. MT.**

*In accordance with its function and role, ports are dynamic institutions with respect to existing developments. In 2019 the Garongkong Class II UPP Office has carried out rehabilitation by replacing 23 super cone type fenders and 1 type V fender at the Garongkong port dock due to damage that could interfere with loading and unloading activities at the Garongkong Class II UPP Office. Therefore, in this study an analysis of the capacity of the V type fender 500H x 2000L was carried out to determine the amount of ship collision energy that can be absorbed by the fender and forwarded to the dock structure.*

*Data collection is carried out at Garongkong Port, while the data source used is primary data taken by interviewing, observing, and measuring the flow directly at the Garongkong port dock. Secondary data is obtained by quoting documents from the relevant agencies such as data on ship size, fender specifications, and layout of the Garongkong port.*

*The results of the analysis show that the energy absorbed by the fender is greater than the mooring energy and the impact force absorbed by the fender is smaller than the reaction force of the fender, the absorbed value is 5.57 tm and the mooring energy value is 4.54 tm ( $5.57 > 4, 20$ ). Obtained the value of the collision force that was absorbed by the fender was 12.79 tons and the fender's reaction force was 26.31 tons ( $12.79 \text{ tons} < 26.31$ ). The energy transmitted by the fenders to the wharf structure is 3,36 tm.*

*Keywords : energy, docks, fenders, weights*

## KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrohim

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Alhamdulillah, segala puji dan syukur kita panjatkan kehadirat Allah SWT, yang telah memberikan nikmat dan rahmat yang sangat luar biasa kepada penulis, dan tidak lupa juga sholawat serta salam kita berikan kepada Nabi besar Muhammad SAW yang telah membawa kita semua dari alam gelap menuju alam terang – menerang.

Penulisan skripsi ini guna untuk memenuhi syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin. Dalam proses penyusunan dengan diselesaikannya skripsi yang berjudul “**Analisis Kapasitas Fender Tipe V Pada Dermaga Curah Pelabuhan Garongkong Kabupaten Barru**“ penulis sangat terbantu oleh banyak pihak, maka dari itu dengan segala kerendahan hati penulis mengucapkan banyak terima kasih yang sebesar – besarnya kepada :

1. **ALLAH SWT** atas segala rahmat dan karunianya pada penulis, tuhan yang memberikan kehidupan.
2. Almarhumah mama **Bau Djene** serta keluarga yang membesarkan dan mendidik, serta do'a yang tiada henti – hentinya, semangat dan dukungan moril maupun materil diberikan oleh mereka. Terkhusus untuk almarhumah mama tercinta yang selama ini telah berjuang membesarkan dan mendidik dengan penuh kasih sayang, memberi semangat dan motivasi, meskipun sekarang mama tidak sempat melihat dan mendampingi saya, namun do'a selalu terpanjatkan agar diberi keluasan di alam sana dan di jauhkan dari azab kubur. AAMIIN
3. Bapak **Dr. Taufiqur Rachman, ST. MT.**, selaku Ketua Departemen Teknik Kelautan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
4. Bapak **Ashury, ST. MT**, dan **Dr.Ir Chairul Paotonan, ST. MT.**, selaku pembimbing yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan buah pikirannya untuk



memberikan pengarahan kepada penulis demi penyelesaian dan penyempurnaan isi skripsi ini.

5. Bapak **Ashury, ST., MT.** selaku Pembimbing Akademik (PA) selama penulis menjadi mahasiswa Teknik Kelautan.
6. Segenap dosen – dosen, pegawai dan Staf Akademik yang telah banyak membantu penulis.
7. Kepada **Islamiah, Salsabila Azki, Nur Azisah, Jessica Indah Frisilya,** dan **Riska Damayanti** serta **Inri Mangiri** dan **Indah Khairunnisa** terima kasih telah berbagi suka duka dan telah menemani sampai skripsi terselesaikan.
8. Teman – teman Teknik Kelautan 2016 terkhusus kepada **Muhammad Ayyub Ansyari B., Muhammad Alif Putra Utama,** dan **Ahmad Fathurahman,** terima kasih telah banyak membantu penulis dalam pengambilan data serta pengalaman selama perkuliahan.
9. Dan seluruh orang yang tak sempat saya sebutkan satu persatu, terima kasih atas seluruh bantuan moril maupun materil yang telah diberikan.

Penulis menyadari keterbatasannya sehingga mungkin dalam penyusunan tugas akhir ini masih terdapat beberapa kekurangan dan kesalahan yang perlu diberi saran dan kritik dari semua pihak.

Akhir kata penulis berharap apa yang telah dipaparkan dalam tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi para pembacanya, khususnya mahasiswa yang akan melakukan penelitian dalam bidang yang serupa. Aamiin.

Gowa, 30 November 2020

Penulis

## DAFTAR ISI

SAMPUL HALAMAN .....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
LEMBAR PENGESAHAN KOMISI PENGUJI.....	iii
ABSTRAK .....	iv
<i>ABSTRACT</i> .....	v
KATA PENGANTAR .....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR NOTASI.....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xviii
<b>BAB I</b> PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
<b>BAB II</b> TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Dermaga .....	5
2.1.1 Bagian – bagian dermaga.....	6
2.2 Pembebanan Pada Dermaga .....	7
2.2.2 Beban Mati.....	7
2.2.3 Beban Hidup .....	8
2.2.4 Energi Yang Diteruskan Fender Terhadap Struktur dermaga.....	8
2.2.5 Gaya Angin .....	8
2.2.6 Gaya Akibat arus.....	9

2.2.7	Beban Gelombang.....	10
2.2.8	Beban Gempa.....	11
2.3	Fender.....	14
2.3.2	Pembebanan Pada Fender.....	23
2.3.3	Energi Tambat Kapal.....	24
2.3.4	Gaya Serap Fender.....	30
2.4	Cuaca Alam.....	32
2.5	Daya Dukung Tanah.....	33
2.5.2	Daya Dukung Aksial Tiang Pancang.....	33
2.5.3	Daya Dukung Lateral Tiang Pancang.....	39
2.5.4	<i>Fixity Point</i> .....	42
2.6	Studi Terdahulu.....	44
<b>BAB III</b>	<b>METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>47</b>
3.1	Lokasi Penelitian.....	47
3.2	Perolehan Data.....	47
3.3	Metode pengolahan data.....	48
3.4	Teknik pengambilan data.....	49
3.5	Diagram Alur Penelitian.....	50
<b>BAB IV</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>51</b>
4.1	Gambaran Umum Pelabuhan.....	51
4.2	Data Pasang Surut dan Kecepatan Angin ( <i>wind speed</i> ).....	54
4.3	Data Arus Pada Pelabuhan.....	62
4.4	Defleksi Pada Fender V.....	64
4.5	Penentuan Berat Kapal (W).....	66
4.5.1	Penentuan Kecepatan Bertambat (V).....	68
4.5.2	Penentuan Faktor Massa Virtual (Cm).....	69
4.5.3	Penentuan Faktor Eksentrisitas (Ce).....	69
4.5.4	Penentuan Energi Tambat Efektif Kapal (E).....	71
4.6	Jarak Antar Fender.....	73

4.7	Tegangan Yang Bekerja Pada Fender .....	74
4.8	Perhitungan Beban Pada Dermaga .....	75
4.8.1	Beban Mati.....	75
4.8.2	Beban Hidup .....	77
4.8.3	Beban Yang Diteruskan Fender Terhadap Dermaga .....	77
4.8.4	Gaya Akibat Angin .....	78
4.8.5	Gaya Akibat Arus.....	81
4.8.6	Beban Gempa.....	82
4.9	Analisa Struktur Dermaga .....	85
4.9.1	Pemodelan Struktur.....	85
4.9.2	Input Beban Pada Dermaga.....	86
4.9.3	Analisis Kapasitas Tiang Pancang .....	86
4.9.4	Perhitungan Daya Dukung Dermaga .....	87
<b>BAB V</b>	<b>PENUTUP .....</b>	<b>95</b>
5.1	Kesimpulan .....	95
5.2	Saran.....	96
	<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>97</b>
	<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>100</b>

## DAFTAR NOTASI

Notasi	Keterangan	Satuan
L	: Jarak maksimum antara fender	(m)
r	: Jari-jari kelengkungan sisi haluan kapal	(m)
h	: Tinggi fender	(m)
S	: Jarak antar fender	(m)
C	: Ruang kebebasan	(m)
W	: Berat kapal	(ton)
	: Kecepatan pendekatan kapal	(m/s)
<i>D</i>	: Draft kapal maksimum (saat <i>full loaded</i> )	(m)
<i>B</i>	: Lebar kapal/ <i>molded breadth</i> .	(m)
W	: Massa semu kapal ( <i>virtual weight</i> )	(ton)
<i>W<sub>1</sub></i>	: <i>Actual ship weight</i>	(ton)
<i>W<sub>2</sub></i>	: Massa tambah kapal ( <i>added weight</i> )	(ton)
L	: Panjang kapal	(m)
v	: Kecepatan merapat kapal	(m/s)
F	: Gaya bentur yang diserap sistem fender	(ton)
L	: Panjang tiang pancang	(m)
Rw	: Gaya akibat angin	(kg)
h	: Kedalaman	(m)
<i>Ra</i>	: Gaya akibat arus	(kg)
<i>Vc</i>	: Kecepatan arus	(m/s)
Z	: Modulus penampang	(m <sup>3</sup> )
OD	: <i>Outside diameter</i>	(mm)
ID	: <i>Inside diameter</i>	(mm)
T	: Karakteristik panjang sistem tiang-tanah	(m)

E	: Modulus elastisitas tiang	(MPa)
I	: Momen inersia tiang	(m <sup>4</sup> )
SF	: <i>Factor safety</i>	
Kh	: Koefisien <i>sub grade reaction</i>	(kg/cm <sup>3</sup> )

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Zonasi gempa oleh PUSKIM-ITB yang diakses secara online .....	12
Gambar 2. 2	Kurva Defleksi Gaya Suatu Fender.....	14
Gambar 2. 3	Fender Kayu Tiang Pancang .....	16
Gambar 2. 4	Fender Tipe D .....	17
Gambar 2. 5	Fender Tipe Sel .....	17
Gambar 2. 6	Fender Tipe Silinder.....	18
Gambar 2. 7	Fender Tipe A .....	18
Gambar 2. 8	Fender Tipe V .....	20
Gambar 2. 9	Posisi Kapal Terhadap Fender.....	21
Gambar 2. 10	Posisi kapal pada waktu membentur fender.....	21
Gambar 2. 11	Jarak antara fender .....	22
Gambar 2. 12	Grafik jari-jari putaran disekeliling pusat berat kapal.....	25
Gambar 2. 13	Dimensi utama kapal .....	27
Gambar 2. 14	Benturan Kapal Pada Dermaga .....	31
Gambar 2. 15	Posisi penempatan fender pada dermaga .....	32
Gambar 2. 16	Skema daya dukung tanah.....	34
Gambar 2. 17	Grafik Varian Nilai.....	35
Gambar 2. 18	Sketsa diagram daya dukung tarik .....	36
Gambar 2. 19	Varian nilai koefisien .....	38
Gambar 2. 20	Varian nilai terhadap <i>relative density</i> .....	39

Gambar 2. 21 Reaksi tanah dan momen tekuk pada tiang panjang ditanah non Kohesif ( <i>Broms</i> ).....	40
Gambar 2. 22 Visualisasi <i>fixity point</i> .....	43
Gambar 3. 1 Pelabuhan Garongkong .....	44
Gambar 3. 2 Diagram alur penelitian.....	47
Gambar 4. 1 Letak pelabuhan Garongkong .....	51
Gambar 4. 2 Layout Pelabuhan Garongkong .....	52
Gambar 4. 3 Struktur dermaga pelabuhan Garongkong .....	53
Gambar 4. 4 Grafik pasang surut pada perairan Kab. Barru.....	56
Gambar 4. 5 Grafik elevasi pasang surut .....	57
Gambar 4. 6 Mawar angin ( <i>windrose</i> ) di perairan Barru .....	58
Gambar 4. 7 Garis fetch dari arah yang dominan .....	59
Gambar 4. 8 <i>Waverose</i> pada perairan Kab. Barru.....	60
Gambar 4. 9 Grafik hubungan tinggi gelombang dan kedalaman LWS.....	62
Gambar 4. 10 Grafik Pengukuran arus pada depan dermaga saat <i>springtide</i> .....	63
Gambar 4. 11 Grafik Pengukuran arus pada depan dermaga saat <i>neaptide</i> .....	64
Gambar 4. 12 Dimensi fender tipe V .....	64
Gambar 4. 13 Grafik performa fender.....	65
Gambar 4. 14 Jari – jari putaran disekeliling pusat berat kapal.....	70
Gambar 4. 15 Grafik energi tambat efektif kapal .....	73
Gambar 4. 16 Jarak antar fender .....	74



Gambar 4. 17 Grafik Spektrum tanah lunak .....	83
Gambar 4. 18 Model struktur dermaga pada SAP 2000 .....	85
Gambar 4. 19 Rasio tegangan pada tiang pancang .....	86
Gambar 4. 20 Rasio penampang maksimum pada tiang pancang.....	87

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1	Penjelasan peta gempa yang digunakan.....	13
Tabel 2. 2	Dimensi fender tipe V .....	20
Tabel 2. 3	Koefisien konfigurasi untuk beberapa tipe dermaga.....	26
Tabel 2. 4	Ekspresi berat kapal .....	28
Tabel 2. 5	Kecepatan tambat kapal .....	30
Tabel 2. 6	Nilai nH (Modulus variasi) untuk tanah pasir.....	41
Tabel 4. 1	Hasil pengamatan pasang surut diperairan Garongkong .....	55
Tabel 4. 2	Elevasi pasang surut pelabuhan Garongkong setelah surut LWS = 0 .....	57
Tabel 4. 3	Perhitungan panjang <i>fetch</i> pada perairan pelabuhan Garongkong.....	59
Tabel 4. 4	Tinggi gelombang yang terjadi di perairan pelabuhan Garongkong..	61
Tabel 4. 5	Lokasi pengukuran arus .....	62
Tabel 4. 6	Statistik arus pada depan dermaga.....	63
Tabel 4. 7	Spesifikasi fender tipe V .....	65
Tabel 4. 8	Data kapal yang sandar khusus fender tipe V .....	66
Tabel 4. 9	Konversi bemt kapal <i>gross tonnage</i> ke <i>displacement tonnage</i> .....	67
Tabel 4. 10	Perhitungan berat actual dan tambat kapal .....	68
Tabel 4. 11	Faktor massa virtual.....	69
Tabel 4. 12	Rasio perbandingan jari – jari garis dan panjang kapal .....	70
Tabel 4. 13	Faktor eksentrisitas .....	71

Tabel 4. 14 Hasil perhitungan energi tambat efektif kapal .....	72
Tabel 4. 15 Gaya longitudinal apabila angin datang dari arah haluan $0^\circ$ .....	78
Tabel 4. 16 Gaya longitudinal apabila angin datang dari arah haluan $90^\circ$ .....	79
Tabel 4. 17 Gaya longitudinal apabila angin datang dari arah haluan $180^\circ$ .....	80
Tabel 4. 18 Hasil gaya akibat arus .....	81
Tabel 4. 19 Response spectrum gempa jenis tanah lunak.....	84
Tabel 4. 20 Data tanah .....	88
Tabel 4. 21 Perhitungan $Nq^*$ , $Nc^*$ , $q'$ dan $C$ .....	88
Tabel 4. 22 Hasil perhitungan daya dukung tekan tiang pancang Dermaga.....	89

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. 1	Perhitungan <i>fetch</i> .....	100
Lampiran 1. 2	Data Arus .....	105
Lampiran 1. 3	Pasang surut .....	124
Lampiran 1. 4	Data kapal .....	125
Lampiran 1, 5	Katalog Fender .....	126
Lampiran 1. 6	Kombinasi pembebanan .....	127
Lampiran 1. 7	Data tanah .....	131

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pada pelabuhan terdapat fasilitas – fasilitas penunjang, salah satunya yaitu dermaga. Yang dimana dermaga adalah tempat kapal ditambatkan dipelabuhan. Dermaga juga tempat berlangsungnya kegiatan bongkar muat barang dan naik turunnya orang atau penumpang dari dan atas kapal dan dapat juga melakukan kegiatan untuk mengisi bahan bakar dll.

Pada umumnya konstruksi dermaga terdiri dari beberapa bagian bangunan yaitu dolphin, fender, jembatan (*bridge*) dan *landing deck*. Tubrukan kapal memberikan dampak yang cukup signifikan terhadap kekuatan struktur kapal yang erat hubungannya dengan keamanan kapal. Menurut data statistik yang ada pada Lloyd Register (1995), hampir setengah data tenggelamnya kapal dikarekan tubrukan dan kandasnya kapal. Kapal yang akan merapat ke dermaga masih mempunyai kecepatan, pada waktu merapat kapal akan mengalami benturan pada dermaga walaupun kecepatan kapal kecil tapi karena massanya besar maka energi yang terjadi akibat benturan sangat besar. Untuk menghindari kerusakan pada kapal dan dermaga karena benturan, maka didepan dermaga diberi bantalan yang berfungsi sebagai penyerap energi benturan. Bantalan yang ditempatkan didepan dermaga disebut dengan fender.

Fender berfungsi sebagai bantalan yang ditempatkan didepan dermaga. Fender akan menyerap benturan antara kapal dan dermaga dan meneruskan gaya ke struktur dermaga. Fender juga dapat melindungi rusaknya cat badan kapal karena gesekan antara kapal dan dermaga yang disebabkan oleh gerak karena gelombang, arus dan angin. Fender juga harus dipasang disepanjang dermaga dan letaknya harus sedemikian rupa sehingga dapat mengenai kapal.

Pada tahun 2019 Kantor UPP Kelas III Garongkong memperbaiki dan mengganti fender yang mengalami kerusakan dermaga Pelabuhan Garongkong,

Dalam jangka tujuh tahun dari waktu operasionalnya, Kantor UPP Kelas III Garongkong telah melakukan rehabilitasi dengan mengganti 23 buah fender tipe super cone dan 1 buah fender tipe V di dermaga pelabuhan Garongkong karena mengalami kerusakan yang dapat mengganggu aktivitas bongkar muat di Kantor UPP Kelas III Garongkong.

Berdasarkan latar belakang diatas maka penulis akan melakukan penelitian mengenai “ANALISIS KAPASITAS FENDER TIPE V PADA DERMAGA CURAH PELABUHAN GARONGKONG KABUPATEN BARRU “.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan dari latar belakang tersebut maka rumusan masalah yang dapat diambil yaitu ;

1. Bagaimana pengaruh benturan kapal terhadap dermaga curah yang menggunakan fender tipe V?
2. Bagaimana tegangan yang bekerja pada fender tipe V jika kapal bertambat?
3. Bagaimana perubahan bentuk yang terjadi pada fender tipe V jika kapal bersandar?
4. Bagaimana daya dukung tanah terhadap tiang pancang saat diberikan beban.

## **1.3 Batasan Masalah**

Batasan masalah digunakan sebagai arahan serta acuan dalam penulisan Tugas Akhir, agar permasalahan yang dibahas tidak terlalu melebar. Batasan masalah yang dibahas dalam Tugas Akhir ini yaitu ;

1. Tidak termasuk fender tipe super cone
2. Tidak menghitung kapal dengan kapasitas diatas 30.000 ton.

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Dalam penulisan ini terdapat tujuan penelitian yang dimana dapat dilihat sebagai berikut;

1. Mengetahui energi yang dapat diserap fender pada saat kapal bertambat di dermaga.
2. Mengetahui energi yang dapat diserap oleh dermaga jika kapal bertambat.
3. Mengetahui besar energi benturan kapal pada saat bertambat.
4. Mengetahui beban tekan, beban tarik, dan beban laterial yang bekerja pada tiang pancang.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Dalam penelitian ini diharapkan memiliki manfaat bagi banyak pihak yang berkepentingan. Adapun manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Agar mempelajari lebih lanjut teori-teori mengenai pelabuhan, jenis-jenis, fungsi, karakteristik kapal dan fasilitas – fasilitas yang ada di pelabuhan maupun didermaga.
2. Agar menghindari kerusakan pada kapal dan dermaga karena benturan dan menghindari kerugian materi.
3. Agar dapat memberikan informasi kepada pihak pelabuhan tentang fasilitas pelayanan sandar kapal pada fender tipe V.

#### **1.6 Sistematika Penulisan**

Secara garis besar penyusunan proposal skripsi dan pembaca memahami uraian dan makna secara sistematis, maka skripsi disusun pada pola berikut:

### **BAB I PENDAHULUAN**

Pada bagian ini mengurai tentang latar belakang mengenai pelabuhan dan fasilitas yang ada didermaga salah satunya yaitu fender, adapun juga

membahas mengenai Rumusan masalah, Batasan masalah, dan tujuan penelitian.

## **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Berisi tentang penjelasan mengenai kerangka acuan yang berisi tentang teori – teori singkat mengenai fender dan pengaruh cuaca alam terhadap fender dan dermaga serta daya dukung tanah terhadap pondasi dermaga tersebut.

## **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

Meliputi sumber data, lokasi, waktu pengambilan data, jenis data (data sekunder dan primer), metode pengolahan data serta diagram alur penelitian..

## **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pada bab ini berisi tentang pembahasan data lokasi dan pengolahan data, pemodelan 3 dimensi dermaga, perhitungan beban pada dermaga dan fender serta analisis struktur dermaga.

## **BAB V PENUTUP**

Bab ini merupakan kesimpulan dari hasil analisis data serta saran – saran berdasarkan pembahasan dan analisis yang telah dilakukan penulis.



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Dermaga**

Dermaga adalah bangunan di tepi laut (sungai, danau) yang berfungsi untuk melayani kapal, dalam bongkar/muat barang dan atau menaikkan/menurunkan penumpang (Asiyanto, 2008). Dermaga dapat dibedakan menjadi dua type yaitu wharf atau quai dan jetty atau pier atau jembatan. Wharf adalah dermaga paralel dengan pantai dan biasanya berimpit dengan garis pantai. Jetty atau pier adalah dermaga yang menjorok ke laut (Bambang Triatmodjo, 2009)

Dalam perencanaan suatu sistem fender untuk Pelabuhan atau dermaga khususnya dermaga ferry, maka sangat diperlukan sekali data-data yang cukup mengenai dermaga tersebut karena hal tersebut akan berpengaruh langsung terhadap sistem fender yang akan digunakan. Shibata ( 1995) menentukan bahwa data-data tersebut terdiri dari :

1. Bentuk dan type dermaga
2. Panjang dermaga
3. Ketinggian dermaga
4. Lebar dermaga
5. Kedalaman lokasi
6. Kekuatan dermaga
7. Kemampuan dermaga menyerap energi
8. Fasilitas pemuatan

Bentuk dan type dermaga (1) berhubungan dengan perhitungan perhitungan energi bertambat dan kondisi bertambat. (2) sampai dengan (8) berpengaruh langsung pada penentuan jarak antar fender, jumlah fender, arah dan metode pemasangan darf sistem fender itu sendiri.

### **2.1.1 Bagian – Bagian Dermaga**

Peranan Demaga sangat penting, karena harus dapat memenuhi semua aktifitas-aktifitas distribusi fisik di Pelabuhan, antara lain :menaik turunkan penumpang dengan lancar,mengangkut dan membongkar kargo yang terjamin aman dan lancar,menghubungkan angkutan dari-ke darat atau dari-ke laut, merapat, menambatkan dan melepaskan kapal,tempat penyimpanan yang efektif, Gudang fasilitas 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.

## 2.2 Pembebanan Pada Dermaga

Gaya yang bekerja pada dermaga dibedakan menjadi 2 yaitu beban vertikal dan beban horizontal. Adapun Beban Vertikal dermaga dapat dikategorikan dalam beban mati dan beban hidup.

### 2.2.1 Beban Mati

Beban Mati merupakan berat sendiri dari bangunan harus dimasukkan di dalam perhitungan konstruksi. Adapun untuk mehitungan beban mati pada struktur dermaga dari beban tiang menggunakan persamaan berikut:

$$A_{tiang} = \frac{1}{4} \times \pi \times ((d^2) - (d - t)^2) \dots\dots\dots (2.1)$$

$$L = h + LD + Z_r \dots\dots\dots (2.2)$$

$$q_{tiang} = \rho_{baja} \times L \times n \times A \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana :

- $t$  = tebal (m)
- $A_{tiang}$  = luas tiang pancang ( $m^2$ )
- $L$  = panjang tiang pancang (m)
- $h$  = kedalaman (m)
- $Z_r$  = fixity point (m)

LD = elevasi dermaga  
 $q_{tiang}$  = berat tiang pancang (ton)

### 2.2.2 Beban Hidup

Beban luar adalah muatan hidup (gerak, live load). Biasanya terdiri atas muatan merata, muatan terpusat akibat roda-roda truck, mobil, crane, mobil crane, forklift, transtainer dan peralatan yang bekerja untuk melakukan bongkar muat dalam pelabuhan. Muatan hidup merata biasanya untuk menampung muatan-muatan minyak/air/barang barang curah. dimana beban hidup yang diambil berdasarkan *Standard design Criteria for Ports in Indonesia, 1984*.

$$W_{LL} = UDL \times b \times l \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana :

$UDL$  = *uniformly distributed load*

$b$  = lebar dermaga

$l$  = panjang dermaga

### 2.2.3 Energi Yang Diteruskan Fender Terhadap Struktur Dermaga

Ketika kapal membentur fender, fender mengalami defleksi, dari nilai nol sampai nilai maksimum yang diijinkan. Gaya reaksi fender meningkat dengan pertambahan nilai defleksi. Kerja yang dilakukan oleh dermaga adalah:

$$E = \frac{1}{2} Fd \dots\dots\dots (2.5)$$

### 2.2.4 Gaya Angin

Kecepatan angin akan berpengaruh khususnya pada saat kapal dalam keadaan kosong atau saat pengisian ballast (Bindra, 1978). Sangat perlu untuk merencanakan sistem fender yang tidak akan rusak karena mendapat tekanan yang berlebihan dari kapal karena menerima beban angin yang kuat. Dalam perencanaan sistem fender,

Besar gaya angin tergantung pada arah dan kecepatan hembus angin, dan dihitung dengan rumus berikut :

1. Gaya longitudinal apabila angin datang dari arah haluan ( $\alpha = 0^\circ$ ):

$$R_w = 0,42 \cdot Q_a \cdot A_w \dots\dots\dots (2.6)$$

$$Q_a = 0,063 V_w^2 \dots\dots\dots (2.7)$$

$$A_w = 70\% (B \times D_{kapal}) \dots\dots\dots (2.8)$$

2. Gaya longitudinal apabila angin datang dari arah buritan ( $\alpha = 180^\circ$ ) akan menggunakan formulasi sebagai berikut :

$$R_w = 0,5 \cdot Q_a \cdot A_w \dots\dots\dots (2.9)$$

3. Gaya longitudinal apabila angin datang dari arah lebar kapal ( $\alpha = 90^\circ$ ):

$$R_w = 1,1 \cdot Q_a \cdot A_w \dots\dots\dots (2.10)$$

$$A_w = 70\% (loa \times D_{kapal}) \dots\dots\dots (2.11)$$

dimana:

- $R_w$  = gaya akibat angin (kg)
- $Q_a$  = tekanan angin ( $kg/m^2$ )
- $V_w$  = kecepatan angin (m/sec)
- $A_w$  = proyeksi bidang yang tertiuip angin ( $m^2$ )
- $B$  = Lebar kapal (m).
- $D_{kapal}$  = Tinggi kapal (m).
- $Loa$  = Panjang kapal (m)

### 2.2.5 Gaya Akibat Arus

Besar gaya yang ditimbulkan oleh arus diberikan oleh persamaan berikut ini :

$$R_a = C_c \gamma_0 A_c \frac{v_c^2}{2g} \dots\dots\dots (2.12)$$

$$A_c = B \times d \dots\dots\dots (2.13)$$

Dimana :

- $R_a$  = gaya akibat arus (kg)
- $\gamma_0$  = massa jenis air laut (1025kg/m)

$A_c$  = luas tampang kapal yang terendam air ( $m^2$ )

$V_c$  = kecepatan arus ( $m/s$ ).

$B$  = lebar kapal ( $m$ )

$d$  = draft kapal ( $m$ )

Nilai  $C_c$  adalah faktor untuk menghitung gaya lateral dan memanjang. Nilai  $C_c$  tergantung pada bentuk kapal dan kedalaman air di depan tambatan, yang nilainya diberikan ini. Faktor untuk menghitung gaya arus melintang :

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

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

### 2.2.6 Beban Gelombang

Dalam menentukan beban gelombang yang bekerja dilakukan dengan perhitungan gaya gelombang yang bekerja pada elevasi atas tepi dermaga yang terkena gelombang. Gaya gelombang pada tepi dermaga diturunkan dari OCDI (hal 35):

$$P = \frac{\rho g H}{2k \cosh kh} ((\sinh k(h + s + t) - \sinh k(h + s))) \dots\dots\dots (2.14)$$

Dimana:

$$\rho_{air\ laut} = 1025 \text{ kg/m}^3$$

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

$h$  = tinggi muka air ( $m$ )

$H$  = tinggi gelombang rencana 50 tahunan ( $m$ )

k = bilangan gelombang (m)

t = tebal pelat dermaga (m)

S = elevasi atas-HWS (m)

### **2.2.7 Beban Gempa**

Beban gempa ditentukan sesuai dengan peta zonasi gempa tahun 2011 oleh PUSKIM – ITB yang diakses secara online. Pemodelan beban gempa dilakukan dengan metode *response spectrum*.

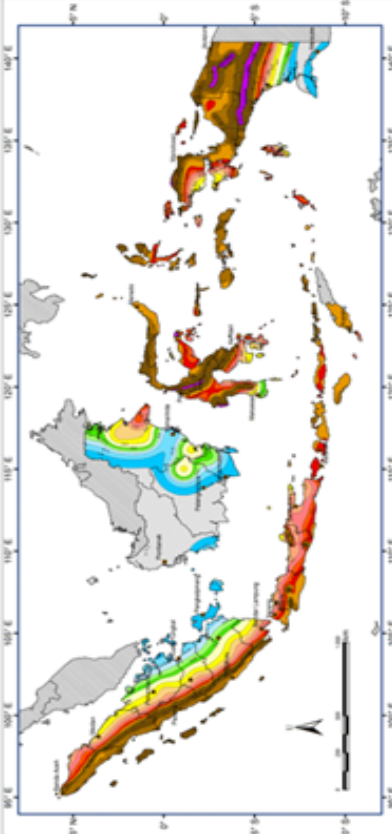
← → 🌐 Not secure | pustkim.pu.go.id/Aplikasi/desain Spektra Indonesia 2011/

**Desain Spektra Indonesia**

**Jenis Input** **Koordinat ▾**

Lintang:   
 Bujur:   
 Miling:

**Map Controls:**  
 Peta Google  Peta NCE<sub>S</sub> (S<sub>1</sub>)  Peta NCE<sub>S</sub> (S<sub>2</sub>)  Peta C<sub>1</sub> (C<sub>11</sub>)  Peta C<sub>2</sub> (C<sub>12</sub>)  Peta C<sub>3</sub> (C<sub>13</sub>)



**KETERANGAN (S<sub>S</sub>, MCE<sub>R</sub>):**

Area dengan spektrum respon pemastuhan koruptasi 100% g




0.1-0.15g	0.25-0.35g	0.5-0.6g	0.8-0.9g	1.2-1.5g	1.5-2.0g
< 0.5g	0.5-0.25g	0.3-0.4g	0.4-0.5g	0.6-0.7g	0.9-1.0g
0.05-0.1g	0.2-0.25g	0.4-0.5g	0.7-0.8g	1.0-1.2g	2.0-2.5g

**Dikembangkan oleh:**  
 Tim Peta Zona Gempa Indonesia 2010 bersama dengan Tim Pengembangan Peta Daerah Tanah Bebas dan Guncaman Risiko.

**Didukung Oleh:**  
 Kementerian Pekerjaan Umum (PU), Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG), Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM), Kementerian Riset dan Teknologi, Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN), Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB).

**PETA ZONASI GEMPA INDONESIA**  
 Lantai-3.239959762757003... Log:04.53914079957333

REVISI: 2011  
 DIREKTORAT TEKNOLOGI SPASIAL  
 KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM

© 2011 Pusat Penelitian dan Pengembangan Formuliran - Kementerian Pekerjaan Umum.  
 created by PUSKIM-ITB

Gambar 2.1. Zonasi gempa oleh PUSKIM-ITB yang diakses secara online  
 (Sumber: PUSKIM-ITB)



Beban gempa merupakan pembebanan lateral yang memiliki variasi yang ditinjau dari dua arah. Baik dari arah sumbu x (U1) dan sumbu y (U2) dimana salah satu dari sumbu ini akan memberikan beban gempa 100% dan 30%. dimana beban 100% diberikan terhadap sumbu struktur terlemah tergantung dari model struktur itu sendiri. Adapun untuk penentuan nilai U1 dengan persamaan 2.19 dan U2 dengan menggunakan persamaan 2.20

$$U1 = PGA \times 9,81 \times 100\% \dots\dots\dots (2.15)$$

$$U2 = U1 \times 30\% \dots\dots\dots (2.16)$$

Untuk nilai PGA diperoleh dari peta percepatan puncak di batuan dasar (*Peak Ground Acceleration / PGA*), yang bersumber pada Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017. Sesuai dengan RSNI 2833-2013 ada beberapa peta yang digunakan dan menggunakan kala ulang 50 dan 75 tahun Adapun penjelasan peta gempa 2017 yang digunakan pada RSNI 2833-2013 dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2.1. Penjelasan Peta Gempa Yang Digunakan

No	No. Peta	Level Gempa	Keterangan
1.	Peta 1	10% dalam 50 tahun (500 Tahun)	Peta Percepatan Puncak di Batuan dasar (PGA)
2.	Peta 2		Peta respon spektra percepatan 0,2 detik di batuan dasar (S <sub>s</sub> )
3.	Peta 3		Peta respon spektra percepatan 0,1 detik di batuan dasar (S <sub>l</sub> )
4.	Peta 4	7% dalam 75 tahun (1000 Tahun)	Peta Percepatan Puncak di Batuan dasar (PGA)
5.	Peta 5		Peta respon spektra percepatan 0,2 detik di batuan dasar (S <sub>s</sub> )
6.	Peta 6		Peta respon spektra percepatan 0,1 detik di batuan dasar (S <sub>l</sub> )

Sumber: RSNI 2833-2013

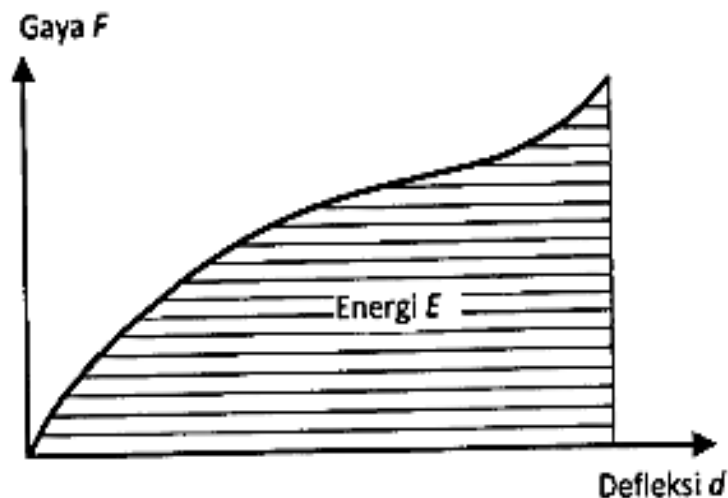
Dari Peta gempa yang digunakan RSNI 2833-2013 dikombinasikan dengan update peta gempa terbaru (tahun 2017) oleh (Tim Pusat Studi Gempa Nasional).

### 2.3 Fender

Fender berfungsi sebagai bantalan yang di tempatkan di depan dermaga. Fender akan menyerap energi benturan antara kapal dan dermaga dan meneruskan gaya ke struktur dermaga. Gaya yang diteruskan ke dermaga tergantung pada type fender dan defleksi fender yang diijinkan.

Fender juga dapat melindungi rusaknya cat badan kapal karena gesekan antara kapal dan dermaga yang disebabkan oleh gerak karena gelombang, arus dan angin. Fender harus dipasang sepanjang dermaga dan letaknya harus sedemikian rupa sehingga dapat mengenai kapal. Oleh karena itu kapal mempunyai ukuran yang berlainan maka fender harus dibuat agak tinggi pada sisi dermaga.

Ketika kapal membentur fender, fender tersebut akan mengalami defleksi (pemampatan). Karena defleksi tersebut maka fender dapat menyerap energi benturan kapal, dan meneruskan gaya benturan ke struktur dermaga.



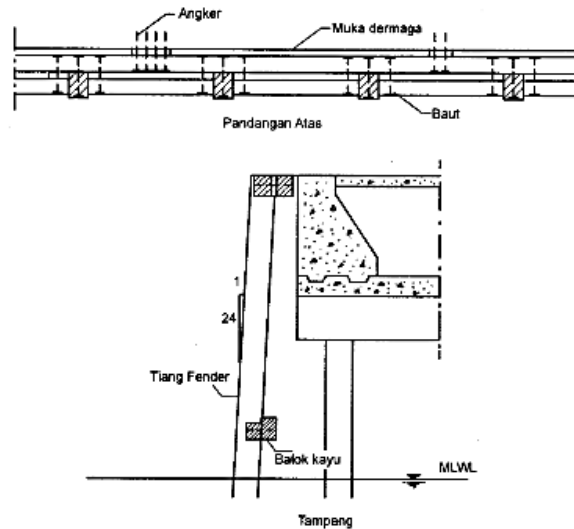
Gambar 2.2. Kurva defleksi gaya suatu fender

(sumber: <http://image.google.co.id>)

Fender dibuat dari bahan elastis, seperti kayu atau karet. Fender kayu bisa berupa batang kayu yang dipasang di depan muka dermaga atau tiang kayu yang dipancang. Saat ini fender kayu sudah tidak banyak digunakan, mengingat harga kayu yang lagi tidak murah dan masalah lingkungan yang muncul dengan penebangan pohon. Kecuali untuk Pelabuhan kecil di daerah Sumatera, Kalimantan dan Papua dimana masih tersedia cukup banyak kayu. Fender karet yang merupakan produk pabrik semakin banyak digunakan karena kualitasnya lebih baik dan banyak tersedia dipasaran dengan berbagai type. Pelabuhan Perikanan Cilacap yang semula menggunakan fender kayu, saat ini telah diganti dengan fender karet.

#### 1. Fender kayu

Fender kayu bisa berupa batang-batang kayu yang dipasang horisontal dan vertikal di sisi depan dermaga. Gambar 2.3 adalah contoh fender kayu yang dipasang pada sisi dermaga. Panjang fender sama dengan sisi atas dermaga sampai muka air. Fender kayu ini mempunyai sifat untuk menyerap energi. Gambar 2.3 adalah fender kayu yang berupa tiang pancang yang dilengkapi dengan balok memanjang (horisontal). Fender tersebut ditempatkan di depan dermaga dengan kemiringan 1 (horisontal) : 24 (vertikal) dan akan menyerap energi karena defleksi yang terjadi pada waktu dibentur kapal. Penyerapan energi tidak hanya diperoleh dari defleksi tiang kayu, tetapi juga dari balok kayu memanjang. Tiang kayu dipasang pada setiap seperempat bentang.



Gambar 2.3. Fender kayu tiang pancang

(sumber: <http://image.google.co.id>)

## 2. Fender karet

Saat ini fender karet banyak digunakan pada Pelabuhan. Fender karet diproduksi oleh pabrik dengan bentuk dan ukuran yang berbeda yang tergantung fungsinya. Pabrik pembuat fender memberikan karakteristik fender yang diproduksinya. Fender dengan type yang sama tetapi diproduksi oleh pabrik yang berbeda bisa mempunyai karakteristik yang berbeda. Fender karet dapat dibedakan menjadi beberapa tipe 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 D

Fender tipe D memiliki gaya reaksi, dengan penyerapan yang lebih tinggi biasa digunakan untuk frame dermaga dan kapal – kapal yang lebih kecil karena lebar kebawah.



Gambar 2.4. Fender Type D

(Sumber : <http://image.google.co.id>)

c. Fender tipe Sel

Fender tipe sel adalah fender dengan kekuatan reaksi rendah dan kemampuan penyerapan energi yang tinggi. Karet fender sel dilengkapi dengan fronal frame. Produk tersebut memiliki karakteristik penyerapan tenaga yang lebih tinggi, dan sangat handal untuk penggunaan di dermaga/ Pelabuhan dengan kapal besar.



Gambar 2.5. Fender type sel

(sumber: <http://image.google.co.id>)

d. Fender tipe silinder

Fender dengan desain ini dapat digunakan dengan fleksibel dan mudah dalam pemasangannya. *Fender type silinder* ini memiliki fisik yang tebal, kuat, dan dapat

melindungi kapal dari abrasi/aus. Seperti jenis fender karet lainnya, fender type silinder ini juga memiliki gaya reaksi yang lebih rendah daripada tingkat energinya.



Gambar 2.6. *fender type silinder*

(sumber: <http://image.google.co.id>)

e. Fender tipe A

Fender tipe A adalah 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.



Gambar 2.7. *Fender type A*

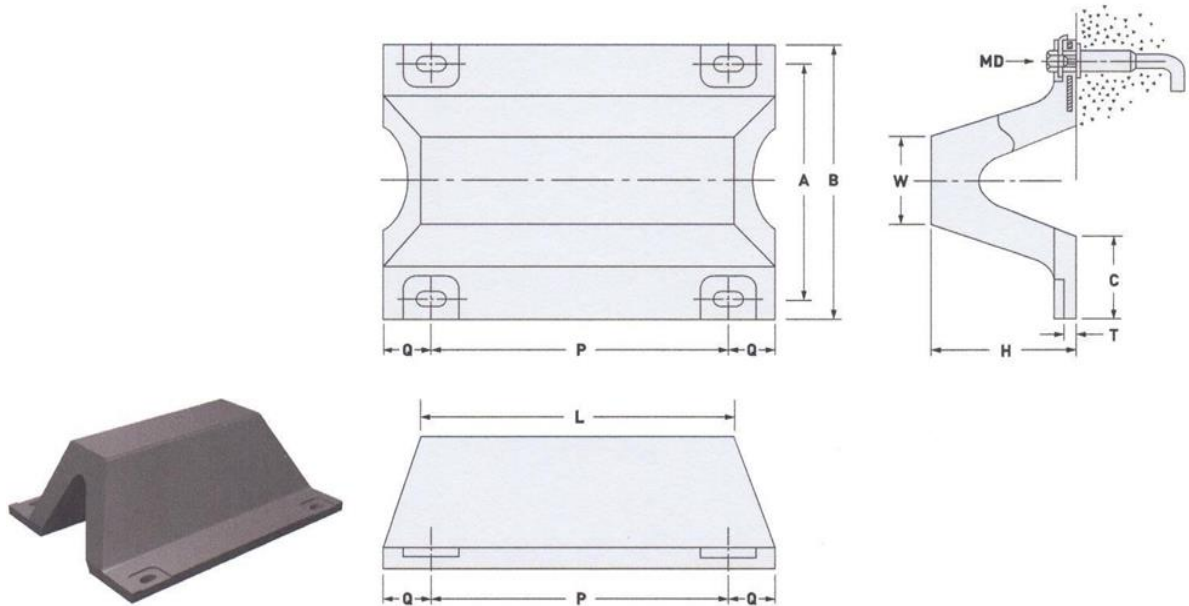
(Sumber : <http://image.google.co.id>)

f. Fender tipe V

Fender tipe V merupakan jenis karet fender yang paling umum dan kerap digunakan pada dermaga – dermaga serta pelabuhan seluruh dunia. Fender tipe V juga salah satu jenis rubber fender yang tangguh, dapat bekerja dengan stabil, memiliki desain yang sederhana, dan tahan lama. Memberikan kemampuan untuk memenuhi berbagai macam kebutuhan untuk aktivitas berlabuh. Jenis rubber fender ini memiliki stabilitas yang baik dan keterikatan kuat dengan bahan lainnya sebagai struktur pendukung. Fender tipe V ini memiliki kinerja lebih tinggi dari beberapa jenis karet fender lainnya. Pada pengaplikasiannya fender jenis ini disesuaikan dengan jenis kapal yang kerap bersandar. Jenis karet fender ini digunakan untuk mencegah kerusakan pada lambung kapal dan beberapa bagian kapal lainnya. fender tipe V memiliki kapasitas penyerapan energi yang cukup tinggi sehingga mampu menahan benturan beban yang sangat berat dari kapal-kapal yang berlabuh. Selain itu fender tipe V ini juga memiliki gaya reaksi dan penyerapan energi yang lebih tinggi dari pada karet fender dermaga tipe silinder. Fender tipe V juga mudah untuk dipasang sehingga lebih ekonomis. Karet fender dermaga tipe V ini dapat dipasang secara vertikal maupun horizontal. Jenis karet fender tipe V ini dapat digunakan untuk pinggiran dermaga dan juga kapal karena memiliki bentuk yang lebar di bagian bawah dan lebih kecil di bagian atasnya. Karet fender dermaga tipe V memiliki variasi ukuran serta memiliki kemampuan untuk menahan benturan atau penyerapan energi yang cukup tinggi. Ukuran dari rubber fender tipe V ini dapat disesuaikan dengan fungsi atau kebutuhan dan struktur dari pelabuhan. Adapun ukuran atau spesifikasi fender tipe V yaitu :

- 1) Fender tipe V 150H – (1000 – 3000)L
- 2) Fender tipe V 200H – (1000 – 3000)L
- 3) Fender tipe V 250H – (1000 – 3000)L
- 4) Fender tipe V 300H – (1000 – 3000)L
- 5) Fender tipe V 400H – (1000 – 3000)L
- 6) Fender tipe V 500H – (1000 – 3000)L
- 7) Fender tipe V 600H – (1000 – 3000)L
- 8) Fender tipe V 800H – (1000 – 3000)L

9) Fender tipe V 1000H – (1000 – 3000)L.



Gambar 2.8. Fender Tipe V  
(sumber:Indojaya Mitra Sejahtra)

Tabel 2.2. Dimensi fender tipe V

No.	Dimension	MD	A	B	C	T	W	1000L		1500L		2000L	
	Height(H)							P	Q	P	Q	P	Q
1.	150H	M22 [7/8]	240	300	96	17	97,5	855	110	675X2	112,5	620X3	107,5
2.	200H	M24 [1]	320	400	128	17	130	860	120	680X2	120	620X3	120
3.	250H	M27 [1 1/8]	410	500	160	22	162,5	865	130	680X2	132,5	620X3	132,5
4.	300H	M30 [1 1/4]	490	600	192	23	195	870	140	685X2	140	625X3	137,5
5.	400H	M36 [1 1/2]	670	800	256	31	260	900	150	700X2	150	635X3	147,5
6.	500H	M42 [1 3/4]	840	1000	320	34	325	930	160	715X2	160	645X3	157,5
7.	600H	M48 [2]	1010	1200	384	40	390	960	170	730X2	170	655X3	167,5
8.	800H	M64 [2 1/2]	1340	1600	512	45	520	1040	180	770X2	180	680X3	180
9.	1000H	M64 [2 1/2]	1680	2000	640	49	650	1100	200	800X2	200	700X3	200

Sumber: Indojaya Mitra Sejahtra



Tipe fender yang digunakan dan penempatannya pada sisi depan dermaga harus dapat melindungi dan menyerap energi benturan dari semua jenis dan ukuran kapal untuk berbagai evaluasi muka air laut. Gambar 2.9 menunjukkan posisi penempatan fender terhadap beberapa ukuran kapal.

Persamaan berikut dapat digunakan untuk menentukan jarak maksimum antar fender.

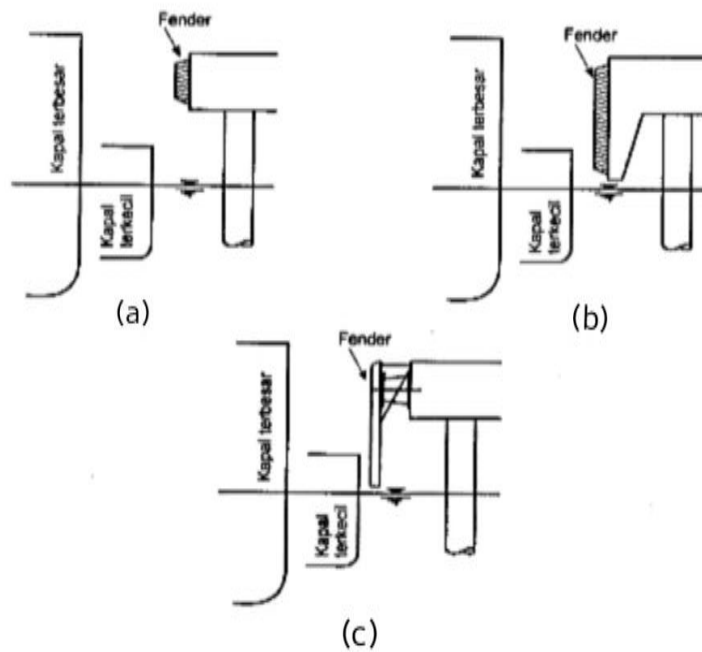
$$L = 2\sqrt{r^2 - (r - h)^2} \dots\dots\dots (2.17)$$

Dimana :

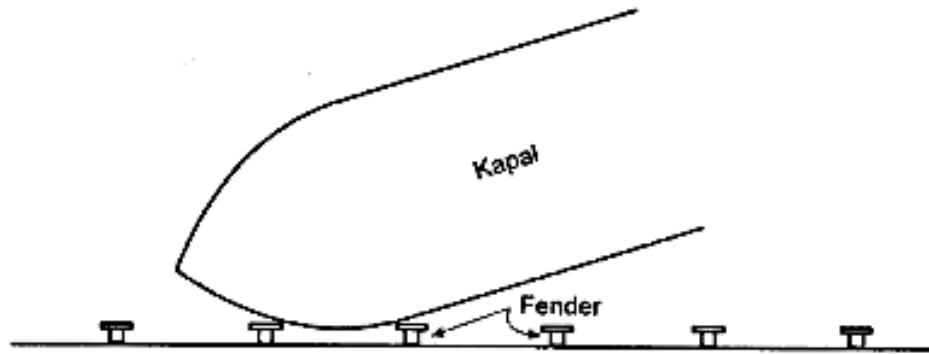
L : jarak maksimum antara fender (m)

r : jari-jari kelengkungan sisi haluan kapal (m)

h : tinggi fender

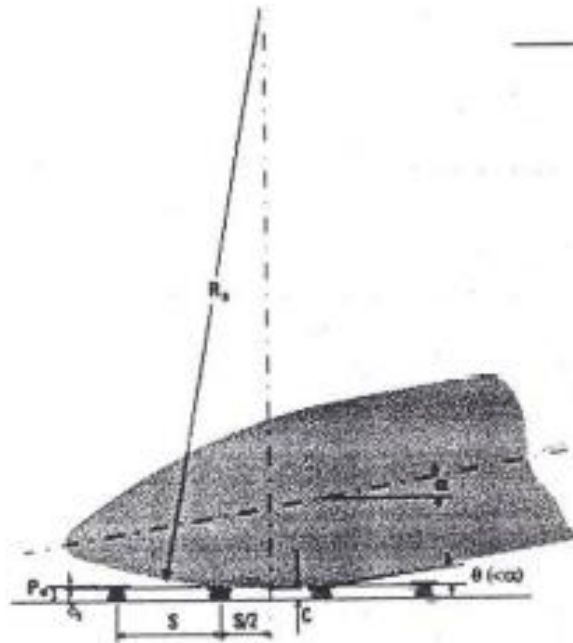


Gambar 2.9. (a), (b), (c) Posisi kapal terhadap fender  
(sumber: <http://image.google.co.id>)



Gambar 2.10. Posisi kapal pada waktu membentur fender  
 (sumber: <http://image.google.co.id>)

Apabila jari-jari kelengkungan sisi haluan kapal diketahui, maka persamaan berikut dapat digunakan sebagai pedoman untuk menghitungnya



Gambar 2.11. jarak antara fender  
 (sumber: <http://image.google.co.id>)

$$S \leq \sqrt{R_B^2 - (R_B - P_U + \delta_f + C)^2} \dots\dots\dots (2.18)$$

$$R_B = \frac{1}{2} \left( \left( \frac{B}{2} \right) + \left( \frac{LOA^2}{8 \times B} \right) \right) \dots\dots\dots (2.19)$$

Dimana:

S = jarak antar fender

$R_B$  = radius *bow* kapal

$P_U$  = proyeksi fender

$\delta_f$  = defleksi fender =  $0,45 \times P_u$

C = ruang kebebasan

### 2.3.1 Pembebanan Pada Fender

Fungsi utama dari sistem fender adalah untuk mencegah kerusakan pada kapal dan dermaga pada waktu kapal merapat dan bertambat di dermaga. Gaya-gaya yang timbul pada waktu penambatan kapal adalah benturan kapal, gesekan antara kapal dan dermaga dan tekanan kapal pada dermaga. Gaya-gaya tersebut yang menyebabkan kerusakan pada kapal dan struktur dermaga. Untuk mencegah kerusakan tersebut di depan sisi dermaga dipasang fender yang dapat menyerap energi benturan. Jumlah energi yang diserap dan gaya maksimum yang diteruskan pada struktur dermaga digunakan untuk menentukan jenis dan ukuran fender.

Beberapa faktor yang mempengaruhi pemilihan type fender adalah kondisi gelombang, arus dan angin, ukuran kapal, kecepatan dan arah kapal pada waktu merapat ke dermaga, keberadaan kapal tunda untuk membantu penambatan, type dermaga, dan juga keterampilan nahkoda kapal.

Pembebanan fender di dasarkan pada hukum kekekalan energi. Energi benturan kapal dengan dermaga sebagian diserap oleh sistem fender sedang sisanya diserap oleh struktur dermaga. Struktur dermaga yang sangat kaku dianggap tidak menyerap energi benturan, sehingga energi ditahan oleh sistem fender..

### 2.3.2 Energi Tambat Kapal

Perhitungan energi tambat kapal untuk mencari besarnya energi impact pada fender dapat dilakukan dengan menggunakan formula yang telah dikembangkan oleh Bridgestone dan banyak dipakai di Jepang menurut Standar Teknis Fasilitas Pelabuhan dan Dermaga, Japanese Port and Harbour Association (JPHA,1989) yang digunakan adalah :

$$E = \frac{WV^2}{2G} c_m c_e \dots\dots\dots (2.20)$$

Dimana :

- $E$  = Energi tambat efektif kapal (ton.m)
- $W$  = Berat kapal (ton)
- $V$  = Kecepatan pendekatan kapal (m/s)
- $C_e$  = Koefisien eksentrisitas
- $C_m$  = Koefisien massa semu

Penentuan nilai dan faktor yang berpengaruh dalam perhitungan tersebut diatas akan dijelaskan satu per satu sebagai berikut :

#### 1. Koefisien Massa

Besarnya koefisien massa yang digunakan dalam perhitungan energi tambat menurut Standar Teknis Pelabuhan dan Dermaga di Jepang dikembangkan oleh Ueda (1981) melalui eksperimen model:

$$c_m = 1 + \frac{2d}{B} \dots\dots\dots (2.21)$$

Dimana :

- $D$  = draft kapal maksimum (saat *full loaded*)
- $B$  = lebar kapal/*molded breadth*.

2. Faktor Eksentrisitas

Kapal pada saat bertambat akan membentuk sudut tertentu pada wharf ataupun dolphin, karena hal ini maka energi kinetik total dari kapal perlu di koreksi dengan faktor eksentrisitas.

Maka, nilai koefisien  $C_e$  dihitung dengan persamaan berikut :

$$c_e = \frac{l}{l + \left(\frac{r}{4}\right)^2} \dots\dots\dots (2.22)$$

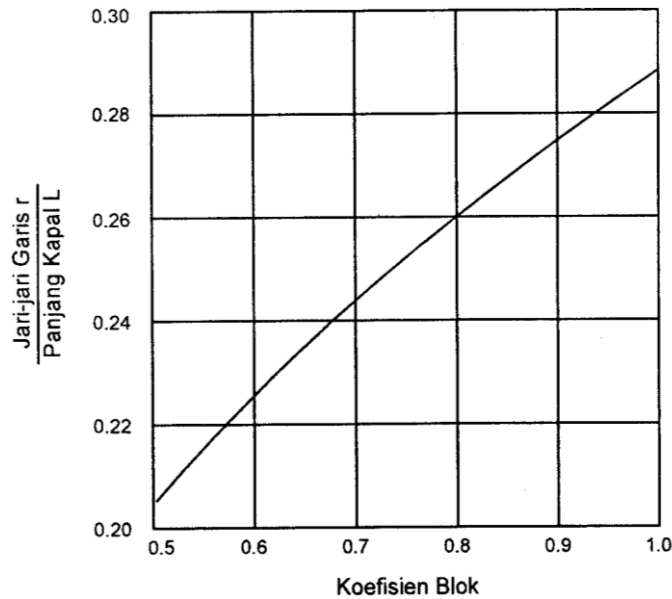
dimana :

$c_e$  = faktor eksentrisitas

$l$  = jarak paralel yang diukur dari titik kontak ke CG biasanya diperkirakan  $\frac{1}{4} L$   
 $L$  (panjang kapal) (m)

$r$  = jari-jari girasi pada sumbu vertikal melalui pusat gravitasi pada bidang horisontal, biasanya diambil  $\frac{1}{4} L$  (m)

Bila nilai jari-jari garis  $r$  tidak menggunakan  $\frac{1}{4} L$  dan  $l$  juga tidak  $\frac{1}{4} L$  maka nilai  $C_e$  dapat dibaca dengan menggunakan grafik hubungan antara titik kontak dengan faktor eksentrisitas seperti terlihat pada gambar 2.12 berikut ini :



Gambar 2.12. Grafik jari-jari putaran di sekeliling pusat berat kapal

(sumber: <http://image.google.co.id>)

### 3. Faktor Bentuk Air/Konfigurasi Karena Tambat (Cc)

Pada saat kapal bertambat dan merapat ke dermaga maka massa air yang ada di sekeliling badan kapal akan bergerak dan tertekan oleh badan kapal terhadap dermaga. Hal ini disebut *cushion effect* yang mempengaruhi besarnya energi yang diserap fender dan dermaga karena adanya massa air di sekeliling badan kapal. Fenomena ini erat kaitannya dengan sudut tambat, kecepatan bertambat, jarak antara dasar kapal (*keel*) dengan dasar laut, serta type dan geometri struktur dermaga. Menurut *Japanese Port and Harbour Association (JPHA, 1989)* besarnya Cc berkisar antara 0,8- 1,0. Tabel 2.1 adalah beberapa nilai Cc yang direkomendasikan oleh JPHA (1989) untuk type dermaga yang berbeda.

Tabel 2.3. Koefisien konfigurasi untuk beberapa tipe dermaga

No.	Type Dermaga	Cc
1.	Tertutup ( <i>closed/solid pier</i> )	0,8
2.	Semi tertutup ( <i>semi closed</i> )	0,9
3.	Terbuka ( <i>open pier</i> )	10.

Sumber: JPHA, 1989

### 4. Berat Kapal

Dalam perencanaan sistem fender, peran kapal sangat penting baik secara langsung maupun tidak langsung dimana gaya-gaya luar yang ada akan mempengaruhi struktur dermaga serta mempengaruhi kondisi ketika kapal bertambat.

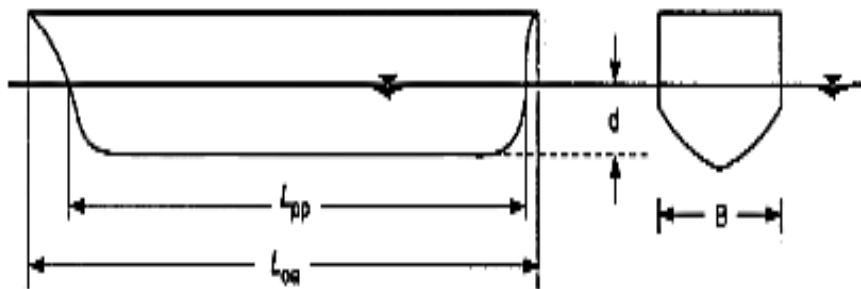
Ukuran-ukuran kapal harus ditentukan untuk menjamin bahwa fasilitas - fasilitas dermaga bisa mengakomodasi kapal-kapal yang akan bertambat. Untuk mengetahui gaya-gaya luar yang ada, faktor-faktor dari karakteristik kapal yang harus diperhatikan adalah sebagai berikut:

- a. Jenis kapal.
- b. Berat kapal (*displacement tonnage*).
- c. Dimensi utama kapal yaitu panjang, lebar, sarat (*draft*), tinggi kapal dan *freeboard* kapal.
- d. Jarak maksimum yang diijinkan antara kapal dengan dermaga (*loading equipment of the ship*).

Pada umumnya, jenis kapal-kapal yang beroperasi di demaga penyeberangan adalah kapal ferry dengan sistem Ro/Ro (*Roll On / Roll Off*). Kramadibrata (1985) mendefinisikan Ro/Ro adalah jenis kapal dimana pergerakan pemindahan muatannya dilakukan secara mendatar (horizontal). Tenaga pemindahan tersebut dapat dilakukan dengan tenaga manusia atau mesin misalnya truk atau dengan LUF (*Lift Up Frame*). Guna memudahkan pergerakan ini yang berarti pula memperkecil tenaga dorong atau tarik, maka diusahakan memperkecil gaya atau mengatur ketinggian dermaga sedemikian sehingga "*Ramp door*" merupakan bidang datar antara dermaga dengan geladak kapal. Jenis kapal Ro/Ro ini diklasifikasikan:

- 1) *Short distance vessel*.
- 2) *Intermediate distance vessel*.
- 3) *Long distance vessel*.

Dimensi utama kapal berhubungan langsung pada perencanaan fasilitas - fasilitas dermaga yang harus tersedia di Pelabuhan. Gambar 2.13 dimensi utama kapal



Gambar 2.13. Dimensi utama kapal  
(sumber: <http://image.google.co.id>)

Dalam perhitungan energi bertambat (*berthing energy*) yang akan di serap oleh sistem fender, sangat perlu untuk menentukan berat kapal. Tabel 2.2 memberikan beberapa ekspresi berat kapal yang diambil dari *Marine Fender Catalogue* (Bridgestone, 1995) :

Tabel 2.4. Ekspresi berat kapal

No.	Unit	Kind
1.	<i>Weight of vessel</i>	<i>Displacement Tonnage, Light weight</i>
2.	<i>Mass of vessel</i>	<i>Gross Tonnage</i>
3.	<i>Mass of cargo</i>	<i>Net Tonnage</i>

Sumber: Bridgestone 1995

Definisi berat kapal :

- a) *Gross Tonnage* : Tonnage yang dinyatakan oleh massa kapal. Massa total volume kapal dinyatakan dengan GRT ( $1 \text{ GRT} = 100 \text{ ft}^3 = 2,83\text{m}^3$ ).
- b) *Dead Weight Tonnage* : Tonnage yang dinyatakan oleh berat total muatan diatas kapal dimana kapal dapat mengangkut dalam keadaan pelayaran optimal (draft maksimum). Muatan dapat berupa kargo, bahan bakar, tangki minyak, air minum, penumpang, dan makanan. Hubungan antara *Full Loaded Displacement* (FLD), *Light Weight* (LW), dan *Dead Weight* (DW) adalah:

$$\text{FLD} = \text{LW} + \text{DW} \dots\dots\dots (2.23)$$

- c) *Displacement Tonnage*: Tonnage yang dinyatakan oleh berat total dari badan kapal, mesin, cargo, serta seluruh material yang ada di dalamnya.

Untuk perhitungan energi bertambat (*berthing energy*) pada umumnya menggunakan *Full Loaded Displacement* (FLD). nilai *Displacement* dari kapal tidak diketahui besarnya. Dalam kondisi tersebut nilai *Displacement* dapat diketahui menggunakan rumus berikut ini :



$$DT = L \times B \times d \times C_b \times 1.025 \dots\dots\dots (2.24)$$

Dimana :

L = Panjang Kapal

B = Lebar Kapal

d = Sarat Kapal (m)

C<sub>b</sub> = koefisien blok

1.025 = massa jenis air laut ( $t/m^3$ )

Dalam perhitungan energi bertambat dari sebuah kapal, Shibata (1995) memberikan rumusan bahwa berat kapal (W) merupakan penjumlahan dari berat kapal sesungguhnya atau disebut juga *actual ship weight* ( $W_1$ ) dengan berat tambah kapal atau *added weight* ( $W_2$ ). Sehingga berat kapal yang akan digunakan untuk menghitung energi tambat kapal merupakan berat semu kapal (*virtual Weight*) dan dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$W = W_1 + W_2 \dots\dots\dots (2.25)$$

Dimana :

W = berat semu kapal (*virtual weight*), ton.

$W_1$  = *actual ship weight*, ton.

$W_2$  = berat tambah kapal (*added weight*), ton.

$W_1$  diperoleh dari *displacement tonnage* kapal. Metode silinder menyebutkan bahwa berat tambah dari sebuah kapal ( $W_2$ ) adalah sama dengan berat air laut dalam sebuah silinder dengan diameter sama dengan sarat kapal (d) dan panjang silinder sama dengan panjang kapal (L) yang dirumuskan sebagai berikut:

$$W = \frac{\pi}{2} \times d^2 \times L \times \rho \dots\dots\dots (2.26)$$

Dimana;

d = sarat kapal

L= panjang kapal

$\rho$  = berat jenis air laut

### 5. Kecepatan Bertambat (*Berthing Speed*)

Kecepatan bertambat merupakan salah satu kriteria terpenting dalam merencanakan sistem fender. Kecepatan bertambat kapal ditentukan berdasarkan harga yang terukur atau dari data yang telah diukur sebelumnya dengan memperhatikan ukuran kapal, bentuk kapal, kondisi muatan, lokasi dan struktur fasilitas bertambat (*mooring conditions*), kondisi laut dan cuaca pada saat proses pertambatan berlangsung, dan ukuran kapal tunda (*tug boat*) yang digunakan. Menurut hasil survei di lapangan dan data dari Bridgestone (1995) mengenai kecepatan tambat dari kapal adalah sebagai berikut :

Tabel 2.5. Kecepatan tambat kapal

No.	Ukuran kapal (DWT) ton	Kecepatan nyata (m/s)	Kecepatan desain (m/s)
1.	Kurang dari 10.000 DWT	0,1-0,3	0,2
2.	10.000-50.000	0,1-0,2	0,15
3.	Lebih dari 50.000	0,1-0,5	0,15

Sumber: Bridgestone 1995

Komponen kecepatan merapat dalam arah tegak lurus kapal dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$V = v \sin 10^\circ \dots\dots\dots (2.27)$$

Dimana :

$V$  = komponen kecepatan dalam arah tegak lurus sisi dermaga (m/d).

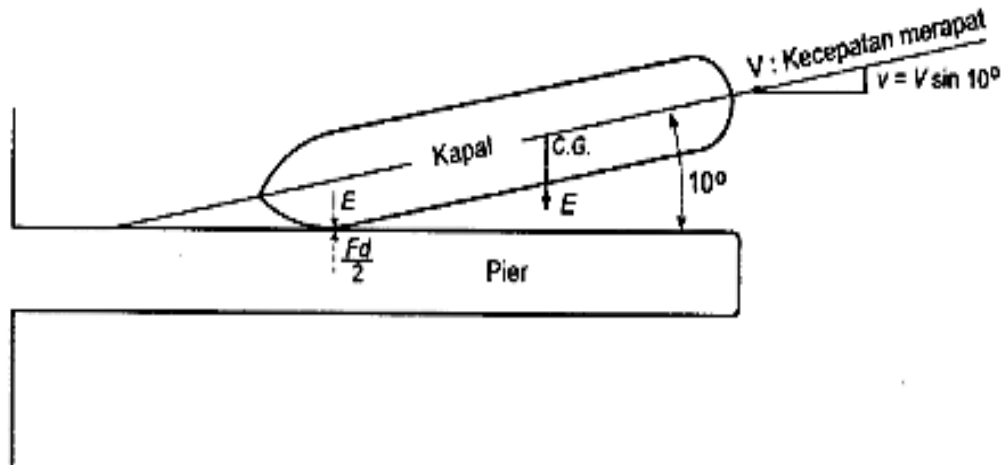
$v$  = kecepatan merapat kapal(m/d).

### 2.3.3 Gaya Serap Fender

Kapal yang merapat ke dermaga membentuk sudut terhadap sisi dermaga dan mempunyai kecepatan tertentu. Dalam perencanaan fender dianggap bahwa kapal

bermuatan penuh dan merapat dengan sudut  $10^\circ$  terhadap sisi depan dermaga. Pada saat merapat tersebut sisi depan kapal membentur fender, dan menimbulkan energi benturan yang diserap oleh fender dan dermaga. Kecepatan merapat kapal diproyeksikan dalam arah tegak lurus dan memanjang dermaga. Komponen dalam arah tegak lurus sisi dermaga diperhitungkan untuk merencanakan fender.

Gambar 2.13 menunjukkan kapal yang membentur dermaga pada saat merapat. Karena benturan tersebut fender memberikan gaya reaksi  $F$ . Apabila  $D$  adalah defleksi fender, Maka terdapat hubungan berikut ini.



Gambar 2.14. Benturan kapal pada dermaga  
(sumber: <http://image.google.co.id>)

$$\frac{1}{2} \frac{W}{g} V^2 = \frac{1}{2} Fd \dots\dots\dots (2.28)$$

$$F = \frac{W}{gd} V^2 \dots\dots\dots (2.29)$$

Dimana :

$F$  = gaya bentur yang diserap sistem fender

$d$  = defleksi fender

$V$  = komponen kecepatan dalam arah tegak lurus sisi dermaga

$W$  = bobot kapal bermuatan penuh

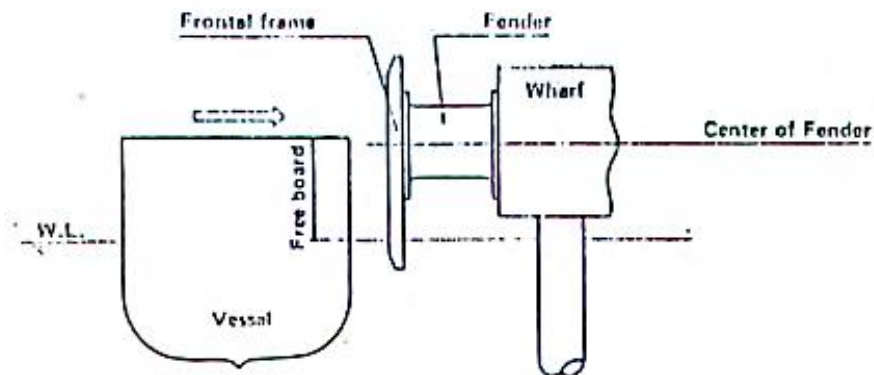
Pabrik pembuat fender memberikan karakteristik fender yang diproduksinya dalam bentuk grafik dan tabel yang memberikan hubungan antara energi yang diserap, reaksi dan defleksi fender. Setelah energi benturan kapal dihitung, kemudian ditentukan type fender yang digunakan. Dari tabel, untuk type fender yang dipilih dapat diketahui gaya reaksi fender yang selanjutnya digunakan untuk merencanakan struktur dermaga.

## 2.4 Cuaca Alam

Dalam merencanakan suatu sistem fender, maka faktor-faktor kondisi alam perlu dipertimbangkan dalam penentuan desain dan pemasangan sistem fender pada dermaga dan terminal *ferry*. Shibata ( 1995) menentukan bahwa kondisi alam yang berpengaruh dalam perencanaan sistem fender yaitu :

1. Beda pasang surut antara pasang tertinggi dan surut terendah

Beda pasang surut yang terjadi sangat berpengaruh dalam menentukan sistem fender yang akan digunakan, sehingga kapal dapat bertambat pada posisi yang tepat dalam berbagai kondisi pasang surut terjadi. Gambar 2.1 menunjukkan posisi penempatan sistem fender pada dermaga.



Gambar 2.15. Posisi penempatan fender pada dermaga  
(Sumber: Bridgestone, 1995)

## 2. Kecepatan angin (*wind velocity*)

Kecepatan angin akan berpengaruh terutama pada saat freeboard kapal sangat tinggi, seperti pada saat kapal tanpa muatan atau pada saat pengisian ballast. Sistem fender yang direncanakan harus mampu menahan beban serta tidak rusak saat menerima tekanan yang berlebih yang diteruskan oleh kapal akibat gaya yang ditimbulkan oleh angin yang kuat.

## 3. Kecepatan arus (*current velocity*)

Arus yang kuat dapat mempengaruhi pergerakan kapal saat kapal tersebut bertambat. Pada area Pelabuhan hal tersebut dapat diatasi dengan adanya kolam Pelabuhan. Akan tetapi pada Pelabuhan seperti *floating dock*, *fitting out piers*, dan dermaga-dermaga dengan tipe terbuka (*open piers*) seperti dolphin maka pengaruh kecepatan arus harus diperhitungkan.

## 2.5 Daya Dukung Tanah

Berdasarkan hasil survey geoteknik didapatkan profil tanah beserta parameter-parameter tanah desain yang diperlukan dalam menganalisa pondasi. Analisa pondasi dilakukan untuk menentukan jenis pondasi dalam yang akan digunakan pada perencanaan dermaga.

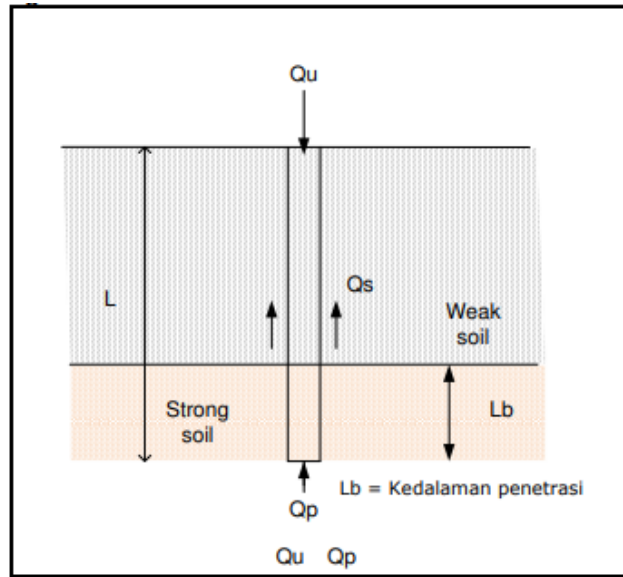
Salah satu jenis pondasi dalam yang digunakan adalah pondasi tiang pancang. Sistem tiang diasumsikan sebagai *pile group* untuk mentransfer beban-beban horizontal dan vertikal pada dermaga ke lapisan tanah keras yang lebih dalam agar dapat dicapai daya dukung tanah yang lebih baik. Untuk menahan gaya lateral akibat beban *berthing* dan *mooring* kapal juga gaya gempa diasumsikan ditahan oleh tiang miring dan tiang tegak untuk menahannya.

### 2.5.1 Daya Dukung Aksial Tiang Pancang

Penentuan daya dukung tiang pancang dengan cara statik adalah sebagai berikut:

#### 1. Daya Dukung Tekan

Untuk mengetahui daya dukung tekan kita dapat melihat skema daya dukung tekan pada Gambar 2.17.



Gambar 2.16. Skema daya dukung tanah

(sumber: <http://image.google.co.id>)

$$Q_u = Q_p + Q_s \dots\dots\dots (2.30)$$

$$Q_{u(miring)} = Q_{total} \times \sin\alpha \dots\dots\dots (2.31)$$

Dimana :

$Q_u$  = Daya dukung tekan ultimate (kN)

$Q_{u(miring)}$  = Daya dukung tekan tiang miring (kN)

$Q_p$  = Daya dukung ujung tiang (kN)

$Q_s$  = Daya dukung friksi (kN)

Karena yang digunakan adalah point bearing piles maka daya dukung friksi ( $Q_s$ ) dianggap sangat kecil. Jadi  $Q_u \approx Q_p$ . Adapun daya dukung ujung yang dapat dihitung dengan metoda Meyerhof.

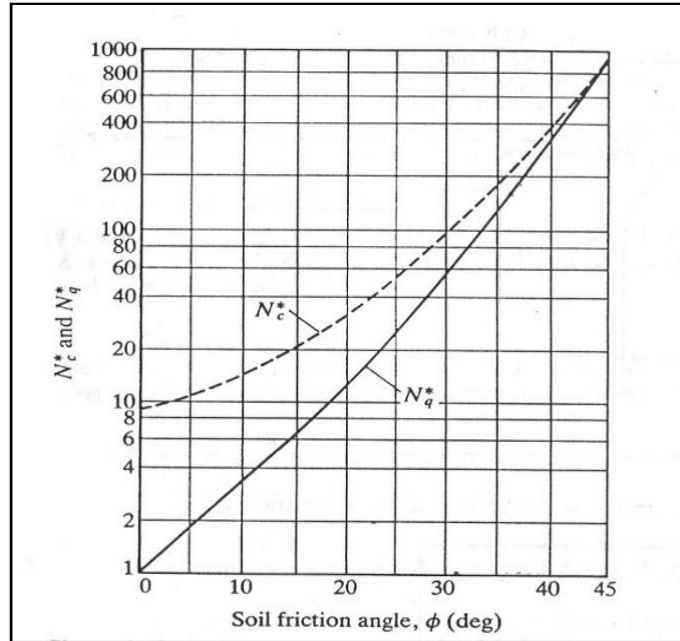
a. Tanah Pasir

Persamaan daya dukung tiang pancang di tanah pasir dapat dilihat dibawah ini :

$$Q_p = A_p q_p = A_p q' N_q^* \dots\dots\dots (2.32)$$

$$Q_p = A_p q' N_q^* \leq A_p q_t \dots\dots\dots (2.33)$$

$N_q^*$  ditentukan dengan melihat grafik variasi nilai seperti gambar dibawah ini yaitu Gambar 2.18.



Gambar 2.17. Grafik variasi nilai  $N_q^*$  dan  $N_c^*$   
(sumber: <http://image.google.co.id>)

$$q_t(kN/m^2) = 50 N_q^* \tan\phi \dots\dots\dots (2.34)$$

b. Tanah Lempung

Persamaan daya dukung tiang pancang di tanah lempung dapat dilihat dibawah ini:

$$Q_p = N_q^* c_u A_p = 9 c_u A_p \dots\dots\dots (2.35)$$

c. Tanah lempung untuk c dan  $\phi$

Persamaan daya dukung tiang pancang di tanah lempung untuk c dan  $\phi$  diketahui, daya dukung ujung adalah:

$$Q_p = A_p q_p = A_p (c N_c^* + q' N_q^*) \dots\dots\dots (2.36)$$

$$q' = (\Delta \text{ kedalaman}) \times \gamma_d \dots\dots\dots (2.37)$$

Dimana :

$A_p$  = Luas ujung tiang

$c$  = Kohesi antara tanah yang mendukung ujung tiang

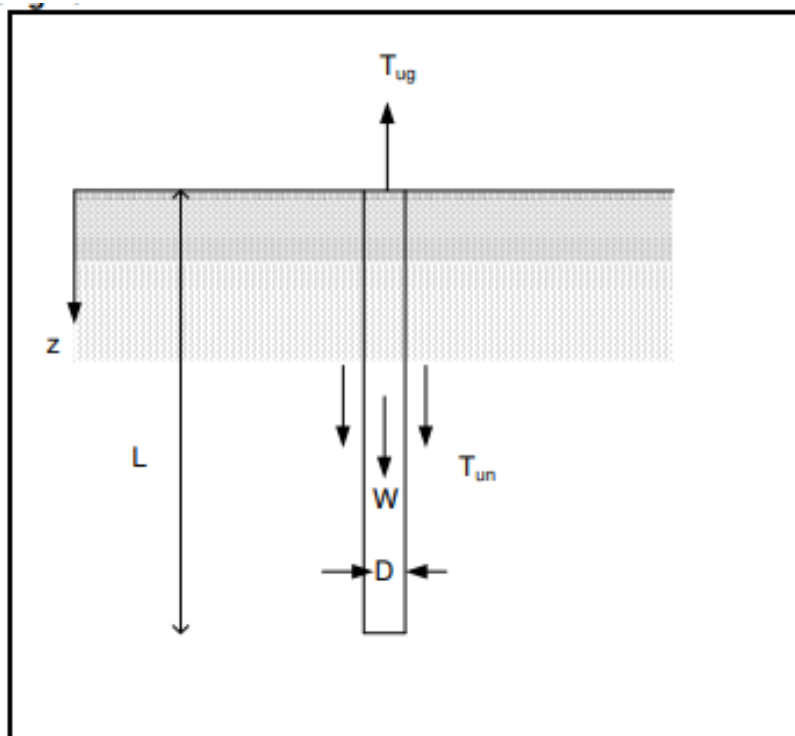
$q_p$  = *unit point resistance*

$N^*_c, N^*_q$  = Faktor daya dukung ujung

$\phi$  = sudut friksi tanah pada lapisan ujung

## 2. Daya Dukung Tarik

Untuk mengetahui daya dukung tarik kita dapat melihat skema daya dukung tekan pada Gambar 2.19.



Gambar 2.18. Sketsa diagram daya dukung tarik.

(sumber: <http://image.google.co.id>)

$$T_{ug} = T_{un} + W \dots\dots\dots (2.38)$$

$$T_{ug(miring)} = T_{ug} \times \sin\alpha \dots\dots\dots (2.39)$$



Dimana:

$T_{u(miring)}$  = Daya dukung tarik tiang miring

$T_{ug}$  = Daya dukung tarik bruto

$T_{un}$  = Daya dukung tarik net

$W$  = Berat efektif tiang pancang

Untuk menentukan Daya dukung tarik dari tiang pancang yang ditanamkan dalam tanah lempung yang jenuh digunakan Metoda Das Seeley (1982), sebagai berikut :

a. Tanah Lempung

Persamaan daya dukung tarik tiang pancang di tanah lempung diketahui adalah:

$$T_{un} = Lp\alpha c_u \dots\dots\dots (2.40)$$

Dimana :

$L$  = Panjang tiang pancang

$p$  = Keliling dari penampang tiang pancang

$\alpha$  = Koefisien Adhesi antara tiang pancang dan tanah

$c_u$  = Koefisien kohesi *Clay*

Dan Untuk tiang pancang baja berbentuk pipa dapat dihitung berdasarkan persamaan dibawah ini.

$$\alpha = 0,715 - 0,0191c_u \text{ untuk } \left( c_u \leq \frac{27kN}{m^2} \right) \dots\dots\dots (2.41)$$

$$\alpha = 0,2c_u \text{ untuk } (c_u > 27kN/m^2) \dots\dots\dots (2.42)$$

b. Tanah Pasir

Untuk menentukan Daya dukung tarik dari tiang pancang yang ditanamkan dalam tanah pasir digunakan Metoda Das dan Seeley (1975), sebagai berikut :

- 1) Diketahui nilai *Relative Density* dari tanah, dengan menggunakan gambar dapat ditentukan nilai  $L_{cr}$ .
- 2) Jika panjang tiang pancang ( $L$ ) lebih kecil dari  $L_{cr}$

$$T_{un} = \frac{1}{2} p \gamma L^2 K_u \tan \delta \dots \dots \dots (2.43)$$

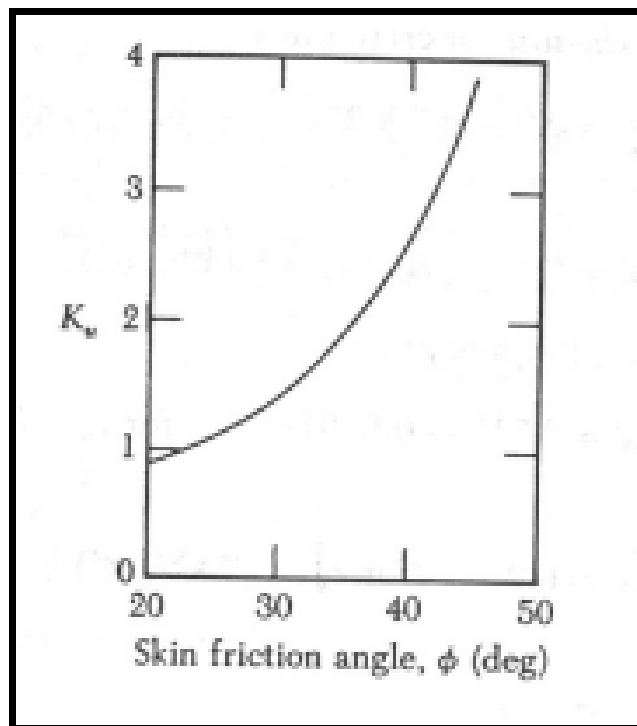
Dimana :

$K_u$  = Koefisien tarik

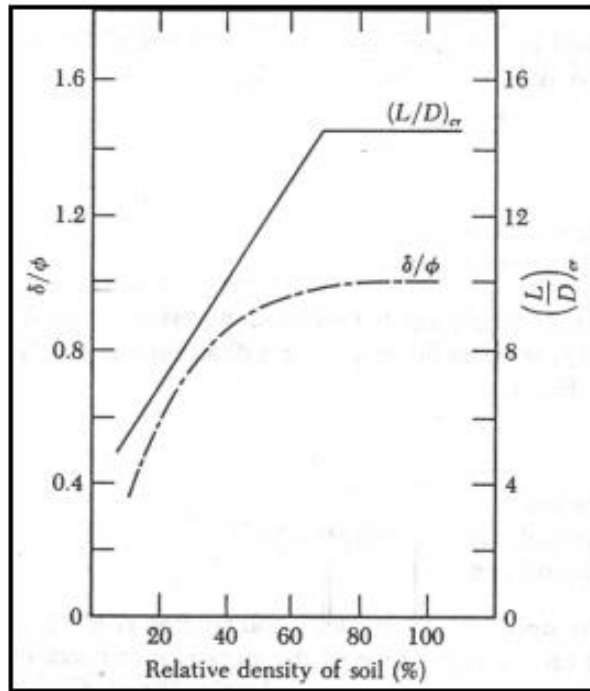
$\delta$  = sudut friksi antara tana dan tiang pancang

$\gamma$  = Berat volume basah

Untuk mengetahui nilai  $K_u$  dan  $\delta$  dapat ditentukan berdasarkan grafik dibawah ini.



Gambar 2.19. Variasi nilai koefisien  $K_u$ .  
(sumber: <http://image.google.co.id>)



Gambar 2.20. Variasi nilai  $\frac{\delta}{\phi}$  dan  $(\frac{L}{D})_{cr}$  terhadap *Relative Density*.  
 (sumber: <http://image.google.co.id>)

3) Jika  $L > L_{cr}$

$$T_{un} = \frac{1}{2} p \gamma L_{cr}^2 K_u \tan \delta + p \gamma L^2 K_u \tan \delta (L - L_{cr}) \dots \dots \dots (2.44)$$

$$L_{cr} = 14,3 \times D \dots \dots \dots (2.45)$$

Adapun persamaan untuk menentukan daya dukung tarik ijin, *factor safety* yang direkomendasikan adalah 2-3.

$$T_{u(all)} = \frac{T_{ug}}{FS} \dots \dots \dots (2.46)$$

Dimana:

$T_{u(all)}$  = Kapasitas tarik ijin

### 2.5.2 Daya Dukung Lateral Tiang Pancang

Analisis gaya pada tiang yang terjadi akibat beban lateral merupakan permasalahan yang kompleks karena melibatkan interaksi antara elemen bangunan

dengan elemen tanah di bawahnya dimana tiang akan mengalami deformasi baik bersifat elastis maupun plastis.

Perhitungan daya dukung lateral pada pondasi tiang pancang didasarkan pada kriteria daya dukung izin yang didapat melalui daya dukung batas dengan memperhatikan mekanisme keruntuhan pondasi tiang. Mekanisme keruntuhan pada tiang diklasifikasikan berdasarkan kekakuannya sebagai berikut :

1. Mekanisme keruntuhan rotasi pada *short pile*
2. Mekanisme keruntuhan translasi pada *short pile*
3. Mekanisme keruntuhan fraktur pada *long pile*

Selain faktor kekakuan tiang, dalam analisis daya dukung lateral pada tiang juga diperhatikan jenis ikatan pada kepala tiang. Jenis ikatan pada kepala tiang dibedakan menjadi dua yaitu *freehead* dan *fixedhead*. Ilustrasi jenis ikatan pada tiang dapat dilihat pada Gambar 2.22

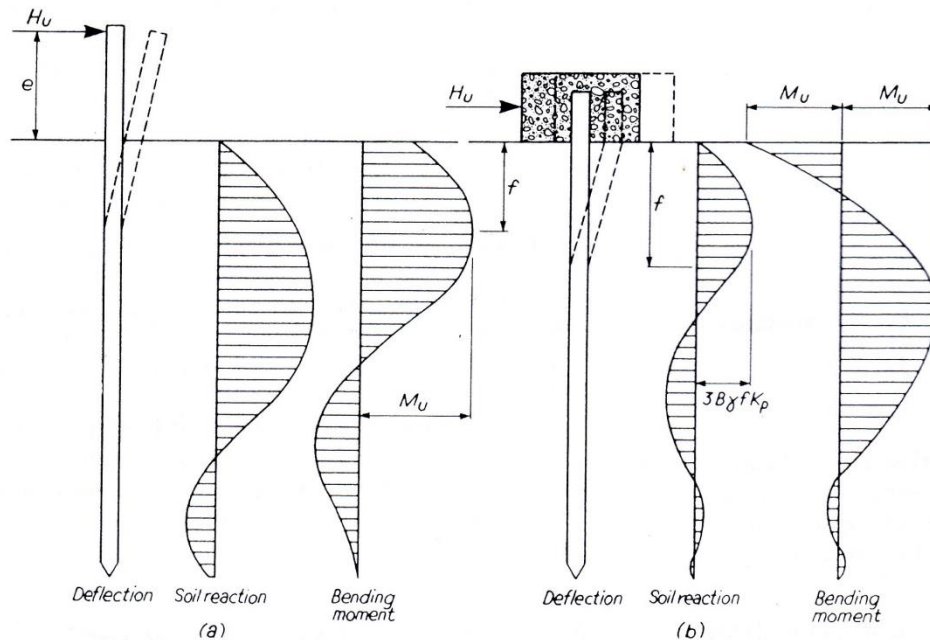


Fig. 6.30 Soil reactions and bending moments for long pile under horizontal load in cohesionless soil (after Broms<sup>(6,8)</sup>)

(a) Free head (b) Fixed head

Gambar 2.21. Reaksi tanah dan momen tekuk pada tiang panjang di tanah non-koheusif (Broms)

(sumber: <http://image.google.co.id>)

Untuk perencanaan dermaga dan *trestle* di Pelabuhan Garongkong, sistem ikatan tiang adalah *freehead*. Untuk mengetahui jenis tiang termasuk tiang pendek (*short pile*) atau tiang panjang (*long pile*) dilakukan perhitungan modulus penampang  $Z$  dan karakteristik panjang sistem tiang ( $T$ ) sebagai berikut :

$$Z = \left(\frac{\pi}{320 D}\right)(OD^4 - ID^2) \dots\dots\dots(2.47)$$

$$I = \frac{\pi}{64} (OD^4 - ID^2) \dots\dots\dots(2.48)$$

$$T = \sqrt[5]{\frac{EI}{nh}} \dots\dots\dots(2.49)$$

$$\frac{L}{T} > 4 = Long Pile \dots\dots\dots(2.50)$$

$$\frac{L}{T} < 4 = Short Pile \dots\dots\dots(2.51)$$

Dimana :

$Z$  = modulus penampang ( $m^3$ )

$OD$  = *outside diameter* (mm)

$ID$  = *inside diameter* (mm)

$T$  = karakteristik panjang sistem tiang-tanah (m)

$E$  = modulus elastisitas tiang (Mpa)

$I$  = momen inersia tiang ( $m^4$ )

$nh$  = modulus variasi ( $kN/m^3$ ) , nilainya tergantung dari jenis tanah (Tabel 2.6)

Tabel 2.6. Nilai  $nh$  ( Modulus Variasi) Untuk Tanah Pasir

No.	Soil Type	$nh$ ( $kN/m^3$ )
1.	<i>Dry or Moist Sand</i>	Loose :1800-2200
		Medium : 5500-7000
		Dense : 15000-18000
2.	<i>Submerged Sand</i>	Loose :1000-1400
		Medium : 3500-4500
		Dense : 9000-12000

Sumber : *Principles of Foundation Engineering, Braja M.Das : Table 8.13 Hal 488*

Perhitungan daya dukung lateral ( $M_u$ ) dan koefisien tekanan tanah pasif ( $K_p$ ) pada pondasi tiang pancang digunakan persamaan dibawah ini :

$$M_u = f_y \times Z \dots\dots\dots(2.52)$$

$$K_p = \tan^2(45 + \frac{\phi}{2}) \dots\dots\dots(2.53)$$

Dimana :

$M_u$  = daya dukung lateral tanah (kNm)

$f_y$  = yield stress (kg/m<sup>2</sup>)

$K_p$  = koefisien tekanan tanah pasif

Untuk menentukan daya dukung lateral ultimate dan daya dukung ijin lateral, *factor safety* yang direkomendasikan adalah 2-3.

$$H_u = \frac{M_u}{e+0,54 \sqrt{\frac{H_u}{\gamma \times OD \times K_p}}} \dots\dots\dots (2.54)$$

$$H_{ijin} = \frac{H_u}{SF} \dots\dots\dots (2.55)$$

Dimana :

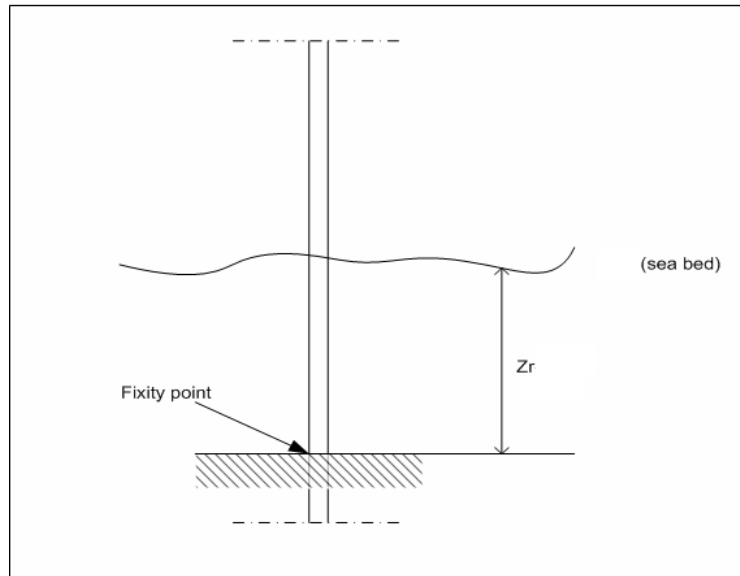
$H_u$  = daya dukung lateral ultimate (ton)

$H_{ijin}$  = daya dukung ijin lateral (ton)

SF = *factor safety*

### 2.5.3 Fixity Point

Letak jepitan tiang (*fixity point*) dari dasar permukaan laut tergantung pada kekuatan tiang dan kekuatan tanah dalam hal ini hubungannya dengan *horizontal modulus of sub grade reaction* (kh).



Gambar 2.22. Visualisasi *fixity point*.  
 (sumber: <http://image.google.co.id>)

Adapun persamaan untuk menentukan letak jepitan tiang dan *Fixity point* adalah dibawah ini.

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{k_h D}{4EI}} \dots\dots\dots (2.56)$$

$$Zr = \frac{SF}{\beta} \dots\dots\dots (2.57)$$

Dimana :

SF = 1,5 dan

Zr = letak jepitan tiang (cm)

$k_h$  = koefisien *sub grade reaction* ( $\text{kg/cm}^3$ ) = 0,15 N-SPT pada kedalaman

E = modulus elastisitas ( $\text{kg/cm}^2$ )

I = momen inersia tiang ( $\text{cm}^4$ )

D = diameter tiang pancang (mm) yang sudah dikurangi akibat estimasi karat dsb.

## 2.6 Studi Terdahulu

Penelitian terdahulu bertujuan untuk mendapatkan perbandingan dan acuan. Selain itu, untuk menghindari anggapan kesamaan dengan penelitian ini. Penelitian terdahulu saya adalah sebagai berikut ini.

1. Masagus zainal abiding, Puji wiranto, dan Hikmad lukman dengan judul “PERENCANAAN FENDER DERMAGA (studi kasus dermaga pengangkut minyak, Luwuk Banggai Provinsi Sulawesi Tengah)”. Dari studi tersebut, didapatkan hasil sebagai berikut :
  - a. Hasil perhitungan jarak antara fender pada dermaga 23 meter, dipasang vertical pada sisi depan dermaga karena memperhitungkan perubahan elevasi muka air laut yang berubah pada saat pasang surut.
  - b. Dalam perencanaan fender karet seibu tipe V, harus memperhatikan kapasitas fender. Seperti : tipe, reaksi, dan defleksi. Agar mendapatkan fender karet seibu tipe V yang maksimal.
  - c. Dari 2 percobaan : fender seibu V1300H dan fender seibu V600H, yang digunakan pada dermaga pengangkut minyak di luwuk banggai adalah fender seibu V600H karena lebih efisien.
  
2. Fauzan (2018) dengan judul “PERENCANAAN FENDER DERMAGA (*JETTY*) KAPAL DENGAN BOBOT 10000 DWT”. Dari studi tersebut, didapatkan hasil sebagai berikut :
  - a. Beban yang bekerja pada Fender dermaga Kapal Tanker 10000 DWT ini adalah sebagai berikut :
    - 1) Energi Benturan Kapal = 12.46 Tm
    - 2) Beban yang diserap fender =  $\frac{1}{2} E Tm$
    - 3) Jarak antar fender = 30 m
    - 4) Gaya longitudinal apabila angin datang dari arah haluan ( $\alpha 0o$ ) = 17.673 ton.



- 5) Gaya longitudinal apabila angin datang dari arah buritan ( $\alpha 180^\circ$ ) = 20.040 ton.
- 6) Gaya longitudinal apabila angin datang dari arah haluan ( $\alpha 90^\circ$ ) = 48.288 ton.
- 7) Gaya Akibat Arus = 178.14 kg
- 8) Gaya Tarikan Kapal pada Dermaga = 70 ton
- 9) Dimensi Struktur Dermaga Kapal Tanker 10000 DWT
- 10) Elevasi dermaga : + 4,7 m dari  $\pm 0,00$
- 11) Panjang dermaga : 7200 cm
- 12) Lebar dermaga : 200 cm
- 13) Fender : Type KVF 600 H
- 14) Bollard : Bobot Kapal 10000 DWT diambil kapasitas Tarik 70 ton.

Besarnya energi benturan yang disebabkan oleh kapal yang merapat ke dermaga dapat diperoleh dengan menentukan koefisien blok pada kapal, koefisien massa kapal, koefisien eksentrisitas kapal terhadap dermaga, kecepatan merapat kapal dalam arah tegak lurus. Perencanaan fender ditentukan berdasarkan besarnya energi yang diserap akibat benturan kapal. Berdasarkan Fender yang digunakan, besarnya energi yang tersisa dalam fender diperoleh setelah energi benturan dari kapal dapat diserap oleh fender. Berdasarkan energi yang tersisa dalam fender, ditentukan tipe fender yang paling optimal sesuai dengan karakteristik kapal.

3. Agung putra, Hartono yudo, dan Imam pujo mulyatno (2017) dengan judul “PERANAN FENDER DALAM STUDI KASUS TUBRUKAN LANDING SHIP TANK DENGAN HALUAN TUGBOAT 2X800 HP MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA” dari hasil studi tersebut, didapatkan hasil sebagai berikut :
  - a. Kerusakan pada badan kapal akan meningkat dengan bertambahnya kecepatan kapal. Dengan ditamhkannya fender pada tugboat, kerusakan dapat berkurang.

- b. Nilai gaya kontak maksimum menggunakan metode elemen hingga untuk tugboat yang tidak dilengkapi fender kecepatan 1 knot, 2 knot dan 3 knot, masing – masing 280,82 MN, 428,5 MN, dan 810,97 MN, sedangkan untuk tugboat yang dilengkapi fender nilai maksimum gayanya masing 73,63 MN, 289,22 MN, dan 485,32 MN.
  - c. Nilai Energi Kinetik untuk tugboat yang tidak dilengkapi fender kecepatan 1 knot, 2 knot dan 3 knot. Masing – masing  $EK_0 = 0,77$  MJ dan  $EK_1 = 0,08$  MJ,  $EK_0 = 7,37$  MJ dan  $EK_1 = 0,32$  MJ,  $EK_0 = 28,32$  MJ dan  $EK_1 = 11,32$  MJ sedangkan untuk tugboat yang dilengkapi fender nilai maksimum gayanya masing masing  $EK_0 = 0,17$  MJ dan  $EK_1 = 0,02$  MJ,  $EK_0 = 0,48$  MJ dan  $EK_1 = 0,03$  MJ,  $EK_0 = 11,27$  MJ dan  $EK_1 = 0,17$  MJ.
4. Derry Fatrah Sudarjo dengan judul “PERENCANAAN SISTEM FENDER DERMAGA (studi kasus dermaga penyeberangan Mukomuko, Provinsi Bengkulu)”. Dari hasil studi tersebut, didapatkan hasil sebagai berikut :
- a. Dalam perencanaan sistem fender pada dermaga pelabuhan harus memperhatikan banyaknya jumlah kapal untuk menentukan ukuran dermaga dan bobot maksimum kapal yang akan bertambat pada Dermaga Penyeberangan Mukomuko.
  - b. Dalam perencanaan sistem fender harus memperhatikan kondisi pasang surut air laut yang berbeda-beda, tergantung lokasi dan faktor cuaca.
  - c. Dalam perencanaan sistem fender perlu diketahui karakteristik dari jenis-jenis fender agar dapat diperoleh jenis fender yang sesuai dengan kebutuhan, Jenis fender yang digunakan pada Dermaga Penyeberangan Mukomuko adalah fender Bridgstone Super-Arch tipe FV001-5-4.