

**“Analisis Kapasitas *Fender Type Super Cone* Pada Dermaga
Pelabuhan Garongkong Kab. Barru”**

SKRIPSI

Diajukan Guna Memenuhi Persyaratan Untuk Meraih Gelar Strata 1 (S1)

Departemen Teknik Kelautan Fakultas Teknik

Universitas Hasanuddin



OLEH :

ISLAMIAH

D321 16 009

DEPARTEMEN TEKNIK KELAUTAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

GOWA

2020

**“Analisis Kapasitas *Fender Type Super Cone* Pada Dermaga
Pelabuhan Garongkong Kab. Barru”**

SKRIPSI

Diajukan Guna Memenuhi Persyaratan Untuk Meraih Gelar Strata 1 (S1)

Departemen Teknik Kelautan Fakultas Teknik

Universitas Hasanuddin



OLEH :

ISLAMIAH

D321 16 009

DEPARTEMEN TEKNIK KELAUTAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

GOWA

2020

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Skripsi:

**" Analisis Kapasitas *Fender Type Super Cone* Pada Dermaga
Pelabuhan Garongkong Kab. Barru "**

OLEH
ISLAMIAH
D321 16 009

Telah diperiksa dan disetujui oleh dosen pembimbing pada :

Tanggal :

Di : Gowa

Pembimbing I

Pembimbing II

Ashury, ST., MT

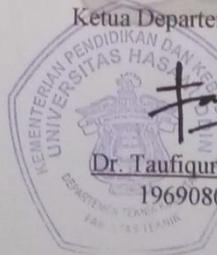
Nip. 197403182006041001

Dr. Ir. Chairul Paotonan, ST., MT

Nip: 197506052002121003

Mengetahui,

Ketua Departemen Teknik Kelautan



Dr. Taufiqur Rachman, ST., MT

196908021997021001

LEMBAR PENGESAHAN KOMISI PENGUJI

Judul Skripsi

**” Analisis Kapasitas *Fender Type Super Cone* Pada Dermaga
Pelabuhan Garongkong Kab. Barru “**

OLEH
ISLAMIAH
D321 16 009

Telah diperiksa dan disetujui oleh dosen pembimbing pada :

Tanggal :

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 : Dr. Eng. Firman Husain, ST., MT

Mengetahui,

Ketua Departemen Teknik Kelautan


Dr. Taufiqur Rachman, ST, MT
196908021997021001

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Islamiah

NIM : D321 16 009

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,



Islamiah

D321 16 009

ABSTRAK

Islamiah, *Analisis Kapasitas Fender Type Super Cone Pada Dermaga Pelabuhan Garongkong Kab. Barru.* (dibimbing oleh **Ashury, ST., MT. Dr.Ir. Chairul Paotonan., ST. MT.**)

Pada tahun 2019 Kantor UPP Kelas II Garongkong telah memperbaiki dan mengganti fender yang mengalami kerusakan di dermaga Pelabuhan Garongkong, dalam jangka tujuh tahun dari waktu operasionalnya, Kantor UPP Kelas II Garongkong telah melakukan rehabilitasi dengan mengganti 23 buah *fender type super cone* dan 1 buah fender type V di dermaga Pelabuhan Garongkong karena mengalami kerusakan yang dapat mengganggu aktivitas bongkar muat di Kantor UPP Kelas II Garongkong. Adapun Manfaat penelitian ini untuk mengetahui besar energi benturan kapal yang mampu diserap oleh fender dan yang diteruskan ke struktur dermaga.

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif. Adapun sumber data yang digunakan adalah data primer diambil dengan cara mengamati mengukur langsung arah dan kecepatan arus. Data sekunder diperoleh dengan mengutip dokumen pada instansi yang bersangkutan seperti Data angin, Data pasang surut, Data kapal, *Layout* Pelabuhan Garongkong, Data tanah

Hasil analisis memperlihatkan bahwa energi terabsorpsi fender lebih besar dari energi tambat kapal dan gaya bentur yang di serap fender lebih kecil dari gaya reaksi fender, diperoleh nilai terabsorpsi sebesar 356,95 kNm dan nilai energi tambat kapal 69,8234 kNm ($356,95 > 69,8234$). Diperoleh nilai gaya bentur yang di serap fender sebesar 14,92331 ton dan gaya reaksi fender 109.29 ton ($14,92 < 109,29$).

Kata Kunci: Fender, Beban, Energi, Defleksi, Reaksi, Daya Dukung.

ABSTRACT

Islamiah, Capacity Analysis of Fender Type Super Cone at Garongkong Port, Kab. Barru. (guided by **Ashury, ST., MT. Dr.Ir. Chairul Paotonan., ST. MT.**)

In 2019 the Garongkong Class II UPP Office has repaired and replaced damaged fenders at the Garongkong Port dock, within seven years of its operational time, the Garongkong Class II UPP Office has carried out rehabilitation by replacing 23 super cone type fenders and 1 fender type V at the Garongkong Port dock due to damage that could disrupt loading and unloading activities at the Garongkong Class II UPP Office. The benefits of this study are to determine the amount of ship collision energy that can be absorbed by the fenders and which is forwarded to the dock structure.

The analysis shows 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 absorption value is 32,73 ton and the mooring energy value is 356,95 kNm and the value of the mooring energy is 69,82 kNm ($356,95 > 69,82$). Obtained the value of the impact force absorbed by the fender is 14,92 tons and the reaction force of the fender is 109,29 tons ($14,92 < 109,29$).

Keywords: Fender, Load, Energy, Deflection, Reaction, Carrying Capacity

KATA PENGANTAR

“Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh”

Segala puji dan puji serta rasa syukur Alhamdulillah yang tak henti-hentinya penulis hanturkan kepada Allah Rabbul ‘Izzati sang pemilik semesta atas segala nikmat dan ma’uanh-Nya, tak lupa juga shalawat dan salam yang senantiasa tercurahkan kepada baginda Nabiullah Muhammad SAW yang telah memberikan contoh keteladanan dan kegigihannya kepada setiap orang dalam menjalankan kehidupan di dunia ini, sehingga penulis mampu menyelesaikan tugas akhir ini sesuai dengan yang diharapkan. Penulisan skripsi ini bertujuan untuk memenuhi syarat memperoleh gelar Sarjana pada Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Dalam proses penyusunan sampai dengan terselesaikannya skripsi yang berjudul **“Analisis Kapasitas *Fender Type Super Cone* Pada Dermaga Pelabuhan Garongkong Kab. Barru”** penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu sampai terselesaikannya skripsi ini.

Dengan rasa terima kasih dan rendah hati penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua tercinta Ayahanda ABD. Djabbar, dan Ibunda Asnawiah, yang selalu memberi dukungan penuh serta doa yang tiada henti-hentinya. Terima kasih untuk selalu mendengar keluh kesah dan sabar dalam mendidik dan memotivasi penulis.
2. Kepada kedua saudara saya (Ismail dan Muhammad wildan) terima kasih untuk tiap semangat yang diberikan.
3. Bapak Dr. Taufiqur Rachman, ST, MT., selaku Ketua Departemen Teknik Kelautan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin dan Pembimbing Akademik (PA) .
4. Bapak Ashury, ST., MT. Selaku pembimbing I dan Dr. Ir. Chairul Paotonan ST. MT.,. Selaku pembimbing II yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan buah pikirannya untuk memberikan pengarahan kepada penulis demi

penyelesaian dan penyempurnaan isi skripsi ini.

5. Segenap Dosen Departemen Teknik Kelautan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah membantu penulis selama menjalani proses perkuliahan.
6. Pegawai dan Staf Akademik (Ibu Marwa & Pak Isran) yang telah banyak membantu penulis.
7. Pegawai dan Staf Kantor UPP Kelas II Garongkong terima kasih telah banyak membantu penulis dalam proses pengambilan data.
8. Teman-teman Teknik Kelautan 2016, terima kasih telah berbagi suka dan duka serta pengalaman selama perkuliahan.
9. Teman-teman My girls (Salsabilah Azki, Fitriyanti, Riska Damayanti, Nur Azisah dan Jessica Indah frisilya) terima kasih telah mau berbagi kisah cerita , berbagi suka dan duka dan pengalaman berharga yang tidak akan terlupakan.
10. Muhammad Ayyub Ansyari B, Muh Alif Putra & Ahmad Fathurahman terima kasih telah banyak membantu penulis dalam proses pengambilan data.
11. Peri laut terima kasih telah berbagi suka dan duka serta pengalaman selama perkuliahan.
12. Teman-teman KKN 103 desa Lassang Barat, terima kasih telah berbagi suka dan duka serta pengalaman yang tidak akan terlupakan.

Permohonan maaf atas segala keterbatasan ini kepada seluruh pihak yang telah membantu penulis dalam penyelesaian skripsi ini yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu namanya yang tanpa mereka skripsi ini takkan selesai, tak lupa diucapkan terima kasih atas segala bantuan dan doannya untuk penulis.

Akhir kata, penulis berharap bahwa apa yang disajikan dalam skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua dan perkembangan ilmu pengetahuan. Semoga semuanya ini dapat menjadi nilai ibadah di sisi Nya Insya Allah. Aamiin.

Gowa, 30 November 2020

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN KOMISI PENGUJI.....	iii
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT.....	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR NOTASI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL.....	xviii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB I 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
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Fender	5
2.2 Posisi Daerah Yang Dilindungi	12
2.3 Pembebanan Fender	15
2.3.1 Energi Tambat Kapal.....	15
2.3.2 Gaya Serap Fender	22
2.4 Pembebanan Dermaga.....	23
2.4.1 Beban Mati	23
2.4.2 Beban Hidup.....	24
2.4.3 Energi Yang Diteruskan Fender Terhadap Struktur Dermaga	24
2.4.4 Gaya Angin	24
2.4.5 Gaya Akibat Arus.....	25
2.5 Daya Dukung Tanah	33
2.5.1 Daya Dukung Aksial Tiang Pancang.....	33
2.5.2 Daya Dukung Lateral Tiang Pancang	39

2.5.3	<i>Fixity Point</i>	41
2.6	Studi Terdahulu	43
BAB III METODE PENELITIAN		47
3.1	Lokasi dan Waktu Pengambilan Data	47
3.2	Sumber Data	47
3.3	Jenis Data	48
3.4	Metode Penelitian	49
3.5	Diagram Alur	51
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		53
4.1	Gambaran Umum Kantor UPP Kelas II Garongkong	53
4.2	Kondisi Dermaga Pelabuhan Garongkong	55
4.3	Pasang Surut (<i>Tide</i>)	58
4.4	Kecepatan Angin (<i>Wind Speed</i>)	62
4.5	Arus Pelabuhan Garongkong	66
4.6	Kemampuan <i>Defleksi Fender Type Super Cone 1000</i>	68
4.7	Beban Yang Bekerja Pada <i>Fender Type Super Cone 1000</i>	72
4.7.1	Energi Bertambat Kapal	73
4.7.2	Gaya Bentur Yang Diserap Fender	82
4.8	Beban Yang Bekerja Terhadap Struktur Dermaga	84
4.8.1	Beban Mati (DL)	84
4.8.2	Beban Hidup (LL)	86
4.8.3	Beban Yang Di Teruskan Fender Terhadap Struktur Dermaga	86
4.8.4	Gaya Akibat Angin	87
4.8.5	Gaya Akibat Arus	91
4.8.6	Beban Gempa	92
4.9	Analisa Struktur Dermaga	95
4.9.1	Pemodelan Struktur	95
4.9.2	Input Beban Pada Dermaga	96
4.10	Perhitungan Daya Dukung Dermaga	96
4.10.1	Daya Dukung Tekan Tiang Tegak	96
4.10.2	Daya Dukung Tarik Tiang Tegak	97
4.10.3	Daya Dukung Lateral Tiang Tegak	101
4.10.4	Daya Dukung Tekan Tiang Miring	103
4.10.5	Daya Dukung Tarik Tiang Miring	104
4.10.6	Daya Dukung Lateral Tiang Miring	104

4.11 Analisa Kapasitas Tiang Pancang	104
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	108
5.1 Kesimpulan	108
5.2 Saran	109
DAFTAR PUSTAKA	110
LAMPIRAN.....	112

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)
R_B	: Radius <i>bow</i> kapal	(m)
P_U	: Proyeksi fender	(m)
δ_f	: Defleksi fender	
C	: Ruang kebebasan	(m)
E	: Energi tambat efektif kapal	(Ton)
W	: Berat	(Ton)
V	: Kecepatan pendekatan kapal	(m/s)
C_e	: Koefisien eksentrisitas	
C_m	: Koefisien massa semu	
c_b	: Koefisien blok	
D	: Draft kapal	(m)
B	: Lebar kapal/ <i>molded breadth</i> .	(m)
L_{pp}	: Panjang garis air	(m)
γ_0	: Berat jenis air laut	
l	: Jarak paralel yang diukur dari titik kontak ke CG	(m)
r	: Jari-jari girasi pada sumbu vertical	(m)
W_1	: <i>Actual ship weight</i>	(Ton)
W_2	: <i>Added weight</i>	(Ton)
L_{oa}	: Panjang kapal	(m)
V	: Komponen kecepatan dalam arah tegak lurus sisi dermaga	(m/s)
v	: Kecepatan merapat kapal	(m/s)
F	: Gaya bentur yang diserap sistem fender	(Ton)
d	: Defleksi fender	
L	: Panjang tiang pancang	(m)

h	: Kedalaman	(m)
Z_r	: <i>Fixity point</i>	(m)
Q_{tiang}	: Berat tiang pancang	(Ton)
ρ_{baja}	: Massa jenis baja	
R_w	: Gaya akibat angin	(Ton)
Q_a	: Tekanan angin	(kg/m ²)
V_w	: Kecepatan angin	(m/s)
A_w	: Proyeksi bidang yang tertiuip angin	(m ²)
R_a	: Gaya akibat arus	(Ton)
A_c	: Luas penampang kapal yang terendam air	(m ²)
V_c	: Kecepatan arus	(m/s)
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)
\emptyset	: Sudut friksi tanah pada lapisan ujung	
c	: Kohesi antara tanah yang mendukung ujung tiang	
q_p	: <i>unit point resistance</i>	
N^*_c, N^*_q	: Faktor daya dukung ujung	
$T_{u(miring)}$: Daya dukung tarik tiang miring	(kN)
T_{ug}	: Daya dukung tarik bruto	(kN)
T_{un}	: Daya dukung tarik net	(kN)
KLL	: Keliling	
α	: Koefisien adhesi antara tiang pancang dan tanah	
c_u	: Koefisien kohesi <i>Clay</i>	
K_u	: Koefisien tarik	
δ	: Sudut friksi antara tanah dan tiang pancang	
γ	: Berat volume basah	
$T_{u(all)}$: Kapasitas tarik ijin	(kN)
Z	: Modulus penampang	(m ³)
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 ⁴)
M_u	: Daya dukung lateral tanah	(kNm)
f_y	: <i>Yield stress</i>	(kg/m ²)
K_p	: Koefisien tekanan tanah pasif	
H_u	: Daya dukung lateral ultimate	(Ton)
H_{ijin}	: Daya dukung ijin lateral	(Ton)
SF	: <i>Factor safety</i>	
k_h	: Koefisien <i>sub grade reaction</i>	(kg/cm ³)

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Kurva defleksi gaya suatu fender	5
Gambar 2.2. Fender kayu tiang pancang	6
Gambar 2.3. <i>Fender type A</i>	7
Gambar 2.4. <i>Fender type V</i>	8
Gambar 2.5. <i>Fender type D</i>	8
Gambar 2.6. <i>Fender type cell</i>	9
Gambar 2.7. <i>Fender type silinder</i>	10
Gambar 2.8. <i>Fender type super cone</i>	11
Gambar 2.9. Posisi kapal terhadap fender	12
Gambar 2.10. Posisi kapal pada waktu membentur fender	13
Gambar 2.11. Jarak antar fender	14
Gambar 2.12. Grafik jari-jari putaran disekeliling pusat berat kapal.....	17
Gambar 2.13. Dimensi utama kapal	19
Gambar 2.14. Benturan kapal pada dermaga	22
Gambar 2.15. Zonasi gempa oleh PUSKIM-ITB yang diakses secara online.....	27
Gambar 2.16. Peta 1 percepatan puncak batu dasar (PGA) untuk probabilitas Terlampaui 10% dalam 50 Tahun	28
Gambar 2.17. Peta 2 respon spektra kecepatan 0,2 detik untuk probabilitas terlampaui 10% dalam 50 tahun	29
Gambar 2.18. peta 3 respon spektra kecepatan 1.0 detik untuk probabilitas terlampaui 10% dalam 50 tahun	29
Gambar 2.19. Peta 4 percepatan puncak batuan dasar (PGA) untuk probabilitas terlampaui 7 % dalam 75 tahun	30
Gambar 2.20. Peta 5 respon spektra kecepatan 0.2 detik untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun	30
Gambar 2.21. Peta 6 respon spektra kecepatan 1.0detik untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun.....	31
Gambar 2.22. Skema daya dukung tanah.....	34

Gambar 2.23. Grafik variasi nilai N^*_q dan N^*_c	35
Gambar 2.24. Sketsa diagram daya dukung tarik	36
Gambar 2.25. Variasi nilai koefisien K_u	38
Gambar 2.26. Variasi nilai $\frac{\delta}{\emptyset}$ dan $(\frac{L}{D})_{cr}$ terhadap <i>relative density</i>	38
Gambar 2.27. Reaksi tanah dan momen tekuk pada tiang pancang ditanah non kohesif	40
Gambar 2.28. <i>Visualisasi fixity point</i>	42
Gambar 3.1. Lokasi Pelabuhan Garongkong	47
Gambar 3.2. Kerangka alur penelitian	52
Gambar 4.1. Letak Pelabuhan Garongkong	54
Gambar 4.2. Layout Pelabuhan Garongkong	56
Gambar 4.3. Struktur dermaga Pelabuhan Garongkong	57
Gambar 4.4. Grafik hasil pasang surut	60
Gambar 4.5. Grafik elevasi pasang surut	61
Gambar 4.6. Mawar angin di Perairan Barru, 2005-2014	62
Gambar 4.7. <i>Fetch efektif</i> arah dominan di perairan Pelabuhan Garongkong	63
Gambar 4.8. <i>Waverose</i> di perairan Kabupaten Barru	64
Gambar 4.9. Grafik hubungan tinggi gelombang dan kedalaman LWS	66
Gambar 4.10. Grafik pengukuran arus saat <i>spring tide</i>	67
Gambar 4.11. Grafik pengukuran arus saat <i>neap tide</i>	67
Gambar 4.12. Dimensi pada <i>fender type super cone</i>	68
Gambar 4.13. Grafik performa fender	70
Gambar 4.14. Jarak antar fender di dermaga Pelabuhan Garongkong	72
Gambar 4.15. Posisi kapal pada waktu membentur fender	72
Gambar 4.16. Jari jari putaran disekeliling pusat berat kapal	79
Gambar 4.17. Grafik energi tambat efektif	82
Gambar 4.18. Grafik spectrum gempa tanah lunak	93
Gambar 4.19. Model struktur dermaga Pelabuhan Garongkong pada SAP 2000	95
Gambar 4.20. Rasio tegangan pada tiang pancang	105
Gambar 4.21. Rasio penampang maksimum pada tiang pancang.....	106

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Kofisien konfigurasi untuk beberapa tipe dermaga.....	18
Tabel 2.2. Ekspresi berat kapal	19
Tabel 2.3. Kecepatan tambat kapal	22
Tabel 2.4. Penjelasan peta gempa yang digunakan	28
Tabel 2.5 Nilai n_h (modulus variasi) untuk tanah pasir	41
Tabel 4.1. Hasil pengamatan pasang surut Pelabuhan Garongkong	59
Tabel 4.2. Elevasi pasang surut Garongkong setelah disurutkan $LWS=0$	61
Tabel 4.3. Perhitungan <i>fetch</i> efektif diperairan Pelabuhan Garongkong	63
Tabel 4.4. Tinggi gelombang yang terjadi diperairan Garongkong	65
Tabel 4.5. Statistik arus (muka dermaga) Pelabuhan Garongkong	66
Tabel 4.6. <i>Spesifikasi fender</i> SCN 1000.....	69
Tabel 4.7. Data kapal di Pelabuhan Garongkong	73
Tabel 4.8. Konversi berat kapal <i>gross tonnage</i> ke <i>displacement tonnage</i>	74
Tabel 4.9. Tabel perhitungan berat semu kapal (w).....	75
Tabel 4.10. Panjang garis air pada kapal curah.....	77
Tabel 4.11. Faktor massa virtual (c_m).....	78
Tabel 4.12. Rasio perbandingan r/L	79
Tabel 4.13. Faktor eksentrisitas (C_e).....	80
Tabel 4.14. Hasil perhitungan energi tambat efektif kapal (E)	82
Tabel 4.15. Gaya longitudinal apabila angin datang dari arah haluan ($\alpha = 0^\circ$)	88
Tabel 4.16. Gaya longitudinal apabila angin datang dari arah lebar kapal($\alpha = 90^\circ$).....	89
Tabel 4.17. Gaya longitudinal apabila angin datang dari arah buritan ($\alpha = 180^\circ$).....	90
Tabel 4.18. Hasil gaya akibat arus di Pelabuhan Garongkong	92
Tabel 4.19. Response spectrum gempa jenis batuan lunak.....	94
Tabel 4.20. Data tanah	96
Tabel 4.21. Perhitungan Nq^* , Nc^* , q' dan C	97
Tabel 4.22. Hasil perhitungan daya dukung tekan tiang pancang.....	97

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.1	Data <i>fetch</i>	113
Lampiran 1.2	Data arus	118
Lampiran 1.3	Data pasang surut.....	137
Lampiran 1.4	Data kapal	138
Lampiran 1.5	Katalog <i>fender super cone</i>	139
Lampiran 1.6	Kombinasi pembebanan	141
Lampiran 1.7	Data tanah	147
Lampiran 1.8	Analisis struktur	150

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Fungsi utama dari sistem fender karet adalah untuk mencegah kapal dan dermaga dari kerusakan yang timbul selama proses merapatnya kapal dan sewaktu kapal bersandar. Gaya eksternal, seperti abrasi dan faktor alam lainnya, sangat mungkin terjadi saat kapal merapat (Tsinker, 1997). Hal ini dapat menyebabkan kerusakan fatal pada kapal dan struktur dermaga jika tidak ada sistem yang menjadi penengah. Karena dibutuhkan biaya yang cukup besar untuk memperbaiki kapal dan struktur dermaga, diciptakanlah bantalan karet yang dipasang pada sisi dermaga yang disebut fender atau *marine fender*.

Fender dirancang untuk menyerap energi yang dihempaskan dari kapal (sering disebut *energy absorption*) sehingga hanya sedikit saja energi yang diterima oleh dermaga (Mandi, 2015). Gaya pantul dari energi yang diserap ini dikeluarkan kembali dari fender dan disebut *reaction force*. Oleh karena itu, jumlah energi yang diserap and gaya reaksi yang diberikan menjadi kriteria utama yang dipertimbangkan dalam merancang fender.

Beberapa type *solid rubber fender* yang biasa digunakan sebagai bantalan dermaga, misalnya: *fender cylindrical, type V, A, dan M, super cell, super cone, tugboat fender* dan tipe yang lainnya (Mandi,2015). Oleh karena itu, untuk memilih tipe fender yang tepat, ada beberapa faktor yang harus menjadi pertimbangan, di antaranya adalah jenis dan berat (dimensi) kapal yang bersandar, jenis deramaga/jetty, keadaan lingkungan laut, dan faktor pembimbingan dan pemandu yang baik saat kapal bersandar.

Penyebab utama kerusakan terhadap fender adalah bahwa energi kinetik dari kapal yang menabrak fender terlalu besar untuk melebihi beban yang dapat ditahan oleh fender karet. Alasan untuk energi kinetik yang berlebihan dari kapal adalah bahwa kecepatan kapal dan sudut kapal terlalu besar. Secara khusus, ketika sudut kapal besar, busur kontak dermaga dan karet fender sebelum bagian tengah

lambung, menyebabkan energi kinetik berdampak kuat untuk berkonsentrasi pada satu fender atau beberapa fender, menyebabkan kerusakan pada fender. Akibat dampak kapal terlalu besar, selain alasan di atas, ada dampak angin dan gelombang yang mempengaruhi pergerakan kapal saat bersandar pada fender.

Pada tahun 2019 Kantor UPP Kelas II Garongkong memperbaiki dan mengganti fender yang mengalami kerusakan dermaga Pelabuhan Garongkong, Dalam jangka tujuh tahun dari waktu operasionalnya, Kantor UPP Kelas II Garongkong telah melakukan rehabilitasi dengan mengganti 23 buah fender type super cone dan 1 buah fender type V di dermaga Pelabuhan Garongkong karena mengalami kerusakan yang dapat mengganggu aktivitas bongkar muat di Kantor UPP Kelas II Garongkong.

Berdasarkan latar belakang diatas, maka dalam pengerjaan tugas akhir ini akan dilakukan penelitian tentang *Analisis Kapasitas Fender Type Super Cone Pada Dermaga Pelabuhan Garongkong Kab. Barru.*

1.2 Rumusan Masalah

Untuk memudahkan dalam menganalisis kapasitas *fender type super cone* pada dermaga Pelabuhan Garongkong Kab. Barru maka rumusan masalah berupa:

1. Bagaimana kemampuan *defleksi fender type super cone* terhadap energi benturan kapal .
2. Bagaimana beban yang bekerja pada fender ketika kapal merapat di dermaga.
3. Bagaimana beban yang diteruskan fender pada struktur dermaga ketika kapal merapat di dermaga.
4. Bagaimana daya dukung tiang pancang saat beban-beban bekerja secara bersama sama.

1.3 Batasan Masalah

Untuk lebih menyederhanakan dan memudahkan dalam menganalisis kapasitas *fender type super cone* pada dermaga Pelabuhan Garongkong Kab. Barru maka ruang lingkup penelitian dibatasi pada hal – hal berikut:

1. Tidak menghitung kapal curah dengan tonase diatas 62 ribu ton.
2. Tidak termasuk *fender type V*.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dilaksanakannya studi analisis kapasitas *fender type super cone* pada dermaga Pelabuhan Garongkong Kab. Barru adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui besar energi dan reaksi dari *fender type super cone* 1000.
2. Mengetahui energi yang dapat diserap oleh fender pada saat kapal merapat pada dermaga.
3. Mengetahui energi yang dapat diserap oleh dermaga pada saat kapal merapat pada dermaga.
4. Untuk menganalisa daya dukung tiang pancang terhadap beban tekan, tarik dan beban lateral yang bekerja padanya.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang hendak dicapai dari studi analisis kapasitas *fender type super cone* pada dermaga Pelabuhan Garongkong Kab. Barru adalah sebagai berikut:

1. Dari hasil penulisan dapat memberikan informasi kepada pihak Pelabuhan tentang kinerja fasilitas pelayanan sandar kapal pada *fender type super cone* 1000.
2. Sebagai bahan masukan kantor unit penyelenggara Pelabuhan kelas II Garongkong.
3. Dapat memperdalam wawasan mahasiswa dan memberikan masukan bagi ilmu pengetahuan, khususnya bidang ilmu analisa kapasitas fender.

1.6 Sistematika Penulisan

Penyusunan skripsi ini dibagi dalam beberapa bagian untuk mendapatkan alur penulisan yang jelas, dan sistematis sekaligus memungkinkan pembaca agar dapat menginterpretasikan hasil tulisan ini secara tepat, maka dibuat sistematika penulisan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab yang pertama ini penulis menguraikan latar belakang mengenai *fender type super cone* 1000 di Pelabuhan Garongkong, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian untuk mengetahui energi dan reaksi *fender type super cone* 1000, beban yang diterima oleh fender, beban yang diteruskan fender serta daya dukung tiang.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini penulis menjelaskan mengenai kerangka acuan yang berisi tentang fungsi fender, *type fender*, pembebanan fender, pembebanan dermaga dan daya dukung tanah.

BAB III METODE PENELITIAN

Pada bab ini penulis menjelaskan mengenai langkah – langkah sistematis penelitian yang terdiri dari lokasi dan waktu penelitian, penyajian data, alat yang digunakan dalam penelitian dan kerangka arul penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini penulis menjelaskan gambaran umum pelabuhan, kondisi dermaga, kondisi lingkungan, defleksi fender, perhitungan beban pada fender, perhitungan beban pada dermaga, pemodelan struktur dermaga, daya dukung tiang pancang dan hasil analisis struktur dermaga.

BAB V PENUTUP

Pada bab yang terakhir ini penulis menyimpulkan hasil dari penelitian, dan menambahkan saran, untuk penelitian berikutnya.

BAB II

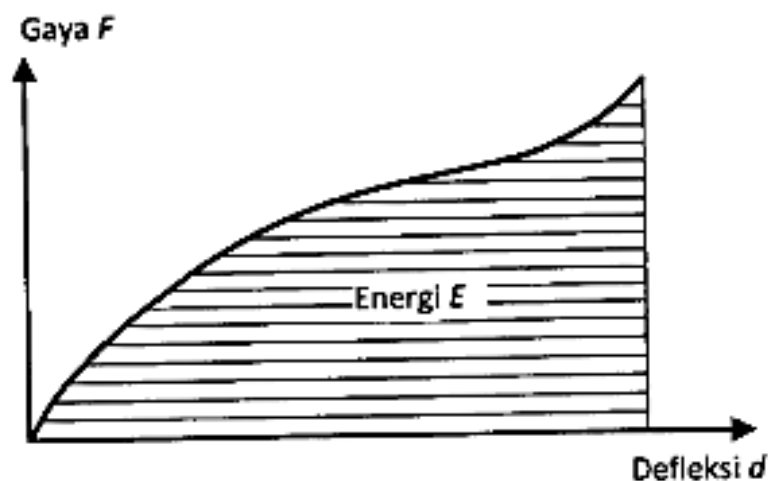
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 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.

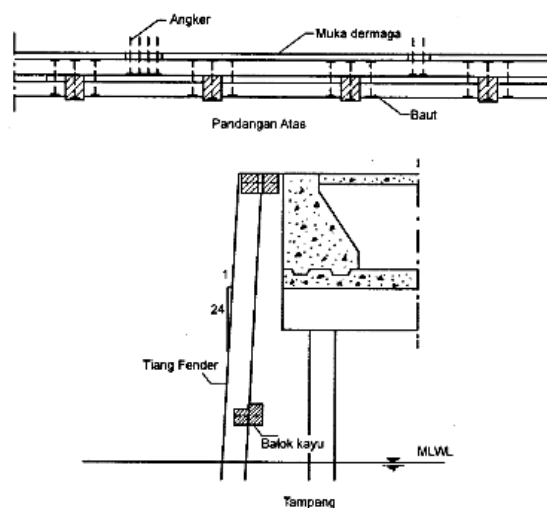


Gambar 2.1 Kurva defleksi gaya suatu fender
(Sumber : Bambang Triadmodjo 2009)

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 tipe. 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. Fender kayu ini mempunyai sifat untuk menyerap energi. Gambar 2.2 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 2.2 Fender kayu tiang pancang

(Sumber : Bambang Triadmodjo 2009)

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 tipe yang sama tetapi diproduksi oleh pabrik yang berbeda bisa mempunyai karakteristik yang berbeda. Fender karet dapat dibedakan menjadi dua tipe yaitu:

a. Fender ban bekas mobil

Bentuk paling sederhana dari fender karet adalah ban-ban bekas mobil yang dipasang pada sisi depan di sepanjang dermaga. Fender ban mobil ini digunakan pada dermaga untuk merapat kapal-kapal kecil. Karena tekanan kapal pada waktu merapat, ban mobil akan mengalami defleksi dan menyerap energi benturan.

b. *Fender type A*

Pada gambar 2.4 adalah *fender type A* yang dipasang pada dermaga dengan menggunakan baut. Dalam perencanaan system fender, tipe dan ukuran fender dipilih berdasarkan energi yang ditimbulkan oleh benturan kapal. Nilai-nilai tersebut berada diantara kedua nilai batas atas dan bawah tersebut.



Gambar 2.3 *Fender type A*
(Sumber : <http://image.google.co.id>)

c. *Fender type V*

Fender type V adalah jenis fender yang telah dioptimalkan untuk peningkatan penyerapan energi untuk gaya reaksi rasio. *Fender type V* mempunyai bentuk serupa dengan fender A, seperti terlihat pada gambar.



Gambar 2.4 *Fender Type V*
(Sumber : <http://image.google.co.id>)

d. *Fender type D*

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



Gambar 2.5 *Fender type D*
(Sumber : <http://image.google.co.id>)

e. *Fender type sel*

Fender type 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. *Fender type sel* ini dipasang pada sisi depan dermaga dengan menggunakan baut. Sisi depan fender dipasang panel contact. Karakteristik fender tersebut diberikan oleh pabrik pembuatnya.



Gambar 2.6 *Fender type cell*
(sumber: <http://1.bp.blogspot.com>)

f. *Fender type silinder*

Fender type silinder adalah salah satu system fender sederhana yang digunakan seabgai bantalan tempat kapal berlabuh. Fender dengan desain ini dapat digunakan dengan fleksibel dan mudah dalam pemasangannya. *Fender type silinder* ini sudah digunakan selama bertahun-tahun sebagai pelindung kapal dan dermaga. System karet fender dermaga type silinder ini merupakan system yang paling umum digunakan diseluruh dunia. *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. Fender jenis ini diproduksi oleh proses pencetakan kompresi di bawah dan suhu tinggi yang dapat menghasilkan senyawa karet homogen yang tidak berpori, sehingga meningkatkan kemampuan dari karet fender dermaga jenis ini. Berikut adalah beberapa nilai tambah yang dimiliki oleh karet *fender type silinder*:

- 1) Merupakan jenis atau tipe karet fender serbaguna dan paling umum digunakan diseluruh dunia.
- 2) Memiliki nilai ekonomis yang tinggi dibandingkan dengan jenis karet fender dermaga lainnya (membutuhkan biaya relative rendah).
- 3) Proses instalasi sederhana.
- 4) Memiliki variasi ukuran yang banyak.
- 5) Mudah perawatannya.
- 6) Memiliki kinerja yang tinggi dan sangat tahan lama.
- 7) Digunakan disemua jenis dermaga atau pelabuhan.
- 8) Memiliki gaya reaksi lebih besar dibandingkan jenis karet fender modern yang lainnya.
- 9) Memiliki ketahanan abrasi yang tinggi.



Gambar 2.7 *Fender type silinder*
(sumber:<http://2.bp.blogspot.com>)

g. Fender Gravitasi

Fender gravitasi yang digantung sepanjang dermaga dan dibuat dari tabung baja yang diisi dengan beton dan sisi depan diberi pelindung kayu dengan berat 15 ton. Apabila terbentur kapal, fender akan bergerak kebelakang dan keatas, sehingga kecepatan kapal dapat dikurangi, karena untuk menggerakkan kebelakang dibutuhkan tenaga yang cukup besar.

h. *Fender super cone*

yaitu tipe fender yang memiliki bentuk yang unik seperti kerucut karena bentuknya yang unik ini mempunyai manfaat sendiri membuat fender stabil. Tipe ini dipasang menggunakan *frontal frame*, *frontal frame* adalah sebuah benda yang berfungsi menahan kapal dan jetty dari kerusakan akibat benturan kedua. Benda ini biasanya berbentuk bidang kotak.



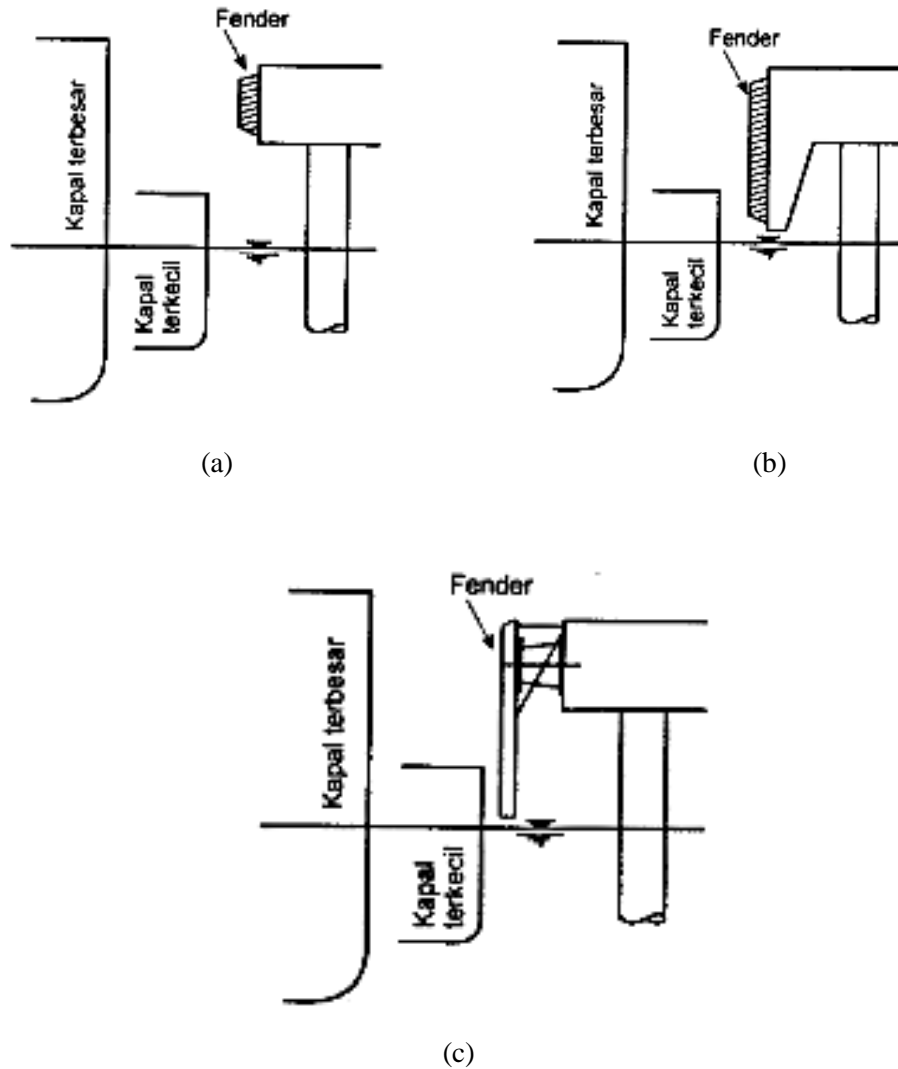
Gambar 2.8 *Fender super cone*
(sumber:<http://2.bp.blogspot.com>)

Berikut adalah beberapa kelebihan *fender super cone*:

- 1) Memiliki bentuk, fungsi dan kinerja optimal karena telah disempurnakan dan merupakan generasi fender terbaru
- 2) Sistem kinerja yang efisien
- 3) Dapat menahan beban yang lebih besar
- 4) Mampu bertahan dalam keadaan pasang dan surut di laut
- 5) Menghemat biaya pembuatan struktur dermaga

2.2 Posisi Daerah Yang Dilindungi

Type 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.

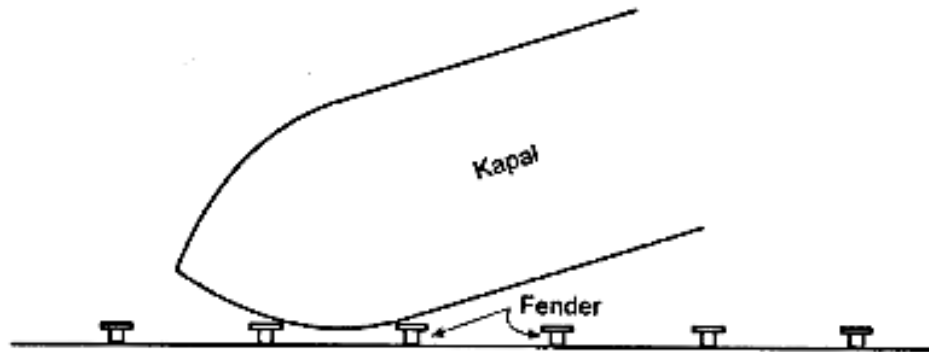


Gambar 2.9 Posisi kapal terhadap fender
(Sumber : Bambang Triadmodjo 2009)

Pada gambar 2.9.a fender dapat melindungi dermaga dari benturan kapal besar, tetapi untuk ukuran kapal yang lebih kecil fender tersebut tidak berfungsi dengan baik. Untuk dapat melindungi dermaga terhadap benturan kapal dari

berbagai ukuran maksimal digunakan fender yang lebih panjang dengan penempatan seperti terlihat dalam gambar 2.9.b dan c.

Tipe dan penempatan fender pada sisi depan dermaga harus dapat melindungi dan menyerap energi benturan dari semua jenis dan ukuran kapal untuk berbagai elevasi muka air.



Gambar 2.10 Posisi kapal pada waktu membentur fender
(Sumber : Bambang Triadmodjo 2009)

Dalam arah horisontal jarak antara fender harus ditentukan sedemikian rupa sehingga dapat menghindari kontak langsung antara kapal dan dinding dermaga. Gambar 2.10 adalah posisi kapal yang membentur fender waktu bergerak merapat ke dermaga.

Persamaan berikut dapat digunakan untuk menentukan jarak maksimum antar fender.

$$L = 2\sqrt{r^2 - (r - h)^2} \quad (2.1)$$

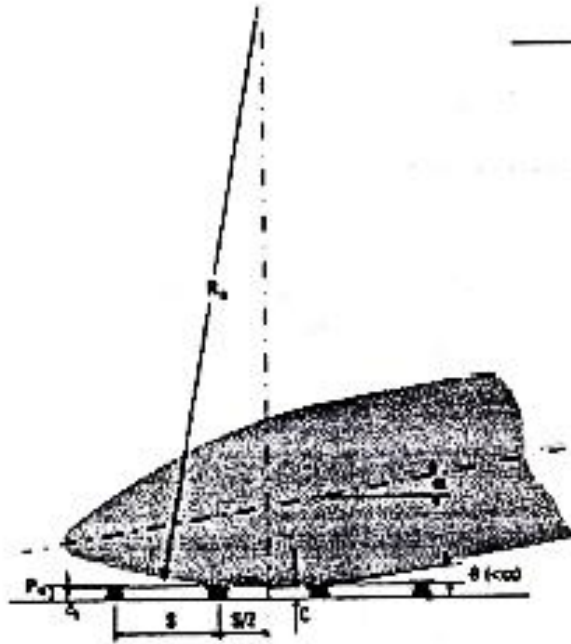
Dimana :

L = jarak maksimum antara fender (m)

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

h = tinggi fender (m)

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



Gambar 2.11 jarak antara fender
(Sumber : Bambang Triadmodjo 2009)

$$S \leq \sqrt{R_B^2 - (R_B - P_U + \delta_f + C)^2} \quad (2.2)$$

$$R_B = \frac{1}{2} \left(\left(\frac{B}{2} \right) + \left(\frac{LOA^2}{8 \times B} \right) \right) \quad (2.3)$$

Dimana:

S = jarak antar fender

R_B = radius *bow* kapal

P_U = proyeksi fender

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

C = ruang kebebasan

Dalam perencanaan fender dianggap bahwa kapal merapat ke dermaga membentuk sudut 10° dan kapal bermuatan penuh

2.3 Pembebanan 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 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, tipe 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.

2.3.1 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 :

$$E = \frac{WV^2}{2G} \times c_m \times c_e \quad (2.4)$$

Dimana:

E = Energi tambat efektif kapal (Ton)

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 perhitungannya energi tambat menurut Standar Teknis Pelabuhan dan Dermaga di Jepang dikembangkan oleh Kerlen (1981) dalam buku "*Ship Design and Ship Theory*" hal.51 :

$$c_m = 0,93 + (0,08 \times c_b) \quad (2.5)$$

$$c_b = \frac{W}{L_{pp} \times B \times \gamma} \quad (2.6)$$

Dimana panjang garis air (L_{pp}) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan dibawah ini:

$$L_{pp} = 0,856 l o a^{1.0193} \quad (2.7)$$

Dimana:

c_b = koefisien blok

D = draft kapal maksimum (saat *full loaded*)

B = lebar kapal/*molded breadth*.

L_{pp} = panjang garis air

γ_0 = berat jenis air laut

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 :

$$c_e = \frac{I}{1 + (\frac{l}{r})^2} \quad (2.8)$$

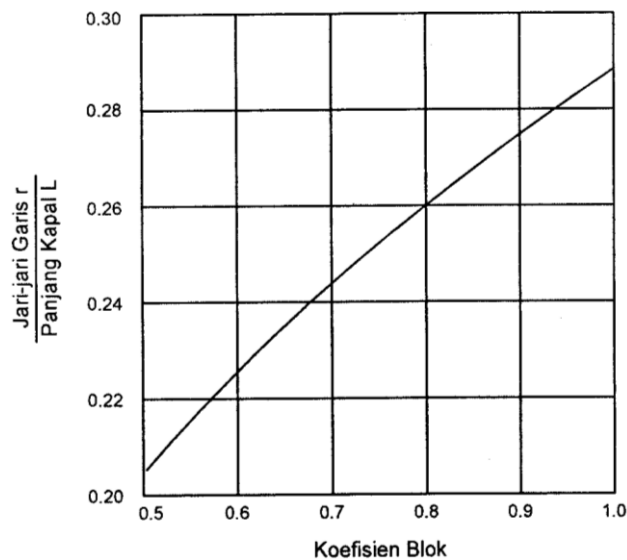
dimana :

c_e = faktor eksentrisitas

l = jarak paralel yang diukur dari titik kontak ke CG biasanya diperkirakan $\frac{1}{4} L$ (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 2.11 berikut ini :



Gambar 2.12 Grafik jari-jari putaran di sekeliling pusat berat kapal
(Sumber : Bambang Triadmodjo 2009)

3. Faktor Bentuk Air/Konfigurasi Karena Tambat (C_c)

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 C_c berkisar antara 0,8- 1,0. Tabel 2.1

adalah beberapa nilai Cc yang direkomendasikan oleh JPHA (1989) untuk tipe dermaga yang berbeda.

Tabel 2.1. Koefisien konfigurasi untuk beberapa tipe dermaga

No	Tipe Dermaga	Cc
1	Tertutup (closed/solid pier)	0,8
2	Semi tertutup (semi closed)	0,9
3	Terbuka (open pier)	1,0

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.

a. Ukuran kapal

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:

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

b. Jenis kapal

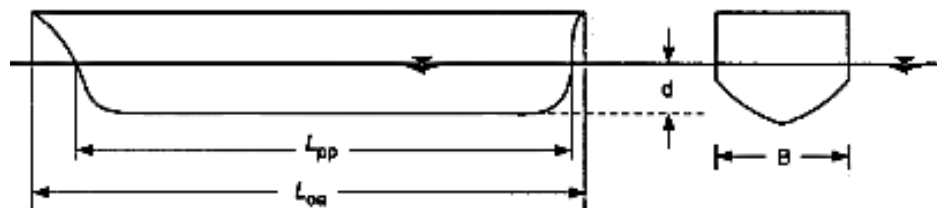
Pada umumnya, jenis kapal yang beroperasi di demaga penyeberangan adalah kapal ferry dengan sistem *Ro/Ro (Roll On I Roll Off)*. Kramadibrata (1985) mendefinisikan *Ro/Ro* adalah jenis kapal dimana pergerakan pemindahan muatannya dilakukan secara mendatar (horizontal). Tenaga pemindahan tersebut dapat 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.*

c. Dimensi utama kapal

Dimensi utama kapal berhubungan langsung pada perencanaan fasilitas - fasilitas dermaga yang harus tersedia di Pelabuhan. Gambar 2.12 dimensi utama kapal



Gambar 2.13 Dimensi utama kapal
(Sumber : Bambang Triadmodjo 2009)

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 2.2. 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 :

- 1) *Gross Tonnage* : Tonnage yang dinyatakan oleh massa kapal. Massa total volume kapal dinyatakan dengan GRT (1 GRT= 100 ft³ = 2,83m³).
- 2) *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:

$$FLD=LW+DW \quad (2.9)$$

- 3) *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 rumus pada OCDI (2002) untuk *cargo ships (10,000 DWT or more)* halaman 17 sebagai berikut:

$$\log(DT) = 0,511 + 0,913\log(DWT) \quad (2.10)$$

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 (W₁)* dengan berat tambah kapal atau *added weight (W₂)*. Sehingga berat kapal yang akan digunakan untuk menghitung energi tambat kapal merupakan berat semu kapal (*virtual Weight*) dan dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$W = W_1 + W_2 \quad (2.11)$$

dimana :

W = berat kapal (*virtual weight*), Ton.

W₁ = *actual ship weight*, Ton.

W₂ = *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:

$$W = \frac{\pi}{2} \times d^2 \times L \times \rho \quad (2.12)$$

Dimana;

d = sarat kapal (m)

L = panjang kapal (m)

ρ = berat jenis air laut (kg/m^3)

5. Kecepatan Bertambat (*Berthing Speed*)

Kecepatan bertambat merupakan salah satu kriteri 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 2.3. 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:

$$V = v \sin 10^\circ \quad (2.13)$$

Dimana :

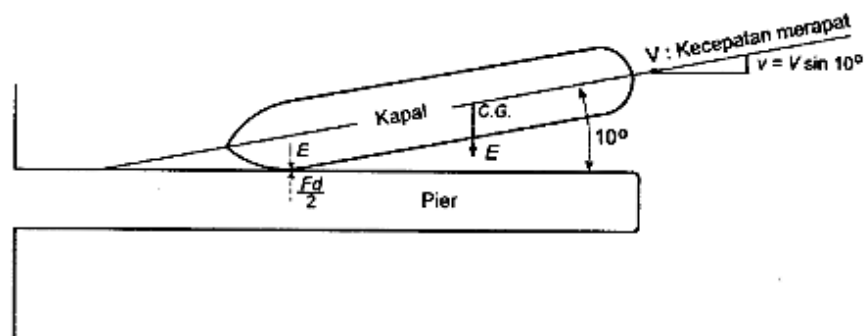
V = komponen kecepatan dalam arah tegak lurus sisi dermaga (m/s).

v = kecepatan merapat kapal (m/s).

2.3.2 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° terhadap sisi depan dermaga. Pada saat merapat tersebut sisi depan kapal membenr 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 2.14 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 : Bambang Triadmodjo 2009)

$$\frac{1}{2} \times \frac{W}{g} \times V^2 = \frac{1}{2} \times F \times d \quad (2.14)$$

$$F = \frac{W}{g \times d} \times V^2 \quad (2.15)$$

Dimana:

F = gaya bentur yang diserap sistem fender (Ton)

d = defleksi fender

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

W = bobot kapal bermuatan penuh (Ton)

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 tipe fender yang digunakan. Dari tabel, untuk tipe fender yang dipilih dapat diketahui gaya reaksi fender yang selanjutnya digunakan untuk merencanakan struktur dermaga.

2.4 Pembebanan 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.

2.4.1 Beban Mati

Beban mati merupakan berat sendiri dari bangunan harus dimasukkan di dalam perhitungan konstruksi.

Adapun untuk menghitung beban mati pada struktur tiang dermaga dari tiang menggunakan persamaan berikut:

$$A_{tiang} = \frac{1}{4} \times \pi \times ((d^2) - (d - t)^2) \quad (2.16)$$

$$L = h + EL + Z_r \quad (2.17)$$

$$q_{tiang} = \rho_{baja} \times L \times n \times A \quad (2.18)$$

Dimana:

L = panjang tiang pancang (m)

h = kedalaman (m)

Z_r = *fixity point* (m)

q_{tiang} = berat tiang pancang (Ton)

ρ_{baja} = massa jenis baja (kg/m^3)

EL = elevasi dermaga (m)

Beban mati dapat dihitung dengan menilai berat bahan yang ditentukan dan volumenya seperti yang dihitung dalam rancangan. secara teori, sangat mungkin untuk menghitung beban mati dengan tingkat akuransi yang baik. Meskipun demikian banyak praktisi yang menggunakan hitungan estimasi untuk mempermudah perhitungan beban.

2.4.2 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*.

2.4.3 Energi Yang Diteruskan Fender Terhadap Struktur Dermaga

Pada saat merapat sisi depan kapal membentur fender, dan hanya ½ dari bobot kapal yang secara efektif menimbulkan energi benturan yang diserap oleh fender dan dermaga seperti pada persamaan berikut :

$$E = \frac{1}{2} \times F \times d \quad (2.19)$$

Dimana:

F = gaya bentur yang diserap sistem fender (Ton)

d = defleksi fender

Ketika kapal membentur fender, fender mengalami defleksi, dari nilai nol sampai nilai maksimum yang diijinkan. Gaya reaksi fender meningkat dengan pertambahan nilai defleksi.

2.4.4 Gaya Angin

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 ($\alpha = 0^\circ$):

$$Rw = 0,42 \times Qa \times Aw \quad (2.20)$$

$$Qa = 0,063 \times V_w^2 \quad (2.21)$$

$$Aw = 70\%(B \times D_{kapal}) \quad (2.22)$$

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

$$Rw = 0,5 \times Qa \times Aw \quad (2.23)$$

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

$$Rw = 1,1 \times Qa \times Aw \quad (2.24)$$

$$Aw = 70\%(loa \times D_{kapal}) \quad (2.25)$$

Dimana:

Rw = gaya akibat angin (Ton)

Qa = tekanan angin (kg/m^2)

V_w = kecepatan angin (m/s)

Aw = proyeksi bidang yang tertiuip angin (m^2)

B = lebar kapal (m).

D_{kapal} = tinggi kapal (m).

Loa = panjang kapal (m)

Kecepatan angin akan berpengaruh khususnya pada saat kapal dalam keadaan kosong atau saat pengisian ballast (Bindra, 1978).

2.4.5 Gaya Akibat Arus

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

$$Ra = C_c \times \gamma_0 \times A_c \times \frac{v_c^2}{2g} \quad (2.26)$$

$$A_c = B \times d \quad (2.27)$$

Dimana :

Ra = gaya akibat arus (Ton)

γ_0 = massa jenis air laut (1025kg/m)

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

V_c = kecepatan arus (m/s).

B = lebar kapal (m)

d = draft kapal (m)

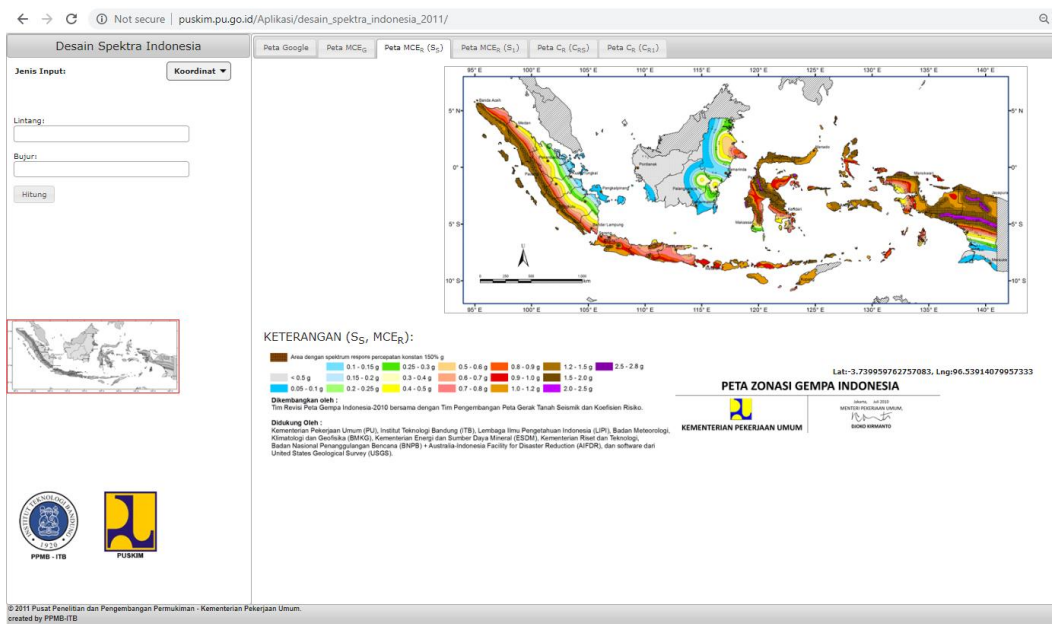
Nilai C_c adalah faktor untuk menghitung gaya lateral dan memanjang. Nilai C_c tergantung pada bentuk kapal dan kedalaman air di depan tambatan, yang nilainya diberikan ini. Faktor untuk menghitung gaya arus melintang :

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.

2.4.6 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*.



Gambar 2.15 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 (U_1) dan sumbu y (U_2) 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 U_1 dengan persamaan 2.28 dan U_2 dengan menggunakan persamaan 2.29.

$$U_1 = PGA \times 9,81 \times 100\% \quad (2.28)$$

$$U_2 = U_1 \times 30\% \quad (2.29)$$

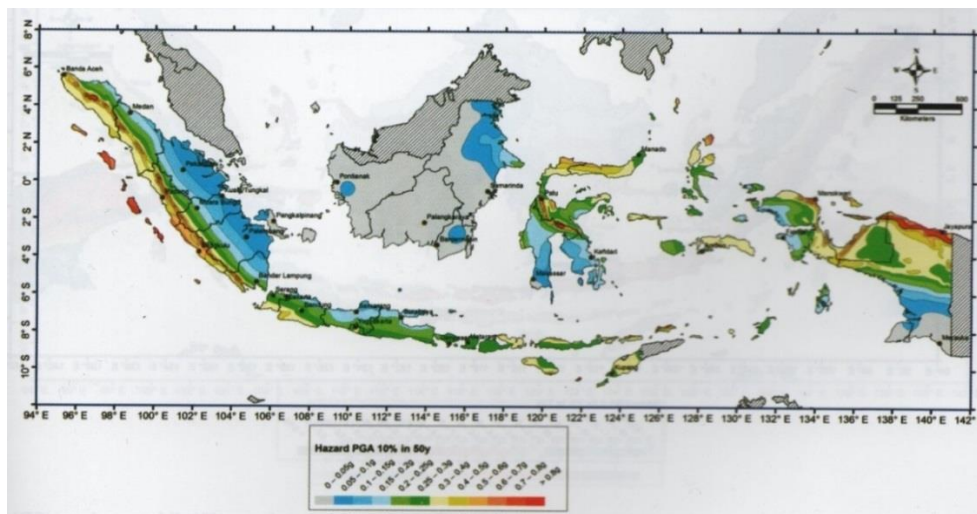
Untuk nilai PGA diperoleh dari peta percepatan puncak di batuan dasar (*Peak Ground Acceleration / PGA*), yang bersumber pada Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017. Sesuai dengan RSNI 2833-2013 ada beberapa peta yang digunakan dan menggunakan kala ulang 50 dan 75 tahun Adapun penjelasan peta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

Tabel 2.4. Penjelasan peta gempa yang digunakan

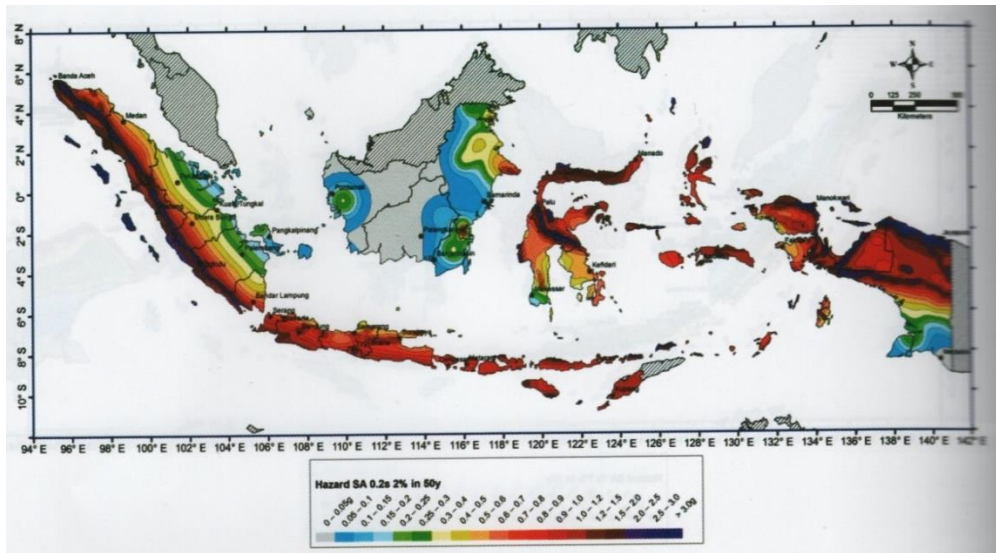
No	No. Peta	Level Gempa	Keterangan
1	Peta 1	10% dalam 50 tahun (500 Tahun)	Peta Percepatan Puncak di Batuan dasar (PGA)
2	Peta 2		Peta respon spektra percepatan 0,2 detik di batuan dasar (S _s)
3	Peta 3		Peta respon spektra percepatan 0,1 detik di batuan dasar (S _I)
4	Peta 4	7% dalam 75 tahun (1000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

Sumber: RSNI 2833-2013

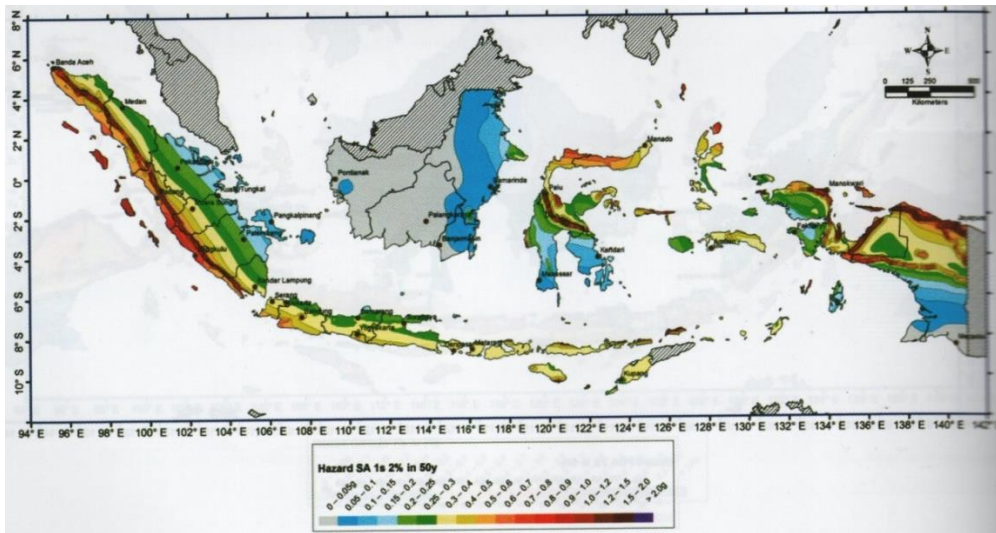
Dari Peta gempa yang digunakan RSNI 2833-2013 dikombinasikan dengan update peta gempa terbaru (tahun 2017) oleh (Tim Pusat Studi Gempa Nasional). Adapun peta percepatan puncak di batuan dasar (PGA) dari Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017 dapat dilihat pada Gambar 2.16 -2.21.



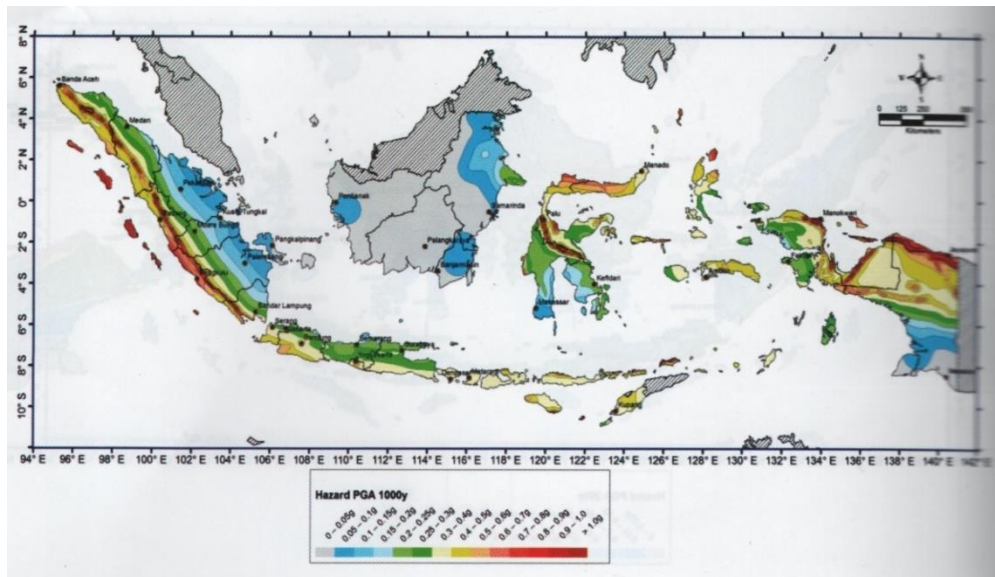
Gambar 2.16 Peta 1 percepatan puncak batuan dasar (PGA) untuk probabilitas terlampaui 10 % dalam 50 tahun
(Sumber: PusGeN, 2017)



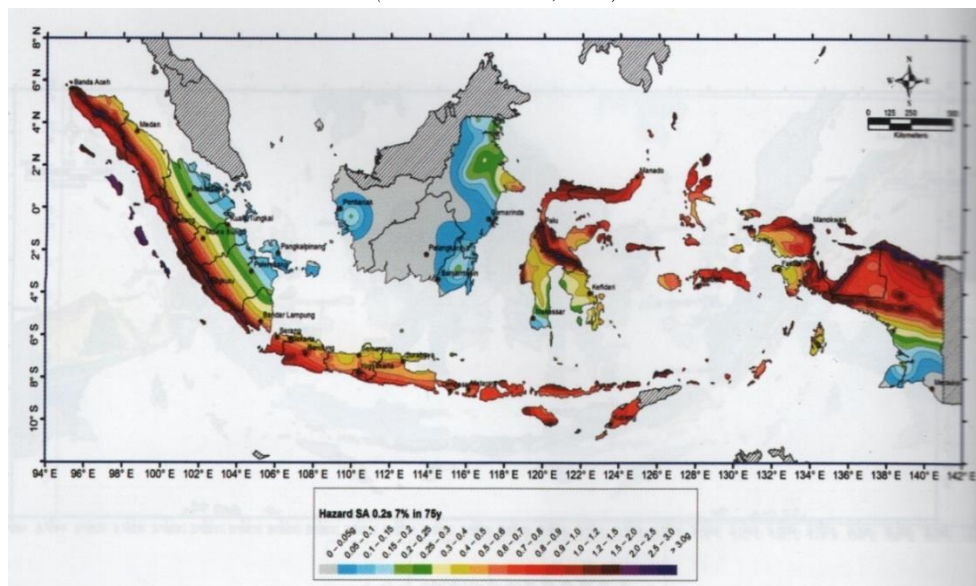
Gambar 2.17. Peta 2 respon spektra kecepatan 0,2 detik untuk probabilitas terlampaui 10% dalam 50 tahun
(Sumber: PusGeN, 2017)



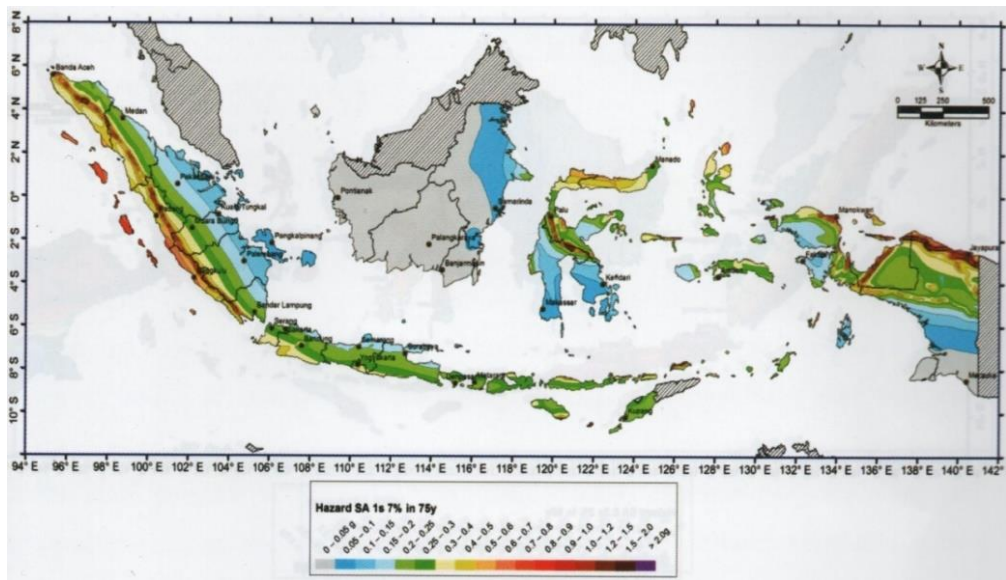
Gambar 2.18. Peta 3 respon spektra kecepatan 1,0 detik untuk probabilitas terlampaui 10% dalam 50 tahun
(Sumber: PusGeN, 2017)



Gambar 2.19 Peta 4 percepatan puncak batuan dasar (PGA) untuk probabilitas terlampaui 7 % dalam 75 tahun
(Sumber: PusGeN, 2017)



Gambar 2.20. Peta 5 respon spektra kecepatan 0,2 detik untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun
(Sumber: PusGeN, 2017)



Gambar 2.21 Peta 6 respon spektra kecepatan 1,0 detik untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun
(Sumber: PusGeN, 2017)

2.5 Daya Dukung Tanah

Berdasarkan hasil survei 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.

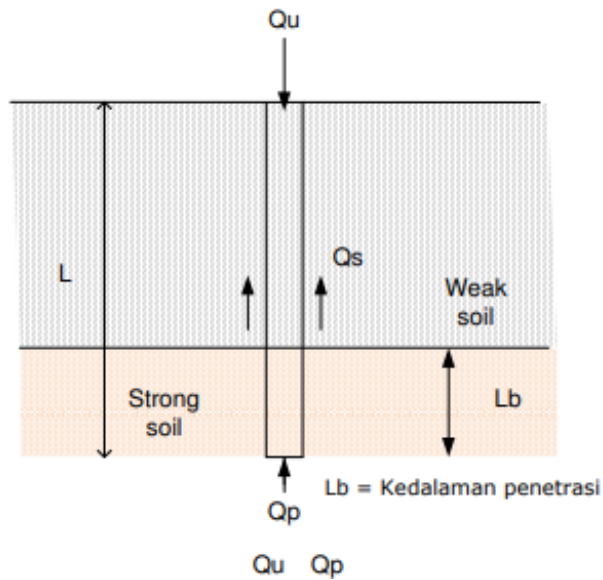
Salah satu jenis pondasi dalam yang digunakan adalah pondasi tiang pancang. Sistem tiang diasumsikan sebagai *pile group* untuk mentransfer beban-beban horizontal dan vertikal pada dermaga ke lapisan tanah keras yang lebih dalam agar dapat dicapai daya dukung tanah yang lebih baik. Untuk menahan gaya 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

Daya dukung aksial tiang pancang adalah kemampuan atau kapasitas tiang dalam mendukung memikul beban vertikal.

1. Daya Dukung Tekan

Analisis gaya pada tiang yang terjadi akibat beban aksial tekan yang cenderung menekan pada dasar pondasi yang disalurkan ke tanah. Gaya tekan pada tiang pancang bisa mengurangi panjang pada material. Daya dukung tekan tiang pancang adalah kemampuan tiang pancang untuk memikul beban aksial tekan yang bekerja pada pondasi tiang pancang. Untuk menghitung daya dukung tekan akibat beban vertikal tekan dapat digunakan persamaan berikut:



Gambar 2.22 Skema daya dukung tanah.
 (Sumber: <https://www.scribd.com>)

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

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

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 $Q_u \approx Q_p$

2. Daya Dukung Ujung (Q_p)

Daya dukung ujung dihitung dengan metoda Meyerhof.

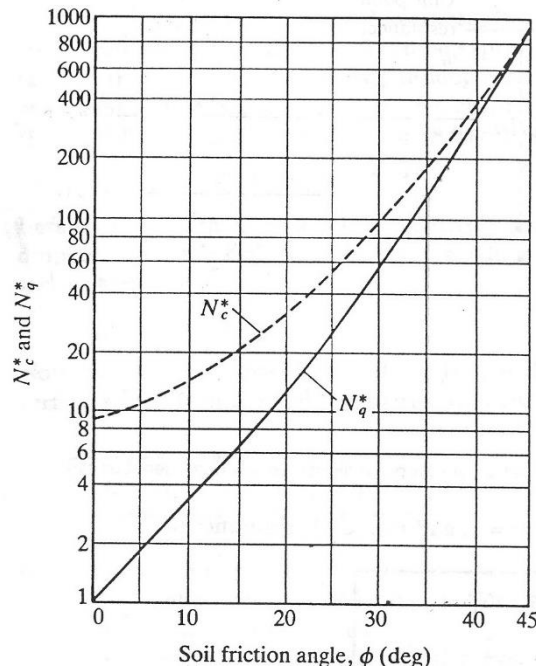
a. Tanah Pasir

Persamaan daya dukung tiang pancang di tanah pasir :

$$Q_p = A_p \times q_p = A_p \times q' \times N^*_q \quad (2.32)$$

$$Q_p = A_p \times q' \times N^*_q \leq A_p \times q_t \quad (2.33)$$

N_q^* ditentukan dari Gambar 2.22



Gambar 2.23 Grafik variasi nilai N_q^* dan N_c^*
(Sumber: Meyerhof, 1976)

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

Dimana:

ϕ = sudut friksi tanah pada lapisan ujung

b. Tanah Lempung

Persamaan daya dukung tiang pancang di tanah lempung :

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

Dimana:

c_u = Kohesi tanah dibawah ujung tiang pancang

c. Untuk Lempung dengan c dan ϕ diketahui, daya dukung ujung adalah:

$$Q_p = A_p \times q_p = A_p \times (cN_c^* + q'N_q^*)$$

$$(2.36)$$

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

Dimana :

A_p = Luas ujung tiang

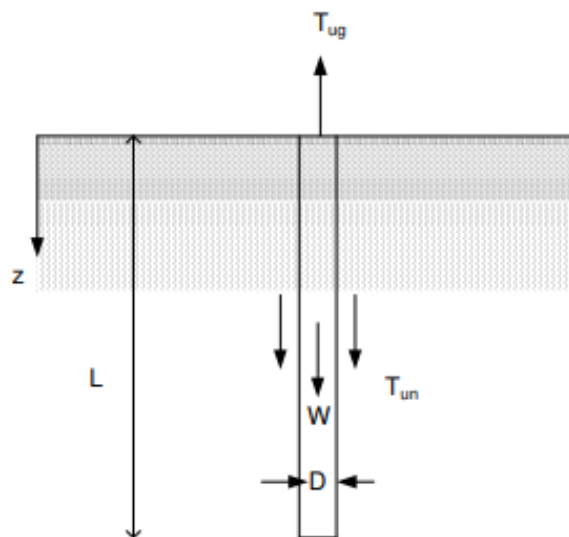
c = Kohesi antara tanah yang mendukung ujung tiang

q_p = unit point resistance

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

3. Daya Dukung Tarik

Analisis gaya pada tiang yang terjadi akibat beban tarik yang cenderung menggeser atau memotong suatu material. Daya dukung tarik tiang pancang adalah kemampuan tiang pancang untuk memikul beban tarik yang bekerja pada pondasi tiang pancang. Untuk menghitung daya dukung tarik akibat beban tarik dapat digunakan persamaan berikut:



Gambar 2.24 Sketsa diagram daya dukung tarik
(Sumber: <https://www.scribd.com>)

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

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

Dimana:

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

T_{ug} = daya dukung tarik bruto (kN)

T_{un} = daya dukung tarik net

W = berat efektif tiang pancang

a. Tanah Lempung

Untuk menentukan Daya dukung tarik dari tiang pancang yang

ditanamkan dalam tanah lempung yang jenuh digunakan Metoda Das Seeley (1982), sebagai berikut :

$$T_{un} = L \times KLL \times \alpha \times c_u \quad (2.40)$$

Dimana :

L = Panjang tiang pancang

KLL = Keliling dari penampang tiang pancang

α = Koefisien adhesi antara tiang pancang dan tanah

c_u = Koefisien kohesi Clay

Untuk tiang pancang baja berbentuk pipa:

untuk ($c_u \leq 27kN/m^2$)

$$\alpha = 0,715 - 0,0191c_u \quad (2.41)$$

untuk ($c_u > 27kN/m^2$)

$$\alpha = 0,2c_u \quad (2.42)$$

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}

$$T_{un} = \frac{1}{2} \times KLL \times \gamma \times L^2 \times K_u \tan \delta \quad (2.43)$$

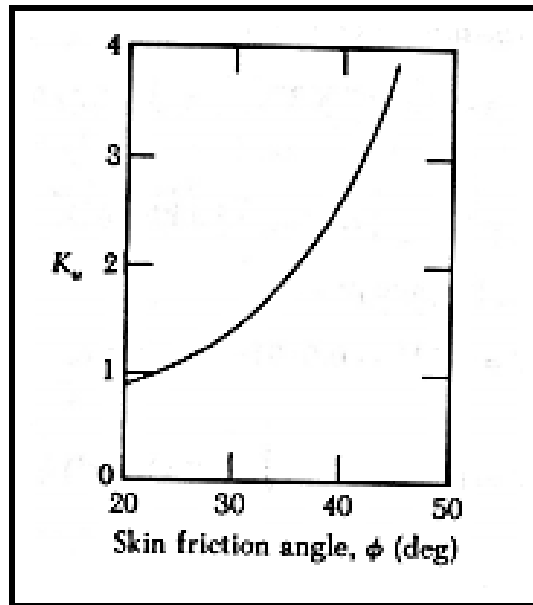
Dimana :

K_u = Koefisien tarik

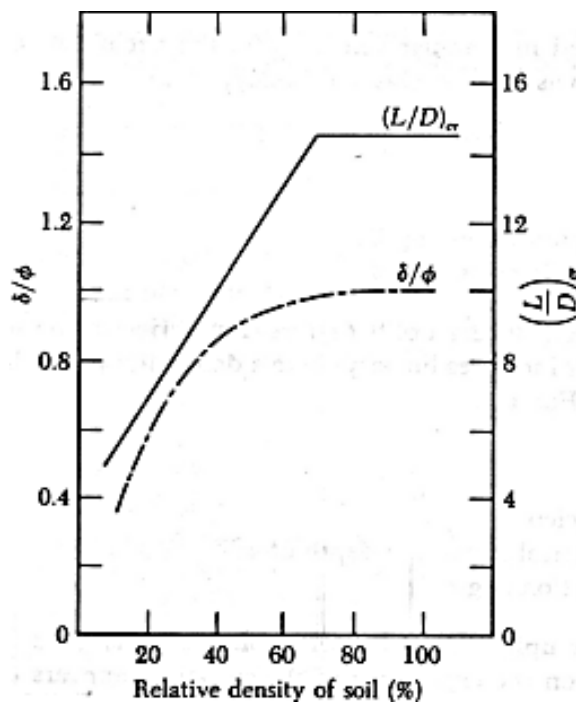
δ = sudut friksi antara tanah dan tiang pancang

γ = Berat volume basah

Nilai K_u dan δ dapat ditentukan dari grafik di bawah.



Gambar 2.25 Variasi nilai koefisien K_u .
(Sumber: Das dan Seeley, 1975)



Gambar 2.26 Variasi nilai $\frac{\delta}{\phi}$ dan $(\frac{L}{D})_{cr}$ terhadap *relative density*.
(Sumber: Das dan Seeley, 1975)

3) Jika $L > L_{cr}$

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

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

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

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

Dimana:

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

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 2.27.

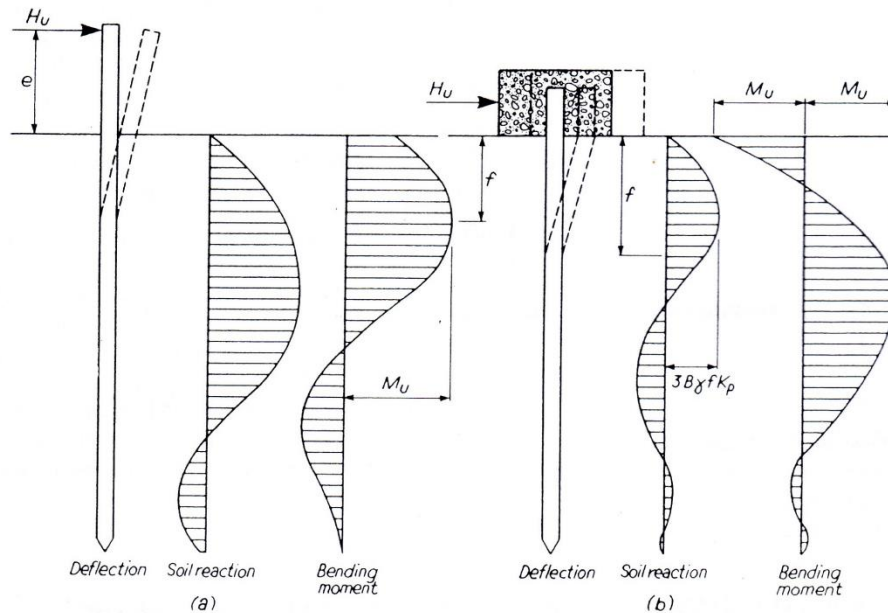


Fig. 6.30 Soil reactions and bending moments for long pile under horizontal load in cohesionless soil (after Broms^(6,8))
 (a) Free head (b) Fixed head

Gambar 2.27 Reaksi tanah dan momen tekuk pada tiang panjang di tanah non-kohesif
 (Sumber: Broms, 1964)

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 :

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

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

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

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

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

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 (m⁴)
 nh = modulus variasi (kN/m³), nilainya tergantung dari jenis tanah (tabel 2.5).

Tabel 2.5. Nilai nh (modulus variasi) untuk tanah pasir

No	Soil Type	nh (kN/m ³)
1	Dry or Moist Sand	Loose :1.800-2.200
		Medium : 5.500-7.000
		Dense : 15.000-18.000
2	Submerged Sand	Loose :1.000-1.400
		Medium : 3.500-4.500
		Dense : 9.000-12.000

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 berikut:

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

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

Dimana:

M_u = daya dukung lateral tanah (kNm)

f_y = yield stress (kg/m²)

K_p = koefisien tekanan tanah pasif

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

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

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

Dimana:

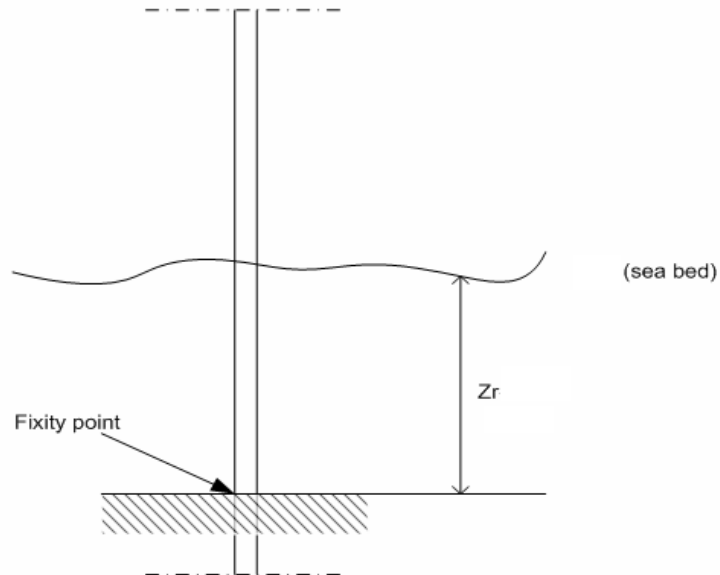
H_u = daya dukung lateral ultimate (Ton)

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* (k_h).



Gambar 2.28 Visualisasi *fixity point*.
(Sumber: OCDI 1980)

Adapun persamaan untuk menentukan letak jepitan tiang adalah:

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{k_h \times D}{4 \times E \times I}} \quad (2.56)$$

Dan *fixity point*

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

dimana SF adalah *safety factor* = 1,5

Dimana:

Zr = letak jepitan tiang (cm)

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

E = modulus elastisitas (kg/cm^2)

I = momen inersia tiang (cm^4)

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

2.6 Studi Terdahulu

Telah banyak penelitian-penelitian terdahulu yang melakukan penelitian tentang analisis fender diantaranya yaitu:

1. Masagus zainal abidin, P.W. (2015) “PERENCANAAN FENDER DERMAGA (Studi kasus Dermaga Pengangkut Minyak, Luwuk Banggai Provinsi Sulawesi Tengah)”. Dari studi yang dilakukan, didapat beberapa hasil sebagai berikut:
 - a. 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.
 - b. Hasil perhitungan jarak antar fender pada dermaga adalah 23 meter, di pasang vertical pada sisi depan dermaga karena memperhitungkan perubahan elevasi muka air laut yang berubah pada saat pasang surut
 - c. Kedalam Pelabuhan adalah 7 meter, kondisi pasang surut berkisar antara -0,30 cm pada kondisi *Low Water Level (LWL)* sampai 65,30 cm pada kondisi *Mean Sea Level (MSL)* dan 135,50 cm pada kondisi *High Water Level (HWL)*
 - d. Dalam perencanaan fender karet seibu type V, harus memperhatikan kapasitas fender. Seperti : type, reaksi, dan defleksi. Agar mendapat fender karet seibu type V yang maksimal
2. Badrut tamam (1998) dengan judul “PERENCANAAN SISTEM FENDER PADA DERMAGA PENYEBERANGAN FERRY: KASUS PELABUHAN KET APANG-GILIMANUK”. Dari studi yang dilakukan, didapat beberapa hasil sebagai berikut:
 - a. Pemilihan sistem fender yang tepat sangat ditentukan oleh besarnya energi bertambat efektif kapal, dimana energi ini merupakan energi yang diserap oleh fender. Penyerapan energi oleh fender setidaknya harus sama dengan energi bertambat efektif kapal yang timbul.
 - b. Perhitungan besarnya energi tambat efektif kapal sangat ditentukan oleh penentuan secara tepat faktor-faktor yang berpengaruh dalam perhitungan seperti penentuan berat kapal (W), kecepatan bertambat kapal (V), serta penentuan besarnya koefisien-koefisien yang dipengaruhi

- oleh karakteristik dermaga dan kapal-kapal yang bertambat. Koefisien tersebut terdiri dari koefisien eksentrisitas (C_e), koefisien massa virtual (C_m), koefisien kelembutan (C_s), dan koefisien konfigurasi (C_c).
- c. Dalam mendesain sistem fender, metode dari Bridgestone dan Shibata dapat dipakai sebagai acuan untuk mendapatkan sistem fender yang lebih efektif dan efisien serta untuk pengembangan dermaga lebih lanjut.
3. Agung Putra, H. Y. (2017) dengan judul “Peranan Fender Dalam Studi Kasus Tubrukan Landing Ship Tank Dengan Haluan Tugboat 2x800 HP Menggunakan Metode Elemen Hingga”. Dari studi yang dilakukan, didapat beberapa hasil sebagai berikut:
- a. Kerusakan pada badan kapal akan meningkat dengan bertambahnya kecepatan kapal. Dengan ditambahkannya 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 $E_{K0} = 0,77$ MJ dan $E_{K1} = 0,08$ MJ, $E_{K0} = 7,37$ MJ dan $E_{K1} = 0,32$ MJ, $E_{K0} = 28,32$ MJ dan $E_{K1} = 11,32$ sedangkan untuk tugboat yang dilengkapi fender nilai maksimum gayanya masing masing $E_{K0} = 0,17$ MJ dan $E_{K1} = 0,02$ MJ, $E_{K0} = 0,48$ MJ dan $E_{K1} = 0,03$ MJ, $E_{K0} = 11,27$ MJ dan $E_{K1} = 0,17$ MJ.
4. Sulardi (2011) dengan judul “Memperbaiki Mampu Layan Material Pelindung Struktur Face Fender Jetty Dengan Spesifikasi Material Solid Rubber Fender”. Dari studi yang dilakukan, didapat beberapa hasil sebagai berikut:
- a. Spesifikasi material solid rubber fender type v terbukti cocok dan sesuai digunakan, handal dan dapat meningkatkan mampu layan struktur face fender jetty No.1 serta telah direplikasi untuk mengatasi permasalahan sejenis di Pertamina RU V Balikpapan.

- b. Memberikan gambaran metode kerja penggantian pelindung face fender yang semula menggunakan material balok kayu ulin menjadi solid rubber fender.
5. FAUZAN (2018) dengan judul “PERENCANAAN FENDER DERMAGA (JETTY) KAPAL DENGAN BOBOT 10000 DWT”. Dari studi yang dilakukan, didapat beberapa hasil sebagai berikut:
- a. Beban yang bekerja pada Fender dermaga Kapal Tanker 10000 DWT ini adalah sebagai berikut :
 - 1) Energi Benturan Kapal = 12.46 Ton
 - 2) Beban yang diserap fender = $\frac{1}{2} E$ Ton o Jarak antar fender = 30 m
 - 3) Gaya Akibat Angin
 - a) Gaya longitudinal apabila angin datang dari arah haluan ($\alpha=0^\circ$) = 17.673 Ton
 - b) Gaya longitudinal apabila angin datang dari arah buritan ($\alpha=180^\circ$) = 20.040 Ton
 - c) Gaya longitudinal apabila angin datang dari arah haluan ($\alpha=90^\circ$) = 48.288 Ton
 - 2) Gaya akibat arus = 178.14 kg
 - 3) Gaya tarikan kapal pada Dermaga = 70 Ton
 - b. Dimensi struktur dermaga kapal tanker 10000 DWT :
 - 1) Dermaga
 - a) Elevasi dermaga : + 4,7 m dari $\pm 0,00$
 - b) Panjang dermaga : 7200 cm
 - c) Lebar dermaga : 200 cm
 - 2) Fender : Type KVF 600 H
 - 3) Bollard : Bobot Kapal 10000 DWT diambil kapasitas Tarik 70 ton
 - c. 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 demaga, 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

- d. 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.