

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

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

Pada umumnya konstruksi dermaga terdiri dari beberapa bagian yaitu dolphin, fender, trestel (jembatan) dan terminal. 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, maka didepan dermaga diberi bantalan yang berfungsi sebagai penyerap energi benturan. Bantalan yang ditempatkan di depan dermaga disebut dengan fender.

Fender berfungsi sebagai bantalan untuk meredam energi dari kapal pada saat sandar maupun bongkar muat yang ditempatkan di depan dermaga. Fender akan menyerap benturan antara kapal dan dermaga dan meneruskan gaya ke struktur dermaga. Fender juga dapat melindungi rusaknya cat badan kapal akibat 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 dermaga ro-ro pelabuhan Gunung Sitoli telah dipasang fender berjenis tipe V untuk menyerap benturan antara kapal dan dermaga dan untuk mengetahui besarnya gaya yang dapat diredam oleh fender tersebut diperlukannya analisa terhadap redaman fender tersebut. Berdasarkan latar belakang di atas maka penulis akan melakukan penelitian tentang **“ANALISA REDAMAN FENDER PADA PEMBANGUNAN DERMAGA RO-RO TAHAP 1 GUNUNG SITOLI”**

1.2 Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana tegangan yang bekerja pada fender jika kapal tertambat?
2. Berapa besar gaya yang bekerja pada fender pada saat kapal akan bersandar?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah digunakan sebagai arahan serta acuan dalam penulisan tugas akhir (skripsi), agar permasalahan yang dibahas tidak terlalu melebar.

Batasan masalah yang dibahas dalam skripsi ini yaitu :

1. Menghitung tegangan yang bekerja pada fender jika kapal tertambat.
2. Menghitung gaya-gaya yang bekerja pada fender pada saat kapal akan bersandar.

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 besar gaya yang terjadi pada fender pada pada saat kapal akan bersandar di dermaga.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dari penulisan skripsi ini adalah untuk menambah pengetahuan dan pemahaman tentang besar energi yang mampu diredam oleh fender, dan juga sebagai bahan referensi bagi yang membaca khususnya bagi mahasiswa.

1.6 Sistematika Penulisan

Methodologi penulisan skripsi ini merupakan alur dari penelitian yang dilakukan. Adapun alur penulisan skripsi ini sebagai berikut :

1. BAB I Pendahuluan ; pendahuluan akan menguraikan tentang, latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan.
2. BAB II Tinjauan Pustaka ; tinjauan pustaka akan menguraikan tentang pelabuhan, jenis-jenis pelabuhan, kapal, jenis-jenis kapal dermaga, dolphin dan fender.

3. BAB III Metode Penelitian ; metodologi penelitian akan menguraikan tentang, waktu dan tempat, jenis dan sumber data, metode penelitian, prosedur penelitian, dan diagram alur penelitian.
4. BAB IV Analisa dan Perhitungan Data ; hasil dan pembahasan menguraikan tentang, keadaan umum lokasi, perhitungan beban pada fender dan dermaga.
5. BAB V Kesimpulan dan Saran : Bab ini merupakan penutup yang berisi tentang kesimpulan dari hasil penelitian ini, serta saran-saran dari penulis yang berkaitan dengan faktor pendukung dan faktor penghambat yang dialami selama penelitian ini berguna untuk ilmu aplikasi kerekayasaan dan penelitian selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pelabuhan

Menurut Peraturan Pemerintah No.69 Tahun 2001 Pasal 1 ayat 1, tentang Kepelabuhanan, pelabuhan adalah tempat yang terdiri dari daratan dan perairan di sekitarnya dengan batas - batas tertentu sebagai tempat kegiatan pemerintahan dan kegiatan ekonomi yang dipergunakan sebagai tempat kapal bersandar, berlabuh, naik turun penumpang dan /atau bongkar muat barang yang dilengkapi dengan fasilitas keselamatan pelayaran dan kegiatan penunjang pelabuhan serta sebagai tempat perpindahan intra dan antar moda transportasi.

Menurut Triatmodjo (1992) pelabuhan (*port*) merupakan suatu daerah perairan yang terlindung dari gelombang dan digunakan sebagai tempat berlabuhnya kapal maupun kendaraan air lainnya yang berfungsi untuk menaikkan atau menurunkan penumpang, barang maupun hewan, reparasi, pengisian bahan bakar dan lain sebagainya yang dilengkapi dengan dermaga tempat menambatkan kapal, kran-kran untuk bongkar muat barang, gudang transito, serta tempat penyimpanan barang dalam waktu yang lebih lama, sementara menunggu penyaluran ke daerah tujuan atau pengapalan selanjutnya. Selain itu, pelabuhan merupakan pintu gerbang serta pemelancar hubungan antar daerah, pulau bahkan benua maupun antar bangsa yang dapat memajukan daerah belakangnya atau juga dikenal dengan daerah pengaruh. Daerah belakang ini merupakan daerah yang mempunyai hubungan kepentingan ekonomi, sosial,

maupun untuk kepentingan pertahanan yang dikenal dengan pangkalan militer angkatan laut.

Menurut Bambang Triadmojo pelabuhan dibedakan menjadi beberapa macam yang tergantung pada sudut tinjauannya, yaitu dari segi penyelenggaraannya, segi pengusahaannya, fungsi dalam perdagangan nasional dan internasional, segi kegunaan dan letak geografisnya.

2.1.1 Ditinjau dari segi penyelenggaraannya

1. Pelabuhan Umum

Pelabuhan ini diselenggarakan untuk kepentingan pelayanan masyarakat umum, yang dilakukan oleh pemerintah dan pelaksanaannya diberikan kepada badan usaha milik negara yang didirikan untuk maksud tersebut.

2. Pelabuhan Khusus

Pelabuhan ini merupakan pelabuhan yang digunakan untuk kepentingan sendiri guna menunjang suatu kegiatan tertentu dan hanya digunakan untuk kepentingan umum dengan keadaan tertentu dan dengan ijin khusus dari Pemerintah. Pelabuhan ini dibangun oleh suatu perusahaan baik pemerintah ataupun swasta yang digunakan untuk mengirim hasil produksi perusahaan tersebut.

2.1.2 Ditinjau dari segi pengusahaannya

1. Pelabuhan yang diusahakan

Pelabuhan ini sengaja diusahakan untuk memberikan fasilitas-fasilitas yang diperlukan oleh setiap kapal yang memasuki pelabuhan, dengan aktifitas tertentu, seperti bongkar muat, menaik-turunkan penumpang, dan lain sebagainya.

Pemakaian pelabuhan ini biasanya dikenakan biaya jasa, seperti jasa labuh, jasa tambat, jasa pandu, jada tunda, jasa dermaga, jasa penumpukan, dan lain sebagainya.

2. Pelabuhan yang tidak diusahakan

Pelabuhan ini hanya merupakan tempat singgah kapal tanpa fasilitas bea cukai, bongkar muat dan lain sebagainya. Pelabuhan ini merupakan pelabuhan yang disubsidi oleh pemerintah serta dikelola oleh Unit Pelaksana Teknis Direktorat Jendral Perhubungan Laut.

2.1.3 Ditinjau dari fungsi perdagangan nasional dan internasional

1. Pelabuhan laut

Pelabuhan laut adalah pelabuhan yang bebas dimasuki oleh kapal-kapal berbendera asing. Pelabuhan ini biasanya merupakan pelabuhan utama dan ramai dikunjungi oleh kapal-kapal yang membawa barang ekspor/impor dari luar negeri.

2. Pelabuhan pantai

Pelabuhan pantai adalah pelabuhan yang lebih dimanfaatkan untuk perdagangan dalam negeri. Kapal asing yang hendak masuk harus memiliki ijin khusus.

2.1.4 Ditinjau dari penggunaannya

1. Pelabuhan ikan

Pelabuhan ini lebih difungsikan untuk mengakomodasi para nelayan. Biasanya pelabuhan ini dilengkapi dengan pasa lelang, alat pengawet, persediaan bahan bakar, hingga tempat yang cukup luas untuk perawatan alat penangkap

ikan. Pelabuhan ini tidak membutuhkan perairan yang dalam, karena kapal penambat yang digunakan oleh para nelayan tidaklah besar.

2. Pelabuhan minyak

Pelabuhan minyak merupakan pelabuhan yang menangani aktivitas pasokan minyak. Letak pelabuhan ini biasanya jauh dari keperluan umum sebagai salah satu faktor keamanan. Pelabuhan ini juga biasanya tidak memerlukan dermaga/pangkalan yang harus dapat menampung muatan vertikal yang besar, karena cukup dengan membuat jembatan perancah atau tambatan yang lebih menjorok ke laut serta dilengkapi dengan pipa- pipa penyalur yang diletakkan persis dibawah jembatan, terkecuali pada pipa yang berada di dekat kapal harus diletakkan diatas jembatan guna memudahkan penyambungan pipa menuju kapal. Pelabuhan ini juga dilengkapi dengan penambat tambahan untuk mencegah kapal bergerak pada saat penyaluran minyak.

3. Pelabuhan barang

Di pelabuhan ini terjadi perpindahan moda transportasi, yaitu dari angkutan laut ke angkutan darat dan sebaliknya. Barang di bongkar dari kapal dan diturunkan di dermaga. Selanjutnya barang tersebut diangkut langsung dengan menggunakan truk atau kereta api ke tempat tujuan, atau disimpan di gudang atau lapangan penumpukan terbuka sebelum di kirim ke tempat tujuan.

4. Pelabuhan penumpang

Seperti halnya pelabuhan barang, pelabuhan penumpang juga melayani bongkar muat barang, namun pada pelabuhan penumpang, barang yang dibongkar cenderung lebih sedikit. Pelabuhan penumpang, lebih melayani segala kegiatan

yang berhubungan dengan kebutuhan orang bepergian, oleh karena itu daerah belakang dermaga lebih difungsikan sebagai stasiun/terminal penumpang yang dilengkapi dengan kantor imigrasi, keamanan, direksi pelabuhan, maskapai pelayaran dan lain sebagainya.

5. Pelabuhan campuran

Pelabuhan campuran ini lebih diutamakan untuk keperluan penumpang dan barang, sedangkan untuk minyak masih menggunakan pipa pengalir. Pelabuhan ini biasanya merupakan pelabuhan kecil atau pelabuhan yang masih berada dalam taraf perkembangan.

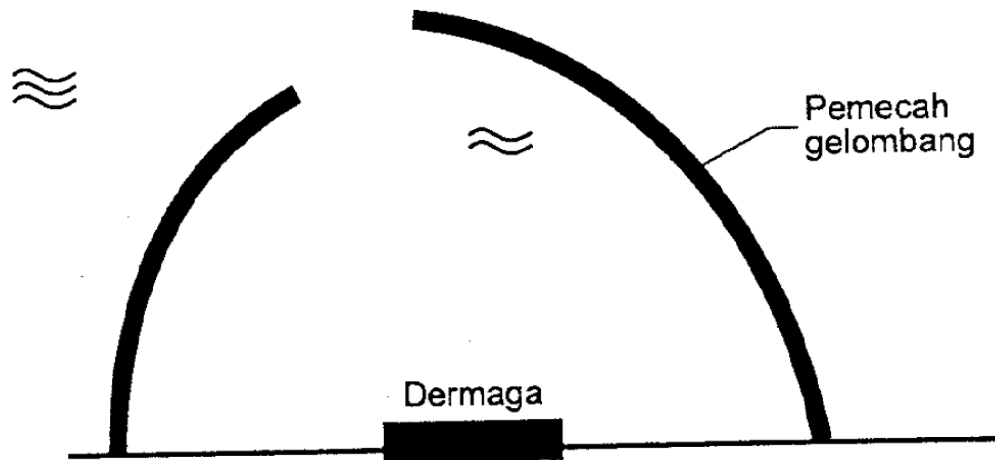
6. Pelabuhan militer

Pelabuhan ini lebih cenderung digunakan untuk aktivitas militer. Pelabuhan ini memiliki daerah perairan yang cukup luas serta letak tempat bongkar muat yang terpisah dan memiliki letak yang agak berjauhan. Pelabuhan ini berfungsi untuk mengakomodasi aktifitas kapal perang.

2.1.5 Ditinjau menurut letak geografis

1. Pelabuhan buatan

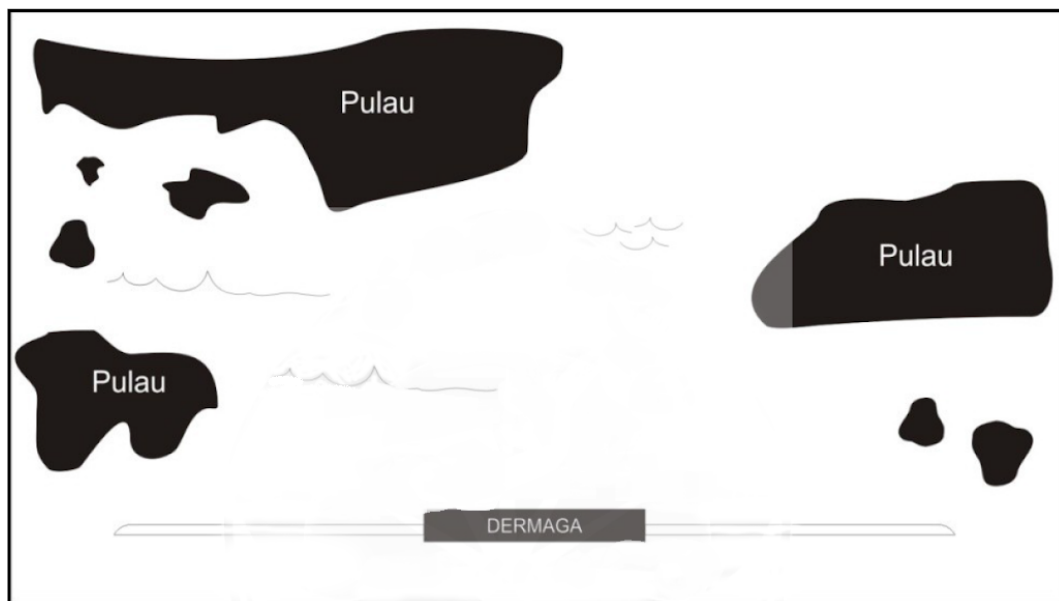
Pelabuhan buatan adalah suatu daerah perairan yang dilindungi dari pengaruh gelombang dengan membuat bangunan pemecah gelombang (breakwater), yang merupakan pemecah perairan tertutup dari laut dan hanya dihubungkan oleh satu celah yang berfungsi untuk keluar masuknya kapal. Di dalam daerah tersebut dilengkapi dengan alat penambat.



Gambar 2.1 Pelabuhan buatan
(Sumber : Bambang Triadmojo, 2010)

2. Pelabuhan alam

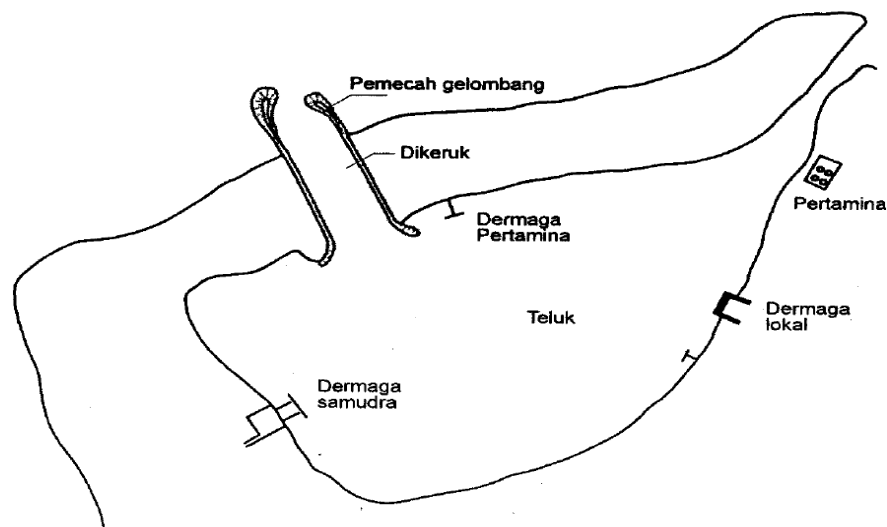
Pelabuhan alam merupakan daerah perairan yang terlindung dari badai dan gelombang secara alami, misalnya oleh suatu pulau, jazirah atau terletak di teluk, estuari dan muara sungai. Di daerah ini pengaruh gelombangnya sangat kecil.



Gambar 2.2 Pelabuhan alam
(Sumber : Bambang Triadmojo, 1992)

3. Pelabuhan semi alam

Pelabuhan semi alam merupakan campuran antara pelabuhan buatan dan pelabuhan alam, misalnya pelabuhan yang terlindungi oleh pantai tetapi pada alur masuk terdapat bangunan buatan untuk melindungi pelabuhan, contohnya pelabuhan ini di Indonesia adalah pelabuhan bengkulu.



Gambar 2.3 Pelabuhan semi alam
(Sumber : Bambang Triadmojo, 1992)

2.2 Kapal

Menurut undang-undang nomor 17 tahun 2008 tentang pelayaran, Kapal adalah kendaraan air dengan bentuk dan jenis tertentu, yang digerakkan dengan tenaga angin, tenaga mekanik, energi lainnya, ditarik atau ditunda, termasuk kendaraan yang berdaya dukung dinamis, kendaraan di bawah permukaan air, serta alat apung dan bangunan terapung yang tidak berpindah-pindah.

2.2.1 Dimensi kapal

Dimensi kapal diperlukan sebagai salah satu faktor yang berhubungan langsung pada perencanaan pelabuhan dan fasilitas-fasilitas yang harus tersedia di

pelabuhan. Panjang kapal pada umumnya terdiri dari *Length Over All* (LOA), *Length on design Water Line* (LWL) dan *Length Between Perpendicular*, sedangkan Lebar dan kedalaman kapal merupakan ukuran utama lainnya dari kapal dalam menentukan ukuran-ukuran kapal. Untuk lebih jelasnya, dapat diuraikan sebagai berikut :

- LOA (*Length Over All*)

Secara definisi LOA adalah panjang kapal yang diukur dari haluan kapal terdepan sampai buritan kapal paling belakang. Merupakan ukuran utama yang diperlukan dalam kaitannya dengan panjang dermaga, muatan, semakin panjang LOA semakin besar kapal berarti semakin besar daya angkut kapal tersebut.

- LWL (*Length on design Water Line*)

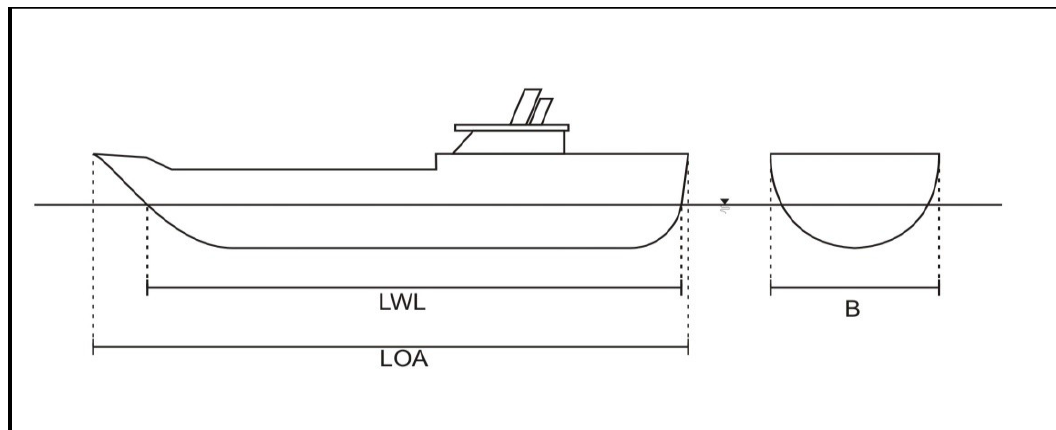
LWL adalah panjang kapal yang diukur dari haluan kapal pada garis air sampai buritan kapal pada garis air laut.

- LBP (*Length Between Perpendicular*)

LBP adalah panjang kapal yang diukur dari haluan kapal pada garis air sampai tinggi kemudi.

- Lebar Kapal (*beam*)

Lebar kapal merupakan jarak maksimum antara dua sisi kapal.



Gambar 2.4 Dimensi kapal
(Sumber : Triadmojo 2010)

2.2.2 Jenis Kapal

Selain dimensi kapal, karakteristik kapal seperti tipe dan fungsinya juga berpengaruh terhadap perencanaan pelabuhan. Tipe kapal berpengaruh pada tipe pelabuhan yang akan direncanakan. Sesuai dengan fungsinya, kapal dapat dibedakan menjadi beberapa tipe sebagai berikut (Triadmojo, 2010) :

1. Kapal Penumpang

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



Gambar 2.5 Kapal Penumpang
(Sumber : PT PELNI)

2. Kapal Barang

Kapal barang khususnya dibuat untuk mengangkut barang. Pada umumnya kapal barang mempunyai ukuran yang lebih besar dari pada kapal penumpang. Kapal ini juga dapat dibedakan menjadi beberapa macam sesuai dengan barang yang diangkut seperti biji-bijian, barang-barang dimasukkan dalam peti kemas, benda cair (minyak, bahan kimia, gas alam, gas alam cair, dan lain sebagainya).

a) Kapal barang umum (*general cargo ship*)

Kapal ini digunakan untuk mengangkut muatan umum. Muatan tersebut biasa terdiri dari macam-macam barang yang di bungkus dalam peti, karung dan sebagainya yang dikapalkan oleh banyak pengirim untuk banyak penerima di beberapa pelabuhan tujuan.



Gambar 2.6 Kapal barang umum
(Sumber : PT Pelayaran Sri Indrapura)

b) Kapal peti kemas

Kapal yang membawa peti kemas yang mempunyai ukuran yang telah distandarisasi. Berat masing-masing peti kemas antara 5 ton - 40 ton. Kapal peti kemas yang paling besar mempunyai panjang 300 meter untuk 3.600 peti kemas berukuran 20 ft (6 meter).



Gambar 2.7 kapal peti kemas
(Sumber : Maersk Line)

c) Kapal barang curah (*bulk cargo ship*)

Kapal ini digunakan untuk mengangkut muatan curah yang dikapalkan dalam jumlah banyak sekaligus. Muatan curah ini bisa berupa beras, gandum,

batu-bara, bijih besi dan sebagainya. Kapal jenis ini yang terbesar mempunyai kapasitas 175.000 DWT dengan panjang 330 m, lebar 48,5 m dan sarat 18,5m.



Gambar 2.8 Kapal barang curah
(Sumber : PT Pupuk Indonesia Logistik)

d) Kapal tanker

Kapal ini digunakan untuk mengangkut minyak, yang umumnya mempunyai ukuran sangat besar. Kapal tanker ada yang mempunyai kapasitas sampai 555.000 DWT yang mempunyai panjang 414 m, lebar 63 m, dan sarat 28,5 m.



Gambar 2.9 Kapal tanker
(Sumber : PT Pertamina International Shipping)

e) Kapal khusus (*special designed ship*)

Kapal ini dibuat khusus untuk mengangkut barang tertentu seperti daging yang harus diangkut dalam keadaan beku, kapal pengangkut gas alam cair (liquefied natural gas, LNG).



Gambar 2.10 Kapal khusus (Kapal LNG)
(Sumber : PT Humpuss Intermoda Transportasi Tbk)

f) Kapal ikan

Kapal ini digunakan untuk menangkap ikan di laut. Ukuran kapal ikan yang digunakan tergantung pada jenis ikan yang tersedia, potensi ikan di daerah tangkapan, karakteristik alat tangkap, jarak daerah tangkap, dsb.

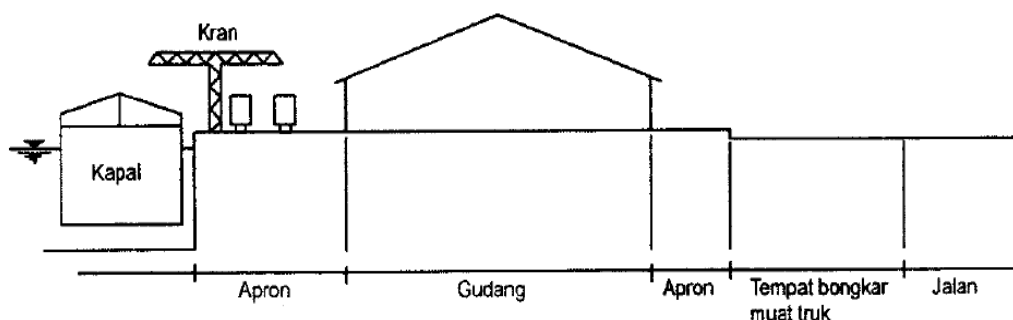


Gambar 2.11 Kapal ikan
(Sumber : Dokumentasi Pribadi)

2.3 Dermaga

Dermaga adalah suatu bangunan pelabuhan yang digunakan untuk merapat dan menambatkan kapal yang melakukan bongkar muat barang dan menaik-turunkan penumpang dengan aman dan lancar. *Dock* adalah istilah yang umum untuk menjelaskan suatu bangunan struktur di air (*marine structure*), di Amerika dermaga-dermaga ini disebut dengan berbagai nama tergantung pada bentuk, letak dan fungsinya seperti *pier*, *warf*, *bulkhead*. Sedangkan di Eropa disebut *jetty*, *quay* dan *quay wall*.

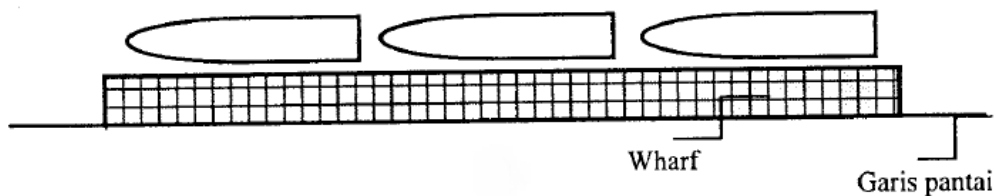
Dermaga harus direncanakan sedemikian rupa sehingga kapal dapat merapat dan bertambat serta melakukan kegiatan di pelabuhan dengan aman, cepat dan lancar. Di belakang dermaga terdapat apron dan fasilitas jalan, apron adalah daerah yang terletak antara sisi dermaga dan sisi depan gudang (pada terminal barang umum) atau *container yard* (pada terminal peti kemas), dimana terdapat pengalihan kegiatan angkutan laut (kapal) ke kegiatan angkutan darat (kereta api, truk, dsb).



Gambar 2.12 Tampang dermaga pelabuhan barang umum
(Sumber : Bambang Triatmodjo, 2010)

2.3.1 Wharf atau Quay

Wharf atau *Quay* Adalah dermaga yang biasanya sejajar dengan garis pantai atau mengikuti garis pantai. Di Indonesia dermaga ini disebut tipe menerus. Tipe dermaga ini memaksimalkan kawasan operasional di darat seperti untuk kontainer atau peti kemas di mana dibutuhkan suatu area terbuka yang cukup luas untuk menjamin kelancaran angkutan barang dan sangat cocok dibangun pada pantai dengan kedalaman hampir merata sepanjang garis pantai. Pada dermaga tipe ini kapal hanya bisa merapat pada satu sisi saja.



Gambar 2.13 Dermaga Wharf
(Sumber : Bambang Triadmodjo, 2010)

2.3.2 Jetty

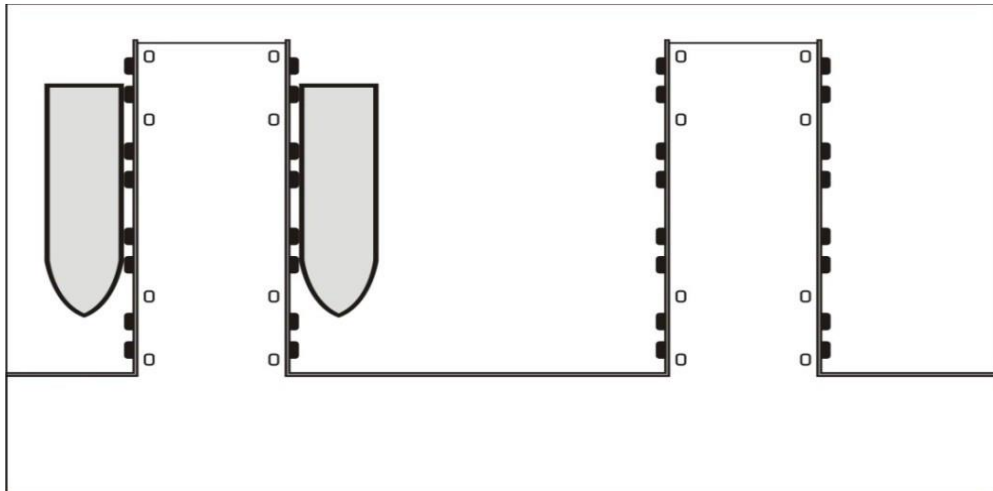
Jetty adalah dermaga yang menjorok ke tengah laut (sungai, danau) untuk mencapai kedalaman yang diperlukan, dan dihubungkan bangunan jembatan ke darat pantai (*Approach Trestle*). Pada umumnya *jetty* digunakan untuk merapat kapal tanker, untuk menahan benturan kapal yang merapat dipasang dolphin penahan benturan (*breasting dolphin*) di depan *jetty*. Sedangkan untuk mengikat kapal digunakan dolphin penambat (*mooring dolphin*).



Gambar 2.14 Dermaga Jetty
(Sumber : PT. Budi Perkasa Alam)

2.3.3 *Pier*

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



Gambar 2.15 Dermaga Pier
(Sumber : Triadmodjo, 1992)

2.4 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.

2.4.1 Beban Mati

Beban mati adalah beban yang disebabkan oleh gravitasi yang permanen, dalam hal ini beban mati merupakan berat sendiri struktur maupun beban mati tambahan. Menurut *Standard design Criteria for Ports in Indonesia*, 1984, beban mati tergantung pada jenis dan material dari struktur yang digunakan seperti :

- Struktur beton bertulang, berat volume 2,4 ton/m³ (Peraturan beton bertulang, 1971)
- Struktur baja, berat spesifik 7,8 ton/m³
- Struktur kayu, berat volume 1,03 ton/m³ (PKKI 1961/Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia 1961)

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 seperti minyak/air/barang-barang curah.

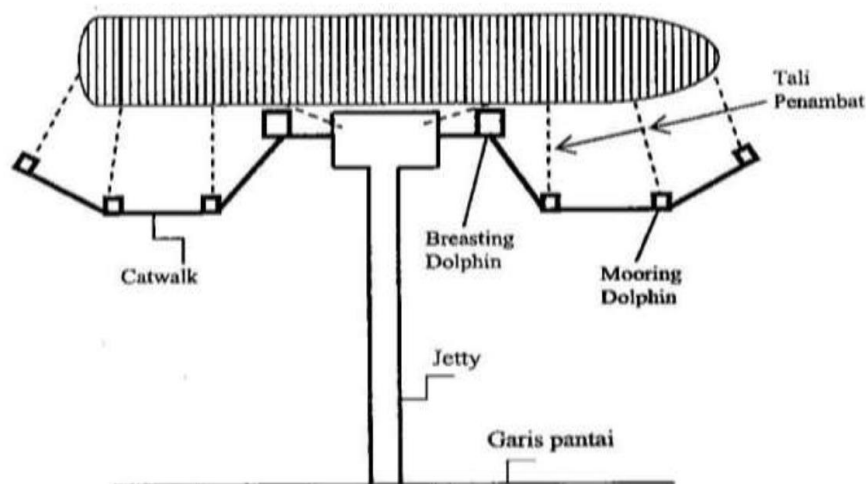
2.5 Dolphin

Dolphin adalah konstruksi yang digunakan untuk menahan benturan dan menambatkan kapal. Dolphin direncanakan untuk bisa menahan gaya horizontal

yang ditimbulkan oleh benturan kapal, tiupan angin dan dorongan arus yang mengenai badan kapal pada waktu ditambat. Dolphin mempunyai dua tipe yaitu *Breasting Dolphin* dan *Mooring Dolphin*.

2.5.1 *Breasting Dolphin*

Breasting dolphin atau dolphin penahan mempunyai ukuran yang lebih besar, karena dia direncanakan untuk menahan benturan kapal ketika berlabuh dan menahan tarikan kapal karena pengaruh tiupan angin, arus dan gelombang. Alat penambat ini dilengkapi dengan fender untuk menahan benturan kapal, dan bolder untuk menempatkan tali kapal, guna menggerakkan kapal di sepanjang dermaga dan menahan tarikan kapal.



Gambar 2.16 *Breasting Dolphin* dan *Mooring Dolphin*
(Sumber : Bambang Triatmodjo, 2010)

2.5.2 *Mooring Dolphin*

Mooring Dolphin atau dolphin penambat tidak digunakan untuk menahan benturan, tetapi hanya sebagai penambat lokasi dolphin ini dibelakang dermaga dimana konstruksi ini tidak menerima benturan. *Mooring Dolphin* ditempatkan

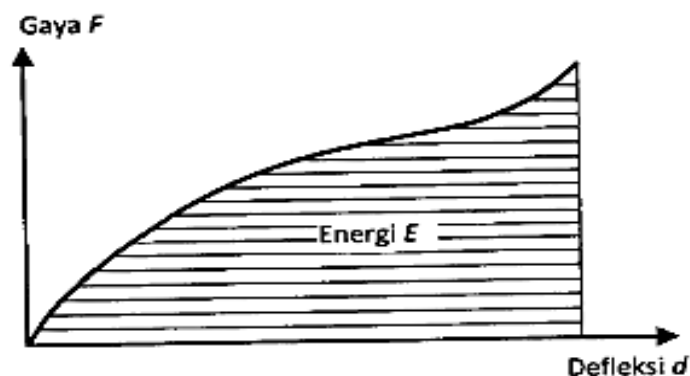
kira-kira dengan sudut 45 derajat ke arah haluan dan buritan kapal, yang biasanya dilengkapi dengan bolder (*bollards*) atau tempat tambat (*mooring ports*) serta alat untuk memutar tali apabila tali digunakan untuk menarik kapal yang sangat berat.

2.6 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 tipe 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.



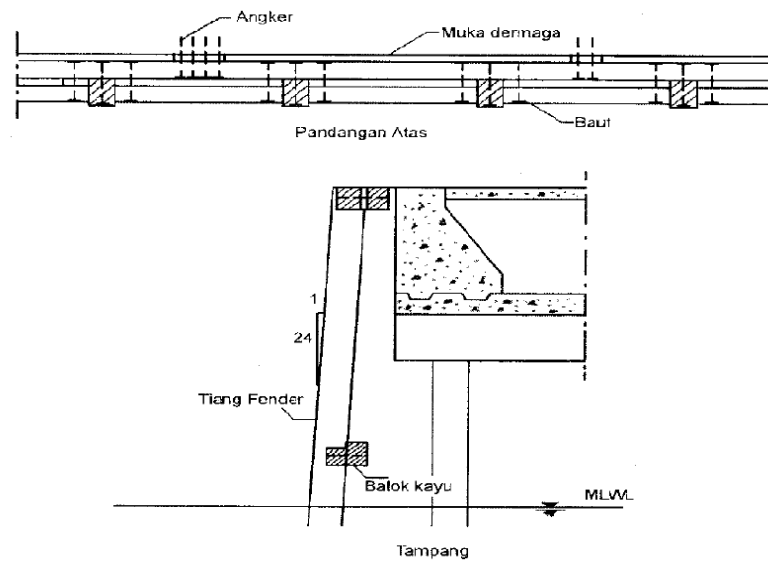
Gambar 2.17 kurva defleksi gaya suatu fender
(Sumber : Triadmodjo, 2010)

2.7 Tipe Fender

Fender dibuat dari bahan elastis, seperti kayu atau karet. Fender kayu bias 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 di pasaran dengan berbagai tipe.

2.7.1 Fender Kayu

Fender kayu bisa berupa batang-batang kayu yang dipasang horisontal dan vertikal di sisi depan 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 (horizontal). Fender tersebut ditempatkan di depan dermaga dengan kemiringan 1 (horizontal) : 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 2.18 Fender Kayu
(Sumber : Triadmodjo, 2010)

2.7.2 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 :

1. Fender bekas ban 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. 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.



Gambar 2.19 Fender Ban Bekas
(Sumber : PT. Jaya Kencana Amerta)

2. Fender tipe D

Selain digunakan pada dermaga-dermaga, fender jenis D ini pun sering digunakan untuk bantalan penahan mobil truk besar yang digunakan untuk penurun barang atau *loading dock*. Sangat tahan dan menyerap energi ketika benturan terjadi dengan sangat tinggi.



Gambar 2.20 Fender tipe D
(Sumber : Shibata Fender Team)

3. 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 sangathandal untuk penggunaan di dermaga/pelabuhan dengan kapal

besar. Fender tipe sel ini dipasang pada sisi depan dermaga dengan menggunakan baut. Sisi depan fender dipasang panel contact.



Gambar 2.21 Fender tipe sel
(Sumber : Nanjing Deers Industrial Co., Ltd)

4. Fender tipe silinder

Fender tipe silinder adalah salah satu sistem fender sederhana yang digunakan sebagai bantalan tempat kapal berlabuh. Fender dengan desain ini dapat digunakan dengan fleksibel dan mudah dalam pemasangannya. Fender tipe silinder ini sudah digunakan selama bertahun-tahun sebagai pelindung kapal dan dermaga. Sistem karet fender dermaga tipe silinder ini merupakan system yang paling umum digunakan diseluruh dunia. Tipe silinder ini memiliki fisik yang tebal, kuat, dan dapat melindungi kapal dari abrasi/aus. Seperti jenis fender karet lainnya, fender tipe 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.



Gambar 2.22 Fender tipe silinder
(Sumber : Nanjing Deers Industrial Co., Ltd)

Karet fender tipe silinder ini memiliki bentuk desain silinder berongga yang dapat diproduksi dengan ukuran yang fleksibel dengan kombinasi antara ukuran panjang dan diameternya. Ukuran ini ditentukan sesuai dengan berbagai persyaratan dan kebutuhan. Karet fender tipe silinder ini umumnya diproduksi dengan ukuran diameter luar 15 cm hingga 2,6 m. Fender tipe silinder memiliki reaksi yang progresif sehingga cocok digunakan pada pelabuhan tempat berlabuhnya berbagai jenis kapal baik untuk kapal besar dan kapal kecil. Hal inilah yang membuatnya menjadi salah satu sistem fender yang paling umum digunakan untuk sarana dermaga dan kelautan.

5. 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 2.23 Fender tipe A
(Sumber : PT. Kemenangan)

6. Fender tipe *pneumatic*

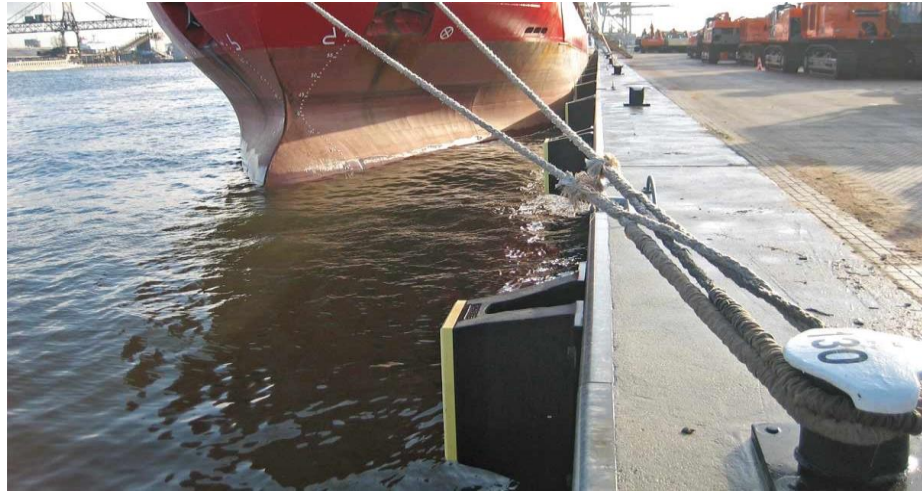
Pneumatic rubber fender atau fender karet pneumatik adalah fender karet tipe terapung yang menggunakan udara terkompresi sebagai media penyangga untuk menyerap energi tumbukan kapal, sehingga kapal dapat berlabuh dengan lebih fleksibel dan halus tanpa merusak struktur kapal maupun dermaga. Fender karet pneumatik banyak digunakan oleh tanker besar, Kapal LNG, platform laut, dermaga besar, perahu, pelabuhan dan dermaga. Tipe ini biasa juga disebut fender Yokohama.



Gambar 2.24 Fender tipe *pneumatic*
(Sumber : Nanjing Deers Industrial Co., Ltd)

7. 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.



Gambar 2.25 Fender tipe V pada sisi dermaga
(Sumber : Shibata Fender Team)

Tipe fender yang digunakan dan penempatannya pada sisi depan dermaga harus dapat melindungi dan menyerap energi benturan dari semua jenis dan ukuran kapal untuk berbagi evaluasi muka air laut.

2.8 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 tipe 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.

2.8.1 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 :

$$E = \frac{WV^2}{2g} C_m \cdot C_s \cdot C_c \cdot C_e \dots \dots \dots (2.3)$$

Dimana :

E = Energi tambat efektif kapal (ton.m)

W = Berat kapal (ton)

V = Kecepatan pendekatan kapal (m/s)

C_e = Koefisien eksentrisitas

C_s = Koefisien kekerasan (diambil 1)

C_c = Koefisien bentuk dari tambatan (diambil 1)

C_m = Koefisien massa

g = percepatan gravitasi (m/s²)

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:

$$C_m = 1 + \frac{\pi}{2.C_b} \cdot \frac{d}{B} \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana :

d = draft kapal maksimum (m).

B = lebar kapal/*molded breadth*.

C_b = koefisien blok.

2. Koefisien Eksentrisitas

Kapal pada saat bertambat akan membentuk sudut tertentu pada wharf ataupun dolphin, sehingga pada waktu bagian kapal menyentuh dermaga kapal akan berputar sehingga sejajar dengan dermaga. Sebagian energi benturan yang ditimbulkan oleh kapal akan hilang oleh perputaran tersebut, sisa energi akan diserap oleh dermaga.

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

$$C_e = \frac{1}{1+(l/r)^2} \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana :

C_e = faktor eksentrisitas

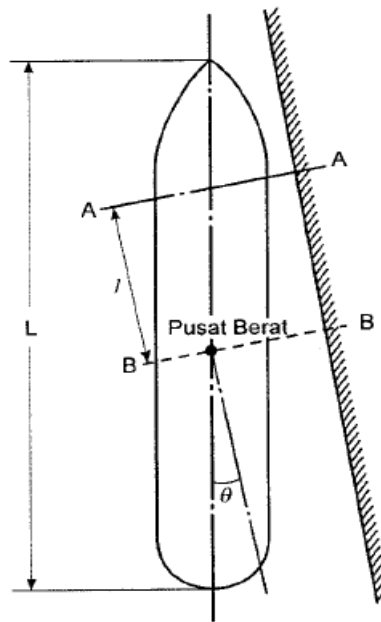
l = Jarak sepanjang permukaan air dermaga dari pusat berat kapal samapi titik sandar kapal

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

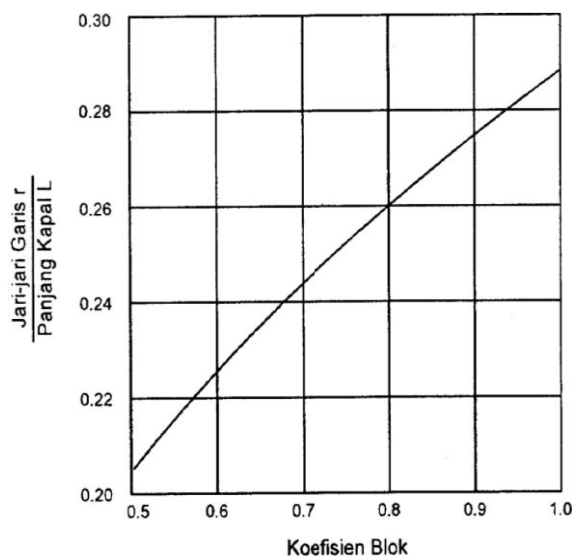
Titik kontak pertama kapal dan dermaga adalah suatu titik dari 1/4 panjang kapal pada dermaga dan 1/3 panjang kapal pada dolphin, dan nilai l adalah :

Dermaga : $l = 1/4L_{oa}$

Dolphin : $l = 1/6L_{oa}$



Gambar 2.26 Jarak pusat berat kapal sampai titik sandar kapal
(sumber: Bambang Triadmodjo, 2010)



Gambar 2.27 Grafik jari-jari putaran di sekeliling pusat berat kapal
(sumber: Bambang Triadmodjo, 2010)

3. Kecepatan bertambat kapal

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.

Tabel 2.1 kecepatan kapal merapat pada dermaga

Ukuran Kapal (DWT)	Kecepatan Merapat	
	Pelabuhan (m/d)	Laut Terbuka (m/d)
Sampai 500	0,20	0,30
500 – 10.000	0,15	0,20
10.000 – 30.000	0,15	0,15
Di atas 30.000	0,12	0,15

Sumber : Bambang Triadmodjo (2010)

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

$$V = v \cdot \sin 10^\circ \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana :

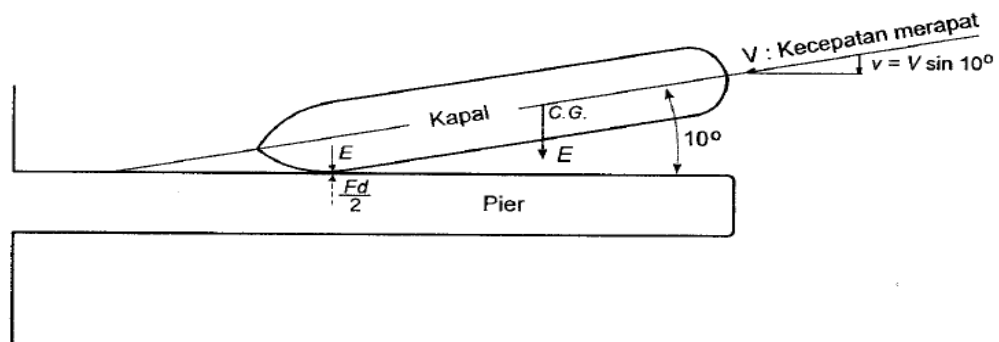
V = komponen kecepatan dalam arah tegak lurus sisi dermaga (m/d).

v = kecepatan merapat kapal (m/d).

2.8.2 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 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 2.28 benturan kapal pada dermaga
(Sumber : Bambang Triadmojo, 2010)

$$F = \frac{W}{gd} V^2 \dots\dots\dots(2.7)$$

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

Pada umumnya nilai defleksi *d* yang diijinkan adalah sebesar 45%. Untuk fender kayu *d* adalah tebal kayu dibagi 20, sistem fender direncanakan untuk menyerap energi tersebut dan gaya yang ditahan oleh dermaga tergantung pada tipe fender.

2.9 Energi yang diteruskan fender terhadap 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:

$$E = \frac{1}{2} Fd \dots\dots\dots(2.8)$$

Dimana :

E = energi benturan kapal (ton/m)

F = gaya bentur yang diserap sistem fender

d = defleksi fender

2.9.1 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 :

- Gaya longitudinal apabila angina datang dari arah haluan ($\alpha = 0^\circ$)

$$R_w = 0,42 \cdot Q_a \cdot A_w \dots\dots\dots(2.9)$$

$$Q_a = 0,063 V_w^2 \dots\dots\dots(2.10)$$

$$A_w = 70\% (B \cdot D_{kapal}) \dots\dots\dots(2.11)$$

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

$$R_w = 0,5 \cdot Q_a \cdot A_w \dots\dots\dots(2.12)$$

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

$$R_w = 1,1 \cdot Q_a \cdot A_w \dots\dots\dots(2.13)$$

$$A_w = 70\% (L_{oa} \cdot D_{kapal}) \dots\dots\dots(2.14)$$

Dimana :

R_w = gaya akibat angin (kg)

- Q_a = tekanan angin (kg)
- V_w = kecepatan angin (m/det)
- A_w = proyeksi bidang yang tertiuip angin (m²)
- B = Lebar kapal (m)
- D_{kapal} = Tinggi kapal (m)
- Loa = Panjang kapal (m)

2.9.2 Gaya Akibat Arus

Seperti halnya angin, arus yang bekerja pada bagian kapal yang terendam air juga akan menyebabkan terjadinya gaya pada kapal yang kemudian diteruskan pada alat penambat, fender dan dermaga. Besar gaya yang ditimbulkan oleh arus diberikan oleh persamaan berikut ;

$$R_a = C_c \cdot \gamma_w \cdot A_c \left(\frac{V_c^2}{2g}\right) \dots\dots\dots(2.15)$$

$$A_c = B \cdot d \dots\dots\dots(2.16)$$

Dimana :

R_a = gaya akibat arus (kg)

γ_w = massa jenis air laut (1025kg/m)

A_c = luas tampang kapal yang terendam air (m²)

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 :

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

Faktor 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.