

BAB II

STUDI PUSTAKA

2.1 TINJAUAN UMUM

Pada tahap perencanaan pelabuhan ini, perlu dilakukan studi pustaka untuk mengetahui gambaran perencanaan dan perhitungan yang dipakai untuk merencanakan dermaga kapal barang untuk cargo di pelabuhan Tegal, di samping juga untuk mengetahui dasar-dasar teorinya. Pada perencanaan tersebut digunakan beberapa metode dan perhitungan yang bersumber dari beberapa referensi yang terkait dengan jenis proyek ini dan di dasarkan pada kondisi riil di lapangan.

Studi Pustaka dimaksudkan agar dapat memperoleh hasil perencanaan yang optimal dan akurat. Dalam bab ini akan dibahas dasar-dasar perencanaan dermaga peti kemas serta kriteria perencanaan dermaga barang di pelabuhan Tegal.

2.2 DASAR-DASAR PERENCANAAN DERMAGA BARANG

Sebuah pelabuhan harus direncanakan untuk menjamin keamanan, kenyamanan, dan efisien baik dari segi biaya pengangkutan maupun penanganan barang dan penumpang. Sebuah pelabuhan juga harus mampu memenuhi kebutuhan pada masa yang akan datang, perkembangan teknologi, dan biaya pengangkutan yang bersaing. Untuk memenuhi standart operasi pelabuhan yang memuaskan, persyaratan umum yang harus dipenuhi adalah :

1. Alur pelayaran yang aman.
2. Ukuran dan kedalaman kolam pelabuhan cukup memenuhi kebutuhan kapal yang berlabu.
3. Tempat berlabu (kolam pelabuhan) terlindung dari serangan gelombang.
4. Tersedia cukup ruang untuk penyimpanan barang , baik tertutup maupun terbuka.
5. Tersedia peralatan bongkar muat dan fasilitas pelayanan laut lainnya dalam jumlah dan ukuran yang memadai.
6. Tersedianya fasilitas pemeliharaan/perbaikan (bengkel) untuk kapal dan peralatan lainnya.

Selain itu pada perencanaan dermaga barang ada beberapa faktor yang perlu dipertimbangkan sehubungan dengan kondisi di lapangan, antara lain :

- Topografi dan Situasi
- Angin
- Pasang surut
- Gelombang dan arus
- Sedimentasi
- Karakteristik kapal
- Jumlah kapal barang yang bersandar pada dermaga

2.2.1 Angin

Pengetahuan sifat angin sangat penting bagi perencanaan pelabuhan karena:

- Angin berpengaruh dalam pengendalian kapal saat memasuki mulut pelabuhan
- Angin menimbulkan gaya-gaya horisontal dan mengakibatkan gelombang laut yang berpengaruh terhadap konstruksi pelabuhan.

Data angin yang kita gunakan berupa data angin harian, yaitu berupa data arah dan kecepatan angin. Kemudian data ini diolah untuk mendapatkan persentase kejadian angin. Setelah itu dibuat gambar *windrose* yang menggambarkan antara kecepatan angin dan persentase kejadian, dan untuk mengetahui arah angin dominan.

2.2.2 Pasang surut

Pasang surut adalah fluktuasi muka air laut sebagai fungsi waktu karena adanya gaya tarik benda-benda di langit terutama matahari dan bulan terhadap massa air laut di bumi. Pengetahuan tentang pasang surut adalah penting dalam perencanaan pelabuhan, elevasi muka air tertinggi (pasang) sangat penting dalam menentukan elevasi puncak bangunan pantai dan fasilitas pelabuhan. sermentara kedalaman alur pelayaran / pelabuhan ditentukan oleh muka air surut.

Mengingat elevasi muka air laut selalu berubah setiap saat, maka diperlukan suatu elevasi yang ditetapkan berdasarkan data pasang surut, yang dapat digunakan sebagai pedoman di dalam perencanaan suatu pelabuhan. Beberapa elevasi tersebut adalah sebagai berikut :

1. Muka air tinggi (*high water level*), muka air tertinggi yang dicapai pada saat air pasang dalam satu siklus pasang surut.
2. Muka air rendah (*low water level*), kedudukan air terendah yang dicapai pada saat air surut dalam satu siklus pasang surut.
3. Muka air tinggi rerata (*mean high water level*, MHWL), adalah rerata dari muka air tinggi selama periode 19 tahun.
4. Muka air rendah rerata (*mean low water level*, MLWL), adalah rerata dari muka air rendah selama periode 19 tahun.
5. Muka air laut rerata (*mean sea level*, MSL), adalah muka air rerata antara muka air tinggi rerata dan muka air rendah rerata.
6. Muka air tinggi tertinggi (*highest high water level*, HHWL), adalah air tertinggi pada saat pasang surut purnama atau bulan mati.
7. Air rendah terendah (*lowest low water level*, LLWL), adalah air terendah pada saat pasang surut purnama atau bulan mati.
8. *Higher high water level*, adalah air tertinggi dari dua air tinggi dalam satu hari, seperti dalam pasang surut tipe campuran.
9. *Lower low water level*, adalah air terendah dari dua air rendah dalam satu hari.

2.2.3 Gelombang

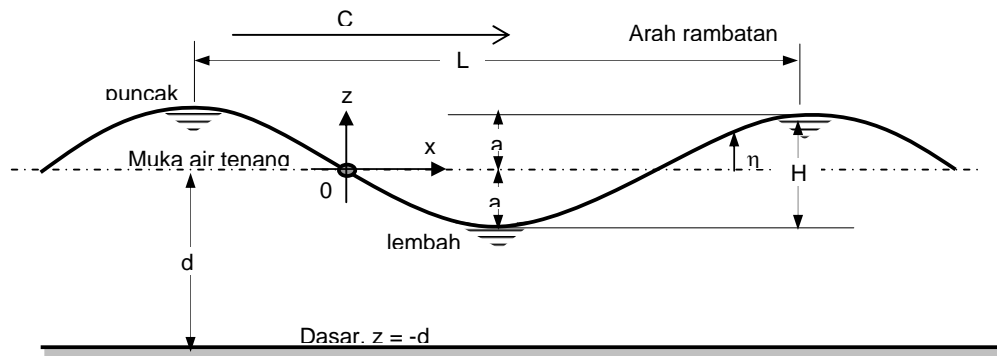
Secara umum gelombang laut ditimbulkan oleh angin meskipun gelombang dapat ditimbulkan oleh berbagai sebab, misalnya letusan gunung berapi di dasar laut, tsunami, gerakan kapal dan lain sebagainya. gelombang digunakan untuk merencanakan bangunan pemecah gelombang dan bangunan pelabuhan lainnya.

Data gelombang diperoleh dari data angin. Data gelombang tidak diperoleh secara langsung, namun didapat dengan cara perhitungan berdasarkan

data angin. Data angin yang digunakan adalah data angin harian berikut informasi mengenai arah, kecepatan serta kelembaban udara dari tahun 2001 sampai dengan 2005.

Bentuk gelombang di air yang disebabkan oleh angin biasanya terdiri dari gelombang dengan bermacam tinggi dan periode serta arah perambatan. Dengan kata lain, gelombang laut yang dibangkitkan oleh angin bersifat acak.

Parameter untuk menjelaskan gelombang diantaranya adalah tinggi, panjang gelombang dan kedalaman air tempat terjadinya gelombang.



Gambar 2.1. Sketsa Definisi Gelombang

Dengan :

- d : jarak antara muka air rata-rata dan dasar laut
- $\eta(x,t)$: fluktuasi muka air terhadap muka air rata-rata
- a : amplitudo gelombang
- H : tinggi gelombang = $2a$
- L : panjang gelombang
- T : periode gelombang, interval antara waktu yang diperlukan oleh partikel air untuk kembali pada kedudukan yang sama dengan kedudukan sebelumnya.
- C : kecepatan rambat gelombang = L / T
- K : angka gelombang = $2\pi / L$
- σ : frekuensi gelombang = $2\pi / T$

► Panjang Gelombang (L)

Adalah jarak horizontal antara dua puncak gelombang atau jarak antara dua lembah.

► Periode (T)

Periode gelombang erat kaitannya dengan panjang gelombang (L) dengan kecepatan gelombang (c). Hubungan L, c, dan T sebagai berikut : $L = c \times T$

► Spectrum Gelombang

Prinsip analisis dari spektrum gelombang adalah menguraikan suatu gelombang irraguler (tidak teratur) menjadi suatu susunan gelombang teratur dari frkuensi dan tinggi gelombang. Spectrum energi gelombang adalah kurva hubungan antara kepadatan energi gelombang dan periode atau frekuensi dari suatu pencatatan gelombang. Beberapa model spektrum energi gelombang laut yang banyak dikenal antara lain :

1. Spektrum Pierson – Moskowitz (1964)

Spektrum ini diusulkan oleh Pierson – Moskowitz (1964) sebagai formula yang baru untuk sebuah distribusi spectrum energi yang dibangkitkan oleh angin berdasarkan teori Kitaigorodskii dan pencatatan datanya lebih akurat. Model spectrum ini menggambarkan “*fully developed sea*” dengan parameter utama kecepatan angin. Persamaannya sebagai berikut :

$$S(\omega) = \alpha g^2 \omega^5 \exp \left[-0,74 \left(\frac{\omega U_w}{g} \right)^4 \right]$$

Dengan :

$$\alpha = 0,0081$$

$$\omega = 2\pi / T$$

$$U_w = \text{kecepatan angin}$$

$$T = \text{periode}$$

2. Spektrum Bretschneider (1959)

Berdasarkan asumsi bahwa spectrum adalah *narrow banded* dan tinggi dan periode gelombang mengikuti distribusi Rayleigh, persamaan modelnya :

$$S(\omega) = 0,1687 H_s^2 \frac{\omega^4}{\omega^5} e^{-0,675(\omega_s / \omega)^4}$$

Dengan :

H_s = tinggi gelombang signifikan

$\omega_s = 2\pi / T_s$

$T_s = 0,946 T_0$

T_0 = periode puncak

3. Spektrum ISSC (1964)

International Ship Structure Congress (ISSC) pada tahun 1964 mengusulkan persamaan model spectrum yang merupakan modifikasi dari spectrum Bretschneider sebagai berikut :

$$S(\omega) = 0,1107 H_s^2 \frac{\omega^4}{\omega^5} e^{-0,4427(\omega_s / \omega)^4}$$

4. Spektrum ITTC (1966)

The International Towing Tank Conference (ITTC) mengusulkan persamaan model spectrum yang merupakan modifikasi dari spectrum Pierson – Moskowitz sebagai berikut :

$$S(\omega) = \alpha g^2 \omega^5 \exp\left[-\frac{4\alpha g^2 \omega^4}{H_s^2}\right]$$

5. Spektrum Jonswap (1973)

Diusulkan oleh Hasselman dkk selama mengerjakan proyek *North Sea Wave*, merupakan modifikasi dari spectrum Pierson – Moskowitz sebagai berikut :

$$S(\omega) = \alpha g^2 \omega^{-5} \exp\left[-1,25(\omega / \omega_0)^{-4}\right] \gamma^{\exp\left[\frac{(\omega - \omega_0)^2}{2r^2 \omega_0^2}\right]}$$

Dengan :

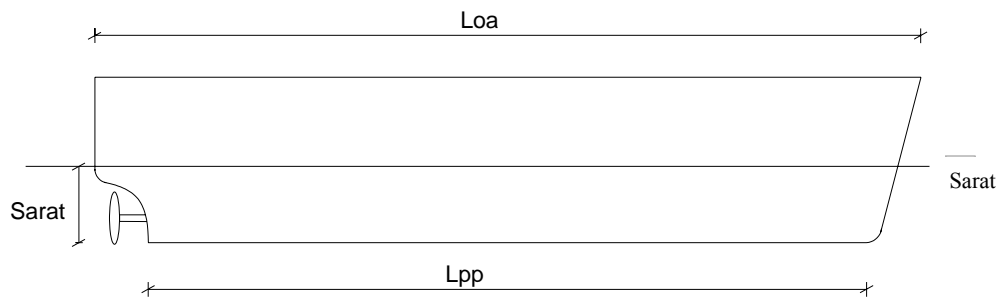
$$\gamma = 3,3$$

$$\tau = 0,09$$

$$\omega_0 = 0,161 \text{ g / Hs}$$

2.2.4 Karakteristik Kapal

Dalam merencanakan pelabuhan, maka perlu kita ketahui berbagai sifat dan fungsi kapal, karena dari data ini diketahui ukuran-ukuran pokok dari kapal yang berguna bagi perencana untuk menetapkan ukuran-ukuran teknis pelabuhan. Sesuai dengan pengembangan teknologi kapal, maka pelabuhan sebagai prasarana harus disesuaikan sedemikian, sehingga dapat melayani kapal dan mampu melayani muatan. Antara kapal dan pelabuhan terdapat hubungan ketergantungan.



Gambar 2.2. Dimensi Kapal

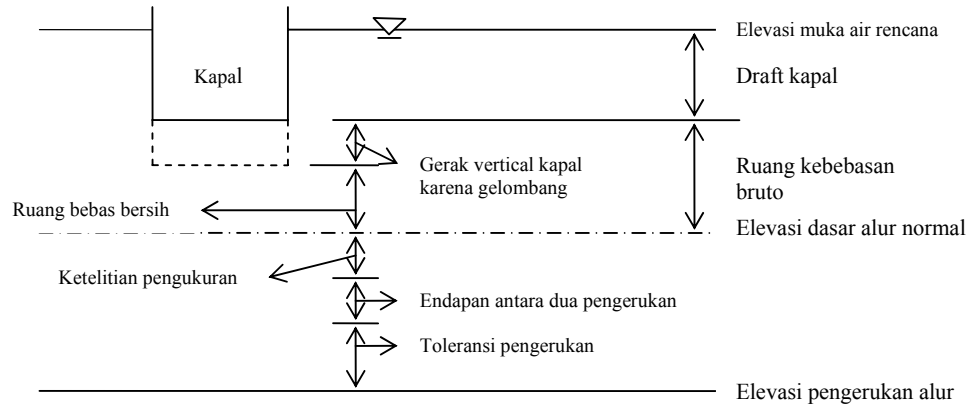
L_{pp} = ukuran panjang kapal dihitung dari *designed load water line* pada titik perpotongan haluan dan poros kemudi

L_{oa} = ukuran ekstrim panjang kapal dihitung dari titik ekstrim haluan sampai dengan titik ekstrim buritan kapal

$Sarat / Draft$ = ukuran kedalaman ekstrim antara *designed load water line* dengan titik terendah lunas kapal

2.2.5 Kedalaman Alur Pelayaran

Untuk mendapatkan kondisi operasi yang ideal kedalaman air di alur masuk harus cukup besar untuk memungkinkan pelayanan pada muka air terendah dengan kapal bermuatan penuh.



Gambar 2.3. Kedalaman alur pelayaran

Kedalaman air total adalah :

$$H = d + G + R + P + S + K$$

Dimana : d = draft kapal

G = gerak vertical kapal karena gelombang

R = ruang kebebasan bersih,

dasar laut berpasir 0,5 m

dasar laut karang 1,0 m

P = ketelitian pengukuran

S = pengendapan sedimen antara dua pengerukan

K = toleransi pengerukan

(*Pelabuhan, Bambang Triatmodjo, hal.112, 1997*)

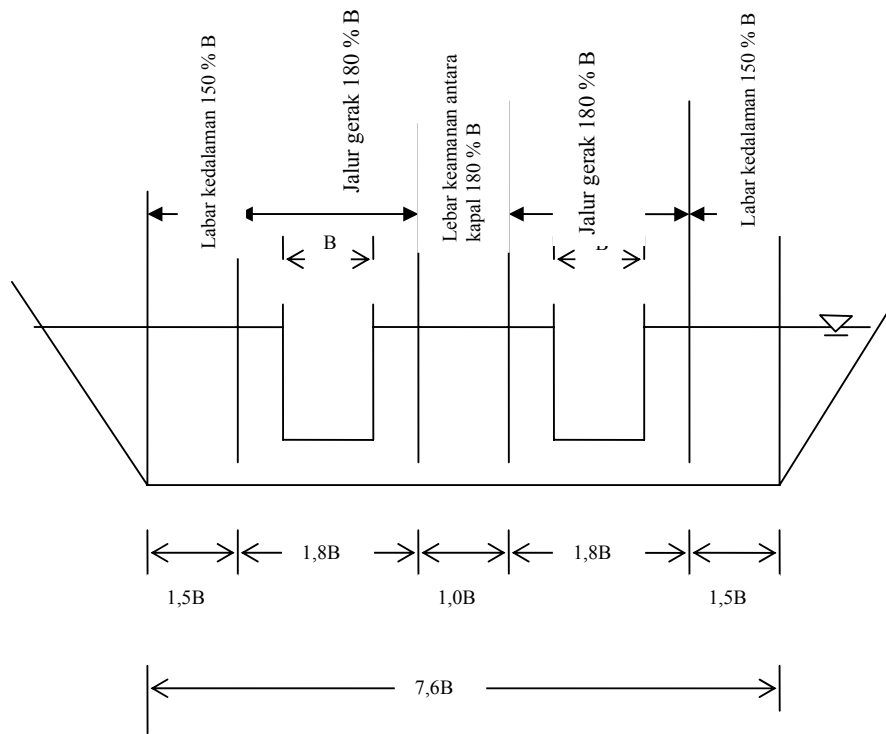
2.2.6 Lebar Alur

Alur pelayaran adalah bagian perairan pelabuhan yang berfungsi sebagai jalan masuk atau keluar bagi kapal-kapal yang berlabu.

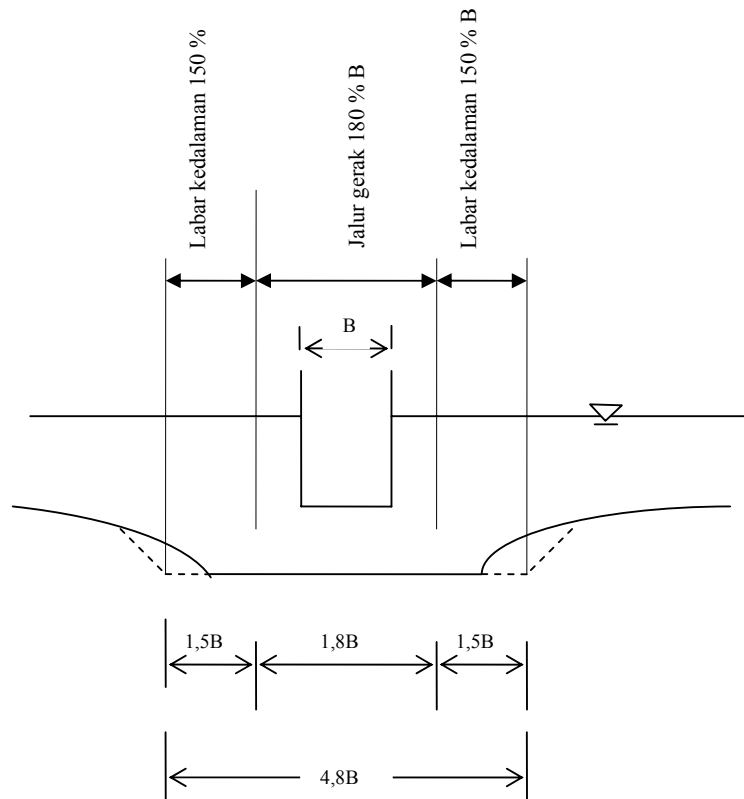
Dasar pertimbangan dalam perencanaan alur pelayaran adalah :

- Navigasi yang mudah dan aman untuk memberikan kemudahan bagi kapal-kapal yang melakukan gerakan manuver.
- Karakteristik kapal yang akan dilayani (panjang, lebar, sarat)
- Mode operasional alur pelayaran :satu arah atau dua arah.
- Batimetri alur pelayaran (kondisi dasar sungai/laut, jaringan pipa, kabel bawah laut,dll).
- Kondisi hidro-oseanografi : arus, gelombang, pasang surut.
- Kondisi meteorologi, terutama kecepatan dan arah angin.
- Tingkat pelayanan yang disyaratkan : kapal dapat melayani alur pelayaran setiap saat atau hanya pada saat laut pasang.
- Kondisi geoteknik dasar alur pelayaran.

Tidak ada rumus yang memuat faktor-faktor tersebut secara baku, tapi telah ditetapkan berdasarkan pada lebar kapal dan faktor-faktor yang ada. Jika kapal boleh bersimpangan, lebar alur adalah 6-7 kali lebar kapal. Pada jalur yang tidak boleh bersimpangan, lebar alur adalah 3-4 kali lebar kapal.



Gambar 2.4.a. Lebar alur dua jalur



Gambar 2.4.b. Lebar alur satu jalur

2.2.7 Kolam Pelabuhan

Kolam pelabuhan adalah lokasi perairan tempat kapal berlabu, mengisi perbekalan, atau melakukan aktivitas bongkar muat. Secara fungsional batas-batas kolam pelabuhan sulit ditentukan dengan tepat, tetapi secara teknis kolam pelabuhan dibatasi oleh daratan, pemecah gelombang, dermaga, atau batas administrasi pelabuhan.

Dasar pertimbangan perencanaan kolam pelabuhan :

- Perairan cukup tenang
- Lebar dan kedalaman perairan kolam disesuaikan dengan fungsi dan kebutuhan.
- Kemudahan gerak (manufer) kapal.

Kolam pelabuhan harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut :

- Cukup luas supaya dapat menampung semua kapal yang datang berlabuh dan masih tersedia cukup ruang beba supaya kapal masih dapat bergerak dengan bebas.
- Cukup lebar supaya kapal dapat melakukan manuver dengan bebas, sebaiknya merupakan lintasan memutar yang tidak terputus.
- Cukup dalam supaya kapal terbesar masih dapat masuk pada saat air surut terendah.

2.2.8 Dermaga Barang

Dermaga adalah suatu bangunan pelabuhan yang digunakan untuk merapat dan menambat kapal yang melakukan bongkar muat barang dan menaik-turunkan penumpang. Dimensi dermaga didasarkan pada jenis dan ukuran kapal yang merapat dan bertambat pada dermaga tersebut.

Dasar pertimbangan dalam perencanaan dermaga adalah :

- Pemilihan lokasi dermaga dengan mempertimbangkan arah angin, arah arus, dan perilaku kestabilan pantai.
- Panjang dan lebar dermaga disesuaikan dengan kapasitas/jumlah kapal yang akan berlabuh.
- Letak dermaga dipilih sedemikian rupa sehingga paling menguntungkan terhadap fasilitas darat yang tersedia dengan masih tetap mempertimbangkan kedalaman kedalaman perairan.
- Elevasi lantai dermaga ditentukan dengan memperhitungkan kondisi pada saat kondisi pasang surut.

Dermaga yang melayani barang curah menerima beban yang besar di atasnya, barang yang dibongkar muat, peralatan transportasi (truk). Dermaga yang cocok adalah dermaga tipe *wharf*. *Wharf* adalah dermaga yang dibuat sejajar dengan pantai. Pier adalah dermaga yang menjorok ke laut. Berbeda dengan *wharf* yang digunakan untuk merapat pada satu sisinya, pier bisa digunakan pada satu sisi atau dua sisinya.

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam perencanaan dermaga diuraikan di bawah ini :

Untuk pier 2 tambatan :

⇒ Panjang Dermaga

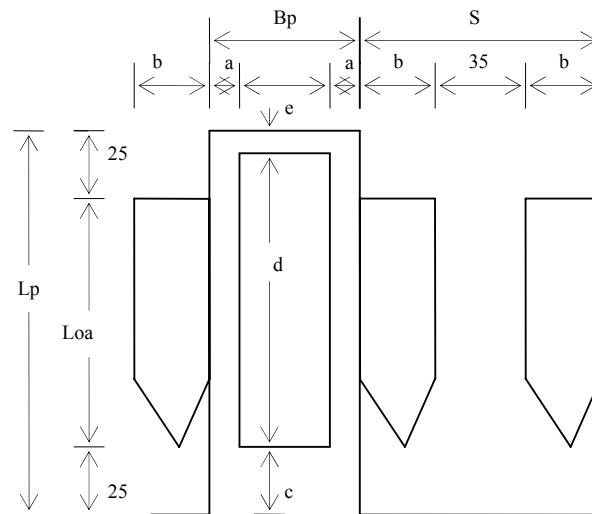
$$L_p = L_{oa} + 50,00$$

⇒ Lebar Pier

$$B_p = 2a + b$$

⇒ Lebar Slip

$$S = 2B + 35$$



Gambar 2.5. Pier berbentuk jari untuk 2 tambatan

Keterangan :

L_p : panjang dermaga

A : luas gudang

L_{pp} : panjang kapal yang ditambat

b : lebar gudang

n : jumlah kapal yang ditambat

- a : lebar apron
- e : lebar jalan

⇒ Lebar Dermaga

Lebar dermaga yang disediakan untuk bongkar muat barang disesuaikan dengan kebutuhan ruang dengan perhitungan yang cukup untuk pengobrasian peralatan yang digunakan.

⇒ Elevasi Dermaga

Elevasi dermaga dibuat sedemikian rupa sehingga pada saat pasang tinggi air tidak melimpas ke permukaan dermaga. Penentuan elevasi dermaga sesuai dengan kondisi pasang surut adalah tinggi gelombang ditambah dengan tinggi jagaan 1 m.

⇒ Gaya yang bekerja pada dermaga

1. Gaya benturan kapal

Saat merapat ke dermaga, kapal masih memiliki kecepatan sehingga terjadi benturan antara kapal dan dermaga. Dalam perencanaan dianggap bahwa benturan maksimum terjadi jika kapal bermuatan penuh menghantam dermaga pada sudut 10° terhadap sisi depan dermaga. Gaya benturan terjadi secara horisontal dan dapat dihitung berdasarkan energi benturan.

Besarnya energi benturan :

$$E = \frac{W V^2}{2g} \times C_m \times C_e \times C_s \times C_c$$

dengan :

E : energi benturan (Tm)

V : komponen tegak lurus sisi dermaga dari kecepatan kapal saat membentur dermaga (m/d)

W : *displacement* (berat) kapal

g : percepatan gravitasi

C_m : koefisiensi massa

C_e : koefisiensi eksentrisitas

C_s : koefisiensi kekerasan (diambil 1)

C_c : koefisiensi bentuk dari tambatan (diambil 1)

Koefisien massa tergantung pada gerakan air di sekeliling kapal, dapat hitung dengan rumus :

$$C_m = 1 + \frac{\pi}{2 \times C_b} \frac{d}{B}$$

$$C_b = \frac{W}{L_{pp} \times B \times d \times \gamma_o}$$

Dengan :

C_b : koefisien blok kapal

d : *draft* kapal (m)

B : lebar kapal (m)

L_{pp} : panjang garis air (m)

γ_o : berat jenis kapal laut (t/m³)

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

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

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

$$L_{pp} = (0,846 L_{oa})^{1,0193} \quad (\text{kapal barang})$$

dengan :

l : jarak sepanjang permukaan air dermaga dari pusat berat kapal sampai titik standar kapal (m)

r : jari-jari putaran (m)

L_{pp} : panjang garis air (m)

2. Gaya akibat angin

Angin yang berhempus ke badan kapal yang ditambat akan menyebabkan gerakan kapal yang bisa menimbulkan gaya pada dermaga. Jika arah angin menuju ke dermaga, maka gaya tersebut berupa gaya benturan ke dermaga. Sedangkan jika arahnya meninggalkan dermaga akan menyebabkan

gaya tarikan kapal pada alat penambat. Besarnya gaya angin tergantung pada arah hembusan angin, dapat hitung dengan rumus :

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

$$R_w = 0,42 \times Q_a \times A_w$$

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

$$R_w = 0,5 \times Q_a \times A_w$$

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

$$R_w = 1,1 \times Q_a \times A_w$$

Dimana :

$$Q_a = 0,0063 V^2$$

Dengan :

R_w : gaya akibt angin (kg)

Q_a : tekanan angin (kg / m²)

V : kecepatan angin (m/d)

A_w : proyeksi bidang yang tertiuip angin (m²)

3. Gaya akibat arus

Arus yang bekerja pada kapal yang terendam air akan menyebabkan terjadinya gaya pada kapal yang kemudian diteruskan pada dermaga dan alat penambat. Gaya akibat arus dapat dihitung dengan rumus :

- a. Gaya tekanan akibat arus yang bekerja dalam arah haluan

$$R_f = 0,14 \times S \times V^2$$

- b.gaya tekanan akibat arusyng bekerja dalam arah sisi kapal

$$R_f = 0,5 \times \rho \times C \times V^2 \times B'$$

Dengan :

R_f : gaya akibat arus (kgf)

S : luas tampang kapal yang terendam air (m^2)

ρ : rapat massa air laut , $\rho = 104,5$ ($kgf\ d / m^4$)

C : koefisien tekanan arus

V : kecepatan arus (m/d)

B' : luas sisi kapal di bawah muka air (m^2)

Dalam perencanaan dermaga peti kemas gaya arus tidak diperhitungkan karena tidak signifikan.

⇒ Beban Rencana

a. Beban Horisontal (*Lateral Loads*)

Beban horisontal yang bekerja pada dermaga terdiri dari gaya akibat angin dan arus, gaya akibat benturan kapal dan gaya akibat gempa.

b. Beban vertikal (*vertical Loads*)

Beban vertikal terdiri dari beban mati dan beban hidup. Beban mati terjadi akibat berat konstruksi-konstruksi yang terdapat pada bangunan tersebut, sedang beban hidup biasanya terdiri dari beban merata, beban terpusat akibat roda-roda truk atau peralatan yang bekerja untuk melakukan bongkar muat dalam pelabuhan.

⇒ Konstruksi Dermaga

Konstruksi dermaga yang direncanakan di pelabuhan Tegal menggunakan konstruksi beton bertulang. Perhitungan konstruksi dermaga meliputi perhitungan lantai dermaga dan perhitungan balok, yaitu balok tepi, balok memanjang dan balok melintang. Pembebanan yang terjadi pada plat lantai dan balok dermaga meliputi beban mati (*dead load*) yang berupa beban sendiri, beban air hujan dan beban hidup (*life load*) berupa beban orang, beban truk. Perencanaan beban tersebut berdasarkan peraturan perencanaan beton bertulang menggunakan SK SNI T-15-1991-03

2.2.9 Pondasi Dermaga

Dalam perencanaan dermaga barang di pelabuhan Tegal, pondasi yang digunakan adalah pondasi tiang pancang.

Pada umumnya tiang pancang tegak lurus ke dalam tanah, tetapi apabila diperlukan untuk dapat menahan gaya-gaya horisontal maka tiang pancang akan dipancang miring. Agar dapat merencanakan pondasi tiang pancang yang benar, maka perlu mengetahui beban-beban yang bekerja pada konstruksi diatas bangunan tersebut :

⇒ Perhitungan daya dukung tiang pancang

Tiang pancang tunggal

$$Q = \frac{A.qc}{3} + \frac{JHL.k}{5}$$

(Sardjono H.S, hal 71, 1988)

Dimana :

- A = luas tiang pancang
- qc = nilai konus pada kedalaman
- JHL = total friction
- k = keliling tiang pancang

⇒ Perhitungan daya dukung tiang pancang terhadap kekuatan beban

$$P \text{ tiang} = \sigma_b \times A \text{ tiang}$$

(Sardjono H.S, hal 42, 1988)

Dimana :

- σ_b = tegangan ijin beton
- A tiang = luas tiang pancang

- ⇒ Perhitungan daya dukung tiang pancang terhadap pemancangan
 Dengan rumus pancang A.Hiley dengan tipe *single acting drop hammer*.

$$P_u = \frac{E_f \times W \times H}{\delta + \frac{1}{2}(C_1 + C_2 + C_3)} \times \frac{W + e^2 \times W_p}{W + W_p}$$

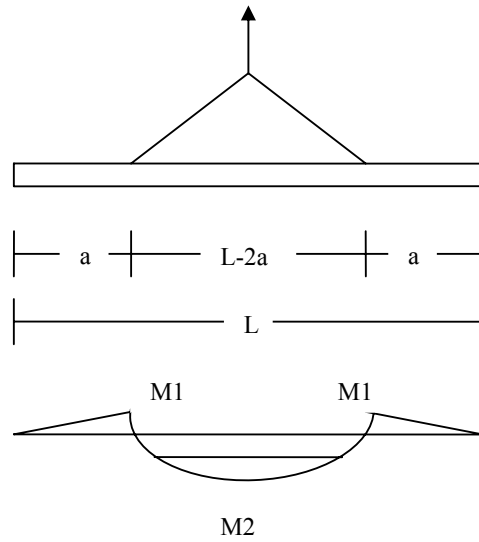
(JE Bowles, hal 322, 1993)

Dimana :

- Ef = efesiensi alat pancang
- Wp = berat sendiri tiang pancang
- W = berat hammer
- e = koefisien pengganti beton
- H = tinggi jatuh hammer
- δ = penurunan tiang akibat pukulan terakhir
- C1 = tekanan izin sementara pada kepala tiang dan penutup
- C2 = simpangan tiang akibat tekanan izin sementara
- C3 = tekanan izin sementara
- Pu = batas maksimal beban (ton)
- Batas bebas izin yang diterima tiang (Pa)
- Pa = 1 / n x Pu

- ⇒ Penulangan tiang pancang
 Untuk perhitungan penulangan tiang pancang, diambil pada kondisi momen-momen yang terjadi adalah momen akibat pengangkutan satu titik dan pengangkutan dua titik.

1. Pengangkatan dua titik



Gambar 2.6. Pengangkatan dua titik

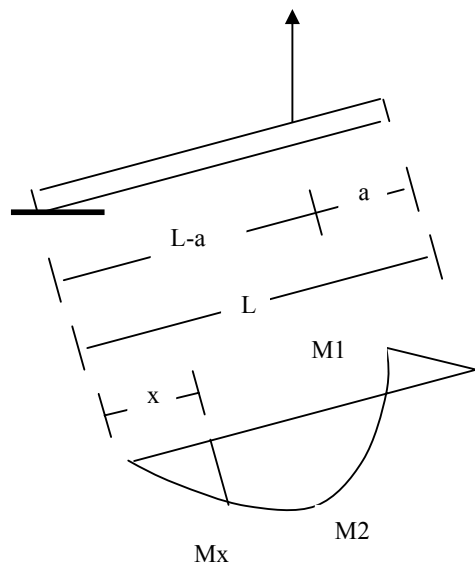
$$M_1 = M_2$$

$$\frac{1}{2} q a^2 = \frac{1}{8} \cdot q \cdot (L - 2a)^2 - \frac{1}{2} \cdot q \cdot a^2$$

$$4 a^2 + 4 a L - L^2 = 0$$

$$a = 0,209 L$$

2. Pengangkatan satu titik



Gambar 2.7. Pengangkatan satu titik

$$a = [(L^2 - 2aL)^2 / 2] \cdot (L-a)$$

$$2a^2 - 4aL + L^2 = 0$$

$$a = 0,29 L$$

2.2.10 Fender

Pada waktu kapal merapat ke dermaga, kapal masih memiliki kecepatan, sehingga akan terjadibenuran antara kapal dengan dermaga. meskipun kecepatan kapal kecil namun dapat mengakibatkan kerusakan. Untuk itu maka di sepanjang dermaga diberi bantalan yang berfungsi menyerap energi benturan. Bantalan itu disebut fender. Energi yang diserap oleh system fender dan dermaga dianggap 1/2 E. Setengah energi lain diserap oleh air dan kapal.

$$F = \frac{WV^2}{2 \times g \times d}$$

dengan :

F : gaya bentur yang diserap system fender

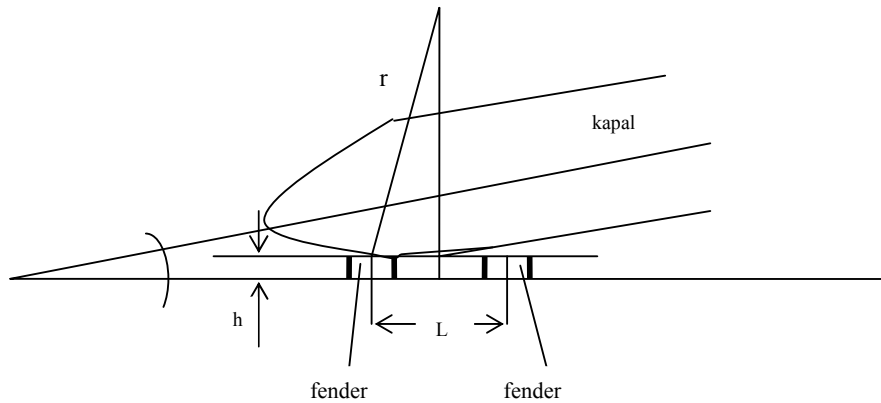
d : defleksi fender, untuk fender kayu d dibagi 20

V : komponen kecepatan dalam arah tegak lurus sisi dermaga

W : bobot kapal bermuatan penuh

g : gaya gravitasi (9,81 m/s²)

Jarak antar fender harus ditentukan unntuk menghindari kontak langsung antara kapal dengan dinding dermaga.



Gambar 2.8. Jarak antar fender

Persamaan yang dapat dipakai untuk menentukan jarak maksimum antar fender :

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

dengan :

L : jarak antara fender (m)

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

h : tinggi fender (m)

(*Pelabuhan, Bambang Triatmodjo, hal. 207, 1997*)

2.2.11 Peralatan Penambat

Alat penambat adalah suatu konstruksi yang digunakan untuk keperluan berikut ini :

1. Mengikat kapal pada waktu berlabu agar tidak terjadi pergeseran atau gerak kapal yang disebabkan oleh gelombang, arus dan angin.
2. Menolong berputarnya kapal.

Alat penambat ini bisa diletakkan di darat (dermaga) dan di dalam air. Menurut macam konstruksinya alat penambat dapat dibedakan menjadi tiga macam berikut ini :

1. *Bolder* pengikat
2. Pelampung penambat (*mooring buoy*)
3. *Dolphin*

1. *Bolder* / Alat pengikat

Kapal yang berlabu ditambatkan ke dermaga dengan mengikat tali-tali penambat ke bagian haluan, butiran dan badan kapal. Tali-tali penambat diikatkan pada alat penambat yang dikenal dengan *bitt* yang dipasang disepanjang sisi dermaga. *Bitt* dengan ukuran yang lebih besar disebut dengan *bollart* (*corner mooring post*) yang diletakkan pada kedua ujung dermaga. *Bitt* digunakan untuk mengikat kapal pada kondisi normal, sedangkan *bollart* selain untuk mengikat pada kondisi normal dan pada kondisi badai, juga dapat digunakan untuk mengarahkan kapal merapat ke dermaga atau untuk membelok/memutar terhadap ujung dermaga atau *dolphin*. Alat penambat ini ditanam di dalam beton. Dengan cara tersebut memungkinkan mengganti baut yang rusak. Alat pengikat ini biasanya terbuat dari cor berbentuk silinder yang pada ujung atasnya dibuat tertutup dan lebih besar sehingga dapat menghalangi keluarnya tali kapal yang diikatkan. Supaya tidak mengganggu kelancaran kegiatan di dermaga (bongkar muat barang) maka tinggi *bolder* dibuat tidak lebih dari 50 cm di atas lantai dermaga.

2. Pelampung penambat (*mooring buoy*)

Pelampung penambat berada di kolam pelabuhan atau ditengah laut. Kapal-kapal yang akan bongkar muat tidak selalu dapat langsung merapat pada dermaga karena dermaga sedang dipakai, diperbaiki atau lainnya. Dengan demikian kapal harus menunggu di luar dermaga dan berhenti. Bila kapal berada di luar lindungan pemecah gelombang, kapal dapat berlabu dengan cara membuang jangkarnya sendiri. Tetapi di luar lindungan pemecah gelombang tidak selalu tenang, sehingga dianjurkan untuk berlabu di dalam lindungan pemecah gelombang. Mengingat luas daerah lindungan pemecah gelombang adalah terbatas, maka kapal yang berlabu dengan menggunakan jangkarnya sendiri dapat mengganggu kapal-kapal yang lain karena dapat berputar 360⁰. untuk mengurangi gerakan

berputar ini perlu diadakan beberapa pelampung penambat. Selain berfungsi pengikat kapal, pelampung penambat ini dapat dipakai sebagai penolong untuk berputar ditempat-tempat yang agak sempit seperti diantara pier. Pelampung penambat juga dipakai sebagai pembantu pengereman kapal. Pelampung penambat terdiri dari beberapa komponen yaitu pelampung penambat, beton pemberat, jangkar dan rantai antar jangkar dan pelampung. Sedangkan jumlah pelampung penambat tergantung pada ukuran kapal, angin, arus, gelombang, keadaan dasar laut dan pertimbangan ekonomi.

3. *Dolphin*

Dolphin digunakan untuk menambatkan kapal tangker berukuran besar yang biasanya digunakan bersama-sama dengan *pier* dan *wharf* untuk memperpendek panjang bangunan tersebut. *Dolphin* dapat dibedakan menjadi dua macam yaitu *dolphin penahan (breasting dolphin)* dan *dolphin penambat (mooring dolphin)*. *Dolphin* penahan mempunyai ukuran yang lebih besar, karena direncanakan untuk menahan benturan kapal ketika berlabu 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 sepanjang dermaga dan menahan tarikan kapal. *Dolphin* penambat tidak digunakan untuk menahan benturan, tetapi hanya sebagai penambat. Pelampung penambat diletakkan di belakang dermaga dan membentuk sudut sekitar 45° terhadap haluan dan buritan kapal. Pelampung penambat juga dilengkapi dengan bolder dan gaya tarik maksimal satu tali pengikat tidak lebih dari 50 ton. Menurut konstruksinya *dolphin* dapat dibedakan menjadi *dolphin lentur* dan *dolphin kaku*. *Dolphin lentur* terdiri dari suatu kelompok tiang dari kayu, besi atau beton yang diikat dengan kabel baja. *Dolphin lentur* ini digunakan untuk menambatkan kapal-kapal kecil yang tidak lebih dari 5.000 DWT, atau sebagai penahan benturan untuk melindungi dermaga atau untuk menahan kapal-kapal yang lebih besar agar tidak membebani dermaga dan struktur-struktur yang tidak dirancang untuk menahan beban benturan kapal. Untuk kapal-kapal besar (9.000-17.000 DWT) maka digunakan *dolphin kaku* dengan platform digunakan

untuk mengikat dan menahan kapal. Dolphin kaku dapat terbuat dari tiang-tiang pancang kayu, beton atau sel turap. Biasanya tambahan ini dilengkapi dengan fender. Apabila kapal yang ditambatkan lebih besar lagi maka digunakan tambatan kapal yang dibuat dari plat beton tebal yang didukung oleh tiang-tiang baja yang dipancang secara vertikal dan miring. Tiang-tiang pancang dapat terbuat dari pipa atau besi profil. Untuk tambatan jenis ini dapat digunakan untuk menambatkan kapal berukuran sampai 70.000 DWT.