

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengetahuan Umum Tentang Dermaga

Dermaga adalah bangunan pelabuhan yang digunakan untuk merapatnya kapal dan menambatkannya pada waktu bongkar muat barang dan menaik turunkan penumpang. Dimensi dermaga ditentukan pada jenis dan ukuran kapal yang merapat dan tertambat pada dermaga tersebut.

Ditinjau dari jenisnya, dermaga dapat dibedakan menjadi:

1. Dermaga Dinding Berbobot

Konstruksi dermaga ini terdiri dari blok-blok beton dasar yang diatur sedemikian rupa sehingga membuat sudut 60° dengan garis horizontal. Besar blok beton disesuaikan dengan kapasitas angkat dari keran. Perletakan balok beton dengan letak miring dimaksudkan agar terjadi geseran antar balok beton yang satu dengan yang lainnya, sehingga dicapai kesatuan konstruksi yang mampu memikul beban-beban vertical dan horizontal pada dermaga.

2. Dermaga dengan Tiang pancang

Sesuai dengan kedalaman yang diperlukan, karakteristik tanah, peralatan yang tersedia dan manusia pelaksana yang terdapat pada satu lokasi, maka cara pondasi tiang pancang pada umumnya sangat menguntungkan. Tiang pancang ini dapat dibuat dari kayu (ulin), baja atau beton (bertulang/pratekan). Untuk kedalaman pondasi yang dalam, biasanya digunakan tiang beton pratekan atau tiang baja. Pada beberapa hal dapat pula digunakan tiang sambungan, tapi dengan syarat sambungan tiang ini mampu meneruskan gaya-gaya dan momen-momen lentur.

3. Dermaga dengan Dinding Turap atau Dinding Penahan

Untuk kedalaman karakteristik tanah tertentu, maka konstruksi dermaga dapat dibuat dari turap ataupun dinding penahan tanah. Dinding penahan tanah atau turap beton dapat digunakan untuk kedalaman

perairan (-2,00 – 4,00) MLLW. Kedalaman yang lebih besar biasanya digunakan turap baja.

4. Dermaga Konstruksi Koison

Konstruksi koison untuk pembangunan dermaga dapat diterapkan bila karakteristik tanah jelek. Koison adalah suatu konstruksi kotak-kotak beton bertulang yang dibuat didarat dan dengan cara mengapungkan dan dipasang pada posisi yang diinginkan kemudian ditenggelamkan dengan mengisi dinding kamar-kamar koison dengan pasir laut.

5. Dermaga dengan Konstruksi Ganda

Pada keadaan karakteristik tanah yang kurang menguntungkan dapat dikembangkan konstruksi ganda, yaitu suatu kombinasi tiang pancang dimana di atasnya ditempatkan dinding penahan tanah dengan sekat-sekat, pada bagian muka dapat ditempatkan turap yang berfungsi menahan tanah.

Ditinjau dari bentuknya, dermaga dapat dibedakan menjadi:

1. Memanjang / sejajar pada garis pantai (*Wharf*)

Adalah dermaga yang parallel dengan pantai dan biasanya berimpit dengan garis pantai. *Wharf* juga dapat berfungsi sebagai penahan tanah yang ada di belakangnya.

2. Menjorok ke laut (*Jetty*)

Adalah dermaga yang menjorok ke laut. *Jetty* ini biasanya sejajar dengan pantai dan dihubungkan dengan daratan oleh jembatan yang biasanya membentuk sudut 90° dengan *jetty*, sehingga *jetty* dapat berbentuk T dan L.

3. Menyerupai jari

Adalah dermaga yang dibangun biasanya bila garis kedalaman terbesar menjorok ke laut dan tidak teratur. Khususnya dibangun untuk melayani kapal dengan muatan umum.

Pada umumnya konstruksi dermaga terdiri dari beberapa bangunan, yaitu:

1. Dolphin

Adalah bagian dari konstruksi dermaga yang merupakan tempat untuk mengikatkan tambatan kapal sehingga kapal tidak bisa bergerak bebas di perairan dan konstruksi ini menerima gaya tarikan dari kapal.

2. Fender

Adalah bagian konstruksi yang berfungsi sebagai penahan benturan ketika kapal bertambat. Konstruksi ini dapat dibuat bergandeng dengan dermaga ataupun terpisah, dan sistem fender ini menerima gaya horizontal dari benturan kapal.

3. Jembatan (*bridge*)

Konstruksi ini dapat dibangun atau setidaknya sesuai dengan kebutuhan dari dermaga itu sendiri, dan konstruksi jembatan ini ada yang bergerak (*moveable bridge*) dan ada yang tidak bergerak (*steady bridge*). Jembatan berfungsi sebagai penghubung antara kapal dan dermaga.

4. *Landing Deck*

Adalah konstruksi utama dari dermaga yang merupakan landasan kendaraan yang turun dari kapal untuk bongkar muat barang dan penumpang.

2.2 Bagian-Bagian Konstruksi Dermaga

2.2.1 Bangunan Atas

Bangunan atas terdiri dari:

a. Pelat Lantai

Adalah bagian dari plat dermaga untuk dilewati kendaraan yang menuju kapal atau dari kapal menuju daratan.

b. Balok

Adalah rangkaian dari gelagar memanjang dari konstruksi dermaga tersebut dan merupakan pengaku serta memikul pelat lantai.

2.2.2 Sistem Fender

Pada dasarnya dari segi konstruksi diketahui 3 sistem yaitu:

a. Fender Pelindung Kayu

Fender jenis ini makin kurang penggunaannya, karena makin langkanya mendapatkan kayu panjang.

b. Fender Gantung

Bentuk fender ini dari yang paling sederhana sampai yang lebih sulit dalam pelaksanaannya. Biasanya digunakan untuk konstruksi dermaga yang menampung kapal-kapal jenis kecil. Dikenal beberapa jenis yaitu:

- 1) Rantai dilindungi karet
- 2) Berbobot

Bentuk ini sudah jarang lagi digunakan karena biaya pemeliharaan yang tinggi.

c. Fender Bentur

Guna menyerap energi tinggi yang ditimbulkan benturan kapal pada dermaga, pada saat ini dikembangkan tiga jenis yaitu:

- 1) Fender hidrolik
- 2) Fender per baja
- 3) Fender karet

2.2.3 Alat Penambat

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

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

Menurut letaknya alat penambat dibagi:

- 1) Alat penambat di darat
Yaitu: bolder / bollard
- 2) Alat penambat di dalam air
Yaitu: pelampung penambat, dolphin

i. Bolder / Bollard

Adalah alat penambat yang ditanam di bagian tepi dermaga yang berfungsi untuk menambat kapal-kapal yang berlabuh, supaya tidak terjadi suatu penggeseran atau penggoyangan yang besar.

Tipe-tipe Bollard:

- a) Bollard/Bitt

Direncanakan untuk menahan gaya tarik 35 ton

b) *Double Bitt*

Masing-masing bitt direncanakan untuk menahan gaya tarik sebesar 35 ton.

c) *Corner Mooring Post*

Alat penambat yang ditanam pada tepi pantai dekat ujung dermaga yang direncanakan untuk menahan gaya tarik sebesar 50-100 ton.

ii. Pelampung penambat

Adalah alat penambat yang letaknya diluar dermaga, yaitu didalam kolam pelabuhan atau di tengah-tengah laut (*off share*).

a) Di dalam kolam pelabuhan, fungsinya:

- Untuk mengikat kapal-kapal yang sedang menunggu dan berhenti diluar dermaga, karena dermaga sedang dipakai.
- Sebagai penolong untuk berputarnya kapal.

b) Di tengah-tengah laut, fungsinya:

Untuk keperluan kapal-kapal yang draftnya besar, dapat membongkar / memuat ke / dari tongkang.

2.2.4 Bangunan Bawah

Pondasi adalah suatu bagian dari dermaga yang tertanam atau berhubungan dengan tanah, fungsi dari pondasi adalah untuk menahan beban bangunan di atasnya dan meneruskannya ke tanah dasar. Tujuannya adalah agar didapat keadaan yang kokoh dan stabil atau dengan kata lain tidak akan terjadi penurunan yang besar, baik arah vertikal maupun horizontal. Dalam perencanaan suatu konstruksi untuk bangunan yang kokoh, kuat, stabil dan ekonomis, perlu diperhitungkan hal-hal sebagai berikut:

1. Daya dukung dan sifat-sifat tanah.
2. Jenis serta besar kecilnya bangunan yang dibuat.
3. Keadaan lingkungan lokasi pelaksanaan.
4. Peralatan yang tersedia.

5. Waktu pelaksanaan yang tersedia.

Dari kelima faktor tersebut diatas, dalam perencanaan dan pelaksanaan serta jenis pondasi yang akan dipakai, maka dapat dipilih beberapa alternatif antara lain:

1. Pondasi dangkal

Adalah suatu pondasi yang mendukung bangunan bawah secara langsung pada tanah. Pondasi dangkal dapat dibedakan menjadi:

- a. Pondasi tumpuan setempat.
- b. Pondasi tumpuan menerus.
- c. Pondasi tumpuan pelat.

2. Pondasi dalam

Pondasi dapat dibedakan menjadi:

a. Pondasi tiang pancang

Pondasi tiang pancang digunakan bila tanah pendukung berada pada kedalaman lebih dari 8 meter, bentuk dari pondasi tiang pancang adalah lingkaran, segi empat, segi tiga, dll.

b. Pondasi sumuran

Pondasi sumuran digunakan apabila tanah pendukung berada pada kedalaman 2-8 meter, pondasi ini mempunyai bentuk penampang bulat, segiempat, dan oval.

2.3 Tinjauan Perhitungan Konstruksi

2.3.1 Dasar Perhitungan Konstruksi

Dalam perencanaan konstruksi dermaga, perlu diperhatikan pembebanannya, karena akan mempengaruhi konstruksi dermaga tersebut, panjang bentang, lebar bentang, dan bahan utama pembuatan konstruksi tersebut. Penyelesaian perhitungan dan perencanaan bangunan berpedoma kepada peraturan – peraturan yang berlaku di indonesia, diantaranya :

1. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung, SNI T-15-1991-03 oleh Departemen Pekerjaan Umum dan Badan Standarisasi Nasional. Dibuat sebagai acuan dalam melakukan perencanaan bangunan gedung.

2. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung, SNI 03-2847-2002 oleh Depatemen Pekerjaan Umum dan Badan Standarisasi Nasional. Dibuat sebagai acuan dalam melakukan perencanaan bangunan gedung.
3. Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG1983).
4. Struktur Beton Bertulang, oleh Istimawan Dipohusodo. Buku ini berisi dasar-dasar pengertian sistem struktur beton sederhana pada umumnya, dan perilaku serta kekuatan komponen struktur beton bertulang pada khususnya.
5. Dasar – dasar perencanaan beton bertulang, oleh W.C Vis dan Gideon Kusuma. Buku ini membahas pengertian – pengertian umum, perhitungan gaya yang terjadi pada konstruksi beton, grafik dan tabel perhitungan beton.
6. Dasar – dasar perencanaan Pondasi, oleh Zainal N dan Sri Respati. Buku ini membahas pengertian – pengertian umum dan cara merencanakan Pondasi dangkal dan Pondasi Dalam.

2.3.2 Klasifikasi Pembebanan Rencana

Selanjutnya suatu struktur bangunan harus direncanakan kekuatannya terhadap beban-beban yang bekerja pada struktur tersebut, beban-beban tersebut antara lain.

1. Beban Mati (*Dead Loads*)

Beban mati adalah segala sesuatu bagian struktur yang bersifat tetap, termasuk dalam hal ini berat sendiri struktur. Sebagai contoh adalah berat sendiri balok, kolom, pelat lantai, dinding, atap, jendela, plumbing, peralatan elektrik, dan lain sebagainya.

2. Beban Hidup (*Live Loads*)

Beban hidup adalah semua beban yang bersifat dapat berpindah-pindah (beban berjalan), atau beban yang bersifat sementara yang ditempatkan pada suatu tempat tertentu. Sebagai contoh adalah beban kendaraan pada area parkir, kelengkapan meja/kursi pada kantor,

dinding partisi, manusia, beban air pada kolam renang, beban air pada tangki air, dan lain sebagainya.

3. Beban Angin (*Wind Loads*)

Beban angin adalah beban yang bekerja pada suatu struktur, akibat pengaruh struktur yang mem-blok aliran angin, sehingga energi kinetic angin akan dikonversi menjadi tekanan energi potensial, yang menyebabkan terjadinya beban angin. Efek beban angin pada suatu struktur bergantung pada berat jenis dan kecepatan udara, sudut luas angin, bentuk dan kekakuan struktur, dan faktor-faktor yang lain.

4. Beban Gempa (*Earthquake Loads*)

Beban gempa adalah beban yang bekerja pada suatu struktur akibat dari pergerakan tanah yang disebabkan karena adanya gempa bumi (baik itu gempa tektonik atau vulkanik) yang mempengaruhi struktur tersebut. Gempa mengakibatkan beban pada struktur karena interaksi tanah dengan struktur dan karakteristik respons struktur.

2.3.3 Faktor Perencanaan Pembebanan

Faktor beban memberikan nilai kuat perlu bagi perencanaan pembebanan bagi struktur. Rancangan Standar Nasional Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung nilai kuat perlu sebagai berikut :

1. Kuat Perlu W_u untuk menahan beban mati D paling tidak harus sama dengan $W_u = 1,4 D$
2. Kuat Perlu W_u untuk menahan beban mati D , beban hidup L , dan juga beban atap A atau beban hujan R , paling tidak harus sam dengan : $W_u = 1,2 D + 1,6 L + 0,5 (A \text{ atau } R)$
3. Bila ketahanan struktur terhadap beban angin W harus diperhitungkan dalam perencanaan, maka pengaruh kombinasi beban D , L dan W berikut harus ditinjau untuk menentukan nilai W_u sebesar :
 $W_u = 1,2 D + 1,0 L \pm 1,6 W + 0,5 (A \text{ atau } R)$

4. Kombinasi beban untuk ketahanan struktur terhadap beban gempa E harus diperhitungkan dalam perencanaan, maka nilai kuat perlu W_u harus diambil sebagai : $W_u = 1,05 (D+L \pm E)$ atau $W_u = 0,9 \pm 1,0 E$

2.3.4 Perencanaan Kedalaman dan Lebar Alur Pelayaran

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

1. Kedalaman Alur Pelayaran

$$H = d + G + R + \text{Pasang Surut} \dots\dots\dots 2.1$$

Dimana:

H = Kedalaman total air di alur pelayaran saat muka air terendah

d = Draft kapal (meter)

R = Ruang kebebasan bersih (cleenrance) sebagai pengaman antara lunas dengan dasar

Pasir = 0,50 m, Karang = 1,00

$$G = 2.4 \times \frac{d}{L_{pp}} \times \frac{Fr^2}{\sqrt{1-Fr^2}}$$

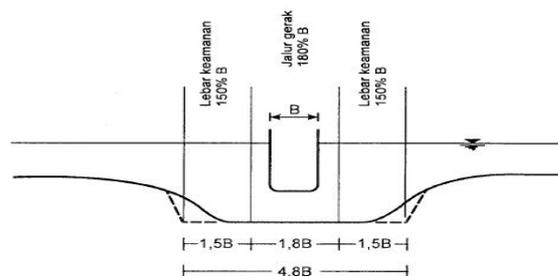
$$Fr = \frac{v}{\sqrt{gh}}$$

2. Lebar Alur Pelayaran

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

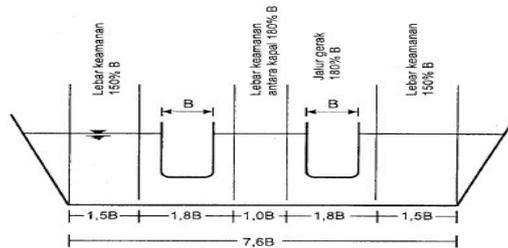
untuk satu jalur pelayaran. Adapun alur pelayaran dibedakan menjadi :

- Lebar minimum jalur = $4.8 \times B \dots\dots\dots 2.2$



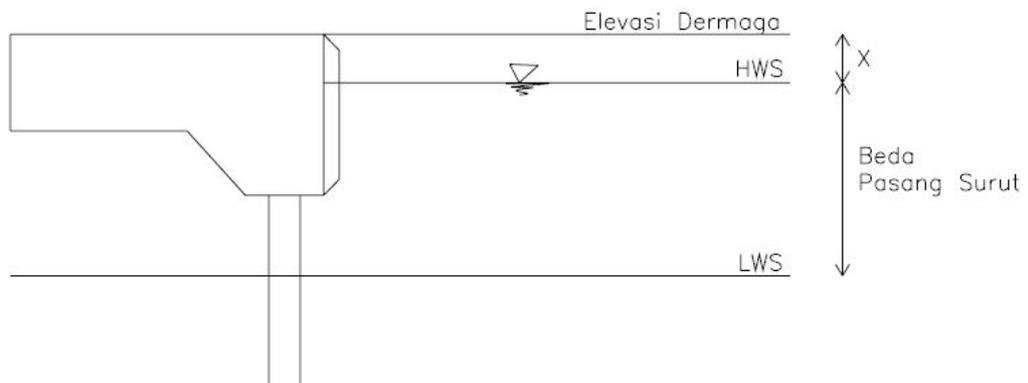
Gambar 2.1 alur pelayaran satu jalur

- Lebar Alur Pelayaran untuk dua jalur pelayaran
 Lebar minimum jalur = $7.6 \times B$ 2.3



Gambar 2.2 alur pelayaran dua jalur

2.3.5 Perencanaan Elevasi Lantai Dermaga



Gambar 2.3. Elevasi Lantai Dermaga

Data pasang surut :

- Muka air rendah (LWS) :
- Muka air normal :
- Muka air tinggi (HWS) :

Kedalaman air = $HWS - LWS = \dots$ 2.4

Tabel 2.1. Syarat X Untuk Elevasi Lantai Dermaga

(Sumber: Pelabuhan Bambang Triatmodjo)

Kondisi Pasut dan Batimetri Lokasi Rencana	Tidal Range ≥ 3 m	Tidal Range < 3 m
Kedalaman Air ≥ 4.5 m	+ 0.5 s/d 1.5 m	+ 1 s/d 2 m
Kedalaman Air < 4.5 m	+ 0.3 s/d 1 m	+ 0.5 s/d 1.5 m

Jadi, Elevasi lantai dermaga = $HWS + (\text{tidal range})$
 = M

2.3.6 Perencanaan pelat lantai

1. Menganalisa Jenis pelat lantai

$$\beta = \frac{\ln y}{\ln x} > 2 \text{ (pelat satu arah)}$$

$$\beta = \frac{\ln y}{\ln x} \leq 2 \text{ (pelat dua arah)}$$

..... 2.5

2. Menentukan Tebal Minimum Pelat Lantai (h_{min})

- a. Untuk αm lebih besar dari 0,2 tapi lebih besar dari 2, ketebalan pelat minimum harus memenuhi :

$$h = \frac{\ln \left(0,8 + \frac{f_y}{1500} \right)}{36 + 5\beta (\alpha m - 0,2)}$$

Dan tidak boleh kurang dari 120 mm. 2.6

- b. Untuk αm lebih besar dari 2, ketebalan pelat minimum tidak boleh kurang dari :

$$h = \frac{\ln \left(0,8 + \frac{f_y}{1500} \right)}{36 + 9\beta}$$

Dan tidak boleh kurang dari 90 mm. 2.7

3. Pengecekan Dimensi Pelat lantai

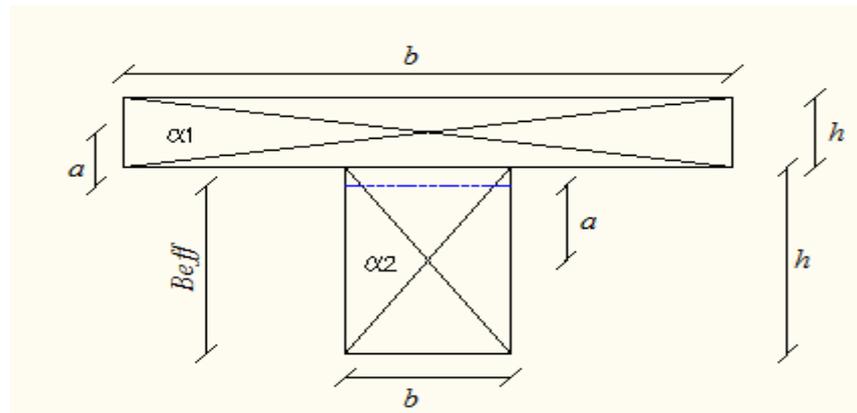
- a. Mencari nilai B_{eff}

$$B_{eff} \leq b_w + 8 h_f = \dots$$

$$B_{eff} \geq b_w + 2 h_w = \dots$$

B_{eff} diambil nilai terkecil 2.8

- b. Perhitungan Momen Inersia



Tabel 2.2. Perhitungan Momen Inersia

No	luas A(mm ²)	y(mm)	A.y (mm ²)	a(mm)	A.a ² (mm ²)	1/12.b.h ³
1						
2						
Jumlah						

- Luas $\alpha = b \times h$	- $y_1 = (h_2 + (h_1 : 2)) + (h_2 : 2)$
- $y_2 = h_2 : 2$	- $Y = \frac{Ay}{A}$
- $a_1 = y_1 - Y$	- $a_2 = Y - (h_2 : 2)$

..... 2.9

c. Mencari nilai αm

- $I_b = \frac{1}{12} \cdot bh^3 + Aa^2$	- $I_s = \frac{1}{12} \cdot bh^3$
- $\alpha_1 - \alpha_2 = \frac{I_b}{I_s}$	- $\alpha m = \frac{\alpha_1 + \alpha_2 + \dots}{n}$

..... 2.10

4. Menghitung Pembebanan Pelat Lantai

$W_u = 1,2D_L + 1,6L_L$

..... 2.11

Keterangan :

D_L = Jumlah beban mati pelat (KN/m)

L_L = Jumlah beban hidup pelat (KN/m)

- Perhitungan Panel dan Penulangan Pelat Lantai :

M_{lx} = momen lapangan maksimum per meter lebar diarah x

M_{ly} = momen lapangan maksimum per meter lebar diarah y

M_{tx} = momen tumpuan maksimum per meter lebar diarah x

M_{ty} = momen lapangan maksimum per meter lebar diarah y

M_{tix} = momen jepit tak terduga (insidental) per meter lebar diarah x

M_{tiy} = momen jepit tak terduga (insidental) per meter lebar diarah y

1. Akibat Beban Mati

Momen Lapangan:

$$M_{lx} = 0.001 q l x^2 X$$

$$M_{ly} = 0.001 q l x^2 X$$

Momen Tumpuan:

$$M_{tx} = - 0.001 q l x^2 X$$

$$M_{ty} = - 0.001 q l x^2 X$$

2. Akibat Beban Hidup

Momen Lapangan:

$$M_{lx} = 0.001 q l x^2 X$$

$$M_{ly} = 0.001 q l x^2 X$$

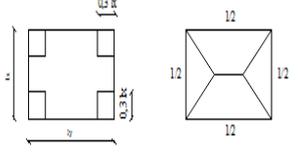
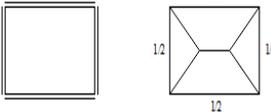
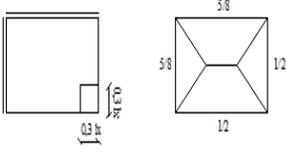
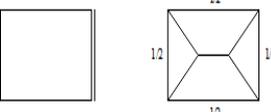
Momen Tumpuan:

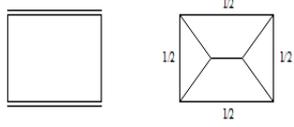
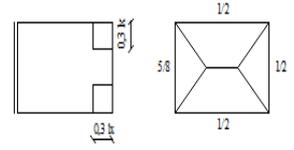
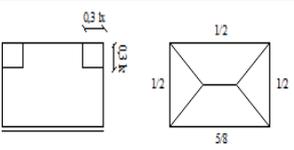
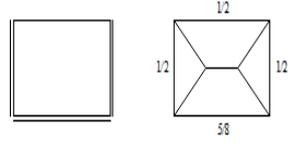
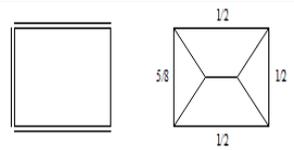
$$M_{tx} = - 0.001 q l x^2 X$$

$$M_{ty} = - 0.001 q l x^2 X$$

Untuk menentukan nilai x digunakan tabel amplop. Tabel ini menunjukkan momen lentur yang bekerja pada jalur selebar 1 meter, masing- masing pada arah -x dan pada arah-y. Berikut adalah tabelnya :

Tabel 2.3. Skemapenyalaran beban berdasarkan “metoda amplop”

No	Skema	Penyaluran beban berdasarkan ‘metoda amplop’ kali W_u lantai . l_x	Momen per meter lebar	$\frac{l_y}{l_x}$							
				1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,5	3,0
I		$M_{lx} = 0,001 \cdot W_u \cdot l_x^2 \cdot x$ $M_{ly} = 0,001 \cdot W_u \cdot l_x^2 \cdot x$ $M_{tx} = -0,001 \cdot W_u \cdot l_x^2 \cdot x$ $M_{iy} = \frac{1}{2} \cdot M_{ly}$	33	40	47	52	55	58	62	65	
II		$M_{lx} = 0,001 \cdot W_u \cdot l_x^2 \cdot x$ $M_{ly} = 0,001 \cdot W_u \cdot l_x^2 \cdot x$ $M_{tx} = -0,001 \cdot W_u \cdot l_x^2 \cdot x$ $M_{iy} = \frac{1}{2} \cdot M_{lx}$ $M_{ix} = \frac{1}{2} \cdot M_{ly}$	31	45	58	71	81	91	106	115	
III		$M_{lx} = 0,001 \cdot W_u \cdot l_x^2 \cdot x$ $M_{ly} = 0,001 \cdot W_u \cdot l_x^2 \cdot x$ $M_{tx} = -0,001 \cdot W_u \cdot l_x^2 \cdot x$ $M_{iy} = \frac{1}{2} \cdot M_{lx}$ $M_{ix} = \frac{1}{2} \cdot M_{ly}$	39	47	57	64	70	75	81	84	
IV _a		$M_{lx} = 0,001 \cdot W_u \cdot l_x^2 \cdot x$ $M_{ly} = 0,001 \cdot W_u \cdot l_x^2 \cdot x$ $M_{tx} = -0,001 \cdot W_u \cdot l_x^2 \cdot x$ $M_{iy} = -0,001 \cdot W_u \cdot l_x^2 \cdot x$ $M_{ix} = \frac{1}{2} \cdot M_{lx}$	25	36	47	57	64	70	79	63	
				28	27	23	20	18	17	16	16
				54	72	88	100	108	114	121	124
				60	69	74	76	76	76	73	71

IV _b		$M_{ix} = 0,001 \cdot W_u \cdot l_x^2 \cdot X$ $M_{iy} = 0,001 \cdot W_u \cdot l_x^2 \cdot X$ $M_{ix} = -0,001 \cdot W_u \cdot l_x^2 \cdot X$ $M_{iy} = -0,001 \cdot W_u \cdot l_x^2 \cdot X$ $M_{iix} = 1/2 \cdot M_{ix}$	28	37	45	50	54	53	62	65
V _a		$M_{ix} = 0,001 \cdot W_u \cdot l_x^2 \cdot X$ $M_{iy} = 0,001 \cdot W_u \cdot l_x^2 \cdot X$ $M_{iix} = 1/2 \cdot M_{ix}$ $M_{iyy} = 1/2 \cdot M_{iy}$	41	54	67	79	87	97	110	117
V _b		$M_{ix} = 0,001 \cdot W_u \cdot l_x^2 \cdot X$ $M_{iy} = 0,001 \cdot W_u \cdot l_x^2 \cdot X$ $M_{ix} = -0,001 \cdot W_u \cdot l_x^2 \cdot X$ $M_{iy} = -0,001 \cdot W_u \cdot l_x^2 \cdot X$	25	34	42	49	53	58	62	65
VI _a		$M_{ix} = 0,001 \cdot W_u \cdot l_x^2 \cdot X$ $M_{iy} = 0,001 \cdot W_u \cdot l_x^2 \cdot X$ $M_{ix} = -0,001 \cdot W_u \cdot l_x^2 \cdot X$ $M_{iy} = -0,001 \cdot W_u \cdot l_x^2 \cdot X$ $M_{iix} = 1/2 \cdot M_{ix}$ $M_{iyy} = 1/2 \cdot M_{iy}$	30	41	52	61	67	72	80	83
VI _b		$M_{ix} = 0,001 \cdot W_u \cdot l_x^2 \cdot X$ $M_{iy} = 0,001 \cdot W_u \cdot l_x^2 \cdot X$ $M_{iy} = -0,001 \cdot W_u \cdot l_x^2 \cdot X$ $M_{iix} = 1/2 \cdot M_{ix}$	24	36	49	63	74	85	103	113

———— = terletak bebas

===== = menerus pada tumpuan

3. Perhitungan Penulangan Pelat

a. Menghitung Tinggi Efektif (d_{eff})

$$d_x = h - \text{tebal selimut beton} - \frac{1}{2} \emptyset \text{ tulangan arah } x$$

$$d_y = h - \text{tebal selimut beton} - \emptyset \text{ tulangan pokok } x - \frac{1}{2} \emptyset \text{ tulangan arah } y$$

..... 2.12

d_{eff} diambil nilai yang terbesar

b. Menghitung K Perlu

$$K = \frac{M_u}{\emptyset \times b \times d_{eff}^2}$$

..... 2.13

Keterangan :

K = Faktor panjang efektif komponen struktur tekan (Mpa)

M_u = Momen terfaktor pada penampang (KN/m)

b = Lebar penampang (mm) diambil 1m

d_{eff} = tinggi efektif pelat (mm)

\emptyset = Faktor kuat rancana (SNI 2002 pasal 11.3, hal 61 butir 2)

c. Menentukan Rasio Penulangan (ρ) Dari Tabel,

$$\rho = \frac{0,85 \times f_c}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2k}{0,85 \times f_c}} \right)$$

..... 2.14

jika $\rho > \rho_{max}$, maka pelat dibuat lebih tebal.

jika $\rho \leq \rho_{max}$, maka pelat dipakai ρ_{min}

d. Hitung As Yang Diperlukan

$$A_s = \rho \times b \times d_{eff}$$

..... 2.15

Keterangan :

A_s = Luas tulangan (mm^2)

ρ = Rasio penulangan

d_{eff} = Tinggi efektif pelat (mm)

e. Memilih tulangan pokok yang akan dipasang beserta tulangan suhu dan susut dengan menggunakan tabel luas penampang baja tulangan.

Disederhanakan menggunakan rumus ekuivalen beban :

1. Ekuivalen penyaluran beban pelat berbentuk segitiga
2. Ekuivalen penyaluran beban pelat berbentuk trapesium
3. Ekuivalen penyaluran beban pelat berbentuk dua buah segitiga
4. Ekuivalen penyaluran beban pelat berbentuk dua buah trapesium

2.3.7 Perencanaan Balok

Balok merupakan suatu elemen struktur yang dominan memikul gaya dalam berupa momen lentur dan juga geser. Balok juga merupakan bagian struktur yang berfungsi sebagai penghubung dari struktur kolom dan juga menahan pelat lantai. Dalam merencanakan balok asumsikan terlebih dahulu balok bertulangan rangkap.

1. Pembebanan Balok

Tebal pelat	= m
Balok memanjang	= m
Balok melintang	= m
Diameter tulangan	= mm
Diameter sengkang	= mm
Selimut beton	= mm
$f'c$	= Mpa
f_y	= Mpa
b_{eff}	= mm
d	= $h - \text{selimut beton} - \emptyset t.\text{geser} - \frac{1}{2} \emptyset t.\text{pokok}$

a. Beban Mati

- Berat plat : $\text{tebal plat} \times \rho_{\text{beton}} =$
- Berat balok memanjang : $p \times l \times \rho_{\text{beton}} =$
- Berat balok melintang : $p \times l \times \rho_{\text{beton}} =$

b. Beban Hidup

- Untuk keadaan normal, q_p = Beban manusia =
- Beban kendaraan =
- Beban air hujan =

..... 2.16

2. Perhitungan Penulangan Balok Dermaga Dengan Menggunakan SAP2000 v.10 didapat :

1. Input beban mati dan hidup balok memanjang A dan B
2. Input beban mati dan hidup balok melintang A dan B
3. Diagram momen akibat beban mati dan hidup balok memanjang A dan B
4. Diagram momen akibat beban mati dan hidup balok melintang A dan B
5. Diagram gaya lintang akibat beban mati dan hidup balok memanjang A dan B
6. Diagram gaya lintang akibat beban mati dan hidup balok melintang A dan B

3. Perhitungan Penulangan Balok Dermaga

a. Momen Lapangan dan Momen Tumpuan

Mu =

Dimensi Balok =

$$k = \frac{Mu}{\phi b d^2}$$

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d$$

$$n = \frac{A_s}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2}$$

kontrol lebar balok (kontrol 1 lapis)	
2 x selimut beton	=
2 x Ø sengkang	=
3 x Ø tulangan pokok	=
2 x Jarak antar tulangan	= $\frac{\quad}{\quad} +$
	= mm < lebar balok
Menentukan baris tulangan	
$a = \frac{b - 2 \text{ selimut beton} - 2 \text{ Ø tulangan sengkang} - n \cdot \text{Ø tulangan}}{n - 1}$	

..... 2.18

b. Gaya Lintang

Dimensi balok =

$d = h - \text{selimut beton} - \text{Ø t.geser} - \frac{1}{2} \text{ Ø t.pokok}$
$p = \frac{1}{2} \cdot b + d$
$X = \frac{Vu}{Vu + Vu'} \cdot L$
$Vu_{\text{rencana}} = \frac{Vu \cdot (X - p)}{X}$
$\text{Ø}Vc = \text{Ø} \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f'c}$
$\frac{1}{2} \text{Ø}Vc = \frac{1}{2} \times \text{Ø}Vc$
$Av_{\text{min}} = \frac{b \cdot s}{3 \cdot fy}$
$Av = 2 \left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \right)$
$S_{\text{perlu}} = \frac{Av}{Av/\text{meter}} \cdot 1000$
$S_{\text{maks}} = 0,5 \cdot d$

..... 2.19

$Vu_{\text{rencana}} < \text{Ø} Vc$ tidak diperlukan tulangan geser

$Vu_{\text{rencana}} > \frac{1}{2} \text{Ø} Vc$ diperlukan tulangan geser minimum

2.3.8 Perencanaan Pile Cap

1. Perhitungan Penulangan Pile Cap

$$\text{Dimensi pile cap} = p \times l \times t =$$

$$\text{Beban pile cap sendiri} = \text{Dimensi pile cap} \times \rho_{\text{beton}} =$$

$$\text{Beban pile cap per meter} = \text{Beban pile cap sendiri} \times 1 \text{ m} =$$

$$\emptyset \text{ Tulangan Utama} =$$

$$\emptyset \text{ Sengkang} =$$

$$\text{Selimut Beton (s)} =$$

$$\text{Tinggi efektif (d)} = h - s - \emptyset \text{ Sengkang} - \frac{1}{2} \emptyset \text{ Tulangan Utama} \quad \dots\dots 2.22$$

a. Pile cap (Tumpuan)

$$\text{Mu Tumpuan} =$$

$$\text{Beban balok sendiri} = \dots\dots +$$

$$\text{Total beban} =$$

$$k = \frac{\text{Mu Tumpuan}}{\emptyset \times b \times d^2} =$$

$$P = \frac{0,85 \times f_c}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2k}{0,85 \times f_c}} \right)$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{300} = 0,0047$$

$$\rho_{\text{maks}} = 0,75 \times \frac{\beta \times 0,85 \times f_c'}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y}$$

$$\rho < \rho_{\text{min}}, \text{ maka dipakai } \rho_{\text{min}}$$

$$A_s = \rho \times b \times d =$$

$$1 \emptyset .. =$$

$$\text{Jarak tul.} = \frac{1 \emptyset}{A_s} \times 600 =$$

$$\text{Dipakai tulangan } \emptyset \dots - \dots$$

$$\text{Jumlah tulangan yang digunakan :}$$

$$\frac{A_s}{1 \emptyset} = \dots$$

b. Pile cap (lapangan)

Mu Tumpuan =

Beban balok sendiri = _____ +

Total beban =

$$k = \frac{\text{Mu Tumpuan}}{\phi \times b \times d^2} =$$

$$P = \frac{0,85 \times f_c}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2k}{0,85 \times f_c}} \right)$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{300} = 0,0047$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \frac{\beta \times 0,85 \times f_c'}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y}$$

$\rho < \rho_{\min}$,maka dipakai ρ_{\min}

$$A_s = \rho \times b \times d =$$

$$1\phi .. =$$

$$\text{Jarak tul.} = \frac{1\phi}{A_s} \times 600 =$$

Dipakai tulangan ϕ ... -

Jumlah tulangan yang digunakan :

$$\frac{A_s}{1\phi} = \dots$$

2.3.9 Perencanaan Pondasi

Perencanaan suatu bangunan sipil seperti gedung, jembatan, jalan raya, dinding penahan tanah haru mempunyai pondasi yang dapat mendukungnya. Fungsi utama dari pondasi adalah menahan seluruh beban yang bekerja pada bangunan dan menyalurkannya ke bagian tanah keras. Pada umumnya pondasi dibedakan menjadi pondasi dangkal (shallow foundation) dan pondasi dalam (deep foundation). Dalam perencanaan dermaga ini menggunakan pondasi dalam, yaitu pondasi tiang pancang.

Pondasi tiang dapat digolongkan berdasarkan material yang digunakan, teknik pemasangan dan cara penyaluran beban yang diterimanya kedalam tanah. Berdasarkan material yang digunakan, pondasi tiang terbagi menjadi tiang kayu, tiang baja, tiang beton, dan tiang komposit. Berdasarkan teknik pemasangannya dibedakan menjadi tiang pancang dan tiang bor. Sedangkan berdasarkan cara penyaluran bebannya dibagi menjadi *end bearing pile*, *friction pile*, serta kombinasi *friction* dan *end bearing pile*.

Prosedur perencanaan pondasi tiang pancang :

a. Hitung daya dukung ujung pondasi

Perhitungan daya dukung pada masing-masing tiang dengan menggunakan sap 2000 v.10 didapat:

1. Reaksi beban mati dan beban hidup balok memanjang A dan B
2. Reaksi beban mati dan beban hidup balok melintang A dan B

b. Perhitungan daya dukung tanah terhadap tiang pancang individual

Dari data laporan penyelidikan tanah dengan sondir diketahui :

- Diambil Kedalaman Tiang Pancang =
- Nilai Konus Rata-Rata pada Ujung Tiang (NK) =
- Jumlah Hambatan Pelekat Rata-Rata (JHP) =

$$Q_{ijin} = \frac{NK \cdot Ab}{3} + \frac{JHP \cdot O}{5}$$

$$Ab = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2$$

$$O = \pi \cdot D$$

..... 2.10

Keterangan :

Q_{ijin} = Daya dukung

NK = Nilai konus rata-rata pada ujung tiang

Ab = Luas penampang

JHP = Jumlah hambatan pelekat rata – rata

O = Keliling tiang

c. kontrol beban yang dipikul tiang terhadap daya dukung ijin tiang

Luas Pelat Lantai =

Tebal Pelat Lantai	=
Dimensi Balok Melintang	=
Dimensi Balok Memanjang	=
Dimensi Pile cap	=
Jumlah Pile cap	=
Tebal Balok Melintang	=
Tebal Balok Memanjang	=
Panjang Total Balok Melintang	=
Panjang Total Balok Memanjang	=

Beban Mati (W_D) :

- 1) Pelat Lantai = Luas Pelat x Tebal Pelat x ρ_{beton}
- 4) Balok Melintang = Jumlah Balok x Dimensi Balok x ρ_{beton}
- 5) Balok Memanjang = Jumlah Balok x Dimensi Balok x ρ_{beton}
- 6) Pile cap = Dimensi Pile Cap x Jumlah Pile Cap x ρ_{beton}
- Total Beban Mati (W_D) =

..... 2.21

Total Beban Hidup (W_L) = Luas Pelat x Beban Hidup per m^2

..... 2.22

Total Beban = Total Beban Mati (W_D) + Total Beban Hidup (W_L)

..... 2.23

Apabila diasumsikan tiap tiang pancang memikul beban yang sama, sehingga total beban dapat dibagi dengan jumlah tiang pancang.

Beban yang dipikul per tiang = Total Beban / Jumlah Tiang

..... 2.24

Beban yang dipikul tiap tiang < Daya dukung ijin tiang

d. Perhitungan Pembebanan Maksimum Tiang

Luas Pelat = p x l

Beban Mati (W_D) :

1) Pelat Lantai = Luas Pelat x Tebal Pelat x ρ_{beton}

4) Balok Melintang = 79 m x Dimensi Balok x ρ_{beton}

5) Balok Memanjang = 72 m x Dimensi Balok x ρ_{beton}

6) Pile cap = Dimensi Pile Cap x Jumlah Pile Cap x ρ_{beton}

Total Beban Mati (W_D) =

Total Beban Hidup (W_L) = Luas Pelat x Beban Hidup per m^2

Total Beban = Total Beban Mati (W_D) + Total Beban Hidup (W_L)

Beban maksimum yang dipikul tiap tiang < Daya dukung ijin tiang

e. Daya dukung tiang pancang kelompok

$$\theta = \text{arc tg} \left(\frac{d}{k} \right) = \text{arc tg} \left(\frac{60 \text{ cm}}{300} \right)$$

$$E = 1 - \theta \left[\frac{(n-1)m + (m-1)n}{90 \times m \times n} \right]$$

..... 2.25

k = Jarak as ke as tiang pancang

d = Diameter tiang

m = Jumlah baris tiang dalam kelompok

n = Jumlah tiang dalam satu baris

f. Daya dukung ijin tiang individual =

Kapasitas daya dukung tiang kelompok

$$Q_{ijin} = E \times n \times Q_{ijin} \text{ individual}$$

..... 2.26

E = faktor efisiensi

n = jumlah tiang

Q_{ijin} = Daya dukung tiang yang diizinkan untuk sebuah tiang tunggal.

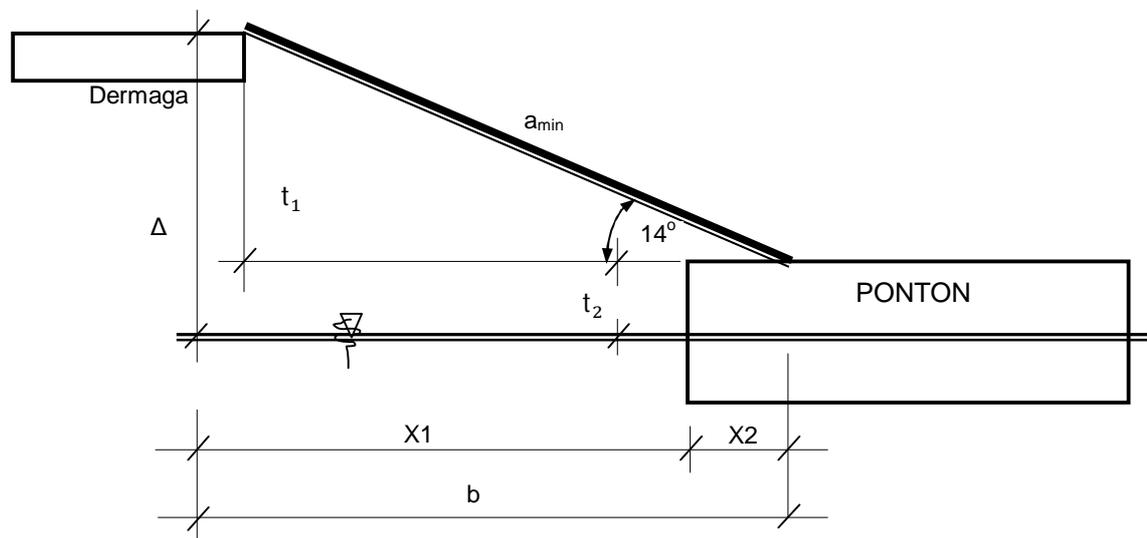
Jadi, $Q_{ijin} >$ total beban (konstruksi aman)

2.4 Perencanaan *Movable Bridge* (MB)

Dalam menentukan panjang *Movable Bridge* (MB) untuk Dermaga, sebagai acuan dalam perencanaan harus memperhatikan perbedaan pasang surut muka air sungai pada daerah yang akan dibangun dermaga. Hal ini dimaksudkan agar pada saat air pada posisi surut (MAR), konstruksi *movable bridge* (MB) tidak terlalu curam (lebih dari 14°).

Kriteria yang digunakan adalah :

MAT (Muka Air Tinggi)	=	} didapat dari data sondir
MAN (Muka Air Normal)	=	
MAR (Muka Air Rendah)	=	
Tinggi lantai dermaga dari MAR (Δ)	=	



Gambar 2.4 Panjang *movable bridge* (MB) disaat MAR

Dari gambar didapat panjang moveble bridge dengan rumus Trigonometri

$\text{Sisi miring} = \frac{t_1}{\sin \theta}$ 2.27
$\text{Jarak ponton kedermaga}$	
$b = \text{panjang mb} \cdot \cos \theta$	
$X_1 = b - X_2$	

a. Perhitungan cross beam profil IWF

Gaya dalam dan Lendutan Balok IWF

$\text{Momen Maksimum} = 1/8qL^2$ 2.28
$\text{Lintang Maksimum} = 1/2 qL$	

Penampang Melintang Batang IWF

Tegangan pada Batang IWF

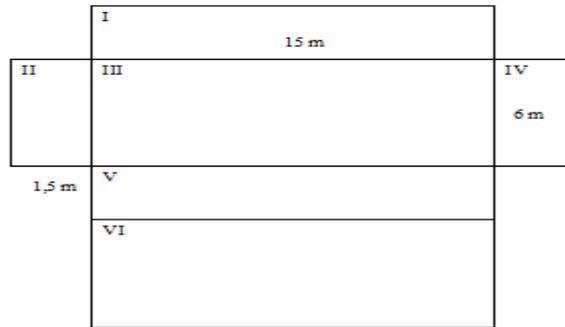
$\sigma = \frac{M_{maks}}{W_x}$ 2.29
$\tau = \frac{V_{maks}}{h \cdot d}$	

2.5 Perencanaan Dermaga Apung (Ponton)

Dermaga apung atau ponton adalah tempat untuk menambatkan kapal pada suatu ponton yang mengapung diatas air. Digunakannya ponton untuk mengantisipasi air pasang surut, sehingga posisi kapal dengan dermaga selalu sama. Pada perencanaan ini dermaga yang digunakan merupakan dermaga apung (ponton) baja.

Langkah perencanaan sebagai berikut :

a. Menghitung luas ponton



$$\text{Berat} = P \times l \times t \times \rho_{\text{beton}}$$

..... 2.30

b. Perencanaan fender

Gaya pada fender :

$$E_f = \frac{WV}{2g} C_E C_H C_S C_C$$

..... 2.31

Dimana:

- E_f = total energi kinetik yang diserap oleh fender (tonm)
- W = *displacement tonnage* (ton)
Merupakan berat total kapal dan muatannya pada saat kapal dimuati sampai garis draft.
- V = kecepatan merapat kapal, dipakai rekomendasi dari PIANC (m/dt)
- g = percepatan gravitasi = 9.8 m/dt²
- C_E = koefisien untuk efek *eccentricity*, merupakan koefisien perbandingan antara energi yang tersisa akibat merapatnya kapal terhadap energi kinetik waktu merapat.

$$C_E = 1 + \frac{L}{(L+(1/r)^2)}$$

Dimana:

L = jarak terpendek antara *center of gravity* (c.g) kapal sampai ke titik tumbuknya (titik sentuh pertama kapal).

r = jari-jari perputaran dengan pusat c.g kapal, panjang jari-jari dari c.g sampai titik tumbuk.

$$r = 0.25 \times \text{LOA}$$

C_C = efek bantalan air, efek ini timbul karena adanya massa air yang terjepit antara posisi kapal merapat dengan tambatan.

= 0.8, apabila konstruksi *wharf* atau *kade*

= 1, apabila konstruksi *open pier*

C_S = koefisien *softness* (0.9-1)

= 1, bila kapal baja

$$C_B = \text{koefisien blok} = 1 + \frac{W_s}{D \times L_{pp} \times B \times \rho \alpha}$$

C_H = faktor hidrodinamika kapal, merupakan faktor untuk memperhitungkan besarnya massa air, yang bergerak sekeliling kapal dan massa air ini menambah besar massa kapal yang merapat.

$$C_H = 1 + \frac{D}{B}$$

D = tinggi draft kapal (m)

B = lebar kapal (m)

Pemilihan fender :

dalam perencanaan kami dikarenakan fender tidak ada dipasaran dengan gaya benturan terlalu besar jadi fender menggunakan ban karet kendaraan

c. Perencanaan bouldard

Gaya pada bouldard

1. Tekanan arus

Kecepatan arus

Kecepatan arus (V) =

Akibat gaya arus yang terjadi membentuk sudut 45°

$$P_c = C_c \cdot \gamma_c \cdot A_c \cdot V_c^2 / 2g$$

A_c = panjang kapal x draft kapal

$$V_c = V \cos 45^\circ$$

$$P_c = C_c \times \gamma_{\text{air}} \times A_c \times \frac{V^2}{2g}$$

.....2.32

Dimana:

P_c = tekanan arus pada kapal yang bertambat (ton)

γ_c = berat jenis air laut (=1.025 t/m³)

A_c = luasan kapal yang ada dibawah permukaan air (m²)

V_c = kecepatan arus (m/dt)

C_c = koefisien arus

= 1 – 1.5, untuk perairan dalam

= 2, untuk kedalaman perairan = 2 x draft kapal

= 3, untuk kedalaman perairan = 1.5 x draft kapal

= 6, untuk kedalaman perairan yang mendekati draft kapal

2. Tekanan angin

Kecepatan angin (V_w) = 5 m/s

Beban maksimal yang ditimbulkan angin pada struktur dermaga ketika arah angin membentuk sudut 90° terhadap sumbu memanjang kapal.

$$P_w = \frac{C_w \times (A_w \sin^2 \phi + B_w \cos^2 \phi) \times V_w^2}{1600}$$

$$A_w = L_oa \times (\text{tinggi kapal} - \text{draft})$$

$$B_w = B \times (\text{tinggi kapal} - \text{draft})$$

.....2.33

Dimana:

P_w = tekanan angin pada kapal yang tertambat

C_w = koefisien tekanan angin

= 1.3, bila angin tegak lurus sumbu memanjang kapal

= 0.9, bila angin melawan busur kapal

= 0.8, bila angin melawan buritan kapal

A_w = luas proyeksi arah memanjang kapal diatas air (m²)

B_w = luasan proyeksi arah muka kapal (m²)

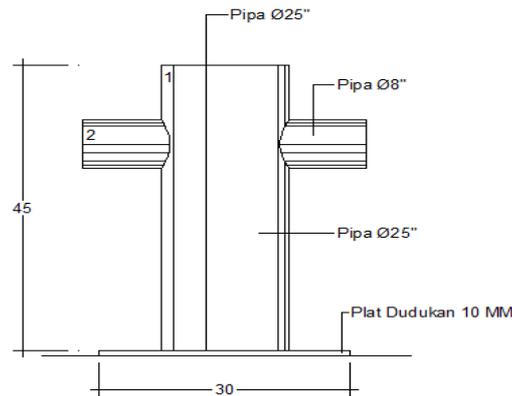
ϕ = sudut arah datangnya angin terhadap centerline

V_w = kecepatan angin (m/dt)

Dalam perencanaan kami dikarenakan bolder dengan tarik dibawah 10 ton tidak ada dipasara maka kami menggunakan bollard perencanaan sendiri.

d. Perencanaan Pembebanan

1. Beban bouldard



Luas I = $\pi \cdot r^2 \cdot t$
 Luas II = $\pi \cdot r^2 \cdot t$
 Total = (luas I + luas II) x Masa Jenis Baja

..... 2.34

e. Rencana batang tarik dengan batang penyangga ponton profil DIN..
 BJ..

Sendi = $k_c = 1$

$L_k = L \cdot K_c =$

$N_u \leq 0,9 \cdot N_n$
 $N_n \leq 0,9 \cdot A_g \cdot F_y$
 $A_g \leq \frac{N_n}{0,9 \cdot f_y}$
 $\lambda = \frac{l_k}{i_{min}}$
 $N_n = A_g \cdot f_y$
 $N_u \leq \phi \cdot N_n$
 $N_u = 0,9 \cdot N_n$

..... 2.35

f. Perencanaan Kerangka Penyangga

$$\text{Sendi} = kc = 1 \quad Lk = L.Kc$$

$$\lambda = \frac{lk}{i_{min}}$$

$$\lambda = \frac{1,43}{1,6 - 0,67\lambda}$$

$$w = \frac{1}{\pi} \cdot \frac{Lk}{i_y} \cdot \sqrt{\frac{fy}{Es}}$$

$$Nn = Ag \cdot \frac{fy}{w}$$

$$Nu \leq \phi Nn, \phi = 0,85$$

..... 2.36

g. Perencanaan Ponton Tercelup

Dimensi ponton harus dapat menjamin bahwa deck yang direncanakan tetap berada di atas permukaan air, maka dapat dihitung stabilitas apung ponton sebagai berikut:

Stabilitas Ponton

$$w - (\rho_{air \text{ sungai}} \times g \times V_{tercelup}) \geq 0$$

$$(\rho_{air \text{ sungai}} \times g \times V_{tercelup}) \geq (1,2 DL + 1,6 LL)$$

$$V_{tercelup} = L.P (3-t)$$

..... 2.37

h. Menentukan ponton terapung atau tidak dengan hukum archimedes

Hukum archimedes mengatakan bahwa “jika suatu benda dicelupkan ke dalam sesuatu zat cair, maka benda itu akan mendapatkan tekanan ke atas yang sama besarnya dengan beratnya zat cair yang mendesak oleh benda tersebut”. Pada saat benda dicelupkan ke dalam zat cair, ada gaya keatas yang dialami benda, maka jika benda (seperti balok) dimasukkan kedalam zat cair dapat terapung, melayang, dan tenggelam. Adapun syarat benda yang terapung, melayang dan tenggelam. Pada peristiwa mengapung, hanya

sebagian volum benda yang tercelup di dalam fluida sehingga volum fluida yang berpindah lebih kecil dari volum total yang mengapung

$$\begin{aligned} &F_a > W \\ &\rho \cdot g \cdot v > m \cdot g \end{aligned}$$

..... 2.38

F_a = gaya apung atau gaya ke atas

ρ = massa jenis fluida

g = percepatan gravitasi

v = volume benda yang berada didalam fluida

w = gaya berat benda

m = berat benda

Selain itu untuk menyanggah ponton agar tidak hanyut atau terbalik digunakanlah tiang pancang untuk menahannya. Dalam proyek dermaga dipelabuhan dalam ini digunakan sebanyak delapan buah sehingga ponton tetap mengapung dan tidak hanyut.