

PERANCANGAN STRUKTUR DERMAGA KARGO DI PELABUHAN SAUMLAKI, KABUPATEN KEPULAUAN TANIMBAR, PROVINSI MALUKU

Design of Cargo Dock in Saumlaki Port, Tanimbar Island Regency, Maluku Province

Muhamad Naufal Ravicena¹ dan Sri Murti Adiyastuti²

Program Studi Teknik Kelautan

Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan

Institut Teknologi Bandung

Jln. Ganeca 10 Bandung 40132

¹naufal.ravicena.24@gmail.com dan ²murtia704@gmail.com

Abstrak: Indonesia merupakan salah satu negara kepulauan terbesar di dunia. Dimana sebagian besar pulau-pulau dihubungkan melalui transportasi laut. Dengan demikian dibutuhkan infrastruktur untuk mendukung bagi transportasi laut yaitu pelabuhan, termasuk di dalamnya dermaga. Pelabuhan dibutuhkan, terutama di daerah tertinggal untuk menjadi sarana penghubung antar pulau, yang bertujuan untuk mencukupi kebutuhan sumber daya. Kebutuhan tersebut menjadi dasar dirancangnya Pelabuhan bongkar muat kargo di Kabupaten Kepulauan Tanimbar, Provinsi Maluku yakni Pelabuhan Saumlaki.

Lingkup bahasan desain terdiri dari penentuan dimensi dermaga dan *trestle*, pemodelan struktur, desain penulangan struktur, dan perhitungan daya dukung tanah. Data kapal terbesar yang dapat berlabuh di Dermaga Saumlaki yakni kapal dengan bobot 2.500 DWT. Pemodelan struktur dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak SAP2000. Dari hasil perencanaan dimensi dermaga ditentukan panjang dermaga 98 m dengan lebar 12,5 m yang dihubungkan dengan *trestle* sepanjang 82 m dengan lebar 6 m. Adapun nilai UCR (*Unity Check Ratio*) terbesar untuk struktur dermaga adalah 0,92 dan struktur *trestle* adalah 0,91.

Kata Kunci: Struktur, Dermaga, Pemodelan, Kargo

Abstract: Indonesia is one of the largest archipelagic country in the world. Where most of the islands are being connected by sea transportations. For this peculiar reason, auxiliary infrastructures are needed to support the need for sea transportation in Indonesia, for instance, ports and docks. Ports are needed especially for underdeveloped regions with means to connect each region thus the regions are able to fulfill their needs. The necessity to fulfill its required needs is the fundamental reason for the making of the loading and unloading port in Tanimbar Island Regency, Maluku Province, namely the Saumlaki Port.

The scope of design consists of determining the dock and *trestle* dimensions, structural modeling, structural reinforcement design, and calculation of soil capacity. The largest vessel that can be docked in Saumlaki is 2.500 DWT. The structural design is analyzed using SAP2000 for structural modeling. From the results of the dock dimension planning, the dock length is determined to be 98 m with a width of 12,5 m connected to an 82 m long bridge with a width of 6 m. The largest UCR (*Unity Check Ratio*) value for the dock structure is 0.92 and the bridge structure is 0.91.

Keywords: Dock, Structure, Modelling, Cargo, Saumlaki

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara kepulauan yang memiliki jumlah pulau sebanyak tujuh belas ribu pulau. Pulau-pulau yang ada di Indonesia kebanyakan merupakan pulau-pulau dengan ukuran yang cukup kecil dan hanya memiliki sedikit penduduk. Hal tersebut merupakan hambatan demografis yang dihadapi di Indonesia, dimana banyak pulau-pulau kecil memiliki perbedaan kualitas dan kuantitas sumber daya alam yang dimiliki sehingga menghambat pembangunan di daerah tersebut. Dengan demikian dibutuhkan suatu sarana untuk menghubungkan pulau-pulau tersebut yaitu merupakan pelayaran perintis yang dapat membantu menunjang pembangunan yang ada di wilayah tersebut. Berdasarkan Surat Keputusan Direktur Jenderal Perhubungan Laut Nomor AL.108/6/11/DJPL-16 Tentang Jaringan Trayek Angkutan Laut Perintis Tahun Anggaran 2017 menyatakan bahwa Kecamatan Desa Saumlaki merupakan pelabuhan yang dilalui trayek perintis R-50.

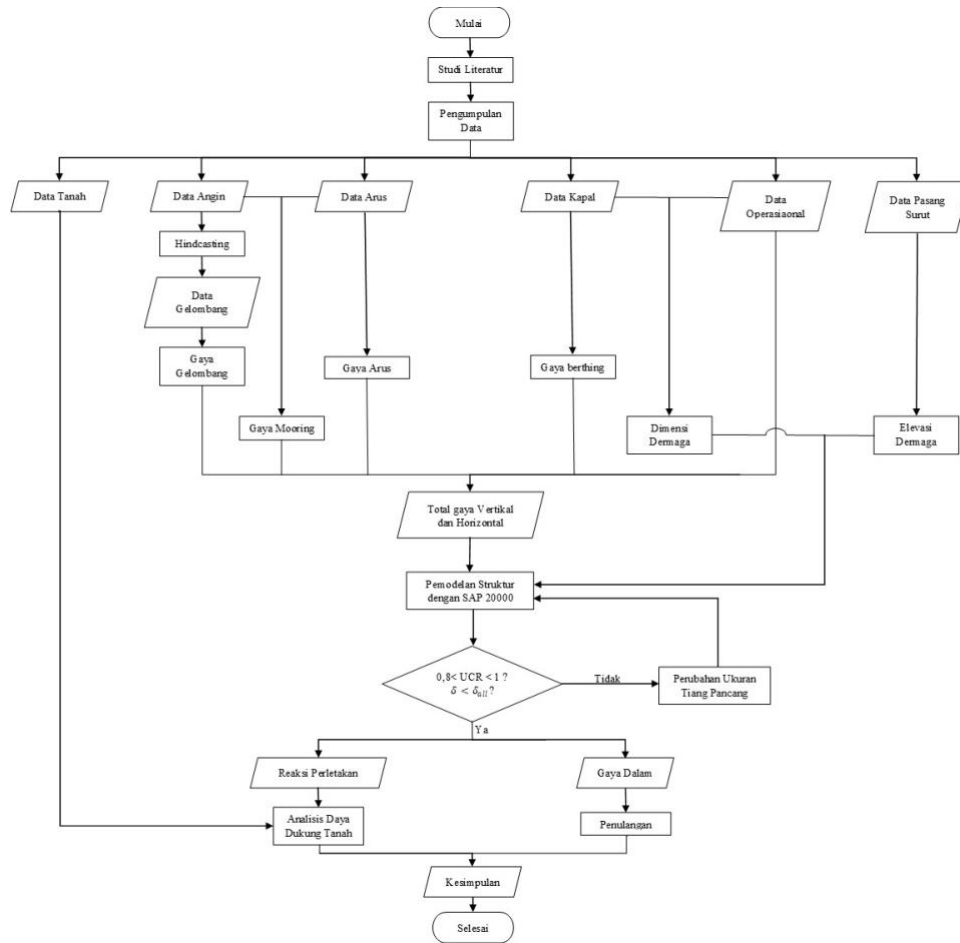
Dengan demikian dibutuhkan dibangunnya sebuah pelabuhan untuk melayani trayek perintis tersebut. Dengan demikian dibuat Pelabuhan Saumlaki untuk keperluan bongkar muat kargo dan terletak di Desa Saumlaki, Kecamatan Tanimabar Selatan, Kabupaten Maluku Tenggara. Pelabuhan saumlaki berada pada koordinat $7^{\circ}56'30.41''$ LS dan $131^{\circ}17'29''$ BT. Pelabuhan Saumlaki melayani kegiatan bongkar muat barang (kargo).

TEORI DAN METODOLOGI

Perancangan Dermaga Saumlaki dilakukan dengan mengumpulkan data-data sekunder dan kriteria desain terlebih dahulu yang terdiri dari data lingkungan (pasang surut, angin, gelombang, dan data tanah), data kapal rencana yang akan dilayani, dimensi dermaga dan *trestle* (panjang, lebar, dan kedalaman perairan), serta material yang digunakan pada struktur dermaga dan *trestle*.

Selanjutnya dilakukan perhitungan gaya-gaya yang bekerja dan desain elemen struktural dermaga dan *trestle*. Dimensi elemen struktural yang ditentukan terdiri dari ukuran pelat, balok, tiang pancang dan *pile cap*. Gaya-gaya yang bekerja pada struktur dermaga terdiri dari beban *berthing*, beban *mooring*, beban mati struktur dan fasilitas tambahan, beban hidup (manusia dan kendaraan), serta beban lingkungan (gaya gelombang, gaya arus, dan gaya gempa).

Diagram alir pengerjaan Tugas Akhir ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Diagram alir pengerjaan Tugas Akhir

Persamaan energi *berthing* berdasarkan OCDI 2002 adalah sebagai berikut.

$$E_f = \left(\frac{M_S V^2}{2} \right) C_e C_m C_s C_c$$

Keterangan:

E_f : *berthing energy* (kJ)

M_S : *displacement tonnage* (ton)

V : kecepatan berlabuh kapal (m/s)

C_e : koefisien eksentrisitas

C_m : koefisien massa semu

C_s : koefisien kekasaran

C_c : koefisien konfigurasi tambat

Beban *mooring* dihitung atas pengaruh arus dan angin. Persamaan beban *mooring* akibat angin berdasarkan OCDI 2002 adalah sebagai berikut.

$$R_{TW} = \frac{1}{2} \rho_A U^2 A_L C_y$$

$$R_{LW} = \frac{1}{2} \rho_A U^2 A_T C_x$$

Keterangan:

R_{TC} : beban arus arah transversal (kN)

R_{LC} : beban arus arah longitudinal (kN)

S : luas permukaan basah (m²)

V_y : kecepatan arus transversal (m/s)

V_x : kecepatan arus longitudinal (m/s)

ρ : massa jenis air laut (1.015 kg/m³)

C : koefisien tekanan arus

B : luas proyeksi sisi samping kapal (m^2)

Beban mati dan beban hidup berupa fasilitas ditentukan berdasarkan dimensi yang diketahui. Beban lingkungan berupa gaya gelombang dan gaya arus ditentukan dengan Persamaan Morison, serta beban lingkungan berupa gaya gempa ditentukan dengan menggunakan data sekunder berupa spektral gempa.

Selanjutnya adalah memodelkan struktur dermaga dengan perangkat lunak SAP2000 dengan menggunakan kriteria desain dan beban-beban yang telah dihitung. Pengecekan kelayakan struktur ditentukan dengan menganalisis beberapa tinjauan output yang dihasilkan oleh perangkat lunak, seperti UCR (*unity check ratio*) tiang pancang, defleksi, dan kelangsingan tiang pancang. Hasil pemodelan lain terdiri dari reaksi perletakan, gaya dalam balok, dan gaya dalam pelat yang selanjutnya digunakan untuk merencanakan tulangan komponen beton.

Hasil pemodelan berupa gaya dalam balok dan pelat digunakan untuk melakukan proses desain tulangan geser dan lentur pada balok dan pelat. Proses desain tulangan komponen beton dilakukan berdasarkan SNI 03-2847-2013. Sedangkan reaksi perletakan digunakan untuk menentukan kedalaman tiang pancang.

Penentuan kedalaman tiang pancang dilakukan agar tiang pancang mampu menahan gaya yang bekerja pada struktur. Proses perhitungan yang

dilakukan yaitu menentukan daya dukung yang diizinkan untuk tiang pancang ditinjau dari kekuatan izin tekan dan kekuatan izin tanah yang dipengaruhi oleh kondisi tanah serta kekuatan material tiang pancang.

HASIL DAN ANALISA

Analisis dilakukan untuk data angin, data pasang surut, data kapal dan data tanah. Hasil analisis data angin berupa *windrose*, *waverose*, perkiraan gelombang dengan periode ulang 50 tahun. Sedangkan data pasang surut dan data kapal digunakan untuk menentukan elevasi dasar dan muka air yang digunakan dalam perencanaan struktur dermaga.

Analisa Data Angin dan Gelombang

Data angin yang digunakan didapatkan dari laman ECMWF pada tahun 2010 s.d. 2019 dengan interval data 6 jam. Dari hasil analisis ekstrim data angin diperoleh kecepatan maksimum sebesar 15,12 m/s dari Barat Laut.

Selanjutnya dilakukan *hindcasting* data angin untuk memperoleh data gelombang laut dalam. Dari hasil *hindcasting* diperoleh data berupa arah dan tinggi gelombang pada laut dangkal. Hasil pemodelan menunjukkan tinggi gelombang untuk periode ulang 50 tahunan adalah 1,81 m dari arah Selatan dengan periode 3,94 detik.

Analisa Data Pasang Surut

Data pasang surut didapatkan dari PT Raya Surveindo Tirtasana yang diambil pada tanggal 25 Juli 2019 – 25 Agustus 2019. Data pasang

surut diolah dengan menggunakan perangkat lunak ERGTIDE. Diperoleh bahwa pasang surut di Saumlaki berjenis pasang surut campuran dominan semidiurnal. Dari hasil pengolahan ERGRAM dan ERGELV diperoleh tunggang pasang sebesar 2,76 m dari LWS.

Analisa Data Arus

Data arus yang digunakan didapatkan dari PT Raya Surveindo Tirtasana dengan besar kecepatan arus maksimum adalah 0,064 m/s ke arah Tenggara.

Analisa Data Tanah

Karakteristik data tanah di Pelabuhan Saumlaki adalah tanah pasir. Dari nilai SPT data tanah, diperoleh $S_{DS} = 0,666g$ dan $S_{D1} = 0,235g$. Nilai SPT tanah juga digunakan dalam perhitungan daya dukung tanah.

Data Kapal

Kapal kargo terbesar yang dapat bersandar pada Dermaga Saumlaki berbobot 2.500 DWT dengan dimensi: $LOA = 85$ m, $LBP = 80$ m, $Breadth = 13$ m, $Draught = 5$ m.

Perencanaan Dimensi Dermaga dan Trestle

Dermaga yang direncanakan berupa *jetty* dengan struktur *deck on pile* yang dihubungkan dengan *trestle* ke darat. Hasil perencanaan dimensi ditunjukkan pada Tabel 1

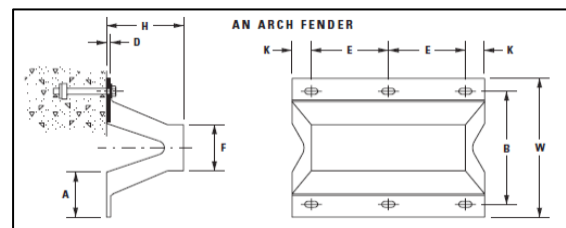
Tabel 1 Dimensi rencana

Fasilitas	Uraian	Dimensi
Dermaga	Panjang	99 m
	Lebar	13,5 m
	Elevasi	+4,2 m dari LWS
Trestle	Panjang	60 m

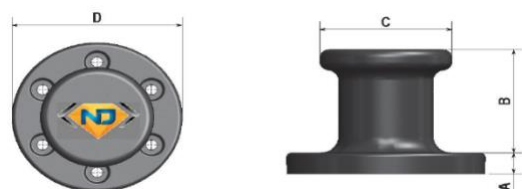
	Lebar Elevasi	6 m +4,2 m dari LWS
--	---------------	------------------------

Fasilitas Dermaga

Dengan energi abnormal *berthing* terbesar kapal (E_A) = 67,5 kN-m, dipilih *fender* tipe AN600 yang memiliki panjang 3,75 m dengan *rated energy* (E_R) = 68,6 kN dan berat 411 kg. Sedangkan beban *mooring* terbesar yang diterima *bollard* adalah 5,762 ton, sehingga dipilih *pillar bollard* dengan kapasitas 10 ton dan berat 40,58 kg. Ilustrasi *fender* dan *bollard* terpilih ditunjukkan pada Gambar 2 dan Gambar 3.



Gambar 2 Fender AN600



Gambar 3 Pillar Bollard 5 ton

Perencanaan Struktur

Struktur dermaga dan *trestle*, menggunakan struktur beton bertulang dengan mutu beton (f_c') = 35 MPa dan material tiang pancang dengan mutu baja ASTM A252 Grade 2 dengan tegangan leleh (f_y) = 240 MPa. Selain itu juga didesain dimensi elemen struktural dermaga yang ditunjukkan pada Tabel 2 dan dimensi

elemen structural *trestle* yang ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 2 Dimensi elemen struktural dermaga

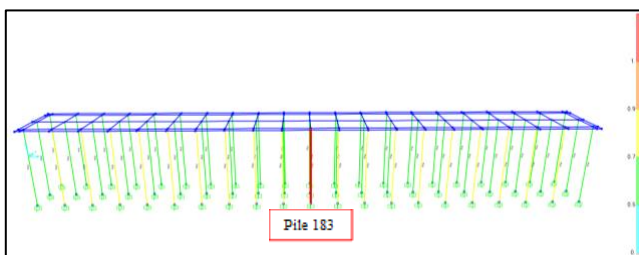
Uraian	Dimensi
Balok Melintang	350 mm × 750 mm
Tiang Pancang	Ø500 mm ; t=7 mm
Tebal Pelat	200 mm
Pile Cap Balok	1.000 × 1.000 × 1.000 mm
Pile Cap <i>Fender</i>	1.500 × 1.000 × 1.500 mm

Tabel 3 Dimensi elemen struktural *trestle*

Uraian	Dimensi
Balok Melintang	350 mm × 700 mm
Tiang Pancang	Ø400 mm ; t=7 mm
Tebal Pelat	200 mm
Pile Cap Balok	1.400 × 1.400 × 1.000 mm

Analisa Struktur Dermaga

Analisa struktur dermaga tahap pertama yaitu pengecekan hasil UCR yang terjadi pada tiang pancang. Dimana UCR maksimum dermaga diperoleh sebesar 0,87 dimana masih memiliki nilai dari 1 dan hasil UCR ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4 Hasil UCR struktur dermaga

Analisa struktur dermaga tahap kedua adalah pengecekan defleksi pada Tabel 4. Batas defleksi yang diizinkan berdasarkan Penetapan Tata Cara Perhitungan Struktur Fasilitas Pelabuhan Laut adalah 5 cm untuk kondisi operasional dan 10

cm untuk kondisi gempa dan berdasarkan SNI 03-1729-2002 adalah 2,5 cm untuk beban tetap dan 6,7 cm untuk beban sementara.

Tabel 4 Rangkuman defleksi dermaga

Beban	Load Comb	Joint text	Arah	Defleksi (cm)
Operasional	SLS2.1	83	U1	0,65
	SLS2.1	43	U2	2,32
Gempa	SLS7.1	90	U1	6,54
	SLS7.2	47	U2	6,62

Keterangan kombinasi:

SLS2.1 : 1,0DL + 1,0LL + 1,0B1

SLS3.1 : 1,0DL + 1,0W_{x+} + 1,0C_{x+}

SLS7.1 : 0,6DL + 0,7E_x

SLS7.2 : 0,6DL + 0,7E_y

Selanjutnya, dilakukan pengambilan *output* analisa struktur berupa reaksi perletakan yang ditunjukkan Tabel 5 dan gaya dalam yang ditunjukkan dalam Tabel 6 dan Tabel 7 yang digunakan sebagai bahan *input* untuk desain penulangan.

Tabel 5 Reaksi perletakan dermaga

No. Joint	Load Comb	Reaksi Perletakan (kN)	Keterangan
71	SLS 2.1	267,524	Maksimum
66	SLS 6.2	18.609	Minimum

Keterangan kombinasi:

SLS2.1 : 1,0DL + 1,0LL + 1,0B1

SLS6.2 : 0,6DL + 0,7E_y

Tabel 6 Gaya dalam balok dermaga

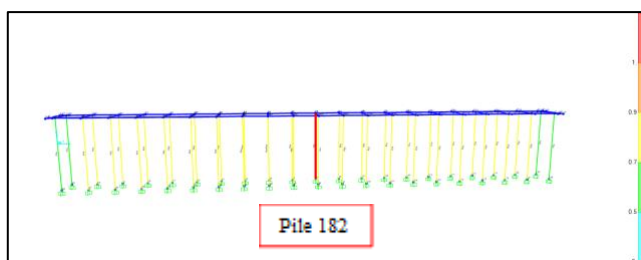
No. Frame	Load Comb	V2 (kN)	M3 (kN-m)
107	ULS2.3	265,11	-192,91
112	ULS2.1	-267,254	-254,66
90	ULS4.1	64,879	285,345
10	ULS4.1	-64,879	-285,345
Keterangan kombinasi: ULS2.1 : 1,2DL + 1,6LL + 1,6B1 ULS2.3 : 1,2DL + 1,6LL + 1,6B3 ULS4.1 : 1,2DL + 1,0LL + 1,0E _x			

Tabel 7 Gaya dalam pelat dermaga

No. Area	Load Comb	M11 (kN- m/m)	M22 (kN- m/m)
3	ULS7.1	16,7347	3,9111
8	ULS4.1	-11.942	-4,3671
36	ULS4.2	4,1461	20,6788
3	ULS7.2	-3,1906	-10.871
Keterangan kombinasi: ULS4.1 : 1,2DL + 1,0LL + 1,0E _x ULS4.2 : 1,2DL + 1,0LL + 1,0E _y ULS7.1 : 0,9DL + 1,0E _x ULS7.2 : 0,9DL + 1,0E _y			

Analisa Struktur Trestle

Analisa struktur *trestle* tahap pertama yaitu pengecekan hasil UCR yang terjadi pada tiang pancang. Dimana UCR maksimum dermaga diperoleh sebesar 0,87 dimana masih memiliki nilai dari 1 dan hasil UCR ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5 Hasil UCR struktur *trestle*

Analisa struktur dermaga tahap kedua adalah pengecekan defleksi pada Tabel 8. Batas defleksi yang diizinkan berdasarkan Penetapan Tata Cara Perhitungan Struktur Fasilitas Pelabuhan Laut adalah 5 cm untuk kondisi operasional dan 10 cm untuk kondisi gempa dan berdasarkan *SNI 03-1729-2002* adalah 2,5 cm untuk beban tetap dan 6,7 cm untuk beban sementara. Selanjutnya, dilakukan pengambilan *output* analisa struktur berupa reaksi perletakan yang ditunjukkan Tabel 9 dan gaya dalam yang ditunjukkan dalam Tabel 10 dan Tabel 11 yang digunakan sebagai bahan *input* untuk desain penulangan.

Tabel 8 Rangkuman defleksi *trestle*

Beban	Load Comb	Joint text	Arah	Defleksi (cm)
Opera- sional	SLS3.1	79	U1	0,08
	SLS3.2	103	U2	0,11
Gempa	SLS5.1	87	U1	5,59
	SLS5.2	62	U2	5,87
Keterangan kombinasi: SLS3.1 : 1,0DL + 1,0W _x + 1,0C _x + SLS3.2 : 1,0DL + 1,0W _y + 1,0C _y + SLS5.1 : 1,0DL + 0,7E _x SLS5.2 : 1,0DL + 0,7E _y				

Tabel 9 Reaksi perletakan *trestle*

No. Joint	Load Comb	Reaksi Perletakan (kN)	Keterangan
113	SLS 4.2	83,87	Maksimum
1	SLS 5.2	33,561	Minimum
Keterangan kombinasi: SLS4.2: 1,0DL + 0,75LL + 0,525E _y SLS5.2 : 0,6DL + 0,7E _y			

Tabel 10 Gaya dalam balok *trestle*

No. Frame	Load Comb	V2 (kN)	M3 (kN-m)
2	ULS4.2	83.873	0.098
47	ULS4.2	-83.873	-0.098
123	ULS4.1.	0.002872	161.0455
124	ULS4.1	-0.003643	-161.0455
Keterangan kombinasi: ULS4.1 : 1,2DL + 1,0LL + 1,0Ex ULS4.2 : 1,2DL + 1,0LL + 1,0Ey			

Tabel 11 Gaya dalam pelat *trestle*

No. Area	Load Comb	M11 (kN-m/m)	M22 (kN-m/m)
2	ULS5.1	8.3163	0.9666
1	ULS4.1	-12.43	-5.4556
2	ULS4.2.	2.9989	14.7514
5	ULS5.2	-3.7834	-11.03
Keterangan kombinasi: ULS4.1 : 1,2DL + 1,0LL + 1,0Ex ULS4.2 : 1,2DL + 1,0LL + 1,0Ey ULS5.1 : 0,9DL + 1,0Ex ULS5.2 : 0,9DL + 1,0Ey			

Penulangan Komponen Struktural

Penulangan komponen struktural terdiri dari balok, pelat, dan *pile cap*.

Komponen Strutural dermaga adalah sebagai berikut :

a. Balok

- Dimensi : 350 mm × 750 mm
- Tulangan lentur bawah : Ø22 mm, n = 4 buah, spasi = 37 mm
- Tulangan lentur atas : Ø22 mm, n = 4 buah, spasi = 37 mm
- Tulangan Sengkang : Ø11 mm, spasi = 300 mm

- Tulangan pinggang : Ø11 mm, n = 2 buah

b. Pelat

- Tebal pelat : 200 mm
- Tulangan lentur bawah arah x : Ø11 mm, n = 9 buah, spasi = 250 mm
- Tulangan lentur atas arah x : Ø11 mm, n = 9 buah, spasi = 250 mm
- Tulangan lentur bawah arah y : Ø11 mm, n = 9 buah, spasi = 250 mm
- Tulangan lentur atas arah y : Ø11 mm, n = 9 buah, spasi = 250 mm

c. *Pile cap* balok

- Dimensi :
1.000 mm × 1.000 mm × 1.000 mm
- Tulangan susut arah x :
Ø16 mm, n= 10 buah
- Tulangan susut arah y :
Ø16 mm, n= 10 buah

d. *Pile cap fender*

- Dimensi :
1.500 mm × 1.000 mm × 1.500 mm
- Janggutan :
500 mm × 1.000 mm × 2.250 mm
- Tulangan susut arah x :
Ø19 mm, n= 14 buah
- Tulangan susut arah y :
Ø19 mm, n= 10 buah

Komponen Strutural *trestle* adalah sebagai berikut :

a. Balok

- Dimensi : 350 mm × 750 mm

- Tulangan lentur bawah : Ø19 mm, n = 4 buah, spasi = 40 mm
- Tulangan lentur atas : Ø19 mm, n = 4 buah, spasi = 40 mm
- Tulangan Sengkang: Ø10 mm, spasi = 300 mm
- Tulangan pinggang : Ø10 mm, n = 2 buah

b. Pelat

- Tebal pelat : 200 mm
- Tulangan lentur bawah arah x : Ø11 mm, n = 9 buah, spasi = 250 mm
- Tulangan lentur atas arah x : Ø11 mm, n = 9 buah, spasi = 250 mm
- Tulangan lentur bawah arah y : Ø11 mm, n = 9 buah, spasi = 250 mm
- Tulangan lentur atas arah y : Ø11 mm, n = 9 buah, spasi = 250 mm

a. *Pile cap* balok

- Dimensi :
1.000 mm × 1.000 mm × 1.000 mm
- Tulangan susut arah x :
Ø16 mm, n= 10 buah
- Tulangan susut arah y :
Ø16 mm, n= 10 buah

Daya Dukung Tanah

Hasil kedalaman pemancangan tiang pancang pada masing-masing struktur ditunjukkan pada Tabel 12.

Tabel 12 Kedalaman tiang pancang

Struktur	Kedalaman Pemancangan
Dermaga	31 meter
<i>Trestle</i>	31 meter
Kedalaman pemancangan dihitung dari dasar laut	

KESIMPULAN

1. Dermaga Saumlaki melayani bongkar muat kargo untuk satu unit kapal berukuran 2.500 DWT dengan dimensi dermaga sebagai berikut.
 - a. Panjang dermaga : 99 meter
 - b. Lebar dermaga : 13,5 meter
 - c. Elevasi lantai : +4,2 meter dari LWS
 - d. Kedalaman perairan : -6 meter dari LWS
 - e. *Fixity point* : 3,57 meter
 - f. Kedalaman tiang pancang : 31 meter dari dasar laut
2. *Trestle* yang menghubungkan dermaga dengan darat memiliki dimensi sebagai berikut.
 - a. Panjang *trestle* : 61 meter
 - b. Lebar *trestle* : 6 meter
 - c. Elevasi lantai : +4,2 meter dari LWS
 - d. Kedalaman perairan : -6 meter dari LWS
 - e. *Fixity point* : 3,57 meter
 - f. Kedalaman tiang pancang : 31 meter dari dasar laut
3. Fasilitas struktur dermaga yang digunakan untuk menahan beban *berthing* kapal dan beban *mooring* akibat gaya lingkunagn adalah sebagai berikut.

a. Jenis *fender* : Arc Fender AN600

b. Kapasitas *fender* : 68,6 kN-m

c. Reaksi *fender* : 296 kN

d. Jenis *bollard* : Pillar Bollard 10 ton

4. Hasil pemodelan struktur dermaga dengan menggunakan SAP200 adalah sebagai berikut.

a. Defleksi maksimum kondisi operasi
(batas defleksi = 5 cm)

- Arah x : 0,65 cm

$$(1,0DL + 1,0 LL + 1,0B1)$$

- Arah y : 2,32 cm

$$(1,0DL + 1,0 LL + 1,0B1)$$

b. Defleksi maksimum kondisi gempa
(batas defleksi = 10 cm)

- Arah x : 6,54 cm

$$(0,6DL + 0,7Ex)$$

- Arah y : 6,62 cm

$$(0,6DL + 0,7Ey)$$

c. Reaksi maksimum : 267,524 kN

$$(1,0DL + 1,0 LL + 1,0B1)$$

d. *Unity Check Ratio* maks. : 0,91

$$(1,2DL + 1,0LL + 1,0Ey)$$

Keterangan:

DL = Dead Load; LL = Live Load; B1 = Berthing-1; Ex = Gempa arah X; Ey = Gempa arah Y.

5. Hasil pemodelan struktur *trestle* dengan menggunakan SAP200 adalah sebagai berikut.

a. Defleksi maksimum kondisi operasi
(batas defleksi = 5 cm)

- Arah x : 0,08 cm

$$(1,0DL + 1,0W_{X+} + 1,0C_{X+})$$

- Arah y : 0,11 cm

$$(1,0DL + 1,0W_{Y+} + 1,0C_{Y+})$$

b. Defleksi maksimum kondisi gempa
(batas defleksi = 10 cm)

- Arah x : 5,59 cm

$$(1,0DL + 0,7Ex)$$

- Arah y : 5,87 cm

$$(1,0DL + 0,7Ey)$$

c. Reaksi maksimum : 83.87 kN

$$(1,0DL + 0,75LL + 0,525Ey)$$

d. *Unity Check Ratio* maks. : 0,90

$$(1,2DL + 1,0LL + 1,0Ey)$$

Keterangan:

DL = Dead Load; LL = Live Load; W_{X+} = Gelombang arah X+; C_{X+} = Arus arah X+; E_X = Gempa arah X; E_Y = Gempa arah Y.

6. Dimensi komponen struktur dermaga adalah sebagai berikut.

a. Tiang pancang

- Material : baja ASTM 252 *Grade 2*
- Diameter : 500 mm
- Tebal : 7 mm

b. Balok

- Dimensi : 350 mm × 750 mm
- Tulangan lentur bawah : Ø22 mm, n = 4 buah, spasi = 37 mm
- Tulangan lentur atas : Ø22 mm, n = 4 buah, spasi = 37 mm
- Tulangan Sengkang : Ø11 mm, spasi = 300 mm

- Tulangan pinggang : $\varnothing 11$ mm, n = 2 buah

c. Pelat

- Tebal pelat : 200 mm
- Tulangan lentur bawah arah x : $\varnothing 11$ mm, n = 9 buah, spasi = 100 mm
- Tulangan lentur atas arah x : $\varnothing 11$ mm, n = 9 buah, spasi = 100 mm
- Tulangan lentur bawah arah y : $\varnothing 11$ mm, n = 9 buah, spasi = 100 mm
- Tulangan lentur atas arah y : $\varnothing 11$ mm, n = 9 buah, spasi = 100 mm

d. *Pile cap* balok

- Dimensi :
1.000 mm $\times$ 1.000 mm $\times$ 1.000 mm
- Tulangan susut arah x :
 $\varnothing 16$ mm, n= 10 buah
- Tulangan susut arah y :
 $\varnothing 16$ mm, n= 10 buah

e. *Pile cap fender*

- Dimensi :
1.500 mm $\times$ 1.000 mm $\times$ 1.500 mm
- Janggutan :
500 mm $\times$ 1.000 mm $\times$ 2.250 mm
- Tulangan susut arah x :
 $\varnothing 19$ mm, n= 14 buah
- Tulangan susut arah y :
 $\varnothing 19$ mm, n= 10 buah

7. Dimensi komponen struktur *trestle* adalah sebagai berikut.

a. Tiang pancang

- Material : baja ASTM 252 *Grade 2*

- Diameter : 400 mm
- Tebal : 7 mm

b. Balok

- Dimensi : 350 mm $\times$ 750 mm
- Tulangan lentur bawah : $\varnothing 19$ mm, n = 4 buah, spasi = 40 mm
- Tulangan lentur atas : $\varnothing 19$ mm, n = 4 buah, spasi = 40 mm
- Tulangan Sengkang: $\varnothing 10$ mm, spasi = 300 mm
- Tulangan pinggang : $\varnothing 10$ mm, n = 2 buah

c. Pelat

- Tebal pelat : 200 mm
- Tulangan lentur bawah arah x : $\varnothing 11$ mm, n = 9 buah, spasi = 100 mm
- Tulangan lentur atas arah x : $\varnothing 11$ mm, n = 9 buah, spasi = 100 mm
- Tulangan lentur bawah arah y : $\varnothing 11$ mm, n = 9 buah, spasi = 100 mm
- Tulangan lentur atas arah y : $\varnothing 11$ mm, n = 9 buah, spasi = 100 mm

a. *Pile cap* balok

- Dimensi :
1.000 mm $\times$ 1.000 mm $\times$ 1.000 mm
- Tulangan susut arah x :
 $\varnothing 16$ mm, n= 10 buah
- Tulangan susut arah y :
 $\varnothing 16$ mm, n= 10 buah

SARAN

Untuk penelitian selanjutnya dapat ditinjau detail metode konstruksi pengerjaan yang akan digunakan seperti menggunakan metode *cast in situ* atau *precast*. Serta meninjau dari segi lokasi dan harga untuk menentukan metode yang digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

- American Concrete Institute. (2011). *ACI 318-11: Building Code Requirements for Structural Concrete*. Farmington Hills: American Concrete Institute.
- American Society of Civil Engineers. (2010). *Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures*. Virginia: American Society of Civil Engineers.
- Atyanthadi, A. R. (2018). *Tutorial Delft3D Modul Wave (Propagasi Gelombang)*. Bandung.
- Badan Standardisasi Nasional. (2002). *SNI 03-1729-2002 Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. (2012). *SNI 1726-2012: Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. (2013). *SNI 2847:2013 Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. (2016). *SNI 1725-2016: Pembebanan Untuk Jembatan*. Jakarta: BSN.
- Das, B. (2011). *Principles of Foundation Engineering*.
- Fentek Marine Systems GmbH. (2002). *Fentek Marine Fendering System*. Hamburg.

- The Overseas Coastal Area Development Institute of Japan. (2002). *Technical Standards and Commentaries for Port and Harbour Facilities in Japan*. 3rd. (Y. Goda, T. Tabata, & S. Yamamoto, Eds.) The Overseas Coastal Area Development Institute of Japan.
- Thoresen, C. A. (2014). *Port Designer's Handbook*. London: ICE Publishing.
- Triatmodjo, B. (2010). *Perencanaan Pelabuhan*. Yogyakarta: Beta Offset Yogyakarta.