

PERANCANGAN STRUKTUR DERMAGA KARGO TIPE *DECK ON PILE* DI PELABUHAN IPPi-ENDE, KABUPATEN ENDE, PROVINSI NUSA TENGGARA TIMUR

Design of Deck on Pile Cargo Dock in Ippi-Ende Port, Ende, Nusa Tenggara Timur

Anita Fitriani¹ dan Rildova²

Program Studi Teknik Kelautan
Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan
Institut Teknologi Bandung
Jln. Ganeca 10 Bandung 40132

¹anitafitriani31@gmail.com dan ²rildova@ocean.itb.ac.id

Abstrak: Pelayanan bongkar muat barang di Kabupaten Ende, Provinsi Nusa Tenggara Timur dilakukan oleh dua pelabuhan, yakni Pelabuhan Ippi-Ende dan Pelabuhan Ende (yang sekarang menjadi Pelabuhan Bung Karno). Pelabuhan Bung Karno hanya dapat melayani pada saat musim angin timur, sehingga kegiatan pelabuhan dialihkan ke Pelabuhan Ippi-Ende yang kondisinya sudah mengalami banyak kerusakan. Untuk itu, diperlukan pengembangan Pelabuhan Ippi-Ende untuk meningkatkan kegiatan operasional pelabuhan agar dapat melayani kegiatan kepelabuhanan saat musim angin timur.

Lingkup bahasan desain terdiri dari penentuan *layout* dermaga, dimensi dermaga dan *trestle*, pemodelan struktur, desain penulangan struktur, dan perhitungan daya dukung tanah. Data kapal terbesar yang dapat berlabuh di Dermaga Ippi yakni kapal dengan bobot 2500 DWT. Pemodelan struktur dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak SAP2000. Dari hasil perencanaan *layout* ditentukan panjang dermaga 122m dengan lebar 11m dengan orientasi 300° dari utara yang dihubungkan dengan *trestle* sepanjang 180m dengan lebar 6m. Adapun nilai UCR (*Unity Check Ratio*) terbesar untuk struktur dermaga adalah 0,61 dan struktur *trestle* adalah 0,79.

Kata Kunci: Dermaga, Struktur, Pemodelan, Kargo

Abstract: Loading-unloading cargo services in Ende, province of Nusa Tenggara Timur are carried out by two ports, Port of Ippi-Ende dan Port of Ende (now known as Port of Bung Karno). Port of Bung Karno only can be used in east monsoon, so that loading-unloading services moved to Port of Ippi-Ende that the condition of port suffered severe damage. So that, development of Ippi-Ende port is needed to improve port operational activities so that it can serve port activities during the east monsoon season.

The scope of design consist of determining the dock layout, dock and trestle dimensions, structural modelling, structural reinforcement design, and calculation of soil capacity. The largest vessel that can docked in Ippi-Ende is 2500 DWT. The structural design is analyzed using SAP2000 for structural modelling. It is designed that the dock oriented is 300° from the north, 122m in length and 11m in wide, connected by trestle with a length of 180m and a wide of 6m. Unity check ratio for the dock structure is 0,61 and the trestle structure is 0,79.

Keywords: Dock, Structure, Modelling, Cargo

PENDAHULUAN

Pelabuhan Ippi merupakan salah satu pelabuhan umum yang dikelola oleh Pelindo III Cabang Maumere. Pelabuhan ini terletak di Kabupaten Ende, Provinsi Nusa Tenggara Timur. Secara geografis, Pelabuhan Ippi-Ende berada pada koordinat 8°51'18.09" LS dan 121°39'41.07" BT.

Pelabuhan Ippi-Ende melayani kegiatan bongkar muat *cargo*. Operasional Dermaga Bung Karno sangat bergantung terhadap musim. Dermaga Bung Karno hanya dapat melayani kegiatan kepelabuhanan pada saat musim angin timur. Sedangkan pada saat memasuki musim angin barat, kapal-kapal tidak dapat bersandar di Dermaga Bung Karno. Dengan demikian, kegiatan kepelabuhanan di dermaga tersebut dipindah ke Dermaga Ippi. Berdasarkan penelitian yang dilaksanakan oleh PT Konsultan Semen Gresik pada tahun 2009, kondisi fisik Dermaga Ippi telah mengalami kerusakan pada pelat, balok, dan *fender*. Bentuk kerusakan sebagian besar berupa retak, *spolling*, dan karat pada tulangan.

Dalam rangka peningkatan kualitas pelayanan angkutan laut di Kabupaten Ende, maka diperlukan adanya pembangunan dermaga dengan sarana dan prasarana yang mendukung. Dermaga ini direncanakan memiliki fasilitas untuk bongkar muat barang (*cargo*). Selain itu, dermaga ini sendiri didesain agar Pelabuhan Ippi-Ende dapat melayani kegiatan kepelabuhanan pada saat angin musim barat.

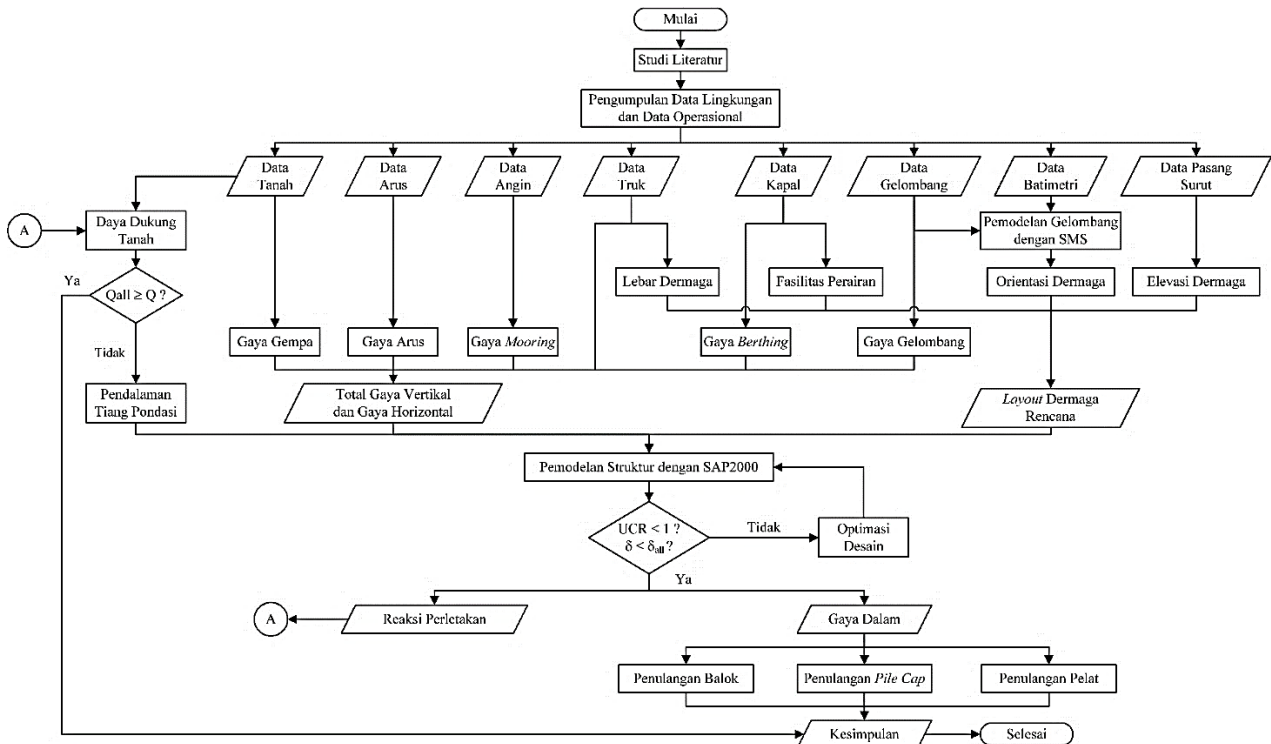
TEORI DAN METODOLOGI

Perancangan struktur Dermaga Ippi dilakukan dengan menentukan kriteria desain terlebih dahulu. Kriteria desain terdiri dari data lingkungan (pasang surut, arus, angin, gelombang, peta batimetri, dan data tanah), data kapal rencana yang akan dilayani, dimensi dermaga dan *trestle* (panjang, lebar, kedalaman perairan minimum, dan elevasi), serta material yang digunakan pada struktur dermaga dan *trestle*. Data material yang digunakan dipilih dengan mempertimbangkan rekomendasi dari SNI 03-2847-2013.

Langkah desain selanjutnya adalah penentuan geometri dan perhitungan gaya-gaya yang bekerja pada struktur dermaga dan *trestle*. Geometri yang ditentukan terdiri dari ukuran komponen dermaga (tiang pancang, balok, pelat, 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 truk), serta beban lingkungan (gaya gelombang, gaya arus, dan gaya gempa).

Perhitungan beban *berthing* ditentukan dengan besarnya energi *berthing* yang pada prinsipnya adalah energi kinetik kapal saat bersandar.

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 (m²)

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.

Dengan kriteria desain, geometri, dan beban-beban pada dermaga yang telah dihitung, langkah desain selanjutnya adalah memodelkan struktur dermaga dengan perangkat lunak SAP2000. 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.

Perencanaan tulangan komponen beton dilakukan dengan perhitungan dan prosedur sistematis yang merujuk pada SNI 03-2847-2013. Hasil pemodelan berupa gaya dalam digunakan untuk merencanakan tulangan lentur maupun geser pada balok dan pelat. Sedangkan reaksi perletakan digunakan untuk menentukan kedalaman tiang pancang.

Selanjutnya dilakukan perhitungan daya dukung tanah agar tiang pancang mampu menahan gaya akibat beban *berthing* dan beban *mooring* dari kapal serta beban gempa. Daya dukung yang diizinkan untuk tiang pancang ditinjau berdasarkan kekuatan ijin tekan dan kekuatan ijin tanah yang dipengaruhi oleh kondisi tanah serta kekuatan material tiang pancang.

HASIL DAN ANALISA

Data yang di analisis diantaranya adalah data angin, peta bathimetri, data pasang surut, data kapal, serta data tanah. Hasil analisis data angin dan bathimetri berupa *windrose*, *waverose*, perkiraan gelombang dengan periode ulang 50 tahunan. Sedangkan data pasang surut dan data kapal akan menghasilkan elevasi dasar dan muka air yang akan digunakan dalam perencanaan bangunan dermaga.

Analisa Data Angin dan Gelombang

Data angin diperoleh dari *website* ECMWF pada tahun 2008 s.d. tahun 2017 dengan interval data 6 jam. Dari hasil analisis ekstrim data angin, diperoleh kecepatan maksimum sebesar 12,17 m/s dari Tenggara.

Selanjutnya dilakukan *hindcasting* data angin untuk memperoleh data gelombang laut dalam.

Dari hasil *hindcasting* kemudian dilakukan pemodelan gelombang dengan menggunakan perangkat lunak SMS 8.1 untuk memperoleh data berupa arah dan tinggi gelombang pada laut dangkal. Hasil pemodelan menunjukkan tinggi gelombang untuk periode ulang 50 tahunan adalah 2,41 m dari arah Tenggara dengan periode 9,33 detik.

Analisa Data Pasang Surut

Data pasang surut diperoleh dari PT Karya Cipta Madani yang diambil pada tanggal 2-16 September 2012. Data pasang surut diolah dengan menggunakan perangkat lunak ERGTIDE. Diperoleh bahwa pasang surut di Pelabuhan Ippi-Ende berjenis pasang surut campuran dominan semidiurnal. Dari hasil pengolahan ERGRAM dan ERGELV diperoleh tunggang pasang sebesar 3,72 m dari LWS.

Analisa Data Arus

Data arus yang digunakan adalah data arus selama satu hari pada tanggal 4 September 2012 yang diambil oleh PT Karya Cipta Madani. Diperoleh kecepatan arus maksimum adalah 0,22 m/s ke arah utara.

Analisa Data Tanah

Karakteristik data tanah di Pelabuhan Ippi-Ende adalah tanah pasir. Dari nilai SPT data tanah, diperoleh $S_{DS} = 0,69g$ dan $S_{D1} = 0,50g$. Nilai SPT tanah juga digunakan dalam perhitungan daya dukung tanah.

Data Kapal

Kapal kargo terbesar yang dapat bersandar pada Dermaga Ippi berbobot 2500 DWT dengan dimensi: $L_{OA} = 85$ m, $L_{BP} = 80$ m, *Breadth* = 13 m, *Draught* = 5 m.

Penentuan Layout Dermaga Rencana

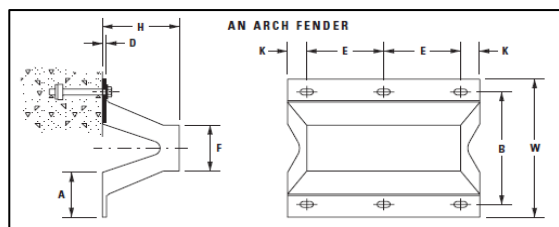
Dermaga direncanakan berupa *jetty* dengan struktur *deck on pile* yang dihubungkan dengan *trestle*. Sisi dermaga menghadap 60° dari arah utara. Hasil perancangan *layout* dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1 Fasilitas *Layout* Pelabuhan

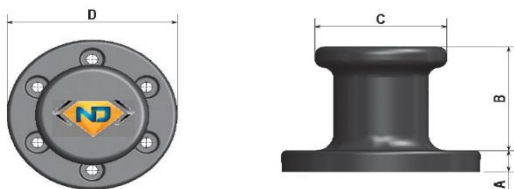
Fasilitas	Uraian	Dimensi
Dermaga	Panjang	122 m
	Lebar	11 m
	Elevasi	+5,5 dari LWS
Trestle	Panjang	180 m
	Lebar	6 m
Kolam Putar	Diameter	255 m
	Kedalaman	-8 m dari LWS
Alur Pelayaran	Lebar	128 m
	Kedalaman	-8 m dari LWS

Fasilitas Dermaga

Dengan energi abnormal *berthing* kapal (E_A) = 67 kN-m, dipilih *fender* tipe AN600 dengan *rated energy* (E_R) = 296 kN dan berat 411 kg. Sedangkan beban *mooring* terbesar yang diterima *bollard* adalah 4,69 ton, sehingga dipilih *pillar bollard* dengan kapasitas 5 ton dan berat 86,35 kg. Ilustrasi *fender* dan *bollard* terpilih ditunjukkan pada **Gambar 2** dan **Error! Reference source not found.**.



Gambar 2 Fender AN600



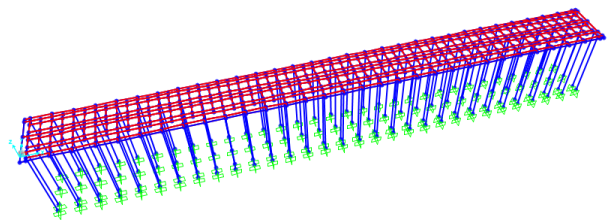
Gambar 3 Pillar Bollard 5 ton

Perencanaan Struktur

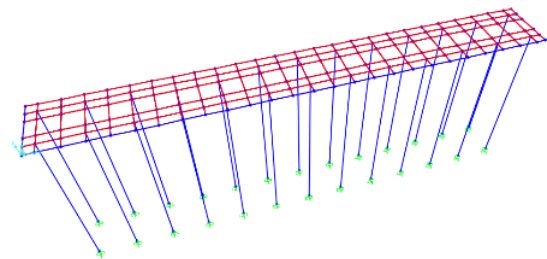
Struktur dermaga dan *trestle*, menggunakan struktur beton bertulang dengan mutu beton (f_c') = 35 MPa dan material tiang pancang dengan mutu baja ASTM A139 dengan tegangan leleh (f_y) = 240 MPa.

Perencanaan struktur mengacu pada SNI 1726-2012, SNI 2847-2013, dan SNI 1729-2015.

Hasil pemodelan struktur ditunjukkan pada **Gambar 4** dan **Gambar 5**.



Gambar 4 Hasil Pemodelan Stuktur Dermaga



Gambar 5 Hasil Pemodelan Stuktur *Trestle*

Dimensi Elemen Struktural

Dimensi elemen struktural dermaga ditunjukkan pada **Tabel 2** sedangkan elemen struktural *trestle* ditunjukkan pada

Tabel 3.

Tabel 2 Dimensi Elemen Struktural Dermaga

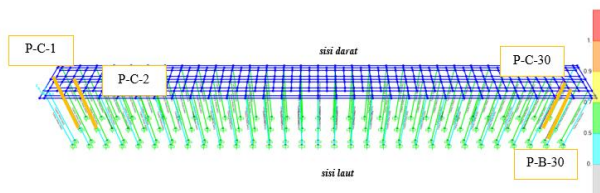
Uraian	Dimensi
Balok Melintang	500 mm × 750 mm
Balok Memanjang	500 mm × 750 mm
Tiang Pancang	Ø711mm, t=9,5mm
Tebal Pelat	250 mm
Pile Cap Balok	1500 × 1500 × 1500 mm
Pile Cap <i>Fender</i>	1500 × 1500 × 1500 mm

Tabel 3 Dimensi Elemen Struktural *Trestle*

Uraian	Dimensi
Balok Melintang	400 mm × 600 mm
Balok Memanjang	400 mm × 600 mm
Tiang Pancang	Ø610 mm, t=8,7mm
Tebal Pelat	250 mm
Pile Cap Balok	1500 × 1500 × 1500 mm

Analisa Struktur Dermaga

Analisis struktur dermaga tahap pertama adalah pengecekan hasil UCR yang terjadi pada tiang pancang baja. Berdasarkan **Tabel 4**, modul struktur Dermaga Ippi memenuhi keamanan karena nilai UCR tertinggi kurang dari 1.

**Gambar 6** Nilai UCR Struktur Dermaga**Tabel 4** Rangkuman Nilai UCR Dermaga

Tiang Pancang	Kombinasi	UCR
P-C-1	ULS2.1	0,61
P-C-30	ULS2.3	0,60
P-C-2	ULS2.1	0,59
P-B-30	ULS5.2	0,59
P-C-1	ULS5.2	0,59

Keterangan kombinasi:
 ULS2.1 : 1,2DL + 1,6LL + 1,6B1
 ULS2.3 : 1,2DL + 1,6 LL + 1,6B3
 ULS5.2 : 1,0DL + 0,8LL + 0,5Ey

Analisa struktur dermaga tahap kedua adalah pengecekan defleksi pada **Tabel 5**. 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.

Tabel 5 Rangkuman Defleksi Dermaga

Beban	Joint	Komb.	Arah	Defl. (cm)
Operasional	230	SLS2.3	U1	2,22
			U2	4,66
	233	SLS2.3	U1	2,12
			U2	4,78
Gempa	16	SLS5.1	U1	5,22
			U2	0,64
	1361	SLS5.2	U1	1,53
			U2	3,89

Keterangan kombinasi:

SLS2.3 : 1,0DL + 1,0LL + 1,0B3

SLS5.1 : 1,0DL + 0,8LL + 0,5Ex

SLS5.2 : 1,0DL + 0,8LL + 0,5Ey

Selanjutnya, pengambilan *output* berupa reaksi perletakan yang ditunjukkan **Tabel 6** dan gaya dalam yang ditunjukkan

Tabel 7 dan **Tabel 8** dilakukan sebagai bahan input untuk perencanaan tulangan.

Tabel 6 Reaksi Perletakan Dermaga

Tiang Pancang	Joint	Komb.	Reaksi (kN)	Ket.
P-C-30	1020	SLS5.1	1.021,75	Maks.
P-A-30	91	SLS6.2	89,95	Min.

Keterangan Kombinasi:
 SLS5.1 : 1,0DL + 0,8LL + 0,5Ex
 SLS6.2 : 1,0DL + 0,5Ey

Tabel 7 Gaya Dalam Balok Dermaga

Jenis Balok	Frame	P (kN)	V2 (kN)	M3 (kN-m)	Komb.
Balok-1	8	-12,15	-185,32	241,61	ULS2.1
	3080	-10,42	-220,74	-329,46	ULS5.1
	3080	-6,59	-255,47	-297,08	ULS2.2
Balok-2	32	-2,36	-79,03	160,81	ULS5.2
	31	-64,00	-278,17	-267,48	ULS2.1
	31	-64,00	-278,17	-267,48	ULS2.1

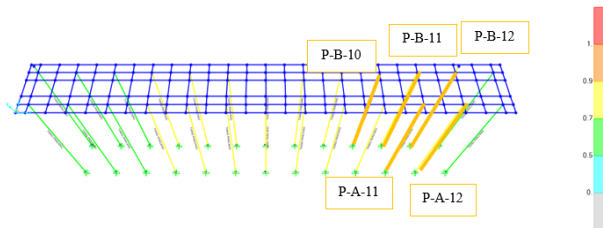
Keterangan:
 Balok-1 : Balok Memanjang
 Balok-2 : Balok Melintang

Tabel 8 Gaya Dalam Pelat Dermaga

Jenis Pelat	Area	M11 (kN-m/m)	M22 (kN-m/m)	Komb.
Pelat arah X	480	118,83	101,14	ULS2.3
	78	-111,04	-116,68	ULS2.1
Pelat arah Y	488	109,24	105,54	ULS2.3
	484	-99,70	-175,59	ULS2.3

Analisa Struktur Trestle

Berdasarkan **Tabel 9** Rangkuman Nilai UCR *Trestle*, modul struktur *tresle* memenuhi keamanan karena nilai UCR tertinggi kurang dari 1.

**Gambar 7** Nilai UCR Struktur *Trestle***Tabel 9** Rangkuman Nilai UCR *Trestle*

Tiang Pancang	Kombinasi	UCR
P-B-12	ULS5.2	0,79
P-A-12	ULS5.2	0,79
P-B-11	ULS5.2	0,77
P-A-11	ULS5.2	0,77
P-B-10	ULS5.2	0,77
Keterangan kombinasi: ULS5.2 : 1,0DL + 0,8LL + 0,5Ey		

Hasil analisis berupa defleksi ditunjukkan pada **Tabel 10**, reaksi perletakan pada **Tabel 11** dan gaya dalam ditunjukkan pada **Tabel 12** dan **Tabel 13**.

Tabel 10 Rangkuman Defleksi *Trestle*

Beban	Joint	Komb.	Arah	Defl. (cm)
Operasional	3	SLS4.A.1	U1	1,49
			U2	0,28
	57	SLS3.2	U1	0,24
			U2	1,16
Gempa	3	SLS5.1	U1	7,22
			U2	0,33
	5	SLS5.2	U1	0,43
			U2	8,26

Keterangan kombinasi:

SLS3.2 : 1,0DL + 0,6W_{y+} + 0,6C_{y+}

SLS4.A.1 : 1,0DL + 0,8LL + 0,5W_{x+} + 0,5C_{x+}

SLS5.1 : 1,0DL + 0,8LL + 0,5Ex

SLS5.2 : 1,0DL + 0,8LL + 0,5Ey

Tabel 11 Reaksi Perletakan *Trestle*

Tiang Pancang	Joint	Komb.	Reaksi (kN)	Ket.
P-B-12	876	SLS5.2	738,28	Maks.
P-A-1	35	SLS6.2	160,04	Min.

Keterangan Kombinasi:

SLS5.2 : 1,0DL + 0,8LL + 0,5Ey

SLS6.2 : 1,0DL + 0,5Ey

Tabel 12 Gaya Dalam Balok *Trestle*

Jenis Balok	Frame	P (kN)	V2 (kN)	M3 (kN-m)	Komb.
Balok-1	8	-3,19	-112,80	144,82	ULS2.1
	2541	-6,09	-138,39	-196,04	ULS5.1
	2541	-2,96	-160,84	-159,07	ULS2.1
Balok-2	32	-2,48	47,86	119,76	ULS5.2
	33	-8,64	67,26	-169,52	ULS5.2
	33	-4,46	167,86	-87,85	ULS5.2

Keterangan:

Balok-1 : Balok Memanjang

Balok-2 : Balok Melintang

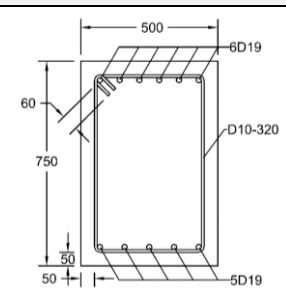
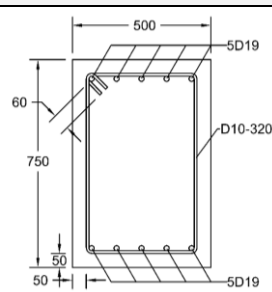
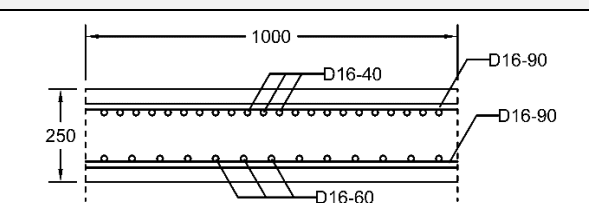
Tabel 13 Gaya Dalam Pelat Dermaga

Jenis Pelat	Area	M11 (kN-m/m)	M22 (kN-m/m)	Komb.
Pelat arah X	82	92,88	68,33	ULS2.1
	78	-92,24	-92,34	ULS2.1
Pelat arah Y	232	89,75	82,24	ULS2.1
	232	-61,26	-117,55	ULS5.2

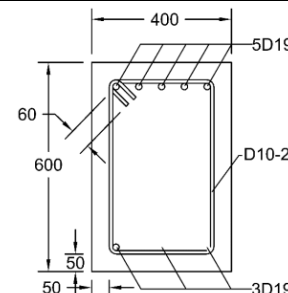
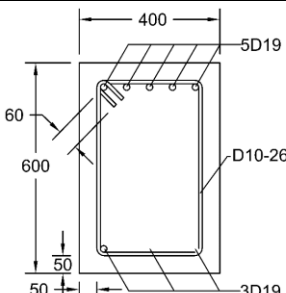
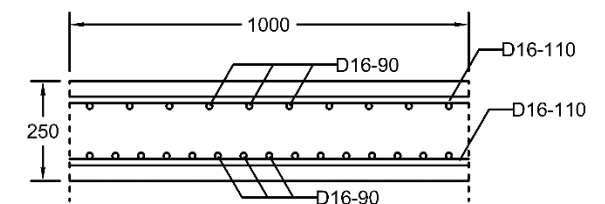
Penulangan Komponen Struktural

Penulangan komponen struktural terdiri dari balok, pelat, dan *pile cap*. Penulangan komponen dermaga ditunjukkan pada **Tabel 14** dan penulangan komponen trestle ditunjukkan pada **Tabel 15**.

Tabel 14 Penulangan Komponen Dermaga

Balok	
 Balok Memanjang	 Balok Melintang
Pelat	
	
Pile Cap	
Pile Cap Balok: Dimensi: 1.500mm × 1.500mm × 1.500mm Tulangan susut arah x : Ø19mm, n = 14buah, spasi = 100mm Tulangan susut arah y : Ø19mm, n = 14buah, spasi = 100mm	
Pile Cap Fender Dimensi: 3.000mm × 1.500mm × 1.500mm Janggutan: 1.500mm × 500mm × 2.500 mm Tulangan susut arah x : Ø19mm, n = 28buah, spasi = 100mm Tulangan susut arah y : Ø19mm, n = 14buah, spasi = 100mm	

Tabel 15 Penulangan Komponen *Trestle*

Balok	
 Balok Memanjang	 Balok Melintang
Pelat	
	
Pile Cap	
Pile Cap Balok: Dimensi: 1.500mm × 1.500mm × 1.500mm Tulangan susut arah x : Ø19mm, n = 14buah, spasi = 100mm Tulangan susut arah y : Ø19mm, n = 14buah, spasi = 100mm	

KESIMPULAN

- Dermaga Ippi melayani bongkar muat kargo untuk satu unit kapal berukuran 2500 DWT dengan dimensi dermaga:
 - Panjang: 122 meter
 - Lebar: 11 meter
 - Elevasi lantai: +5,5 meter dari LWS
 - Kedalaman perairan: -8,0 m dari LWS
 - Fixity point: 3 meter
 - Kedalaman tiang pancang: 26 meter dari dasar laut
- Trestle* yang menghubungkan dermaga dengan darat memiliki dimensi:
 - Panjang: 180 meter
 - Lebar : 6 meter
 - Elevasi lantai: +5,5 m dari LWS
 - Kedalaman perairan : -8,0 m dari LWS

- e. *Fixity point*: 3 meter
 - f. Kedalaman tiang pancang: 26 meter dari dasar laut
3. Fasilitas struktur dermaga untuk menahan beban *mooring* dan beban *berthing* kapal:
 - a. Jenis *fender*: Arc Fender AN600
 - b. Kapasitas *fender*: 68,6 kN-m
 - c. Reaksi *fender*: 296 kN
 - d. Jenis *bollard*: Pillar Bollard 5 ton
 4. Hasil pemodelan struktur dermaga dengan menggunakan SAP2000:
 - a. Defleksi maksimum kondisi operasi:
 Arah x = 2,22 cm
 $(1,0DL + 1,0 LL + 1,0B3)$
 Arah y = 4,78 cm
 $(1,0DL + 1,0 LL + 1,0B3)$
 - b. Defleksi maksimum kondisi gempa:
 Arah x = 5,22 cm
 $(1,0DL + 1,0LL + 0,5Ex)$
 Arah y = 3,59 cm
 $(1,0DL + 1,0LL + 0,5Ey)$
 - c. Reaksi maksimum = 1.021,75 kN
 $(1,0DL + 0,8LL + 0,5Ex)$
 - d. *Unity Check Ratio* maksimum = 0,61
 $(1,0DL + 1,0LL + 1,0B1)$

Keterangan:
 DL = Dead Load; LL = Live Load; B3 = Berthing-3; Ex = Gempa arah x; Ey = Gempa arah y; B1 = Berthing-1
 5. Hasil pemodelan struktur *tresl*te dengan menggunakan SAP2000:
 - a. Defleksi maksimum kondisi operasi
 Arah x = 1,49 cm
 $(1,0DL + 0,8LL + 0,5W_{x+} + 0,5C_{x+})$
 Arah y = 1,16 cm
 $(1,0DL + 0,8LL + 1,0Ex)$
 - b. Defleksi maksimum kondisi gempa:
 Arah x = 0,43 cm
 $(1,0DL + 0,8LL + 1,0Ex)$
 Arah y = 8,26 cm
 $(1,0DL + 0,8LL + 1,0Ex)$
 - c. Reaksi maksimum = 738,28 kN
 $(1,0DL + 0,8LL + 0,5Ey)$

- d. *Unity Check Ratio* maksimum = 0,79
 $(1,0DL + 0,8LL + 0,5Ey)$

Keterangan:

DL = Dead Load; LL = Live Load; W_{x+} = Gelombang arah x+; C_{x+} = Arus arah x+; Ex = Gempa arah x; Ey = Gempa arah y.

SARAN

Sebaiknya perhitungan penulangan perlu memperhatikan metode konstruksi pengerjaan (*cast in situ* atau *precast*), proses pemasangan, dan sambungan tulangan, karena dalam Tugas Akhir ini diasumsikan perancangan tulangan menggunakan metode *cast in situ*.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional. 2016. *SNI 1725-2016: Pembebanan untuk Jembatan*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- . 2012. *SNI 1726-2012: Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- . 2015. *SNI 1729-2015: Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- . 2013. *SNI 2847-2013: Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- OCDI. 2002. *Technical Standards And Commentaries For Port And Harbour Facilities in Japan*. 3rd. Tokyo: The Overseas Coastal Area Development Institute of Japan.
- Triatmodjo, Bambang. 2009. *Perencanaan Pelabuhan*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Wight, James K., dan James G. MacGregor. 2012. *Reinforced Concrete Mechanics and Design*. 6th. New Jersey: Pearson Education, Inc.