

PERANCANGAN STRUKTUR DERMAGA KARGO TIPE *DECK ON PILE* DI PELABUHAN BUNYU KABUPATEN BULUNGAN PROVINSI KALIMANTAN UTARA

*Structure Design of Cargo Deck on Pile Berth, Port of Bunyu, Cargo Dock in Pelabuhan
Bunyu-Ende Port, Ende, Nusa Tenggara Timur*

Aditya Faisal¹ dan Paramashanti²

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

¹adityafaisalm@gmail.com dan ²parama@ocean.itb.ac.id

Abstrak: Akses menuju Pulau Bunyu hanya tersedia melalui jalur laut, namun Pulau Bunyu tidak memiliki pelabuhan sendiri yang digunakan untuk transportasi laut. Selama ini masyarakat Pulau Bunyu masih menggunakan pelabuhan yang dimiliki oleh PT Pertamina Bunyu EP Field. Seiring berjalannya waktu dermaga milik PT Pertamina mengalami kerusakan yang disebabkan frekuensi kapal yang berlabuh disana. Oleh karena itu diperlukan pelabuhan yang dapat menangani aktivitas masyarakat Pulau Bunyu.

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 Pulau Bunyu yakni kapal dengan bobot 1000 DWT. Pemodelan struktur dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak SAP2000. Dari hasil perencanaan *layout* ditentukan panjang dermaga 82 m dengan lebar 10m yang dihubungkan dengan *Trestle* sepanjang 150m dengan lebar 6m. Adapun nilai UCR (*Unity Check Ratio*) terbesar untuk struktur dermaga adalah 0,85 dan struktur *Trestle* adalah 0,59.

Kata Kunci: Dermaga, Struktur, Pemodelan, Kargo

Abstract: Access to Bunyu Island is only available by sea, but Bunyu Island does not have its own port used for sea transportation. So far, the people of Bunyu Island still use the port owned by PT Pertamina Bunyu EP Field. Over time the dock owned by PT Pertamina suffered damage due to the frequency of ships that dock there. Therefore need a port that can handle the activities of the people of Bunyu Island.

The scope of design consists of determining the dimensions of the dock and the *Trestle*, structural modeling, structural reinforcement design, and calculation of the carrying capacity of the soil. The biggest ship data that can be docked at Bunyu Island dock is a ship with a weight of 1000 DWT. Structural modeling is done using SAP2000 software. From the layout plan, the length of the pier is 82 m with a width of 10m which is connected to the *Trestle* with a length of 150m and a width of 6m. The largest UCR (*Unity Check Ratio*) value for the berth structure is 0.85 and the *Trestle* structure is 0.59.

Keywords: *Berth, Structure, Modelling, Cargo*

PENDAHULUAN

Pulau Bunyu merupakan pulau kecil yang berada di lepas pantai Kota Tarakan, Kalimantan Utara. Pulau Bunyu berjarak kurang lebih 60 km dari ibukota Kalimantan Utara, Tanjung Selor, dan berjarak kurang lebih 25 km dari Kota Tarakan. Satu-satunya akses untuk ke pulau ini adalah menggunakan jalur laut.

Pulau Bunyu tidak memiliki pelabuhan sendiri yang digunakan untuk transportasi barang dan penumpang, masyarakat Pulau Bunyu masih menumpang pada pelabuhan yang dimiliki oleh PT. Pertamina EP Bunyu Field. Seiring berjalannya waktu, dermaga milik PT. Pertamina EP Bunyu Field mengalami kerusakan akibat besarnya frekuensi kapal yang berlabuh di dermaga tersebut. Oleh karena itu Pemerintah Daerah Pulau Bunyu perlu membangun pelabuhan dengan fasilitas dermaga yang sanggup menangani kegiatan transportasi laut masyarakat Pulau Bunyu. Maka dilakukanlah perancangan struktur dermaga dengan direncanakan dapat menangani kegiatan bongkar muat barang. Agar pembangunan dermaga ini dapat menghasilkan dermaga yang dapat menunjang kegiatan dengan baik diperlukan pula analisis struktur dermaga dengan menggunakan hasil pemodelan struktur dengan perangkat lunak. Dari hasil analisis tersebut diperoleh desain struktur dermaga Pulau Bunyu, Kabupaten Bulungan, Provinsi Kalimantan Utara.

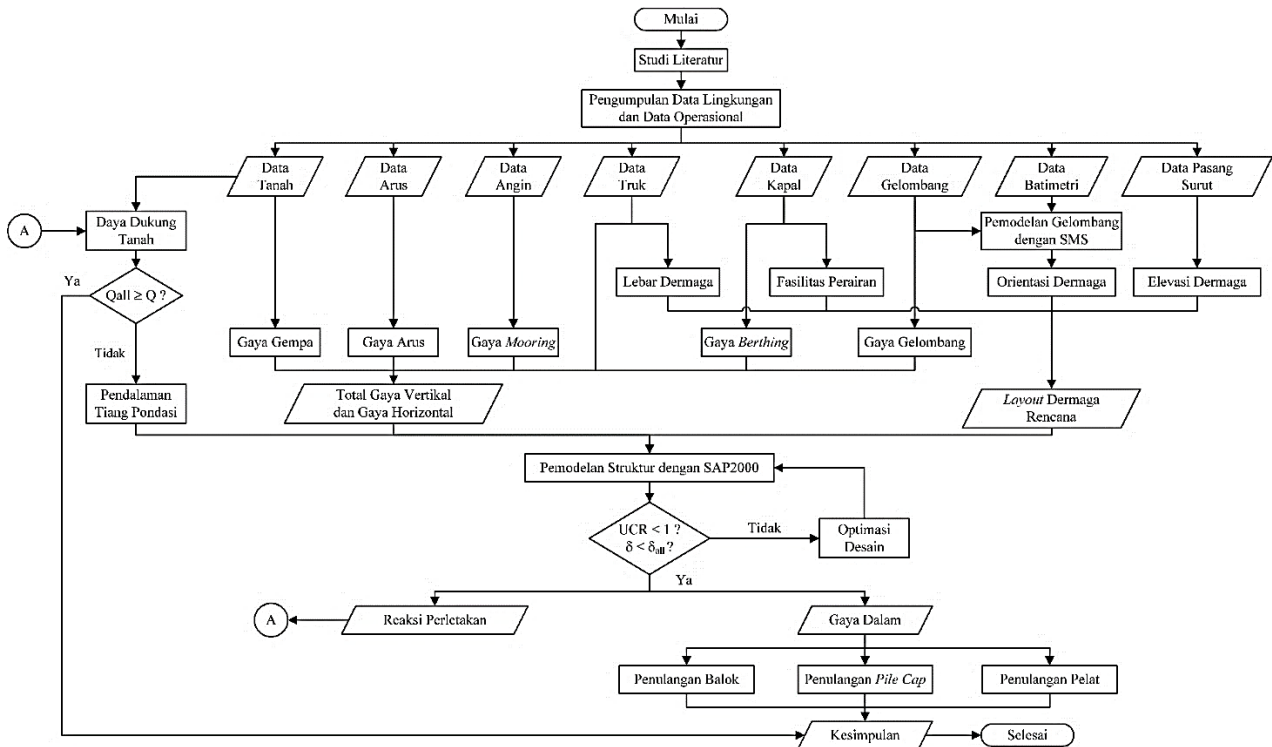
TEORI DAN METODOLOGI

Perancangan struktur Dermaga Pelabuhan Bunyu 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 dimensi dan perhitungan gaya-gaya yang bekerja pada struktur dermaga dan *Trestle*. Dimensi yang ditentukan terdiri dari ukuran elemen struktural 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, dimensi, 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

kriteria output yang dihasilkan oleh perangkat lunak, seperti UCR (*unity check ratio*) tiang pancang, defleksi, dan kelangsingan tiang pancang. Hasil pemodelan lainnya terdiri dari gaya dalam pada elemen struktur dermaga yaitu balok dan pelat kemudian kemudian reaksi perletakan, gaya dalam balok, dan gaya dalam pelat yang selanjutnya digunakan untuk merencanakan tulangan elemen struktur beton. Perencanaan tulangan elemen struktur beton dilakukan mengikuti SNI 03-2847-2013. Hasil pemodelan berupa gaya dalam digunakan sebagai parameter untuk merencanakan tulangan lentur maupun geser pada balok dan pelat. Sedangkan reaksi perletakan digunakan untuk menentukan kedalaman pemancangan tiang pancang.

Kedalaman pemancangan 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 merupakan *windrose*, *waverose*, perkiraan gelombang dengan periode ulang 50 tahunan. Data bathimetri digunakan sebagai acuan kondisi kedalaman perairan. Sedangkan data pasang surut dan data kapal akan menghasilkan elevasi dasar dan muka air yang akan digunakan dalam perencanaan bangunan dermaga.

Analisa Data Pasang Surut

Data pasut diperoleh dari hasil survey lokasi proyek RIP dan SID Pelabuhan Bunyu. Pengamatan pasang surut dilakukan selama 15 Hari pada tanggal 7 Juli 2018 sampai dengan 22 Juli 2018. Data hasil survey kemudian diolah dengan menggunakan perangkat lunak ERG. Setelah diolah diketahui bahwa tipe pasang surut

di perairan Pulau Bunyu adalah tipe campuran condong ke *semidiurnal*. Output dari ERG kemudian digunakan sebagai inputan ke perangkat lunak ERGRAM dan ERGELV. Dari ERGELV diperoleh nilai tunggang pasang yang digunakan sebagai faktor dalam penentuan elevasi dermaga.

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

Analisa Data Arus

Data Arus diperoleh dari hasil survey yang dilakukan selama 15 hari dari tanggal 7 Juli 2018 sampai dengan 22 Juli 2018. Pengamatan arus diukur pada tiga kedalaman sehingga kecepatan arus rencana dihitung terlebih dahulu menggunakan *Maximum Depth Average Velocity*. Nilai ini merupakan nilai *Depth Average Velocity*. Nilai DAV dapat dihitung menggunakan *three point method*

$$DAV = \frac{(u_{0.2D} + u_{0.8D})}{4} + \frac{u_{0.6D}}{2}$$

Setelah dihitung diperoleh nilai 0.13 m/s dengan arah 260°

Analisa Data Angin

Data angin diperoleh dari BMKG dengan durasi data 12 tahun dari Januari 2005 hingga Desember 2016 dengan interval data sebesar 1 jam. Data angin diolah dengan metoda *hindcasting* untuk memperoleh data gelombang laut dalam. Data gelombang hasil *hindcasting* diolah lagi menggunakan analisis ekstrim untuk mendapatkan tinggi gelombang dengan periode ulang 50 tahun. Nilai kecepatan angin terbesar adalah 11.33 m/s dari arah Barat Daya sedangkan tinggi gelombang dengan periode ulang 50 tahunan adalah 1.19 m dengan periode 5.36 s dari arah selatan

Analisa Data Tanah

Karakteristik data tanah di Pelabuhan Bunyu adalah tanah pasir dan tanah lempung. Dari nilai

SPT data tanah, diperoleh $S_{DS} = 0.32g$ dan $S_{D1} = 0.24g$. Nilai SPT tanah juga digunakan dalam perhitungan daya dukung tanah.

Data Kapal

Kapal kargo terbesar yang direncanakan mampu bersandar pada Dermaga Pelabuhan Bunyu berbobot 1000 DWT dengan dimensi: $L_{OA} = 67$ m, $L_{BP} = 61$ m, $Breadth = 10.7$ m, $Draught = 3.8$ m.

Penentuan Dimensi Struktur Rencana

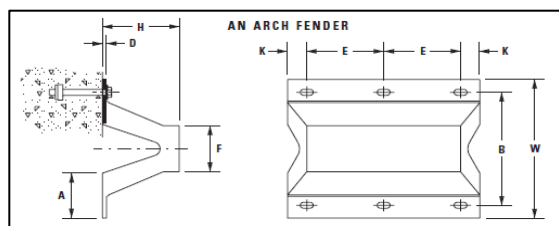
Dermaga direncanakan berupa *jetty* dengan struktur *deck on pile* yang dihubungkan dengan trestle. Hasil perancangan *layout* dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1 Dimensi Struktur

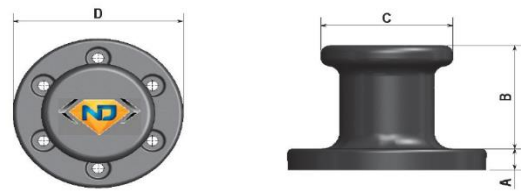
Fasilitas	Uraian	Dimensi
Dermaga	Panjang	82 m
	Lebar	10 m
	Elevasi	+5.0 m dari LWS
Trestle	Panjang	150 m
	Lebar	6 m

Fasilitas Dermaga

Dengan energi abnormal *berthing* kapal (E_A) = 27.7 kN-m, dipilih *fender* tipe ANP300 dengan *rated energy* (E_R) = 231 kN dan berat 106 kg. Sedangkan beban *mooring* terbesar yang diterima *bollard* adalah 1.92 ton, sehingga dipilih *pillar bollard* dengan kapasitas 5 ton dan berat 86,35 kg. Ilustrasi *fender* dan *bollard* terpilih ditunjukkan pada **Gambar 2** dan **Gambar 3**



Gambar 2 Fender AN600



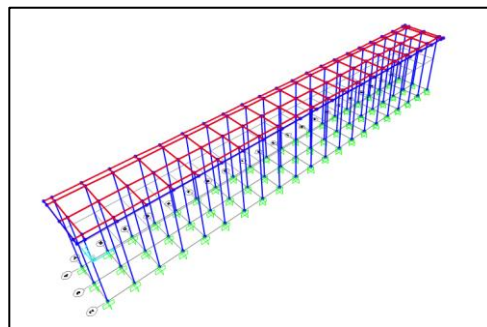
Gambar 3 Pillar Bollard 5 ton

Perencanaan Struktur

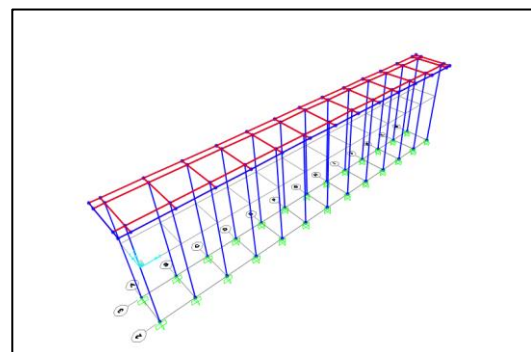
Struktur dermaga dan trestle menggunakan struktur beton bertulang dengan mutu beton (f_c') = 35 MPa dan material tiang pancang dengan mutu baja ASTM A139 dengan tegangan leleh (f_y) = 240 MPa.

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

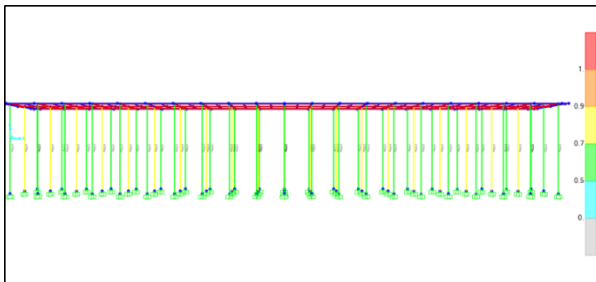
Uraian	Dimensi
Balok Melintang	400 mm × 600 mm
Balok Memanjang	400 mm × 600 mm
Tiang Pancang	Ø558mm, t=14 mm
Tebal Pelat	250 mm
Pile Cap Balok	1000 × 1000 × 1000 mm
Pile Cap <i>Fender</i>	1000 × 1000 × 2000 mm

Tabel 3 Dimensi Elemen Struktural *Trestle*

Uraian	Dimensi
Balok Melintang	400 mm × 600 mm
Balok Memanjang	400 mm × 600 mm
Tiang Pancang	Ø508 mm, t=10mm
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 Pelabuhan Bunyu memenuhi keamanan karena nilai UCR tertinggi kurang dari 1.

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

Frame	Section	UCR	Load Combo
166	<i>Pile</i>	0.85	ULS2
Keterangan	ULS 2 : 1.2D + 1.6L + 1.6B		

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

Kondisi	Joint	Co mb	Arah Defl eksi	Defle ksi (cm)	Defle ksi Izin (cm)	K et.
Layan	127	SLS 2	U1	0.24	5	O K
	256		U2	2.3	5	O K
Gempa	64	SLS 6	U1	1.5	10	O K
	94		U2	1.6	10	O K
Keteran gan	SLS 2		1.0D + 1.0L+ 1.0B			
	SLS 6		1.0D + 0.7E			

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

No. Frame	No. Joint	Reaksi Perletakan (kN)	Load Combo	Ket.
217	56	2003.64	SLS2	Max
107	3	502.53	SLS6	Min
Keterangan		SLS 2	1.0D+ 1.0L + 1.0B	
		SLS 6	1.0D + 0.7E	

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

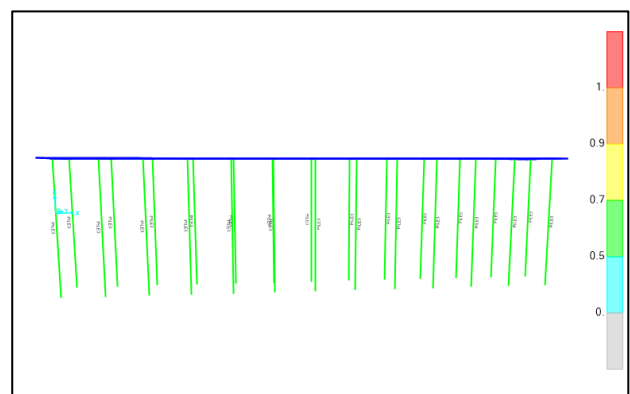
Tabel 6 Reaksi Perletakan Dermaga

No. Frame	No. Joint	Reaksi Perletakan (kN)	Load Combo	Ket.
217	56	2003.64	SLS2	Max
107	3	502.53	SLS6	Min
Keterangan		SLS 2	1.0D+ 1.0L + 1.0B	
		SLS 6	1.0D + 0.7E	

No. Area Section	Kombinasi	Gaya Dalam		Keterangan
101	ULS2	M11 (kN-m/m)	42.79	M11 Max (+)
1	ULS5		-13.88	M11 Max (-)
101	ULS2	M22 (kN-m/m)	39.66	M22 Max (+)
2	ULS2		-37.96	M22 Max (-)
Keterangan	ULS 2	1.2D + 1.6L + 1.6B		
	ULS 5	1.2D + 1.0E + 1.0L		

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 7** Gaya Dalam Balok Dermaga

Jenis Balok	Comb	Gaya Dalam		Keterangan
Balok 1	ULS2	V2 (kN)	139.62	V2 Max (+)
	ULS2		-139.62	V2 Max (-)
	ULS2	M3 (kN-m)	56.13	M3 Max (+)
	ULS5		-139.83	M3 Max (-)
Balok 2	ULS2	V2 (kN)	657	V2 Max (+)
	ULS2		-674.54	V2 Max (-)
	ULS2	M3 (kN-m)	320.14	M3 Max (+)
	ULS2		-395.02	M3 Max (-)
Keterangan	ULS 2 : 1.2D + 1.6L + 1.6B			
	ULS 5 : 1.2D + 1.0E + 1.0L			

Tabel 9 Rangkuman Nilai UCR *Trestle*

Frame	Section	UCR	Load Combo
5	Pile	0.59	ULS5
Keterangan	ULS 5 : 1.2D + 1.0E + 1.0L		

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***Tabel 8** Gaya Dalam Pelat Dermaga

Kondisi	Joint	Comb	Arah Defleksi	Defleksi (cm)	Defleksi Izin (cm)	Ket.
Layan	1	SLS 3	U1	0.06	5	OK
	25		U2	0.11	5	OK
Gempa	9	SLS 5	U1	1.37	10	OK
	55		U2	1.4	10	OK
Keterangan	SLS 3		1.0D + 1.0 (W + C + M)			
	SLS 5		1.0D + 0.75L + 0.525E			

Tabel 11 Reaksi Perletakan Trestle

No. Frame	No. Joint	Reaksi Perletakan (kN)	Load Combo	Ket.
21	47	943.74	SLS2	Max
25	51	310.86	SLS6	Min
Keterangan		SLS 2	1.0D+ 1.0L + 1.0B	
		SLS 6	1.0D + 0.7E	

Tabel 12 Gaya Dalam Balok Trestle

Jenis Balok	Comb	Gaya Dalam		Keterangan
Balok 1	ULS2	V2 (kN)	88.95	V2 Max (+)
	ULS2		-88.95	V2 Max (-)
	ULS5	M3 (kN-m)	34.37	M3 Max (+)
	ULS5		-102.49	M3 Max (-)
Balok 2	ULS2	V2	472.9	V2 Max (+)

	ULS2	(kN)	-472.9	V2 Max (-)
	ULS2	M3	258.34	M3 Max (+)
	ULS2	(kN-m)	-219.25	M3 Max (-)
Keterangan	ULS 2 : 1.2D + 1.6L + 1.6B			
	ULS 5 : 1.2D + 1.0E + 1.0L			

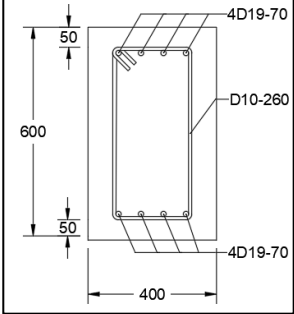
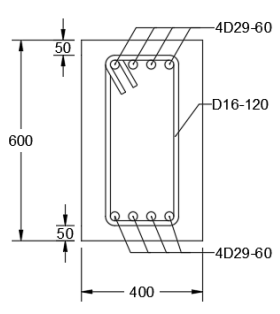
Tabel 13 Gaya Dalam Pelat Dermaga

No. Area Section	Kombinasi	Gaya Dalam		Keterangan
18	ULS2	M11 (kN-m/m)	24.15	M11 Max (+)
12	ULS5		- 10.19	M11 Max (-)
18	ULS2	M22 (kN-m/m)	16.6	M22 Max (+)
12	ULS2		- 20.03	M22 Max (-)
Keterangan	ULS 2	1.2D + 1.6L + 1.6B		
	ULS 5	1.2D + 1.0E + 1.0L		

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: 1000 mm × 1000mm × 1000mm Tulangan susut arah x : Ø19mm, n = 14buah, spasi = 100mm Tulangan susut arah y : Ø19mm, n = 14buah, spasi = 100mm
Pile Cap Fender Dimensi: 2000mm × 1000mm × 1000mm Janggutan: 1000mm × 500mm × 3000 mm Tulangan susut arah x : Ø19mm, n = 14buah, 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: 1000mm × 1000mm × 1000mm
Tulangan susut arah x : Ø19mm, n = 14buah, spasi = 100mm
Tulangan susut arah y : Ø19mm, n = 14buah, spasi = 100mm

KESIMPULAN

1. Dermaga Pulau Bunyu melayani bongkar muat kargo untuk satu unit kapal berukuran 1000 DWT dengan dimensi dermaga:
 - a. Panjang: 82 meter
 - b. Lebar: 10 meter
 - c. Elevasi lantai: +5.0 meter dari LWS
 - d. Kedalaman perairan: -5.0 m dari LWS
 - e. *Fixity point*: 3 meter
 - f. Kedalaman tiang pancang: 22 meter dari dasar laut
2. *Trestle* yang menghubungkan dermaga dengan darat memiliki dimensi:
 - a. Panjang: 150 meter
 - b. Lebar: 6 meter
 - c. Elevasi lantai: +5.0 m dari LWS
 - d. Kedalaman perairan : -5.0 m dari LWS
 - e. *Fixity point*: 3 meter
 - f. Kedalaman tiang pancang: 14 meter dari dasar laut
3. Fasilitas struktur dermaga untuk menahan beban *mooring* dan beban *berthing* kapal:
 - a. Jenis *fender*: Arc *Fender* ANP300
 - b. Kapasitas *fender*: 29.6 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 = 0.24 cm
(1.0D + 1.0L + 1.0B)
Arah y = 2.3 cm
(1.0D + 1.0 L + 1.0B)
 - b. Defleksi maksimum kondisi gempa:
Arah x = 1.5 cm

$$(1.0D + 0.7E)$$

Arah y = 1.6 cm

$$(1.0D + 0.7E)$$

- c. Reaksi maksimum = 2003.64 kN

$$(1.0D + 1.0L + 1.5B)$$

- d. *Unity Check Ratio* maksimum = 0.85

$$(1.2D + 1.6L + 1.6B)$$

Keterangan:

D = Dead Load; L = Live Load; B = Berthing; E = Gempa

5. Hasil pemodelan struktur *trus* dengan menggunakan SAP2000:

- a. Defleksi maksimum kondisi operasi

Arah x = 0.06 cm

$$(1.0D + 1.0 (W + C + M_+))$$

Arah y = 0.11 cm

$$(1.0D + 1.0 (W + C + M_+))$$

- b. Defleksi maksimum kondisi gempa:

Arah x = 1.37 cm

$$(1.0D + 0.75L + 0.525E)$$

Arah y = 1.4 cm

$$(1.0D + 0.75L + 0.525E)$$

- c. Reaksi maksimum = 943.74 kN

$$(1.0D + 1.0L + 1.0B)$$

- d. *Unity Check Ratio* maksimum = 0.59

$$(1.2D + 1.0E + 1.0L)$$

Keterangan:

D = Dead Load; L = Live Load; W =

Gelombang ; C = Arus E = Gempa

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.

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