

PERANCANGAN STRUKTUR DERMAGA PETI KEMAS DENGAN KONSTRUKSI BETON PRACETAK DI BUNGKUTOKO, SULAWESI TENGGARA

Fikri Aismon¹ dan Sri Murti Adiyastuti²

Program Studi Teknik Kelautan

Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung,

Jl Ganesha 10 Bandung 40132

[1fikriaismon2015@gmail.com](mailto:fikriaismon2015@gmail.com) dan [2adiyastuti@ocean.itb.ac.id](mailto:adiyastuti@ocean.itb.ac.id)

Kata Kunci : Dermaga, Struktur, Pemodelan, Peti Kemas, Precast

ABSTRAK

Provinsi Sulawesi Tenggara merupakan salah satu Provinsi yang memiliki nilai volume ekspor yang besar, menurut laman resmi pemerintah provinsi sulawesi tenggara, sultra.bps.go.id, Provinsi Sulawesi Tenggara memiliki volume ekspor rata rata dalam setahun yakni satu juta ton, bahkan pada tahun 2013 sempat memiliki volume ekspor 32 juta ton, namun itu semua tercatat sebagai ekspor dari jakarta, karena selama ini tidak ada pelabuhan yang memadai untuk mengeksport barang langsung dari Provinsi Sulawesi Tenggara ke negara tujuan ekspor, sehingga harus melewati pelabuhan besar terlebih dahulu, yakni Tanjung Priok.

Atas dasar pertimbangan tersebut, maka dibangunlah suatu fasilitas yang dapat mengakomodasi kegiatan ekspor dan impor langsung melalui mode laut yakni pelabuhan, dengan komponen struktur utamanya yakni dermaga. Dermaga yang dibangun pada lokasi ini merupakan jenis dermaga peti kemas dan dibangun di sebuah pulau yang bernama Bungkutoko.

Pada studi kasus tugas akhir mengenai Perancangan Struktur Dermaga Peti Kemas di Bungkutoko, akan dibahas mengenai desain struktur dermaga dan trestel berdasarkan kriteria desain yang digunakan sebagai syarat perencanaan struktur dengan mempertimbangkan kondisi eksisting pada lokasi studi. Tugas akhir mencakup penentuan dimensi dermaga dan

trestel, pengolahan data lingkungan, perhitungan beban pada dermaga dan trestel, pemodelan struktur, desain penulangan struktur, analisis konstruksi beton pracetak dan perhitungan daya dukung tanah.

Pemodelan struktur dilakukan menggunakan perangkat lunak analisis struktur untuk mengetahui kehandalan struktur rencana terhadap beban yang bekerja. Hasil dari pemodelan berupa *unity check ratio* (UCR), defleksi struktur, gaya dalam balok dan pelat, serta reaksi perletakan. Perancangan dilakukan untuk mendapatkan desain struktur yang handal dan optimal, dilakukan dengan pemeriksaan nilai UCR sebagai acuan yang bernilai harus diantara 0,8 dan 1,0, pemeriksaan nilai rasio tulangan yang dibutuhkan untuk menentukan luas penampang optimal, penentuan dimensi komponen beton pracetak yang akan digunakan agar mampu dilakukan proses konstruksi yang optimal, dan pemeriksaan nilai defleksi sebagai aspek kemampuan struktur dengan nilai harus dibawah batas izin.

Hasil dari Tugas Akhir meliputi rancangan dermaga dan trestel meliputi dimensi struktur dan dimensi elemen struktural dermaga dan trestel, detail penulangan berdasarkan gaya dalam yang bekerja, dimensi beton pracetak yang digunakan, analisis kekuatan beton pracetak saat dilakukan proses konstruksi seperti pengangkatan dan instalasi serta kedalaman rencana pemancangan yang mampu menahan reaksi struktur berdasarkan data geoteknik yang tersedia.

PENDAHULUAN

Dermaga peti kemas di Bungkutoko dibangun berdasarkan perlunya suatu fasilitas yang mengakomodasi kegiatan ekspor dan impor langsung wilayah tersebut, sehingga tidak lagi harus melalui pelabuhan besar terlebih dahulu, sehingga akan dibangun sebuah fasilitas struktur dermaga peti kemas yang mampu melayani kapal terbesar berkapasitas 60000 DWT dan kapal terkecil dengan kapasitas 2500 DWT.

Lokasi dermaga peti kemas yang akan dibangun berda di Kelurahan Bungkutoko, Kecamatan Abeli, Kota Kendari, Sulawesi Tenggara, ditunjukkan oleh **Gambar 1 s.d. Gambar 3.**



Gambar 1 Peta Lokasi Kota Kendari pada Provinsi Sulawesi Tenggara



Gambar 2 Peta lokasi Kecamatan Abeli pada Kota Kendari



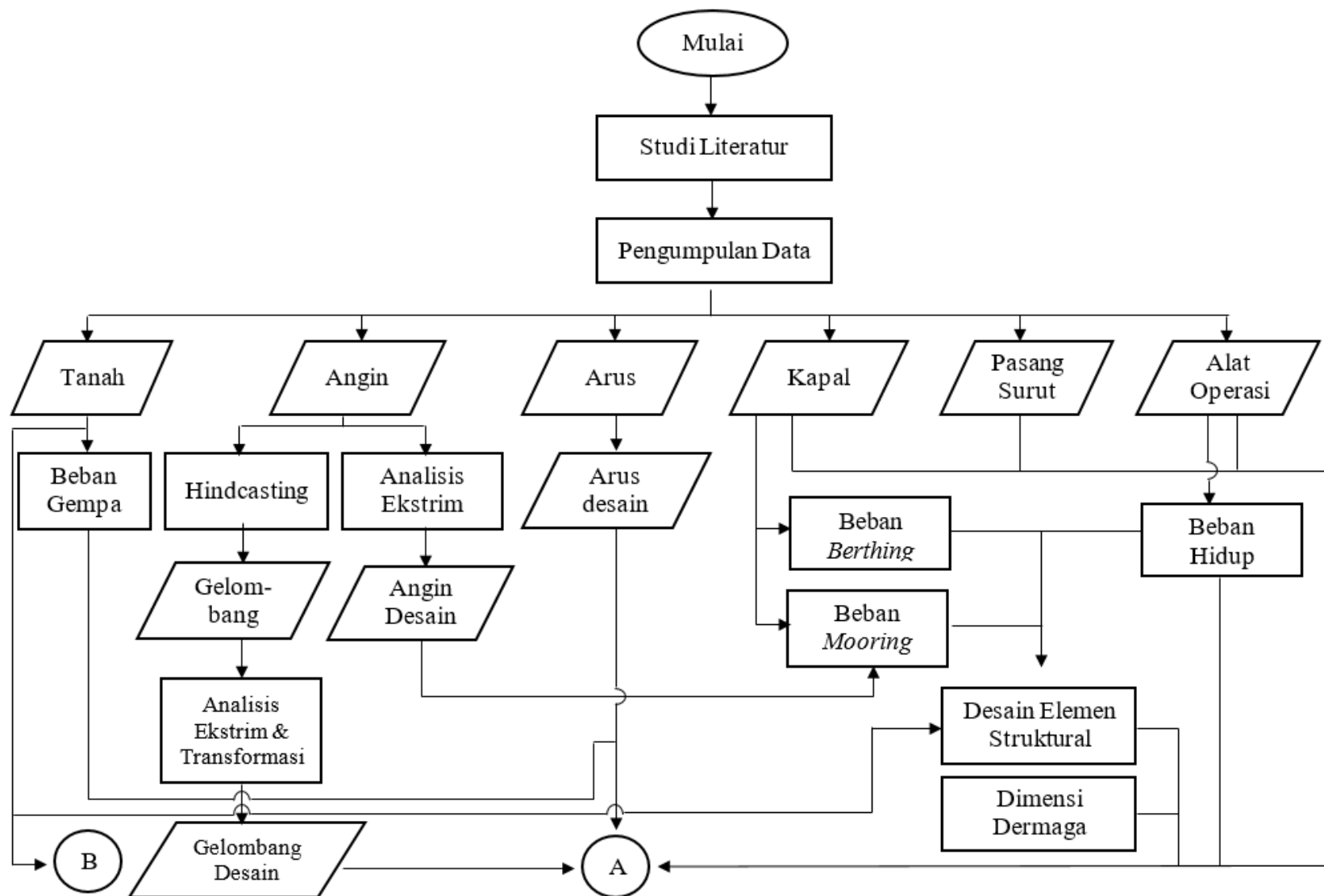
Gambar 3 Peta lokasi Kelurahan Bungkutoko pada Kecamatan Abeli



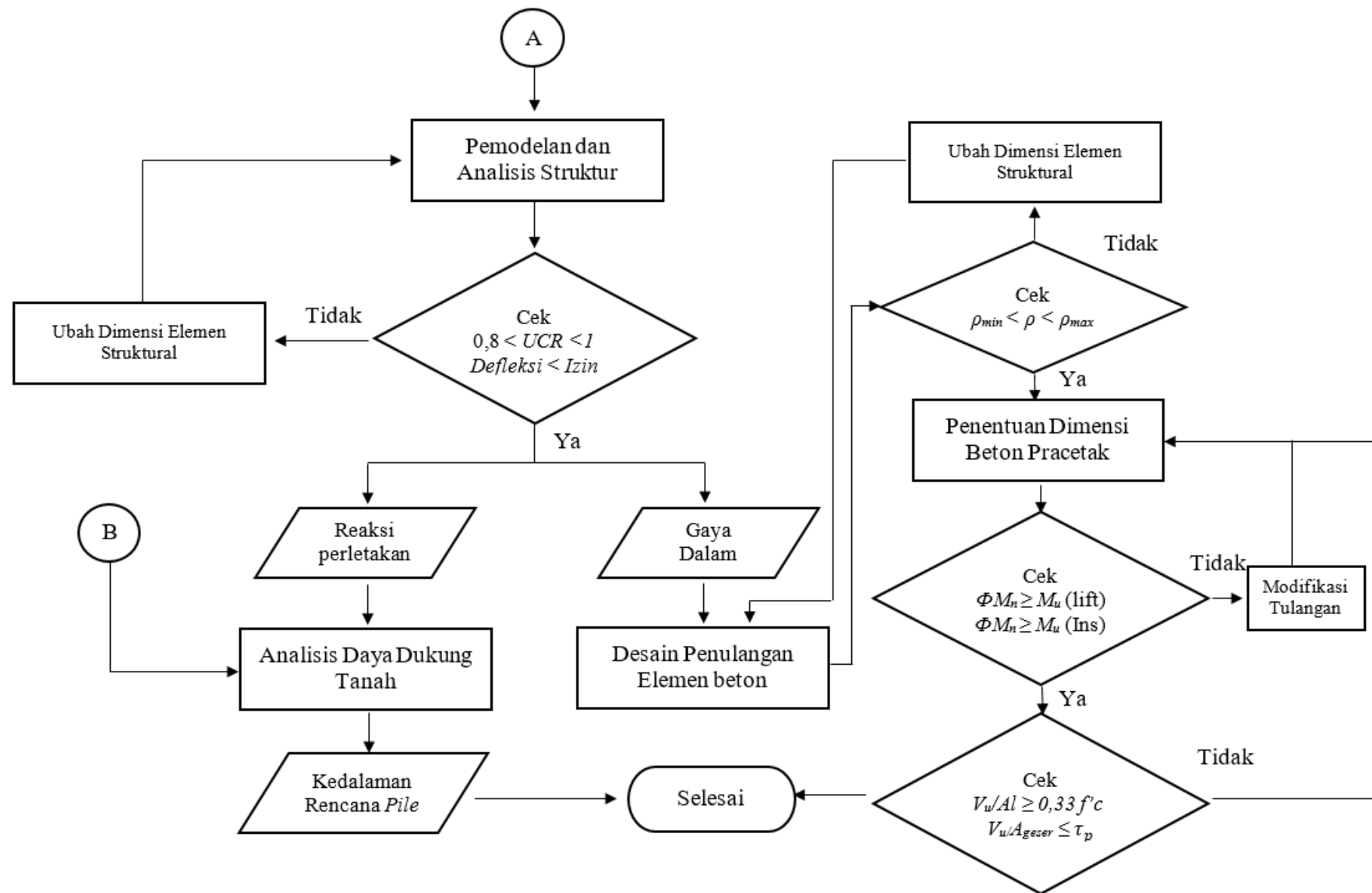
Gambar 4 Citras satelit lokasi perancangan dermaga peti kemas

TEORI DAN METODOLOGI

Metodologi Tugas Akhir ini dijelaskan dalam bagan alir yang ditunjukkan pada **Gambar 5**. Data yang digunakan sebagai parameter perancangan struktur adalah data sekunder meliputi data angin, pasang surut, arus, karakteristik kapal, data alat, dan data tanah. Data kapal dan alat digunakan untuk perhitungan beban yang bekerja pada dermaga.



Gambar 5. Metodologi pengerjaan tugas akhir



Gambar 5. (Lanjutan) Metodologi pengerjaan tugas akhir

Standar utama yang digunakan dalam perancangan struktur dermaga *deck on pile* pada Tugas Akhir ini adalah *British Standard 6349*. Untuk aspek-aspek yang tidak dijelaskan secara detil pada standar utama, digunakan standar lain seperti:

- *SNI 2847 Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Bangunan Gedung* untuk penulangan.
- *SNI 1729 Spesifikasi Bangunan Baja Struktural* untuk desain elemen baja.
- *SNI 1725 Pembebanan untuk Jembatan* untuk beban lalu lintas.
- *SNI 1726 Perencanaan Ketahanan Gempa* untuk desain gempa.

Perancangan dilakukan untuk mendapatkan struktur yang optimal sesuai kebutuhan, sehingga diatur batasan (*constraint*) desain sebagai berikut:

1. Nilai *Unity Check Ratio* (UCR) dari hasil pemodelan struktur dibatasi yaitu bernilai $0,8 < UCR < 1$
2. Nilai defleksi struktur < defleksi izin maksimum
3. Nilai rasio tulangan yang dibutuhkan (ρ) bernilai $\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$

HASIL DAN ANALISIS

Data lingkungan berupa data angin diolah untuk mendapatkan data gelombang, lalu dilakukan analisis ekstrim untuk mendapatkan data angin dan gelombang periode ulang 50 tahun. Data gelombang dimodelkan dengan perangkat lunak SMS agar didapat nilai gelombang desain yang mampu menggambarkan kondisi lingkungan rencana.

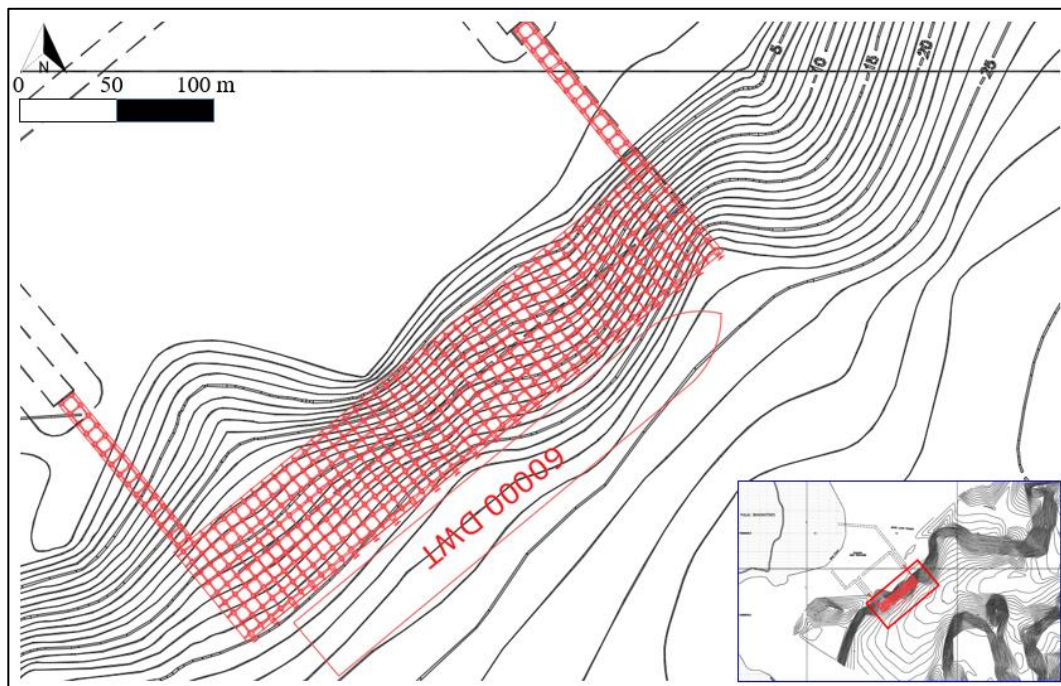
Parameter desain struktur dermaga ditunjukkan pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Rangkuman parameter desain struktur dermaga

Parameter		Nilai	Satuan
Pasang surut	LWS (acuan MSL)	-1.25	m
	HWS (acuan MSL)	1	m
	Tunggang pasang	2,25	m
Angin	Kecepatan desain (50 tahun)	10,88	m/s

Tabel 1 (lanjutan) Rangkuman parameter desain struktur dermaga

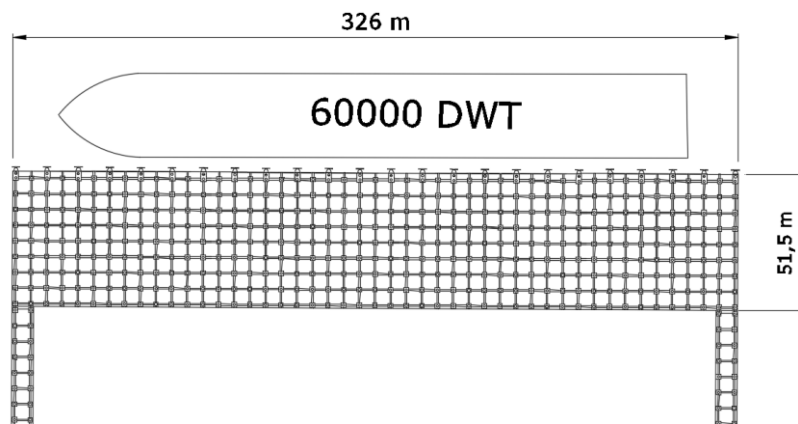
Parameter		Nilai	Satuan
Gelombang	Tinggi gelombang desain (50 tahun)	0,74	m
	Periode	4,71	s
Arus	Kecepatan desain	0,75	m/s
Kapal	DWT (max)	60000	
	L _{OA} (max)	290	m
	Draft (max)	13,2	
	Beam (max)	32,2	
Beban Alat dan Operasional	<i>Crane</i>	441,5	kN/m ²
	Truk (BTR;BGT)	9 ; 49	kN/m ² ; kN/m



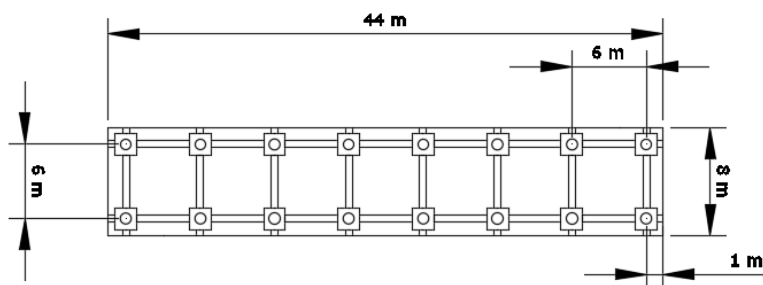
Gambar 6 Gambar tampak rancangan struktur dermaga

Dermaga peti kemas memiliki panjang 326 m, lebar 51,5 m, elevasi 3,5 m diatas LLWL, dengan kedalaman perairan 15 m. Trestel memiliki panjang 88 m dan lebar 8 m, elevasi 3,5 m diatas LLWL. Trestel dibuat per modul, dengan panjang modul 44 m dan dilatasi antar modul sebesar 50 mm. Dimensi elemen struktural ditentukan dengan melakukan *preliminary design*, yaitu perkiraan ukuran penampang berdasarkan kapasitas momen yang diperlukan

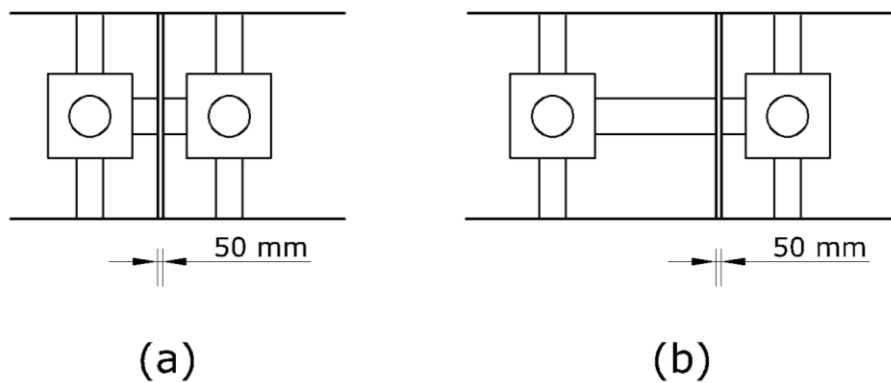
(balok dan pelat), dan kebutuhan tebal pelat berdasarkan kegagalan *punching shear* (pelat dermaga).



Gambar 7 Dimensi dermaga

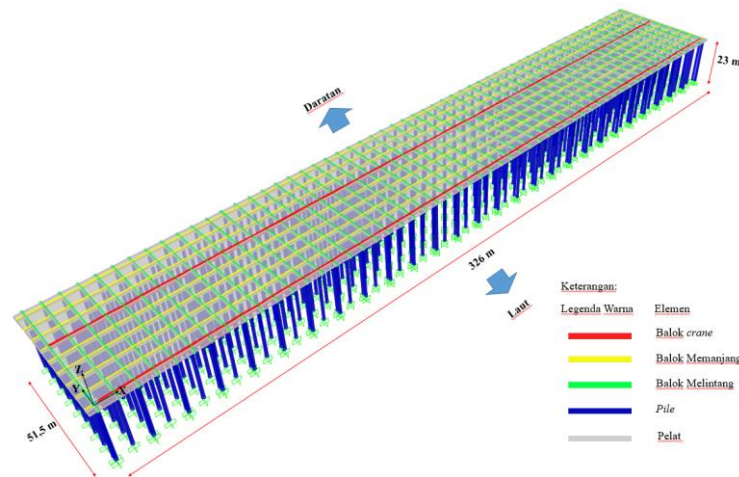


Gambar 8 Dimensi trestel

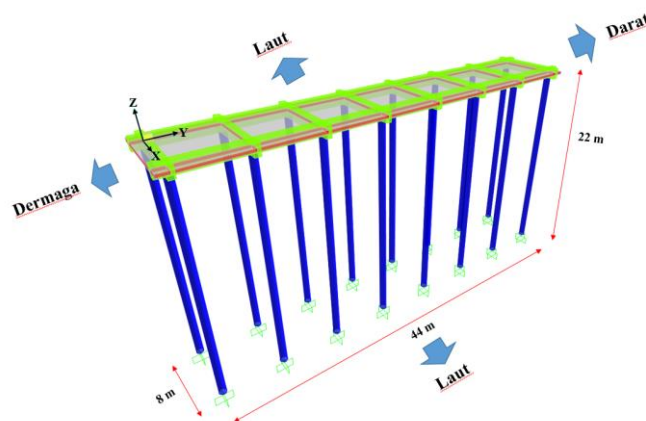


Gambar 9 Detil dilatasi (a) antar modul trestle dan (b) antara trestle dan dermaga

Komponen dermaga yang digunakan yaitu fender SCN 1600 E1.0 ($E = 1535 \text{ kN-m}$ dan $R = 1855 \text{ kN}$) dan *T-head* bollard 100 ton. Beban-beban yang bekerja lalu dimasukkan kedalam pemodelan untuk pemeriksaan kehandalan struktur awal. Geometri model struktur dermaga dan trestle ditunjukkan pada **Gambar 4** dan **Gambar 5**.



Gambar 4 Geometri struktur dermaga pada model



Gambar 5 Geometri struktur trestle pada model

Beban dimodelkan terhadap kombinasi beban sesuai ketentuan *ASCE 7 – 10*. Proses iterasi pada pemodelan dilakukan ketika nilai *UCR* dan defleksi tidak memenuhi kriteria, dengan cara mengganti dimensi tiang pancang pada struktur. Elemen balok pada desain dioptimasi agar struktur tidak *overdesign* berdasarkan kebutuhan rasio tulangan terhadap penampang. Rasio

tulangan yang dibutuhkan elemen balok beton diperiksa, jika tidak sesuai (bernilai lebih kecil dari rasio tulangan minimum) dilakukan perubahan dimensi elemen balok.

Beban yang bekerja pada struktur dermaga dan metode inputnya pada model analisis struktur ditunjukkan pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Beban yang bekerja pada struktur dan penjelasan input pada model

Kelompok Kombinasi	Kelompok Beban	Sumber Beban	Keterangan
Beban vertikal	<i>Dead load</i>	Berat sendiri struktur (<i>selfweight</i>) kecuali pile cap	Perhitungan otomatis oleh perangkat lunak
		Berat <i>pile cap</i> , fender, bollard, beban crane, <i>rail crane</i>	<i>Input</i> beban oleh <i>user</i>
	<i>Live load</i>	Beban manusia (asumsi merata diseluruh dermaga/trestel	<i>Input</i> beban oleh <i>user</i>
		Beban lajur truk	<i>Input</i> beban oleh <i>user</i>
Beban horizontal	<i>Berth Load</i>	Beban berthing	<i>Input</i> beban oleh <i>user</i>
	<i>Mooring load</i>	Beban mooring arah transversal dan longitudinal	<i>Input</i> beban oleh <i>user</i>
	Gelombang	Beban akibat gelombang arah transversal dan longitudinal	<i>Input</i> parameter beban oleh <i>user</i> , perhitungan beban oleh perangkat lunak
	Arus	Beban akibat arus arah transversal dan longitudinal	<i>Input</i> parameter beban oleh <i>user</i> , perhitungan beban oleh perangkat lunak
	Gempa / <i>Quake</i>	Beban akibat gempa pada arah X dan Y	<i>Input</i> parameter beban oleh <i>user</i> , perhitungan beban oleh perangkat lunak

Hasil dari pemodelan setelah optimasi terhadap batas parameter izin untuk struktur dermaga ditunjukkan pada **Tabel 3** s.d. **Tabel 6**.

Tabel 3. Pergeseran tiang pancang dermaga akibat beban sementara

Area	Pile	Combo	Displacement	Nilai (cm)	Izin (cm)	Keterangan
A	PILE-1-14	Gempa X	U1	8,78	10,9	OK
	PILE-1-14	Gempa Y	U2	9,36		
B	PILE-2-28	Gempa X	U1	8,79		OK
	PILE-2-26	Gempa Y	U2	9,37		
C	PILE-8-24	Gempa X	U1	9,15		OK
	PILE-3-28	Gempa Y	U2	9,38		
D	PILE-7-26	Gempa X	U1	9,17		OK
	PILE-7-28	Gempa Y	U2	9,37		

Tabel 4. Pergeseran tiang pancang dermaga akibat beban tetap

Area	Pile	Combo	Displacement	Nilai (cm)	Izin (cm)	Keterangan
A	PILE-1-4	SLS1.4	U1	$3,6 \times 10^{-3}$	4,3	OK
	PILE-1-5	SLS1.4	U2	0,023		
B	PILE-2-1	SLS1.4	U1	$2,2 \times 10^{-3}$		OK
	PILE-2-9	SLS1.4	U2	0,023		
C	PILE-3-1	SLS1.4	U1	$1,4 \times 10^{-3}$		OK
	PILE-3-9	SLS1.4	U2	0,023		
D	PILE-7-1	SLS1.4	U1	$1,1 \times 10^{-3}$		OK
	PILE-7-9	SLS1.4	U2	0,023		
Keterangan <i>combo</i> : SLS1.4 : <i>DL, Crane-4</i>						

Area pada *output* pergeseran tiang pancang dan *UCR* dijelaskan sebagai berikut.

1. Area A : tiang pancang *fender* dan *bollard*
2. Area B : tiang pancang *crane* depan
3. Area C : tiang pancang biasa
4. Area D : tiang pancang *crane* belakang

Tabel 5. Lendutan balok dermaga

Tipe balok	Joint no.	Pos. (m)	Combo	U3 (cm)	Izin (cm)	Keterangan
BALOK-1	B1-48	3,0	SLS2.11	-0,82	-1,25	OK
BALOK-2	B2-166	3,0	SLS2.10	-0,46	-1,25	OK
BALOK-3	B3-190	3,0	SLS2.10	-0,63	-1,25	OK
KANTILEVER	JK-1-8	0,0	SLS6.4	-0,13	-0,52	OK

Keterangan *combo*:
 SLS2.10 : DL, Crane-4, LL, Berth-1
 SLS2.11 : DL, Crane-4, LL Berth-2
 SLS6.4 : DL, Crane-2, Gempa-Y

Tabel 6. Nilai UCR tiang pancang dermaga

Area	Pile	Combo	UCR	Keterangan
A	PILE-1-19	ULS5.4	0,72	OK Terdapat UCR yang berada pada rentang $0,8 < UCR < 1$
B	PILE-2-8	ULS5.4	0,89	
C	PILE-3-24	ULS5.2	0,64	
D	PILE-7-27	ULS2.2	0,96	
Keterangan <i>combo</i> : ULS2.2 : DL, Crane-1, LL, Berth-2 ULS5.2 : DL, Crane-1, LL, Gempa-Y ULS5.4 : DL, Crane-2, LL, Gempa Y				

Hasil dari pemodelan setelah optimasi terhadap batas parameter izin untuk struktur trestle ditunjukkan pada **Tabel 7** s.d. **Tabel 10**.

Tabel 7 Pergeseran tiang pancang trestel akibat beban sementara

Pile	Combo	Displacement	Nilai (cm)	Izin (cm)	Keterangan
PILE-1-1	Gempa X	U1	9,4	10,5	OK
PILE-1-1	Gempa Y	U2	9,3		

Tabel 8 Pergeseran tiang pancang trestel akibat beban tetap

<i>Pile</i>	<i>Combo</i>	<i>Displacement</i>	Nilai (cm)	Izin (cm)	Keterangan
PILE-1-1	SLS1	U1	$1,5 \times 10^{-6}$	4,2	OK
PILE-1-1	SLS1	U2	$2,9 \times 10^{-5}$		
Keterangan <i>combo</i> : SLS1 : DL					

Tabel 9 Lendutan balok trestel

Joint no.	Pos. (m)	Combo	U3 (cm)	Izin (cm)	Keterangan
-----------	----------	-------	---------	-----------	------------

B-11	3,0	SLS2	-0,51	-1,25	OK
JK-4*	0,0	SLS2	-0,034	-0,208	OK
*Balok kantilever Keterangan <i>combo</i> : SLS2 : <i>DL, LL</i>					

Tabel 10 Nilai *UCR* tiang pancang trestel

<i>Pile</i>	<i>Combo</i>	<i>UCR</i>	Batas Optimal	Keterangan
PILE-4-1	ULS5.1	0,96	0,8<UCR<1	OK
Keterangan <i>combo</i> : ULS5.1 : DL, LL, Gempa-X				

Tiang pancang beton yang digunakan merupakan tiang pancang produksi *Nippon Steel*, sehingga kapasitas tiang pancang mengacu pada dokumen katalog tiang pancang. Izin pergeseran (*displacement*) diatur dalam *SNI 03-1729-2002 Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan gedung*, izin lendutan diatur dalam *SNI 03-2487:2013 Tata Cara Perhitungan Struktur Beton*. Dari **Tabel 3** s.d. **Tabel 10** dapat diketahui bahwa struktur memenuhi syarat izin yang diatur sesuai standar yang digunakan.

Perhitungan penulangan beton berdasarkan gaya dalam ultimit yang terjadi. Penulangan meliputi penulangan lentur, geser untuk masing-masing elemen beton yaitu balok, pelat, dan *pile cap*. Struktur pelat dianalisis kemampuannya terhadap kegagalan *punching shear*.

Desain penulangan elemen beton untuk struktur dermaga dan trestle ditunjukkan pada **Tabel 10** s.d **Tabel 12**.

Tabel 10 Desain tulangan elemen balok

Balok	Dimensi (tinggi x lebar, mm)	Tulangan Atas	Tulangan Bawah	Tulangan kulit (tiap sisi)	Tulangan Sengkang	Gambar Potongan
<i>Dermaga</i>						
Tipe-1	1400 x 700	9D32	8D32	1D13	D13-70	Gambar 11
Tipe-2	1100 x 550	4D32	6D32	1D10	Ø10-70	Gambar 12
<i>Trestel</i>						
Tipe-3	900 x 450	3D25	4D29	-	Ø10-60	Gambar 13

Tabel 11 Desain tulangan elemen pelat

Tebal (mm)	Tulangan atas (arah x)	Tulangan atas (arah y)	Tulangan bawah (arah x)	Tulangan bawah (arah y)	Gambar potongan
<i>Dermaga</i>					
300	D16-160	D16-160	D16-160	D10-190	Gambar 14
<i>Trestel</i>					
300	D13-160	D13-160	D13-160	D10-190	Gambar 15

Tabel 12 Desain tulangan elemen *pile cap*

Pile Cap	Dimensi (panjang x lebar x tinggi)	Tulangan susut (arah x)	Tulangan susut (arah y)	Gambar
<i>Dermaga</i>				
Tipe – 1	3600 x 2400 x 3000	D29-80	D29-80	Gambar 16 dan Gambar 17
Tipe – 2	1500 x 1500 x 1500	D19-80	D19-80	Gambar 18 dan Gambar 19
<i>Trestel</i>				
Tipe – 3	1500 x 1500 x 1500	D19-80	D19-80	Gambar 20 dan Gambar 21

Dimenis elemen beton pracetak ditunjukkan pada **Tabel 13**.

Tabel 13 Desain tulangan sementara elemen balok

Elemen Pracetak	Dimensi (mm)		
	Panjang	Lebar	tebal
Balok crane	4650	700	1100
Balok non-crane	4650	550	800
Balok trestel	4650	450	600
Pelat dermaga	5450	2725	200
Pelat trestel	5700	2850	200

Desain penulangan sementara elemen beton pracetak untuk struktur dermaga dan trestle ditunjukkan pada **Tabel 14** s.d **Tabel 16**.

Tabel 14 Desain tulangan sementara dan angkur elemen balok kondisi pengangkatan

Balok	Dimensi (tinggi x lebar, mm)	Tulangan Atas	Angkur		Gambar Potongan
			Diameter (mm)	Kedalaman (mm)	
Dermaga					
Tipe-1	1100 x 700	5D29	7	55	Gambar 22

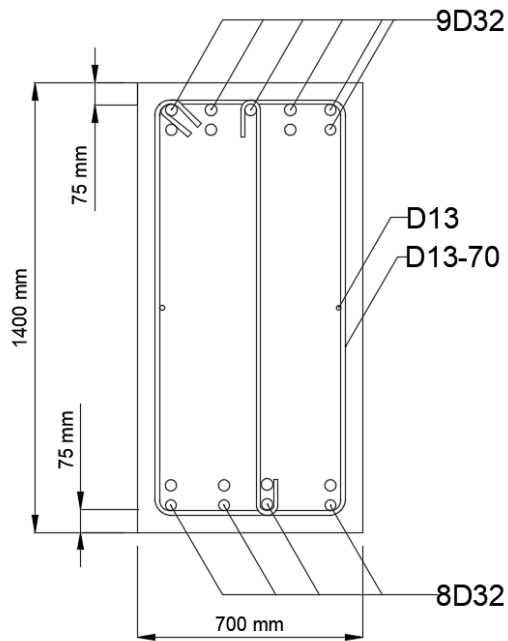
Tipe-2	800 x 550	3D29	7	41	Gambar 23
<i>Trestel</i>					
Tipe-3	600 x 450	3D22	7	28	Gambar 24

Tabel 15 Desain tulangan sementara dan angkur elemen pelat kondisi pengangkatan

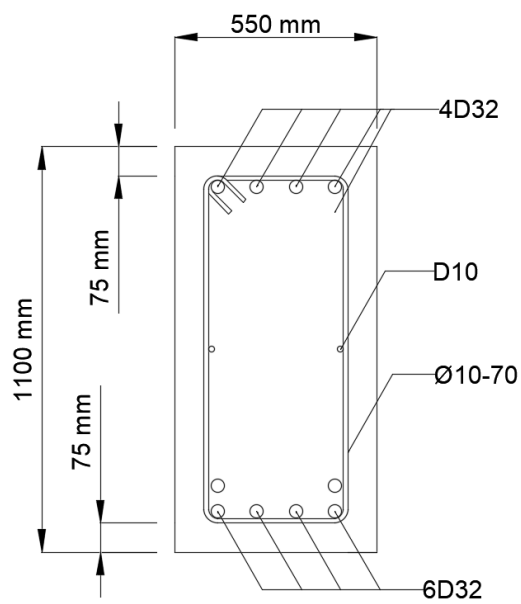
Pelat	Dimensi (tinggi x lebar, mm)	Tulangan Atas		Angkur		Gambar Potongan
		Arah sb.x	Arah sb.y	Diameter (mm)	Kedalaman (mm)	
Dermaga	5450 x 2725	6D10	4D10	7	40	Gambar 25
Trestel	5700 x 2850	6D10	4D10	7	45	Gambar 26

Tabel 16 Desain penghubung geser pelat pracetak

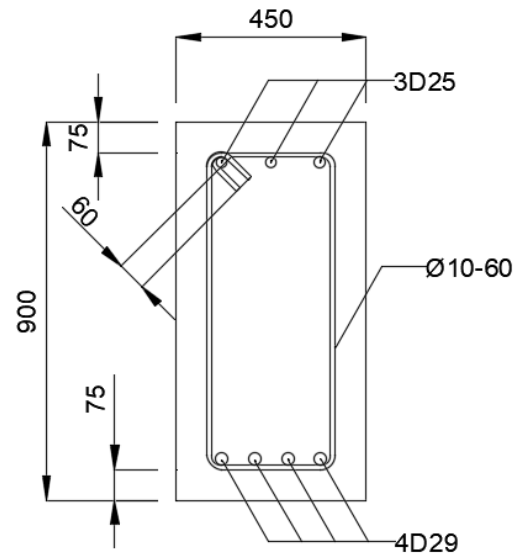
Pelat	Dimensi (tinggi x lebar, mm)	Jumlah Penghubung Geser		Gambar Potongan
		Arah sb.x	Arah sb.y	
Dermaga	5450 x 2725	34	17	Gambar 27
Trestel	5700 x 2850	23	12	Gambar 28



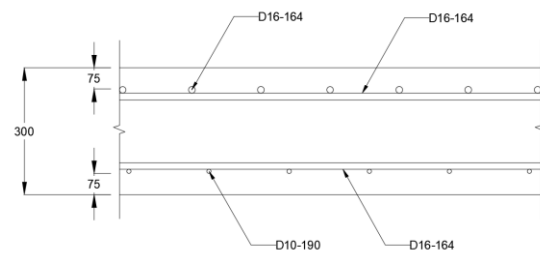
Gambar 6 Tulangan balok tipe-1



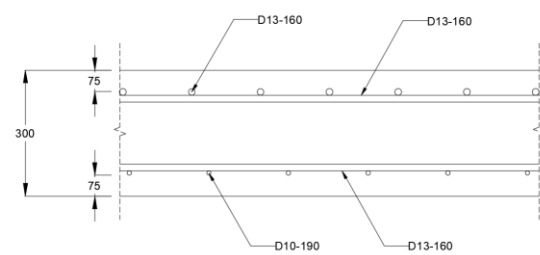
Gambar 12 Tulangan balok tipe – 2



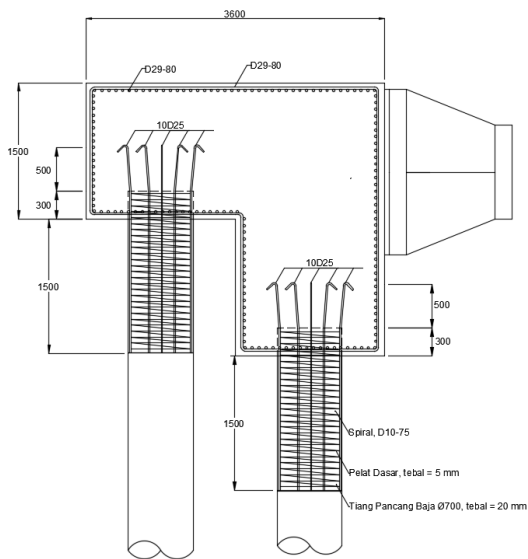
Gambar 13 Tulangan balok tipe – 3 (trestel)



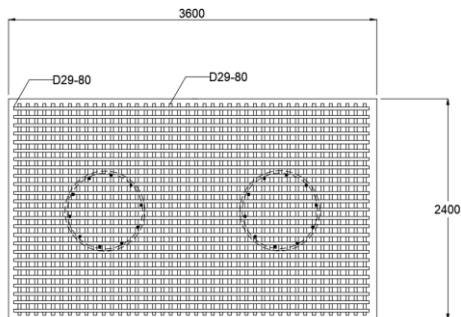
Gambar 14 Tulangan pelat dermaga



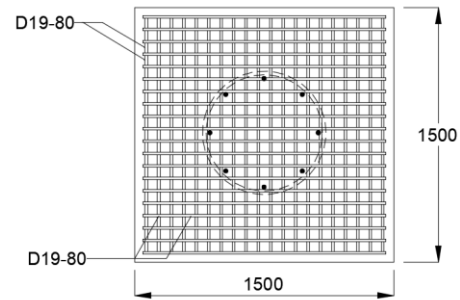
Gambar 15 Tulangan pelat trestel



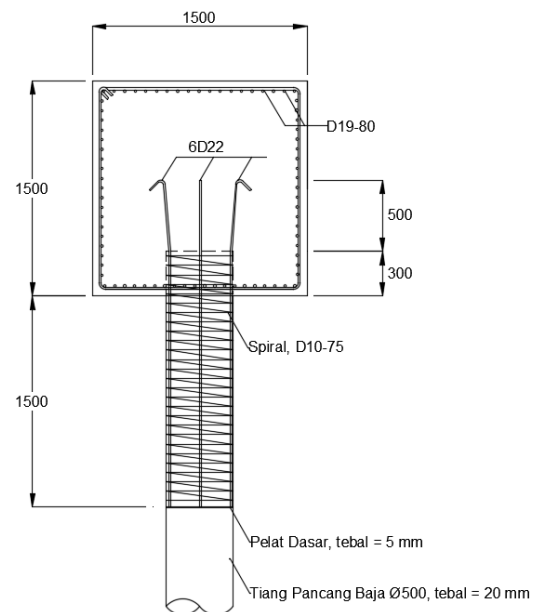
Gambar 16 Potongan melintang pile cap - 1



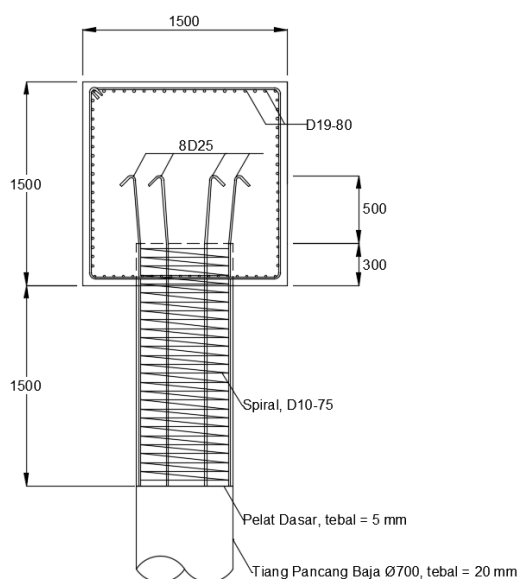
Gambar 17 Tampak atas pile cap - 1



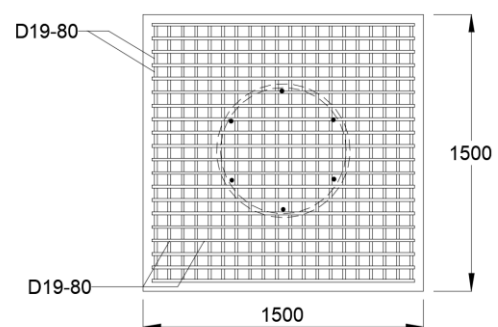
Gambar 19 Tampak atas pile cap - 2



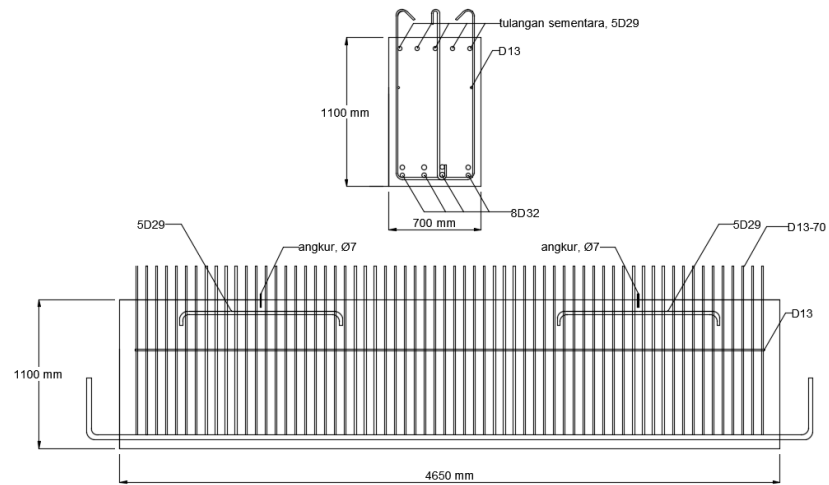
Gambar 20 Potongan melintang pile cap – 3 (trestel)



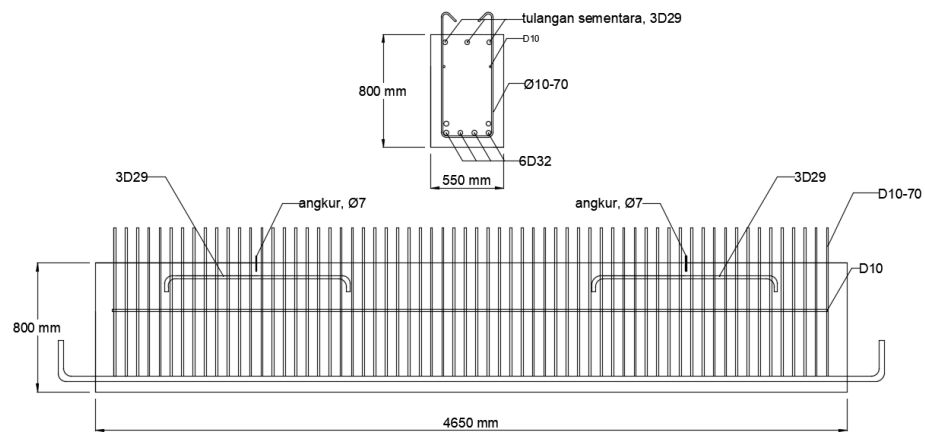
Gambar 18 Potongan melintang pile cap - 2



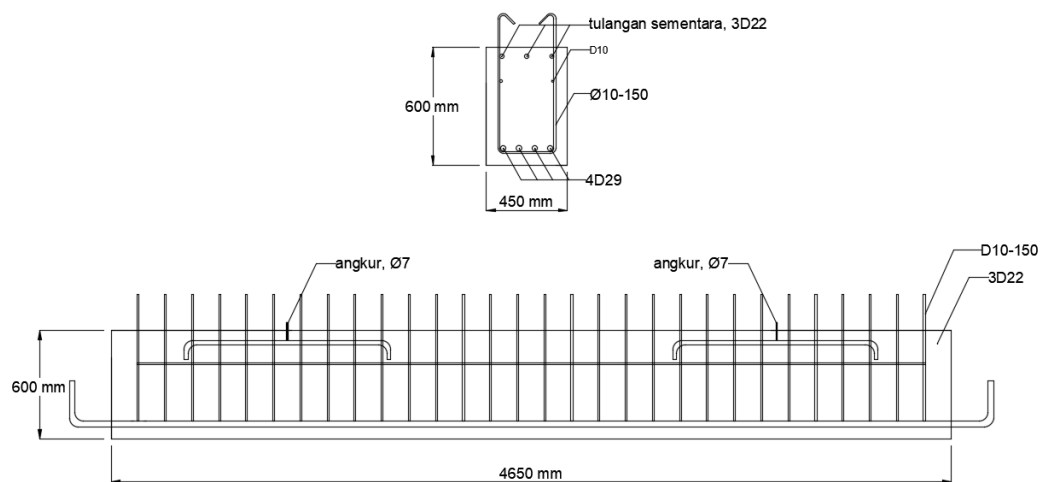
Gambar 21 Tampak atas pile cap – 3(trestel)



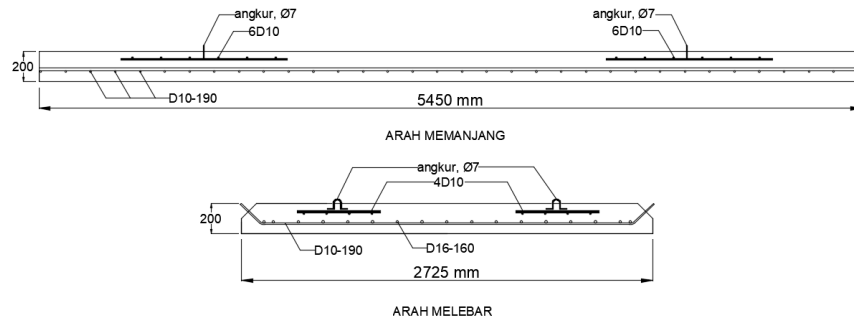
Gambar 22 Detil penulangan sementara pada balok tipe-1



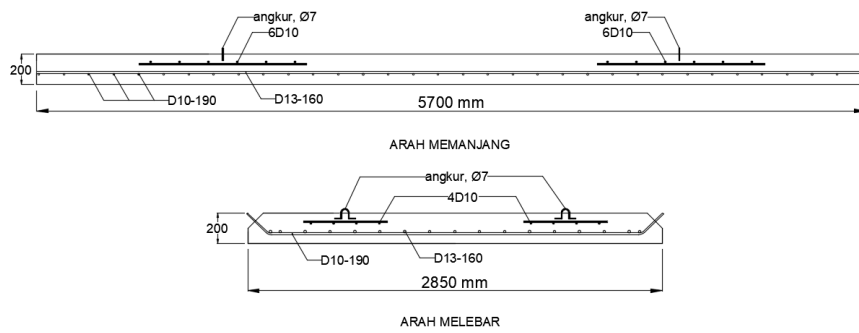
Gambar 23 Detil penulangan sementara pada balok tipe-2



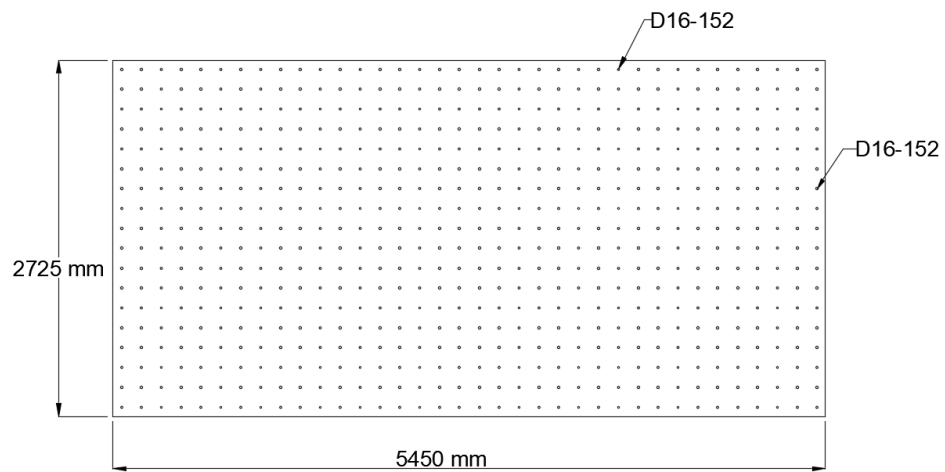
Gambar 24 Detil penulangan sementara pada balok tipe-3 (trestel)



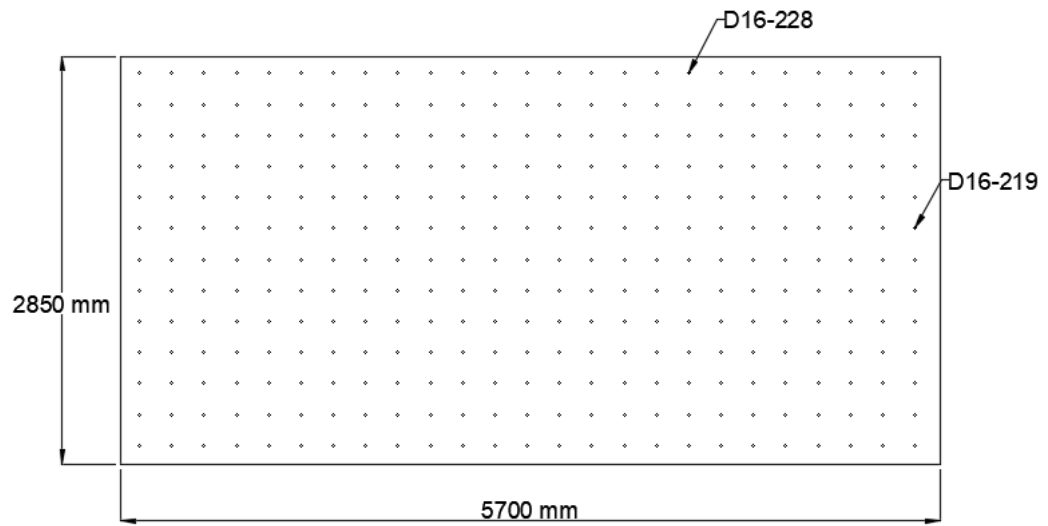
Gambar 25 Detil penulangan sementara pada pelat dermaga



Gambar 26 Detil penulangan sementara pada pelat trestel



Gambar 27 Detil penghubung geser pelat dermaga



Gambar 28 Detil penghubung geser pelat trestel

Berdasarkan reaksi yang dihasilkan pada tiang pancang, kedalaman rencana pemancangan yaitu 35 m dari dasar laut (tiang pancang dermaga) dan 25 m dari dasar laut (tiang pancang trestel).

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dermaga peti kemas yang dirancang merupakan dermaga tipe *deck on pile*, memiliki panjang 326 m, lebar 51,5 m, elevasi 3,5 m diatas LLWL, dengan kedalaman perairan 15 m, didesain untuk melayani kapal peti kemas berukuran 60000 DWT. Trestel memiliki panjang 88 m dan lebar 8 m, elevasi 3,5 m diatas LLWL. Trestel dibuat per modul, dengan panjang modul 44 m dan dilatasi antar modul sebesar 50 mm. Berdasarkan hasil analisis, struktur dermaga mampu menahan kombinasi beban yang diberikan, dilihat dari kriteria *UCR* dan defleksi.

Saran

Saran dalam pengerjaan tugas akhir perancangan struktur dermaga yaitu sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan pembagian modul pelat pracetak yang lebih kecil atau memiliki rasio sisi panjang dan pendek yang besar agar pengangkatan pelat pracetak lebih aman dan mudah dilaksanakan.
2. Perlu dilakukan analisis perbandingan antara penggunaan penghubung geser tipe paku dan tipe kanal untuk mendapatkan hasil yang optimal.
3. Perlu analisis lebih lanjut mengenai keluaran gaya dalam berupa momen pelat dua arah pada perangkat lunak untuk analisis pelat satu arah yang digunakan pada pelat pracetak.

DAFTAR PUSTAKA

- American Society of Civil Engineers (ASCE). 2010. *Minimum Design Load of Building and Other Structure*. Virginia: American Society of Civil Engineers.
- Badan Standardisasi Nasional. 2016. *SNI 1725:2016 Pembebanan untuk Jembatan*. Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. 2012. *SNI 1726:2012 Perancangan Bangunan Tahan Gempa*. Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. 2015. *SNI 1729:2015 Spesifikasi Bangunan Baja Struktural*. Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. 2013. *SNI 2847:2013 Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: BSN.
- Computers and Structures, Inc. 2017. "SAP2000 Help Files." *docs.csiamerica.com*.
- Das, Braja M. 2011. *Principles of Foundation Engineering*. Stamford: CENGAGE Learning.
- Fentek Marine System GmbH. 2010. "Fentek Marine Fendering System." *Rigmarine*. <https://www.rigmarine.com/downloads/marine/Fentek-catalogue.pdf>.
- Imran, Iswandi dan Ediansjah Zulkifli. 2014. *Perencanaan Dasar Struktur Beton Bertulang*. Bandung: Penerbit ITB.
- Panitia Pembaharuan Peraturan Beton Bertulang 1971. 1971. *Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971*. Bandung: Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik.
- The Overseas Coastal Area Development Institute. 2002. *Technical Standards and Commentaries for Port and Harbour Facilities in Japan*. Tokyo: OCDE.
- Thoresen, Carl A. 2014. *Port Designers Handbook*. London: ICE Publishing.
- Triatmodjo, Bambang. 2010. *Perencanaan Pelabuhan*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Wight, James K. dan James G. MacGregor. 2012. *Reinforced Concrete Mechanics and Design*. New Jersey: Pearson Education, Inc.

