

PERANCANGAN STRUKTUR DERMAGA DOLPHIN PT INDOCEMENT TUNGGAL PRAKARSA DI KABUPATEN KATIBUNG, LAMPUNG

Edwin Jefry Adolf Hasibuan¹ dan Sri Murti Adiyastuti²

Program Studi Teknik Kelautan

Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung,

Jl Ganesha 10 Bandung 40132

edwinjefryhsb@gmail.com dan adiyastuti@ocean.itb.ac.id

Kata Kunci : Dermaga, Struktur, Pemodelan, Dolphin

ABSTRAK

Perancangan dermaga *dolphin* PT Indocement Tunggal Prakarsa pada tugas akhir ini dilatarbelakangi oleh adanya rencana PT Indocement untuk menyelenggarakan satu *brown project* dengan anggaran sebesar Rp 8.9 triliun untuk membangun pabrik baru dengan lokasi yang berada di luar pulau Jawa tepatnya di provinsi Lampung dengan kapasitas produksi sebesar 2.5 juta ton/tahun. Terminal semen baru yang terletak pada Kabupaten Katibung, Lampung akan dibangun dengan jenis struktur dermaga *dolphin*. Pada tugas akhir ini, akan dibahas mengenai perancangan struktur dermaga *dolphin* PT Indocement Tunggal Prakarsa yang terletak pada Kabupaten Katibung, Lampung dengan menggunakan Standar OCDI (*Overseas Coastal Development Institute of Japan*).

Pada studi kasus tugas akhir mengenai perancangan struktur dermaga *dolphin*, akan dibahas mengenai desain struktur dermaga yang terdiri dari struktur *loading platform*, *breasting dolphin*, *mooring dolphin* dan *trestle* berdasarkan kriteria desain yang digunakan sebagai syarat perencanaan struktur dengan mempertimbangkan kondisi eksisting pada lokasi studi. Tugas akhir mencakup penentuan dimensi struktur *loading platform*, *breasting dolphin*, *mooring dolphin* dan *trestle*, pengolahan data lingkungan, perhitungan beban pada dermaga, pemodelan struktur, desain penulangan struktur, perhitungan daya dukung tanah dan perhitungan biaya struktur dermaga.

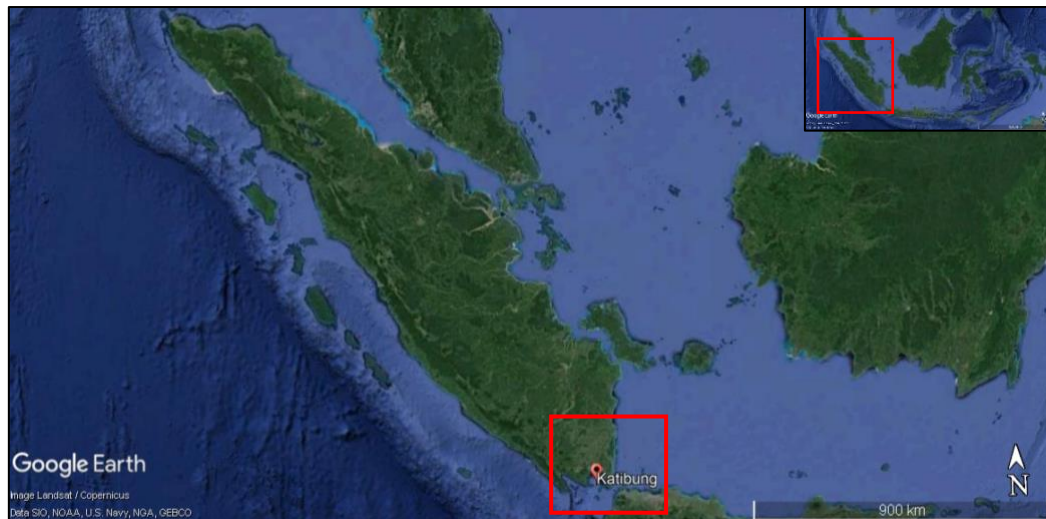
Pemodelan struktur dilakukan menggunakan perangkat lunak analisis struktur untuk mengetahui kehandalan struktur rencana terhadap beban yang bekerja. Hasil dari pemodelan berupa *unity check ratio* (UCR), defleksi struktur, gaya dalam balok dan pelat, serta reaksi perletakan. Perancangan dilakukan untuk mendapatkan desain struktur yang handal dan optimal, dilakukan dengan pemeriksaan nilai UCR sebesar 0.8, pemeriksaan nilai rasio tulangan yang dibutuhkan untuk menentukan luas penampang optimal, dan pemeriksaan nilai defleksi sebagai aspek kemampulayanan struktur dengan nilai harus dibawah batas izin.

Hasil dari Tugas Akhir meliputi rancangan struktur *loading platform*, *breasting dolphin*, *mooring dolphin* dan *trestle* meliputi dimensi struktur dan dimensi elemen struktural dermaga, detail penulangan berdasarkan gaya dalam yang bekerja, kedalaman rencana pemancangan yang mampu menahan reaksi struktur berdasarkan data geoteknik yang tersedia, dan total biaya struktur dermaga berdasarkan perhitungan biaya material yang terdapat pada dermaga.

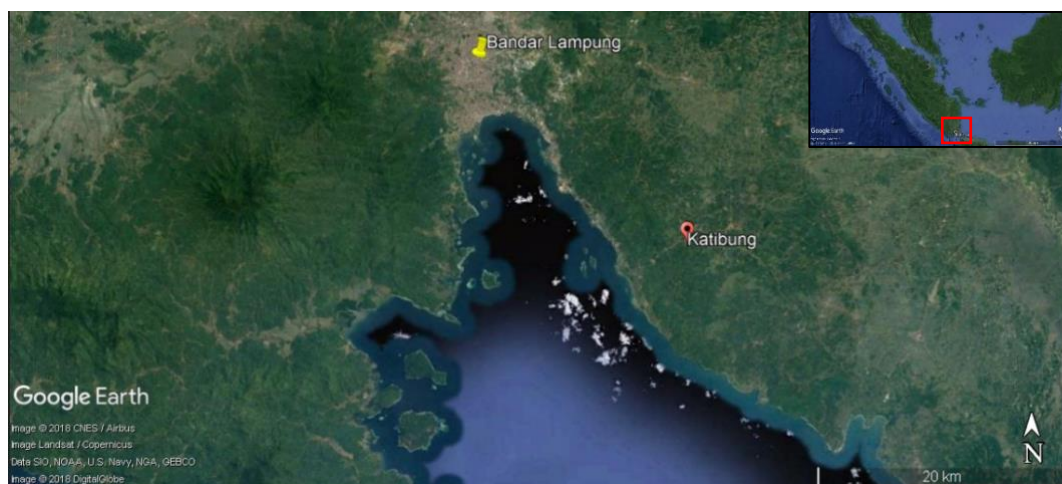
PENDAHULUAN

Dermaga *dolphin* PT Indocement Tunggal Prakarsa dibangun berdasarkan adanya rencana PT Indocement untuk menyelenggarakan satu *brown project* dengan anggaran sebesar Rp 8.9 triliun untuk membangun pabrik baru dengan lokasi yang berada di luar pulau Jawa tepatnya di provinsi Lampung dengan kapasitas produksi sebesar 2.5 juta ton/tahun.

Lokasi dermaga dolphin pada tugas akhir ini akan dibangun di Kabupaten Katibung, Provinsi Lampung yang ditunjukkan pada **Gambar 1** s.d. **Gambar 4**.



Gambar 1 Peta Pulau Sumatra



Gambar 2 Kabupatarn Katibung, Lampung



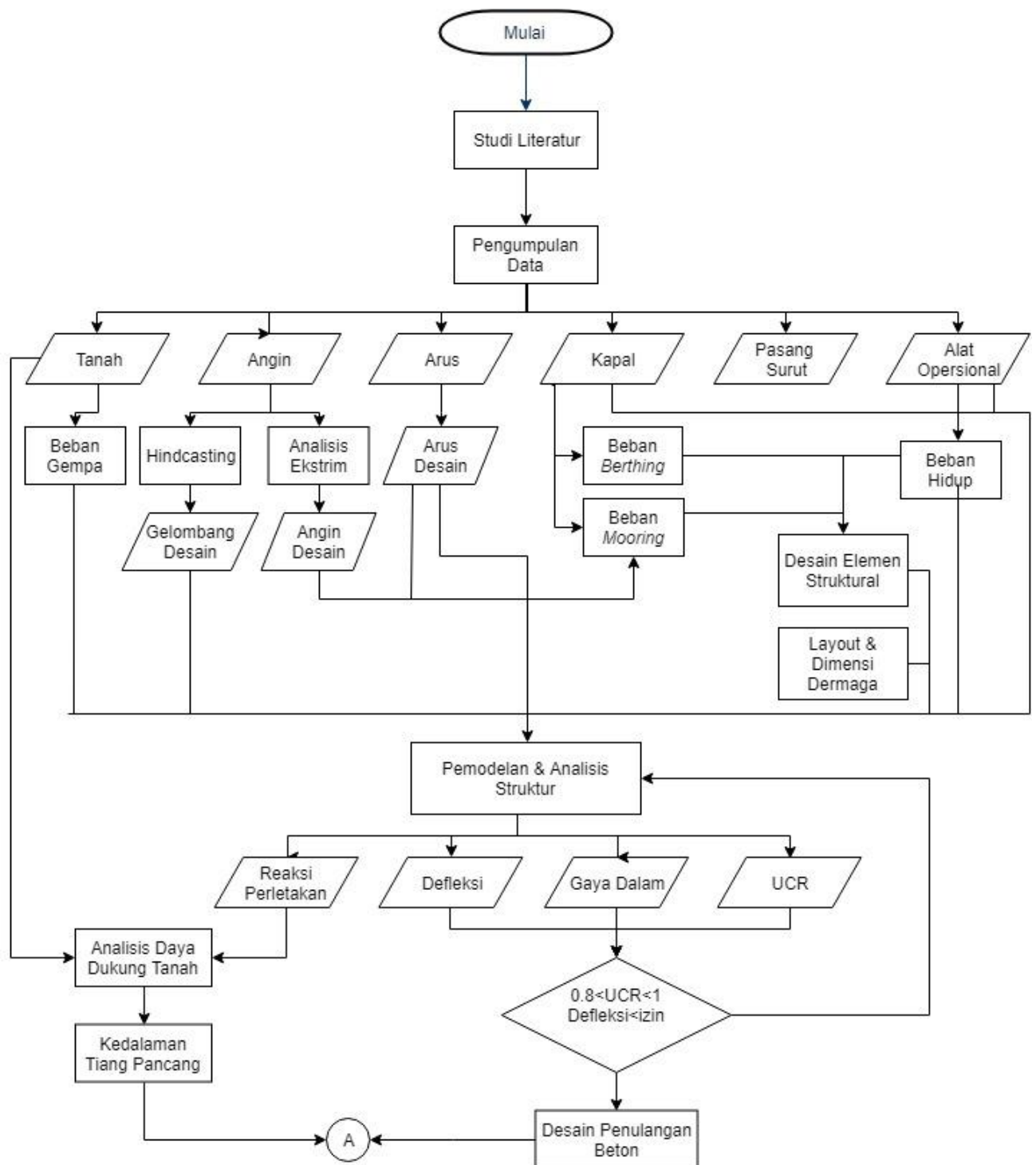
Gambar 3 Lokasi Dermaga Detil I



Gambar 4 Lokasi Dermaga Detil II

TEORI DAN METODOLOGI

Metodologi Tugas Akhir ini dijelaskan dalam bagan alir yang ditunjukkan pada **Gambar 4**. 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 Diagram Alir 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
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. Sementara data arus didapatkan dari data yang diberikan oleh owner proyek yaitu PT Indocement Tunggal Prakarsa.

Parameter desain struktur dermaga ditunjukkan pada **Tabel 1** dengan data kapal rencana dapat dilihat pada

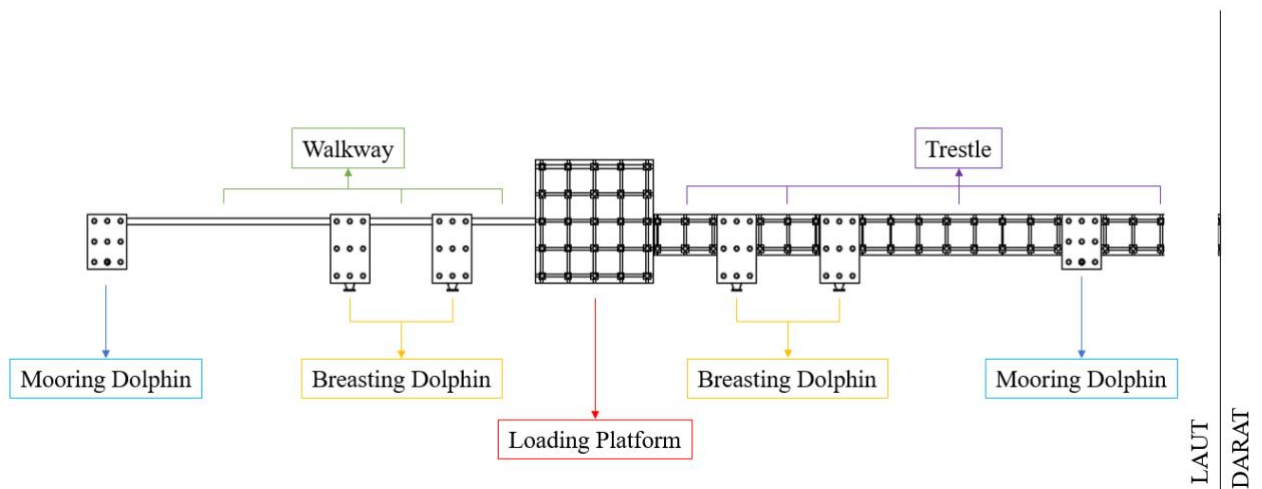
Tabel 2.

Tabel 1 Rangkuman Parameter Desain Struktur Dermaga

Parameter		Nilai	Satuan
Pasang surut	LWS	0	m
	HWS (acuan LWS)	2.961	m
	Tunggang pasang	2.961	m
Angin	Kecepatan Transversal (50 tahun)	53.79	m/s
	Kecepatan Longitudinal (50 tahun)	48.92	m/s
Beban Alat dan Operasional	Ship Loader	20	Ton
	Mobil Inspeksi	6.1082	kN/m ²
	Piperack + Konveyor	2.146	kN/m
	Semen	2	kN/m

Tabel 2 Data Kapal Rencana

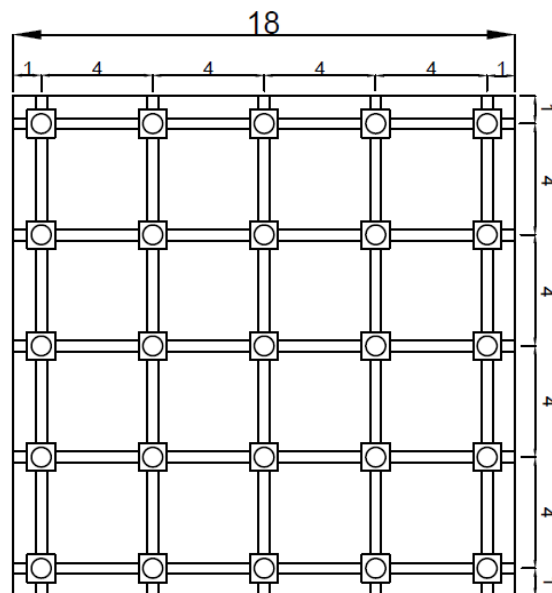
No.	Vessel Data	DWT	LOA	Breadth	Depth	Draft
		ton	m	m	m	m
1	Meutia	7,500	92.3	23.5	9.3	5.6
2	Tahta	7,400	86.875	23.5	8.0	5.514
3	(Vessel 2)	6,600	105.10	16.40	8.4	7.08
4	Fuyo 18	4,500	93.3	15.5	8.0	5.475
5	Couple	3,200	110.5	15.5	7.5	4.6
6	Bel	3,200	94.5	15.5	7.5	5.0



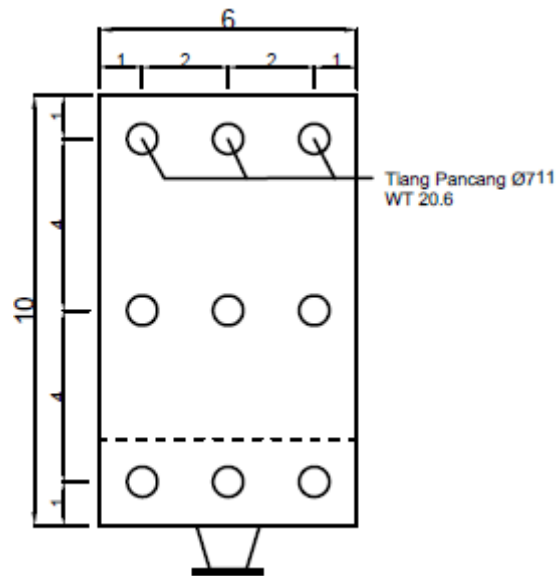
Gambar 6 Gambar tampak rancangan struktur dermaga

Dermaga *dolphin* memiliki panjang 147.5 m dengan elevasi 3 m diatas LLWL, dengan kedalaman perairan 10 m. Struktur *loading platform* berukuran 18 m x 18 m, *breasting dolphin* berukuran 10 m x 6 m, struktur *mooring dolphin* 8 m x 6 m dan struktur *trestle* sepanjang 55.25 m yang terbagi menjadi 3 bagian sepanjang 8.5 m dan 1 bagian sepanjang 29.75 m dengan lebar masing-masing sebesar 6 m. 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).

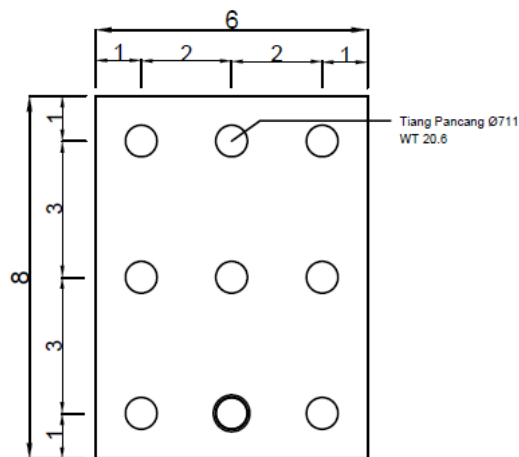
Berikut pada **Gambar 7** s.d. **Gambar 10** merupakan geometri struktur *loading platform*, *breasting dolphin*, *mooring dolphin* dan *trestle*.



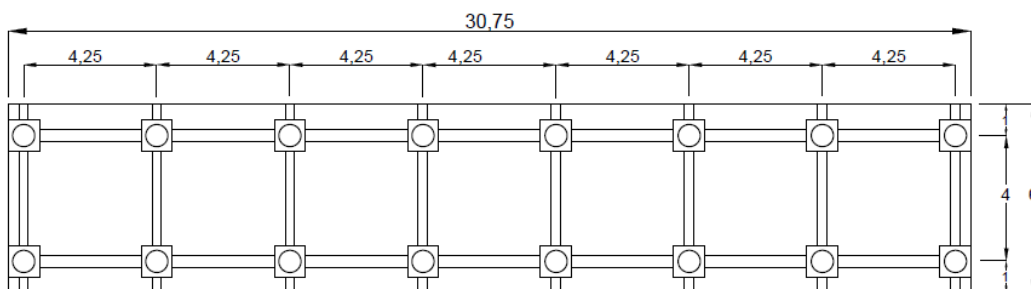
Gambar 7 Geometri Struktur Loading Platform



Gambar 8 Geometri Struktur Breasting Dolphin



Gambar 9 Geometri Struktur Mooring Dolphin



Gambar 10 Geometri Struktur Trestle

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

Tabel 5 Defleksi Maksimum Tiang Pancang Struktur Loading Platform Akibat Beban Sementara

Tabel 6 Defleksi Maksimum pada Balok Loading Platform

Joint Label	Kombinasi	Defleksi (m)		Batas Maksimum (m)	Ket.
150	SLS 3.2	U3	0.00154	$\frac{l}{240} = \frac{4}{240}$ $= 0.0167$	OK
373	SLS 2	U3	-0.00323		OK
204	SLS 3.1	U3 (Kantilever)	0.0023	$\frac{l}{240} = \frac{1}{0.0042}$	OK
200	SLS 6.2	U3 (Kantilever)	-0.0025		OK

Keterangan Combo:

SLS 2 : Beban Mati, Beban Hidup, Beban Berlabuh

SLS 3.1 : Beban Mati, Gelombang X+, Arus X+, Mooring X+

SLS 3.2 : Beban Mati, Gelombang X-, Arus X-, Mooring X-

SLS 6.2 : Beban Mati, Gempa Y

2. *Breasting Dolphin*

Tabel 7 UCR Terbesar pada Breasting Dolphin

Pile Label	UCR	Kombinasi	Batas Minimum	Ket.
6	0.85	ULS 2	0.8	OK
Ket:				
ULS 2 : Beban Mati, Beban Hidup, Beban Berlabuh				

Tabel 8 Defleksi Maksimum Tiang Pancang Struktur Breasting Dolphin Akibat Beban Tetap

Joint Label	Kombinasi	Defleksi (m)			Batas (m)	Ket.
4	SLS 2	U1	Smallest	-1.65×10^{-16}	$l/500 =$ $17/500 =$ 0.034	OK
1	SLS 2		Largest	8.032×10^{-17}		OK
1	SLS 1	U2	Smallest	-0.00325		OK
1	SLS 2		Largest	0.0213		OK
Ket :						
SLS 1 : Beban Mati						
SLS 2 : Beban Mati, Beban Hidup, Beban Berlabuh						

Tabel 12 Defleksi Maksimum Tiang Pancang Struktur Mooring Dolphin Akibat Beban Sementara

Joint Label	Kombinasi	Defleksi (m)			Batas (m)	Ket.
77	SLS 6.1	U1	Smallest	-0.0333	$\frac{l}{200}$ $= \frac{16}{200}$ $= 0.08$	OK
77	SLS 6.1		Largest	0.0333		OK
77	SLS 3.4	U2	Smallest	-0.0719		OK
77	SLS 6.2		Largest	0.0118		OK
Ket :						
SLS 3.4 : Beban Mati, Gelombang Y-, Arus Y-, Mooring Y-						
SLS 6.1 : Beban Mati, Gempa X						
SLS 6.2 : Beban Mati, Gempa Y						

4. Trestle

Tabel 13 UCR Terbesar pada Trestle

Pile Label	UCR	Kombinasi	Ket.
6	0.78	ULS 5.2	OK
Ket : ULS 5.2 : Beban Mati, Beban Hidup, Gempa Y			

Tabel 14 Defleksi Maksimum Tiang Pancang Struktur Trestle Akibat Beban Tetap

Joint Label	Kombinasi	Defleksi (m)			Batas (m)	Ket.
17	SLS 1	U1	Smallest	1.12×10^{-17}	0.032	OK
17	SLS 2		Largest	4.69×10^{-17}		OK
17	SLS 1	U2	Smallest	-2.5×10^{-5}		OK
17	SLS 2		Largest	0.000778		OK
Ket :						
SLS 1 : Beban Mati						
SLS 2 : Beban Mati, Beban Hidup						

Tabel 15 Defleksi Maksimum Tiang Pancang Struktur Trestle Akibat Beban Sementara

Joint Label	Kombinasi	Defleksi (m)			Batas (m)	Ket.
17	SLS 6.1	U1	Smallest	-0.073	0.08	OK
17	SLS 6.1		Largest	0.073		OK

Joint Label	Kombinasi	Defleksi (m)			Batas (m)	Ket.
17	SLS 6.2	U2	Smallest	-0.078		OK
17	SLS 6.2		Largest	0.078		OK
Ket :						
SLS 6.1 : Beban Mati, Gempa X						
SLS 6.2 : Beban Mati, Gempa Y						

Tabel 16 Defleksi Maksimum pada Balok Trestle

Joint Label	Kombinasi	Defleksi (m)		Batas Maksimum (m)	Ket.
46	SLS 2	U3	-0.0028	$\frac{l}{240} = \frac{4}{240}$ $= 0.0167$	OK
18	SLS 6.2	U3	-0.000127		OK
102	SLS 5.2	U3 (Kantilever)	-0.00237	$\frac{l}{240} = \frac{1}{240}$ $= 0.0042$	OK
101	SLS 6.2	U3 (Kantilever)	0.00117		OK
Keterangan Combo:					
SLS 2 : Beban Mati, Beban Hidup					
SLS 6.2 : Beban Mati, Gelombang X-, Arus X-, Mooring X-					
SLS 5.2 : Beban Mati, Beban Hidup, Gempa Y					

Tiang pancang beton yang digunakan merupakan tiang pancang produksi PT KHI Pipe Industries dengan 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 16** 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*.

KESIMPULAN DAN SARAN

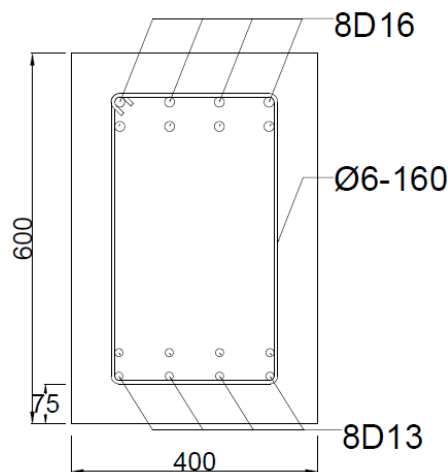
Kesimpulan

Dermaga melayani bongkar muat kargo semen dengan kapal terbesar 7500 DWT. Dermaga yang di desain menggunakan tipe dermaga dolphin yang terdiri dari:

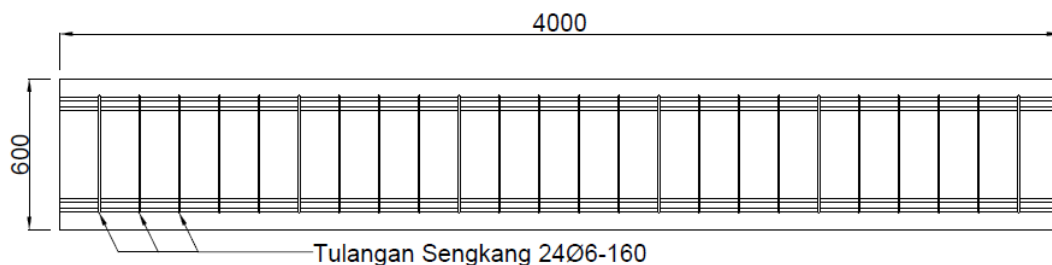
- 1 Struktur Loading Platform berukuran 18 x 18 m²
- 4 Struktur Breasting Dolphin berukuran 10 x 6 m²
- 2 Struktur Mooring Dolphin berukuran 8 x 6 m²
- Struktur Trestle yang sepanjang 55.25 m yang terbagi menjadi 3 bagian sepanjang 8.5 m dan 1 bagian sepanjang 29.75 m dengan lebar masing-masing sebesar 6 m.
- Elevasi untuk masing-masing struktur adalah +3 m dari LWS

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

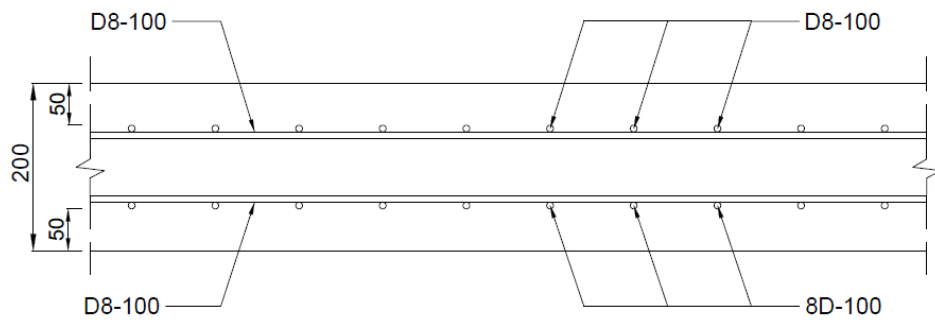
1. *Loading Platform*



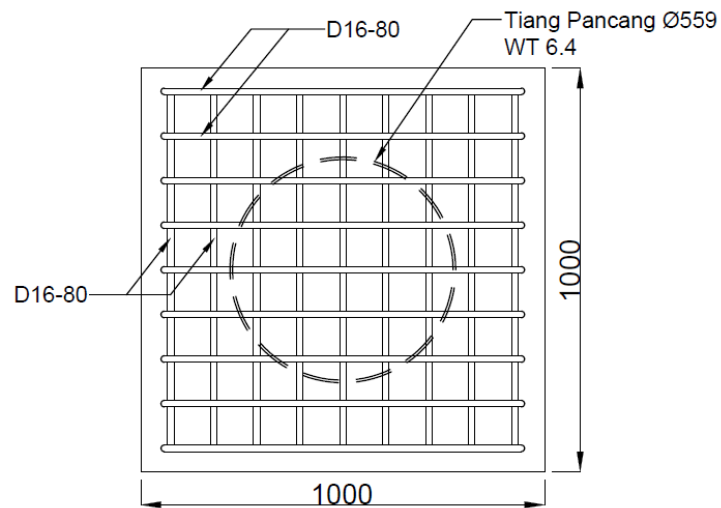
Gambar 11 Gambar Penampang Balok Loading Platform



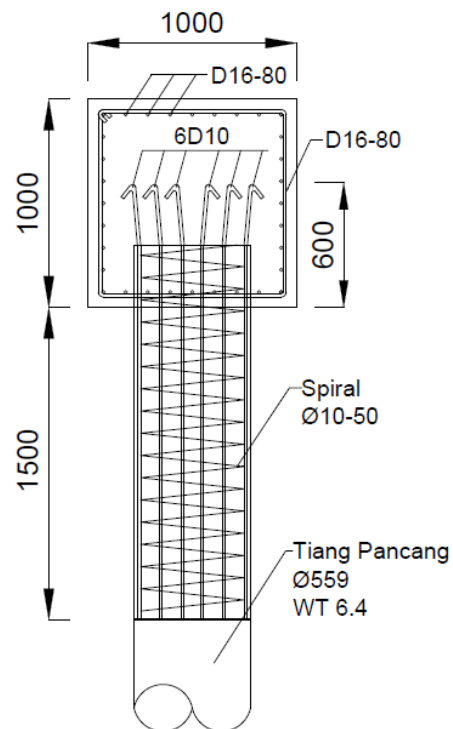
Gambar 12 Gambar Potongan Balok Loading Platform



Gambar 13 Gambar Potongan Penampang Pelat Loading Platform

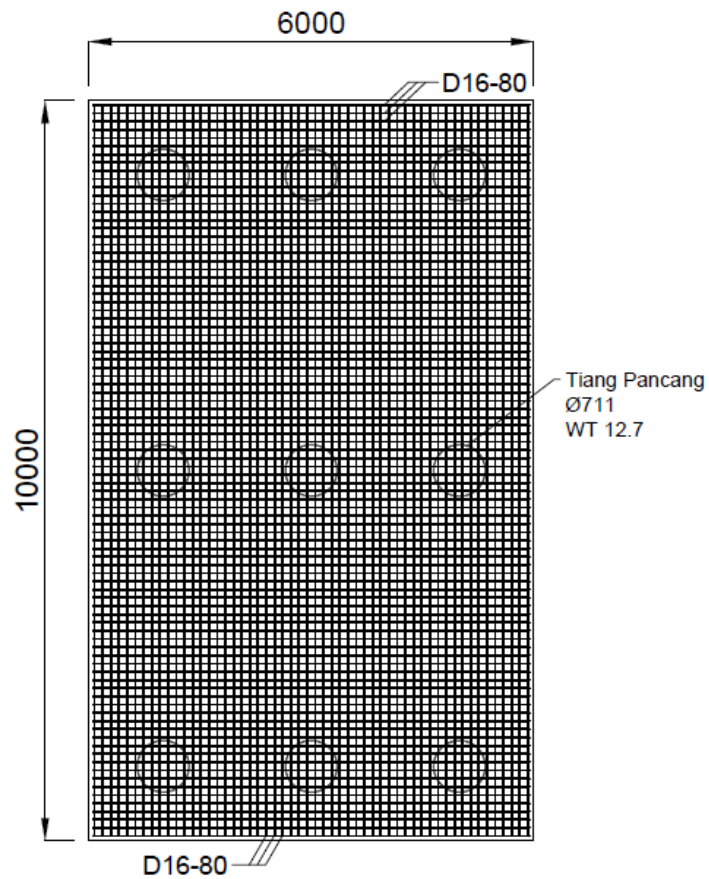


Gambar 14 Gambar Tampak Atas Pile Cap Loading Platform

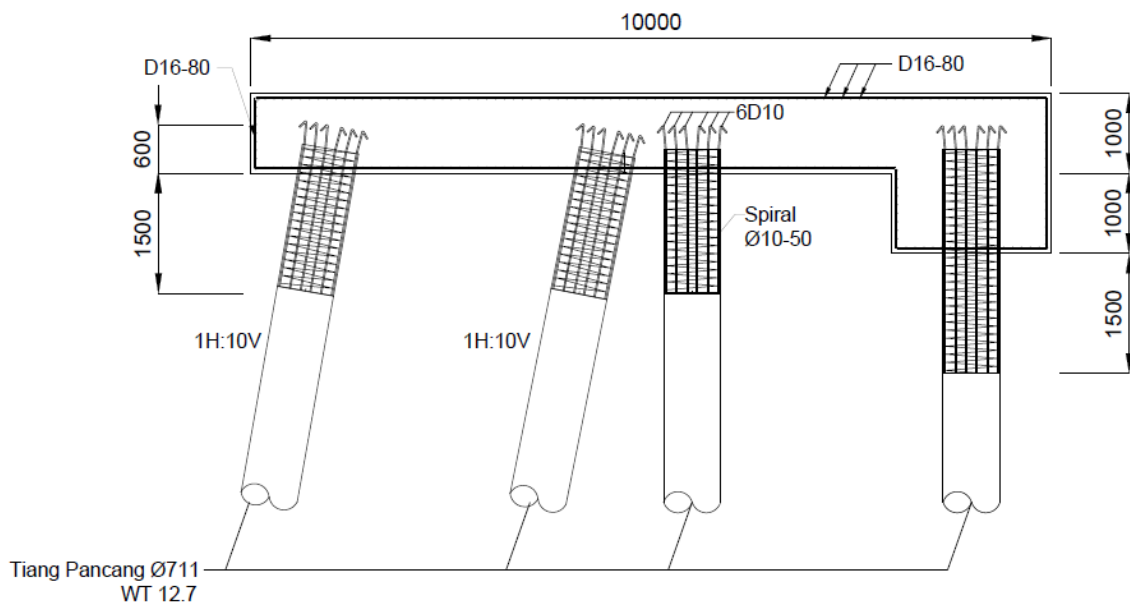


Gambar 15 Gambar Potongan Pile Cap Loading Platform

2. Breasting Dolphin

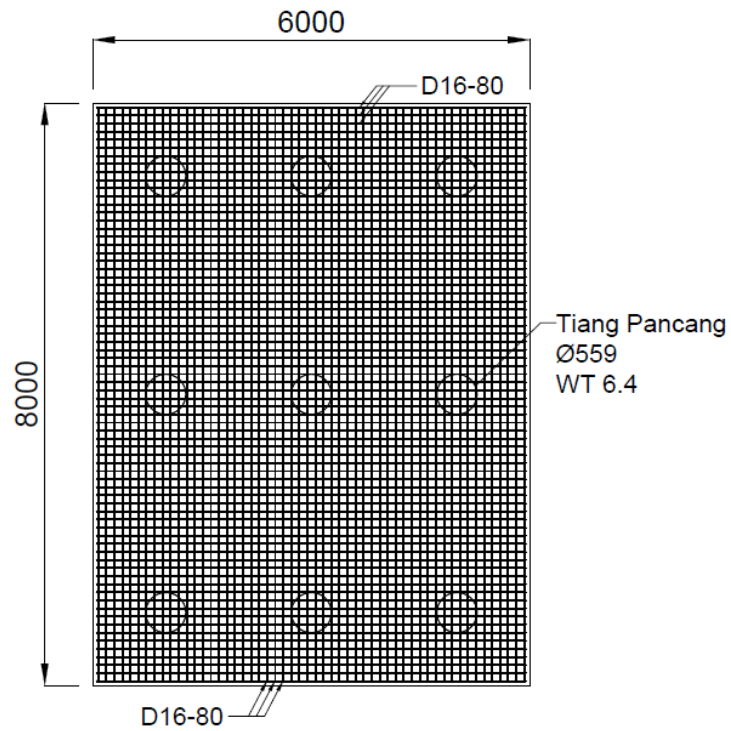


Gambar 16 Gambar Tampak Atas Breasting Dolphin

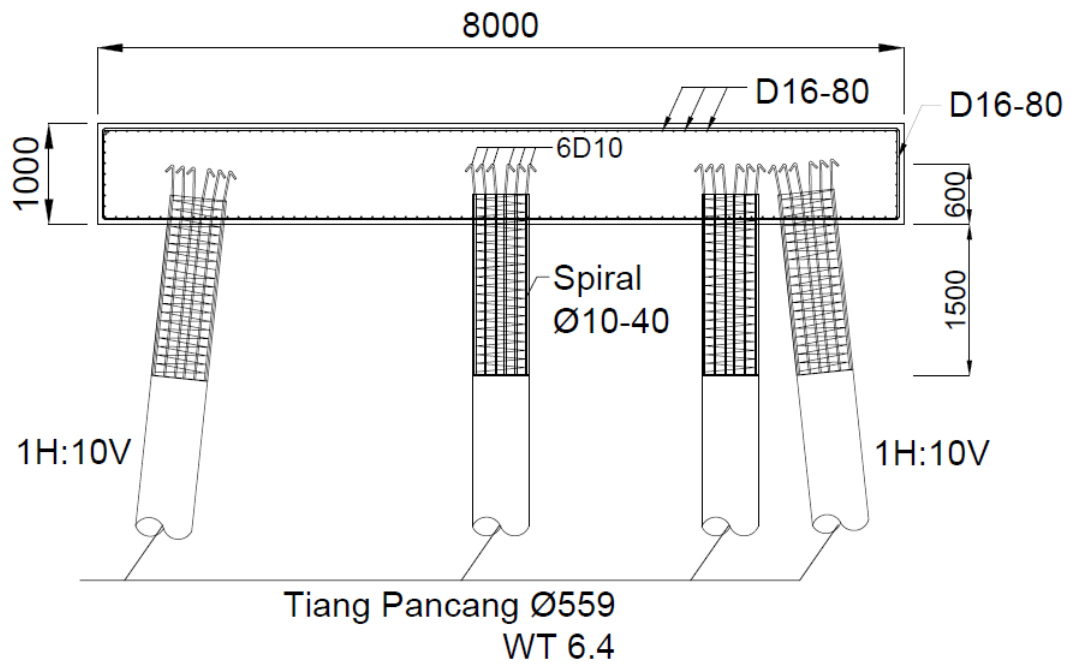


Gambar 17 Gambar Potongan Breasting Dolphin

3. Mooring Dolphin

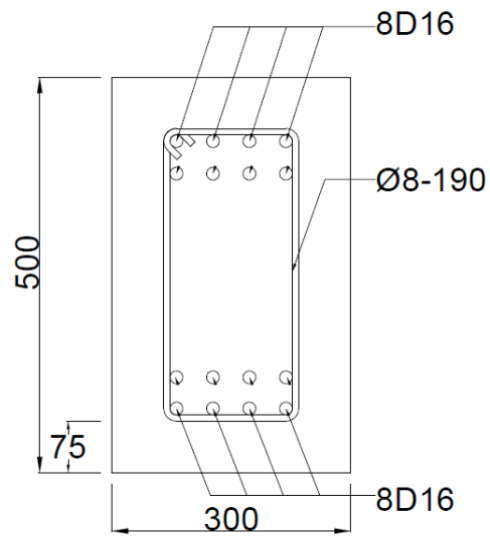


Gambar 18 Gambar Tampak Atas Mooring Dolphin

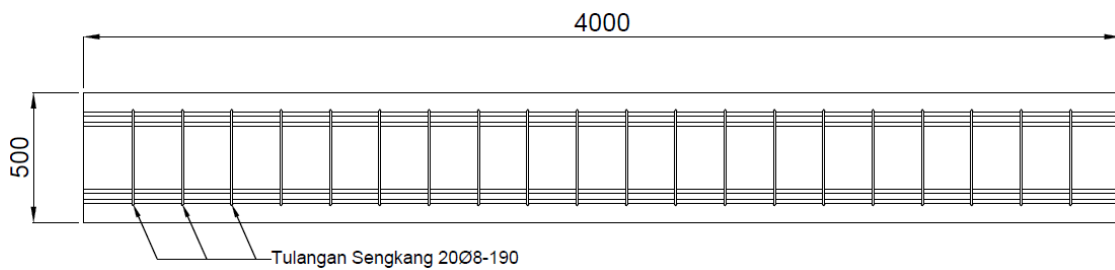


Gambar 19 Gambar Potongan Mooring Dolphin

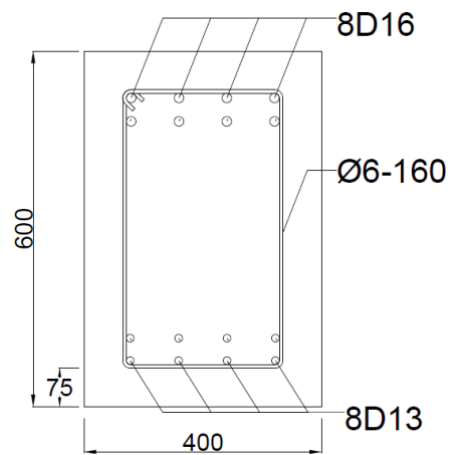
4. Trestle



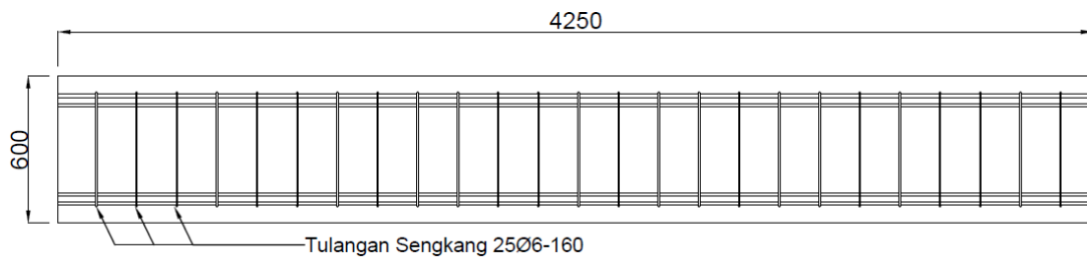
Gambar 20 Gambar Penampang Balok Melintang Trestle



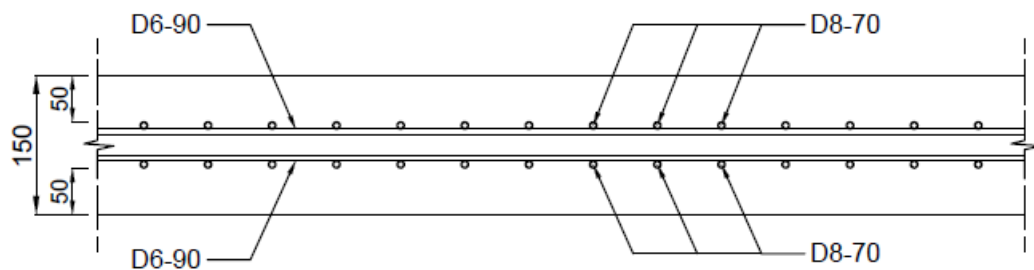
Gambar 21 Gambar Potongan Balok Melintang Trestle



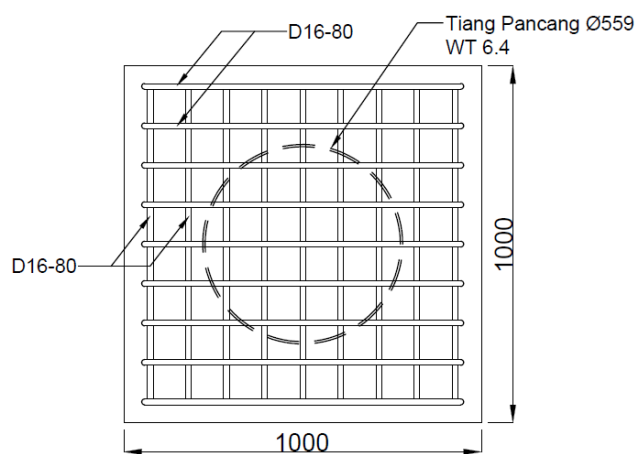
Gambar 22 Gambar Penampang Balok Memanjang Trestle



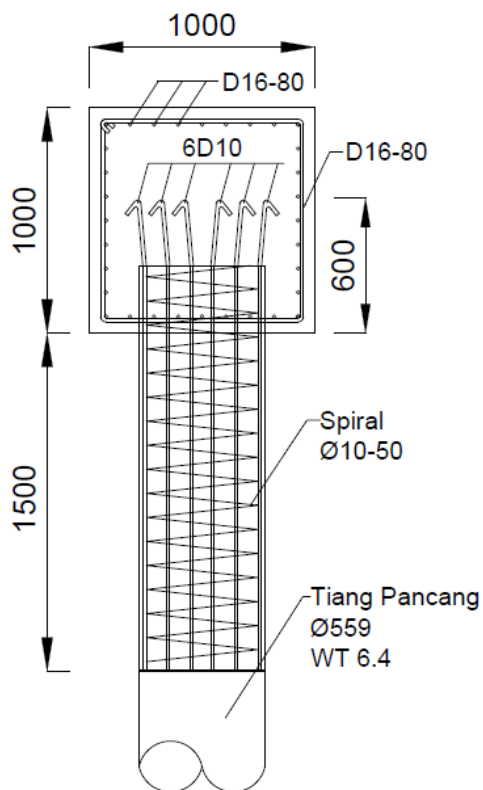
Gambar 23 Gambar Potongan Balok Memanjang Trestle



Gambar 24 Gambar Potongan Penampang Pelat Trestle



Gambar 25 Gambar Tampak Atas Pile Cap Trestle



Gambar 26 Gambar Potongan Pile Cap Trestle

Berdasarkan reaksi yang dihasilkan pada tiang pancang, kedalaman rencana pemancangan untuk masing-masing struktur adalah sebagai berikut:

1. *Loading Platform* : pemancangan 17 m dari dasar laut
2. *Breasting Dolphin* : pemancangan 25 m dari dasar laut
3. *Mooring Dolphin* : pemancangan 21 m dari dasar laut
4. *Trestle* : pemancangan 12 m dari dasar laut

Berikut pada **Tabel 17** merupakan hasil perhitungan biaya struktur dermaga rencana.

Tabel 17 Hasil Perhitungan Biaya Struktur Dermaga Rencana

Struktur	Total Harga/Struktur
Loading Platform	Rp1,535,977,925
Breasting Dolphin	Rp6,693,272,424
Mooring Dolphin	Rp1,463,284,800
Trestle	Rp1,576,874,708
Total Biaya Struktur Dermaga	Rp11,269,409,857

Saran

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

1. Untuk jarak spasi tulangan seharusnya dibulatkan dalam angka yang tidak menyusahkan kontraktor sehingga dalam pemasangannya menjadi lebih praktis.
2. Untuk tulangan dengan jumlah baris lebih dari 1, dianjurkan untuk memilih ukuran tulangan yang sama pada setiap baris tulangan.
3. Dalam kedalaman daya dukung tanah untuk tiang pancang, pilihlah kedalaman dengan N-SPT yang memenuhi kedalaman tanah keras sehingga tiang pancang terpancang pada tanah dengan N-SPT yang besar.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional. (2012). *SNI 1726:2012 Perancangan Bangunan Tahan Gempa*. Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. (2013). *SNI 2847:2013 Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: BSN.

- Badan Standardisasi Nasional. (2015). *SNI 1729:2015 Spesifikasi Bangunan Baja Struktural*. Jakarta: BSN.
- Badan Standarisasi Nasional. (2014). *SNI 2052:2014 Baja Tulangan Beton*. Jakarta: BSN.
- Das, B. M. (2011). *Principles of Foundation Engineering*. Stamford: CENGAGE Learning.
- Imran, I. d. (2014). *Perencanaan Dasar Struktur Beton Bertulang*. Bandung: Penerbit ITB.
- Liu, Z., & Burcharth, H. F. (1999). *Port Engineering*. Denmark: Aalborg University.
- Panitia Pembaharuan Peraturan Beton Bertulang 1971. (1971). *Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971*. Bandung: Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik.
- Thoresen, C. A. (2014). *Port Designers Handbook*. London: ICE Publishing.
- Triatmodjo, B. (2010). *Perencanaan Pelabuhan*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Wight, J. K. (2012). *Reinforced Concrete Mechanics and Design*. New Jersey: Pearson Education, Inc.
- Wurjanto, A. (2004). *SI 2012: Analisa Statistik dan Probabilitas*. Bandung: Penerbit ITB.