

PERANCANGAN STRUKTUR DERMAGA CURAH CAIR TIPE *DOLPHIN* PADA TERMINAL BAHAN BAKAR MINYAK (TBBM) PANGKALAN BUN, KALIMANTAN TENGAH

TUGAS AKHIR

Karya tulis sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana

Oleh
Farhan Dhiya Nikara
NIM 15516050



Program Studi Teknik Kelautan
Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan
INSTITUT TEKNOLOGI BANDUNG
2020

Lembar Pengesahan

Tugas Akhir Sarjana

PERANCANGAN STRUKTUR DERMAGA CURAH CAIR TIPE DOLPHIN PADA TERMINAL BAHAN BAKAR MINYAK (TBBM) PANGKALAN BUN, KALIMANTAN TENGAH

Adalah benar dibuat oleh saya sendiri dan belum pernah dibuat dan diserahkan sebelumnya baik sebagian atau pun seluruhnya, baik oleh saya mau pun orang lain, baik di ITB maupun institusi pendidikan lainnya.

Bandung, 21 Oktober 2020

Penulis



Farhan Dhiya Nikara
NIM 15516050



Bandung, 30 September 2020

Pembimbing



Rildova, Ph.D.
NIP 19700401 199702 1 001

Mengetahui:

Program Studi Teknik Kelautan
Ketua,



Andojo Wurjanto, Ph.D.
NIP 1960330 198503 1 007

PERANCANGAN STRUKTUR DERMAGA CURAH CAIR TIPE *DOLPHIN* PADA TERMINAL BAHAN BAKAR MINYAK (TBBM) PANGKALAN BUN, KALIMANTAN TENGAH

Design of Dolphin Berth Structure at Pangkalan Bun Fuel Terminal, Central Kalimantan

Farhan Dhiya Nikara¹ dan Rildova²

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

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

Abstrak: Indonesia adalah sebuah negara kepulauan yang sebagian besar wilayahnya merupakan laut. Kondisi ini membuat transportasi laut memegang peranan penting dalam pendistribusian komoditas yang diperlukan masyarakat, salah satunya adalah Bahan Bakar Minyak (BBM). Untuk meningkatkan efektifitas dan efisiensi dalam pendistribusian BBM ke wilayah Kalimantan Tengah, dibangun sebuah dermaga curah cair yang berlokasi di Terminal Bahan Bakar Minyak (TBBM) Pangkalan Bun, Provinsi Kalimantan Tengah. Lokasi studi perancangan dermaga adalah di Sungai Kapitan, Kecamatan Kumai, Kabupaten Kotawaringin Barat, Kalimantan Tengah, Indonesia. Dermaga direncanakan untuk menerima kapal tanker MT Iriani (1100 DWT) dan MT Musi (3540 DWT).

Tugas Akhir ini membahas desain struktur dermaga curah cair tipe *dolphin* yang terdiri atas *loading platform*, *breasting dolphin*, *mooring dolphin*, *trestle*, dan *catwalk*. Struktur dermaga didesain sesuai dengan kondisi lingkungan pada lokasi dermaga dan pembebanan pada struktur dermaga, yang terdiri atas beban *berthing*, beban *mooring*, beban mati, beban manusia, beban operasi, dan beban lingkungan. Desain awal atau *preliminary design* menghasilkan dimensi dermaga dan elemen struktural dermaga berdasarkan pembebanan dominan pada dermaga. Struktur dermaga selanjutnya dimodelkan menggunakan perangkat lunak analisis struktur dan dilakukan optimasi atau perubahan struktur dermaga hingga diperoleh nilai UCR dan defleksi yang memenuhi kriteria desain yang digunakan. Keluaran dari pemodelan struktur setelah diperoleh desain optimum adalah gaya dalam elemen beton dan reaksi perletakan dari struktur dermaga. Gaya dalam digunakan pada tahap berikutnya, yaitu desain penulangan elemen struktural dermaga. Selanjutnya dilakukan perhitungan kedalaman tiang pancang yang diperlukan untuk setiap struktur berdasarkan nilai reaksi perletakan yang diperoleh dari model struktur dan data kondisi tanah pada lokasi dermaga.

Tugas Akhir ini akan menghasilkan desain rencana yang terdiri atas dimensi dermaga dan elemen struktural dermaga, penulangan elemen struktural dermaga, dan kedalaman tiang pancang dermaga.

Kata kunci : dermaga, struktur, curah cair, *dolphin*.

Abstract: Indonesia is an archipelago country in which most of its territory is sea. This condition makes maritime transportation plays an important role in distributing the commodities that is needed by the community, one of which is fuel oil. To increase the effectivity and efficiency in the distribution of fuel oil to Central Kalimantan, a liquid bulk dock was built at the Pangkalan Bun Fuel Terminal, Central Kalimantan Province. The study of the berth structure design is located in Kumai River, Kumai District, Kotawaringin Barat Regency, Central Kalimantan, indoneisa. The port is planned to receive the tankers MT Iriani (1100 DWT) and MT Musi (3540 DWT)

This Final Project dicusses about structural design of dolphin type liquid bulk dock consisting of loading platform, breasting dolphins, mooring dolphins, trestle, and catwalks. The berth structure is designed in accordance to the environmental condition at the dock location and the loading to the dock structure, consisted of berthing load, mooring load, dead loas, human load, operational load, and environmental load. The initial design or primary design produces the dimensions of the berth structure and the structural element of berth structure based on the dominant load on the berth structure. The berth structure then is modeled using structural analysis software, optimization or change of berth structue are carried out to obtain the values of UCR and deflection that meets the used design criteria. The output of structural modeling after obtaining the optimum design is the internal force of concrete elements and support reaction of the berth structure. Internal force is used in the next step, that is design of reinforcement for the structural element of berth structure. Next, the required depth of pile is calculated for each dock structure in accordance to the value of support reaction obtained from the structural model and soil condition data at the dock location.

This Final Project will produce design plan consisting of berth structures and elements of berth structure dimension, reinforcement for element of berth structure, and depth of berth structure piles.

Keywords : dock, berth structure, liquid bulk, dolphin.

PENDAHULUAN

Indonesia adalah sebuah negara kepulauan yang sebagian besar wilayahnya merupakan laut. Kondisi ini membuat transportasi laut memegang peranan penting dalam pendistribusian komoditas yang diperlukan masyarakat, salah satunya adalah Bahan Bakar Minyak (BBM). Untuk meningkatkan efektifitas dan efisiensi dalam pendistribusian BBM ke wilayah Kalimantan Tengah, dibangun sebuah dermaga curah cair yang berlokasi di Terminal Bahan Bakar Minyak (TBBM) Pangkalan Bun, Provinsi Kalimantan Tengah. Dermaga ini dirancang untuk mampu menerima kapal rencana MT Musi (3540 DWT) dan MT Iriani (1100 DWT).

TEORI DAN METODOLOGI

Perencanaan desain dermaga diawali dengan pengumpulan dan pengolahan data sekunder yang terdiri atas data pasang surut, data arus, data angin, data tanah, data kapal, data alat operasi dan data *handrailing*. Data diolah untuk menjadi *input* dalam perhitungan beban pada dermaga dan dimensi dermaga. Beban yang dihitung terhadap dermaga terdiri atas beban berlabuh, beban bertambat, beban lingkungan, beban vertikal.

Beban berlabuh dihitung sesuai *BS6349-4:1994* menggunakan **Persamaan 1**.

$$E = 0.5C_M M_D V_B^2 C_E C_S C_C \quad 1$$

Keterangan:

E : Energi berlabuh (kN-m)

C_M : Koefisien massa hidrodinamik

M_D : *Displacement* kapal (ton)

V_B : Kecepatan berlabuh kapal (m/s)

C_E : Koefisien eksentrisitas

C_S : Koefisien kekasaran

C_C : Koefisien konfigurasi tambat

Beban bertambat akibat angin dan arus dihitung berdasarkan *BS6349-4:1994* menggunakan **Persamaan 2** hingga **5**.

$$F_{TW} = C_{TW} \rho_A A_L V_W^2 \times 10^{-4} \quad 2$$

$$F_{LW} = C_{LW} \rho_A A_L V_W^2 \times 10^{-4} \quad 3$$

Keterangan:

F_{TW} : Gaya angin arah transversal (kN)

F_{LW} : Gaya angin arah longitudinal (kN)

C_{TW} : Koefisien gaya angin arah transversal

C_{LW} : Koefisien gaya angin arah longitudinal

ρ_A : Massa jenis angin (kg/m³)

A_L : Area proyeksi arah longitudinal di atas muka air (m²)

V_W : Kecepatan angin desain pada 10 m diatas permukaan laut (m/s)

$$F_{TC} = C_{TC} C_{CT} \rho L_{BP} d_m V_C'^2 \times 10^{-4} \quad 4$$

$$F_{LC} = C_{LC} C_{CL} \rho B d_m V_C'^2 \times 10^{-4} \quad 5$$

Keterangan:

F_{TC} : Gaya arus arah transversal (kN)

F_{LC} : Gaya arus arah longitudinal (kN)

C_{TC} : Koefisien gaya seret arus arah transversal

C_{LC} : Koefisien gaya seret arus arah longitudinal

C_{CT} : Faktor koreksi kedalaman gaya arus arah transversal

C_{CL} : Faktor koreksi kedalaman gaya arus arah longitudinal

ρ : Massa jenis air laut (kg/m^3)

L_{BP} : Panjang garis air pada lambung (*hull*) kapal (m)

B : Lebar kapal (m)

d_m : Draft rata-rata kapal (m)

V_c' : Kecepatan rata-rata arus dalam arah pada kedalaman kapal (m/s)

Hasil dari perhitungan pembebanan dan pengolahan data sekunder digunakan untuk perhitungan dimensi dermaga dan elemen struktural dermaga. Perhitungan dimensi dibagi menjadi 2 tahap, yaitu desain awal dan pemodelan. Pada desain awal dilakukan perhitungan secara langsung berdasarkan kriteria kekuatan lentur dan tekan seperti pada **Persamaan 6** dan **7**.

$$\phi M_n \geq M_u \quad 6$$

Keterangan:

M_n : Kapasitas lentur tiang pancang (kN-m)

M_u : Momen lentur *ultimate* (kN-m)

ϕ : Faktor reduksi (diambil 0.9)

$$\phi P_n \geq P_u \quad 7$$

Keterangan:

P_n : Kuat tekan nominal (kN-m)

P_u : Kuat tekan *ultimate* (kN-m)

ϕ : Faktor reduksi (diambil 0.9)

Pada tahap pemodelan digunakan perangkat lunak SAP2000. Hasil dari pemodelan adalah UCR dan defleksi elemen baja yang menghasilkan dimensi elemen baja yang digunakan. Hasil lain adalah gaya dalam

elemen beton yang digunakan dalam tahap penulangan dan gaya reaksi perletakan yang diperlukan dalam tahap analisis daya dukung tanah.

Gaya dalam berupa momen arah x dan y digunakan dalam penulangan lentur, gaya geser digunakan dalam penulangan geser, dan kombinasi beban aksial-momen pada ujung tiang pancang digunakan dalam penulangan *pile cap*. Desain penulangan lentur dilakukan berdasarkan kriteria lentur seperti pada **Persamaan 6**, sedangkan penulangan geser dilakukan berdasarkan kriteria pada **Persamaan 8**.

$$\phi V_n \geq V_u \quad 8$$

Keterangan:

V_n : Gaya geser nominal balok

V_u : Gaya geser *ultimate* yang diterima balok

ϕ : Faktor reduksi kuat geser (= 0.75)

HASIL DAN ANALISIS

Data Sekunder

Data sekunder yang dianalisis terdiri atas data pasang surut, data angin, data tanah, data kapal, data alat operasional, dan data *handrail*.

Data pasang surut di lokasi dermaga ditampilkan pada **Tabel 1**.

Tabel 1 Elevasi Penting Pasang Surut

Elevasi Penting		Nilai (cm)
Highest Water Spring	(HWS)	200.29
Mean High Water Spring	(MHWS)	184.57
Mean High Water Level	(MHWL)	137.73
Mean Sea Level	(MSL)	95.98
Mean Low Water Level	(MLWL)	52.57
Mean Low Water Spring	(MLWS)	15.67

Elevasi Penting	Nilai (cm)
Lowest Water Spring (LWS)	0

Data arus di lokasi dermaga yang berada di sungai dibagi menjadi 2 arah, yaitu arah ke hulu dan arah ke hilir. Data kecepatan arus maksimum adalah **1.54 m/s** ke arah hilir dan **1.03 m/s** ke arah hulu.

Data angin yang digunakan adalah hasil analisis ekstrem untuk periode ulang 50 tahun. Data angin di lokasi dermaga ditampilkan pada **Tabel 2**.

Tabel 2 Data Angin 50 Tahunan

Arah	Distribusi	U _{maks} (m/s)
N	Gumbell	9.56
NE	Normal	10.99
E	Gumbell	15.30
SE	Gumbell	13.51
S	Normal	8.51
SW	Normal	8.20
W	Gumbell	10.23
NW	Normal	10.87
Maximum, U_{desain} (m/s)		15.30

Data gelombang diperoleh dari *hindcasting* yang kemudian dimodelkan transformasinya menghasilkan tidak adanya gelombang di lokasi dermaga, sehingga beban akibat gelombang selanjutnya tidak diperhitungkan.

Data tanah berupa nilai SPT dan jenis tanah pada setiap kedalaman ditampilkan pada **Tabel 3**.

Tabel 3 Data Tanah

Kedalaman (m)	N-SPT	Profil Tanah
1.95	14	<i>Silty CLAY, low to medium plasticity, brown to black, with some fine sand, moist to wet, stiff</i>
3.45	11	
4.95	22	

Kedalaman (m)	N-SPT	Profil Tanah
6	-	<i>ORGANIC MATTER - Rotten timber</i>
6.45	31	<i>Silty CLAY, low to medium plasticity, brown, with some sand, moist, very stiff</i>
7.95	20	
9.45	29	
10.95	11	
12.45	20	<i>Silty SAND, fine to coarse grained, whitish brown, wet, medium dense to dense</i>
13.95	22	
15.45	23	
16.95	29	
18.45	42	
19.95	35	
21.45	22	
22.95	15	
24.45	20	
25.95	22	
27.45	36	<i>Silty CLAY, high plasticity, black, with some sand, moist, stiff</i>
28.95	13	
30.45	30	
31.95	36	
33.45	9	<i>Silty SAND, fine grained, brown, wet, medium dense</i>
34.95	44	
36.45	23	
37.95	14	
39.45	16	
40.95	23	
42.45	21	

Data kapal rencana merupakan spesifikasi dari kapal MT Musi dan MT Iriani yang ditampilkan pada **Tabel 4**.

Tabel 4 Data Kapal Rencana

Karakteristik	MT Iriani	MT Musi
Gross Tonnage, GT	705	2370
Dead Weight Tonnage, DWT	1100	3540
Displacement Mass (ton)	2130	6090
LOA (m)	65.24	85
LBP (m)	61	84.07
Beam, B (m)	10.2	20

Karakteristik	MT Iriani	MT Musi
Molded Depth, H (m)	4.5	5
Minimum Draft (m)	-	2.4
Maximum Draft (m)	4	4.5

Data alat operasional terdiri atas pipa 8 jalur dengan diameter 273.1 mm dan berat 46.56 kg/m serta selang 1 jalur dengan diameter 288 mm dan berat 25.92 kg/m.

Handrailing yang akan digunakan pada *trestle* dan *catwalk* diasumsikan memiliki berat 27.05 kg/m.

Beban pada Dermaga

Beban *berthing* dihitung berdasarkan data 2 kapal rencana menghasilkan pembebanan yang ditampilkan pada **Tabel 5**.

Tabel 5 Pembebanan *Berthing*

Parameter	Nilai	Satuan
Energi <i>berthing abnormal</i>	75.86	kN-m
Jenis <i>fender</i>	UE-V400 E0.9	
Panjang <i>fender</i>	2	m
Reaksi maks.	452	kN
Dimensi panel	1.5 x 4.5	m
Berat sistem <i>fender</i>	2043.5	kg

Akan digunakan *pillar bollard* 30 ton dengan beban *mooring* pada setiap tali *mooring* ditampilkan pada **Tabel 6**.

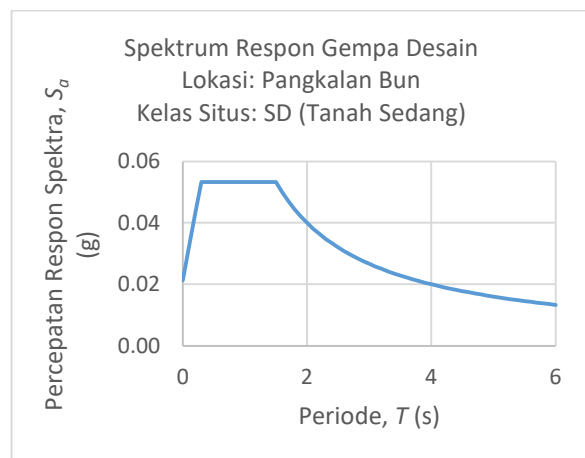
Tabel 6 Pembebanan *Mooring*

Tali Mooring	Arah	Nilai (kN)
<i>Spring line</i>	Global X	289.33
	Global Y	51.1
	Global Z	254.87
<i>Breast line</i>	Global X	0
	Global Y	294.3
	Global Z	254.87

Tali Mooring	Arah	Nilai (kN)
<i>Head/stern line</i>	Global X	208.1
	Global Y	208.1
	Global Z	254.87

Beban arus diaplikasikan secara otomatis pada model struktur dengan *input* berupa kecepatan arus.

Beban gempa diaplikasikan pada model struktur dengan input berupa spektrum respons gempa yang ditampilkan pada **Gambar 1**.



Gambar 1 Spektrum Respons Gempa

Beban mati dari balok, pelat, dan tiang pancang dihitung secara otomatis pada perangkat lunak SAP2000. Beban mati yang tidak dimodelkan (*superimposed*) pada perangkat lunak SAP2000 diaplikasikan secara manual dengan nilai yang ditampilkan pada **Tabel 7**.

Tabel 7 Beban Mati *Superimposed*

Beban	Nilai	Satuan
Berat sistem <i>fender</i>	21.9	kN
Berat <i>bollard</i>	1.9	kN
Berat pipa	0.46	kN/m
Berat <i>handrail</i>	0.264	kN/m

Beban hidup pada dermaga ditampilkan pada **Tabel 8**, dengan beban muatan pipa menggunakan BBM yang paling berat yaitu minyak bakar.

Tabel 8 Beban Hidup

Beban	Nilai	Satuan
Operasi	20	kN/m ²
Manusia	5	kN/m ²
Selang	0.26	kN/m
Beban muatan pipa	0.264	kN/m

Kombinasi pembebanan berdasarkan ASCE 7-10 ditampilkan pada **Tabel 9**.

Tabel 9 Kombinasi Pembebanan

<i>Ultimate Limit State</i> (ULS)	<i>Serviceability Limit State</i> (SLS)
1. $1.4 D$	1. $1.0 D$
2. A. $1.2 D + 1.6 (L+B)$ B. $1.2 D + 1.6 B$	2. A. $1.0 D + 1.0 (L+B)$ B. $1.0 D + 1.0 B$
3. $1.2 D + 0.5 (W+C+M)$	3. $1.0 D + 0.6 (W+C+M)$
4. A. $1.2 D + 1.0 (W+C) + 1.0 (L+B)$ B. $1.2 D + 1.0 (W+C+M) + 1.0 L$ C. $1.2 D + 1.0 (W+C+M)$	4. A. $1.0 D + 0.75 (L+B) + 0.45 (W+C)$ B. $1.0 D + 0.75 L + 0.45 (W+C+M)$ C. $1.0 D + 0.45 (W+C+M)$
5. $1.2 D + 1.0 E + 1.0 L$	5. $1.0 D + 0.75 L + 0.525 E$
6. $0.9 D + 1.0 (W+C+M)$	6. $1.0 D + 0.7 E$
7. $0.9 D + 1.0 E$	7. $1.0 D + 0.7 B$

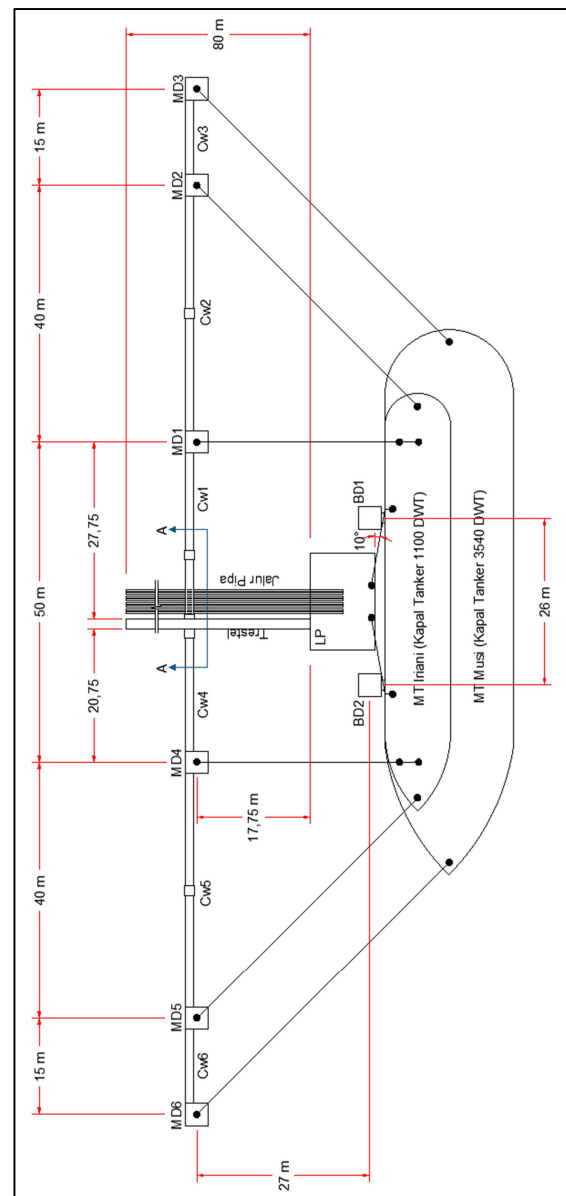
Perencanaan Dimensi Awal Dermaga

Dimensi layout struktur ditentukan berdasarkan data lingkungan dan data kebutuhan ruang pada setiap struktur. Hasil penentuan dimensi struktur dermaga ditampilkan pada **Tabel 10**.

Tabel 10 Dimensi Struktur Dermaga

Parameter	Nilai	Satuan
Elevasi dermaga	3	m
Kedalaman perairan	5	m
Dimensi <i>loading platform</i>	15 x 10	m
Dimensi <i>trestle</i>	80 x 6	m
Lebar <i>catwalk</i>	1.2	m
Berat sistem <i>fender</i>	2043.5	kg

Layout dermaga ditampilkan pada **Gambar 2**.



Gambar 2 Layout Dermaga

Perhitungan dimensi awal untuk elemen struktural dermaga dilakukan berdasarkan kriteria tekan dan lentur serta nilai minimum yang dibatasi standar yang digunakan. Hasil perhitungan dimensi awal elemen struktural dermaga ditampilkan pada **Tabel 11**.

Tabel 11 Hasil Desain Awal Dimensi Elemen Struktural Dermaga

Struktur	Parameter	Nilai	Satuan
<i>Loading platform</i>	Panjang pelat	5	m
	Lebar pelat	5	m
	Tebal pelat	200	mm
	Panjang balok	5	m
	Tinggi balok	800	mm
	Lebar balok	400	mm
	Diameter luar tiang pancang	400	mm
	Tebal tiang pancang	14	mm
	Panjang <i>pile cap</i>	800	mm
	Lebar <i>pile cap</i>	800	mm
	Tebal pile cap	1500	mm
	Tebal pelat	150	mm
	Tinggi balok	1100	mm
<i>Trestle</i>	Lebar balok	550	mm
	Diameter luar tiang pancang	400	mm
	Tebal tiang pancang	10	Mm
	Panjang <i>pile cap</i>	800	mm
	Lebar <i>pile cap</i>	800	mm
	Tebal pile cap	1500	mm
	Panjang pelat	5	m
	Lebar pelat	5	m
<i>Catwalk</i>	Pelat grating	Standard Tru-Weld – Type 30-102 (Metric) bearing bar 25 x 3.2	

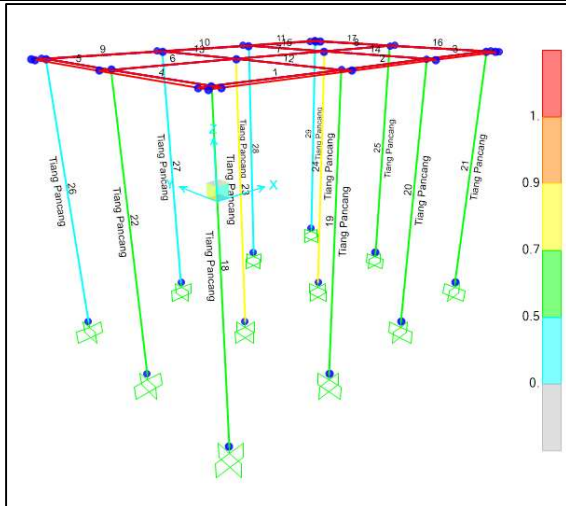
Struktur	Parameter	Nilai	Satuan
	Profil balok primer	H450x200x9x14	
	Profil balok sekunder	H100x100x6x8	
	Diameter luar tiang pancang	400	mm
	Tebal tiang pancang	10	Mm
	Panjang <i>pile cap</i>	1500	mm
	Lebar <i>pile cap</i>	1500	mm
	Tebal pile cap	1000	mm
<i>Breasting dolphin</i>	Diameter luar tiang pancang	700	mm
	Tebal tiang pancang	17	mm
	Panjang <i>pile cap</i>	3500	mm
	Lebar <i>pile cap</i>	3500	mm
	Tebal <i>pile cap</i>	1500	mm
	Tebal <i>pile cap fender</i>	3000	mm
<i>Mooring dolphin</i>	Diameter luar tiang pancang	600	mm
	Tebal tiang pancang	15	mm
	Panjang <i>pile cap</i>	3500	mm
	Lebar <i>pile cap</i>	3500	mm
	Tebal <i>pile cap</i>	1500	mm

Pemodelan Struktur Dermaga

Pada saat pemodelan, dilakukan optimasi desain pada *loading platform* seperti ditampilkan pada **Error! Reference source not found.** sehingga dihasilkan nilai UCR yang berkisar antara 0.35-0.70 seperti ditampilkan pada **Gambar 3** dan defleksi maksimum tiang pancang sebesar 5.54 cm yang memenuhi syarat SNI sebesar 5.72 cm.

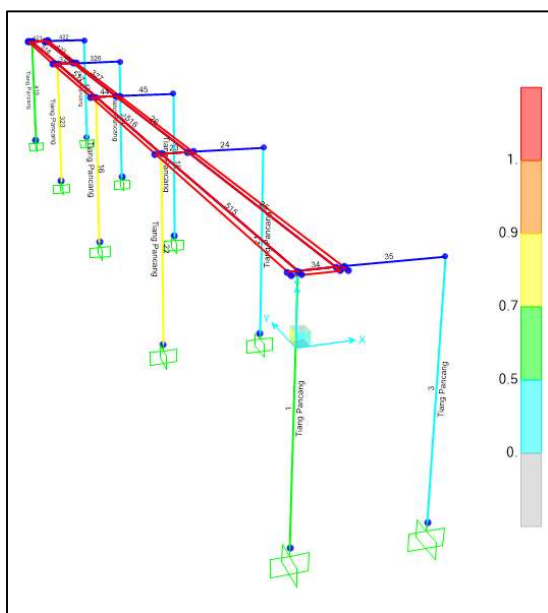
Tabel 12 Optimasi Desain Loading Platform

Parameter	Desain Awal	Desain Optimum	Satuan
Tebal pelat	200	150	mm
Balok (h x b)	800 x 400	650 x 350	mm
Tiang pancang (OD x t)	400 x 14	400 x 13	mm



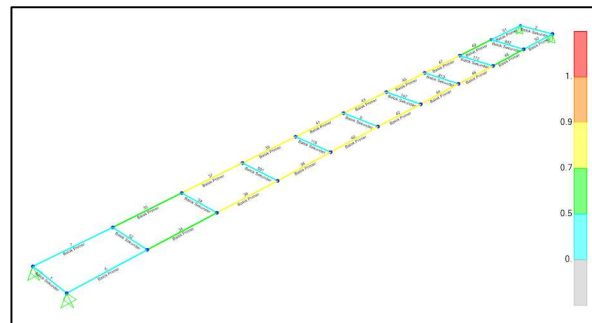
Gambar 3 UCR Loading Platform

Pada *trestle*, dihasilkan nilai UCR yang berkisar antara 0.29-0.82 seperti ditampilkan pada **Gambar 4** dan defleksi maksimum tiang pancang sebesar 2.52 cm yang memenuhi syarat SNI sebesar 5.72 cm.

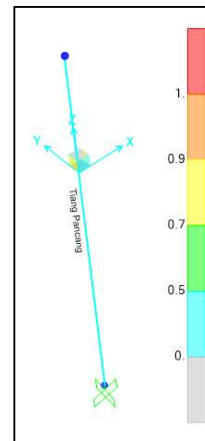


Gambar 4 UCR Trestle

Pada *catwalk*, dilakukan optimasi desain dengan mengubah profil baja primer menjadi H600x200x11x17 dan profil baja sekunder menjadi T50x100x6x8 sehingga dihasilkan nilai UCR yang berkisar antara 0.18 – 0.51 untuk balok primer, 0.45 – 0.71 untuk balok sekunder, dan 0.11 untuk tiang pancang seperti ditampilkan pada **Gambar 5** dan **Gambar 6**. Sedangkan defleksi balok maksimum diperoleh sebesar 7.80 cm yang memenuhi syarat SNI sebesar 8.33 cm.



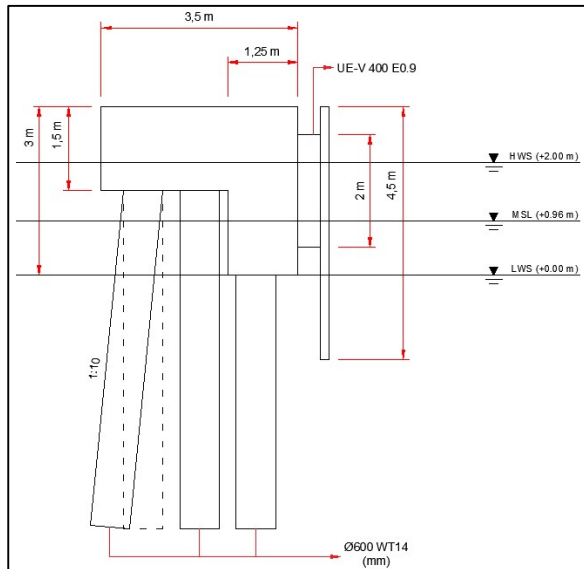
Gambar 5 UCR Balok Catwalk



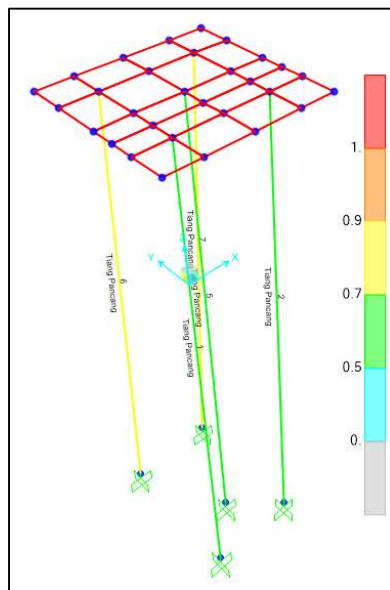
Gambar 6 UCR Tiang Pancang Catwalk

Pada *breasting dolphin*, dilakukan optimasi desain dengan mengubah diameter luar tiang pancang menjadi 600 mm dengan ketebalan 14 mm. Selain itu dilakukan pula perubahan kemiringan tiang pancang belakang menjadi 1:10 seperti ditampilkan pada **Gambar 7**. Sehingga dihasilkan nilai UCR yang berkisar

antara 0.60-0.74 seperti ditampilkan pada **Gambar 8** dan defleksi tiang pancang maksimum sebesar 4.05 cm yang memenuhi syarat SNI sebesar 5.72 cm.



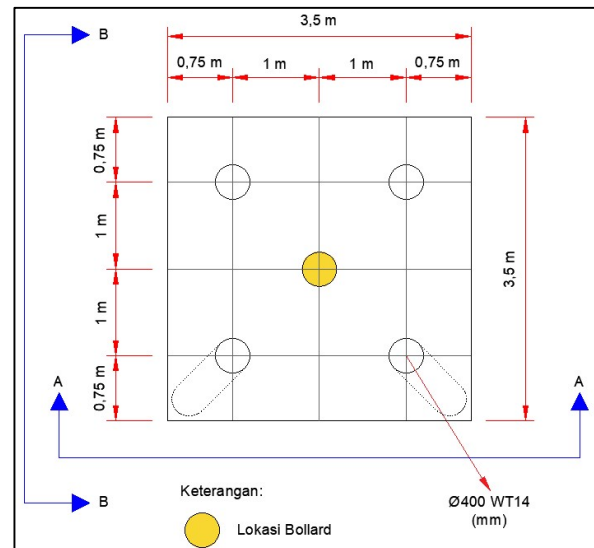
Gambar 7 Optimasi Desain *Breasting Dolphin*



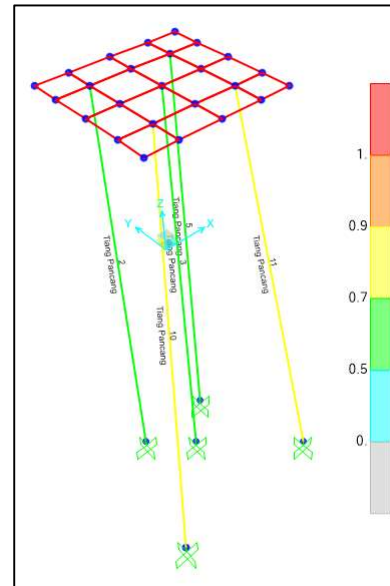
Gambar 8 UCR *Breasting Dolphin*

Pada *mooring dolphin*, dilakukan optimasi desain dengan mengubah diameter luar tiang pancang menjadi 400 mm dengan ketebalan 14 mm. Selain itu dilakukan pula perubahan kemiringan tiang pancang depan menjadi 1:10 ke arah transversal dan longitudinal kapal

seperti ditampilkan pada **Gambar 9**. Sehingga dihasilkan nilai UCR yang berkisar antara 0.53-0.77 cm seperti ditampilkan pada **Gambar 10** dan defleksi tiang pancang maksimum sebesar 4.59 cm yang memenuhi syarat SNI sebesar 4.59.



Gambar 9 Optimasi Desain *Mooring Dolphin*

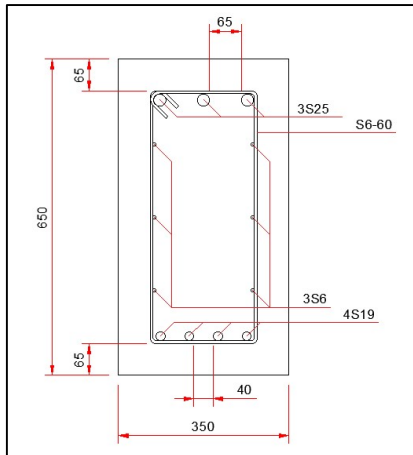


Gambar 10 UCR *Mooring Dolphin*

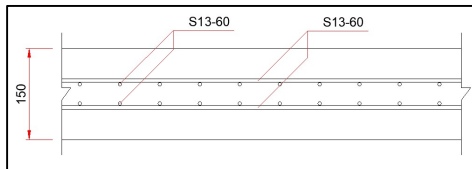
Desain Penulangan Elemen Struktural Dermaga

Output gaya dalam hasil pemodelan struktur menggunakan SAP2000 digunakan sebagai

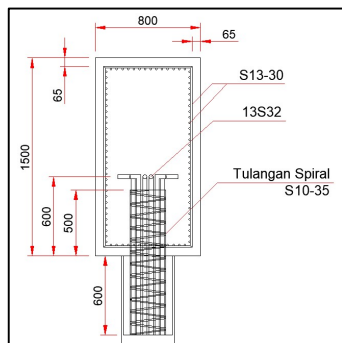
input dalam desain penulangan. Penulangan *loading platform* ditampilkan pada **Gambar 11** hingga **Gambar 13**.



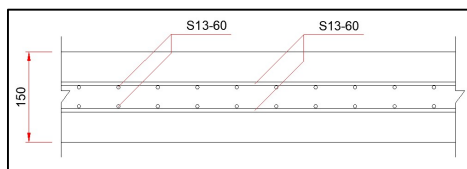
Gambar 11 Penulangan Balok *Loading Platform*



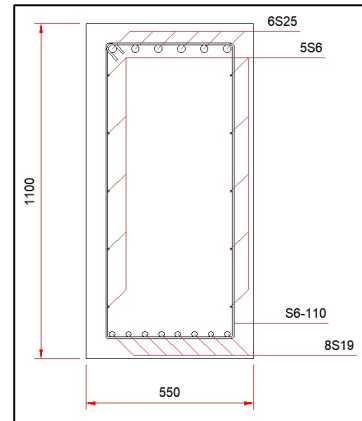
Gambar 12 Penulangan Pelat *Loading Platform*



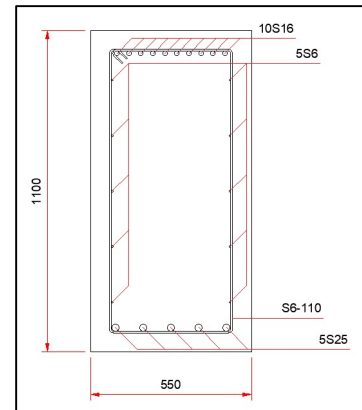
Gambar 13 Penulangan *Pile Cap Loading Platform*
Penulangan *trestle* ditampilkan pada **Gambar 15** hingga **Gambar 17**.



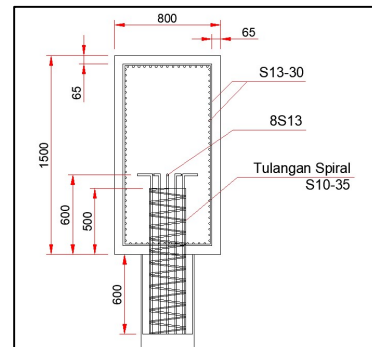
Gambar 14 Penulangan Pelat *Trestle*



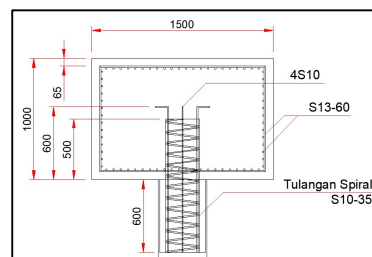
Gambar 15 Penulangan Balok Memanjang *Trestle*



Gambar 16 Penulangan Balok Melintang *Trestle*

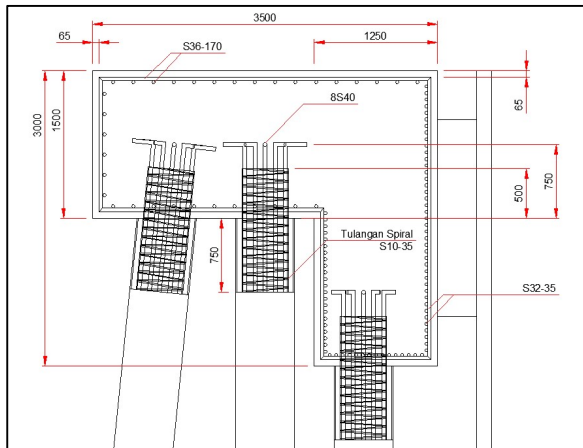


Gambar 17 Penulangan *Pile Cap Trestle*
Penulangan *pile cap catwalk* ditampilkan pada **Gambar 18**.

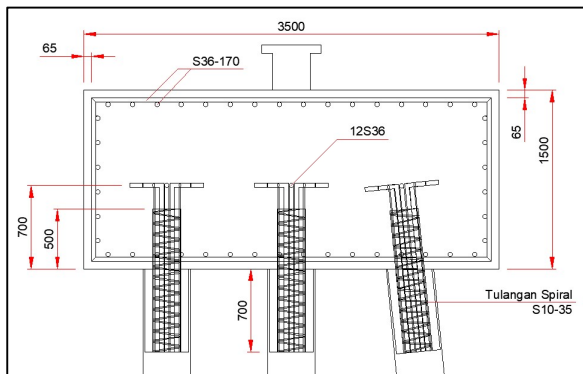


Gambar 18 Penulangan *Pile Cap Catwalk*

Penulangan *pile cap breasting dolphin* ditampilkan pada **Gambar 19**.



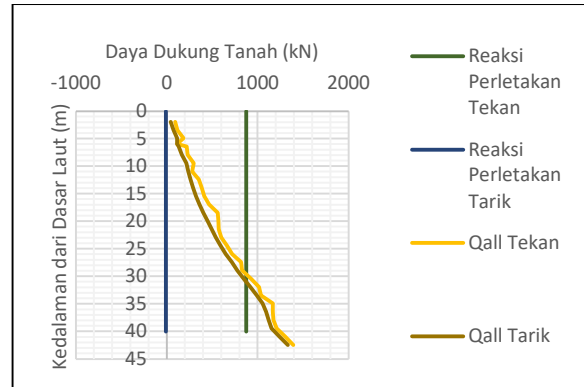
Gambar 19 Penulangan *Pile Cap Breasting Dolphin*
Penulangan *pile cap mooring dolphin* ditampilkan pada **Gambar 20**.



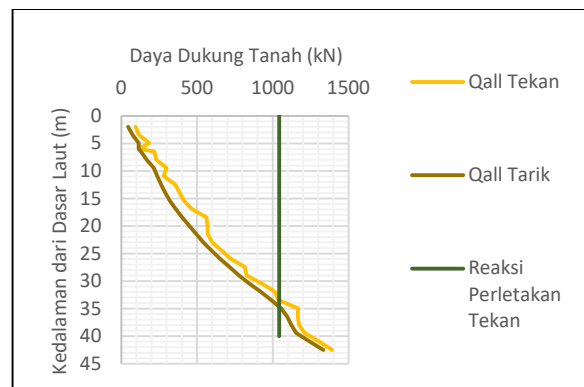
Gambar 20 Penulangan *Pile Cap Mooring Dolphin*

Analisis Daya Dukung Tanah

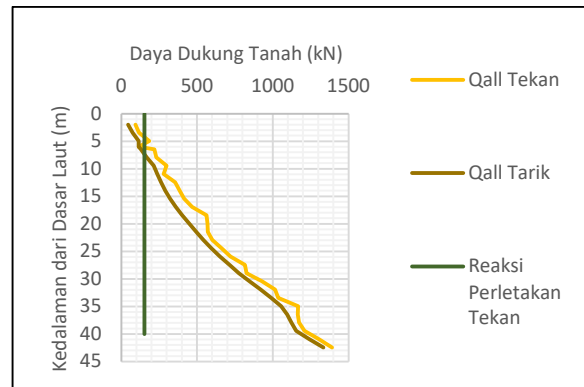
Pada analisis daya dukung tanah, diasumsikan tiang pancang yang digunakan bersifat *unplugged* sehingga gaya gesek tanah terdapat di bagian luar dan bagian dalam tiang pancang. Hasil analisis daya dukung tiang pancang pada struktur dermaga ditampilkan pada **Gambar 21** hingga **Gambar 25**.



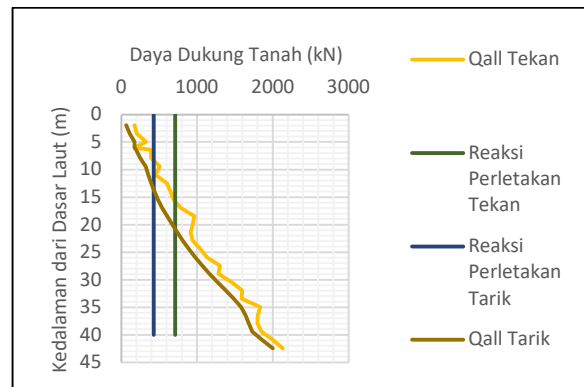
Gambar 21 Analisis Daya Dukung Tanah *Loading Platform*



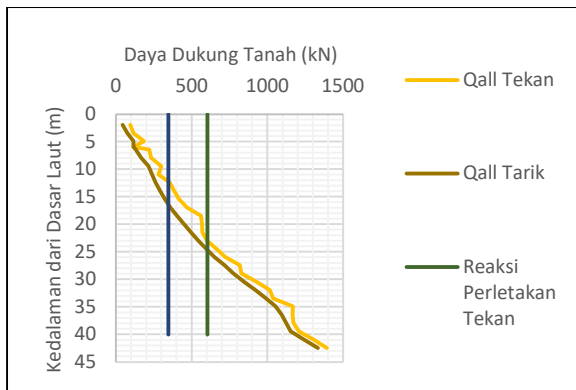
Gambar 22 Analisis Daya Dukung Tanah *Trestle*



Gambar 23 Analisis Daya Dukung Tanah *Catwalk*



Gambar 24 Analisis Daya Dukung Tanah *Trestle*



Gambar 25 Analisis Daya Dukung Tanah *Catwalk*

KESIMPULAN

1. Dermaga didesain dengan struktur *dolphin* dan mampu melayani kapal rencana MT Musi (3540 DWT) dan MT Iriani (1100 DWT) dengan dimensi struktur sebagai berikut:
 - Satu struktur *loading platform* berukuran 15 m x 10 m,
 - Dua struktur *breasting dolphin* berukuran 3.5 m x 3.5 m,
 - Empat struktur *mooring dolphin* berukuran 3.5 m x 3.5 m,
 - Satu struktur *trestle* berukuran 80 m x 6 m,
 - Struktur *catwalk* dengan lebar 1.2 m yang menghubungkan struktur-struktur dermaga,
 - Elevasi dermaga sebesar +3 mLWS
 - Kedalaman perairan pelabuhan sebesar -5 mLWS
2. Dermaga didesain untuk dapat menahan beban yang terdiri atas:
 - Berat sendiri struktur (*dead load*) dari elemen struktural dermaga, yaitu tiang pancang, *pile cap*, balok, dan pelat.
 - Beban mati tambahan (*superimposed dead load*) dari komponen pendukung fasilitas dermaga, yaitu *bollard*, sistem *fender*, *pipa*, serta *handrail*.
 - Beban hidup dari beban manusia dan beban selang.
 - Beban berlabuh kapal rencana.
 - Beban tambat kapal rencana akibat angin dan arus.
 - Beban lingkungan di lokasi dermaga, yaitu beban arus dan gempa
3. Komponen dermaga sebagai fasilitas berlabuh dan bertambat yang digunakan terdiri atas:
 - *Fender*: UE-V400 E0.9 Sepanjang 2 m (Produk Trelleborg),
 - Panel *fender*: tipe layan *medium duty* dengan dimensi 4.5 m x 1.5 m,
 - *Bollard*: *pillar bollard* 30 ton (Produk Trelleborg)
4. Detail elemen struktural *loading platform* terdiri atas:
 - a. Tiang pancang (Produk Nippon Steel)
 - Diameter = 400 mm
 - Tebal = 13 mm
 - b. Balok
 - Dimensi = 5000 mm x 350 mm x 650 mm
 - Tebal selimut beton = 65 mm
 - Tulangan lentur bawah = 4S19 mm
 - Tulangan lentur atas = 3S25 mm
 - Tulangan geser = S6-60 mm
 - Tulangan kulit = 3S6

- c. Pelat
 - Dimensi = 5000 mm x 5000 mm x 150 mm
 - Tebal selimut beton = 50 mm
 - Tulangan lentur bawah x = S13-60 mm
 - Tulangan lentur bawah y = S13-60 mm
 - Tulangan lentur atas x = S13-60 mm
 - Tulangan lentur atas y = S13-60 mm
 - d. *Pile Cap*
 - Dimensi = 800 mm x 800 mm x 1500 mm
 - Tebal selimut beton:
 - *Pile cap* = 65 mm
 - Isi tiang pancang = 50 mm
 - Tulangan susut = S13-30 mm
 - Tulangan dowel = 13S32 mm, panjang penyaluran 600 mm
 - Tulangan spiral = S10-35 mm, sambungan lewatan 500 mm
5. Detail elemen struktural *trestle* terdiri atas:
- a. Tiang pancang (Produk Nippon Steel)
 - Diameter = 400 mm
 - Tebal = 10 mm
 - b. Balok Memanjang
 - Dimensi = 20 m x 550 mm x 1100 mm
 - Tebal selimut beton = 65 mm
 - Tulangan lentur bawah = 8S19 mm
 - Tulangan lentur atas = 6S25 mm
 - Tulangan geser = S6-110 mm
 - Tulangan kulit = 5S6 mm
 - c. Balok Melintang
 - Dimensi = 6 m x 550 mm x 1100 mm
 - Tebal selimut beton = 65 mm
 - Tulangan lentur bawah = 5S25 mm
 - Tulangan lentur atas = 10S16 mm
 - Tulangan geser = S6-110 mm
 - d. Pelat
 - Dimensi = 5000 mm x 1500 mm x 150 mm
 - Tebal selimut beton = 50 mm
 - Tulangan lentur bawah x = S13-60 mm
 - Tulangan susut bawah y = S13-60 mm
 - Tulangan lentur atas x = S13-60 mm
 - Tulangan susut atas y = S13-60 mm
 - e. *Pile Cap*
 - Dimensi = 800 mm x 800 mm x 1500 mm
 - Tebal selimut beton:
 - *Pile cap* = 65 mm
 - Isi tiang pancang = 50 mm
 - Tulangan susut = S13-30 mm
 - Tulangan dowel = 8S13 mm, panjang penyaluran 600 mm
 - Tulangan spiral = S10-35 mm, sambungan lewatan 500 mm
6. Detail elemen struktural *catwalk* terdiri atas:
- a. Tiang pancang (Produk Nippon Steel)
 - Diameter = 400 mm

- Tebal = 10 mm
 - b. Balok (Produk PT. Lintech Duta Pratama)
 - Balok primer = H600x200x11x17
 - Balok sekunder = T50x100x6x8
 - c. Pelat (Produk Nucor Grating)
 - Grating = Standard Tru-Weld – Type 30-102 (Metric)
 - *Bearing bar* = 25 x 3.2
 - d. *Pile Cap*
 - Dimensi = 1500 mm x 1500 mm x 1000 mm
 - Tebal selimut beton:
 - *Pile cap* = 65 mm
 - Isi tiang pancang = 50 mm
 - Tulangan susut = S13-60 mm
 - Tulangan dowel = 4S10 mm, panjang penyaluran 600 mm
 - Tulangan spiral = S10-35 mm, sambungan lewatan 500 mm
7. Detail elemen struktural *breasting dolphin* terdiri atas:
- a. Tiang pancang (Produk Nippon Steel)
 - Diameter = 600 mm
 - Tebal = 14 mm
 - b. *Pile Cap*
 - Dimensi:
 - Bagian biasa = 3500 mm x 3500 mm x 1500 mm
 - Bagian *fender* = 3500 mm x 3500 mm x 3000 mm
 - Tebal selimut beton:
 - *Pile cap* = 65 mm
 - Isi tiang pancang = 50 mm
8. Detail elemen struktural *mooring dolphin* terdiri atas:
- a. Tiang pancang (Produk Nippon Steel)
 - Diameter = 400 mm
 - Tebal = 14 mm
 - b. *Pile Cap*
 - Dimensi = 3500 mm x 3500 mm x 1500 mm
 - Tebal selimut beton:
 - *Pile cap* = 65 mm
 - Isi tiang pancang = 50 mm
 - Tulangan lentur = S36-170 mm
 - Tulangan dowel = 12S36 mm, panjang penyaluran 700 mm
 - Tulangan spiral = S10-35 mm, sambungan lewatan 500 mm
9. Kedalaman rencana pemancangan pondasi dermaga adalah sebagai berikut:
- *Loading platform* = 30.5 m dari dasar laut
 - *Trestle* = 35 m dari dasar laut
 - *Catwalk* = 5 m dari dasar laut
 - *Breasting dolphin* = 17 m dari dasar laut
 - *Mooring dolphin* = 24.5 m dari dasar laut

SARAN

1. Pipa pada trestle perlu didesain lebih lanjut agar dapat menahan bentang bebas sebesar 20 m.
2. Untuk perencanaan yang lebih detail, desain dermaga dapat dilakukan dengan mempertimbangkan aspek biaya dan metode konstruksi.

DAFTAR PUSTAKA

- Ajiwibowo, H. (2018). *Diklat Kuliah Perancangan Dermaga Pelabuhan*. Bandung.
- Alfagomma. (2018). *Oil & Gas Product Range*.
- American Institute of Steel Construction (AISC). (2016). *ANSI/AISC 360-16, Specification for Structural Steel Buildings*. Chicago: AISC.
- American Society of Civil Engineering (ASCE). (2010). *ASCE Standard ASCE/SEI 7-10, Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures*. Reston: ASCE.
- British Standard. (1994). *BS 6349-4:1994*. London: BSI.
- British Standard. (1999). *BS 5400-2:1978, Incorporating Amendment No. 1*. London: BSI.
- British Standard. (2003). *BS 6349-1:2000, Incorporating Amendment No. 1*. London: BSI.
- British Standard. (2010). *BS 6349-2:2010, Incorporating Corrigendum No.1*. London: BSI.
- Das, B. M. (2014). *Principles of Foundation Engineering, Eight Edition*. Boston: Cengage Learning.
- Goda, Y. (2000). *Random Seas and Design of Maritime Structure, Second Edition*. Singapore: World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd.
- Haan, C. T. (1977). *Statistical Methods in Hydrology*. Ames: The Iowa State University Press.
- International Navigation Association (PIANC). (2002). *Guidelines for the Design of Fender Systems: 2002*. Brussels: PIANC.
- Japan International Cooperation Agency (JICA); The Overseas Coastal Area Development Institute of Japan (OCDI); Pacific Consultants International (PCI). (2002). *Vol. 1: Final Report, The Study on the Development Scheme for the Principal River Ports in Indonesia*.
- Japanese Industrial Standard. (2008). *JIS G 3192:2008; Dimensions, Mass and Permissible Variations of Hot Rolled Steel Sections*. Tokyo: Japanese Standard Association.
- McCaffrey, B. M. (2013). *Design of Commercial/Industrial Guardrail Systems for Fall Protection*. New York: CED Engineering.
- Nippon Steel Corporation. (2020). *Steel Pipe Piles*. Tokyo: Nippon Steel Corporation.

- Panitia Pembaharuan Peraturan Beton Bertulang Indonesia. (1979). *Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971*. Bandung: Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 61 Tahun 2009 Tentang Kepelabuhanan*. (2009).
- PT. KHI Pipe Industries. (n.d.). *KHI Product Specification*.
- PT. Lintech Duta Pratama. (n.d.). *Tabel Berat*.
- Pusat Studi Gempa Nasional; Pusat Litbang Perumahan dan Pemukiman. (2017). *Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017*.
- SNI 03-1729-2002 Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan gedung*. (2002). Jakarta: BSN.
- SNI 1725:2016 Pembebanan untuk Jembatan*. (2016). Jakarta: BSN.
- SNI 1726:2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. (2012). Jakarta: BSN.
- SNI 1729:2015 Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*. (2015). Jakarta: BSN.
- SNI 2052:2017 Baja Tulangan Beton*. (2017). Jakarta: BSN.
- SNI 2847:2013 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung*. (2013). Jakarta: BSN.
- Soewarno. (1995). *Hidrologi - Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data Jilid 1*. Bandung: NOVA.
- The Overseas Coastal Area Development Institute of Japan (OCDI). (2002). *Technical Standards and Commentaries for Port and Harbour Facilities in Japan*. Tokyo: Daikousha Printing Co., Ltd.
- Thoresen, C. A. (2014). *Port Designer's Handbook, Third Edition*. London: ICE Publishing.
- Trelleborg AB. (2018). *Bollard Product Brochure*. Trelleborg: Trelleborg AB.
- Trelleborg AB. (2019). *Fender Systems Product Brochure*. Trelleborg: Trelleborg AB.
- U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Corps of Engineer. (1984). *Shore Protection Manual Volume 1*. Washington D.C.: U.S. Government Printing Office.
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 17 Tahun 2008 Tentang Pelayaran*. (2008).
- Wurjanto, A., & Sudirman, D. (n.d.). *Catatan Kuliah KL-2206 Hidrologi dan Hidrolika*. Bandung: Penerbit ITB.