

DESAIN STRUKTUR DERMAGA CURAH CAIR PADA TERMINAL BAHAN BAKAR MINYAK (TBBM) PANGKALAN BUN DI KOTAWARINGIN BARAT, KALIMANTAN TENGAH

Structural Design Liquid Bulk Dock in Pangkalan Bun Fuel Oil Terminal, West Kotawaringin, Central Kalimantan

Fariz Achmad Alfian¹ dan Rildova²

Ocean Engineering Department

Faculty of Civil and Environmental Engineering

Bandung Institute of Technology

Jln. Ganeca 10 Bandung 40132

[1farizalfian234@gmail.com](mailto:farizalfian234@gmail.com) dan [2rildova@ocean.itb.ac.id](mailto:rildova@ocean.itb.ac.id)

Abstrak: Ketahanan energi adalah ketersediaan sumber energi yang tidak terputus dengan harga yang terjangkau. Ketahanan energi sangat memengaruhi ekonomi suatu negara. Salah satu bentuk energi yang penting di Indonesia adalah Bahan Bakar Minyak (BBM). Pembangunan Terminal Bahan Bakar Minyak (TBBM) merupakan cara yang dapat dilakukan untuk mewujudkan ketahanan energi BBM. Pangkalan Bun adalah daerah strategis dan potensial karena daerah ini adalah kota transit yang melayani kabupaten lain di sekitarnya. Oleh sebab itu, mewujudkan ketahanan energi BBM dengan melakukan pembangunan TBBM pada Pangkalan Bun adalah hal yang sangat penting.

Lingkup bahasan desain terdiri dari penentuan dimensi dermaga, pemodelan struktur, desain penulangan struktur, dan perhitungan daya dukung tanah. Data kapal rencana yang dapat berlabuh di TBBM Pangkalan Bun yakni kapal JAYNE I dengan bobot 6935 DWT. Pemodelan struktur dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak SAP2000. Dari hasil perencanaan dimensi dermaga ditentukan: *loading platform* dengan dimensi $12\text{ m} \times 8\text{ m}$, *breasting dolphin* dengan dimensi $2.7\text{ m} \times 2.7\text{ m}$, *mooring dolphin* dengan dimensi $2.7\text{ m} \times 2.7\text{ m}$, *trestle* dengan dimensi $100\text{ m} \times 4\text{ m}$ dan *catwalk* dengan lebar 1 m . Nilai UCR (*Unity Check Ratio*) terbesar untuk masing-masing struktur secara berurutan adalah 0.99, 0.96, 0.96, 0.96, dan 0.93.

Kata Kunci: Struktur, Curah Cair, Pemodelan, Dermaga

Abstract: *Energy security is the uninterrupted availability of energy sources at an affordable price. Energy security greatly affects the economy of a country. One of the important forms of energy in Indonesia is fuel oil. The construction of a Fuel Oil Terminal is a way that can be done to realize fuel energy security. Pangkalan Bun is a strategic and potential area because this area is a transit city that serves other districts in the vicinity. Therefore, realizing fuel energy security by building Fuel Oil Terminal in Pangkalan Bun is very important.*

*The scope of design consists of determining the dock dimensions, structural modeling, structural reinforcement design, and calculation of soil capacity. The data on the planned ship that can dock at Pangkalan Bun Fuel Oil Terminal is the JAYNE I ship with a weight of 6935 DWT. The structural design is analyzed using SAP2000 for structural modeling. From the planning results, the dimensions of the dock are determined: loading platform with dimensions of $12\text{ m} \times 8\text{ m}$, breasting dolphin with dimensions of $2.7\text{ m} \times 2.7\text{ m}$, mooring dolphin with dimensions of $2.7\text{ m} \times 2.7\text{ m}$, trestle with dimensions of $100\text{ m} \times 4\text{ m}$ and catwalk with a width of 1 m . The largest UCR (*Unity Check Ratio*) values for each structure respectively are 0.99, 0.96, 0.96, 0.96, and 0.93.*

Keywords: Structure, Liquid Bulk, Modeling, Dock

PENDAHULUAN

Ketahanan energi, menurut *International Energy Agency* (IEA), adalah ketersediaan sumber energi yang tidak terputus dengan harga yang terjangkau. Ketahanan energi sangat memengaruhi ekonomi suatu negara karena energi itu sendiri merupakan komponen penting dalam produksi barang dan jasa. Dalam kata lain, terhambatnya ketersediaan pasokan energi dalam bentuk bahan bakar maupun kelistrikan dapat menurunkan produktivitas ekonomi nasional. Oleh karena itu, dibutuhkan berbagai usaha untuk mewujudkan ketahanan energi sehingga pertumbuhan ekonomi bisa terus berjalan.

Salah satu bentuk energi yang penting di Indonesia adalah Bahan Bakar Minyak (BBM). BBM merupakan kebutuhan pokok bagi masyarakat, baik dalam kehidupan sehari-hari, transportasi, sampai sektor industri. Melihat hal tersebut, ketahanan energi BBM perlu diwujudkan.

Pembangunan Terminal Bahan Bakar Minyak (TBBM) adalah salah satu usaha yang dapat dilakukan untuk mewujudkan ketahanan energi BBM. TBBM yang memiliki fasilitas berupa penampungan BBM dalam kapasitas yang besar tentu dapat meningkatkan ketersediaan pasokan BBM pada daerah tersebut.

Pangkalan Bun merupakan Ibu Kota Kabupaten Kotawaringin Barat, Kalimantan Tengah. Pangkalan Bun adalah daerah strategis dan potensial karena daerah ini adalah kota transit yang melayani kabupaten lain di sekitarnya. Selain itu, di Pangkalan Bun terdapat Bandara Iskandar yang merupakan salah satu bandara besar dan satu-satunya bandara yang memiliki stasiun pengisian bahan bakar (SPBU) avtur di Kalimantan Tengah. Oleh sebab itu, mewujudkan ketahanan energi BBM dengan melakukan pembangunan TBBM pada Pangkalan Bun adalah hal yang sangat penting.

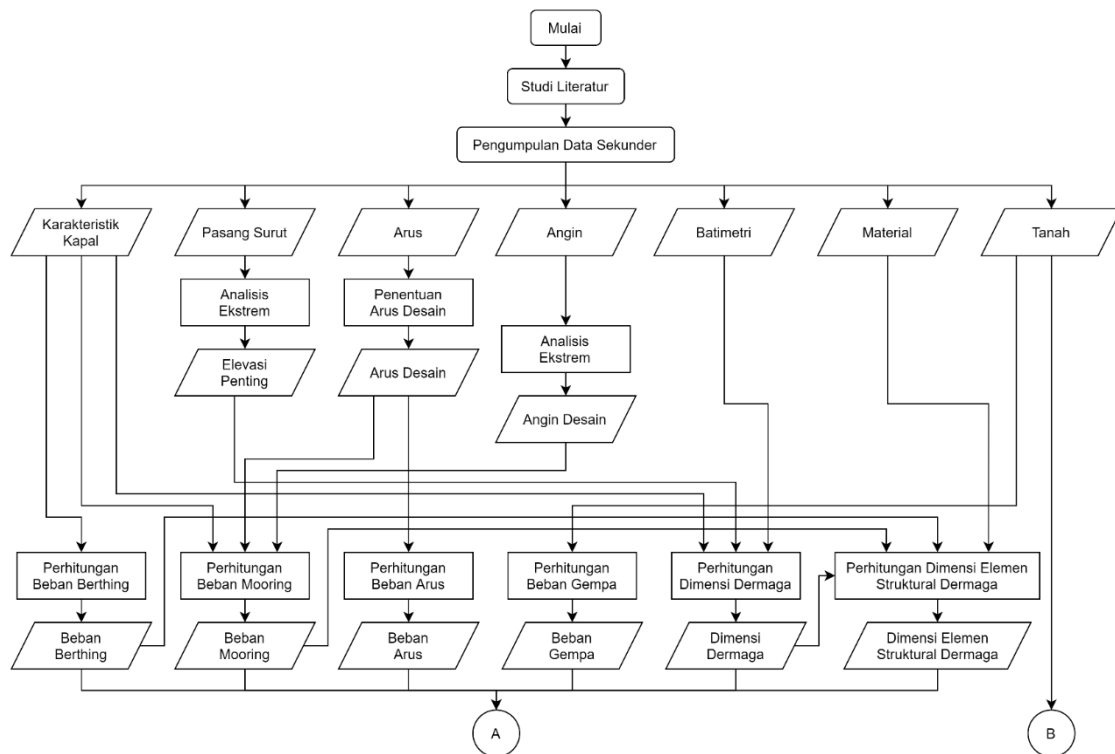
Dalam pembangunan TBBM, diperlukan adanya dermaga curah cair sebagai sarana dan prasarana untuk memfasilitasi TBBM tersebut. Tugas Akhir ini akan fokus membahas terkait desain dan analisis dermaga curah cair tipe *dolphin* untuk kebutuhan TBBM Pangkalan Bun di Kotawaringin Barat, Kalimantan Tengah.

TEORI DAN METODOLOGI

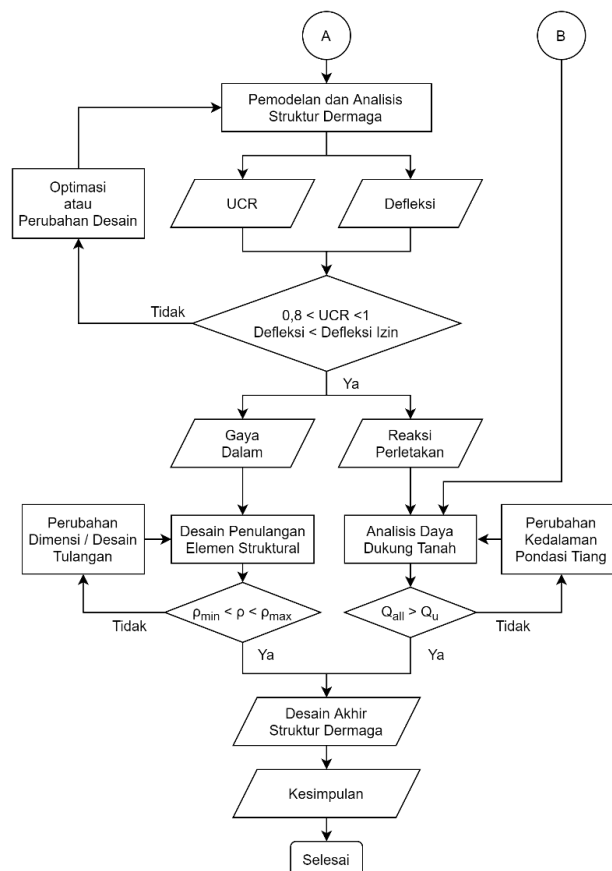
Perancangan Dermaga TBBM Pangkalan Bun dilakukan dengan mengumpulkan dan mengolah data-data sekunder dan menentukan kriteria desain berdasarkan data-data yang diperoleh. Data yang digunakan yang terdiri dari data lingkungan (pasang surut, angin, gelombang, dan data tanah), data kapal rencana yang akan dilayani, dimensi dermaga (panjang, lebar, dan kedalaman perairan), serta material yang digunakan pada struktur dermaga.

Dilakukan perhitungan gaya-gaya yang bekerja dan desain elemen struktural dermaga. Dimensi elemen struktural yang ditentukan terdiri dari ukuran pelat, balok, tiang pancang dan *pile cap*. Gaya-gaya yang bekerja pada struktur dermaga terdiri dari beban mati struktur, beban mati tambahan (*fender*, *bollard*, pipa, dan *handrail*), beban hidup (beban manusia dan beban selang), beban *berthing*, beban *mooring*, dan beban lingkungan (gaya arus dan gaya gempa).

Metodologi yang digunakan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini ditunjukkan dalam bentuk diagram alir pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir Bagian 1



Gambar 2 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir Bagian 2

Persamaan energi *berthing* berdasarkan BS 6349-4:1994 adalah sebagai berikut.

$$E = 0.5C_M M_D (V_B)^2 C_E C_S C_C$$

Keterangan:

E : Energi *berthing* kapal (kJ=kN.m)

C_M : Koefisien massa hidrodinamik

M_D : Massa kapal (t)

V_B : Kecepatan *berthing* kapal (m/s)

C_E : Koefisien eksentrisitas

C_S : Koefisien kekasaran (nilai standar = 1)

C_C : Koefisien konfigurasi tambat (nilai standar = 1)

Beban *mooring* dihitung atas pengaruh arus dan angin. Persamaan beban *mooring* akibat angin berdasarkan BS 6349-1:2000 adalah sebagai berikut.

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

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

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/m^3)

A_L : Area proyeksi arah longitudinal di atas muka air (m^2)

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

Beban mati terdiri dari beban berat dari pelat balok, *pilecap*, tiang pancang, serta berat struktur tambahan yaitu beban berat *fender* dan *bollard* dan ada dermaga secara umumnya, yang dimaksud dengan beban hidup adalah beban manusia dan beban peralatan bongkar muat. Beban lingkungan berupa gaya arus ditentukan dengan Persamaan Morison, serta beban lingkungan berupa gaya gempa ditentukan dengan menggunakan data sekunder berupa spektral gempa.

Dengan data-data yang sudah diolah akan dilakukan pemodelan struktur dengan bantuan perangkat lunak SAP2000 dengan menggunakan kriteria desain dan beban-

beban yang telah dihitung. Hasil dari pemodelan ini berupa nilai UCR (Unity Check Ratio), defleksi struktur, gaya dalam balok dan pelat serta nilai reaksi perletakan. Acuan desain yang digunakan adalah nilai UCR dimana struktur yang handal dan optimal memiliki nilai pada rentang 0.8 hingga 1.0. Pemeriksaan nilai defleksi dilakukan sebagai aspek kelayakan struktur dengan nilai defleksi yang diperoleh harus berada diantara batas yang diizinkan. Gaya dalam elemen struktural dermaga yang didapatkan dari hasil pemodelan dijadikan dasar untuk melakukan penulangan elemen struktural dermaga. Pemeriksaan rasio tulangan dilakukan untuk menentukan luas penampang optimal.

Proses desain tulangan komponen beton dilakukan berdasarkan SNI 03-2847-2013

Sedangkan reaksi perletakan digunakan untuk menentukan kedalaman tiang pancang.

Penentuan kedalaman tiang pancang dilakukan agar tiang pancang mampu menahan gaya yang bekerja pada struktur. Proses perhitungan yang dilakukan yaitu menentukan daya dukung yang diizinkan untuk tiang pancang ditinjau dari kekuatan izin tekan dan kekuatan izin tanah yang dipengaruhi oleh kondisi tanah serta kekuatan material tiang pancang.

HASIL DAN ANALISA

Analisis dilakukan untuk data angin, data pasang surut, data kapal dan data tanah. Hasil analisis data angin berupa *windrose*. Data pasang surut dan data kapal digunakan untuk menentukan dimensi desain dermaga berupa panjang dermaga, elevasi dasar dan muka air yang digunakan.

Analisis Data Angin

Data angin yang digunakan didapatkan dari laman ECMWF pada tahun 2011 s.d. 2020 dengan interval data 1 jam. Dari hasil analisis ekstrim data angin diperoleh

kecepatan maksimum sebesar 7.2 m/s dari Barat.

Analisis Data Pasang Surut

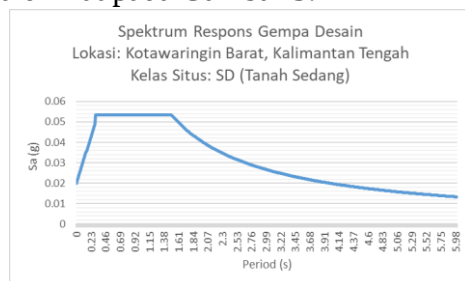
Data pasang surut didapat dari PT. Pertamina Training dan Consulting dengan pengukuran dilakukan mulai 22 November 2019 – 24 Desember 2019. Data pasang surut diolah dengan menggunakan perangkat lunak ERGTIDE. Diperoleh bahwa pasang surut di Sungai Kapitan berjenis pasang surut *mixed tide prevailing semi-diurnal*. Dari hasil pengolahan ERGRAM dan ERGELV diperoleh tunggang pasang sebesar 1.83 m dari LWS.

Analisis Data Arus

Data arus yang digunakan diperoleh dari buku *The Study on the Development Scheme for the Principal River Ports in Indonesia: Final Report, Vol. 1 (2002)*, yang dipublikasikan oleh *The Overseas Coastal Area Development Institute of Japan (OCDI)* dan *Pacific Consultants International (PCI)*. disebutkan bahwa kecepatan arus keluar maksimum yang diamati adalah 3 knot (1.54 m/s) dan arus masuk 2 knot (1.03 m/s).

Analisis Data Tanah

Karakteristik data tanah di Dermaga TBBM Pangkalan Bun adalah tanah sedang. Dari nilai SPT data tanah, dilakukan analisis gempa dan didapat $S_{DS} = 0.05 g$ dan $S_{D1} = 0.08 g$. Spektrum gempa pada lokasi bisa dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Spektrum Gempa

Data Kapal

Kapal rencana yang dapat bersandar di Dermaga TBBM Pangkalan Bun berkapasitas 6935 DWT dengan dimensi:

$LOA = 108 \text{ m}$, $LBP = 101.6 \text{ m}$, $Beam = 19.2 \text{ m}$, $Draft = 6 \text{ m}$.

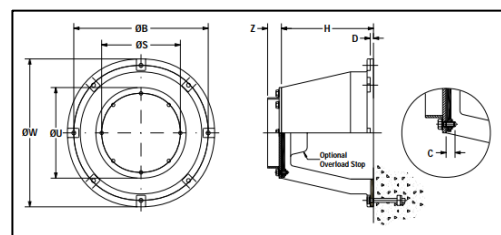
Perencanaan Dimensi Dermaga

Berikut merupakan hasil perencanaan dimensi dermaga.

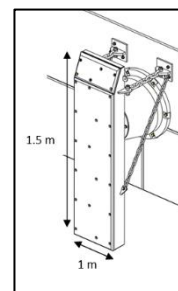
- Satu struktur *loading platform* dengan dimensi $12 \text{ m} \times 8 \text{ m}$.
- Dua struktur *breasting dolphin* dengan dimensi $2.7 \text{ m} \times 2.7 \text{ m}$.
- Empat struktur *mooring dolphin* dengan dimensi $2.7 \text{ m} \times 2.7 \text{ m}$.
- Satu struktur *trestle* dengan dimensi $100 \text{ m} \times 4 \text{ m}$.
- Struktur *catwalk* dengan lebar 1 m .

Fasilitas Dermaga

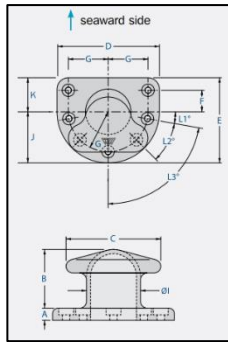
Energi abnormal *berthing* yang terjadi akibat kapal (E_A) = 95.26 kN-m dengan asumsi kapal berlabuh dengan kondisi dibantu kapal pandu dengan kondisi dermaga terlindungi, dipilih *fender* tipe SCN 600 E2.2 dengan dengan *rated energy* (E_R) = 96 kNm dan berat 240 kg. *Supercone* akan ditempel panel berukuran $1 \text{ m} \times 1.5 \text{ m}$ dengan berat 300 kg. Sedangkan beban *mooring* terbesar yang diterima *bollard* adalah 9.06 ton, sehingga dipilih *tee bollard* dengan kapasitas 10 ton. Ilustrasi *fender* dan *bollard* terpilih ditunjukkan pada Gambar 4, Gambar 5, dan Gambar 6.



Gambar 4 Dimensi Fender Super Cone



Gambar 5 Desain Panel Fender



Gambar 6 Dimensi Tee Bollard

Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan yang digunakan dalam desain berasal dari dari ASCE 7-16 tentang *Minimum Design Load for Buildings and Other Structures*. Kombinasi pembebanan dibagi menjadi 2 jenis, *Ultimate Limit State* dan *Serviceability Limit State*. ULS merupakan kombinasi pembaban yang memengaruhi stabilitas seluruh konstruksi dan kapasitas untuk setiap elemen struktur sedangkan SLS merupakan kombinasi pembebanan yang memengaruhi *durability* dan *operability* dari struktur. Kombinasi pembebanan yang sudah dimodifikasi untuk memenuhi kebutuhan desain ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Kombinasi Pembebanan

No	<i>Ultimate Limite State (ULS)</i>	<i>Serviceability Limit State (SLS)</i>
1	1.4 D	D
2	1.2 D + 1.6 (L+B)	D + (L+B)
3	1.2 D + 0.5 (C+M)	D + 0.6 (C+M)
4	a 1.2 D + (C) + (L+B)	D + 0.75 (L+B) + 0.45 (C)
	b 1.2 D + (C+M) + L	D + 0.75 L + 0.45 (C+M)
5	1.2 D + E + L	1.0 D + 0.75 L + 0.525 E
6	0.9 D + (C+M)	1.0 D + 0.7 E
7	0.9 D + E	

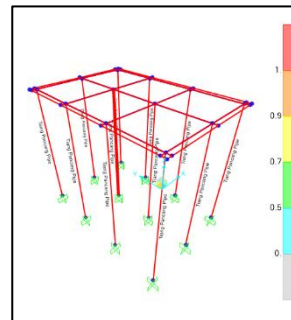
Perencanaan Elemen Struktural

Struktur dermaga, menggunakan struktur beton bertulang dengan mutu beton (f'_c) = 35 MPa dan material tiang pancang dengan mutu baja ASTM A252 Grade 2 dengan tegangan leleh (f_y) = 240 MPa. Berikut merupakan dimensi elemen structural untuk setiap struktur.

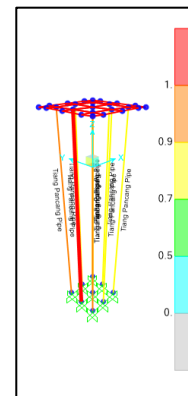
- *Loading Platform*: tebal pelat = 200 mm, balok = 350 mm x 700 mm, tiang pancang = Ø323.8 mm WT 6 mm, *pile cap* = 700 mm x 700 mm x 1500 mm.
- *Breasting Dolphin*: tiang pancang = Ø355.6 mm WT 15 mm, *pile cap* = 2700 mm x 2700 mm x 1500 mm.
- *Mooring Dolphin*: tiang pancang = Ø323.8 mm WT 9 mm, *pile cap* = 1400 mm x 1400 mm x 1500 mm.
- *Trestle*: tebal pelat = 150 mm, balok = 650 mm x 1300 mm, tiang pancang = Ø457.2 mm WT 15 mm, *pile cap* = 1000 mm x 1000 mm x 1500 mm.
- *Catwalk*: tebal pelat = 150 mm, tiang pancang = Ø558.8 mm WT 16 mm, *pile cap* = 1000 mm x 1000 mm x 1500 mm.

Analisis Struktur Dermaga

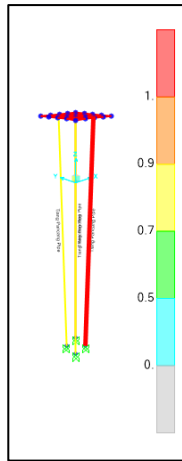
Analisis struktur dermaga dilakukan dengan kondisi *Ultimate Limit State*. Dimana diperoleh Nilai UCR (Unity Check Ratio) terbesar untuk masing-masing struktur secara berurutan adalah 0.99, 0.96, 0.96, 0.96, dan 0.93. Hasil UCR ditunjukkan pada Gambar 7, Gambar 8, Gambar 9, Gambar 10, dan Gambar 11.



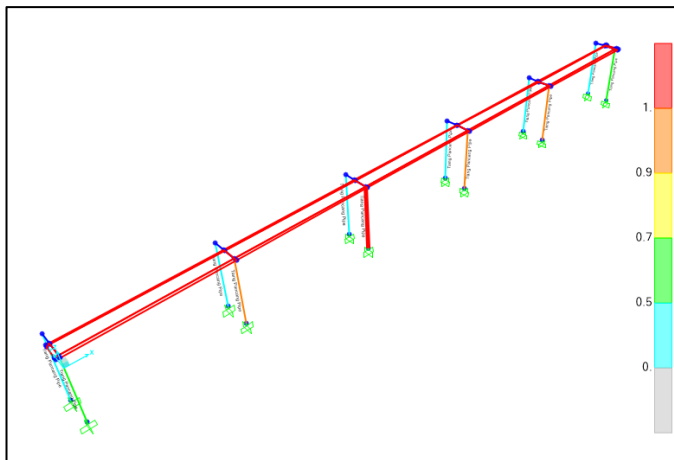
Gambar 7 UCR Loading Platform



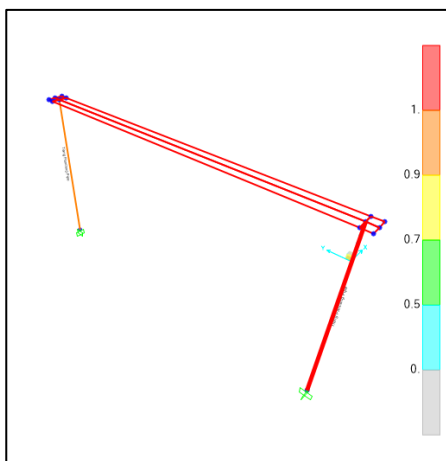
Gambar 8 UCR Breasting Dolphin



Gambar 9 UCR Mooring Dolphin



Gambar 10 UCR Trestle



Gambar 11 UCR Catwalk

Analisa struktur dermaga tahap kedua adalah pengecekan defleksi dalam kondisi *Serviceability Limit State* yang ditunjukkan pada Tabel 2, Tabel 3, Tabel 4, Tabel 5, dan Tabel 6.

Tabel 2 Defleksi *Loading Platform*

Joint	Tipe Beban	Kombinasi	Arah	Deleksi Izin	Defleksi	Keterangan
28	Tetap	SLS1	U1	0.022	4.4E-05	OK
1		SLS1	U2		2.9E-05	OK
40	Sementara	SLS3.1	U1	0.055	0.02666	OK
44		SLS3.1	U2		0.054269	OK
SLS1: 1.0 D						
SLS3.1: 1.0 D + 0.6 (W+C+M)						

Tabel 3 Defleksi *Breasting Dolphin*

Joint	Tipe Beban	Kombinasi	Arah	Deleksi Izin	Defleksi	Keterangan
28	Tetap	SLS1	U1	0.022	4.4E-05	OK
1		SLS1	U2		2.9E-05	OK
40	Sementara	SLS3.1	U1	0.055	0.02666	OK
44		SLS3.1	U2		0.054269	OK
SLS1: 1.0 D						
SLS3.1: 1.0 D + 0.6 (W+C+M)						

Tabel 4 Defleksi *Mooring Dolphin*

Joint	Tipe Beban	Kombinasi	Arah	Deleksi Izin	Defleksi	Keterangan
28	Tetap	SLS1	U1	0.022	4.4E-05	OK
1		SLS1	U2		2.9E-05	OK
40	Sementara	SLS3.1	U1	0.055	0.02666	OK
44		SLS3.1	U2		0.054269	OK
SLS1: 1.0 D						
SLS3.1: 1.0 D + 0.6 (W+C+M)						

Tabel 5 Defleksi *Trestle*

Joint	Tipe Beban	Kombinasi	Arah	Deleksi Izin	Defleksi	Keterangan
28	Tetap	SLS1	U1	0.022	4.4E-05	OK
1		SLS1	U2		2.9E-05	OK
40	Sementara	SLS3.1	U1	0.055	0.02666	OK
44		SLS3.1	U2		0.054269	OK
SLS1: 1.0 D						
SLS3.1: 1.0 D + 0.6 (W+C+M)						

Tabel 6 Defleksi *Catwalk*

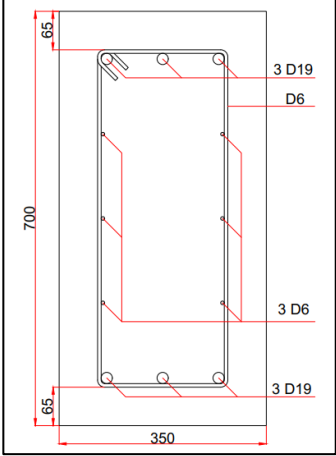
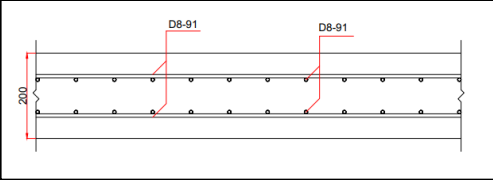
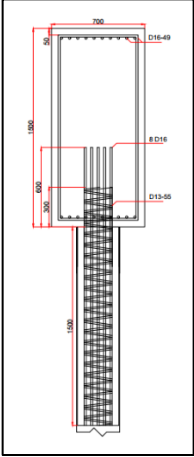
Joint	Tipe Beban	Kombinasi	Arah	Deleksi Izin	Defleksi	Keterangan
28	Tetap	SLS1	U1	0.022	4.4E-05	OK
1		SLS1	U2		2.9E-05	OK
40	Sementara	SLS3.1	U1	0.055	0.02666	OK
44		SLS3.1	U2		0.054269	OK
SLS1: 1.0 D						
SLS3.1: 1.0 D + 0.6 (W+C+M)						

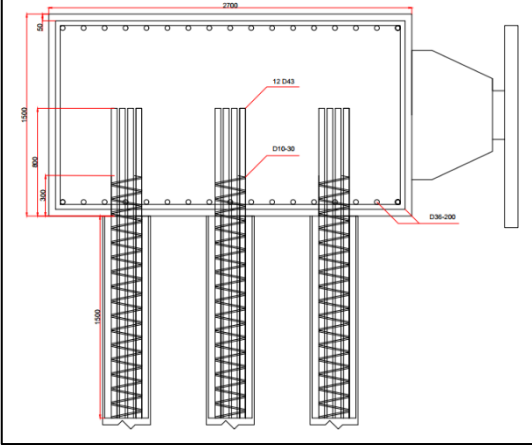
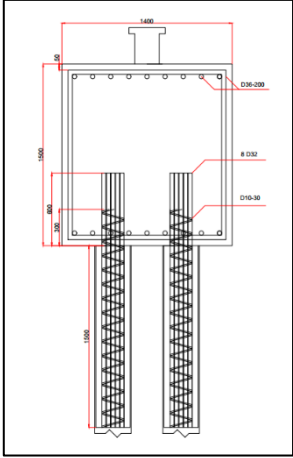
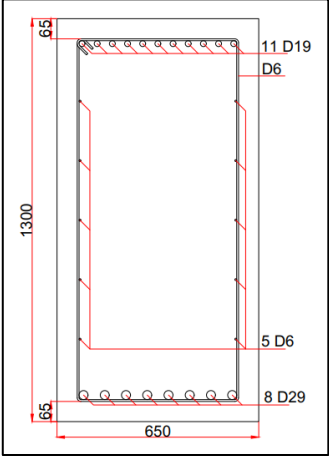
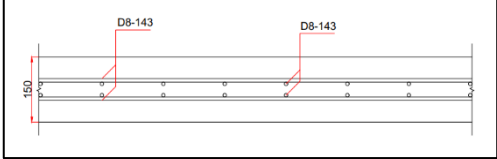
Selanjutnya, dilakukan pengambilan output analisa struktur berupa gaya dalam dan reaksi perletakan yang akan digunakan pada desain penulangan dan analisis daya dukung tanah.

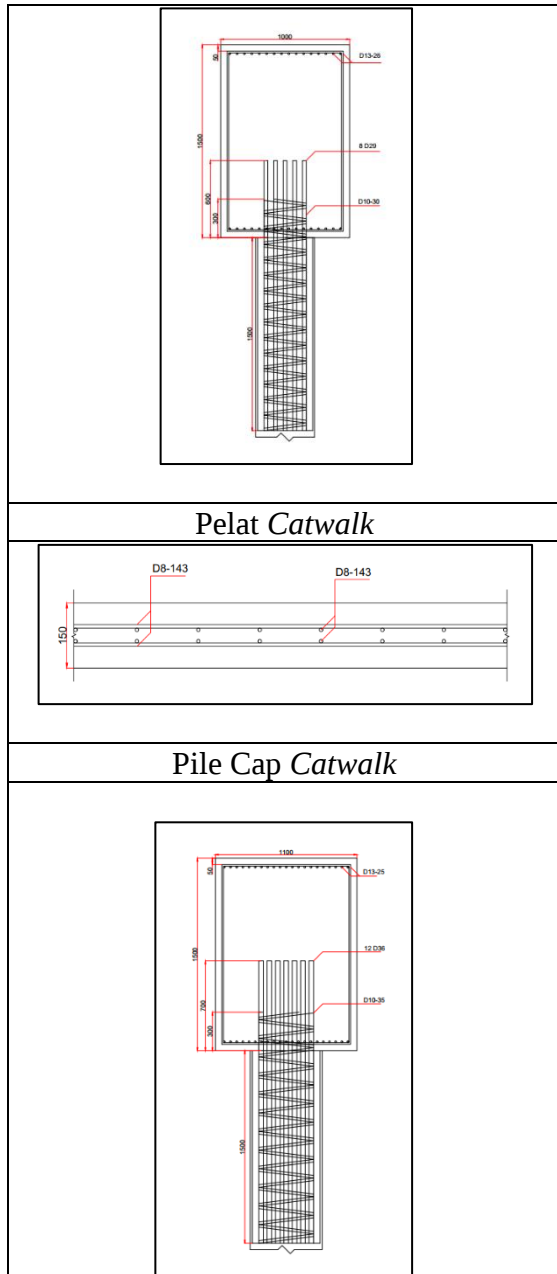
Penulangan Elemen Struktural

Penulangan komponen struktural terdiri dari balok, pelat, dan *pile cap*. Penulangan

komponen dermaga ditunjukkan pada Tabel 7.

<i>Balok Loading Platform</i> 
<i>Pelat Loading Platform</i> 
<i>Pile Cap Loading Platform</i> 
<i>Pile Cap Breasting Dolphin</i>


<i>Pile Cap Mooring Dolphin</i>

<i>Balok Melintang Trestle</i>

<i>Pelat Trestle</i>

<i>Pile Cap Trestle</i>



Analisis Daya Dukung Tanah

Berdasarkan hasil analisis struktur didapatkan nilai reaksi perletakkan untuk masing-masing struktur dermaga. Menurut hasil analisis daya dukung tanah tiang pancang harus ditanam untuk masing-masing struktur secara berurutan 24.5 m, 15.5 m, 14 m, 41 m, dan 18.5 m.

KESIMPULAN

1. Dermaga Curah Cair pada Terminal Bahan Bakar Minyak (TBBM) Pangkalan Bun melayani kegiatan

bongkar muat curah cair (BBM) dengan kapal rencana JAYNE I (6935 DWT) dengan dimensi struktur sebagai berikut.

- Satu struktur *loading platform* dengan dimensi $12\text{ m} \times 8\text{ m}$.
- Dua struktur *breasting dolphin* dengan dimensi $2.7\text{ m} \times 2.7\text{ m}$.
- Empat struktur *mooring dolphin* dengan dimensi $2.7\text{ m} \times 2.7\text{ m}$.
- Satu struktur *trestle* dengan dimensi $100\text{ m} \times 4\text{ m}$.
- Struktur *catwalk* dengan lebar 1 m .
- Elevasi lantai dermaga sebesar $+2.5\text{ m}$ dari LWS.
- Kedalaman dermaga sebesar -7 m dari LWS.

Fasilitas struktur dermaga yang digunakan agar mampu menahan beban-beban pada dermaga adalah sebagai berikut.

- *Super Cone Fender* (SCN 600 E2.2) (Produk Fentek)
 - Kapasitas : 96 kN.m
 - Reaksi *fender* : 332 kN
 - Ukuran panel : $1\text{ m} \times 1.5\text{ m}$
 - *Tee Bollard* (Produk Trelleborg)
 - Kapasitas : 10 ton
2. Detail elemen struktural untuk tiap-tiap struktur dermaga adalah sebagai berikut.

a. *Loading Platform*

- Tiang Pancang (Produk PT. Abadi Metal Utama)
 - Diameter : 323.8 mm
 - Tebal : 6 mm
- Balok
 - Dimensi : $4000\text{ mm} \times 350\text{ mm} \times 700\text{ mm}$
 - Tebal Selimut Beton : 65 mm
 - Tulangan Lentur Bawah : $3D19$

- Tulangan Lentur Atas : 3D19
 - Tulangan Geser : D6-300
 - Tulangan Kulit : 3D6
 - Pelat
 - Dimensi : $4000\text{ mm} \times 4000\text{ mm} \times 200\text{ mm}$
 - Tebal Selimut Beton : 50 mm
 - Tulangan Lentur Bawah x : D8-91
 - Tulangan Lentur Bawah y : D8-91
 - Tulangan Lentur Atas x : D8-91
 - Tulangan Lentur Atas y : D8-91
 - *Pile Cap*
 - Dimensi : $700\text{ mm} \times 700\text{ mm} \times 1500\text{ mm}$
 - Tebal Selimut Beton : 50 mm
 - Tulangan Susut : D16-49
 - Tulangan Dowel : 8D16, perpanjangan 300 mm
 - Tulangan Spiral : D13-55
- b. *Breasting Dolphin*
- Tiang Pancang (Produk PT. Abadi Metal Utama)
 - Diameter : 355.6 mm
 - Tebal : 15 mm
 - *Pile Cap*
 - Dimensi : $2700\text{ mm} \times 2700\text{ mm} \times 1500\text{ mm}$
 - Tebal Selimut Beton : 50 mm
 - Tulangan Susut : D36-200
- Tulangan Dowel : 12D43, perpanjangan 800 mm
 - Tulangan Spiral : D10-30
- c. *Mooring Dolphin*
- Tiang Pancang (Produk PT. Abadi Metal Utama)
 - Diameter : 323.8 mm
 - Tebal : 9 mm
 - *Pile Cap*
 - Dimensi : $1400\text{ mm} \times 1400\text{ mm} \times 1500\text{ mm}$
 - Tebal Selimut Beton : 50 mm
 - Tulangan Susut : D36-200
 - Tulangan Dowel : 8D32, perpanjangan 600 mm
 - Tulangan Spiral : D10-30
- d. *Trestle*
- Tiang Pancang (Produk PT. Abadi Metal Utama)
 - Diameter : 457.2 mm
 - Tebal : 15 mm
 - Balok Memanjang (Produk PT. Wijaya Karya Beton Tbk)
 - Tipe : PC I H-125
 - Balok Melintang
 - Dimensi : $4000\text{ mm} \times 650\text{ mm} \times 1300\text{ mm}$
 - Tebal Selimut Beton : 65 mm
 - Tulangan Lentur Bawah : 8D29
 - Tulangan Lentur Atas : 11D19
 - Tulangan Geser : D6-30
 - Tulangan Kulit : 5D6

- Pelat
 - Dimensi
: $2000\text{ mm} \times 2000\text{ mm} \times 150\text{ mm}$
 - Tebal Selimut Beton
: 50 mm
 - Tulangan Lentur Bawah x : D8-143
 - Tulangan Lentur Bawah y : D8-143
 - Tulangan Lentur Atas x : D8-143
 - Tulangan Lentur Atas y : D8-143
 - *Pile Cap*
 - Dimensi
: $1000\text{ mm} \times 1000\text{ mm} \times 1500\text{ mm}$
 - Tebal Selimut Beton
: 50 mm
 - Tulangan Susut : D13-26
 - Tulangan Dowel : 8D29, perpanjangan 300 mm
 - Tulangan Spiral : D10-30
- e. *Catwalk*
- Tiang Pancang (Produk PT. Abadi Metal Utama)
 - Diameter : 558.8 mm
 - Tebal : 16 mm
 - Balok (Produk PT. Wijaya Karya Beton Tbk)
 - Tipe : PC I H-125
 - Pelat
 - Dimensi
: $1000\text{ mm} \times 1000\text{ mm} \times 150\text{ mm}$
 - Tebal Selimut Beton
: 50 mm
 - Tulangan Lentur Bawah x : D8-143
 - Tulangan Lentur Bawah y : D8-143
 - Tulangan Lentur Atas x : D8-143
 - Tulangan Lentur Atas y : D8-143
3. Kedalaman rencana pemancangan pondasi tiang pancang untuk masing-masing struktur sesuai daya dukung yang dibutuhkan adalah sebagai berikut.
- Struktur *loading platform* dipancang hingga kedalaman 24.5 m dari dasar laut.
 - Struktur *breasting dolphin* dipancang hingga kedalaman 15.5 m dari dasar laut.
 - Struktur *mooring dolphin* dipancang hingga kedalaman 14 m dari dasar laut.
 - Struktur *trestle* dipancang hingga kedalaman 41 m dari dasar laut.
 - Struktur *catwalk* dipancang hingga kedalaman 18.5 m dari dasar laut.

SARAN

1. Selalu gunakan standar desain yang terbaru agar mendapat hasil yang sesuai.
2. Dalam pengerjaan balok prestressed sebaiknya dilakukan studi literatur lebih dalam karena metode ini merupakan hal yang baru.

DAFTAR PUSTAKA

Ajiwibowo, H. (2018). *Diktat Kuliah Perancangan Dermaga Pelabuhan*. Bandung.

- American Institute of Steel Construction (AISC). (2016). *ANSI/AISC 360-16, Specification for Structural Steel Buildings*. Chicago: AISC.
- American Society of Civil Engineer. (2016). *Minimum Design Load of Building and Other Structure*. Virginia: American Society of Civil Engineers.
- Badan Standardisasi Nasional. (2012). *SNI 1726:2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. (2012). *SNI 03-2847:2002 Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*. Bandung: BSN.
- British Standard. (2000). *BS 6349-1:2000 Maritime Structures Part 1: Code of Practice for General Criteria*. London: BSI.
- British Standard. (1988). *BS 6349-2:1998 Maritime Structures Part 2: Design of Quay Walls, Jetties, and Dolphins*. London: BSI.
- British Standard. (1988). *BS 6349-4:1994 Maritime Structures Part 4: Code of Practice for Design of Fendering and Mooring Systems*. London: BSI.
- Das, B. M. (2014). *Principles of Foundation Engineering Eight Edition*. Boston: Cengage Learning.
- International Navigation Association (PIANC). (2002). *Guidlines 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*.
- J.H. Menge. (2001). *Fentek Fendering Systems*. Hamburg: Fentek Marine Systems GmbH.
- Panitia Pembaharuan Peraturan Beton Bertulang Indonesia. (1979). *Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971*. Bandung: Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan.
- The Overseas Coastal Area Development Institute of Japan (OCDI). (2002). *Technical Standards and Commentaries for Ports and Harbour Facility in Japan*. Tokyo: Daikousha Printing.
- Thoresen, C.A. (2014). *Port Designer's Handbook 3rd Edition*. London: Institution of Civil Engineers (ICE) Publishing.
- Trelleborg AB. (2018). *Bollard Product Brochure*. Trelleborg: Trelleborg AB.
- Triatmodjo, B. (2009). *Perencanaan Pelabuhan*. Yogyakarta: Beta Offset Yogyakarta.
- US Army Corps of Engineer. (1984). *Shore Protection Manual*. Washington D.C.: US Army Corps of Engineer.
- Wight, J.K, & MacGregor, J. G. (2012). *Reinforced Concrete Mechanics and Design Sixth Edition*. New Jersey: Pearson Education, Inc.