

PERANCANGAN STRUKTUR ATAS DERMAGA *LIQUID BERTH 1* DENGAN KONSTRUKSI BETON PRACETAK PADA *MAGTYMGULY GAS RECYCLING* *DEVELOPMENT PROJECT* DI LAUT KASPIA

TUGAS AKHIR

Karya tulis sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana

Oleh

Kemal Pramayuda

NIM 15515058



Program Studi Teknik Kelautan

Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan

INSTITUT TEKNOLOGI BANDUNG

2019

Lembar Pengesahan

Tugas Akhir Sarjana

**PERANCANGAN STRUKTUR ATAS DERMAGA *LIQUID*
BERTH 1 DENGAN KONSTRUKSI BETON PRACETAK PADA
MAGTYMGULY GAS RECYCLING DEVELOPMENT PROJECT
DI LAUT KASPIA**

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, 1 Juli 2019
Penulis



Kemal Pramayuda
NIM 15515058



Bandung, 1 Juli 2019

Pembimbing

Sri Murti Adiyastuti, Ph.D
NIP 19620407 199512 2 001

Mengetahui:

Program Studi Teknik Kelautan
Ketua,

Andojo Wurjanto, Ph.D
NIP 1960330 198503 1 007

**PERANCANGAN STRUKTUR ATAS DERMAGA LIQUID BERTH 1 DENGAN
KONSTRUKSI BETON PRACETAK PADA MAGTYMGULY GAS RECYCLING
DEVELOPMENT PROJECT DI LAUT KASPIA**

*Upper Structure Design of Liquid Berth 1 with Precast Concrete in Magtymguly Gas Recycling
Development Project at Caspian Sea*

Kemal Pramayuda¹ dan Sri Murti Adiyastuti²

Program Studi Teknik Kelautan
Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan
Institut Teknologi Bandung
Jl. Ganesha 10 Bandung 40132

[1kemalpramayuda78@gmail.com](mailto:kemalpramayuda78@gmail.com) dan [2adiyastuti@ocean.itb.ac.id](mailto:adiyastuti@ocean.itb.ac.id)

Abstrak: Gas alam cair (*liquid natural gas*) merupakan energi alternatif yang menghasilkan pembakaran yang lebih bersih. Untuk memenuhi kebutuhan logistik LNG, diperlukan infrastruktur dermaga curah cair yang memadai. Salah satunya adalah *liquid berth 1* pada *Magtymguly Gas Recycling Development Project* di laut kaspia yang sudah dirancang sebelumnya. *Preliminary design* dari dermaga tersebut yang terdiri dari dimensi dermaga, beban horizontal dan beban vertikal yang terjadi akan ditinjau kembali dengan menggunakan kode desain *british standard*. Dimensi dan beban dermaga yang sudah ditinjau, akan dimodelkan dengan SAP2000 untuk mendapatkan desain yang telah optimum. Hasil dari pemodelan tersebut adalah nilai *UCR*, defleksi dan gaya dalam untuk elemen balok, pelat, dan *pile cap*. Nilai gaya dalam yang didapatkan akan digunakan untuk desain penulangan. Dermaga *liquid berth 1* akan didesain kembali dengan menggunakan beton pracetak karena banyaknya keuntungan dari beton pracetak. Untuk mendesain dengan menggunakan beton pracetak, terdapat tiga analisis yang digunakan. Analisis tersebut adalah analisis pada kondisi pengangkatan, instalasi dan tumpuan. Analisis pengangkatan akan mengecek kekuatan tulangan lentur pada saat diangkat dan kebutuhan angkur pengangkatan. Analisis instalasi akan mengecek kekuatan elemen struktur dalam menahan berat sendiri dan berat elemen struktur yang diterima. Analisis tumpuan akan mengecek kemungkinan terjadinya retak akibat geser pada bagian ujung tumpuan.

Kata Kunci: Dermaga, Curah Cair, Pemodelan, Penulangan, Beton Pracetak

Abstract: Liquid Natural Gas is an alternative energy that produced cleaner combustion. To fulfill the needs of LNG logistics, infrastructure like liquid berth is needed. One of them is Liquid Berth 1, that is located on Magtymguly Gas Recycling Development Project at the Caspian Sea, that has been designed before. Preliminary designs of the berth consist of dimensions, horizontal and vertical load that will be reviewed by using British Standard. The dimensions and loads that have been reviewed, must be optimal and thus it will be modelled using SAP2000. The results of the model are unity check ratio, displacement and internal forces for beam, slab, and pile cap. The value of internal forces will be used to design the reinforcement bar. Liquid berth 1 will be designed again by using precast concrete. There are many advantages that can be obtain by using precast concrete. Design using precast concrete needed 3 analyses that must be conducted. The analyses are lifting condition, installation condition, and support condition. Lifting analysis will check the strength of the reinforcement bar and the requirement of lifting anchor. Installation condition will check the strength of the element when maintaining self- weight and receiving another element. Support condition will check the possibility of shear failure at the supporting area.

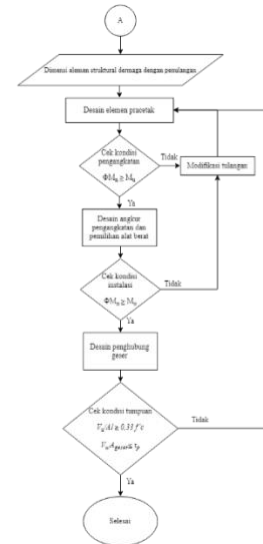
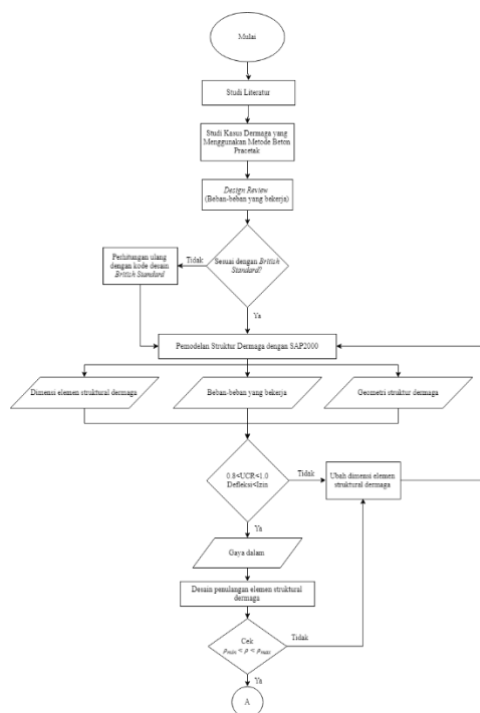
Keyword: Berth, Liquid Berth, Modelling, Reinforcement, Precast Concrete

PENDAHULUAN

Dibutuhkan macam-macam energi alternatif untuk menggantikan konsumsi bahan bakar fosil dunia. Salah satu contoh energi alternatif yang ada adalah gas alam cair. Gas Alam Cair – LNG – menghasilkan gas alam dengan pembakaran lebih bersih dari area produksi terpencil ke pasar berjarak jauh yang memerlukan tambahan pasokan impor. Fleksibilitas logistik LNG turut meningkatkan keamanan pasokan di seluruh dunia. Dua hal ini hanyalah dua dari sekian banyak pendorong yang menjadikan LNG sebagai salah satu pasar energi yang paling cepat tumbuh di seluruh dunia, dengan permintaan yang diperkirakan akan meningkat lebih dari dua kali lipat menjadi sekitar 480 juta ton per tahun (MTA) selama 20 tahun ke depan. Untuk melakukan proses bongkar muat LNG maka diperlukan dermaga dengan tipe *dolphin* seperti dermaga *liquid berth 1* pada *Magtymguly Gas Recycling Development Project* di laut kaspia.

TEORI DAN METODOLOGI

Metodologi dari pengerjaan tugas akhir ini dapat dilihat di Gambar 1.



Gambar 1 Metodologi pengerjaan tugas akhir

Dimensi umum dari sebuah dermaga adalah elevasi dermaga, kedalaman perairan, dan layout dermaga.

Beban horizontal dermaga terdiri dari beban *berthing*, *mooring*, gelombang, arus dan gempa. Beban *berthing* dan *mooring* yang sudah ada akan ditinjau kembali berdasarkan kode desain *british standard*. Beban *berthing* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (1)

$$E_N = 0.5 C_M M_D (V_B)^2 C_E C_S C_C \quad (1)$$

E : Energi *berthing* (kNm)

C_M : Koefisien massa hidrodinamik

M_D : Massa *displacement* kapal (ton)

V_B : Kecepatan kapal berlabuh (m/s)

C_E : Koefisien eksentrisitas

C_S : Koefisien *softness*

C_C : Koefisien konfigurasi *berthing*

Beban *mooring* akibat angin dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2).

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

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

F_{TW} : Gaya angin transversal (kN)

F_{LW} : Gaya angin longitudinal (kN)

C_{TW} : Koefisien angin transversal

C_{LW} : Koefisien angin longitudinal

ρ_A : Massa jenis angin (kg/m³)

A_L : Area proyeksi kapal (m²)

V_W : Kecepatan angin desain (m/s)

Beban *mooring* akibat arus dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (3).

$$F_{TC} = C_{TC} C_{CT} \rho L_{BP} d_m V_C^2 \times 10^{-4} \quad (3)$$

$$F_{LC} = C_{LC} C_{CL} \rho L_{BP} d_m V_C^2 \times 10^{-4}$$

- F_{TC} : Gaya arus transversal (kN)
 F_{LC} : Gaya angin longitudinal (kN)
 C_{TC} : Koefisien arus transversal
 C_{LC} : Koefisien arus longitudinal
 C_{CT} : Koreksi kedalaman transversal
 C_{CL} : Koreksi kedalaman longitudinal
 ρ : Massa jenis air laut (kg/m^3)
 L_{BP} : Panjang garis air kapal (m)
 d_m : Draft rata-rata kapal (m)
 V_C : Kecepatan arus (m/s)

Beban vertikal dermaga terdiri dari beban mati, mati *superimposed*, hidup, manusia dan salju.

Penulangan elemen struktur dermaga dilakukan untuk elemen balok, pelat, dan *pile cap*. Penulangan elemen struktur terdiri dari penulangan lentur dan geser. Prinsip dari tulangan lentur ditunjukkan di persamaan (4).

$$\phi M_n \geq M_u \quad (4)$$

- ϕ : Faktor reduksi
 M_n : Momen nominal (kN)
 M_u : Momen ultimit (kN)

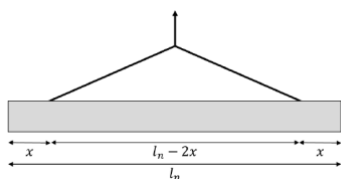
Prinsip dari tulangan geser ditunjukkan di persamaan (5).

$$\phi V_n \geq V_u \quad (5)$$

- ϕ : Faktor reduksi
 V_n : Kuat geser nominal (kN)
 V_u : Gaya geser ultimit (kN)

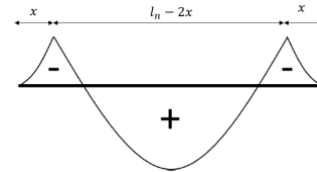
Perancangan struktur atas dermaga dengan beton pracetak dimulai dari penentuan dimensi beton pracetak. Dimensi elemen beton pracetak harus didesain agar tidak gagal pada saat kondisi pengangkatan (*lifting*) maupun instalasi termasuk saat proses pengecoran sehingga menjadi struktur yang monolit. Selain itu, kondisi tumpuan juga harus dicek karena adanya kemungkinan retak akibat geser di tumpuan.

Pada kondisi pengangkatan (*lifting*) beban yang bekerja adalah berat sendiri elemen beton pracetak yang ditumpu oleh angkur pengangkatan. Elemen balok pracetak diangkat pada 2 titik dengan menggunakan *crane*, seperti yang ditunjukkan di Gambar 2.



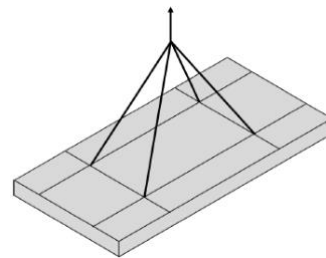
Gambar 2 Ilustrasi titik pengangkatan balok pracetak

Momen yang terjadi pada balok pracetak saat kondisi pengangkatan ditunjukkan di Gambar 3.



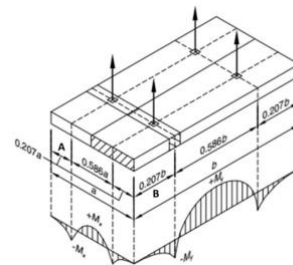
Gambar 3 Momen pada balok pracetak saat kondisi pengangkatan

Pada kondisi pengangkatan (*lifting*) beban yang bekerja adalah berat sendiri elemen beton pracetak yang diangkat pada 4 titik dengan menggunakan *crane*, seperti yang ditunjukkan di Gambar 4 Ilustrasi titik pengangkatan pelat pracetak



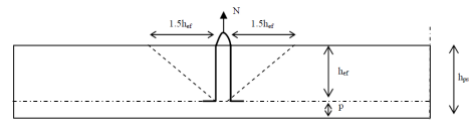
Gambar 4 Ilustrasi titik pengangkatan pelat pracetak

Momen yang terjadi pada balok pracetak saat kondisi pengangkatan ditunjukkan di Gambar 5.



Gambar 5 Momen pada pelat pracetak saat kondisi pengangkatan

Angkur pengangkatan (*lifting anchor*) merupakan baja tulangan yang ditanam pada elemen beton pracetak sebagai lokasi kaitan pada saat kondisi pengangkatan, seperti yang ditunjukkan di Gambar 6. Tulangan angkat ini harus dianalisis kekuatannya saat pengangkatan serta kedalaman tulangan yang harus ditanam.



Gambar 6 Pengangkuran beton pracetak

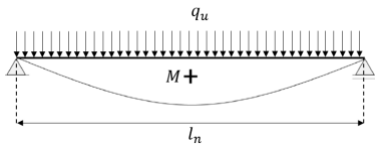
Kekuatan tulangan baja angkat satuan (*single anchor*) (N_{sa}) harus lebih besar dari gaya tarik yang

bekerja pada tulangan angkat (N_n). Kondisi ini dapat dilihat di persamaan (6).

$$N_n \leq N_{sa} \quad (6)$$

Pada kondisi instalasi, beban-beban yang bekerja adalah berat sendiri elemen beton pracetak, beban elemen beton pracetak yang ditumpu diatasnya, dan beban beton segar untuk pelat cor ditempat. Dalam kondisi ini elemen beton pracetak ditinjau terhadap kekuatan lentur dan kebutuhan penghubung geser akibat beban-beban yang berkerja.

Pada saat terpasang, balok pracetak akan menahan beban sendiri, beban pelat pracetak yang ditumpu diatasnya dan beban beton segar saat pengecoran. Dalam kondisi instalasi hanya terjadi momen positif dan momen yang terjadi pada balok pracetak saat instalasi terlihat pada Gambar 7.



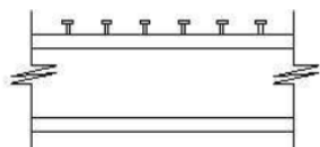
Gambar 7 Diagram momen pada balok pracetak saat kondisi instalasi

Pada kondisi instalasi, pelat dianalisis dengan tumpuan terletak bebas karena sambungan pada pelat belum monolit dan dapat diasumsikan diletakkan begitu saja di atas balok atau antara pelat dan balok tidak dicor bersama-sama, sehingga pelat dapat berotasi bebas pada tumpuan tersebut, seperti yang ditunjukkan di Gambar 8.



Gambar 8 Ilustrasi tumpuan terletak bebas

Penghubung geser atau *shear connection* digunakan untuk menahan geser yang terjadi antara bidang pertemuan pelat pracetak bagian atas dengan bagian pelat yang di cor di tempat. Gaya geser horisontal yang timbul antara pelat pracetak dan pelat cor ditempat selama pembebanan harus ditahan agar penampang komposit bekerja secara monolit untuk menjamin adanya lekatan antara dua komponen tersebut. Ilustrasi dari penghubung geser jenis paku ditunjukkan di Gambar 9.



Gambar 9 Ilustrasi penghubung geser jenis paku

Jumlah penghubung geser yang dibutuhkan dihitung dengan persamaan (7).

$$n = \frac{V_h}{Q_n} \quad (7)$$

n : Jumlah penghubung geser yang dibutuhkan

V_h : Gaya geser akibat komposit (N)

Q_n : Kuat nominal geser untuk satu penghubung geser (N)

Pada saat balok atau pelat pracetak diletakkan pada tumpuan ada kemungkinan terjadinya retak akibat geser pada bagian ujung tumpuannya. Tumpuan elemen pracetak ditinjau terhadap kekuatan nominal tumpuan. Besarnya gaya reaksi pada tumpuan harus lebih kecil daripada kekuatan nominal tumpuan seperti yang ditunjukkan di persamaan (8).

$$V_u \leq B_n = f_c A_l \quad (8)$$

V_u : Gaya reaksi di tumpuan (N)

B_n : Kuat nominal tumpuan (N)

f_c : Tegangan izin beton = $0.33 f'_c$ (MPa)

A_l : Luas tumpuan (mm^2)

Terdapat dua hal yang ditinjau dalam analisis tumpuan, yakni tegangan tumpu dan tegangan geser pada tumpuan.

HASIL DAN ANALISIS

A. DATA SEKUNDER

Data sekunder yang digunakan terdiri dari data lingkungan, karakteristik kapal, dan operasional.

a. Data Lingkungan

Data lingkungan yang digunakan ditunjukkan di Tabel 1.

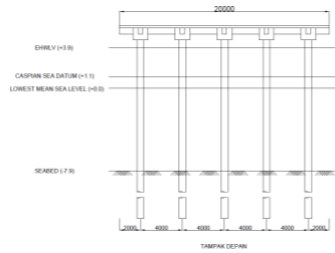
Tabel 1 Data lingkungan

No	Parameter	Nilai
1	Kecepatan angin maksimum	19.57 m/s dari barat laut
2	Elevasi muka air	
	Astronomical Tide	0.10 m
	Storm Surge (1-year RP)	0.80 m
	Storm Surge (100-year RP)	1.00 m
	Normal Seasonal Variation of Water Depth	0.30 m
	Extreme Low Water Level Variation	(-) 1.00 m CSD
	Extreme High Water Level Variation	(+) 2.80 m CSD
	Highest Mean Sea Level	(+) 2.60 m CSD
	Present Mean Sea Level	(+) 1.00 CSD
	Lowest Mean Sea Level	(-) 1.10 m CSD
	Kecepatan arus maksimum	0.03 m/s

b. Data Karakteristik Kapal

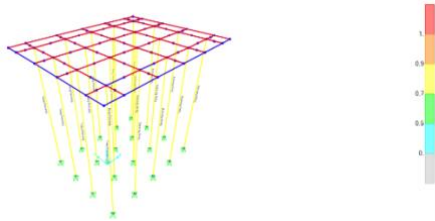
Data karakteristik kapal *Koroglu* yang memiliki panjang 149.9 m dan 13470 DWT.

c. Data Operasional



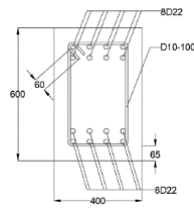
Gambar 14 Tampak depan *loading platform*

Output nilai UCR di *loading platform* ditunjukkan di Gambar 15.

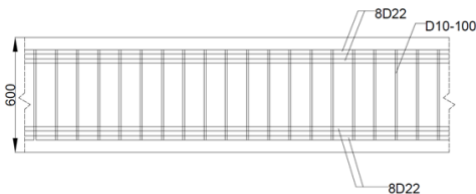


Gambar 15 UCR di *loading platform*

Detail tulangan balok di *loading platform* ditunjukkan di Gambar 16 dan Gambar 17.

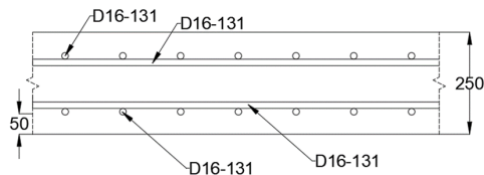


Gambar 16 Detail tulangan balok di *loading platform*

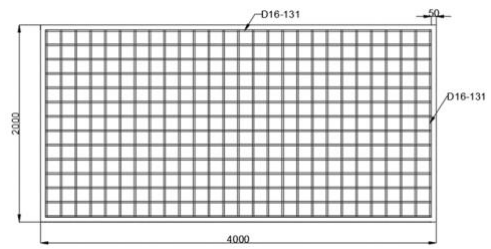


Gambar 17 Detail tulangan balok di *loading platform* tampak samping

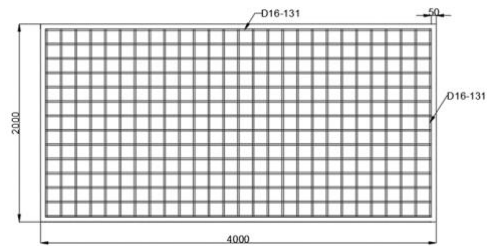
Detail tulangan pelat di *loading platform* ditunjukkan di Gambar 18, Gambar 19, dan Gambar 20.



Gambar 18 Detail tulangan pelat di *loading platform* arah memanjang (sumbu x)

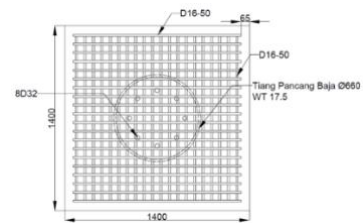


Gambar 19 Detail tulangan pelat di *loading platform* bagian atas

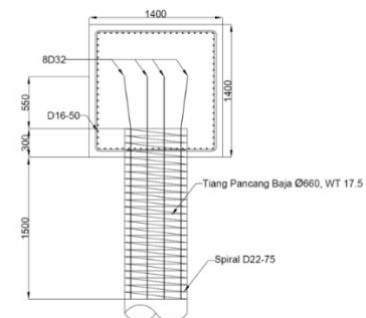


Gambar 20 Detail tulangan pelat di *loading platform* bagian bawah

Detail tulangan *pile cap* di *loading platform* ditunjukkan di Gambar 21 dan Gambar 22.

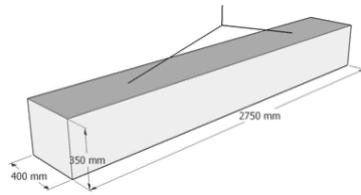


Gambar 21 Detail tulangan *pile cap* di *loading platform* tampak atas

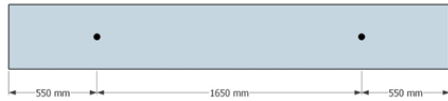


Gambar 22 Detail tulangan *pile cap* di *loading platform* potongan melintang

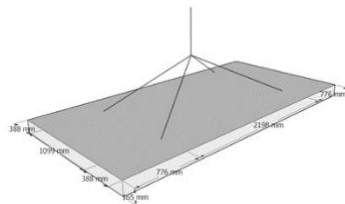
Lokasi titik pengangkatan pelat pracetak di *loading platform* ditunjukkan di Gambar 25 dan Gambar 26. Detail tulangan pelat pracetak di *loading platform* ditunjukkan di Gambar 29



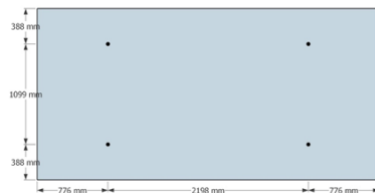
Gambar 23 Lokasi titik pengangkatan balok pracetak di *loading platform* tampak isometri



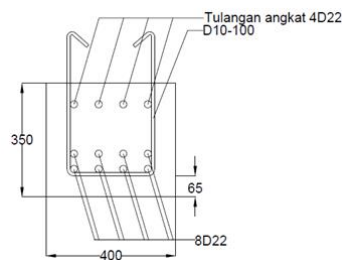
Gambar 24 Lokasi titik pengangkatan balok pracetak di *loading platform* tampak atas



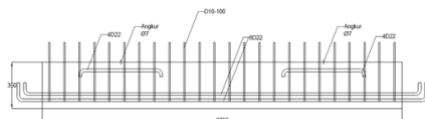
Gambar 25 Lokasi titik pengangkatan pelat pracetak di *loading platform* tampak isometri



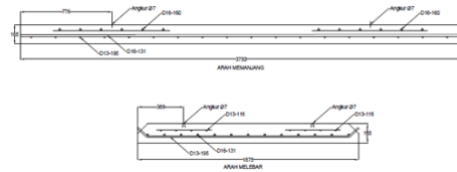
Gambar 26 Lokasi titik pengangkatan pelat pracetak di *loading platform* tampak atas



Gambar 27 Detail tulangan balok pracetak di *loading platform*



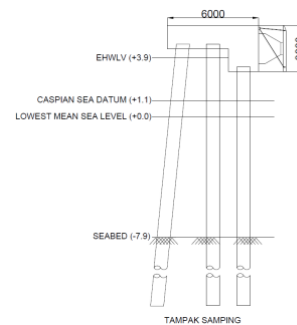
Gambar 28 Detail tulangan balok pracetak di *loading platform* tampak samping



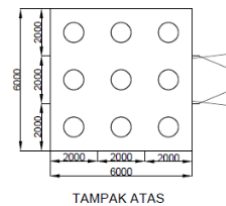
Gambar 29 Detail tulangan pelat pracetak di *loading platform*

E. BREASTING DOLPHIN

Tampak samping dan atas dari *breasting dolphin* ditunjukkan di Gambar 30 dan Gambar 31.

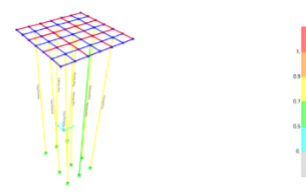


Gambar 30 Tampak samping *breasting dolphin*



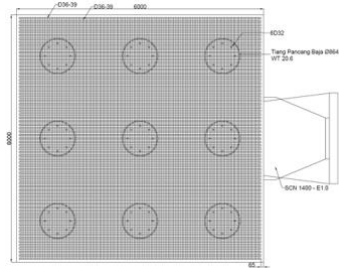
Gambar 31 Tampak atas *breasting dolphin*

Output nilai UCR di *breasting dolphin* ditunjukkan di Gambar 32

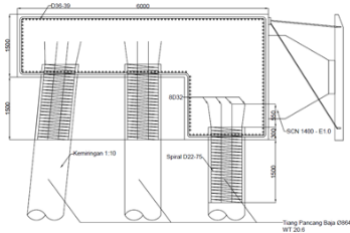


Gambar 32 UCR di *breasting dolphin*

Detail tulangan *pile cap* di *breasting dolphin* ditunjukkan di Gambar 33 dan Gambar 34.



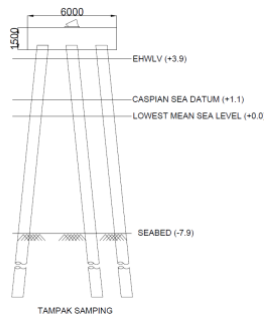
Gambar 33 Detail tulangan *pile cap* di *breasting dolphin* tampak atas



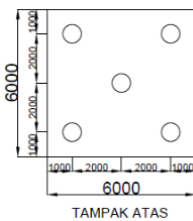
Gambar 34 Detail tulangan *pile cap* di *breasting dolphin* potongan melintang

F. MOORING DOLPHIN

Tampak samping dan atas dari *mooring dolphin* ditunjukkan di Gambar 35 dan Gambar 36.

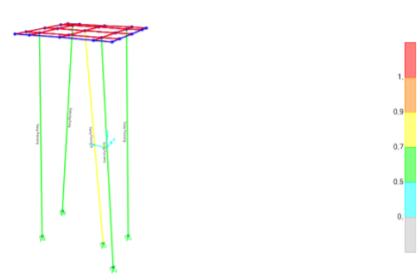


Gambar 35 Tampak samping *mooring dolphin*

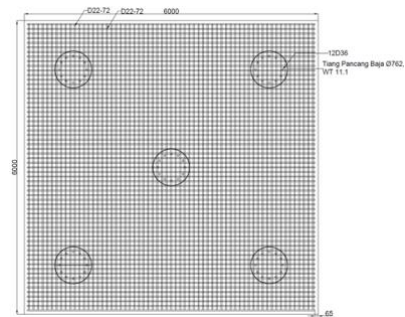


Gambar 36 Tampak atas *mooring dolphin*

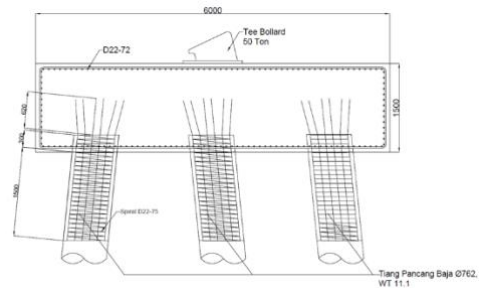
Output nilai UCR di *mooring dolphin* ditunjukkan di Gambar 37.



Gambar 37 UCR di *mooring dolphin*



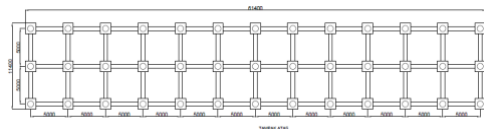
Gambar 38 Detail tulangan *pile cap* di *mooring dolphin*



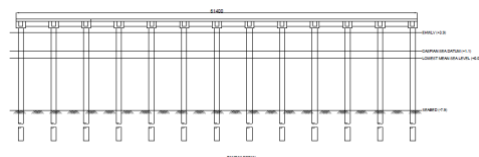
Gambar 39 Detail tulangan *pile cap* di *mooring dolphin*

G. TRESTLE

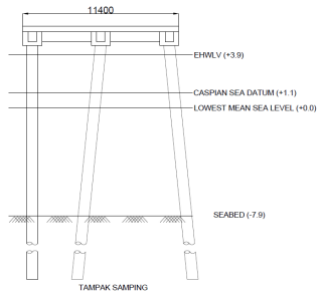
Tampak atas, depan dan samping dari *trestle* ditunjukkan di Gambar 40, Gambar 41, dan Gambar 42.



Gambar 40 Tampak atas *trestle*

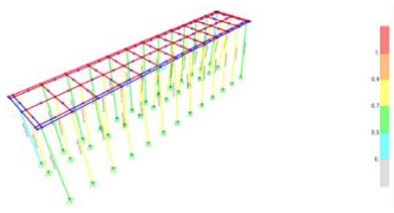


Gambar 41 Tampak depan *trestle*



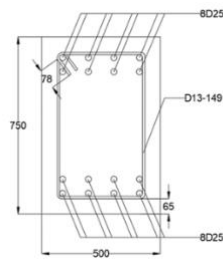
Gambar 42 Tampak samping *trestle*

Output nilai UCR di *trestle* ditunjukkan di Gambar 43.

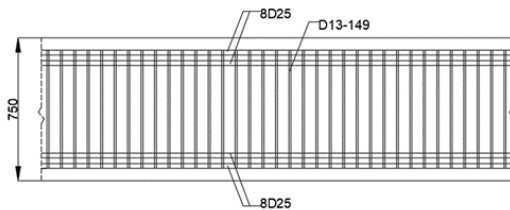


Gambar 43 UCR di *trestle*

Detail tulangan balok di *trestle* ditunjukkan di Gambar 44 dan Gambar 45.

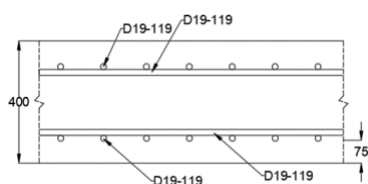


Gambar 44 Detail tulangan balok di *trestle*

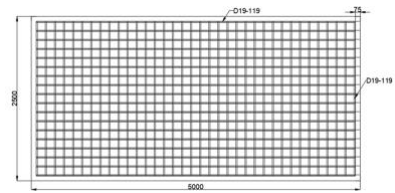


Gambar 45 Detail tulangan balok di *trestle* tampak samping

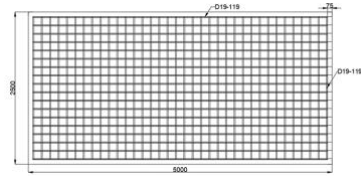
Detail tulangan pelat di *trestle* ditunjukkan di Gambar 46, Gambar 47, dan Gambar 48.



Gambar 46 Detail tulangan pelat di *trestle* arah memanjang (sumbu x)

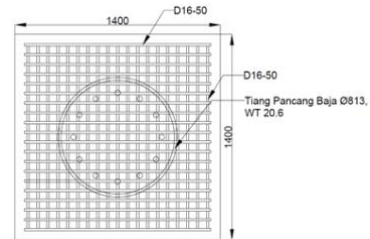


Gambar 47 Detail tulangan potongan pelat di *trestle* bagian atas

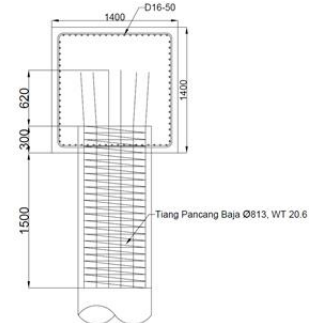


Gambar 48 Detail tulangan potongan pelat di *trestle* bagian bawah

Detail tulangan *pile cap* di *trestle* ditunjukkan di Gambar 49 dan Gambar 50.

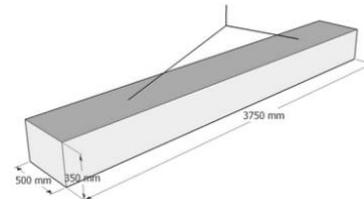


Gambar 49 Detail tulangan *pile cap* di *trestle*

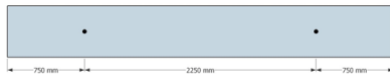


Gambar 50 Detail tulangan *pile cap* di *trestle*

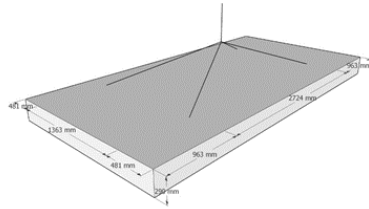
Lokasi titik pengangkatan pelat pracetak ditunjukkan di Gambar 53 dan Gambar 54. Detail tulangan pelat pracetak di *trestle* ditunjukkan di Gambar 57.



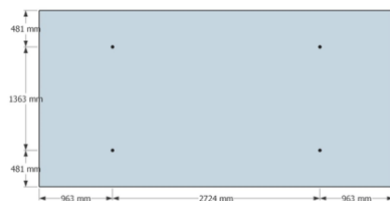
Gambar 51 Lokasi titik pengangkatan balok pracetak di *trestle* tampak isometri



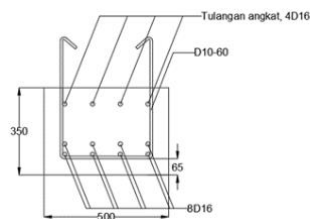
Gambar 52 Lokasi titik pengangkatan balok pracetak di *trestle* tampak atas



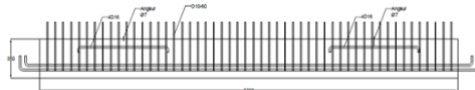
Gambar 53 Lokasi titik pengangkatan pelat pracetak di *trestle* tampak isometri



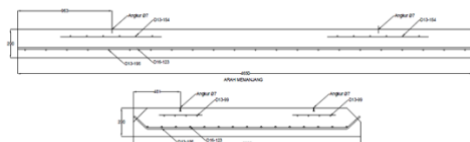
Gambar 54 Lokasi titik pengangkatan pelat pracetak di *trestle* tampak atas



Gambar 55 Detail tulangan balok pracetak di *trestle*



Gambar 56 Detail tulangan balok pracetak di *trestle*



Gambar 57 Detail tulangan pelat pracetak di *trestle*

SIMPULAN DAN SARAN

A. SIMPULAN

Perancangan struktur atas dermaga pada tugas akhir ini menghasilkan kesimpulan sebagai berikut.

1. Dermaga curah cair ini memiliki 4 struktur utama yang terdiri dari *loading*

platform, *breasting dolphin*, *mooring dolphin*, dan *trestle*.

2. Elemen struktural dermaga yang digunakan di bagian *loading platform* adalah sebagai berikut.

- a. Dimensi *loading platform*: 20 m × 16 m
- b. Tiang pancang: OD 660 mm, WT 17.5 mm
- c. Balok
 - Tinggi × lebar × panjang: 600 × 400 × 4000 mm
 - Tulangan lentur sisi bawah: 8D22, spasi 54 mm
 - Tulangan lentur sisi atas: 8D22, spasi 54 mm
 - Tulangan Sengkang: D10-100

- d. Pelat
 - Tebal: 250 mm
 - Tulangan lentur sisi atas arah x: D16-131
 - Tulangan lentur sisi bawah arah x: D16-131
 - Tulangan lentur sisi atas arah y: D16-131
 - Tulangan lentur sisi bawah arah y: D16-131

- e. *Pile Cap*
 - Dimensi: 1400 × 1400 × 1400 mm
 - Tulangan arah x: D16-50
 - Tulangan arah y: D16-50
 - Tulangan *dowel*: 8D32
 - Tulangan spiral: D22-75

3. Elemen struktural dermaga yang digunakan di bagian *breasting dolphin* adalah sebagai berikut.

- a. Dimensi *breasting dolphin*: 6000 × 6000 mm
- b. Tiang pancang: OD 864 mm, WT 20.6 mm
- c. *Pile Cap Fender*
 - Dimensi: 3000 × 2000 × 6000 mm
 - Tulangan arah x: D36-39
 - Tulangan arah y: D36-39
 - Tulangan *dowel*: 8D32
 - Tulangan spiral: D22-75

- d. *Pile Cap Non-fender*
 - Dimensi: 1500 × 4000 × 6000 mm
 - Tulangan arah x: D36-39
 - Tulangan arah y: D36-39
 - Tulangan *dowel*: 8D32
 - Tulangan spiral: D22-75

4. Elemen struktural dermaga yang digunakan di bagian *mooring dolphin* adalah sebagai berikut.

- a. Dimensi *breasting dolphin*: 6000 × 6000 mm

- b. Tiang pancang: OD 762 mm, WT 11.1 mm
 - c. *Pile Cap*
 - Dimensi: 1500 × 6000 × 6000 mm
 - Tulangan arah x : D22-72
 - Tulangan arah y : D22-72
 - Tulangan *dowel* : 12D36
 - Tulangan spiral : D22-75
5. Elemen struktural dermaga yang digunakan di bagian *trestle* adalah sebagai berikut.
- a. Dimensi *breasting dolphin*: 305 × 11 m, dibagi 5 segmen
 - b. Tiang pancang: OD 813 mm, WT 20.6 mm
 - c. Balok
 - Tinggi × lebar × panjang: 750 × 500 × 5000 mm
 - Tulangan lentur sisi bawah: 8D25, spasi 81 mm
 - Tulangan lentur sisi atas: 8D25, spasi 81 mm
 - Tulangan sengkang: D13-149
 - d. Pelat
 - Tebal : 400 mm
 - Tulangan lentur sisi atas arah x : D19-119
 - Tulangan lentur sisi bawah arah x: D19-119
 - Tulangan lentur sisi atas arah y: D19-119
 - Tulangan lentur sisi bawah arah y: D19-119
 - e. *Pile cap*
 - Dimensi: 1400 × 1400 × 1400 mm
 - Tulangan arah x : D16-50
 - Tulangan arah y : D16-50
 - Tulangan *dowel* : 12D36
 - Tulangan spiral : D22-75
6. Elemen beton pracetak yang digunakan di bagian *loading platform* adalah sebagai berikut.
- a. Balok pracetak
 - Tinggi × lebar × panjang: 350 × 400 × 2750 mm
 - Tulangan lentur sisi bawah: 8D22, spasi 54 mm
 - Tulangan sengkang: D10-100
 - Tulangan angkat sisi atas: 4D22, spasi 54 mm
 - Angkur pengangkatan: 2D40, kedalaman 40 mm
 - b. Pelat pracetak
 - Tebal × lebar × panjang : 165 × 1875 × 3750
- Tulangan lentur sisi bawah arah x: D16-131
 - Tulangan lentur sisi bawah arah y: D16-131
 - Tulangan angkat sisi atas arah x: D16-160
 - Tulangan angkat sisi atas arah y: D16-112
 - Angkur pengangkatan: 4D40, kedalaman 40 mm
 - Penghubung geser arah x : 34D16, spasi 110 mm
 - Penghubung geser arah y: 17D16, spasi 110 mm
7. Elemen beton pracetak yang digunakan di bagian *trestle* adalah sebagai berikut.
- a. Balok pracetak
 - Tinggi × lebar × panjang : 350 × 500 × 3750 mm
 - Tulangan lentur sisi bawah: 8D25, spasi 81 mm
 - Tulangan sengkang : D13-149
 - Tulangan angkat sisi atas : 4D25, spasi 81 mm
 - Angkur pengangkatan: 2D40, kedalaman 40 mm
 - b. Pelat pracetak
 - Tebal × lebar × panjang : 290 × 2325 × 4650
 - Tulangan lentur sisi bawah arah x: D19-119
 - Tulangan lentur sisi bawah arah y: D19-119
 - Tulangan angkat sisi atas arah x: D19-147
 - Tulangan angkat sisi atas arah y: D19-91
 - Angkur pengangkatan: 4D40, kedalaman 40 mm
 - Penghubung geser arah x : 23D16, spasi 202 mm
 - Penghubung geser arah y : 12D16, spasi 194 mm
8. Elemen beton pracetak akan diangkat dengan menggunakan *crane barge* tipe *Damen Crane Barge 6234*, dengan spesifikasi sebagai berikut.
- *Length (meter)*: 63
 - *Deadweight (tonnes)*: 1720
 - *Beam (m)*: 23.5
 - *Depth (m)*: 4.5
 - *Crane Capacity (ton)*: 45

B. SARAN

Saran dari perancangan struktur atas dermaga di tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Penggunaan tiang pancang miring sebaiknya dihindari agar mempermudah proses konstruksi.

2. Detail penulangan yang sudah didesain, sebaiknya juga dipertimbangkan proses pemasangannya.
3. Detail penulangan yang sudah didesain, sebaiknya dianalisis kembali dengan menggunakan *software* SAP2000.
4. Perlu analisis lebih lanjut mengenai keluaran gaya dalam pelat dua arah dari *software* SAP2000 untuk analisis pelat satu arah yang digunakan pada pelat pracetak.

REFERENSI

- Badan Standardisasi Nasional. 2016. *SNI 1725:2016 Pembebanan untuk Jembatan*. Jakarta: BSN.
- . 2013. *SNI 2847:2013 Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: BSN.
- Fentek Marine System GmbH. 2010. "*Fentek Marine Fendering System*." Rigmarine.
- Imran, Iswandi dan Ediansjah Zulkifli. 2014. *Perencanaan Dasar Struktur Beton Bertulang*. Bandung: Penerbit ITB.
- Institute, Precast/Prestressed Concrete. 2010. *PCI Design handbook 7th Edition*.
- Nasional, Badan Standardisasi. 2012. *SNI 7833:2012 Tata Cara Perancangan Beton Pracetak dan Prategang untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: BSN.
- Panitia Pembaharuan Peraturan Beton Bertulang 1971. 1971. *Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971*. Bandung: Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik.
- Thoresen, Carl A. 2014. *Port Designers Handbook*. London: ICE Publishing.
- Triatmodjo, Bambang. 2010. *Perencanaan Pelabuhan*. Yogyakarta: Beta Offset.
- US Army Corps of Engineer. 1984. *Shore Protection Manual*. Washington D.C.: US Army Corps of Engineer.
- Wight, James K. dan James G. MacGregor. 2012. *Reinforced Concrete Mechanics and Design*. New Jersey: Pearson Education, Inc.