

# DESAIN STRUKTUR DERMAGA CURAH CAIR PADA TERMINAL BAHAN BAKAR MINYAK (TBBM) CAMPLONG, JAWA TIMUR

---

## *STRUCTURAL DESIGN LIQUID BULK DOCK IN CAMPLONG FUEL OIL TERMINAL, EAST JAVA*

**Akmal Pandya Luhur<sup>1</sup> dan Rildova<sup>2</sup>**

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

<sup>1</sup>[akmalpandyaaa@gmail.com](mailto:akmalpandyaaa@gmail.com) dan <sup>2</sup>[rildova@ocean.itb.ac.id](mailto:rildova@ocean.itb.ac.id)

**Abstrak:** Dalam upaya memenuhi pasokan dan meningkatkan efektifitas pendistribusian BBM ke wilayah Madura dan Jawa Timur yang sebelumnya menggunakan *Single Point Mooring* (SPM), maka diperlukan opsi lainnya yaitu desain fasilitas dermaga curah cair yang berlokasi di Terminal Bahan Bakar Minyak (TBBM) Camplong, Jawa Timur. Dermaga ini dirancang untuk mampu menerima kapal tanker "MT Kurau" berkapasitas 6500 DWT.

Tugas Akhir ini membahas desain struktur dermaga curah cair tipe *dolphin* yang terdiri atas *loading platform*, *breasting dolphin*, *mooring dolphin*, dan *trestle* dengan elemen structural yang terdiri dari balok, pelat, *pile cap*, dan tiang pancang. Desain awal atau *preliminary design* menghasilkan dimensi dermaga dan elemen structural 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 structural 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.

Dermaga hasil perancangan memiliki panjang 15 m dan lebar 10 m untuk struktur *loading platform*, panjang 912 m dengan lebar 6 m untuk struktur *trestle*, panjang dan lebar 3,5 m untuk *breasting dolphin*, panjang dan lebar 3 m untuk *mooring dolphin*, dan panjang 40 m dan lebar 1,2 m untuk *catwalk*. Kelima struktur memiliki elevasi lantai yang sama yaitu +5,2 m dari LWS. Berdasarkan desain struktur optimum, digunakan tiang pancang berdiameter 609,6 mm dengan ketebalan 11,13 mm pada struktur *loading platform*, tiang pancang berdiameter 508 mm dengan ketebalan 12 mm pada struktur *trestle*, tiang pancang berdiameter 711,2 mm dengan ketebalan 14 mm pada struktur *breasting dolphin*, tiang pancang berdiameter 609,6 mm dengan ketebalan 16 mm pada struktur *mooring dolphin*, dan tiang pancang berdiameter 355,6 mm dengan ketebalan 12 mm pada struktur *catwalk*. Pada struktur *loading platform*, tiang pancang perlu dipancang hingga

kedalaman 14,58 m di bawah dasar laut, pada struktur *trestle*, tiang pancang perlu dipancang hingga kedalaman 6,12 m di bawah dasar laut, pada struktur *breasting dolphin*, tiang pancang perlu dipancang hingga kedalaman 10,77 m di bawah dasar laut, pada struktur *mooring dolphin*, tiang pancang perlu dipancang hingga kedalaman 7,16 m di bawah dasar laut, dan pada struktur *catwalk*, tiang pancang perlu dipancang hingga kedalaman 7,55 m di bawah dasar laut.

Hasil dari Tugas Akhir ini berupa dimensi struktur dermaga dan elemen struktur dermaga, fasilitas berlabuh dan bertambat kapal, detail penulangan elemen struktur dermaga, serta kedalaman pemancangan tiang pancang.

**Kata Kunci:** *Desain, Dermaga Dolphin, Struktur, TBBM*

**Abstract:** *In an attempt to meet the supply and increase the effectiveness of the distribution of fuel to the Madura and East Java regions which previously used Single Point Mooring (SPM), another option is needed, namely the design of a bulk dock facility located at the Camplong Fuel Oil Terminal (TBBM), East Java. This wharf is designed to be able to receive the tanker "MT Kurau" with a capacity of 6500 DWT.*

*This final project discusses the design of the dolphin type liquid bulk dock consisting of a loading platform, breasting dolphin, mooring dolphin, and trestle with structural elements consisting of beams, plates, pile caps, and piles. The initial design or initial design produces the dimensions of the pier and the structural elements of the pier based on the dominant loading on the pier. The dock structure is then modeled using structural software and optimization or changes to the dock structure are carried out to obtain UCR and deflection values that meet the design criteria used. The output of the structural modeling after obtaining the optimum design is the forces in the concrete elements and the bearing reaction of the pier structure. The internal style is used in the next stage, namely the design of the reinforcement of the pier structural elements. Furthermore, the required pile depth calculation for each structure is carried out based on the laying reaction obtained from the structural model and soil condition data at the dock location.*

*The designed wharf has a length of 15 m and a width of 10 m for the loading platform structure, 912 m long and 6 m wide for the trestle structure, 3,5 m long and wide for the breasting dolphin, 3 m long and wide for the mooring dolphin, and 40 meters long, m and 1,2 m wide for the catwalk. The five structures have the same floor elevation which is +5,2 m from LWS. Based on the optimum structural design, used piles with a diameter of 609,6 mm with a thickness of 11.13 mm on the loading platform structure, piles with a diameter of 508 mm with a thickness of 12 mm on the trestle structure, piles with a diameter of 711,2 mm with a thickness of 14 mm on the structure. breasting dolphin, piles with a diameter of 609,6 mm with a thickness of 16 mm on the mooring dolphin structure, and piles with a diameter of 355,6 mm with a thickness of 12 mm on the catwalk structure. In the loading platform structure, the piles need to be driven to a depth of 14,58 m below the seabed, in the trestle structure, the piles need to be driven to a depth of 6,12 m below the seabed, in the breasting dolphin structure, the piles need to be driven to a depth of 10,77 m below the seabed, on the mooring dolphin*

structure, the piles need to be driven to a depth of 7,16 m below the seabed, and on the catwalk structure, the piles need to be driven to a depth of 7,55 m below the seabed.

The results of this final project are the dimensions of the pier structure and pier structural elements, facilities for berthing and mooring of ships, details of reinforcement for pier structural elements, and the depth of pile driving.

**Keywords:** Design, Dolphin Dock, Structure, TBBM

## **1. PENDAHULUAN**

### **1.1. LATAR BELAKANG**

Indonesia merupakan salah satu negara kepulauan terbesar di dunia. Indonesia membutuhkan suplai komoditas-komoditas. salah satu komoditas yang dibutuhkan oleh masyarakat Indonesia adalah Bahan Bakar Minyak (BBM). BBM memiliki tingkat konsumsi yang tinggi karena kendaraan angkutan jalan yang umumnya digunakan masyarakat sebagian besar masih menggunakan BBM.

Dengan kondisi geografis Indonesia sebagai negara kepulauan, kegiatan pelayaran sangat penting sebagai media distribusi antar pulau. Pendistribusi melalui jalur transportasi laut ini dapat menjangkau pulau-pulau kecil maupun pulau yang memerlukan pasokan bahan bakar minyak, salah satunya adalah wilayah Madura dan Jawa Timur.

Sehingga, untuk memenuhi pasokan dan meningkatkan efektifitas pendistribusian BBM ke wilayah Madura dan Jawa Timur yang sebelumnya menggunakan *Single Point Mooring* (SPM), maka diperlukan fasilitas dermaga curah cair yang berlokasi di Terminal Bahan Bakar Minyak (TBBM) Camplong, Jawa Timur. Dermaga ini dirancang untuk mampu menerima kapal tanker "MT Kurau" berkapasitas 6500 DWT yang membawa BBM dari luar wilayah Jawa Timur.

### **1.2. TUJUAN**

Tujuan dari Tugas Akhir ini adalah mendesain struktur dermaga curah cair di Terminal Bahan Bakar Minyak (TBBM) Camplong, Jawa Timur dengan rincian sebagai berikut :

1. Menentukan dimensi dermaga dan dimensi elemen struktur dermaga.
2. Menganalisis kekuatan struktur dermaga terhadap gaya yang bekerja pada struktur dermaga tersebut.
3. Menentukan dimensi tulangan pada elemen struktur dermaga.
4. Melakukan analisis daya dukung tanah.

### **1.3. LOKASI PROYEK**

Lokasi rencana Dermaga Curah Cair milik PT. Pertamina ini terletak di Kelurahan Tamba'an, Kecamatan Camplong, Kabupaten Sampang, Jawa Timur, Indonesia. Terminal Bahan Bakar Minyak (TBBM) Camplong berada pada koordinat 7°13'02.02" LS dan 113°19'00.29" BT, ditunjukkan pada Gambar 1.

### **1.4. METODOLOGI**

Perancangan Dermaga Curah Cair di TBBM Camplong, Jawa Timur dilakukan dengan mengumpulkan data-data sekunder dan kriteria



Gambar 1 Peta Terminal Bahan Bakar Minyak Camplong, Jawa Timur

(Sumber : Google Earth Pro diakses pada 3 April 2021)

desain terlebih dahulu yang terdiri dari data lingkungan (pasang surut, angin, gelombang, dan data tanah), data kapal rencana yang akan dilayani, alat operasional serta material yang digunakan pada struktur dermaga dan *trestle*.

Selanjutnya dilakukan perhitungan gaya-gaya yang bekerja dan desain elemen struktural dermaga dan *trestle*. 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 *berthing*, beban *mooring*, beban mati struktur dan fasilitas tambahan, beban hidup (manusia dan kendaraan), serta beban lingkungan (gaya gelombang, gaya arus, dan gaya gempa).

Diagram alir pengerjaan Tugas Akhir ditunjukkan pada Gambar 2.

## 2. TEORI DASAR

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

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

Keterangan:

- $E_N$  : Energi *berthing* kapal (kNm)
- $M_D$  : *Displacement* (Berat Tercelup Kapal) (ton)
- $V_B$  : Kecepatan Sandar Kapal (m/s)
- $C_E$  : Koefisien Eksentrisitas

$C_M$  : Koefisien Massa Hidrodinamik

$C_S$  : Koefisien *Softness*

$C_C$  : Koefisien Konfigurasi Labuh

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

$\rho_A$  : Massa jenis angin (kg/m<sup>3</sup>)

$A_T$  : Area proyeksi arah transversal di atas muka air (m<sup>2</sup>)

$A_L$  : Area proyeksi arah longitudinal di atas muka air (m<sup>2</sup>)

$V_w$  : Kecepatan angin desain pada 10 m di atas permukaan laut (m/s)

Persamaan beban *mooring* akibat arus berdasarkan BS 6349-1: 2000 adalah sebagai berikut.

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

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

Keterangan:

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

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

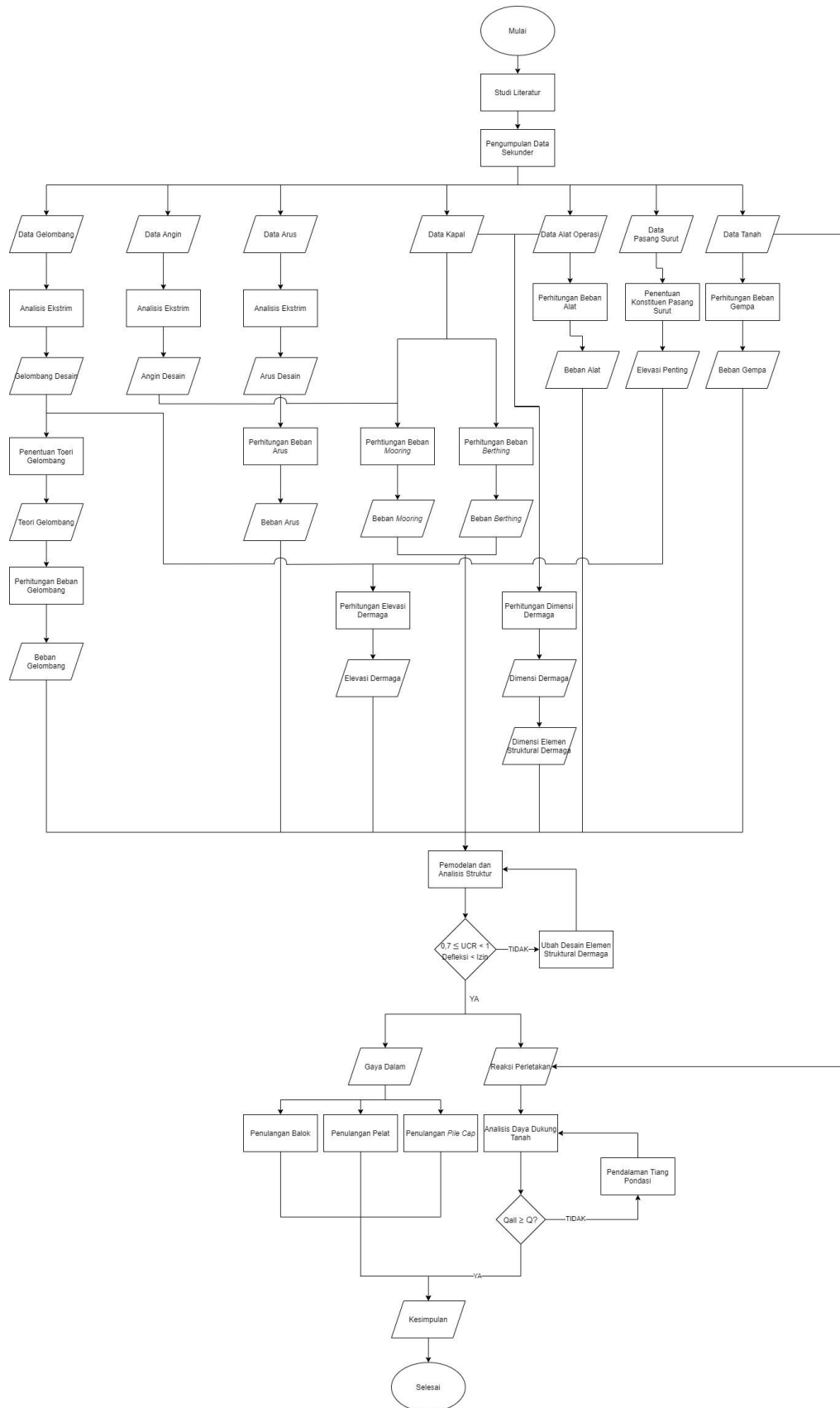
$C_{TC}$  : Koefisien gaya seret arus arah transversal

$C_{LC}$  : Koefisien gaya seret arus arah longitudinal

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

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

$\rho$  : Massa jenis air laut (kg/m<sup>3</sup>)



Gambar 2 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir

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

$d_m$  : *Draft* rata-rata kapal (m)

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

Beban mati dan beban hidup berupa fasilitas ditentukan berdasarkan dimensi yang diketahui. Beban lingkungan berupa gaya gelombang dan gaya arus ditentukan dengan Persamaan Morison, serta beban lingkungan berupa gaya gempa ditentukan dengan menggunakan data sekunder berupa spektral gempa.

Selanjutnya adalah memodelkan struktur dermaga dengan perangkat lunak SAP2000 dengan menggunakan kriteria desain dan beban-beban yang telah dihitung. Pengecekan kelayakan struktur ditentukan dengan menganalisis beberapa tinjauan output yang dihasilkan oleh perangkat lunak, seperti UCR (*unity check ratio*) tiang pancang, defleksi, dan kelangsingan tiang pancang. Hasil pemodelan lain terdiri dari reaksi perletakan, gaya dalam balok, dan gaya dalam pelat yang selanjutnya digunakan untuk merencanakan tulangan komponen beton.

Hasil pemodelan berupa gaya dalam balok dan pelat digunakan untuk melakukan proses desain tulangan geser dan lentur pada balok dan pelat. 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

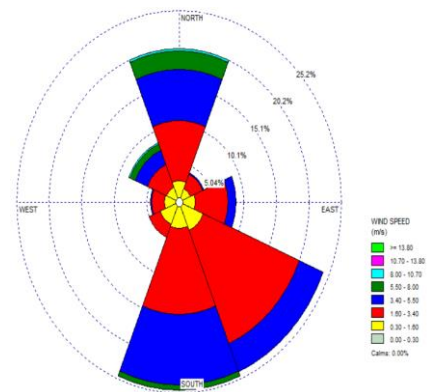
oleh kondisi tanah serta kekuatan material tiang pancang.

### 3. HASIL DAN ANALISIS

Analisis dilakukan untuk data angin, gelombang, dan data arus. Seluruh data-data tersebut dianalisis ekstrim dengan menggunakan empat distribusi, yaitu distribusi normal, log normal, gumbel dan log pearson III. Kemudian distribusi yang menghasilkan nilai *error* paling kecil akan digunakan untuk mencari data dengan periode 50 tahunan. Sedangkan data pasang surut dan data kapal digunakan untuk menentukan elevasi dasar dan muka air yang digunakan dalam perencanaan struktur dermaga.

#### 3.1. Analisis Data Lingkungan

Data angin yang digunakan didapatkan dari laman *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts* (ECMWF) pada tahun 2010 s.d. 2019 dengan interval data 1 jam. Distribusi angin selama 10 tahun disajikan dalam bentuk *wind rose* yang ditunjukkan pada Gambar 3.

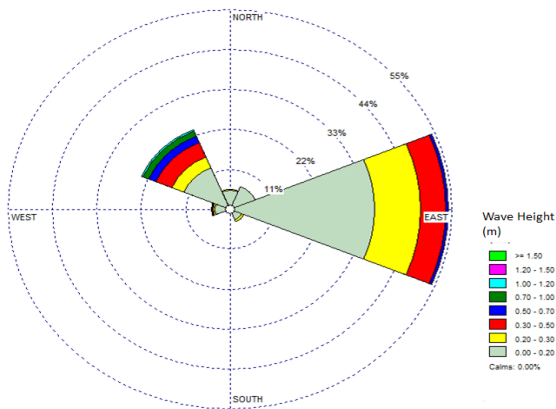


Gambar 3 *Wind Rose* 10 Tahun (2010-2019)

Dari hasil analisis ekstrim data angin diperoleh kecepatan angin untuk periode ulang 50 tahun adalah sebesar 10,751 m/s dari arah selatan dan arah timur laut.

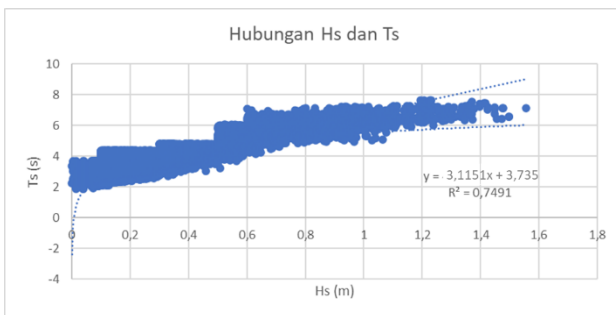
Data gelombang yang digunakan tidak diperoleh melalui *hindcasting*, akan tetapi didapatkan dari laman *European Centre for Medium-Range Weather*

Forecasts (ECMWF) pada tahun 2010 s.d. 2019 dengan interval data 1 jam. Distribusi gelombang selama 10 tahun disajikan dalam bentuk *wave rose* yang ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4 Wave Rose 10 Tahun (2010-2019)

Dari hasil analisis ekstrim data gelombang, didapatkan nilai tinggi gelombang rencana periode ulang 50 tahun adalah sebesar 1,73 m. Untuk mendapatkan nilai periode gelombang dilakukan dengan grafik hubungan tinggi dan periode gelombang yang ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5 Grafik Hubungan Hs dan Ts

Sehingga nilai periode gelombang rencana untuk tinggi gelombang sebesar 1,73 m adalah 9,124 detik dengan arah dominan gelombang dari arah timur yang dapat dilihat dari *wave rose* gabungan.

### 3.2. Analisis Data Pasang Surut

Data pasang surut didapatkan dari DISHIDROS yang diambil pada tanggal 1-31 Januari 2011. Data pasang surut diolah dengan menggunakan perangkat lunak ERGTIDE. Diperoleh bahwa pasang surut di

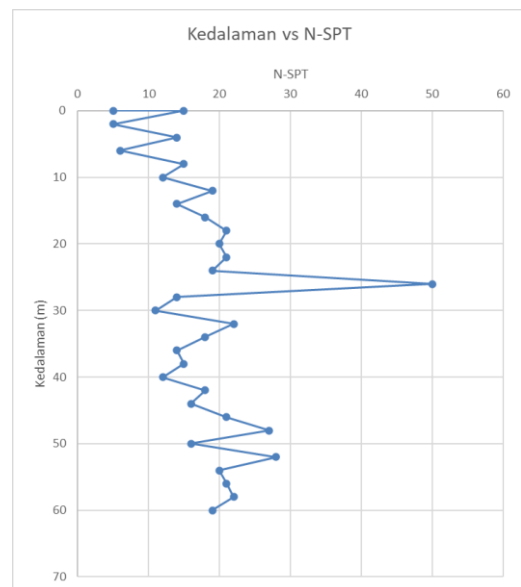
Perairan Camplong berjenis pasang surut campuran dominan semidiurnal. Dari hasil pengolahan ERGRAM dan ERGELV diperoleh tunggang pasang sebesar 3,32 m dari LWS.

### 3.3. Analisis Data Arus

Data arus yang digunakan didapatkan dari *Physical Oceanography Distributed Active Archive Center (PODAAC)* dengan besar kecepatan arus maksimum adalah 0,865 m/s dari arah Selatan.

### 3.4. Analisa Data Tanah

Karakteristik data tanah di lokasi dermaga desain adalah tanah lempung dengan grafik nilai SPT yang ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6 Grafik Sebaran N-SPT di Bore-Log BH-1 (Sumber : PT. OC Enviro)

Dari nilai SPT data tanah, diperoleh  $S_{DS} = 0,616g$  dan  $S_{D1} = 0,56g$ . Nilai SPT tanah juga digunakan dalam perhitungan daya dukung tanah.

### 3.5. Data Kapal

Kapal curah cair yang dapat bersandar pada dermaga adalah MT. Kurau yang memiliki bobot 6.500 DWT dengan dimensi:  $L_{OA} = 105$  m,  $L_{BP} = 99,75$  m,  $Breadth = 18$  m,  $Draught = 6,5$  m.

### 3.6. Data Operasional

Dalam dermaga curah cair, alat operasi yang digunakan untuk melakukan kegiatan bongkar muat adalah *loading arm* dan pipa, serta kendaraan untuk kegiatan operasional.

*Loading arm* yang digunakan dalam perancangan dermaga curah cair ini adalah *loading arm* tipe B0030 dari katalog Emco Wheaton. Spesifikasi dari *loading arm* tipe B0030 ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Spesifikasi *Loading Arm* Tipe B0030  
(Sumber : <http://www.lbltrading.com/wp-content/uploads/2016/12/Marine-Loading-Arms-Emco.pdf> diakses pada 30 April 2021)

TYPICAL DIMENSIONS, WEIGHTS AND BENDING MOMENTS (without emergency release system)									
Size	Stand Post Height	X	C	D	N	S	flow rate	weight	bending moment
inch	mm	mm	mm	mm	mm	mm	m <sup>3</sup> /h	KN	KNm
4"	4 500	1 000	8 000	8 000	590	3 900	300	62	103
6"	4 500	1 000	8 000	8 000	590	3 900	600	63	105
8"	4 500	1 000	9 000	9 000	740	3 900	1 100	87	144
10"	6 000	1 500	10 000	10 000	890	5 250	1 700	119	230
12"	7 000	1 500	11 000	11 000	1 040	6 250	2 500	157	340
16"	7 000	1 500	11 000	11 000	1 310	6 250	4 000	224	500

Untuk menyalurkan BBM dari kapal ke tangkai penyimpanan, digunakan pipa baja dengan ukuran nominal sebesar 12" dan tebal dinding sebesar 7.1 mm dengan spesifikasi pada Tabel 2.

Tabel 2 Spesifikasi Pipa  
(Sumber : PT. KHI Pipe Industries, 2016)

Parameter	Nilai	Satuan
Nominal Size Diameter	12	Inci
Diameter Luar	323,9	mm
Ketebalan Dinding	7,9	mm
Diameter Dalam	308,05	mm
Berat	61,55	kg/m

Sedangkan jenis kendaraan yang digunakan sebagai penunjang kegiatan operasional adalah mobil tipe Mitsubishi Strada Triton *Double Cabin* dengan spesifikasi yang ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3 Spesifikasi Kendaraan Operasional  
(Sumber : <https://www.oto.co.id/products/detail/mitsubishi/new-strada-triton/exceed-d-c-2-5-a-1> diakses pada 28 Juli 2021)

Parameter	Nilai	Satuan
Panjang	5115	mm
Lebar	1800	mm
Tinggi	1810	mm
Jarak sumbu roda	3000	mm

Berat	2850	kg
-------	------	----

### 3.7. Data Material

Material beton yang digunakan untuk struktur dermaga ini adalah beton dengan mutu K-450 (kuat tekan karakteristik = 450 kg/cm<sup>2</sup>) yang ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4 Properti Material Beton K-450

Parameter	Nilai	Satuan
Kuat Tekan Beton ( $f_c'$ )	37,35	MPa
Poisson Ratio	0,2	
Massa Jenis Beton	2400	kg/m <sup>3</sup>
Modulus Elastisitas	29000	MPa

Material baja yang digunakan untuk tiang pancang dermaga adalah baja ASTM A252 Grade 2 dengan spesifikasi penggunaan material baja berdasarkan katalog *Bakrie Pipe Industries* dan untuk properti material baja ASTM A252 Grade 2 ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5 Properti Baja ASTM A252 Grade 2  
(Sumber : <http://www.bakrie-pipe.com/pdf/brochure-pipa-baja-terbaik-bakrie-astm-a-252.pdf> diakses pada 11 Mei 2021)

Parameter	Nilai	Satuan
Yield Strength	240	MPa
Tensile Strength	415	MPa
Poisson Ratio	0,3	-
Massa Jenis Baja	7850	kg/m <sup>3</sup>
Modulus Elastisitas Baja	200000	MPa

Material baja tulangan yang dipilih adalah baja jenis BjTS 420A dengan spesifikasi dari material berdasarkan *SNI 2052-2017* ditunjukkan pada Tabel 6.

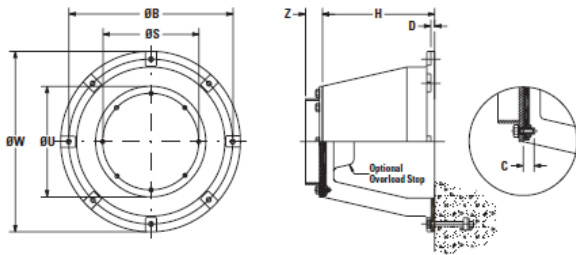
Tabel 6 Sifat Mekanis Baja Tulangan  
(Sumber : SNI 2052-2017. Hal. 9)

Kelas baja tulangan	Uji tarik			Uji lengkung		Rasio TS/YS (Hasil Uji)
	Kuat luluh/leleh (YS)	kuat tarik (TS)	Regangan dalam 200 mm, Min.	sudut lengkung	diameter pelengkung	
	MPa	MPa	%	mm	mm	
BJTP 280	Min. 280 Maks. 405	Min. 350	11 (d ≤ 10 mm)	180°	3.5d (d ≤ 16 mm)	-
			12 (d ≥ 12 mm)	180°	5d (d ≥ 19 mm)	
BJTS 280	Min. 280 Maks. 405	Min. 350	11 (d ≤ 10 mm)	180°	3.5d (d ≤ 16 mm)	Min. 1,25
			12 (d ≥ 13 mm)	180°	5d (d ≥ 19 mm)	
BJTS 420A	Min. 420 Maks. 545	Min. 525	9 (d ≤ 19 mm)	180°	3.5d (d ≤ 16 mm)	Min. 1,25
			8 (22 ≤ d ≤ 25 mm)	180°	5d (19 ≤ d ≤ 25 mm)	
			7 (d ≥ 29 mm)	180°	7d (29 ≤ d ≤ 36 mm)	
				90°	9d (d > 36 mm)	
BJTS 420B	Min. 420 Maks. 545	Min. 525	14 (d ≤ 19 mm)	180°	3.5d (d ≤ 16 mm)	Min. 1,25
			12 (22 ≤ d ≤ 36 mm)	180°	5d (19 ≤ d ≤ 25 mm)	
			10 (d > 36 mm)	180°	7d (29 ≤ d ≤ 36 mm)	
				90°	9d (d > 36 mm)	
BJTS 520	Min. 520 Maks. 645	Min. 650	7 (d ≤ 25 mm)	180°	5d (d ≤ 25 mm)	Min. 1,25
			6 (d ≥ 29 mm)	180°	7d (29 ≤ d ≤ 36 mm)	
				90°	9d (d > 36 mm)	
BJTS 550	Min. 550 Maks. 675	Min. 687,5	7 (d ≤ 25 mm)	180°	5d (d ≤ 25 mm)	Min. 1,25
			6 (d ≥ 29 mm)	180°	7d (29 ≤ d ≤ 36 mm)	
				90°	9d (d > 36 mm)	
BJTS 700	Min. 700 Maks. 825	Min. 805	7 (d ≤ 25 mm)	180°	5d (d ≤ 25 mm)	Min. 1,15
			6 (d ≥ 29 mm)	180°	7d (29 ≤ d ≤ 36 mm)	
				90°	9d (d > 36 mm)	

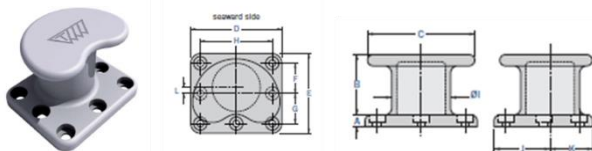
Keterangan:  
1. d adalah diameter nominal baja tulangan beton  
2. hasil uji lengkung tidak boleh menunjukkan retak pada sisi luar lengkung benda uji lengkung

### 3.8. Fasilitas Dermaga

Dengan energi abnormal *berthing* terbesar kapal ( $E_A$ ) = 88,771 kN-m, dipilih *fender* tipe SCN600 E2.0 dengan *rated energy* ( $E_R$ ) = 315 kJ dan berat 240 kg. Sedangkan beban *mooring* terbesar yang diterima *bollard* adalah 17,846 ton, sehingga dipilih *kidney bollard* dengan kapasitas 30 ton dan berat 2,717 kN. Ilustrasi *fender* dan *bollard* terpilih ditunjukkan pada Gambar 7 dan Gambar 8.



Gambar 7 Fender SCN600 E2.0



Gambar 8 Kidney Bollard 30 ton

### 3.9. Perencanaan Dimensi

Dermaga yang direncanakan berupa struktur *dolphin* yang dihubungkan dengan *trastle* ke darat. Hasil perencanaan dimensi ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 7 Dimensi Rencana

Fasilitas	Uraian	Dimensi
Loading Platform	Panjang	15 m
	Lebar	10 m
	Elevasi	+5,2 m dari LWS
Breasting Dolphin	Panjang	3,5 m
	Lebar	3,5 m
Mooring Dolphin	Panjang	3 m
	Lebar	3 m
Trestle	Panjang	912 m
	Lebar	6 m
Catwalk	Panjang	40 m
	Lebar	1,2 m

### 3.10. Perencanaan Struktur

Struktur dermaga *dolphin* dan *trastle*, menggunakan struktur beton bertulang dengan mutu beton ( $f_c'$ ) = 37,35 MPa dan material tiang pancang dengan mutu baja ASTM A252 Grade 2 dengan tegangan leleh ( $f_y$ ) = 240 MPa. Selain itu juga didesain dimensi elemen struktural *loading platform* yang ditunjukkan pada Tabel 8, dimensi elemen struktural *trastle* ditunjukkan pada Tabel 9, dimensi elemen structural *catwalk* ditunjukkan pada Tabel 10, sedangkan dimensi elemen struktural *breasting dolphin* dan *mooring dolphin* ditunjukkan pada Tabel 11 dan Tabel 12.

Tabel 8 Dimensi Elemen Struktural Loading Platform

Uraian	Dimensi
Balok	400 mm × 800 mm
Tiang Pancang	Ø609,6 mm; t=11,13 mm
Tebal Pelat	200 mm
Pile Cap	1300 × 1300 × 1000 mm

Tabel 9 Dimensi Elemen Struktural Trestle

Uraian	Dimensi
Balok	325 mm × 650 mm
Tiang Pancang	Ø508 mm; t=12 mm
Tebal Pelat	150 mm
Pile Cap	1000 × 1000 × 1000 mm

Tabel 10 Dimensi Elemen Struktural *Catwalk*

Uraian	Dimensi
Balok Primer	H300x300x10x15
Balok Sekunder	H100x100x6x8
Tiang Pancang	Ø355,6 mm; t=12 mm
Tebal Pelat	Grating Type 30-102
Pile Cap	1200 × 1200 × 1200 mm

Tabel 11 Dimensi Elemen Struktural *Breasting Dolphin*

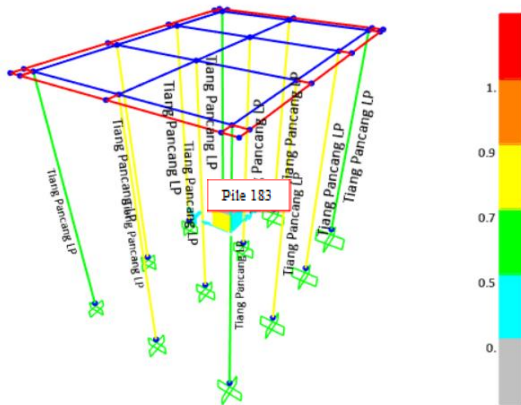
Uraian	Dimensi
Tiang Pancang	Ø711,2 mm; t=14 mm
Pile Cap	3500 × 3500 × 1500 mm

Tabel 12 Dimensi Elemen Struktural *Mooring Dolphin*

Uraian	Dimensi
Tiang Pancang	Ø609,6 mm; t=14 mm
Pile Cap	3000 × 3000 × 1500 mm

### 3.11. Analisis Struktur *Loading Platform*

Analisis struktur *loading platform* tahap pertama yaitu pengecekan hasil UCR yang terjadi pada tiang pancang. Dimana UCR maksimum *loading platform* diperoleh sebesar 0,79 dimana memiliki nilai kurang dari 1 dan hasil UCR ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9 Hasil UCR Struktur *Loading Platform*

Analisis struktur *loading platform* tahap kedua adalah pengecekan defleksi pada Tabel 13. Batas defleksi yang diizinkan berdasarkan *SNI 1729-2002 tentang Spesifikasi untuk Bangunan Baja Struktural*.

Tabel 13 Rangkuman Hasil Defleksi Tiang Pancang *Loading Platform*

Beban	El. Struktural	No. Joint / Frame	Load Comb.	Defleksi Izin (m)	Defleksi (m)
Tetap	Tiang Pancang	11	SLS 2.1	0,031	0,00025
	Tiang Pancang	1	SLS 2.1	0,031	0,0003
	Balok	27,28,29,30	SLS 2.1	0,0208	0,0032
Sementara	Tiang Pancang	6	SLS 6.1	0,077	0,071
	Tiang Pancang	9	SLS 6.2	0,077	0,071

Keterangan *Load Comb* :  
 SLS 2.1 : 1,0 D + 1,0 (L+B)  
 SLS 6.1 : 1,0 D + 0,7 E  
 SLS 6.2 : 1,0 D + 0,7 E

Selanjutnya, dilakukan pengambilan *output* analisis struktur berupa reaksi perletakan yang ditunjukkan Tabel 14 yang akan digunakan untuk analisis daya dukung tanah dan gaya dalam yang ditunjukkan dalam

Tabel 15, Tabel 16, dan Tabel 17 yang digunakan sebagai bahan *input* untuk desain penulangan.

Tabel 14 Reaksi Perletakan *Loading Platform*

No. Joint	F1 (kN)	F2 (kN)	F3 (kN)	Load Comb.
20	44,943	-0,039	378,917	SLS 6.1
21	-44,941	-0,103	345,143	SLS 6.1
23	0,325	44,803	210,918	SLS 6.2
24	0,149	-44,707	288,658	SLS 6.2
25	-0,486	-0,116	808,383	SLS 2.1
27	0,185	-43,317	69,977	SLS 6.2

Keterangan kombinasi pembebanan :  
 SLS 2.1: 1,0 D + 1,0 (L+B)  
 SLS 6.2: 1,0 D + 0,7 E

Tabel 15 Gaya Dalam Balok *Loading Platform*

No. Frame	Load Comb	V2 (kN)	M3 (kN-m)
27	ULS 5.2	270,793	137,314
28	ULS 5.2	-269,913	-386,747
26	ULS 7.2	138,125	339,881
30	ULS 5.2	25,386	-452,782

Keterangan kombinasi:  
 ULS 5.2: 1,2 D + 1,0 E + 1,0 L  
 ULS 7.2: 0,9 D + 1,0 E

Tabel 16 Gaya Dalam Pelat *Loading Platform*

No. Area	Load Comb	M11 (kN-m/m)	M22 (kN-m/m)
9	ULS 5.1	16,120	4,371
16	ULS 7.1	-14,554	-2,659
14	ULS 5.2	4,436	16,475
12	ULS 7.2	-2,73	-14,807

Keterangan kombinasi:  
 ULS 5.1: 1,2 D + 1,0 E + 1,0 L  
 ULS 5.2: 1,2 D + 1,0 E + 1,0 L  
 ULS 7.1: 0,9 D + 1,0 E  
 ULS 7.2: 0,9 D + 1,0 E

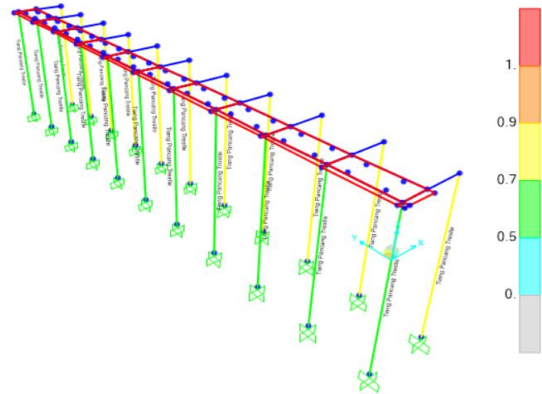
Tabel 17 Gaya Dalam Tiang Pancang pada *Loading Platform*

No. Frame	P (kN)	M2 (kNm)	M3 (kNm)	Load Comb.
10	12,079	464,764	2,249	ULS 7.2
8	-1177,11	0,314	3,746	ULS 2.1
7	-861,534	498,591	-2,749	ULS 5.2
6	-564,48	-500,113	-9,241	ULS 5.2
4	-734,802	-7,197	500,877	ULS 5.1
2	-781,571	-7,652	-500,917	ULS 5.1

Keterangan kombinasi pembebanan :  
 ULS 2.1: 1,2 D + 1,6 (L+B)  
 ULS 5.1: 1,2 D + 1,0 E + 1,0 L  
 ULS 5.2: 1,2 D + 1,0 E + 1,0 L  
 ULS 7.2: 0,9 D + 1,0 E

### 3.12. Analisis Struktur *Trestle*

Analisis struktur *trestle* tahap pertama yaitu pengecekan hasil UCR yang terjadi pada tiang pancang. Dimana UCR maksimum *trestle* diperoleh sebesar 0,76 dimana memiliki nilai kurang dari 1 dan hasil UCR ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 10 Hasil UCR Struktur *Trestle*

Analisis struktur *trestle* tahap kedua adalah pengecekan defleksi pada Tabel 18. Batas defleksi yang diizinkan berdasarkan *SNI 1729-2002 tentang Spesifikasi untuk Bangunan Baja Struktural*.

Tabel 18 Rangkuman Hasil Defleksi Tiang Pancang *Trestle*

Beban	El. Struktural	No. Joint / Frame	Load Comb.	Defleksi Izin (m)	Defleksi (m)
Tetap	Tiang Pancang	20	SLS 2.1	0,03	0,0021
	Tiang Pancang	3	SLS 1	0,03	0,002
	Balok	33	SLS 2.1	0,025	0,0032
Sementara	Tiang Pancang	78	SLS 6.1	0,077	0,072
	Tiang Pancang	105	SLS 6.2	0,077	0,074

Keterangan *Load Comb* :  
 SLS 2.1 : 1,0 D + 1,0 (L+B)  
 SLS 6.1 : 1,0 D + 0,7 E  
 SLS 6.2 : 1,0 D + 0,7 E

Selanjutnya, dilakukan pengambilan *output* analisis struktur berupa reaksi perletakan yang ditunjukkan Tabel 19 yang akan digunakan untuk analisis daya

dukung tanah dan gaya dalam yang ditunjukkan dalam Tabel 20, Tabel 21, dan Tabel 22 yang digunakan sebagai bahan *input* untuk desain penulangan.

Tabel 19 Reaksi Perletakan *Trestle*

No. Joint	F1 (kN)	F2 (kN)	F3 (kN)	Load Comb.
64	27,463	0,047	247,653	SLS 6.1
65	-26,932	-0,072	31,179	SLS 6.1
27	3,077	33,654	241,765	SLS 6.2
5	0,21	-33,657	172,217	SLS 6.2
27	26,24	0,14	268,046	SLS 6.1
57	-25,757	0,126	17,637	SLS 6.1

Keterangan kombinasi pembebanan :  
 SLS 6.1: 1,0 D + 0,7 E  
 SLS 6.2: 1,0 D + 0,7 E

Tabel 20 Gaya Dalam Balok *Trestle*

No. Frame	Load Comb	V2 (kN)	M3 (kN-m)
60	ULS 5.1	158,538	234,182
32	ULS 5.1	-129,565	-239,595
24	ULS 7.1	116,457	247,72
30	ULS 5.1	-21,547	-287,457

Keterangan kombinasi:  
 ULS 5.1: 1,2 D + 1,0 E + 1,0 L  
 ULS 7.1: 0,9 D + 1,0 E

Tabel 21 Gaya Dalam Pelat *Trestle*

No. Area	Load Comb	M11 (kN-m/m)	M22 (kN-m/m)
3	ULS 7.1	8,757	2,178
34	ULS 5.1	-10,663	-2,130
20	ULS 5.2	1,666	9,567
3	ULS 7.2	-2,022	-8,308

Keterangan kombinasi:  
 ULS 5.1: 1,2 D + 1,0 E + 1,0 L  
 ULS 5.2: 1,2 D + 1,0 E + 1,0 L  
 ULS 7.1: 0,9 D + 1,0 E  
 ULS 7.2: 0,9 D + 1,0 E

Tabel 22 Gaya Dalam Tiang Pancang pada *Trestle*

No. Frame	P (kN)	M2 (kNm)	M3 (kNm)	Load Comb.
3	35,997	2,870	247,721	ULS 7.1
61	-339,751	-1,284	-287,690	ULS 5.1
49	-200,907	368,645	4,661	ULS 5.2
61	-302,207	-368,636	-27,692	ULS 5.2
11	-32,993	1,007	295,808	ULS 5.1
10	-316,023	-0,502	-300,79	ULS 5.1

Keterangan kombinasi pembebanan :  
 ULS 5.1: 1,2 D + 1,0 E + 1,0 L  
 ULS 5.2: 1,2 D + 1,0 E + 1,0 L  
 ULS 7.1: 0,9 D + 1,0 E

### 3.13. Analisis Struktur *Catwalk*

Analisis struktur *catwalk* tahap pertama yaitu pengecekan hasil UCR yang terjadi pada balok. Dimana UCR maksimum balok *catwalk* diperoleh sebesar 0,83 dimana memiliki nilai kurang dari 1 dan hasil UCR ditunjukkan pada Gambar 11.



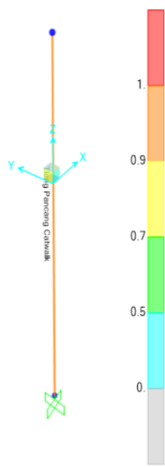
Gambar 11 Hasil UCR Balok *Catwalk*  
 Analisis struktur *catwalk* tahap kedua adalah pengecekan defleksi pada balok *catwalk* yang ditunjukkan pada Tabel 23. Batas defleksi yang diizinkan berdasarkan *SNI 1729-2002 tentang Spesifikasi untuk Bangunan Baja Struktural*.

Tabel 23 Rangkuman Hasil Defleksi Balok *Catwalk*

Beban	El. Struktural	No. Frame	Load Comb.	Defleksi Izin (m)	Defleksi (m)
Tetap	Balok	5	SLS 2.1	0,008	0,0026

Beban	El. Struktural	No. Frame	Load Comb.	Defleksi Izin (m)	Defleksi (m)
Keterangan <i>Load Comb</i> : SLS 2.1 : 1,0 D + 1,0 (L+B)					

Selanjutnya, perlu dilakukan pengecekan terhadap UCR tiang pancang *catwalk*. Dimana UCR maksimum tiang pancang *catwalk* diperoleh sebesar 0,96, dimana memiliki nilai kurang dari 1 dan hasil UCR ditunjukkan pada Gambar 12.



Gambar 12 Hasil UCR Tiang Pancang *Catwalk*. Kemudian, dilakukan pengecekan defleksi pada tiang pancang *catwalk* yang ditunjukkan pada Tabel 24. Batas defleksi yang diizinkan berdasarkan *SNI 1729-2002 tentang Spesifikasi untuk Bangunan Baja Struktural*.

Tabel 24 Rangkuman Hasil Defleksi Tiang Pancang *Catwalk*

Beban	El. Struktural	No. Joint	Load Comb.	Defleksi Izin (m)	Defleksi (m)
Tetap	Tiang Pancang	-	-	0,03	-
	Tiang Pancang	-	-	0,03	-
Sementara	Tiang Pancang	1	SLS 6.1	0,074	0,009
	Tiang Pancang	1	SLS 6.2	0,074	0,009
Keterangan <i>Load Comb</i> : SLS 6.1 : 1,0 D + 0,7 E SLS 6.2 : 1,0 D + 0,7 E					

Selanjutnya, dilakukan pengambilan *output* analisis struktur berupa reaksi perletakan yang ditunjukkan Tabel 25 yang akan digunakan untuk analisis daya dukung tanah dan gaya dalam yang ditunjukkan dalam Tabel 26 yang digunakan sebagai bahan *input* untuk desain penulangan.

Tabel 25 Reaksi Perletakan *Catwalk*

No. Joint	F1 (kN)	F2 (kN)	F3 (kN)	Load Comb.
2	0,866	0	114,597	SLS 3.2
2	-0,866	0	114,597	SLS 3.1
2	0	0,866	114,597	SLS 3.4
2	0	-0,866	114,597	SLS 3.3
2	0	0	234,597	SLS 2.1
2	0,866	0	114,597	SLS 3.2
Keterangan kombinasi pembebanan : SLS 2.1: 1,0 D + 1,0 (L+B) SLS 3.1: 1,0 D + 0,6 (W+C+M) SLS 3.2: 1,0 D + 0,6 (W+C+M) SLS 3.3: 1,0 D + 0,6 (W+C+M) SLS 3.4: 1,0 D + 0,6 (W+C+M)				

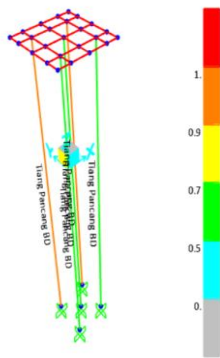
Tabel 26 Gaya Dalam Tiang Pancang pada *Catwalk*

No. Frame	P (kN)	M2 (kNm)	M3 (kNm)	Load Comb.
1	-89,13	0	-2,74E-15	ULS 6.1
1	-329,517	0	0	ULS 2.1
1	-257,517	10,925	0	ULS 4.3
1	-257,517	-10,925	0	ULS 4.4
1	-257,517	0	10,925	ULS 4.1
1	-257,517	0	-10,925	ULS 4.2
Keterangan kombinasi pembebanan : ULS 2.1: 1,2 D + 1,6 (L+B) ULS 4.1: 1,0 D + 0,45 (W+C) + 0,75 (L+B) ULS 4.2: 1,0 D + 0,45 (W+C) + 0,75 (L+B) ULS 4.3: 1,0 D + 0,45 (W+C) + 0,75 (L+B) ULS 4.4: 1,0 D + 0,45 (W+C) + 0,75 (L+B)				

No. Frame	P (kN)	M2 (kNm)	M3 (kNm)	Load Comb.
ULS 6.1: 1,0 D + 0,7 E				

### 3.14. Analisis Struktur *Breasting Dolphin*

Analisis struktur *breasting dolphin* tahap pertama yaitu pengecekan hasil UCR yang terjadi pada tiang pancang. Dimana UCR maksimum *breasting dolphin* diperoleh sebesar 0,95 dimana memiliki nilai kurang dari 1 dan hasil UCR ditunjukkan pada Gambar 13.



Gambar 13 Hasil UCR Struktur *Breasting Dolphin*

Analisis struktur *breasting dolphin* tahap kedua adalah pengecekan defleksi pada Tabel 27. Batas defleksi yang diizinkan berdasarkan SNI 1729-2002 tentang Spesifikasi untuk Bangunan Baja Struktural.

Tabel 27 Rangkuman Hasil Defleksi *Breasting Dolphin*

Beban	El. Struktural	No. Joint	Load Comb.	Defleksi Izin (m)	Defleksi (m)
Tetap	Tiang Pancang	25	SLS 1	0,031	9,9E-05
	Tiang Pancang	1	SLS 1	0,031	9,9E-05
Sementara	Tiang Pancang	1	SLS 6.1	0,079	0,0041
	Tiang Pancang	30	SLS 2.1	0,079	0,072

Keterangan *Load Comb* :  
SLS 1 : 1,0 D  
SLS 2.1 : 1,0 D + 1,0 (L+B)  
SLS 6.1 : 1,0 D + 0,7 E

Selanjutnya, dilakukan pengambilan *output* analisis struktur berupa reaksi perletakan yang ditunjukkan Tabel 28 yang akan digunakan untuk analisis daya dukung tanah dan gaya dalam yang ditunjukkan dalam Tabel 29 dan Tabel 30 yang digunakan sebagai bahan *input* untuk desain penulangan.

Tabel 28 Reaksi Perletakan *Breasting Dolphin*

No. Joint	F1 (kN)	F2 (kN)	F3 (kN)	Load Comb.
36	3,624	0,0002	103,267	SLS 6.1
38	-3,624	0,0002	103,267	SLS 6.1
39	5,216E-09	3,624	103,267	SLS 6.2
38	-3,72E-10	-63,045	112,249	SLS 2.1
39	0,038	-62,984	743,088	SLS 2.1
36	-0,041	-62,994	-527,192	SLS 2.2

Keterangan kombinasi pembebanan :  
SLS 5.1: 1,0 D + 0,75 L + 0,525 E  
SLS 6.1: 1,0 D + 0,7 E  
SLS 6.2: 1,0 D + 0,7 E

Tabel 29 Gaya Dalam Pelat *Breasting Dolphin*

No. Area	Load Comb	M11 (kN-m/m)	M22 (kN-m/m)
5	ULS 2.2	236,881	682,304
9	ULS 2.1	-260,816	-712,209
5	ULS 2.2	236,881	682,304
9	ULS 2.1	-260,816	-712,209

Keterangan kombinasi pembebanan :  
ULS 2.1: 1,2 D + 1,6 (L+B)  
ULS 2.2: 1,2 D + 1,6 B

Tabel 30 Gaya Dalam Tiang Pancang pada *Breasting Dolphin*

No. Frame	P (kN)	M2 (kNm)	M3 (kNm)	Load Comb.
1	931,652	-731,618	-0,695	ULS 2.2
4	-1149,265	871,845	-0,328	ULS 2.1
3	-138,292	872,361	4,889E-09	ULS 2.1

No. Frame	P (kN)	M2 (kNm)	M3 (kNm)	Load Comb.
2	-93,228	-732,510	-4,59E-09	ULS 2.1
3	-132,902	-0,350	44,796	ULS 5.1
5	-180,3	-0,392	-44,788	ULS 7.1

Keterangan kombinasi pembebanan :  
 ULS 2.1: 1,2 D + 1,6 (L+B)  
 ULS 2.2: 1,2 D + 1,6 B  
 ULS 5.1: 1,2 D + 1,0 E + 1,0 L  
 ULS 7.1: 0,9 D + 1,0 E

Beban	El. Struktural	No. Joint	Load Comb.	Defleksi Izin (m)	Defleksi (m)
	Tiang Pancang	11	SLS 2.1	0,0315	2,6E-11
Sementara	Tiang Pancang	16	SLS 3.1	0,078	0,06
	Tiang Pancang	13	SLS 3.12	0,078	0,061

Keterangan Load Comb :  
 SLS 2.1: 1,0 D + 1,0 (L+B)  
 SLS 3.1: 1,0 D + 0,6 (W+C+M)  
 SLS 3.12: 1,0 D + 0,6 (W+C+M)

### 3.15. Analisis Struktur Mooring Dolphin

Analisis struktur *mooring dolphin* tahap pertama yaitu pengecekan hasil UCR yang terjadi pada tiang pancang. Dimana UCR maksimum *mooring dolphin* diperoleh sebesar 0,88 dimana memiliki nilai kurang dari 1 dan hasil UCR ditunjukkan pada Gambar 14.



Gambar 14 Hasil UCR Struktur *Mooring Dolphin*

Analisis struktur *mooring dolphin* tahap kedua adalah pengecekan defleksi pada Tabel 31. Batas defleksi yang diizinkan berdasarkan SNI 1729-2002 tentang Spesifikasi untuk Bangunan Baja Struktural.

Tabel 31 Rangkuman Hasil Defleksi *Mooring Dolphin*

Beban	El. Struktural	No. Joint	Load Comb.	Defleksi Izin (m)	Defleksi (m)
Tetap	Tiang Pancang	11	SLS 2.1	0,0315	2,6E-11

Selanjutnya, dilakukan pengambilan *output* analisis struktur berupa reaksi perletakan yang ditunjukkan Tabel 32 yang akan digunakan untuk analisis daya dukung tanah dan gaya dalam yang ditunjukkan dalam Tabel 33 dan Tabel 34 yang digunakan sebagai bahan *input* untuk desain penulangan.

Tabel 32 Reaksi Perletakan *Mooring Dolphin*

No. Joint	F1 (kN)	F2 (kN)	F3 (kN)	Load Comb.
24	30,808	29,343	-415,384	SLS 3.6
23	-30,808	29,343	-415,384	SLS 3.1
23	-0,012	42,954	-272,995	SLS 3.12
23	-0,002	-21,452	-61,742	SLS 6.2
20	30,796	29,331	565,1	SLS 3.6
23	-30,808	29,343	-415,384	SLS 3.1

Keterangan kombinasi pembebanan :  
 SLS 3,1: 1,0 D + 0,6 (W+C+M)  
 SLS 3,6: 1,0 D + 0,6 (W+C+M)  
 SLS 3,12: 1,0 D + 0,6 (W+C+M)  
 SLS 6,2: 1,0 D + 0,7 E

Tabel 33 Gaya Dalam Pelat *Mooring Dolphin*

No. Area	Load Comb	M11 (kN-m/m)	M22 (kN-m/m)
6	ULS 6.1	389,496	385,582
11	ULS 4.10	-378,002	-374,088

No. Area	Load Comb	M11 (kN-m/m)	M22 (kN-m/m)
6	ULS 6.12	110,635	443,260
2	ULS 4.16	-143,004	-475,858

Keterangan kombinasi pembebanan :  
 ULS 4.10: 1,2 D + 1,0 (W+C+M) + 1,0 L  
 ULS 4.16: 1,2 D + 1,0 (W+C+M) + 1,0 L  
 ULS 6.1: 0,9 D + 1,0 (W+C+M)  
 ULS 6.9: 0,9 D + 1,0 (W+C+M)

Tabel 34 Gaya Dalam Tiang Pancang pada *Mooring Dolphin*

No. Frame	P (kN)	M2 (kNm)	M3 (kNm)	Load Comb.
1	814,024	364,804	370,942	ULS 6.6
3	-891,592	-405,355	420,288	ULS 4.5
1	576,71	521,896	0,223	ULS 4.16
1	544,187	-588,273	-0,1129	ULS 4.16
1	781,501	-405,467	420,4	ULS 4.17
2	781,501	-405,467	-420,4	ULS 4.22

Keterangan kombinasi pembebanan :  
 ULS 4.5: 1,2 D + 1,0 (W+C+M) + 1,0 L  
 ULS 4.13: 1,2 D + 1,0 (W+C+M) + 1,0 L  
 ULS 4.14: 1,2 D + 1,0 (W+C+M) + 1,0 L  
 ULS 4.22: 1,2 D + 1,0 (W+C+M)  
 ULS 6.6: 0,9 D + 1,0 (W+C+M)

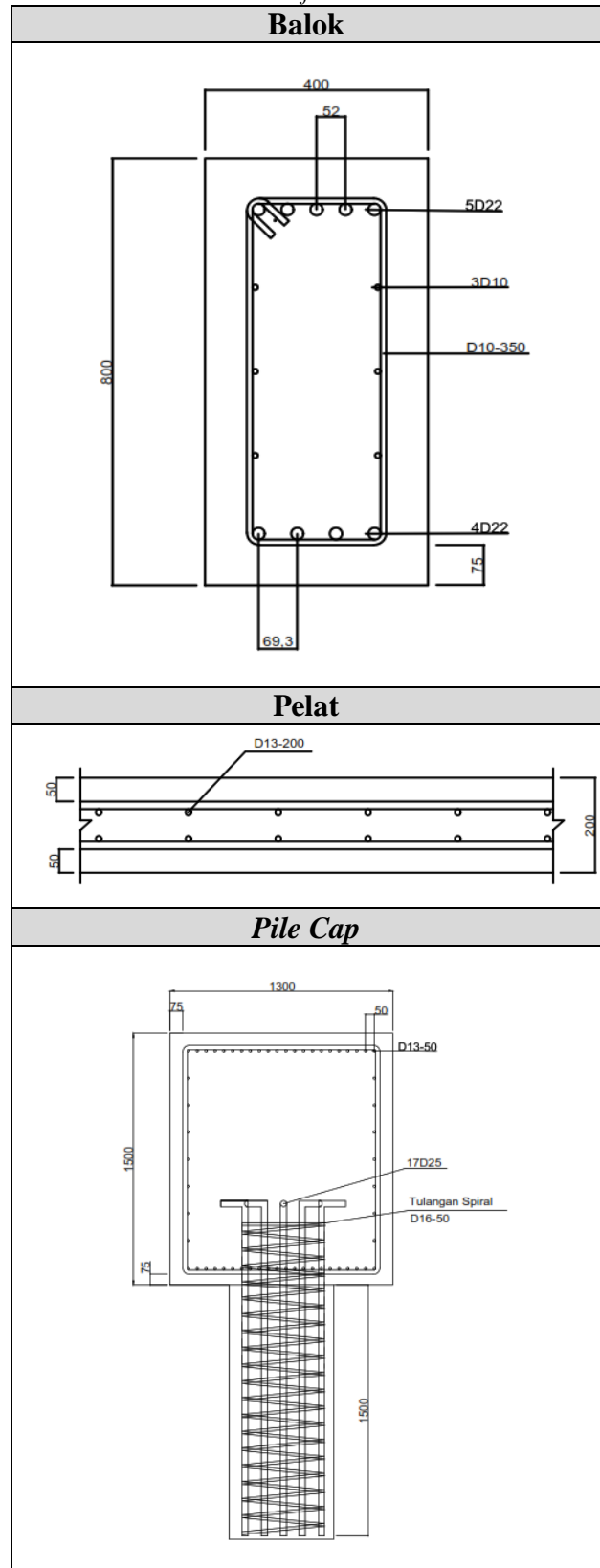
#### 4. PERENCANAAN STRUKTUR

##### 4.1. Penulangan Komponen Struktural

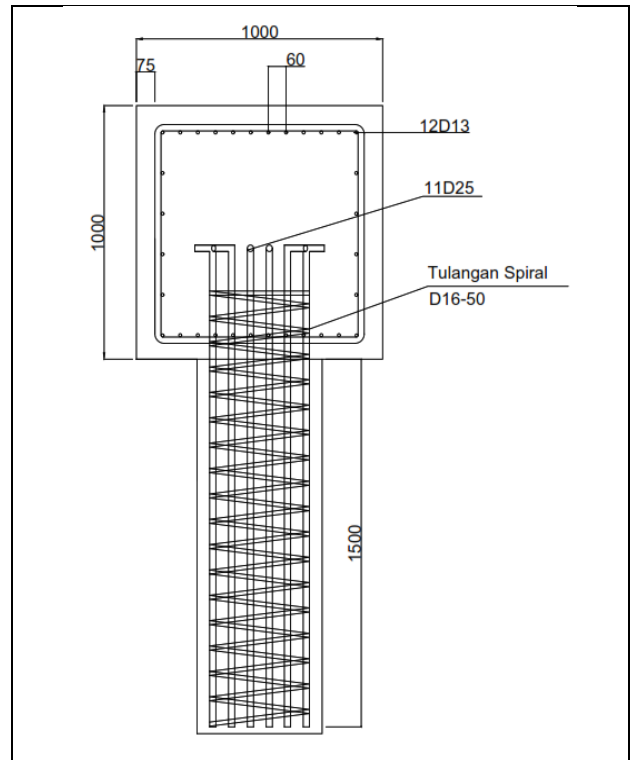
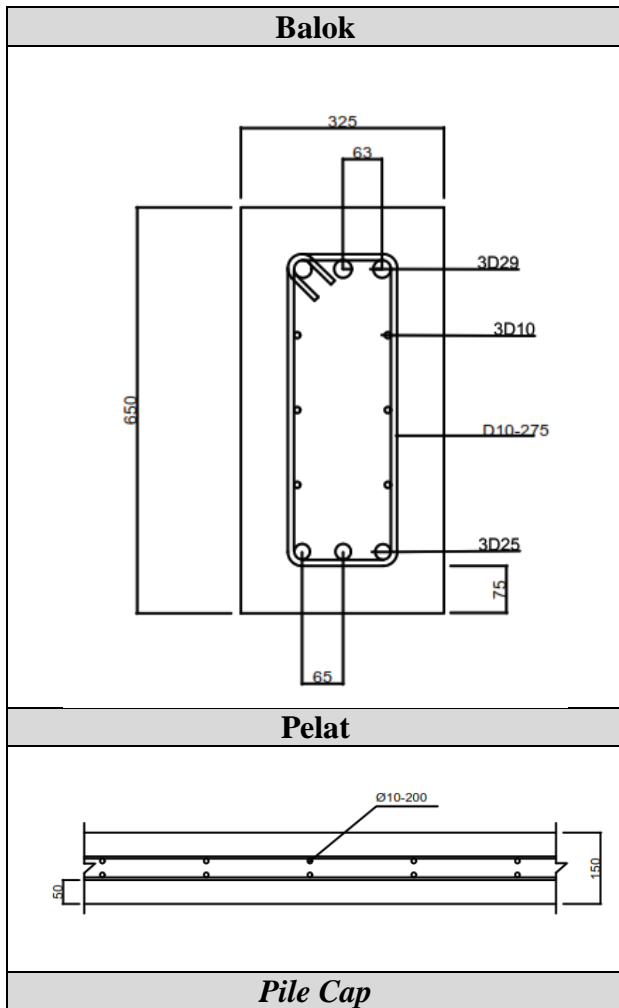
Penulangan komponen struktural terdiri dari balok, pelat, dan *pile cap*. Penulangan komponen *loading platform* ditunjukkan pada Tabel 35, penulangan komponen *trastle* ditunjukkan pada

Tabel 36, penulangan komponen *catwalk* ditunjukkan pada Tabel 37 penulangan komponen *breasting dolphin* ditunjukkan pada Tabel 38, dan penulangan komponen *mooring dolphin* ditunjukkan pada Tabel 39.

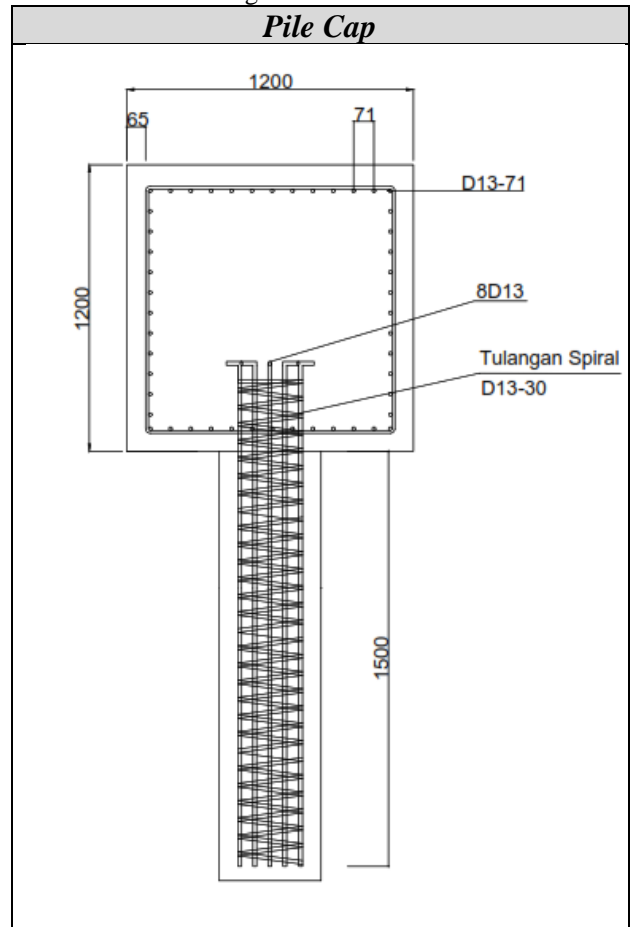
Tabel 35 Penulangan Elemen Struktural *Loading Platform*



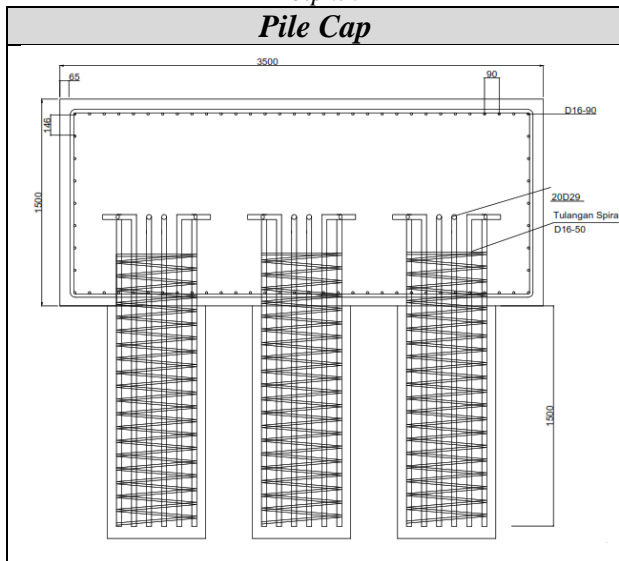
Tabel 36 Penulangan Elemen Struktural *Trestle*



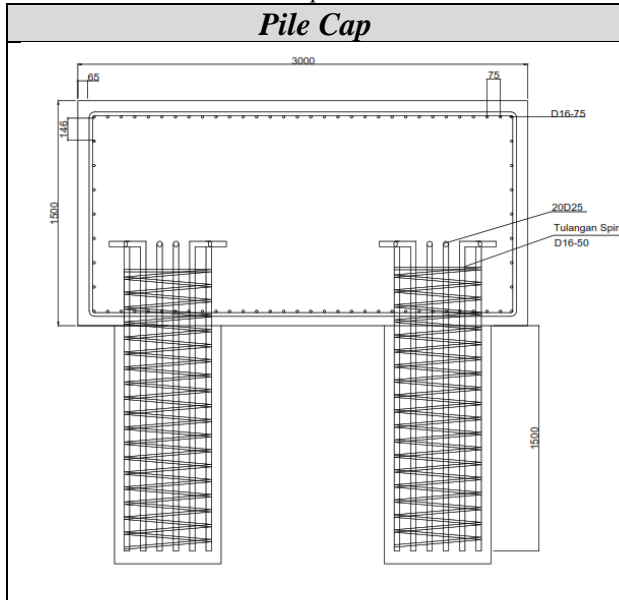
Tabel 37 Penulangan Elemen Struktural *Catwalk*



Tabel 38 Penulangan Elemen Struktural *Breasting Dolphin*



Tabel 39 Penulangan Elemen Struktural *Mooring Dolphin*



#### 4.2. Daya Dukung Tanah

Hasil kedalaman pemancangan tiang pancang pada masing-masing struktur ditunjukkan pada Tabel 40.

Tabel 40 Kedalaman Tiang Pancang

Struktur	Kedalaman Pemancangan
<i>Loading Platform</i>	14,58 meter

<i>Trestle</i>	6,12 meter
<i>Catwalk</i>	7,55 meter
<i>Breasting Dolphin</i>	10,77 meter
<i>Mooring Dolphin</i>	7,16 meter
Kedalaman pemancangan dihitung dari dasar laut	

#### KESIMPULAN DAN SARAN

- Dermaga didesain dengan tipe *dolphin* yang mampu melayani operasi bongkar kapal tanker dengan kapasitas 6500 DWT, dengan detail dan dimensi 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 m x 3 m.
  - Satu struktur *trestle* dengan ukuran 912 m x 6 m yang dibagi menjadi 15 segmen.
  - Satu struktur *catwalk* dengan lebar 1,2 m yang menghubungkan bagian-bagian dermaga.
  - Elevasi dermaga sebesar +5,2 m dari LWS
  - Kedalaman perairan sebesar -7,16 m dari LWS.
- Analisis struktur dermaga menunjukkan struktur dermaga yang didesain telah memenuhi kriteria kekuatan struktur dermaga terhadap gaya-gaya yang bekerja dengan nilai UCR yang didapat  $< 1$  dengan rentang nilai  $0,7 \leq UCR < 1$ . Dengan nilai defleksi yang telah memenuhi kriteria defleksi izin untuk balok dan tiang pancang.
- Fasilitas berlabuh dan bertambat kapal yang digunakan sebagai berikut:
  - Fender: Super Cone Fender SCN600 E2.0 (Fentek Catalogue).*
  - Panel *fender* dengan dimensi 1 m x 3 m.

c. *Bollard: Kidney bollard 30 ton (Trelleborg Catalogue)*

4. Detail elemen struktur *loading platform* adalah sebagai berikut:

a. Tiang pancang

- Diameter = 609,6 mm
- Tebal = 11,13 mm

b. Balok

- Dimensi = 5000 mm × 400 mm × 800 mm
- Tebal selimut beton = 75 mm
- Tulangan lentur sisi bawah = 4S22
- Tulangan lentur sisi atas = 5S22
- Tulangan sengkang = S10 – 350
- Tulangan kulit = 3S10

c. Pelat

- Dimensi = 5000 mm × 5000 mm × 200 mm
- Tebal selimut beton = 50 mm
- Tulangan lentur sisi bawah x = 5S13 - 190 mm
- Tulangan lentur sisi atas x = 5S13 - 190 mm
- Tulangan lentur sisi bawah y = 5S13 - 190 mm
- Tulangan lentur sisi atas y = 5S13 - 190 mm

d. Pile Cap

- Dimensi = 1300 mm × 1300 mm × 1500 mm
- Tebal selimut beton = 75 mm
- Tulangan lentur sisi bawah = 24S13 - 50 mm
- Tulangan lentur sisi atas = 24S13 - 50 mm

- Tulangan dowel = 17D25, perpanjangan = 500 mm

- Tulangan spiral = S16 - 50 mm

5. Detail elemen struktur *trestle* adalah sebagai berikut:

a. Tiang pancang

- Diameter = 508 mm
- Tebal = 12 mm

b. Balok

- Dimensi = 6000 mm × 325 mm × 650 mm
- Tebal selimut beton = 75 mm
- Tulangan lentur sisi bawah = 3S25
- Tulangan lentur sisi atas = 3S29
- Tulangan sengkang = S10 – 275
- Tulangan kulit = 3S10

c. Pelat

- Dimensi = 6000 mm × 6000 mm × 150 mm
- Tebal selimut beton = 50 mm
- Tulangan lentur sisi bawah x = 5S10 - 200 mm
- Tulangan lentur sisi atas x = 5S10 - 200 mm
- Tulangan lentur sisi bawah y = 5S10 - 200 mm
- Tulangan lentur sisi atas y = 5S10 - 200 mm

d. Pile Cap

- Dimensi = 1000 mm × 1000 mm × 1000 mm
- Tebal selimut beton = 75 mm
- Tulangan lentur sisi bawah = 12S13 - 60 mm

- Tulangan lentur sisi atas = 13S13 - 60 mm
- Tulangan dowel = 11D25, perpanjangan = 500 mm
- Tulangan spiral = S16 - 50 mm

6. Detail elemen struktur *breasting dolphin* adalah sebagai berikut:

a. Tiang pancang

- Diameter = 711,12 mm
- Tebal = 14 mm

b. Pile Cap

- Dimensi = 3500 mm × 3500 mm × 1500 mm
- Tebal selimut beton = 65 mm
- Tulangan lentur sisi bawah = 39S16 - 90 mm
- Tulangan lentur sisi atas = 39S16 - 90 mm
- Tulangan dowel = 20D29, perpanjangan = 600 mm
- Tulangan spiral = S16 - 50 mm

7. Detail elemen struktur *mooring dolphin* adalah sebagai berikut:

a. Tiang pancang

- Diameter = 609,6 mm
- Tebal = 16 mm

b. Pile Cap

- Dimensi = 3000 mm x 3000 mm × 1500 mm
- Tebal selimut beton = 65 mm
- Tulangan lentur sisi bawah = 39S16 - 75 mm
- Tulangan lentur sisi atas = 39S16 - 75 mm

- Tulangan dowel = 20D25, perpanjangan = 500 mm
- Tulangan spiral = S16 - 50 mm

8. Detail elemen struktur *catwalk* adalah sebagai berikut:

a. Tiang pancang

- Diameter = 355,6 mm
- Tebal = 12 mm

b. Pile Cap

- Dimensi = 1200 mm x 1200 mm × 1200 mm
- Tebal selimut beton = 65 mm
- Tulangan lentur sisi bawah = 13D13 - 58 mm
- Tulangan lentur sisi atas = 13D13 - 58 mm
- Tulangan dowel = 8D13, perpanjangan = 300 mm
- Tulangan spiral = D13 - 30 mm

9. Kedalaman rencana pemancangan pondasi dermaga adalah sebagai berikut:

- *Loading platform* = 14,58 m dari dasar laut
- *Trestle* = 6,12 m dari dasar laut
- *Breasting dolphin* = 10,77 m dari dasar laut
- *Mooring dolphin* = 7,16 m dari dasar laut

Saran yang dapat diberikan dari pengerjaan tugas akhir ini antara lain:

#### DAFTAR PUSTAKA

British Standard. (1994). *BS 6349-4*. London: BSI.

British Standard. (2000). *BS 6349-1, Incorporating Amendment No. 1*. London: BSI.

British Standard. (2010). *BS 6349-2, Incorporating Corrigendum No. 1*. London: BSI.

GmbH, F. M. (2010). *Fentek Marine Fendering System*. Rigmarine..

*SNI 03-1729-2015 Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*. (2015). Jakarta: BSN.

*SNI 1726:2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. (2019). Jakarta: BSN.

*SNI 2052:2017 Baja Tulangan Beton*. (2017). Jakarta: BSN.

*SNI 2847:2019 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung*. (2019). Jakarta: BSN.

Trelleborg AB. (2018). *Bollard PProduct Brochure*. Trelleborg: Trelleborg AB.