

Perencanaan Dermaga Pupuk NPK di Tersus PT. Pupuk Kalimantan Timur untuk Kapal Bulk Carrier dengan Kapasitas 10.000 DWT

Muhammad Dwi Nugroho, Fuddoly, dan Cahya Buana
Departemen Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
e-mail: cahya_b@ce.its.ac.id

Abstrak—Indonesia merupakan produsen pupuk terbesar di Asia dengan total aset pada tahun 2015 sebesar Rp. 93,13 triliun dan total kapasitas produksi pupuk mencapai 13,1 juta ton per-tahun. Dengan adanya rencana pengembangan fasilitas di tersus PT. Pupuk Kaltim yaitu dengan membangun dermaga khusus pupuk NPK. Pengembangan ini diharapkan dapat membantu proses distribusi pupuk NPK dengan efektif, efisien, dan cepat. Dermaga yang direncanakan adalah dermaga jenis quadrant shiploader untuk kapasitas kapal 10.000 DWT. Perencanaan dermaga ini telah diwujudkan dalam bentuk rencana pengembangan dermaga. Namun untuk mewujudkan pembangunan tersebut diperlukan detail engineering desain yang meliputi sistem fender dan boulder, perencanaan trestle, pivot, loading platform, mooring dolphin, breasting dolphin, catwalk, pemancangan, dan detail penulangan. Selain detail engineering desain, perlu ditinjau juga terhadap kedalaman air pada alur masuk tersus PT. Pupuk Kaltim. Untuk pengerjaan pembeconan pada penelitian ini direncanakan menggunakan beton konvensional atau cor in situ, namun dalam metode pelaksanaannya, pihak kontraktor dapat mengupayakan menggunakan sistem pracetak namun tetap mengacu pada desain yang telah direncanakan pada penelitian ini. Perencanaan dermaga tidak hanya mencakup perencanaan fasilitas laut serta perencanaan struktur dermaga saja. Selain itu perlu juga direncanakan terkait metode pelaksanaan pembangunan dana dalam perencanaan dermaga juga harus ditinjau terkait rencana anggaran biaya dari dermaga tersebut. Dari hasil analisis perhitungan didapatkan kebutuhan dermaga dengan dimensi trestle sebesar $4 \times 50 \text{ m}^2$, pivot $8 \times 14 \text{ m}^2$, loading platform $3 \times 82 \text{ m}^2$, mooring dolphin $3,8 \times 3,8 \text{ m}^2$, breasting dolphin sebesar $4,8 \times 4,8 \text{ m}^2$. Rencana anggaran biaya untuk pembangunan dermaga ini adalah sebesar Rp.75.959.142.300,-

Kata Kunci—Trestle, Pivot, Loading Platform, Mooring Dolphin, Breasting Dolphin, Catwalk, Sistem Konvensional, Metode Pelaksanaan, Rencana Anggaran Biaya.

I. PENDAHULUAN

INDONESIA merupakan produsen pupuk terbesar di Asia dengan total aset pada tahun 2015 sebesar Rp. 93,13 triliun dan total kapasitas produksi pupuk mencapai 13,1 juta ton per-tahun [1]. Hal ini sangat masuk akal mengingat Indonesia merupakan negara agraria sehingga dalam prosesnya sangat membutuhkan pupuk yang akan memberikan nutrisi tambahan agar tanaman tumbuh subur. Salah satu perusahaan yang



Gambar 1. Lokasi Perencanaan Dermaga NPK.

memproduksi yaitu PT. Pupuk Kalimantan Timur yang memproduksi pupuk urea, NPK (Natrium, Posfor, Kalium), dan industri kimia lainnya. Perusahaan berlokasi di Bontang, provinsi Kalimantan Timur dengan kepemilikan saham PT. Pupuk Indonesia (Persero) 99,99% [2].

Untuk memenuhi penugasan Pemerintah kepada PT Pupuk Indonesia (Persero) yang merupakan pemilik saham dari PT. Pupuk Kalimantan Timur dalam pemenuhan suplai pupuk NPK bersubsidi di dalam negeri dan NPK non subsidi ke luar negeri [2].

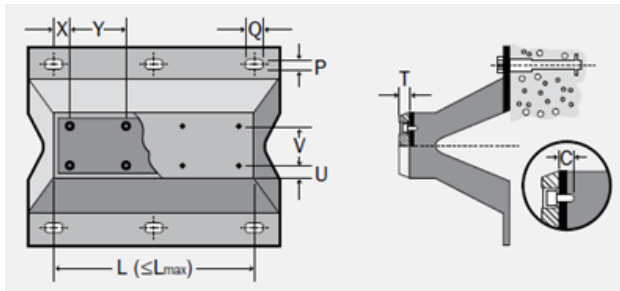
Oleh karena itu dengan terus banyaknya produksi dan distribusi yang dilakukan dan karena kondisi saat ini di Tersus (Terminal Untuk Kepentingan Khusus) PT. Pupuk Kaltim belum memiliki sarana khusus loading bahan baku pupuk NPK dan juga PT. Pupuk Kaltim berencana meningkatkan produksi pupuk NPK dalam skala besar, sehingga diperlukan pembangunan dermaga NPK pada tersus PT. Pupuk Kaltim. Dalam penggunaannya, dermaga NPK diharapkan akan membantu proses loading pupuk jenis NPK di tersus PT. Pupuk Kaltim dalam skala yang besar [2].

Dalam perencanaan dermaga untuk loading pupuk NPK perlu dipertimbangkan berdasarkan karakteristik dari bahan pupuk (*Phosphate*). *Phosphate* adalah bahan baku utama industri pupuk. Sangat berdebu dan menyerap kelembapan dengan sangat cepat yang berarti sangat pekat dengan air. Faktor penyimpanan rata-rata adalah sebesar $0,92 \text{ m}^3$ sampai 1 m^3 per metrik ton dan semua pengiriman dalam bentuk konsentrat bubuk (Velsink, 1994). Dengan karakteristik pupuk tersebut, diperlukan suatu perencanaan sistem *loading* yang bisa menghindari air, lebih cepat dan mempermudah pekerjaan. Sehingga perlu menggunakan alat bantu loading bahan baku pupuk yaitu *ship loader* dan *belt conveyor* untuk dermaga NPK [3].

Lokasi perencanaan dermaga NPK di tersus PT. Pupuk Kaltim untuk kapal *bulk carrier* kapasitas 10.000 DWT ini adalah di Bontang, Provinsi Kalimantan Timur. Lokasi perencanaan secara terperinci ditunjukkan oleh Gambar 1. Lokasi pengembangan berada pada koordinat Garis Lintang $0^{\circ}10'18.87''\text{U}$ dan Garis Bujur $117^{\circ}29'16.29''\text{T}$.

Tabel 2.
Rekapitulasi Layout Perairan

No.	Fasilitas Perairan	Rencana Awal	Evaluasi	Digunakan
1	Areal Penjangkaran	Radius	- m	262 m
		Jumlah	- buah	4 buah
		Kedalaman	- mLWS	-17 mLWS
		Lebar	23 m	52 m
2	Alur Masuk	Stopping Distance	- m	65 m
		Kedalaman	-8,3 mLWS	-8,3 mLWS
		Jari-Jari Tikungan	- m	56 m
3	Kolam Putar	Diameter	500 m	26 m
		Kedalaman	- mLWS	-8,3 mLWS
		Lebar	- m	86 m
4	Kolam Dermaga	Panjang	- m	163 m
		Kedalaman	- m	-8,3 m



Gambar 2. ANP Arch Fender 1000 .
(Sumber : trelleborg fender and bollard.)



Gambar 3. Tee Bollard 60 Ton.
(Sumber : trelleborg fender and bollard.)

II. URAIAN PENELITIAN

A. Tahap Persiapan

Tahap persiapan merupakan rangkaian kegiatan sebelum memulai pengumpulan dan pengolahan data. Tahap persiapan ini dilakukan dengan tujuan untuk mengefektifkan waktu dan mempermudah pengerjaan. Adapun tahap persiapan meliputi perumusan dan identifikasi masalah, penentuan kebutuhan data dan studi lapangan dengan menggunakan *Google Earth* untuk mengetahui lokasi perencanaan pengembangan dermaga NPK di tersus PT. Pupuk Kaltim.

B. Studi Literatur

Studi literatur bertujuan untuk mengetahui dasar teori dan rumus-rumus yang digunakan dalam perencanaan. Literatur yang digunakan didapatkan dari jurnal, peraturan-peraturan, buku dan internet.

C. Pengumpulan Data

Untuk melakukan analisa perhitungan dalam perencanaan dermaga, maka dibutuhkan data-data penunjang. Data yang diperlukan untuk melakukan analisa layout perairan dan daratan meliputi data peta batimetri dan data pasang surut perairan sekitar lokasi perancangan. Adapun data yang digunakan untuk merencanakan struktur dari dermaga meliputi data angin untuk peramalan gelombang, data arus untuk

Tabel 1.
Rekapitulasi Layout Daratan

No	Komponen	Dimensi			
1	Loading Platform	Panjang	82 m		
		Lebar	3 m		
		Elevasi	+3,70 m		
		Jarak MD - MD (Inner)	166,5 m		
		Jarak MD - MD (Outer)	102,5 m		
2	Mooring Dolphin	Panjang	3,8 m		
		Lebar	3,8 m		
		Tebal	1 m		
		Elevasi	+3,70 m		
		Jarak BD-BD	25 m		
3	Breasting Dolphin	Panjang	4,8 m		
		Lebar	4,8 m		
		Tebal	1 m		
		Elevasi	+3,70 m		
4	Catwalk 1	Panjang	9,7 m		
		Catwalk 2	Panjang	12,8 m	
			Catwalk 3	Panjang	13,7 m
				Catwalk 4	Panjang
5	Pivot	Panjang	14 m		
		Lebar	18 m		
		Elevasi	+3,70 m		
6	Trestle	Panjang	50 m		
		Lebar	4 m		
		Elevasi	+3,70 m		

pembebanan struktur dan data tanah untuk perencanaan pondasi dermaga.

D. Tahap Perencanaan

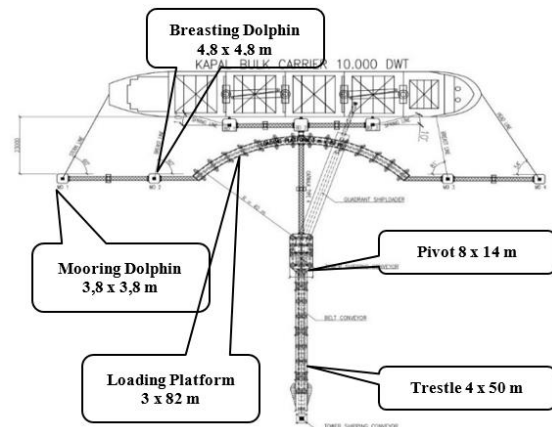
Setelah semua data yang dibutuhkan telah terkumpul, maka selanjutnya dapat dilakukan perencanaan. Adapun perencanaan yang dilakukan meliputi kriteria desain, layout perairan dan daratan, perencanaan struktur, metode pelaksanaan dan perhitungan rencana anggaran biaya.

Tahapan kriteria desain meliputi jenis kapal yang digunakan, alat berat yang digunakan, penentuan kualitas material dan bahan, perencanaan *fender* dan perencanaan *bollard*. Kapal yang digunakan dalam perencanaan dermaga pupuk NPK ini adalah kapal *bulk carrier* dengan kapasitas 10.000 DWT, sedangkan alat berat yang digunakan adalah *belt conveyor* dan *quadrant radial shiploader*. Untuk kualitas bahan dan material digunakan kualitas beton K 350 dengan dan kualitas baja U-39. Material tiang pancang menggunakan tiang pancang jenis SPP 812,16 mm dari PT. Swarna Bajapacific. Tahapan selanjutnya adalah perencanaan fender dengan melakukan perhitungan energi dari tumbukan kapal yang telah dikalikan dengan *safety factor* dari kapal *bulk carrier* menjadi energi abnormal kapal (E_{AB}), setelah didapatkan energi abnormal kapal, dicari dalam brosur energi *fender* yang lebih besar dari energi abnormal kapal. Perencanaan *bollard* hanya memperhatikan nilai *displacement tonnage* dari kapal *bulk carrier* lalu dicari ditabel spesifikasi *bollard*.

Tahapan pertama evaluasi layout perairan dan daratan adalah menentukan lokasi dari dermaga yang akan kita

Tabel 3.
Rekapitulasi Momen Maksimum Pelat

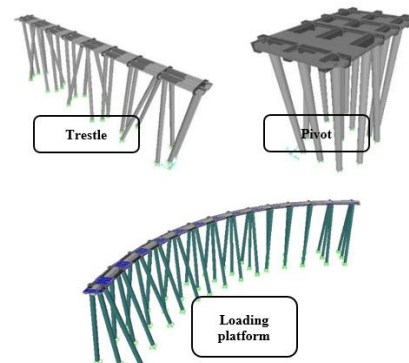
Elemen Struktur	Lx	Ly	Ly/Lx	Koefisien X		Momen (kg.m)		
				Mati	Hidup	Total		
Pelat Tipe 1 Trestle	1,4	5,4	3,9	Mlx	63	85,2	191,4	408,47
	1,4	5,4	3,9	Mly	13	17,6	39,5	84,29
	1,4	5,4	3,9	Mtx	63	-85,2	-191,4	-408,47
Pelat Tipe 1 Pivot	1,4	5,4	3,9	Mty	38	-51,4	-115,4	-246,38
	2,4	4,4	1,8	Mlx	36	2216,7	321,4	3174,27
	2,4	4,4	1,8	Mly	36	2216,7	321,4	3174,27
Pelat Tipe 1 LP	2,4	4,4	1,8	Mtx	36	-2216,7	-321,4	-3174,27
	2,4	4,4	1,8	Mty	36	-2216,7	-321,4	-3174,27
	0,9	5,4	5,7	Mlx	63	31	173,4	314,65
Pelat Tipe 1 LP	0,9	5,4	5,7	Mly	13	6,4	35,8	64,93
	0,9	5,4	5,7	Mtx	63	-31	-173,4	-314,65
	0,9	5,4	5,7	Mty	16	-18,7	-104,6	-189,79



Gambar 4. Layout Daratan.

Tabel 4.
Rekapitulasi Kebutuhan Tulangan Pelat

Elemen Struktur	Arah	M (t.m)	As		Pasang
			perlu (cm ²)	pasang (cm ²)	
Pelat Tipe 1 Trestle	Mlx	0,408	2,097	6,633	D13-200
	Mly	0,084	-	-	D13-300
	Mtx	-0,408	2,097	6,633	D13-200
	Mty	-0,246	-	-	D13-300
Pelat Tipe 1 Pivot	Mlx	5,29	15,386	20,096	D16-100
	Mly	3,086	9,17	16,746	D16-150
	Mtx	-5,29	15,386	20,096	D16-100
	Mty	-3,086	9,17	16,746	D16-150
Pelat Tipe 1 LP	Mlx	0,315	1,936	3,925	D10-200
	Mly	0,064	-	-	D10-300
	Mtx	-0,315	1,936	3,925	D10-200
	Mty	-0,189	-	-	D10-200



Gambar 5. Pemodelan Struktur.

rencanakan, dapat dilihat dari data peta batimetri. Setelah itu direncanakan layout perairan meliputi areal pengankuran, alur masuk, kolam putar, dan kolam dermaga, sedangkan perencanaan layout daratan meliputi elevasi dermaga, dimensi *trestle*, *pivot*, *loading platfotm*, *mooring dolphin*, *breasting dolphin*, dan *catwalk*.

Selanjutnya dilakukan perencanaan struktur dermaga NPK. Langkah pertama dalam perencanaan stuktur dermaga adalah menentukan dimensi dari pelat, balok, dan poer. Setelah itu dilakukan pemodelan struktur dengan *software* SAP2000 yang nantinya output dari hasil pemodelan digunakan untuk perhitungan tulangan balok, pelat, dan poer. Setelah itu dilakukan perencanaan tiang pancang dengan. Tahapan pertama adalah memilih *output* gaya-gaya dalam maksimum dari tiang pancang yang telah dimodelkan. Lalu untuk menentukan kedalaman tiang pancang adalah dengan cara memplot hasil gaya aksial maksimum dari tiang pada grafik kedalaman dan daya dukung yang telah dihitung pada pada pengolahan data tanah.

Perencanaan metode pelaksanaan meliputi tahapan-tahapan pekerjaan untuk membangun dermaga NPK, alat berat yang digunakan, dan pengetesan material saat pelaksanaan yang berlanjut pada perhitungan rencana anggaran biaya pembangunan dermaga pupuk NPK.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Perencanaan Fender dan Bollard

Dengan $E_{AB}=17,29$ tm, maka direncanakan untuk menggunakan sistem fender tunggal dari ANP Arch Fender 800 E 1.0 dengan data-data sebagai berikut:

Energi	= 18,05 ton.m (> 17,29 ton.m)
Reaksi	= 53,69 ton

$$\text{Berat fender} = 871 \text{ kg}$$

Detail dari *fender* dapat dilihat pada Gambar 2.

Dari spesifikasi kapal didapat gaya tarik maksimal pada bollard adalah 100 ton sehingga dipilih tipe *Dockside Bollard Type Tee* dengan spesifikasi sebagai berikut :

Kapasitas tarik bollard	= 60 ton
Jumlah baut	= 7 buah
Diameter baut	= 2,5 in

Detail dari *bollard* dapat dilihat pada Gambar 3.

B. Evaluasi Layout Perairan dan daratan

Evaluasi layout perairan dermaga NPK mengacu pada KM No, 63 Tahun 2012 mengenai rencana induk pengembangan PT. Pupuk Kalimantan Timur. Hal ini dilakukan untuk mengetahui rencana awal layout perairan yang kemudian akan dianalisis agar sesuai dengan perencanaan dermaga pupuk NPK. Selanjutnya direncanakan layout perairan dermaga pupuk NPK yang meliputi Areal Penjangkaran, alur masuk, *stopping distance*, kolam putar dan kolam dermaga. Tabel 1 menunjukkan perbandingan hasil evaluasi antara layout rencana awal dan layout perairan yang telah dievaluasi.

Setelah layout perairan dievaluasi, maka layout daratan dapat direncanakan. Layout daratan yang direncanakan meliputi elevasi dermaga, jarak antara *berasting dolphin*, jarak antara *mooring dolphin*, dimensi *trestle*, dimensi *pivot*, dimensi *loading platform*, dimensi *mooring dolphin*, dan dimensi *bresating dolphin*. Hasil perencanaan dapat dilihat pada Tabel 2 dan Gambar 4.

C. Perencanaan Struktur Dermaga

Langkah pertama dalam merencanakan struktur dermaga adalah merencanakan struktur sekunder yaitu pelat lantai. Komponen struktur yang menggunakan struktur pelat adalah *trestle*, *pivot*, dan *loading platform*. Peraturan yang digunakan dalam perencanaan struktur pelat yaitu PBT 1971. Menurut

PBI momen tumpuan dan momen lapangan menggunakan persamaan 1 dan Persamaan 2 [4].

Tabel 5.

Output Gaya-Gaya Dalam Loading Platform

Struktur	Gaya	Kombinasi	Besar	Satuan	
Balok Memanjang 80/80	P (tekan)	COMB4	-0,176	t	
	P (tarik)	COMB4	0,143	t	
	M3 (tump)	COMB4	72,573	tm	
	M3 (lap)	COMB2	68,723	tm	
	V2	COMB4	65,912	t	
	T	COMB3	4,854	tm	
	Deformasi	COMB2	0,657	mm	
	P (tekan)	COMB4	-0,112	t	
	P (tarik)	COMB4	0,078	t	
	Balok Memanjang 30/50	M3 (tump)	COMB4	8,587	tm
M3 (lap)		COMB2	5,104	tm	
V2		COMB4	6,862	t	
T		COMB3	0,221	tm	
Deformasi		COMB2	0,224	mm	
P (Tekan)		COMB4	-0,121	t	
P (Tarik)		COMB4	0,143	t	
Balok Melintang 60/90		M3 (Tump)	COMB4	26,756	tm
		M3 (Lap)	COMB2	34,141	tm
		V2	COMB4	43,469	t
	T	COMB4	10,658	tm	
	Deformasi	COMB2	0,456	mm	
	P (tekan)	COMB4	-	t	
	P (tarik)	COMB4	-	-	
	Tiang Pancang	M2	COMB4	63,421	tm
		M3	COMB2	57,273	tm
		V2	COMB4	32,956	t
V3		COMB3	23,782	t	
Deformasi		COMB2	0,41	cm	
Displacement		U1	COMB4	126,37	t

Tabel 8.

Output Gaya-Gaya Dalam Pivot

Struktur	Gaya	Kombinasi	Besar	Satuan	
Balok Memanjang 60/90	P (tekan)	COMB4	-0,145	t	
	P (tarik)	COMB4	0,223	t	
	M3 (tump)	COMB4	27,423	tm	
	M3 (lap)	COMB2	17,728	tm	
	V2	COMB4	37,036	t	
	T	COMB3	10,19	tm	
	Deformasi	COMB2	0,287	mm	
	P (tekan)	COMB4	-0,012	t	
	P (tarik)	COMB4	0,045	t	
	Balok Melintang 60/90	M3 (tump)	COMB4	24,928	tm
M3 (lap)		COMB2	19,832	tm	
V2		COMB4	16,784	t	
T		COMB3	2,291	tm	
Deformasi		COMB2	0,124	mm	
P (tekan)		COMB4	138,228	t	
P (tarik)		COMB4	-	-	
Tiang Pancang		M2	COMB4	56,225	tm
		M3	COMB2	74,639	tm
		V2	COMB4	21,372	t
	V3	COMB3	18,562	t	
	Deformasi	COMB2	0,089	mm	
	Displacement	U1	COMB4	0,029	m

$$M_l = 0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot x \tag{1}$$

$$M_t = -0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot x \tag{2}$$

Dimana :

- M_l = momen lapangan pelat (tm)
- M_t = momen tumpuan pelat (tm)
- q = beban terbagi rata pelat (t/m)
- l_x = panjang bentang pendek pelat (m)
- x = koefisien dari Tabel 13.3.1 PBI 1971

Berdasarkan persamaan diatas didapat hasil momen maksimum pelat pada *trestle*, *pivot*, dan *loading platform*, dapat dilihat pada Tabel. 3.

Momen maksimum ddigunakan untuk menghitung penulangan pada pelat menggunakan penulangan lentur cara "n" yang disesuaikan kepada PBI 1971 oleh Ir. Wiratman W. Dapat dilihat pada persamaan 3.

Tabel 6.

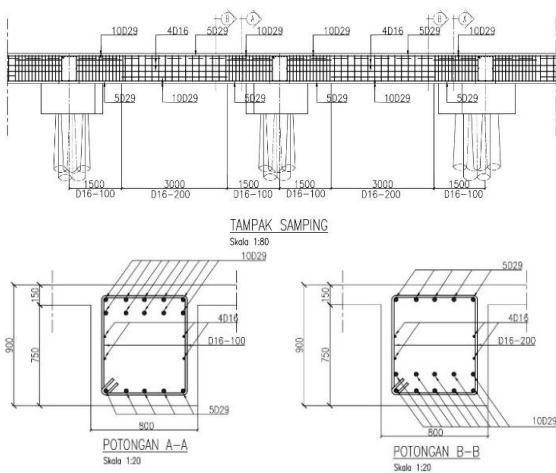
Penulangan Lentur Tarik Balok

Struktur	Posisi	Momen (M) (Ton.m)	Tulangan Lentur		
			As Tarik (cm ²)	As Pakai (cm ²)	Jumlah Tulangan
Trestle	Balok Tumpuan	24,3	18,13	22,79	6D22
	Memanjang 60/90 Lapangan	11,7	8,54	15,20	4D22
	Balok Tumpuan	19,7	14,51	22,79	6D22
	Melintang 60/90 Lapangan	28,7	22,03	22,79	6D22
	Balok Tumpuan	27,4	20,69	22,79	6D22
	Memanjang 60/90 Lapangan	17,7	13,56	15,20	4D22
Pivot	Balok Tumpuan	24,9	18,10	22,80	6D22
	Melintang 60/90 Lapangan	19,8	14,36	15,19	4D22
	Balok Tumpuan	72,6	57,10	66,02	10D29
	Memanjang 80/90 Lapangan	68,7	53,38	66,02	10D29
	Balok Tumpuan	8,6	12,30	17,00	6D19
	Memanjang 30/50 Lapangan	5,1	7,10	11,34	4D19
Loadin Platform	Balok Tumpuan	26,8	17,73	22,80	6D22
	Melintang 60/90 Lapangan	34,1	22,80	30,40	8D22

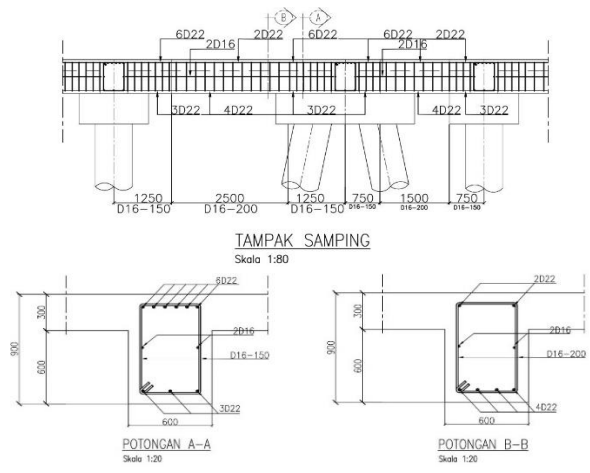
$$Ca = \frac{h}{\sqrt{\frac{n \cdot x \cdot M}{b \cdot x \cdot \sigma'_a}}} \tag{3}$$

Dimana :

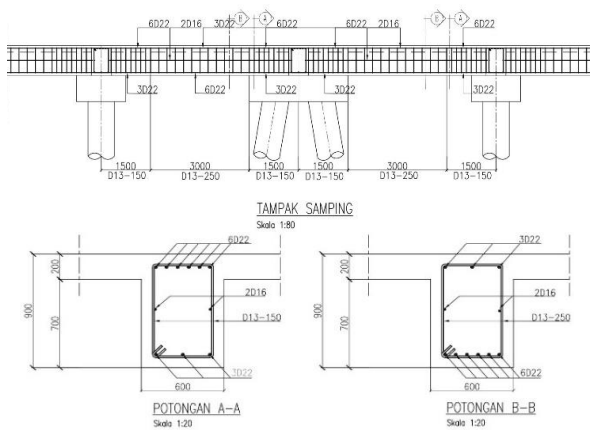
- Ca = Koefisien Penampang
- h = Tinggi manfaat penampang
- b = Lebar penampang (pelat = 1000 mm)
- M = Momen ultimate



Gambar 6. Detail Penulangan Balok Loading Platform.



Gambar 8. Detail Penulangan Balok Pivot.



Gambar 7. Detail Penulangan Balok Trestle.

n = Angka ekivalensi baja beton
 σ'_a = Tegangan ijin baja (tbl 10.4.1 PBI'71)

Setelah didapat nilai C_a , dengan melihat tabel perhitungan lentur cara "n", didapat nilai ϕ , $100n\omega$, dan ω . Sehingga dapat dihitung kebutuhan tulangan dengan persamaan 4. Untuk $\delta = 0$.

$$A_s = \omega \times b \times h \quad (4)$$

Dimana :

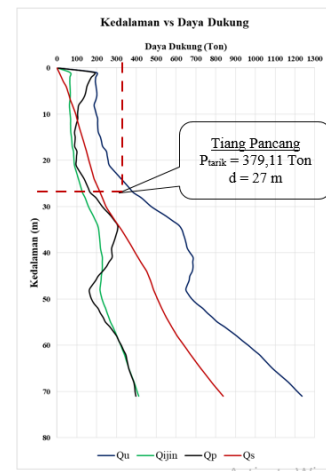
δ = Perbandingan luas luas tulangan tekan A' dengan luas tulangan tarik A

Dari persamaan tersebut didapat kebutuhan tulangan pelat yang dilihat pada Tabel 4.

Tahapan selanjutnya dalam perencanaan struktur adalah perencanaan struktur primer yaitu struktur balok. Perencanaan balok dilakukan dengan melakukan preliminary design dan pemodelan struktur pada SAP2000 pada struktur trestle, pivot, dan loading platform yang dapat dilihat pada Gambar 5.

Setelah dilakukan pemodelan struktur, didapat output hasil running program SAP 2000 yang dapat dilihat pada Tabel 5, Tabel 6, dan Tabel 7.

Output hasil running SAP2000 digunakan untuk perhitungan struktur utama seperti balok dan tiang pancang. Untuk perhitungan balok, sama seperti perhitungan tulangan lentur pada pelat menggunakan lentur cara "n", namun yang membedakan pada balok menggunakan nilai $\delta = 0,4$. Rekapitulasi penulangan balok dapat dilihat pada Tabel 8, Tabel 9, dan Tabel 10. Contoh gambar penulangan balok dapat dilihat pada Gambar 6, Gambar 7. Dan Gambar 8.



Gambar 9. Kedalaman vs Daya Dukung.

Dalam merencanakan kedalaman tiang pancang. Dari hasil output SAP2000 didapat nilai P_u tiang pancang. Hasil tersebut digunakan untuk menentukan kedalaman tiang pancang yang akan di plotkan pada grafik kedalaman vs daya dukung, contoh dilakukan ada struktur loading platform dengan nilai P_u tekan sebesar 126,37 ton. Kemudian nilai tersebut di plotkan pada grafik seperti terlihat pada Gambar 9.

Untuk tiang tekan :

$$Q_p = 126,37 \times 3 = 379,11 \text{ Ton}$$

Dengan gaya tekan tersebut maka dibutuhkan kedalaman tiang minimum sedalam -27 m di bawah seabed atau -36 mLWS.

Setelah dilakukan perencanaan struktur trestle, pivot, dan loading platform, selanjutnya direncanakan struktur mooring dolphin dan breasting dolphin. Perencanaan secara prinsip sama seperti pada elemen struktur sebelumnya, namun untuk mooring dolphin dan breasting dolphin hanya terdiri dari poer dan tiang pancang. Untuk menghitung kebutuhan penulangan dilakukan pemodelan struktur yang dapat dilihat pada Gambar 10. Output hasil running program SAP2000 dapat dilihat pada Tabel 11 dan Tabel 12.

Dari output Tabel 11 dan 12 dapat dihitung kebutuhan tulangan poer yang dapat dilihat pada Tabel 13 dan Gambar 11 dan Gambar 12. Nilai P Tekan dan P tarik pada Tabel 11 dan Tabel 12 digunakan untuk menentukan kedalaman tiang pancang.

Tabel 9.
Penulangan Lentur Tekan Balok

Struktur	Posisi	Tulangan Lentur Tulangan Tekan			Jumlah Tulangan
		As Tarik (cm ²)	As Pakai (cm ²)		
Trestle	Balok Memanjang 60/90	Tumpuan	9,12	11,40	3D22
		Lapangan	6,08	7,60	2D22
	Balok Melintang 60/90	Tumpuan	9,12	11,40	3D22
		Lapangan	9,12	11,40	3D22
Pivot	Balok Memanjang 60/90	Tumpuan	9,12	11,40	3D22
		Lapangan	6,08	7,60	2D22
	Balok Melintang 60/90	Tumpuan	9,12	11,40	3D22
		Lapangan	6,08	7,60	2D22
Loading Platform	Balok Memanjang 30/50	Tumpuan	26,41	33,01	5D29
		Lapangan	26,41	33,01	5D29
	Balok Melintang 60/90	Tumpuan	6,80	8,50	3D19
		Lapangan	4,53	5,67	2D19

Tabel 10.
Penulangan Geser Balok

Struktur	Posisi	Tulangan Geser			
		rb	As Min (Cm)	Jarak Sengkang	
Trestle	Balok Memanjang 60/90	Tump 1/4L	4,23	22,24	D13-100
		Tump >1/4L	3,68	44,48	D13-200
	Balok Melintang 60/90	Tump 1/4L	4,33	21,48	D13-100
		Tump >1/4L	3,80	42,96	D13-200
Pivot	Balok Memanjang 60/90	Tump 1/4L	3,09	27,09	D13-150
		Tump >1/4L	1,50	54,19	D13-200
	Balok Melintang 60/90	Tump 1/4L	6,66	18,60	D16-150
		Tump >1/4L	3,33	37,20	D16-200
Loading Platform	Balok Memanjang 30/50	Tump 1/4L	8,89	10,45	D16-100
		Tump >1/4L	4,45	20,90	D16-200
	Balok Melintang 60/90	Tump 1/4L	1,23	39,21	D10-200
		Tump >1/4L	0,62	78,42	D10-300

Hasil analisa gaya dalam yang terjadi pada tiang pancang dapat dilihat pada Gambar 11.

$$Q_p = SF \times P \text{ tarik}$$

$$= 3 \times 78,43 \text{ Ton}$$

$$= 235,299 \text{ Ton}$$

Dengan gaya tarik tersebut maka dibutuhkan kedalaman tiang minimum sedalam 24 m dibawah seabed atau -33 m LWS

$$Q_p = SF \times P \text{ tekan}$$

$$= 3 \times 108,616 \text{ Ton}$$

$$= 325,848 \text{ Ton}$$

Dengan gaya tekan tersebut maka dibutuhkan kedalaman tiang minimum sedalam 27 m dibawah seabed atau -36 m LWS. Sehingga kedalaman breasting dolphin dapat ditentukan yaitu -36 m LWS.

Perencanaan struktur selanjutnya adalah struktur *catwalk* yang berfungsi sebagai struktur penghubung antar elemen struktur. Dilakukan dengan memodelkan pada SAP2000

Tabel 11.
Ouput Gaya-Gaya Dalam *Mooring Dolphin*

Struktur	Gaya	Kombinasi	Besar	Satuan
Poer	M11	COMB3	65,98	tm
	M22	COMB3	55,58	tm
	P (tekan)	COMB4	-100,88	t
	P (tarik)	COMB4	72,348	t
Tiang Pancang	M2	COMB4	62,63	tm
	M3	COMB2	66,12	tm
	V2	COMB4	6,496	t
Defleksi	V3	COMB3	5,487	t
	U1	COMB4	14,56	mm

Tabel 12.
Ouput Gaya-Gaya Dalam *Breasting Dolphin*

Struktur	Gaya	Kombinasi	Besar	Satuan
Poer	M11	COMB3	87,603	tm
	M22	COMB3	124,065	tm
	P (tekan)	COMB4	108,616	t
	P (tarik)	COMB4	74,532	t
Tiang Pancang	M2	COMB4	60,38	tm
	M3	COMB2	71,89	tm
	V2	COMB4	6,907	t
	V3	COMB3	14,36	t
Defleksi	U1	COMB4	23,87	mm

Tabel 13.
Penulangan *Poer Mooring Dolphin* dan *Breasting Dolphin*

Elemen Struktur	Tipe	Nilai Ca	Letak Tulangan	Tulangan Pasang
Mooring Dolphin	Poer Arah x	4,439	Tarik Samping	D22-100 5D22
	Poer Arah y	4,742	Tarik Samping	D25-200 5D22
Breasting Dolphin	Poer Arah x	3,84	Tarik Samping	D29-120 5D22
	Poer Arah y	3,142	Tarik Samping	D29-100 5D22

Tabel 14.
Ouput Gaya-Gaya Balok Utama

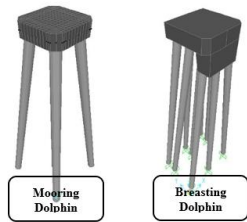
Frame	Beban	Kombinasi	Besar	Sat
56	P (Tarik)	1,2DL + 1,6LL	31647,44	kg
23	P (Tekan)	1,2DL + 1,6LL	2292,54	Kg
29	V	1,2DL + 1,6LL	4859,59	kg
26	M	1,2DL + 1,6LL	3867,87	kg.m
54	u	1,2DL + 1,6LL	2,54	mm

dengan dimensi balok utama CHS 219,1 mm dan dimensi balok rangka 114,3 mm dan *output* hasil runningnya digunakan untuk kontrol kekuatan dari struktur *catwalk*. Pemodelan Struktur dan *output* SAP2000 dapat dilihat pada Gambar 14, Tabel 14, dan Tabel 15.

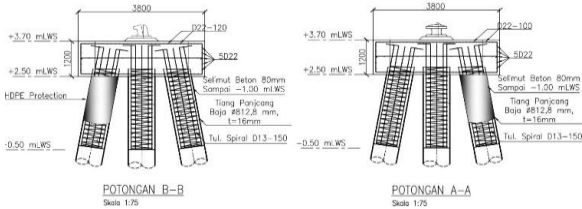
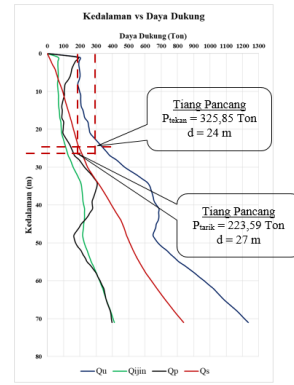
D. Metode Pelaksanaan

Dalam bab metode pelaksanaan ini, akan direncanakan metode pelaksanaan dari hasil perencanaan pada bab-bab sebelumnya yang meliputi :

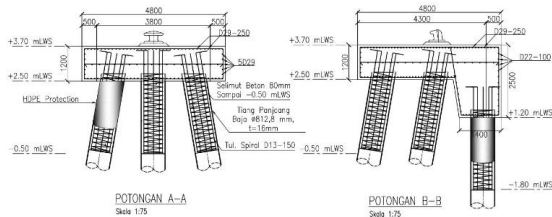
1. Metode pelaksanaan Dermaga (*Trestle, Pivot, Loading Platform, Mooring Dolphin, Breasting Dolphin*).
2. Metode pelaksanaan Catwalk.
 Dalam pelaksanaan struktur dermaga pupuk NPK, perencanaan dibagi menjadi 3 tahap:
 Tahap prakonstruksi
 Tahap konstruksi
 Tahap pasca konstruksi



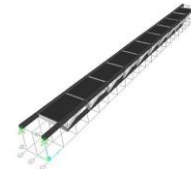
Gambar 10. Pemodelan Struktur.



Gambar 11. Penulangan Mooring Dolphin.



Gambar 12. Penulangan Breasting Dolphin.



Gambar 13. Pemodelan Struktur Catwalk.

Pekerjaan tahap konstruksi dapat dibagi menurut urutan pengerjaannya. Adapun tahap-tahap konstruksi adalah sebagai berikut :

- Pemancangan tiang pancang baja.
- Pemasangan selimut beton dan beton isi tiang.
- Metode pelaksanaan *poer*.
- Metode pelaksanaan balok dan pelat.
- Merode Pemasangan *fender* dan *bollard*.

E. Rencana Anggaran Biaya

Pekerjaan yang dihitung untuk perencanaan anggaran biaya meliputi pekerjaan persiapan, pekerjaan *mooring dolphin*, pekerjaan *breasting dolphin*, pekerjaan *trestle*, pekerjaan *pivot*, pekerjaan *loading platform*, pekerjaan *catwalk*.

Adapun hasil rekapitulasi perhitungan Rencana Anggaran Biaya dapat dilihat pada Tabel 16.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan keseluruhan hasil perencanaan diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

- Spesifikasi kapal rencana :**
 - DWT : 10.000 ton
 - Panjang kapal (LOA) : 130 m
 - Lebar kapal (B) : 18 m
 - D (*Depth*) : 10,3 m
 - Draft kapal : 7,5 m
- Struktur dermaga yang direncanakan terdiri dari *Trestle*, *Pivot*, *Loading Platform*, *Breasting Dolphin*, *Mooring Dolphin* dan *Catwalk*.
- Struktur *Trestle* direncanakan beton bertulang dengan spesifikasi :
 - Dimensi struktur : 4 x 50 m
 - Dimensi balok melintang : 60 x 90 cm
 - Dimensi balok memanjang : 60 x 90 cm
 - Tebal Pelat : 20 cm
 - Mutu beton : K – 350
 - Mutu baja : U – 32

- Poer* pancang tunggal : 150 x 150 x 80
 - Poer* pancang ganda : 300 x 150 x 80
 - Tiang pancang : Ø812,8 mm
- Struktur *Pivot* direncanakan beton bertulang dengan spesifikasi :
 - Dimensi struktur : 8 x 14 m
 - Dimensi balok melintang : 60 x 90 cm
 - Dimensi balok memanjang : 60 x 90 cm
 - Tebal Pelat : 30 cm
 - Mutu beton : K – 350
 - Mutu baja : U – 32
 - Poer* pancang tunggal : 150 x 150 x 80
 - Poer* pancang ganda : 300 x 150 x 80
 - Tiang pancang : Ø812,8 mm
 - Struktur *Loading Platform* direncanakan beton bertulang dengan spesifikasi :
 - Dimensi struktur : 3 x 82 m
 - Dimensi balok melintang : 60 x 90 cm
 - Dimensi balok memanjang : 80 x 90 cm
 - Tebal Pelat : 15 cm
 - Mutu beton : K – 350
 - Mutu baja : U – 32
 - Poer* pancang ganda : 410 x 160 x 90
 - Tiang pancang : Ø812,8 mm
 - Struktur *Breasting Dolphin* direncanakan beton bertulang dengan spesifikasi :
 - Dimensi struktur : 4,8 x 4,8 m
 - Tebal *poer* : 120 cm
 - Mutu beton : K – 350
 - Mutu baja : U – 32
 - Bollard* : Tee *Bollard* 60
 - Fender* : ANP 100
 - Tiang pancang : Ø812,8 mm
 - Kemiringan tiang : 6 : 1
 - Struktur *Mooring Dolphin* direncanakan beton bertulang dengan spesifikasi :
 - Dimensi struktur : 3,8 x 3,8 m
 - Tebal *poer* : 120 cm
 - Mutu beton : K – 350
 - Mutu baja : U – 32
 - Boulder* : Tee *Bolard* 60
 - Tiang pancang : Ø812,8 mm

Kemiringan tiang : 6 : 1
 5) Struktur Catwalk direncanakan sebagai struktur rangka
 Circular Hollow Section dengan spesifikasi:

Bentang Struktur : 9,7. 12,7, 13,7
 17, 7 m

Dimensi Balok memanjang : CHS 200 mm

Dimensi Balok melintang : CHS 100 mm

Lebar Pelat Injakan : 1,5 m

Pelat Injak : I Bar Grating

Jarak antar balok melintang : 2,0 m

Dimensi *Poer* Bangunan Bawah : 3,2 x 1,6 x 0,8

Rencana anggaran biaya yang diperlukan untuk
 pembangunan dermaga pupuk NPK di tersus PT. Pupuk
 Kaltim untuk kapal bulk carrier kapasitas 10.000 DWT sebesar

: Rp.75.959.142.300,- (*Tujuh Puluh Lima Milyar Sembilan
 Ratus Lima Puluh Sembilan Juta Seratus Empat Puluh Dua
 Ribu Tiga Ratus Rupiah*).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Standar Nasional Indonesia, “SNI-03-1726-2012-Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung,” 2012.
- [2] PT. Pupuk Kalimantan Timur, “Distribusi Pupuk NPK Subsidi dan Non Subsidi,” *pupukkaltim.com*, 2018. [Online]. Available: <http://pupukkaltim.com>.
- [3] Velsink, *Ports and Terminals Planning and Functional design*. 1994.
- [4] Panitia Pembaharuan Peraturan Beton Bertulang Indonesia, “Peraturan Beton Bertulang Indonesia,” *Lemb. Penyelid. Masal. Bangunan*, vol. 16, 1971.