

Perencanaan Dermaga LNG Kabupaten Maros Sulawesi Selatan

Fahmi Shofi Aulia, Fuddoly dan Dyah Iriani Widyastuti
Departemen Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
e-mail: dyah1961@gmail.com

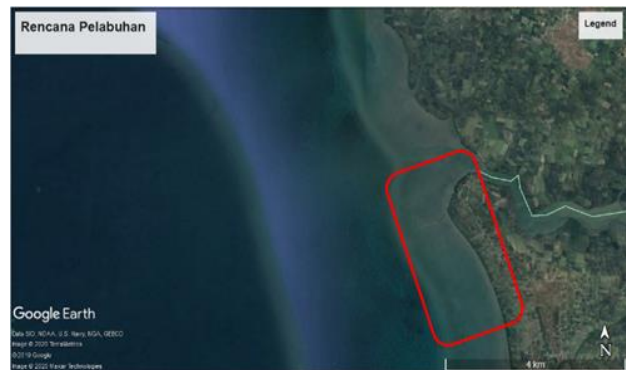
Abstrak—Indonesia merupakan Negara yang memiliki cadangan gas bumi yang besar. Sampai saat ini gas alam yang berasal di Indonesia diolah menjadi produk LNG (liquefied natural gas). LNG merupakan gas alam yang telah diolah kedalam bentuk cair yang telah dikondensasikan sampai suhu -161°C agar volume yang dihasilkan berkurang sampai $1/600$ dari fasa gasnya sehingga menjadi Natural gas. Pembangunan dermaga LNG di Kabupaten Maros untuk kapal 10.000 DWT merupakan solusi yang dapat memecahkan permasalahan pendistribusian untuk daerah daerah yang membutuhkan suplai gas, salah satu indikatornya adalah Maros merupakan daerah yang strategis, hal ini didukung dengan posisi Maros yang berada di tengah diantara daerah tujuan serta terletak pada Alur Laut Kepulauan Indonesia II sehingga kegiatan pendistribusian LNG dengan mudah dilakukan baik itu ke dalam maupun luar negeri. Untuk menunjang kegiatan operasional tersebut maka dibangunlah dermaga LNG dengan tahapan pembangunan dimulai dengan mengumpulkan dan menganalisa data yang dibutuhkan dimana data tersebut digunakan untuk mengevaluasi layout perairan dan daratan. Kemudian direncanakan detail struktur dermaga, metode pelaksanaan, dan rencana anggaran biaya. Hasil dari perencanaan struktur dermaga LNG berupa unloading platform (22 m x 19 m), breasting dolphin (5,4 m x 5,2 m), mooring dolphin (4 m x 4 m), dan catwalk (7 m, 16 m, 28 m). Metode pelaksanaan yang digunakan menggunakan metode in-situ (in place). Dan dengan estimasi biaya Rp. 49.843.444.000 (Empat puluh sembilan miliar delapan ratus empat puluh tiga juta empat ratus empat puluh empat ribu rupiah).

Kata Kunci—Dermaga, Kapal 10.000 DWT, LNG, Struktur Dermaga.

I. PENDAHULUAN

INDONESIA merupakan salah satu negara yang memiliki cadangan gas bumi yang besar. Gas alam yang berada di Indonesia menunjukkan suatu hal yang positif dan berpotensi tinggi untuk dimanfaatkan. Sampai saat ini gas alam yang berasal di Indonesia diolah menjadi produk *Liquefied Natural Gas* (LNG) dan juga *Liquefied Petroleum Gas* (LPG). LNG merupakan gas alam yang telah diolah kedalam bentuk cair yang telah dikondensasikan sampai suhu -161°C agar volume yang dihasilkan berkurang sampai $1/600$ dari fasa gasnya sehingga menjadi Natural gas. Pemanfaatan LNG sebagai energi alternatif kian terasa. Contohnya penggantian bahan baku batu bara dengan memakai LNG pada salah satu industri pembangkit listrik. Hal ini mengakibatkan penggunaan gas alam di dunia sebagai energi alternatif terus meningkat dari tahun ke tahun.

Maros merupakan salah satu daerah di Sulawesi Selatan dimana pelabuhan khusus LNG akan dibangun. Lokasi tersebut dipilih dikarenakan daerah tersebut merupakan solusi yang dapat memecahkan permasalahan pendistribusian untuk daerah daerah yang membutuhkan suplai gas tersebut, salah satu indikatornya adalah Maros merupakan daerah yang strategis, hal ini didukung dengan posisi Maros yang berada di tengah diantara daerah tujuan serta terletak pada Alur Laut



Gambar 1. Lokasi Perencanaan Dermaga LNG.

Kepulauan Indonesia II sehingga kegiatan pendistribusian LNG dengan mudah dilakukan baik itu ke dalam maupun luar negeri.

Pada penelitian ini akan mengkhususkan pada perencanaan dermaga yang berlokasi di Maros, dimana dermaga ini akan digunakan untuk proses *unloading* LNG. Sehingga dibutuhkan suatu desain struktur dermaga yang memenuhi standar operasi dan *safety* yang berlaku. Perlu diperhatikan juga untuk pembangunan Pelabuhan LNG ini membutuhkan suatu perlakuan khusus dikarenakan sifatnya yang mudah terbakar dan mampu membuat baja getas [1].

Lokasi perencanaan dermaga LNG di Maros Sulawesi Selatan untuk kapal LNG kapasitas 10.000 DWT secara terperinci ditunjukkan oleh Gambar 1. Lokasi pengembangan berada pada koordinat Garis Lintang $5^{\circ} 1'7.69''\text{S}$ dan Garis Bujur $119^{\circ}28'18.64''\text{E}$.

II. URAIAN PENELITIAN

A. Tahap Persiapan

Tahap persiapan merupakan serangkaian kegiatan sebelum dimulainya kegiatan pengumpulan dan pengolahan data. Tahap persiapan ini dilakukan bertujuan untuk mengefektifkan waktu dan mempermudah pengerjaan. Adapun tahap persiapan meliputi perumusan dan mengidentifikasi masalah, penentuan kebutuhan data dan studi lapangan dengan menggunakan *Google Earth* maupun NCDC NOAA untuk mengetahui lokasi perencanaan pengembangan dermaga LNG di Maros Sulawesi Selatan.

B. Studi Literatur

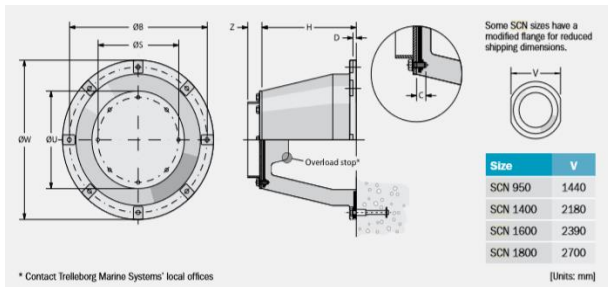
Studi literatur bertujuan untuk mengetahui dasar teori dan rumus-rumus yang digunakan dalam perencanaan. Literatur yang digunakan didapatkan dari peraturan-peraturan, jurnal, buku dan internet.

C. Pengumpulan Data

Untuk melakukan analisa perhitungan dalam perencanaan dermaga, maka dibutuhkan data-data penunjang. Data yang diperlukan untuk melakukan analisa layout perairan dan

Tabel 2.
Rekapitulasi Layout Perairan

No.	Fasilitas Perairan	Rencana Awal	Evaluasi	Digunakan
1	Areal Penjangkaran	Radius	- m	230 m
		Jumlah	- buah	4 buah
		Kedalaman	- mLWS	-14 mLWS
		Lebar	- m	84 m
2	Alur Masuk	Stopping Distance	- m	2750 m
		Kedalaman	- mLWS	-10 mLWS
		Jari-Jari Tikungan	- m	- m
3	Kolam Putar	Diameter	- m	290 m
		Kedalaman	- mLWS	-10 mLWS
4	Kolam Dermaga	Lebar	- m	30 m
		Panjang	- m	180 m
		Kedalaman	- m	-10 m



Gambar 2. Fender SCN 1800 F 0.7.



Gambar 3. Quick Release Hook (Double hook assembly).

daratan meliputi data peta batimetri dan data pasang surut perairan sekitar lokasi perancangan serta arus untuk pertimbangan alur masuk. Adapun data yang digunakan untuk merencanakan struktur dari dermaga meliputi data angin untuk peramalan gelombang, data arus untuk 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 LNG dengan kapasitas 10.000 DWT, sedangkan alat berat yang digunakan adalah Marine Loading Arm, Fire Monitor Tower, Tower Gangway. Untuk kualitas bahan dan material digunakan kualitas beton K 350 dengan dan kualitas baja BJTS 40. Material tiang pancang menggunakan tiang pancang jenis SPP 812,8 mm dengan ketebalan 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 LNG menjadi energi abnormal

Tabel 1.
Rekapitulasi Layout Daratan

No	Komponen	Dimensi		
1	Unloading Platform	Panjang	19 m	
		Lebar	22 m	
		Elevasi	+6 m	
		Jarak MD - MD (Inner)	87 m	
2.	Mooring Dolphin	Jarak MD - MD (Outer)	167 m	
		Panjang	4 m	
		Lebar	4 m	
		Tebal	1 m	
		Elevasi	+3,80 m	
3.	Breasting Dolphin	Jarak BD-BD	45 m	
		Panjang	5,4 m	
		Lebar	5,2 m	
4.	Catwalk 1,2,3	Tebal	1,5 m	
		Elevasi	+3,80 m	
		Catwalk 1	Panjang	7 m
		Catwalk 2	Panjang	16 m
		Catwalk 3	Panjang	28 m
		Lebar	1 m	

kapal (E_{AB}), setelah didapatkan energi abnormal kapal, dicari dalam brosur energi fender yang lebih besar dari energi abnormal kapal [2]. Perencanaan bollard hanya memperhatikan nilai displacement tonnage dari kapal LNG lalu dicari ditabel spesifikasi bollard.

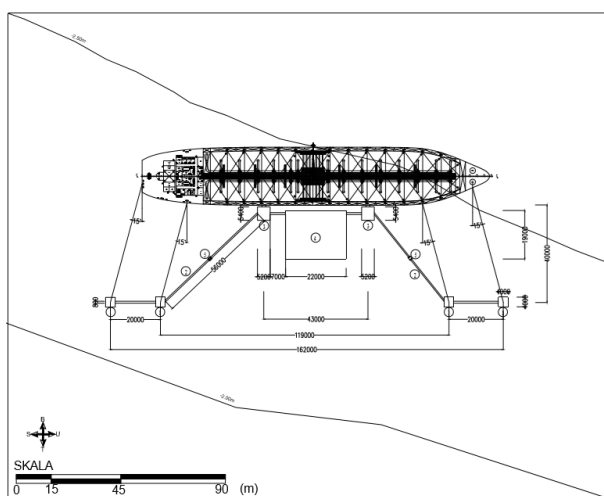
Tahapan pertama evaluasi layout perairan dan daratan adalah menentukan lokasi dari dermaga yang akan direncanakan, dapat dilihat dari data peta batimetri. Setelah itu direncanakan layout perairan meliputi areal pengangkutan, alur masuk, kolam putar, dan kolam dermaga, sedangkan perencanaan layout daratan meliputi elevasi dermaga, dimensi unloading platform, mooring dolphin, breasting dolphin, dan catwalk.

Selanjutnya dilakukan perencanaan struktur dermaga LNG. Langkah pertama dalam perencanaan struktur 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. Berkaitan dengan pembebanan yang terjadi khususnya beban gempa untuk mencari nilai kelas situs pada daerah tersebut didapatkan kelas situs SE (tanah lunak) dikarenakan nilai SPT yang terjadi di bawah 15 [3].

Perencanaan metode pelaksanaan meliputi tahapan-tahapan pekerjaan untuk membangun dermaga LNG, alat berat yang

Tabel 4.
Rekapitulasi Momen Maksimum Pelat

Elemen Struktur	Lx	Ly	$\frac{Ly}{Lx}$	Koefisien X	Momen (kg.m)			
					Mati	Hidup	Total	
Pelat Unloading Platform	1,6	1,7	1,1	Mlx	55	102,08	429,44	531,52
	1,6	1,7	1,1	Mly	50	92,8	390,4	483,2
	1,6	4,4	2,8	Mtx	54	-100,224	-421,63	-521,856
	1,6	4,4	2,8	Mty	56	-103,936	-437,24	-541,184
	1,7	5,3	3,1	Mtx	54	-113,144	-475,98	-589,126
	1,7	5,3	3,1	Mty	56	-117,334	-493,61	-610,946
	4,4	5,3	1,2	Mlx	46	645,656	2716,2	4363,864
	4,4	5,3	1,2	Mly	38	533,368	2243,82	3567,192
	1,7	5,4	3,2	Mtx	54	-113,144	-475,98	-589,127
	1,7	5,4	3,2	Mty	56	-117,334	-493,61	-610,946
	4,4	5,4	1,2	Mlx	46	681,28	2716,21	3397,49
	4,4	5,4	1,2	Mly	38	562,8	2243,82	2806,62
	1,7	1,7	1	Mlx	48	100,572	423,1	523,67
	1,7	1,7	1	Mly	48	100,572	423,1	523,67
	1,7	4,4	2,6	Mlx	46	101,7	405,467	507,16
	1,7	4,4	2,6	Mly	38	84,01	334,95	418,96



Gambar 4. Layout Daratan.

digunakan, dan pengelasan material saat pelaksanaan yang berlanjut pada perhitungan rencana anggaran biaya pembangunan dermaga LNG.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Perencanaan Fender dan Bollard

Dengan $E_{AB}=152$ tm, maka direncanakan untuk menggunakan sistem fender tunggal dari SCN 1800 F 0.7 dengan data-data sebagai berikut:

- Energi = 153,4 ton.m (> 152 ton.m)
- Reaksi = 176,5 ton
- Berat fender = 6618 kg

Detail dari fender dapat dilihat pada Gambar 2.

Dari spesifikasi kapal didapat gaya tarik maksimal pada bollard adalah 31,46 ton sehingga dipilih tipe *Quick Release Hook (Double hook assembly)* dengan spesifikasi sebagai berikut:

- Kapasitas tarik bollard = 40 ton
- Berat = 491 kg

Detail dari bollard dapat dilihat pada Gambar 3.

B. Evaluasi Layout Perairan dan daratan

Evaluasi layout perairan dermaga LNG mengacu pada peraturan peraturan yang digunakan seperti OCDI, dan PIANC. Perencanaan ini harus memperhatikan semua aspek

Tabel 3.
Rekapitulasi Kebutuhan Tulangan Pelat

Elemen Struktur	Arah	M (kg.m)	As		Pasang
			perlu (mm ²)	pasang (mm ²)	
Pelat Unloading Platform	Mlx	531,52	143,91	402,29	D16-500
	Mly	483,2	142,99	402,29	D16-500
	Mtx	-521,856	139,43	402,29	D16-500
	Mty	-541,184	-	402,29	D16-500
	Mtx	-589,126	159,26	402,29	D16-500
	Mty	-610,946	-	402,29	D16-500
	Mlx	4363,864	1266	1609,1	D16-125
	Mly	3567,192	1161,1	1609,1	D16-125
	Mtx	-589,127	159,26	402,29	D16-500
	Mty	-610,946	-	402,29	D16-500
	Mlx	3397,49	998,6	1609,1	D16-125
	Mly	2806,62	889,47	1005,7	D16-200
	Mlx	523,67	140,07	402,29	D16-500
	Mly	523,67	159,59	402,29	D16-500
	Mlx	507,16	135,66	402,29	D16-500
	Mly	418,96	-	402,29	D16-500

untuk memenuhi persyaratan yang mengacu pada peraturan yang dipakai. Selanjutnya direncanakan layout perairan dermaga LNG 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, yang menggunakan rumus dari The Overseas Coastal Area Development Institute of Japan [4].

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 *trastle*, 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 *unloading platform*. Peraturan yang digunakan dalam perencanaan struktur pelat yaitu PBT 1971. Menurut PBI momen tumpuan dan momen lapangan menggunakan persamaan 1 dan Persamaan 2 [5].

$$M_1 = 0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot x \tag{1}$$

Tabel 5.
Output Gaya-Gaya Dalam UnLoading Platform

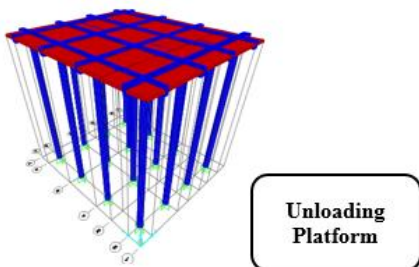
Struktur	Gaya	Kombinasi	Besar	Satuan
Balok Memanjang 80/80	P (tekan)	COMB 3	-0,3	t
	P (tarik)	COMB 3	0,3	t
	M3 (tump)	COMB 3	-76,38	tm
	M3 (lap)	COMB 3	15,22	tm
	V2	COMB 3	32,12	t
	T	COMB 3	1,86	tm
	Deformasi	ENVELOPE	1,79	mm
Balok Memanjang 30/50	P (tekan)	COMB 3	-0,212	t
	P (tarik)	COMB 3	0,212	t
	M3 (tump)	COMB 3	-64,51	tm
	M3 (lap)	COMB 3	36,86	tm
	V2	COMB 3	40,45	t
	T	COMB 3	4,65	tm
	Deformasi	ENVELOPE	1,79	mm
Balok Melintang 60/90	P (tekan)	COMB 3	-0,184	t
	P (tarik)	COMB 3	0,184	t
	M3 (tump)	COMB 4	-66,55	tm
	M3 (lap)	COMB 4	15,46	tm
	V2	COMB 4	37,34	t
	T	COMB 3	3,77	tm
	Deformasi	ENVELOPE	5,3	mm
Tiang Pancang	P (tekan)	COMB 4	-148,3	t
	P (tarik)	-	-	t
	M2	COMB 3	-45,68	tm
	M3	COMB 4	46,38	tm
	V2	COMB 3	4,2	t
	V3	COMB 3	4,1	t
	Deformasi	COMB 3	5,3	mm
Displacement	U1	COMB4	5,3	mm

Tabel 6.
Penulangan Lentur Tarik Balok

Struktur Trestle	Posisi	Momen (M) (kg.cm)	Tulangan Lentur Tulangan Tarik		Jumlah Tulangan
			As Tarik (mm ²)	As Pakai (mm ²)	
Balok Memanjang 60/80	Tumpuan	6655000	4300,1	4625,5	7D29
	Lapangan	1546000	946,23	2643,1	4D29
	Tumpuan	6451000	4163,8	4625,5	7D29
Balok Melintang 60/80	Lapangan	3686000	2328,6	2643,1	4D29
	Tumpuan	7638000	4313,1	5286,3	8D29
Balok MLA 100/80	Lapangan	1522000	813,21	2643,1	4D29

Tabel 7.
Penulangan Lentur Tekan Balok

Struktur Unloading Platform	Posisi	Tulangan Lentur Tulangan Tekan		
		As Tarik (mm ²)	As Pakai (mm ²)	Jumlah Tulangan
Balok Memanjang 60/80	Tumpuan	1850,2	2643,1	4D29
	Lapangan	1057,3	1321,6	2D29
	Tumpuan	1850,2	2643,1	4D29
	Lapangan	1057,3	1321,6	2D29
Balok Melintang 60/80	Tumpuan	2114,5	2643,1	4D29
Balok MLA 100/80	Lapangan	1057,3	1321,6	2D29



Gambar 5. Pemodelan Struktur

$$M_t = -0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot x \quad (2)$$

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

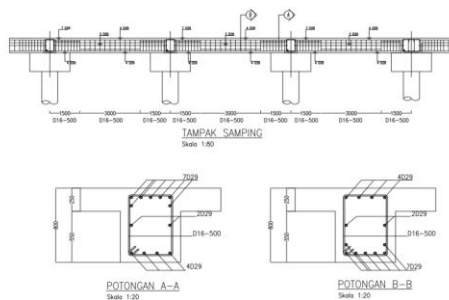
Berdasarkan persamaan diatas didapat hasil momen maksimum pelat pada unloading platform, dapat dilihat pada Tabel. 3.

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

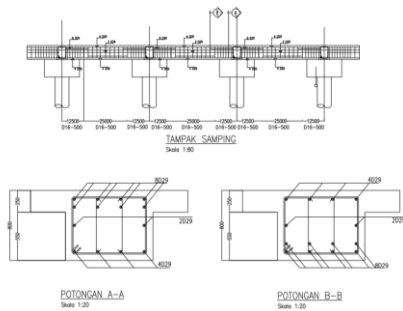
$$Ca = \frac{h}{\sqrt{\frac{n \cdot x \cdot M}{b \cdot x \cdot \sigma'_a}}} \quad (3)$$

Dimana:

- Ca = Koefisien Penampang



Gambar 6. Detail Penulangan Balok Unloading Platform 1.



Gambar 7. Detail Penulangan Balok Unloading Platform 2.

- h = Tinggi manfaat penampang
- b = Lebar penampang (pelat = 1000 mm)
- M = Momen ultimate
- n = Angka ekivalensi baja beton
- σ'_a = Tegangan ijin baja (tbl 10.4.1 PBI'71)

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

$$A_s = \omega \times b \times h \tag{4}$$

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 unloading platform yang dapat dilihat pada Gambar 5.

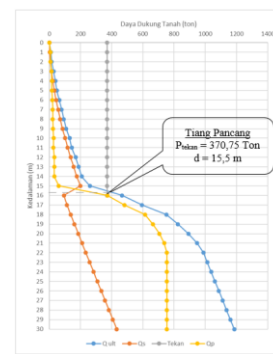
Setelah dilakukan pemodelan struktur, didapat output hasil running program SAP 2000 yang dapat dilihat pada Tabel 5, Tabel 6, dan Tabel 7.

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

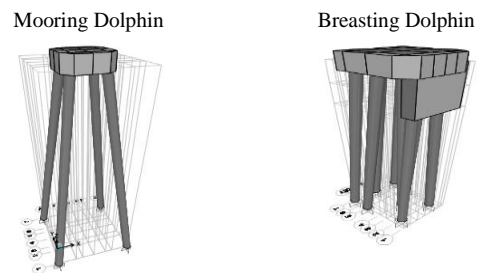
Dalam merencanakan kedalaman tiang pancang. Dari hasil output SAP2000 didapat nilai P_u tiang pancang. Hasil tersebut digunakan untuk menentukan kedalaman tiang pancang yang akan di plotkan pada grafik kedalaman vs daya dukung, contoh dilakukan ada struktur unloading platform dengan nilai P_u tekan sebesar 126,37 ton. Kemudian nilai tersebut di plotkan pada grafik seperti terlihat pada Gambar 8.

Untuk tiang tekan:

$$Q_p = 148,3 \times 2,5 = 379,11 \text{ Ton (OCDI)}$$



Gambar 8. Kedalaman vs Daya Dukung.



Gambar 8. Pemodelan Struktur.

Dengan gaya tekan tersebut maka dibutuhkan kedalaman tiang minimum sedalam -15,5 m di bawah seabed atau -25,5 mLWS. Kemudian dilakukan pengecekan kontrol kekuatan yang terjadi pada tiangpancang tersebut. Beban yang dipikul oleh tiap pancang tidak hanya beban vertikal tetapi pada beban horizontal Gaya horizontal yang terjadi (hasil perhitungan pada SAP2000) harus lebih kecil dari gaya horizontal yang mampu dipikul beban (H_u). [6]

Setelah dilakukan perencanaan unloading 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 9 dan Tabel 10.

Dari output Tabel 9 dan 10 dapat dihitung kebutuhan tulangan poer yang dapat dilihat pada Tabel 11 dan Gambar 9 dan Gambar 10. Nilai P Tekan dan P tarik pada Tabel 11 dan Tabel 12 digunakan untuk menentukan kedalaman tiang pancang.

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

$$\begin{aligned} Q_p &= SF \times P \text{ tarik (OCDI)} \\ &= 2,5 \times 25,9 \text{ Ton} \\ &= 64,75 \text{ Ton} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} Q_p &= SF \times P \text{ tekan (OCDI)} \\ &= 2,5 \times 75,94 \text{ Ton} \\ &= 227,82 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Dengan gaya tekan tersebut maka dibutuhkan kedalaman tiang minimum sedalam 13 m dibawah seabed atau -23 m LWS. Sehingga kedalaman mooring dolphin dapat ditentukan yaitu -23 m LWS.

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

Tabel 9.
Ouput Gaya-Gaya Dalam *Mooring Dolphin*

Struktur	Gaya	Kombinasi	Besar	Satuan
Poer	M11	COMB3	45,16	tm
	M22	COMB3	41,49	tm
	P (tekan)	COMB3	-75,94	t
	P (tarik)	COMB3	25,9	t
Tiang Pancang	M2	COMB4	-41,02	tm
	M3	COMB3	-43,46	tm
	V2	COMB3	3,84	t
	V3	COMB3	3,24	t
Defleksi	U1	COMB2	4,6	mm

Tabel 10.
Ouput Gaya-Gaya Dalam *Breasting Dolphin*

Struktur	Gaya	Kombinasi	Besar	Satuan
Poer	M11	COMB3	82,56	tm
	M22	COMB3	80,22	tm
	P (tekan)	COMB3	-128,032	t
	P (tarik)	COMB3	77,58	t
Tiang Pancang	M2	COMB3	96,14	tm
	M3	COMB3	95,6	tm
	V2	COMB3	8,41	t
	V3	COMB3	8,13	t
Defleksi	U1	COMB2	1,2	mm

Tabel 11.
Penulangan *Poer Mooring Dolphin* dan *Breasting Dolphin*

Elemen Struktur	Tipe	Nilai Ca	Letak Tulangan	Tulangan Pasang
Mooring Dolphin	Poer Arah x	4,831	Tarik	D29-200
	Poer Arah y	4,676	Tarik	D29-200
Breasting Dolphin	Poer Arah x	5,546	Tarik	D29-125
	Poer Arah y	5,432	Tarik	D29-125

Tabel 12.
Ouput Gaya-Gaya Balok Utama

Frame	Beban	Kombinasi	Besar	Sat
56	P (Tarik)	1,2DL + 1,6LL	67,11	t
23	P (Tekan)	1,2DL + 1,6LL	3,05	t
29	V	1,2DL + 1,6LL	0,412	t
26	M	1,2DL + 1,6LL	0,34	t.m
54	u	1,2DL + 1,6LL	2,91	mm

Tabel 13.
Output Gaya-Gaya Balok Rangka

Frame	Beban	Kombinasi	Besar	Sat
54	P (Tarik)	1,2DL + 1,6LL	8,56	t
55	P (Tekan)	1,2DL + 1,6LL	8,33	t
65	V	1,2DL + 1,6LL	0,21	t
65	M	1,2DL + 1,6LL	0,062	t.m
64	u	1,2DL + 1,6LL	2,91	mm

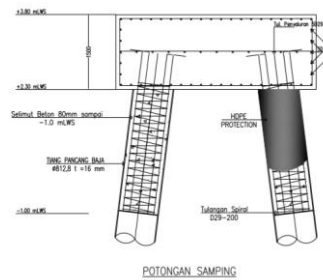
dengan dimensi balok utama CHS 219,1 mm dan dimensi balok rangka 114,3 mm dan *output* hasil runningnya digunakan untuk kontrol kekuatan dari struktur *catwalk*. Pemodelan Struktur dan *output* SAP2000 dapat dilihat pada Gambar 12, Tabel 12, dan Tabel 13.

D. Metode Pelaksanaan

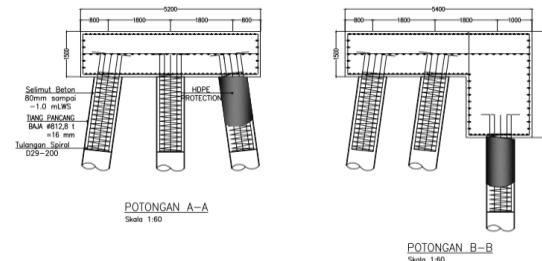
Dalam bab metode pelaksanaan ini, akan direncanakan metode pelaksanaan dari hasil perencanaan pada bab-bab sebelumnya yang meliputi:

1. Metode pelaksanaan Dermaga (*Unloading Platform, Mooring Dolphin, Breasting Dolphin*).
2. Metode pelaksanaan *Catwalk*.

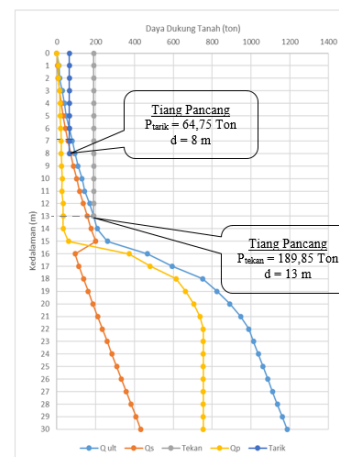
Dalam pelaksanaan struktur dermaga pupuk NPK, perencanaan dibagi menjadi 3 tahap:



Gambar 9. Penulangan *Mooring Dolphin*.



Gambar 10. Penulangan *Breasting Dolphin*.



Gambar 11. Kedalaman vs Daya Dukung.

1. Tahap prakonstruksi
2. Tahap konstruksi
3. Tahap pasca konstruksi

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

1. Pemasangan tiang pancang baja.
2. Pemasangan selimut beton dan beton isi tiang.
3. Metode pelaksanaan *poer*.
4. Metode pelaksanaan balok dan pelat.
5. Metode Pemasangan *fender* dan *bollard*.

E. Rencana Anggaran Biaya

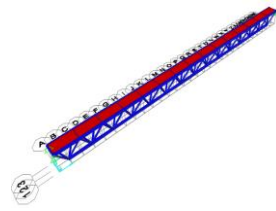
Pekerjaan yang dihitung untuk perencanaan anggaran biaya meliputi pekerjaan persiapan, pekerjaan *mooring dolphin*, pekerjaan *breasting dolphin*, pekerjaan *unloading platform*, pekerjaan *catwalk*.

Adapun hasil rekapitulasi perhitungan Rencana Anggaran Biaya dapat dilihat pada Tabel 14.

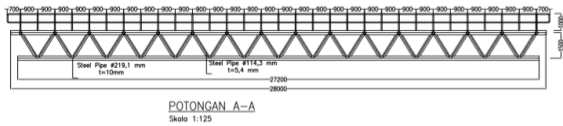
IV. KESIMPULAN

Berdasarkan keseluruhan hasil perencanaan diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

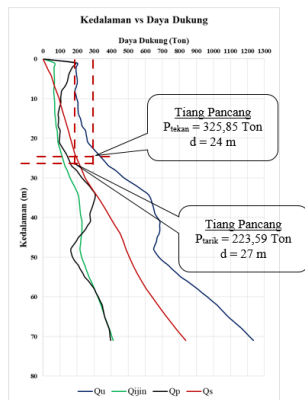
1. Spesifikasi kapal rencana:



Gambar 12. Pemodelan Struktur Catwalk.



Gambar 13. Detail Struktur Catwalk.



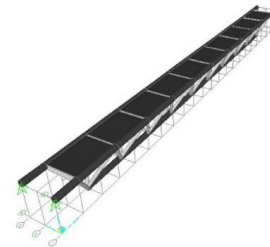
Gambar 14. Kedalaman vs Daya Dukung.

- DWT : 10.000 ton
- Panjang kapal (LOA) : 143,5 m
- Lebar kapal (B) : 23,1 m
- D (Depth) : 11,5 m
- Draft kapal : 8 m

2. Struktur dermaga yang direncanakan terdiri dari *Unloading Platform, Breasting Dolphin, Mooring Dolphin* dan *Catwalk*.
3. Struktur *Unloading Platform* direncanakan beton bertulang dengan spesifikasi:
 - Dimensi struktur : 22 x 19 m
 - Dimensi balok melintang : 60 x 80 cm
 - Dimensi balok memanjang : 60 x 80 cm
 - Dimensi balok MLA : 100 x 80 cm
 - Tebal Pelat : 25 cm
 - Mutu beton : K – 350
 - Mutu baja : BjTS 40
 - Poer pancang ganda : 200 x 200 x 100
 - Tiang pancang : Ø812,8 mm
4. Struktur *Breasting Dolphin* direncanakan beton bertulang dengan spesifikasi:
 - Dimensi struktur : 5,4 x 5,2 m
 - Tebal poer : 150 cm
 - Mutu beton : K – 350
 - Mutu baja : BjTS 40
 - Fender : SCN 1800 F0.7
 - Tiang pancang : Ø812,8 mm
 - Kemiringan tiang : 8: 1
5. Struktur *Mooring Dolphin* direncanakan beton bertulang dengan spesifikasi:
 - Dimensi struktur : 4 x 4 m

Tabel 14.
Rekapitulasi RAB
Rekapitulasi Biaya

NO.	Uraian Pekerjaan	Harga Pekerjaan
I	Pekerjaan Persiapan	Rp1.850.534.000
II	Pekerjaan Mooring Dolphin	Rp11.326.054.861
III	Pekerjaan Breasting Dolphin	Rp11.043.674.768
IV	Pekerjaan Unloading Platform	Rp17.198.076.680
V	Pekerjaan Dudukan Catwalk	Rp1.630.333.431
VI	Pekerjaan Catwalk	Rp2.263.547.500
	Total	Rp45.312.221.240
	PPn 10%	Rp4.531.222.124
	Jumlah Akhir	Rp49.843.443.364
	Jumlah Akhir (dibulatkan)	Rp49.843.444.000



Gambar 15. Pemodelan Struktur Catwalk..

- Tebal poer : 100 cm
 - Mutu beton : K – 350
 - Mutu baja : BjTS 40
 - Boulder : QRH
 - Tiang pancang : Ø812,8 mm
 - Kemiringan tiang : 8: 1
6. Struktur *Catwalk* direncanakan sebagai struktur rangka *Circular Hollow Section* dengan spesifikasi:
 - Bentang Struktur : 7; 16; 28 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 : 1,8 m
 - Dimensi *Poer* Bangunan Bawah : 3,2 x 1,6 x 0,6
 7. Rencana anggaran biaya yang diperlukan untuk pembangunan dermaga LNG di Maros Sulawesi Selatan untuk kapal LNG kapasitas 10.000 DWT sebesar: Rp49.843.444.000,- (Empat Puluh Sembilan Milyar Delapan Ratus Empat Puluh Tiga Juta Empat Ratus Empat Puluh Empat Ribu Rupiah). Gambar 13. Detail Struktur Catwalk. Gambar 14. Kedalaman vs Daya Dukung. Gambar 15. Pemodelan Struktur Catwalk.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Velsink, *Ports and Terminals Planning and Functional Design*. Netherlands: TU Delft, 1994.
- [2] C. A. Thoresen, *Port Designer's Handbook*. British: Thomas Telford, 2003.
- [3] Badan Standardisasi Nasional, "SNI-03-1726-2012-Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung." BSNi, Bandung, 2012.
- [4] OCDI, *Technical Standards and Commentaries for Port and Harbour Facilities in Japan*. Japan: Daikousha Printing Co.,Ltd., 2002.
- [5] Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan, *Peraturan Beton Bertulang Indonesia*. 1971.
- [6] H. Wahyudi, *Daya Dukung Pondasi Dalam*. Surabaya: ITS Press, 2013.