

Abstrak Panjang Tugas Akhir
Perencanaan Struktur Dermaga Deck On Pile Untuk Kapal 16000 GT
di Takalar, Sulawesi Selatan
(Planning of Deck On Pile Dock Structure for 16000 GT Ship at Takalar, South Sulawesi)

Eka Bagus Arif Efrianto

Program Studi Teknik Kelautan, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung
Jl. Ganesha 10 Bandung, e- mail: eka.bagus.arif@gmail.com

Abstrak

Perencanaan struktur dermaga dalam studi ini, akan memperhatikan aspek-aspek kriteria desain, perencanaan beban yang bekerja, desain makro dan komponen struktur, serta standar-standar perancangan desain dermaga yang berlaku sehingga menghasilkan desain dermaga yang tepat guna dan berkualitas. Pengerjaan desain struktur dermaga ini, dibatasi pada salah satu cabang ilmu teknik kelautan yaitu teknik bangunan pantai yang erat kaitannya dengan ilmu struktur bangunan sehingga akan fokus pada optimalisasi kekuatan desain struktur bangunan. Berdasarkan analisis permasalahan dan kebutuhan yang telah dilakukan, dipilihlah tipe struktur *deck on pile* dengan kapasitas maksimum kapal 16000 GT yang akan menjadi dasar perencanaan desain. Ruang lingkup dalam studi yang dilakukan meliputi analisis data lingkungan, penentuan kriteria desain, analisis struktur, dan desain penulangan. Hasil dari pemodelan menggunakan SAP2000 yang telah dilakukan yaitu struktur bangunan cukup kuat dan handal dalam menahan beban – beban yang bekerja dilihat dari segi pengecekan *unity check ratio* (UCR) dan defleksi.

Kata Kunci: Struktur, Dermaga, *Deck On Pile*, SAP2000

1. Pendahuluan

Pelabuhan Makassar merupakan salah satu pelabuhan terbesar di Indonesia Timur. Pelabuhan ini seringkali dipadati oleh berbagai macam kapal mulai dari kapal kargo, kapal peti kemas, sampai kapal penumpang. Peranan Pelabuhan Makassar sangatlah vital dalam transportasi dan mobilisasi penduduk di Indonesia, namun dalam keberjalanannya Pelabuhan Makassar memilih untuk fokus menangani kapal kargo dan kapal peti kemas, sehingga dalam melayani kapal penumpang Pelabuhan Makassar membutuhkan pelabuhan penumpang pengganti.

PT Pelindo IV yang menaungi operasi moda transportasi laut di Indonesia Timur merencanakan Kabupaten Takalar untuk membangun sebuah pelabuhan penumpang sebagai pengganti pelabuhan penumpang makassar. Pelabuhan ini direncanakan dibangun di pesisir Pantai Boddia, Kecamatan Galesong, Kabupaten Takalar sekitar 40 km di pesisir pantai arah selatan Kota Makassar yang akan dinamakan Pelabuhan Takalar.

Pelabuhan ini diproyeksikan akan menggantikan pelabuhan penumpang makassar yang melayani lalu lintas rute kapal dan bongkar muat penumpang yang

mencapai 700.000 penumpang tiap tahunnya. Pada pengerjaan studi, akan dirancang sebuah dermaga di Pelabuhan Takalar dermaga untuk melayani kapal penumpang hingga bobot 16000 GT (Gross Tonnage) yang merujuk pada kapal terbesar yang dilayani dermaga di Pelabuhan Makassar yaitu KM Labobar yang memiliki bobot sekitar 15136 GT sebagai alternatif desain dari kebutuhan perencanaan struktur dermaga aktual.

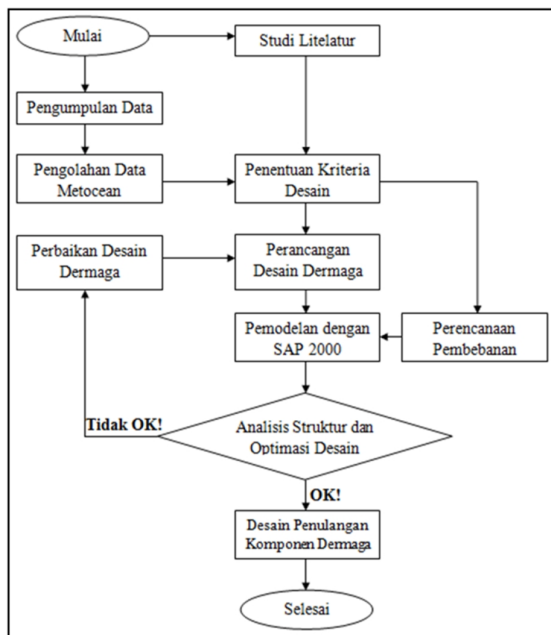
2. Teori dan Metodologi

Pada pengerjaan studi ini, data lingkungan yang digunakan terletak pada koordinat 119.33° BT dan 5.30° LS dengan jangka waktu pengambilan data dari tanggal 1 Mei 2004 sampai 1 Mei 2013. Data lingkungan yang diolah adalah data angin, gelombang, arus, pasut, dan elevasi muka air, pengolahan data dilakukan dengan cara hindcasting dan analisis ekstrim 50 tahunan untuk mendapatkan kriteria desain lingkungan.

Perencanaan desain mengacu pada standar yang berkaitan dengan perencanaan struktur dermaga yaitu OCDI 2002, SNI, SPM, dan standar-standar lain yang relevan. Desain dermaga secara garis besar dibagi

menjadi 2 garis besar yaitu desain makro dan desain komponen. Desain makro meliputi panjang, lebar, dan elevasi dermaga yang bergantung kepada dimensi kapal yang dilayani dan kondisi lingkungan. Komponen utama struktur dermaga meliputi fender, bollard, tiang pancang (Pile), kepala tiang (Pile Cap), balok, dan pelat.

Proses pemodelan dermaga dilakukan dengan bantuan program SAP2000. Pada proses pemodelan dilakukan pengecekan terhadap desain struktur dermaga berupa pengecekan defleksi dan pengecekan *Unity Check Ratio* (UCR) yang hasil output-nya akan dianalisis dan menjadi acuan kekuatan struktur. Proses penulangan yang dilakukan terbagi atas perencanaan penulangan geser dan penulangan lentur yang disesuaikan dengan hasil gaya dalam dan reaksi perletakan dari analisis struktur. Metodologi yang dilakukan dalam pengerjaan studi dilakukan dengan *flowchart* yang ditampilkan pada **Gambar 1**, sebagai berikut:

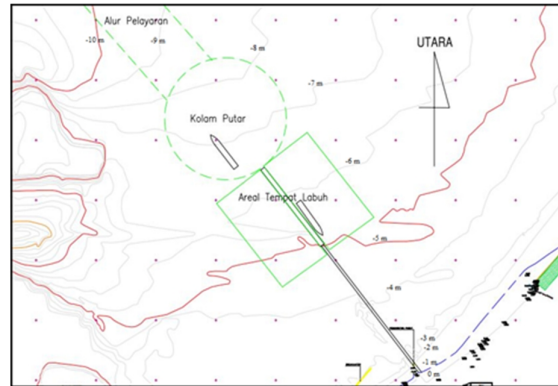


Gambar 1: *Flowchart* Pengerjaan Studi

3. Hasil dan Analisis

Berdasarkan pengolahan dan analisis data lingkungan, didapatkan hasil berupa kecepatan angin 50 tahunan sebesar 33.68 m/s, tinggi gelombang 50 tahunan sebesar 2.42 m (dengan $T = 7.2$ s), kecepatan arus desain 1.28 m/s, dan tunggang pasut maksimum 1.97 m (referensi: ¹Dean, Robert G., and Dalrymple, Robert A. 1991. *Water Wave Mechanis for Engineers and Scientist* dan ²Goda, Yoshimi. 2000. *Random Seas And*

Design For Maritime Structure). Dari analisis gaya lingkungan dan peta bathimetri, diperoleh *layout* orientasi dermaga pada **Gambar 2**, sebagai berikut:



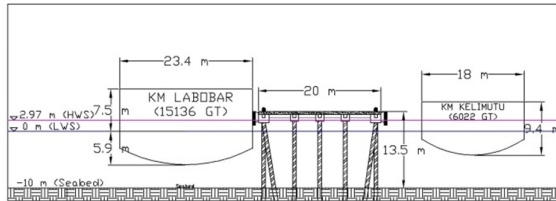
Gambar 2: *Layout* Orientasi Dermaga

Struktur yang dibangun berdasarkan *layout* diatas ada 2 jenis yaitu struktur dermaga utama dan struktur *trestle*. Berdasarkan perencanaan desain komponen dan data dimensi makro (referensi: ³Kramadibrata, Soedjono. 2002 . *Perencanaan Pelabuhan.*, ⁴Triatmodjo, Bambang. 1999. *Pelabuhan.*, dan ⁵SNI 03 – 2847 – 2002), maka didapat hasil perencanaan volume dermaga pada **Tabel 1** berikut ini:

Tabel 1: Hasil Perencanaan Volume Dermaga

No	Parameter	Volume Makro	Satuan Komponen	Jumlah Dibutuhkan	Volume Material Dibutuhkan	Jenis Material
A. Dermaga (Utama)						
A.1. Balok (5 m x 0.4 m x 0.5 m)						
1	Balok Memanjang	2025 m	5 m	405 balok	405 m ³	
2	Balok Melintang	1640 m	5 m	328 balok	328 m ³	
Total Kebutuhan				733 balok	733 m ³	Beton (bertulang)
A.2. Pelat (5 m x 5 m x 0.2 m)						
	Pelat	8100 m ²	25 m ²	324 lembar	1620 m ³	Beton (bertulang)
A.3. Pile (P = 5 m, OD 610 mm, WT 1.27 mm), 358 titik Pile Cap Tipe 1 dan (2 x) 52 titik Tipe 2						
1	Pile Tegak	16400 m	5 m	3280 batang	390 m ³	
2	Pile Miring (9 derajat)	2285 m	5 m	457 batang	54 m ²	
Total Kebutuhan				3737 batang	444 m ³	Baja Pile
A.4. Pile Cap Tipe 1 (1.3 m x 1.3 m x 1.3 m), 358 titik dan Tipe 2 (1.3 m x 1.7 m x 1.7 m), 52 titik						
1	Tipe 1	-	-	358 buah	787 m ³	
2	Tipe 2	-	-	52 buah	195 m ³	
Total Kebutuhan				410 buah (2 tipe)	982 m ³	Beton (bertulang)
A.5. Fender dan Bollard						
1	Fender	-	-	52 buah	-	Fender
2	Bollard	-	-	52 buah	-	Bollard
A.Total Material yang Dibutuhkan untuk Dermaga (Utama)						
1	Beton (bertulang)				3335 m ³	
2	Baja Pile				444 m ³	
3	Fender				52 buah	
4	Bollard				52 buah	
B. Trestle						
B.1. Balok (5 m x 0.25 m x 0.3 m)						
1	Balok Memanjang	2010 m	5 m	402 balok	151 m ³	
2	Balok Melintang	270 m	5 m	54 balok	20 m ³	
Total Kebutuhan				456 balok	171 m ³	Beton (bertulang)
B.2. Pelat (5 m x 5 m x 0.14 m)						
	Pelat	6700 m ²	25 m ²	268 lembar	938 m ³	Beton (bertulang)
B.3. Pile (P = 5 m, OD 610 mm, WT 0.635 mm), 405 titik (kedalaman diambil elevasi trestle rata - rata)						
1	Pile Tegak	7090 m	5 m	1418 batang	85 m ³	Baja Pile
B.4. Pile Cap Tipe 1 (1.3 m x 1.3 m x 1.3 m), 405 titik						
1	Tipe 1	-	-	405	890 m ³	Beton (bertulang)
B.Total Material yang Dibutuhkan untuk Trestle						
1	Beton (bertulang)				1999 m ³	
2	Baja Pile				85 m ³	
A+B. Total Keseluruhan Kebutuhan Material Dermaga						
1	Beton (bertulang)				5334 m ³	
2	Baja Pile				529 m ³	
3	Fender				52 buah	
4	Bollard				52 buah	

Berikut pada **Gambar 3**, diilustrasikan gambar potongan melintang dermaga yang direncanakan:



Gambar 3: Gambar Potongan Melintang Dermaga

Setelah desain dermaga didapat dan pembebanan dihitung, maka dilakukan kombinasi pembebanan seperti pada **Tabel 2** sebagai berikut:

Tabel 2: Kombinasi Pembebanan Struktur Dermaga

Nama LC	Kombinasi Pembebanan					
Comb 1	1.4 DL					
Comb 2	1.2 DL	1.6 LL				
Comb 3	1.2 DL	1.0 LL	1.2 A	1.2 B		
Comb 4	1.2 DL	1.0 LL	1.2 A	1.2 M		
Comb 5	1.2 DL	1.0 LL	1.2 A	1.0 Ex	0.3 Ey	

Keterangan:

DL = Dead Load (dihitung otomatis + berat pile cap, pelat, balok)

LL = Live Load (beban akibat pejalan kaki + kendaraan)

A = Beban Lingkungan Dominan (arus, gelombang, dan angin)

B = Beban Berthing

M = Beban Mooring

E = Beban gempa

Analisis pemodelan hasil perencanaan dermaga dilakukan dengan menggunakan program SAP2000, berikut adalah hasil analisis pemodelannya:

1. Analisis Unity Check Ratio (UCR)

Dari hasil pengecekan Unity Check Ratio, didapatkan UCR maksimum struktur dermaga yang dimodelkan adalah sebesar 0.426 yang diakibatkan oleh kondisi *mooring* 4 kapal, sedangkan UCR maksimum struktur *trestle* adalah sebesar 0.265 yang diakibatkan oleh gempa sumbu-x.. Karena angka tersebut memenuhi pengecekan rasio kekuatan komponen terhadap beban yang bekerja pada pile ($UCR < 1 \rightarrow OK$), maka disimpulkan bahwa struktur dermaga sudah cukup kuat dalam segi kekuatan pile sehingga dapat diperkirakan struktur dermaga tidak akan mengalami keruntuhan ketika menahan beban – beban rencana yang terjadi.

2. Analisis Defleksi

Dari *output* pemodelan SAP2000, berikut pada **Tabel 3** ditampilkan hasil pemodelan defleksi dermaga:

Tabel 3: *Output* Defleksi Pemodelan

No	Arah	defleksi (m)	No. Joint	LC	Syarat max (m)	Status
1	sumbu-x positif	0.025	782	COMB 3A	0.053	OK
2	sumbu-x negatif	-0.039	120	COMB 4D	0.053	OK
3	sumbu-y positif	0.013	782	COMB 4D	0.053	OK
4	sumbu-y negatif	-0.003	416	COMB 5B	0.053	OK
5	sumbu-z positif	0.001	160	COMB 4D	0.025	OK
6	sumbu-z negatif	-0.003	152	COMB 4D	0.025	OK

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa defleksi maksimum pada struktur dermaga yang paling signifikan adalah defleksi akibat beban *mooring* 4 kapal yaitu maksimum sebesar 0.039 m ($< 0.053 \text{ m} \rightarrow OK$) pada sumbu – x negatif, hal ini dapat dipahami karena kondisi pembebanan tersebut memiliki komponen - komponen pembebanan titik yaitu pembebanan *mooring* (breast line, stern line, dan spring line) yang cukup besar dan tersebar di banyak titik karena mengkondisikan *mooring* pada 4 kapal ukuran maksimum. Berdasarkan batas maksimum defleksi dari standar BS 6349, disimpulkan struktur dermaga telah cukup kuat dan handal dalam menahan defleksi akibat beban – beban yang terjadi pada struktur dermaga.

4. Kesimpulan dan Saran

Dari hasil pembahasan pada bagian sebelumnya, dapat diambil sejumlah kesimpulan, yaitu:

- Desain ukuran struktur dermaga yang direncanakan adalah panjang 405 m, lebar 20 m, serta elevasi *seabed* -10 m dan elevasi *freeboard* 3.5 m dari datum (LWS).
- Dari hasil analisis pemodelan struktur dermaga dengan menggunakan SAP2000, struktur telah memenuhi syarat defleksi izin berdasarkan BS 6349 dan syarat Unity Check Ratio (UCR)

Saran penelitian lanjut yang diperlukan adalah pemilihan metoda konstruksi yang tepat, khususnya metoda yang memudahkan penerapan desain di lapangan terutama perihal pemancangan *pile*. Selain itu diperlukan data tanah dan arus survei pada lokasi pekerjaan untuk mendapatkan desain yang lebih akurat

Daftar Pustaka

- Dean, Robert G., and Dalrymple, Robert A. 1991. *Water Wave Mechanis for Engineers and Scientist*, Singapore: World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd.
- Goda, Yoshimi. 2000. *Random Seas And Design For Maritime Structure*. Singapore: World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd.
- Kramadibrata, Soedjono. 2002. *Perencanaan Pelabuhan*. Bandung: Penerbit ITB.
- Triatmodjo, Bambang. 1999. *Pelabuhan*. Yogyakarta: Beta Offset.
- SNI 03 – 2847 – 2002: Tata Cara Perencanaan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung, Badan Standarisasi Nasional, Bandung, 2002.