

DESAIN STRUKTUR DERMAGA *OFFSHORE SUPPLY BASE* DI KARIANGAU, KALIMANTAN TIMUR

Arham Alam

Program Studi Sarjana Teknik Kelautan, FTSL, ITB

arham.alam@students.itb.ac.id

Kata kunci: Dermaga, *Deck on Pile*, Analisis Struktur, SAP2000

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara kepulauan terbesar di dunia. Luas wilayahnya terdiri dari 1,922,570 km² daratan 3,257,483 km² perairan. Indonesia terdiri dari 13,466 pulau yang terbentang dari 6°LU - 11°08'LS dan 95°BT - 141°45'BT. Indonesia tercatat memiliki 249.9 juta penduduk pada tahun 2013. Pulau Kalimantan merupakan pulau terbesar di Indonesia dengan luas wilayah 743,330 km². Kalimantan berbatasan dengan Sabah dan Serawak di bagian utara, Selat Karimata di bagian barat, Laut Jawa di bagian selatan, dan Selat Makassar di bagian timur. Pulau ini memiliki kekayaan alam yang melimpah. Kalimantan juga merupakan pusat produksi dan pengolahan hasil tambang dan lumbung energi nasional. Kalimantan Timur merupakan provinsi yang terbesar di Kalimantan dengan luas wilayah 198,441 km². Potensi sumber daya mineral yang berasal dari provinsi ini meliputi emas, besi, timah hitam, seng, batu bara, perak, intan, dan lain-lain.

Kegiatan pertambangan di Kalimantan Timur mencakup pertambangan migas dan non-migas. Dari kegiatan tersebut, minyak bumi dan gas alam merupakan hasil tambang yang sangat besar pengaruhnya dalam perekonomian Kalimantan Timur khususnya dan Indonesia pada umumnya, karena hingga kini kedua hasil tambang tersebut merupakan komoditi ekspor utama.

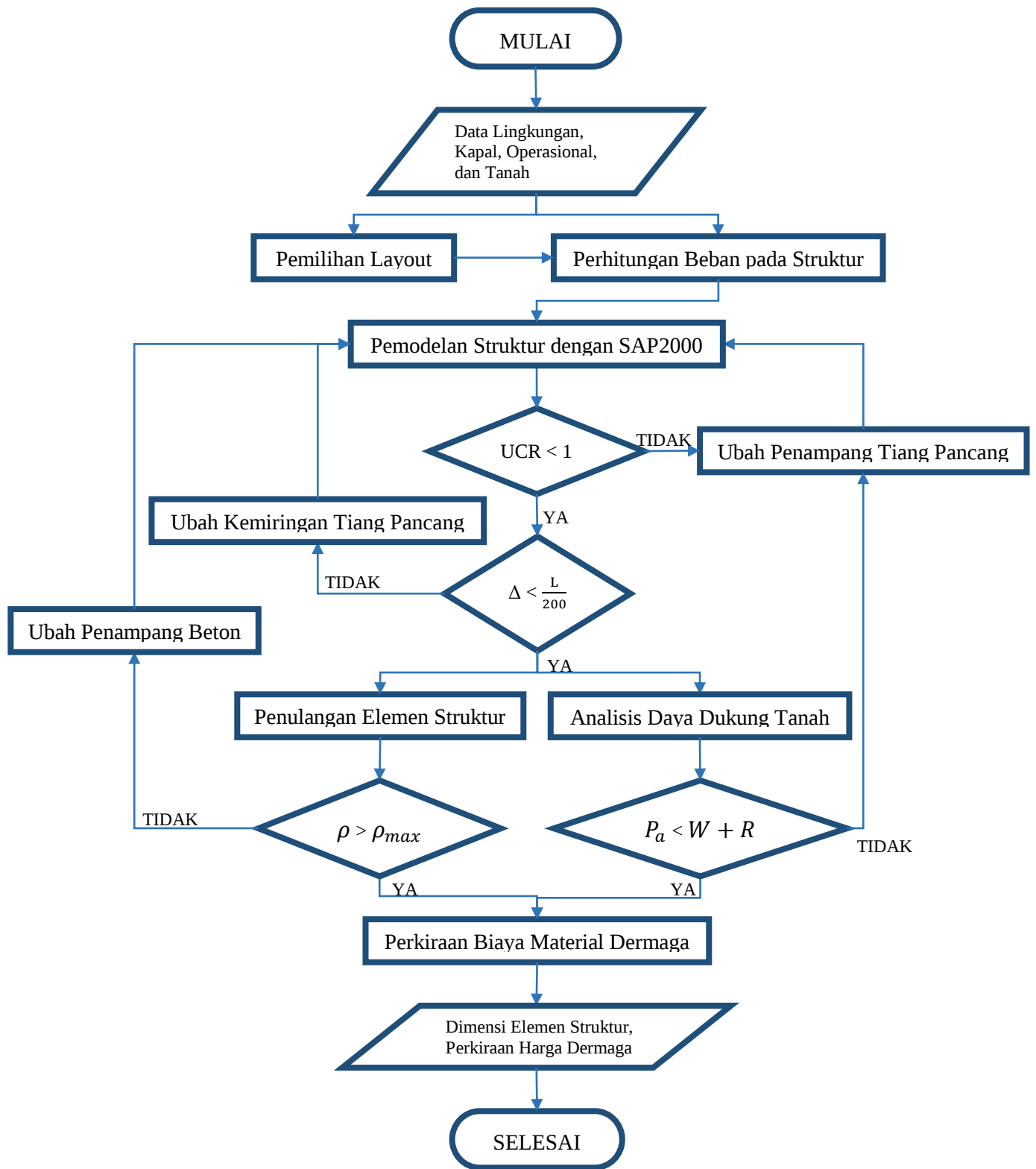
Perkembangan produksi batu bara misalnya, sejak tahun 2004 terus meningkat setiap tahunnya dan pada tahun 2013 produksi batubara telah mencapai 229 juta ton. Produksi pengilangan minyak untuk bahan bakar minyak pada tahun 2012 mengalami kenaikan dibandingkan tahun sebelumnya, dari 14.28 juta barrel menjadi 14.34 juta barrel.

Wilayah Teluk Balikpapan bertahun-tahun telah berperan besar pada perekonomian dan kebutuhan energi nasional. Selain itu, sekitar setengah cadangan batubara dalam negeri terdapat di dalamnya. Dengan kekayaan alam yang begitu banyak, diperlukan sarana yang memadai untuk kegiatan eksplorasi, eksploitasi dan produksi sumber daya alam tersebut. Infrastruktur untuk eksploitasi migas di laut dibangun menggunakan kapal dan materialnya diproduksi di darat. Untuk mendukung kegiatan eksplorasi, eksploitasi dan produksi migas dan melayani kapal-kapal yang digunakan untuk keperluan tersebut diperlukan pelabuhan serta fasilitas yang memadai.

Terminal *offshore supply base* berfungsi sebagai penyedia jasa, peralatan, gudang, dan area penyimpanan terbuka yang dapat digunakan oleh beberapa perusahaan migas dan pertambangan untuk mendukung kegiatan eksplorasi, eksploitasi, dan produksi migas dan tambang. Pada tugas akhir ini, akan dilakukan desain dan analisis struktur dermaga *offshore supply base* untuk melayani kapal-kapal yang akan digunakan untuk kegiatan eksplorasi dan eksploitasi minyak.

METODOLOGI

Metodologi yang digunakan adalah seperti ditunjukkan **Gambar 1**. Perencanaan struktur dermaga diawali dengan pengumpulan data lingkungan (arus, gelombang, dan angin), kapal, operasional (beban peralatan dan kendaraan yang beroperasi di dermaga), dan tanah. Dari data yang didapat, ditentukan layout dan dilakukan perhitungan beban pada struktur. Setelah itu dilakukan analisis struktur menggunakan *software* SAP2000 sehingga mendapatkan dimensi elemen struktur yang mampu menerima beban yang telah dihitung. Selain mendapatkan dimensi elemen struktur, hasil analisis menggunakan SAP2000 antara lain *unity check ratio*, *displacement* struktur, gaya dalam elemen struktur dan reaksi perletakan. *Unity check ratio* dan *displacement* diperiksa apakah memenuhi persyaratan. Gaya dalam elemen struktur digunakan untuk penulangan elemen beton, sedangkan reaksi perletakan digunakan untuk analisis daya dukung aksial tiang pancang. Di akhir pengerjaan dilakukan perhitungan perkiraan biaya material struktur dermaga yang didesain.



Gambar 1 Metodologi Pengerjaan Tugas Akhir

Beban-beban yang diperhitungkan untuk desain dermaga *offshore supply base* adalah sebagai berikut:

- Berat sendiri struktur;
- Berat fasilitas yang tidak bergerak seperti *fender* dan *bollard*;
- Berat beban merata diatas dermaga;
- Beban akibat *berthing*;
- Beban akibat *mooring*;
- Beban gempa;
- Beban lingkungan.

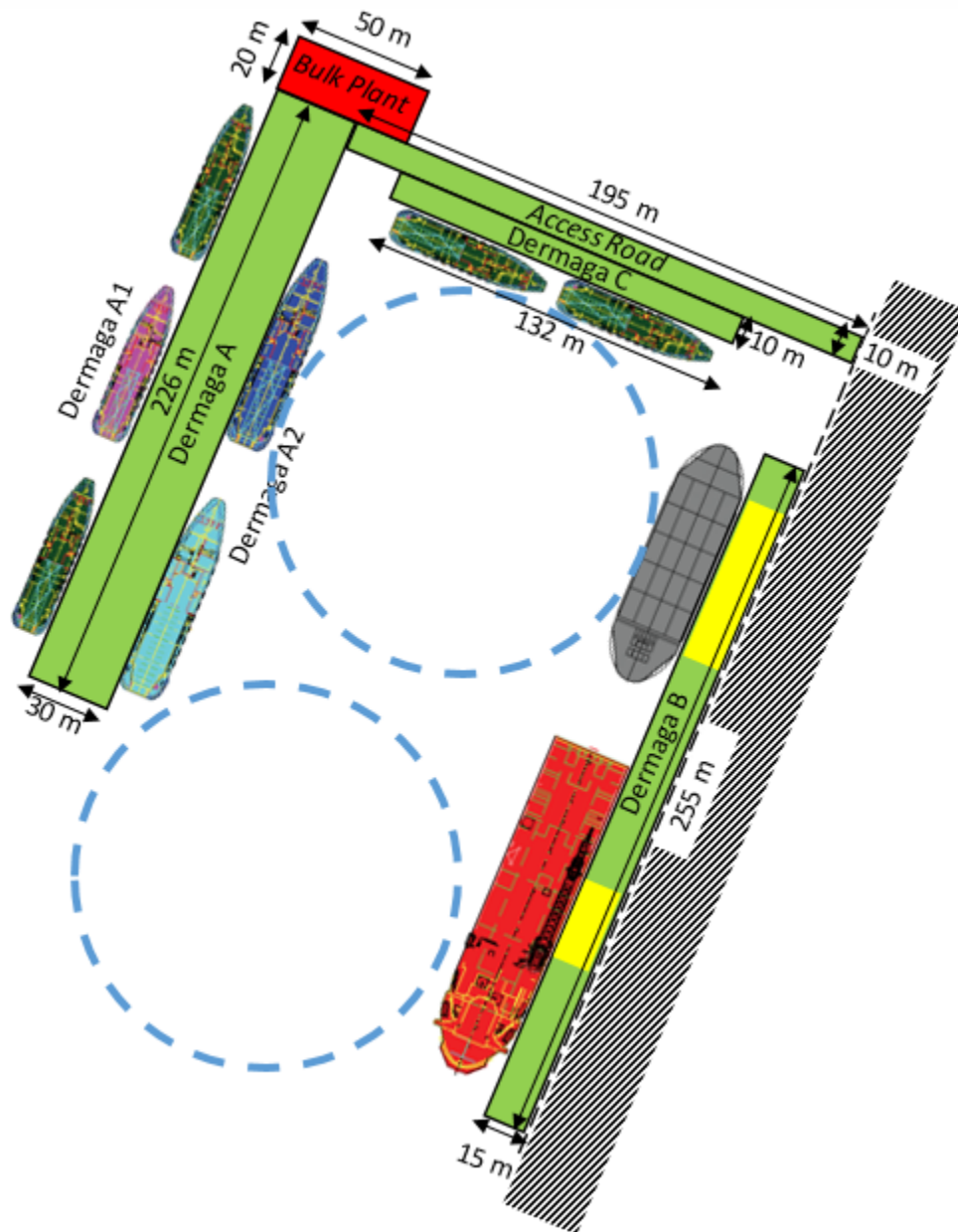
Perhitungan beban-beban diatas menggunakan parameter desain seperti pada **Tabel 1**.

Tabel 1 Parameter Desain

Parameter	Nilai	Unit	Keterangan
Kecepatan Arus	1.89	m/s	Sejajar pantai, <i>offshore</i>
	1.49		Sejajar pantai, <i>nearshore</i>
	0.13		Tegak lurus pantai
Tinggi Gelombang	0.7	m	Perioda ulang 5 tahun
Perioda Gelombang	5.49	s	
Kecepatan Angin	14.5	m/s	Maksimum
<i>Tidal Range</i>	3.3	m	Dari LLWL
<i>Storm Surge</i>	0.04	m	-

HASIL DAN ANALISIS

Struktur yang didesain terdiri dari lima yaitu dermaga A, dermaga B, dermaga C, *access road*, dan *bulk plant* seperti yang pada **Gambar 2**.



Gambar 2 Layout Dermaga Offshore Supply Base

Analisis menggunakan SAP2000 menghasilkan *unity check ratio*, *displacement*, gaya dalam, dan reaksi perletakan. *Unity check ratio* dan *displacement* struktur sudah memenuhi persyaratan $UCR < 1$ dan $displacement < L/200$. Hasil dari desain dan analisis struktur yang dilakukan adalah dimensi elemen struktur (**Tabel 2**, **Tabel 3**, **Tabel 4** dan **Tabel 5**) dan perkiraan biaya material dermaga.

Tabel 2 Dimensi Elemen Struktur

Struktur	Tiang Pancang		Balok		Tebal Pelat	Pile Cap		Unit
	Diameter	Tebal	Tinggi	Lebar		Lebar	Tebal	
Dermaga A	660	19.1	550	350	400	800	650	mm
Dermaga B	508	19.1	600	350		700	700	
	508	15.9						
Dermaga C	660	22.2	600	400		800	700	
	660	19.1						
Access Road	559	17.5	500	300		700	600	
Bulk Plant	711	23.8	750	450		900	900	

Tabel 3 Dimensi Penulangan pada Elemen Balok

Struktur	Dimensi Balok		Tulangan		
	Tebal (mm)	Lebar (mm)	Atas	Bawah	Geser
Dermaga A	550	350	6D22	6D29	2D13
Dermaga B	600	350	5D25	8D25	2D16
Dermaga C	600	400	4D29	10D25	2D13
<i>Access Road</i>	500	300	5D22	6D25	2D13
<i>Bulk Plant</i>	750	450	8D25	10D29	4D13

Tabel 4 Dimensi Penulangan pada Elemen Pelat

Pelat	Tulangan	
	Memanjang	Melebar
Dermaga A	25 D16	19 D19
1 Dermaga B	29 D16	29 D16
2 Dermaga B	9 D25	12 D22
Dermaga C	12 D25	10 D29
<i>Access Road</i>	9 D25	12 D22
<i>Bulk Plant</i>	22 D25	20 D25

Tabel 5 Dimensi Penulangan pada Elemen *Pile Cap*

Struktur	Dimensi <i>Pile Cap</i>		Tulangan
	Tinggi (mm)	Lebar (mm)	
Dermaga A	650	800	8D16
Dermaga B	700	700	8D16
Dermaga C	700	800	9D16
<i>Access Road</i>	600	700	7D16
<i>Bulk Plant</i>	900	900	13D16

Harga total material yang dibutuhkan untuk membangun dermaga yang didesain sebesar US\$ 22,590,549 dengan luas total dermaga 14,875 m² (US\$ 1,518.69/m²).

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari desain dan analisis struktur dermaga *offshore supply base*, dapat ditarik kesimpulan:

1. *Layout* yang dipilih mampu melayani 9 kapal dalam satu waktu dengan kapasitas hingga 20000 DWT dan dapat melayani Jack-Up Rig. Dermaga terdiri dari lima struktur yaitu dermaga A, dermaga B, dermaga C, *access road*, dan *bulk plant*.

2. Struktur dermaga A memiliki geometri sebagai berikut:

- Elevasi struktur : +4.6 m dari LLWL
- Panjang total struktur : 226 m
- Lebar total struktur : 30 m
- Diameter tiang pancang : 660 mm
- Tebal dinding tiang pancang : 3/4"
- *Fixity Point* : 8 m
- Lebar balok : 350 mm
- Tinggi balok : 550 mm
- Jarak antarbalk memanjang : 4 m
- Jarak antarbalk melintang : 4.5 m
- Tebal pelat lantai : 400 mm
- Dimensi pile cap : 0.8 m x 0.8 m x 0.65 m

3. Struktur dermaga B memiliki geometri sebagai berikut:

- Elevasi struktur : +4.6 m dari LLWL
- Panjang total struktur : 255 m
- Lebar total struktur : 15 m
- Diameter tiang pancang : 508 mm
- Tebal dinding tiang pancang : 5/8" dan 3/4"
- *Fixity Point* : 8 m
- Lebar balok : 350 mm
- Tinggi balok : 600 mm
- Jarak antarbalk memanjang : 4 m
- Jarak antarbalk melintang : 4 m
- Tebal pelat lantai : 400 mm
- Dimensi pile cap : 0.7 m x 0.7 m x 0.7 m

4. Struktur dermaga C memiliki geometri sebagai berikut:

- Elevasi struktur : +4.6 m dari LLWL
- Panjang total struktur : 132 m

- Lebar total struktur : 10 m
- Diameter tiang pancang : 660 mm
- Tebal dinding tiang pancang : 3/4" dan 7/8"
- *Fixity Point* : 9 m
- Lebar balok : 400 mm
- Tinggi balok : 600 mm
- Jarak antarbalok memanjang : 4 m
- Jarak antarbalok melintang : 5 m
- Tebal pelat lantai : 400 mm
- Dimensi pile cap : 0.8 m x 0.8 m x 0.7 m

5. Struktur *access road* memiliki geometri sebagai berikut:

- Elevasi struktur : +4.6 m dari LLWL
- Panjang total struktur : 195 m
- Lebar total struktur : 10 m
- Diameter tiang pancang : 559 mm
- Tebal dinding tiang pancang : 11/16"
- *Fixity Point* : 8 m
- Lebar balok : 300 mm
- Tinggi balok : 500 mm
- Jarak antarbalok memanjang : 4 m
- Jarak antarbalok melintang : 4 m
- Tebal pelat lantai : 400 mm
- Dimensi pile cap : 0.7 m x 0.7 m x 0.6 m

6. Struktur *bulk plant* memiliki geometri sebagai berikut:

- Elevasi struktur : +4.6 m dari LLWL
- Panjang total struktur : 50 m
- Lebar total struktur : 20 m
- Diameter tiang pancang : 711 mm
- Tebal dinding tiang pancang : 15/16"

- *Fixity Point* : 9 m
- Lebar balok : 450 mm
- Tinggi balok : 750 mm
- Jarak antarbalok memanjang : 4.5 m
- Jarak antarbalok melintang : 4 m
- Tebal pelat lantai : 400 mm
- Dimensi pile cap : 0.9 m x 0.9 m x 0.9 m

7. Dermaga yang didesain adalah dermaga dengan tipe *deck on pile* dan dirancang untuk tahan terhadap kombinasi beban berikut:

- Berat sendiri struktur;
- Berat fasilitas yang tidak bergerak seperti *fender* dan *bollard*;
- Berat beban merata diatas dermaga;
- Beban akibat *berthing*;
- Beban akibat *mooring*;
- Beban gempa;
- Beban lingkungan.

8. Material yang digunakan adalah beton dengan mutu K-350 dan baja ASTM A36.

9. Berdasarkan hasil analisis struktur menggunakan *software* SAP2000, struktur yang didesain memiliki *unity check ratio* sebagai berikut:

- Dermaga A memiliki *unity check ratio* maksimum 0.8592.
- Dermaga B memiliki *unity check ratio* maksimum 0.8977.
- Dermaga C memiliki *unity check ratio* maksimum 0.8749.
- *Access road* memiliki *unity check ratio* maksimum 0.8492.
- *Bulk plant* memiliki *unity check ratio* maksimum 0.8713.

Nilai *unity check ratio* dari setiap struktur yang didesain dibawah 1 sehingga memenuhi persyaratan.

10. Berdasarkan hasil analisis struktur menggunakan *software* SAP2000, struktur yang didesain memiliki *displacement* sebagai berikut:

- Dermaga A memiliki *displacement* maksimum 0.1056 dari *displacement* izin 0.1725.

- Dermaga B memiliki *displacement* maksimum 0.0504 dari *displacement* izin 0.0925.
- Dermaga C memiliki *displacement* maksimum 0.1385 dari *displacement* izin 0.1475.
- *Access road* memiliki *displacement* maksimum 0.0212 dari *displacement* izin 0.1425.
- *Bulk plant* memiliki *displacement* maksimum 0.0052 dari *displacement* izin 0.1625.

Nilai *displacement* pada tiap struktur yang didesain dibawah nilai *displacement* izin sehingga memenuhi persyaratan.

11. Kombinasi beban yang menentukan dimensi tiang pancang pada masing-masing struktur adalah sebagai berikut:

- Dermaga A ditentukan oleh UCR sebesar 0.8592 yang diakibatkan kombinasi pembebanan COMB5.3, yaitu kombinasi disaat 1 kapal besar mengalami *berthing* di ujung dan yang lainnya mengalami *mooring* longitudinal positif. Sedangkan kapal kecil mengalami *mooring* transversal.
- Dermaga B ditentukan oleh UCR sebesar 0.8977 yang diakibatkan kombinasi pembebanan COMB5.16, yaitu kombinasi disaat kapal FC Vittoria mengalami *mooring* longitudinal positif dan kapal Deep Orient/Parameswara mengalami *berthing* di ujung.
- Dermaga C ditentukan oleh UCR dan *displacement* berturut-turut sebesar 0.8749 dan 0.1385 m. Keduanya diakibatkan oleh kombinasi pembebanan COMB5.16, yaitu kombinasi disaat kapal yang lebih dekat ke sisi darat mengalami *berthing* di ujung dan yang lainnya mengalami *mooring* longitudinal positif.
- *Access road* ditentukan oleh UCR sebesar 0.8492 yang diakibatkan oleh kombinasi pembebanan COMB1, yaitu kombinasi disaat hanya ada beban mati dan beban hidup.
- *Bulk plant* ditentukan oleh UCR sebesar 0.8713 yang diakibatkan oleh kombinasi pembebanan COMB1, yaitu kombinasi disaat hanya ada beban mati dan beban hidup.

12. Berdasarkan hasil analisis daya dukung tanah, dapat disimpulkan bahwa tiang pancang mampu menopang beban struktur karena beban total yang terjadi lebih kecil dibandingkan beban yang diizinkan.

- Dermaga A memiliki beban total 123 ton dari yang diizinkan 173 ton.
- Dermaga B memiliki beban total 130 ton dari yang diizinkan 232 ton.
- Dermaga C memiliki beban total 178 ton dari yang diizinkan 243 ton.
- *Access road* memiliki beban total 93 ton dari yang diizinkan 160 ton.

- *Bulk plant* memiliki beban total 247 ton dari yang diizinkan 263 ton.
13. Fasilitas struktur yang digunakan untuk menahan beban akibat kapal di dermaga A yaitu:
 - Fender SCN 1050 E1.0 sebanyak 24 buah;
 - Fender SCN 950 E1.9 sebanyak 28 buah;
 - Bollard 15 ton sebanyak 20 buah.
 14. Fasilitas struktur yang digunakan untuk menahan beban akibat kapal di dermaga B yaitu:
 - Fender SCN 1300 E1.7 sebanyak 8 buah;
 - Fender SCN 1200 E1.2 sebanyak 9 buah;
 - Bollard 15 ton sebanyak 12 buah.
 15. Fasilitas struktur yang digunakan untuk menahan beban akibat kapal di dermaga C yaitu:
 - Fender SCN 950 E1.4 sebanyak 12 buah;
 - Bollard 50 ton sebanyak 8 buah.
 16. Material untuk struktur yang didesain memiliki total harga US\$ 22,239,349. Dengan harga per meter persegiunya sebesar US\$ 1,495.08 atau US\$ 2,471,039 per kapal. Lebih murah dibandingkan pilihan *layout* yang sudah ada.

Ada beberapa yang perlu diperhatikan dalam perancangan struktur pada laporan ini, yaitu:

1. Perhitungan penulangan pada laporan ini dilakukan dalam kondisi sudah terpasang. Pada kenyataannya desain tulangan harus dirancang dengan mempertimbangkan proses pemasangan.
2. Pada laporan ini tidak diperhitungkan adanya *sheet pile* pada struktur. *Sheet pile* dapat diperhitungkan pada dermaga yang berada di tepi pantai seperti dermaga B.
3. Dapat dilakukan desain dan analisis pada *layout* yang lain.
4. Dapat juga dilakukan perhitungan biaya lebih mendetail seperti biaya pembangunan dan pekerja.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional, 2002. SNI 03-2847-2002 Tata Cara Perencanaan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung, Bandung.
- Badan Standardisasi Nasional, 2003. SNI 03-1726-2003 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung, Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional, SNI-1729-2002 Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung, Jakarta.
- British Standard Institute. 2000. *Design of Quay Walls, Jetties, and Dolphins*, England.
- Gaythwaite, JW, 2004. *Design of Marine Facilities for the Berthing, Mooring, and Repair of Vessel 2nd edition*, American Society of Civil Engineers, Virginia, Amerika Serikat.
- Lembaga Afiliasi Penelitian Indonesia Institut Teknologi Bandung. 2014. *Final Report Marine Facility Design POSB Project*. Bandung.
- McCormac, Jack C. dan Nelson, James K., 2006. *Design of Reinforced Concrete 7th edition*, John Wiley & Sons, Amerika Serikat.
- The Overseas Coastal Area Development Institute of Japan (OCDI), 2002. *Technical Standards and Commentaries for Port and Harbour Facilities in Japan*, Jepang.
- Thoresen, Carl A., 2003. *Port Designer's Handbook*, Thomas Telford Publishing, Australia.