

Analisis Kekuatan Struktur Dermaga Apung untuk Pelabuhan Perintis

Abdul Kadir*¹ dan Soegeng Hardjono²

Pusat Teknologi Rekayasa Industri Maritim – BPPT^{1,2}
Gedung Teknologi II, Lt 3, Kompleks PUSPIPEK Serpong, Tangerang Selatan 15314
Tlp. 021-75875943 ext.1123, Tangerang – Banten, 15314
E-mail: abdul.kadir@bppt.go.id

Diterima : 29 Januari 2019, disetujui: 27 Juni 2019, diterbitkan online: 28 Juni 2019

Abstrak

Secara geografis, posisi Indonesia sangat strategis terhadap lalu lintas perdagangan karena terletak antara dua benua dan dua samudra. Kondisi tersebut perlu didukung oleh sarana dan prasarana transportasi antar pulau termasuk pelabuhan yang memadai. Perencanaan pelabuhan perlu disesuaikan dengan kondisi alam Indonesia yang berada pada daerah rangkaian cincin api lempeng tektonik paling aktif dan berkontribusi besar terhadap terjadinya gempa bumi. Salah satu alternatif desain pelabuhan yang bisa dikembangkan adalah dermaga apung yang didesain dan direncanakan untuk menahan beban baik beban internal akibat muatan maupun beban eksternal dari lingkungan yang berupa tumpuan air, hempasan gelombang, maupun gaya tumbukan kapal saat sandar. Struktur dermaga apung memiliki sifat yang dinamis dimana struktur dermaga akan menjadi bagian dari beban daya apung dermaga, sehingga semakin besar berat struktur maka akan semakin kecil kapasitas dermaga. Tulisan ini memberikan contoh analisis kekuatan struktur dermaga apung perintis yang menggunakan *Finite Element Method* untuk analisa tegangan dan regangan akibat beban lateral dan vertikal yang terjadi. Hasil yang diperoleh dari analisa yang dilakukan yakni bahwa nilai tegangan dan regangan yang didapatkan masih dibawah nilai kritis yang diizinkan sehingga masih dalam kondisi aman.

Kata kunci : dermaga terapung, pembebanan, kekuatan struktur.

Abstract

Analysis of the Strength of Floating Dock Structures for Pioneer Ports: Geographically, Indonesia's position is very strategic towards trade traffic because it is located between two continents and two oceans. This condition needs to be supported by inter-island transportation facilities and infrastructure including adequate ports. Port planning needs to be adapted to Indonesia's natural conditions which are in the area of the most active tectonic plate fire ring and contribute greatly to the occurrence of earthquakes on earth. One alternative port designs that can be developed is floating docks that are designed and planned to be able to withstand internal loads from the cargo and external loads from the environment in the form of water fills, waves and ship collision forces when anchored. The structure of the floating dock has a dynamic nature where the structure of the pier will be part of the load buoyancy. Thus, the greater the weight of the structure, the smaller the capacity of the dock will be. This paper provides an example of the strength analysis of the structure of the pioneer floating dock using *Finite Element Method* for stress and strain analysis due to the lateral and vertical loads that occur. The results obtained from the analysis carried out identify that the stress and strain values were still below the allowable critical value which mean that they were still safe.

Keywords: Floating dock, loading, strength structure.

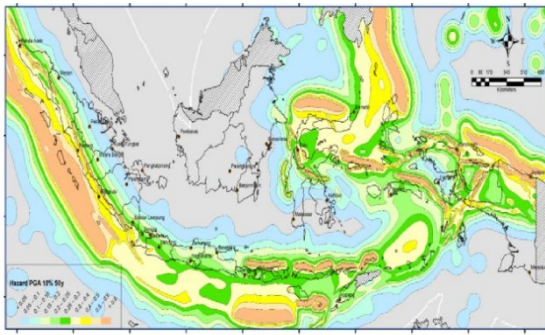
1. Pendahuluan

Secara geografis Indonesia berada di antara benua Asia dan Australia, dan di antara Samudra Pasifik dan Samudra Hindia. Posisi ini menjadi wilayah strategis bagi perdagangan sejak abad ke-7 sampai saat ini. Kondisi ini perlu dipertahankan dengan penyediaan sarana dan prasarana transportasi yang memadai.

Tantangan dihadapi adalah Indonesia terletak pada rangkaian cincin api yang membentang sepanjang lempeng pasifik yang merupakan lempeng

tektonik paling aktif di dunia. Zona ini memberikan kontribusi sebesar 90% dari kejadian gempa di bumi [1]. Wilayah yang rawan terjadinya gempa antara lain; di sepanjang pantai barat Sumatera, selatan Jawa, Nusa Tenggara, Papua, Maluku dan utara Sulawesi.

Dampak langsung dari terjadinya gempa dan tsunami terhadap sarana/prasarana transportasi adalah terjadinya kerusakan bangunan secara massif termasuk prasarana pelabuhan yang merupakan pintu utama bagi masuknya bantuan dan pertolongan. Tidak sedikit dari upaya bantuan dan



Gambar 1. Peta Gempa Indonesia 2017
(untuk 500 tahun) [2]

pertolongan menjadi terhambat akibat rusaknya infrastruktur pelabuhan. Sementara itu diketahui bahwa waktu yang paling penting untuk penyelamatan korban adalah tiga hari pertama paska terjadinya bencana [3]. Melihat permasalahan tersebut, maka perlu adanya terobosan untuk mencari alternatif desain pelabuhan yang handal untuk daerah rawan gempa.

Dermaga apung merupakan salah satu jenis dermaga tahan gempa yang dirancang dengan sistem konstruksi terapung yang tidak berhubungan langsung dengan dasar perairan. Selain tahan gempa, dermaga apung memiliki beberapa keunggulan antara lain; ramah lingkungan, mudah dalam proses konstruksi dan tidak tergantung pada kondisi dasar perairan serta mudah dipindah tempat [4]. Dermaga apung dapat juga diaplikasikan pada daerah yang memiliki kondisi perairan yang ekstrem dimana terdapat perbedaan pasang surut yang tinggi, serta perairan yang dalam dimana dermaga konvensional beton tidak menguntungkan untuk digunakan. Demikian juga untuk daerah pedalaman dan pulau terpencil, dermaga apung bisa difungsikan sebagai pelabuhan perintis.

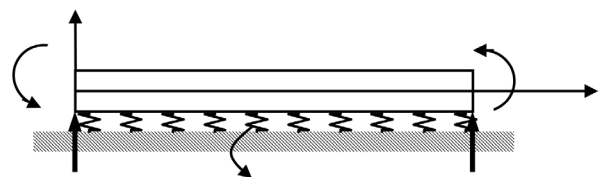
Hal penting yang perlu diperhatikan dalam mendesain dermaga apung adalah penentuan spesifikasi pelabuhan yang memiliki ukuran konstruksi kecil namun memiliki kapasitas yang besar. Untuk mencapai hal tersebut, maka perlu dilakukan identifikasi gaya-gaya atau pembebanan yang bekerja pada konstruksi dermaga dan menganalisa pengaruhnya terhadap kekuatan konstruksi. Dari hasil analisa akan didapatkan ukuran konstruksi dan selanjutnya kapasitas optimal dermaga apung dapat ditentukan. Penelitian ini memberikan analisa awal kekuatan konstruksi dermaga apung akibat pembebanan yang bekerja padanya.

2. Metodologi

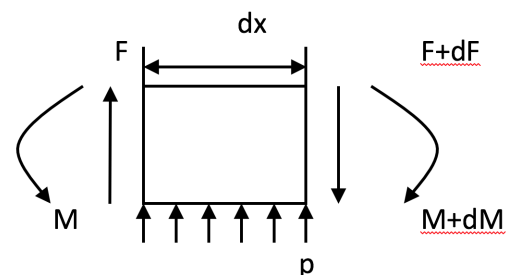
Sehubungan analisa dalam penelitian ini merupakan analisa awal, maka diambil asumsi bahwa pembebanan yang terjadi pada struktur dermaga apung adalah pembebanan statis baik pembebanan lateral (benturan badan kapal) maupun pembebanan vertikal (muatan, struktur, perlengkapan *crane* maupun gelombang) yang terjadi di konstruksi dermaga apung dengan ukuran panjang, lebar dan kedalaman tertentu dengan menggunakan metode *Finite Element* untuk mengetahui tegangan dan regangan yang terjadi. Sedangkan pembebanan dinamis akibat variasi beban muatan geladak dan variasi parameter gelombang (tinggi maupun periode) akan dilakukan dalam penelitian kemudian yang terpisah dari makalah ini.

Prinsip dasar yang perlu diketahui untuk melakukan analisa terhadap dermaga apung adalah struktur terapung (*Floating Structure*) merupakan suatu struktur yang fleksibel dan elastis sehingga untuk perhitungan dasar dapat dianalogikan sebagai balok memanjang dengan kekakuan EI ditempatkan diatas pondasi elastis atau ditumpu oleh pegas secara merata [5]. Dalam system koordinat X - Y dapat diilustrasikan seperti gambar 2 dan 3.

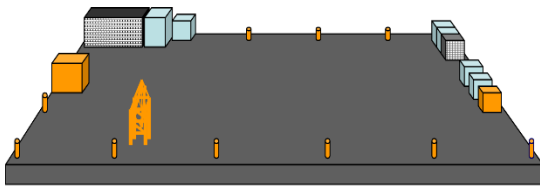
Persamaan diferensial untuk vibrasi lateral balok, mempertimbangkan pengaruh gaya dan momen pada bagian balok seperti ditunjukkan oleh gambar 4 dimana F , M , p dan ks masing-masing adalah gaya geser (*shear force*), momen lengkung (*bending moments*), beban per unit panjang dan koefisien elastis pegas balok.



Gambar 2. Analogi Balok Ditumpu Pegas Merata



Gambar 3. Gaya dan Momen Pada Balok diatas Pondasi Elastis



Gambar 4. Sketsa Dermaga Apung

Gaya geser ditentukan oleh sejumlah momen pada beberapa bagian kanan elemen dengan persamaan 1.

$$M - (M + dM) - (F + dF)dx = 0 \rightarrow \frac{dM}{dx} = -F \quad (1)$$

Dengan jalan yang sama, pembebanan per unit panjang ditentukan oleh sejumlah gaya pada arah y dan ditunjukkan oleh persamaan 2.

$$F - (F + dF) + \rho dx = 0 \rightarrow \frac{dF}{dx} = \rho \quad (2)$$

Persamaan (1) dan (2) menunjukkan tingkat perubahan dari momen sepanjang balok sama terhadap gaya geser, sementara tingkat perubahan gaya geser sepanjang balok sama dengan pembebanan per unit panjang. Momen *bending* yang berkaitan dengan persamaan *the curvature of the flexure* (3).

$$EI \frac{d^2 y}{dx^2} = -M \quad \frac{d^2 y}{dx^2} > 0 \quad (3)$$

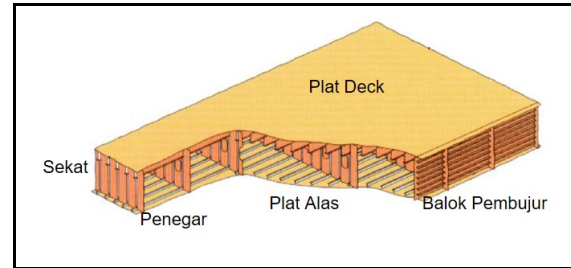
Dari persamaan (2) dan (3) didapatkan;

$$F = -\frac{dM}{dx} = EI \frac{d^3 y}{dx^3} \quad (4)$$

Tabel 1. Ukuran Konstruksi Dermaga Apung

No.	Nama Komponen	Ukuran
1.	Gading-gading:	
	a. Gading Utama	W = 141,241 Cm ³
	b. Gading Besar	W = 1243,042 Cm ³
	c. Balok Pembujur	W = 90,343 Cm ³
	d. Penumpu Samping	W = 166,89 Cm ³
2.	Konstruksi Alas	
	a. Penumpu Tengah	T = 9,0 mm; f = 47 mm
	b. Penumpu Samping	T = 7,0 mm; f = 16 mm
3.	Pelat Kulit	
	a. Pelat Alas	T = 15 mm
	b. Pelat Sisi	T = 15 mm
4.	Geladak	
	a. Pelat Geladak	T = 15 mm
	b. Balok Pelintang Geladak	W = 17,363 Cm ³
5.	Sekat	
	Pelat Sekat	T = 4,323 mm
	Penegar Sekat	W = 36,192 Cm ³

Sumber: [8]



Gambar 5. Struktur Dermaga Apung

Dari beberapa persamaan dasar diatas didapatkan persamaan umum dari *vertical displacement* konstruksi terapung sebagai berikut :

$$y = C_1 \cosh \beta x \cos \beta x + C_2 \sinh \beta x \sin \beta x + C_3 \cosh \beta x \sin \beta x + C_4 \sinh \beta x \cos \beta x \quad (5)$$

Secara umum konstruksi dermaga apung dapat diklasifikasikan ke dalam dua kategori, yaitu tipe ponton dan semi-*submersible* [6]. Skema konstruksi tipe ponton dapat dibagi empat yaitu; terdiri dari satu ponton panjang, beberapa ponton besar yang digabungkan dengan pivot, serangkaian ponton kecil yang direntang dengan bentang geladak tunggal dan serangkaian ponton kecil yang dirangkai oleh dek kontinyu [7]. Untuk kajian ini dipilih tipe satu ponton dengan konstruksi yang relatif sederhana namun memiliki stabilitas yang tinggi. Tipe ini cocok dibangun pada perairan tenang atau perairan yang terlindung secara alami.

Dermaga apung yang dianalisa pada tulisan ini memiliki ukuran Panjang (L) : 50 meter, Lebar (B) : 30,86 meter, Tinggi (H) : 5 meter dan Sarat (d) : 2,5 meter dengan konstruksi dari baja.

Berat *Displacement* Dermaga adalah:

$$\begin{aligned} \text{Displ.} &= L \times B \times d \times B_j \text{ air} \\ &= 50 \times 30,86 \times 2,5 \times 1,025 \\ &= 3.954 \text{ ton} \end{aligned} \quad (6)$$

Perhitungan konstruksi meliputi penentuan ukuran profil terhadap komponen konstruksi dermaga apung berdasarkan peraturan konstruksi ponton dari Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) [8], sebagaimana tabel 1.



Gambar 6. Kapal 500 DWT

Tabel 2. Berat LWT Dermaga Apung

No	Nama Komponen	Jumlah	Volume [m ³]	Berat [ton]
1	Pelat Alas	1	23,145	181,688
2	Pelat Geladak	1	23,145	181,688
3	Pelat sisi memanjang	2	7,5	58,875
4	Pelat sisi melintang	2	4,629	36,338
5	Sekat memanjang	3	11,25	88,313
6	Sekat melintang	3	6,944	54,506
7	Gading besar memanjang	16	7,904	62,046
8	Gading normal memanjang	64	7,488	58,781
9	Gading besar melintang	28	8,537	67,016
10	Gading normal melintang	128	9,243	72,559
11	Penumpu tengah	1	1,8	14,13
12	Penumpu samping	2	2,7	21,195
13	Senta sisi memanjang	2	0,988	7,756
14	Senta sisi melintang	2	0,610	4,787
15	Pelintang geladak	128	2,370	18,605
16	Penegar	1536	7,949	62,398
Sub Total				990,681
Total Berat				1,139,284

Sumber : Olahan Penulis, 2018

Pada tabel 2 konstruksi dibuat dari baja ST 37 (*marine Steel Plate*) dengan total berat. Kapasitas dermaga apung ditentukan dari selisih antara *Displacement* dan berat *LWT* sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Kapasitas} &= \text{Displacement} - \text{LWT} \\
 &= 3.954 - 1.139 \\
 &= 2.815 \text{ ton}
 \end{aligned}
 \quad (7)$$

Dermaga tersebut didesain untuk kapal berkapasitas maksimal 500 *DWT* dengan ukuran Panjang (L): 30 meter, Lebar (B): 8 meter, Sarat (d): 2 meter.

Berat *Displacement* Kapal adalah [9]:

$$\begin{aligned}
 W &= L \times B \times d \times B_j \text{ air} \\
 &= 30 \times 8 \times 2 \times 1,025 \\
 &= 500 \text{ ton}
 \end{aligned}
 \quad (8)$$

2.1. Beban Lateral

Secara umum gaya lateral eksternal yang terjadi pada pelabuhan sebagai tempat penambatan kapal dapat ditentukan dengan menggunakan metode yang sesuai, menurut dimensi kapal, metode labuh, kecepatan labuh, struktur fasilitas tambat, metode penambatan dan *property* penambatan [10]. Beban lateral yang diperhitungkan adalah akibat benturan kapal saat sandar yang akan mencapai nilai

Tabel 3. Kecepatan Merapat Kapal [11]

Ukuran Kapal (<i>DWT</i>)	Kecepatan Merapat	
	Pelabuhan (m/det)	Lautterbuka (m/det)
Sampai 500	0.25	0.30
500 – 10.000	0.15	0.20
10.000 – 30.000	0.15	0.15
di atas 30.000	0.12	0.15

Sumber : Olahan Penulis, 2018

maksimum apabila arah benturan kapal membentuk sudut 10° terhadap struktur dermaga yang nilainya dapat ditentukan dengan rumus pendekatan 5; [11]

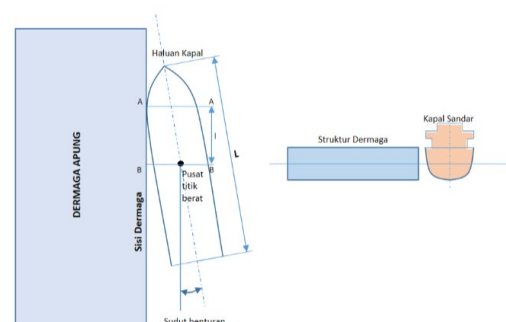
$$E = (WV^2/2g).C_m.C_e.C_s.C_c \text{ (ton.m)} \quad (9)$$

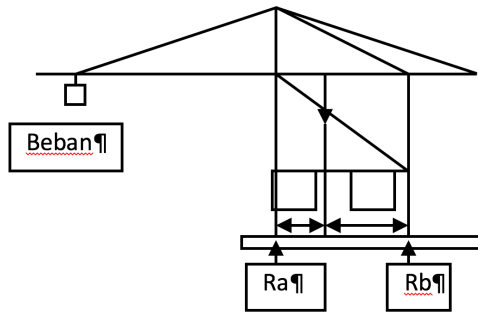
Dimana E adalah energi benturan (ton.m); V adalah kecepatan kapal terhadap struktur (m/dt); W adalah *displacement* kapal (ton); g adalah gaya gravitasi (m/dt²); C_m adalah koefisien massa; C_e adalah koefisien eksentritas; C_s adalah koefisien kekerasan (diambil 1); C_c adalah koefisien bentuk tambatan (diambil 1)

Dimana C_m adalah 1 + (πd / 2C_bB); C_b adalah W / Lpp.B.d.γ; C_m adalah 1 + (πd / 2(W / Lpp.B.d.γ)B); Dimana B adalah lebar kapal; d adalah sarat kapal; Lpp adalah panjang kapal; γ adalah berat jenis air laut; C_e adalah koefisien eksentritas : 1 / (1 + (l / r)²).

$$\begin{aligned}
 \text{Sehingga } E &= (WV^2/2g).(1 + (\pi d / 2 (W / \\
 &\text{Lpp.B.d.}\gamma) B)). 1 / \\
 &(1 + (l / r)^2) \text{ (ton.m)}
 \end{aligned}
 \quad (10)$$

Kecepatan merapat kapal merupakan salah satu faktor penting dalam perhitungan gaya pada dermaga yang dapat ditentukan dari nilai pengukuran atau pengalaman. Secara umum kecepatan merapat kapal dapat diberikan pada tabel 3. Dari persamaan tersebut didapatkan nilai benturan kapal sebesar 5 ton dengan jarak 17,5 meter dari balok melintang dermaga.

**Gambar 7.** Sketsa Posisi Benturan Kapal Terhadap Dermaga.



Gambar 8. Sistem Pembebanan Terpusat oleh *Crane*
Sumber : Olahan Penulis, 2018

2.2. Beban Vertikal

2.2.1. Beban Struktur

Beban struktur merupakan beban dari bangunan atas yang menyatu dengan konstruksi dan merupakan bagian *Light Weight Ton (LWT)* dermaga dalam satuan ton.

2.2.2. Beban muatan

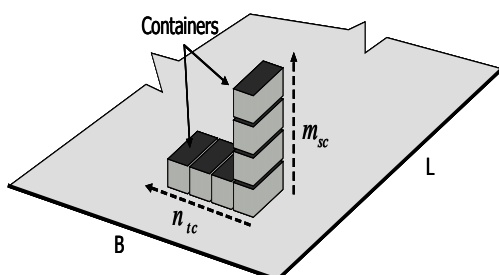
Beban muatan terdiri dari; Beban muatan terpusat beban oleh alat angkat (crane) merupakan beban terpusat dengan kondisi kritis terjadi saat posisi alat angkat beroperasi pada ujung dermaga, dimana berat alat angkat dengan sebuah beban diambil sebesar $W = 6$ ton. Besar beban titik dapat ditentukan dengan persamaan 6.

$$Ra = \frac{W_{tot} x b}{a + b} \quad (t), Rb = \frac{W_{tot} x a}{a + b} \quad (t) \quad (11)$$

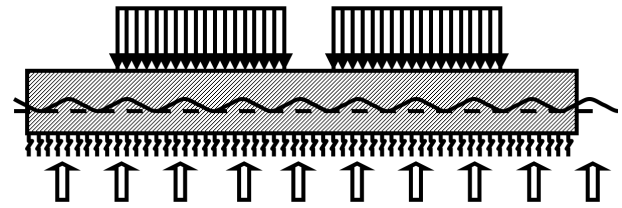
Besar beban pada masing-masing tumpuan sebesar 1,333 ton. Besar beban yang timbul akibat tumpukan barang seperti peti kemas (*container*) dapat dihitung dengan persamaan 7.

$$W_{container} = n_{tc} \times m_{sc} \times q_c \quad (t/m) \quad (12)$$

Dimana n_{tc} merupakan total barang/*container* arah transversal; m_{sc} total barang/*container* arah



Gambar 9. Sistem Pembebanan Merata oleh Muatan



Gambar 10. Sistem Pembebanan Merata Oleh Tumpuan Gelombang/Air

vertikal dan; q_c berat barang/*container* per unit panjang. [12]

Berat beban merata yang didapatkan pada analisa ini adalah sebesar 2 ton per meter dan luas areal untuk tumpukan peti kemas diambil 18 meter x 30 meter.

Beban tumpuan gelombang dapat ditentukan dengan persamaan 8.

$$W_{wave} = \frac{1}{B(x_j - x_i)} \int_{x_i}^{x_j} \gamma B w \, dx \quad (t/m) \quad (13)$$

$$w = \zeta_a \cos \frac{2\pi x}{\lambda_w} \text{ (elevasi gelombang)}$$

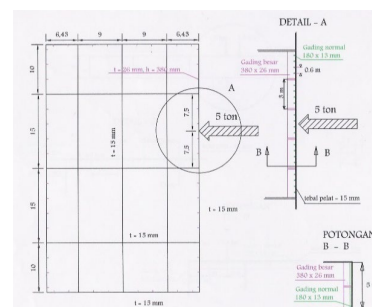
ζ_o adalah *amplitude* gelombang sehingga didapatkan persamaan 9.

$$W_{\text{wave}} = \frac{1.025 \zeta_a \lambda_w}{2\pi(x_j - x_i)} \left(\sin \frac{2\pi x_j}{\lambda_w} - \sin \frac{2\pi x_i}{\lambda_w} \right) \quad (t/m) \quad (14)$$

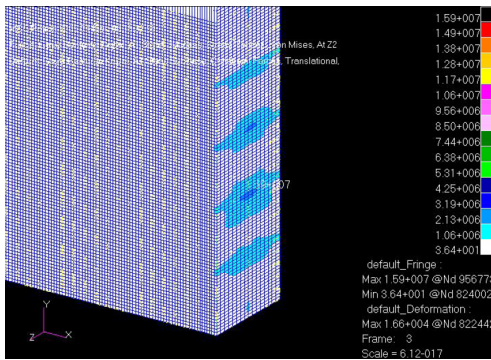
dengan arah yang berlawanan dengan pembebanan barang *container* [12]. Besar gaya tumpuan air terhadap konstruksi berdasarkan persamaan tersebut diperoleh sebesar -0,549 ton/m.

3. Hasil dan Pembahasan

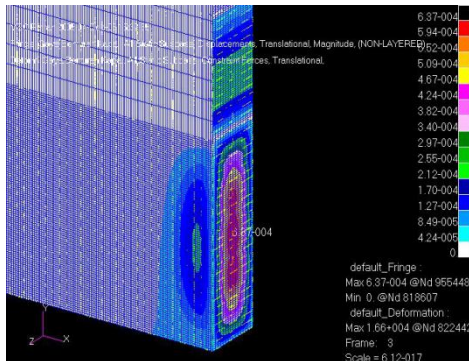
Hal penting yang perlu diperhatikan dalam proses analisa bahwa tegangan pada suatu bidang adalah *vector* tegangan, Resultan tegangan dengan mudah dapat dicari dengan penjumlahan *vector* dari



Gambar 11. Letak Benturan Kapal



Gambar 12. Tegangan Akibat Benturan Kapal

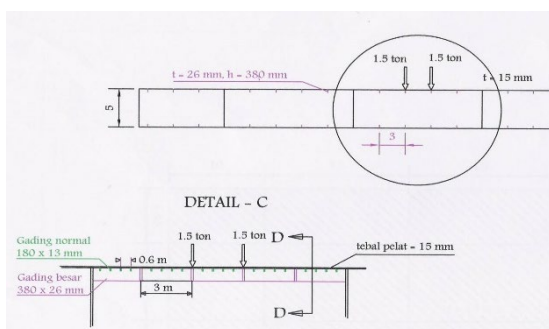


Gambar 13. Regangan Maksimum Akibat Beban Benturan Kapal.

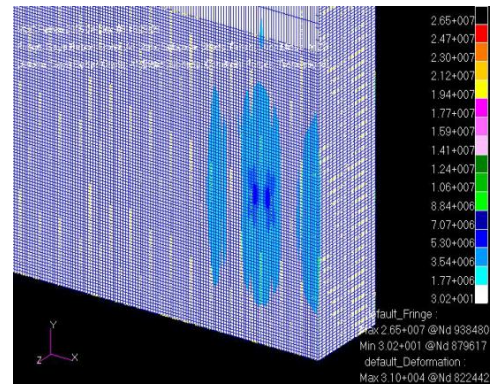
komponen-komponennya, keadaan tegangan pada benda elastis biasanya bervariasi dari satu titik ke titik lainnya yang dapat dituliskan; $\sigma(x,y,z)$ dan $\tau(x,y,z)$ [13].

3.1. Tegangan dan regangan akibat benturan kapal

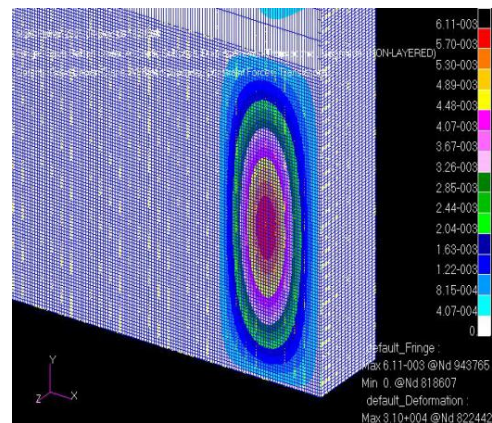
Gaya benturan kapal terjadi pada bagian depan dermaga apung dengan jarak lokasi atau titik benturan terhadap bagian tepi dermaga apung sebesar 17,5 meter. Sebagai gambaran letak benturan kapal ditunjukkan pada gambar 11. Besar tegangan maksimum yang terjadi akibat benturan kapal sebesar $4,25 \text{ kg/mm}^2$. Regangan maksimum akibat benturan kapal sebesar $0,64 \text{ mm}$, sebagaimana gambar 13.



Gambar 14. Posisi Crane di Dermaga Apung



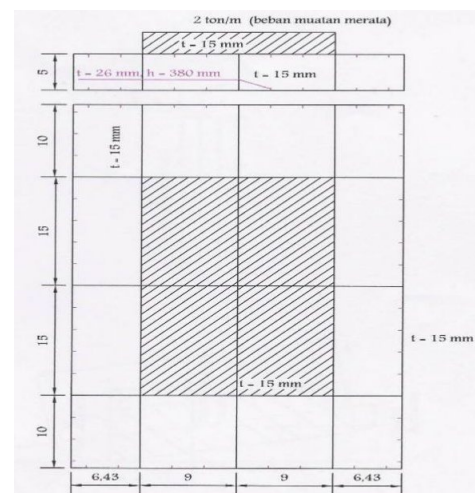
Gambar 15. Tegangan Maksimum Akibat Beban Crane



Gambar 16. Regangan Maksimum Akibat Beban Crane

3.2. Tegangan dan regangan akibat beban crane

Sedangkan crane dengan kapasitas angkat sebesar 6 ton yang memiliki 4 kaki atau tumpuan diletakkan pada koordinat 16 meter dan 19 meter terhadap bagian tepi dermaga apung, dan terhadap bagian depan dermaga apung jarak crane tersebut adalah sebesar 1,43 meter dan 4,43 meter. Posisi crane pada dermaga apung tersebut dijelaskan dengan gambar 14. Tegangan maksimum yang terjadi akibat beban crane sebesar $7,07 \text{ kg/mm}^2$. Sementara regangan yang terjadi sebesar $5,7 \text{ mm}$.



Gambar 17. Beban Merata Permukaan Bawah Dermaga.

Tabel 4. Hasil Analisa Pengaruh Beban Terhadap Konstruksi

No.	Pembebanan	Tegangan (kg/mm ²)	Regangan (mm)	Ket.
1.	Benturan Kapal	4.25	0,64	Aman
2.	Crane	7.07	5.7	Aman
3.	Muatan (barang/ gelombang)	3.74	3.64	Aman

3.3. Tegangan dan regangan akibat beban muatan merata.

Dampak dari beban muatan merata pada lantai atas dermaga apung, maka gaya apung yang bekerja pada permukaan bawah dermaga apung akibat beban maksimum yang diberikan pada permukaan atas dermaga apung menyebabkan gaya apung yang bekerja pada seluruh permukaan bagian bawah dermaga apung sebesar -0,55 ton per meter persegi. Tegangan maksimum yang terjadi sebesar 3,74 kg/mm².

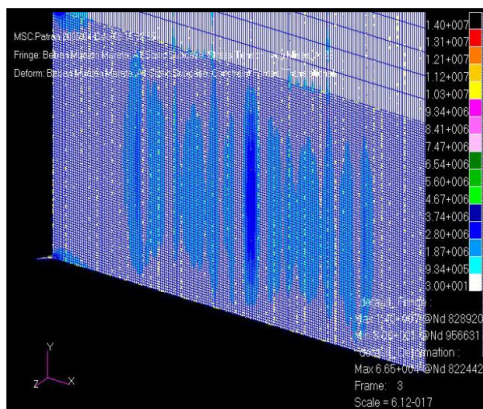
Batasan yang digunakan untuk perhitungan tegangan dermaga apung adalah [8]:

- Bending Stress

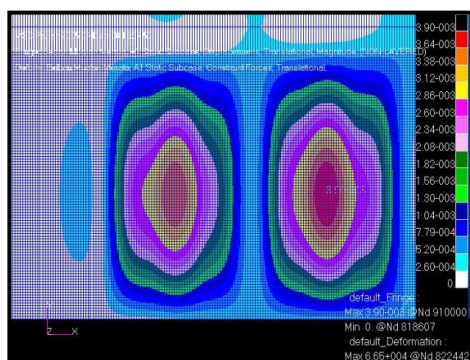
$$\sigma_{max} = M_{max}/I < \sigma_{crit} (150)MPa \quad (15)$$

- Shear Stress

$$\tau_{max} = F_{max}/ht_w < \tau_{crit} (150/\sqrt{3})MPa \quad (16)$$



Gambar 18. Tegangan Akibat Beban Merata Pada Permukaan Atas Dermaga Apung



Gambar 19. Regangan Akibat Beban Merata Pada Permukaan Atas Dermaga Apung.

Dari hasil analisa yang dilakukan dengan menggunakan metode *Finite Element* terhadap konstruksi dermaga apung dengan pembebanan statis (telah direncanakan) didapatkan hasil pada tabel 4.

4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa tegangan terbesar yang terjadi pada struktur dermaga apung adalah akibat pembebanan titik oleh alat angkat (*crane*) pada saat beroperasi mengangkat beban, namun struktur dermaga cukup aman untuk menahan benturan kapal berukuran 500 DWT. Disamping itu struktur juga dianggap cukup aman karena nilai tegangan dan regangan maksimum hasil analisa ternyata masih jauh lebih kecil dari batas nilai kritis yang diijinkan sehingga dimungkinkan spesifikasi teknis konstruksi yang dianalisa dapat diaplikasikan untuk pembebanan yang lebih besar atau dengan kata lain dengan kapasitas beban yang ada saat ini ini, ukuran bagian konstruksi dermaga dapat lebih diperkecil sampai batas tegangan dan regangan yang diijinkan. Dengan demikian kebutuhan material dan biaya pembangunan dapat lebih diperkecil. Dari kesimpulan di atas dapat direkomendasikan bahwa ukuran elemen struktur konstruksi masih bisa diperkecil atau kapasitas beban masih bisa diperbesar.

Untuk pengembangan ke depan diperlukan analisa lebih lanjut dengan menggunakan sistem pembebanan dinamis baik melalui variasi beban muatan geladak maupun parameter gelombang (tinggi dan periode gelombang) serta kajian sistem *mooring* yang tepat dan sesuai untuk diterapkan pada pengoperasian dermaga apung ini.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kami ucapkan kepada pimpinan BPPT dan Kemenristek yang telah memberikan dukungan baik kebijakan maupun biaya yang digunakan sebagai langkah tahap awal dalam kajian pengembangan desain dermaga apung di Indonesia.

Daftar Pustaka

- [1] Raditya Jati and Mohd Robi Amri, Resiko Bencana Indonesia. Jakarta: BNPD, 2016. [Online] inarisk.bnbp.go.id/pdf/Buku%20RBI_Final_lo w.pdf
- [2] M Irsyam, "Pemutahiran Sumber dan Peta Gempa Indonesia 2017," in Seminar Sehari Kebencanaan, Jakarta., 28 Agustus 2017.
- [3] S Ciaki and B Akihiro, "Emergency Medical Floating Platform Feasible Study for Indonesia," in One Day Seminar of Prospect of Floating Structure Technology

to Utilize an Open Space Effectively, Jakarta, 19 Februari 2019.

- [4] E Watanabe, C M Wang, T Utsunomiya, and T Moan, *Very Large Floating Structures : Application, Analysis and Design*. Kent Ridge: Centre for Offshore Research and Engineering, National University of Singapore, 2004.
- [5] M Fujikubo, "Structural analysis for the design of VLFS," *Marine Structure* , vol. 18, no. 2, pp. 201-226, 2005.
- [6] V.B Krishnan Pankaj and C B Meera, "Introducing Gill Cells In Pontoon-Type Floating Structures," *International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET)*, vol. 5, no. 12, pp. 66-72, 2014.
- [7] Tsinker, G P., *Port Engineering: Planning, Construction, Maintenance and Security*, John Wiley & Sons, New Jersey, United States, 2004
- [8] Biro Klasifikasi Indonesia, *Rules for The Classification and Construction of Seagoing Steel Ships*. Jakarta: Biro Klasifikasi Indonesia, 1989.
- [9] Robert Taggart, *Ship Design and Construction*. New York: The Society of Naval Architects and Marine Engineers, 1980.
- [10] Y. Goda, T. Tabata, S. Yamamoto " The Technical Standar and Commentaries of Port and Harbor Facilities in Japan" The Overseas Coastal Area Development Institute of Japan, 1999.
- [11] B Triatmodjo, *Pelabuhan*. Yogyakarta: Beta Offset, 1996.
- [12] A Kadir, "Structural Design and Analysis of Floating Container Terminal," Hiroshima, 2003.
- [13] Rudolph Szilard, Dr.-Ing., PE " Teori dan Analisa Pelat" Penerbit Erlangga, Jakarta, 1989.