

ANALISIS TEBAL PELAT TERHADAP PERUBAHAN SARAT DAN TINGGI JAGAAN PADA RENCANA DERMAGA TERAPUNG PARANGLOE

Fahrul M Nur, Raihan Firdaus Sutopo, Chairul Paotonan, dan Fuad Mahfud Assidiq

Departemen Teknik Kelautan, Universitas Hasanuddin

Email: fahrulmnur5@gmail.com

Abstrak

Pulau Lakkang merupakan pulau kecil yang terletak di Kecamatan Tallo, Kota Makassar, secara geografis terletak di tengah wilayah Perkotaan Makassar, lokasinya berada di delta sungai tallo, sehingga letaknya yang terisolir dari kawasan daratan kota Makassar. Akses yang bisa sampai ke Pulau Lakkang harus melalui jalur transportasi air dilakukan dengan perahu tradisional (katamaran) sebagai media penyebrangan, hal ini dikarenakan tidak adanya akses jembatan menuju Pulau Lakkang. Untuk mendukung perkembangan kawasan wisata dan kebutuhan warga akan sarana akses transportasi. Dermaga menjadi fasilitas utama sebagai penambatan kapal yang menaik turunkan penumpang, kendaraan, barang-barang. Dermaga pulau lakkang berada pada lokasi berada pada sungai tallo dan memiliki jarak dekat dengan muara. Letak dan lingkungan menjadikan dermaga ini berbeda daripada dermaga sungai pada umumnya. Analisis pasang surut menjadi salah satu parameter bersama arus, kedalaman. Dermaga terapung bisa menjadi salah satu pengaplikasian pada Pulau Lakkang. Dalam desain dermaga terapung hal yang diperhatikan adalah ukuran dermaga yang kecil namun memiliki kapasitas yang besar. Dengan menggunakan analisis pembebanan menggunakan beberapa material ditemukan pengaruh ketebalan pelat terhadap sarat dan gaya apung pada saat keadaan penuh yang direncanakan pada dermaga terapung.

Kata Kunci : Dermaga Terapung, Material, Pembebanan Sarat, Tinggi jagaan.

Abstract

Lakkang Island is a small island located in Tallo district, Makassar City, geographically located in the middle of the Makassar Urban Territory, its location is in the delta of the tallo river, so it is isolated from the mainland of Makassar. Access to Lakkang Island must be through water transportation lines by traditional boat (katamaran) as a means of crossing, this is due to the lack of bridge access towards Lakkang. To support the development of tourist areas and the needs of citizens for means of access to transportation. The port becomes the main facility as the suspension of ships that take off passengers, vehicles, goods. The lake islands are in a location on the tallo river and have close proximity to the lightning. The location and the surroundings make this harbour different from the river harbour in general. Analysis of the retreat into one of the parameters of the current, depth. The floating dock could be one of the applications on Lakkang Island. In the design of floating dock the thing to notice is that the size of the gates is small namun has a large capacity. Using load analysis using some material found the influence of the pelate thickness on draft and freeboard at the time of the planned full condition on the floating dock.

Keywords: Draft, Floating Dock, Freeboard, Loads, Materials.

PENDAHULUAN

Pulau Lakkang merupakan pulau kecil yang terletak di Kecamatan Tallo, Kota Makassar, secara geografis terletak di tengah wilayah Perkotaan Makassar, lokasinya berada di delta sungai tallo, sehingga letaknya yang terisolir dari kawasan daratan kota Makassar.

Akses yang bisa sampai ke Pulau Lakkang harus melalui jalur transportasi air dilakukan dengan perahu tradisional (katamaran) sebagai media penyebrangan, hal ini dikarenakan tidak adanya akses jembatan menuju Pulau Lakkang. Untuk bisa menjangkau tepat tersebut terdapat beberapa lokasi, di antaranya melalui Dermaga Kera-Kera Kampus Unhas Tamalanrea, Pampang, serta Kompleks Makam Raja-Raja Tallo di Kelurahan Tallo. Pulau Lakkang juga memiliki 2 dermaga yang menjadi pintu akses kedatangan maupun keberangkatan untuk akses penyebrangan menuju maupun keluar Pulau Lakkang

Pulau lakkang memiliki beberapa potensi yang dapat menarik parawisata seperti kawasan hutan mangrove, vegetasi bambu di tengah Kota Makassar, serta bunker jepang yang menjadi daya tarik sejarah di pulau ini. Peraturan Daerah Kota Makassar nomor 4 tahun 2015 tentang rencana pola ruang, petaan wisata mendukung pembangunan



kawasan wisata di Pulau Lakkang[1].

Untuk mendukung perkembangan kawasan wisata dan kebutuhan warga akan sarana akses transportasi. Dermaga menjadi fasilitas utama sebagai penambatan kapal yang menaik turunkan penumpang, kendaraan, barang-barang. Dermaga pulau lakkang berada pada lokasi berada pada sungai tallo dan memiliki jarak dekat dengan muara. Letak dan lingkungan menjadikan dermaga ini berbeda daripada dermaga sungai pada umumnya. Analisis pasang surut menjadi salah satu parameter bersama arus, kedalaman, dan debit air sungai. Pada saat musim penghujan debit air meningkat hingga mencapai lantai dermaga konvensional/eksisting.

Dermaga terapung adalah jenis dermaga yang dikonstruksikan secara terapung, tidak tersentuh dengan dasar perairan, mampu menyesuaikan elevasi perairan, serta mudah pindah tempat [2]. Dermaga dan sisi daratan dihubungkan dengan jembatan yang kedua ujungnya ditumpu pada sendi putar, sehingga dapat menyesuaikan dengan perubahan posisi dermaga [3]. Dermaga terapung bisa menjadi salah satu pengaplikasian pada lingkungan yang sesuai dengan Pulau Lakkang. Dalam desain dermaga terapung hal yang diperhatikan adalah ukuran dermaga yang kecil namun memiliki kapasitas yang besar. Sehingga gaya-gaya dan pembebanan pada dermaga dilakukan analisa terhadap kekuatan pada dermaga [4]. Penelitian ini memuat analisa awal pada dermaga apung mengenai sarat yang dipengaruhi tebal di konstruksi ini.

METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini merupakan analisa awal, yang hanya menggunakan parameter untuk pembebanan pada dermaga seperti beban lateral dan vertikal. Untuk kondisi tanah diasumsikan dalam keadaan kaku, sehingga struktur tiang pancang dianggap stabil terhadap tanah. Selain itu dimensi dermaga menjadi parameter dalam pembebanan struktur. Kriteria dalam perencanaan dermaga terapung harus stabil dalam mengangkut penumpang dan barang muatannya. Tujuan dari perancangan struktur ini mampu memiliki kapasitas yang besar[5]. Adapun metodologi yang digunakan dalam analisa ini sebagai berikut :

Analisis Pembebanan

Dalam analisis pembebanan berdasarkan penggunaan yang direncanakan. Pada dermaga memiliki sifat yang tetap dan bergerak, serta memiliki beban-beban yang bekerja pada struktur atau gaya. Ada beberapa gaya-gaya pada struktur dermaga yang terbagi gaya vertikal dan horizontal. Gaya vertikal terdiri dari berat tetap pada dermaga, beban hidup, beban muatan. Gaya horizontal seperti gaya arus sungai yang berpengaruh pada posisi struktur dermaga . Gaya-gaya vertikal pada struktur dermaga terapung selain beban struktur adalah gaya tekan air ke atas.

Benda yang terendam dalam zat cair akan mengalami gaya berat tersendiri benda (F_g) dengan arah vertical ke bawah dan gaya ke atas. Gaya ke atas ini disebut dengan gaya apung atau gaya buoyancy (F_b). Penentuan gaya tekan ke atas ini menggunakan persamaan(x) sebagai berikut :

$$F_B = \rho_a \times g \times V_{bt}$$

Dimana,

$$F_B = \text{force buoyancy} / \text{gaya apung (N)},$$

$$\rho_a = \text{berat jenis air (1.000 kg/m}^3\text{)},$$

$$g = \text{gravitasi bumi (9,81 m/s}^2\text{)},$$

$$V_{bt} = \text{volume benda terendam (m}^3\text{)}.$$

Gaya atau Berat konstruksi karena gravitasi menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$F_G = m_b \times g$$

$$F_G = \rho_b \times V_b \times g$$

Dimana,

$$F_g = \text{force gravity} / \text{gaya gravitasi (N)},$$

$$\rho_b = \text{berat jenis material (kg/m}^3\text{)},$$

$$V_b = \text{volume benda (m}^3\text{)}.$$

Karena gaya ke atas dipengaruhi oleh berat dermaga secara langsung dipengaruhi oleh dimensi dermaga maka pada dermaga harus memenuhi kesetimbangan apung dimana perbedaan antara gaya berat dan apung sama maka benda terendam (melayang). Jika gaya apung besar maka benda akan naik ke atas permukaan air, dan jika gaya berat lebih besar daripada gaya apung maka benda tersebut tenggelam[6]. Pada persamaan berikut disajikan kondisi kesetimbangan gaya apung berikut :

$$F_G = F_B \text{ (Mengapung)}$$

$$F_G > F_B \text{ (Tenggelam)}$$

$$F_G < F_B \text{ (Melayang)}$$

Adanya gaya yang saling berlawanan sehingga adanya permukaan dan ketinggian dermaga terendam Untuk mendapatkan nilai sarat (tinggi dermaga yang terendam dari dasar hingga ke permukaan air) pada dermaga yang direncanakan digunakan pada persamaan berikut :

$$F_G = F_B$$

$$m_b \times g = \rho_a \times g \times V_{bt}$$

$$\rho_b \times V_b \times g = \rho_a \times g \times V_{bt}$$



$$\rho_b \times L \times B \times H = \rho_a \times P \times L \times T$$

$$F_G = F_B = \rho_a \times P \times L \times T$$

$$T = \frac{\rho_a \times P \times L}{F_G}$$

Dimana,

- F_g = force gravity / gaya gravitasi (N),
- ρ_b = berat beton (1.000 kg/m³),
- V_b = volume benda (m³).
- F_B = force buoyancy / gaya apung (N),
- ρ_a = berat jenis air (1.000 kg/m³),
- g = gravitasi bumi (9,81 m/s²),
- V_{bt} = volume benda terendam (m³).
- P = panjang dermaga(m)
- B = lebar dermaga (m)
- H = tinggi dermaga (m)
- T = tinggi sarat (m)

Tinggi jagaan (freeboard) adalah tinggi dermaga dari permukaan air hingga puncak dermaga. Tinggi jagaan harus memiliki ukuran yang tinggi sehingga dermaga dapat berfungsi dengan baik, dan mampu memiliki kemampuan menyesuaikan dengan kondisi perairan dan lingkungan. Tinggi jagaan pada dermaga terapung dapat didapatkan melalui persamaan berikut :

$$\text{tinggi jagaan (freeboard)} = H - T$$

Dimana,

- H = tinggi dermaga (m)
- T = tinggi sarat (m)

Adanya perubahan tinggi sarat dermaga dari tinggi sebelumnya. Penyebab rentang jarak antara kondisi sarat tersebut disebut TPC (Tonnes per Centimetre Immersion). TPC merupakan perubahan massa dimana naik turunnya muatan pada bangunan apung yang mengubah ketinggian sarat dalam satuan cm[7]. TPC dilihat pada persamaan sebagai berikut :

$$TPC = \frac{WPA}{100} \times \rho_{air}$$

Dimana,

- TPC = Tonnes per Centimetre (ton/cm)
- WPA = luas tampang dermaga yang terendam air (m²)
- ρ_a = massa jenis air (1000 kg/m³)

Muatan yang bertambah dan berkurang menjadikan adanya perubahan pada ketinggian dermaga. Perbandingan rasio antara TPC dan beban dapat menemukan perubahan sarat seperti persamaan berikut

$$\text{Perubahan pada sarat} = \frac{W}{TPC}$$

Dimana,

- TPC = Tonnes per Centimetre (ton/cm)
- W = berat tambahan/beban hidup (ton)

Dimensi Struktur

Dimensi utama pada dermaga terapung dalam analisa ini. Rencana ukuran dimensional pada dermaga ini dapat dilihat pada tabel 1 berikut :

Tabel 1. Dimensi Struktur

Dimensi	Nilai (m)
Panjang Dermaga (P)	20 m
Lebar Dermaga (B)	8 m
Tinggi Dermaga (H)	2 m

Untuk ketebalan pelat pada dermaga terapung. Ukuran tebal pelat berbeda pada masing-masing setiap material yang digunakan pada dermaga ini dapat dilihat pada tabel 2 berikut :

Tebal pelat setiap material	Ukuran yang direncanakan (m)
-----------------------------	------------------------------



Tebal pelat setiap material	Ukuran yang direncanakan (m)
Besi	0.005; 0.01; 0.015; 0.02; 0.025; 0.03; 0.035; 0.04; 0.045; 0.05; 0.055
Beton	0.1; 0.125; 0.15; 0.175; 0.2; 0.225; 0.25; 0.275; 0.3; 0.325; 0.35
Fiberglass	0.05; 0.075; 0.1; 0.125; 0.15; 0.175 ;0.2; 0.225; 0.25; 0.275; 0.3

Material Struktur

Massa struktur erat kaitan dengan material yang digunakan. Material juga mempengaruhi beban mati pada struktur yang permanen dan konstan membebani selama waktu hidup konstruksi. Berat jenis pada material dapat dilihat pada tabel 3 berikut :

Tabel 2. Material Struktur

Material	Berat Jenis (kg/m ³)
Beton	2400 kg/ m ³
Baja	7850 kg/ m ³
Fiberglass	2000 kg/ m ³

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa ini dilakukan pada dermaga terapung dalam bentuk material berbeda. Material yang digunakan adalah beton, baja, dan fiberglass. Untuk ketebalan pelat berbeda pada setiap masing-masing material yang telah disajikan pada tabel 2 sebelumnya.

Perhitungan Sarat Dermaga Saat Berat Kosong

Kondisi sarat dermaga pada saat berat kosong pada struktur disajikan dalam tabel 5 berikut :

Tabel 3. Dermaga material beton saat berat kosong

t (Tebal)	FG	FB	Sarat	Freeboard
0.1	1,007.9	1569.6	0.64	1.36
0.125	1,257.0	1569.6	0.80	1.20
0.15	1,505.1	1569.6	0.96	1.04
0.175	1,752.1	1569.6	1.12	0.88
0.2	1,998.0	1569.6	1.27	0.73
0.225	2,242.9	1569.6	1.43	0.57
0.25	2,486.8	1569.6	1.58	0.42
0.275	2,729.7	1569.6	1.74	0.26
0.3	2,971.6	1569.6	1.89	0.11
0.325	3,212.6	1569.6	2.05	- 0.05
0.35	3,452.6	1569.6	2.20	- 0.20

Tabel 4. Dermaga material baja saat berat kosong

t (Tebal)	FG	FB	Sarat	Freeboard
0.005	166.3	1569.6	0.11	1.89
0.01	332.4	1569.6	0.21	1.79
0.015	498.3	1569.6	0.32	1.68
0.02	664.1	1569.6	0.42	1.58
0.025	829.8	1569.6	0.53	1.47
0.03	995.3	1569.6	0.63	1.37

t (Tebal)	FG	FB	Sarat	Freeboard
0.035	1,160.6	1569.6	0.74	1.26
0.04	1,325.8	1569.6	0.84	1.16
0.045	1,490.9	1569.6	0.95	1.05
0.05	1,655.8	1569.6	1.05	0.95
0.055	1,820.5	1569.6	1.16	0.84

Tabel 5. Dermaga material baja saat berat kosong

t (Tebal)	FG	FB	Sarat	Freeboard
0.05	421.8	1569.6	0.27	1.73
0.075	631.3	1569.6	0.40	1.60
0.1	839.9	1569.6	0.54	1.46
0.125	1,047.5	1569.6	0.67	1.33
0.15	1,254.2	1569.6	0.80	1.20
0.175	1,460.1	1569.6	0.93	1.07
0.2	1,665.0	1569.6	1.06	0.94
0.225	1,869.1	1569.6	1.19	0.81
0.25	2,072.4	1569.6	1.32	0.68
0.275	2,274.8	1569.6	1.45	0.55
0.3	2,476.4	1569.6	1.58	0.42

Perhitungan TPC dan Perubahan Sarat Dermaga

Hasil perhitungan TPC dermaga setelah adanya berat tambahan/beban hidup yang direncanakan sebesar 0.6 ton dan terjadinya perubahan ukuran sarat dermaga pada struktur disajikan dalam tabel 5 berikut :

Tabel 6. Dermaga material beton saat berat kosong

t (Tebal)	TPC _{FW}	Pertambahan Sarat	Sarat	Freeboard
0.1	2.01	0.30	0.94	1.06
0.125	2.10	0.29	1.09	0.91
0.15	2.19	0.27	1.23	0.77
0.175	2.28	0.26	1.38	0.62
0.2	2.37	0.25	1.53	0.47
0.225	2.46	0.24	1.67	0.33
0.25	2.55	0.24	1.82	0.18
0.275	2.64	0.23	1.97	0.03
0.3	2.73	0.22	2.11	-0.11
0.325	2.82	0.21	2.26	-0.26
0.35	2.90	0.21	2.41	-0.41

Tabel 8. Dermaga material baja saat berat kosong

t (Tebal)	TPC _{FW}	Pertambahan Sarat	Sarat	Freeboard
0.005	1.66	0.36	0.47	1.53
0.01	1.72	0.35	0.56	1.44
0.015	1.78	0.34	0.65	1.35
0.02	1.84	0.33	0.75	1.25
0.025	1.90	0.32	0.85	1.15
0.03	1.96	0.31	0.94	1.06
0.035	2.01	0.30	1.04	0.96
0.04	2.07	0.29	1.13	0.87



t (Tebal)	TPC _{FW}	Pertambahan Sarat	Sarat	Freeboard
0.045	2.13	0.28	1.23	0.77
0.05	2.19	0.27	1.33	0.67
0.055	2.25	0.27	1.43	0.57

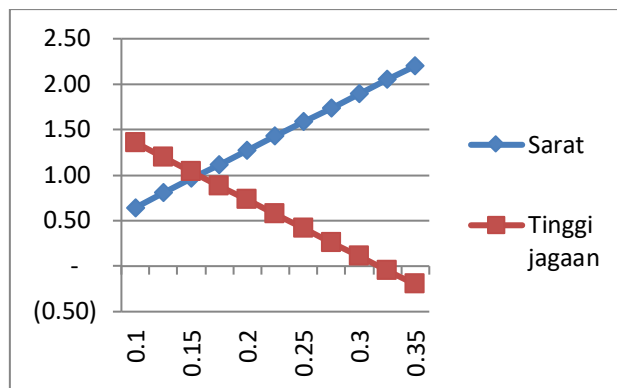
Tabel 8. Dermaga material beton saat berat kosong

t (Tebal)	TPC _{FW}	Pertambahan Sarat	Sarat	Freeboard
0.1	2.01	0.30	0.94	1.06
0.125	2.10	0.29	1.09	0.91
0.15	2.19	0.27	1.23	0.77
0.05	1.75	0.34	0.61	1.39
0.075	1.83	0.33	0.73	1.27
0.1	1.90	0.32	0.85	1.15
0.125	1.97	0.30	0.97	1.03
0.15	2.05	0.29	1.09	0.91
0.175	2.12	0.28	1.21	0.79
0.2	2.19	0.27	1.33	0.67
0.225	2.27	0.26	1.46	0.54

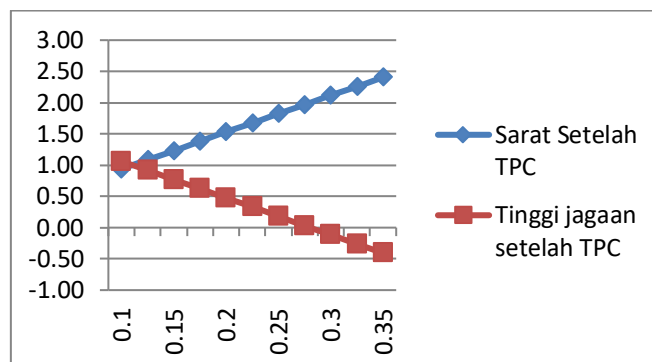
Grafik sarat dan freeboard dermaga saat berat kosong dan setelah perhitungan TPC

Grafik sarat (garis dan titik berwarna biru) dan freeboard (garis dan titik berwarna merah) dermaga saat berat kosong dan setelah perhitungan TPC pada setiap materia untuk mengetahui rentang pengaruh ketebalan terhadap sarat dan freeboard pada dermaga yang disajikan grafik 7 berikut :

1. Material Beton

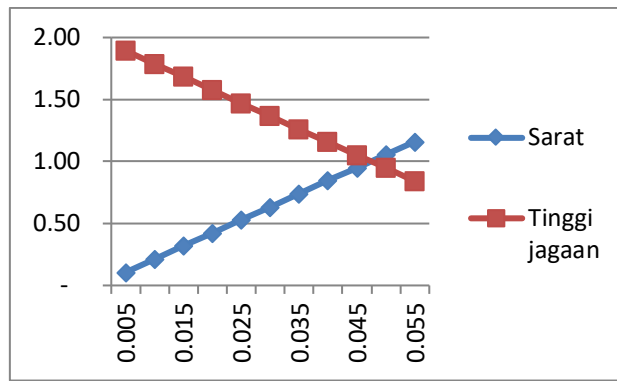


Gambar 1. Sarat dan tinggi jagaan dermaga dalam keadaan kosong

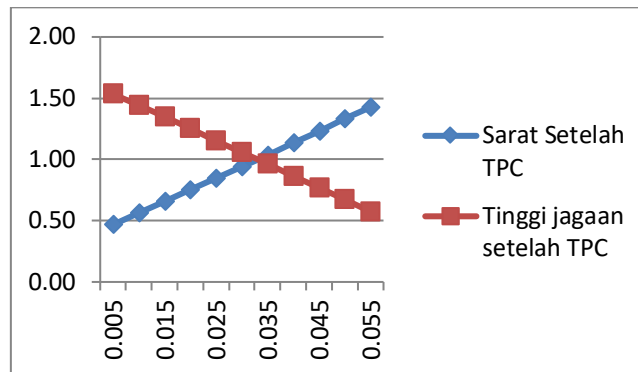


Gambar. Sarat dan tinggi jagaan dermaga setelah perhitungan TPC

2. Material Baja

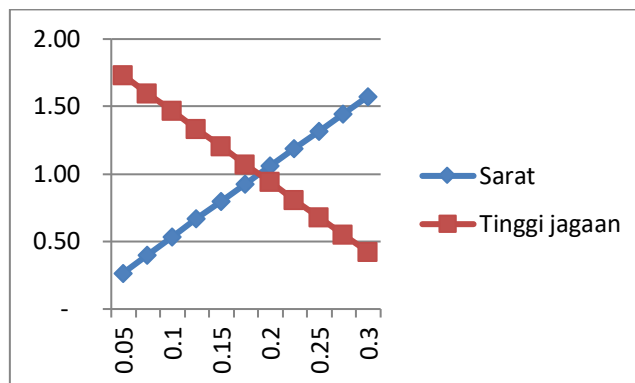


Gambar 3. Sarat dan tinggi jagaan demaga dalam keadaan kosong

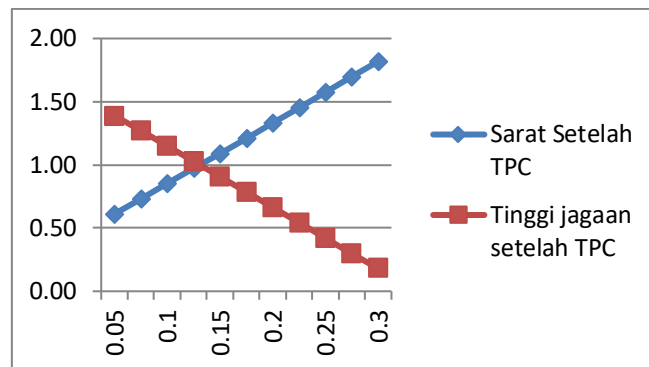


Gambar 4. Sarat dan tinggi jagaan demaga setelah perhitungan TPC

3. Material Fiberglass



Gambar 5. Sarat dan tinggi jagaan demaga dalam keadaan kosong



Gambar. Sarat dan tinggi jagaan demaga setelah perhitungan TPC

KESIMPULAN

Hasil dari grafik dan tabel menunjukkan perbedaan ketinggian sarat yang dipengaruhi ketebalan pelat pada dermaga dengan material berbeda. Pengaruh dari ketebalan pelat pada masing-masing material yang direncanakan menyebabkan berbedanya tinggi sarat. Dermaga menggunakan beton memiliki sarat yang paling tertinggi pada saat keadaan kosong maupun adanya beban hidup/live load melalui perhitungan TPC, diikuti oleh fiberglass dan baja. Untuk keadaan penuh dengan beban hidup dan muatan yang direncanakan mencapai pada puncak ketinggian dermaga yang memiliki daya apung $F_G > F_B$ dimana nilai sarat lebih besar daripada tinggi rencana dermaga dan nilai tinggi jagaan semakin merendah mencapai nilai minus sehingga, dapat menenggelamkan struktur pada muatan telah melewati batas keadaan penuh rencana, seperti pada grafik jika menunjukkan nilai tinggi jagaan telah bernilai minus. Sehingga tinggi sarat dan jagaan yang masih aman ditunjukkan pada grafik berada pada sebelum pertemuan titik merah (tinggi jagaan) dan biru (sarat) dimana $F_G < F_B$ dermaga melayang hingga kedua garis titik bertemu dimana $F_G = F_B$ dermaga mengapung.

1. Penggunaan material berbeda, seperti beton, fiberglass, dan baja, memiliki pengaruh yang signifikan terhadap ketinggian sarat dermaga terapung. Dermaga dengan material beton memiliki sarat paling tinggi, diikuti oleh fiberglass dan baja.
2. Analisis tebal pelat merupakan faktor kunci dalam merancang dermaga terapung yang mampu menanggung beban hidup dan muatan dengan efisien. Ketebalan pelat mempengaruhi daya apung dermaga serta ketinggian sarat dan tinggi jagaan pada kondisi penuh.
3. Pentingnya mempertimbangkan aspek lingkungan dalam perencanaan dermaga terapung, termasuk dampaknya terhadap ekosistem laut dan ketersediaan sumber daya alam. Studi lebih lanjut mengenai dampak lingkungan dari pembangunan dermaga terapung perlu dilakukan untuk menjaga keberlanjutan lingkungan.
4. Rekomendasi untuk pengembangan selanjutnya mencakup studi lebih lanjut mengenai material alternatif, analisis stabilitas struktur dalam kondisi ekstrem, dan validasi hasil analisis dengan metode yang lebih canggih. Perbaikan desain dermaga terapung berdasarkan temuan penelitian dapat meningkatkan efisiensi dan kinerja dermaga.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ihsan Dkk., "Penataan Kawasan Wisata Lakkang Berbasis Masyarakat," *J. Tepat Teknol. Terap. Untuk Pengabd. Masy.*, Vol. 4, 2021.
- [2] E. Watanabe, C. M. Wang, T. Utsonomiya, Dan T. Moan, "Very Large Floating Structures : Applications, Analysis, And Design," National University Of Singapore, Core Report 2004-02, 2004.
- [3] B. Triatmodjo, *Perencanaan Pelabuhan*. Yogyakarta: Beta Offset, 2009.
- [4] A. Kadir Dan S. Hardjono, "Analisis Kekuatan Struktur Dermaga Apung Untuk Pelabuhan Perintis," *War. Penelit. Perhub.*, Vol. 31, No. 1, Hlm. 47-54, Jul 2019, Doi: 10.25104/Warlit.V31i1.911.
- [5] I. S. Igwe Dan T. J. Ajoko, "Analysis And Design Of A Steel Floating Pontoon For Use As Jetty In The Coastal Region Of Nigeria," *Ejers Eur. J. Eng. Res. Sci.*, Vol. 5, No. 9, Hlm. 1013-1021, Sep 2020, Doi: [Http://Dx.Doi.Org/10.24018/Ejers.2020.5.9.1863](http://Dx.Doi.Org/10.24018/Ejers.2020.5.9.1863).
- [6] B. Triatmodjo, *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset, 2006.
- [7] D. R. Derret Dan C. B. Barras, *Ship Stability For Masters And Mates*, 5th Ed. UK: Butterworth-Heinemann, 1999.