

TINJAUAN PEMBEBANAN PADA STRUKTUR ATAS DERMAGA KAPASITAS 10000 DWT DI TELUK TOMORI

Ashari Ibrahim¹⁾ dan Andi Maal¹⁾

¹⁾Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Jl. Perintis Kemerdekaan
Km.10 Tamalanrea, Makassar, 90245
E-mail: ashariibraim@poliupg.ac.id

Abstract

This research is based on the scenario of a port construction with a capacity of 10,000 DWT to serve the type of tanker ship carrying liquid bulk cargo. The port plan does not require a large loading and unloading area, the pier is planned to be 15 m length and 4.5 m width, with separate fender and bollard construction. The pier construction is connected by a trestle construction with 166 m length and 3.5 m width. The loading scenario consists of dead load (DL), live load (LL), wave load (G), current load (A), earthquake load (E), mooring load (M), and berthing load (B) which are modeled in combination loading. Structural analysis was carried out by modeling using ETABS software for pier and trestle construction. The safety review in this study focused on assessing the PMM ratio of piles. Based on the results of modeling using ETABS, the PMM Ratio value for piles on piers ranges from 0.17 to 0.23, while on trestle it ranges from 0.23 to 0.30. The PMM Ratio value is less than one, which means the construction is quite safe based on the combination of working loads.

Keywords: *Design Loads, PMM Ratio*

Abstrak

Penelitian ini didasari atas skenario pembangunan dermaga dengan kapasitas 10000 DWT untuk melayani jenis kapal tanker pengangkut muatan curah cair. Rencana dermaga tidak memerlukan area bongkar muat yang luas, panjang dermaga direncanakan 15 m dengan lebar 4.5 m, dengan konstruksi fender dan bollard terpisah. Konstruksi dermaga dihubungkan oleh konstruksi trestle dengan panjang 166 m dan lebar 3.5 m. Skenario pembebanan terdiri dari beban mati (DL), beban hidup (LL), beban gelombang (G), beban arus (A), beban gempa (E), beban mooring (M), dan beban berthing (B) yang dimodelkan dalam kombinasi pembebanan. Analisis struktur dilakukan dengan pemodelan menggunakan software ETABS pada konstruksi dermaga dan trestle. Berdasar hasil pemodelan selanjutnya dilakukan pengecekan keamanan struktur desain dermaga. Tinjauan keamanan pada penelitian ini difokuskan pada penilaian terhadap PMM ratio tiang pancang. Berdasarkan hasil pemodelan menggunakan ETABS diperoleh nilai PMM Ratio tiang pancang pada dermaga berkisar antara 0.17 sampai 0.23, sedangkan pada trestle berkisar antara 0.23 sampai 0.30. Nilai PMM Ratio bernilai lebih kecil dari satu yang berarti konstruksi cukup aman berdasarkan kombinasi beban-beban yang bekerja.

Kata Kunci: *Kombinasi Beban, PMM Ratio*

PENDAHULUAN

Dermaga adalah bangunan pelabuhan yang digunakan untuk merapat dan menambatkan kapal yang melakukan bongkar muat barang dan menaikturunkan penumpang (Nilasari & Kamaludin, 2016). Dimensi suatu pelabuhan ditentukan

berdasarkan panjang, lebar, elevasi apron dan daerah pendukungnya. Semua ukuran dasar tersebut sangat menunjang kemampuan dermaga dalam melayani jenis kapal dan efisiensi dalam proses transportasi penumpang dan barang. Selain itu diperlukan perancangan yang cermat sehingga diperoleh panjang trestle yang tepat sebagai jembatan penghubung antara daratan dan dermaga dilaut (Karim, 2016). Perencanaan dermaga dimulai dari penentuan jenis kapal yang akan sandar. Berdasarkan dimensi (panjang, lebar, kedalaman yang diperlukan) kapal, maka dapat ditentukan posisi *frontline* dari dermaga. Penentuan dimensi struktur atas dermaga sendiri bergantung pada aktifitas di dermaga. Pembebanan yang sudah pasti adalah berat struktur itu sendiri. Selain itu ditinjau pula beban akibat arus, gelombang, tumbukan kapal, tarikan kapal, beban angin, beban gempa, dan lain sebagainya. Berdasarkan dokumen perencanaan dermaga, dibuat suatu kondisi jika sebagian beban-beban tersebut bekerja secara bersamaan yang disebut kombinasi pembebanan.

Berdasarkan beban yang bekerja, selanjutnya dihitung reaksi struktur akibat adanya pembebanan. Analisis struktur tersebut dapat dihitung melalui proses pemodelan struktur menggunakan perangkat lunak komputer. Reaksi struktur harus dapat menahan beban-beban yang bekerja sebagai syarat aman.

Penempatan dermaga umumnya ditempatkan selain harus dekat dengan aktifitas tujuan, juga berada pada perairan yang aman dari gelombang seperti perairan berupa teluk. Pada penelitian ini dilakukan skenario pembangunan dermaga di Teluk Tomori yang berada di Kabupaten Morowali Utara. Lokasi tersebut cukup aman dari segi faktor oseanografi (arus dan gelombang), tetapi berada pada daerah yang dekat dengan sesar sehingga memiliki pengaruh gempa.



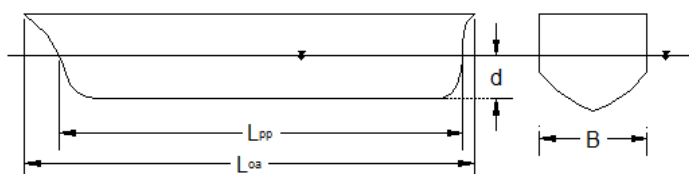
Gambar 1. Lokasi penelitian

METODE PENELITIAN

Untuk keperluan desain, analisis dari sistem struktur perlu diperhitungkan terhadap adanya kombinasi pembebanan (*Load combination*) dari beberapa kasus beban yang dapat bekerja secara bersamaan selama umur rencana. Struktur, komponen-elemen struktur dan elemen-elemen fondasi harus dirancang sedemikian hingga kuat rencananya sama atau melebihi pengaruh beban-beban terfaktor dengan kombinasi pembebanan. Kondisi kombinasi pembebanan mengacu pada *Unified Facilities Criteria* (UFC), Design: Piers and Wharves 2012 (Prasetyo, 2017). Data yang diperlukan dalam analisis struktur dermaga jetty untuk mendapatkan karakteristik kekuatan pada struktur seperti data arus dan pasang surut, data kapal, data angin dan gelombang, data tanah, serta data dermaga (Kamarudin & Erizal, 2021). Perencanaan beban yang bekerja pada bangunan pelabuhan dimaksudkan untuk mengetahui berapa besar beban yang bekerja pada struktur pelabuhan sehingga dimensi struktur yang diperoleh dalam analisis telah teruji oleh beban yang bekerja.

Kapal terbesar yang direncanakan akan dilayani adalah 10000 DWT. Sehubungan dengan rencana kriteria kapal yang akan dilayani di lokasi rencana, karakteristik kapal rencana sebagai berikut:

- Tonnase : 10000 DWT
- Panjang (Loa) : 140 m
- Lebar/Beam (B) : 17.2 m
- Sarat/Draft (d) : 9.8 m



Gambar 2. Dimensi kapal rencana

Dari data pasang surut diperoleh elevasi HWS adalah 1.329 meter dengan mengacu nilai LWS = ± 0.00 meter. Dari data kecepatan arus di lokasi berkisar 0.6 m/detik. Kecepatan angin berkisar 0.4 m/detik. Elevasi pelat lantai berada pada +3.2 m terhadap LWS. Kedalaman frontline dermaga berada pada -13 m terhadap LWS. Berdasarkan data hasil investigasi tanah diperhitungkan posisi titik jepit tiang pancang berada pada 5.8 dari

posisi *seabed*. Desain dermaga direncanakan dengan sistem fender untuk sandaran kapal dan sistem mooring untuk tambatan tali kapal terpisah dari konstruksi dermaga.

Tabel 1
Properti Struktur

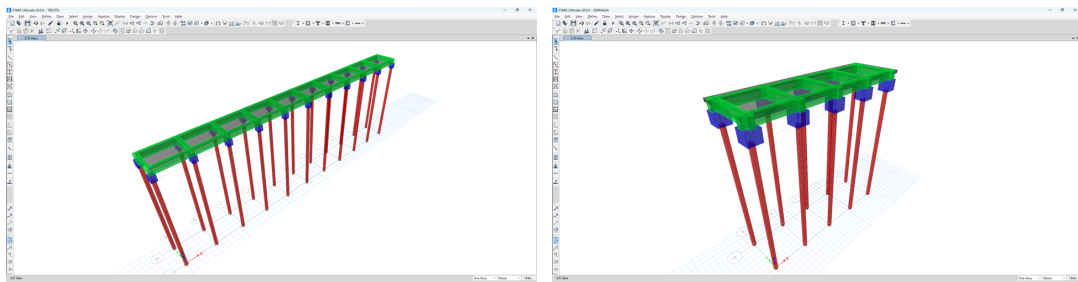
No.	Item struktur	Ukuran Trestle	Ukuran Dermaga
1.	Panjang	166 m	15 m
2.	Lebar	3.5 m	4.5 m
3.	Balok memanjang	40 x 80 cm ²	40 x 80 cm ²
4.	Balok melintang	40 x 80 cm ²	40 x 80 cm ²
5.	Pelat lantai	0.25 m	0.27 m
6.	Kanstin	Type A Min (2000 x 1500 x 2000)	
7.	Kepala tiang	60 x 60 x 80 cm ³	100 x 100 x 100 cm ³
8.	Tiang pancang	Ø = 40.64 cm, t = 12 mm	Ø = 50.80 cm, t = 16 mm
9.	Mutu tiang pancang	YieldPoint ≥32 kg/mm ² , perpanjangan ≥15%	
10.	Mutu beton	K-350	
11.	Mutu baja	U-40, kekuatan tarik ≥40 kg/mm ²	

Beban yang bekerja pada struktur yaitu beban vertikal dan beban horisontal. Beban vertikal terdiri dari beban mati (*Dead Load*) dan beban hidup (*Live Load*). Beban horisontal terdiri dari beban gempa, beban arus, beban gelombang, beban tarikan dan tumbukan kapal. Pada desain dermaga ini direncanakan sistem fender dan sistem mooring untuk tambatan tali kapal terpisah dari konstruksi dermaga, sehingga untuk konstruksi dermaga beban-beban yang diperhitungkan adalah beban mati, beban hidup, beban gempa, beban arus dan gelombang. Sedangkan untuk konstruksi trestle beban-beban yang diperhitungkan adalah beban mati, beban hidup dan beban gempa.

Beban mati yang termasuk dalam beban vertikal yaitu berat struktur. Beban struktur merupakan beban dari bangunan atas yang menyatu dengan konstruksi dan merupakan bagian *Light Weight Ton* (LWT) dermaga (Kadir & Hardjono, 2019). Berat struktur bergantung dari berat volume dari jenis bahan konstruksi yang nilainya dikutip dari PPI 1983 yaitu beton bertulang 2.4 ton/m³, beton rabat 2.2 ton/m³ dan baja 7.85 ton/m³.

Beban hidup merata dalam perencanaan struktur pelabuhan berkisar 2-4 ton/m². Dalam perencanaan konstruksi dermaga dan trestle, beban hidup merata ditetapkan sebesar 3 ton/m², nantinya dimodelkan sebagai beban *Uniformly Distributed Load* (UDL).

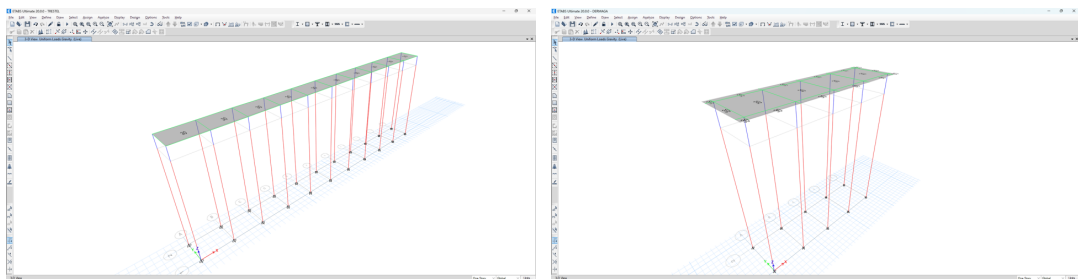
Struktur pelabuhan dimodelkan menggunakan bantuan program ETABS. Dalam analisis struktur kedalam program ETABS dimodelkan rangka 3D, tipe *Flat Plate Building* dengan dimensi struktur sebagaimana ditampilkan pada Tabel 1.



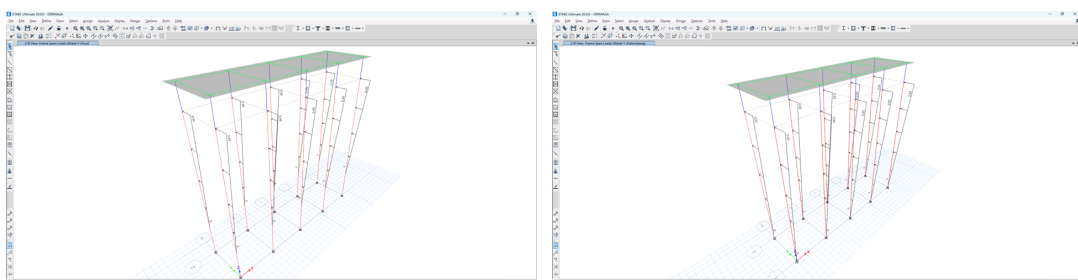
Gambar 3. Hasil pemodelan trestle dan dermaga

Dalam perencanaan, dimensi struktur dan material struktur pelat, balok dan poer sama yaitu beton bertulang, begitu pula tiang pancang yaitu pipa baja. Nilai kuat tekan beton (f_c) yakni 29.1 Mpa, dan mutu baja yang digunakan yakni BJ34. Khusus pemodelan tiang pancang, panjang tiang yang dimodelkan telah memperhitungkan *fixity joint*.

Beban yang dianalisis yaitu beban mati, beban hidup dan beban gempa. Dalam program ETABS, beban mati akibat konstruksi secara otomatis akan dihitung. Sedangkan beban hidup terdistribusi pada seluruh balok melalui pelat sebesar $= 3 \text{ t/m}^2$, dimana beban hidup bekerja searah dengan gravitasi. Untuk beban gempa yang digunakan dalam analisis menggunakan software ETABS yakni respon spektrum analisis.



Gambar 4. Input beban hidup trestle dan dermaga



Gambar 5. Input beban arus dan gelombang pada dermaga

Dalam analisis konstruksi terhadap kemungkinan berbagai kondisi pembebanan, kombinasi pembebanan yang terdiri dari beban mati (DL), beban hidup (LL), beban

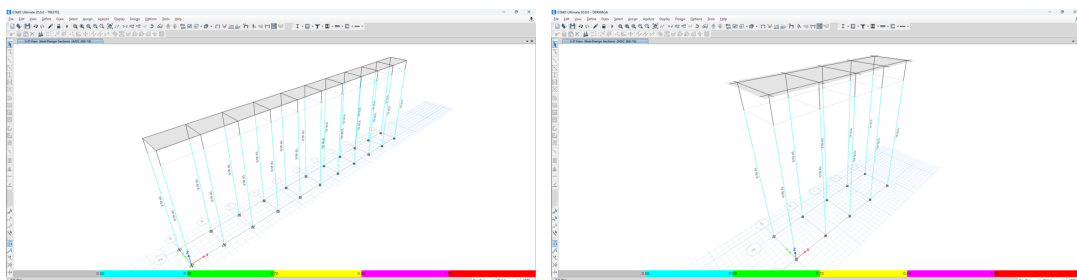
gelombang (G), beban arus (A), beban gempa (E), beban mooring (M), dan beban berthing (B) dimodelkan dalam kombinasi pembebanan. Kombinasi pembebanan yang digunakan sebagaimana disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2
Kombinasi pembebanan

Nama	Kombinasi Pembebanan
Combo 1	1.4DL + 1.4G + 1.4A
Combo 2	1.2DL + 1.6LL
Combo 3	1.2DL + 1.0LL + 1.0Ex + 0.3Ey
Combo 4	1.2DL + 1.6LL + 1.2G + 1.2A + 1.6B
Combo 5	1.2DL + 1.6LL + 1.2G + 1.2A + 1.2M
Combo 6	1.2DL + 1.0LL + 0.3Ex + 1.0Ey

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis struktur trestle dari berbagai kondisi pembebanan berupa output kekuatan struktur (tiang pancang) dan gaya-gaya dalam yang bekerja. Untuk tiang pancang, output program ETABS sehubungan analisis kapasitas tiang pancang yaitu berupa tampilan grafis yang menampilkan rentang warna sebagai parameter kekuatan tiang pancang dalam menahan kombinasi beban yang diberikan.



Gambar 6. Hasil analisis kekuatan tiang pancang pada trestle dan dermaga

Tabel 3
Nilai UCR Tiang Pancang pada Dermaga

Story	Label	Design Type	Design Section	PMM Combo	PMM Ratio
Story1	C1	Column	TP50.8	Comb4(C)	0.16780989
Story1	C23	Column	TP50.8	Comb3(C)	0.20407672
Story1	C31	Column	TP50.8	Comb3(C)	0.20395587
Story1	C37	Column	TP50.8	Comb3(C)	0.20248525
Story1	C41	Column	TP 50.8	Comb3(C)	0.19456344
Story1	C43	Column	TP50.8	Comb4(C)	0.20086511
Story1	C44	Column	TP50.8	Comb4(C)	0.22743586
Story1	C45	Column	TP50.8	Comb4(C)	0.22734938
Story1	C46	Column	TP 50.8	Comb4(C)	0.22692007
Story1	C47	Column	TP50.8	Comb4(C)	0.21029613

Tabel 4
Nilai UCR Tiang Pancang pada Trestle

Story	Label	Design Type	Design Section	PMM Combo	PMM Ratio
Story1	C1	Column	TP40.6	Comb4(C)	0.226279091
Story1	C2	Column	TP40.6	Comb4(C)	0.251490682
Story1	C3	Column	TP40.6	Comb3(C)	0.271542937
Story1	C4	Column	TP40.6	Comb4(C)	0.298035763
Story1	C5	Column	TP40.6	Comb3(C)	0.271269425
Story1	C6	Column	TP40.6	Comb4(C)	0.29S103933
Story1	C7	Column	TP40.6	Comb3(C)	0.268535554
Story1	C8	Column	TP40.6	Comb4(C)	0.296174393
Story1	C9	Column	TP40.6	Comb3(C)	0.268452436
Story1	C10	Column	TP40.6	Comb4(C)	0.296142371
Story1	C11	Column	TP40.6	Comb3(C)	0.268535625
Story1	C12	Column	TP40.6	Comb4(C)	0.296191554
Story1	C13	Column	TP40.6	Comb3(C)	0.268515468
Story1	C14	Column	TP40.6	Comb4(C)	0.296218752
Story1	C15	Column	TP40.6	Comb3(C)	0.268561649
Story1	C16	Column	TP40.6	Comb4(C)	0.296253527
Story1	C17	Column	TP40.6	Comb3(C)	0.269631508
Story1	C18	Column	TP40.6	Comb4(C)	0.297684468
Story1	C19	Column	TP40.6	Comb4(C)	0.271009644
Story1	C20	Column	TP40.6	Comb4(C)	0.297409537
Story1	C21	Column	TP40.6	Comb3(C)	0.246039255
Story1	C22	Column	TP40.6	Comb4(C)	0.261744101

Tinjauan pada penelitian ini difokuskan pada penilaian terhadap PMM ratio tiang pancang yang dapat dilihat dari hasil analisis program ETABS pada Tabel 3 dan 4. Pemodelan diperiksa memperhatikan faktor kekuatan reduksi dan kombinasi pembebanan rencana (Combo 3 dan 4). PMM ratio untuk tiang pada struktur harus bernilai lebih kecil dari satu. Apabila nilai PMM lebih besar atau sama dengan satu maka berarti struktur telah mengalami defisiensi kekuatan/kapasitas dalam menahan beban kombinasi, dengan kata lain, dapat dikatakan tiang mengalami overstress.

Pada Tabel 3 dan Tabel 4 dapat dilihat bahwa nilai PMM Ratio bernilai lebih kecil dari satu yang berarti konstruksi cukup aman berdasarkan kombinasi beban-beban yang bekerja.

SIMPULAN

Rencana dermaga untuk kapal tanker 10000 DWT tidak memerlukan area bongkar muat yang luas, panjang dermaga direncanakan 15 m, lebar 4.5 m, dengan konstruksi fender dan bollard terpisah. Konstruksi dermaga dihubungkan oleh konstruksi trestle dengan panjang 166 m dan lebar 3.5 m. Skenario pembebanan terdiri dari beban mati (DL), beban hidup (LL), beban gelombang (G), beban arus (A), beban gempa (E), beban

mooring (M), dan beban berthing (B) yang dimodelkan dalam kombinasi pembebanan. Analisis struktur dilakukan dengan pemodelan menggunakan software ETABS pada konstruksi dermaga dan trestle. Berdasar hasil pemodelan selanjutnya dilakukan pengecekan keamanan struktur desain dermaga. Tinjauan keamanan pada penelitian ini difokuskan pada penilaian terhadap PMM ratio tiang pancang. Berdasarkan hasil pemodelan menggunakan ETABS diperoleh nilai PMM Ratio tiang pancang pada dermaga berkisar antara 0.17 sampai 0.23, sedangkan pada trestle berkisar antara 0.23 sampai 0.30. Nilai PMM Ratio bernilai lebih kecil dari satu yang berarti konstruksi cukup aman berdasarkan kombinasi beban-beban yang bekerja.

Pemodelan pada penelitian ini hanya meninjau pada konstruksi dermaga dan trestle dengan konstruksi fender dan bollard terpisah, sehingga gaya akibat tumbukan pada fender dan tarikan pada bollard tidak diperhitungkan pada kombinasi pembebanan. Penelitian lebih lanjut dapat mendesain alternatif tipe dermaga dengan konstruksi fender dan bollard yang merupakan bagian yang menyatu dengan dermaga.

DAFTAR PUSTAKA

- Kadir, A., & Hardjono, S. (2019). Analisis Kekuatan Struktur Dermaga Apung untuk Pelabuhan Perintis. *Warta Penelitian Perhubungan*, 31(1), 47–54.
- Kamarudin, A., & Erizal. (2021). Analisis Kekuatan Struktur Bangunan Dermaga Kayu di Babo Teluk Bintuni, Papua Barat. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 6(2), 81–96.
- Karim, A. M. (2016). *Desain Struktur Dermaga Peti Kemas Kapasitas 15.000 DWT di Pelabuhan Murhum Baubau, Sulawesi Tenggara* [Skripsi]. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Nilasari, N. V. A., & Kamaludin. (2016). Evaluasi Struktur Atas Dermaga 1.000 DWT terhadap Berbagai Zona Gempa berdasarkan Pedoman Tata Cara Perencanaan Pelabuhan Tahun 2015. *Reka Racana*, 2(3), 158–169.
- Prasetyo, D. B. (2017). *Analisis Kekuatan Dermaga Akibat Modifikasi dan Penambahan Beban Dengan Pendekatan LRFD Studi Kasus Jetty Propylene PT. Pertamina RU VI, Balongan, Indramayu* [Skripsi]. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.