
Perencanaan Struktur Bangunan Mooring Dolphin pada Pengembangan Dermaga III Pelabuhan Ketapang Kabupaten Banyuwangi

Fathan Ghaliufar ¹

Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Jl. M.T Haryono 167 Malang

E-mail: fathanghaliufar@gmail.com

Suwanto Marsudi ²

Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Jl. M.T Haryono 167 Malang

E-mail: suwanto_m@ub.ac.id

Evi Nur Cahya ³

Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Jl. M.T Haryono 167 Malang

E-mail: evi_nc@ub.ac.id

ABSTRAK

Pelabuhan Ketapang merupakan salah satu pelabuhan penyeberangan yang terus mengalami peningkatan volume lalu lintas penumpang dan kendaraan. Dengan meningkatnya aktivitas tersebut, dibutuhkan suatu pengembangan yaitu merencanakan mooring dolphin untuk menunjang perubahan kapasitas sandar kapal dari 2.000 GRT menjadi 5.000 GRT. Mooring dolphin merupakan salah satu struktur penting dalam sistem tambat kapal yang berfungsi untuk menahan gaya kapal saat bersandar. Tujuan studi ini adalah untuk menganalisis stabilitas struktur dan pondasi dari bangunan mooring dolphin. Analisis struktur meliputi analisis penulangan dan pembebanan yang memuat beban mati, beban sandar, beban tarikan kapal, beban arus, beban gempa, dan beban angin. Dari hasil analisis stabilitas pondasi didapatkan kapasitas daya dukung kelompok tiang sebesar 2331,95 ton dengan faktor keamanan 3,61. Defleksi tiang lateral didapat 4,68 mm, penurunan kelompok tiang sebesar 8,51 mm, dan beban lateral pada tiang miring didapat 140,94 ton dengan faktor aman 6,84.

Kata Kunci: Dermaga, Mooring Dolphin, Stabilitas Pondasi, Tiang Pancang

ABSTRACT

Ketapang Port is one of the ferry ports that continues to experience an increase in passenger and vehicle traffic volume. With this growing activity, a development plan is needed, namely the construction of a mooring dolphin to support the change in berth capacity from 2,000 GRT to 5,000 GRT. A mooring dolphin is an essential structure in the mooring system of a ship, serving to resist the forces exerted by the vessel while berthed. The objective of this study is to analyze the structural and foundation stability of the mooring dolphin. The structural analysis includes reinforcement and loading analysis, considering dead load, berthing load, ship pulling load, current load, earthquake load, and wind load. Based on the foundation stability analysis, the group pile bearing capacity was found to be 2,331.95 tons with a safety factor of 3.61. The lateral pile deflection was 4.68 mm, the group pile settlement was 8.51 mm, and the lateral load on the batter pile was 140.94 tons with a safety factor of 6.84.

Keywords: Foundation Stability, Jetty, Mooring Dolphin, Pile,

1. PENDAHULUAN

Pelabuhan adalah suatu kawasan yang mencakup wilayah darat dan perairan dengan batasan tertentu yang digunakan untuk menunjang aktivitas pemerintahan serta layanan jasa [1]. Keberadaan pelabuhan memiliki peran strategis dalam mendorong pertumbuhan ekonomi nasional. Hal ini sejalan dengan ketentuan yang tercantum dalam Peraturan Pemerintah Nomor 69 Tahun 2001 tentang Kepelabuhanan, dimana Indonesia sebagai negara kepulauan terbesar di dunia, membutuhkan sistem kepelabuhanan yang maju dan dikelola secara optimal. Keberadaan pelabuhan di Indonesia memegang peranan krusial dalam mendukung berbagai aktivitas nasional yaitu sebagai penghubung antar pulau yang dipisahkan oleh lautan. Selain itu, pelabuhan juga memegang peranan penting dalam mendukung konektivitas dan meningkatkan daya saing perekonomian Indonesia. Kinerja pelabuhan berpengaruh terhadap efisiensi proses produksi dan distribusi. Dengan pentingnya fungsi pelabuhan tersebut, diperlukan pelabuhan dengan kapasitas yang memadai untuk mendukung konektivitas dan meningkatkan ekonomi di suatu daerah [2].

Pelabuhan Ketapang adalah sebuah pelabuhan feri yang menghubungkan Pulau Jawa dengan Pulau Bali melalui Selat Bali. Pelabuhan ini terletak di Desa Ketapang, Kecamatan Kalipuro, Kabupaten Banyuwangi, Jawa Timur. Pelabuhan Ketapang merupakan salah satu pelabuhan penyeberangan tersibuk di Indonesia, dikarenakan Pulau Bali adalah destinasi wisata utama di Indonesia. Berdasarkan data Kementrian Perhubungan Tahun 2025, 27 kapal feri beroperasi setiap hari untuk melayani mobilitas penumpang dan kendaraan menuju maupun dari Pulau Bali [3]. Dengan banyaknya aktivitas tersebut dibutuhkan suatu pengembangan dermaga yaitu diperlukan pembangunan struktur *mooring dolphin* dikarenakan terdapat kerusakan pada struktur *Mooring Dolphin*. Kerusakan yang terjadi yaitu korosi *pile* pondasi dan kerusakan *pile cap*. *Mooring dolphin* merupakan elemen penting dalam sistem tambat kapal yang berfungsi untuk menerima dan menahan gaya-gaya yang ditimbulkan oleh kapal selama proses bersandar. Keberadaan *mooring dolphin* tidak hanya meningkatkan keamanan dan kestabilan kapal, tetapi juga memastikan efisiensi operasional dermaga.

Pelabuhan Ketapang menghadapi beberapa permasalahan seiring dengan meningkatnya volume lalu lintas penumpang dan kendaraan, seperti keterbatasan kapasitas dermaga, antrean kendaraan yang panjang di loket masuk pelabuhan, keterlambatan jadwal kapal penyeberangan, dan gelombang laut yang tinggi juga menyebabkan kerusakan fasilitas pelabuhan akibat abrasi dan korosi. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, diperlukan perencanaan pengembangan pelabuhan tepatnya di Dermaga III Pelabuhan Ketapang yaitu Pengembangan kapasitas *Mooring Dolphin* yang semula berkapasitas 2.000 GRT menjadi 5.000 GRT. Penambahan kapasitas sandar kapal menjadi 5000 GRT dipilih sebagai respon terhadap meningkatnya volume lalu lintas penyeberangan. Kapal dengan kapasitas yang lebih besar mampu mengangkut lebih banyak muatan dalam satu kali perjalanan, sehingga dapat mengurangi antrean di pelabuhan. Pembangunan ini bertujuan untuk memperkuat struktur dermaga agar dapat meningkatkan kapasitas sandar kapal, sehingga diharapkan dapat lebih menggerakkan roda perekonomian bagi masyarakat Indonesia. Dengan mempertimbangkan kondisi

tersebut, penelitian ini difokuskan untuk analisa stabilitas pondasi yang aman pada kondisi beban ekstrem pada *mooring dolphin* di Dermaga III Pelabuhan Ketapang.

2. METODE PENELITIAN

Pada studi ini diperlukan beberapa data sebagai penunjang dalam penyelesaiannya. Berikut beberapa data yang digunakan:

1. Data Topografi

Data topografi merupakan data peta ketinggian permukaan tanah di sekitar lokasi yang diperoleh dari Data Elevasi *Digital* (DEM) yaitu *Google Earth*.

2. Data Batimetri

Data batimetri merupakan data kedalaman dasar laut di lokasi yang direncanakan. Data ini berfungsi untuk menentukan desain struktur bawah air dan kapal yang dapat bersandar. Data ini diperoleh dari Pusat Hidro-Oseanografi TNI Angkatan Laut.

3. Data Geologi

Data mengenai lapisan batuan bawah permukaan tanah beserta jenis dan kualitas tanah menggunakan pengujian *Standard Penetration Test* (SPT) yang diperoleh dari pengukuran langsung di lapangan.

4. Data Pasang Surut

Data ini digunakan untuk mengidentifikasi selisih elevasi permukaan laut antara kondisi pasang dan surut yang diperoleh dari pengukuran langsung di lapangan selama 15 hari.

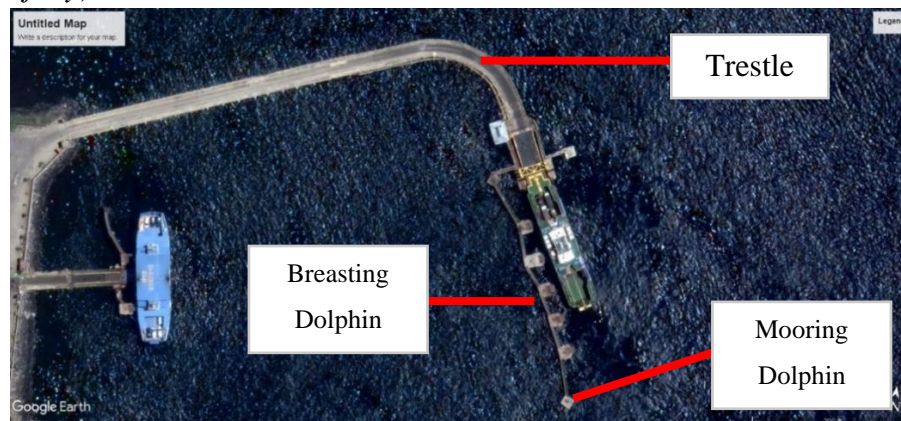
5. Data Angin

Data yang dipakai sebagai acuan dalam tinjauan ulang analisis gelombang diperoleh dari satelit *NASA*. Data yang diperoleh berupa data harian dalam kurun waktu selama 10 tahun (1 Januari 2014 sampai dengan 31 Desember 2023).

6. Data Kapal

Data ini digunakan untuk menentukan kapasitas daya angkut kapal yang bersandar pada dermaga. Data ini didapat dari *website* Kementerian Perhubungan.

Lokasi studi terletak di Dermaga III Pelabuhan Ketapang Kabupaten Banyuwangi seperti ditunjukkan pada **Gambar 1**, yang merupakan dermaga dengan tipe menjorok ke arah laut (*jetty*).

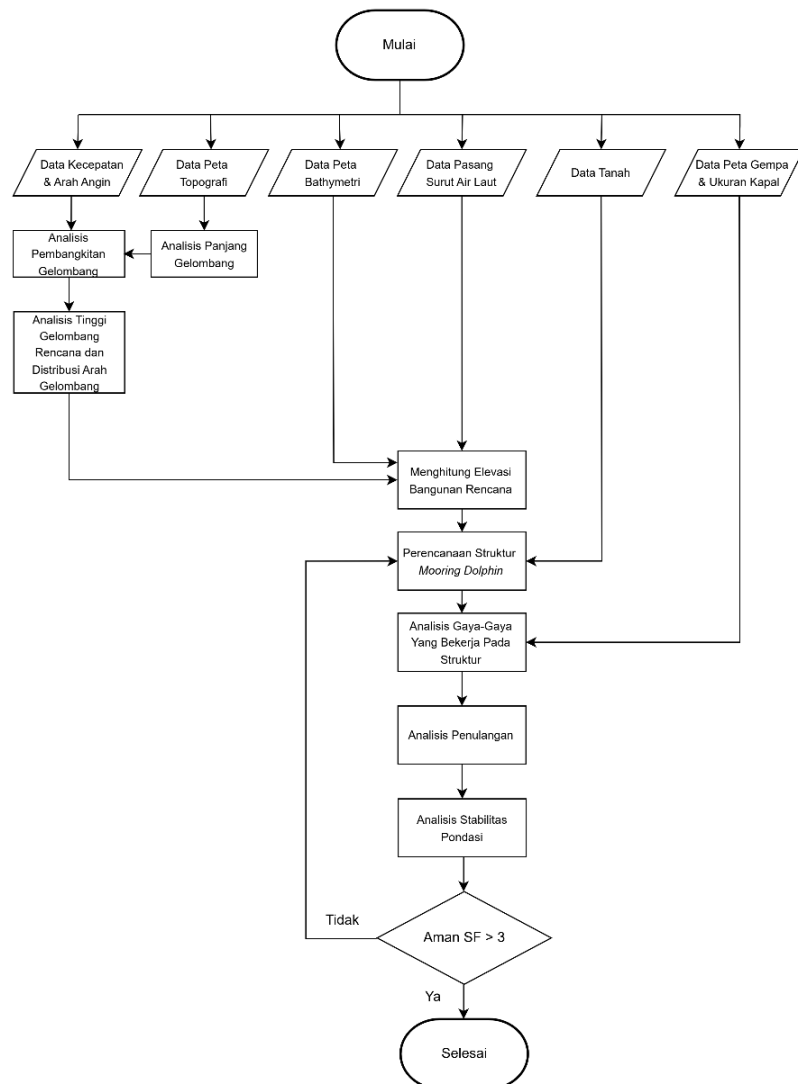


Gambar 1 Peta lokasi perencanaan
Sumber: Penulis, 2025

Analisis stabilitas struktur dan pondasi dari bangunan *mooring dolphin* pada Dermaga III Pelabuhan Ketapang dilakukan berdasarkan tahapan sebagai berikut:

1. Pengolahan data angin
Pengolahan data angin, dilakukan dalam bentuk mawar angin untuk menentukan karakteristik gelombang rencana, seperti tinggi, periode, dan arah datangnya.
2. Pengolahan data pasang surut
Mengolah data pasang surut air laut untuk untuk menentukan ketinggian air.
3. Perhitungan elevasi *mooring dolphin*.
4. Pemodelan desain *mooring dolphin*.
5. Perhitungan struktur *mooring dolphin*
 - a. Menganalisis jenis pembebanan yang akan dihitung
 - b. Menghitung dan *input* data hasil perhitungan ke *software Autodesk Robot*.
 - c. Analisis hasil reaksi struktur *Mooring Dolphin*.
6. Perhitungan Stabilitas Pondasi`

Berikut ditunjukkan pada **Gambar 2** mengenai diagram alir penelitian analisis stabilitas struktur dan pondasi *mooring dolphin*.



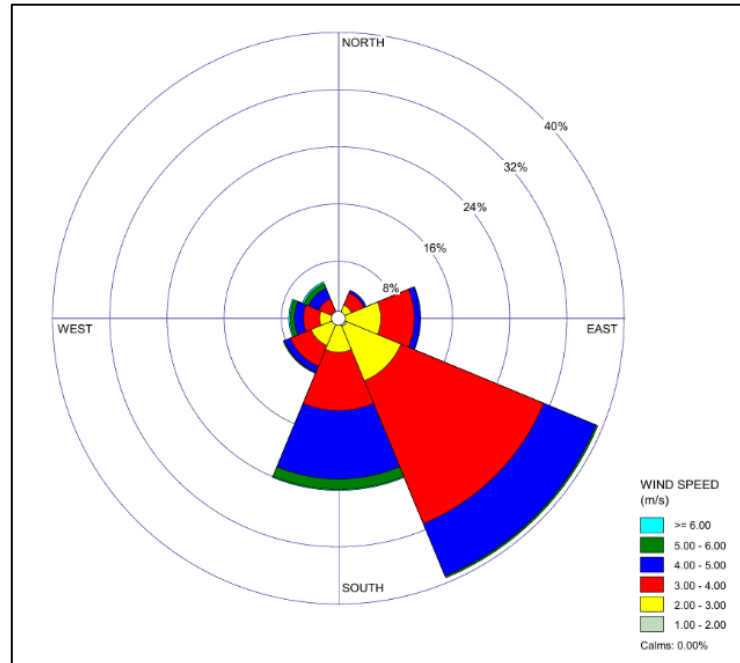
Gambar 2 Diagram alir penelitian
Sumber: Penulis, 2025

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Elevasi *Mooring Dolphin* Rencana

3.1.1 Analisis Pembangkitan Gelombang

Analisis gelombang memerlukan data hasil pengukuran angin, seperti kecepatan maksimum, kecepatan rata-rata, serta arah angin. Data angin yang digunakan mencakup kecepatan rata-rata dan maksimum harian selama periode sepuluh tahun, yaitu dari 2014 hingga 2023.



Gambar 3 Windrose maksimum bulanan tahun 2014-2023

Gambar 3 merupakan grafik *windrose* atau mawar angin berdasarkan tiap delapan arah mata angin yang menunjukkan angin dominan berasal dari arah tenggara. Pembentukan gelombang oleh hembusan angin dipengaruhi oleh sejumlah faktor, antara lain durasi tiupan angin, arah hembusan, kecepatan angin, serta panjang *fetch* [4]. Tahapan berikutnya adalah menentukan *fetch* efektif dengan mengacu pada peta area studi, yaitu pada Kabupaten Banyuwangi. *Fetch* efektif diukur dari titik pengamatan dengan pembagian arah setiap 6 derajat [5]. Dari hasil analisis, diperoleh panjang *fetch* efektif pada Dermaga III Pelabuhan Ketapang meliputi sektor arah utara, timur laut, timur, tenggara, serta selatan seperti ditunjukkan **Tabel 1**.

Tabel 1 *Fetch* efektif

Arah Angin		<i>Fetch</i> (km)
N	Utara	25,71
NE	Timur Laut	28,36
E	Timur	3,76
SE	Tenggara	28,55
S	Selatan	23,23

Sumber : Penulis, 2025

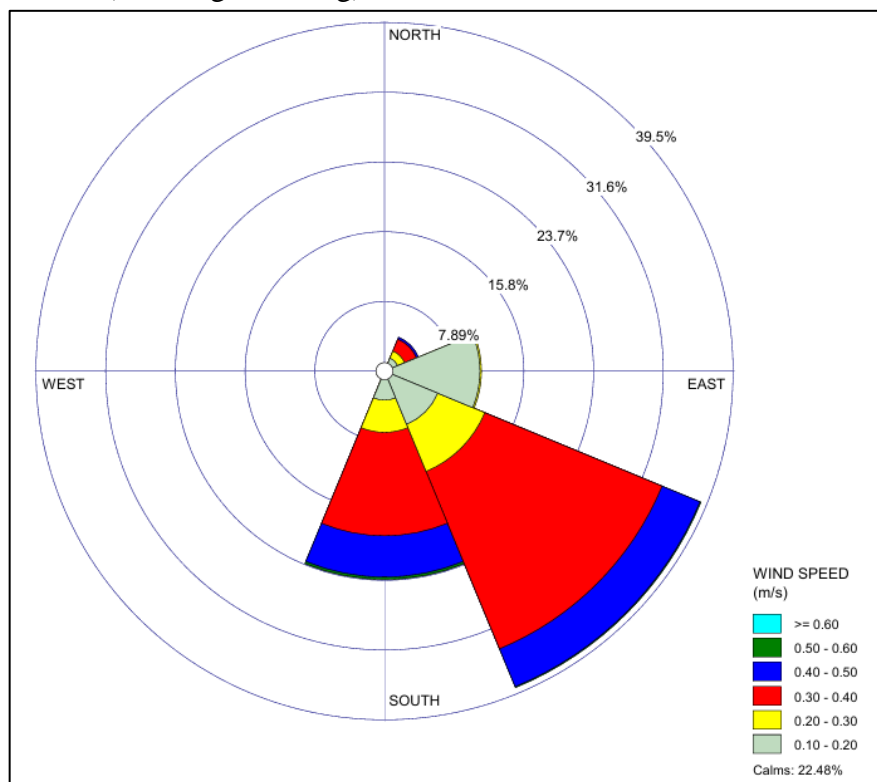
Analisis pembangkitan gelombang di perairan dalam dilakukan menggunakan rumus spektrum *JONSWAP*. Perhitungan pembentukan gelombang signifikan maksimum tahunan oleh angin akan ditunjukkan pada **Tabel 2** dengan menghasilkan berupa tinggi gelombang (H_s) dan waktu (T_p) tiap tahun.

Tabel 2 Tinggi gelombang signifikan maksimum

No	Tahun	Bulan	Tanggal	H_s (m)	T_p (s)
1	2014	Juli	14	0,50	3,33
2	2015	Agustus	29	0,43	3,25
3	2016	Februari	12	0,54	3,39
4	2017	Agustus	3	0,45	3,25
5	2018	Agustus	2	0,52	3,35
6	2019	Agustus	3	0,47	3,36
7	2020	Oktober	6	0,50	3,33
8	2021	September	3	0,49	3,29
9	2022	Agustus	20	0,46	3,32
10	2023	September	6	0,45	3,29

Sumber: Penulis, 2025

Dari hasil pembangkitan gelombang didapat tinggi gelombang signifikan. Kemudian, tinggi gelombang signifikan akan ditampilkan **Gambar 4**. dalam representasi grafik *wave rose* (mawar gelombang).



Gambar 4 Waverose maksimum bulanan tahun 2014-2023

Sumber: Penulis, 2025

3.1.2 Analisis Gelombang Rencana

Dalam memprediksi gelombang dengan periode kala ulang tertentu, digunakan dua metode distribusi. Metode tersebut adalah distribusi *Gumbel* (Fisher-Tippet Tipe I) dan distribusi *Weibull*. Distribusi ini dilakukan untuk mencoba dua metode yang kemudian akan dipilih hasil yang terbaik melalui kesalahan absolut rerata [6].

Tabel 3 Persentase kesalahan absolut rerata

No	Tahun	HSm	HSm FT-1	HSm Weibull	KA FT-1 (%)	KA Weibull (%)
1	2016	0,54	0,55	0,56	1,53	2,59
2	2018	0,52	0,52	0,52	0,78	1,20
3	2014	0,50	0,50	0,50	0,42	0,51
4	2020	0,50	0,49	0,48	1,33	2,43
5	2021	0,49	0,48	0,47	2,46	3,53
6	2019	0,47	0,47	0,47	0,73	1,63
7	2022	0,46	0,46	0,46	1,34	0,79
8	2017	0,45	0,45	0,46	1,52	1,58
9	2023	0,45	0,45	0,45	0,52	0,53
10	2015	0,43	0,43	0,45	1,23	4,40
Kesalahan Absolut Rerata (%)					1,19	1,92

Sumber: Penulis, 2025

Penentuan jenis distribusi yang sesuai dengan data tinggi gelombang signifikan dilakukan melalui dua pendekatan distribusi. Metode yang diterapkan melibatkan perhitungan rata-rata kesalahan absolut untuk masing-masing model distribusi. Nilai kesalahan tersebut diperoleh dengan membandingkan tinggi gelombang hasil pemodelan distribusi dengan data aktual yang tersedia. Dari **Tabel 3** didapat distribusi yang sesuai dengan data tinggi gelombang signifikan adalah distribusi Fisher-Tippet I, ditunjukkan oleh nilai rerata kesalahan absolut yang paling rendah sebesar 1,19%. Sehingga, metode pendekatan distribusi yang digunakan adalah menggunakan distribusi Fisher-Tippet I.

Tabel 4 Hasil perhitungan tinggi gelombang metode Fisher-Tippet I

Kala Ulang	HSr Utara	HSr Timur Laut	HSr Timur	HSr Tenggara	HSr Selatan
(Tahun)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
2	0,14	0,33	0,14	0,44	0,46
5	0,28	0,39	0,15	0,45	0,50
10	0,38	0,42	0,16	0,46	0,53
25	0,51	0,46	0,17	0,48	0,57
50	0,60	0,50	0,18	0,49	0,60
100	0,69	0,53	0,19	0,50	0,63

Sumber: Penulis, 2025

Dalam perencanaan bangunan *Mooring Dolphin* pada Dermaga III Pelabuhan Ketapang, Analisis menggunakan gelombang dengan periode ulang 100 tahun dan berasal

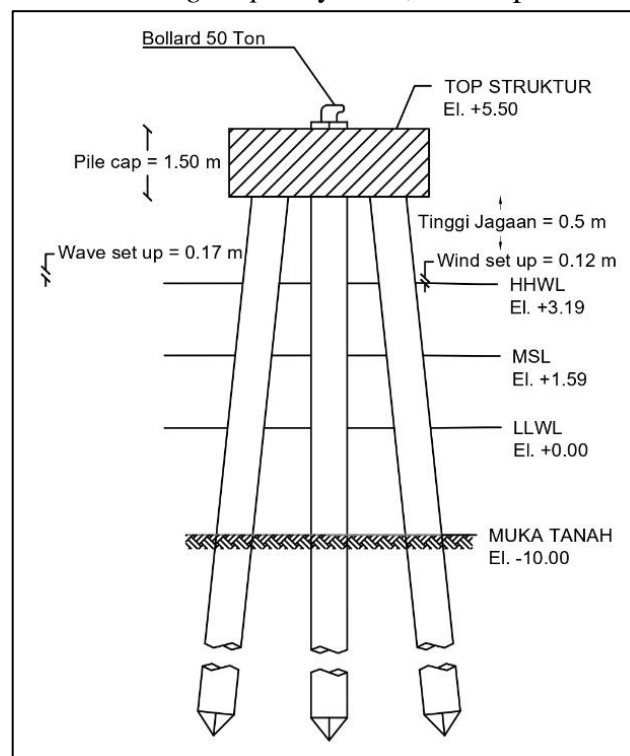
dari lima arah gelombang yang datang. Maka, didapat tinggi gelombang maksimum signifikan adalah $H_{sr} = 0,69$ m dari arah Utara dan tinggi gelombang dominan berasal dari arah tenggara yaitu $H_{sr} = 0,51$ m seperti ditunjukkan pada **Tabel 4**.

3.1.3 Elevasi Mooring Dolphin

Dalam perencanaan *mooring dolphin*, dibutuhkan elevasi bangunan rencana agar dapat mengetahui ketinggian dan kebutuhan pondasi bagi bangunan *mooring dolphin* tersebut. Perhitungan elevasi *mooring dolphin* didapat dari penjumlahan parameter pasang surut air laut, kenaikan air laut akibat angin (*wind set up*), dan kenaikan air laut akibat gelombang (*wave set up*), ketebalan *pile cap*, dan tinggi jagaan.

Pasang surut	= 3,19 m
Wind set up	= 0,12 m
Wave set up	= 0,17 m
Tinggi jagaan	= 0,50 m
Tebal <i>pile cap</i>	= 1,50 m
Elevasi <i>mooring dolphin</i>	= 3,19 + 0,12 + 0,17 + 0,50 + 1,50
	= 5,50 m

Sehingga, didapat elevasi *mooring dolphin* yaitu 5,50 m seperti dilihat **Gambar 5**.

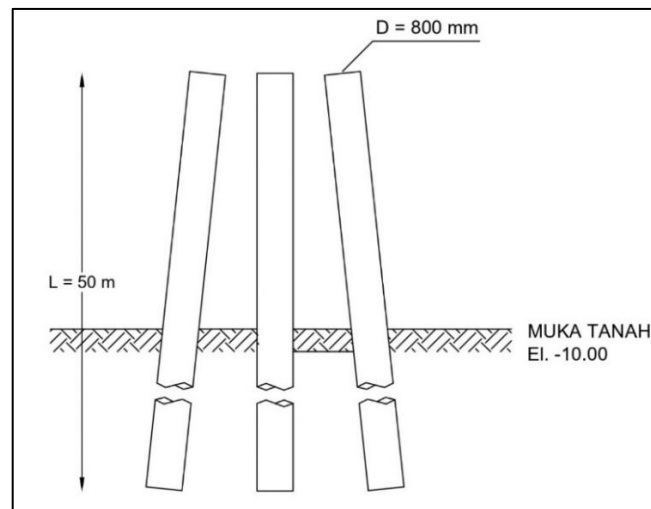


Gambar 5 Detail elevasi mooring dolphin

Sumber: Penulis, 2025

3.2 Dimensi Mooring Dolphin

3.2.1 Tiang Pondasi



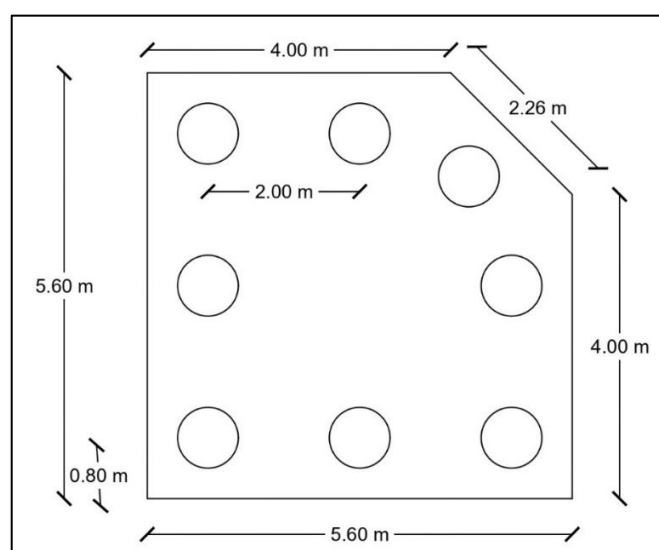
Gambar 6 Dimensi Tiang Pondasi

Sumber: Penulis, 2025

Pondasi menggunakan *steel pipe pile* diameter 800 mm dengan total panjang 50 m seperti ditunjukkan pada **Gambar 6**. Kemiringan tiang direncanakan 6° [7] agar dapat menahan beban lateral yang besar dan aman dari tabrakan *draft* kapal.

3.2.2 Pile Cap

Desain *pile cap* mengacu pada ketentuan (*Foundation Design and Construction*) tahun 2014 yaitu jarak antar *pile* minimum 2,5 dari diameter *pile*. Terdapat *pile* yang letaknya tidak simetris di salah satu sudut *pile cap* dengan jarak *pile* tersebut 1,32 m. Sehingga, didapat dimensi *pile cap* panjang 5,60 m, lebar 4,00 m dan terdapat panjang 2,26 m terletak di salah satu sudut *pile cap* seperti ditunjukkan pada **Gambar 7**.



Gambar 7 Dimensi *Pile Cap*

Sumber: Penulis, 2025

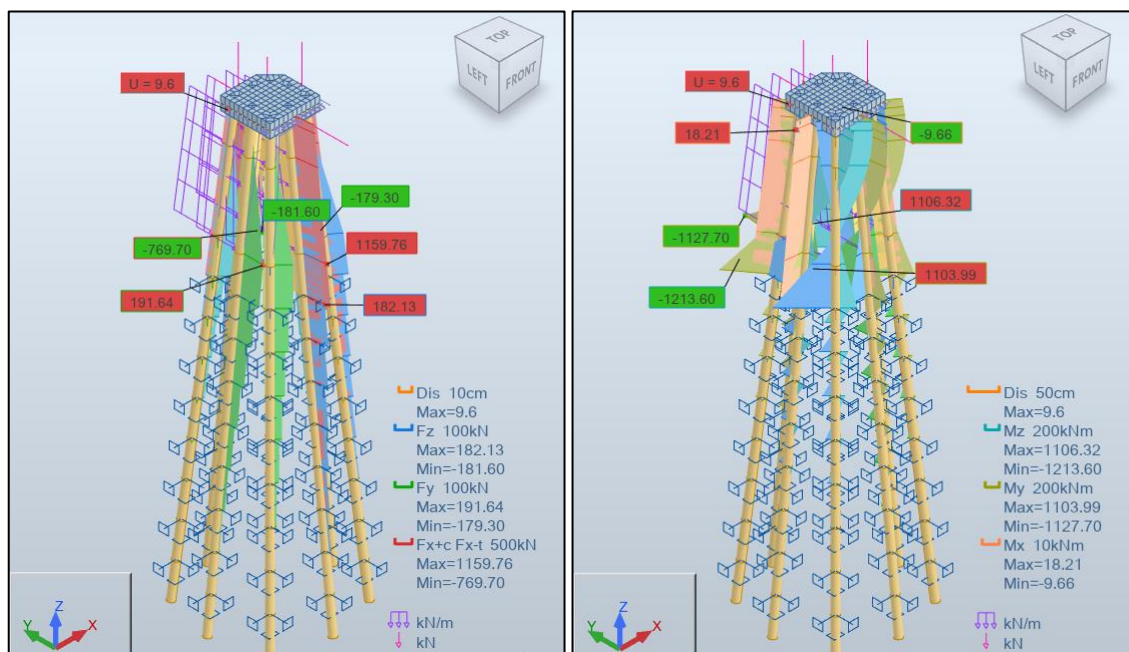
3.2 Analisis Pembebanan Struktur *Mooring Dolphin*

Terdapat lima beban dan sebelas kombinasi pembebanan yang digunakan pada perencanaan *mooring dolphin* Dermaga III Pelabuhan Ketapang dari ketentuan (*Port of Long Beach Wharf Design Criteria Ver 5.0*) tahun 2021 [8] yang ditunjukkan **Tabel 5**.

Tabel 5 Kombinasi Pembebanan

Kombinasi	Faktor Kombinasi Pembebanan						
Pembebanan	D_L	W_L	B_L	M_L	C_L	EQ_x	EQ_y
Kondisi <i>Ultimate Limit State</i> (ULS)							
ULS 1	1,2	1,0	-	-	1,2	-	-
ULS 2	0,9	1,0	-	-	1,2	-	-
ULS 3	1,2	1,0	1,6	-	1,2	-	-
ULS 4	1,2	1,0	-	1,6	1,2	-	-
Kondisi <i>Serviceability Limit State</i> (SLS)							
SLS 5	1,0	0,6	-	-	1,0	-	-
SLS 6	0,6	0,6	-	-	1,0	-	-
SLS 7	1,0	0,45	1,0	-	1,0	-	-
SLS 8	1,0	0,6	-	1,0	1,0	-	-
Kondisi <i>Ultimate Limit State</i> (ULS) dengan Gempa							
ULS 9	1 + K	-	-	-	-	1,0	-
ULS 10	1 + K	-	-	-	-	-	1,0
ULS 11	1 + K	-	-	-	-	1,0	0,3

Sumber: Penulis, 2025



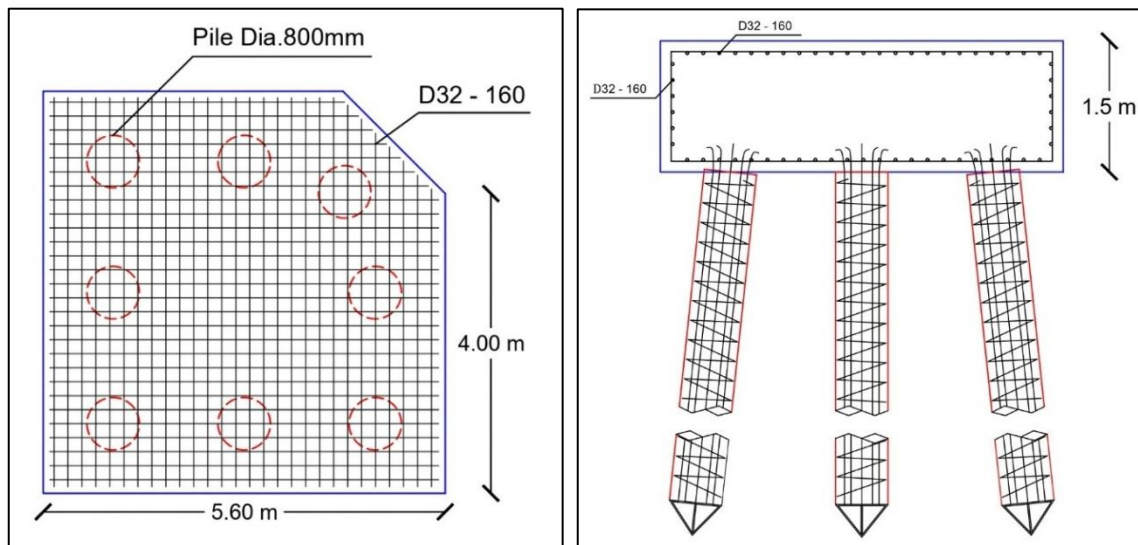
Gambar 8 Gaya dan Momen Kombinasi Pembebanan

Sumber: Penulis, 2025

Pembebanan yang dominan berpengaruh terhadap struktur adalah kombinasi nomor 10 yaitu ULS 3 (1,2 DL + 1,0 WL + 1,6 BL + 1,2 CL). Pembebanan ini dipengaruhi oleh beban mati yang terdiri dari berat *fender* dan *bollard* (*Dead Load*), beban angin (*Wind Load*), beban sandar (*Berthing Load*), dan beban arus (*Current Load*). *Displacement* maksimum (U) pada kombinasi pembebanan maksimum didapat sebesar 9,6 cm ditunjukkan pada **Gambar 8**. Nilai berada di bawah ambang batas defleksi horizontal maksimum menurut *British Standard* (2010) [9], sebesar 100 mm atau 10 cm.

3.4 Analisis Tulangan

3.4.1 Pile Cap

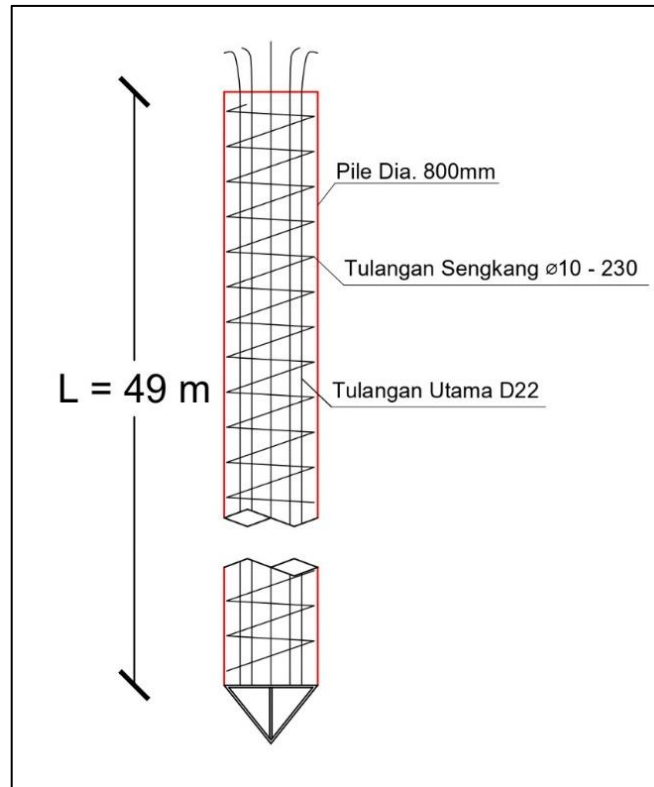


Gambar 9 Penulangan Pile Cap
Sumber: Penulis, 2025

Penulangan *pile cap* disesuaikan berdasarkan hasil analisis gaya dan momen, sehingga didapat tulangan atas dan bawah yang digunakan yaitu baja ulir berjumlah 34 batang dengan diameter 32 mm dan mutu baja menggunakan $f_y = 400$ MPa. **Gambar 9** menampilkan tampak atas dan samping penulangan *pile cap*.

3.4.2 Tiang Pancang

Struktur fondasi menggunakan tiang pancang berjenis *steel pipe pile* dengan menggunakan metode pemancangan yaitu *driven pile*. Tulangan utama yang digunakan baja *deform* berjumlah 14 batang dengan diameter 22 mm. Tulangan sengkang yang digunakan baja diameter 10 mm dengan jarak antar sengkang 230 mm seperti ditunjukkan **Gambar 10**.



Gambar 10 Penulangan Tiang Pancang
Sumber: Penulis, 2025

3.5 Analisis Daya Dukung Tiang

Analisis daya dukung tiang bertujuan untuk menentukan beban maksimum yang dapat dipikul oleh tiang tanpa menyebabkan kegagalan tanah di sekitarnya. Daya dukung ini penting untuk memastikan struktur aman dan tidak mengalami keruntuhan pondasi atau penurunan berlebihan [10].

3.5.1 Daya Dukung Tiang Pancang

Perhitungan daya dukung tiang pancang tunggal dilakukan untuk mendapatkan kapasitas maksimum daya dukung tiang pancang menggunakan metode rumus Meyerhof (1956). Daya dukung tiang ijin (Q_u) didapat 430,56 ton dan daya dukung tiang maksimal ($Q_{u \max}$) didapat 80,73 ton. Sehingga, didapat $\frac{Q_u}{Q_{u \max}} = 5,33 > 3$ maka daya dukung tiang tunggal dikatakan aman. Dikarenakan jumlah titik tiang lebih dari satu, maka dilakukan perhitungan daya dukung kelompok tiang yang didapat sebesar 2331,95 ton. Sehingga, didapat $\frac{Q_{dukung}}{\Sigma V} = 3,61 > 3$ maka daya dukung kelompok tiang dikatakan aman.

3.5.2 Defleksi Tiang

Defleksi tiang diperhitungkan menggunakan Metode Broms. Metode ini diterapkan untuk menghitung defleksi lateral tiang yang tertanam pada lapisan tanah homogen, baik berupa tanah granuler maupun tanah kohesif murni. Perhitungan defleksi lateral menggunakan tiang dengan kondisi ujung bebas dan ujung terjepit dikategorikan sebagai tiang fleksibel. Sehingga, dari hasil analisis didapatkan defleksi tiang lateral sebesar 4,68 mm.

3.5.3 Penurunan Ujung Tiang

Seluruh beban bangunan ditopang oleh tiang melalui daya dukung ujung tiang, Sehingga perhitungan penurunan dilakukan dengan mengasumsikan bahwa dasar kelompok tiang bertindak sebagai pondasi dengan luas yang setara terhadap total luas kelompok tiang. Pada sistem tiang dukung ujung, beban dari struktur disalurkan sepenuhnya ke lapisan tanah keras yang terletak di dasar atau ujung bawah tiang [11]. Penurunan tiang menggunakan metode *Poulos & Davis* didapat penurunan tiang tunggal sebesar 1,22 mm dan penurunan kelompok tiang sebesar 8,51 mm.

3.5.4 Tiang Pancang Miring

Menurut Hardiyatmo (2010), disebutkan sudut kemiringan tiang yang umum digunakan berkisar antara 1H : 12V – 5H : 12V atau 5° hingga 33°. Pada perencanaan ini menggunakan perhitungan Metode Broms dan kemiringan tiang sebesar 6° pada semua tiang. Berdasarkan analisis daya dukung tiang didapatkan hasil pada analisis tiang pancang miring (H_u) = 1382,11 kN dan beban horizontal (H_{max}) = 200,21. Sehingga, didapat $\frac{H_u}{H_{max}} = 6,84 > 3$ maka gaya lateral pada tiang miring dikatakan aman.

4. KESIMPULAN

Perhitungan elevasi *mooring dolphin* rencana didapat elevasi *mooring dolphin* rencana yaitu +5,50 m dari muka air terendah (LLWL). *Mooring dolphin* yang direncanakan memiliki ukuran *pile cap* 5,60 m dan lebar 4,00 m dengan ketebalan *pile cap* 1,50 m. Tiang pondasi menggunakan *pile* jenis *steel pipe pile* diameter 800 mm panjang 49 m. Dari hasil analisis pembebanan didapat *displacement* (U) 9,6 cm dari batas maksimum yaitu 10 cm berdasarkan *British Standard*, 2010. Sehingga, desain *mooring dolphin* dapat dikatakan aman. Berdasarkan analisis daya dukung tiang didapatkan hasil pada analisis tiang pancang miring (H_u) = 1382,11 kN dan beban horizontal (H_{max}) = 200,21. Sehingga, didapat faktor aman tiang (F) = 6,84 > 3, maka pondasi yang direncanakan dapat dikatakan aman. Saran untuk studi selanjutnya adalah perlu dilakukan pengolahan data angin selain menggunakan data satelit dan mempertimbangkan pengaruh beban siklik dan korosi.

5. REFERENSI

- [1] Boyke, C. (2019). Perencanaan Pelabuhan dan Terminal. no. February.
- [2] Djamaluddin, A. (2023). *Perencanaan Pelabuhan dan Terminal Petikemas*. Nas Media Pustaka.
- [3] Direktorat Jenderal Perhubungan Laut, Kementerian Perhubungan Republik Indonesia. (2025, Juli). *Kemenhub pastikan penyeberangan di Ketapang berjalan normal meski jalur Gunitir ditutup akibat perbaikan jalan*. Indonesian Maritime Safety Information. Diunduh dari hubla.dephub.go.id tanggal 25 Agustus 2025.
- [4] Muliati, Y. (2020). *Rekayasa pantai. Penerbit Itenas. Bandung*.
- [5] Triatmodjo, B. (2010). *Perencanaan Pelabuhan*. Beta Offset Yogyakarta. Yogyakarta
- [6] Triatmodjo, B. (2008). *Teknik Pantai*. Beta Offset Yogyakarta. Yogyakarta

-
- [7] OCDI. (1991). *Techical Standards and Commentaries for Port and Harbour Facilities in Japan*.
 - [8] Moffatt, & Nichol. (2021). *Port of Long Beach Wharf Design Criteria Wharf Design Criteria POLB WDC Version 5.0*
 - [9] British Standards Institution. (2023). *BS 6349-1:2000 Maritime Structures Part 1: Code of practice for general criteria*. Britis Standards Institution.
 - [10] Wahyudi, H. (1999). *Daya Dukung Pondasi Dalam*. Surabaya: Jurusan Teknik Sipil FTSP ITS.
 - [11] Hardiyatmo, H. C. (2010). *Analisis dan Perancangan Fondasi II*. Gadjah Mada University Press.