

RIFDA_SYAFRIDA_3336210010_
REF-1740667011828

by By Turnitin

Submission date: 27-Feb-2025 09:38PM (UTC+0700)

Submission ID: 2600287209

File name: RIFDA_SYAFRIDA_3336210010_REF-1740667011828.pdf (108.62K)

Word count: 786

Character count: 4544

DAFTAR PUSTAKA

- The Overseas Coastal Area Development Institute of Japan (OCDI)*. 2002. *Technical Standards and Commentaries for Port and Harbour Facilities in Japan*. Japan: Daikousha Printing Co.,Ltd.
- Thoresen, Carl A. 2003. *Port Designer's Handbook: Recommendations and Guidelines*. London: Thomas Telford
- PIANC. 2002. *Guidelines for Design of Fender Systems*. Belgium: PIANC General Secretariat
- Anwar, M. R., Gagoek Soenar, P., & Megawati, I. (2009). Perencanaan Teknis Dermaga Pelabuhan Tanjung Awar-Awar Tuban Jawa Timur. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 3(1).
- Aprianto, N., Aprisandi, D., & Nugroho, W. (2020). Perencanaan Struktur Dermaga *Emergency Jetty Trucking* Kapasitas 10.000 DWT Pelabuhan Ratu Sukabumi Jawa Barat. *Journal Of Sustainable Civil Engineering (Josce)*, 2(02), 108–116.
- Azuga, N. A. (2021). Kajian Kerentanan Kawasan Pesisir Terhadap Bencana Kenaikan Muka Air Laut (Sea Level Rise) Di Indonesia. *Jurnal Riset Kelautan Tropis (Journal Of Tropical Marine Research)(J-Tropimar)*, 3(2), 65–76.
- Buana, C., Fuddoly, F., Nugroho, M. D., Putra, K. H., El Hafizah, N., & Sekartadji, R. (2020). Analisis Struktur Dermaga Pupuk NPK di Tersus PT. Pupuk Kalimantan Timur untuk Kapal *Bulk Carrier* dengan Kapasitas 10.000 DWT. *Jurnal Teknik Sipil*, 1(1), 42–48.
- da Costa, T. G. S., Ariawan, P., & Ariana, K. A. (2020). Evaluasi Perencanaan Dermaga (*Jetty*) Pada Pelabuhan Dili Timor Leste. *Jurnal Ilmiah Telsinas Elektro, Sipil Dan Teknik Informasi*, 3(1), 6–11.
- Dani, V. A. (2020). Pelayanan *Container* Ekspor Dan Impor Di Terminal Petikemas Semarang PT Pelabuhan Indonesia III Regional Jawa Tengah. *Karya Tulis*.
- Darmastuti, M., Zakki, A. F., & Rindo, G. (2019). Analisa Respon Struktur Kapal Oil 149 m dengan Beban Kombinasi di Perairan Indonesia dan Atlantik Utara. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 7(4).
- Devina, C., Kristi, B., Nugroho, P., & Sriyana, S. (2017). Perencanaan Dermaga

- Pelabuhan Rakyat Samber, Papua. *Jurnal Karya Teknik Sipil*, 6(4), 309–318.
- Edianto, E., & Ashury, A. (2019). Desain Dermaga Multi *Purpose Tipe Deck On Pile* Di Pulau Sembilan Kabupaten Sinjai. *Riset Sains Dan Teknologi Kelautan*, 110–116.
- Fajar, A. (2021). Embarkasi Debarkasi Dan Bongkar Muat Kendaraan Kmp. Agung Samudera IX di Dermaga LCM Oleh PT. Pelayaran Agung Samudera Cabang Banyuwangi. *Karya Tulis*.
- Hafudiansyah, E., & Anisarida, A. A. (2021). Analisis Struktur *Mooring Dolphin* Kapasitas Kapal 2000 GT (Studi Kasus Pelabuhan Munse Sulawesi Tenggara). *Jurnal Teknik Sipil Cendekia (Jtsc)*, 2(1), 137–151.
- Indonesia, P. R. (2016). Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 61 Tahun 2009 tentang Kepelabuhanan. *Tersedia Pada Http://Pkps. Bappenas. Go. Id/Dokumen/Uu/Uu% 20Sektor/Pelayaran/PP, 2061*.
- Lotte Chemical Indonesia. (2023). PT Lotte Chemical Indonesia (LCI). Retrieved March 5, 2024, from <https://lottechem.id/company.html>
- Loupatty, G. (2013). Karakteristik energi gelombang dan arus perairan di Provinsi Maluku. *BAREKENG: Jurnal Ilmu Matematika Dan Terapan*, 7(1), 19–22.
- Naga, M. H. B., Firas, M. R., & Assidiq, F. M. (2023). Review Analisis Penguatan Struktural Pelabuhan Dan Interaksi *Shiphull* Menurut *Fluid Drag Forces* (Menggunakan Metode CFD) Selama Masa Pakai Pelabuhan Yang Diharapkan. *Zona Laut: Journal of Ocean Science and Technology Innovation*, 34–44.
- Nugraha, W. T., & Pranoto, Y. (2020). Analisis Pondasi Tiang Pancang *Breasting Dolphin* Dan *Mooring Dolphin* Pada Dermaga *Type Jetty*. *Jurnal Momen Teknik Sipil Suryakencana*, 3(1), 1–9.
- Nusontoro, B. A. (2017). Perencanaan Dermaga untuk Kapal *Multi-Purpose Supply Vessel (MPSV)/Platform Supply Vessel (PSV)* 3.500 DWT dan *Floating Pontoon* di Terminiinal Khusus PT. *Badak Ngl, Bontang*.
- Pranata, Y. A., & Suryoatmono, B. (2018). Struktur kayu: analisis dan desain dengan LRFD. Remaja Rosdakarya.
- Pranata, Y. A., & Suryoatmono, B. (2018). Struktur kayu: analisis dan desain dengan LRFD. Remaja Rosdakarya.

- Ria, D. N., & Umar, U. H. (2023). *Analysis of Feasibility Study of Construction and Operation of Special Terminals PT. Nan Indah Mutiara Shipyard. LEADER: Civil Engineering and Architecture Journal*, 1(5), 516–526.
- Simatupang, P. H., Sir, T. M. W., & Wadu, V. A. (2020). Integrasi program tekla *structures* dan SAP2000 dalam perencanaan gedung beton struktural. *Jurnal Teknik Sipil*, 9(1), 67–80.
- Suwarni, W. (2020). Analisa Pasang Surut Menggunakan Metode *Least Square* Pada Pantai Taman Ria. *Jurnal Sains Dan Teknologi Tadulako*, 6(1), 1–10.
- Triatmodjo, B. (1999). Teknik pantai.
- Triatmodjo, B. (2008). Teknik Pantai, cetakan kelima. *Beta Offset, Yogyakarta*.
- Triatmodjo, B. (2009). Perencanaan Pelabuhan, Beta Offset. Yogyakarta.
- Trisnafiah, S., Basuki, J. P., Zakaria, Z., & Sophian, I. (2018). Pola Daya Dukung Tanah untuk Pondasi Dangkal Daerah Panyipatan, Kabupaten Tanah Laut, Kalimantan Selatan. *Geoscience Journal*, 2(6), 508–513.
- Hardiyatmo, H.C. 2002. Teknik Fondasi 1 Jilid 2 (Edisi kedua). *Beta Offset, Yogyakarta*.
- Hardiyatmo, H.C., 2008, Teknik Fondasi II (IV). Gadjah Mada *University Press*, Bandung.
- Tomlinson, M., and Woodward, J. (2015). *Pile Design and Construction Practice 6th ed. CRC Press Taylor & Francis Group A Spon Press Book*, London, New York
- Yanti, D., Gunawan, I., & Hisyam, E. S. (2018). Perencanaan Struktur Dermaga Pelabuhan Tanjung Gudang Belinyu Kabupaten Bangka. In *FROPIL (Forum Profesional Teknik Sipil)* (Vol. 6, pp. 1–13).

ORIGINALITY REPORT

0%

SIMILARITY INDEX

0%

INTERNET SOURCES

0%

PUBLICATIONS

0%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

Exclude quotes On
Exclude bibliography On

Exclude matches Off

BAB_1_TA_27_FEBRUARI_2025- 1740658900859

by By Turnitin

Submission date: 27-Feb-2025 07:23PM (UTC+0700)

Submission ID: 2600218255

File name: BAB_1_TA_27_FEBRUARI_2025-1740658900859.pdf (62.52K)

Word count: 772

Character count: 4997

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pelabuhan (*port*) merupakan daerah perairan yang terlindung terhadap gelombang, yang dilengkapi dengan fasilitas terminal laut yang meliputi dermaga di mana kapal dapat bertambat untuk bongkar muat barang, dan sebagai gudang laut (*transito*) (Triatmodjo, 2009). Dimensi dermaga didasarkan pada jenis, ukuran kapal serta fungsi dari dermaga yang dibangun tersebut. Perencanaan ukuran dermaga harus didasarkan pada ukuran-ukuran minimal sehingga kapal dapat berlabuh atau meninggalkan dermaga maupun melakukan bongkar muat barang dengan cepat, lancar dan aman (Fajar, 2021).

PT. XYZ merupakan perusahaan yang bergerak dibidang perdagangan besar karet dan plastik dalam bentuk dasar yang berlokasi di Kota Cilegon. Upaya peningkatan investasi, PT. XYZ melakukan pembangunan kompleks petrokimia. Pembangunan kompleks tersebut dimaksudkan untuk menambah kapasitas produksi bahan kimia hingga 2 juta ton dalam setahun (PT. XYZ, 2023). Untuk mendukung kegiatan operasional pada pembangunan kompleks petrokimia PT. XYZ perlu membangun dermaga tipe *jetty* dan fasilitas pendukung lainnya. Dermaga tipe *jetty* ini digunakan untuk memuat (*loading*) polietilena (PE) ke kapal tanker dan bongkar (*unloading*) muatan kapal tanker. Area dermaga *jetty* akan dibangun fasilitas dermaga untuk melayani kapal tanker 10.000 DWT. Kapal tanker adalah kapal yang dirancang untuk mengangkut minyak atau produk turunannya. *Oil tanker* merupakan kapal yang difokuskan untuk mengangkut muatan berupa minyak curah dari pelabuhan muat atau pelabuhan produksi ke pelabuhan bongkar/pengolahan (Darmastuti, dkk 2019).

Penelitian tentang perencanaan struktur dermaga atau analisis struktur *dolphin* yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya antara lain: Hafudians, dkk (2021) dengan judul Analisis Struktur *Mooring Dolphin* Kapasitas Kapal 2000 Gt (Studi Kasus Pelabuhan Munse Sulawesi Tenggara). Buana, dkk (2020) dengan judul Analisis Struktur Dermaga Pupuk NPK di Tersus PT. Pupuk Kalimantan Timur untuk Kapal

BULK *Carrier* dengan Kapasitas 10.000 DWT. da Costa, dkk (2020) dengan judul Evaluasi Perencanaan Dermaga (*Jetty*) Pada Pelabuhan Dili Timor Leste. Aprianto, dkk (2020) dengan judul Perencanaan Struktur Dermaga *Emergency Jetty Trucking* Kapasitas 10.000 DWT Pelabuhan Ratu Sukabumi Jawa Barat.

Perencanaan pembangunan fasilitas dermaga untuk kapal tanker 10.000 DWT membutuhkan analisis struktur dermaga yang meliputi *loading platform*, *breasting dolphin* dan *mooring dolphin* dengan memenuhi standar serta kriteria perencanaan. Analisis struktur bangunan harus diperhitungkan untuk dapat menjamin kestabilan bangunan terhadap beratnya sendiri, beban-beban bangunan (beban isi bangunan), gaya-gaya luar yang bekerja seperti gempa bumi, tekanan angin dan lain-lain tanpa harus mengalami perubahan yang melebihi batas yang diijinkan. Struktur *dolphin* direncanakan untuk bisa menahan gaya horizontal yang ditimbulkan oleh benturan kapal, tiupan angin dan dorongan arus yang mengenai badan kapal pada waktu ditambatkan. Gaya-gaya tersebut dapat dihitung dengan cara yang sama seperti dalam perencanaan dermaga (Nusantara, 2014).

Guna menghindari adanya ketidakamanan struktur *dolphin* saat digunakan atau memerlukan adanya perbaikan-perbaikan / perkuatan secara struktural, maka perlu dilakukan analisis pada struktur *dolphin* secara komprehensif untuk mengetahui kekuatan struktur dan evaluasi kapasitas (daya dukung) pada struktur tersebut. Penelitian tentang Analisis Struktur *Breasting Dolphin* dan *Mooring Dolphin* Untuk Kapal Tanker 10.000 DWT (Studi Kasus: Dermaga Tipe *Jetty* PT. XYZ Kota Cilegon) belum pernah dilakukan penelitian oleh peneliti sebelumnya.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Berapakah gaya-gaya yang bekerja pada struktur *breasting dolphin* dan *mooring dolphin* dermaga *jetty* untuk kapal tanker berkapasitas 10.000 DWT ?
2. Bagaimana kemampuan struktur *breasting dolphin* dan *mooring dolphin* dermaga *jetty* dengan menggunakan *software* SAP2000 untuk kapal tanker berkapasitas 10.000 DWT dalam menahan beban-beban yang bekerja ?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan yang akan dicapai dalam penelitian adalah sebagai berikut :

1. Mendapatkan gaya-gaya yang bekerja pada struktur *breasting dolphin* dan *mooring dolphin* dermaga *jetty* untuk kapal tanker berkapasitas 10.000 DWT.
2. Mengetahui kemampuan struktur *breasting dolphin* dan *mooring dolphin* dermaga *jetty* dengan menggunakan analisis program SAP2000 untuk kapal tanker berkapasitas 10.000 DWT dalam menahan beban-beban yang bekerja.

1.4 Batasan Masalah

Penyusunan tugas akhir ini terdapat beberapa hal yang menjadi batasan permasalahan dalam analisis struktur *dolphin*, antara lain sebagai berikut :

1. Melakukan analisis struktur *breasting dolphin* dan *mooring dolphin* hanya pada salah satu bangunan dimana data yang diambil mengacu berdasarkan data informasi sesuai dengan data proyek pembangunan dermaga *jetty* PT. XYZ.
2. Tidak menganalisis struktur dermaga, struktur *breakwater*, pengaruh sedimentasi, serta kebutuhan pengerukan dan reklamasi untuk lapangan penumpukan.
3. Tidak merencanakan Sarana Bantu Navigasi Pelayaran (SBNP).
4. Tidak meninjau perhitungan analisis biaya dan tidak meninjau perhitungan penjadwalan pekerjaan konstruksi.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang ingin dicapai dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu yaitu menjadi bahan referensi bagi peneliti-peneliti berikutnya terutama penelitian tentang analisis struktur *dolphin*.
2. Penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai masukan bagi praktisi di bidang struktur dermaga *jetty*, terutama pada struktur *dolphin*.

ORIGINALITY REPORT

0%

SIMILARITY INDEX

0%

INTERNET SOURCES

0%

PUBLICATIONS

0%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

Exclude quotes On

Exclude bibliography On

Exclude matches < 35%

BAB_1_TA_27_FEBRUARI_2025-1740658900859

PAGE 1

PAGE 2

PAGE 3

BAB_2_TA_27_Februari_2025- 1740658900860

by By Turnitin

Submission date: 27-Feb-2025 07:22PM (UTC+0700)

Submission ID: 2600220337

File name: BAB_2_TA_27_Februari_2025-1740658900860.pdf (234.2K)

Word count: 4012

Character count: 20732

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Pada penelitian ini penulis akan mengaitkan penelitian dengan berbagai karya ilmiah dan jurnal mengenai perencanaan dan analisis struktur *dolphin* yang telah diteliti sebelumnya, penelitian dengan kemiripan teori, subjek, dan objek penelitian penulis jadikan sebagai acuan dalam penelitian ini. Untuk lebih jelasnya, berikut pembahasan penelitian-penelitian terdahulu yang memiliki bahasan yang serupa dan dijadikan sebagai acuan dalam penelitian ini.

- a. Wijaya, dkk (2015) melakukan penelitian mengenai Perencanaan Dermaga Pelabuhan Tanjung Bonang Rembang. Tujuan penelitian ini adalah untuk merencanakan dermaga yang mampu melayani kapal *general cargo* 10.000 DWT dan memaksimalkan distribusi barang komoditas di daerah Rembang dan sekitarnya. Variabel yang berpengaruh dalam penelitian ini adalah topografi, batimetri, data angin, gelombang, pasang surut, data kapal dan data karakteristik tanah. Metode penelitian sistem struktur dianalisis dengan menggunakan program SAP2000 dengan model 3D. Dari hasil perencanaan desain didapatkan: Dermaga terdiri dari bangunan *jetty head* dan 2 buah *trestle*. Dimensi dari *jetty head* yaitu panjang 170 m dan lebar 22 m, sedangkan dimensi dari *trestle* yaitu panjang 26 m dan lebar 10 m. Dimensi balok dermaga yaitu lebar 40 cm dan tinggi 60 cm, sedangkan dimensi tiang pancang diameter 45 cm, tebal 1,2 cm serta panjang 20,65 m untuk tiang pancang tegak dan 20,75 m untuk tiang pancang miring dengan perbandingan kemiringan 10V:1H. Dimensi *pile cap* untuk tiang tunggal pada *jetty head* dan *trestle* yaitu $1 \times 1 \times 1,5$ m. Dimensi *pile cap* untuk tiang ganda pada *jetty head* yaitu $1,5 \times 1 \times 1,5$ m serta dimensi *pile cap* untuk tepi *jetty head* yaitu $1,6 \times 1,2 \times 2,6$ m. Pada struktur sandar yang dipakai adalah *Fentek Arch Fender* tipe AN 600 L = 2.500 mm serta struktur tambat yang dipakai adalah *bollard* dan *Bitt* dengan kapasitas 50 ton. Biaya yang direncanakan untuk pembangunan dermaga ini sebesar Rp. 40.604.554.000,00.

- b. Devina, dkk (2017) melakukan penelitian mengenai Perencanaan Dermaga Pelabuhan Rakyat Samber, Papua. Tujuan penelitian ini adalah merencanakan dermaga yang mampu melayani akses transportasi laut yang memadai di wilayah Samber, Distrik Yendidoni, Kabupaten Biak Numfor, Papua. Variabel yang berpengaruh dalam penelitian ini adalah peta batimetri, data pasang surut, data angin, data kapal dan data tanah. Metode penelitian permodelan gelombang menggunakan program Mike21 dan permodelan struktur menggunakan program SAP2000. Berdasarkan hasil analisa data dan pembahasan didapat hasil sebagai berikut: Kapal rencana yang digunakan dalam perencanaan adalah kapal terbesar yang akan berlabuh dengan panjang total (Loa) = 34,26, Lebar = 6,6 m, dan *draft* (d) = 2,2 m. Perencanaan dermaga pelabuhan rakyat Samber berbentuk L dengan arah dermaga menghadap ke Timur Laut. Tipe konstruksi dermaga yang digunakan adalah deck on pile dengan panjang 42 m dan lebar 7 m. Jalur penghubung (*trestle*) dengan panjang 65 m dan lebar 5 m. Elevasi lantai dermaga pada +4,2 m LLWL. Hasil perencanaan komponen struktur berupa tebal Plat = 300 mm, Balok = 300×500 mm, *Pile cap* = $1000 \times 1000 \times 800$, Tiang pancang = pipa baja Ø 350 mm, t = 15 mm untuk dermaga dan pipa baja Ø 267 mm, t = 12 mm untuk *trestle*. Kedalaman pemancangan sebesar 8,47 m untuk *trestle* dan 12,24 m untuk dermaga. Biaya yang direncanakan untuk pembangunan dermaga Samber yaitu sebesar Rp. 13.403.064.000,00.
- c. Aditya, dkk (2017) melakukan penelitian mengenai Perencanaan Dermaga Pelabuhan Perintis Windesi Kab. Kepulauan Yapen, Papua. Tujuan penelitian ini adalah merencanakan dermaga yang mampu melayani akses transportasi laut yang memadai guna mengembangkan perekonomian daerah Papua, khususnya Kabupaten Kepulauan Yapen maka direncanakan pembangunan Pelabuhan Perintis Windesi. Variabel yang berpengaruh dalam penelitian ini peta topografi, peta batimetri, data angin, data kapal, data tanah dan data pasang surut. Metode penelitian sistem struktur dianalisis dengan menggunakan program SAP2000 dengan model 3D. Berdasarkan hasil analisis data, perhitungan struktur, dan analisis harga pekerjaan yang telah dilakukan maka diperoleh hasil sebagai berikut: Dari pengolahan data didapatkan hasil sebagai berikut: Arah gelombang dominan berasal dari Barat Laut. Tinggi gelombang

(H) yaitu 2,682 m dan periode gelombang (T) sebesar 8,769 detik. Dermaga terdiri dari bangunan *jetty head*, *trestle*, dan *causeway*. Dimensi *jetty head* yaitu panjang 62 m dan lebar 6 m. Dimensi *trestle* yaitu panjang 194 m dan lebar 4 m. Dimensi *causeway* yaitu panjang 15 m dan lebar 4 m. Dari hasil perencanaan struktur yang dilakukan didapat dimensi struktur sebagai berikut: Balok dengan ukuran 40 cm × 70 cm dengan mutu K-350, yaitu: Lapangan = 2D22 (atas) dan 3D22 (bawah), tulangan geser D13-280. Tumpuan = 5D22 (atas) dan 3D22 (bawah), tulangan geser D13-250. Pelat lantai tebal 300 mm dengan mutu K-350. Penulangan pelat: D16-120 (Tumpuan dan Lapangan). Pondasi tiang pancang baja dengan spesifikasi sebagai berikut: Diameter luar = 355 mm. Tebal = 12 mm. Kedalaman = 43 m. Estimasi anggaran untuk pembangunan struktur *jetty* adalah sekitar Rp 48.580.000.000,00.

d. Yanti, dkk (2018) melakukan penelitian mengenai Perencanaan Struktur Dermaga Pelabuhan Tanjung Gudang Belinyu Kabupaten Bangka. Tujuan penelitian ini adalah merencanakan dermaga untuk melayani kapal penumpang dan barang guna memaksimalkan distribusi barang komoditas di daerah Belinyu dan sekitar Bangka. Variabel yang berpengaruh dalam penelitian ini adalah data pasang surut, data angin, peta batimetri, data kapal dan data tanah (N-SPT). Metode penelitian sistem struktur dianalisis dengan menggunakan program SAP 2000 dengan model 3D. Dari hasil perhitungan dan analisis Perencanaan Struktur diperoleh hasil antara lain: Dermaga Pelabuhan Tanjung Gudang dibangun dengan panjang 214 m dan lebar 20 m dengan jenis dermaga *jetty* yang menjorok ke laut dan dibangun menggunakan alternatif jenis struktur *deck on pile*. Digunakan dimensi pelat dengan $h = 300$ mm, balok utama 450 mm × 700 mm, balok listplank 400 mm × 2000 mm, *pile cap* tiang tunggal 1200 mm × 1200 mm, *pile cap* tiang kelompok 1200 mm × 2100 mm, serta diameter tiang pancang 600 mm dengan tebal 100 mm. Pada struktur sandar yang dipakai adalah SVF 1000 H dan struktur tambat yang dipakai adalah *Tee Head Bollard* kapasitas 80 ton. Struktur dermaga dipancang pada kedalaman 23,22 m dari elevasi dasar permukaan air dengan perbandingan kemiringan 1H:6,4V pada tiang kelompok.

- e. Aprianto, dkk (2020) melakukan penelitian mengenai Perencanaan Struktur Dermaga *Emergency Jetty Trucking* Kapasitas 10.000 DWT Pelabuhan Ratu Sukabumi Jawa Barat. Tujuan penelitian ini adalah merencanakan desain struktur atas (plat lantai, balok dan *fender*) dan struktur bawah (*poer* dan pondasi tiang pancang) pada dermaga *emergency jetty trucking* yang meliputi: panjang, lebar, dan elevasi dermaga. Variabel yang berpengaruh dalam penelitian ini adalah data-data perencanaan standar dermaga, data pembebanan, data spesifikasi material dan data *oceanografi*. Metode penelitian sistem struktur dianalisis dengan menggunakan program SAP2000 dengan model 3D. Dari hasil perencanaan struktur didapat: Mutu beton rata-rata menggunakan K-430 / $f_c' = 35$ MPa dan mutu baja rata-rata $f_y = 400$ MPa. Perencanaan struktur atas rinciannya seperti pelat lantai direncanakan tebal 400 mm, untuk balok mempunyai beberapa dimensi dengan rincian balok melintang 700×800 mm, balok memanjang 700×800 mm dan balok area mekanikal 1200×800 mm serta untuk *fender* memiliki jarak antar *fender* 10 m. Sedangkan, struktur bawah rinciannya seperti *poer* / *pile cap* $1500 \times 1500 \times 800$ mm untuk area dengan beban standar, *pile cap slab fix crane* $8000 \times 8700 \times 1200$ mm, *pile cap hopper* $25300 \times 14000 \times 1200$ mm. Untuk tiang pancang menggunakan *Steel Pipe Pile* dengan diameter $\varnothing 914$ mm dan tebal 16 mm dan 22 mm serta panjang 31 m dengan kedalaman 20,45 m.
- f. da Costa, dkk (2020) melakukan penelitian mengenai Evaluasi Perencanaan Dermaga (*Jetty*) Pada Pelabuhan Dili Timor Leste. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui suatu desain dermaga yang mampu menahan gaya-gaya yang timbul akibat beban-beban yang bekerja pada dermaga tersebut dan mengetahui gambaran tentang perhitungan struktur dermaga, yang direncanakan untuk menampung kapal penumpang dengan kapasitas sebesar 1.000 GRT. Variabel yang berpengaruh dalam penelitian ini adalah peta topografi, peta batimetri, data angin, data kapal, data tanah, dan data pasang surut. Metode penelitian sistem struktur dianalisis dengan menggunakan program SAP2000 dengan model 3D. Berdasarkan evaluasi perencanaan dermaga (*Jetty*) pada pelabuhan Dili, Timor Leste, didapat hasil sebagai berikut: Tipe *fender* yang digunakan adalah *fender* karet tipe seibu V berkapasitas V-300H. Tipe *bollard* yang

digunakan adalah *bent bollard* dapat menerima beban $250 \text{ kN} = 25 \text{ ton}$ per 1 *bent bollard*. Tiap *bollard* ada 4 buah baut dengan $D = 45 \text{ mm}$, Sedangkan berdasarkan pengaruh akibat arus, & beban angin yang terjadi pada kapal hanya mempunyai total beban = 1,584 ton. Beban gempa pada *super structure* dermaga (*jetty*) Dili, yang di evaluasi memiliki total beban 1,314 ton. *Super structure* dermaga (*jetty*) Dili, yang di evaluasi memiliki total beban 8,762 ton. *Sub structure* dermaga (*jetty*) Dili yang di evaluasi memiliki beban 46,97 ton dan menanggung beban aksial 10,076 ton. Sudah aman dengan di gunakannya mutu beton $f_c' 30 \text{ MPa}$ dan mutu tulangan baja $f_y 400 \text{ MPa}$. Pondasi tiang pancang 4 tiang dengan diameter 0,45 m dan kedalaman 42,50 meter. Menghitung menggunakan data dari SPT. Setiap tiang pancang dapat menanggung beban aksial sebesar 46,97 ton, jadi total beban aksial yang dapat di tanggung oleh 4 tiang pancang adalah 187,87 ton. Dengan hasil tersebut tiang pancang sudah aman dan dapat dengan baik menahan beban aksial maksimum sebesar 187,87 ton.

g. Buana, dkk (2020) melakukan penelitian mengenai Analisis Struktur Dermaga Pupuk NPK di Tersus PT. Pupuk Kalimantan Timur untuk Kapal BULK *Carrier* dengan Kapasitas 10.000 DWT. Tujuan penelitian ini adalah Merencanakan dermaga jenis *quadrant shiploader* untuk kapasitas kapal 10.000 DWT yang dapat membantu proses distribusi pupuk NPK dengan efektif, efisien, dan cepat. Variabel yang berpengaruh dalam penelitian ini adalah batimetri, pasang surut, arus, angin dan data tanah. Metode penelitian sistem struktur dianalisis dengan menggunakan program SAP2000. Dari hasil analisis perhitungan didapatkan kebutuhan dermaga dengan dimensi *restle* sebesar $4 \times 50 \text{ m}^2$, pivot $8 \times 14 \text{ m}^2$, *loading platform* $3 \times 82 \text{ m}^2$, *mooring dolphin* $3,8 \times 3,8 \text{ m}^2$, *breasting dolphin* sebesar $4,8 \times 4,8 \text{ m}^2$.

h. Hafudians, dkk (2021) melakukan penelitian mengenai Analisis Struktur *Mooring Dolphin* Kapasitas Kapal 2000 Gt (Studi Kasus Pelabuhan Munse Sulawesi Tenggara). Tujuan penelitian ini adalah Menghitung kekuatan struktur *mooring dolphin* yang ditinjau dari rasio kapasitas tiang dan defleksi struktur yang memenuhi kriteria desain kapal 2000 GT di Pelabuhan Munse Provinsi Sulawesi Tenggara. Variabel yang berpengaruh dalam penelitian ini adalah data

survey topografi, hidro-oceanografi dan *soil* investigasi. Metode penelitian sistem struktur dianalisis dengan menggunakan program SAP2000. Dari hasil analisis kapasitas tiang menunjukkan bahwa rasio kapasitas tiang baja dengan dimensi 508 mm dengan tebal 12 mm sebesar 0,72. Hasil *joint displacement* kondisi layan atau operasional sebesar 37,09 mm dan kondisi gempa sebesar 13,01 mm. sehingga dapat disimpulkan defleksi tiang saat operasional dan saat kondisi gempa masih dibawah batas izin defleksi sehingga struktur dikatakan aman dan nyaman.

Dari uraian tinjauan pustaka sebelumnya, maka dapat dibuat lebih sederhana menggunakan Tabel 2.1 sebagai berikut :

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu yang Relevan

No	Nama Penulis (Tahun)	Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Metode Penelitian	Variabel Penelitian	Hasil Penelitian
1.	Wijaya, dkk (2015)	Perencanaan Dermaga Pelabuhan Tanjung Bonang Rembang	Merencanakan dermaga yang mampu melayani kapal <i>general cargo</i> 10.000 DWT dan memaksimalkan distribusi barang komoditas di daerah Rembang dan sekitarnya.	Program SAP2000 dengan model 3D	Topografi, Batimetri, Data Angin, Gelombang, Pasang Surut, Data Kapal dan Data Karakteristik Tanah	Dari hasil perencanaan desain didapatkan: - Dermaga terdiri dari bangunan <i>jetty head</i> dan 2 buah <i>trestle</i>. Dimensi dari <i>jetty head</i> yaitu panjang 170 m dan lebar 22 m, sedangkan dimensi dari <i>trestle</i> yaitu panjang 26 m dan lebar 10 m. - Dimensi balok dermaga yaitu lebar 40 cm dan tinggi 60 cm, sedangkan dimensi tiang pancang diameter 45 cm, tebal 1,2 cm serta panjang 20,65 m untuk tiang pancang tegak dan 20,75 m untuk tiang pancang miring dengan perbandingan kemiringan 10V:1H. - Dimensi <i>pile cap</i> untuk tiang tunggal pada <i>jetty head</i> dan <i>trestle</i> yaitu $1 \times 1 \times 1,5$ m. Dimensi <i>pile cap</i> untuk tiang ganda pada <i>jetty head</i> yaitu $1,5 \times 1 \times 1,5$ m serta dimensi <i>pile cap</i> untuk tepi <i>jetty head</i> yaitu $1,6 \times 1,2 \times 2,6$ m. - Pada struktur sandar yang dipakai adalah <i>Fentek Arch Fender</i> tipe AN 600 L = 2.500 mm serta struktur tambat yang dipakai

						adalah <i>bollard</i> dan <i>Bitt</i> dengan kapasitas 50 ton. e. Biaya yang direncanakan untuk pembangunan dermaga ini sebesar Rp. 40.604.554.00,00.
2.	Devina, dkk (2017)	Perencanaan Dermaga Pelabuhan Rakyat Samber, Papua	Merencanakan dermaga yang mampu melayani akses transportasi laut yang memadai di wilayah Samber, Distrik Yendidori, Kabupaten Biak Numfor, Papua.	Permodelan gelombang menggunakan program Mike21 dan permodelan struktur menggunakan program SAP2000	Peta Batimetri, Data Pasang Surut, Data Angin, Data Kapal dan Data Tanah	Berdasarkan hasil analisa data dan pembahasan didapat hasil sebagai berikut: a. Kapal rencana yang digunakan dalam perencanaan adalah kapal terbesar yang akan berlabuh dengan panjang total (Loa) = 34,26, Lebar = 6,6 m, dan draft (d) = 2,2 m. b. Perencanaan dermaga pelabuhan rakyat Samber berbentuk L dengan arah dermaga menghadap ke Timur Laut. c. Tipe konstruksi dermaga yang digunakan adalah deck on pile dengan panjang 42 m dan lebar 7 m. Jalur penghubung (<i>trestle</i>) dengan panjang 65 m dan lebar 5 m. Elevasi lantai dermaga pada +4,2 m LLWL. d. Hasil perencanaan komponen struktur berupa tebal Plat = 300 mm, Balok = 300 × 500 mm, <i>Pile cap</i> = 1000 × 1000 × 800, Tiang pancang = pipa baja Ø 350 mm, t = 15 mm untuk dermaga dan pipa baja Ø 267 mm, t = 12 mm untuk <i>trestle</i> . Kedalaman pemancangan sebesar 8,47 m untuk <i>trestle</i> dan 12,24 m untuk dermaga.

						e. Biaya yang direncanakan untuk pembangunan dermaga Sumber yaitu sebesar Rp. 13.403.064.000,00.
3.	Aditya, dkk (2017)	Perencanaan Dermaga Pelabuhan Perintis Windesi Kab. Kepulauan Yapen, Papua	Merencanakan dermaga yang mampu melayani akses transportasi laut yang memadai guna mengembangkan perekonomian daerah Papua, khususnya Kabupaten Kepulauan Yapen maka direncanakan pembangunan Pelabuhan Perintis Windesi.	program SAP2000 dengan model 3D	Peta Topografi, Peta Batimetri, Data Angin, Data Kapal, Data Tanah dan Data Pasang Surut	Berdasarkan hasil analisis data, perhitungan struktur, dan analisis harga pekerjaan yang telah dilakukan maka diperoleh hasil sebagai berikut: a. Dari pengolahan data didapatkan hasil sebagai berikut: 1. Arah gelombang dominan berasal dari Barat Laut. 2. Tinggi gelombang (H) yaitu 2,682 m dan periode gelombang (T) sebesar 8,769 detik. b. Dermaga terdiri dari bangunan <i>jetty head</i>, <i>trestle</i>, dan <i>causeway</i>. Dimensi <i>jetty head</i> yaitu panjang 62 m dan lebar 6 m. Dimensi <i>trestle</i> yaitu panjang 194 m dan lebar 4 m. Dimensi <i>causeway</i> yaitu panjang 15 m dan lebar 4 m. c. Dari hasil perencanaan struktur yang dilakukan didapat dimensi struktur sebagai berikut: 1. Balok dengan ukuran 40 cm × 70 cm dengan mutu K-350, yaitu: Lapangan = 2D22 (atas) dan 3D22 (bawah), tulangan geser D13-280.

						Tumpuan = 5D22 (atas) dan 3D22 (bawah), tulangan geser D13-250. 2. Pelat lantai tebal 300 mm dengan mutu K-350. Penulangan pelat: D16-120 (Tumpuan dan Lapangan). 3. Pondasi tiang pancang baja dengan spesifikasi sebagai berikut: Diameter luar = 355 mm. Tebal = 12 mm. Kedalaman = 43 m. d. Estimasi anggaran untuk pembangunan struktur <i>jetty</i> adalah sekitar Rp 48.580.000.000,00.
4.	Yanti, dkk (2018)	Perencanaan Struktur Dermaga Pelabuhan Tanjung Gudang Belinyu Kabupaten Bangka	Merencanakan dermaga untuk melayani kapal penumpang dan barang guna memaksimalkan distribusi barang komoditas di daerah Belinyu dan sekitar Bangka.	program SAP2000 dengan model 3D	Data Pasang Surut, Data Angin, Peta Batimetri, Data Kapal Dan Data Tanah (N-SPT)	Dari hasil perhitungan dan analisis Perencanaan Struktur diperoleh hasil antara lain: a. Dermaga Pelabuhan Tanjung Gudang dibangun dengan panjang 214 m dan lebar 20 m dengan jenis dermaga <i>jetty</i> yang menjorok ke laut dan dibangun menggunakan alternatif jenis struktur <i>deck on pile</i>. b. Digunakan dimensi pelat dengan $h = 300$ mm, balok utama $450 \text{ mm} \times 700 \text{ mm}$, balok listplank $400 \text{ mm} \times 2000 \text{ mm}$, <i>pile cap</i> tiang tunggal $1200 \text{ mm} \times 1200 \text{ mm}$, <i>pile cap</i> tiang kelompok $1200 \text{ mm} \times 2100 \text{ mm}$, serta

						diameter tiang pancang 600 mm dengan tebal 100 mm. c. Pada struktur sandar yang dipakai adalah SVF 1000 H dan struktur tambat yang dipakai adalah <i>Tee Head Bollard</i> kapasitas 80 ton. d. Struktur dermaga dipancang pada kedalaman 23,22 m dari elevasi dasar permukaan air dengan perbandingan kemiringan 1H:6,4V pada tiang kelompok.
5.	Aprianto, dkk (2020)	Perencanaan Struktur Dermaga <i>Emergency Jetty Trucking</i> Kapasitas 10.000 DWT Pelabuhan Ratu Sukabumi Jawa Barat	Merencanakan desain struktur atas (Plat lantai, balok dan <i>fender</i>) dan struktur bawah (<i>poer</i> dan pondasi tiang pancang) pada dermaga <i>emergency jetty trucking</i> yang meliputi: panjang, lebar, dan elevasi dermaga.	program SAP2000 dengan model 3D	Data-data Perencanaan Standar Dermaga, Data Pembebanan, Data Spesifikasi Material Dan Data <i>Oceanografi</i>	Dari hasil perencanaan struktur didapat: a. Mutu beton rata-rata menggunakan K-430 / $f_c' = 35$ MPa dan mutu baja rata-rata $f_y = 400$ MPa. b. Perencanaan struktur atas rinciannya seperti pelat lantai direncanakan tebal 400 mm, untuk balok mempunyai beberapa dimensi dengan rincian balok melintang 700×800 mm, balok memanjang 700×800 mm dan balok area mekanikal 1200×800 mm serta untuk <i>fender</i> memiliki jarak antar <i>fender</i> 10 m. c. Sedangkan, struktur bawah rinciannya seperti <i>poer / pile cap</i> $1500 \times 1500 \times 800$ mm untuk area dengan beban standar, <i>pile cap slab fix crane</i> $8000 \times 8700 \times 1200$ mm, <i>pile cap hopper</i> $25300 \times 14000 \times 1200$ mm.

						d. Untuk tiang pancang menggunakan <i>Steel Pipe Pile</i> dengan diameter Ø 914 mm dan tebal 16 mm dan 22 mm serta panjang 31 m dengan kedalaman 20,45 m.
6.	da Costa, dkk (2020)	Evaluasi Perencanaan Dermaga (<i>Jetty</i>) Pada Pelabuhan Dili Timor Leste	a. Mengetahui suatu desain dermaga yang mampu menahan gaya-gaya yang timbul akibat beban-beban yang bekerja pada dermaga tersebut. b. Mengetahui gambaran tentang perhitungan struktur dermaga, yang direncanakan untuk menampung kapal penumpang dengan kapasitas sebesar 1.000 GRT.	program SAP2000 dengan model 3D	Peta Topografi, Peta Batimetri, Data Angin, Data Kapal, Data Tanah, Dan Data Pasang Surut	Berdasarkan evaluasi perencanaan dermaga (<i>Jetty</i>) pada pelabuhan Dili, Timor Leste, didapat hasil sebagai berikut: a. Tipe <i>fender</i> yang digunakan adalah <i>fender</i> karet tipe seibu V berkapasitas V-300H. b. Tipe <i>bollard</i> yang digunakan adalah <i>bent bollard</i> dapat menerima beban 250 kN = 25 ton per 1 <i>bent bollard</i>. Tiap <i>bollard</i> ada 4 buah baut dengan D = 45 mm, Sedangkan berdasarkan pengaruh akibat arus, & beban angin yang terjadi pada kapal hanya mempunyai total beban = 1,584 ton. c. Beban gempa pada <i>super structure</i> dermaga (<i>jetty</i>) Dili, yang di evaluasi memiliki total beban 1,314 ton. d. <i>Super structure</i> dermaga (<i>jetty</i>) Dili, yang di evaluasi memiliki total beban 8,762 ton. e. <i>Sub structure</i> dermaga (<i>jetty</i>) Dili yang di evaluasi memiliki beban 46,97 ton dan menanggung beban aksial 10,076 ton. Sudah aman dengan di gunakannya mutu beton $f_c' 30$ MPa dan mutu tulangan baja $f_y 400$ MPa. Pondasi tiang pancang 4 tiang

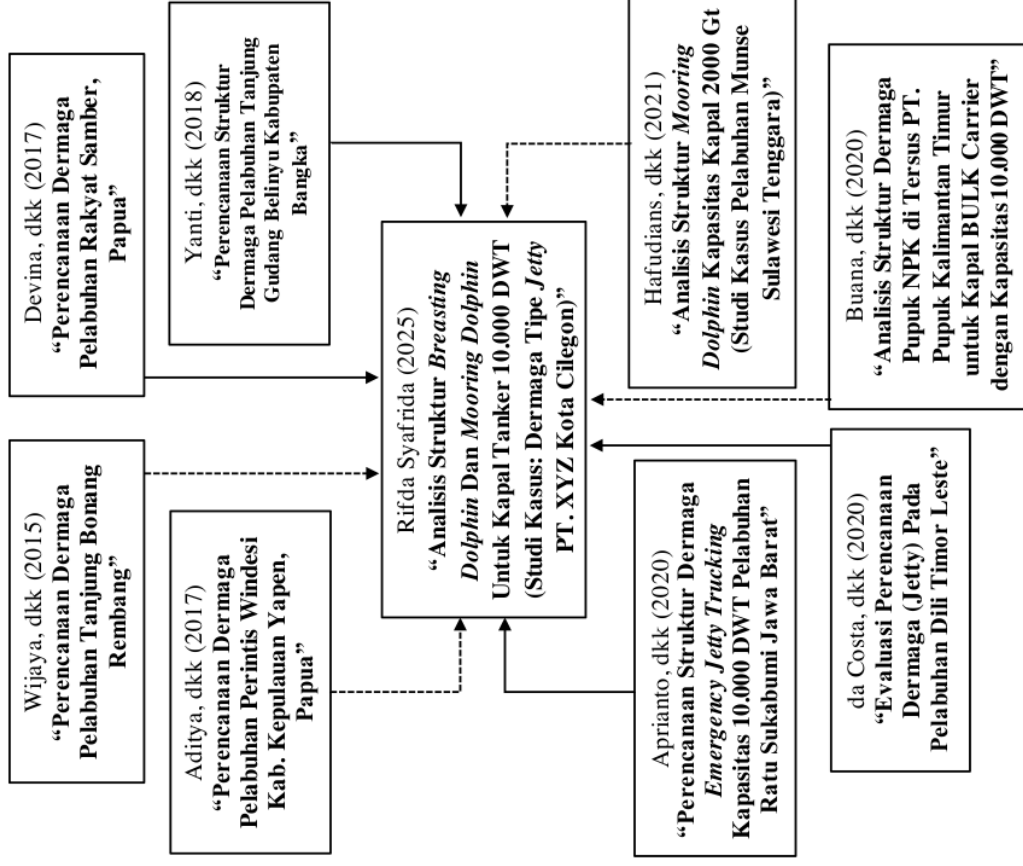
						dengan diameter 0,45 m dan kedalaman 42,50 meter. Menghitung menggunakan data dari SPT. Setiap tiang pancang dapat menanggung beban aksial sebesar 46,97 ton, jadi total beban aksial yang dapat di tanggung oleh 4 tiang pancang adalah 187,87 ton. Dengan hasil tersebut tiang pancang sudah aman dan dapat dengan baik menahan beban aksial maksimum sebesar 187,87 ton.
7.	Buana, dkk (2020)	Analisis Struktur Dermaga Pupuk NPK di Tersus PT. Pupuk Kalimantan Timur untuk Kapal BULK Carrier dengan Kapasitas 10.000 DWT	Merencanakan dermaga jenis <i>quadrant shiploader</i> untuk kapasitas kapal 10.000 DWT yang dapat membantu proses distribusi pupuk NPK dengan efektif, efisien, dan cepat.	program SAP2000	Batimetri, Pasang Surut, Arus, Angin dan Data Tanah	Dari hasil analisis perhitungan didapatkan kebutuhan dermaga dengan dimensi <i>trestle</i> sebesar 4 x 50 m ² , pivot 8 x 14 m ² , <i>loading platform</i> 3 x 82 m ² , <i>mooring dolphin</i> 3,8 x 3,8 m ² , <i>breasting dolphin</i> sebesar 4,8 x 4,8 m ² .
8.	Hafudians, dkk (2021)	Analisis Struktur <i>Mooring Dolphin</i> Kapasitas	Menghitung kekuatan struktur <i>mooring dolphin</i> yang ditinjau dari rasio kapasitas tiang dan defleksi struktur yang memenuhi kriteria desain kapal	program SAP2000	Data Survey Topografi, Hidro-Oceanografi	a. Dari hasil analisis kapasitas tiang menunjukkan bahwa rasio kapasitas tiang baja dengan dimensi 508 mm dengan tebal 12 mm sebesar 0,72.

		Kapal 2000 Gt (Studi Kasus Pelabuhan Munse Sulawesi Tenggara)	2000 GT di Pelabuhan Munse Provinsi Sulawesi Tenggara		dan Soil Investigasi	b. Hasil <i>joint displacement</i> kondisi layan atau operasional sebesar 37,09 mm dan kondisi gempa sebesar 13,01 mm. sehingga dapat disimpulkan defleksi tiang saat operasional dan saat kondisi gempa masih dibawah batas izin defleksi sehingga struktur dikatakan aman dan nyaman.
9.	Rifda Syafrida (2025)	Analisis Struktur <i>Breasting Dolphin</i> Dan <i>Mooring Dolphin</i> Untuk Kapal Tanker 10.000 DWT (Studi Kasus: Dermaga Tipe <i>Jetty</i> PT. XYZ Kota Cilegon)	a. Mendapatkan gaya-gaya yang bekerja pada struktur <i>breasting dolphin</i> dan <i>mooring dolphin</i> dermaga <i>jetty</i> untuk kapal tanker berkapasitas 10.000 DWT. b. Mengetahui kemampuan struktur <i>breasting dolphin</i> dan <i>mooring dolphin</i> dermaga <i>jetty</i> dengan menggunakan analisis program SAP2000 untuk kapal tanker berkapasitas 10.000 DWT dalam menahan beban-beban yang bekerja.	program SAP2000 dengan model 3D	Topografi, Batimetri, Data Angin, Gelombang, Pasang Surut, Data Kapal dan Data Karakteristik Tanah	Hasil analisis data dan perhitungan struktur <i>breasting dolphin</i> dan <i>mooring dolphin</i> dermaga <i>jetty</i> untuk kapal tanker berkapasitas 10.000 DWT didapat gaya yang bekerja pada struktur <i>breasting dolphin</i> sebesar 229,0294 ton dan pada struktur <i>mooring dolphin</i> sebesar 294,3652 ton. Kemudian, kemampuan struktur pada kapasitas tiang baja dengan dimensi 1066,8 mm dan tebal 21 struktur <i>breasting dolphin</i> sebesar 0,4245 dan pada struktur <i>mooring dolphin</i> sebesar 0,6178 memenuhi syarat batas yakni kurang dari 1 maka rasio tersebut dapat dikatakan aman.

(Sumber: Analisis Penulis, 2025)

2.2 Keterkaitan Penelitian

Berikut hubungan keterkaitan antara penelitian ini dengan penelitian-penelitian sebelumnya disajikan dalam bentuk diagram alir.



Gambar 2.1 Bagan Alir Tinjauan Pustaka

(Sumber: Analisis Penulis, 2025)

Keterangan:

- Penelitian sejenis yang digunakan sebagai referensi
- - - - -> Penelitian yang bersifat mendukung

ORIGINALITY REPORT

0%

SIMILARITY INDEX

0%

INTERNET SOURCES

0%

PUBLICATIONS

0%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

Exclude quotes On

Exclude bibliography On

Exclude matches < 35%

BAB_2_TA_27_Februari_2025-1740658900860

PAGE 1

PAGE 2

PAGE 3

PAGE 4

PAGE 5

PAGE 6

PAGE 7

PAGE 8

PAGE 9

PAGE 10

PAGE 11

PAGE 12

PAGE 13

PAGE 14

PAGE 15

BAB_3_TA_27_FEBRUARI_2025- 1740658900861

by By Turnitin

Submission date: 27-Feb-2025 07:23PM (UTC+0700)

Submission ID: 2600220537

File name: BAB_3_TA_27_FEBRUARI_2025-1740658900861.pdf (1.35M)

Word count: 7685

Character count: 38035

BAB 3

LANDASAN TEORI

3.1 Definisi Pelabuhan

Indonesia sebagai negara kepulauan / maritim, peranan pelayaran adalah sangat penting bagi kehidupan sosial, ekonomi, pemerintahan, pertahanan / keamanan dan sebagainya. Bidang kegiatan pelayaran sangat luas yang meliputi angkutan penumpang dan barang, penjagaan pantai, hidrografi dan masih banyak lagi jenis pelayaran lainnya. Kapal sebagai sarana pelayaran mempunyai peran sangat penting dalam sistem angkutan laut (Triatmodjo, 2009). Di Indonesia ada dua istilah yang terkait dengan fasilitas pemberhentian kapal dan keluar masuk barang dari laut ke daratan. Istilah tersebut adalah pelabuhan dan bandar. Pelabuhan merupakan perairan yang terlindung diergunakan sebagai tempat berlindung dan tempat sandar kapal dari gangguan alam seperti gelombang dan badai. Sedangkan bandar mempunyai arti secara umum yaitu pintu gerbang yang merupakan tempat keluar masuknya barang dan penumpang (Yuwono, 2025).

Dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia nomor 61 tahun 2009 tentang kepelabuhanan, pelabuhan adalah tempat yang terdiri atas daratan dan/atau perairan dengan batas-batas tertentu sebagai tempat kegiatan pemerintahan dan kegiatan pengusahaan yang dipergunakan sebagai tempat kapal bersandar, naik turun penumpang, dan/atau bongkar muat barang, berupa terminal dan tempat berlabuh kapal yang dilengkapi dengan fasilitas keselamatan dan keamanan pelayaran dan kegiatan penunjang pelabuhan serta sebagai tempat perpindahan intra-dan antarmoda transportasi (P. R. Indonesia, 2009). Pelabuhan merupakan suatu pintu gerbang untuk masuk ke suatu wilayah atau negara dan sebagai prasarana penghubung antar daerah, antar pulau atau bahkan antar negara, benua dan bangsa. Dengan fungsinya tersebut maka pembangunan pelabuhan harus dapat dipertanggung jawabkan baik secara sosial ekonomis maupun teknis (Triatmodjo, 2009). Di pelabuhan ini terjadi perpindahan moda transportasi, yaitu dari angkutan laut ke angkutan darat dan sebaliknya. Untuk mendukung kegiatan tersebut, suatu pelabuhan harus dilengkapi dengan fasilitas berikut ini :

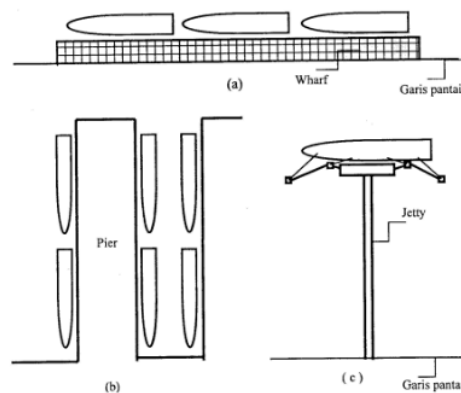
- a. Dermaga di mana kapal akan bertambat dan melakukan kegiatan bongkar muat barang. Panjang kapal dermaga harus cukup untuk menampung seluruh panjang kapal atau setidaknya 80% dari panjang kapal. Hal ini disebabkan karena muatan dibongkar muat melalui bagian muka, belakang dan tengah kapal.
- b. Mempunyai halaman dermaga yang cukup lebar untuk keperluan bongkar muat barang. Barang yang akan dimuat disiapkan di atas dermaga dan kemudian diangkat dengan *crane* masuk kapal. Demikian pula pembongkarannya dilakukan dengan *crane* dan barang diletakkan di atas dermaga kemudian diangkut ke gudang.
- c. Mempunyai gudang transito dan lapangan penumpukan terbuka serta gudang penyimpanan.
- d. Tersedia jalan raya dan/atau jalan kereta api untuk pengangkutan barang dari pelabuhan ke tempat tujuan dan sebaliknya.
- e. Peralatan bongkar muat untuk membongkar muatan kapal ke dermaga dan sebaliknya serta mengangkut barang ke gudang dan lapangan penumpukan.

3.2 Definisi Dermaga

Dermaga merupakan bangunan pelabuhan yang digunakan untuk merapatnya kapal dan menambatkan pada waktu bongkar muat barang. Bentuk dan dimensi dermaga tergantung pada jenis dan ukuran kapal yang bertambat pada dermaga tersebut. Dermaga harus direncanakan sedemikian rupa sehingga kapal dapat merapat dan bertambat serta melakukan kegiatan di pelabuhan dengan aman, cepat dan lancar. Dermaga dapat dibedakan menjadi tiga tipe yaitu *wharf*, *pier* dan *jetty*. Struktur *wharf* dan *pier* bisa berupa struktur tertutup atau terbuka, sementara struktur *jetty* pada umumnya berupa struktur terbuka. Struktur tertutup bisa berupa dinding gravitasi dan dinding turap, sedangkan struktur terbuka berupa dermaga yang didukung oleh tiang pancang. Dinding gravitasi bisa berupa blok beton, kaisan, sel turap baja atau dinding penahan tanah (Triatmodjo, 2009).

Wharf merupakan dermaga yang paralel dengan pantai dan biasanya berimpit dengan garis pantai. *Wharf* juga dapat berfungsi sebagai penahan tanah yang ada dibelakangnya. *Pier* adalah dermaga yang berada pada garis pantai (berbentuk jari). Berbeda dengan *wharf* yang digunakan untuk merapat pada satu sisinya, *pier* bisa

digunakan pada satu sisi atau dua sisinya, sehingga dapat digunakan untuk merapat lebih banyak kapal. *Jetty* merupakan dermaga yang menjorok ke laut, sehingga sisi depannya berada pada kedalaman yang cukup untuk merapat kapal. *Jetty* digunakan untuk merapat kapal tanker atau kapal pengangkut gas alam, yang mempunyai ukuran sangat besar. Sisi muka *jetty* ini biasanya sejajar dengan pantai dan dihubungkan dengan daratan oleh jembatan yang membentuk sudut tegak lurus dengan *jetty*. Gambar 3.1 menunjukkan beberapa tipe dermaga (Triatmodjo, 1999).

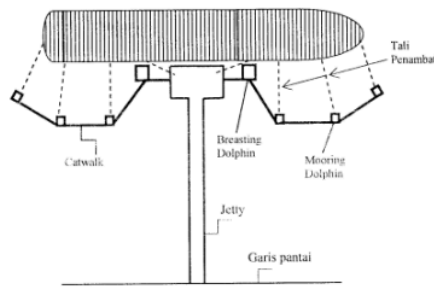


Gambar 3.1 Tipe Dermaga

(Sumber: Perencanaan Pelabuhan, Triatmodjo 2009)

3.3 Definisi *Dolphin*

Dolphin adalah konstruksi yang digunakan untuk menahan benturan dan menambatkan kapal. *Dolphin* banyak digunakan pada pelayanan bongkar muat barang curah. *Jetty* menjorok ke laut yang digunakan untuk bertambat kapal dan dilengkapi dengan *dolphin* yang berfungsi menahan benturan kapal, sehingga kapal tidak membentur *jetty*. Struktur dermaga tipe *jetty* pada umumnya digunakan untuk merapat kapal tanker, kapal LNG dan tongkang pengangkut batu bara. Pada gambar 3.2 adalah contoh *jetty* yang digunakan untuk kapal tanker atau LNG. Untuk menahan benturan kapal yang merapat dipasang *dolphin* penahan benturan (*breasting dolphin*) didepan *jetty*. Sedangkan untuk mengikat kapal digunakan *dolphin* penambat (*mooring dolphin*). *Dolphin-dolphin* tersebut dihubungkan dengan *catwalk* (semacam jembatan kecil) yang berfungsi sebagai jalan petugas yang akan mengikatkan tali kapal ke *dolphin* (Triatmodjo, 2009).



Gambar 3.2 Struktur Dermaga Tipe Jetty

(Sumber: Perencanaan Pelabuhan, Triatmodjo 2009)

3.4 Data yang Digunakan dalam Analisis Struktur Dolphin

3.4.1 Peta Batimetri dan Topografi

Peta batimetri dan topografi sangat diperlukan untuk menentukan volume bangunan. Dengan adanya peta batimetri maka dapat ditentukan kedalaman dasar laut sehingga perencanaan dermaga dapat dilakukan secara tepat dan kapal aman untuk bermanuver sesuai dengan kebutuhannya (Ria & Umar, 2023).

Dalam perencanaan tugas akhir, data peta batimetri dan topografi dapat diperoleh dengan pengukuran langsung maupun dengan melihat dokumen data sekunder dari lembaga yang mengeluarkan peta batimetri tersebut. Dalam analisis *dolphin* ini, peta batimetri digunakan untuk :

- Menentukan lokasi perencanaan dermaga serta fasilitas terminal lainnya secara aman dan tepat.
- Merencanakan kedalaman alur pelayaran, lebar alur pelayaran, serta kolam putar yang diperlukan. Apabila area alur pelayaran, kolam labuh dan kolam putar kedalamannya belum memenuhi syarat untuk kegiatan navigasi, maka dapat direncanakan kegiatan pengerukan dari kolam labuh dan alur pelayaran tersebut.

3.4.2 Arus

Gelombang yang menjalar menuju pantai membawa massa air dan momentum dalam arah penjalaran gelombang. Transpor massa dan momentum tersebut menimbulkan arus di daerah dekat pantai. Arus sepanjang pantai (*longshore current*) dapat juga ditimbulkan oleh gelombang yang pecah dengan membentuk

sudut terhadap garis pantai. Arus ini terjadi di daerah antara gelombang pecah dan garis pantai. Parameter terpenting didalam menentukan kecepatan arus sepanjang pantai adalah tinggi dan sudut datang gelombang pecah (Triatmodjo, 2008).

Dalam analisis *dolphin*, data arus ini digunakan untuk mengetahui tekanan arus yang terjadi dan untuk menghindari pengaruh tekanan arus arah tegak lurus kapal sehingga kapal dapat bermanuver secara cepat dan aman. Selain itu data arus juga digunakan untuk mengevaluasi stabilitas garis atau morfologi pantai (erosi atau sedimentasi) (Anwar, dkk 2009). Umumnya dari data arus ini yang dibutuhkan adalah mengetahui frekuensi arah dan kecepatan arus terhadap pola aliran pasang surut. Selain itu juga dilakukan analisa untuk mengetahui kecepatan dan arah arus maksimum yang terjadi. Analisa data ini bertujuan untuk mengetahui tekanan arus serta kelayakannya untuk kapal berlabuh (Nusontoro, 2017).

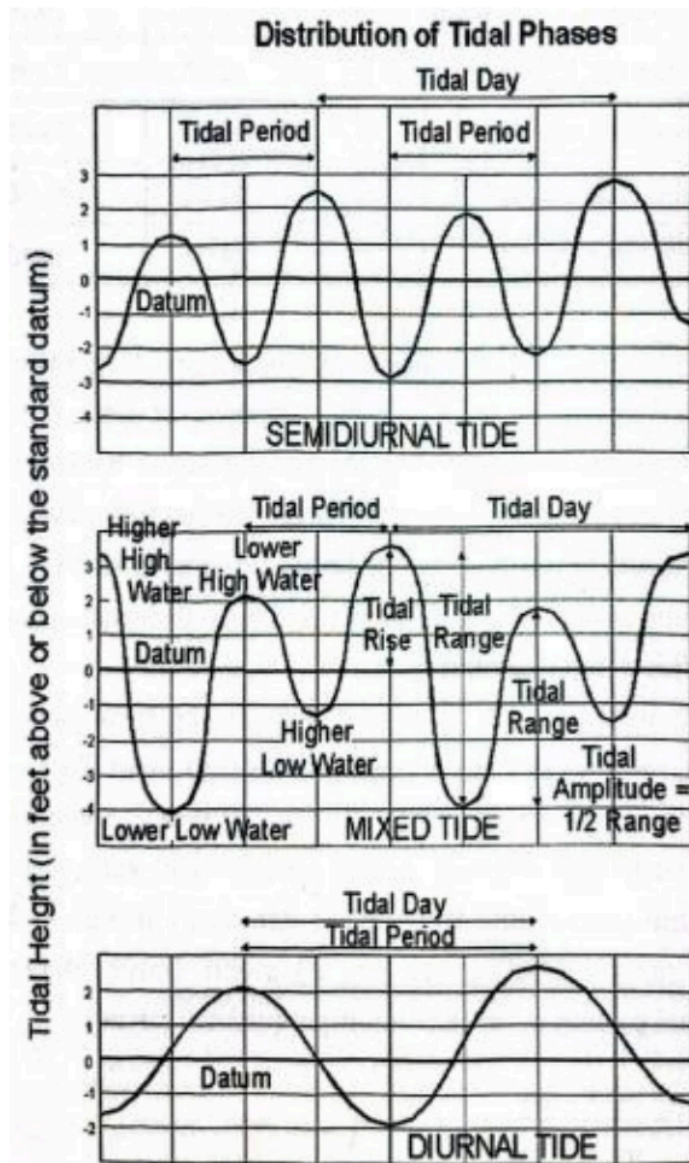
3.4.3 Pasang surut

Pasang surut adalah gelombang atau fluktuasi muka air laut sebagai fungsi waktu karena adanya gaya tarik benda-benda langit, terutama matahari dan bulan terhadap massa air laut di bumi. Elevasi muka air tertinggi (pasang) dan terendah (surut) sangat penting untuk merencanakan bangunan dermaga. Karena elevasi puncak bangunan pemecah gelombang dan dermaga ditentukan oleh elevasi muka air pasang, sementara kedalaman alur pelayaran dan perairan ditentukan oleh muka air surut (Triatmodjo, 2009).

Pada suatu daerah dapat terjadi sekali atau dua kali pasang surut dalam satu hari dengan tipe pasang surut yang berbeda di tiap daerah. Bentuk dari pasang surut ini secara umum dapat dibedakan menjadi tiga tipe, yaitu :

- a. Pasang surut harian tunggal (*diurnal*), bila terjadi satu kali pasang dan satu kali surut dalam sehari sehingga dalam satu periode pasang surut berlangsung sekitar 24 jam 50 menit.
- b. Pasang surut harian ganda (*semi diurnal*), bila terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dalam sehari sehingga dalam satu periode pasang surut berlangsung sekitar 12 jam 24 menit.
- c. Pasang surut harian campuran (*mixed*), pada tipe ini terdapat dua kecenderungan pasang surut, yaitu pasang surut yang lebih dominan pada tipe

tunggal dan pasang surut yang lebih dominan pada tipe ganda (Triatmodjo, 2009).



Gambar 3.3 Jenis Pasang Surut

(Sumber: Infrastruktur dan Tata Kelola Pelabuhan, Yuwono 2025)

Untuk menentukan klasifikasi pasang surut digunakan rumus sebagai berikut :

$$F = \frac{A_{K1} + A_{O1}}{A_{M2} + A_{S2}} \quad (3.1)$$

Konstanta A_{K1} , A_{O1} , A_{M2} dan A_{S2} adalah amplitudo konstanta pasang surut utama.

Adapun cara untuk menentukan tipe pasang surut digunakan syarat sebagai berikut:

$F \leq 0,25$ = pasang harian ganda

$F \leq 3$ = pasang harian tunggal

$0,25 < F < 1,5$ = pasang campuran condong ke harian ganda

$1,5 < F < 3$ = pasang campuran condong ke harian tunggal

Diperlukan juga suatu elevasi yang ditetapkan berdasarkan data pasang surut karena elevasi muka air laut selalu berubah – ubah. Penetapan elevasi ini digunakan untuk pedoman dalam perencanaan suatu pelabuhan (Suwami, 2020). Elevasi penting yang perlu diketahui sebagai hasil analisis data pasang surut, yaitu :

- Tipe pasang surut yang dapat dilihat dari periode dan keteraturannya.
- LWS (*Low water Spring*) adalah hasil perhitungan elevasi muka air rata-rata terendah yang dicapai pada saat air surut.
- MSL (*Mean Sea Level*) adalah elevasi rata-rata muka air pada kedudukan pertengahan antara muka air terendah dan tertinggi. Elevasi ini digunakan sebagai referensi untuk elevasi di daratan.
- HWS (*High Water Spring*) adalah elevasi rata-rata muka air tertinggi yang dicapai pada saat air pasang.

3.4.4 Angin

Sirkulasi udara yang kurang lebih sejajar dengan permukaan bumi disebut angin. Gerakan udara ini disebabkan oleh perubahan temperatur atmosfer. Angin merupakan unsur dominan yang membentuk gelombang. Angin dapat menyebabkan permukaan air laut yang tenang mengalami gangguan sehingga menimbulkan riak gelombang kecil. Komponen data angin mencakup distribusi arah dan kecepatan angin (Loupatty, 2013). Data angin yang digunakan untuk peramalan gelombang adalah data di permukaan laut pada lokasi pembangkitan. Data tersebut dapat diperoleh dari pengukuran langsung di atas permukaan laut atau pengukuran didarat didekat lokasi peramalan yang kemudian dikonversi menjadi data angin di laut. Kecepatan angin diukur dengan anemometer, dan biasanya dinyatakan dalam knot (Triatmodjo, 1999).

Data angin dicatat tiap jam dan biasanya disajikan dalam tabel. Dengan data tersebut akan dapat diketahui angin dengan kecepatan tertentu dan durasinya, kecepatan angin maksimum, arah angin dan dapat pula dihitung kecepatan angin rerata harian (Triatmodjo, 2009). Data angin yang digunakan minimal data angin lima tahun untuk dapat mempelajari pola yang terjadi yang disajikan dalam bentuk tabel. Data dapat diperoleh dari stasiun meteorologi terdekat. Data yang diperoleh biasanya sudah terklarifikasikan sehingga pengolahan data lebih mudah dan data dibagi berdasarkan distribusi kecepatan dan arah angin serta persentasenya atau lebih dikenal dengan diagram mawar angin (*windrose*). Fungsi dari data angin tersebut diantaranya sebagai :

- a. Analisis perhitungan gelombang.
- b. Informasi distribusi kecepatan dan arah angin yang terjadi di lokasi perencanaan pelabuhan.
- c. Perencanaan beban horizontal pada kapal.

3.4.5 Tanah

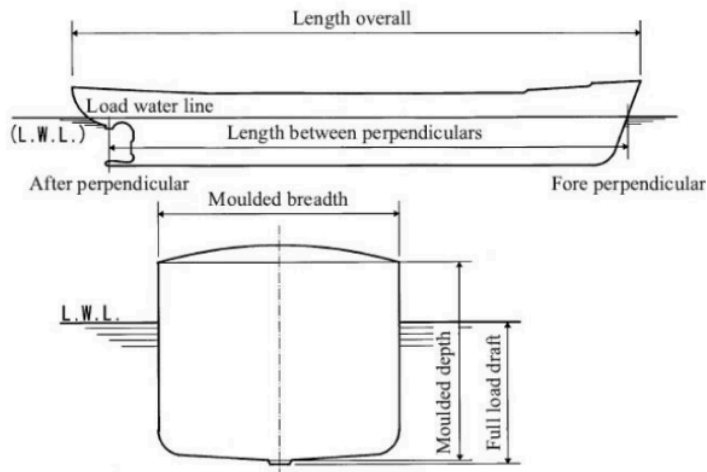
Dalam analisis *dolphin*, data geoteknik memiliki tujuan untuk menentukan daya dukung tanah dasar struktur dan untuk mengetahui potensi terjadinya penurunan (*settlement*) dan/atau likuifaksi (*liquefaction*) pada tanah dasar (Yuwono, 2025). Data tanah dapat diperoleh dengan melakukan pengeboran oleh mesin bor di beberapa titik yang akan ditinjau. Selain itu dilakukan uji SPT guna mendapatkan nilai N-SPT untuk mengetahui kedalaman tanah keras serta sifat daya dukung pada setiap kedalaman (Trisnafiah, dkk 2018). Pada uji penyelidikan tanah tes laboratorium juga perlu dilakukan untuk mengetahui parameter tanah seperti kadar air, porositas, *specific gravity* dan densitas (Y. A. Pranata & Suryoatmono, 2018).

3.4.6 Kapal

Kapal laut adalah kapal yang beroperasi di laut, yang pada umumnya berhadapan dengan gelombang yang cukup besar. Kapal sebagai sarana pelayaran mempunyai peran sangat penting dalam sistem angkutan laut. Hampir semua barang impor, ekspor dan muatan dalam jumlah sangat besar diangkut dengan menggunakan kapal laut. Untuk mendukung sarana angkutan laut diperlukan prasarana yang berupa pelabuhan. Pelabuhan merupakan tempat pemberhentian (terminal) kapal setelah

melakukan pelayaran. Dimensi serta karakteristik kapal (tipe dan fungsinya) sangat penting untuk diketahui karena berpengaruh terhadap perencanaan pelabuhan (Triatmodjo, 2009). Gambar 3.4 menunjukkan dimensi utama kapal yang akan digunakan untuk menjelaskan beberapa definisi kapal diantaranya :

- a. *Displacement Tonnage* (DT) adalah volume air yang dipindahkan oleh kapal dan sama dengan berat kapal.
- b. *Displacement tonnage loaded* yaitu berat kapal maksimum, apabila kapal sudah mencapai *displacement tonnage loaded* masih dimuati lagi, kapal akan terganggu stabilitasnya sehingga kemungkinan kapal tenggelam menjadi besar.
- c. *Displacement tonnage light* yaitu berat kapal tanpa bermuatan. Dalam hal ini berat kapal adalah termasuk perlengkapan berlayar, bahan bakar, anak buah kapal dan lain-lain.
- d. *Deadweight Tonnage* (DWT) yaitu berat total muatan Dimana kapal dapat mengangkut dalam keadaan pelayaran optimal (*draft* maksimum).
- e. *Gross register tons* (GRT) adalah volume keseluruhan ruangan kapal ($1 \text{ GRT} = 2,83 \text{ m}^3 = 100 \text{ ft}^3$)
- f. *Netto register tons* (NRT) merupakan ruangan yang disediakan untuk muatan dan penumpang, besarnya sama dengan GRT dikurangi dengan ruangan-ruangan yang disediakan untuk nahkoda dan anak buah kapal, ruang mesin, gang, kamar mandi, dapur serta ruang peta. Jadi NRT adalah ruangan-ruangan yang disediakan dan dapat diisi dengan muatan yang membayar uang tambang.
- g. *Draft* (D) adalah bagian kapal yang terendam air pada keadaan muatan maksimum, atau jarak antara garis air pada beban yang direncanakan (*designed load water line*) dengan titik terendah kapal.
- h. *Length overall* (L_{OA}) adalah panjang kapal dihitung dari ujung depan (Haluan sampai ujung belakang (buritan) atau biasa disebut panjang total kapal dari ujung ke ujung.
- i. *Length between perpendicular* (LBP) adalah panjang kapal diukur pada muka air.
- j. *Beam* (B) adalah jarak maksimum antara dua sisi kapal atau biasa disebut dengan lebar kapal.
- k. *Moulded Depth* (d) diukur dari dasar sampai dengan geladag kapal.



Gambar 3.4 Contoh Dimensi Kapal

(Sumber: *Technical Standards and Commentaries for Port and Harbour Facilities in Japan*, 2002)

Tipe dan bentuk pelabuhan tergantung pada jenis dan karakteristik kapal yang akan berlabuh. Untuk keperluan perencanaan pelabuhan maka berikut ini diberikan dimensi dan ukuran kapal secara umum, seperti terlihat dalam tabel 3.1 ukuran kapal yang diuraikan pada sub bab ini diambil dari buku *Technical Standards and Commentaries for Port and Harbour Facilities in Japan* (OCDI, 2009) dan buku *Perencanaan Pelabuhan* (Triatmodjo, 2009).

Tabel 3.1 Karakteristik Kapal Laut Sesuai Jenis Kapal DWT

DWT (ton)	KARAKTERISTIK KAPAL LAUT				Keterangan
	L _{oa} (m)	L _{pp} (m)	B (m)	D _{full load} (m)	
Kapal Barang Umum (<i>General Cargo Ships</i>)					
1.000	67	61	10,7	3,8	
2.000	82	75	13,1	4,8	
3.000	92	85	14,7	5,5	
5.000	107	99	17,0	6,4	
10.000	132	123	20,7	8,1	
12.000	139	130	21,8	8,6	
18.000	156	147	24,4	9,8	
30.000	182	171	28,3	10,5	
40.000	198	187	30,7	11,5	
55.000	217	206	32,3	12,8	
70.000	233	222	34,8	13,8	
90.000	251	239	38,7	15,0	
120.000	274	261	42,0	16,5	
150.000	292	279	44,7	17,7	

Kapal Peti Kemas (<i>Container Ships</i>)					(TEUs)
10.000	139	129	22,0	7,9	500-890
20.000	177	165	27,1	9,9	1.300-1.600
30.000	203	191	30,6	11,2	2.000-2.400
40.000	241	226	32,3	12,1	2.800-3.200
50.000	274	258	34,3	12,7	3.500-3.900
60.000	294	279	35,9	13,4	4.300-4.700
100.000	350	335	42,8	14,7	7.300-7.700
Kapal Tangker (<i>Tankers</i>)					
1.000	63	57	11,0	4,0	
2.000	77	72	13,2	4,9	
3.000	86	82	14,7	5,5	
5.000	100	97	16,7	6,4	
10.000	139	131	20,6	7,6	
15.000	154	146	23,4	8,6	
20.000	166	157	25,6	9,3	
30.000	184	175	29,1	10,4	
50.000	209	199	34,3	12,0	
70.000	228	217	38,1	12,9	
90.000	243	232	41,3	14,2	
100.000	250	238	42,7	14,8	
150.000	277	265	48,6	17,2	
300.000	334	321	59,5	22,4	
Kapal RO-RO (<i>RO-RO Ships</i>)					
3.000	120	110	18,9	5,8	
5.000	140	130	21,4	6,5	
10.000	172	162	25,3	7,7	
20.000	189	174	28,0	8,7	
40.000	194	182	32,3	9,7	
60.000	208	189	34,0	10,7	
Kapal Ferry Jarak Dekat-Menengah					
400	56	47	11,6	2,8	
700	70	60	13,2	3,2	
1.000	80	71	14,4	3,5	
3.000	124	116	18,6	4,6	
7.000	141	130	22,7	5,7	
10.000	166	155	24,6	6,2	
13.000	194	179	26,2	6,7	
Kapal Penumpang (<i>Passanger Ships</i>)					
3.000	97	88	16,5	4,4	
5.000	115	104	18,6	5,3	
10.000	146	131	21,8	6,4	
20.000	186	165	25,7	7,8	
30.000	214	189	28,2	8,5	

50.000	255	224	32,3	10,4	
70.000	286	250	34,0	11,0	
100.000	324	281	36,5	12,5	
Kapal LNG (<i>Liquified Natural Gas</i>)					
20.000	174	164	27,8	8,4	
30.000	199	188	31,4	9,2	
50.000	235	223	36,7	10,4	
80.000	274	260	42,4	11,5	
100.000	294	281	45,4	12,1	
Kapal LPG (<i>Liquified Petroleum Gas</i>)					
3.000	98	92	16,1	6,3	
5.000	116	109	18,6	7,3	
10.000	144	136	22,7	8,9	
20.000	179	170	22,7	10,8	
30.000	204	193	31,1	12,1	
40.000	223	212	33,8	13,1	
50.000	240	228	36,0	14,0	

(Sumber: *Overseas coastal Area Development Institue of Japan*, OCDI-2009)

Tabel 3.2 Karakteristik Kapal Laut Sesuai Jenis Kapal GRT

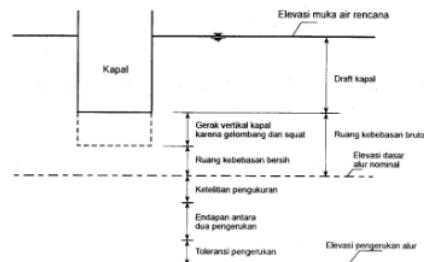
GRT	KARAKTERISTIK KAPAL LAUT				
	L _{oa} (m)	L _{pp} (m)	B (m)	D _{full load} (m)	Keterangan
Kapal Ikan					
10	13,5	-	3,8	1,1	
20	16,2	-	4,2	1,3	
30	18,5	-	4,5	1,5	
50	21,5	-	5,0	1,8	
75	23,9	-	5,6	2,0	
100	25,9	-	5,9	2,2	
125	28,1	-	6,2	2,4	
150	30,0	-	6,5	2,5	

(Sumber: Perencanaan Pelabuhan, Triatmodjo 2009)

3.5 Kedalaman Alur Pelayaran

Alur pelayaran digunakan untuk mengarahkan kapal yang akan masuk ke kolam pelabuhan. Alur pelayaran dan kolam pelabuhan harus cukup tenang terhadap pengaruh gelombang dan arus. Perencanaan alur pelayaran dan kolam pelabuhan ditentukan oleh kapal terbesar yang akan masuk ke pelabuhan dan kondisi meteorologi serta oseanografi. Untuk mendapatkan kondisi operasi yang ideal kedalaman air di alur masuk harus cukup besar untuk memungkinkan pelayaran pada muka air terendah dengan kapal bermuatan penuh. Kedalaman air ditentukan

oleh berbagai faktor seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.5 berikut :



Gambar 3.5 Kedalaman Alur Pelayaran

(Sumber: Perencanaan Pelabuhan, Triatmodjo 2009)

Adapun persamaan untuk mendapatkan kedalaman air total adalah

$$H = d + G + z + R \quad (3.2)$$

Keterangan:

- d = draft kapal
- G = gerak vertikal kapal karena gelombang dan squat
- R = ruang kebebasan bersih
- P = ketelitian pengukuran
- S = pengendapan sedimen antara dua pengukuran
- K = toleransi pengukuran

Kedalaman air diukur terhadap muka air referensi. Biasanya muka air referensi ini ditentukan berdasarkan muka air surut terendah pada saat pasang purnama (*spring tide*) dalam periode panjang yang disebut LLWS (*lower low water spring tide*).

3.6 Elevasi Dermaga

Untuk menentukan elevasi bangunan, terlebih dahulu ditentukan elevasi muka air laut rencana yang akan ditambahkan dengan tinggi jagaan. Elevasi muka air laut rencana merupakan penjumlahan dari beberapa parameter yaitu: pasang surut (MHWL), *wave setup* (Sw) dan pemanasan global (SLR) (D. Pranata, 2019). Fenomena kenaikan muka air laut (SLR) merupakan akibat yang ditimbulkan oleh adanya perubahan pada arus laut, dan perubahan densitas yang sangat berkaitan erat satu dengan lainnya. Perubahan komponen tersebut di suatu wilayah akan mempengaruhi perubahan fisis di wilayah lainnya, termasuk perubahan muka air laut pada daerah pesisir sebagai dampak dari kenaikan suhu laut (Azuga, 2021).

3.7 Fasilitas *Dolphin*

Bangunan dermaga terdiri dari beberapa bagian, diantaranya yaitu *catwalk*, *fender*, *bollard*, *platform* dan juga *dolphin*. Kapal yang merapat ke dermaga masih mempunyai kecepatan baik yang digerakkan oleh mesinnya sendiri (kapal kecil) maupun ditarik oleh kapal tunda (untuk kapal tunda). *Dolphin* merupakan konstruksi utama dari dermaga. *Dolphin* adalah konstruksi yang digunakan untuk menahan benturan dan menambatkan kapal. *Dolphin* dapat dibedakan menjadi dua macam, yaitu *dolphin* penahan (*breasting dolphin*) dan juga *dolphin* penambat (*mooring dolphin*). *Dolphin* penahan mempunyai ukuran yang lebih besar dibandingkan dengan *dolphin* penambat, karena *dolphin* penahan direncanakan untuk menahan energi benturan kapal yang terjadi ketika berlabuh (Nugraha & Pranoto, 2020).

3.7.1 *Fender*

Pada waktu kapal bertambat ke dermaga akan terjadi benturan antara kapal dan dermaga. Walaupun kapal merapat dengan kecepatan yang relatif kecil karena massa kapal sangat besar, energi kapal yang membentur dermaga masih cukup besar. Untuk menghindari kerusakan yang terjadi baik pada kapal maupun pada dermaga, pada lokasi kontak benturan perlu diberi peredam energi / bantalan yang biasa disebut dengan *fender*. *Fender* direncanakan mampu menyerap sebagian energi kapal yang membentur dermaga (Yuwono, 2025).

Pemilihan *fender* yang akan digunakan pada dermaga dapat berdasarkan dari beberapa faktor seperti, ukuran kapal, kondisi gelombang, arus, angin serta kecepatan dan arah kapal (Naga, dkk 2023). Untuk menentukan ukuran *fender*, dihitung terlebih dahulu besarnya energi kinetik yang terjadi saat kapal merapat (E), gaya sandar pada saat kapal bersandar dapat diperkirakan dengan menggunakan rumus berikut ini :

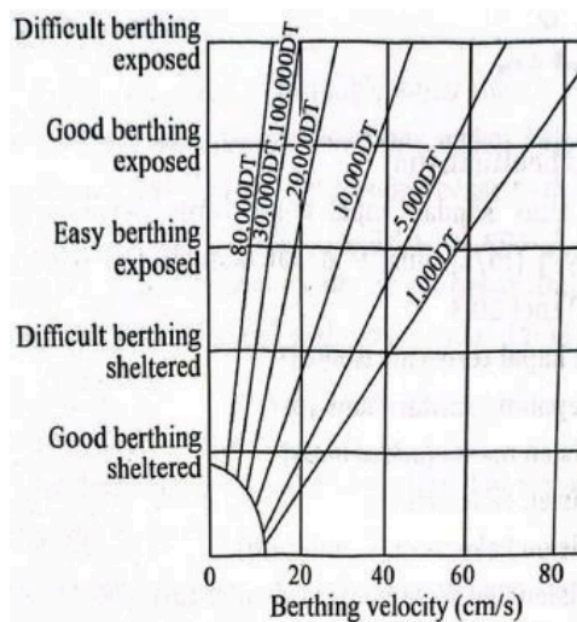
$$E = \left(\frac{W \times V^2}{2 \times g} \right) \times C_M \times C_E \times C_C \times C_S \quad (3.3)$$

keterangan:

- E = energi benturan (ton meter)
- C_M = koefisien massa (*added mass*)
- C_E = koefisien eksentrisitas

- C_c = koefisien bentuk tambatan (diambil 1 untuk *jetty*)
 C_s = koefisien kekerasan (1 jika tidak ada deformasi)
 V = kecepatan kapal waktu merapat (m/s); nilai V dapat diambil dari Gambar 3.6 atau Tabel 3.3
 g = percepatan gravitasi bumi (m/s^2)
 W = berat kapal (ton)

Kecepatan kapal saat merapat harus dibatasi sedemikian rupa, agar energi kapal saat proses bersandar tidak terlalu besar sehingga dermaga yang dibutuhkan dapat dihemat dan tidak terlalu mahal. *Overseas coastal Area Development Institute of Japan* (OCDI-2009) menyarankan kecepatan kapal pada saat proses bersandar (*berthing*) dapat direncanakan dengan menggunakan grafik yang terdapat pada gambar 3.6. Dengan mengetahui bobot kapal dan kondisi dermaga saat kapal akan bersandar, maka kecepatan sandar kapal (*berthing velocity*) dapat ditetapkan dan selanjutnya dapat dipergunakan untuk memilih *fender* dan menghitung stabilitas dermaga.



Gambar 3.6 Kecepatan Kapal Merapat versus Ukuran Kapal dan Kondisi Perairan

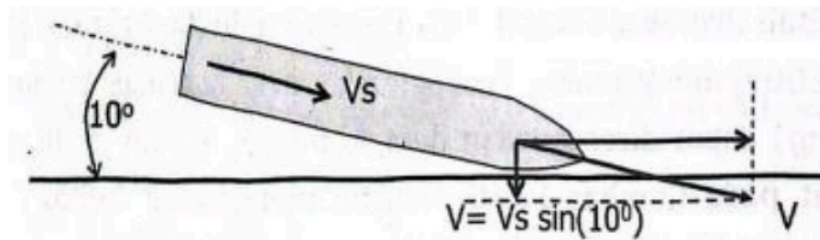
(Sumber: *Overseas coastal Area Development Institute of Japan*, 2009)

Namun, beberapa ahli pelabuhan yang lain ada yang menyarankan kecepatan sandar kapal (*berthing velocity*) dapat ditetapkan dengan menggunakan tabel 3.3 berikut :

Tabel 3.3 Kecepatan Sandar Kapal (V) versus Bobot dan Kondisi Perairan

No	Ukuran Kapal	Kecepatan Merapat	
		Pelabuhan	Laut Terbuka
1.	Dibawah 500 DWT	V = 0,25 m/s	V = 0,30 m/s
2.	500 – 10.000 DWT	V = 0,15 m/s	V = 0,20 m/s
3.	10.000 – 300.000 DWT	V = 0,15 m/s	V = 0,15 m/s
4.	Diatas 300.000 DWT	V = 0,12 m/s	V = 0,15 m/s

(Sumber: Perencanaan Pelabuhan, Triatmodjo 2009)



Gambar 3.7 Sudut Kapal Saat *Berthing*

(Sumber: Overseas coastal Area Development Institute of Japan, 2009)

Koefisien massa tergantung pada gerakan air yang mengelilingi kapal berikut merupakan persamaan yang dapat dihitung :

$$Cm = 1 + \frac{\pi \times d}{2 \times Cb \times B} \quad (3.4)$$

$$Cb = \frac{W}{L_{pp} \times B \times d} \quad (3.5)$$

keterangan:

Cb = koefisien blok kapal

d = *draft* kapal (m)

B = lebar kapal (m)

L_{pp} = panjang garis air (m)

Koefisien blok kapal (C_b) besarnya tergantung pada jenis kapal, khususnya terkait dengan bentuk lambung dan haluan kapal. Dengan mengetahui berat kapal (W), nilai L_{pp} , B dan D maka nilai C_b dapat ditentukan. Pada tabel 3.4, disampaikan perkiraan nilai koefisien blok kapal sesuai jenis kapal tersebut (Thoresen, 2006).

Tabel 3.4 Koefisien Blok Kapal

Jenis Kapal	Perkiraan nilai C_b
<i>Tanker</i>	0,85
<i>Bulk Carrier</i>	0,72 – 0,85
<i>General Cargo</i>	0,72 – 0,80
<i>Container Ship</i>	0,60 – 0,80
<i>RO – RO</i>	0,70 – 0,80
<i>Ferry</i>	0,55 – 0,80
<i>LNG</i>	0,72
<i>Passenger</i>	0,55 – 0,80

(Sumber: Thoresen, 2006)

Koefisien eksentris kapal adalah perbandingan antara energi sisa dan energi kinetik pada saat merapat dan nilainya dapat diperkirakan dengan menggunakan rumus berikut :

$$C_e = \frac{l}{l + \left(\frac{l}{r}\right)^2} \quad (3.6)$$

Keterangan:

C_e = koefisien eksentris kapal

l = jarak muka air sejajar dermaga dari titik berat kapal ke titik sandar

$= \frac{1}{4}L$ untuk dermaga (*continues fender system*)

$= \frac{1}{6}L$ untuk *dolphin* (*single fender system*)

r = jari-jari putar (dihitung berdasarkan *Overseas coastal Area Development*

Institute of Japan, OCIDI-2009)

$C_b = 0,60 \rightarrow r = 0,225 L_{oa}$

$C_b = 0,70 \rightarrow r = 0,245 L_{oa}$

$C_b = 0,80 \rightarrow r = 0,260 L_{oa}$

Berdasarkan data tersebut nilai C_e dapat disederhanakan sebagai berikut :

a. Dermaga

Untuk $C_b = 0,60 \rightarrow C_e \approx 0,45$

Untuk $C_b = 0,70 \rightarrow C_e \approx 0,50$

Untuk $C_b = 0,80 \rightarrow C_e \approx 0,52$

$\rightarrow C_e \approx 0,45 - 0,52$

b. *Dolphin*

Untuk $C_b = 0,60 \rightarrow C_e \approx 0,65$

Untuk $C_b = 0,70 \rightarrow C_e \approx 0,68$

Untuk $C_b = 0,80 \rightarrow C_e \approx 0,70$

$\rightarrow C_e \approx 0,65 - 0,70$

Adapun energi yang diserap oleh dermaga dapat dihitung dengan persamaan:

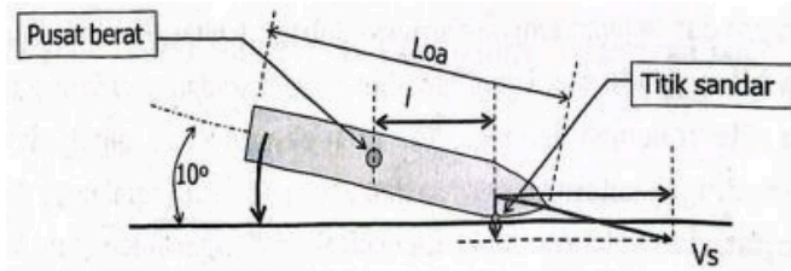
$$E = \frac{1}{2} \times F \times d \quad (3.7)$$

keterangan:

F = gaya reaksi *fender*

d = defleksi *fender*

Gambar 3.8 menunjukkan hubungan antara energi yang diserap dermaga, gaya reaksi *fender* dan defleksi *fender*.



Gambar 3.8 Benturan Kapal pada Dermaga

(Sumber: *Guidelines for the Design of Fenders Systems*, PIANC 2002)

$$E = \frac{1}{2} \times \frac{W}{g} \times V^2 \quad (3.8)$$

keterangan:

W = berat kapal (ton)

V = kecepatan kapal (m/s)

3.7.2 *Bollard*

Alat tambat adalah suatu konstruksi yang digunakan untuk mengikat kapal pada

saat berlabuh agar tidak terjadi pergeseran atau pergerakan kapal yang disebabkan oleh arus, angin, serta gelombang. Kapal yang berlabuh ditambatkan ke dermaga dengan cara mengikat tali penambat ke bagian haluan, buritan dan badan kapal (Yuwono, 2025). *Bollard* merupakan alat sebagai tempat untuk mengikat kapal pada tambatan. Kapal yang bertambat ke dermaga diikat pada bagian haluan, buritan dan badan kapal. Kemampuan *bollard* harus lebih besar dari gaya tarikan akibat kapal yang diikatkan pada *bollard* tersebut (Dani, 2020). Gaya tarik yang terjadi pada *bollard* disesuaikan dengan berat kapal. Tabel 3.5 menunjukkan gaya tarik pada *bollard*, sedangkan jarak dan jumlah *bollard* yang harus dipasang pada dermaga dapat dilihat pada Tabel 3.6.

Tabel 3.5 Gaya Tarikan pada *Bollard*

Gross tonnage (GT) of vessel (tons)	Tractive force acting on mooring post (kN)	Tractive force acting on bollard (kN)
200<GT≤500	150	150
500<GT≤1,000	250	250
1,000<GT≤2,000	350	250
2,000<GT≤3,000	350	350
3,000<GT≤5,000	500	350
5,000<GT≤10,000	700	500
10,000<GT≤20,000	1,000	700
20,000<GT≤50,000	1,500	1,000
50,000<GT≤100,000	2,000	1,000

(Sumber: *Technical Standards and Commentaries for Port and Harbour Facilities in Japan*, 2002, hal. 25)

Tabel 3.6 Jarak dan Jumlah *Bollard* Terpasang pada Dermaga

Gross tonnage (GT) kapal (ton)	Jarak maksimum bollard (m)	Jumlah minimum bollard per dermaga (buah)
GT < 2000	10 ~ 15	4
2000 < GT < 5000	20	6
5000 < GT < 20000	25	6
20000 < GT < 50000	35	8
50000 < GT < 100000	45	8

(Sumber: *Technical Standards and Commentaries for Port and Harbour Facilities in Japan*, 2002, hal. 521)

3.8 Pembebanan *Dolphin*

3.8.1 Beban Vertikal

Beban vertikal adalah beban yang arahnya vertikal (tegak lurus bidang horizontal) yang terdiri dari :

a. Beban mati

Beban mati merupakan berat sendiri dari komponen struktur yang secara permanen dan konstan membebani selama waktu hidup konstruksi. Beban mati dapat dihitung dengan mengevaluasi berat yang ditentukan untuk material dan volumenya yang dihitung dalam desain. Pada bangunan ini beban mati meliputi beberapa komponen diantaranya berat beton bertulang dan berat baja.

b. Beban mati tambahan

Beban mati tambahan adalah beban-beban yang bekerja vertikal ke bawah pada struktur *dolphin*, seperti misalnya *fender*, *bollard* dan *catwalk*. Berat dari elemen-elemen ini pada umumnya dapat ditentukan dengan mudah dengan derajat ketelitian cukup tinggi. Perhitungan besaran beban mati suatu elemen dilakukan dengan meninjau berat satuan material tersebut berdasarkan volume elemen.

c. Beban hidup

Beban hidup yang terjadi pada struktur *dolphin* merupakan beban akibat alat yang besarnya ditentukan berdasarkan peralatan yang akan digunakan di atas dermaga tersebut dan harus diposisikan sedemikian rupa sehingga menghasilkan kondisi pembebanan yang paling kritis.

3.8.2 Beban Horizontal

Beban horizontal adalah beban yang arahnya mendatar (lateral, horizontal) yang terdiri dari :

a. Gaya angin

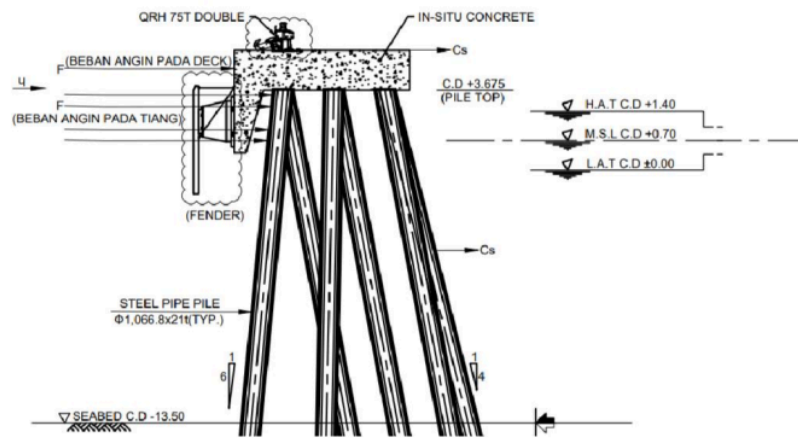
Gaya angin pada tiang pipa baja mengacu pada *API Recommended Practice 2A-WSD Cl. 2.3.2.C* sebagai berikut :

1) Gaya angin pada tiang pipa baja

$$F = \frac{\rho}{2} \times v^2 \times C_s \times A \quad (3.9)$$

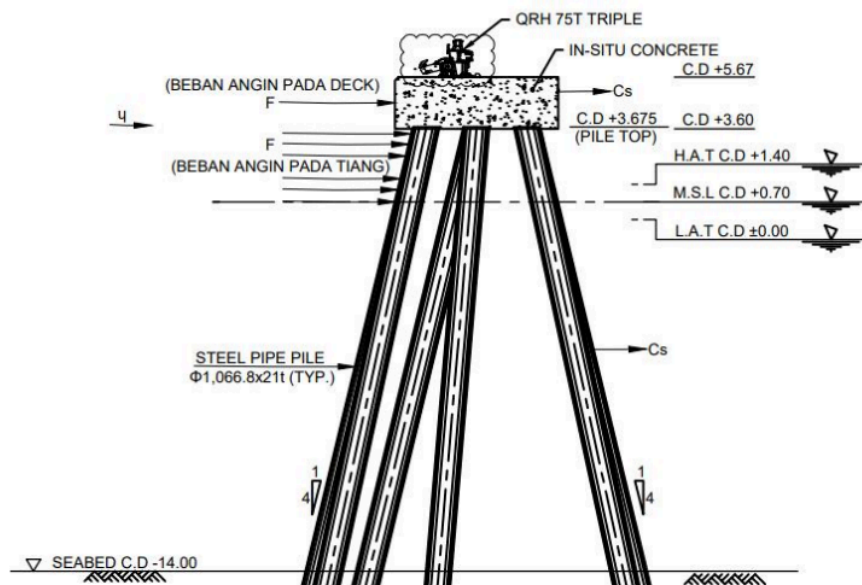
Dimana :

F = gaya angin (N)
 ρ = kerapatan massa udara
 q = kecepatan angin (m/s)
 C_s = koefisien bentuk
 A = luas pipa baja (m²)



Gambar 3.9 Gaya Angin pada Tiang Pancang Struktur *Breasting Dolphin*

(Sumber: Analisa Penulis, 2025)



Gambar 3.10 Gaya Angin pada Tiang Pancang Struktur *Mooring Dolphin*

(Sumber: Analisa Penulis, 2025)

2) Gaya angin pada beton deck

$$F = \frac{\rho}{2} \times y^2 \times C_S \quad (3.10)$$

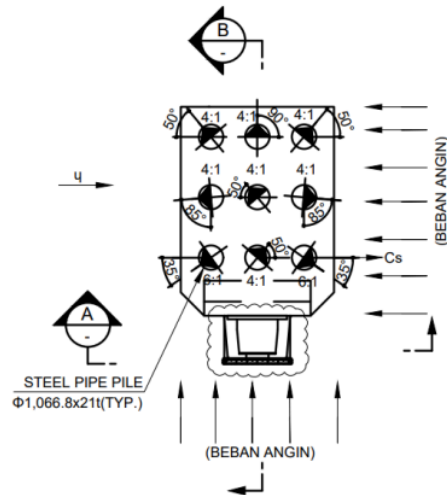
Dimana :

F = gaya angin (N)

ρ = kerapatan massa udara

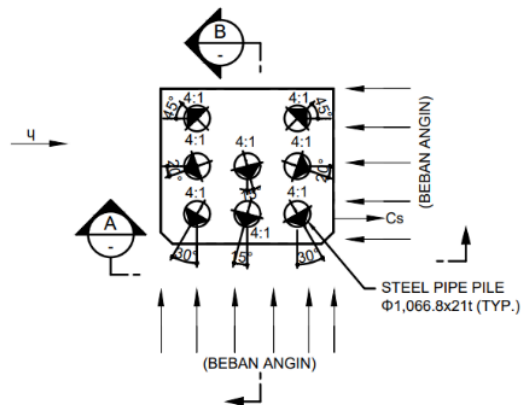
u = kecepatan angin (m/s)

C_s = koefisien bentuk



Gambar 3.11 Gaya Angin pada Beton Deck Struktur *Breasting Dolphin*

(Sumber: Analisa Penulis, 2025)



Gambar 3.12 Gaya Angin pada Beton Deck Struktur *Mooring Dolphin*

(Sumber: Analisa Penulis, 2025)

b. Gaya arus

Beban arus merupakan beban yang diakibatkan oleh tekanan arus pada struktur tiang dermaga, besar gaya yang disebabkan oleh perilaku arus dihitung menggunakan persamaan Morison. Persamaan Morison mengasumsikan bahwa gaya gelombang terdiri dari komponen gaya inersia (*inertia*) dan gaya hambatan (*drag*) yang dijumlahkan secara linier. Gaya akibat arus dapat dihitung dengan persamaan morison sebagai berikut :

$$F_D = \frac{1}{2} \times \rho \times C_D \times D \times V^2 \times h \quad (3.11)$$

Dengan,

F_D = gaya seret komponen tiang yang berada di bawah air akibat gelombang

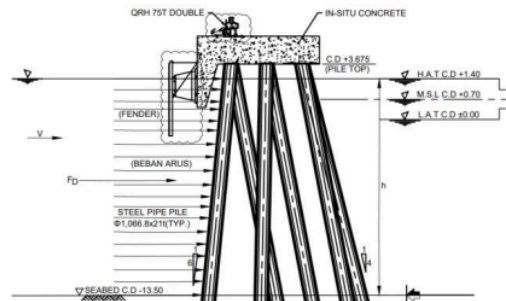
ρ = massa jenis air

V = kecepatan arus

D = diameter tiang pancang

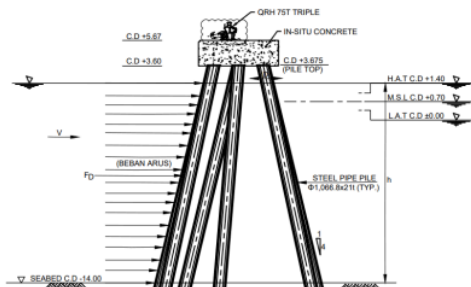
C_D = koefisien seret (1 untuk struktur dengan bentuk silinder, OC DI)

h = tinggi tiang pancang tercelup



Gambar 3.13 Gaya Arus pada Struktur *Breasting Dolphin*

(Sumber: Analisa Penulis, 2025)

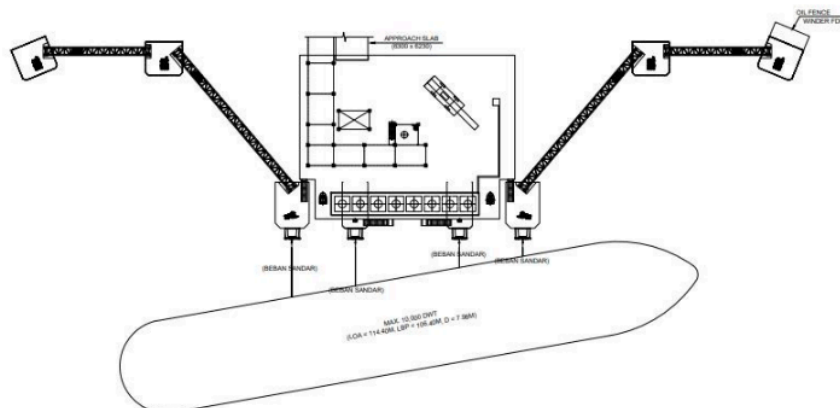


Gambar 3.14 Gaya Arus pada Struktur *Mooring Dolphin*

(Sumber: Analisa Penulis, 2025)

c. Gaya sandar

Gaya sandar merupakan gaya yang ditimbulkan akibat benturan antara kapal yang masih memiliki kecepatan dengan dermaga saat kapal merapat ke dermaga. Energi ini kemudian diterima oleh *fender* kemudian diredam dan ditransfer menjadi gaya horizontal tekan yang membebani bangunan dermaga. Hubungan antara gaya dan energi benturan tergantung pada tipe *fender* yang digunakan. Besar energi benturan ini dapat dihitung menggunakan persamaan 3.7.



Gambar 3.15 Gaya Sandar Akibat Benturan Kapal pada *Breasting Dolphin*

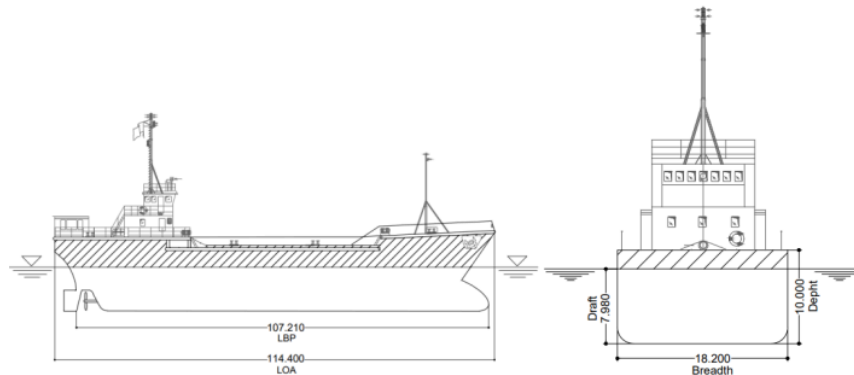
(Sumber: Analisa Penulis, 2025)

d. Gaya pada *bollard*

1) Gaya tarikan pada kapal

Saat kapal merapat di sepanjang dermaga, kapal akan berhenti dengan ditahan oleh tali yang diikatkan pada *bollard*. Gaya tarik yang bekerja ini sangat berpengaruh pada stabilitas struktur dermaga karena adanya gaya yang cukup besar. Beban tarik ini akan ditahan oleh struktur *bollard* yang didesain untuk menahan gaya tarikan akibat kapal, angin dan arus. Untuk itu *bollard* harus mampu menahan gaya tarikan yang paling tidak sama dengan gaya yang bisa memutuskan tali penambat. Gaya tarik yang terjadi pada *bollard* dapat dilihat pada Tabel 3.5.

2) Gaya akibat angin yang bekerja pada kapal



Gambar 3.16 Badan Kapal Terkena Angin

(Sumber: Analisa Penulis, 2025)

Angin yang menerpa badan kapal yang sedang bertambat akan menyebabkan gaya pada dermaga. Jika arah angin meninggalkan dermaga maka akan menyebabkan gaya tarik kapal pada *bollard*. Namun, apabila arah angin menuju dermaga maka akan menyebabkan gaya benturan ke dermaga. Besar gaya angin tergantung pada arah dan kecepatan hembus angin dan dapat dihitung menggunakan rumus berikut :

a) Gaya longitudinal apabila angin datang dari arah haluan ($\alpha = 0^\circ$)

$$R_w = 0,42 \times P_a \times A_w \quad (3.12)$$

b) Gaya longitudinal apabila angin datang dari arah buritan ($\alpha = 180^\circ$)

$$R_w = 0,5 \times P_a \times A_w \quad (3.13)$$

c) Gaya lateral apabila angin datang dari arah lebar ($\alpha = 90^\circ$)

$$R_w = 1,1 \times P_a \times A_w \quad (3.14)$$

Dimana :

$$P_a = 0,063 \times V^2 \quad (3.15)$$

Keterangan:

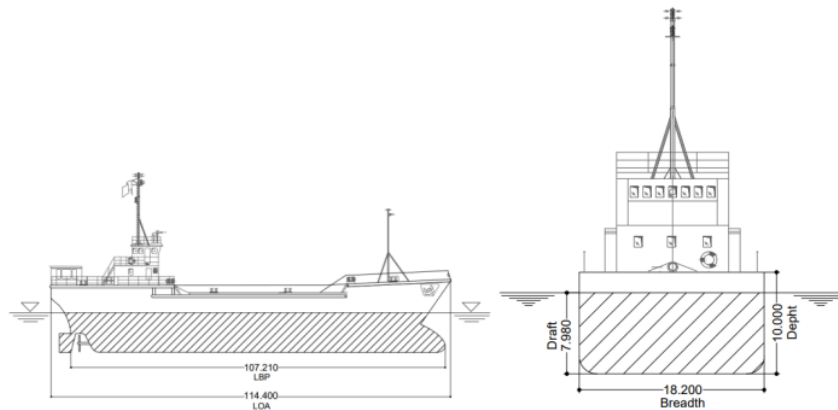
R_w = gaya akibat angin (kg)

P_a = tekanan angin (kg/m²)

V = kecepatan angin (m/d)

A_w = proyeksi bidang yang tertiuap angin (m²)

3) Gaya akibat arus yang berkerja pada kapal



Gambar 3.17 Badan Kapal Terendam Air

(Sumber: Analisa Penulis, 2025)

Arus yang bekerja pada kapal bagian yang terendam air akan menyebabkan gaya pada kapal. Kemudian gaya tersebut diteruskan pada alat penambat dan demaga. Tekanan akibat arus pada kapal yang tertambat dapat dihitung dengan persamaan:

$$R_c = C_c \times \gamma_w \times A_c \times \frac{V_c^2}{2 \times g} \quad (3.16)$$

keterangan:

R_c = gaya akibat arus (kgf)

γ_w = berat jenis air laut (1,025 t/m³)

A_c = luasan kapal di bawah permukaan air (m²)

V_c = kecepatan arus (m/dt)

C_c = koefisien tekanan arus yang besarnya diambil sebagai berikut :

a) Untuk arah arus dari samping

$C_c = 1-1,5 \rightarrow$ untuk perairan dalam

$C_c = 2 \rightarrow$ untuk (kedalaman perairan / *draft* kapal) = 2

$C_c = 3 \rightarrow$ untuk (kedalaman perairan / *draft* kapal) = 1,5

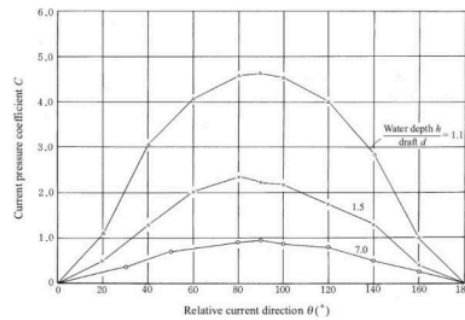
$C_c = 5 \rightarrow$ untuk (kedalaman perairan / *draft* kapal) = 1,1

b) Untuk arah arus searah dengan kapal (dermaga)

$C_c = 2 \rightarrow$ untuk perairan dalam

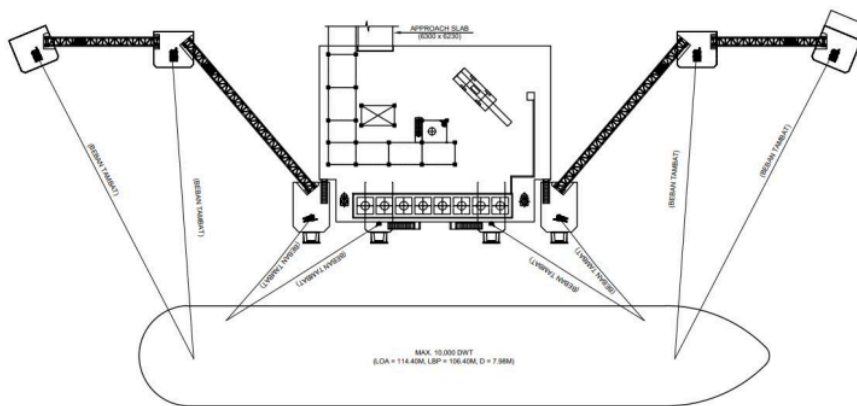
$C_c = 6 \rightarrow$ untuk (kedalaman perairan / *draft* kapal) = 1,1

Nilai C_c juga bisa diperoleh dari grafik pada gambar 3.18.



Gambar 3.18 Koefisien Kuat Arus (C)

(Sumber: *Technical Standards and Commentaries for Port and Harbour Facilities in Japan*, 2002, hal. 25)



Gambar 3.19 Gaya Tambat pada Struktur *Breasting Dolphin* dan *Mooring Dolphin*

(Sumber: Analisa Penulis, 2025)

e. Beban gempa

Dermaga harus direncanakan agar memiliki kemungkinan kecil untuk runtuh namun dapat mengalami kerusakan yang signifikan dan gangguan terhadap pelayanan akibat gempa dengan kemungkinan terlampaui 7% dalam 75 tahun. Gerakan tanah akibat gempa biasanya terdeteksi di atas permukaan tanah yang tidak terikat. Dalam analisis dan desain struktur tahan gempa, penting untuk menentukan beban yang bekerja pada struktur dan mengetahui periode dasar tanah yang sesuai dengan respons maksimum yang terjadi. Berdasarkan kondisi

geologi dan riwayat gempa yang terjadi, percepatan tanah maksimum akibat gempa ditetapkan berdasarkan tiap gempa yang mungkin terjadi.

Respons spektrum adalah suatu spektrum yang disajikan dalam bentuk grafik/plot antara periode getar struktur, lawan respons-respons maksimum berdasarkan rasio redaman dan gempa tertentu. Perhitungan beban gempa didasarkan pada SNI 03-1726-2019. Perhitungan dilakukan dengan metode statik ekuivalen menggunakan program bantu SAP2000. Berikut dijabarkan tahapan-tahapan untuk memperoleh desain respons spektrum.

1) Klasifikasi tanah

Berdasarkan sifat tanah, situs harus diklasifikasikan sebagai klasifikasi tanah A, B, C, D, E, atau F. Apabila sifat tanah tidak diketahui detail, untuk menentukan klasifikasi tanah, harus digunakan klasifikasi tanah D kecuali jika diperoleh data geoteknik untuk menentukan klasifikasi tanah E atau F. Pengklasifikasian tanah ditentukan berdasarkan kondisi tanah sesuai tabel berikut :

Tabel 3.7 Klasifikasi Situs

Kelas situs	$\bar{V}_s$ (m/detik)	$\bar{N}$ atau $\bar{N}_{ch}$	$\bar{s}_u$ (kPa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	≥ 100
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (tanah lunak)	< 175	<15	< 50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$, 2. Kadar air, $w \geq 40\%$, 3. Kuat geser niralir $\bar{s}_u < 25$ kPa		
SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti 0)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah - Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3$ m)		

(Sumber: SNI 1726-2019)

2) PGA, S_s dan S_1

Parameter-parameter ini dapat diperoleh dari website resmi RSA Cipta Karya dalam bentuk peta gempa Indonesia. Perbedaan nilai PGA atau percepatan respons spektral, S_s dan S_1 ditunjukkan dengan perbedaan warna.

Parameter PGA, S_s dan S_1 ditentukan oleh lokasi yang ditinjau, periode ulang gempa dan klasifikasi situs.

3) Koefisien Situs F_a dan F_v

Nilai F_a dan F_v didefinisikan dalam tabel berikut :

Tabel 3.8 Koefisien Situs F_a

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R) terpetakan pada periode pendek, $T = 0,2$ detik, S_s					
	$S_1 \leq 0,25$	$S_1 = 0,5$	$S_1 = 0,75$	$S_1 = 1,0$	$S_1 = 1,25$	$S_1 \geq 1,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
SC	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0	1,0
SE	2,4	1,7	1,3	1,1	0,9	0,8
SF	$SS^{(1)}$					

(Sumber : SNI 1726:2019)

Tabel 3.9 Koefisien Situs F_v

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R) terpetakan pada periode 1 detik, S_1					
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 = 0,5$	$S_1 \geq 0,6$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SC	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4
SD	2,4	2,2	2,0	1,9	1,8	1,7
SE	4,2	3,3	2,8	2,4	2,2	2,0
SF	$SS^{(1)}$					

(Sumber : SNI 1726:2019)

4) Parameter percepatan respons spektral SM_s , SM_1

Percepatan respons spektral untuk periode singkat (SM_s) dan pada periode 1 detik (SM_1) dihitung berdasarkan persamaan berikut.

$$SM_s = F_a \times S_s \quad (3.17)$$

$$SM_1 = F_v \times S_1 \quad (3.18)$$

5) Parameter percepatan desain spektra S_{DS} dan S_{D1}

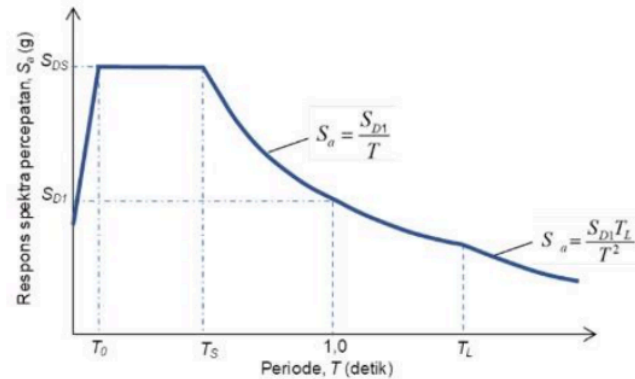
Percepatan desain spektra pada period pendek, S_{DS} , dan pada period 1 detik, S_{D1} , harus ditentukan dari persamaan berikut :

$$S_{DS} = \frac{2}{3} \times SM_s \quad (3.19)$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} \times SM_1 \quad (3.20)$$

6) Desain respons spektrum

Respons spektrum ditentukan sebagai fungsi periode (T) terhadap percepatan respons spektrum (g). Nilai T mempengaruhi nilai g seperti yang ditunjukkan pada gambar berikut :



Gambar 3.20 Kurva Respons Spektrum

(Sumber : SNI 1726:2019)

dimana,

$$T_0 = 0,2 \times \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (3.21)$$

$$T_S = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (3.22)$$

$$T_L = \text{Periode diatas 1 detik} \quad (3.23)$$

3.9 Kombinasi Pembebanan

Struktur dan komponen struktur harus direncanakan hingga semua penampang mempunyai kuat rencana minimum sama dengan kuat perlu yang dihitung berdasarkan kombinasi beban dan gaya terfaktor yang sesuai dengan ketentuan. Pada dasarnya pembebanan struktur yang ada sangat perlu dikombinasikan untuk memperkirakan kemungkinan terjadinya beberapa gabungan beban yang bekerja. Kombinasi beban ini dilakukan untuk memperoleh kondisi pembebanan maksimum pada struktur *dolphin*. Berikut merupakan kombinasi pembebanan service dan ultimit yang diberikan pada permodelan berdasarkan Buku Perencanaan Pelabuhan oleh Bambang Triatmodjo hal 231 dan SNI 1726-2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung:

a. Kombinasi pembebanan service

- 1) $D + SDL + LL + Env$
- 2) $D + SDL + LL + Env + B$
- 3) $D + SDL + LL + Env + M$
- 4) $D + SDL + LL + E$

b. Kombinasi pembebanan ultimit

- 1) $1,4D + 1,4SDL + 1,6LL + 1,4Env$
- 2) $1,4D + 1,4SDL + 1,6LL + 1,4Env + 1,2B$
- 3) $1,4D + 1,4SDL + 1,6LL + 1,4Env + 1,2M$
- 4) $1,2D + 1,2SDL + LL + E$

keterangan:

B = beban *berthing*

D = beban mati

E = beban gempa

Env = beban lingkungan

LL = beban hidup

M = beban *mooring*

SDL = beban mati tambahan

3.10 Struktur *Dolphin*

3.10.1 *Deck on Pile*

Analisis konstruksi pada struktur atas dermaga tipe *jetty* PT. XYZ Kota Cilegon ini menggunakan struktur *deck on pile*. Struktur *deck on pile* merupakan (*open type structure*) menggunakan serangkaian tiang pancang (*piles*) sebagai pondasi untuk lantai dermaga. Seluruh beban di lantai dermaga diterima sistem lantai dermaga dan tiang pancang tersebut. Bahan yang digunakan untuk struktur *deck on pile* adalah beton bertulang. Pada struktur *deck on pile* dikonstruksi *dolphin* ini menggunakan beton pracetak. Kemiringan tanah dibuat sesuai dengan kemiringan alaminya serta dilapisi dengan perkuatan (*revetment*) untuk mencegah tergerusnya tanah akibat gerakan air yang disebabkan oleh manuver kapal. Untuk menahan gaya lateral yang cukup besar akibat *berthing* dan *mooring* kapal, jika diperlukan dapat dilakukan pemasangan tiang pancang miring (Edianto & Ashury, 2019).

3.10.2 Pondasi

Pada struktur *dolphin* bagian bawah digunakan tiang pancang untuk menyalurkan beban permukaan ke dalam tanah. Tiang pancang dapat dipasang secara *single* maupun *group* dan bisa tertanam penuh atau tertanam sebagian. Pondasi tiang pancang digunakan apabila tanah pada kedalaman normal tidak mempunyai daya dukung (*bearing capacity*) yang cukup sehingga tidak mampu memikul berat bangunan dan bebannya, atau apabila tanah keras yang mempunyai daya dukung yang cukup untuk memikul berat bangunan dan bebannya terletak pada kedalaman yang sangat dalam (Hardiyatmo, 2002).

Parameter tanah yang berhubungan dengan kekuatan tanah dalam menopang dan menahan beban di atasnya disebut dengan daya dukung. Daya dukung tanah merupakan faktor terpenting dalam perencanaan pondasi serta perencanaan struktur bangunan di atasnya, daya dukung yang diharapkan untuk mendukung fondasi adalah daya dukung yang dapat menopang struktur tanpa mengalami penurunan (Santoso & Kawanda, 2022). Kapasitas daya dukung ultimit menyatakan tahanan geser tanah untuk melawan penurunan akibat pembebanan yaitu tahanan geser yang dapat dikerahkan oleh tanah disepanjang bidang-bidang gesernya (Hardiyatmo, 2011).

Pondasi tiang termasuk jenis pondasi dalam. Berikut merupakan langkah yang harus dilakukan dalam perencanaan pondasi tiang pancang :

a. Menentukan daya dukung aksial tiang

Daya dukung aksial tiang adalah beban izin yang dapat ditanggung oleh 1 buah tiang yang ditancapkan pada suatu lokasi dan pada kedalaman tertentu. Akibat momen yang besar dari struktur atas, tiang dapat mengalami gaya tarik ke atas. Daya dukung izin tiang ditinjau berdasarkan izin tekan dan kekuatan izin Tarik. Hal tersebut dipengaruhi oleh kondisi tanah dan kekuatan material tiang itu sendiri.

1) Daya dukung izin tekan

Analisis daya dukung izin tekan berdasarkan data N-SPT (Mayerhof) terhadap kekuatan tanah menggunakan formula sebagai berikut

$$Q_{utekan} = Q_p + Q_s \quad (3.25)$$

Keterangan :

Q_{utekan} = kapasitas daya dukung izin tekan tiang (ton)

Q_p = daya dukung ujung tiang (ton/m²)

Q_s = daya dukung selimut tiang (ton/m²)

2) Daya dukung izin tarik

Analisis daya dukung izin tarik berdasarkan data N-SPT (Mayerhof) terhadap kekuatan tanah menggunakan formula sebagai berikut

$$Q_{utarik} = 0,7 \times Q_s + W_p \quad (3.26)$$

Keterangan :

Q_{utarik} = kapasitas daya dukung izin tarik tiang (ton)

Q_s = daya dukung selimut tiang (ton/m²)

W_p = Berat tiang (ton/m²)

b. Menentukan jumlah kebutuhan tiang

Perhitungan jumlah tiang yang diperlukan pada suatu titik kolom menggunakan beban aksial dengan kombinasi beban DL + LL (beban tak terfaktor). Jumlah tiang yang diperlukan dihitung dengan membagi gaya aksial yang terjadi dengan daya dukung tiang.

$$np = \frac{P}{P_{all}} \quad (3.27)$$

Keterangan :

np = jumlah tiang

P = gaya aksial yang terjadi (ton)

P_{all} = daya dukung izin tekan tiang (ton)

c. Mengecek efisiensi dalam kelompok tiang

Daya dukung sebuah tiang yang berada pada suatu kelompok tiang akan berkurang. Hal ini disebabkan tanah di sekitar tiang terdesak oleh tiang lain. Pengurangan ini biasanya dinyatakan dalam suatu angka efisiensi. Agar daya dukung tersebut tidak berkurang, setidaknya dibutuhkan jarak $3 \times$ diameter antar tiang satu dengan lainnya. Hal ini tentu saja akan mengakibatkan pemborosan tempat. Agar optimal, biasanya diatur dengan jarak antara 2,3-3 $\times$ diameter tiang. Perhitungan efisiensi kelompok tiang berdasarkan rumus *Converse-Labbarre* dari *Uniform Building Code AASHTO* adalah sebagai berikut :

$$Eg = 1 - \Theta \times \frac{(n-1) \times 2 + (m-1) \times 2}{90 \times m \times n} \quad (3.27)$$

Keterangan :

Eg = efisiensi kelompok tiang

$\Theta = \arctan\left(\frac{D}{S}\right)$

D = ukuran penampang tiang (cm)

s = jarak antar tiang (as ke as) (cm)

m = jumlah tiang dalam 1 kolom (buah)

n = jumlah tiang dalam 1 baris (buah)

d. Menentukan nilai tegangan lentur tiang

Tegangan lentur merupakan tegangan sebanding dengan momen lentur dan berbanding terbalik dengan momen inersia penampang. Rumus tegangan lentur maksimum adalah sebagai berikut :

$$\sigma_l = \frac{P}{A} \pm \frac{M_x \times C_1}{I_x} \pm \frac{M_y \times C_2}{I_y} \quad (3.28)$$

Keterangan :

P = gaya aksial yang terjadi

A = luas penampang

M_x = momen yang bekerja tegak lurus sumbu x

M_y = momen yang bekerja tegak lurus sumbu y

C₁ = jarak tiang arah sumbu x terjauh

C₂ = jarak tiang arah sumbu y terjauh

I_x = momen inersia penampang x

I_y = momen inersia penampang y

3.11 Program SAP2000

Structure Analysis Program 2000 (SAP2000) merupakan salah satu program analisis struktur yang memiliki prinsip utama pemodelan struktur, eksekusi analisis dan pemeriksaan atau optimasi desain yang semuanya dilakukan dalam satu tampilan. Tampilan berupa model secara *real time* sehingga memudahkan pengguna untuk melakukan pemodelan secara menyeluruh dalam waktu singkat namun dengan hasil yang tepat (Simatupang, Sir, & Wadu, 2020).

ORIGINALITY REPORT

0%

SIMILARITY INDEX

0%

INTERNET SOURCES

0%

PUBLICATIONS

0%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

Exclude quotes On

Exclude bibliography On

Exclude matches < 35%

BAB_3_TA_27_FEBRUARI_2025-1740658900861

PAGE 1

PAGE 2

PAGE 3

PAGE 4

PAGE 5

PAGE 6

PAGE 7

PAGE 8

PAGE 9

PAGE 10

PAGE 11

PAGE 12

PAGE 13

PAGE 14

PAGE 15

PAGE 16

PAGE 17

PAGE 18

PAGE 19

PAGE 20

PAGE 21

PAGE 22

PAGE 23

PAGE 24

PAGE 25

PAGE 26

PAGE 27

PAGE 28

PAGE 29

PAGE 30

PAGE 31

PAGE 32

PAGE 33

PAGE 34

BAB_4_TA_27_Februari_2025- 1740658900867

by By Turnitin

Submission date: 27-Feb-2025 07:24PM (UTC+0700)

Submission ID: 2600219975

File name: BAB_4_TA_27_Februari_2025-1740658900867.pdf (220.09K)

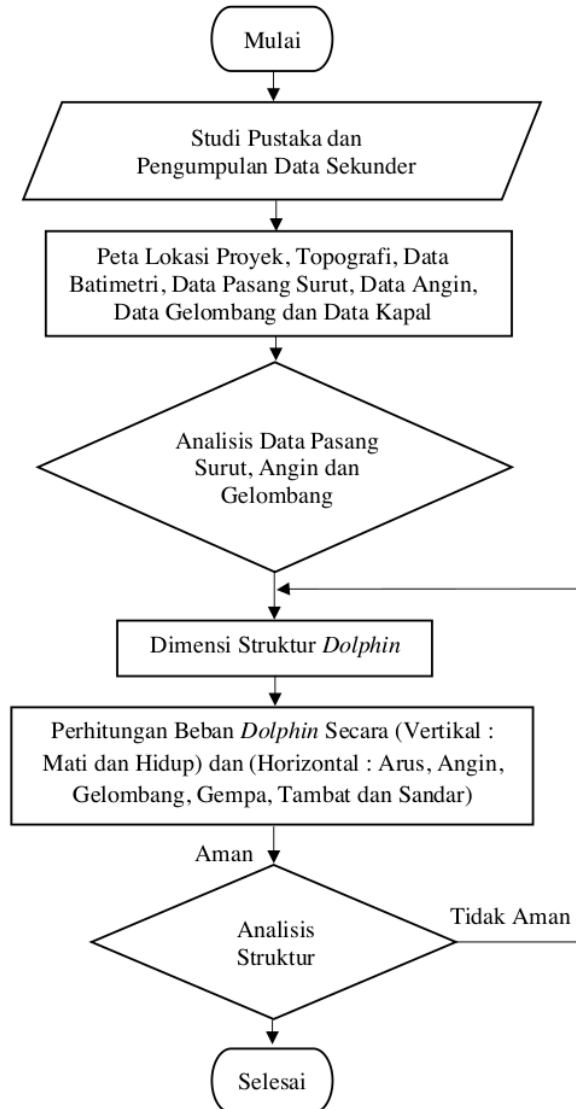
Word count: 783

Character count: 4228

BAB 4 METODE PENELITIAN

4.1 Prosedur Penelitian

Sebagai langkah awal dalam penelitian diperlukan langkah-langkah sistematis yang secara garis besar digambarkan dalam diagram alir penelitian di bawah ini.

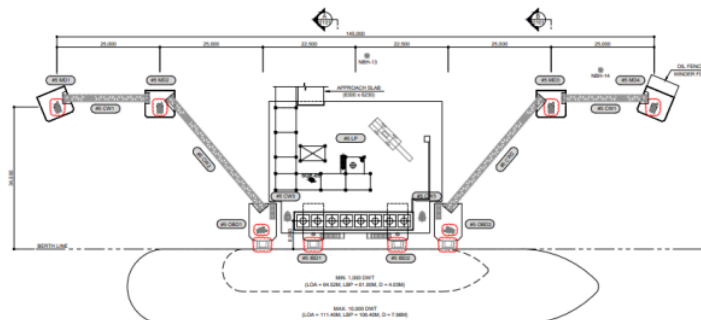


Gambar 4.1 Bagan Alir Penelitian

(Sumber: Analisa Penulis, 2025)

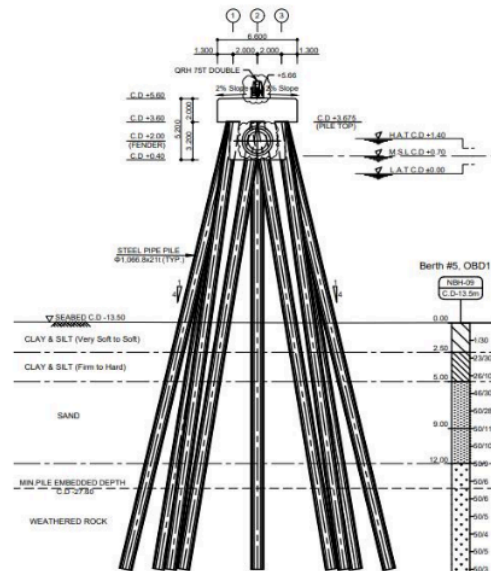
4.2 Lokasi Penelitian

Lokasi dari analisis struktur *breasting dolphin* dan *mooring dolphin* untuk kapal tanker 10.000 DWT ini adalah di area PT. XYZ Kota Cilegon, Banten. Dengan lokasi geografis Kota Cilegon di 105°54'05"E sampai 106°05'11"E dan 5°52'24"N sampai 6°04'07"N, sedangkan lokasi geografis pembangunan dermaga pada 5°58'18"N, 105°59'09"E. Pada Gambar 4.2 menunjukkan layout perencanaan pembangunan dermaga *berth* #5 PT. XYZ Kota Cilegon dan Gambar 4.3 dan Gambar 4.4 menunjukkan struktur *dolphin* dermaga *jetty* PT. XYZ Kota Cilegon.



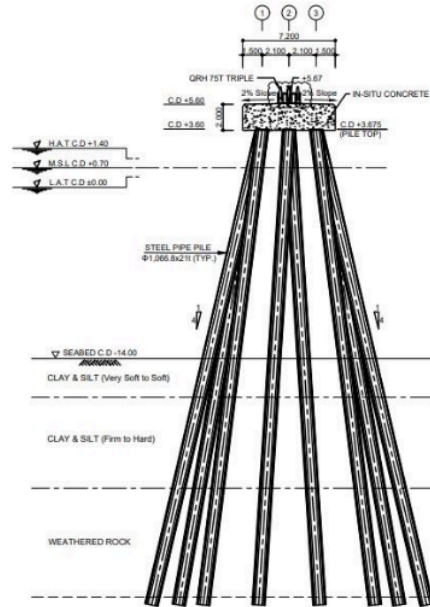
Gambar 4.2 Layout Perencanaan Dermaga *Berth* 5 Jetty PT. XYZ

(Sumber: Data Perencanaan Proyek PT. XYZ, 2025)



Gambar 4.3 Struktur *Breasting Dolphin* Dermaga *Jetty* PT. XYZ

(Sumber: Data Perencanaan Proyek PT. XYZ, 2025)



Gambar 4.4 Struktur *Mooring Dolphin Jetty* PT. XYZ

(Sumber: Data Perencanaan Proyek PT. XYZ, 2025)

4.3 Data

Data dalam penelitian ini berupa data sekunder. Berikut merupakan sumber perolehan data sekunder :

- Data batimetri dan topografi (perencanaan proyek PT. XYZ)
- Data kapal (perencanaan proyek PT. XYZ)
- Data arus (perencanaan proyek PT. XYZ)
- Data karakteristik tanah (perencanaan proyek PT. XYZ)
- Data pasang surut (Badan Informasi Geospasial)
- Data angin dan data gelombang (BMKG wilayah Kota Serang)

4.4 Alat

Pada saat dilaksanakannya penelitian, diperlukan beberapa alat yang menunjang jalannya penelitian. Alat pada penelitian ini terdiri dari :

- SAP2000 versi 14, (*Structure Analysis Program*) sebagai alat bantu menganalisis beban struktur *breasting dolphin* dan *mooring dolphin*.
- AutoCAD sebagai alat bantu mendesain detail ukuran serta bentuk *breasting dolphin* dan *mooring dolphin*.

- c. *Microsoft office* 2019, dalam analisis data dan perhitungan dibantu dengan program *microsoft excel* 2019 dan *microsoft word* 2019 dalam menulis laporan.
- d. *WRPLOT view-freeware* sebagai alat bantu dalam menganalisis *windrose*.

4.5 Variabel Penelitian

Penelitian ini bertipe penelitian kuantitatif, sehingga variabel yang muncul dalam penelitian mengenai Analisis Struktur *Breasting Dolphin* dan *Mooring Dolphin* Untuk Kapal Tanker 10.000 DWT, antara lain :

- a. Variabel Bebas / Variabel Independen

Menurut Chandra Christalisana (2018) dalam jurnal (Septyani & Henri, 2021), variabel bebas adalah variabel yang memberikan pengaruh atau menjadi penyebab timbulnya variabel terikat. Variabel bebas dalam penelitian ini yaitu:

- 1) Peta lokasi, topografi dan data batimetri
- 2) Data pasang surut, angin dan gelombang
- 3) Data kapal
- 4) Data karakteristik tanah (N-SPT)

- b. Variabel Terikat / Variabel Dependen

Menurut Chandra Christalisana (2018) dalam jurnal (Septyani & Henri, 2021), variabel terikat adalah variabel yang dipengaruhi dan menjadi akibat dari variabel bebas. Variabel terikat dalam penelitian ini yaitu:

- 1) Data lokasi proyek
- 2) Permasalahan yang dihadapi di lokasi proyek

4.6 Metode Analisis Data

Metode yang digunakan dalam menganalisa analisis struktur *breasting dolphin* dan *mooring dolphin* untuk kapal tanker 10.000 DWT adalah sebagai berikut :

- a. Analisa data pasang surut menggunakan Metode *Admiralty* 29 Piantan
- b. Analisa data angin menggunakan metode *WRPLOT*
- c. Analisa data tanah menggunakan N-SPT
- d. Desain detail ukuran serta bentuk *breasting dolphin* dan *mooring dolphin* menggunakan *software AutoCAD*
- e. Analisa struktur *breasting dolphin* dan *mooring dolphin* menggunakan *software SAP2000*

Penelitian ini dilaksanakan sesuai dengan jadwal yang telah dibuat oleh penulis sebagai berikut :

Keterangan:
 Rencana
 Realisasi

(Sumber: Analisa Penulis, 2025)

ORIGINALITY REPORT

0%

SIMILARITY INDEX

0%

INTERNET SOURCES

0%

PUBLICATIONS

0%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

Exclude quotes On

Exclude bibliography On

Exclude matches < 35%

BAB_4_TA_27_Februari_2025-1740658900867

PAGE 1

PAGE 2

PAGE 3

PAGE 4

PAGE 5

BAB_5_TA_27_FEBRUARI_2025- 1740658900867

by By Turnitin

Submission date: 27-Feb-2025 07:23PM (UTC+0700)

Submission ID: 2600220927

File name: BAB_5_TA_27_FEBRUARI_2025-1740658900867.pdf (4.14M)

Word count: 13167

Character count: 58825

BAB 5

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil Analisis Data

Diperlukan pengumpulan data dan analisis mengenai analisis struktur *breasting dolphin* dan *mooring dolphin* untuk kapal tanker 10.000 DWT ini. Data-data yang digunakan diantaranya, peta batimetri, data pasang surut, data arus, data angin, data tanah dan data kapal. Data-data yang telah disebutkan didapat dari berbagai sumber. Selanjutnya, data-data yang diperoleh dari hasil penelitian kemudian dianalisis dengan langkah-langkah berikut :

a. Data Peta Batimetri

Dalam menganalisa struktur *dolphin*, peta batimetri digunakan untuk menentukan elevasi struktur *dolphin* secara tepat. Selain itu, peta batimetri ini dapat digunakan untuk memperkirakan kedalaman perairan laut yang aman bagi kapal. Peta batimetri yang digunakan merupakan peta pembangunan dermaga *jetty* wilayah perairan PT. XYZ Kota Cilegon tahun 2022. Peta ini merupakan peta yang digunakan khusus untuk perencanaan dermaga *jetty* yang didapat dari sub kontraktor yang bersangkutan. Dari data yang didapat terlihat bahwa kondisi kedalaman perairan sekitar dermaga kapal tanker di Kota Cilegon, pada bagian *dolphin* memiliki kedalaman sekitar -12,89 m mLWS. Peta batimetri dapat dilihat pada Gambar 5.1 dengan koordinat 5°58'18"N, 105°59'09"E.

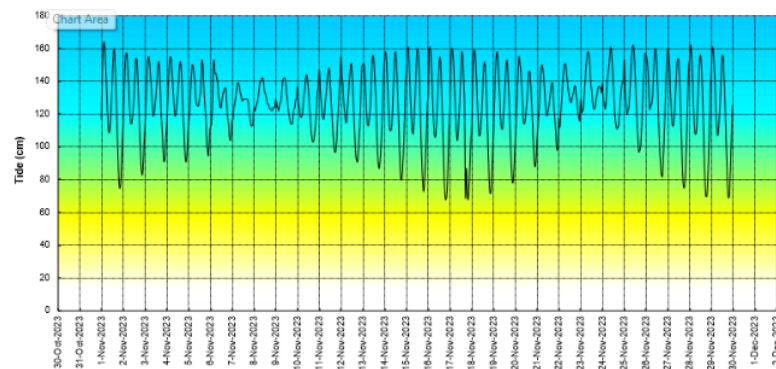


Gambar 5.1 Peta Batimetri Pembangunan Dermaga *Jetty* PT. XYZ

(Sumber: Data Perencanaan Proyek PT. XYZ, 2025)

b. Data Pasang Surut

Data pasang surut digunakan sebagai acuan untuk penetapan elevasi kontur tanah dan elevasi seluruh bangunan, sehingga kondisi kedalaman perairan dan elevasi posisi kering dari struktur struktur dermaga dapat ditentukan. Data pasang surut ini didapat dari Badan Informasi Geospasial (BIG) di stasiun pelabuhan PT. PELINDO cabang Banten. Pengukuran dilakukan selama 30 hari (01 November 2023 – 30 November 2023). Untuk mengetahui pasang surut periode berikutnya maka dilakukan analisis dengan menggunakan metode *admiralty* 29 Piantan. Berikut merupakan hasil analisis yang dapat dilihat pada Gambar 5.2.



Gambar 5.2 Grafik Pasang Surut Bulan November 2023

(Sumber: Analisa Penulis, 2025)

Hasil perhitungan berdasarkan formula Surimiharja (1997) dapat dilihat pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Hasil Perhitungan Elevasi Pasang Surut Berdasarkan Formula Surimiharja (1997)

Water Level Compone	Tides Components									
	S ₀	M ₂	S ₂	N ₂	K ₁	O ₁	M ₄	MS ₄	K ₂	P ₁
A (cm)	70,00	26,11	18,40	3,04	10,61	4,89	0,56	0,36	4,35	1,84
g°	0	311,89	25,7	625,78	636,55	241,29	466,07	219,32	25,7	636,55
MSL	70 cm		0,70 m		Mean Sea Level					
HAT	140 cm		1,40 m		Highest Astronomical Tide					
MHWL	130 cm		1,30 m		Mean High Water Level					
MLWL	9 cm		0,09 m		Mean Low Water Level					
LAT	0 cm		0,00 m		Lowest Astronomical Tide					

(Sumber: Data Perencanaan Proyek PT. XYZ, 2025)

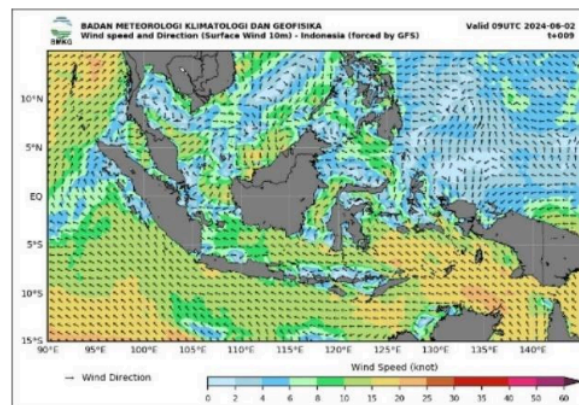
Berdasarkan analisis harmonik metode *admiralty* 29 Piantan dapat ditentukan kondisi muka air laut dari masing-masing kondisi pasang surut. Dengan mengambil LAT sebagai titik nol, maka dapat ditentukan bahwa :

- 1) Tipe pasang surut pada Lokasi ini adalah campuran dominan semi diurnal
- 2) Elevasi *Mean High Water Level* (MHWL) pada + 1,30 m mLWS
- 3) Elavasi *Mean Sea Level* (MSL) pada + 0,70 m mLWS
- 4) Elevasi *Highest Astronomical Tide* (HAT) pada $\pm 1,40$ m mLWS

c. Data Arus

Pada umumnya arus yang terjadi di sepanjang pantai disebabkan oleh perbedaan muka air pasang surut antara satu lokasi dengan lokasi yang lain, sehingga perilaku arus dipengaruhi pola pasang surut. Berdasarkan data arus yang diperoleh dari web BMKG untuk lokasi pembangunan *jetty* PT. XYZ Kota Cilegon pada bulan Juni 2025 dapat diketahui bahwa :

- 1) Kecepatan arus berkisar antara 0,5 – 1,2 m/s.
- 2) Arah arus dominan pada lokasi perencanaan mengarah dari barat daya menuju ke barat laut.
- 3) Kecepatan arus di lokasi perencanaan relatif kecil karena berada diperairan yang tertutup pulau.
- 4) Arus tidak mengganggu manuver kapal karena tidak terjadi *cross current* dan kecepatan arus juga tidak melebihi kecepatan maksimum yang diizinkan yakni 3 knot (1,5 m/s).



Gambar 5.3 Arah Arus Bulan Juni 2024

(Sumber: Data Analisa BMKG, 2025)

d. Data Angin dan Gelombang

Informasi tentang arah dan kecepatan angin sangat diperlukan dalam mempelajari proses pantai. Angin merupakan unsur pembentuk gelombang yang paling dominan. Dengan adanya angin, permukaan air laut yang tenang akan mengalami gangguan pada permukaannya sehingga menimbulkan gelombang. Data angin yang digunakan diukur dalam periode 3 jam perhari selama 5 tahun (tahun 2019 – 2023). Data ini didapatkan dari BMKG Stasiun Meteorologi Maritim Kelas I Merak. Koordinat lokasi data angin 5°58'18"N, 105°59'09"E.



Gambar 5.4 Windrose Perairan Kota Cilong

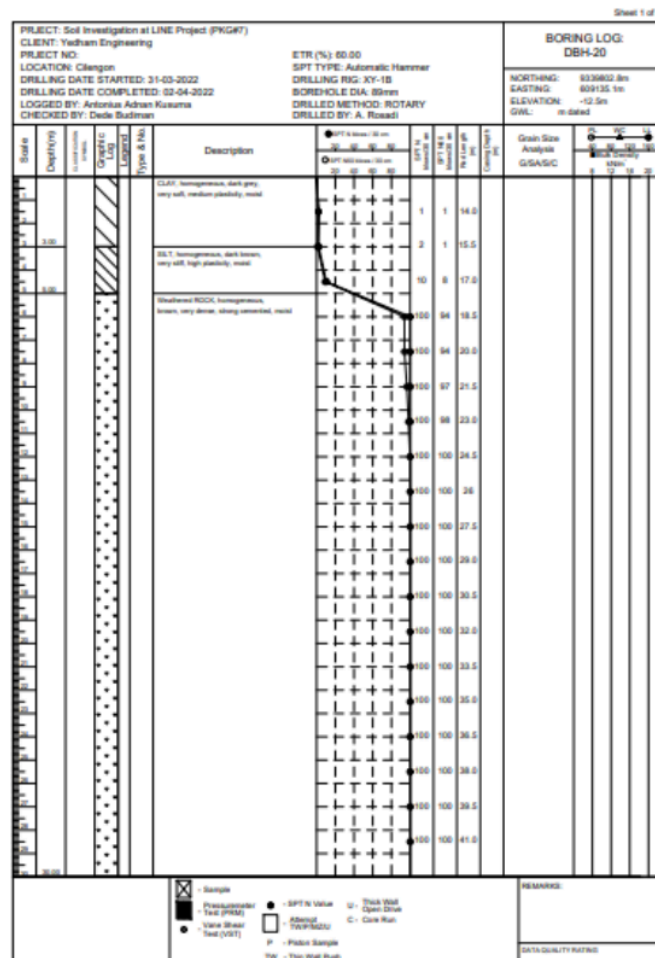
(Sumber: Data Analisa BMKG, 2025)

Berdasarkan data yang diolah menggunakan *software* WRPLOT yaitu data kecepatan rata-rata angin dan arah angin terbanyak pada tahun 2019-2023 diketahui bahwa angin dominan bertiup dari arah barat - barat daya (WSW) dengan kecepatan 12,2 – 45 m/s. Kecepatan tersebut dihitung berdasarkan kecepatan rata-rata angin dan arah angin dominan tiap bulan selama 5 tahun oleh stasiun BMKG yang berada di wilayah Serang.

Data gelombang yang diperoleh berupa data kecepatan rata-rata angin dan arah angin terbanyak pada tahun 2019-2023 yang telah diolah oleh BMKG Stasiun Meteorologi Maritim Kelas I Merak, untuk tinggi gelombang maksimum sebesar 2,8 m dengan periode gelombang 16,4 s dan tinggi rerata gelombang sebesar 0,98 m dengan periode gelombang 8 s.

e. Data Tanah

Data penyelidikan tanah sangat diperlukan khususnya untuk perencanaan struktur, baik untuk struktur bangunan bawah (tiang pancang), jalan atau area terbuka lain. Untuk perencanaan struktur tiang pancang, analisa data tanah dilakukan untuk mendapatkan daya dukung izin terhadap kedalaman tiang pancang. Data tanah yang dipergunakan diperoleh dari pekerjaan *soil investigation* oleh sub kontraktor di lokasi pembangunan dermaga PT. XYZ Kota Cilegon. Data yang digunakan adalah data pada titik DBH-20 koordinat 0°04'31.30"N 117°28'56.10"E yang dapat dilihat pada Gambar 5.5.



Gambar 5.5 Hasil *Bore Log* dan SPT Tanah

(Sumber: Data Perencanaan Proyek PT. XYZ, 2025)

Berdasarkan hasil pengeboran di lapangan didapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 5.2 Data Hasil Pengeboran N-SPT

Lapis ke-i	D	Tebal lapisan (di)	N-SPT	di/N
1	0	0	0	0
2	1,5	1,5	1	1,500
3	3	1,5	2	0,750
4	4,5	1,5	8	0,188
5	6	1,5	94	0,016
6	7,5	1,5	94	0,016
7	9	1,5	97	0,015
8	10,5	1,5	98	0,015
9	12	1,5	100	0,015
10	13,5	1,5	100	0,015
11	15	1,5	100	0,015
12	16,5	1,5	100	0,015
13	18	1,5	100	0,015
14	19,5	1,5	100	0,015
15	21	1,5	100	0,015
16	22,5	1,5	100	0,015
17	24	1,5	100	0,015
18	25,5	1,5	100	0,015
19	27	1,5	100	0,015
20	28,5	1,5	100	0,015
Σ		28,5		2,680
Maka		10,63359459	SE (Tanah Lunak)	

(Sumber: Analisa Penulis, 2025)

$$N = \frac{\sum_{i=1}^n di}{\sum_{i=1}^n \frac{di}{ni}} = \frac{28,5}{2,680} = 10,634$$

Tabel 5.3 Klasifikasi Situs

Kelas situs	$\bar{V}_s$ (m/detik)	$\bar{N}$ atau $\bar{N}_{sa}$	$\bar{\sigma}_v$ (kPa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	≥ 100
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (tanah lunak)	< 175	<15	< 50
Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$, 2. Kadar air, $w \geq 40\%$, 3. Kuat geser niralir $\bar{s}_u < 25$ kPa			
SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti 0)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah - Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3$ m)		

(Sumber: SNI 1726-2019)

Dari data diatas dapat disimpulkan bahwa tanah tersebut termasuk kategori tanah lunak karena N sebesar $10,634 < 15$.

f. Data Kapal

Tabel 5.4 Dimensi Kapal Tanker

No	DWT (t)	Displacement (m)	LOA (m)	LBP (m)	Breadth (m)	Depth (m)	Draft (m)
1.	120.000	137,520	250	239	44	21	15,23
2.	80.000	90,305	228	219	32,3	20,69	14,52
3.	50.000	60,553	183,21	174	32,2	18,8	13,03
4.	10.000	12,185	114,40	107,2	18,2	10	7,98
5.	8.000	11,347	113	105,4	18,2	9,6	7,62
6.	5.000	5,774	89,96	85	14,6	7,55	6,24
7.	3.000	4,070	84,35	78,5	13	6,20	5,45
8.	1.000	1,788	64,52	61	10,3	4,5	4,03

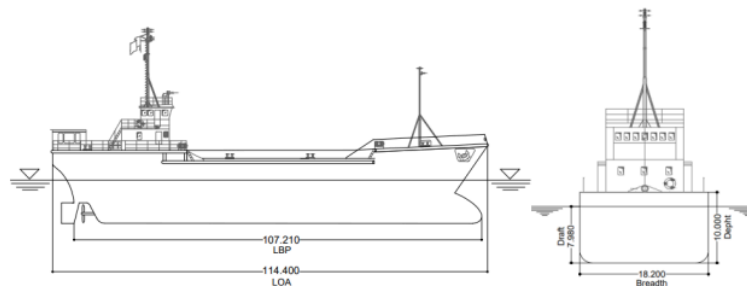
(Sumber: Data Perencanaan Proyek PT. XYZ, 2025)

Kapal tanker dengan kapasitas 10.000 DWT merupakan kapal rencana yang akan digunakan untuk perencanaan bangunan dermaga ini. Kapal tanker merupakan kapal yang dirancang untuk mengangkut minyak atau produk turunannya. Dimensi pada kapal tanker 10.000 DWT dapat dilihat pada Tabel 5.5 dan Gambar 5.6.

Tabel 5.5 Dimensi Kapal Tanker 10.000 DWT

Dead Weight Tonnage (DWT)	10.000	ton
Length Over All (LOA)	114,4	m
Length Between Perpendicular (LBP)	107,2	m
Breadth (B)	18,2	m
Depth (d)	10	m
Draft (D)	7,98	m

(Sumber: Data Perencanaan Proyek PT. XYZ, 2025)



Gambar 5.6 Dimensi Kapal Tanker 10.000 DWT

(Sumber: Analisa Penulis, 2025)

5.2 Pedoman yang Digunakan

Dalam analisis struktur *breasting dolphin* dan *mooring dolphin* untuk kapal tanker 10.000 DWT ini, peraturan dan acuan yang digunakan diantaranya:

- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 61 Tahun 2009 Tentang Kepelabuhanan.
- Standar Nasional Indonesia 03-1726-2019 Tentang Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung. Digunakan untuk perhitungan beban gempa.
- Buku Perencanaan Pelabuhan, Bambang Triatmodjo 2009. Digunakan untuk perhitungan gaya yang terjadi dan kombinasi pembebanan pada struktur *Dolphin*.
- Technical Standards and Commentaries for Port and Harbour Facilities in Japan 2002*, *The Overseas Coastal Area Development Institute of Japan* (OCDI). Digunakan untuk perencanaan *layout* perairan dan daratan.
- Guidelines for the Design of Fenders Systems 2002*, *Permanent International Association of Navigation Congresses* (PIANC). Digunakan untuk perhitungan energi yang terjadi pada *fender*.

5.3 Kedalaman Alur Pelayaran

Alur pelayaran berfungsi sebagai jalan masuk dan keluar kapal dari dan menuju dermaga.

Diketahui :

- | | |
|---|--|
| a. Bobot Kapal (DWT) | = 10.000 ton |
| b. Berat Total Kapal (W_t) | $= \alpha \times (DWT)^\beta$
$= 2,028 \times (10.000)^{0,954}$
$= 13276,02 \text{ ton}$ |
| c. Panjang Kapal (L_{OA}) | = 114,4 m |
| d. <i>Length Between Perpendicular</i> (L_{BP}) | $= 0,852 \times L_{OA}^{1,0201}$
$= 107,2 \text{ m}$ |
| e. Lebar Kapal (B) | = 18,2 m |
| f. <i>Draft</i> (d) | = 7,98 m |
| g. Sudut merapat (Φ) | = 10° |
| h. Gravitasi Bumi | = $9,81 \text{ m/det}^2$ |

$$\begin{aligned}
 \text{i. Kedalaman Air (h)} &= 1,1 \times d \\
 &= 1,1 \times 7,98 \\
 &= 8,78 \text{ m dibulatkan menjadi 9 m}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan data yang diperoleh, persamaan yang digunakan untuk mendapatkan kedalaman alur ideal adalah :

$$H = D + G + z + R$$

Dimana :

$$\begin{aligned}
 1) D &= \text{draft kapal} \\
 &= 7,98 \text{ m} \\
 2) G &= \text{gerakan vertikal kapal karena gelombang} \\
 &= 0,5 \times B \times \sin \alpha \\
 &= 0,5 \times 18,2 \times \sin 10^\circ \\
 &= 1,5802 \text{ m} \\
 3) z &= \text{squat} \\
 &= 2,4 \times \frac{\Delta \times Fr^2}{L_{pp}^2 \times \sqrt{(1-Fr^2)}}
 \end{aligned}$$

Dengan :

$$\begin{aligned}
 \Delta &= d \times L_{pp} \times B \\
 &= 7,98 \times 107,2 \times 18,2 \\
 &= 15570,92 \text{ m}^3 \\
 Fr &= \text{angka Fraude} \\
 &= \frac{V}{\sqrt{g \times h}} \\
 &= \frac{0,15}{\sqrt{9,81 \times 9}} \\
 &= 0,0160
 \end{aligned}$$

Maka,

$$\begin{aligned}
 z &= 2,4 \times \frac{\Delta}{L_{pp}^2} \times \frac{Fr^2}{\sqrt{(1-Fr^2)}} \\
 &= 2,4 \times \frac{15570,92}{107,2^2} \times \frac{0,0160^2}{\sqrt{(1-0,0160^2)}} \\
 &= 0,00083 \text{ m} \\
 4) R &= \text{ruang kebebasan bersih}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= 0,2 \times d \\
&= 0,2 \times 7,98 \\
&= 1,596 \text{ m}
\end{aligned}$$

Sehingga,

$$\begin{aligned}
H &= d + G + z + R \\
&= 7,98 + 1,5802 + 0,00083 + 1,596 \\
&= 11,157 \text{ m}
\end{aligned}$$

Dari perhitungan kedalaman alur pelayaran untuk kapal tanker 10.000 DWT didapat kedalaman sebesar 11,157 m dan dikatakan aman karena data batimetri kondisi kedalaman perairan disekitar dermaga kapal tanker memiliki kedalaman sekitar 12,89 m mLWS.

Tabel 5.6 menunjukkan dimensi dermaga yang didapat dari subkontraktor Perencanaan Dermaga *Berth 5 Jetty* PT. XYZ.

Tabel 5.6 Dimensi Dermaga *Berth 5 Jetty* PT. XYZ

Dimensi	Nilai (m)
Panjang Dermaga	145
Lebar Dermaga	34,5
Kedalaman Dermaga	12,89
Elevasi <i>Dolphin</i>	5,6

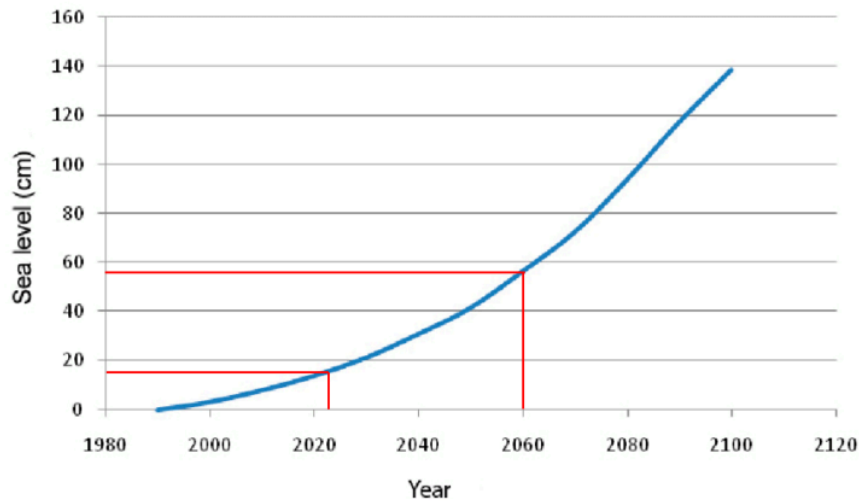
(Sumber: Data Perencanaan Proyek PT. XYZ, 2025)

5.4 Elevasi Dermaga

Elevasi dermaga didapat dari hasil perhitungan pasang surut (MHWL) ditambah tinggi gelombang yang terjadi akibat angin dan tinggi jagaan (0,5 m). Dari hasil perhitungan didapat elevasi dermaga :

Diketahui :

- a. *Mean High Water Level* (MHWL) = 1,3 m
- b. Tinggi gelombang = 2,8 m
- c. Tinggi jagaan = 0,5 m
- d. *Sea Level Rise* (SLR) 2025 = 0,18 m
- e. *Sea Level Rise* (SLR) 2050 = 0,58 m
- f. Total *Sea Level Rise* (SLR) = 0,58 – 0,18
= 0,40 m



Gambar 5.7 Grafik *Sea Level Rise*

(Sumber: Analisa Penulis, 2025)

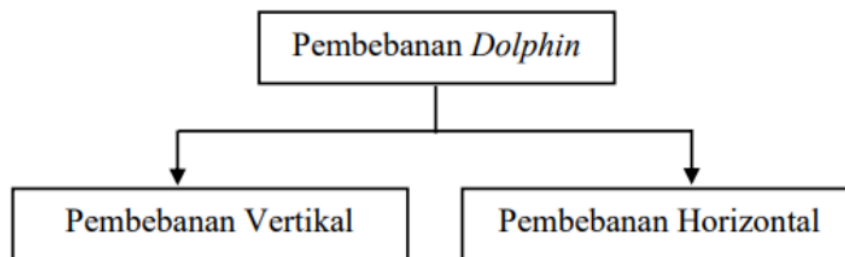
Penyelesaian :

$$\begin{aligned}
 \text{Elevasi dermaga} &= \text{MHWL} + \text{Tinggi gelombang} + \text{Tinggi jagaan} + \text{SLR} \\
 &= 1,3 + 2,8 + 0,5 + 0,4 \\
 &= 5 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan elevasi dermaga didapat sebesar 5 m dan dikatakan aman karena data *layout* kondisi struktur *breasting dolphin* dan *mooring dolphin* dermaga *jetty* untuk kapal tanker 10.000 DWT memiliki ketinggian sekitar 5,67 m.

5.5 Perhitungan Pembebanan *Dolphin*

Pada perhitungan pembebanan struktur *dolphin* terdiri dari pembebanan vertikal dan pembebanan horizontal.

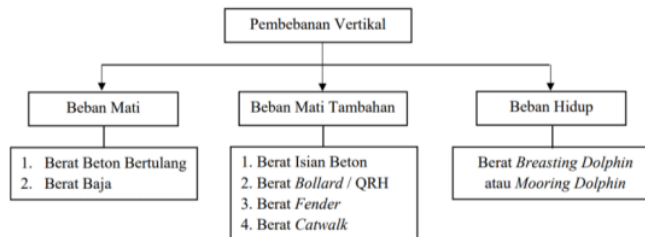


Gambar 5.8 Flowchart Pembebanan Struktur *Dolphin*

(Sumber: Analisa Penulis, 2025)

5.5.1 Pembebanan Vertikal

Pembebanan vertikal merupakan pembebanan yang arahnya tegak lurus bidang horizontal yang terdiri dari :



Gambar 5.9 Flowchart Pembebanan Vertikal Struktur *Dolphin*

(Sumber: Analisa Penulis, 2025)

Struktur *breasting dolphin* menggunakan gaya-gaya atau pembebanan diatas. Sedangkan, struktur *mooring dolphin* tidak terdapat beban mati tambahan untuk beban *fender*.

a. Berat mati

Beban mati yang diperhitungkan dalam analisis desain adalah beban berat sendiri struktur. Dimana berat struktur terdiri dari berat jenis material baja dan beton sebagai berikut :

- 1) Berat Beton Bertulang = 2,400 kg/m³
- 2) Berat Baja = 7,850 kg/m³

b. Beban mati tambahan

Beban mati tambahan yang diperhitungkan dalam analisis desain adalah beban *equipment* yang bersifat permanen sebagai berikut :

1) Berat Isian Beton

$$\begin{aligned}
 \text{Tebal Tiang} &= 21,00 \text{ mm} \\
 \text{Tinggi Isian Beton} &= 1,50 \text{ m} \\
 \text{Diameter Luar} &= 1066,8 \text{ mm} \\
 \text{Diameter Dalam} &= \text{Diameter luar} - (\text{Tebal tiang} \times 2) \\
 &= 1066,8 - (21,00 \times 2) \\
 &= 1024,8 \text{ mm} \\
 \text{Area} &= 0,25 \times \pi \times \text{Diameter dalam}^2 \\
 &= 0,25 \times 3,14 \times 1024,8 \\
 &= 0,82 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume} &= \text{Area} \times \text{Tinggi Infill Concrete} \\
 &= 0,82 \times 1,50 \\
 &= 1,24 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

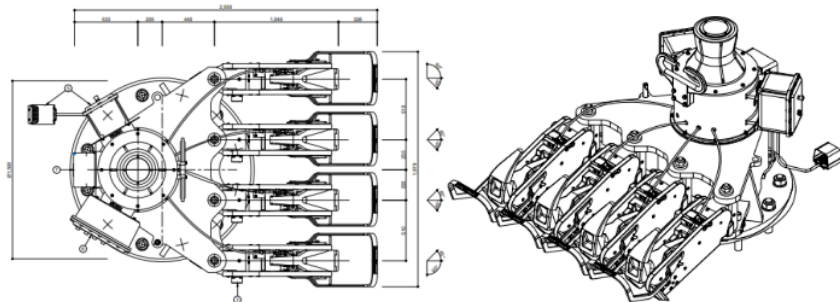
$$\begin{aligned}
 \text{Beban Isian Beton} &= \text{Volume} \times \text{Berat Beton Bertulang} \\
 &= 1,24 \times 2,4 \\
 &= 2,97 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

2) *Quick Release Hook dan Bollard*

a) *Quick Release Hook*

Berikut merupakan tipe *Quick Release Hook* yang digunakan :

Quick Release Hook 75T Triple



Gambar 5.10 *Quick Release Hook 75T Triple*

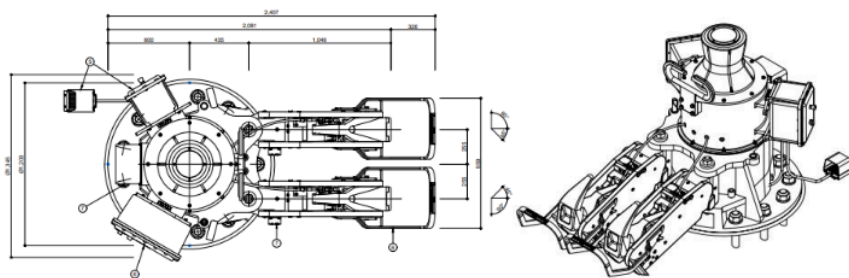
(Sumber: Data Perencanaan Proyek PT. XYZ, 2025)

$$W_{QRHTriple} = 3,3 \text{ ton}$$

$$\text{Kapasita}_{QRHTriple} = 225 \text{ ton}$$

QRH 75T Triple ini digunakan pada bangunan *Mooring Dolphin*.

Quick Release Hook 75T Double



Gambar 5.11 *Quick Release Hook 75T Double*

(Sumber: Data Perencanaan Proyek PT. XYZ, 2025)

$$W_{QRHDouble} = 2,4 \text{ ton}$$

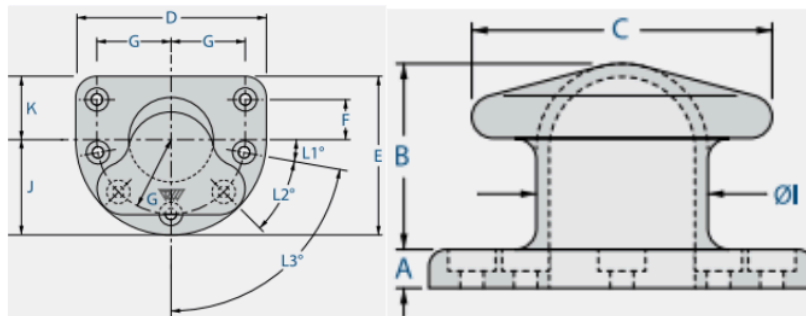
$$Kapasita_{QRHDouble} = 150 \text{ ton}$$

QRH 75T Triple ini digunakan pada bangunan *Breasting Dolphin*.

b) *Bollard*

Berat *Bollard* dihitung berdasarkan volume *Bollard* dan massa jenisnya.

Volume perhitungan dibagi menjadi dua bagian yaitu bagian badan *Bollard* dan sambungan *Bollard*. Sehingga, perhitungan volume *Bollard* dapat dihitung sebagai berikut :



Gambar 5.12 Tee Bollard

(Sumber: Data Perencanaan Proyek PT. XYZ, 2025)

Tabel 5.7 Dimensi Tee Bollard

DIMENSION	BOLLARD CAPACITY (tons)											
	10	15	22.5	30	50	80	100	125	150	200	250	300
A	32	40	40	40	50	70	80	80	90	90	120	155
B	205	235	255	255	350	380	410	410	435	500	610	670
C	220	340	350	350	500	550	600	600	700	800	930	980
D	216	410	430	450	640	640	790	850	900	1000	1090	1200
E	236	335	355	375	540	550	640	700	750	850	915	925
F	75	80	90	100	150	160	175	175	200	225	250	200
G	65	155	165	175	250	250	325	325	350	375	425	475
ØI	120	160	180	200	260	280	350	350	400	450	500	500
J	118	205	215	225	320	320	395	425	450	500	545	600
K	118	130	140	150	220	230	245	275	300	350	370	325
L1°	-	30°	30°	30°	30°	15°	10°	10°	10°	-	5°	23°
L2°	-	-	-	-	-	45°	40°	40°	40°	36°	34°	26°
L3°	-	60°	60°	60°	60°	-	80°	80°	80°	72°	68°	52°
Bolts	M20	M24	M30	M30	M36	M42	M42	M48	M48	M56	M64	M64
Bolt Length	450	500	500	500	500	800	800	900	1000	1000	1375	1550
P	47	55	55	55	65	85	95	95	105	105	135	170
Quantity	4	5	5	5	5	6	7	7	7	8	8	10

P = bollard base recess mounting depth including grout [units: mm]

(Sumber: Brosur Trelleborg, 2025)

$$\begin{aligned}
 V_B &= V_S + V_F \\
 &= \left(\frac{1}{2} \pi \phi^2 \times B\right) + (D \times E \times A) \\
 &= \left(\frac{1}{2} \pi 0,26^2 \times 0,35\right) + (0,64 \times 0,54 \times 0,05) \\
 &= 0,05445 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Setelah mendapatkan nilai volume *Tee Bollard*, selanjutnya dapat dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai beban mati *Tee Bollard* menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 W_B &= \rho_{QRH} \times g \times V_B \\
 &= 7850 \times 9,81 \times 0,05445 \\
 &= 4192,73 \text{ kg/m}^3 \\
 &= 4192,73 \times 0,0011 \\
 &= 4,612 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

3) *SCN Fender*

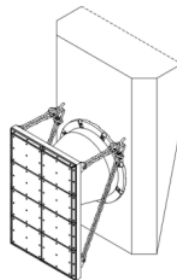
Nilai berat *fender* dapat dilihat pada tabel brosur pemilihan jenis *fender* milik fentek. Berikut merupakan tipe *SCN fender* yang digunakan :

a) *SCN fender 1600*

$$\begin{aligned}
 W_{F1600} &= 4645 \text{ kg/m}^3 \\
 &= 4645 \times 0,0011 \\
 &= 5,1095 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

b) *SCN fender 1800*

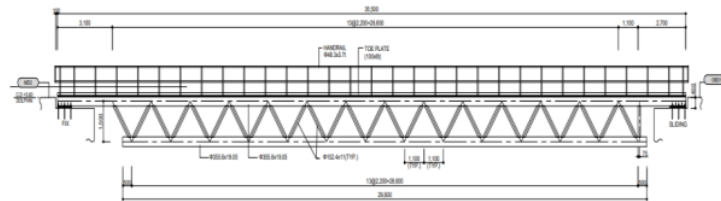
$$\begin{aligned}
 W_{F1800} &= 6618 \text{ kg/m}^3 \\
 &= 6618 \times 0,0011 \\
 &= 7,2798 \text{ ton}
 \end{aligned}$$



Gambar 5.13 *SCN fender 1600*

(Sumber: Data Perencanaan Proyek PT. XYZ, 2025)

4) Catwalk



Gambar 5.14 Catwalk

(Sumber: Data Perencanaan Proyek PT. XYZ, 2025)

a) Handrail

$$\begin{aligned}
 \text{Tebal} &= 3,7 \text{ mm} \\
 \text{Diameter Luar} &= 48,3 \text{ mm} \\
 \text{Diameter Dalam} &= \text{Diameter luar} - (\text{Tebal} \times 2) \\
 &= 48,3 - (3,7 \times 2) \\
 &= 40,9 \text{ mm} \\
 \text{Area} &= (0,25 \times \pi \times \text{Diameter luar}^2) - (0,25 \times \pi \times \text{Diameter dalam}^2) \\
 &= (0,25 \times 3,14 \times 48,3^2) - (0,25 \times 3,14 \times 40,9^2) \\
 &= 518,43 \text{ mm}^2 \\
 \text{Panjang Catwalk} &= 3400 \text{ mm} \\
 \text{Volume} &= \text{Area} \times \text{Panjang Catwalk} \\
 &= 518,43 \times 3400 \\
 &= 1762647,11 \text{ mm}^3 \\
 \text{Berat Total} &= \text{Volume} \times \text{Berat Jenis Baja} \\
 &= \frac{1762647,11}{100000000} \times 7,85 \\
 &= 0,14 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

b) Grating

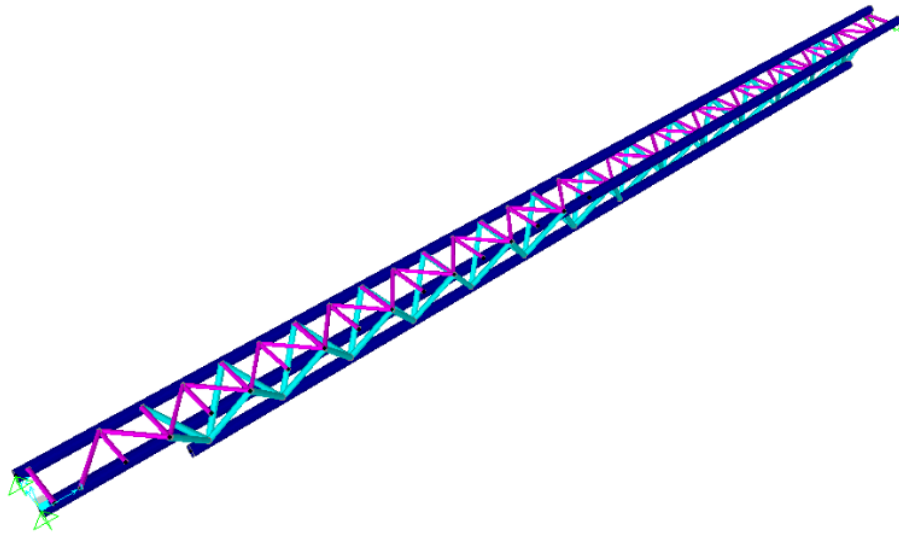
$$\begin{aligned}
 \text{Lebar catwalk} &= 1,4 \text{ m} \\
 \text{Beban grating} &= 0,5 \text{ m}^2 \\
 \text{Beban tributary} &= \frac{\text{Lebar catwalk} \times \text{Beban grating}}{2} \\
 &= \frac{1,4 \times 0,5}{2} \\
 &= 0,35 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

c) Beban hidup

Lebar *catwalk* = 1,4 m

Beban hidup = 0,25 m² (asumsi)

Beban *tributary* = $\frac{\text{Lebar catwalk} \times \text{Beban hidup}}{2}$
 $= \frac{1,4 \times 0,25}{2}$
 = 0,175 ton



Gambar 5.15 Permodelan *Catwalk*

(Sumber: Analisa Penulis, 2025)

Hasil analisis berat pembebanan yang bekerja pada permodelan *catwalk* adalah sebagai berikut :

Tabel 5.8 Pembebanan *Catwalk*

Beban <i>Catwalk</i>	x	y	z
Beban Mati (DL)	0,0234	0,1661	5,8384
Beban Mati Tambahan (SDL)	0,0266	0,2311	8,5833
Beban Hidup (LL)	0,0118	0,0848	3,1157

(Sumber: Analisa Penulis, 2025)

c. Beban hidup

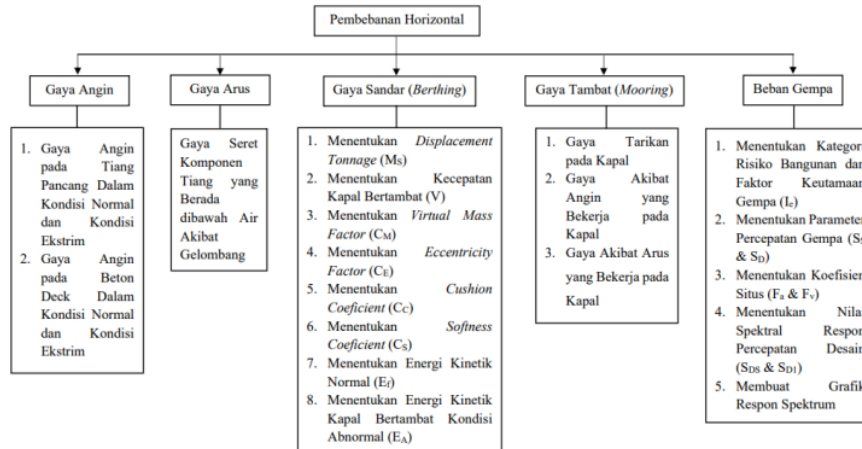
Beban hidup terdistribusi merata (UDL) adalah sebagai berikut :

1) *Breasting Dolphin* = 0,25 ton/m²

2) *Mooring Dolphin* = 0,25 ton/m²

5.5.2 Pembebanan Horizontal

Pembebanan horizontal merupakan pembebanan yang arahnya mendatar. Berikut merupakan perhitungan gaya horizontal yang akan digunakan untuk analisis permodelan struktur *dolphin* :



Gambar 5.16 Flowchart Pembebanan Horizontal Struktur *Dolphin*

(Sumber: Analisa Penulis, 2025)

Struktur *breasting dolphin* menggunakan gaya-gaya atau pembebanan diatas. Sedangkan, struktur *mooring dolphin* tidak terdapat gaya sandar (*berthing*).

a. Gaya angin

1) Gaya angin tiang pipa baja

Gaya angin pada tiang pipa baja mengacu pada *API Recommended Practice 2A-WSD Cl. 2.3.2.C* sebagai berikut :

$$F = \frac{\rho}{2} \times u^2 \times C_s \times A$$

Dimana :

F = gaya angin (N)

ρ = kerapatan massa udara
= 1,211 kg/m³

u = kecepatan angin (m/s)
= 12,2 m/s (Normal)
= 45 m/s (Ekstrim)

C_s = koefisien bentuk
= 0,5 (Silinder, lihat "API RP 2A-WSD_Cl. 2.3.2.e")

A = luas pipa baja (m^2)

= 1,0668 m^2

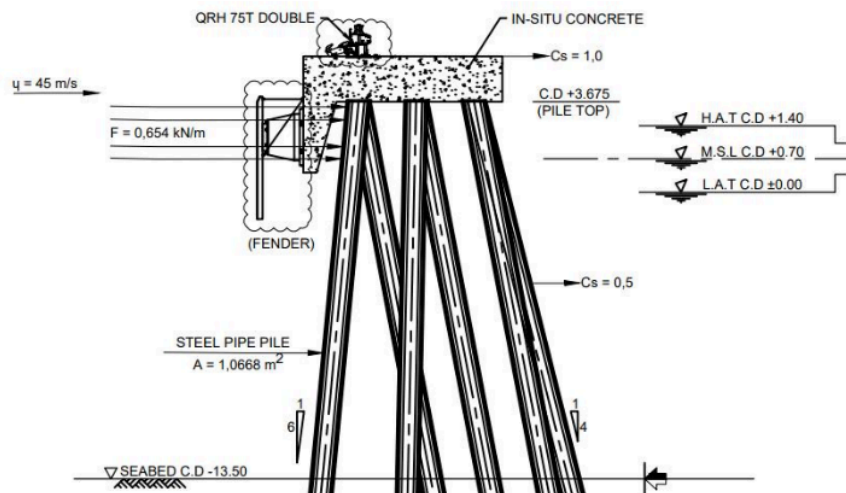
Sehingga,

Gaya angin pada kondisi normal

$$\begin{aligned} F &= \frac{\rho}{2} \times u^2 \times C_s \times A \\ &= \frac{1,211}{2} \times 12,2^2 \times 0,5 \times 1,0668 \\ &= 0,0480 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Gaya angin pada kondisi ekstrim

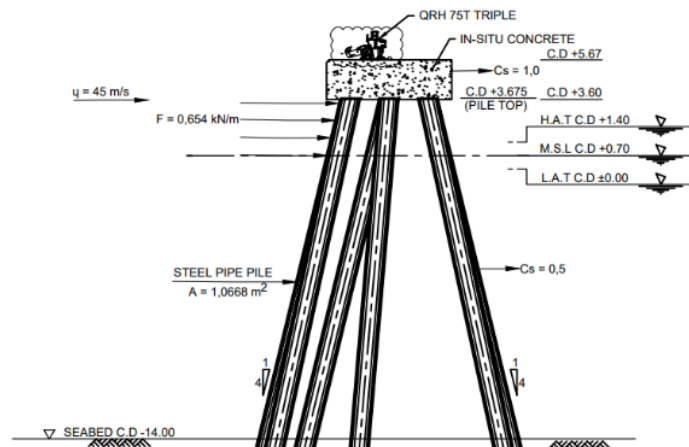
$$\begin{aligned} F &= \frac{\rho}{2} \times u^2 \times C_s \times A \\ &= \frac{1,211}{2} \times 45^2 \times 0,5 \times 1,0668 \\ &= 0,6540 \text{ kN/m} \end{aligned}$$



Gambar 5.17 Analisa Gaya Angin pada Tiang Pancang Struktur *Breasting*

Dolphin

(Sumber: Analisa Penulis, 2025)



Gambar 5.18 Analisa Gaya Angin pada Tiang Pancang Struktur *Mooring Dolphin*

(Sumber: Analisa Penulis, 2025)

2) Gaya angin beton deck

Gaya angin pada beton deck mengacu pada *API Recommended Practice 2A-WSD Cl. 2.3.2.C* sebagai berikut :

$$F = \frac{\rho}{2} \times u^2 \times C_s$$

Dimana :

F = gaya angin (N)

ρ = kerapatan massa udara

$$= 1,211 \text{ kg/m}^3$$

u = kecepatan angin (m/s)

$$= 12,2 \text{ m/s (Normal)}$$

$$= 45 \text{ m/s (Ekstrim)}$$

C_s = koefisien bentuk

$$= 1,0 \text{ (Overall projected area of platform, lihat "API RP 2A-WSD_Cl. 2.3.2.e")}$$

Sehingga,

Gaya angin pada kondisi normal

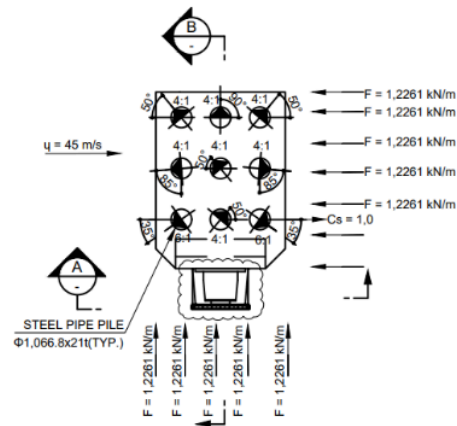
$$F = \frac{\rho}{2} \times u^2 \times C_s$$

$$= \frac{1,211}{2} \times 12,2^2 \times 1,0$$

$$= 0,0901 \text{ kN/m}$$

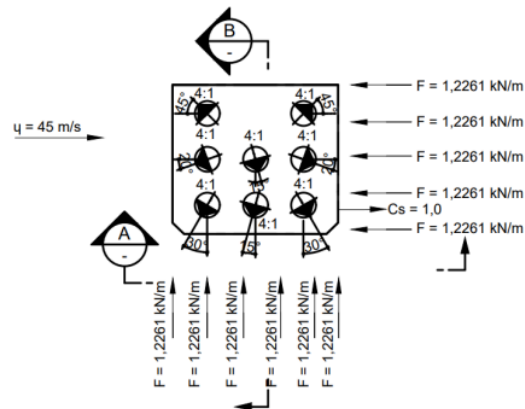
Gaya angin pada kondisi ekstrim

$$\begin{aligned}
 F &= \frac{\rho}{2} \times u^2 \times C_s \\
 &= \frac{1,211}{2} \times 45^2 \times 1,0 \\
 &= 1,2261 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$



Gambar 5.19 Analisa Gaya Angin pada Beton Deck Struktur *Breasting Dolphin*

(Sumber: Analisa Penulis, 2025)



Gambar 5.20 Analisa Gaya Angin pada Beton Deck Struktur *Mooring Dolphin*

(Sumber: Analisa Penulis, 2025)

b. Gaya arus

Gaya pada *dolphin* akibat arus dapat dihitung dengan persamaan morison sebagai berikut :

$$F_D = \frac{1}{2} \times \rho \times C_D \times D \times V^2 \times h$$

Dengan,

F_D = gaya seret komponen tiang yang berada di bawah air akibat gelombang

ρ = massa jenis air

$$= 1,025 \text{ kg/m}^3$$

V = kecepatan arus

$$= 1,2 \text{ m/s}$$

D = diameter tiang pancang

$$= 1,0668 \text{ m}$$

C_D = koefisien seret (1 untuk struktur dengan bentuk silinder, OCDI)

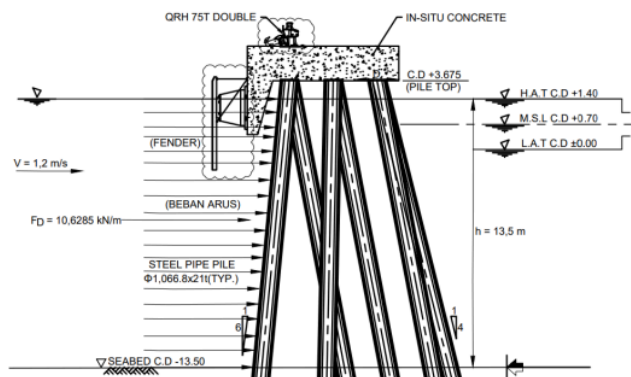
h = tinggi tiang pancang tercelup (*seabed*)

$$= 13,50 \text{ m (breasting dolphin) dan } 14,00 \text{ m (mooring dolphin)}$$

Sehingga,

1) Gaya arus pada struktur *breasting dolphin*

$$\begin{aligned} F_D &= \frac{1}{2} \times \rho \times C_D \times D \times V^2 \times h \\ &= \frac{1}{2} \times 1,025 \times 1 \times 1,0668 \times 1,2^2 \times 13,50 \\ &= 10,6285 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

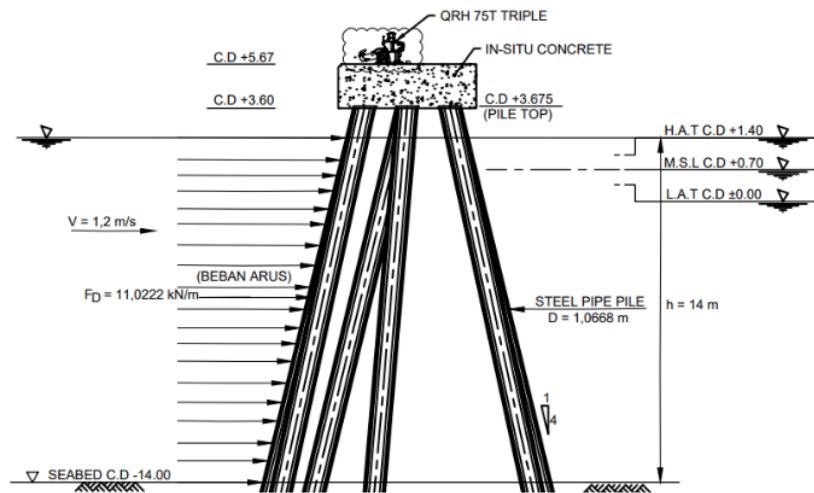


Gambar 5.21 Analisa Gaya Arus pada Struktur *Breasting Dolphin*

(Sumber: Analisa Penulis, 2025)

2) Gaya arus pada struktur *mooring dolphin*

$$\begin{aligned} F_D &= \frac{1}{2} \times \rho \times C_D \times D \times V^2 \times h \\ &= \frac{1}{2} \times 1,025 \times 1 \times 1,0668 \times 1,2^2 \times 14,00 \\ &= 11,0222 \text{ kN/m} \end{aligned}$$



Gambar 5.22 Analisa Gaya Arus pada Struktur *Mooring Dolphin*

(Sumber: Analisa Penulis, 2025)

c. Gaya sandar

Besarnya energi benturan kapal yang timbul saat kapal merapat ke dermaga dapat dihitung dengan persamaan 3.3. Berikut merupakan prosedur hitungan yang digunakan :

1) Menentukan *Displacement tonnage* (M_s)

Tabel 5.9 Penentuan *Displacement Tonnage* Kapal

Type of Ship			General Cargos 500 - 140 000	Oil Tankers 500 - 320 000	Ore Carriers 500 - 200 000				
Range of tonnage in DWT									
Coeffisients			α	β	α	β	α	β	
Displacement fully loaded = DT			2,463	0,936	2,028	0,954	1,687	0,969	
Laterally projected area	Above sea level	Fully loaded	8,770	0,496	4,964	0,522	4,390	0,548	
		Ballast loaded	9,641	0,533	5,943	0,562	5,171	0,580	
	Below sea level	Fully loaded	3,495	0,608	3,198	0,611	2,723	0,625	
		Ballast loaded	1,404	0,627	1,629	0,610	1,351	0,633	
Front area	Above sea level	Fully loaded	2,763	0,490	2,666	0,478	1,971	0,510	
		Ballast loaded	3,017	0,510	2,485	0,517	1,967	0,538	
Total Surface area bellow sea level		Fully loaded	9,260	0,639	6,162	0,673	4,760	0,702	
		Ballast loaded	4,637	0,669	3,865	0,686	3,471	0,701	
Displacement ballast loaded			$= \alpha(DT)^\beta$	0,199	1,084	0,383	1,018	0,385	1,023
Draft ballast loaded			$= \alpha(Draft_{max})^\beta$	0,352	1,172	0,548	0,966	0,551	0,993

(sumber: *Technical Standards and Commentaries for Port and Harbour Facilities in Japan*, 2002, hal. 17)

Displacement tonnage merupakan berat total kapal dan muatannya pada saat kapal dimuati sampai *draft* maksimum. Dengan asumsi kapal *oil tanker* 10.000 DWT, maka berdasarkan Tabel 5.9 dapat dihitung *Displacement Tonnage* sebagai berikut :

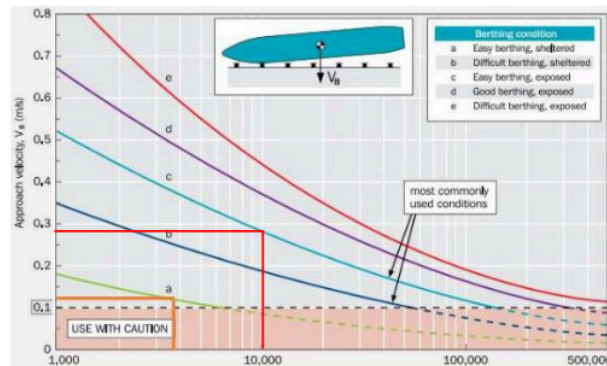
$$DT = \alpha \times (DWT)^\beta$$

$$= 2,028 \times (10.000)^{0,954}$$

$$= 13276,02 \text{ ton}$$

2) Menentukan kecepatan kapal bertambat (v)

Dengan anggapan bahwa area dermaga merupakan area terlindung dan kapal mudah bertambat, maka dapat ditentukan kecepatan kapal saat merapat ke dermaga menurut Gambar 5.23 dan Tabel 5.10 untuk kondisi c (*easily berthing, exposed*).



Gambar 5.23 Grafik Kecepatan Kapal Bertambat

(sumber: *Guidelines for the Design of Fenders Systems*, PIANC 2002)

Tabel 5.10 Penentuan Kecepatan Kapal Bertambat

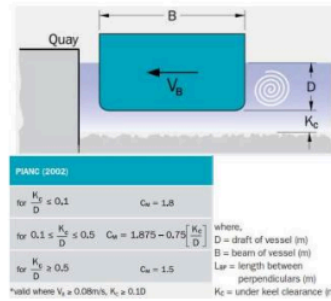
DWT	VELOCITY, V_a (m/s)				
	a	b	c	d	e
1,000	0.179	0.343	0.517	0.669	0.865
2,000	0.151	0.296	0.445	0.577	0.726
3,000	0.136	0.269	0.404	0.524	0.649
4,000	0.125	0.250	0.374	0.487	0.597
5,000	0.117	0.236	0.352	0.459	0.558
10,000	0.094	0.192	0.287	0.377	0.448
20,000	0.074	0.153	0.228	0.303	0.355
30,000	0.064	0.133	0.198	0.264	0.308
40,000	0.057	0.119	0.178	0.239	0.279
50,000	0.052	0.110	0.164	0.221	0.258
100,000	0.039	0.083	0.126	0.171	0.201
200,000	0.028	0.062	0.095	0.131	0.158
300,000	0.022	0.052	0.080	0.111	0.137
400,000	0.019	0.045	0.071	0.099	0.124
500,000	0.017	0.041	0.064	0.090	0.115

(sumber: *Guidelines for the Design of Fenders Systems*, PIANC 2002)

Dari gambar dan tabel di atas dapat diperoleh nilai v sebesar 0,287 m/dt.

3) Menentukan *virtual mass factor* (C_M)

Dalam menentukan C_M , digunakan peraturan standar PIANC (2002) yaitu dengan cara membandingkan nilai KC yaitu kedalaman dari dasar kapal kondisi *draft* maksimum dengan D yaitu *draft* maksimum kapal dapat dilihat pada Gambar 5.24 berikut :



Gambar 5.24 Perhitungan Koefisien C_M

(sumber: *Guidelines for the Design of Fenders Systems*, PIANC, 2002)

$$\frac{K_C}{D}$$

Keterangan:

K_C = Kedalaman dari dasar kapal kondisi *draft* maksimum

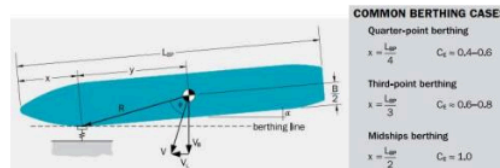
D = *Draft*

$$\text{Maka, } \frac{K_C}{D} = \frac{1,4}{7,98} = 0,1754$$

Sehingga nilai koefisien C_M sebesar:

$$\begin{aligned} C_M &= 1,875 - 0,75 \times \frac{K_C}{D} \\ &= 1,875 - 0,75 \times \frac{1,4}{7,98} \\ &= 1,7434 \end{aligned}$$

4) Menentukan *eccentricity factor* (C_E)



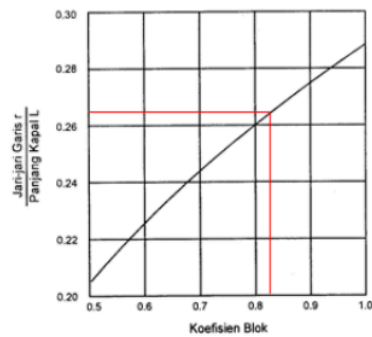
Gambar 5.25 Penentuan Koefisien C_E

(sumber: *Guidelines for the Design of Fenders Systems* PIANC, 2002)

Menghitung nilai Koefisien blok kapal (C_b) dengan persamaan 3.5

$$\begin{aligned} C_b &= \frac{W}{L_{pp} \times B \times d \times \gamma_o} \\ &= \frac{13267,02}{107,2 \times 18,2 \times 7,98 \times 1,025} \\ &= 0,8318 \end{aligned}$$

Dengan koefisien blok = 0,8318



Gambar 5.26 Jari-jari Putaran disekeliling Pusat Berat Kapal

(Sumber: Analisa Penulis, 2025)

Maka, dari gambar 5.26 berikut didapatkan rasio $\frac{l}{r} = 0,264$,

sehingga

$$\begin{aligned} r &= 0,264 \times L_{OA} \\ &= 0,264 \times 114,4 \\ &= 30,2016 \text{ m} \end{aligned}$$

Untuk perencanaan *dolphin*

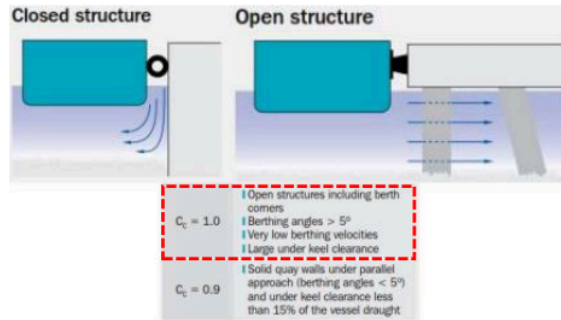
$$\begin{aligned} (l) &= \frac{1}{6} \times L_{OA} \\ &= \frac{1}{6} \times 114,4 \\ &= 19,0667 \text{ m} \end{aligned}$$

koefisien eksentritas dihitung dengan persamaan 3.10 berikut :

$$\begin{aligned} C_E &= \frac{1}{1 + \left(\frac{l}{r}\right)^2} \\ &= \frac{1}{1 + \left(\frac{19,0667}{30,2016}\right)^2} \\ &= 0,7150 \end{aligned}$$

5) Menentukan *Cushion coefficient* (C_c)

Untuk koefisien C_c dipilih berdasarkan tipe konstruksi yang digunakan pada struktur yang direncanakan. Baik merupakan tipe struktur terbuka, tertutup maupun semi terbuka. Untuk perhitungan efek dari bantalan dengan kondisi struktur dermaga berbentuk *jetty*, nilai $C_c = 1,0$.



Gambar 5.27 Penentuan Koefisien C_c

(sumber: *Guidelines for the Design of Fenders Systems* PIANC, 2002)

6) Menentukan Softness coefficient (C_s)

$C_s = 1.0$	Soft fenders ($\delta_f > 150\text{mm}$)
$C_s = 0.9$	Hard fenders ($\delta_f \leq 150\text{mm}$)

Gambar 5.28 Penentuan Koefisien C_s

(sumber: *Guidelines for the Design of Fenders Systems* PIANC, 2002)

Koefisien C_s ditentukan untuk mengantisipasi pengaruh deformasi elastis terhadap keadaan kapal maupun konstruksi tambatan. Ditentukan dengan asumsi tidak terjadinya deformasi, sehingga harga $C_s = 1$.

7) Menentukan Energi kinetik normal (E_f)

$$\begin{aligned}
 E_f &= \left(\frac{1}{2} \times M_s \times v^2\right) \times C_M \times C_E \times C_C \times C_s \\
 &= \left(\frac{1}{2} \times 13276,02 \times 0,287^2\right) \times 1,7434 \times 0,7150 \times 1,0 \times 1,0 \\
 &= 681,5914 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

8) Menentukan energi kinetik kapal bertambat kondisi abnormal

$$EA = F_s \times E_f$$

keterangan:

F_s = faktor keamanan (Dapat dilihat pada Tabel 5.11)

E_f = energi kinetik tumbukan normal

$$\begin{aligned}
 EA &= F_s \times E_f \\
 &= 1,75 \times 681,5914 \\
 &= 1192,785 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

Tabel 5.11 Faktor Keamanan Kapal Bertambat Abnormal

VESSEL TYPE	SIZE	F _s
Tanker, bulk, cargo	Largest	1.25
	Smallest	1.75
Container	Largest	1.5
	Smallest	2.0
General cargo	–	1.75
RoRo, ferries	–	≥ 2.0
Tugs, workboats, etc	–	2.0

Source: PIANC 2002: Table 4.2.5.

(sumber: *Guidelines for the Design of Fenders*

Systems PIANC, 2002)

9) Kemampuan fender

- a) Energi fender = 138,15 ton
- b) Reaksi fender = 144,72 ton
- c) Friksi 20% = $144,72 \times 20\%$
= 28,944 ton

d. Beban tambat pada *bollard* / QRH

1. Gaya tarikan pada kapal

Kapal rencana yang akan bertambat pada dermaga memiliki kapasitas 10.000 DWT dengan *Gross Tonnage* (GT) sebesar 13,996 ton. Dengan melihat Tabel 5.12 dapat diketahui gaya tarik kapal ini sebesar 700 kN. Gaya tarik kapal tersebut selanjutnya akan dibandingkan dengan gaya tarik kapal akibat arus dan angin.

Tabel 5.12 Gaya Tarikan pada *Bollard* Untuk Kapal 10.000 DWT

<i>Gross tonnage (GT) of vessel (tons)</i>	<i>Tractive force acting on mooring post (kN)</i>	<i>Tractive force acting on bollard (kN)</i>
200<GT≤500	150	150
500<GT≤1,000	250	250
1,000<GT≤2,000	350	250
2,000<GT≤3,000	350	350
3,000<GT≤5,000	500	350
5,000<GT≤10,000	700	500
10,000<GT≤20,000	1,000	700
20,000<GT≤50,000	1,500	1,000
50,000<GT≤100,000	2,000	1,000

(Sumber: *Technical Standards and Commentaries for Port and Harbour Facilities in Japan*, 2002, hal. 25)

2. Gaya akibat angin yang bekerja pada kapal

Berdasarkan analisis data angin, didapatkan angin dominan arah barat - barat daya (WSW) dengan kecepatan 12,2 – 45 m/s. Sehingga untuk perhitungan gaya angin pada kapal digunakan angin dengan kecepatan 12,2 m/s. Perhitungan gaya angin tersebut menggunakan persamaan dari buku *Technical Standards and Commentaries for Port and Harbour Facilities in Japan*, 2002 persamaan 2.2.11 dan 2.2.12 sebagai berikut :

$$R_X = 0,5 \times \rho_a \times U^2 \times A_T \times C_X$$

$$R_Y = 0,5 \times \rho_a \times U^2 \times A_L \times C_Y$$

keterangan :

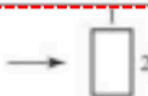
R_X = gaya angin arah X, searah kapal (kN)

R_Y = gaya angin arah Y, tegak lurus kapal (kN)

C_X = koefisien hambatan arah X = 1,5 (lihat Tabel 5.13)

C_Y = koefisien hambatan arah Y = 2,3 (lihat Tabel 5.13)

Tabel 5.13 Koefisien Hambatan Angin

	Square cross-section	2.0
	"	1.6
	Rectangular cross-section (ratio of side lengths = 1:2)	2.3
	"	1.5
	" (when one face is in contact with the ground)	1.2
	Circular cross-section (smooth surface)	1.2

(sumber: *Technical Standards and Commentaries for Port and Harbour Facilities in Japan*, 2002, tabel 8.2.1)

ρ_a = massa jenis angin

$$= 1,23 \times 10^{-3} \text{ (t/m}^3\text{)}$$

U = kecepatan angin (m/s)

$$\begin{aligned}
A_T &= \text{luas permukaan kapal di atas permukaan air arah memanjang (m}^2\text{)} \\
&= \text{lebar kapal} \times (\text{depth} - \text{draft}) \\
&= 18,2 \times (10 - 7,98) \\
&= 36,764 \text{ m}^2 \\
A_L &= \text{luas permukaan kapal di atas permukaan air arah melintang (m}^2\text{)} \\
&= L_{OA} \times (\text{depth} - \text{draft}) \\
&= 114,4 \times (10 - 7,98) \\
&= 231,09 \text{ m}^2
\end{aligned}$$

sehingga

$$\begin{aligned}
R_X &= 0,5 \times \rho_a \times U^2 \times A_T \times C_X \\
&= 0,5 \times 1,23 \times 10^{-3} \times 12,2^2 \times 36,764 \times 1,5 \\
&= 5,0479 \text{ kN} \\
R_Y &= 0,5 \times \rho_a \times U^2 \times A_L \times C_Y \\
&= 0,5 \times 1,23 \times 10^{-3} \times 12,2^2 \times 231,09 \times 2,3 \\
&= 48,6519 \text{ kN}
\end{aligned}$$

3. Gaya akibat arus yang bekerja pada kapal

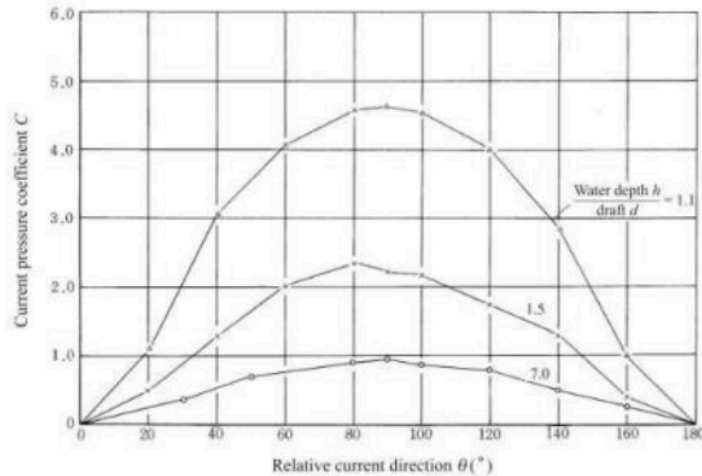
Berdasarkan analisis data arus didapatkan arus sebesar 0,5 – 1,2 m/s dengan arah arus dominan yakni arah dari barat daya menuju ke barat laut. Sehingga perhitungan gaya arus pada kapal digunakan arus sebesar 1,2 m/s. Untuk perhitungan gaya arus dapat digunakan persamaan *Technical Standards and Commentaries for Port and Harbour Facilities in Japan*, 2002, persamaan 2.2.16 dan 2.2.17 berikut :

$$\begin{aligned}
R_f &= 0,0014 \times S \times V_x^2 \\
R &= 0,5 \times \rho_0 \times C \times V_y^2 \times B
\end{aligned}$$

keterangan:

$$\begin{aligned}
R_f &= \text{beban tambat akibat arah arus sejajar dengan kapal (kN)} \\
R &= \text{beban tambat akibat arah arus tegak lurus dengan kapal (kN)} \\
S &= \text{luasan permukaan bawah kapal tenggelam dalam keadaan penuh} \\
&= L_{OA} \times B \\
&= 114,4 \times 18,2 \\
&= 2082,08 \text{ m}^2 \\
V_x &= \text{kecepatan arus sejajar pantai (m/s)} \quad = 0,5 \text{ m/s}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_y &= \text{kecepatan arus tegak lurus pantai (m/s)} &= 0,5 \text{ m/s} \\
 \rho_0 &= \text{massa jenis air laut (t/m}^3\text{)} &= 1,025 \text{ t/m}^3 \\
 C &= \text{koefisien tekanan arus} &= 2,1 \text{ (lihat Gambar 5.29)}
 \end{aligned}$$



Gambar 5.29 Koefisien Tekanan Arus

(sumber: *Technical Standards and Commentaries for Port and Harbour Facilities in Japan*, 2002)

$$\begin{aligned}
 B &= \text{proyeksi luas lambung kapal dibawah permukaan air (m}^2\text{)} \\
 &= L_{OA} \times draft \\
 &= 114,4 \times 7,98 \\
 &= 912,91 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

sehingga:

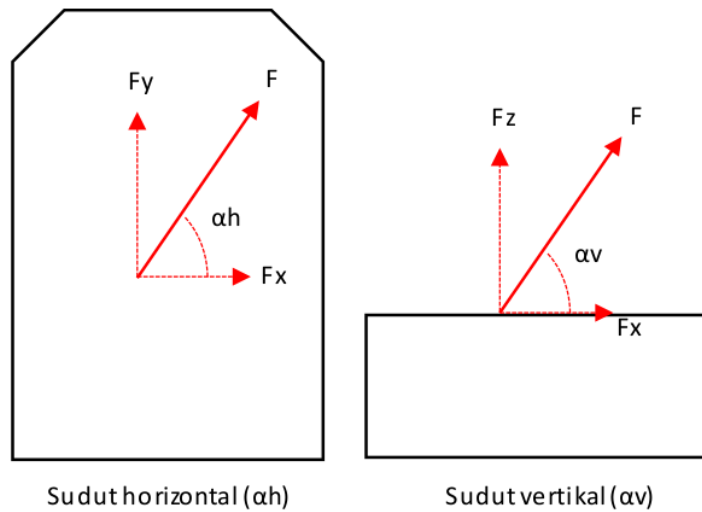
$$\begin{aligned}
 R_f &= 0,0014 \times S \times V_x^2 \\
 R_f &= 0,0014 \times 2082,08 \times 0,5^2 \\
 &= 0,7287 \text{ kN} \\
 R &= 0,5 \times \rho_0 \times C \times V_y^2 \times B \\
 R &= 0,5 \times 1,025 \times 2,1 \times 0,1 \times 912,91 \\
 &= 245,6304 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

4. Total Gaya

Kemudian didapat nilai totalnya didapat sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 F_{searah} &= R_x + R_f \\
 &= 5,0479 + 0,7287
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 5,7766 \text{ kN} \\
 F_{\text{tegak lurus}} &= R_y + R \\
 &= 48,6519 + 245,6304 \\
 &= 294,2823 \text{ kN}
 \end{aligned}$$



Gambar 5.30 Arah Beban Tambat

(Sumber: Analisa Penulis, 2025)

Beban QRH harus dipertimbangkan pada saat arah angin dan arus meninggalkan pelabuhan atau dermaga. Di sana ada dua kondisi *bollard* / QRH yang harus dipertimbangkan, yaitu arus angin vertikal dan arus angin horizontal. Beban *mooring point* diambil 225 ton dan 150 ton untuk kapasitas QRH. Sudut vertikal dan horizontal pada tali tambat diasumsikan $0^\circ - 45^\circ$. Tabel 5.14 dan Tabel 5.15 merupakan hasil perhitungan dari pembebanan tambat :

1. Kapasitas QRH (F)
 - a) QRH 75T Triple = 225 ton (*Mooring Dolphin*)
 - b) QRH 75T Double = 150 ton (*outer Breasting Dolphin*)
2. Sudut Vertikal (α_v) = $0^\circ - 45^\circ$
3. Sudut Horizontal (α_h) = $0^\circ - 45^\circ$
4. Gaya Tarik Kapal Horizontal (Fh) = $F \times \cos \times \frac{\alpha_v}{180 \times \pi}$

5. Gaya Tarik Kapal Horizontal arah x (Fx) $= F_h \times \sin \times \frac{\alpha_h}{180 \times \pi}$
6. Gaya Tarik Kapal Horizontal arah y (Fy) $= F_h \times \cos \times \frac{\alpha_h}{180 \times \pi}$
7. Gaya Tarik Kapal Horizontal arah z (Fz) $= F \times \sin \times \frac{\alpha_v}{180 \times \pi}$

Tabel 5.14 Hasil Perhitungan Pembebanan Tambat pada *Mooring Dolphin*

Case	Sudut Vertikal (α_v)	Sudut Horizontal (α_h)	Fh (ton)	Fx (ton)	Fy (ton)	Fz (ton)
1	0	0	225,00	0,00	225,00	0,00
2	0	15	225,00	58,23	217,33	0,00
3	0	30	225,00	112,50	194,86	0,00
4	0	45	225,00	159,10	159,10	0,00
5	15	0	217,33	0,00	217,33	58,23
6	15	15	217,33	56,25	209,93	58,23
7	15	30	217,33	108,67	188,22	58,23
8	15	45	217,33	153,68	153,68	58,23
9	30	0	194,86	0,00	194,86	112,50
10	30	15	194,86	50,43	188,22	112,50
11	30	30	194,86	97,43	168,75	112,50
12	30	45	194,86	137,78	137,78	112,50
13	45	0	159,10	0,00	159,10	159,10
14	45	15	159,10	41,18	153,68	159,10
15	45	30	159,10	79,55	137,78	159,10
16	45	45	159,10	112,50	112,50	159,10

(Sumber: Analisa Penulis, 2025)

Tabel 5.15 Hasil Perhitungan Pembebanan Tambat pada *Breasting Dolphin*

Case	Sudut Vertikal (α_v)	Sudut Horizontal (α_h)	Fh (ton)	Fx (ton)	Fy (ton)	Fz (ton)
1	0	0	150,00	0,00	150,00	0,00
2	0	15	150,00	38,82	144,89	0,00
3	0	30	150,00	75,00	129,90	0,00
4	0	45	150,00	106,07	106,07	0,00
5	15	0	144,89	0,00	144,89	38,82
6	15	15	144,89	37,50	139,95	38,82
7	15	30	144,89	72,44	125,48	38,82
8	15	45	144,89	102,45	102,45	38,82
9	30	0	129,90	0,00	129,90	75,00
10	30	15	129,90	33,62	125,48	75,00
11	30	30	129,90	64,95	112,50	75,00

12	30	45	129,90	91,86	91,86	75,00
13	45	0	106,07	0,00	106,07	106,07
14	45	15	106,07	27,45	102,45	106,07
15	45	30	106,07	53,03	91,86	106,07
16	45	45	106,07	75,00	75,00	106,07

(Sumber: Analisa Penulis, 2025)

e. Beban gempa

Perhitungan beban gempa disesuaikan dengan SNI 1726-2019 dengan kondisi sebagai berikut :

Lokasi : Cilegon

Jenis bangunan : Dermaga

Jenis tanah : Tanah Lunak (SE)

1) Menentukan Kategori Risiko Bangunan dan Faktor Keutamaan Gempa

Kategori risiko dapat diperoleh dari tabel berikut menyesuaikan dengan pemanfaatan bangunan yang akan dibangun.

Tabel 5.16 Kategori Risiko Bangunan Gedung Untuk Beban Gempa

Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
Gedung dan nongedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain: - Fasilitas pertanian, perkebunan, perternakan, dan perikanan - Fasilitas sementara - Gudang penyimpanan - Rumah jaga dan struktur kecil lainnya	I
Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,III,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: - Perumahan - Rumah toko dan rumah kantor - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen/ rumah susun - Pusat perbelanjaan/ mall - Bangunan industri - Fasilitas manufaktur - Pabrik	II

(Sumber : SNI 1726:2019)

Karena bangunan yang akan dibangun merupakan fasilitas pabrik maka kategori risiko adalah kategori II, sehingga dapat diperoleh nilai faktor keutamaan gempa berdasarkan tabel berikut :

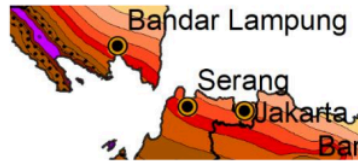
Tabel 5.17 Faktor Keutamaan Gempa

Kategori risiko	Faktor keutamaan gempa, I_e
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

(Sumber : SNI 1726:2019)

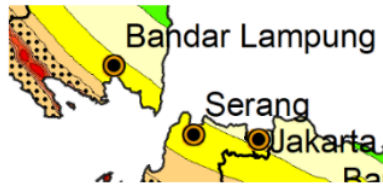
Dengan kategori II diperoleh $I_e = 1$

2) Menentukan Parameter Percepatan Gempa



Gambar 5.31 Peta S_s

(Sumber: Analisa Penulis, 2025)



Gambar 5.32 Peta S_1

(Sumber: Analisa Penulis, 2025)

Berdasarkan gambar peta S_s dan S_1 diatas Cilegon memiliki nilai S_s antara 0,8 - 0,9 g dan S_1 0,4 - 0,5 dan tanah diasumsikan sebagai Tanah Lunak (SE).

Berdasarkan tabel parameter grafik respon spektra Cilegon dengan klasifikasi Tanah Lunak (SE), didapatkan nilai sebagai berikut :

$$S_s = 0,886$$

$$S_1 = 0,431$$

$$T_L = 20 \text{ detik}$$

3) Menentukan Koefisien Situs

Untuk menentukan respon spektrum dibutuhkan faktor amplikasi periode 0,2 detik (F_a) dan 1 detik (F_v). Berikut merupakan tabel koefisien situs F_a dan F_v yang ditentukan berdasarkan klasifikasi situs :

Tabel 5.18 Koefisien Situs F_a

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_a) terpetakan pada periode pendek, $T = 0.2$ detik, S_s					
	$S_s \leq 0.25$	$S_s = 0.5$	$S_s = 0.75$	$S_s = 1.0$	$S_s = 1.25$	$S_s \geq 1.5$
SA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
SB	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
SC	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2
SD	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0
SE	2.4	1.7	1.2	1.1	0.9	0.8
SF			0.8	0.8	0.8	0.8

(Sumber : SNI 1726:2019)

Diketahui :

$$\text{Spektra (x)} = 0,886$$

$$S_1 = 0,75 \text{ (x}_1\text{)} = 1,3 \text{ (x}_2\text{)}$$

$$\begin{aligned}
 S_1 = 1,0 \text{ (} y_1 \text{)} &= 1,1 \text{ (} y_2 \text{)} \\
 \text{Interpolasi nilai } F_a &= y_1 + \frac{x - x_1}{x_2 - x_1} \times (y_2 - y_1) \\
 &= 1,0 + \frac{0,886 - 0,75}{1,3 - 0,75} \times (1,1 - 1,0) \\
 &= 1,191
 \end{aligned}$$

Maka, nilai F_a adalah 1,191

Tabel 5.19 Koefisien Situs F_v

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_n) terpetakan pada periode 1 detik S_T					
	$S_T \leq 0,1$	$S_T = 0,2$	$S_T = 0,3$	$S_T = 0,4$	$S_T = 0,5$	$S_T \geq 0,6$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SC	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4
SD	2,4	2,2	2,0	1,9	1,8	1,7
SE	4,2	3,3	2,8	2,4	2,2	2,0
SF						

(Sumber : SNI 1726:2019)

Diketahui :

$$\begin{aligned}
 \text{Spektra} &= 0,431 \\
 S_1 = 0,4 \text{ (} x_1 \text{)} &= 2,4 \text{ (} x_2 \text{)} \\
 S_1 = 0,5 \text{ (} y_1 \text{)} &= 2,2 \text{ (} y_2 \text{)} \\
 \text{Interpolasi nilai } F_v &= y_1 + \frac{x - x_1}{x_2 - x_1} \times (y_2 - y_1) \\
 &= 0,5 + \frac{0,431 - 0,4}{2,4 - 0,4} \times (2,2 - 0,5) \\
 &= 2,338
 \end{aligned}$$

Maka, nilai F_v adalah 2,338

4) Menentukan Nilai Spektral Respon Percepatan Desain

Berikut merupakan tabel yang digunakan untuk menentukan spektral respons percepatan Cilegon.

Tabel 5.20 Koefisien Situs F_a Dan F_v Untuk Cilegon

Koefisien Situs F_a dan F_v untuk Cilegon		
Kelas Situs	F_a ($S_s = 0,886$)	F_v ($S_1 = 0,431$)
SE - Tanah Lunak	1,191	2,338

(Sumber: Analisa Penulis, 2025)

Tabel 5.21 Nilai S_{DS} & S_{D1} Untuk Cilegon

Nilai S_{DS} & S_{D1} untuk Cilegon		
Kelas Situs	$S_{DS} = 2/3 (F_a \cdot S_s)$	$S_{D1} = 2/3 (F_v \cdot S_1)$
SE - Tanah Lunak	0,704	0,672

(Sumber: Analisa Penulis, 2025)

Tabel 5.22 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode Pendek

Nilai S_{DS}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

(Sumber : SNI 1726:2019)

Tabel 5.23 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode 1 Detik

Nilai S_{D1}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0,167$	A	A
$0,067 \leq S_{D1} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{D1} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{D1}$	D	D

(Sumber : SNI 1726:2019)

Berdasarkan kedua tabel diatas diketahui bahwa penggunaan dermaga di Cilegon termasuk kedalam kategori desain seismik D dan menggunakan sistem struktur rangka beton pemikul momen.

5) Membuat Grafik Respon Spektrum

Prosedur pembuatan grafik respon spektrum berdasarkan SNI 1726-2019 dan untuk pemilihan kelas situs berdasarkan asumsi yaitu kelas situs tanah lunak (SE).

$$\begin{aligned}
 T_0 &= 0,2 \times \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \\
 &= 0,2 \times \frac{0,672}{0,704} \\
 &= 0,191
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T_S &= \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \\
 &= \frac{0,672}{0,704} \\
 &= 0,955
 \end{aligned}$$

$$T_L = 20 \text{ detik}$$

Perhitungan spektrum respons desain mengikuti 4 kondisi berikut :

- Untuk periode yang lebih kecil dari T_0 , respon spektrum percepatan desain (S_a) $T < T_0$, S_a diambil dari persamaan :

$$\begin{aligned}
 S_a &= S_{DS} (0,4 + 0,6 \left(\frac{T}{T_0}\right)) \\
 &= 0,704 \times (0,4 + 0,6 \times \left(\frac{0}{0,191}\right)) \\
 &= 0,281
 \end{aligned}$$

- b) Untuk periode lebih besar atau sama dengan T_0 dan lebih kecil atau sama dengan T_s , respon spektrum percepatan desain (S_a) = S_{DS}

$$T_0 \leq T \leq T_s, S_a = S_{DS}$$

$$T_0 = 0,191$$

$$T_s = 0,955$$

$$0,191 \leq 0 \leq 0,955$$

$$S_a = S_{DS}$$

$$S_a = 0,704$$

- c) Untuk periode lebih besar dari T_s ($T > T_s$), respon spektrum percepatan desain (S_a) diambil dari persamaan :

$$\begin{aligned}
 S_a &= \frac{S_{b1}}{T} \\
 &= \frac{0,672}{1} \\
 &= 0,672
 \end{aligned}$$

- d) Untuk periode lebih besar dari T_L ($T > T_L$), respon spektrum percepatan desain (S_a) diambil dari persamaan :

Diambil nilai $T = 20$ detik

$$\begin{aligned}
 S_a &= \frac{T_L \times S_{b1}}{T^2} \\
 &= \frac{20 \times 0,672}{20^2} \\
 &= 0,034
 \end{aligned}$$

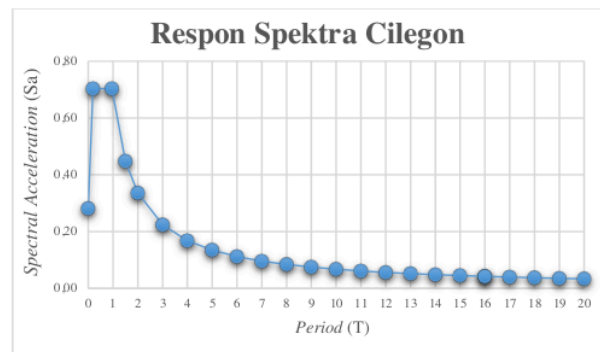
Tabel 5.24 Desain Respon Spektrum

T <i>(Period)</i>	Sa <i>(Spektra Accelaration)</i>
0,000	0,281
0,191	0,704
0,955	0,704
1,5	0,448
2,0	0,336
3,0	0,224
4,0	0,168

5,0	0,134
6,0	0,112
7,0	0,096
8,0	0,084
9,0	0,075
10,0	0,067
11,0	0,061
12,0	0,056
13,0	0,052
14,0	0,048
15,0	0,045

(Sumber: Analisa Penulis, 2025)

Kemudian data diatas dapat digunakan untuk membuat grafik hubungan antara periode (T) dengan percepatan spektrum (S_a):



Gambar 5.33 Grafik Respon Spektra Cilegon

(Sumber: Analisa Penulis, 2025)

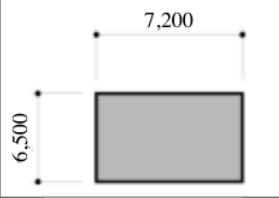
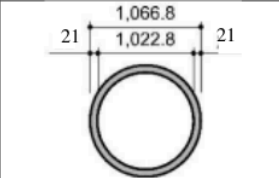
5.6 Spesifikasi *Dolphin*

5.6.1 Data Struktur *Dolphin*

Berdasarkan perencanaan *dolphin* dermaga *jetty* PT. XYZ didapat data spesifikasi *dolphin* pada dermaga sebagai berikut :

Tabel 5.25 Data Spesifikasi *Dolphin*

Bentuk	Dimensi	Keterangan
	- Lebar (W) = 9,00 m - Panjang (L) = 6,60 m - Tebal (Thk) = 2,00 m - Luas (A) = 59,4 m - Momen Inersia (I_x) = 215,622 m⁴ - Momen Inersia (I_y) = 400,95 m⁴	Beton Deck Breasting <i>Dolphin</i>

	• Lebar (W) = 6,50 m • Panjang (L) = 7,20 m • Tebal (Thk) = 2,07 m • Luas (A) = 46,8 m • Momen Inersia (Ix) = 202,176 m⁴ • Momen Inersia (Iy) = 164,775 m⁴	<i>Beton Deck Mooring Dolphin</i>
	• Diameter Luar (OD) = 1,0668 m • Diameter Dalam (ID) = 1,0248 m • Tebal Tiang (T) = 0,021 m • Luas (A) = 0,0704 m⁴ • Momen Inersia (I) = 0,0100 m⁴	<i>Steel Pile</i>

(Sumber: Data Perencanaan Proyek PT. XYZ, 2025)

5.6.2 Bahan Struktur *Dolphin*

Berikut merupakan bahan struktur yang digunakan dalam analisis *dolphin* dermaga *jetty* PT. XYZ :

a. Mutu beton

- 1) Kuat tekan beton (f_c') = 35,00 MPa
- 2) Modulus elastisitas (E_s) = 27805,57 MPa

b. Mutu baja

1) Mutu Baja Tulangan

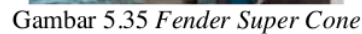
Desain dan spesifikasi bahan untuk baja tulangan sesuai dengan ASTM A615M dan Grade 420 sebagai berikut :

- a) Kekuatan luluh minimum untuk tulangan (f_y) = 280 MPa
- b) Kekuatan tarik minimum untuk tulangan (f_u) = 420 MPa
- c) Dimensi nominal batang D10, D13, D16, D19, D22, D25, D29, D32

2) Mutu Tiang Pancang

Properti material tiang baja sesuai dengan ASTM A-252 *Grade 3* sebagai berikut :

- a) Kepadatan tiang pancang pipa baja = 77 kN/m³
- b) Kekuatan luluh minimum tiang pancang (f_y) = 280 MPa
- c) Kekuatan tarik minimum tiang pancang (f_u) = 420 MPa
- d) Modulus geser elastisitas = 80 kN/mm²
- e) Rasio Poisson (μ) = 0,3
- f) Modulus elastisitas untuk Penguatan (E_s) = 200000 MPa
- g) Koefisien ekspansi termal (α) = $12 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}$



Tabel 5.27 Matriks Performa Tipe *Fender Super Cone*

(Sumber: FENTEK Marine Fendering Systems, 2025)

99

Tabel 5.28 Data Dimensi Dari *Fender Super Cone*

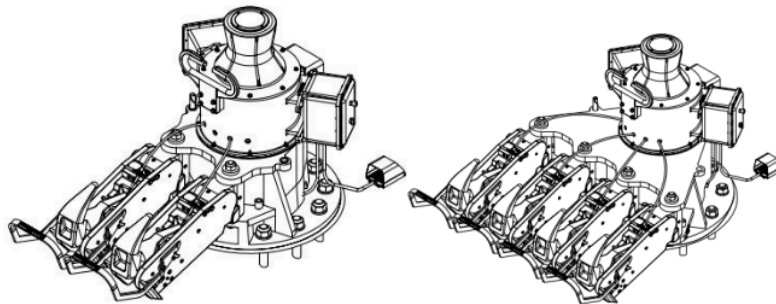
SUPER CONE FENDER DIMENSIONS											
Fender	H	ØW	ØU	C	D	ØB	Anchors	ØS	Head Bolts	Z	Weight (kg)
SCN 300	300	500	295	27-37	15	440	4-M20	255	4-M20	45	31
SCN 350	350	570	330	27-37	15	510	4-M20	275	4-M20	52	40
SCN 400	400	650	390	30-40	20	585	4-M24	340	4-M24	60	74
SCN 500	500	800	490	32-42	25	730	4-M24	425	4-M24	75	144
SCN 550	550	880	540	32-42	25	790	4-M24	470	4-M24	82	195
SCN 600	600	960	590	40-52	30	875	4-M30	515	4-M30	90	240
SCN 700	700	1120	685	40-52	35	1020	4-M30	600	4-M30	105	395
SCN 800	800	1280	785	40-52	35	1165	6-M30	685	6-M30	120	606
SCN 900	900	1440	885	40-52	35	1313	6-M30	770	6-M30	135	841
SCN 1000	1000	1600	980	50-65	35	1460	6-M36	855	6-M36	150	1120
SCN 1050	1050	1680	1030	50-65	40	1530	6-M36	900	6-M36	157	1360
SCN 1100	1100	1760	1080	50-65	40	1605	8-M36	940	8-M36	165	1545
SCN 1200	1200	1920	1175	57-80	40	1750	8-M42	1025	8-M42	180	1970
SCN 1300	1300	2080	1275	65-90	40	1900	8-M48	1100	8-M48	195	2455
SCN 1400	1400	2240	1370	65-90	50	2040	8-M48	1195	8-M48	210	3105
SCN 1600	1600	2560	1570	65-90	60	2335	8-M48	1365	8-M48	240	4645
SCN 1800	1800	2880	1765	75-100	60	2625	10-M56	1540	10-M56	270	6618
SCN 2000	2000	3200	1955	80-105	90	2920	10-M56	1710	10-M56	300	9560

All dimensions in millimetres.
Anchor and head bolt locations are equispaced on the same pitch circle diameter.

(Sumber: FENTEK Marine Fendering Systems, 2025)

5.6.4 QRH yang Digunakan

Untuk bertambat kapal, brosur milik RGECE Marine Equipment Group dijadikan acuan dalam pemilihan *Quick Release Hook* (QRH) yang akan digunakan dalam analisis *dolphin* dermaga *jetty* PT. XYZ. *Quick Release Hook* (QRH) dengan kapasitas 75T berstandar GB-ZG35CrMo ini dapat dilihat pada Gambar 5.36.



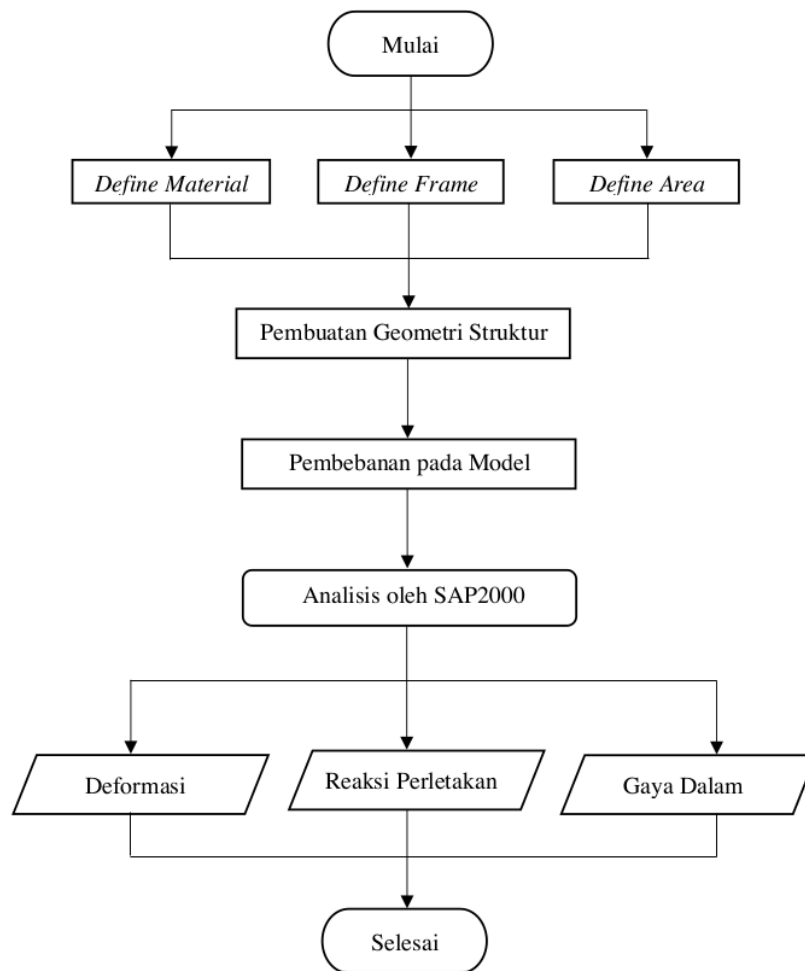
Gambar 5.36 *Quick Release Hook* 75T

(Sumber: Data Perencanaan Proyek PT. XYZ, 2025)

5.7 Analisis Struktur *Dolphin*

SAP2000 adalah *software* yang digunakan dalam pengerjaan tugas akhir ini yang akan membantu dalam proses analisis dan pemodelan struktur *dolphin*. SAP2000 sendiri merupakan *Computer and Structures Inc* (CSI) yang menggunakan prinsip

elemen hingga, sama halnya seperti *software* SACS. Output atau keluaran dari *Software* SAP2000 ini adalah defleksi, gaya dalam serta reaksi perletakan dari struktur model akibat input beban yang diberikan. Hasil *output* tersebut akan digunakan sebagai analisis kekuatan serta kelayakan struktur dermaga yang direncanakan. Sedangkan input atau masukan dari *software* ini berupa pendefinisian material, kerangka struktur dan komponen area. Kemudian dapat dilakukan pembuatan geometri struktur. Setelah model struktur dibuat, didefinisikan lagi beban-beban yang bekerja pada struktur tersebut. Berikut ini adalah diagram alir analisis struktur *dolphin* menggunakan SAP2000 :



Gambar 5.37 Bagan Alir Analisis Permodelan *Dolphin* Menggunakan SAP2000

(Sumber: Analisa Penulis, 2025)

5.7.1 Perhitungan Fixity Point

Fixity point merupakan kedalaman dimana tiang pancang berhenti berdeformasi secara lateral. Hasil perhitungan yang telah diolah dan diperoleh dari poyek pembangunan dermaga *jetty* PT. XYZ Kota Cilegon dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 5.29 Fixity Point

Description	Pile Information	Seabed Level (mCD)	Design Seabed Level (mCD)	PoVF		Remark
				Static Analysis		
				Level (mCD)	Depth (m)	
Junction Platform1 (SBH-10)	SPP Φ1066.8x19t		-20.05	-24.15	4.10	
	SPP Φ1219.2x21t		-20.05	-24.59	4.54	
Trestle Pier (NBH-13) (SGI)	SPP Φ1066.8x19t	-1.86	-2.26	-6.71	4.45	Zone3
	SPP Φ1219.2x21t	-1.86	-2.26	-7.17	4.91	
Trestle Pier (NBH-3)	SPP Φ1066.8x19t	-8.16	-13.00	-16.18	3.18	Zone1, Zone3
	SPP Φ1219.2x21t	-8.16	-13.00	-16.63	3.63	
Trestle Pier (NBH-5)	SPP Φ1066.8x19t	-14.50	-18.50	-21.79	3.29	Zone1
	SPP Φ1219.2x21t	-14.50	-18.50	-22.24	3.74	
Trestle Pier (NBH-6)	SPP Φ1066.8x19t	-15.00	-20.00	-23.18	3.18	Zone1, Zone2
	SPP Φ1219.2x21t	-15.00	-20.00	-23.63	3.63	
Trestle Pier (NBH-7)	SPP Φ1066.8x19t	-14.00	-20.00	-23.18	3.18	
	SPP Φ1219.2x21t	-14.00	-20.00	-23.63	3.63	
Trestle Pier (NBH-8)	SPP Φ1066.8x19t	-14.00	-17.00	-20.49	3.49	
	SPP Φ1219.2x21t	-14.00	-17.00	-20.96	3.96	
Trestle Pier (NBH-9)	SPP Φ1066.8x19t	-13.50	-15.50	-19.00	3.50	
	SPP Φ1219.2x21t	-13.50	-15.50	-19.48	3.98	
Trestle Pier (NBH-10)	SPP Φ1066.8x19t	-13.50	-18.50	-21.94	3.44	
	SPP Φ1219.2x21t	-13.50	-18.50	-22.42	3.92	
Trestle Pier (NBH-11)	SPP Φ1066.8x19t	-13.25	-17.25	-20.57	3.32	
	SPP Φ1219.2x21t	-13.25	-17.25	-21.03	3.78	
Trestle Pier (NBH-12)	SPP Φ1066.8x19t	-13.00	-16.00	-19.40	3.40	
	SPP Φ1219.2x21t	-13.00	-16.00	-19.86	3.86	
Trestle Pier (NBH-13)	SPP Φ1066.8x19t	-12.75	-16.25	-19.43	3.18	
	SPP Φ1219.2x21t	-12.75	-16.25	-19.86	3.61	

(Sumber: Data Perencanaan Proyek PT. XYZ, 2025)

5.7.2 Kombinasi Pembebanan Dolphin

Berikut merupakan kombinasi pembebanan service dan ultimit yang diberikan pada permodelan berdasarkan Buku Perencanaan Pelabuhan oleh Bambang Triatmodjo hal 231 dan SNI 1726-2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung :

a. Kombinasi pembebanan service

- 1) D + SDL + LL + Env
- 2) D + SDL + LL + Env + B

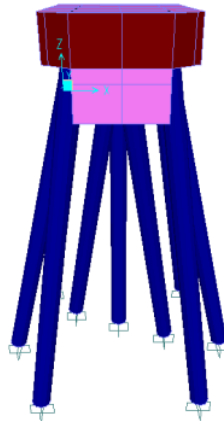
- 3) $D + SDL + LL + Env + M$
- 4) $D + SDL + LL + E$
- b. Kombinasi pembebanan ultimit
 - 1) $1,4D + 1,4SDL + 1,6LL + 1,4Env$
 - 2) $1,4D + 1,4SDL + 1,6LL + 1,4Env + 1,2B$
 - 3) $1,4D + 1,4SDL + 1,6LL + 1,4Env + 1,2M$
 - 4) $1,2D + 1,2SDL + LL + E$

5.7.3 Analisis Struktur *Breasting Dolphin*

Ketentuan analisis permodelan struktur *breasting dolphin* adalah sebagai berikut :

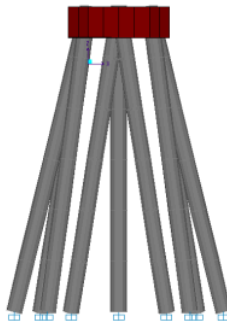
a. Gambar Permodelan

Berikut merupakan gambar permodelan dari *case* yang akan dibuat :



Gambar 5.38 Permodelan *Breasting Dolphin*

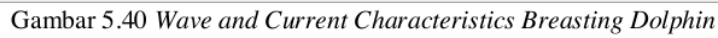
(Sumber: Analisa Penulis, 2025)



Gambar 5.39 Permodelan dengan Tumpuan *Breasting Dolphin*

(Sumber: Analisa Penulis, 2025)

1) Pembebanan arus dan gelombang



(Sumber: Analisa Penulis, 2025)

2) Pembebanan gempa

Response Spectrum IBC 2006 Function Definition

Function Name: GEMPA LOTTE

Function Damping Ratio: 0.05

Parameters:

- ☐ Ss and S1 from USGS - by Lat./Long.
- ☐ Ss and S1 from USGS - by Zip Code
- ☒ Ss and S1 User Specified
 - Site Latitude (degrees): ?
 - Site Longitude (degrees): ?
 - Site Zip Code (5-Digits): ?
 - 0.2 Sec Spectral Accel, Ss: 0.886
 - 1 Sec Spectral Accel, S1: 0.431
 - Long-Period Transition Period: 20

Site Class: E

Site Coefficient, Fa: 1.0368

Site Coefficient, Fv: 2.4

Calculated Values for Response Spectrum Curve

SDS = (2/3) * Fa * Ss: 0.6124

SD1 = (2/3) * Fv * S1: 0.6896

Convert to User Defined

Define Function:

Period	Acceleration
0	0.245
0.2252	0.6124
1.1261	0.6124
1.4	0.4926
1.6	0.431
1.8	0.3831
2	0.3448
2.5	0.2758
3	0.2299

Function Graph:

Display Graph

OK Cancel

Gambar 5.42 Properties Response Spectrum Breasting Dolphin

(Sumber: Analisa Penulis, 2025)

Load Case Data - Response Spectrum

Load Case Name: GEMPA X

Notes: Modify/Show...

Load Case Type: Response Spectrum

Modal Combination:

- ☒ CQC
- ☐ SRSS
- ☐ Absolute
- ☐ GMC
- ☐ NRC 10 Percent
- ☐ Double Sum

GMC #1: 1

GMC #2: 0

Periodic + Rigid Type: SRSS

Directional Combination:

- ☒ SRSS
- ☐ Absolute

Scale Factor:

Modal Load Case:

Use Modes from this Modal Load Case: MODAL

Loads Applied:

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U1	GEMPA LOT	9.8/2

Add

Modify

Delete

Show Advanced Load Parameters

Other Parameters:

Modal Damping: Constant at 0.05

Modify/Show...

OK

Cancel

Gambar 5.43 Load Case Data Response Spectrum Breasting Dolphin

(Sumber: Analisa Penulis, 2025)

3) Beban mati tambahan

Load Case Data - Linear Static

Load Case Name: Set Def Name

Notes: Modify/Show...

Load Case Type: Design...

Stiffness to Use:

- ☒ Zero Initial Conditions - Unstressed State
- ☐ Stiffness at End of Nonlinear Case

Important Note: Loads from the Nonlinear Case are NOT included in the current case

Analysis Type:

- ☒ Linear
- ☐ Nonlinear
- ☐ Nonlinear Staged Construction

Loads Applied:

Load Type	Load Name	Scale Factor
Load Pattern	BOLLARD	1
Load Pattern	FENDER	1
Load Pattern	ISIAN BETON	1
Load Pattern	SDL CATWALK	1
Load Pattern	DL CATWALK	1

Add, Modify, Delete, OK, Cancel

Gambar 5.44 Load Case Data SDL Breasting Dolphin

(Sumber: Analisa Penulis, 2025)

4) Beban hidup tambahan

Load Case Data - Linear Static

Load Case Name: Set Def Name

Notes: Modify/Show...

Load Case Type: Design...

Stiffness to Use:

- ☒ Zero Initial Conditions - Unstressed State
- ☐ Stiffness at End of Nonlinear Case

Important Note: Loads from the Nonlinear Case are NOT included in the current case

Analysis Type:

- ☒ Linear
- ☐ Nonlinear
- ☐ Nonlinear Staged Construction

Loads Applied:

Load Type	Load Name	Scale Factor
Load Pattern	LL	1
Load Pattern	LL CATWALK	1
Load Pattern	LL CATWALK	1

Add, Modify, Delete, OK, Cancel

Gambar 5.45 Load Case Data LL Breasting Dolphin

(Sumber: Analisa Penulis, 2025)

5) Pembebanan pada struktur:

a) Beban isian beton pada steel pile

Joint Forces

Load Pattern Name:

Units:

Coordinate System:

Options:

- ☐ Add to Existing Loads
- ☒ Replace Existing Loads
- ☐ Delete Existing Loads

OK, Cancel

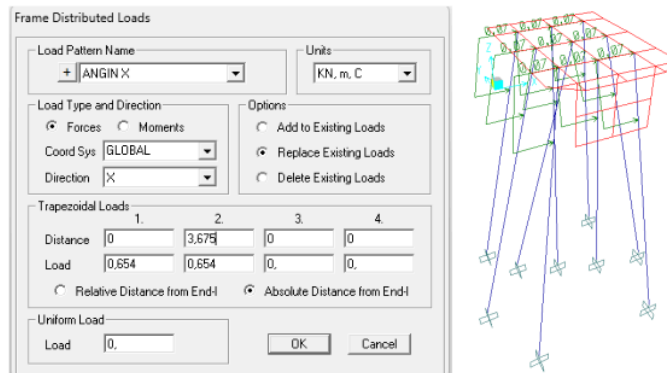
Loads:

Force Global X	0
Force Global Y	0
Force Global Z	-2.97
Moment about Global X	0
Moment about Global Y	0
Moment about Global Z	0

Gambar 5.46 Beban Isian Beton pada Steel Pile Breasting Dolphin

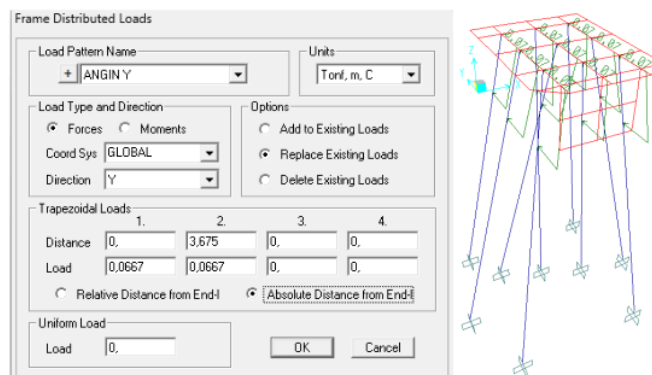
(Sumber: Analisa Penulis, 2025)

b) Beban angin arah x dan y pada *steel pile*



Gambar 5.47 Beban Angin Arah x pada *Steel Pile Breasting Dolphin*

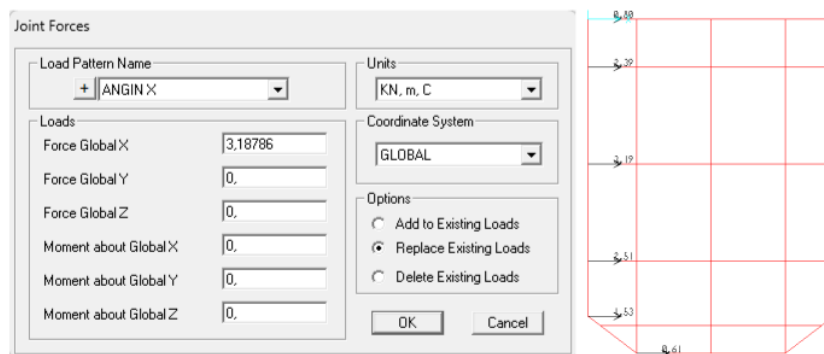
(Sumber: Analisa Penulis, 2025)



Gambar 5.48 Beban Angin Arah y pada *Steel Pile Breasting Dolphin*

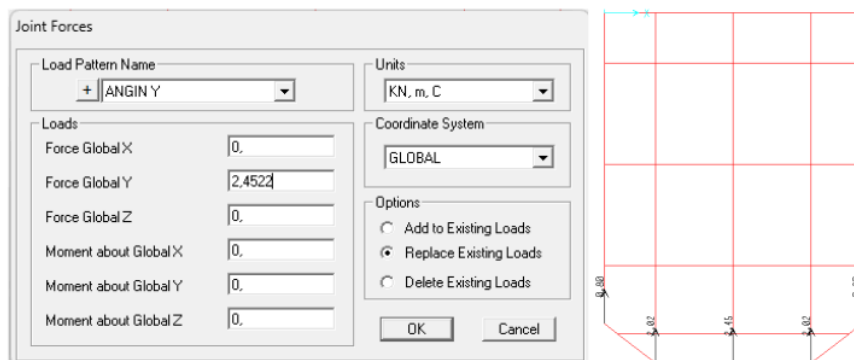
(Sumber: Analisa Penulis, 2025)

c) Beban angin arah x dan y pada balok



Gambar 5.49 Beban Angin Arah x pada Balok *Breasting Dolphin*

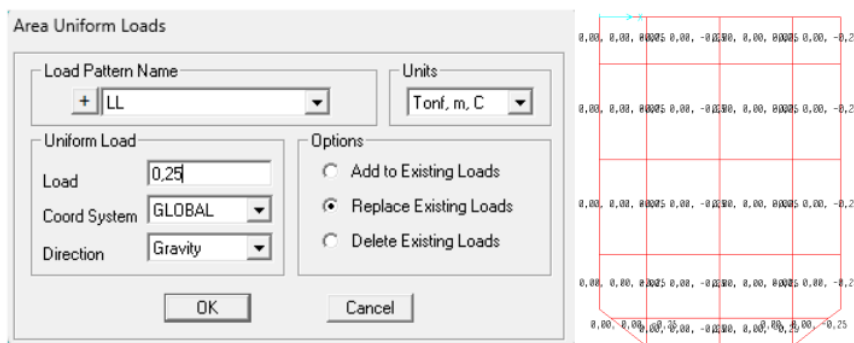
(Sumber: Analisa Penulis, 2025)



Gambar 5.50 Beban Angin Arah y pada Balok *Breasting Dolphin*

(Sumber: Analisa Penulis, 2025)

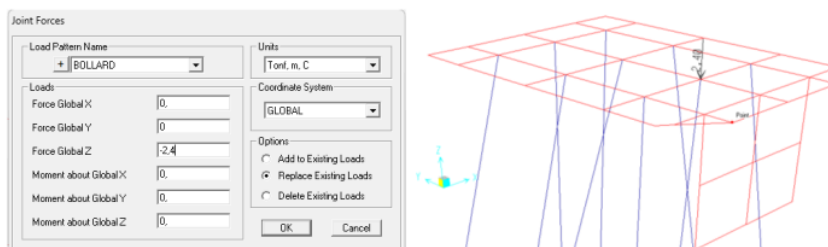
d) Beban hidup



Gambar 5.51 Beban Hidup *Breasting Dolphin*

(Sumber: Analisa Penulis, 2025)

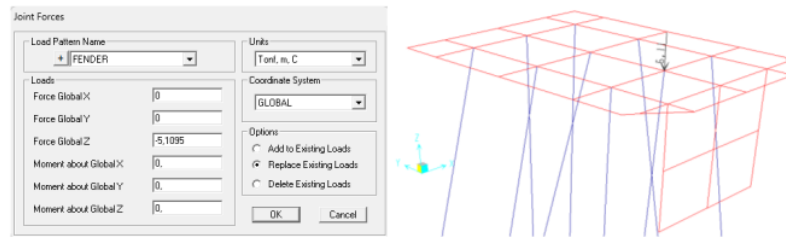
e) Beban *bollard*



Gambar 5.52 Beban *Bollard Breasting Dolphin*

(Sumber: Analisa Penulis, 2025)

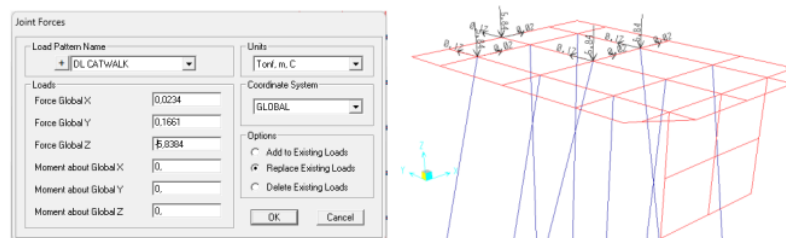
f) Beban *fender*



Gambar 5.53 Beban *Fender Breasting Dolphin*

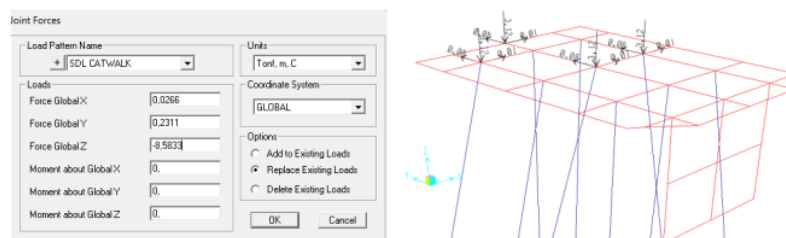
(Sumber: Analisa Penulis, 2025)

g) Beban *catwalk*



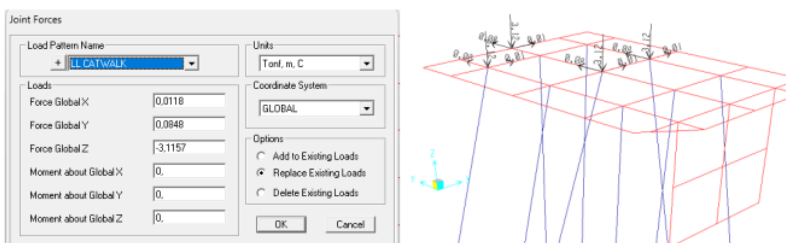
Gambar 5.54 Beban Mati *Catwalk Breasting Dolphin*

(Sumber: Analisa Penulis, 2025)



Gambar 5.55 Beban Mati Tambahan *Catwalk Breasting Dolphin*

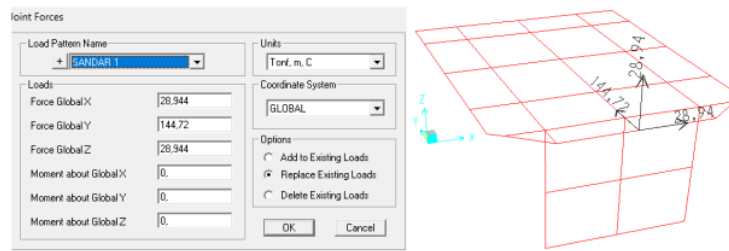
(Sumber: Analisa Penulis, 2025)



Gambar 5.56 Beban Hidup *Catwalk Breasting Dolphin*

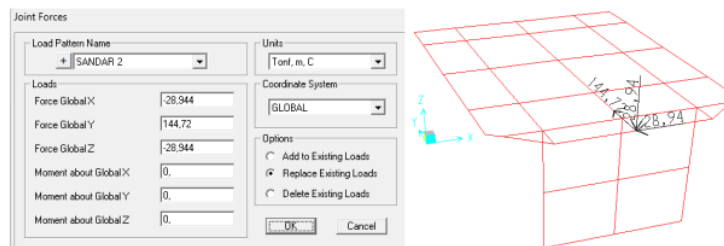
(Sumber: Analisa Penulis, 2025)

h) Beban sandar



Gambar 5.57 Beban Sandar 1 *Breasting Dolphin*

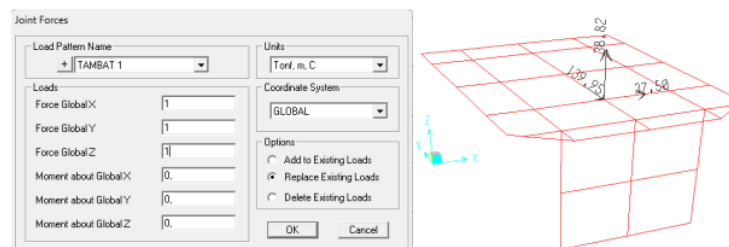
(Sumber: Analisa Penulis, 2025)



Gambar 5.58 Beban Sandar 2 *Breasting Dolphin*

(Sumber: Analisa Penulis, 2025)

i) Beban tambat



Gambar 5.59 Beban Tambat 1 *Breasting Dolphin*

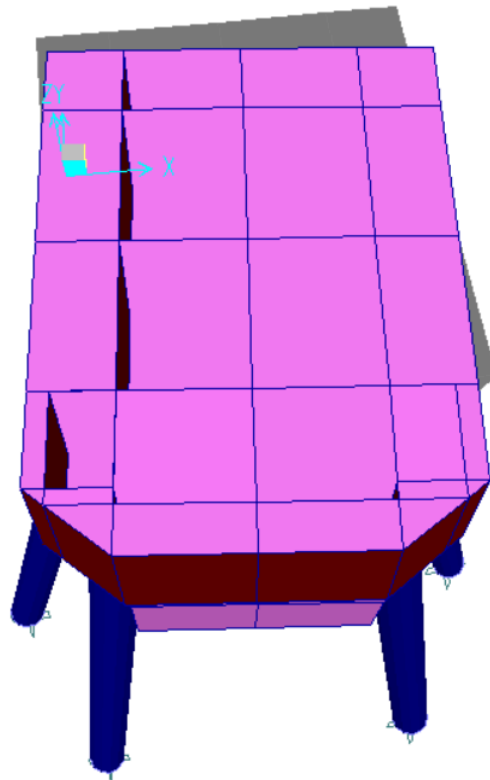
(Sumber: Analisa Penulis, 2025)

c. Output

Berikut terlampir hasil output – output dari proses desain dan analisis model struktur *breasting dolphin* :

1) Deformasi struktur

Deformasi struktur merupakan bentuk perubahan struktur yang terjadi akibat adanya gaya dari luar maupun dari dalam.



Gambar 5.60 *Deformed Shape Breasting Dolphin*

(Sumber: Analisa Penulis, 2025)

Tabel 5.30 Defleksi *Breasting Dolphin*

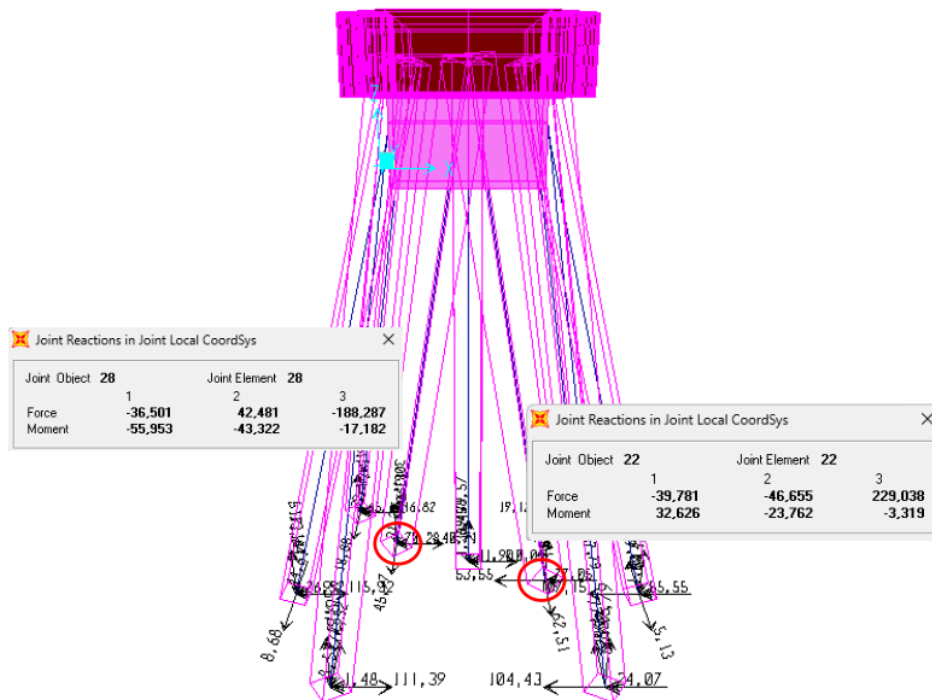
Kombinasi Beban	Case Type Text	U1 cm	U2 cm	U3 cm
Comb 1 - DL + LL + Env	Max	0,0031	-0,0013	-0,0005
	Min	0,0001	-0,0031	-0,0015
Comb 2 - DL + LL + Env + <i>Berthing</i>	Max	0,0061	0,0184	0,0015
	Min	-0,0076	0,0094	-0,0015
Comb 3 - DL + LL + Env + <i>Mooring</i>	Max	0,0182	-0,0069	0,0009
	Min	0,0001	-0,0212	-0,0041
Comb 4 - DL + LL + Gempa	Max	0,0082	0,0076	0,0004
	Min	-0,0092	-0,0124	-0,0023

(Sumber: Analisa Penulis, 2025)

Pengecekan defleksi pada dermaga biasanya tidak lebih dari 0,6 cm dan defleksi maksimum yang didapat sebesar 0,0182 cm. Maka, defleksi struktur *breasting dolphin* dikatakan memenuhi syarat.

2) Reaksi perletakan

Tumpuan adalah tempat bersandarnya suatu konstruksi & tempat bekerjanya reaksi.



Gambar 5.61 Reaksi Perletakan *Breasting Dolphin*

(Sumber: Analisa Penulis, 2025)

Tabel 5.31 Joint Reaksi *Breasting Dolphin*

Kombinasi Beban	Case Type Text	F1	F2	F3	M1	M2	M3
		Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m	Tonf-m
Comb 1 - DL + LL + Env	Max	11,7233	9,2309	98,2959	1,3652	-0,2782	3,5361
	Min	-20,2201	-10,3357	7,5418	-10,5283	-21,6257	-3,7716
Comb 2 - DL + LL + Env + <i>Berthing</i>	Max	30,0186	-2,2653	229,0294	65,9792	28,6442	23,3249
	Min	-39,7791	-46,6540	-66,8904	17,2800	-32,9870	-13,6197
Comb 3 - DL + LL + Env + <i>Mooring</i>	Max	27,3584	42,4835	220,7187	-9,5887	0,6338	10,6417
	Min	-47,9747	-8,0946	-188,3067	-70,0277	-78,0218	-34,9923
Comb 4 - DL + LL + Gempa	Max	29,7223	18,6843	172,9514	29,7162	37,8674	16,4229
	Min	-28,4678	-29,5739	-66,2294	-39,9873	-33,9104	-15,6185

(Sumber: Analisa Penulis, 2025)

Berdasarkan analisis struktur *breasting dolphin* didapat gaya aksial (P) pada kondisi tekan sebesar 229,0294 ton dan kondisi tarik sebesar -188,3067 ton.

3) Gaya dalam

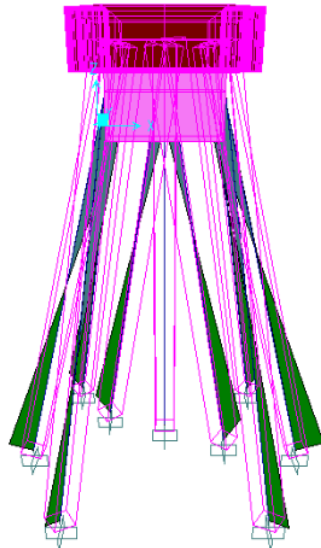
a) *Axial Force*



Gambar 5.62 *Axial Force Breasting Dolphin*

(Sumber: Analisa Penulis, 2025)

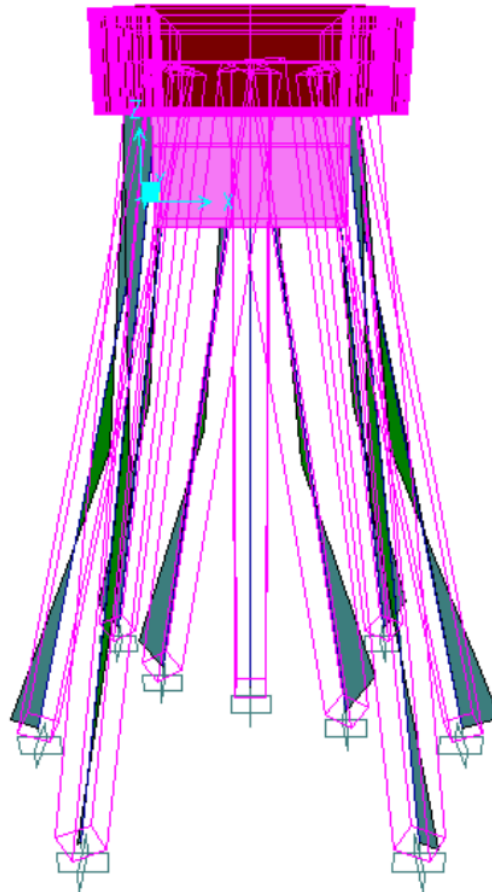
b) *Shear 2-2*



Gambar 5.63 *Shear 2-2 Breasting Dolphin*

(Sumber: Analisa Penulis, 2025)

c) *Moment 3-3*



Gambar 5.64 *Moment 3-3 Breasting Dolphin*

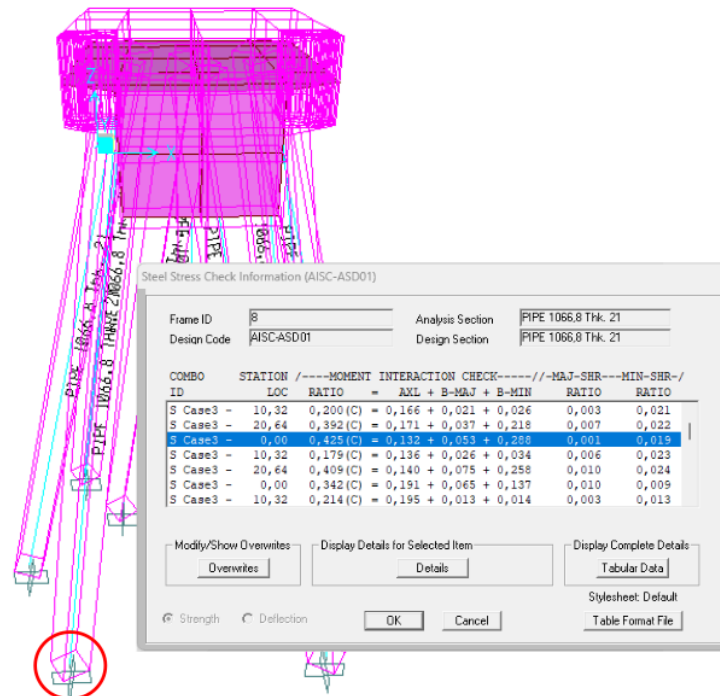
(Sumber: Analisa Penulis, 2025)

Tabel 5.32 Gaya Dalam *Breasting Dolphin*

Kombinasi Beban	Case Type Text	P Tonf	V2 Tonf	V3 Tonf	T Tonf-m	M2 Tonf-m	M3 Tonf-m
Comb 1 - DL + LL + Env	Max	0,6571	3,6723	1,6668	-1,0778	20,1120	19,2428
	Min	-99,2129	-2,8900	-2,7119	-1,6254	-12,3769	-21,2013
Comb 2 - DL + LL + Env + <i>Berthing</i>	Max	77,9135	5,9157	5,6313	4,3481	65,0287	46,9278
	Min	-237,0608	-5,9691	-7,8409	-15,1564	-81,5134	-50,2344
Comb 3 - DL + LL + Env + <i>Mooring</i>	Max	203,9006	8,6741	10,6399	18,4507	106,1142	73,7796
	Min	-223,7219	-8,0491	-7,5307	1,4380	-95,1508	-80,9980
Comb 4 - DL + LL + Gempa	Max	80,3875	4,3934	4,0606	12,4265	45,6235	29,7699
	Min	-175,5969	-3,9604	-3,9117	-14,5686	-44,6811	-36,8047

(Sumber: Analisa Penulis, 2025)

4) Keamanan struktur



Gambar 5.65 Keamanan Struktur *Breasting Dolphin*

(Sumber: Analisa Penulis, 2025)

Tabel 5.33 Rasio *Breasting Dolphin*

Kombinasi Beban	Ratio Unitless	Syarat Batas Unitless	Keterangan Text
Comb 1 - DL + LL + Env	0,1445	1,00	AMAN
Comb 2 - DL + LL + Env + <i>Berthing</i>	0,3428	1,00	AMAN
Comb 3 - DL + LL + Env + <i>Mooring</i>	0,4245	1,00	AMAN
Comb 4 - DL + LL + Gempa	0,2092	1,00	AMAN

(Sumber: Analisa Penulis, 2025)

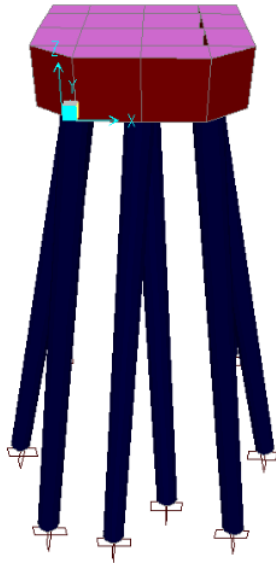
Kekuatan struktur tiang dilihat dari tiang pancang yang menopang. Apabila rasio (PMM) tiang pancang lebih dari 1,00 maka tiang pancang tersebut mengalami *overstressed* atau melebihi kapasitas kekuatannya. Berdasarkan analisis struktur *breasting dolphin* rasio terbesar didapat pada kondisi kombinasi pembebanan 3 yaitu sebesar 0,4245 dan syarat batas sebesar 1. Maka, kapasitas struktur *breasting dolphin* yang direncanakan mampu menahan beban-beban yang bekerja.

5.7.4 Analisis Struktur *Mooring Dolphin*

Ketentuan analisis permodelan struktur *mooring dolphin* adalah sebagai berikut :

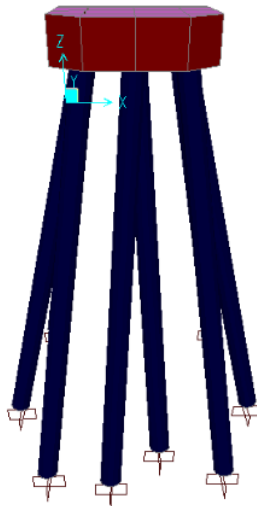
a. Gambar Permodelan

Berikut merupakan gambar langkah permodelan dari *case* yang akan dibuat :



Gambar 5.66 Permodelan *Mooring Dolphin*

(Sumber: Analisa Penulis, 2025)

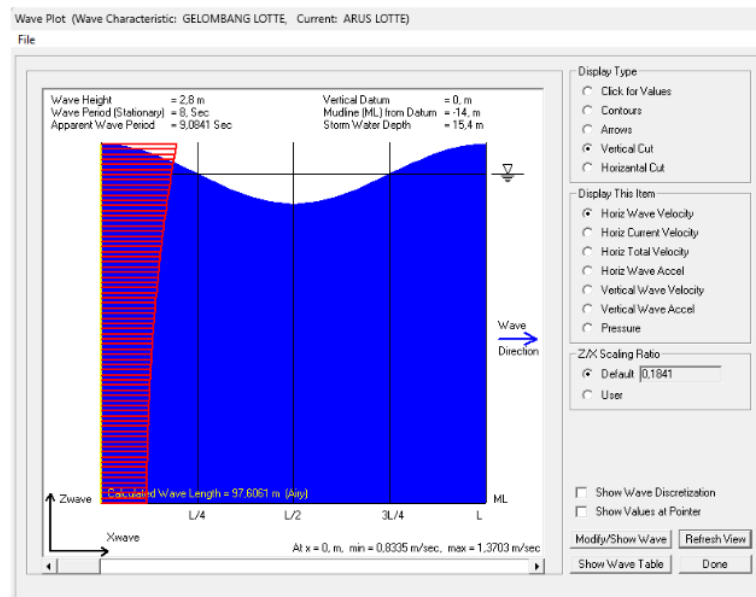


Gambar 5.67 Permodelan dengan Tumpuan *Mooring Dolphin*

(Sumber: Analisa Penulis, 2025)

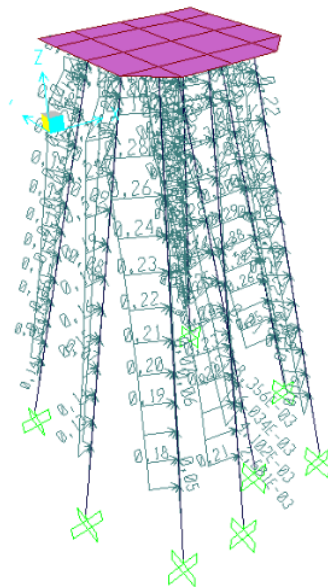
b. Pembebanan

1) Pembebanan arus dan gelombang



Gambar 5.68 Wave and Current Characteristics Mooring Dolphin

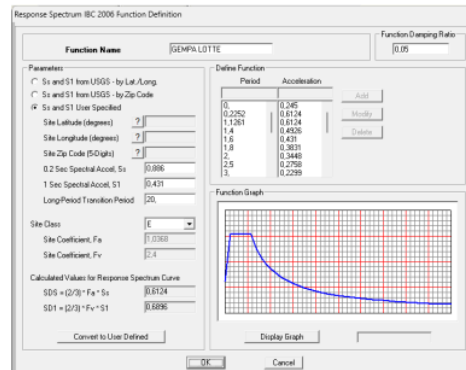
(Sumber: Analisa Penulis, 2025)



Gambar 5.69 Wave Load Pattern Mooring Dolphin

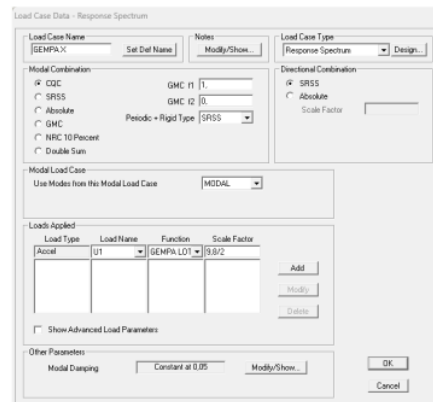
(Sumber: Analisa Penulis, 2025)

2) Pembebanan gempa



Gambar 5.70 Properties Response Spectrum Mooring Dolphin

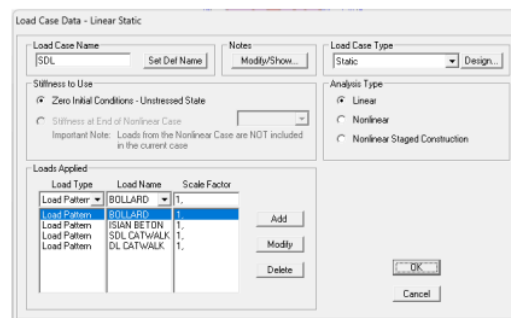
(Sumber: Analisa Penulis, 2025)



Gambar 5.71 Load Case Data Response Spectrum Mooring Dolphin

(Sumber: Analisa Penulis, 2025)

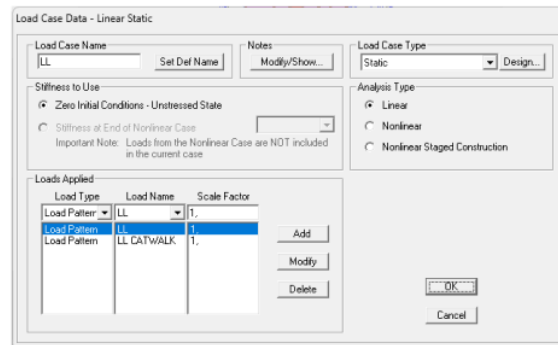
3) Beban mati tambahan



Gambar 5.72 Load Case Data SDL Mooring Dolphin

(Sumber: Analisa Penulis, 2025)

4) Beban hidup tambahan

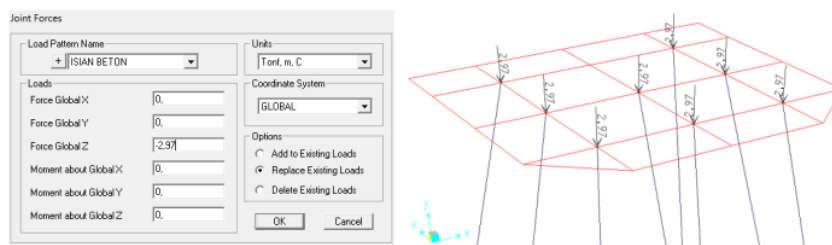


Gambar 5.73 Load Case Data LL Mooring Dolphin

(Sumber: Analisa Penulis, 2025)

5) Pembebanan pada struktur:

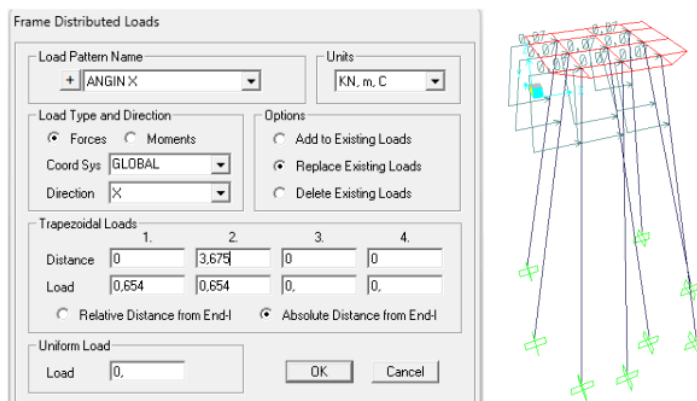
a) Beban isian beton pada *steel pile*



Gambar 5.74 Beban Isian Beton pada *Steel Pile Mooring Dolphin*

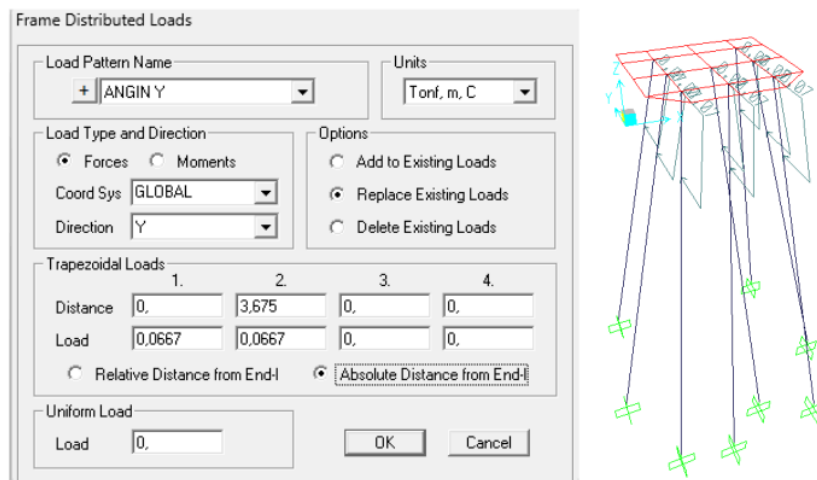
(Sumber: Analisa Penulis, 2025)

b) Beban angin arah x dan y pada *steel pile*



Gambar 5.75 Beban Angin Arah x *Steel Pile Mooring Dolphin*

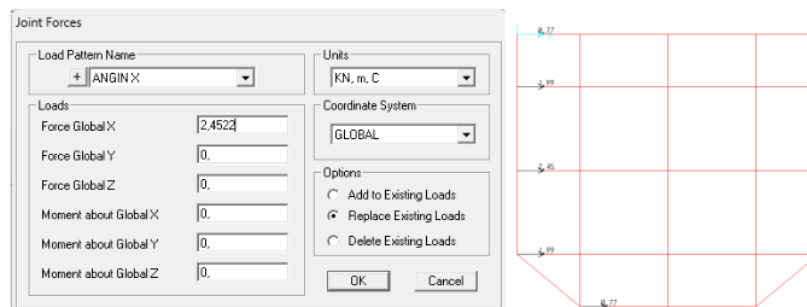
(Sumber: Analisa Penulis, 2025)



Gambar 5.76 Beban Angin Arah y *Steel Pile Mooring Dolphin*

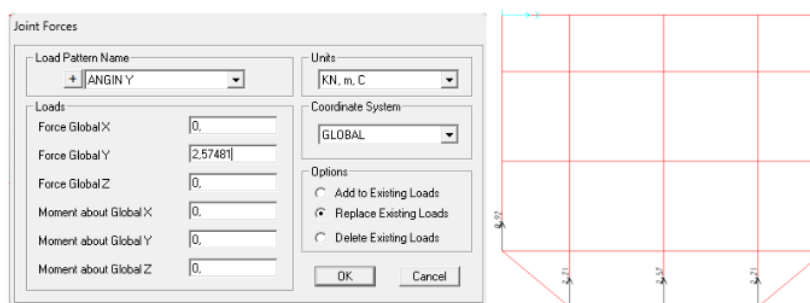
(Sumber: Analisa Penulis, 2025)

c) Beban angin arah x dan y pada balok



Gambar 5.77 Beban Angin arah x pada Balok *Mooring Dolphin*

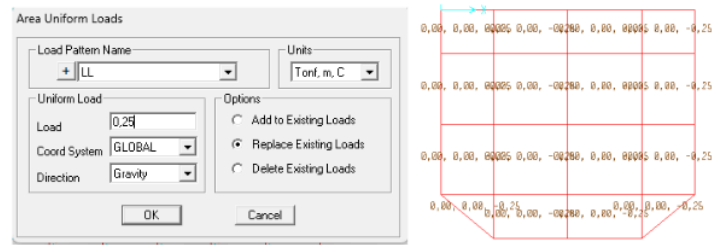
(Sumber: Analisa Penulis, 2025)



Gambar 5.78 Beban Angin arah y pada Balok *Mooring Dolphin*

(Sumber: Analisa Penulis, 2025)

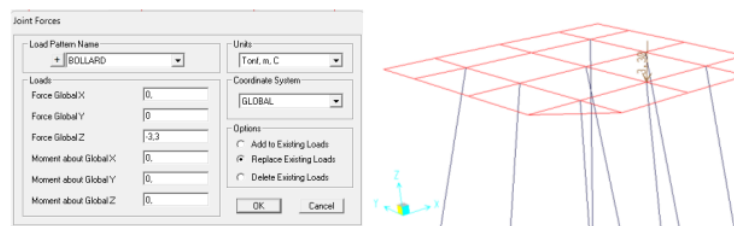
d) Beban hidup



Gambar 5.79 Beban Hidup *Mooring Dolphin*

(Sumber: Analisa Penulis, 2025)

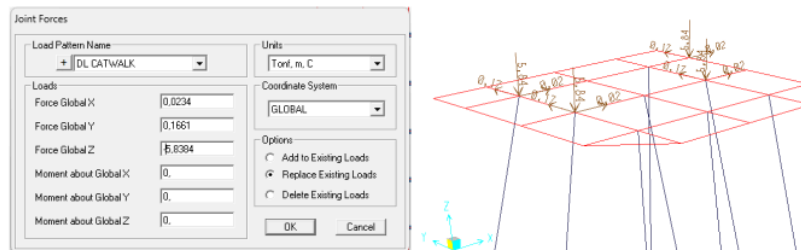
e) Beban *bollard*



Gambar 5.80 Beban *Bollard Mooring Dolphin*

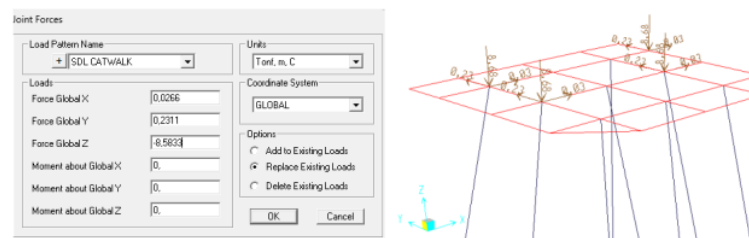
(Sumber: Analisa Penulis, 2025)

f) Beban *catwalk*



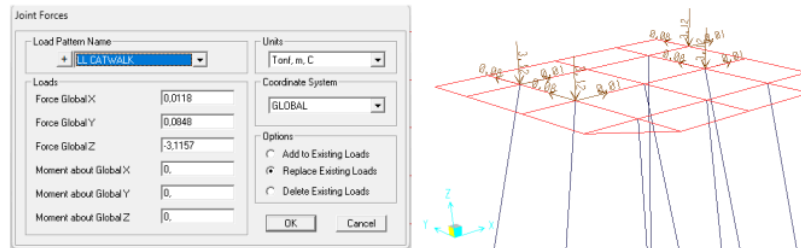
Gambar 5.81 Beban Mati *Catwalk Mooring Dolphin*

(Sumber: Analisa Penulis, 2025)



Gambar 5.82 Beban Mati Tambahan *Catwalk Mooring Dolphin*

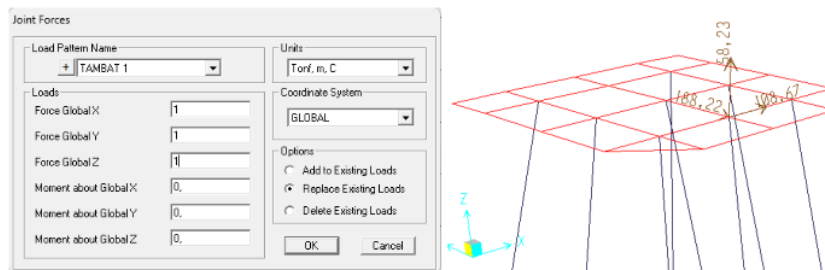
(Sumber: Analisa Penulis, 2025)



Gambar 5.83 Beban Hidup *Catwalk Mooring Dolphin*

(Sumber: Analisa Penulis, 2025)

g) Beban tambat



Gambar 5.84 Beban Tambat 1 *Mooring Dolphin*

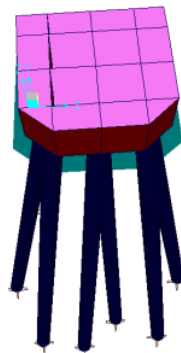
(Sumber: Analisa Penulis, 2025)

c. Output

Berikut terlampir hasil output – output dari proses desain dan analisis model struktur *mooring dolphin* :

1) Deformasi struktur

Deformasi struktur merupakan bentuk perubahan struktur yang terjadi akibat adanya gaya dari luar maupun dari dalam.



Gambar 5.85 *Deformed Shape Mooring Dolphin*

(Sumber: Analisa Penulis, 2025)

Tabel 5.34 Defleksi *Mooring Dolphin*

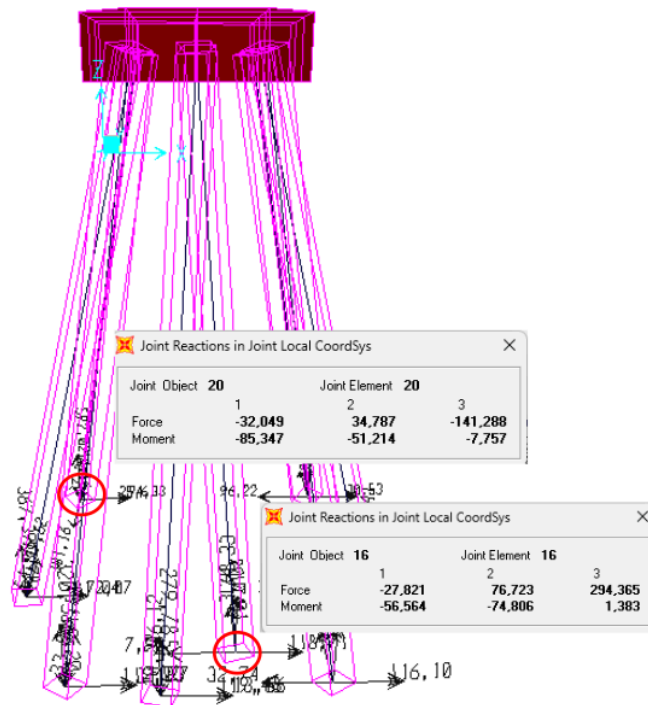
Kombinasi Beban	Case Type Text	U1 cm	U2 cm	U3 cm
Comb 1 - DL + LL + Env	Max	0,0038	0,0038	-0,0002
	Min	0,0010	0,0027	-0,0017
Comb 2 - DL + LL + Env + <i>Mooring</i>	Max	0,0293	-0,0069	0,0052
	Min	-0,0010	-0,0236	-0,0043
Comb 3 - DL + LL + Gempa	Max	0,0090	0,0098	0,0008
	Min	-0,0095	-0,0044	-0,0030

(Sumber: Analisa Penulis, 2025)

Pengecekan defleksi pada dermaga biasanya tidak lebih dari 0,6 cm dan defleksi maksimum yang didapat sebesar 0,0293 cm. Maka, defleksi struktur *mooring dolphin* dikatakan memenuhi syarat.

2) Reaksi perletakan

Tumpuan adalah tempat bersandarnya suatu konstruksi dan tempat bekerjanya reaksi.



Gambar 5.86 Reaksi Perletakan *Mooring Dolphin*

(Sumber: Analisa Penulis, 2025)

Tabel 5.35 Joint Reaksi *Mooring Dolphin*

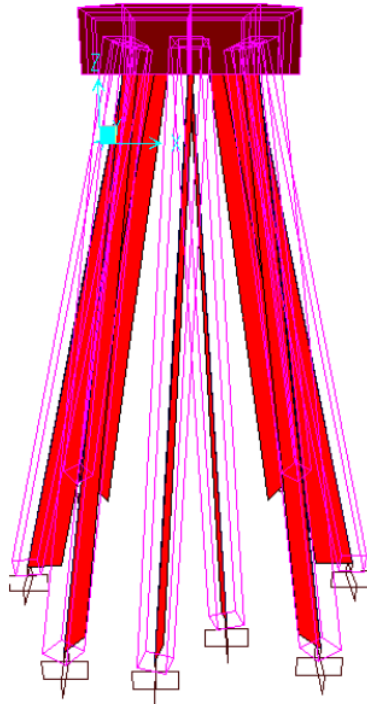
Kombinasi Beban	Case Type Text	F1	F2	F3	M1	M2	M3
		Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m	Tonf-m
Comb 1 - DL + LL + Env	Max	13,2012	7,3523	91,2070	16,4172	-2,2925	5,7413
	Min	-17,8597	-17,0207	17,3545	4,6122	-24,6547	-5,6905
Comb 2 - DL + LL + Env + <i>Mooring</i>	Max	18,0556	77,9389	294,3652	-11,8457	6,4805	21,9123
	Min	-55,2666	-6,8030	-141,2883	-89,5841	-113,8216	-36,0228
Comb 3 - DL + LL + Gempa	Max	26,5922	23,0789	142,1139	38,4358	38,7447	10,7736
	Min	-26,1647	-27,5342	-46,2510	-21,2886	-36,0176	-10,8878

(Sumber: Analisa Penulis, 2025)

Berdasarkan analisis struktur *mooring dolphin* didapat gaya aksial (P) pada kondisi tekan sebesar 294,3652 ton dan kondisi tarik sebesar -141,2883 ton. Sedangkan, gaya lateral (H) tiang pancang Ø1066.8x21t sebesar 77,9389 ton.

3) Gaya dalam

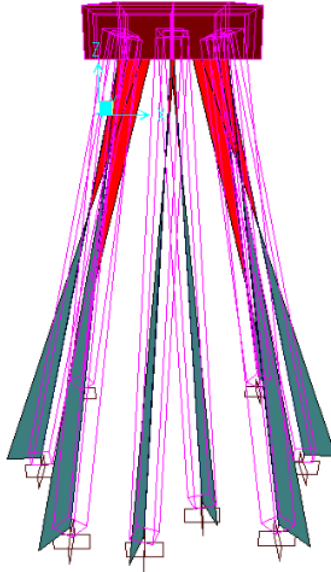
a) *Axial Force*



Gambar 5.87 *Axial Force Mooring Dolphin*

(Sumber: Analisa Penulis, 2025)

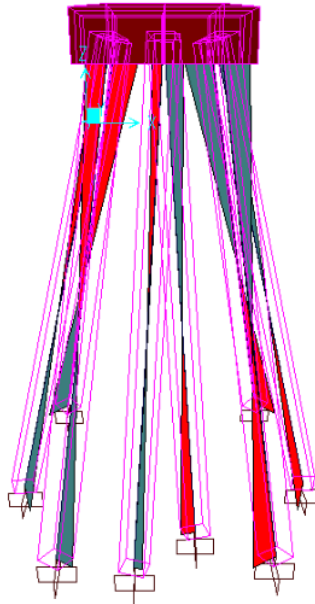
b) *Shear 2-2*



Gambar 5.88 *Shear 2-2 Mooring Dolphin*

(Sumber: Analisa Penulis, 2025)

c) *Moment 3-3*



Gambar 5.89 *Moment 3-3 Mooring Dolphin*

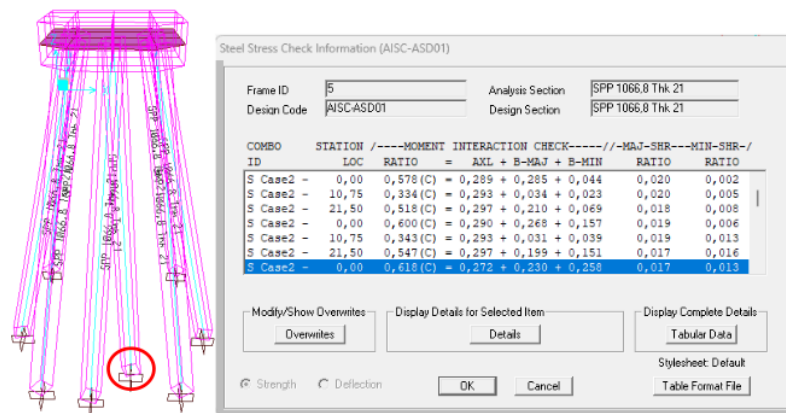
(Sumber: Analisa Penulis, 2025)

Tabel 5.36 Gaya Dalam *Mooring Dolphin*

Kombinasi Beban	Case Type Text	P Tonf	V2 Tonf	V3 Tonf	T Tonf-m	M2 Tonf-m	M3 Tonf-m
Comb 1 - DL + LL + Env	Max	-9,5968	4,1782	3,2407	0,8139	20,2023	17,1698
	Min	-94,1841	-2,3914	-2,6497	-0,0865	-23,3624	-26,3936
Comb 2 - DL + LL + Env + <i>Mooring</i>	Max	156,2719	12,1280	14,6314	21,3076	153,8213	111,7071
	Min	-305,2969	-10,3054	-9,1133	-1,8461	-130,1757	-110,9492
Comb 3 - DL + LL + Gempa	Max	60,1630	5,0850	3,7252	4,8909	45,2299	39,3142
	Min	-146,8792	-5,0648	-4,1071	-3,9461	-49,9853	-49,5522

(Sumber: Analisa Penulis, 2025)

d) Keamanan struktur

Gambar 5.90 Keamanan Struktur *Mooring Dolphin*

(Sumber: Analisa Penulis, 2025)

Tabel 5.37 Rasio *Mooring Dolphin*

Kombinasi Beban	Ratio Unitless	Syarat Batas Unitless	Keterangan Text
Comb 1 - DL + LL + Env	0,1407	1,00	AMAN
Comb 2 - DL + LL + Env + <i>Mooring</i>	0,6181	1,00	AMAN
Comb 3 - DL + LL + Gempa	0,2019	1,00	AMAN

(Sumber: Analisa Penulis, 2025)

Kekuatan struktur tiang dilihat dari tiang pancang yang menopang. Apabila rasio (PMM) tiang pancang lebih dari 1,00 maka tiang pancang tersebut mengalami *overstressed* atau melebihi kapasitas kekuatannya. Berdasarkan analisis struktur *mooring dolphin* rasio terbesar didapat pada kondisi kombinasi pembebanan 2 yaitu sebesar 0,6181 dan syarat batas sebesar 1. Maka, kapasitas struktur *mooring dolphin* yang direncanakan mampu menahan beban-beban yang bekerja.

5.8 Daya Dukung Aksial Tiang Pancang

5.8.1 Daya Dukung Aksial Tiang Pancang *Breasting Dolphin*

Daya dukung aksial tiang merupakan beban izin yang dapat ditanggung oleh 1 buah tiang yang ditancapkan pada suatu lokasi dan pada kedalaman tertentu. Berikut perhitungan daya dukung aksial tiang pancang pada struktur *breasting dolphin* :

a. Daya dukung izin tekan berdasarkan data N-SPT

Berikut perhitungan daya dukung aksial tiang pancang pada struktur *breasting dolphin* dengan metode mayerhof berdasarkan data N-SPT yang ditunjukkan pada Tabel 5.2 pada kedalaman 12 m di bawah permukaan tiang.

Diketahui :

- | | |
|---|--|
| 1) Diameter tiang (D) | = 1,0668 m |
| | = 106,68 cm |
| 2) Jari-jari tiang (r) | $= \frac{D}{2}$ |
| | $= \frac{1066,8}{2}$ |
| | = 533,4 mm |
| 3) Tebal tiang (t) | = 0,021 m |
| | = 2,1 cm |
| 4) Kuat tekan beton (fc') | = 35 MPa |
| 5) Teg. leleh baja (σ) | = 310 MPa |
| | = 3161,07 kg/cm ² |
| 6) Teg. Aksial ijin | $= \frac{\sigma}{1,5}$ |
| | $= \frac{3161,07}{1,5}$ |
| | = 2107,38 kg/cm ² |
| 7) Modulus elastisitas untuk Penguatan (Es) | = 200000 MPa |
| 8) Luas permukaan ujung (Ap) | $= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$ |
| | $= \frac{1}{4} \times \pi \times 1,0668^2$ |
| | = 0,8379 m |
| | = 83,7863 cm |

9) Keliling segmen tiang (A_{st})	$= \pi \times \text{kedalaman} \times D$ $= \pi \times 100 \times 0,8379$ $= 40,2174 \text{ m}$
10) Berat penampang tiang pancang (m)	$= (D - t) \times t \times 0,02466$ $= (1066,8 - 21) \times 21 \times 0,02466$ $= 541,58 \text{ kg}$
11) Momen Inersia (I)	$= \frac{2}{3} \times m \times r^2$ $= \frac{2}{3} \times 541,58 \times 5,334^2$ $= 10272,50 \text{ kg/m}^2$
12) Panjang tiang pancang yang ditinjau (e)	$= \text{Seabed}$ $= 13,50 \text{ m}$
13) <i>Fixity point</i> (Z_f)	$= 3,18 \text{ m}$
14) Faktor keamanan (SF)	$= 2,5$
15) P aktual	$= 229,0294 \text{ ton}$
Penyelesaian :	
Daya dukung ujung tiang (Q_p)	$= 40 \times N \times A_p$ $= 40 \times 100 \times 0,8379$ $= 3351,4510 \text{ ton}$
Daya dukung selimut tiang (Q_s)	$= (0,5 \times A_s) \times N$ $= (0,5 \times 40,2174) \times 100$ $= 2010,8706 \text{ ton}$
Daya dukung ultimate tiang ($Q_{u\text{tekan}}$)	$= Q_p + Q_s$ $= 3351,4510 + 2010,8706$ $= 5362,3217 \text{ ton}$
Daya dukung izin ($Q_{izin\text{tekan}}$)	$= \frac{Q_u}{SF}$ $= \frac{5362,3217}{2,5}$ $= 2144,9286 \text{ ton}$
P aktual (229,0294 ton)	$< Q \text{ izin } (2144,9286 \text{ ton}) \text{ OK}$

Untuk perhitungan daya dukung tiang selengkapnya dapat dilihat pada tabel 5.38 berikut.

Tabel 5.38 Daya Dukung Tekan Tiang Berdasarkan data NSPT *Breasting Dolphin*

Depth (m)	Jenis tanah	Li (m)	Soil Parameter			Li × Fi (t/m)	ΣLi × Fi (t/m)	Ap (m ²)	As (m)	Diameter: 1,0668 m			
			N	qd (t/m ²)	Fi (t/m ²)					Qp (ton)	Qs (ton)	Qult (ton)	Qizin (ton)
0	clay	1,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1,5	clay	1,5	1	20	1	1,5	1,5	0,84	5,03	33,51	1,01	34,52	13,81
3	clay	1,5	2	40	2	3	4,5	0,84	10,05	67,03	4,02	71,05	28,42
4,5	clay	1,5	8	160	8	12	16,5	0,84	15,08	268,12	60,33	328,44	131,38
6	sand	1,5	94	3760	18,8	28,2	44,7	0,84	20,11	3150,36	945,11	4095,47	1638,19
7,5	sand	1,5	94	3760	18,8	28,2	72,9	0,84	25,14	3150,36	1181,39	4331,75	1732,70
9	sand	1,5	97	3880	19,4	29,1	102	0,84	30,16	3250,91	1462,91	4713,82	1885,53
10,5	sand	1,5	98	3920	19,6	29,4	131,4	0,84	35,19	3284,42	1724,32	5008,74	2003,50
12	sand	1,5	100	4000	20	30	161,4	0,84	40,22	3351,45	2010,87	5362,32	2144,93

(Sumber: Analisa Penulis, 2025)

$$\begin{aligned}
 \text{Modulus section tiang baja (W)} &= \frac{\pi \times (D^4 - (D - 2 \times t^4))}{32 \times D} \\
 &= \frac{\pi \times (106,68^4 - (106,68 - 2 \times 2,1^4))}{32 \times 106,68} \\
 &= 119192,4339 \text{ cm}^3 \\
 \text{Momen ultimate pada tiang (Mu)} &= \sigma \times W \\
 &= 3161,07 \times 119192,4339 \\
 &= 376775627 \text{ kg-cm} \\
 &= 4153,2621 \text{ ton} \\
 \text{M aktual} &= 65,9792 \text{ ton} \\
 \text{M ultimate (4153,2621 ton)} &> \text{M aktual (65,9792 ton) OK} \\
 \text{Kontrol terhadap kekuatan bahan } (\sigma) &= \frac{P}{A} \pm \frac{M}{W} \\
 &= \frac{2144,93 \times 10^3}{8378,62} + \frac{65,97 \times 10^5}{119192,43} \\
 &= 311,36 < 2107,38 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= \frac{2144,93 \times 10^3}{8378,62} - \frac{65,97 \times 10^5}{119192,43} \\
 &= 200,64 < 2107,38 \text{ kg/cm}^2 \\
 \text{Kontrol terhadap tekuk } (P_{cr}) &= \frac{\pi \times E \times I}{(e \times Zf)^2}
 \end{aligned}$$

$$= \frac{\pi \times 200000 \times 192585,13}{(1350 \times 318)^2}$$

$$= 43492,1155 \text{ ton}$$

P_{cr} (43492,1155 ton)

> P aktual (229,0294 ton) **OK**

P_{cr} harus lebih besar dari gaya aksial tekan aktual struktur.

L

$$= e + Zf$$

$$= 13,50 + 3,18$$

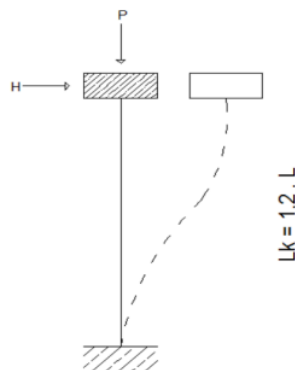
$$= 16,68 \text{ m}$$

Kontrol kelangsingan (L_k)

$$= 1,2 \times L$$

$$= 1,2 \times 16,68$$

$$= 20,016 \text{ m}$$



Gambar 5.91 Asumsi Panjang Tekuk Tiang

(Sumber: Analisa Penulis, 2025)

i

$$= \sqrt{\frac{I}{A}}$$

$$= \sqrt{\frac{10272,49}{83,7862}}$$

$$= 11,0726 \text{ cm}$$

$$= 0,1107 \text{ m}$$

λ

$$= \frac{L_k}{i}$$

$$= \frac{20,016}{0,1107}$$

$$= 180,7697$$

$$\begin{aligned}
 \text{Angka kelangsingan batas } (\lambda_g) &= \sqrt{\frac{E}{0,7 \times f_c'}} \times \pi \\
 &= \sqrt{\frac{200000}{0,7 \times 35}} \times \pi \\
 &= 283,8453 \\
 \lambda_g (283,8453) &> \lambda (180,7697) \quad \mathbf{OK} \\
 \lambda_s &= \frac{\lambda}{\lambda_g} \\
 &= \frac{180,7698}{283,8454} \\
 &= 0,6368
 \end{aligned}$$

Dengan nilai $0.183 < \lambda_s < 1$, maka nilai ω dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \omega &= \frac{1,41}{1,593 - \lambda_s} \\
 &= \frac{1,41}{1,593 - 0,6368} \\
 &= 1,4746 \\
 P_{\text{tekan izin (beban tetap)}} &= \frac{\sigma_{\text{Aksial izin}} \times A}{\omega} \\
 &= \frac{2107,38 \times 0,8379}{1,4746} \\
 &= 1197,3416 \text{ ton} \\
 P_{\text{tekan izin (1197,34 ton)}} &> P_{\text{tekan terjadi (229,03 ton)}} \quad \mathbf{OK} \\
 P_{\text{tekan izin (beban sementara)}} &= \frac{\sigma_{\text{Aksial izin}} \times A}{\omega} \\
 &= \frac{3161,07 \times 0,8379}{1,4746} \\
 &= 1796,0124 \text{ ton} \\
 P_{\text{tekan izin (1796,0124 ton)}} &> P_{\text{tekan terjadi (229,03 ton)}} \quad \mathbf{OK}
 \end{aligned}$$

b. Daya dukung izin tarik

Diketahui:

$$\begin{aligned}
 1) \text{ Diameter tiang pancang (D)} &= 1,067 \text{ m} \\
 2) \text{ Tebal tiang pancang (t)} &= 0,021 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 3) \text{ Nilai N-SPT (N)} &= 100 \\
 4) \text{ Berat (W}_p\text{)} &= B J_{\text{baja}} \times D \times t \times N \\
 &= 7,85 \times 1,0668 \times 0,021 \times 100 \\
 &= 17,5862 \text{ ton} \\
 5) \text{ Daya dukung selimut tiang (Qs)} &= (0,5 \times A_s) \times N \\
 &= (0,5 \times 40,2174) \times 100 \\
 &= 2010,8706 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Penyelesaian :

$$\begin{aligned}
 \text{Daya dukung izin (Q}_{\text{ultarik}}\text{)} &= 0,7 \times Q_s + W_p \\
 &= 0,7 \times 2010,8706 + 17,5862 \\
 &= 1425,20 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Daya dukung izin (Q}_{\text{izintarik}}\text{)} &= \frac{Q_u}{SF} \\
 &= \frac{1425,20}{2,5} \\
 &= 570,08 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Perhitungan daya dukung tarik tiang berdasarkan data N-SPT struktur *breasting dolphin* pada masing-masing kedalaman bisa dilihat pada Tabel 5.39.

Tabel 5.39 Daya Dukung Tarik Tiang Berdasarkan data N-SPT *Breasting Dolphin*

Depth (m)	Jenis tanah	Li (m)	N	As (m)	Wp (kg)	Diameter: 1,0668 m		
						Qs (ton)	Q _{ultarik} (ton)	Q _{izintarik} (ton)
0	clay	1,5	0	0	0	0,00	0,00	0
1,5	clay	1,5	1	5,02718	0,18	1,01	0,88	0,35
3	clay	1,5	2	10,0544	0,35	10,05	7,39	2,96
4,5	clay	1,5	8	15,0815	1,41	60,33	43,64	17,45
6	sand	1,5	94	20,1087	16,53	945,11	678,11	271,24
7,5	sand	1,5	94	25,1359	16,53	1181,39	843,50	337,40
9	sand	1,5	97	30,1631	17,06	1462,91	1041,09	416,44
10,5	sand	1,5	98	35,1902	17,23	1724,32	1224,26	489,70
12	sand	1,5	100	40,2174	17,59	2010,87	1425,20	570,08

(Sumber: Analisa Penulis, 2025)

c. Jumlah tiang yang diperlukan

Diketahui :

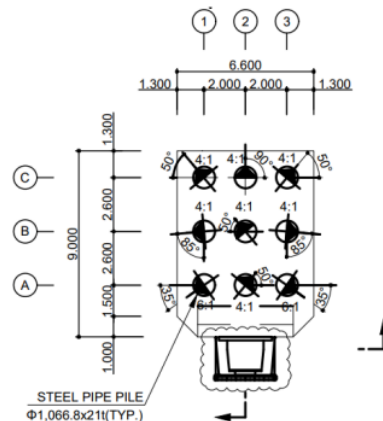
$$\begin{aligned}
 1) \text{ Gaya aksial yang terjadi (P)} &= 229,0294 \text{ ton} \\
 2) \text{ Daya dukung izin tekan tiang (P}_{\text{ait}}\text{)} &= 1197,3416 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Penyelesaian :

$$\begin{aligned} n_p &= \frac{P}{P_{all}} \\ &= \frac{229,0294}{1197,3416} \\ &= 0,1913 \text{ tiang} \end{aligned}$$

Maka, dipakai 1 tiang

d. Efisiensi kelompok tiang



Gambar 5.92 Dimensi Beton Deck dan Jarak Tiang *Breasting Dolphin*

(Sumber: Data Perencanaan Proyek PT. XYZ, 2025)

Diketahui :

- 1) Ukuran penampang tiang (D) = 130 cm
- 2) Jarak antar tiang (s) = 200 cm
- 3) Θ

$$= \arctan \left(\frac{D}{S} \right)$$

$$= \arctan \left(\frac{130}{200} \right)$$

$$= 23,02^\circ$$
- 4) Jumlah tiang dalam 1 kolom (m) = 3 buah
- 5) Jumlah tiang dalam 1 baris (n) = 3 buah
- 6) Jumlah tiang yang dipakai = 9 buah
- 7) Gaya aksial (P) = 229,0294 ton
- 8) Daya dukung izin tekan tiang (P_{all}) = 1197,34 ton

Penyelesaian :

$$\begin{aligned} E_g &= 1 - \Theta \times \frac{(n-1) \times 2 + (m-1) \times 2}{90 \times m \times n} \\ &= 1 - 33,02^\circ \times \frac{(3-1) \times 2 + (3-1) \times 2}{90 \times 3 \times 3} \\ &= 0,6738 \end{aligned}$$

Daya dukung vertikal kelompok tiang adalah

$$\begin{aligned} P &= E_g \times \text{jumlah } pile \times \text{daya dukung tiang} \\ &= 0,6738 \times 9 \times 1197,34 \\ &= 7261,3323 \text{ ton} > 229,0294 \text{ ton} \quad (\text{Memenuhi}) \end{aligned}$$

Mengacu pada Tabel 5.31 didapat daya dukung aksial tekan struktur *breasting dolphin* sebesar 229,0294 ton. Sehingga, dapat disimpulkan daya dukung aksial tiang pancang struktur *breasting dolphin* masih dalam batas aman.

e. Beban maksimum tiang pada kelompok tiang

Diketahui :

- | | |
|---|---|
| 1) Gaya aksial yang terjadi (P_u) | = 229,0294 ton |
| 2) Momen yang bekerja tegak lurus sumbu x (M_x) | = 65,9792 ton |
| 3) Momen yang bekerja tegak lurus sumbu y (M_y) | = 37,8674 ton |
| 4) Jarak tiang arah sumbu x terjauh ($X_{\max}$) | = 1 m |
| 5) Jarak tiang arah sumbu y terjauh ($Y_{\max}$) | = 1,3 m |
| 6) Banyak tiang dalam satu baris arah sumbu x (n_x) | = 3 buah |
| 7) Banyak tiang dalam satu baris arah sumbu y (n_y) | = 3 buah |
| 8) Jumlah tiang (n_p) | = 9 buah |
| 9) Jumlah kuadrat X (ΣX^2) | = $3 \times 3 \times 1^2$
= 9 m ² |
| 10) Jumlah kuadrat Y (ΣY^2) | = $3 \times 3 \times 1,3^2$
= 15,21 m ² |

Penyelesaian :

$$\begin{aligned} P_{\text{maks}} &= \frac{P_u}{n_p} \pm \frac{M_y \times X_{\max}}{n_y \times \Sigma X^2} \pm \frac{M_x \times Y_{\max}}{n_x \times \Sigma Y^2} \\ &= \frac{229,0294}{9} + \frac{37,8674 \times 1}{3 \times 9} + \frac{65,9792 \times 1,3}{3 \times 15,21} \\ &= 28,7299 \text{ ton} < 1197,34 \text{ ton} \quad (\text{Memenuhi}) \end{aligned}$$

$$= \frac{229,0294}{9} - \frac{37,8674 \times 1}{3 \times 9} - \frac{65,9792 \times 1,3}{3 \times 15,21}$$

$$= 22,1654 \text{ ton} < 1197,34 \text{ ton} \quad (\text{Memenuhi})$$

Mengacu pada analisis perhitungan daya dukung izin tekan tiang didapat sebesar 1197,34 ton. Sehingga, dapat disimpulkan beban maksimum tiang pada kelompok tiang struktur *breasting dolphin* masih dalam batas aman.

5.8.2 Daya Dukung Aksial Tiang Pancang *Mooring Dolphin*

Berikut perhitungan daya dukung aksial tiang pancang pada struktur *mooring dolphin* :

- a. Daya dukung izin tekan berdasarkan data N-SPT

Berikut perhitungan daya dukung aksial tiang pancang pada struktur *mooring dolphin* dengan metode mayerhof berdasarkan data N-SPT yang ditunjukkan pada Tabel 5.2 pada kedalaman 12 m di bawah permukaan tiang.

Diketahui :

- | | |
|---|------------------------------|
| 1) Diameter tiang (D) | = 1,0668 m |
| | = 106,68 cm |
| 2) Jari-jari tiang (r) | $= \frac{D}{2}$ |
| | $= \frac{1066,8}{2}$ |
| | = 533,4 mm |
| 3) Tebal tiang (t) | = 0,021 m |
| | = 2,1 cm |
| 4) Kuat tekan beton (fc') | = 35 MPa |
| 5) Teg. leleh baja (σ) | = 310 MPa |
| | = 3161,07 kg/cm ² |
| 6) Teg. Aksial ijin | $= \frac{\sigma}{1,5}$ |
| | $= \frac{3161,07}{1,5}$ |
| | = 2107,38 kg/cm ² |
| 7) Modulus elastisitas untuk Penguatan (Es) | = 200000 MPa |

8) Luas permukaan ujung (A_p)	$= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$ $= \frac{1}{4} \times \pi \times 1,0668^2$ $= 0,8379 \text{ m}$ $= 83,7863 \text{ cm}$
9) Keliling segmen tiang (A_{st})	$= \pi \times \text{kedalaman} \times D$ $= \pi \times 100 \times 0,8379$ $= 40,2174 \text{ m}$
10) Berat penampang tiang pancang (m)	$= (D - t) \times t \times 0,02466$ $= (1066,8 - 21) \times 21 \times 0,02466$ $= 541,58 \text{ kg}$
11) Momen Inersia (I)	$= \frac{2}{3} \times m \times r^2$ $= \frac{2}{3} \times 541,58 \times 5,334^2$ $= 10272,50 \text{ kg/m}^2$
12) Panjang tiang pancang yang ditinjau (e)	$= \text{Seabed}$ $= 13,50 \text{ m}$
13) <i>Fixity point</i> (Zf)	$= 3,18 \text{ m}$
14) Faktor keamanan (SF)	$= 2,5$
15) P aktual	$= 294,3652 \text{ ton}$
Penyelesaian :	
Daya dukung ujung tiang (Q_p)	$= 40 \times N \times A_p$ $= 40 \times 100 \times 0,8379$ $= 3351,4510 \text{ ton}$
Daya dukung selimut tiang (Q_s)	$= (0,5 \times A_s) \times N$ $= (0,5 \times 40,2174) \times 100$ $= 2010,8706 \text{ ton}$
Daya dukung ultimate tiang ($Q_{u\text{tekan}}$)	$= Q_p + Q_s$ $= 3351,4510 + 2010,8706$ $= 5362,3217 \text{ ton}$

$$\begin{aligned}
 \text{Daya dukung izin (Qizin}_{\text{tekan}}) &= \frac{Q_u}{SF} \\
 &= \frac{5362,3217}{2,5} \\
 &= 2144,9286 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

P aktual (294,3652 ton) < Q izin (2144,9286 ton) **OK**

Untuk perhitungan daya dukung tiang selengkapnya dapat dilihat pada tabel 5.40 berikut.

Tabel 5.40 Daya Dukung Tekan Tiang Berdasarkan data N-SPT *Mooring Dolphin*

Depth (m)	Jenis tanah	Li (m)	Soil Parameter			Li × Fi (t/m)	ΣLi × Fi (t/m)	Ap (m ²)	As (m)	Diameter: 1,0668 m			
			N	qd (t/m ²)	Fi (t/m ²)					Qp (ton)	Qs (ton)	Qult (ton)	Qizin (ton)
0	clay	1,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1,5	clay	1,5	1	20	1	1,5	1,5	0,84	5,03	33,51	1,01	34,52	13,81
3	clay	1,5	2	40	2	3	4,5	0,84	10,05	67,03	4,02	71,05	28,42
4,5	clay	1,5	8	160	8	12	16,5	0,84	15,08	268,12	60,33	328,44	131,38
6	sand	1,5	94	3760	18,8	28,2	44,7	0,84	20,11	3150,36	945,11	4095,47	1638,19
7,5	sand	1,5	94	3760	18,8	28,2	72,9	0,84	25,14	3150,36	1181,39	4331,75	1732,70
9	sand	1,5	97	3880	19,4	29,1	102	0,84	30,16	3250,91	1462,91	4713,82	1885,53
10,5	sand	1,5	98	3920	19,6	29,4	131,4	0,84	35,19	3284,42	1724,32	5008,74	2003,50
12	sand	1,5	100	4000	20	30	161,4	0,84	40,22	3351,45	2010,87	5362,32	2144,93

(Sumber: Analisa Penulis, 2025)

$$\begin{aligned}
 \text{Modulus section tiang baja (W)} &= \frac{\pi \times (D^4 - (D - 2 \times t^4))}{32 \times D} \\
 &= \frac{\pi \times (106,68^4 - (106,68 - 2 \times 2,1^4))}{32 \times 106,68} \\
 &= 119192,4339 \text{ cm}^3 \\
 \text{Momen ultimate pada tiang (Mu)} &= \sigma \times W \\
 &= 3161,07 \times 119192,4339 \\
 &= 376775627 \text{ kg-cm} \\
 &= 4153,2621 \text{ ton} \\
 \text{M aktual} &= 38,4358 \text{ ton} \\
 \text{M ultimate (4153,2621 ton)} &> \text{M aktual (38,4358 ton) OK} \\
 \text{Kontrol terhadap kekuatan bahan } (\sigma) &= \frac{P}{A} \pm \frac{M}{W} \\
 &= \frac{2144,93 \times 10^3}{8378,62} + \frac{38,44 \times 10^5}{119192,43}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= 288,25 < 2107,38 \text{ kg/cm}^2 \\
&= \frac{2144,93 \times 10^3}{8378,62} - \frac{38,44 \times 10^5}{119192,43} \\
&= 223,75 < 2107,38 \text{ kg/cm}^2 \\
\text{Kontrol terhadap tekuk (P}_{cr}\text{)} &= \frac{\pi \times E \times I}{(e \times Zf)^2} \\
&= \frac{\pi \times 200000 \times 192585,13}{(1400 \times 318)^2} \\
&= 40992,3991 \text{ ton} \\
P_{cr} (40992,3991 \text{ ton}) &> P \text{ aktual (294,3652 ton) } \mathbf{OK} \\
P_{cr} \text{ harus lebih besar dari gaya aksial tekan aktual struktur.} \\
L &= e + Zf \\
&= 1400 + 3,18 \\
&= 17,18 \text{ m} \\
\text{Kontrol kelangsingan (Lk)} &= 1,2 \times L \\
&= 1,2 \times 17,18 \\
&= 20,616 \text{ m} \\
i &= \sqrt{\frac{I}{A}} \\
&= \sqrt{\frac{10272,49}{83,7862}} \\
&= 11,0726 \text{ cm} \\
&= 0,1107 \text{ m} \\
\lambda &= \frac{Lk}{i} \\
&= \frac{20,616}{0,1107} \\
&= 186,1885 \\
\text{Angka kelangsingan batas (}\lambda_g\text{)} &= \sqrt{\frac{E}{0,7 \times f_c'}} \times \pi \\
&= \sqrt{\frac{200000}{0,7 \times 35}} \times \pi
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \lambda_g (283,8453) &= 283,8453 \\ &> \lambda (180,7697) \quad \mathbf{OK} \\ \lambda_s &= \frac{\lambda}{\lambda_g} \\ &= \frac{186,1885}{283,8454} \\ &= 0,6560 \end{aligned}$$

Dengan nilai $0.183 < \lambda_s < 1$, maka nilai ω dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \omega &= \frac{1,41}{1,593 - \lambda_s} \\ &= \frac{1,41}{1,593 - 0,6560} \\ &= 1,5047 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{\text{tekan izin (beban tetap)}} &= \frac{\sigma_{\text{Aksial izin}} \times A}{\omega} \\ &= \frac{2107,38 \times 0,8379}{1,5047} \\ &= 1173,4352 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$P_{\text{tekan izin (1173,4352 ton)}} > P_{\text{tekan terjadi (294,37 ton)}} \quad \mathbf{OK}$$

$$\begin{aligned} P_{\text{tekan izin (beban sementara)}} &= \frac{\sigma_{\text{Aksial izin}} \times A}{\omega} \\ &= \frac{3161,07 \times 0,8379}{1,5047} \\ &= 1760,1528 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$P_{\text{tekan izin (1760,1528 ton)}} > P_{\text{tekan terjadi (294,37 ton)}} \quad \mathbf{OK}$$

b. Daya dukung izin Tarik

$$\begin{aligned} 1) \text{ Diameter tiang pancang (D)} &= 1,067 \text{ m} \\ 2) \text{ Tebal tiang pancang (t)} &= 0,021 \text{ m} \\ 3) \text{ Nilai N-SPT (N)} &= 100 \\ 4) \text{ Berat (W}_p\text{)} &= B J_{\text{baja}} \times D \times t \times N \\ &= 7,85 \times 1,0668 \times 0,021 \times 100 \\ &= 17,5862 \text{ ton} \\ 5) \text{ Daya dukung selimut tiang (Qs)} &= (0,5 \times A_s) \times N \end{aligned}$$

$$= (0,5 \times 40,2174) \times 100$$

$$= 2010,8706 \text{ ton}$$

Penyelesaian :

$$\text{Daya dukung izin (} Q_{ult\text{tarik}} \text{)} = 0,7 \times Q_s + W_p$$

$$= 0,7 \times 2010,8706 + 17,5862$$

$$= 1425,20 \text{ ton}$$

$$\text{Daya dukung izin (} Q_{izin\text{tarik}} \text{)} = \frac{Q_u}{SF}$$

$$= \frac{1425,20}{2,5}$$

$$= 570,08 \text{ ton}$$

Perhitungan daya dukung tarik tiang berdasarkan data N-SPT struktur *mooring dolphin* pada masing-masing kedalaman bisa dilihat pada Tabel 5.41.

Tabel 5.41 Daya Dukung Tarik Tiang Berdasarkan data N-SPT *Mooring Dolphin*

Depth (m)	Jenis tanah	Li (m)	N	As (m)	Wp (kg)	Diameter: 1,0668 m		
						Qs (ton)	Q _{ult} tarik (ton)	Q _{izin} tarik (ton)
0	clay	1,5	0	0	0	0,00	0,00	0
1,5	clay	1,5	1	5,02718	0,18	1,01	0,88	0,35
3	clay	1,5	2	10,0544	0,35	10,05	7,39	2,96
4,5	clay	1,5	8	15,0815	1,41	60,33	43,64	17,45
6	sand	1,5	94	20,1087	16,53	945,11	678,11	271,24
7,5	sand	1,5	94	25,1359	16,53	1181,39	843,50	337,40
9	sand	1,5	97	30,1631	17,06	1462,91	1041,09	416,44
10,5	sand	1,5	98	35,1902	17,23	1724,32	1224,26	489,70
12	sand	1,5	100	40,2174	17,59	2010,87	1425,20	570,08

(Sumber: Analisa Penulis, 2025)

c. Jumlah tiang yang diperlukan

Diketahui :

- 1) Gaya aksial yang terjadi (P) = 294,3652 ton
- 2) Daya dukung izin tekan tiang (P_{all}) = 1173,4352 ton

Penyelesaian :

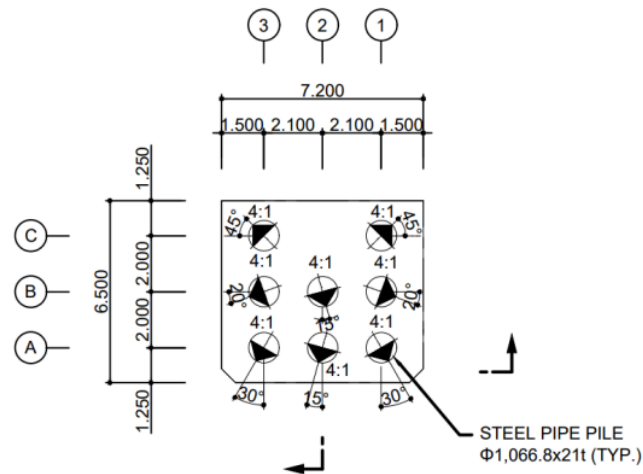
$$n_p = \frac{P}{P_{all}}$$

$$= \frac{294,3652}{1173,4352}$$

= 0,2509 tiang

Maka, dipakai 1 tiang

d. Efisiensi kelompok tiang



Gambar 5.93 Dimensi Beton Deck dan Jarak Tiang *Mooring Dolphin*

(Sumber: Data Perencanaan Proyek PT. XYZ, 2025)

Diketahui :

- 1) Ukuran penampang tiang (D) = 150 cm
- 2) Jarak antar tiang (s) = 210 cm
- 3) Θ = $\arctan \left(\frac{D}{s} \right)$
 $= \arctan \left(\frac{150}{210} \right)$
 $= 35,54^\circ$
- 4) Jumlah tiang dalam 1 kolom (m) = 3 buah
- 5) Jumlah tiang dalam 1 baris (n) = 3 buah
- 6) Jumlah tiang yang dipakai = 8 buah
- 7) Gaya aksial (P) = 294,3652 ton
- 8) Daya dukung izin tekan tiang (P_{all}) = 1173,4352 ton

Penyelesaian :

$$Eg = 1 - \Theta \times \frac{(n - 1) \times 2 + (m - 1) \times 2}{90 \times m \times n}$$

$$= 1 - 35,54^\circ \times \frac{(3 - 1) \times 2 + (3 - 1) \times 2}{90 \times 3 \times 3}$$

$$= 0,6490$$

Daya dukung vertikal kelompok tiang adalah

$$P = E_g \times \text{jumlah } pile \times \text{daya dukung tiang}$$

$$= 0,6490 \times 8 \times 1173,4352$$

$$= 6092,57 \text{ ton} > 294,3652 \text{ ton} \quad (\text{Memenuhi})$$

Mengacu pada Tabel 5.35 didapat daya dukung aksial tekan struktur *mooring dolphin* sebesar 294,3652 ton. Sehingga, dapat disimpulkan daya dukung aksial tiang pancang struktur *mooring dolphin* masih dalam batas aman.

e. Beban maksimum tiang pada kelompok tiang

Diketahui :

- | | |
|---|-----------------------------|
| 1) Gaya aksial yang terjadi (P_u) | = 294,3652 ton |
| 2) Momen yang bekerja tegak lurus sumbu x (M_x) | = 38,4358 ton |
| 3) Momen yang bekerja tegak lurus sumbu y (M_y) | = 38,7447 ton |
| 4) Jarak tiang arah sumbu x terjauh ($X_{\max}$) | = 1,1 m |
| 5) Jarak tiang arah sumbu y terjauh ($Y_{\max}$) | = 1 m |
| 6) Banyak tiang dalam satu baris arah sumbu x (n_x) | = 3 buah |
| 7) Banyak tiang dalam satu baris arah sumbu y (n_y) | = 3 buah |
| 8) Jumlah tiang (n_p) | = 8 buah |
| 9) Jumlah kuadrat X (ΣX^2) | = $3 \times 3 \times 1,1^2$ |
| | = 10,89 m ² |
| 10) Jumlah kuadrat Y (ΣY^2) | = $3 \times 3 \times 1^2$ |
| | = 9 m ² |

Penyelesaian :

$$P_{\text{maks}} = \frac{P_u}{n_p} \pm \frac{M_y \times X_{\max}}{n_y \times \Sigma X^2} \pm \frac{M_x \times Y_{\max}}{n_x \times \Sigma Y^2}$$

$$= \frac{294,3652}{8} + \frac{38,7447 \times 1,1}{3 \times 10,89} + \frac{38,4358 \times 1}{3 \times 9}$$

$$= 39,5237 \text{ ton} < 1173,4352 \text{ ton} \quad (\text{Memenuhi})$$

$$= \frac{294,3652}{8} - \frac{38,7447 \times 1,1}{3 \times 10,89} - \frac{38,4358 \times 1}{3 \times 9}$$

$$= 34,0676 \text{ ton} < 1173,4352 \text{ ton} \quad (\text{Memenuhi})$$

Mengacu pada analisis perhitungan daya dukung izin tekan tiang didapat sebesar 1173,4352 ton. Sehingga, dapat disimpulkan beban maksimum tiang pada kelompok tiang struktur *mooring dolphin* masih dalam batas aman.

5.9 Kontrol Defleksi Tiang Vertikal dan Rotasi Tiang

5.9.1 Defleksi dan Rotasi Tiang *Breasting Dolphin*

- a. Menentukan nilai defleksi ujung tiang ujung jepit

$$\begin{aligned} y_o &= \frac{4 \times H \times \beta (e \times \beta + 1)}{kh \times D} \\ &= \frac{4 \times 116,46 \times 0,6363 (0,1 \times 0,6363 + 1)}{205164,98 \times 1,0668} \\ &= 0,0014405 \text{ m} \\ &= 1,4405 \text{ mm} < 6 \text{ mm} \end{aligned}$$

Berdasarkan Mc Nulty (1956) bahwa nilai defleksi tidak lebih dari 6 mm.

- b. Menentukan nilai rotasi tiang

$$\begin{aligned} \Theta &= \frac{2 \times H \times \beta^2 (1 + 2 \times e \times \beta)}{kh \times D} \\ &= \frac{2 \times 116,46 \times 0,6363^2 (1 + 2 \times 0,1 \times 0,6363)}{205164,98 \times 1,0668} \\ &= 0,000485712 \end{aligned}$$

Pada perhitungan menggunakan metode Broms didapatkan nilai defleksi pada struktur *breasting dolphin* sebesar 1,4404 mm dan nilai rotasi tiang sebesar 0,000486. Dimana nilai defleksi pada hasil analisis permodelan struktur *breasting dolphin* sebesar 0,1820 mm yang ditunjukkan dalam Tabel 5.31. Nilai defleksi tersebut masih dalam batas aman sesuai dengan saran dari Mc Nulty (1956) bahwa deformasi lateral izin tiang adalah 6 mm untuk gempa rencana dan 12,5 mm untuk gempa kuat dalam kondisi tiang tunggal dan *fixed-head*.

5.9.2 Defleksi dan Rotasi Tiang *Mooring Dolphin*

- a. Menentukan nilai defleksi ujung tiang ujung jepit

$$\begin{aligned} y_o &= \frac{4 \times H \times \beta (e \times \beta + 1)}{kh \times D} \\ &= \frac{4 \times 116,46 \times 0,6441 (0,1 \times 0,6441 + 1)}{210203,41 \times 1,0668} \end{aligned}$$

$$= 0,001424 \text{ m}$$

$$= 1,424 \text{ mm} < 6 \text{ mm}$$

Berdasarkan Mc Nulty (1956) bahwa nilai defleksi tidak lebih dari 6 mm.

b. Menentukan nilai rotasi tiang

$$\begin{aligned}\Theta &= \frac{2 \times H \times \beta^2 (1 + 2 \times e \times \beta)}{kh \times D} \\ &= \frac{2 \times 116,46 \times 0,6441^2 (1 + 2 \times 0,1 \times 0,6441)}{210203,41 \times 1,0668} \\ &= 0,000486\end{aligned}$$

Pada perhitungan menggunakan metode Broms didapatkan nilai defleksi pada struktur *mooring dolphin* sebesar 1,4241 mm dan nilai rotasi tiang sebesar 0,000486. Dimana nilai defleksi pada hasil analisis permodelan struktur *mooring dolphin* sebesar 0,2930 mm yang ditunjukkan dalam Tabel 5.34. Nilai defleksi tersebut masih dalam batas aman sesuai dengan saran dari Mc Nulty (1956) bahwa deformasi lateral izin tiang adalah 6 mm untuk gempu rencana dan 12,5 mm untuk gempu kuat dalam kondisi tiang tunggal dan *fixed-head*.

5.10 Tegangan Lentur Tiang

a. Menentukan nilai tegangan lentur tiang *breasting dolphin*

Diketahui :

- | | |
|---|---------------------------|
| 1) Gaya aksial yang terjadi (P) | = 137,67 ton |
| 2) Luas penampang (A) | = 837,86 m |
| 3) Momen yang bekerja tegak lurus sumbu x (M_x) | = 19,73 ton |
| 4) Momen yang bekerja tegak lurus sumbu y (M_y) | = 106,17 ton |
| 5) Jarak tiang arah sumbu x terjauh (C_1) | = 10,31 m |
| 6) Jarak tiang arah sumbu y terjauh (C_2) | = 10,31 m |
| 7) Momen inersia penampang x (I_x) | = 10272,49 m ⁴ |
| 8) Momen inersia penampang y (I_y) | = 10272,49 m ⁴ |

Penyelesaian

$$\begin{aligned}\sigma_I &= \frac{P}{A} \pm \frac{M_x \times C_1}{I_x} \pm \frac{M_y \times C_2}{I_y} \\ &= \frac{137,67}{837,86} \pm \frac{19,73 \times 10,31}{10272,49} \pm \frac{106,17 \times 10,31}{10272,49}\end{aligned}$$

$$= 0,42$$

Pada perhitungan tegangan lentur didapatkan sebesar 0,42. Dimana nilai rasio pada hasil analisis permodelan struktur *breasting dolphin* sebesar 0,4245 yang ditunjukkan dalam Tabel 5.33.

b. Menentukan nilai tegangan lentur tiang *mooring dolphin*

Diketahui :

- | | |
|---|---------------------------|
| 1) Gaya aksial yang terjadi (P) | = 297,49 ton |
| 2) Luas penampang (A) | = 837,86 m |
| 3) Momen yang bekerja tegak lurus sumbu x (M_x) | = 100,25 ton |
| 4) Momen yang bekerja tegak lurus sumbu y (M_y) | = 58,65 ton |
| 5) Jarak tiang arah sumbu x terjauh(C_1) | = 10,31 m |
| 6) Jarak tiang arah sumbu y terjauh(C_2) | = 10,31 m |
| 7) Momen inersia penampang x (I_x) | = 10272,49 m ⁴ |
| 8) Momen inersia penampang y (I_y) | = 10272,49 m ⁴ |

Penyelesaian

$$\begin{aligned}\sigma_l &= \frac{P}{A} \pm \frac{M_x \times C_1}{I_x} \pm \frac{M_y \times C_2}{I_y} \\ &= \frac{297,497}{837,86} \pm \frac{100,25 \times 10,31}{10272,49} \pm \frac{58,65 \times 10,31}{10272,49} \\ &= 0,615\end{aligned}$$

Pada perhitungan tegangan lentur didapatkan sebesar 0,615. Dimana nilai rasio pada hasil analisis permodelan struktur *mooring dolphin* sebesar 0,6181 yang ditunjukkan dalam Tabel 5.37.

ORIGINALITY REPORT

0%

SIMILARITY INDEX

0%

INTERNET SOURCES

0%

PUBLICATIONS

0%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

Exclude quotes On

Exclude bibliography On

Exclude matches < 35%

BAB_5_TA_27_FEBRUARI_2025-1740658900867

PAGE 1

PAGE 2

PAGE 3

PAGE 4

PAGE 5

PAGE 6

PAGE 7

PAGE 8

PAGE 9

PAGE 10

PAGE 11

PAGE 12

PAGE 13

PAGE 14

PAGE 15

PAGE 16

PAGE 17

PAGE 18

PAGE 19

PAGE 20

PAGE 21

PAGE 22

PAGE 23

PAGE 24

PAGE 25

PAGE 26

PAGE 27

PAGE 28

PAGE 29

PAGE 30

PAGE 31

PAGE 32

PAGE 33

PAGE 34

PAGE 35

PAGE 36

PAGE 37

PAGE 38

PAGE 39

PAGE 40

PAGE 41

PAGE 42

PAGE 43

PAGE 44

PAGE 45

PAGE 46

PAGE 47

PAGE 48

PAGE 49

PAGE 50

PAGE 51

PAGE 52

PAGE 53

PAGE 54

PAGE 55

PAGE 56

PAGE 57

PAGE 58

PAGE 59

PAGE 60

PAGE 61

PAGE 62

PAGE 63

PAGE 64

PAGE 65

PAGE 66

PAGE 67

PAGE 68

PAGE 69

PAGE 70

PAGE 71

PAGE 72

PAGE 73

PAGE 74

PAGE 75

PAGE 76

PAGE 77

PAGE 78

PAGE 79

PAGE 80

PAGE 81

PAGE 82

PAGE 83

PAGE 84

PAGE 85

PAGE 86

PAGE 87

PAGE 88

BAB_6_TA_27_FEBRUARI_2025- 1740658900877

by By Turnitin

Submission date: 27-Feb-2025 07:23PM (UTC+0700)

Submission ID: 2600220793

File name: BAB_6_TA_27_FEBRUARI_2025-1740658900877.pdf (94.27K)

Word count: 243

Character count: 1331

BAB 6

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

a. Gaya-gaya hasil analisis struktur

Berdasarkan hasil analisis struktur menggunakan *software* SAP2000, diperoleh rangkuman gaya-gaya yang terjadi pada struktur *breasting dolphin* dan *mooring dolphin* adalah sebagai berikut :

Breasting Dolphin

Gaya Dalam

Gaya aksial tekan	P, tekan : 229,0294 ton	< 1197,34 ton ...OK
-------------------	-------------------------	---------------------

Gaya aksial tarik	P, tarik : 188,3067 ton	< 570,08 ton ... OK
-------------------	-------------------------	---------------------

Defleksi

Defleksi horizontal maksimum	U : 1,4404 mm	< 6 mm ...OK
------------------------------	---------------	--------------

Rasio tegangan

Rasio maksimum	ρ : 0,4245 cm	< 1 cm ...OK
----------------	--------------------	--------------

Mooring Dolphin

Gaya Dalam

Gaya aksial tekan	P, tekan : 294,3652 ton	< 1173,43 ton ...OK
-------------------	-------------------------	---------------------

Gaya aksial tarik	P, tarik : 141,2883 ton	< 570,08 ton ...OK
-------------------	-------------------------	--------------------

Defleksi

Defleksi horizontal maksimum	U : 1,4241 mm	< 6 mm ...OK
------------------------------	---------------	--------------

Rasio tegangan

Rasio maksimum	ρ : 0,6178 cm	< 1 cm ...OK
----------------	--------------------	--------------

b. Kondisi struktur

Berdasarkan pengecekan gaya-gaya hasil analisis struktur *breasting dolphin* dan *mooring dolphin* menunjukkan hasil yang AMAN. Dimana gaya-gaya yang terjadi masih lebih kecil dari pada daya dukung dan kapasitas yang diberikan, sehingga struktur dapat menahan dan melayani beban yang bekerja.

6.2 Saran

Dari hasil analisa dan kesimpulan yang diperoleh, penulis memberikan saran sebagai berikut:

- a. Struktur *breasting dolphin* dan *mooring dolphin* secara analisis struktur dikatakan aman (memenuhi).
- b. Peneliti berikutnya dapat melakukan penelitian struktur *mooring dolphin* bagian ujung (MD4) dan *loading platform* dermaga *jetty* untuk kapal tanker dengan kapasitas 10.000 DWT atau 30.000 DWT.

ORIGINALITY REPORT

0%

SIMILARITY INDEX

0%

INTERNET SOURCES

0%

PUBLICATIONS

0%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

Exclude quotes On

Exclude bibliography On

Exclude matches < 35%

RIFDA_SYAFRIDA_3336210010_
01-1740667430443

by By Turnitin

Submission date: 27-Feb-2025 09:56PM (UTC+0700)

Submission ID: 2600301449

File name: RIFDA_SYAFRIDA_3336210010_01-1740667430443.pdf (6.94M)

Word count: 2732

Character count: 20931

7

**ANALISIS STRUKTUR BREASTING DOLPHIN DAN
MOORING DOLPHIN UNTUK KAPAL TANKER 10.000 DWT**

(Studi Kasus: Dermaga Tipe Jetty PT. XYZ Kota Cilegon)

1

SKRIPSI

Disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T)



Disusun oleh:

RIFDA SYAFRIDA

3336210010

25

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA

BANTEN

TAHUN 2025

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Dengan ini saya sebagai penulis Skripsi berikut:

Judul : Analisis Struktur *Breasting Dolphin* Dan *Mooring Dolphin*
Untuk Kapal Tanker 10.000 DWT
Nama : Rifda Syafrida
NPM : 3336210010
Fakultas / Jurusan : Teknik / Teknik Sipil

Menyatakan dengan sungguh-sungguh bahwa Skripsi dengan judul di atas adalah benar-benar hasil karya asli saya dan tidak memuat hasil karya orang lain, kecuali dinyatakan melalui rujukan yang benar dan dapat dipertanggung jawabkan. Apabila dikemudian hari ditemukan hal-hal yang menunjukkan bahwa seluruh karya ini bukan karya saya, maka saya bersedia dituntut melalui hukum yang berlaku. Saya juga bersedia menanggung segala akibat hukum yang timbul dari pernyataan yang secara sadar dan sengaja saya nyatakan melalui lembar ini.

Cilegon, 03 Februari 2025


Rifda Syafrida
3336210010

SKRIPSI
ANALISIS STRUKTUR *BREASTING DOLPHIN* DAN *MOORING*
***DOLPHIN* UNTUK KAPAL TANKER 10.000 DWT**
(Studi Kasus: Dermaga Tipe *Jetty* PT. XYZ Kota Cilegon)

Dipersiapkan dan disusun oleh :
RIFDA SYAFRIDA / 3336210010

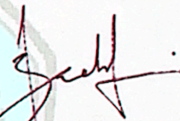
Telah Dipertahankan di depan Dewan Penguji
Pada Tanggal : 03 Februari 2025

Susunan Dewan Penguji

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II


Dr. Subekti, S.T., M.T.
NIP. 197506122008011020


Bachaki, S.T., M. Eng
NIP. 198705082015041001
Dosen Penguji II

Dosen Penguji I


Dr. Eng. B. Adhi Priyambodho, S.T., M.T.
NIP. 197704042009121001

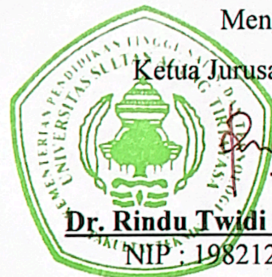

Zulmahdi Darwis, S.T., M. Eng
NIP. 197706182008011005

Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

Tanggal :

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Sipil



Dr. Rindu Twidi Bethary, S.T., M.T.
NIP. 198212062010122001

ANALYSIS OF BREASTING DOLPHIN AND MOORING DOLPHIN STRUCTURE FOR 10,000 DWT TANKER SHIP

(Case Study: Jetty Type Dock PT. XYZ Cilegon City)

Rifda Syafrida

ABSTRACT

The construction of dock facilities for 10,000 DWT tankers is an investment effort by PT. XYZ to support operational activities, specifically to increase polyethylene (PE) production capacity to 2 million tons per year. Therefore, an analysis of the breasting dolphin and mooring dolphin structures is necessary to ensure the stability of the building without experiencing changes and not exceeding the permitted limits. The objective of this research is to determine the forces acting on the breasting dolphin and mooring dolphin structures of the jetty dock and to understand the capacity of the breasting dolphin and mooring dolphin structures of the jetty dock to withstand the loads acting on them for a 10,000 DWT capacity tanker ship. This research uses a quantitative research method, specifically secondary data consisting of topographic maps, bathymetric maps, wind data, wave data, tidal data, ship data, and soil characteristic data. The method used in the structural modeling employs the SAP2000 program. In the structural analysis, the SAP2000 program with a 3D model is utilized. The results of the data analysis and calculations for the breasting dolphin and mooring dolphin structures of the jetty dock for a 10,000 DWT capacity tanker showed that the force acting on the breasting dolphin structure was 229.0294 tons and on the mooring dolphin structure was 294.3652 tons. Furthermore, the structural capacity of the steel piles with dimensions of 1066.8 mm and a thickness of 21 for the breasting dolphin structure was 0.4245 and for the mooring dolphin structure was 0.6178, which meets the limit requirement of less than 1, indicating that the ratio can be considered safe.

Keywords: Jetty Dock, Breasting Dolphin, Mooring Dolphin, SAP2000

Puji syukur dipanjatkan kepada Allah Yang Maha Esa, sehingga skripsi ini dapat diselesaikan. Skripsi ini diajukan untuk memenuhi salah satu persyaratan memperoleh derajat kesarjanaan Strata-1 pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Banten.

Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, dengan hormat saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Subekti, S.T., M.T., dan Bapak Baehaki, S.T., M. Eng., selaku dosen pembimbing I dan II yang telah meluangkan waktu dan pikiran untuk membimbing dan memotivasi penulis untuk menyelesaikan skripsi ini, serta telah memberikan pencerahan dalam mengolah data kepada penulis dalam penyusunan skripsi ini.
2. Bapak Dr. Eng. B. Adhi Priyambodho, S.T., M.T., dan Zulmahdi Darwis, S.T., M. Eng., selaku dosen penguji I dan II yang telah menguji dan memberi masukan kepada penulis dalam penyusunan skripsi ini.
3. Ibu Dr. Rindu Twidi Bethary, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil dan Ibu Woelandari Fathonah S.T., M.T., selaku Sekretaris Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
4. Cinta pertama sekaligus menjadi sosok yang menginspirasi penulis yaitu Ayahanda Fathurohman. Terimakasih atas tiap tetes keringat dalam setiap langkah mencari nafkah untuk memenuhi kebutuhan finansial penulis selama ini. Serta ribuan do'a yang telah dilangitkan untuk keberhasilan penulis dalam menggapai cita-citanya ini.
5. Pintu surgaku sekaligus menjadi panutan penulis untuk menjadi sosok Perempuan kuat, penyayang dan memiliki kesabaran yang tinggi yaitu Ibunda Herawati. Terimakasih atas kasih sayang, semangat, ridho dan do'a yang terselip disetiap sholatnya demi keberhasilan penulis untuk mewujudkan harapan dirinya dan semua orang.

6. Adik-adik tercinta Rafah Alfariy, Rahil Alhakim dan Ranum Maulida yang selalu memberikan dukungan secara moral kepada penulis.
7. Reja Satriyana selaku rekan yang menjadi saksi perjalanan hidup penulis, mendengarkan keluh kesah kehidupan penulis dan selalu memberikan motivasi serta menjadi *support system*. Terimakasih untuk jatuh hati yang diberikan, dengan itu penulis menjadi lebih semangat untuk segera menyelesaikan skripsi ini.
8. Teman-teman Skala 21 selaku rekan seangkatan yang telah memberikan dorongan, masukan dan mau berjuang bersama penulis selama penyusunan skripsi ini.

Cilegon, 03 Februari 2025

Rifda Syafrida

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
PRAKATA	iv
INTISARI	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
DAFTAR ISTILAH	xix
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Penelitian Terdahulu	4
2.2 Keterkaitan Penelitian	18
BAB 3 LANDASAN TEORI	19
3.1 Definisi Pelabuhan	19
3.2 Definisi Dermaga	20
3.3 Definisi <i>Dolphin</i>	21
3.4 Data yang Digunakan dalam Analisis Struktur Dolphin	22
3.4.1 Peta Batimetri dan Topografi	22
3.4.2 Arus	22
3.4.3 Pasang Surut.....	23
3.4.4 Angin	25

20

29

3.4.5 Tanah	26
3.4.6 Kapal	26
3.5 Kedalaman Alur Pelayaran	30
3.6 Elevasi Dermaga	31
3.7 Fasilitas <i>Dolphin</i>	32
3.7.1 <i>Fender</i>	32
3.7.2 <i>Bollard</i>	36
3.8 Pembebanan <i>Dolphin</i>	38
3.8.1 Beban Vertikal	38
3.8.2 Beban Horizontal	38
3.9 Kombinasi Pembebanan	48
3.10 Struktur <i>Dolphin</i>	49
3.10.1 <i>Deck On Pile</i>	49
3.10.2 Pondasi	50
3.11 Program SAP2000	52
BAB 4 METODE PENELITIAN	53
4.1 Prosedur Penelitian	53
4.2 Lokasi Penelitian	54
4.3 Data	55
4.4 Alat	55
4.5 Variabel Penelitian	56
4.6 Metode Analisis Data	56
4.7 Jadwal Penyusunan Skripsi	57
BAB 5 HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	58
5.1 Hasil Analisis Data	58
5.2 Pedoman yang Digunakan	65
5.3 Kedalaman Alur Pelayaran	65
5.4 Elevasi Dermaga	67
5.5 Perhitungan Pembebanan <i>Dolphin</i>	68
5.5.1 Pembebanan Vertikal	69
5.5.2 Pembebanan Horizontal	75
5.6 Spesifikasi <i>Dolphin</i>	96

5.6.1 Data Struktur <i>Dolphin</i>	96
5.6.2 Bahan Struktur <i>Dolphin</i>	97
5.6.3 <i>Fender</i> yang Digunakan	98
5.6.4 QRH yang Digunakan	100
5.7 Analisis Stuktur <i>Dolphin</i>	100
5.7.1 Perhitungan <i>Fixity Point</i>	102
5.7.2 Kombinasi Pembebanan	102
5.7.3 Analisis Stuktur <i>Breasting Dolphin</i>	103
5.7.4 Analisis Stuktur <i>Mooring Dolphin</i>	116
5.8 Daya Dukung Aksial Tiang Pancang	127
5.8.1 Daya Dukung Aksial Tiang Pancang <i>Breasting Dolphin</i>	127
5.8.2 Daya Dukung Aksial <i>Tiang Pancang Mooring Dolphin</i>	135
5.9 Kontrol Defleksi Tiang Vertikal dan Rotasi Tiang	143
5.9.1 Defleksi dan Rotasi Tiang <i>Breasting Dolphin</i>	143
5.9.2 Defleksi dan Rotasi Tiang <i>Mooring Dolphin</i>	143
5.10 Tegangan Lentur Tiang	144
BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN	146
6.1 Kesimpulan.....	146
6.2 Saran.....	147
DAFTAR PUSTAKA	

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pelabuhan (*port*) merupakan daerah perairan yang terlindung terhadap gelombang, yang dilengkapi dengan fasilitas terminal laut yang meliputi dermaga di mana kapal dapat bertambat untuk bongkar muat barang, dan sebagai tempat transit laut (*transito*) (Triatmodjo, 2009). Dimensi dermaga didasarkan pada jenis dan ukuran kapal serta fungsi dari dermaga yang dibangun tersebut. Perencanaan ukuran dermaga harus didasarkan pada ukuran-ukuran minimal sehingga kapal dapat berlabuh atau meninggalkan dermaga maupun melakukan bongkar muat barang dengan cepat, lancar dan aman (Fajar, 2022).

PT. XYZ merupakan perusahaan yang bergerak dibidang perdagangan besar karet dan plastik dalam bentuk dasar yang berlokasi di Kota Cilegon. Upaya peningkatan investasi, PT. XYZ melakukan pembangunan kompleks petrokimia. Pembangunan kompleks tersebut dimaksudkan untuk menambah kapasitas produksi bahan kimia hingga 2 juta ton dalam setahun (PT. XYZ, 2023). Untuk mendukung kegiatan operasional pada pembangunan kompleks petrokimia PT. XYZ perlu membangun dermaga tipe *jetty* dan fasilitas pendukung lainnya. Dermaga tipe *jetty* ini digunakan untuk memuat (*loading*) polietilena (PE) ke kapal tanker dan bongkar (*unloading*) muatan kapal tanker. Area dermaga *jetty* ini dibangun fasilitas dermaga untuk melayani kapal tanker 10.000 DWT. Kapal tanker adalah kapal yang dirancang untuk mengangkut minyak atau produk turunannya. *Oil tanker* merupakan kapal yang difokuskan untuk mengangkut muatan berupa minyak curah dari pelabuhan muat atau pelabuhan produksi ke pelabuhan bongkar/pengolahan (Darmastuti, dkk 2019).

Penelitian tentang perencanaan struktur dermaga atau analisis struktur *dolphin* yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya antara lain: Hafudians, dkk (2021) dengan judul Analisis Struktur *Mooring Dolphin* Kapasitas Kapal 2000 Gt (Studi Kasus Pelabuhan Munse Sulawesi Tenggara). Buana, dkk (2020) dengan judul Analisis Struktur Dermaga Pupuk NPK di Tersus PT. Pupuk Kalimantan Timur untuk Kapal

BULK Carrier dengan Kapasitas 10.000 DWT. da Costa, dkk (2020) dengan judul Evaluasi Perencanaan Dermaga (*Jetty*) Pada Pelabuhan Dili Timor Leste. Aprianto, dkk (2020) dengan judul Perencanaan Struktur Dermaga *Emergency Jetty Trucking* Kapasitas 10.000 DWT Pelabuhan Ratu Sukabumi Jawa Barat.

Perencanaan pembangunan fasilitas dermaga untuk kapal tanker 10.000 DWT membutuhkan analisis struktur dermaga yang meliputi *loading platform*, *breasting dolphin* dan *mooring dolphin* dengan memenuhi standar serta kriteria perencanaan. Analisis struktur bangunan harus diperhitungkan untuk dapat menjamin kestabilan bangunan terhadap beratnya sendiri, beban-beban bangunan (beban isi bangunan), gaya-gaya luar yang bekerja seperti gempa bumi, tekanan angin dan lain-lain tanpa harus mengalami perubahan yang melebihi batas yang diijinkan. Struktur *dolphin* direncanakan untuk bisa menahan gaya horizontal yang ditimbulkan oleh benturan kapal, tiupan angin dan dorongan arus yang mengenai badan kapal pada waktu ditambatkan. Gaya-gaya tersebut dapat dihitung dengan cara yang sama seperti dalam perencanaan dermaga (Nusantara, 2014).

Guna menghindari adanya ketidakamanan struktur *dolphin* saat digunakan atau memerlukan adanya perbaikan-perbaikan / perkuatan secara struktural, maka perlu dilakukan analisis pada struktur *dolphin* secara komprehensif untuk mengetahui kekuatan struktur dan evaluasi kapasitas (daya dukung) pada struktur tersebut. Penelitian tentang Analisis Struktur *Breasting Dolphin* dan *Mooring Dolphin* Untuk Kapal Tanker 10.000 DWT (Studi Kasus: Dermaga Tipe *Jetty* PT. XYZ Kota Cilegon) belum pernah dilakukan penelitian oleh peneliti sebelumnya.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Berapakah gaya-gaya yang bekerja pada struktur *breasting dolphin* dan *mooring dolphin* dermaga *jetty* untuk kapal tanker berkapasitas 10.000 DWT ?
2. Bagaimana kemampuan struktur *breasting dolphin* dan *mooring dolphin* dermaga *jetty* dengan menggunakan *software* SAP2000 untuk kapal tanker berkapasitas 10.000 DWT dalam menahan beban-beban yang bekerja ?

12

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan yang akan dicapai dalam penelitian adalah sebagai berikut :

1. Mendapatkan gaya-gaya yang bekerja pada struktur *breasting dolphin* dan *mooring dolphin* dermaga *jetty* untuk kapal tanker berkapasitas 10.000 DWT.
2. Mengetahui kemampuan struktur *breasting dolphin* dan *mooring dolphin* dermaga *jetty* dengan menggunakan analisis program SAP2000 untuk kapal tanker berkapasitas 10.000 DWT dalam menahan beban-beban yang bekerja.

1.4 Batasan Masalah

Penyusunan tugas akhir ini terdapat beberapa hal yang menjadi batasan permasalahan dalam analisis struktur *dolphin*, antara lain sebagai berikut :

1. Melakukan analisis struktur *breasting dolphin* dan *mooring dolphin* hanya pada salah satu bangunan dimana data yang diambil mengacu berdasarkan data informasi sesuai dengan data proyek pembangunan dermaga *jetty* PT. XYZ.
2. Tidak menganalisis struktur dermaga, struktur *breakwater*, pengaruh sedimentasi, serta kebutuhan pengerukan dan reklamasi untuk lapangan penumpukan.
3. Tidak merencanakan Sarana Bantu Navigasi Pelayaran (SBNP).
4. Tidak meninjau perhitungan analisis biaya dan tidak meninjau perhitungan penjadwalan pekerjaan konstruksi.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang ingin dicapai dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu yaitu menjadi bahan referensi bagi peneliti-peneliti berikutnya terutama penelitian tentang analisis struktur *dolphin*.
2. Penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai masukan bagi praktisi di bidang struktur dermaga *jetty*, terutama pada struktur *dolphin*.

DAFTAR PUSTAKA

- The Overseas Coastal Area Development Institute of Japan (OCDI)*. 2002. *Technical Standards and Commentaries for Port and Harbour Facilities in Japan*. Japan: Daikousha Printing Co.,Ltd.
- Thoresen, Carl A. 2003. *Port Designer's Handbook: Recommendations and Guidelines*. London: Thomas Telford
- PIANC. 2002. *Guidelines for Design of Fender Systems*. Belgium: PIANC General Secretariat
- Anwar, M. R., Gagoek Soenar, P., & Megawati, I. (2009). Perencanaan Teknis Dermaga Pelabuhan Tanjung Awar-Awar Tuban Jawa Timur. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 3(1).
- Aprianto, N., Aprisandi, D., & Nugroho, W. (2020). Perencanaan Struktur Dermaga *Emergency Jetty Trucking* Kapasitas 10.000 DWT Pelabuhan Ratu Sukabumi Jawa Barat. *Journal Of Sustainable Civil Engineering (Josce)*, 2(02), 108–116.
- Azuga, N. A. (2021). Kajian Kerentanan Kawasan Pesisir Terhadap Bencana Kenaikan Muka Air Laut (Sea Level Rise) Di Indonesia. *Jurnal Riset Kelautan Tropis (Journal Of Tropical Marine Research)(J-Tropimar)*, 3(2), 65–76.
- Buana, C., Fuddoly, F., Nugroho, M. D., Putra, K. H., El Hafizah, N., & Sekartadji, R. (2020). Analisis Struktur Dermaga Pupuk NPK di Tersus PT. Pupuk Kalimantan Timur untuk Kapal *Bulk Carrier* dengan Kapasitas 10.000 DWT. *Jurnal Teknik Sipil*, 1(1), 42–48.
- da Costa, T. G. S., Ariawan, P., & Ariana, K. A. (2020). Evaluasi Perencanaan Dermaga (*Jetty*) Pada Pelabuhan Dili Timor Leste. *Jurnal Ilmiah Telsinas Elektro, Sipil Dan Teknik Informasi*, 3(1), 6–11.
- Dani, V. A. (2020). Pelayanan *Container* Ekspor Dan Impor Di Terminal Petikemas Semarang PT Pelabuhan Indonesia III Regional Jawa Tengah. *Karya Tulis*.
- Darmastuti, M., Zakki, A. F., & Rindo, G. (2019). Analisa Respon Struktur Kapal Oil 149 m dengan Beban Kombinasi di Perairan Indonesia dan Atlantik Utara. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 7(4).
- Devina, C., Kristi, B., Nugroho, P., & Sriyana, S. (2017). Perencanaan Dermaga

- Pelabuhan Rakyat Samber, Papua. *Jurnal Karya Teknik Sipil*, 6(4), 309–318.
- Edianto, E., & Ashury, A. (2019). Desain Dermaga Multi Purpose Tipe Deck On Pile Di Pulau Sembilan Kabupaten Sinjai. *Riset Sains Dan Teknologi Kelautan*, 110–116.
- Fajar, A. (2021). Embarkasi Debarkasi Dan Bongkar Muat Kendaraan Kmp. Agung Samudera IX di Dermaga LCM Oleh PT. Pelayaran Agung Samudera Cabang Banyuwangi. *Karya Tulis*.
- Hafudiansyah, E., & Anisarida, A. A. (2021). Analisis Struktur Mooring Dolphin Kapasitas Kapal 2000 GT (Studi Kasus Pelabuhan Munse Sulawesi Tenggara). *Jurnal Teknik Sipil Cendekia (Jtsc)*, 2(1), 137–151.
- Indonesia, P. R. (2016). Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 61 Tahun 2009 tentang Kepelabuhanan. Tersedia Pada [Http://Pkps. Bappenas. Go. Id/Dokumen/Uu/Uu% 20Sektor/Pelayaran/PP, 2061](http://Pkps.Bappenas.Go.Id/Dokumen/Uu/Uu%20Sektor/Pelayaran/PP,2061).
- Lotte Chemical Indonesia. (2023). PT Lotte Chemical Indonesia (LCI). Retrieved March 5, 2024, from <https://lottechem.id/company.html>
- Loupatty, G. (2013). Karakteristik energi gelombang dan arus perairan di Provinsi Maluku. *BAREKENG: Jurnal Ilmu Matematika Dan Terapan*, 7(1), 19–22.
- Naga, M. H. B., Firas, M. R., & Assidiq, F. M. (2023). Review Analisis Penguatan Struktural Pelabuhan Dan Interaksi Shiphull Menurut Fluid Drag Forces (Menggunakan Metode CFD) Selama Masa Pakai Pelabuhan Yang Diharapkan. *Zona Laut: Journal of Ocean Science and Technology Innovation*, 34–44.
- Nugraha, W. T., & Pranoto, Y. (2020). Analisis Pondasi Tiang Pancang Breasting Dolphin Dan Mooring Dolphin Pada Dermaga Type Jetty. *Jurnal Momen Teknik Sipil Suryakencana*, 3(1), 1–9.
- Nusontoro, B. A. (2017). Perencanaan Dermaga untuk Kapal Multi-Purpose Supply Vessel (MPSV)/Platform Supply Vessel (PSV) 3.500 DWT dan Floating Pontoon di Termiinal Khusus PT. Badak Ngl, Bontang.
- Pranata, Y. A., & Suryoatmono, B. (2018). Struktur kayu: analisis dan desain dengan LRFD. Remaja Rosdakarya.
- Pranata, Y. A., & Suryoatmono, B. (2018). Struktur kayu: analisis dan desain dengan LRFD. Remaja Rosdakarya.

- Ria, D. N., & Umar, U. H. (2023). *Analysis of Feasibility Study of Construction and Operation of Special Terminals* PT. Nan Indah Mutiara Shipyard. *LEADER: Civil Engineering and Architecture Journal*, 1(5), 516–526.
- Simatupang, P. H., Sir, T. M. W., & Wadu, V. A. (2020). Integrasi program tekla *structures* dan SAP2000 dalam perencanaan gedung beton struktural. *Jurnal Teknik Sipil*, 9(1), 67–80.
- Suwarni, W. (2020). Analisa Pasang Surut Menggunakan Metode *Least Square* Pada Pantai Taman Ria. *Jurnal Sains Dan Teknologi Tadulako*, 6(1), 1–10.
- Triatmodjo, B. (1999). Teknik pantai.
- Triatmodjo, B. (2008). Teknik Pantai, cetakan kelima. *Beta Offset, Yogyakarta*.
- Triatmodjo, B. (2009). Perencanaan Pelabuhan, Beta Offset. Yogyakarta.
- Trisnafiah, S., Basuki, J. P., Zakaria, Z., & Sophian, I. (2018). Pola Daya Dukung Tanah untuk Pondasi Dangkal Daerah Panyipatan, Kabupaten Tanah Laut, Kalimantan Selatan. *Geoscience Journal*, 2(6), 508–513.
- Hardiyatmo, H.C. 2002. Teknik Fondasi 1 Jilid 2 (Edisi kedua). *Beta Offset, Yogyakarta*.
- Hardiyatmo, H.C., 2008, Teknik Fondasi II (IV). Gadjah Mada *University Press*, Bandung.
- Tomlinson, M., and Woodward, J. (2015). *Pile Design and Construction Practice 6th ed. CRC Press Taylor & Francis Group A Spon Press Book*, London, New York
- Yanti, D., Gunawan, I., & Hisyam, E. S. (2018). Perencanaan Struktur Dermaga Pelabuhan Tanjung Gudang Belinyu Kabupaten Bangka. In *FROPIL (Forum Profesional Teknik Sipil)* (Vol. 6, pp. 1–13).

ORIGINALITY REPORT

43%
SIMILARITY INDEX

43%
INTERNET SOURCES

12%
PUBLICATIONS

21%
STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	eprints.untirta.ac.id Internet Source	8%
2	repository.its.ac.id Internet Source	7%
3	doku.pub Internet Source	2%
4	repository.unisma.ac.id Internet Source	2%
5	journal.ipb.ac.id Internet Source	2%
6	docplayer.info Internet Source	2%
7	123dok.com Internet Source	1%
8	etheses.uingusdur.ac.id Internet Source	1%
9	repository.ppns.ac.id Internet Source	1%
10	repository.untag-sby.ac.id Internet Source	1%
11	repository.unair.ac.id Internet Source	1%
12	positori.usu.ac.id Internet Source	1%
13	jurnal.unsur.ac.id Internet Source	

		1 %
14	sipil.polines.ac.id Internet Source	1 %
15	Submitted to Universitas Muhammadiyah Surakarta Student Paper	1 %
16	repo.ppm-manajemen.ac.id Internet Source	1 %
17	www.grafiati.com Internet Source	1 %
18	repository.umsu.ac.id Internet Source	1 %
19	www.scilit.net Internet Source	1 %
20	Submitted to iGroup Student Paper	1 %
21	repo.stikesicme-jbg.ac.id Internet Source	1 %
22	idoc.pub Internet Source	1 %
23	mainsaham.id Internet Source	1 %
24	repository.poltekpelsumbar.ac.id Internet Source	1 %
25	edoc.tips Internet Source	1 %
26	jurnal.uhn.ac.id Internet Source	1 %
27	ejournal3.undip.ac.id Internet Source	<1 %

28	repository.untar.ac.id Internet Source	<1 %
29	Submitted to Politeknik Negeri Bandung Student Paper	<1 %
30	pt.scribd.com Internet Source	<1 %
31	repositorio.unal.edu.co Internet Source	<1 %
32	repository.unika.ac.id Internet Source	<1 %
33	Wiratna Tri Nugraha, Yanda Pranoto. "ANALISIS PONDASI TIANG PANCANG BREASTING DOLPHIN DAN MOORING DOLPHIN PADA DERMAGA TYPE JETTY", JURNAL MOMEN TEKNIK SIPIL, 2020 Publication	<1 %
34	repository.unej.ac.id Internet Source	<1 %

Exclude quotes On

Exclude matches Off

Exclude bibliography On

RIFDA_SYAFRIDA_3336210010_01-1740667430443

PAGE 1

PAGE 2

PAGE 3

PAGE 4

PAGE 5

PAGE 6

PAGE 7

PAGE 8

PAGE 9

PAGE 10

PAGE 11

PAGE 12

PAGE 13

PAGE 14

PAGE 15