

DESAIN STRUKTUR DERMAGA MULTIPURPOSE 15000 DWT PELABUHAN TANJUNG GELON DESA KEMBANG KECAMATAN PACITAN KABUPATEN PACITAN MENGGUNAKAN METODE BETON PRACETAK

Aditya Arif Hartanto

Mahasiswa S1-Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Alamat e-mail: ariftya28@gmail.com

Yogie Risdianto

Dosen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Alamat e-mail: yogierisdianto@unesa.ac.id

Abstrak

Ketidaaan stasiun kereta api, pelabuhan dan bandar udara di Kabupaten Pacitan keperluan logistik maupun transportasi dari maupun menuju Kabupaten Pacitan hanya bisa ditempuh melalui jalur darat utamanya mobil, motor, bus, dan Truk yang menyebabkan mahalnya harga-harga transportasi maupun logistik dari dan menuju Kabupaten Pacitan. Akan tetapi hal tersebut dapat dikurangi efeknya dengan adanya pembangunan pelabuhan di Kabupaten Pacitan, kenapa pelabuhan? Tidak lain dan tidak bukan karena Kabupaten Pacitan adalah daerah yang berbatasan langsung dengan laut sehingga pelabuhan merupakan suatu jawaban yang tepat untuk masalah ini. Pelabuhan terdiri dari beberapa struktur bangunan salah satunya adalah dermaga, pada artikel ini akan direncanakan struktur dermaga Pelabuhan Tanjung Gelon dengan kapasitas kapal layan maksimal adalah 15000 DWT, struktur dermaga terdiri dari beberapa bagian yaitu sistem *fender*, sistem *bollard*, pelat lantai, balok, *pilecap* dan tiang pancang. Struktur dermaga Pelabuhan Tanjung Gelon direncanakan menggunakan sistem *fender* Bridgestone Hyper Cell HC1150H, sistem *bollard* Maritime International MT100, pelat lantai beton komposit dengan tebal 500 mm yang diawali dengan pelat lantai beton pracetak tebal 220 mm, sistem balok komposit dan pracetak yang memiliki beberapa dimensi, *pilecap* ukuran 2000 x 2000 dengan tebal 1500 mm, adapun tiang pancang yang digunakan adalah tiang pancang baja tipe *Nippon Steel Steel Pile* yang memiliki tebal 22 mm dan diameter 1000 mm dengan panjang total struktur tiang 36 m.

Kata Kunci: desain, struktur, dermaga

Abstract

The absence of a train station, port and airport in Pacitan Regency makes the ayn logistic or transport can only be reached by land route, mainly cars, motorbikes, buses and trucks, which causes high transportation and logistics prices form and to Pacitan Regency. However, this can be reduced by the construction of a port in Pacitan Regency, why a port? None other than because Pacitan has direct access to the sea so that the port is the right answer to this problem. The port consists of several building structures, one of which is the pier, in this article the Tanjung Gelon Port pier structure will be planned with a maximum ship capacity of 15000 DWT, the warf structure consists of several parts, namely the fender system, bollard system, floor slab, beam, pilecap and piles. The Tanjung Gelon Port pier structure is planned to use the Bridgestone Hyper Cell HC1150H fender system, Maritime International MT100 bollard system, 500 mm thick composite concrete floor slab preceded by a 220 mm thick precast concrete floor slab, composite and precast beam systems that have several dimensions, pilecap size 2000 x 2000 with a thickness of 1500 mm, while the piles used are Nippon Steel Steel Pile type steel piles which have a thickness of 22 mm and a diameter of 1000 mm with a total length of 36 m pile structure.

Keywords: design, structure, warf.

PENDAHULUAN

Selain menjadi sebuah keunikan letak geografis dan keadaan topografis menjadikan distribusi logistik maupun transportasi dari dan ke Kabupaten Pacitan harus melewati trek atau jalan yang cukup sulit untuk dilewati dengan banyaknya tebing dan jurang di sepanjang jalan tersebut. Ketiadaan stasiun kereta api, pelabuhan dan bandar udara di Kabupaten Pacitan keperluan logistik maupun transportasi dari maupun menuju Kabupaten Pacitan hanya bisa ditempuh melalui jalur darat utamanya

mobil, motor, bus, dan Truk yang menyebabkan mahalnya harga-harga transportasi maupun logistik dari dan menuju Kabupaten Pacitan. Akan tetapi hal tersebut dapat dikurangi efeknya dengan adanya pembangunan pelabuhan di Kabupaten Pacitan, pelabuhan ini nantinya akan menjadi sangat strategis untuk koneksi tol laut. Sehingga ekonomi wilayah sekitar seperti daerah Jogjakarta, Madiun, Trenggalek juga akan meningkat (*Press release* Dinas Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2018). Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan ditemukan rumusan masalah yaitu: (1) analisa

data-data kelautan untuk keperluan perencanaan; (2) menentukan beban-beban dan gaya yang bekerja pada struktur dermaga yang direncanakan dan; (3) menentukan jenis dan ukuran struktur yang digunakan. Sebagaimana terdapat rumusan masalah maka terdapat pula tujuan kenapa artikel ini dibuat yaitu: (1) mengetahui data-data kelautan yang diperlukan untuk merencanakan struktur dermaga; (2) mengetahui gaya-gaya yang terjadi akibat beban-beban yang bekerja pada struktur yang direncanakan dan; (3) mendapatkan jenis dan ukuran struktur yang digunakan. Selain terdapat rumusan masalah dan tujuan dalam artikel ini terdapat pula batasan masalah yang digunakan yaitu: (1) tidak menghitung rencana anggaran biaya; (2) hanya menggunakan data sekunder; (3) tidak meninjau aspek ekonomi-sosial yang terjadi; (4) dermaga yang direncanakan adalah tipe *warf*

METODE

Data Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data berjenis sekunder data-data tersebut penulis kelompokkan menjadi dua yaitu data pokok yang terdiri dari data *bathymetry* dan data *layout* rencana, kelompok data kedua yaitu data kelautan yang terdiri dari data pasang surut, data arus laut, data angin, data kapal, dan data mutu-mutu elemen struktur yang digunakan seperti jenis *fender*, *bollard*, dan tiang pancang.

Pembebaan

Jenis-jenis beban yang bekerja pada struktur dermaga, beberapa diantaranya yaitu: (1) berat sendiri material; (2) beban hidup merata (UDL); (3) beban hujan, (4) beban truk; (5) beban tambat; (6) beban angin; (7) beban sandar dan; (8) beban gempa (*Standard Design for Port in Indonesia*, 1984:9-17)

Elemen Struktur

Elemen-elemen struktur yang digunakan dalam struktur dermaga adalah berikut ini:

- *Fender* merupakan elemen struktural yang berfungsi sebagai bantalan penyerap energi akibat kapal yang akan bersandar dan meneruskannya ke elemen struktur lain pada dermaga (Triatmodjo, 2009:259)
- *Bollard* merupakan alat yang digunakan untuk menambatkan atau mengikatkan tali-tali penambat kapal ke dermaga. *Bollard* biasanya terbuat dari baja yang dibentuk sedemikian rupa dan ditanam ke pelat beton dilengkapi dengan pelat penahan dan baut. *Bollard* biasanya dipasang sesuai dengan Tabel 1 di bawah ini:

Tabel 1 Penempatan *Bollard*

Ukuran Kapal (Gross Ton)	Jarak Maksimum (m)	Jumlah minimal
~2000	10 - 15	4
2001 - 5000	20	6
5001 - 20000	25	6
20001 - 50000	35	8
50001 - 100000	45	8

Sumber: (Triatmodjo, 2009:284)

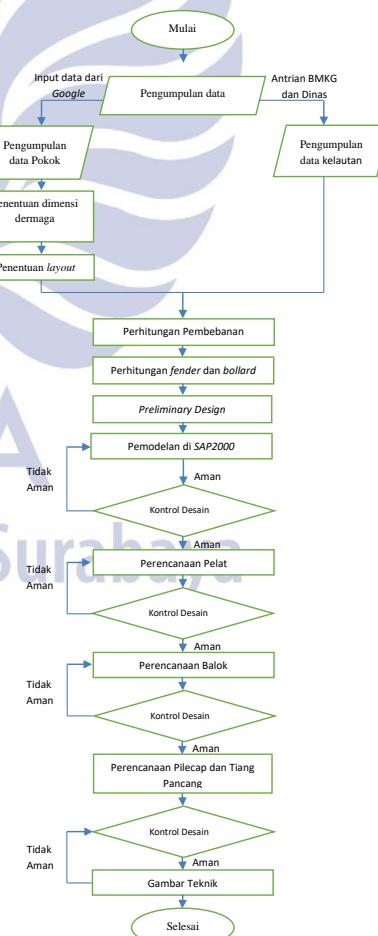
- Pelat Lantai merupakan struktur tipis yang dibuat dari beton bertulang dengan bidang yang arahnya tegak lurus pada bidang struktur tersebut. Pelat lantai bersifat

sangat kaku sehingga memiliki fungsi sebagai diafragma dari struktur bangunan (Asroni, 2010:191).

- Balok bertulang merupakan elemen struktur yang memiliki arah bentang horizontal, beban yang bekerja pada balok biasanya berupa beban lentur, beban geser dan torsi untuk menahan beban-beban tersebut maka balok beton perlu diberikan tulangan memanjang atau longitudinal yang menahan beban lentur serta tulangan transversal yang menahan beban geser dan torsi (Asroni, 2010:39)
 - *Pilecap* atau biasa dikenal dengan poer merupakan struktur yang mempertemukan antara balok dengan tiang pancang dari dermaga.
 - Tiang pancang merupakan elemen struktur yang memiliki fungsi untuk menurunkan beban-beban struktur di atasnya ke dalam massa tanah, tiang pancang bisa terbuat dari material beton, baja, maupun kayu (Bowles, 1991).
 - Elemen struktur pracetak
- Beton pracetak Elemen beton struktur yang dicetak di tempat lain dari posisi akhirnya dalam struktur (SNI 2847, 2019:38).

Alur dan Dasar Perencanaan

Dalam perencanaan sebuah dermaga terdapat alur perhitungan, alur tersebut dapat dilihat pada Gambar 1 di bawah ini:



Gambar 1 Diagram Alur Perencanaan Struktur Dermaga Pelabuhan Tanjung Gelon
Sumber: Hasil Olah Data

Selain terdapat alur perencanaan, perhitungan struktur dermaga Pelabuhan Tanjung Gelon juga menggunakan beberapa aturan-aturan maupun persamaan yang ada dalam literatur adapun literatur tersebut adalah sebagai berikut:

- SNI 2847 tahun 2019 tentang beton struktural
- SNI 2847 tahun 2013 tentang beton struktural
- SNI 2052 tahun 2014 tentang baja tulangan
- SNI T-12 tahun 2004 perencanaan beton untuk struktur jembatan
- SNI T-02 tahun 2005 pembebanan untuk jembatan
- SNI 1725 tahun 2016 pembebanan untuk jembatan
- SNI 1726 tahun 2019 tentang ketahanan gempa
- Peraturan Beton Indonesia tahun 1971
- Perencanaan Pelabuhan oleh Bambang Triatmodjo tahun 2009
- *Port of Long Beach Warf Design Crtieria by The Green Port 2015*
- *PCI Design Handbook Seventh Edition 2010*
- *Technical Standards and Commentaries for Port and Harbour Facilities in Japan by OCDI 2002*
- *Standard Design Criteria for Ports in Indonesia 1984*

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa Data Penelitian

1. Data Kapal Rencana

Di bawah ini akan disajikan beberapa data-data kapal rencana yang akan digunakan untuk perencanaan dermaga Pelabuhan Tanjung Gelon, adapun data-data tersebut dapat dilihat di bawah ini:

• Berat Kapal (DWT)= 15.000	Ton
• Loa = 166	m
• Lpp = 154,998	m
• Lebar kapal (B) = 25	m
• Tinggi (H) = 13,3	m
• Full draft (D) = 9,0	m
• Berthing velocity = 0,15	m/d

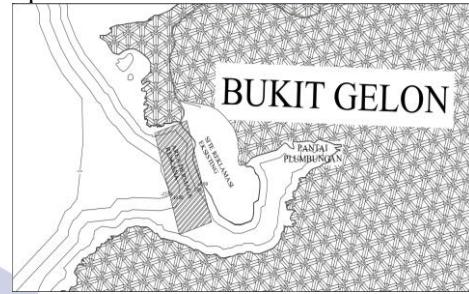
2. Data Crane

• Jenis crane = Tukan Cangoroo 1500-45	
• Berat crane = 280 Ton	
• Kapasitas maksimal= 40 Ton	
• Lebar track = 15 m	
• Jumlah roda = 8 roda	
• Jarak antar roda = 1 m	
• Berat per roda = 35 Ton	

3. Data Bathymetri

Data *Bathymetri* merupakan data berupa peta kedalaman dasar laut (Setiyono, 1996), data ini penulis peroleh dari website Badan Informasi Geospasial Indonesia (BIG) yang pada bidang geospasial, topografi, pemetaan wilayah dan lain-lain. Data yang diperoleh dari website BIG sendiri hanya berupa tampilan data kontur tanpa elevasi sehingga perlu dilakukan langkah tertentu agar data tersebut dapat digunakan secara baik cara tersebut meliputi pengunduhan data peta berformat ".tif" pada website BIG, kemudian memetakan data tersebut dalam gambaran topografi satelit *Google Earth* sehingga

menghasilkan file berformat ".kmz". Setelah selesai memetakan data di *Google Earth* maka file berformat ".tif" dan ".kmz" di *Input* kedalam *software Global Mapper* untuk membuat kontur setelah kontur terbentuk maka hasilnya diimport ke *software AutoCAD* yang hasilnya ditemukan bahwa kedalaman *sea bed* lokasi kolam dermaga adalah 15 m yang dapat dilihat pada Gambar 2 di bawah ini



Gambar 2 Kedalaman *Sea Bed* Lokasi Kolam Dermaga

Sumber: Hasil Olah Data

4. Data Arus

Berdasarkan pengamatan terhadap data-data yang ada kecepatan arus yang digunakan adalah 76,4 cm/s atau 0,764 m/s.

5. Data Angin

Berdasarkan hasil pengolahan data, maka angin rencana ditentukan sebesar 18,1 knots atau 9,32 m/s untuk angin yang mengenai badan kapal dan 14,4 knots atau 7,408 m/s untuk angin yang datang dari arah halauan kapal, untuk ilustrasi dari data angin tersebut dapat dilihat pada Gambar 3 berikut ini.



Gambar 3 Ilustrasi Mawar Kecepatan Angin pada Lokasi Dermaga

Sumber: Hasil Olah Data

6. Data pasang Surut

Berdasarkan data yang ada didapatkan nilai-nilai pasang surut sebagai berikut:

- Muka air laut rerata (MSL) = 0,75 m
- Pasang tinggi tertinggi (HHWL) = 2,24 m
- Surut rendah terendah (LLWL) = -0,6 m

7. Data Tanah

Dari data tanah dari lokasi dermaga direncanakan, dapat diketahui bahwa tanah pada dasar laut tersebut memiliki nilai $\bar{N} = 12,98$ yang dimana kurang dari 15, berdasarkan nilai \bar{N} tersebut maka tanah lokasi ditentukan sebagai tanah lunak atau (Tanah SE) sesuai dengan SNI 1726-2019 pasal 5.2

8. Kualitas Material

- Mutu beton ($F'c$) = 40 MPa
- F_{ci} 3 hari beton = $46\% \times 40$ MPa = 18,4 MPa

- F_{ci} 7 hari beton $= 65\% \times 40 \text{ MPa}$
 $= 26 \text{ MPa}$
- F_{ci} 14 hari beton $= 88\% \times 40 \text{ MPa}$
 $= 35,2 \text{ MPa}$
- Modulus elastisitas beton (E_c) = 29725,41 MPa
- Mutu beton di atas digunakan untuk keseluruhan struktur pada dermaga berbahan dasar beton.
- Tegangan leleh tulangan (f_y) = 390 MPa
- Tegangan putus tulangan (f_u) = 560 MPa
- Modulus elastisitas baja (E_s) = 200000 Mpa
- Mutu baja di atas digunakan untuk keseluruhan tulangan yang digunakan.
- Mutu pancang = JIS A 5552 grade 3
- Tegangan putus pancang (f_u) = 455 MPa

Analisa Pembebaan

1. Beban Mati Merata

- Berat sendiri pelat ($t = 0,5 \text{ m}$) = $0,5 \text{ m} \times 2,4 \text{ t/m}^3 = 1,2 \text{ t/m}^2$
- Beban aspal ($t=0,05\text{m}$) = $0,05 \text{ m} \times 2,2 \text{ t/m}^3 = 0,11 \text{ t/m}^2$
- Total beban mati merata = $1,31 \text{ t/m}^2$

2. Beban Hidup Merata

Berpedoman kepada *Standart Design Criteria for Ports in Indonesia* pasal V.2 halaman 16, maka beban hidup merata ditentukan sebesar 3 t/m^2

3. Beban Hujan

Beban hujan ditentukan berdasarkan persamaan di bawah ini dengan asumsi tinggi genangan maksimum 5 cm dan berat jenis air sebesar 1 t/m^3 .

$$\begin{aligned} \text{Beban hujan} &= 0,05 \times 1 \text{ t/m}^3 \\ &= 0,05 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

4. Beban Lajur D

Berpedoman kepada SNI 1725 Tahun 2016 pasal 8.3.1 dengan panjang bentang dermaga 200 m maka beban merata lajur (D) ditentukan sebesar:

$$\begin{aligned} \text{• Beban lajur (D)} &= 9,0 \times (0,15 + \frac{15}{200}) \\ &= 5,175 \text{ kPa} = 0,528 \text{ ton/m}^2 \end{aligned}$$

5. Beban Truk

Berpedoman kepada SNI 1725 tahun 2016 pasal 8.4.1 maka beban truk ditentukan sebesar 500 kN atau 50 Ton dengan faktor pembebaan pada keadaan batas layan sebesar 1,00 dan 1,80 untuk keadaan batas *ultimate*.

6. Beban Garis

Berpedoman kepada SNI 1725:2016 halaman 39 maka beban garis atau *knife load* (BGT) ditentukan sebesar 49 kN/m atau 5 ton/m².

7. Beban Crane

Pembebaan *crane* akan dilakukan langsung dalam *modelling* pada *program SAP2000* dengan metode *moving load* dengan nilai beban tiap roda sebesar 35 on.

8. Beban Fender

Berdasarkan brosur terhadap jenis *fender* yang digunakan yaitu *fender Bridgestone Hyper Cell HC1150H* memiliki berat sendiri sebesar 1033 kg.

9. Beban Sandar

Beban sandar merupakan beban yang terjadi akibat benturan kapal terhadap *fender* ketika kapal akan berlabuh ke dermaga, terdapat beberapa hal yang

mempengaruhi nilai beban sandar beberapa diantaranya adalah sudut merapat kapal, dimensi kapal, *berthing velocity* (V), koefisien massa (C_M), koefisien blok (C_b), koefisien eksentriskitas (C_e), berat penampang kapal yang terbentur (W), angka keamanan (S) dan nilai gravitasi (g). Nilai beban sandar yang digunakan akan diambil dari nilai persamaan di bawah ini:

- Beban Sandar (E) = $(\frac{1}{2 \times g} \times W \times V^2 \times C_M \times C_e \times C_s) \times S$
- $W = (\frac{4}{3} \times DWT) + \frac{\pi}{4} \times Loa \times D^2 \times \gamma_{air laut}$
 $= (\frac{4}{3} \times 15000) + (\frac{\pi}{4} \times 166 \times 92 \times 1,025)$
 $= 30824,48 \text{ ton}$
- $V = 0,15 \text{ m/s}$
- $C_m = 1 + (\frac{\pi}{2 \times C_b} \times \frac{d}{b})$
- $C_m = 1 + (\frac{\pi}{2 \times (\frac{W}{L_{pp} \times B \times D \times \gamma_0})} \times \frac{d}{b})$
 $= 1 + (\frac{\pi}{2 \times (\frac{30824,48}{0,846 \times 166^{1,01} \times 25 \times 9 \times 1,025})} \times \frac{9}{25})$
 $= 1,65$
- $C_e = \frac{1}{1+(lr)^2}$
- $C_e = \frac{1}{1+(\frac{1}{4} \times Loa) \times (Loa \times \frac{r}{Loa})^2}$
- $\frac{r}{Loa} = 0,267$ diambil dari buku Bambang Triatmodjo
- $C_e = \frac{1}{1+(\frac{1}{4} \times 166) \times (166 \times 0,267)^2}$
 $C_e = 0,54$
- $C_s = 1$ diambil dari buku Bambang Triatmodjo
- $S = 2$, maka
- $E = (\frac{1}{2 \times 9,81 \text{ m/s}^2} \times 30824,48 \text{ ton} \times \frac{0,15^2 \text{ m}}{\text{s}} \times 1,65 \text{ m} \times 0,54 \times 1) \times 2$
 $= 63 \text{ Ton}$

10. Beban Arus

Beban arus dihitung berdasarkan kecepatan arus maksimal dari data arus yang didapatkan dari BMKG Stasiun Tanjung Perak sebesar 0,764 m/s arus tersebut mengenai area badan kapal menggunakan persamaan di bawah ini:

- Beban Arus (Ra) = $C_c \times \gamma_w \times A_c \times \left(\frac{Vc^2}{2g}\right)$
- $V_c = 0,764 \text{ m/s}$
- $\gamma_w = 1,025 \text{ t/m}^3$
- $A_c = loa \times full draft$
- $Kedalaman air = \frac{15}{full draft}$
 $= \frac{15}{9}$
 $= 1,67$

Dikarenakan perbandingan antara kedalaman air dengan *full draft* = 1,67 maka nilai CC diambil sebesar $C_c = 2,0$ sesuai dengan pernyataan Bambang Triatmodjo dalam buku Perencanaan Pelabuhan halaman 223.

$$\begin{aligned} \bullet Ra &= 2 \times 1,025 \times 1494 \times \left(\frac{0,764^2}{2 \times 9,81}\right) \\ &= 136,68 \text{ ton} \end{aligned}$$

11. Beban Angin

Beban angin merupakan beban yang menjadi salah satu faktor penentuan jenis *bollard* yang digunakan. Gaya angin besar gaya yang terjadi akibat angin yang menghembus mengenai area sisi kapal yang sedang

Desain Struktur Dermaga Multipurpose 15000 DWT Pelabuhan Tanjung Gelon Desa Kembang Kecamatan Pacitan Kabupaten Pacitan Menggunakan Metode Beton Pracetak

kosong (Aw) (asumsi luasan maksimum), untuk persamaannya dapat dilihat di bawah ini:

- Beban angin (Rw) = $1,1 \times 0,063 \times V^2 \times Aw$
- Kec Angin (V) = 9,311 m/s
- Luasan yang terkena (Aw) = $Loa \times (H - \frac{1}{3}D)$
 $= 166 \times (\frac{1}{3} \times 9)$
 $= 1709,8 \text{ m}^2$
- Rw = $1,1 \times 0,063 \times 9,311 \times 1709,8$
 $= 10287,87 \text{ kg}$
 $= 10,29 \text{ Ton}$

12. Beban Gempa

Di bawah ini akan dijabarkan beberapa parameter-parameter yang diperlukan untuk perhitungan beban gempa menggunakan SAP2000, adapun parameter-parameter tersebut adalah:

- Kelas situs
Berdasarkan data tanah yang telah dianalisa maka kelas situs ditentukan sebagai "Tanah Lunak (SE)"
- Parameter percepatan 1 detik (S1)
Parameter percepatan respons spektral MCE dari lokasi dermaga direncanakan memiliki nilai sebesar S1= 0,56 g.
- Parameter percepatan respons 0 detik
Nilai parameter percepatan respons spektral MCE dari peta gempa pada periode 0 detik ditentukan sebesar Ss= 1,24 g.
- Fa
Fa merupakan nilai faktor amplifikasi, dikarenakan nilai Ss = 1,24 dan kelas situs yaitu SE maka Fa ditentukan sebesar 0,9 sesuai dengan SNI 1726 tahun 2019 pasal 6.2
- Fv
Fa merupakan koefisien situs untuk periode panjang, dikarenakan nilai S1 = 0,56 g dan kelas situs yaitu SE maka sesuai SNI 1726:2019 Tabel 7, Fa ditentukan sebesar 2,2 sesuai dengan SNI 1726 tahun 2019 pasal 6.2

13. Kombinasi Pembebaan

Kombinasi pembebaan yang digunakan mengacu pada *Port of Long Beach Wharf Design Criteria Ch. Load Combination* yang disesuaikan dengan SNI T-02 2005 pada bagian faktor kombinasinya

Tabel 2 Kombinasi Pembebaan

Case	Load Resistance Factor Design (LRFD)								
	D	L+I ^b	E	W	BE	M	R+S+T	BU	C
I	1,2	1,6	1,6	1,6	-	-	1,2	1,2	1,2
II	0,9	-	1,6	1,6	-	-	1,2	1,0	1,2
III	1,2	1,0	1,6	1,6	1,6	-	-	1,2	1,2
IV	1,2	1,6	1,6	1,6	-	1,6	-	1,2	1,2

Sumber: Table 3.3 Port of Long Beach Wharf Design Criteria

Perhitungan Struktur

1. Perhitungan Layout Dermaga

Pada sub-bab ini akan diberikan perhitungan dari beberapa ukuran dermaga seperti panjang, lebar,

kedalaman dan lainnya, adapun perhitungan-perhitungan tersebut dapat dilihat di bawah ini:

- Panjang dermaga (Lp)

$$(Lp) = n \times Loa + (N + 1) \times 10\% \times Loa$$

$$= 1 \times 166 + (1 + 1) \times 10\% \times 166$$

$$= 199,2 \sim 200 \text{ m}$$

• Lebar dermaga

Lebar dermaga dihitung berdasarkan penjumlahan lebar track crane sebesar 15 m sesuai dengan crane jenis Tukang Cangoroo 1500-45, jarak batas aman dari *fender* ke rel sebesar 4 m, juga asumsi kebutuhan manuver truk-truk pengangkut *cargo* sebesar 15 m dan panjang balok kantilever untuk *fender* sebesar 2,5 m maka didapat lebar dermaga sesuai dengan persamaan di bawah ini:

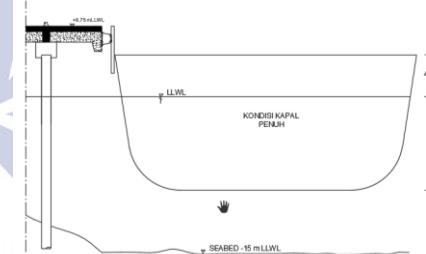
$$\begin{aligned} L_{\min} &= 15 \text{ m} + 2 \times 4 \text{ m} + 15 \text{ m} + 2,5 \text{ m} \\ &= 42,5 \text{ m} \end{aligned}$$

• Kedalaman kolam dermaga

Kedalaman dermaga dihitung berdasarkan jumlah dari tinggi bagian kapal yang terendam kondisi penuh pada keadaan air *Lowest low water level* = -0,6 m dihitung dari elevasi ±0,00, jumlah tersebut harus lebih kecil daripada elevasi kedalaman *sea bed* = 15 m persamaan di bawah ini:

$$\begin{aligned} H_{kolam} &= (D + 1,5 \text{ m}) + LLWL < \text{Kedalaman sea bed} \\ &= (9 + 1,5) + 0,6 < 15 \\ &= 11,1 < 15 \dots OK! \end{aligned}$$

Dikarenakan $H_{kolam} = 5,8 \text{ m}$ lebih kecil daripada kedalaman *lowest low water level* = 15 m maka dapat disimpulkan bahwa kedalaman kolam dermaga dapat menampung kapal rencana terbesar.



Gambar 4 Kedalaman Kolam Dermaga
Sumber: Hasil Olah Data

• Elevasi lantai dermaga

Untuk menghitung elevasi lantai dermaga harus disesuaikan dengan kondisi muka air tertinggi (HHWL) sehingga diharapkan kapal-kapal tetap dapat berlabuh ketika air laut berada dalam elevasi maksimum, berdasarkan hal tersebut didapatkan beberapa elemen perhitungan yang diperlukan yaitu: elevasi tepi bawah balok *fender* minimal (E_{Tbhf}), tinggi balok *fender* rencana (T_{bf} rencana), kondisi *high water level* ditambahkan dengan jarak aman sebesar 2 m, maka dapat diperoleh:

- $E_{Tbhf} = HHWL + 1,5 \text{ m}$
 $= +2,24 \text{ m.} + 1,5 \text{ m LLWL}$
 $= +3,74 \text{ m}$
- $T_{bf \text{ rencana}} = 2400 \text{ mm}$
 $= 2,4 \text{ m}$
- Elevasi hitung lantai = $E_{Tbhf} + T_{bf}$
 $= +3,74 + 2,4$

$$= 6,14 \text{ m} \sim 6,15 \text{ m}$$

Berdasarkan perhitungan di atas dapat disimpulkan bahwa elevasi dermaga terhitung dari ketinggian air +- 0,00 adalah 6,15 sedangkan jika dihitung dari ketinggian air LLWL (-0,60 m) adalah $E_v = +6,75 \text{ m}$

2. Perhitungan Fender

a. Spesifikasi Teknis Fender

- Tipe : Bridgestone Hyper Cell HC1150H
- Mutu : J4
- Gaya reaksi (Rfa) : 1230 kN
: 124,46 Ton
- Serapan energi (Efa) : 651 KNm
: 66,40 ton
- Defleksi maksimal : 70%
- Berat : 1033 kg
- Tinggi Horizontal (H) : 1000 mm
- Tinggi vertikal (L) : 1500 mm

b. Kontrol Kekuatan Fender Terhadap Gaya yang Bekerja

- Beban sandar kapal : 63 Ton
- Kontrol kekuatan Syarat = Serapan energi fender > beban sandar kapal. Dimana 66,402 ton > 63 ton sehingga dapat diartikan fender kuat menerima beban.

c. Jarak Pemasangan Fender

- Syarat

$$\text{Jarak fender rencana} < L = 2 x (\sqrt{r^2 - (r - h^2)})$$

Di mana:

$$5 \log r = -0,853 + 0,640 \log \text{DWT}$$

$$= -0,853 + 0,640 \log 15000$$

$$5 \log r = 1,82$$

$$r = 0,37$$

$$L = 2 x (\sqrt{r^2 - (r - h^2)})$$

$$= 2 x (\sqrt{0,37^2 - (0,37 - 13,3^2)})$$

$$= 5,93 \text{ m}$$

Berdasarkan perhitungan diatas maka fender direncanakan dipasang setiap jarak 4 m (setiap as portal) pada arah memanjang dermaga sehingga jumlah fender terpasang $n = 50$ buah.

3. Perhitungan Bollard

a. Spesifikasi Teknis Bollard

- Tf (traction force) = Rr = 146,97 Ton
- Nama bollard = Maritime International MT100
- Jenis bollard = T-Head Bollard
- B Bollard = 564 mm
- Kekuatan = 100 Ton
- Jenis baut = HTB A325
- Jumlah baut = 5 buah
- Diameter baut (db) = 36 mm
- Panjang baut (brosur)= 600 mm
- Fy = 620 MPa
- Fu = 825 Mpa
- Fc = 40 Mpa

b. Resultan Gaya Akibat Gaya Angin dan Arus (Rr)

- Gaya angin (Rw) = 10,29 Ton
- Gaya arus (Ra) = 1,69 Ton
- Rr = $\sqrt{Rw^2 + Ra^2}$
= 146,97 Ton

c. Gaya Bollard Minimum

Gaya pada bollard diambil sebesar Rr= 1000 kN = 100 Ton dengan DWT(GT) Kapal yaitu 15000 Ton sesuai dengan pasal 2.2.4 buku *Technical Standards and Commentaries for Port and Harbour Facilities in Japan*

d. Jarak Pemasangan Bollard

- Panjang dermaga = 200 m
- Jarak maksimal antar bollard = 35 m (Tabel 1)
- Jumlah minimal instalasi Bollard = 6 buah
- Jumlah bollard pasang = 25 buah
- Jarak pasang = 8 m

e. Kontrol Kekuatan Bollard

- Gaya bollard (Rr) = 146,97 Ton
- Banyak bollard terpasang = 10 buah
- Jumlah tambatan kapal rencana = 6 buah
- Gaya bollard perbuah = $\frac{146,97 \text{ ton}}{6} = 24,495 \text{ Ton}$
- Kekuatan bollard MT 100 = 100 Ton/buah Berdasarkan data-data dan perhitungan yang telah dilakukan maka ditemukan Kekuatan bollard MT 100= 100 Ton > Gaya bollard perbuah = 14,697 Ton, maka bollard MT 50 dapat digunakan.

4. Preliminary Design

Di bawah ini akan diberikan dimensi-dimensi struktur yang digunakan untuk pemodelan menggunakan SAP 2000 dengan catatan SAP2000

Tabel 3 Preliminary Design

Nama	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi/ Tebal (mm)
Pelat lantai	2500	2500	500
Balok crane	4000	1000	1500
Balok memanjang	5000	1000	1500
Balok melintang	4000	1000	1500
Balok anak	4000	500	1000
Balok kantilever	2500	1000	1500
Pilecap	2000	2000	1500

Sumber: Hasil Olah Data

5. Ilustrasi Layout Rencana

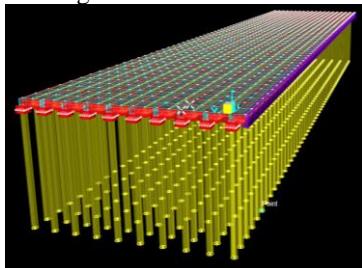
Di bawah ini merupakan gambar kerja layout dermaga hasil dari perhitungan yang telah dilakukan, adapun gambar tersebut dapat dilihat pada Gambar 5 di bawah ini:



Gambar 5 Layout Dermaga Pelabuhan Tanjung Gelon
Sumber: Olah Data

6. Pemodelan Struktur Menggunakan SAP2000

Di bawah ini akan ditampilkan struktur dermaga yang dimodelkan pada software SAP2000 menggunakan ukuran-ukuran yang terdapat pada *preliminary design* dan *layout* dermaga.



Gambar 6 Pemodelan 3 Dimensi Struktur Dermaga Pada SAP2000

Sumber: Hasil Olah Data

Dari pemodelan tersebut dapat diperoleh gaya-gaya yang digunakan dalam perencanaan, gaya-gaya tersebut yaitu:

- M maks balok lapangan = 2026740356 Nmm
- M maks balok tumpuan = 3539710318 Nmm
- Vu (geser) balok lapangan = 2278477,06 N
- Vu (geser) balok tumpuan = 2809212,95 N
- Momen torsi maks = 182795956 Nmm
- Momen maks pilecap = 44914457 Nmm
- P kerja tiang pancang = 333,25 Ton

7. Perencanaan Pelat Lantai

Perhitungan pelat lantai yang ditampilkan pada artikel ini hanyalah struktur pelat komposit sedangkan struktur pracetaknya hanya akan ditampilkan hasilnya saja adapun perhitungan tersebut adalah sebagai berikut:

a. Pelat Komposit

• Data Perencanaan

- Lebar pelat : 2500 mm
- Panjang pelat : 4000 mm
- Tebal pelat komposit : 500 mm
- Tebal pelat pracetak : 220 mm
- Tebal pelat insitu : 280 mm
- Tebal selimut beton : 80 mm
- Tulangan rencana : Sirip D19
- Volume kontainer : 67,65 m³

• Perhitungan Beban

- Beban mati (qD)
Berat sendiri = 0,5 m x 2500 kg/m³
= 1250 kg/m²

Beban kontainer (Max gross 35 ton) (4)

$$\text{Tumpuk (40ft)} = \frac{35000 \text{ kg}}{67,65 \text{ m}^3} \times 4 \\ = 2069,39 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Total} = 3319,39 \text{ kg/m}^2$$

- Beban hidup (qL)
UDL = 3000 kg/m²
- Hujan = 50 kg/m²
- Lajur D = 528 kg/m²
- Total = 3578 kg/m²

Beban Truk

$$qTT = 112,5 \text{ kN} * 1,03 \\ = 146,25 \text{ kN}$$

- Kombinasi Pembebaan

$$\begin{aligned} Q_D &= 1,3 \times qD \\ &= 1,3 \times 3319,39 \text{ kg/m}^2 \\ &= 4315,2 \text{ kg/m}^2 \\ Q_L &= 1,8 \times qL \\ &= 1,8 \times 3578 \text{ kg/m}^2 \\ &= 6440 \text{ kg/m}^2 \\ Q_u &= QD + QL \\ &= 4315,21 + 6440 \\ &= 10423,67 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

• Perhitungan Momen Berdasarkan PBI 1971

Perhitungan momen pelat lantai akan dilakukan berdasarkan PBI 1971 sesuai dengan pasal 13.3 PBI 1971 dengan nilai X sebagai berikut:

$$\begin{aligned} - \frac{ly}{lx} &= \frac{3000}{1750} \\ &= 1,6 \end{aligned}$$

Berdasarkan nilai ly/lx = 1,6 dan kondisi pelat terjepit sempurna maka nilai X ditentukan sebesar Mlx = 37, Mly = 16, Mtx = 79 dan Mty = 57

- Momen Lapangan

$$\begin{aligned} Mlx &= 0,001 \times Qu \times Lx^2 \times X + \frac{5}{48} \times q TT \times lx \\ &= \frac{10423,67 \times 2500^2 \times 37 \times 9806,65}{1000} + \\ &\quad (\frac{5}{48} \times 146,25 \times 2,5 \times 1000) \\ &= 92193422,09 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Mly &= 0,001 \times Qu \times Lx^2 \times X \\ &= 0,001 \times 10423,67 \times 2500^2 \times 16 \\ &= 1042,37 \text{ Kgm} \\ &= 10222157,76 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

- Momen tumpuan

$$\begin{aligned} Mtx &= \frac{Qu \times Lx^2 \times X \times 9806,65}{1000} + \frac{9}{64} \times q TT \times lx \times 1,8 \\ &= \frac{10423,67 \times 2500^2 \times 79 \times 9806,65}{1000} + \\ &\quad \frac{9}{64} \times 146,25 \text{ kN} \times 2,5 \text{ m} \times 1,8 \\ &= 101887803,5 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Mty &= -0,001 \times Qu \times Lx^2 \times X \\ &= -0,001 \times 10423,67 \times 2500^2 \times 57 \\ &= 3713,43 \text{ Kgm} \\ &= 36416332,21 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

• Perhitungan Kebutuhan Tulangan

Perhitungan tulangan ditunjukkan pada Tabel 4 dengan memperhitungkan parameter awal perhitungan-perhitungan dibawah ini:

- $\beta_1 = 0,77$
- $m = \frac{f_y}{0,85 \times f'c} = 11,471$
- $\rho b = \frac{0,85 \times f'c \times \beta_1}{f_y} \times \left(\frac{600}{600+f'c} \right) = 0,0404$
- $\rho_{\max} = 0,75 \times \rho b = 0,031$
- $\rho_{\min} = \frac{0,25 \times \sqrt{f'c}}{f_y} = 0,0041$
- $s_{\min} = 40 \text{ mm}$
- $s_{\max} = 250 \text{ mm}$

Desain Struktur Dermaga Multipurpose 15000 DWT Pelabuhan Tanjung Gelon Desa Kembang Kecamatan Pacitan Kabupaten Pacitan Menggunakan Metode Beton Pracetak

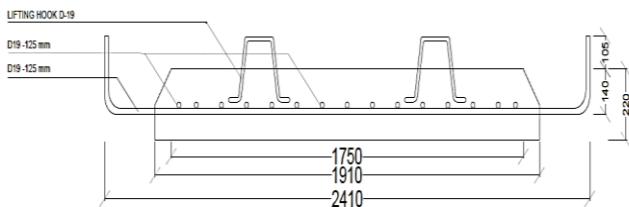
Tabel 4 Perhitungan Kebutuhan Tulangan Pelat Lantai

Jenis Tul.	bw (mm)	d (mm)	Mu (Nmm)	Rn	ρ hitung	ρ pakai	As min (mm ²)	As tul. Pakai (mm ²)	N	s (mm)	As pakai (mm ²)
(1)	(2)	(3)	(4)	(6)	(7)	(8)	(9)	(11)	(12)	(13)	(14)
Tumpuan											
Arah X	1000	410,5	101887803,5	0,672	0,0016	0,0041	1683,05	283,53	8	125	2268,24
Arah Y	1000	391,5	36416332,21	0,637	0,0015	0,0041	1605,15	283,53	8	125	2268,24
Lapangan											
Arah X	1000	410,5	92193422,09	0,608	0,0017	0,0041	1683,05	283,53	8	125	2268,24
Arah Y	1000	391,5	10222157,76	0,572	0,0016	0,0041	1605,15	283,53	8	125	2268,24

Sumber : Hasil Olah Data

b. Pelat Pracetak

Konstruksi pelat pracetak yang digunakan dalam perencanaan ini dapat dilihat pada Gambar 7 di bawah ini:



Gambar 7 Ilustrasi Konstruksi Half Slab

Sumber: Hasil Olah Data

c. Rekapitulasi Perhitungan

Tabel 5 Rekapitulasi Perhitungan Tulangan

Tipe pelat	Tebal (mm)	Tulangan Ix (mm)		Tulangan ly (mm)		Tul. Angkat
		Lap.	Tumpuan	Lap.	Tumpuan	
Pracetak	220	D19 - 125	D19 - 125	D19 - 125	D19 - 125	4 D19
Komposit	500	D19 - 125	D19 - 125	D19 - 125	D19 - 125	-

Sumber: Olah Data

Tabel 6 Perhitungan Kebutuhan Tulangan Balok Crane

Jenis Tul.	Gaya Pakai (Nmm)	Rn	ρ hitung	ρ pakai	As min (mm ²)	Tulangan pakai	As tul. Pakai (mm ²)	As pakai (mm ²)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Tumpuan								
Lentur	3539710318	2,4	0,0069	0,0064	8707,2	20 D 25	490,87	9817,4
Tekan	Tekan menggunakan 0,5 kebutuhan dari lentur				4908,7	10 D 25	490,87	4908,7
Torsi web	182795956	-	-	-	9318,67	4 D 25	490,87	16689,6
Geser	2809212,9 N	-	-	-	1013,55	3 Kaki D19 - 125 mm	283,53	5861,27
Lapangan								
Lentur	2026740356	1,37	0,0064	0,0064	5578,05	12 D 25	490,87	5890,44
Tekan	Tekan menggunakan 0,5 kebutuhan dari lentur				2945,22	6 D 25	490,87	2945,22
Torsi web	182795956	-	-	-	9636,33	4 D 25	490,87	10799,2
Geser	2278477,1 N	-	-	-	1013,55	3 Kaki D19-200 mm	283,53	3424,05

Sumber: Hasil Olah Data

8. Perencanaan Balok

Perencanaan balok yang ditampilkan pada artikel ini adalah perencanaan balok komposit sedangkan balok perencanaan balok pracetak hanya akan ditampilkan hasil perhitungannya saja, berikut tahapan perencanaan tersebut:

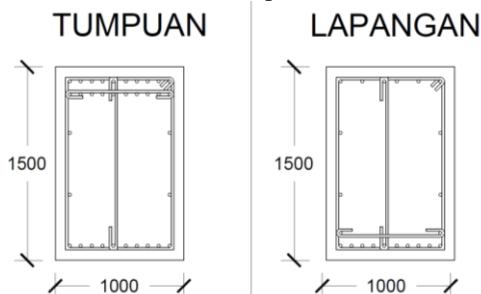
a. Balok Komposit

- Data Perencanaan
 - Lebar = 1000 mm
 - Tinggi = 1500 mm
 - Tulangan utama = 25 mm
 - Tulangan geser = 19 mm
 - Tulangan torsi = 25 mm
 - Selimut beton = 80 mm
 - Momen tumpuan = 3539710318 Nmm
 - Momen lapangan = 2026740356 Nmm
 - Geser tumpuan = 2809212,96 N
 - Geser lapangan = 2278477,06 N
 - Torsi tumpuan = 182795956 Nmm

• Perhitungan Kebutuhan Tulangan

Perhitungan tulangan balok ditunjukkan pada Tabel 6 di bawah ini:

- Gambar Teknik Balok Komposit
Berikut ini akan ditampilkan ilustrasi balok crane dalam kondisi komposit

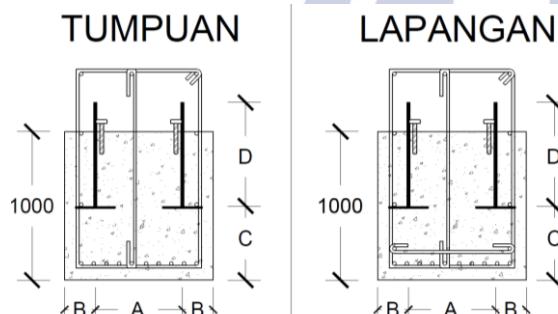


Gambar 8 Ilustrasi Balok Crane Kondisi Komposit

Sumber: Hasil Olah Data

b. Balok Pracetak

Konstruksi pelat pracetak yang digunakan dalam perencanaan ini dapat dilihat pada Gambar 9 di bawah ini:



Gambar 9 Ilustrasi Balok Crane Kondisi Pracetak

Sumber: Hasil Olah Data

9. Perencanaan Pilecap

a. Pilecap Komposit

- Data Perencanaan

- Lebar (Lx)	= 2000	mm
- Panjang (Ly)	= 2000	mm
- Tinggi	= 1500	mm
- Tulangan utama	= 29	mm
- Momen ultimate	= 44914457	Nmm
- Rekapitulasi perhitungan
Dikarenakan perhitungan tulangan pilecap sama dengan perhitungan tulangan pelat lantai maka disini hanya akan ditampilkan hasilnya yang dapat dilihat pada Tabel 7 berikut:

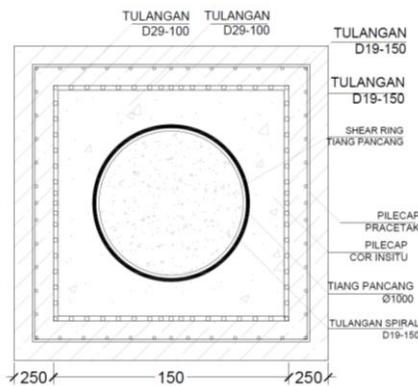
Tabel 7 Rekapitulasi Tulangan Pilecap

Tipe pelat	Dimensi (mm)	Tulangan lx (mm)		Tulangan ly (mm)		Tul. Angkat
		Lap.	Tumpuan	Lap.	Tumpuan	
Pracetak Persegi Hollow tebal 250	2000 x 2000 x 1500	D19	D19 -150	D19	D19 -150	4 D19
Komposit	2000 x 2000 x 1500	D19 - 100	D19 - 100	D29 - 100	D29 - 100	-

Sumber: Hasil Olah Data

- Gambar Teknik

Pada bagian ini akan ditampilkan ilustrasi hasil perhitungan kebutuhan tulangan:



Gambar 10 Ilustrasi Pilecap Komposit

Sumber: Hasil Olah Data

b. Perhitungan Penulangan Sambungan Isian Beton Tiang Pancang ke Pilecap (Shear Ring)

- Data Rencana

Jenis pancang	= Nippon Stell "Stell Pile"
B Pilecap	= 2000 mm
H Pilecap	= 1500 mm
H efektif pilecap (de)	= 1405,5 mm
Selimut	= 80 mm
D pancang	= 1000 mm
D dalam pancang (Dd)	= 978 mm
ϕ	= 0,7
Fc	= 40 MPa
D tulangan	= 29 mm
Sengkang	= 19 mm
Kekuatan las (σ_e)	= 460 MPa
Tebal las rencana	= 5 mm
P kerja	= 333,25 Ton
- Kontrol kuat tekan dalam tiang

$$\begin{aligned} P \text{ Beton} &= Ac \times 0,85 \times F'c \times \phi \\ &= \frac{\pi \times 978^2 \times 0,85 \times 40 \times 0,7}{4} \\ &= 17879054,49 \text{ MPa} \\ &= 1787,90 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Dikarenakan P beton = 1787,90 Ton > P kerja = 333,25, maka dapat disimpulkan penampang beton kuat menahan gaya yang terjadi.

- Penulangan

Perhitungan penulangan akan didasarkan pada 2 persamaan 2 persamaan tersebut yaitu $\rho s \times \pi \times D d^2$ untuk tulangan tusuk dan $4 \times As \times \text{tul.pakai} \times (D - 2 \times \text{selimut} - 19)$ untuk tulangan $(D - 2 \times \text{selimut})^2 \times \rho s$. geser spiral, dengan nilai $\rho s = 0,45 \times \left(\frac{A_g}{A_e} - 1 \right) \times \frac{F'_c}{F_y}$. adapun perhitungannya dapat dilihat di bawah ini:

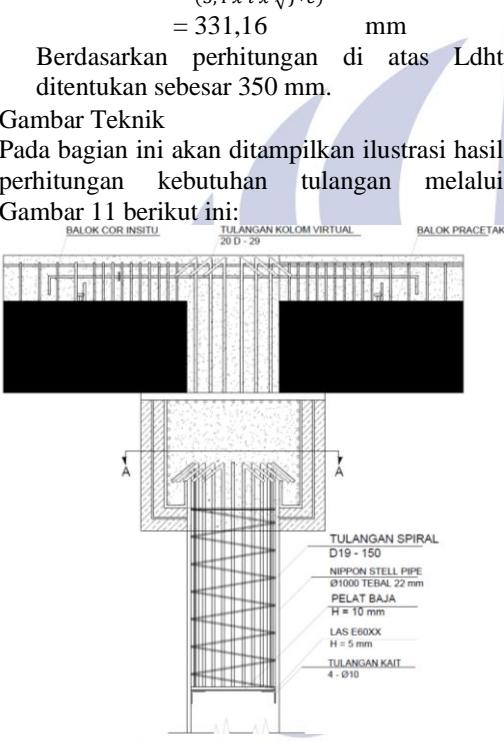
- Tulangan tusuk utama

$$\begin{aligned} \rho s &= 0,45 \times \left(\frac{A_g}{A_e} - 1 \right) \times \frac{F'_c}{F_y} \\ &= 0,45 \times \left(\frac{\frac{\pi \times 700^2}{4}}{\pi \times (1000 - 2 \times 80)^2} - 1 \right) \times \frac{40}{390} \\ &= 0,019 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} As &= \rho s \times \pi \times Dd \\ &= 14890,01 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$D \text{ tulangan tusuk rencana} = 29 \text{ mm}$$

Desain Struktur Dermaga Multipurpose 15000 DWT Pelabuhan Tanjung Gelon Desa Kembang Kecamatan Pacitan Kabupaten Pacitan Menggunakan Metode Beton Pracetak

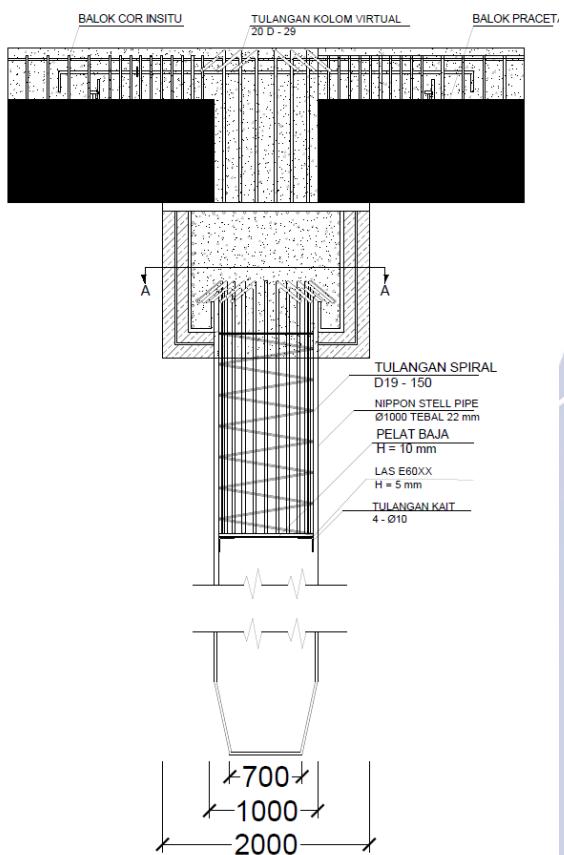
- $n = \frac{As}{0,25 \times \pi \times d \times tul \times tusuk^2}$
 $= 22,2 \sim 24$ buah
- Tulangan geser spiral
 $D_{tul \ geser \ spiral} = 19 \text{ mm}$
 $s = \frac{4 \times As \times tul \cdot pakai \times (D - 2 \times xselimut - 19)}{(D - 2x \ selimut)^2 \times \rho s}$
 $= 159 \sim 150 \text{ mm}$
 - Panjang penyaluran tekan (Ldh)
 $Ldh \ min = 0,04 \times d \times tul \ geser \times f_y$
 $= 452,4$
 Berdasarkan perhitungan di atas Ldh ditentukan sebesar 475 mm.
 - Panjang penyaluran tarik (Ldht)
 $Ldht \ min = \frac{f_y \times db}{(5,4 \times l \times \sqrt{f_{tc}})}$
 $= 331,16 \text{ mm}$
 Berdasarkan perhitungan di atas Ldht ditentukan sebesar 350 mm.
 - Gambar Teknik
 Pada bagian ini akan ditampilkan ilustrasi hasil perhitungan kebutuhan tulangan melalui Gambar 11 berikut ini:
 

Gambar 11 Ilustrasi Shear Ring
Sumber: Hasil Olah Data
- Modulus elastis baja (E) = 2100000 kg/cm²
 • Modulus section tiang (W) = 16200 cm³
 - Kedalaman titik jepit ($1/\beta$) = 700 cm
- Daya Dukung *Ultimate* tiang
 Berikut ini akan disajikan perhitungan daya dukung *ultimate* tiang yang mengacu pada buku Mekanika dan teknik Pondasi, Suyono Sudarsono dan data-data tanah yang digunakan.
 - $\Sigma li \times fi = Q \tanah$
 $= 296,054 \text{ Ton}$
 - $Q_s = Keliling \ pipa \times \Sigma li \times fi$
 $= 909,62 \text{ Ton}$
 - $Q_d = \frac{Qd}{\frac{Qn \times N}{N1+N2}}$
 $= \frac{Qd}{2}$
 - $N = 50$
 - $N_1 = 53$
 - $N = 51,5$
 - $\frac{Qd}{N} = 14$
 - $Q_d = 14 \times N$
 $= 721 \text{ Ton}$
 - $Q_u = A \times Q_d$
 $= 33,78 \text{ Ton}$
 - $P_u = Q_u + Q_s$
 $= 943,4 \text{ Ton}$
 - Daya Dukung Ijin
 - $P_i = \left(\frac{P_u}{S_f}\right) - W_p$
 $= 3$
 - $S_f = L_{tot} \times W_t$
 $= 19116 \text{ kg}$
 - $P_i = \left(\frac{943,4}{3}\right) - \frac{19116}{1000}$
 $= 295,35 \text{ Ton/Tiang}$
 - $\beta_2 = \frac{1}{\left(\frac{1}{\beta}\right)}$
 $= 0,00142$
 - $H_a = \frac{4 \times E \times I \times \beta^3}{(1 + (\beta \times \frac{1}{\beta})) \times 1}$
 $= 9906,12 \text{ Kg}$
- b. Kontrol Kekuatan Bahan
- Perhitungan Momen dan Tegangan
 - $H_a = \frac{4 \times E \times I \times \beta^3}{(1 + (\beta \times \frac{1}{\beta})) \times 1}$
 $= 69,34$
 - Momen aktual ($M\beta$) = $\frac{H_a}{1/\beta}$
 $= 69,34 \text{ Tonnm}$
 - Momen ultimate (M_u) = $\frac{\sigma \times W}{100000}$
 $= 664,2 \text{ Tonnm}$
 - $\sigma + = \frac{P_i}{A} + \frac{M\beta}{W}$
 $= 465,64 \text{ kg/cm}^2$
 - Dikarenakan momen ultimate tiang $M_u = 664,2 \text{ Tonnm} > M\beta = 69,34 \text{ Tonnm}$ dan tegangan aktual $\sigma = 465,64 \text{ kg/cm}^2 < 2733 \text{ kg/cm}^2$ kg maka dapat disimpulkan penampang tiang kuat menahan momen dan tegangan yang terjadi.

Desain Struktur Dermaga Multipurpose 15000 DWT Pelabuhan Tanjung Gelon Desa Kembang Kecamatan Pacitan Kabupaten Pacitan Menggunakan Metode Beton Pracetak

c. Gambar Teknik

Di bawah ini akan disajikan ilustrasi tiang pancang ketika sudah terpasang di dalam *pilecap*



Gambar 12 Ilustrasi Pilecap dan Tiang Pancang
Sumber: Hasil Olah Data

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan rangkaian perhitungan yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan

- Data-data yang digunakan dalam perhitungan struktur dermaga Pelabuhan Tanjung Gelon adalah sebagai berikut: 1) Data bathymetry; 2) data layout rencana; 3) data pasang surut; 4) data arus laut; 5) data angin; 5) data kapal, *crane* dan; 6) data mutu-mutu elemen struktur.
- Beban-beban yang digunakan dalam perhitungan struktur dermaga Pelabuhan Tanjung Gelon adalah sebagai berikut: 1) Beban mati merata; 2) beban hidup merata; 3) beban hujan; 4) beban lajur D; 5) beban truk; 6) beban garis; 7) beban *crane*; 8) beban *fender*; 9) beban sandar; 10) beban arus; 11) beban angin; 12) beban gempa.
- Dari hasil perhitungan didapatkan didapatkan struktur dermaga yang menggunakan sistem *fender* Bridgestone Hyper Cell HC1150H, sistem *bollard* Maritime International MT100, pelat lantai beton komposit dengan tebal 500 mm yang diawali dengan pelat lantai beton pracetak tebal 220 mm, sistem balok komposit dan pracetak yang memiliki beberapa dimensi, pilecap ukuran 2000 x 2000 dengan tebal

1500 mm, adapun tiang pancang yang digunakan adalah tiang pancang baja tipe Nippon Steel Steel Pile yang memiliki tebal 22 mm dan diameter 1000 mm dengan panjang total struktur tiang 36 m.

Saran

- Untuk penelitian selanjutnya perlu menggunakan data kelayutan dengan periode waktu lebih lama agar perhitungan bisa akurat.
- Untuk penelitian selanjutnya pelat lantai dapat dihitung menggunakan metode terbaru sesuai SNI 2847 Tahun 2019.
- Untuk penelitian selanjutnya perlu di cek apakah dengan mengurangi dimensi dan kualitasnya elemen-elemen struktur masih mampu menahan beban yang ada.

DAFTAR PUSTAKA

- Direktorat Penyelidikan masalah Bangunan PUPR. (1971). "Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971". Jakarta: Direktorat Penyelidikan masalah Bangunan PUPR
- BSN. (2004). RSNI – T - 12 – 2004 "Perencanaan Struktur Beton untuk Jembatan". Jakarta : BSN
- BSN. (2005). SNI T – 02 – 2005 "Pembebaan untuk Jembatan". Jakarta: BSN
- BSN. (2013). SNI 2847 : 2013 "Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung". Jakarta : BSN
- BSN. (2014). SNI 2052: 2014 "Baja Tulangan Beton". Jakarta: BSN
- BSN. (2016). SNI 1725: 2016 "Pembebaan untuk Jembatan". Jakarta: BSN
- BSN. (2019). SNI 2847: 2019 "Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung". Jakarta: BSN
- Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2018). Press Release "Kunjungan Kerja Komisi V DPR RI ke Kabupaten Pacitan". Jakarta: Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat
- Maritime Sector Development Programme Directorate General of Sea Communication. (1984). "Standard Design Criteria for Port in Indonesia". Jakarta: Maritime Sector Development Programme Directorate General of Sea Communication
- OCDI Japan. (2002). "Technical Standards and Commentaries for Port and Harbour Facilities in Japan". (2002): Daikousha Printing Co., Ltd.
- Precast Concrete Institue. (2010). "PCI DESIGN HANDBOOK PRECAST AND PRESTRESSED CONCRETE". Chicago IL: Precast Concrete Institue
- Triatmodjo, Bambang. (2009). "Perencanaan Pelabuhan". Yogyakarta: Beta Offset
- The Green Port. (2015). "Port of Long Beach Warf Design Crtieria by The Green Port". Long Beach CA: The Green Port