

PERANCANGAN STRUKTUR DERMAGA KARGO TIPE DECK ON PILE DI KABUPATEN KETAPANG, KALIMANTAN BARAT

Design of Deck on Pile Cargo Berth Structure in Ketapang, West Kalimantan

Sulthan Imaduddin¹ and Sri Murti²

Ocean Engineering Department

Faculty of Civil and Environmental Engineering

Bandung Institute of Technology

Jln. Ganesha 10, Bandung 40132

¹sulthanimaduddin@gmail.com and ²murtia04@gmail.com

Abstrak: Indonesia merupakan negara kepulauan terbesar di dunia. Dengan terpisahnya ribuan pulau dengan lautan menjadi kan sebuah tantangan bagi Indonesia agar dapat mendistribusikan logistik secara efektif. Berdasarkan PP 61 Tahun 2009 hierarki pelabuhan di Indonesia dibagi menjadi; Pelabuhan utama, pelabuhan pengumpul, pelabuhan pengumpan regional, dan pelabuhan pengumpan nasional. Pelabuhan Ketapang termasuk kedalam pelabuhan pengumpan lokal, dimana berfungsi untuk melayani kegiatan bongkar muat kargo dari dan ke Kabupaten Ketapang. Penulisan Laporan Tugas Akhir bertujuan untuk melakukan Perancangan Struktur Dermaga Kargo Tipe Deck On Pile di Kabupaten Ketapang, Kalimantan Barat. Lingkup pembahasan desain terdiri dari penentuan dimensi dermaga dan trestle sebagai penghubung dermaga dan daratan, pemodelan struktur, desain tulangan elemen struktural, serta daya dukung tanah. Pelabuhan ketapang di desain untuk dapat melayani kapal kargo dengan bobot 1000 DWT, berdimensi panjang sebesar 75 m dan lebar sebesar 10 m dengan elevasi lantai dermaga +3.5 m dan kedalaman perairan 4 m. Trestle memiliki dimensi panjang sebesar 84 m dan lebar 5 m. Pemodelan struktur dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak SAP2000 dengan kriteria desain yang optimum adalah struktur dengan nilai UCR (unity check ratio) yang berada pada rentang 0.8-1 dengan defleksi yang memenuhi izin. Adapun nilai UCR yang diperoleh untuk struktur dermaga sebesar 0.87 serta untuk struktur trestle sebesar 0.80. Gaya dalam yang diperoleh dari keluaran SAP2000 akan digunakan untuk merancang penulangan elemen struktural, sedangkan nilai reaksi tiang pancang akan digunakan untuk analisis daya dukung tanah dimana diperoleh kedalaman tiang pancang dermaga sebesar 28 m dan kedalaman tiang pancang trestle 20 m.

Kata Kunci: Dermaga, Struktur, Kargo

Abstract: Indonesia is the biggest archipelago country in the world. With thousand islands separated by the sea, it becomes a challenge for Indonesia to distribute logistics effectively. Based on PP 61 of 2009 the port hierarchy in Indonesia is divided into; Main port, collecting port, regional feeder port, and national feeder port. Ketapang Port is categorized as a local feeder port, which serves to serve loading and unloading cargo from and to Ketapang Regency.

The purpose of this Final Project report is to design the structure of the Deck On Pile Cargo Pier in Ketapang Regency, West Kalimantan. The scope of the design consists of determining the dimensions of the pier and trestle as a link between the pier and the mainland, structural modeling, design of reinforcement for structural elements, and the bearing capacity of the soil.

Ketapang port is designed to be able to serve cargo ships with a weight of 1000 DWT, dimensions of length of 75 m and width of 10 m with a pier floor elevation of +3.5 m and a water depth of 4 m. Trestle has dimensions of 84 m long and 5 m wide.

Structural modeling is done using SAP2000 with the optimum design criteria being a structure with a UCR (unity check ratio) value in the range of 0.8-1 with a deflection that met the permit. The UCR value obtained for the pier structure is 0.87 and for the trestle structure is 0.80. The internal force obtained from the SAP2000 output will be used to design the reinforcement of structural elements, while the pile reaction value will be used for analysis of soil bearing capacity where the pier pile depth is 28 m and the trestle pile depth is 20 m.

Keywords: Pier, Structure, Cargo

PENDAHULUAN

Terdiri dari lebih dari 17 ribu pulau, Indonesia merupakan negara kepulauan terbesar di dunia. Dengan terpisahnya ribuan pulau dengan lautan menjadi kan sebuah tantangan bagi Indonesia agar dapat mendistribusikan logistik secara efektif. Hingga kini, permasalahan distribusi logistik masih menjadi tugas yang perlu diselesaikan bagi Indonesia, hal ini dibuktikan dengan kutipan dari Menteri Keuangan Indonesia, Sri Mulyani yang mengatakan bahwa biaya logistik Indonesia adalah yang tertinggi di ASEAN.

Distribusi logistik melalui jalur laut yang efektif dapat diaktualisasi dengan adanya integrasi antar pelabuhan di Indonesia, dimana tiap-tiap pelabuhan diatur berdasarkan hierarki dan fungsinya masing-masing. Berdasarkan PP 61 Tahun 2009 hierarki pelabuhan di Indonesia dibagi menjadi; Pelabuhan utama, pelabuhan pengumpul, pelabuhan pengumpan regional, dan pelabuhan pengumpan nasional.

Pelabuhan Ketapang termasuk kedalam pelabuhan pengumpan lokal, dimana berfungsi untuk melayani kegiatan bongkar muat kargo dari dan ke Kabupaten Ketapang. Berdasarkan

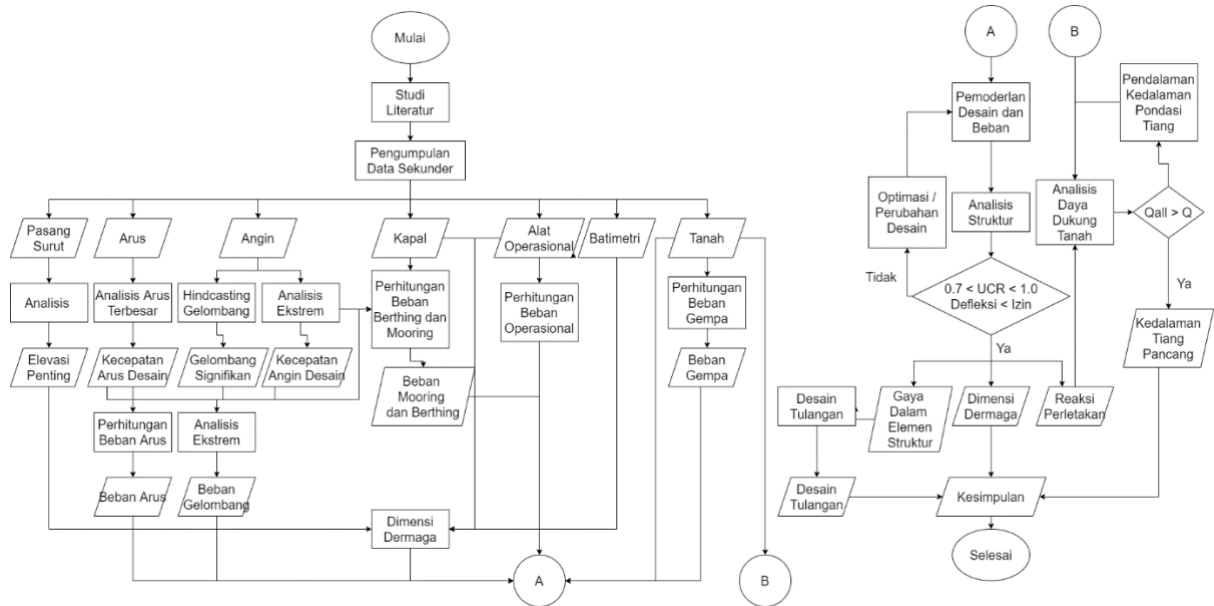
Undang Undang Nomor 17 Tahun 2008 tentang Pelayaran Pasal 1, salah satu fasilitas yang ada dalam suatu pelabuhan adalah dermaga yaitu tempat kapal bersandar atau tambat dan melakukan bongkar muat. Maka dari itu Tugas Akhir ini dibuat untuk merancang dermaga yang kuat dan dapat beroperasi dengan baik di Pelabuhan Ketapang.

TEORI DAN METODOLOGI

Pengerjaan Laporan Tugas Akhir ini diawali dengan pengumpulan data data sekunder yang terdiri dari data karakteristik kapal, alat operasional, serta data lingkungan yang terdiri dari data pasang surut, arus, angin, tanah dan batimetri.

Data sekunder kemudian dianalisis dan dioleh untuk perhitungan desain awal struktur. Selanjutnya dari desain awal tersebut digunakan untuk pemodelan struktur dalam SAP2000 dan dianalisis untuk mendapatkan desain yang optimum. Kemudian hasil keluaran SAP2000 yaitu gaya dalam serta perletakan akan digunakan untuk mendapatkan desain detail struktur.

Metodologi yang digunakan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini ditunjukkan dalam diagram alir pada



Gambar 1 Diagram Alir Metodologi Pengerjaan Tugas Akhir

a. Energi Berthing

Energi berthing adalah energi yang bekerja akibat kegiatan labuh kapal. Berdasarkan OCDI (2020) nilai nergi berthing dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$E_f = \frac{1}{2} M_s V_b^2 C_m C_s C_e C_c$$

E_f : Energi Berthing (kJ)

M_s : Massa Kapal (ton)

V_b : Kecepatan Labuh kapal (m/s)

C_m : Virtual mass factor

C_s : Flexibility factor

C_e : Ecentricicty factor

C_c : Berthing configuration factor

mooring akibat angin dan akibat arus.

Dimana beban mooring akibat angin dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$R_{WL} = \frac{1}{2} \rho_a U^2 A_L C_X$$

$$R_{WT} = \frac{1}{2} \rho_a U^2 A_T C_Y$$

R_{WL} : Beban arah longitudinal (x)

R_{WT} : Beban arah transversal (y)

C_X : Koefisien drag angin arah x

C_Y : Koefisien drag angin arah y

ρ_a : Massa jenis udara

U : Kecepatan angin (m/s)

A_L : Luas proyeksi belakang kapal

A_T : Luas proyeksi samping kapal

b. Beban Mooring

Berdasarkan OCDI (2020) perhitungan beban mooring dibagi menjadi beban

Sedangkan beban mooring akibat arus dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$R_{CL} = 0.0014SV_x^2$$

$$R_{CT} = 0.5\rho_0CV_Y^2B$$

- R_{CL} : Beban mooring arah x
 R_{CT} : Beban mooring arah y
 V_X : Kecepatan arus arah x
 V_Y : Kecepatan arus arah y
 B : Luas proyeksi kapal terendam
 S : Luas area kapal terendam air
 C : Koefisien tekanan arus

c. Beban Arus

Beban arus dihitung secara otomatis dalam SAP 2000 dengan input data kecepatan dan arah arus maksimum pada lokasi.

d. Beban Gempa

Beban gempa dihitung dalam SAP2000 dengan input berupa spektrum respons desain yang ketentuannya diberikan dalam SNI 1726:2019 Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan nongedung.

e. Beban Operasional

Beban operasional adalah beban yang timbul akibat adanya kegiatan diatas struktur yang merupakan beban hidup. Kegiatan ini termasuk kegiatan penanganan muatan serta transportasi muatan.

f. Beban Mati

Beban mati secara otomatis dihitung dalam SAP2000, kecuali untuk beban pile cap, fender dan bollard. Dimana beban tersebut dapat dihitung dengan mengalikan massa jenis benda dengan gravitasi dan volume.

HASIL DAN ANALISIS

a. Analisis Data Sekunder

Arus

Data arus diperoleh dari data survey yang dilakukan pada 27-29 Mei 2014. Dari data tersebut diperoleh bahwa arus maksimum sebesar 0.44 m/s pada arah sejajar sungai. Sehingga pada lokasi dermaga diasumsikan arus sungai mengarah ke arah barat laut.

Pasang Surut

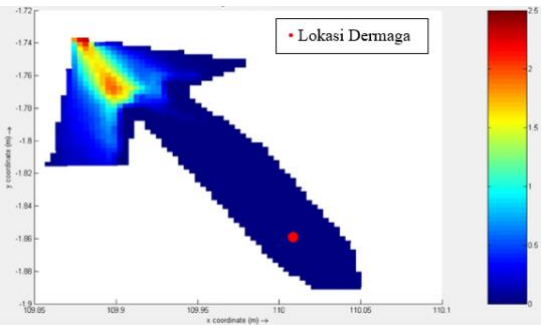
Data pasang surut diperoleh dari data survey pada tanggal 24 Mei 2015 hingga 8 Juni 2015. Data tersebut kemudian diolah menggunakan software ERGTide dimana diperoleh bahwa pasang surut berjenis campuran condong harian tunggal dengan tinggi tungan pasang sebesar 2.71 m.

Angin

Data angin diperoleh dari dokumen data lingkungan proyek dermaga dengan data angin pada 1 Mei 2004 hingga 8 Mei 2015. Berdasarkan analisis nilai ekstrim diperoleh kecepatan angin maksimum

dengan periode ulang 50 tahun sebesar 14.75 m/s.

Selanjutnya data angin digunakan untuk hindcasting gelombang berdasarkan metode SPM-1984. Dimana berdasarkan analisis ekstrim 50 tahun diperoleh tinggi gelombang sebesar 2.43 m dengan periode 8.2 s. Selanjutnya gelombang tersebut dimodelkan dengan Delft3d ke titik lokasi dermaga dimana diperoleh tinggi gelombang dilokasi sebesar 0 m.



Gambar 2 Hasil Pemodelan Delft3D

Tanah

Data tanah diperoleh dari hasil survey dimana di lokasi dermaga hingga kedalaman 34 m tanah berupa tanah lempung.

Karakteristik Kapal

Kapal rencana yang akan dilayani oleh dermaga adalah kapal dengan berat 1000 DWT. Dengan dimensi: LOA=63 m, LBP=57, lebar=10.4 m, draft=3.7 m, freeboard=2 m.

b. Perancangan Komponen Dermaga
Dari perhitungan energi berthing kapal diperoleh nilai energi abnormal sebesar

77.8 kJ dimana dipilih fender jenis AN Arch Fender dari Trelleborg dengan jarak antar fender sebesar 5 m dimana nilai reaksi yang diterima dermaga adalah 679 kN.

Sementara itu dari perhitungan energi mooring diperoleh beban tambat terbesar dipikul oleh bollard pada head/stern sebesar 4.52 ton, sehingga digunakan bollard jenis Tee Bollard milik Trelleborg dengan kapasitas 10 ton.

c. Dimensi Dermaga dan Trestle

Berdasarkan data lingkungan dan kebutuhan operasional pada dermaga maka diperoleh dimensi dermaga dengan panjang sebesar 75 m, lebar sebesar 10 m, elevasi lantai +3.5 m dari LWS dan kedalaman perairan -4 m dari LWS.

Dimensi trestle diperoleh panjang sebesar 84 m dengan lebar 5 m.

d. Dimensi Elemen Struktural Trestle

Dimensi awal elemen struktural dermaga dan trestle adalah sebagai berikut:

Tabel 1 Dimensi Elemen Struktural Dermaga

Elemen Struktural	Dimensi
Tiang pancang	Ø500mm, t=15 mm
Balok	5 m×0.8 m×0.4 m
Pelat	5 m×5 m×0.2 m
Pile cap	1 m×1 m×1 m
Pile cap fender	1 m×1 m×1 m
Janggutan	0.5 m×1 m×2m

Tabel 2 Dimensi Elemen Struktural Trestle

Elemen Struktural	Dimensi
Tiang pancang	Ø500mm, t=10 mm
Balok	5 m×0.75 m×0.375 m
Pelat	5 m×5 m×0.2 m
Pile cap	1 m×1 m×1 m
Pile cap fender	1 m×1 m×1 m
Janggutan	0.5 m×1 m×2m

e. Analisis Struktur Dermaga

Desain struktur perlu dianalisis kemampuannya dalam menahan beban yang bekerja berdasarkan nilai UCR dan defleksinya. Struktur dianggap optimum apabila nilai UCR berada pada rentang 0.8 hingga 1.0 dengan defleksi maksimum masih memenuhi batas izin. Hasil analisis menunjukkan bahwa UCR terbesar pada struktur dermaga adalah 0.86, hal ini berarti tiang pancang sudah optimum.

Kemudian dicek nilai defleksinya dimana diperoleh untuk beban sementara defleksi maksimumnya sebesar 0.074 m dimana melebihi batas izin.

Sehingga untuk memperkecil nilai defleksi dipilih tiang pancang dengan diameter lebih besar yaitu 600 mm dengan tebal 11 mm. sehingga diperoleh nilai UCR yang baru adalah 0.87 serta defleksi maksimum memenuhi batas izin.

Dengan diperolehnya desain struktur yang optimum, maka dapat digunakan output berupa gaya dalam balok, pelat, tiang pancang untuk desain penulangan dan perletakan tiang pancang untuk analisis daya dukung tanah.

f. Analisis Struktur Trestle

Hasil analisis pada struktur trestle dengan desain awal diperoleh nilai UCR sebesar 0.254, sehingga diperoleh bahwa tiang pancang yang digunakan bersifat overdesign. Untuk itu dilakukan optimasi dimensi trestle yaitu diameter tiang pancang yang digunakan sebesar 323.8 mm dengan tebal 8 mm serta jarak tiang pancang diubah dari 5 m ke 7 m.

Sehingga diperoleh nilai UCR yang baru sebesar 8.0, maka struktur tiang pancang trestle sudah optimum.

Selain itu, defleksi tiang pancang pada trestle sudah dibawah batas izin, sehingga dengan diperolehnya desain struktur yang optimum, maka dapat digunakan output berupa gaya dalam balok, pelat, tiang pancang untuk desain penulangan dan perletakan tiang pancang untuk analisis daya dukung tanah.

g. Penulagan Elemen Struktural

Penulangan elemen struktural dengan penampang efektif diberikan pada **Tabel 3** untuk struktur dermaga.

Tabel 3 Desain Tulangan Elemen Struktural Dermaga

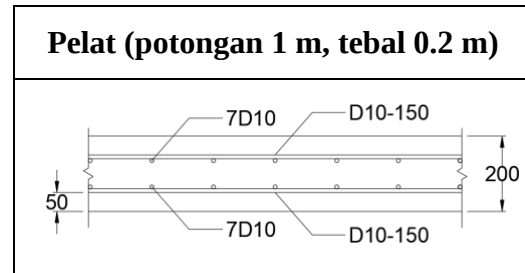
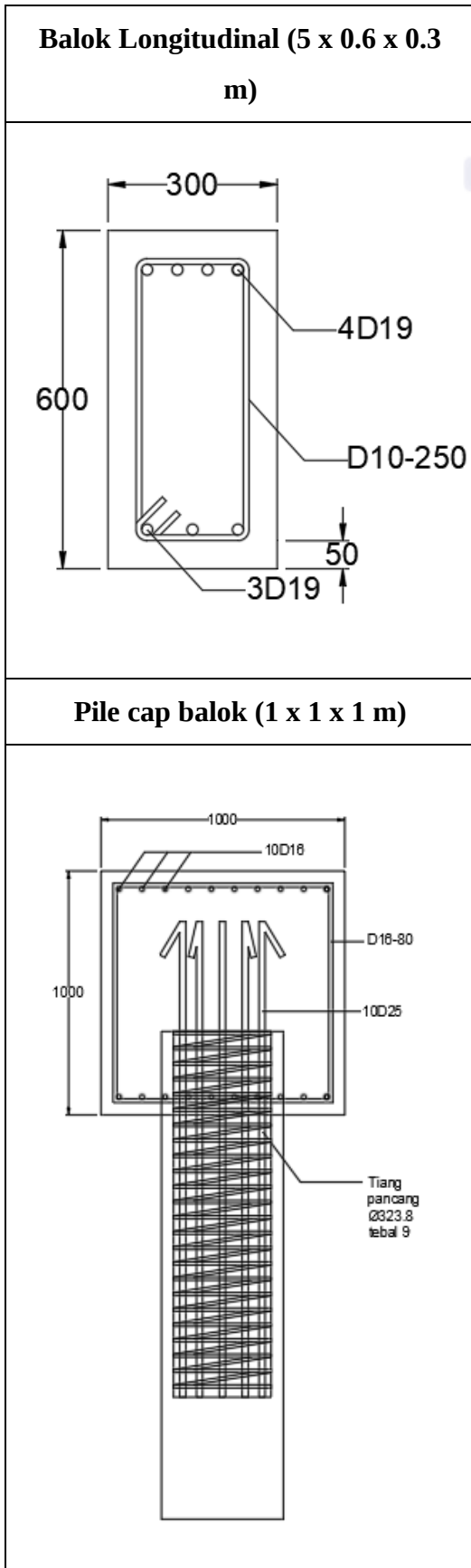
Balok (5 x 0.7 x 0.35 m)
Pelat (potongan 1 m, tebal 0.2 m)
Pile cap balok (1 x 1 x 1 m)

Pile cap fender (1 x 1 x 1 m + janggutan 0.5 x 1 x 2 m)

Kemudian untuk desain tulangan elemen struktural trestle diberikan pada **Tabel 4**.

Tabel 4 Desain Tulangan Elemen Struktural Trestle

Balok Transversal (7 x 0.6 x 0.3 m)



h. Daya Dukung Tanah

Analisis daya dukung tanah dilakukan dengan menggunakan data sekunder tanah serta gaya perletakan tiang pancang yang diperoleh dari pemodelan SAP2000.

Pada dermaga nilai reaksi maksimumnya adalah 768.711 kN, berdasarkan analisis daya dukung tanah diperoleh bahwa tiang pancang perlu ditanam hingga kedalaman 28 m, namun agar mendapatkan jenis tanah keras maka ditanam hingga kedalaman 30 m.

Pada trestle nilai reaksi maksimum tiang pancangnya adalah 216.677 kN, dimana hasil analisis daya dukung tanah didapat tiang pancang perlu ditanam hingga kedalaman 17.5 m, namun dengan alasan yang sama seperti pada dermaga, tiang pancang ditanam sedalam 30 m.

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Dermaga Kargo Ketapang melayani bongkat muat untuk kapal berukuran 1000 DWT dengan dimensi dermaga sebagai berikut:

- a. Panjang Dermaga : 75 m

- b. Lebar dermaga : 10 m
 - c. Elevasi lantai dermaga : +3.5 m dari LWS
 - d. Kedalaman perairan : -4 m dari LWS
 - e. Fixity point : 6.5 m
 - f. Kedalaman tiang pancang : 30 m
2. Trestle dibangun untuk menghubungkan dermaga dengan daratan pada elevasi dermaga, memiliki dimensi sebagai berikut:
 - a. Panjang trestle : 84 m
 - b. Lebar trestle : 5 m
 - c. Elevasi lantai trestle : +3.5 m dari LWS
 - d. Kedalaman trestle : -4 m dari LWS
 - e. Fixity point : 3.5 m
 - f. Kedalaman tiang pancang : 30 m
3. Komponen dermaga yang digunakan untuk menahan gaya berthing serta gaya mooring adalah sebagai berikut:
 - a. Jenis Fender : AN Arch Fender 300
 - b. Reaksi fender : 679.8 kN
 - c. Jenis bollard : Tee Bollard
 - d. Kapasitas Bollard : 10 ton
4. Hasil pemodelan struktur dermaga menggunakan SAP2000 adalah sebagai berikut:
 - a. Defleksi maksimum beban tetap
 - Arah x : 0.000193 m
 - Arah y : 0.00012 m
 - b. Defleksi maksimum beban sementara
 - Arah x : -0.065155 m
 - Arah y : 0.000077 m
 - c. Reaksi maksimum : 768.711 kN
 - d. UCR maksimum : 0.87
5. Hasil pemodelan struktur trestle menggunakan SAP2000 adalah sebagai berikut:
 - a. Defleksi maksimum beban tetap (L=11.4 m)
 - Arah x : -0.000031 m
 - Arah y : -0.000207 m
 - b. Defleksi maksimum beban sementara (L=11.4 m)
 - Arah x : 0.036224 m
 - Arah y : 0.012384 m
 - c. Defleksi maksimum beban tetap (L=9.4 m)
 - Arah x : 0.000040 m
 - Arah y : -0.000215 m
 - d. Defleksi maksimum beban sementara (L=9.4 m)
 - Arah x : 0.025 m
 - Arah y : 0.012 m
 - e. Defleksi maksimum beban tetap (L=7.4 m)
 - Arah x : 0.000059 m
 - Arah y : -0.000166 m
 - f. Defleksi maksimum beban sementara (L=7.4 m)

- Arah x : -0.011 m
 - Arah y : 0.012 m
 - g. Defleksi maksimum beban tetap ($L=5.4$ m)
 - Arah x : -0.000113 m
 - Arah y : -0.000157 m
 - h. Defleksi maksimum beban sementara ($L=5.4$ m)
 - Arah x : 0.010 m
 - Arah y : 0.012 m
 - i. Reaksi maksimum: 216.677 kN
 - j. UCR maksimum : 0.8
6. Dimensi elemen struktural dermaga adalah sebagai berikut:
- a. Tiang pancang
 - Material : baja ASTM 252 Grade 2
 - Diameter : 600 mm
 - Tebal : 11 mm
 - b. Balok
 - Dimensi : 700 x 350 m
 - Tulangan lentur bawah : D25 mm, 3 buah
 - Tulangan lentur atas : D25 mm, 5 buah
 - Tulangan Sengkang : D13 mm, 2 penampang
 - Tulangan pinggang : D13 mm, 2 buah
 - c. Pelat (per 1 m)
 - Tebal : 200 mm
 - Tulangan lentur bawah arah x : D10 mm, 7 buah
 - Tulangan lentur atas arah x : D10 mm, 7 buah
 - Tulangan lentur bawah arah y : D10 mm, 7 buah
 - Tulangan lentur atas arah y : D10 mm, 7 buah
 - Tulangan kulit : D16 mm, 2 buah
 - Tulangan dowel : D25 mm, 8 buah
 - Tulangan spiral : D13 mm
7. Dimensi elemen struktural dermaga adalah sebagai berikut:
- a. Tiang pancang
 - Material : baja ASTM 252 Grade 2
 - Diameter : 323.8 mm
 - b. Pile cap balok
 - Dimensi : 1000 x 1000 x 1000 m
 - Tulangan arah x : D16 mm, 10 buah
 - Tulangan arah y : D16 mm, 10 buah
 - c. Pile cap fender
 - Dimensi pile cap : 1500 x 1000 x 1000
 - Dimensi janggutan : 2000 x 1000 x 500
 - Tulangan arah x : D25 mm, 10 buah
 - Tulangan arah y : D16 mm, 10 buah
 - Tulangan pinggang : D16 mm, 2 buah
 - Tulangan dowel : D25 mm, 8 buah
 - Tulangan spiral : D13 mm

- Tebal : 8 mm
- b. Balok Transversal
 - Dimensi : 600 x 300 mm
 - Tulangan lentur bawah : D19 mm, 5 buah
 - Tulangan lentur atas : D19 mm, 3 buah
 - Tulangan Sengkang : D10 mm, 2 penampang
- c. Balok Transversal
 - Dimensi : 600 x 300 mm
 - Tulangan lentur bawah : D19 mm, 3 buah
 - Tulangan lentur atas : D19 mm, 4 buah
 - Tulangan Sengkang : D10 mm, 2 penampang
- d. Pelat
 - Dimensi : 5000 x 5000 x 200
 - Tulangan lentur bawah arah x : D10 mm, 7 buah
 - Tulangan lentur atas arah x : D10 mm, 7 buah
 - Tulangan lentur bawah arah y : D10 mm, 7 buah
 - Tulangan lentur atas arah y : D10 mm, 7 buah
- e. Pile cap balok
 - Dimensi : 1000 x 1000 x 1000
 - Tulangan arah x : D16 mm, 10 buah
 - Tulangan arah y : D16 mm, 10 buah
 - Tulangan pinggang : D16 mm, 2 buah
 - Tulangan dowel : D25 mm, 10 buah
 - Tulangan spiral : D13 mm

Berdasarkan pengerjaan tugas akhir ini, disarankan bahwa dalam melakukan perancangan sebaiknya juga mempertimbangkan metode kontruksi yang dilakukan berdasarkan biaya serta aksesibilitas lokasi, seperti apakah lebih baik menggunakan metode cast in situ atau precast.

DAFTAR PUSTAKA

- American Institute of Steel Construction Inc. (2005). *Steel Construction Manual* (13th ed.). Chicago: American Institute of Steel Construction Inc.
- Badan Standardisasi Nasional. (2015). *SNI 1729-2015: Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja*

- Struktural*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2016). *SNI 1725-2016: Pembebanan Untuk Jembatan*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). *SNI 1726-2019: Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Das, B. M. (2011). *Principles of Foundation Engineering*. Stamford: Cengage Learning.
- Engineers, American Society of Civil. (2018). *Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures*. Reston: American Society of Civil Engineers.
- Panitia Pembaharuan Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971. (1971). *Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971*. Bandung: Direktorat Penyelidikan Masalah.
- The Overseas Coastal Area Development Institute of Japan. (2020). *Technical Standards And Commentaries For Port And Harbour Facilities in Japan*. Tokyo: The Overseas Coastal Area Development Institute of Japan.
- Thoresen, C. A. (2014). *Port Designer's Handbook*. London: ICE Publishing.
- Triatmodjo, B. (2009). *Perencanaan Pelabuhan*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Wight, J. K. (2012). *Reinforced Concrete Mechanics and Design* (6th ed.). New Jersey: Pearson Education, Inc.