

PERANCANGAN STRUKTUR DERMAGA KARGO TIPE *DECK ON PILE* DI PELABUHAN SOASIO, KOTA TIDORE KEPULAUAN, PROVINSI MALUKU UTARA

Alda Tazkia Fadhillah¹ dan Paramashanti²

Program Studi Teknik Kelautan

Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan

Institut Teknologi Bandung

Jl. Ganesha 10, Bandung 40132

¹aldatazkiaa@gmail.com dan ²parama0307@gmail.com

ABSTRAK

Pelabuhan Soasio merupakan salah satu pelabuhan pengumpan skala regional yang terletak di daerah Pelabuhan Soasio merupakan salah satu pelabuhan pengumpan skala regional yang terletak di daerah Goto, Kota Tidore Kepulauan, Provinsi Maluku Utara. Pelabuhan ini turut mengambil peran dalam pendistribusian komoditas, khususnya komoditas pertanian, perkebunan dan kehutanan, peternakan, serta perdagangan barang besar dan eceran yang menjadi komoditas utama Kota Tidore Kepulauan. Untuk mengakomodasi pendistribusian komoditas, dibutuhkan dermaga yang dapat menangani komoditas berupa kargo potongan (*general cargo*).

Penulisan laporan Tugas Akhir ini bertujuan untuk melakukan perancangan struktur dermaga kargo tipe *deck on pile* di Pelabuhan Soasio, Kota Tidore Kepulauan, Provinsi Maluku Utara. Struktur dermaga dirancang berdasarkan kriteria desain yang berlaku dan meliputi perancangan *trestle* yang menghubungkan dermaga dengan daratan. Perancangan pada Tugas Akhir mencakup penentuan *layout* dermaga, dimensi struktur dan elemen struktural dermaga dan *trestle*, pemodelan struktur, desain penulangan struktur, dan analisis daya dukung tanah.

Dalam penentuan *layout* dermaga dan desain awal struktur, digunakan data sekunder berupa data karakteristik kapal dan data lingkungan yang didapatkan dari dokumentasi konsultan. Selain itu, terdapat juga data alat-alat operasional yang digunakan pada dermaga kargo yang dirancang. Data sekunder yang telah diolah akan menghasilkan parameter-parameter yang dibutuhkan untuk menentukan *layout* dermaga serta perancangan struktur dermaga dan *trestle*.

Perangkat lunak SAP2000 digunakan dalam pemodelan struktur untuk mengetahui keandalan desain struktur terhadap beban yang bekerja pada struktur. Pemodelan dilakukan hingga didapatkan desain struktur yang optimum, yaitu dengan UCR (*unity check ratio*) yang berada pada rentang 0,7 hingga 1,0 dan disertai kondisi defleksi yang memenuhi izin. Adapun nilai UCR optimum yang didapatkan untuk dermaga adalah sebesar 0,96, sementara untuk *trestle* adalah sebesar 0,87 dengan defleksi pada keduanya memenuhi. Gaya dalam elemen struktural dari keluaran SAP2000 digunakan untuk merancang penulangan elemen struktural. Lalu, analisis daya dukung tanah juga dilakukan untuk mendapatkan kedalaman serta tinggi tiang pancang yang dibutuhkan berdasarkan reaksi struktur dan data geoteknik.

Dermaga kargo yang dirancang untuk melayani bongkar muat kargo potongan (*general cargo*) dengan kapal terbesar berukuran 5.000 DWT memiliki panjang 135 m dan lebar 12,5 m dengan kedalaman dermaga -7,27 LWS serta elevasi lantai dermaga +2,4 m dari LWS. *Trestle* yang dirancang sebagai penghubung dermaga dengan daratan memiliki panjang 68 m dan lebar 6 m dengan elevasi lantai yang sama dengan dermaga, yaitu +2,4 m dari LWS. Untuk mengakomodasi kapal yang berlabuh pada dermaga, terdapat fender *unit element* UE800x1500(E₂) serta *tee bollard* dengan kapasitas 30 ton.

Elemen struktural pada dermaga dan *trestle* terdiri dari tiang pancang, balok, pelat, dan *pile cap*. Tiang pancang pada dermaga memiliki ukuran 609,6 mm dengan tebal 11,9 mm, sementara tiang pancang pada *trestle* memiliki ukuran 406,4 mm dengan tebal 11,13 mm. Terdapat beberapa jenis balok dan pelat yang berada pada dermaga dengan *trestle* untuk memenuhi kebutuhan desain dermaga. Lalu, pelat yang berada pada dermaga memiliki ukuran 250 mm, sementara pelat pada *trestle* memiliki ukuran 150 mm. *Pile cap* yang terdapat pada kedua struktur tersebut mengikuti diameter tiang pancang masing-masing serta kebutuhan lainnya, sehingga *pile cap* dermaga berukuran 1300 mm x 1300 mm x 1500 mm, sementara *pile cap trestle* berukuran 900 mm x 900 mm x 1500 mm.

Penulangan untuk elemen struktural beton dermaga dan *trestle* dilakukan untuk masing-masing jenis balok, pelat, dan *pile cap*. Lalu, berdasarkan hasil analisis daya dukung tanah yang telah dilakukan, didapatkan kebutuhan kedalaman pemancangan fondasi tiang pancang serta tinggi tiang pancang desain sebagai berikut. Untuk struktur dermaga, dibutuhkan kedalaman pemancangan sebesar 16 m dengan tinggi seluruh tiang pancang desain untuk dermaga sebesar 24 m. Sementara itu, untuk struktur *trestle* dibutuhkan kedalaman pemancangan sebesar 14 m. Tiang pancang desain untuk *trestle* secara umum adalah sebesar 18 m, kecuali untuk dua tiang pancang dengan jarak antar tiang 2 m yang berada dekat dengan sisi dermaga, dibutuhkan tinggi tiang pancang desain sebesar 24 m.

Kata Kunci: *Tugas Akhir, Layout Dermaga, Pemodelan Struktur, Penulangan, Daya Dukung Tanah*

Design of General Cargo Wharf Structure Deck on Pile Type in Soasio Port, Tidore Kepulauan City, North Maluku Province

ABSTRACT

Soasio Port is one of the regional feeder ports located in Goto, Tidore Kepulauan City, North Maluku Province. This port plays a role in the distribution of commodities, especially agricultural, plantation and forestry commodities, livestock, as well as wholesale and retail trade, which are the main commodities of Kepulauan Tidore City. To accommodate the distribution of commodities, a dock is needed to handle these commodities that are considered as general cargo.

The purpose of writing this Final Report is to design deck on pile cargo dock structure at Soasio Port, Tidore Kepulauan City, North Maluku Province. The dock structure is designed based on applicable design criteria and includes the design of a trestle that connects the wharf to the mainland. The design in this final project includes determining the layout of the wharf, dimensions of structural and structural elements of the wharf and trestle, structural modeling, structural reinforcement design, and soil bearing capacity analysis.

In determining the dock layout and the preliminary design of the structure, secondary data is used, such as ship characteristic data and environmental data obtained from consultant documentation. In addition, there is also data on operational tools used at the designed cargo dock. Secondary data that has been analyzed will produce the parameters needed to determine the dock layout and design of the wharf and trestle structures.

SAP2000 software is used in structural modeling to determine the reliability of structural design against loads acting on the structure. Modeling is carried out until the optimum structural design is obtained, namely the UCR (unity check ratio) which is in the range of 0.7 to 1.0 and is accompanied by deflection conditions that meet the permissible value. The optimum UCR value obtained for the wharf was 0.96, while the UCR value for the trestle 0.87 with deflection for both structures permitted. The forces in the structural elements from the SAP2000 output are used to design the reinforcement of the structural elements. Analysis of the bearing capacity of the soil is also carried out to obtain the required depth and height of piles based on structural reactions and geotechnical data.

The wharf is designed to serve the loading and unloading of general cargo with the largest vessel measuring 5,000 DWT, 135 m long, and 12.5 m wide, with a wharf depth of -7.27 LWS and a dock floor elevation of +2.4 m from LWS. The trestle which is designed to connect the wharf with the mainland has a length of 68 m and a width of 6 m with the same floor elevation as the wharf, which is +2.4 m from LWS. To accommodate ships anchored at the pier, there are UE800x1500 (E2) element fender units and tee bollards with a capacity of 30 tons installed on the wharf.

The structural elements in the pier and trestle consist of piles, beams, plates and pile cap. The piles on the pier have a diameter size of 609.6 mm with a thickness of 11.9 mm, while the piles on the trestle have a diameter size of 406.4 mm with a thickness of 11.13 mm. There are several types of beams and plates located on a pier with a trestle to meet the needs of the pier design. The plate on the dock has a thickness of 250 mm, while the plate on the trestle has a thickness of 150 mm. The pile cap in these two structures is determined based on the diameter of the respective piles as well as other needs. So, the wharf pile cap has a dimension of 1300 mm x 1300 mm x 1500 mm, while the trestle pile cap has a dimension of 900 mm x 900 mm x 1500 mm.

Reinforcement for the pier and trestle concrete structural elements is carried out for each type of beam, slab, and pile cap. Based on the results of the analysis of the carrying capacity of the soil, it is found that the required depth of pile foundation piling and design pile height is obtained as follows. For the wharf structure, it takes a piling depth of 16 m with a height of all design piles for a wharf of 24 m. Meanwhile, for the trestle structure, a piling depth of 14 m is required. The design piles for the trestle are generally 18 m, except for two piles at the sides of the pier with a 2 m distance in between them, a design pile height of 24 m is required.

Keywords: Final Project, Dock Layout, Structural Modeling, Reinforcement, Soil Bearing Capacity

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara kepulauan terbesar di dunia dengan jumlah pulau yang mencapai lebih dari 17.000. Dengan populasi manusia yang lebih dari 260 juta, kebutuhan akan sandang, pangan, dan fasilitas hidup lainnya sangat tinggi, sehingga dibutuhkan penghubung antarpulau berupa pelabuhan agar terwujud konektivitas yang efektif.

Provinsi Maluku Utara merupakan salah satu provinsi yang secara geografis terdiri dari banyak pulau. Agar konektivitas yang efektif terjalin, dibutuhkan pelabuhan utama serta pelabuhan pengumpan. Pelabuhan Soasio merupakan salah satu pelabuhan pengumpan skala regional yang membantu pendistribusian komoditas dari wilayah yang lebih besar ke wilayah yang lebih kecil dan sebaliknya. Pelabuhan ini turut mengambil peran dalam distribusi komoditas pertanian, perkebunan dan kehutanan, peternakan, serta perdagangan barang besar dan eceran yang menjadi komoditas utama Kota Tidore Kepulauan.

Agar dapat menangani komoditas-komoditas tersebut, dibutuhkan struktur dermaga yang diperuntukkan untuk menangani muatan kargo potongan (*general cargo*) serta fasilitas-fasilitas pendukungnya. Dermaga harus dirancang sekuat mungkin agar dapat menahan beban akibat pengaruh lingkungan maupun beban akibat kegiatan operasional.

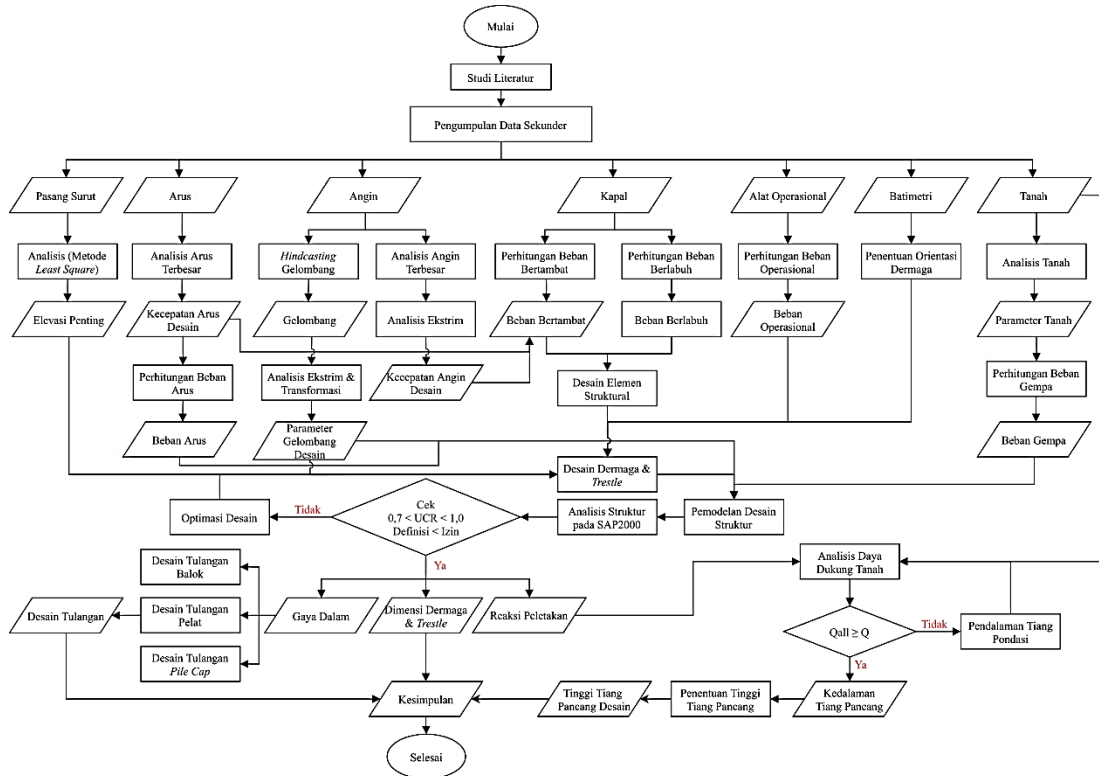
Pada laporan Tugas Akhir ini, diambil studi kasus perancangan struktur dermaga kargo tipe *deck on pile* di Pelabuhan Soasio yang terletak pada koordinat 0°40'48"U dan 127°27'21"T. Perancangan dermaga akan dilakukan dengan bantuan penggunaan beberapa perangkat lunak, di antaranya adalah ERGTide, Delft3D, SAP2000, dan PCA Column.

TEORI DAN METODOLOGI

Pada laporan Tugas Akhir ini, perancangan dermaga diawali dengan mengumpulkan data-data sekunder yang terdiri dari data karakteristik kapal, data lingkungan (pasang surut, arus, angin, tanah, dan batimetri), dan data alat operasional. Selain itu, ditetapkan juga kriteria desain lainnya seperti *layout* rencana dan spesifikasi material yang digunakan pada struktur dermaga dan *trestle*.

Data sekunder dianalisis untuk menghasilkan desain awal struktur. Rancangan awal tersebut lalu dimodelkan menggunakan perangkat lunak SAP2000 untuk didapatkan desain struktur yang optimum. Kemudian, untuk mendapatkan desain detail struktur, dilakukan perhitungan penulangan elemen struktural beton untuk struktur dermaga dan *trestle* penghubung, serta analisis daya dukung tanah.

Diagram alir pengerjaan Tugas Akhir ditunjukkan pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Diagram alir pengerjaan Tugas Akhir

a. Energi Berlabuh

Perhitungan energi akibat berlabuhnya kapal dilakukan berdasarkan ketentuan yang terdapat pada BS 6349-4:1994. Untuk kapal yang berlabuh dengan metode *side-berthing*, besar energi berlabuhnya dapat ditentukan menggunakan **Persamaan (1)**.

$$E_N = 0,5C_M M_D V_B^2 C_E C_S C_C \quad (1)$$

dengan,

- E_N : energi berlabuh (kJ = kN-m)
- C_M : koefisien hidrodinamika massa
- M_D : *displacement* kapal (ton)
- V_B : kecepatan berlabuh kapal (m/s)
- C_E : koefisien eksentrisitas
- C_S : koefisien kekasaran
- C_C : koefisien konfigurasi berlabuh

b. Beban Bertambat

Berdasarkan BS 6349-1:2000, beban tambat akibat arus ditentukan berdasarkan **Persamaan (2)** untuk arah longitudinal dan **Persamaan (3)** untuk arah transversal.

$$F_{LC} = C_{LC} C_{CL} \rho_{sw} L_{BP} D V_C^2 \times 10^{-4} \quad (2)$$

$$F_{TC} = C_{TC} C_{CT} \rho_{sw} L_{BP} D V_C^2 \times 10^{-4} \quad (3)$$

dengan,

- F_{LC} : gaya arus arah longitudinal (kN)
- F_{TC} : gaya arus arah transversal (kN)
- C_{LC} : koefisien gaya seret arus arah longitudinal
- C_{TC} : koefisien gaya seret arus arah transversal
- C_{CL} : faktor koreksi kedalaman arah longitudinal

C_{CT} : faktor koreksi kedalaman arah transversal
 ρ_{sw} : massa jenis air laut (kg/m^3)
 L_{BP} : panjang garis air pada lambung (*hull*) kapal (m)
 D : *draft* maksimum kapal rencana (m)
 V_C : kecepatan arus (m/s)

Lalu, berdasarkan BS 6349-1:2000, beban tambat akibat angin ditentukan berdasarkan **Persamaan (4)** untuk arah longitudinal dan **Persamaan (5)** untuk transversal.

$$F_{LW} = C_{LW} \rho_A A_L V_W^2 \times 10^{-4} \quad (4)$$

$$F_{TW} = C_{TW} \rho_A A_L V_W^2 \times 10^{-4} \quad (5)$$

dengan,

F_{LW} : gaya angin arah longitudinal (kN)
 F_{TW} : gaya angin arah transversal (kN)
 C_{LW} : koefisien gaya angin arah longitudinal
 C_{TW} : koefisien gaya angin arah transversal
 ρ_A : massa jenis angin (t/m^3);
 A_L : luas proyeksi di atas muka air arah longitudinal (m^2)
 V_W : kecepatan angin desain pada 10 m di atas permukaan laut (m/s)

c. Beban Gelombang

Beban gelombang dihitung secara otomatis oleh perangkat lunak SAP2000 berdasarkan teori gelombang yang digunakan. Untuk menentukan teori gelombang yang digunakan, dapat digunakan **Grafik** yang terdapat dalam *Shore Protection Manual* (SPM) 1984.

d. Beban Arus

Beban arus ditentukan berdasarkan ketentuan pada BS 6349-1:2000 Section 5 dan dihitung menggunakan **Persamaan (6)**.

$$F_{CD} = \frac{1}{2} C_D \rho_{sw} V_C^2 A_n \quad (6)$$

dengan,

F_{CD} : gaya seret langgeng (kN)
 C_D : koefisien seret
 ρ_{sw} : massa jenis air laut (t/m^3)
 V_C : kecepatan arus (m/s)
 A_n : luas arah normal arus (m^2)

e. Beban Gempa

Pada perencanaan desain struktur dermaga ini, beban gempa dihitung oleh perangkat lunak analisis struktur SAP2000. Perhitungan gempa tersebut mengacu pada grafik respons spektrum yang ketentuan pembuatannya terdapat pada SNI 1726:2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non gedung.

f. Beban Operasional

Beban operasional merupakan beban hidup (*live loads*) yang timbul akibat adanya kegiatan di atas struktur dermaga, dalam hal ini kegiatan bongkar muat. Kegiatan bongkar muat meliputi bongkar dan muat kargo dari/ke kapal (transportasi vertikal) dan pengangkutan kargo dari/ke lapangan penumpukan (transportasi horizontal).

g. Beban Mati

Beban mati dihitung secara otomatis oleh perangkat lunak SAP2000 berdasarkan *input* dimensi elemen struktur, kecuali untuk beban *pile cap* ditentukan secara manual dengan menggunakan **Persamaan (7)**.

$$W = \rho g V \quad (7)$$

dengan,

W : berat benda (N)

ρ : massa jenis benda (kg/m³)

g : gravitasi (m/s²)

V : volume benda (m³)

HASIL DAN ANALISIS

a. Analisis Data Sekunder

i. Pasang Surut

Data pasang surut didapatkan dari survei yang dilakukan oleh konsultan PT Ditori Geokarya Teknik pada tanggal 18 Agustus 2018 hingga 15 September 2018. Data tersebut diolah menggunakan perangkat lunak ERGTide dan didapatkan bahwa pasang surut berjenis *mixed, mainly semi-diurnal* dengan tunggang pasang surut sebesar +1,593 m dari LWS.

ii. Arus

Data arus diperoleh dari hasil survei yang dilakukan pada lokasi tinjauan oleh konsultan PT. Ditori Geokarya Teknik pada 3 (tiga) titik selama jangka waktu keseluruhan sebanyak 6

hari. Berdasarkan data tersebut didapatkan kecepatan arus maksimum sebesar 0,25 m/s dengan arah datang Selatan (S).

iii. Angin

Data angin didapatkan dari BMKG dimulai pada tanggal 1 Mei 2004 hingga 19 Mei 2018. Pengamatan angin dilakukan di dekat lokasi dermaga rencana, yaitu pada koordinat 0°41'42"U dan 127°30'5"T.

Kecepatan angin pada periode ulang 50 tahun menghasilkan kecepatan angin desain sebesar 13,45 m/s dari arah Barat (W).

Data angin juga digunakan untuk melakukan peramalan gelombang dan analisis ekstrem gelombang periode ulang 50 tahun. Namun, gelombang yang telah dianalisis berada pada laut dalam, sehingga perlu ditransformasi ke lokasi dermaga di daratan menggunakan perangkat lunak Deflft3D.

Berdasarkan hasil pemodelan, didapatkan tinggi gelombang signifikan desain sebesar 0,45 m dengan periode sebesar 3,28 s.

iv. Tanah

Data tanah didapatkan dari dokumentasi survei konsultan PT. Ditori Geokarya Teknik berupa *boring* dan *undisturbed sampling*. Data tanah di daerah Pelabuhan Soasio adalah tanah lempung hingga kedalaman - 12 m dari dasar laut. Selanjutnya, untuk kedalaman hingga - 30 m dari dasar laut, tanah berupa tanah pasir.

v. Kapal

Kapal terbesar yang direncanakan bersandar pada dermaga memiliki berat 5.000 DWT dengan dimensi: $L_{OA}=111$ m, $L_{BP}=103,2$ m, *breadth* $B=16,9$ m, *draft* $D=6,6$ m.

b. Perancangan Komponen Dermaga

Dengan energi berlabuh abnormal (E_A) sebesar 216,17 kN-m, maka dipilih fender jenis UE800x1500(E₂) tipe V1 dengan panjang 1,5 m dan kapasitas fender sebesar 363 kN-m. Fender dengan berat 4,65 kN tersebut didesain dengan jarak antar fender sebesar 5 m.

Sementara itu, beban bertambat didapatkan terbesar adalah sebesar 27,27 ton yang ditahan oleh *head/stern lines*. Oleh karena itu, dipilih jenis *tee bollard* dengan kapasitas 30 ton dan berat 1,19 kN. Penempatannya sama halnya dengan fender, yaitu dengan jarak sebesar 5 m.

c. Dimensi Dermaga dan *Trestle*

Berdasarkan data lingkungan dan kebutuhan alat-alat pada dermaga, didapatkan panjang dermaga sebesar 135 m dengan lebar sebesar 12,5 m. Kedalaman perairan pada dermaga adalah sebesar -7,27 m dari LWS, sementara elevasi dermaga sebesar +2,4 m dari LWS. *Trestle* memiliki panjang 68 m dengan lebar 6 m. Elevasi lantainya mengikuti dermaga.

d. Dimensi Elemen Struktural Dermaga dan *Trestle*

Dimensi awal elemen struktural dermaga ditunjukkan pada **Tabel 1**, sementara dimensi awal elemen struktural *trestle* ditunjukkan pada

Tabel 2.

Tabel 1. Dimensi awal elemen struktural dermaga (panjang × lebar × tebal)

Elemen Struktural	Dimensi
Tiang Pancang	Ø609,6 mm; t=11,13 mm
Balok I (memanjang)	5000 x 500 x 1000 mm
Balok II (melintang)	5000 x 500 x 1000 mm
Balok III (melintang)	2500 x 500 x 1000 mm
Pelat I	5000 x 5000 x 250 mm
Pelat II	5000 x 2500 x 250 mm
<i>Pile Cap</i>	1300 x 1300 x 1500 mm

Tabel 2. Dimensi awal elemen struktural *trestle* (panjang × lebar × tebal)

Elemen Struktural	Dimensi
Tiang Pancang	Ø406,4 mm; t=11,13 mm
Balok I (memanjang)	6000 x 500 x 1000 mm
Balok II (memanjang)	1000 x 500 x 1000 mm
Balok III (melintang)	3000 x 500 x 1000 mm
Pelat I	6000 x 3000 x 150 mm
Pelat II	3000 x 2000 x 150 mm
<i>Pile Cap</i>	900 x 900 x 1500 mm

e. Analisis Struktur

Desain struktur perlu dianalisis keandalannya dalam menahan beban yang bekerja dengan melakukan pengecekan terhadap UCR serta defleksi izinnnya. Apabila UCR terbesar berada pada rentang 0,7 hingga 1,0, maka struktur sudah optimum. Selain itu, kondisi defleksi juga harus berada di bawah defleksi izin.

Hasil analisis menunjukkan bahwa UCR terbesar pada tiang pancang dermaga adalah sebesar 1,02. Hal ini berarti tiang pancang yang sudah didesain *overstressed*, sehingga perlu diperbesar dimensinya.

Untuk mengurangi nilai UCR, tiang pancang dermaga yang sebelumnya memiliki tebal 11,13 mm, diperbesar menjadi 11,90 mm. Hasil analisis menunjukkan bahwa UCR terbesar pada tiang pancang dermaga setelah dioptimasi adalah sebesar 0,96, sehingga sudah optimum.

Selain itu, defleksi tiang pancang pada dermaga harus diperiksa terhadap defleksi izinnya yang bernilai 2,55 cm untuk kondisi beban tetap dan 6,39 cm untuk kondisi beban sementara. Berdasarkan pengecekan yang dilakukan, didapatkan bahwa defleksi memenuhi pada kedua kondisi beban.

Dengan didapatkannya desain dermaga yang optimum, maka dapat diambil *output* gaya dalam dari SAP2000 berupa reaksi perletakan tiang pancang, gaya dalam balok, gaya dalam pelat, dan gaya dalam tiang pancang.

f. Analisis Struktur *Trestle*

Desain awal struktur *trestle* juga perlu dianalisis keandalannya dalam menahan beban yang bekerja. Hasil analisis menunjukkan bahwa UCR terbesar pada tiang pancang *trestle* adalah sebesar 0,87, sehingga struktur optimum.

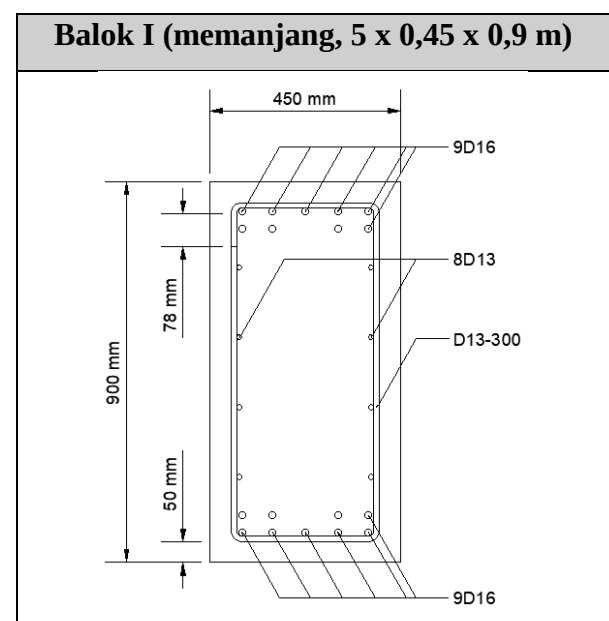
Selain itu, defleksi tiang pancang pada dermaga harus diperiksa terhadap defleksi izinnya yang bernilai 1,79 cm untuk kondisi beban tetap dan 4,47 cm untuk kondisi beban sementara. Berdasarkan pengecekan yang dilakukan, didapatkan bahwa defleksi memenuhi pada kedua kondisi beban.

Dengan didapatkannya desain *trestle* yang optimum, maka dapat diambil *output* gaya dalam dari SAP2000 berupa reaksi perletakan tiang pancang, gaya dalam balok, gaya dalam pelat, dan gaya dalam tiang pancang.

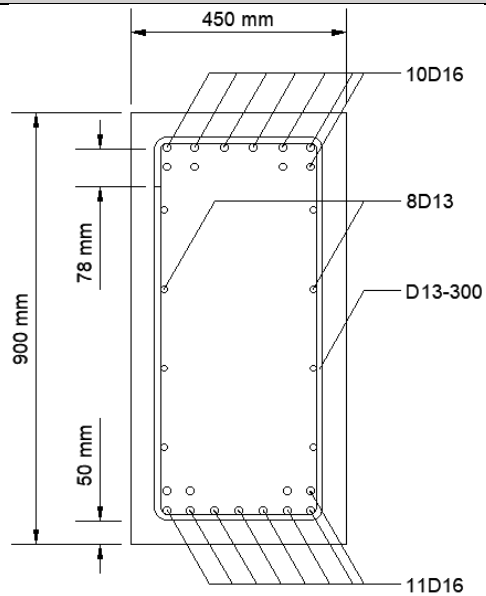
h. Penulangan Elemen Struktural Beton

Penulangan elemen struktural dengan penampang efektif ditunjukkan pada **Tabel 3** untuk struktur dermaga dan **Tabel 4** untuk penulangan pada struktur *trestle*.

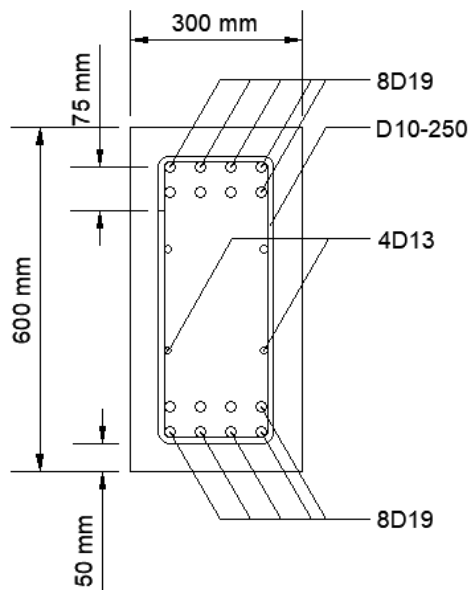
Tabel 3. Penulangan elemen struktural beton struktur dermaga (p x l x t)



Balok II (melintang, 5 x 0,45 x 0,9 m)

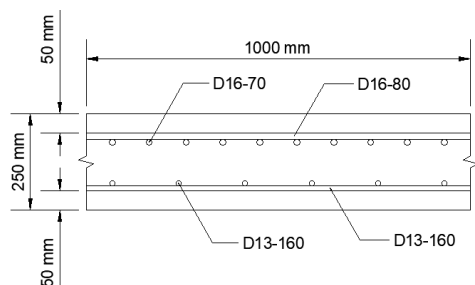


Balok III (melintang, 2,5 x 0,3 x 0,6 m)



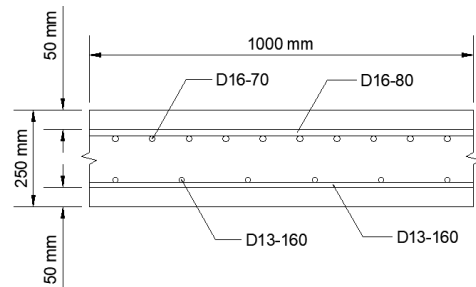
Pelat I (5 x 5 x 0,25 m)

Potongan arah sumbu x:

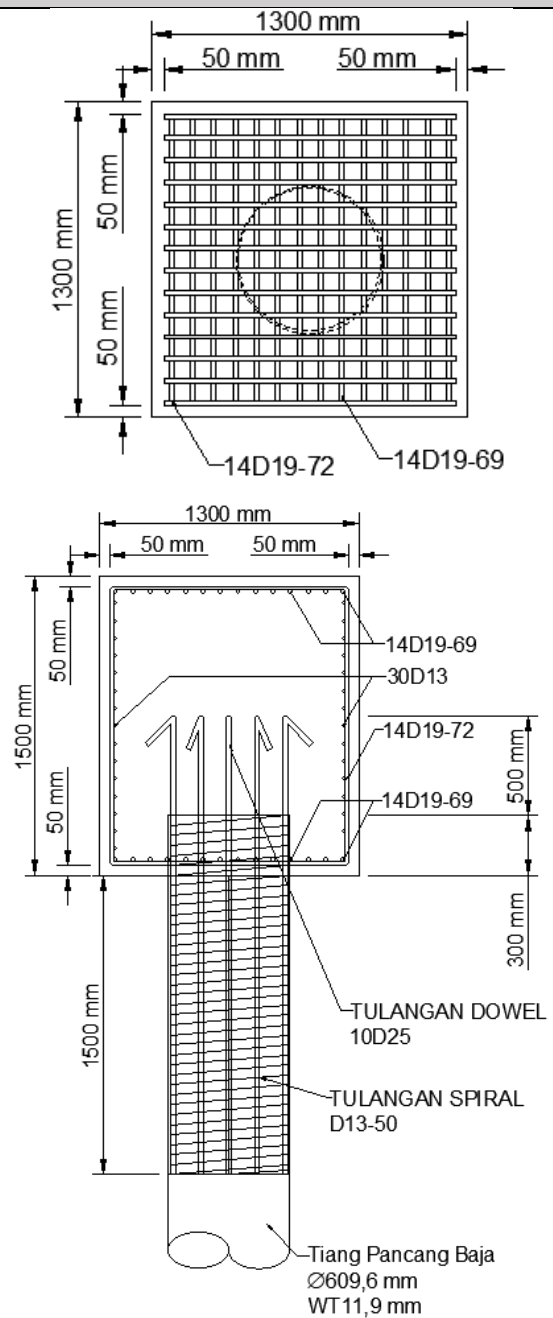


Pelat II (5 x 2,5 x 0,25 m)

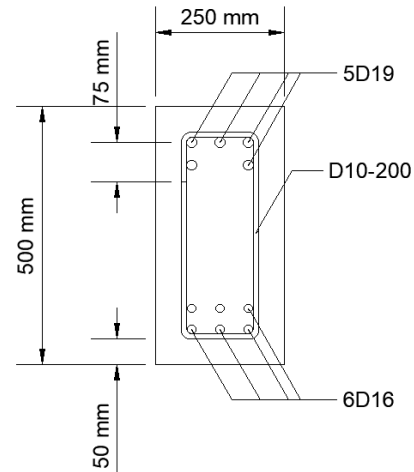
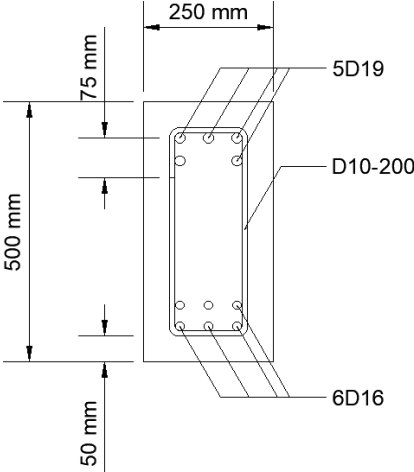
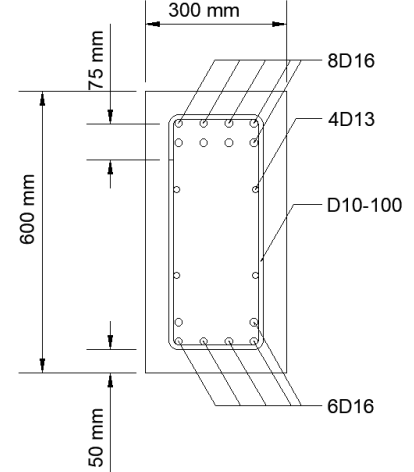
Potongan arah sumbu x:

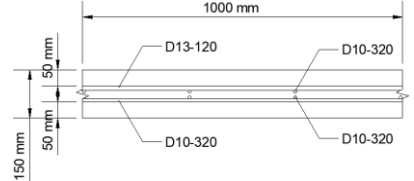
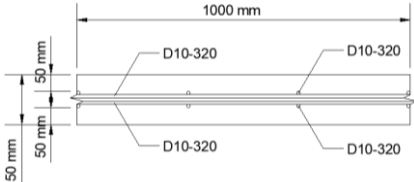
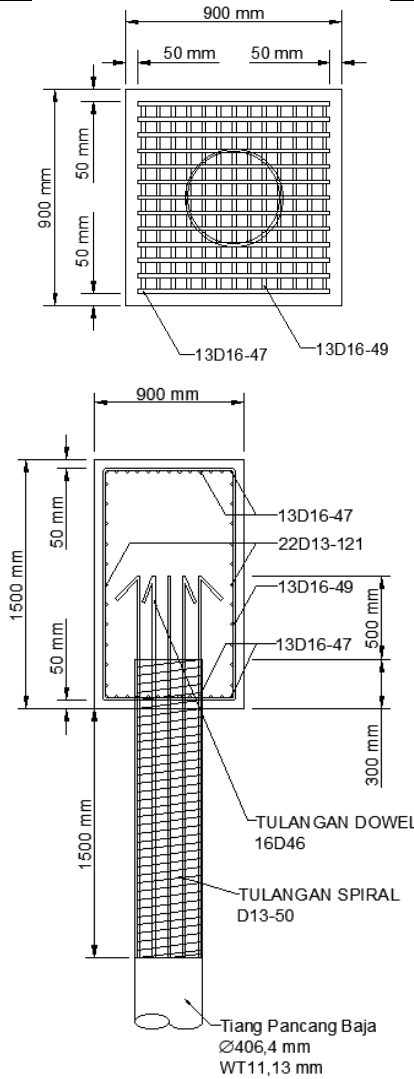


Pile Cap (1,3 x 1,3 x 1,5 m)



**Tabel 4. Penulangan elemen struktural
beton struktur *trestle* (p x l x t)**

Balok I (memanjang, 6 x 0,25 x 0,5 m)	
	
Balok II (memanjang, 1 x 0,25 x 0,5 m)	
	
Balok III (melintang, 3 x 0,3 x 0,6 m)	
	

Pelat I (6 x 3 x 0,15 m)
Potongan arah sumbu x: 
Pelat II (3 x 1 x 0,15 m)
Potongan arah sumbu x: 
Pile Cap (0,9 x 0,9 x 1,5 m)


g. Daya Dukung Tanah

Perhitungan daya dukung tiang pancang dilakukan berdasarkan parameter tanah yang mencakup nilai *N-SPT* dan profil tanah pada setiap kedalamannya. Berdasarkan analisis daya dukung tanah, didapatkan rangkuman kedalaman tiang pancang minimum yang dapat menahan reaksi perletakan maksimum pada tiang pancang struktur. Dengan data tersebut, dapat ditentukan tinggi tiang pancang desain pada struktur dermaga dan *trestle* sebagaimana terdapat pada **Tabel 5** dan **Tabel 6**.

Tabel 5. Penentuan tinggi tiang pancang desain struktur dermaga

Posisi (x, m)	Kedalaman Perairan (m)	Kebutuhan Kedalaman Di Bawah Perairan (m)	Tinggi Tiang Pancang yang Dibutuhkan (m)	Tinggi Tiang Pancang Desain (m)
0	-5,00	-16	-21,00	24
5	-6,56	-16	-22,56	24
10	-7,04	-16	-23,04	24
12,5	-7,27	-16	-23,27	24

Tabel 6. Penentuan tinggi tiang pancang desain struktur *trestle*

Posisi (x, m)	Kedalaman Perairan (m)	Kebutuhan Kedalaman Di Bawah Perairan (m)	Tinggi Tiang Pancang yang Dibutuhkan (m)	Tinggi Tiang Pancang Desain (m)
0	0	-14	-14,00	18
6	-0,18	-14	-14,18	18
12	-0,34	-14	-14,34	18
18	-0,51	-14	-14,51	18
24	-0,68	-14	-14,68	18
30	-0,85	-14	-14,85	18
36	-1,02	-14	-15,02	18
42	-1,19	-14	-15,19	18
48	-1,45	-14	-15,45	18
54	-1,84	-14	-15,84	18
60	-3,12	-14	-17,12	18
66	-4,16	-14	-18,16	24
68	-4,23	-14	-18,23	24

KESIMPULAN DAN SARAN

Perancangan struktur dermaga *general cargo* Pelabuhan Soasio pada Tugas Akhir ini menghasilkan kesimpulan sebagai berikut.

1. Dermaga yang melayani bongkar muat *general cargo* dengan kapal terbesar rencana berukuran 5.000 DWT memiliki dimensi sebagai berikut.
 - 1) Panjang dermaga: 135 m
 - 2) Lebar dermaga: 12,5 m
 - 3) Kedalaman dermaga: -7,27 m dari LWS
 - 4) Elevasi lantai dermaga: +2,4 m dari LWS
 - 5) *Fixity point* : -3,1 m dari *seabed*
2. *Trestle* yang menghubungkan dermaga dengan daratan memiliki dimensi sebagai berikut.
 - 1) Panjang *trestle*: 68 m
 - 2) Lebar *trestle*: 6 m
 - 3) Elevasi lantai *trestle*: +2,4 m dari LWS
 - 4) *Fixity point*: -2,3 m dari *seabed*
3. Fasilitas struktur dermaga yang digunakan untuk menahan beban bertambat akibat gaya lingkungan dan beban berlabuh kapal *general cargo* berukuran 5.000 DWT adalah sebagai berikut.
 - 1) Jenis fender: UE800x1500(E₂) tipe V1
(Katalog *Fentek Marine Fendering System*)
 - 2) Kapasitas fender: $E_R = 363 \text{ kN-m}$
 - 3) Reaksi fender: $R_R = 987 \text{ kN}$

- 4) Jenis *bollard*: *Tee bollard* kapasitas 30 ton (*Trelleborg Marine System*)

Rancangan elemen struktural dermaga yang digunakan adalah sebagaimana .

4. **Tabel 3.**

5. Rancangan elemen struktural *trestle* yang digunakan adalah sebagaimana terdapat pada **Tabel 4.**
6. Kebutuhan kedalaman pemancangan fondasi tiang pancang dermaga sesuai analisis daya dukung tanah adalah sebesar 16 m. Berdasarkan ketersediaan panjang tiang pancang, tinggi seluruh tiang pancang desain untuk dermaga adalah sebesar 24 m.
7. Kebutuhan kedalaman pemancangan fondasi tiang pancang *trestle* sesuai analisis daya dukung tanah adalah sebesar 14 m. Berdasarkan ketersediaan panjang tiang pancang, tinggi tiang pancang desain untuk *trestle* secara umum adalah sebesar 18 m. Namun, untuk dua tiang pancang dengan jarak antar tiang 2 m yang berada dekat dengan sisi dermaga, dibutuhkan tinggi tiang pancang desain sebesar 24 m.

Berdasarkan pengerjaan Tugas Akhir yang telah dilakukan, disarankan bahwa untuk mendapatkan hasil perhitungan yang lebih detail dan tepat, sebaiknya perhitungan dilakukan dengan mempertimbangkan metode konstruksi yang akan digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ajiwibowo, H. (2020). *Diktat Perancangan Dermaga KL 4120*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Das, B. M. (2016). *Principles of Foundation Engineering*. Boston: Cengage Learning.
- Imran, Iswandi, & Zulkifli, E. (2014). *Perencanaan Dasar Struktur Beton Bertulang*. Bandung: Penerbit ITB.
- Menge, J. H., & Company, I. (2002). *Marine Fendering Systems*. Hamburg: FENTEK Marine Systems GmbH.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 69 Tahun 2001 tentang *Kepelabuhanan*. (2001).
- Putra, A. A., & Djalante, S. (2016). Pengembangan Infrastruktur Pelabuhan dalam Mendukung Pembangunan Berkelanjutan. *Jurnal Ilmiah Media Engineering*, 6(1), 433-443. Diambil kembali dari <https://ejournal.unsrat.ac.id/>
- The Overseas Coastal Area Development Institute of Japan (OCDI). (2002). *Technical Standards and Commentaries for Port and Harbour Facilities in Japan*. Jepang: Daikousha Printing Co., Ltd.
- Thoresen, C. A. (2003). *Port Designer's Handbook*. London: Thomas Telford Publishing.
- Trelleborg Marine Systems. (2018). *Bollard Brochure*. Trelleborg: Trelleborg AB.
- Wight, J. K., & MacGregor, J. G. (2012). *Reinforced Concrete: Mechanics and Design*. New Jersey: Pearson Education, Inc.