

PERANCANGAN STRUKTUR DERMAGA PETI KEMAS DI PELABUHAN SAUMLAKI, KECAMATAN TANIMBAR SELATAN, KABUPATEN KEPULAUAN TANIMBAR, PROVINSI MALUKU

Diwa Puteratama¹ dan Sri Murti Adiyastuti²

Program Studi Teknik Kelautan

Fakultas Teknik Sipil dan

Lingkungan Institut Teknologi

Bandung

Jl. Ganesha 10, Bandung 40132

¹dputeratama@gmail.com dan ²murtia704@gmail.com

ABSTRAK

Pelabuhan Saumlaki merupakan salah satu pelabuhan pengumpul yang terletak di daerah Saumlaki, Kecamatan Tanimbar Selatan, Kabupaten Kepulauan Tanimbar Provinsi Maluku. Saumlaki memiliki potensi laut yang melimpah dengan beberapa pusat perdagangan besar seperti Pasar Lama Olilit dan juga Saumlaki Town Square. Dengan adanya pusat – pusat perdagangan ini serta dengan meningkatnya kebutuhan dan jumlah penduduk dari Provinsi Maluku, maka Saumlaki sebagai Ibukota Provinsi Maluku, memerlukan pelabuhan yang dapat menunjang kegiatan perekonomian di Ibukota Saumlaki ini dan salah satunya adalah adanya terminal yang memuat komoditas peti kemas di Pelabuhan Saumlaki.

Penulisan laporan Tugas Akhir ini bertujuan untuk melakukan perancangan struktur dermaga peti kemas di Pelabuhan Saumlaki, Kecamatan Tanimbar Selatan, Kabupaten Kepulauan Tanimbar, Provinsi Maluku. 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 kontraktor. Selain itu, terdapat juga data alat-alat operasional yang digunakan pada dermaga peti kemas 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 kriteria 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 0,8 hingga 1,0 dan juga kondisi defleksi yang memenuhi defleksi izin. Adapun nilai UCR optimum yang didapatkan untuk dermaga adalah sebesar 0,9401 pada tiang pancang 1 dermaga dan 0,9291 pada tiang pancang *crane* pada dermaga, sementara untuk *trestle* adalah sebesar 0,9421 dengan defleksi pada dermaga dan juga *trestle* juga memenuhi defleksi izin. 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 Peti Kemas di Pelabuhan Saumlaki ini dirancang dengan kapal terbesar berukuran 10.000 DWT memiliki panjang 155 m dan lebar 23 m dengan kedalaman dermaga -8.5 m dari LWS serta elevasi lantai dermaga +3.6 m dari LWS. *Trestle* yang dirancang sebagai penghubung dermaga dengan daratan memiliki panjang 24 m dan lebar 5 m dengan elevasi lantai yang sama dengan dermaga, yaitu +3.6 m dari LWS. Untuk mengakomodasi kapal yang berlabuh pada dermaga, terdapat *fender Super Cone SCN900 E1.6* serta *Tee Bollard* dengan kapasitas 15 ton.

Elemen struktural pada dermaga dan *trestle* terdiri dari tiang pancang, balok, pelat, dan *pile cap*. Tiang pancang pada dermaga memiliki 2 ukuran dengan ukuran tiang pancang 1 adalah 910 mm dengan tebal 8.74 mm dan untuk ukuran tiang pancang 2 adalah 559 mm dengan tebal 5.7 mm, sementara tiang pancang *trestle* memiliki ukuran 508 mm dengan tebal 6.5 mm. Terdapat beberapa jenis balok dan pelat yang berada pada dermaga dan juga *trestle* untuk memenuhi kebutuhan desain dermaga. Lalu, pelat yang berada pada dermaga dan *trestle* memiliki ukuran tebal yang sama, yaitu sebesar 250 mm. *Pile cap* yang terdapat pada kedua struktur tersebut masing – masing adalah sebagai berikut, *pile cap* dermaga berukuran 1800 mm x 1800 mm x 1500 mm dan juga 2100 mm x 2100 mm x 1500 mm, sementara *pile cap trestle* berukuran 1800 mm x 1800 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, terdapat 2 pemancangan untuk 2 jenis tiang pancang. Untuk tiang pancang 1 dermaga akan dipancang sedalam 31 m dari *seabed* dan akan dilakukan pemancangan yang sama pada tiang pancang 2 dermaga dan juga pada tiang pancang *trestle* di kedalaman tanah keras

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

Design of Container Wharf Structure at Saumlaki Port, South Tanimbar, Tanimbar Island Regency, Maluku Province

ABSTRACT

Saumlaki Port is one of the collecting ports located in the Saumlaki area, South Tanimbar District, Tanimbar Islands Regency, Maluku Province. Saumlaki has abundant marine potential with several large trading centers such as the Olilit Old Market and also Saumlaki Town Square. With the existence of these trading centers and with the increasing needs and population of Maluku Province, Saumlaki as the Capital of Maluku Province, requires a port that can support economic activities in the Saumlaki capital and one of them is the existence of a terminal that contains container commodities at the Port of Saumlaki.

The purpose of writing this final report is to design a container wharf structure at Saumlaki Harbor, South Tanimbar District, Tanimbar Islands Regency, Maluku Province. The wharf structure is designed based on the applicable design criteria and includes the design of a trestle that connects the wharf to the mainland. The design in the Final Project includes determining the layout of the

wharf, structural dimensions and structural elements of the wharf and trestle, structural modeling, structural reinforcement design, and analysis of soil bearing capacity.

In determining the layout of the wharf and the initial design of the structure, secondary data is used in the form of ship characteristics data and environmental data obtained from contractor documentation. In addition, there is also data on operational equipment used in the designed container wharf. Secondary data that has been processed will produce the parameters needed to determine the layout of the wharf and the design of the structure of the wharf and trestle.

SAP2000 software is used in structural modeling to determine the reliability criteria of the structure design against the loads acting on the structure. Modeling is carried out until the optimum structural design is obtained, namely with UCR (unity check ratio) which is in the range of 0.8 to 1.0 also deflection conditions that meet the allowable deflection. The optimum UCR value obtained for the wharf is 0.9401 at the pile 1 of the wharf and 0.9291 at the crane pile at the wharf, while for the trestle it is 0.9421 with a deflection at the wharf and the trestle also meets the permit deflection. The forces in the structural elements from the output of SAP2000 is used to design the reinforcement of the structural elements. Then, soil bearing capacity analysis is also carried out to obtain the required depth and height of the pile based on structural reactions and geotechnical data.

The Container wharf at Saumlaki Harbor is designed with the largest vessel measuring at 10,000 DWT having a length of 155 m and a width of 23 m with depth of -8.5 m from the LWS and a wharf floor elevation of +3.6 m from the LWS. The trestle which is designed to connect the wharf to the mainland has a length of 24 m and a width of 5 m with the same floor elevation as the wharf, which is +3.6 m from the LWS. To accommodate ships anchored at the wharf, there are Super Cone SCN900 E1.6 fenders and a tee bollard with a capacity of 15 tons.

Structural elements on the wharf and trestle consist of piles, beams, plates, and pile caps. The pile on the wharf has 2 size, the size of the pile 1 is 910 mm with a thickness of 8.74 mm and for the pile size 2 is 559 mm with a thickness of 5.7 mm, while the pile on the trestle has a size of 508 mm with a thickness of 6.5 mm. There are several types of beams and plates that are attached to the wharf with trestles to meet the design needs of the wharf. Then, the plate on the wharf and trestle has a thickness of 250 mm. The pile caps contained in the two structures follow the diameter of their respective piles and other requirements, so that the wharf pile caps measure 1800 mm x 1800 mm x 1500 mm also 2100 mm x 2100 mm x 1500 mm, while the trestle pile cap measures 1800 mm. x 1800mm x 1500mm.

Reinforcement for wharf and trestle concrete structural elements is carried out for each type of beam, slab, and pile cap. Then, based on the results of the analysis of the bearing capacity of the soil that has been carried out, it is found that the depth requirements for the pile bearing capacity and the design pile height are as follows. For the wharf structure, there are 2 types of piles. For piles 1 pier will be driven to a depth of 31 m from the seabed and the same will be done on wharf piles of 2 also on trestle piles until it meets the depth of the hard soil.

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

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan Negara Maritim dan juga merupakan Negara Kepulauan terbesar didunia dengan luas lautnya, yaitu 5,8 Juta km^2 dan memiliki 17508 pulau kecil dan pulau besar serta memiliki luas wilayah daratan yang sangat luas dengan luas 1,937 juta km^2 yang menjadikan indonesia merupakan salah satu negara terbesar dengan daratan dan lautannya di dunia.

Pelabuhan Saumlaki merupakan salah satu pelabuhan pengumpul dengan 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 yang menjadi komoditas utama Kota Saumlaki.

Agar dapat menangani komoditas-komoditas tersebut, dibutuhkan struktur dermaga peti kemas serta fasilitas - fasilitas pendukungnya. Dermaga harus dirancang sekuat mungkin agar dapat menahan beban akibat pengaruh lingkungan maupun beban akibat kegiatan operasional.

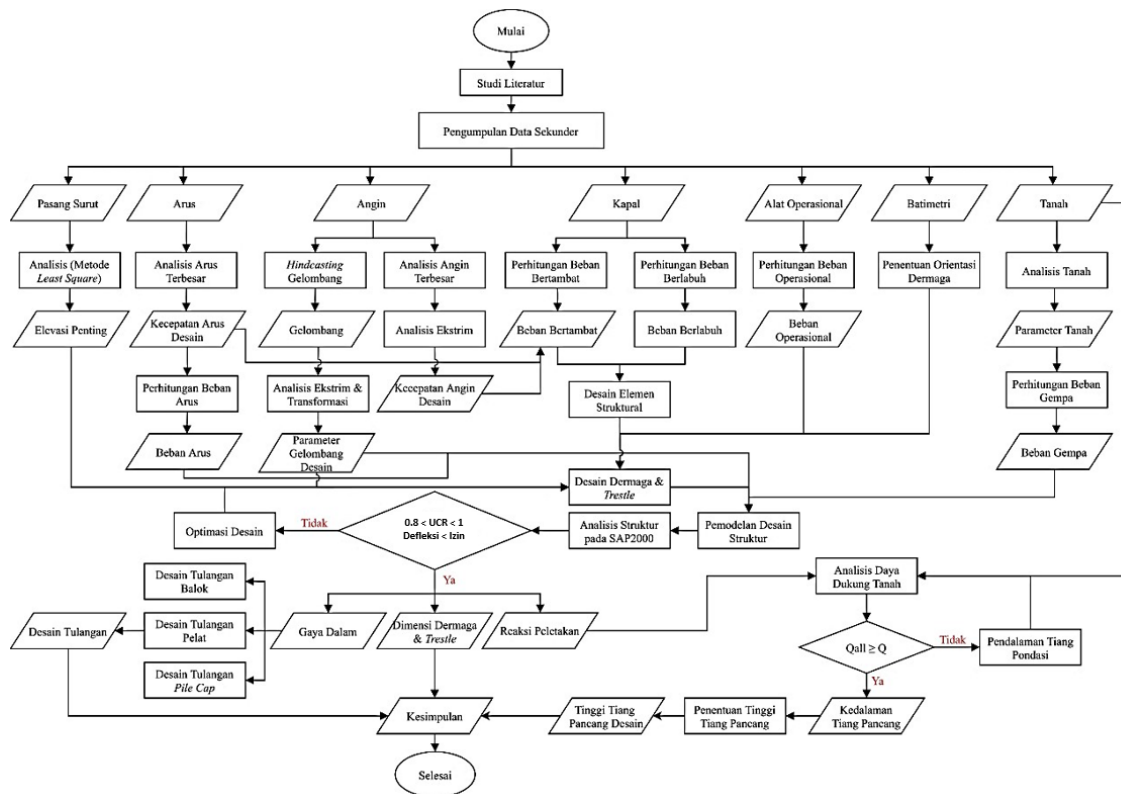
Pada laporan Tugas Akhir ini, diambil studi kasus perancangan struktur dermaga peti kemasdi Pelabuhan Saumlaki yang terletak pada koordinat $7^{\circ}59'0.44''\text{S}$ dan $131^{\circ}17'25.91''\text{T}$.

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 Berlubuh

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 **Pers. 1**.

$$E_N = 0.5 M_D V_B^2 C_M C_E C_S C_C \quad \text{Pers. 1}$$

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 (*Berthing*) akibat arus ditentukan berdasarkan **Pers. 2** untuk arah longitudinal **Pers. 3** untuk arah transversal.

$$F_{LC} = C_{LW} C_{CL} \rho L_{BP} d_m V_c'^2 10^{-4} \quad \text{Pers. 2}$$

$$F_{TC} = C_{TW} C_{CT} \rho L_{BP} d_m V_c'^2 10^{-4} \quad \text{Pers. 3}$$

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 **Pers. 4** untuk arah longitudinal dan **Pers. 5** untuk arah transversal.

$$F_{LW} = C_{LW} C_{WL} \rho L_{BP} d_m V_C'^2 10^{-4} \quad \text{Pers. 4}$$

$$F_{TW} = C_{TW} C_{WT} \rho L_{BP} d_m V_C'^2 10^{-4} \quad \text{Pers. 5}$$

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 (ton/m^3)
 A_L : Luas proyeksi di atas muka air arah longitudinal (m^2)
 V_w : Kecepatan angin desain pada 10 m diatas 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 **Pers. 6**.

$$F_{CD} = \frac{1}{2} C_D \rho_{sw} V_C^2 A_n \quad \text{Pers. 6}$$

dengan,

F_{CD} : Gaya seret langgeng (kN)
 C_D : Koefisien Seret
 ρ_{sw} : Massa jenis air laut (ton/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 akan menggunakan grafik respons spektrum gempa yang ketentuan pembuatannya terdapat pada SNI 1726:2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non gedung ataupun

f. Beban Operasional

Beban operasional merupakan beban hidup (*live loads*) diakibatkan adanya kegiatan operasional 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 **Pers. 7**.

$$W = \rho g v \quad \text{Pers. 7}$$

dengan,

W : Berat benda (N)

ρ : Massa jenis benda (kg/m^3)

g : Gravitasi (m/s^2)

V : Volume benda (m^3)

HASIL DAN ANALISIS

a. Analisis Data Sekunder

i. *Pasang Surut*

Data pasang surut didapatkan dari survei yang dilakukan PT Raya Surveindo Tirtasana pada tanggal 25 Juli 2019 hingga 22 Agustus 2019. Data tersebut diolah menggunakan perangkat lunak ERGTide dan didapatkan bahwa pasang surut berjenis *mixed, mainly semi-diurnal* dengan tunggang pasang surut sebesar +2.7554 m dari LWS.

ii. *Arus*

Data arus diperoleh dari hasil survei yang dilakukan oleh PT Raya Surveindo Tirtasana pada 3 lokasi tinjauan.

Berdasarkan data tersebut didapatkan kecepatan arus maksimum sebesar 17.018 cm/s dengan arah menuju tenggara (*South East*).

iii. *Angin*

Data angin didapatkan dari ERA5 ECMWF dimulai dari tanggal 1 Januari 2011 hingga 31 Desember 2020. Pengamatan angin dilakukan di dekat lokasi dermaga rencana, yaitu latitude -7.983288° dan longitude 131.275480° . Kecepatan angin pada periode ulang 50 tahun menghasilkan kecepatan angin desain sebesar 14.81 m/s dengan arah dominan dari arah barat laut (*North West*).

iv. *Tanah*

Data tanah didapatkan dari dokumentasi survei PT Raya Surveindo Tirtasana berupa data N-SPT. Data tanah di daerah Pelabuhan Saumlaki adalah tanah pasir dari *seabed* hingga kedalaman -35 m dibawah *seabed*.

v. *Kapal*

Data karakteristik kapal rencana pada pelabuhan Saumlaki memiliki berat 10.000 DWT dengan dimensi LOA sebesar 130 meter, *draft* kapal sebesar 7.3 meter dan LBP sebesar 124 meter.

b. Perancangan Komponen Dermaga

Dengan energi *berthing* abnormal (E_A) sebesar 314.233 kN-m, maka dipilih *fender* jenis *Super Cone* SCN900E.16 dengan tinggi panel *fender* 2.3 m dan lebar *fender* 1 m serta kapasitas *fender* sebesar 317 kN-m. *Fender* dengan berat 841 kg tersebut didesain dengan jarak antar *fender* sebesar 5 m.

Sementara itu, beban bertambat didapatkan terbesar adalah sebesar 11.5 ton yang ditahan oleh *head/stern lines*. Oleh karena itu, dipilih jenis *tee bollard* dengan kapasitas 15 ton dan berat 2.08 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 155 m dengan lebar sebesar 23 m. Kedalaman perairan pada dermaga adalah sebesar -8.5 m dari LWS, sementara elevasi dermaga sebesar +3.6 m dari LWS. Sedangkan *Trestle* memiliki panjang 24 m dengan lebar 5 m serta Elevasi *trestle* yang 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

Elemen Struktural	Dimensi
Tiang Pancang 1	Ø559 mm, wt: 5.7 mm
Tiang Pancang 2	Ø910 mm, wt: 8.74 mm
Balok 1 (memanjang)	5000 x 800 x 400 mm
Balok 2 (melintang)	5000 x 800 x 400 mm
Balok 3 (bentang 3 m)	3000 x 800 x 400 mm
Balok 4 (<i>Crane</i>)	5000 x 1200 x 600 mm
Pelat 1	5000 x 5000 x 250 mm
Pelat 2	5000 x 3000 x 250 mm
<i>Pile Cap</i> 1	1800 x 1800 x 1500 mm
<i>Pile Cap</i> 2	2100 x 2100 x 1500 mm

Tabel 2 Dimensi awal elemen struktural *trestle*

Elemen Struktural	Dimensi
Tiang Pancang	Ø508 mm, wt: 6.5 mm
Balok 1 (memanjang)	5000 x 800 x 400 mm
Balok 2 (melintang)	5000 x 800 x 400 mm
Balok 3 (kantilever)	3000 x 800 x 400 mm
Pelat 1	5000 x 5000 x 250 mm
Pelat 2	5000 x 2000 x 250 mm
<i>Pile Cap</i>	1800 x 1800 x 1500 mm

e. Analisis Struktur

Analisis struktur dilakukan dengan pengecekan terhadap UCR serta defleksi izinnya. Apabila UCR terbesar beradapada rentang 0,8 hingga 1,0, maka struktur sudah optimum. Selain itu, kondisi defleksijuga harus berada di bawah defleksi izin.

Hasil analisis menunjukkan bahwa UCR terbesar pada tiang pancang dermaga adalah sebesar 0.430 untuk tiang pancang 1 dan 0.553 untuk tiang pancang 2. Hal ini berarti tiang pancang yang sudah didesain *understressed*, sehingga perlu optimasi agar didapat nilai UCR yang berada di Range 0.8 hingga 1.

Untuk memperbesar nilai UCR, tiang pancang 1 dermaga yang sebelumnya memiliki diameter 864 mm dan tebal 11.1 mm, diperkecil menjadi 559 mm dengan tebal 5.7 mm, dan hal ini juga dilakukan pada tiang pancang 2 dermaga. Sehingga tiang pancang 2 dermaga memiliki diameter 910 mm dengan tebal 8.74 mm. Kemudian setelah dilakukan optimasi, nilai UCR tiang pancang 1 berubah menjadi 0.9401 dan untuk tiang pancang 2. Berubah menjadi 0.9291.

Selain itu, defleksi tiang pancang pada dermaga harus diperiksa terhadap defleksi izinnya yang bernilai 3.2 cm untuk beban tetap dan 8 cm untuk 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 0.429, sehingga struktur belum optimum dan dalam kondisi *understressed*.

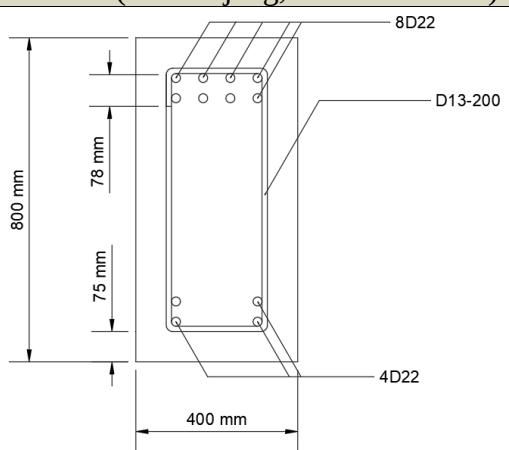
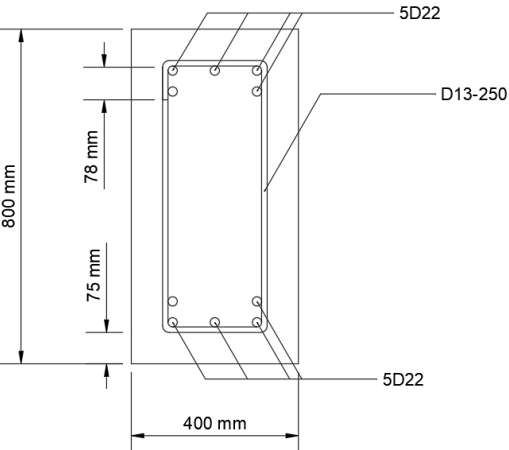
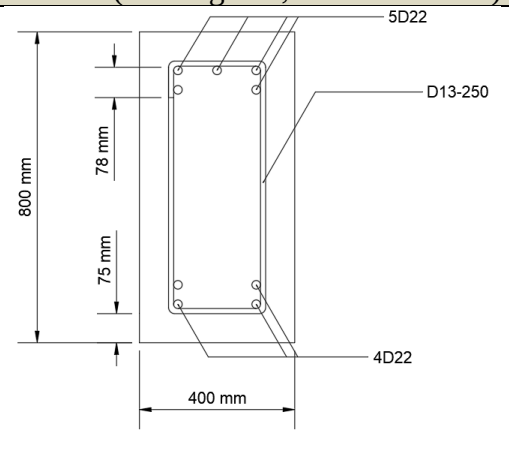
Sama seperti pada tiang pancang dermaga, untuk memperbesar nilai UCR, tiang pancang *trestle* diperkecil dimensinya, sehingga dimensi tiang pancang *trestle* memiliki diameter 508 mm dengan tebal 6.5 mm. Setelah dilakukan optimasi, nilai UCR *trestle* berubah menjadi 0.9421. Selain itu untuk defleksi pada tiang pancang *trestle* juga harus diperiksa terhadap defleksi izinnya yaitu 8 cm untuk beban sementara dan 3.2 cm untuk beban tetap. Berdasarkan pengecekan yang dilakukan, didapatkan bahwa defleksi memenuhi pada kedua kondisi beban.

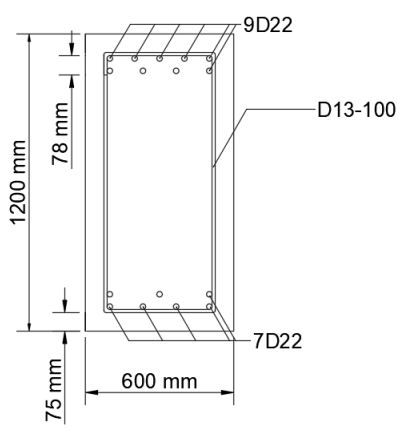
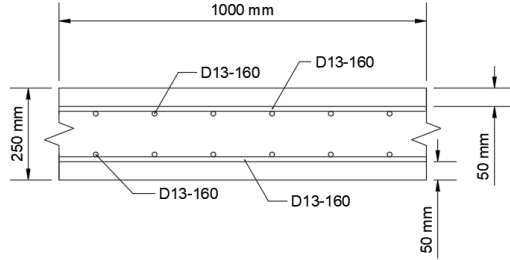
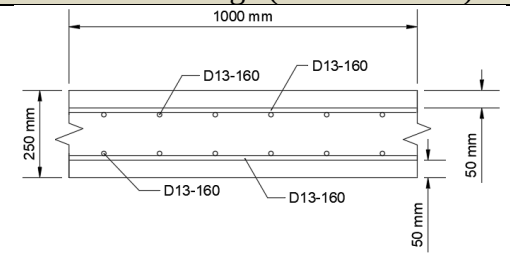
Dengan didapatkannya desain *trestle* yang optimum, maka dapat diambil *output* gaya dalam dari SAP2000 berupa reaksi perletakan tiang pancang, gaya dalam balok, gaya dalam pelat, dan gaya dalam tiang pancang.

g. Penulangan Elemen Struktural Beton

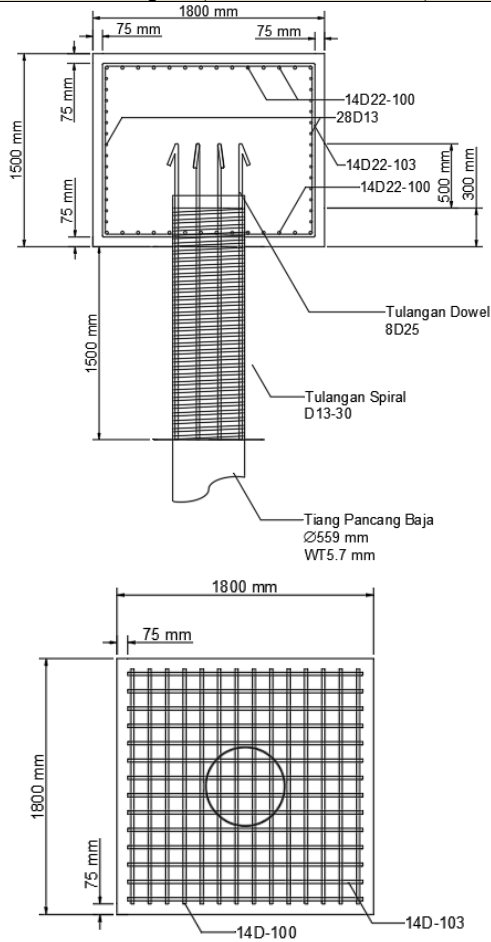
Penulangan elemen struktural beton dengan penampang efektif ditunjukkan pada **Tabel 3** untuk struktur dermaga dan **Tabel 4** untuk penulangan pada struktur *trestle*.

Tabel 3 Penulangan elemen struktural beton pada dermaga

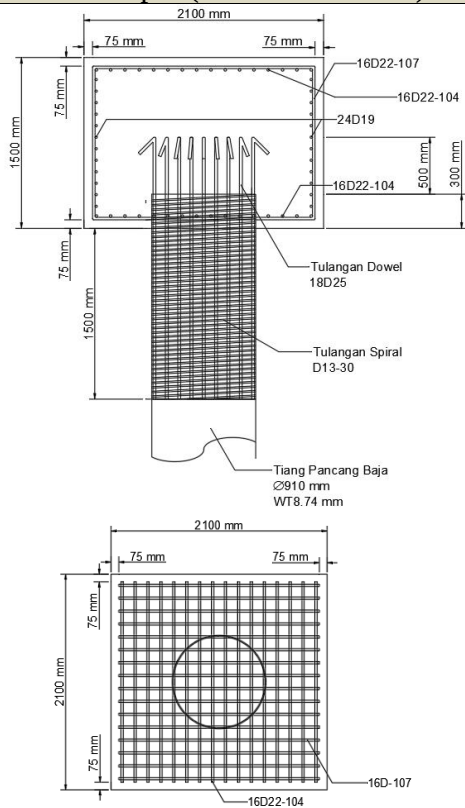
Balok 1 (Memanjang, 5 x 0.8 x 0.4 m)	
	
Balok 2 (Melintang, 5 x 0.8 x 0.4 m)	
	
Balok 3 (bentang 3 m, 5 x 0.8 x 0.4 m)	
	

Balok 4 (Crane, 5 x 1.2 x 0.6 m)

Pelat 1 Dermaga (5 x 5 x 0.25 m)

Pelat 2 Dermaga (5 x 3 x 0.25 m)


Pile Cap 1 (1.8 x 1.8 x 1.5 m)

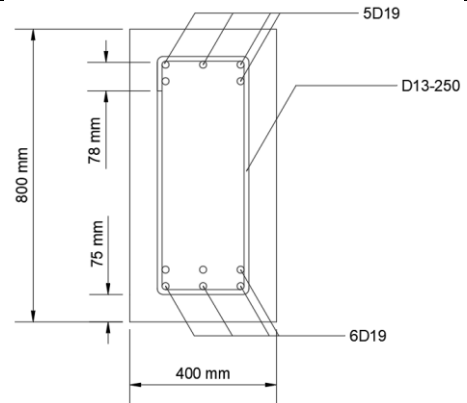


Pile Cap 2 (2.1 x 2.1 x 1.5 m)

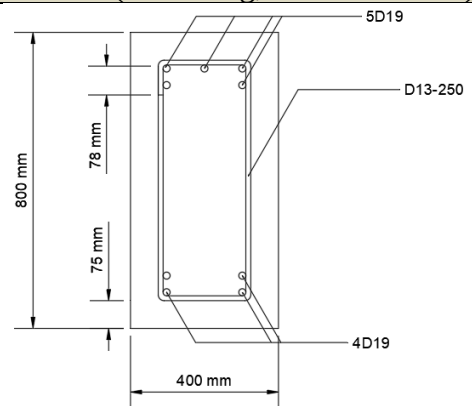


Tabel 4 Penulangan elemen struktural beton pada *trestle*

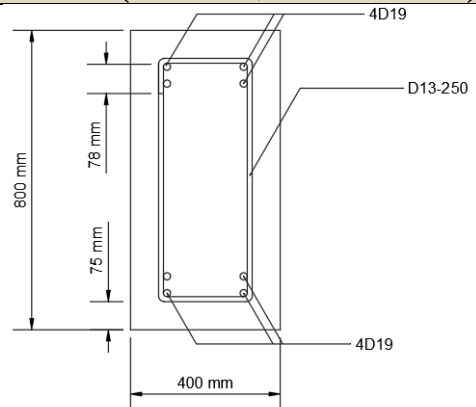
Balok 1 (Memanjang, 5 x 0.8 x 0.4 m)

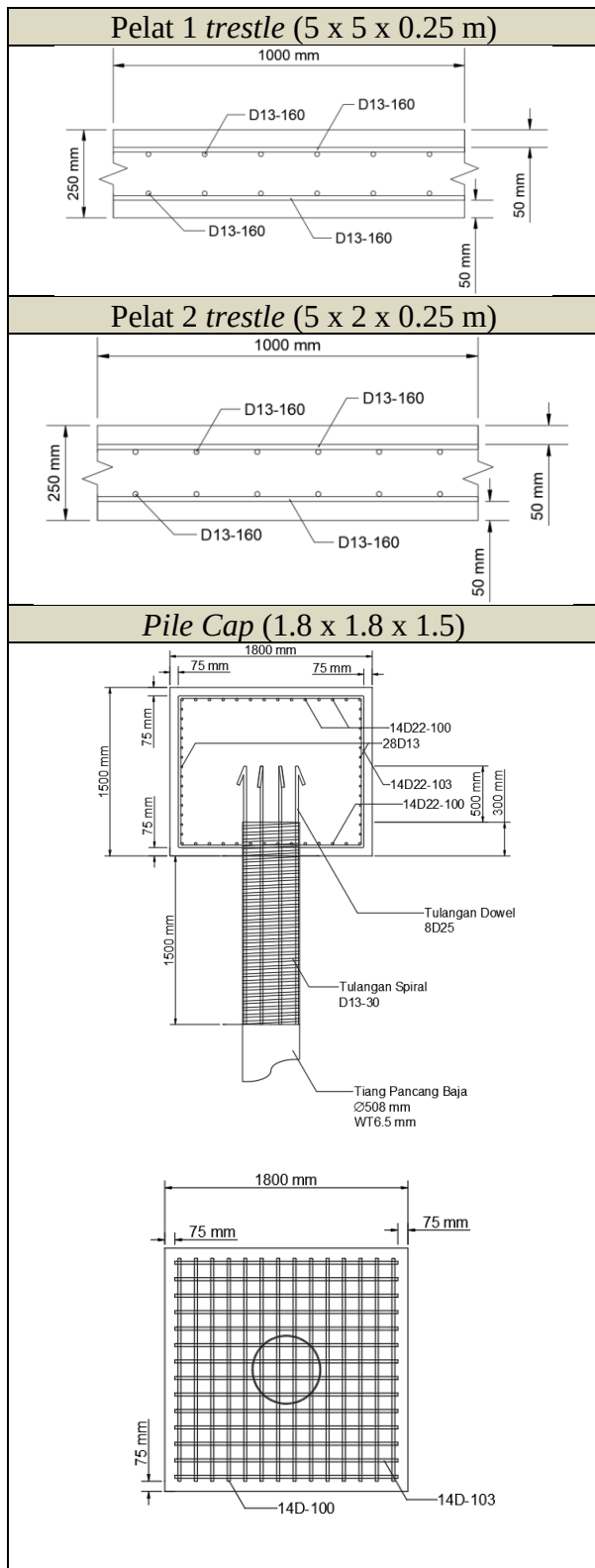


Balok 2 (Melintang, 5 x 0.8 x 0.4 m)



Balok 3 (kantilever, 2 x 0.8 x 0.4 m)





h. Analisis Daya Dukung Tanah

Berdasarkan analisis daya dukung tanah telah dilakukan, didapatkan untuk kedalaman tiang pancang 1 dermaga, didapatkan kedalaman 31 meter dari *seabed* dan untuk tiang pancang 2 dermaga didapatkan kedalaman 31 meter dari *seabed*. Untuk *trestle* didapatkan kedalaman tiang pancang sedalam 31 meter dari *seabed*.

KESIMPULAN DAN SARAN

Perancangan struktur dermaga peti kemas Pelabuhan Saumlaki pada Tugas Akhir ini menghasilkan kesimpulan sebagai berikut.

1. Dermaga peti kemas dengan kapal rencana 10.000 DWT memiliki dimensi sebagai berikut.
 - 1) Panjang dermaga: 155 m
 - 2) Lebar dermaga: 23 m
 - 3) Kedalaman dermaga: -8.5 m dari LWS
 - 4) Elevasi lantai dermaga: +3.6 m dari LWS
2. *Trestle* yang menghubungkan dermaga dengan daratan memiliki dimensi sebagai berikut.
 - 1) Panjang dermaga: 24 m
 - 2) Lebar dermaga: 5 m
 - 3) Kedalaman dermaga: -8.5 m dari LWS
 - 4) Elevasi lantai dermaga: +3.6 m dari LWS

3. dermaga menggunakan *fender super cone* SCN900 E1.6 dan *tee bollard* dengan kapasitas 15 ton.
4. Struktur dermaga dan trestle yang telah didesain telah memenuhi syarat kriteria UCR dan defleksi izin.
5. Rancangan elemen struktural dermaga dapat dilihat pada **Tabel 3**.
6. Rancangan elemen struktural *trestle* dapat dilihat pada **Tabel 4**.
7. Hasil analisis daya dukung tiang pancang 1 dermaga, didapatkan kedalaman 31 meter dari *seabed* dan untuk tiang pancang 2 dermaga didapatkan kedalaman 31 meter dari *seabed*. Untuk *trestle* didapatkan kedalaman tiang pancang sedalam 31 meter dari *seabed*.

Berdasarkan pengerjaan Tugas Akhir yang telah dilakukan, disarankan bahwa untuk mendapatkan hasil perhitungan yang lebih tepat dan teliti, 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).

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.