

PERANCANGAN STRUKTUR DERMAGA PETI KEMAS DI TANJUNG MERAH, BITUNG, SULAWESI UTARA

Muhammad Syahrul Hikam¹ dan Rildova, Ph.D²

Program Studi Teknik Kelautan

Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung

Jl. Ganesha 10 Bandung 40132

¹syahrulhikam123@gmail.com dan ²rildova@ocean.itb.ac.id

Abstrak: Pelabuhan KEK Bitung merupakan salah satu pelabuhan yang didirikan untuk menyokong KEK (Kawasan Ekonomi Khusus) Bitung di Tanjung Merah, Sulawesi Utara. Dalam melaksanakan KEK Bitung ini baru terdapat Pelabuhan Bitung di Sulawesi Utara untuk mengakomodasi KEK Bitung. Oleh karena itu, dibutuhkan sebuah pelabuhan baru yang khusus untuk menyokong KEK Bitung ini di Tanjung Merah, maka dibutuhkan dermaga yang mampu melayani kegiatan bongkar muat untuk kegiatan ekspor dan impor. Dermaga yang dibangun pada lokasi ini merupakan jenis dermaga peti kemas dan dibangun tepat di daerah KEK Bitung. Pada studi kasus tugas akhir ini mengenai Perancangan Struktur Dermaga Peti Kemas di Tanjung Merah, Bitung, Sulawesi Utara akan dibahas mengenai desain struktur dermaga dan *trestle* berdasarkan kriteria desain yang digunakan. Tugas akhir mencakup penentuan dimensi dermaga dan *trestle*, pengolahan data lingkungan, perhitungan beban pada dermaga dan *trestle*, pemodelan struktur, desain penulangan struktur, dan analisis daya dukung tanah.

Pemodelan struktur dilakukan menggunakan perangkat lunak analisis struktur untuk mengetahui kehandalan struktur rencana terhadap beban yang bekerja. Hasil dari pemodelan berupa *unity check ratio* (UCR), defleksi struktur, gaya dalam balok dan pelat, serta reaksi perletakan. Perancangan dilakukan untuk mendapatkan desain struktur yang handal dan optimal, dilakukan dengan pemeriksaan nilai UCR sebagai acuan yang bernilai harus diantara 0,7 hingga 1,0. Hasil dari Tugas Akhir meliputi rancangan dermaga dan *trestle* meliputi dimensi struktur dan dimensi struktural dermaga dan *trestle*, detail penulangan berdasarkan gaya dalam yang bekerja, serta analisis daya dukung tanah terhadap struktur dermaga dan *trestle*.

Kata kunci: Dermaga, Struktur, Pemodelan, Peti kemas

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan Negara Kepulauan terbesar di dunia, memiliki 17.508 pulau besar dan kecil, luas wilayah darat 1,937 juta km², luas laut 5,8 juta km² dengan garis pantai terpanjang di dunia. Kegiatan pelayaran menjadi hal yang vital untuk menghubungkan antar pulau tersebut. Salah satu kegiatan pelayaran yang terpenting adalah pelayaran niaga yang membutuhkan pelabuhan sebagai sarana penghubung antara perairan dan daratan.

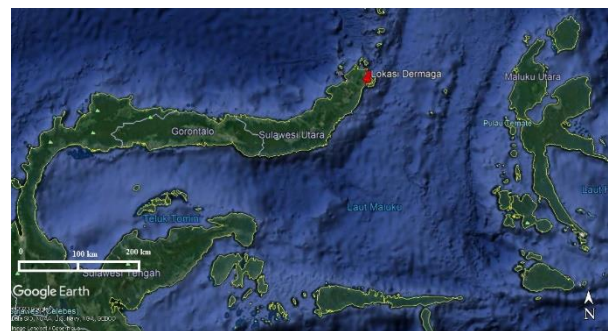
Pelabuhan memiliki peran yang sangat penting dalam perekonomian Indonesia dimana kebutuhan manusia yang semakin meningkat membuat setiap daerah berusaha saling terhubung agar dapat memenuhi kebutuhan tersebut. Kehadiran pelabuhan yang memadai berperan besar dalam menunjang mobilitas barang di Indonesia, termasuk di daerah Sulawesi Utara.

Tanjung Merah adalah salah satu kelurahan di kecamatan Matuari, Kota Bitung, Sulawesi Utara. Tanjung Merah termasuk kedalam Kawasan Ekonomi Khusus Bitung (KEK Bitung), Kawasan Ekonomi Khusus Bitung ini memiliki luas sebesar 534 hektar. KEK Bitung terdiri dari tiga zona, yaitu zona industri, zona logistik dan zona pengolahan ekspor. Sebagai salah satu penghasil ikan terbesar di Indonesia, KEK Bitung fokus pada industri pengolahan perikanan, kelapa ,dan farmasi untuk menghasilkan komoditi ekspor berkualitas internasional.

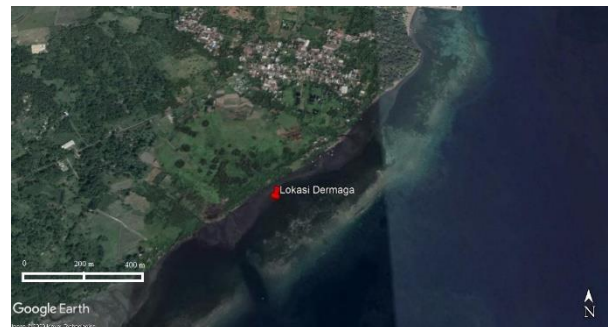
Dengan adanya KEK Bitung ini perlu didukung dengan pembangunan dan pengembangan pelabuhan lain, baik itu sebagai pelabuhan internasional, pelabuhan utama, maupun pengembangan pengumpul. Untuk saat ini baru terdapat Pelabuhan Bitung di Sulawesi Utara untuk mengakomodasi KEK Bitung ini. Ditambah dengan penerapan Pelabuhan Bitung sebagai *Hub Port International* yang sedang keterbatasan lahan, sehingga butuh lahan baru untuk pengembangan terminal peti

kemas.

Oleh karena itu diperlukan pelabuhan baru untuk menyokong KEK Bitung ini, khususnya di Tanjung Merah yang merupakan tempat KEK Bitung akan dibangun. Dengan adanya pembangunan pelabuhan di Tanjung Merah ini menjadi penghubung mata rantai transportasi laut ke/ dari darat. Diharapkan dengan tersedianya terminal peti kemas yang memadai di Pelabuhan Tanjung Merah dapat menunjang kelancaran arus barang ekspor impor serta menunjang KEK Bitung yang berpengaruh terhadap kesejahteraan masyarakat di Provinsi Sulawesi Utara. Lokasi rencana dapat dilihat pada **Gambar 1** dan **Gambar 2**.



Gambar 1 Rencana lokasi dermaga



Gambar 2 Rencana lokasi dermaga (2)

TEORI DAN METODOLOGI

Perancangan struktur dermaga peti kemas di Tanjung Merah, Bitung, Sulawesi Utara dilakukan dengan pengumpulan data-data sekunder dan kriteria desain terlebih dahulu, yang terdiri dari data lingkungan (pasang surut, arus angin, gelombang, dan data tanah), data kapal rencana yang akan dilayani, data operasional, dan data material.

Langkah desain selanjutnya adalah penentuan dimensi elemen struktural dermaga dan perhitungan gaya-gaya yang bekerja pada struktur dermaga. Dimensi elemen struktural dermaga yang ditentukan terdiri dari ukuran tiang pancang, balok, pelat, dan *pile cap*. Gaya-gaya yang bekerja pada struktur dermaga terdiri dari beban *berthing*, beban *mooring*, beban mati struktur, beban hidup (manusia dan operasional), serta beban lingkungan (gaya gelombang, gaya arus, dan gaya gempa).

Beban mati dan beban hidup berupa fasilitas yang ditentukan berdasarkan dimensi yang diketahui. Beban mati untuk dermaga peti kemas mencakup beban balok, tiang pancang, pelat, *pile cap*, *bollard*, *crane*, dan *fender*. Beban hidup untuk dermaga peti kemas mencakup beban manusia dan beban truk kontainer.

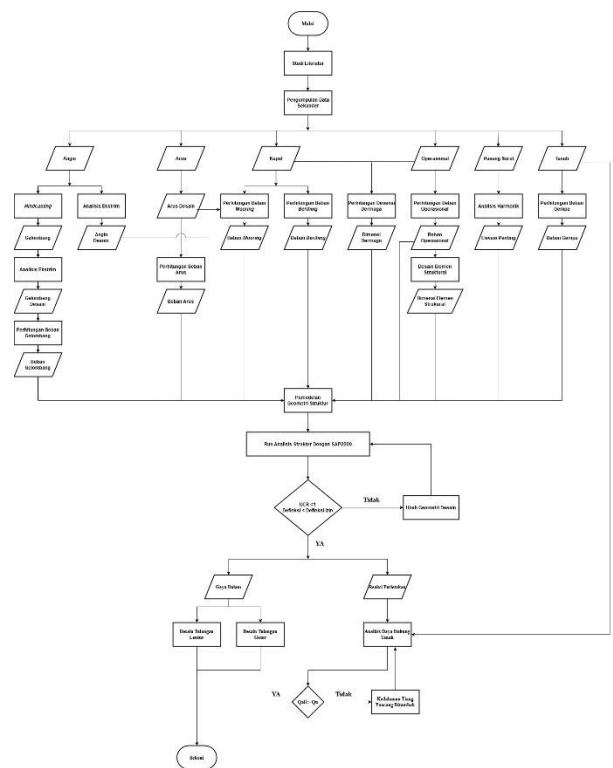
Perhitungan beban gempa ditentukan berdasarkan *SNI 1726-2019 Tentang Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung* dengan hasil berupa spektrum gempa. Dengan kriteria desain, geometri, dan beban-beban pada dermaga yang telah dihitung, langkah desain selanjutnya adalah memodelkan struktur dermaga dengan perangkat lunak SAP2000. Pengecekan kekuatan struktur ditentukan dengan menganalisis beberapa *output* yang dihasilkan oleh perangkat lunak, seperti UCR (*Unity Check Ratio*) tiang pancang, defleksi tiang pancang dan balok. Hasil pemodelan lain terdiri dari reaksi perletakan, gaya dalam balok, gaya dalam pelat yang selanjutnya digunakan untuk mendesain tulangan komponen beton.

Perencanaan tulangan komponen beton dilakukan dengan perhitungan dan prosedur sistematis yang merujuk pada *SNI 03-2847-2013 Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Bangunan Gedung untuk Penulangan*. Hasil pemodelan berupa gaya dalam digunakan untuk merencanakan tulangan lentur dan tulangan geser pada balok dan pelat. Desain tulangan pada *pile*

cap mencakup tulangan lentur, tulangan spiral, dan tulangan dowel. Untuk tulangan dowel menggunakan perangkat lunak *spColumn*.

Reaksi perletakan digunakan untuk menentukan kedalaman tiang pancang. Selanjutnya akan digunakan perhitungan daya dukung tanah agar tiang pancang mampu menahan gaya beban *berthing*, beban *mooring*, beban gempa, serta beban operasional yang berada pada atas dermaga. Daya dukung yang dihitung berdasarkan jenis tanah yaitu tanah lempung dan pasir. Daya dukung yangizinkan untuk tiang pancang ditinjau berdasarkan kekuatan ijin tekan dan kekuatan ijin tanah yang dipengaruhi oleh jenis tanah.

Dalam tugas akhir ini, dilakukan desain struktur dermaga. Metodologi yang digunakan ditunjukkan pada **Gambar 3**.



Gambar 3 Metodologi tugas akhir

HASIL DAN ANALISIS

A. DATA SEKUNDER

a. Analisis Data Angin dan Gelombang

Data angin diperoleh dari *website* NOAA pada tahun 2009 hingga tahun 2018 dengan interval data 3 jam. Dari hasil analisis ekstrim data angin, diperoleh kecepatan maksimum sebesar 9.95 m/s dari arah Selatan.

Selanjutnya dilakukan *hindcasting* data angin untuk memperoleh data gelombang laut. Dari hasil *hindcasting* kemudian dilakukan analisis ekstrim untuk periode ulang 50 tahunan dan didapat tinggi gelombang sebesar 1 m dengan periode 4.91 detik dari arah Selatan.

b. Analisis Data Pasang Surut

Data pasang surut diperoleh dari *website* Badan Informasi Geospasial yang diambil pada tanggal 1 – 31 Januari 2020. Data pasang surut diolah dengan menggunakan perangkat lunak ERGTIDE. Diperoleh bahwa pasang surut dikawasan Tanjung Merah berjenis pasang surut *mixed mainly semidiurnal*. Dari hasil pengolahan ERGRAM dan ERGELV diperoleh tunggang pasang sebesar 1,68 m dari LWS.

c. Analisis Data Arus

Data arus diperoleh dari hasil survei selama 15 hari diperoleh kecepatan arus maksimum adalah 1 m/s dari arah Timur.

d. Analisa Data Tanah

Karakteristik data tanah di kawasan Bitung adalah tanah pasir. Dari SPT data tanah, diperoleh $S_{DS} : 0.73g$ dan $S_{D1} : 0.5g$. Nilai SPT tanah juga digunakan dalam perhitungan daya dukung tanah dengan data tanah ditunjukkan pada **Tabel 1**.

Tabel 1 Data Tanah

Kedalaman (m)	Jenis Tanah	N-SPT
2	Gravelly Sand	5
4		13
6		13
8	Coral	60
10	Gravelly Sand	25
12		19
14		14
16		8
18	Silt Sand	14
20		37
22	Clay	11
24	Sandy Clay	40
26		56
28	Sandy Silt	60
30	Very Dense Sand	60
32		60

e. Data Kapal

Kapal terbesar yang direncanakan bersandar pada dermaga di Pelabuhan KEK Bitung berukuran 15000 DWT dengan dimensi: L_{OA} : 152 m, L_{BP} : 144 m, $Beam$: 23.7 m, $Freeboard$: 3.8 m, dan $Draft$: 8.5 m.

f. Data Operasional

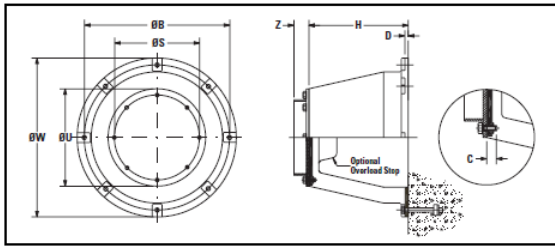
Data operasional yang digunakan yaitu *STS Gantry Crane* dengan beban 30 ton/m dan truk kontainer berjenis T-50 berdasarkan *SNI 1725: 2016 Pembebanan Untuk Jembatan*.

B. BEBAN STRUKTUR DERMAGA

Beban dermaga terdiri dari beban horizontal dan beban vertikal yang dijelaskan sebagai berikut.

a. Beban Berthing

Beban *berthing* merupakan beban horizontal yang bekerja pada struktur dermaga akibat kapal berlabuh pada kapal. Dengan energi abnomal akibat kapal 15000 DWT sebesar $(E_A) = 89.97$ kNm . dipilih *fender* tipe SCN600 E2.1 dengan *rated energy* $(E_R) = 93$. kNm. Ilustrasi *fender* SCN600 E2.1 ditunjukkan pada **Gambar 4**.



Gambar 4 Fender SCN600 E2.1

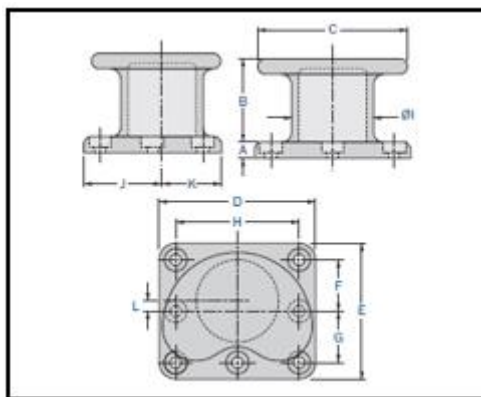
b. Beban Mooring

Beban *mooring* merupakan beban akibat kegiatan tambat kapal. Didapatkan beban *mooring* yang diterima 1 buah *bollard* sebesar 46.5 ton. Beban *mooring* untuk tiap tali *mooring* pada dermaga ditunjukkan pada **Tabel 2**.

Tabel 2 Gaya *mooring* pada tiap tali

Load Case	Jenis Tali	Besarnya gaya (kN)		
		Global X	Global Y	Global Z
Mooring X+	Spring line	455.21	119.29	167.76
	Stern line	325.91	325.91	167.76
Mooring X-	Spring line	455.21	119.29	167.76
	Head line	325.91	325.91	167.76
Mooring Y-	Breast Line	0	460.919	167.76

Dari beban *mooring* sebesar 46.5 ton, dipilih *bollard* jenis *kidney bollard* berkapasitas 50 ton. Ilustrasi *kidney bollard* 50 ton ditunjukkan pada **Gambar 5**.



Gambar 5 Kidney bollard

c. Beban Gelombang

Beban gelombang dermaga yang terjadi adalah 1.0 m dengan perioda 4.91 s,

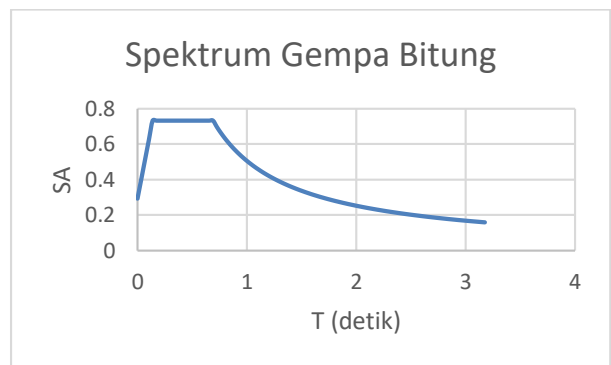
dengan teori gelombang yang digunakan adalah teori gelombang *stokes* ke 4.

d. Beban Arus

Beban arus yang terjadi adalah kecepatan arus maksimum yaitu sebesar 1m/s.

e. Beban Gempa

Beban gempa merupakan beban lingkungan yang terjadi pada lokasi dermaga rencana yang dihitung berdasarkan *SNI 1726: 2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Gedung dan non Gedung*. Spektrum gempa lokasi dermaga ditunjukkan pada **Gambar 6**.



Gambar 6 Spektrum gempa Bitung

f. Beban Mati

Beban mati dari pelat, balok, dan tiang pancang dihitung secara otomatis oleh perangkat lunak SAP2000, sedangkan untuk beban dari *pile cap* dermaga ditunjukkan pada **Tabel 3**.

Tabel 3 Beban *pile cap* dermaga

Ukuran pile cap (m)	Beban pile cap (kN)
1.8 x 1.8 x 1.5	116.64
2.1 x 2.1 x 1.5	158.76

g. Beban Mati *Superimposed*

Beban mati *superimposed* adalah beban mati yang dihasilkan elemen non-struktural dan element *semi-permanent* pada dermaga. Beban mati *superimposed* ditunjukkan pada **Tabel 4**.

Tabel 4 Beban mati *superimposed*

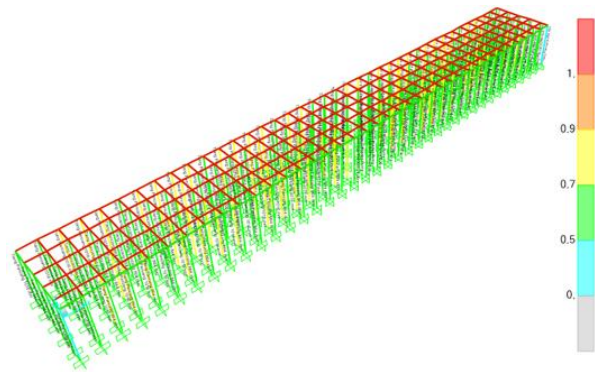
Beban	Nilai
Sistem fender	5.4 kN
Bollard	5.582 kN
Crane	294.3 kN/m

h. Beban Manusia

Beban manusia yang digunakan adalah 5 kN/m^2 berdasarkan ketentuan *SNI 1725: 2016 Pembebanan Untuk Jembatan*.

i. Beban Lajur

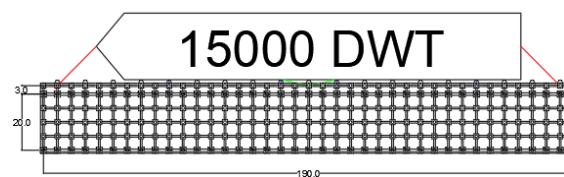
Beban truk yang digunakan sendiri terdiri dari beban terbagi rata (BTR) sebesar 9 kN/m^2 dan beban garis terpusat (BGT) sebesar 49 kN/m berdasarkan ketentuan *SNI 1725: 2016 Pembebanan Untuk Jembatan*.



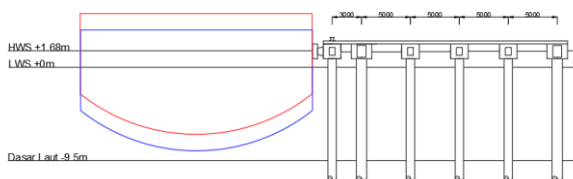
Gambar 9 Hasil pemodelan nilai UCR pada dermaga

C. STRUKTUR DERMAGA

Struktur dermaga memiliki ukuran $190 \text{ m} \times 23 \text{ m}$ yang digunakan untuk kegiatan bongkar muatan dengan elevasi dermaga $+2.68 \text{ m}$ LWS dan kedalaman dermaga -9.5 m LWS, ilustrasi dermaga dapat dilihat pada **Gambar 7** dan **Gambar 8**.



Gambar 7 Layout dermaga tampak atas



Gambar 8 Layout dermaga tampak samping

Hasil keluaran pemodelan dengan perangkat lunak SAP 200 berupa nilai UCR yang didapatkan nilai UCR maksimum sebesar 0.89 yang memenuhi UCR optimum berkisar $0.7 - 1.0$ yang ditunjukkan pada **Gambar 9**.

a. Dimensi Elemen Struktural

Dimensi elemen struktural dermaga ditunjukkan pada **Tabel 5**.

Tabel 5 Dimensi elemen struktural

Uraian	Dimensi
Tiang pancang	OD=1016 mm, t =8.7 mm
	OD=864 mm, t=7.9 mm
Balok Crane	0.75 m x 1.0 m x 5.0 m
Balok non crane-1	0.6 m x 0.8 m x 5.0 m
Balok non crane-2	0.6 m x 0.8 m x 3.0 m
Tebal pelat	250 mm
<i>Pile Cap-1</i>	2.1 m x 2.1 m x 1.5 m
<i>Pile Cap-2</i>	1.8 m x 1.8 m x 1.5 m

b. *Output gaya dalam*

Gaya dalam pada balok hasil dari analisis dengan menggunakan program SAP2000 dapat dilihat pada **Tabel 6**. Gaya dalam pada pelat ditunjukkan pada **Tabel 7**.

Tabel 6 Gaya dalam balok

Ukuran Balok	Frame	Gaya Dalam	Combo	Nilai	Satuan
0.8 x 0.6 x 5m (Memanjang)	301	V2 (+)	ULS5.3.5	304.941	kN
	304	V2 (-)	ULS5.3.5	-330.484	kN
	396	M3 (+)	ULS5.3.7	603.84	kNm
	229	M3 (-)	ULS5.3.5	-580.419	kNm
0.8 x 0.6 x 5m (Melintang)	85	V2 (+)	ULS2.3.2	388.456	kN
	87	V2 (-)	ULS2.6.2	-388.068	kN
	86	M3 (+)	ULS2.3.3	436.353	kNm
0.8 x 0.6 x 3m	87	M3 (-)	ULS5.3.2	-460.892	kNm
	225	V2 (+)	ULS5.2.5	241.351	kN
	260	V2 (-)	ULS5.2.5	-397.753	kN
	260	M3 (+)	ULS5.2.6	613.739	kNm
1.0 x 0.75 x 5m	300	M3 (-)	ULS5.3.5	-444.973	kNm
	169	V2 (+)	ULS5.3.1	1223.64	kN
	156	V2 (-)	ULS5.3.1	-1223.64	kN
	206	M3 (+)	ULS1.2	845.244	kNm
	147	M3 (-)	ULS5.3.1	-1204.891	kNm

Keterangan Combo:
 ULS5.3.5: DL, Crane-3, LL, BTR, Gempa Y
 ULS2.3.3: DL, Crane-3, LL, BTR BGT-2, Berthing-1
 ULS2.3.2: DL, Crane-3, LL, BTR BGT-1, Berthing-1
 ULS2.6.2: DL, Crane-3, LL, BTR BGT-1, Berthing-2
 ULS5.3.7: DL, Crane-3, LL, BTR BGT-2, Gempa Y
 ULS5.2.5: DL, Crane-2, LL, BTR, Gempa Y
 ULS5.3.5: DL, Crane-3, LL, BTR, Gempa Y
 ULS5.2.6: DL, Crane-2, LL, BTR BGT-1, Gempa Y
 ULS5.3.5: DL, Crane-3, LL, BTR, Gempa Y
 ULS5.3.1: DL, Crane-3, LL, BTR, Gempa X
 ULS1.2: DL, Crane-2
 ULS5.3.1: DL, Crane-3, LL, BTR, Gempa X

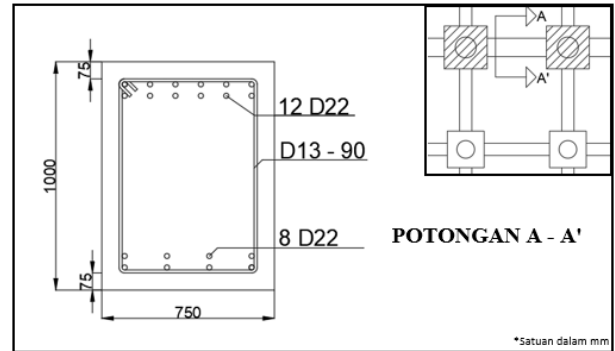
Tabel 7 Gaya dalam pelat

Ukuran Pelat	Pelat	Gaya Dalam	Combo	Nilai	Satuan
5x5 m	67	M11 (+)	ULS5.3.1	22.034	kNm
	77	M11 (-)	ULS5.3.3	-18.75	kNm
	67	M22 (+)	ULS5.3.5	40.69	kNm
	5	M22 (-)	ULS7.3.2	-28.77	kNm
3x5 m	66	M11 (+)	ULS5.3.2	23.422	kNm
	51	M11 (-)	ULS5.2.4	-18.904	kNm
	126	M22 (+)	ULS5.3.6	40.72	kNm
	111	M22 (-)	ULS5.3.8	-31.57	kNm

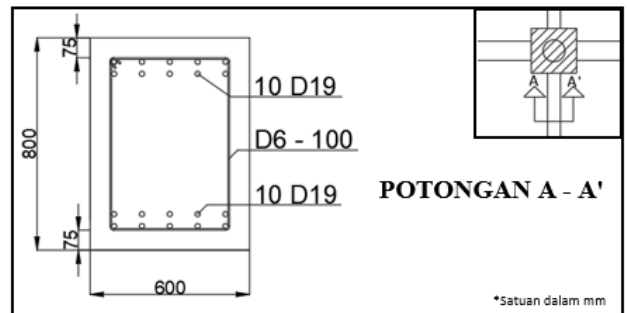
Keterangan Combo:
 ULS5.3.1: DL, Crane-3, LL, BTR BGT-1, Gempa X
 ULS5.3.3: DL, Crane-3, LL, BTR BGT-2 Gempa X
 ULS5.3.5: DL, Crane-3, LL, BTR, Gempa Y
 ULS7.3.2: DL, Crane-3, Gempa Y
 ULS5.3.2: DL, Crane-3, LL, BTR BGT-1, Gempa X
 ULS5.3.6: DL, Crane-3, LL, BTR BGT-3, Gempa Y
 ULS5.3.6: DL, Crane-3, LL, BTR BGT-1, Gempa Y
 ULS5.3.8: DL, Crane-3, LL, BTR BGT-3, Gempa Y

c. *Penulangan Elemen Struktural*

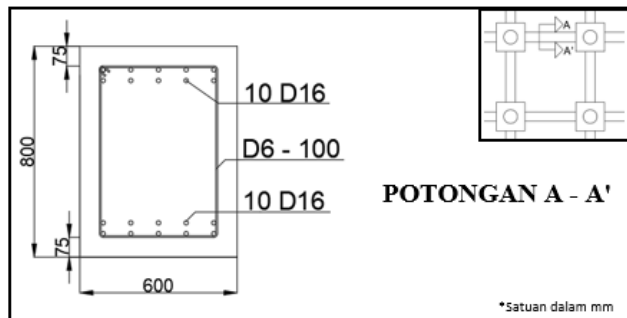
Penulangan elemen struktural terdiri dari balok, pelat, dan *pile cap*. Penulangan balok dermaga ditunjukkan pada **Gambar 10** hingga **Gambar 13**.



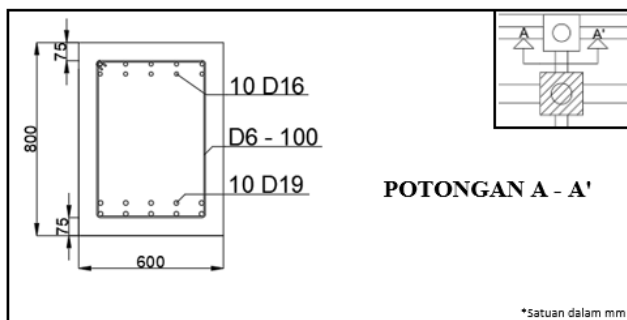
Gambar 10 Detail tulangan balok crane



Gambar 11 Detail tulangan balok non crane-1 arah memanjang

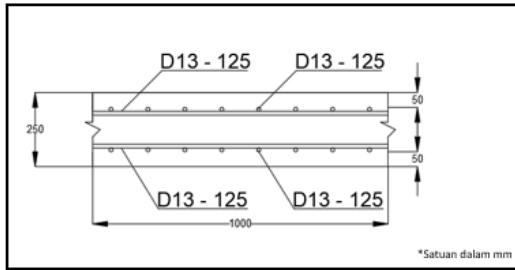


Gambar 12 Detail tulangan balok non crane-1 arah melintang



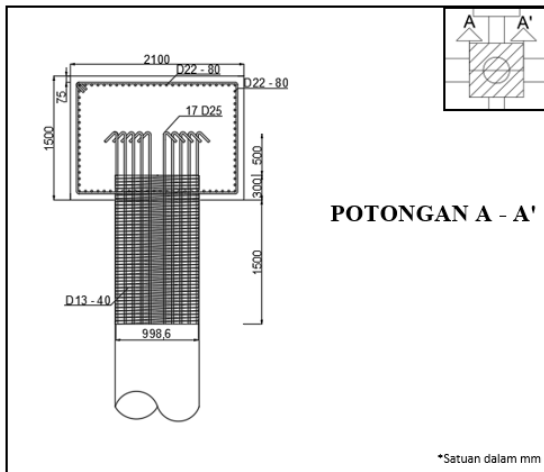
Gambar 13 Detail tulangan balok non crane-2

Penulangan pelat pada dermaga ditunjukkan pada **Gambar 14**.

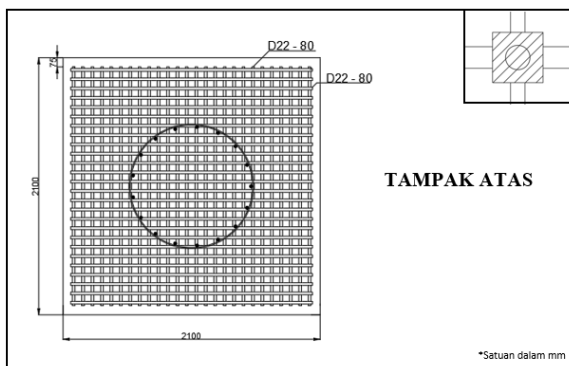


Gambar 14 Detail tulangan pelat arah memanjang sumbu x

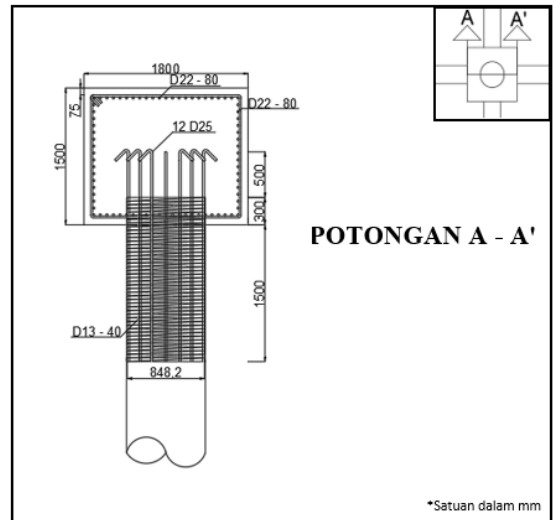
Desain tulangan *pile cap* terdiri dari *pile cap-1* dan *pile cap-2*, tulangan berupa desain tulangan susut arah x dan y, tulangan dowel, dan tulangan spiral, ilustrasi penulangan *pile cap 1* ditunjukkan pada **Gambar 15** dan **Gambar 16**, dan ilustrasi penulangan *pile cap 2* ditunjukkan pada **Gambar 17** dan **Gambar 18**.



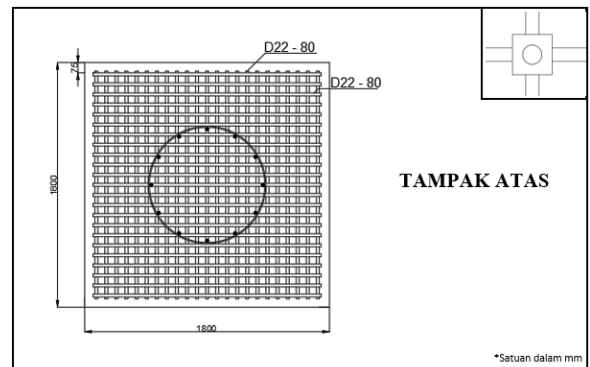
Gambar 15 Detail penulangan *pile cap-1*



Gambar 16 Detail penulangan *pile cap-1* (1)



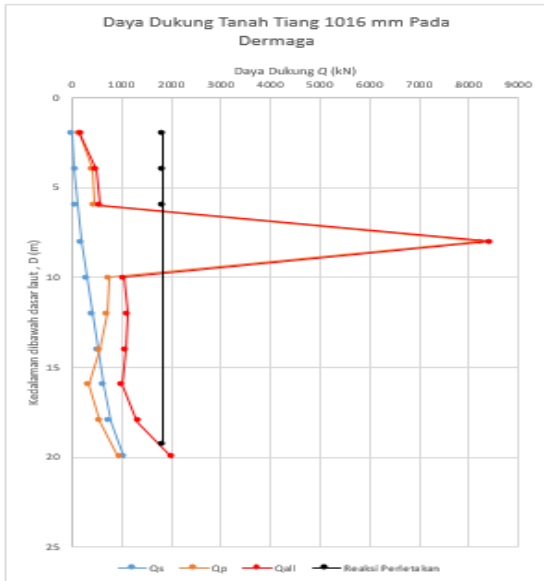
Gambar 17 Detail penulangan *pile cap-2*



Gambar 18 Detail tulangan *pile cap-2* (1)

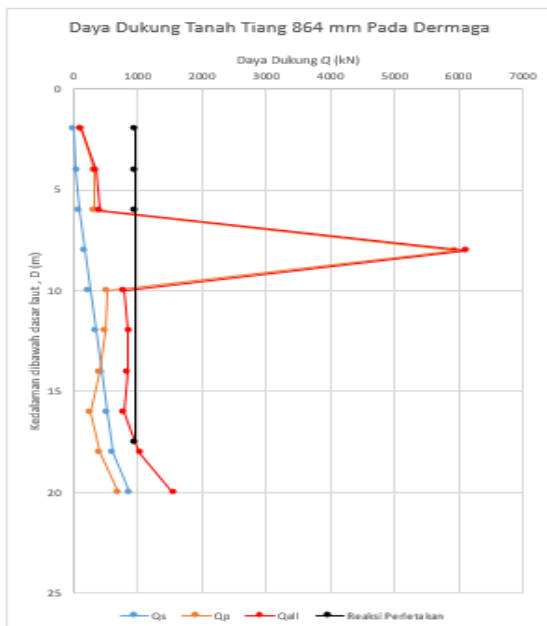
d. Analisis Daya Dukung Tanah

Analisis data dukung tanah bertujuan untuk mengetahui seberapa dalam pemancangan. Reaksi perletakan hasil *output* SAP2000 untuk tiang 1016 mm sebesar 1883.51 kN dan untuk tiang 864 mm sebesar 960.581 kN. Grafik hasil daya dukung tanah pada struktur dermaga dilihat pada **Gambar 19** dan **Gambar 20**.



Gambar 19 Grafik daya dukung tanah tiang 1016 mm

Berdasarkan **Gambar 19** kedalaman pemancang untuk tiang 1016 mm sebesar 20 m dari dasar laut.



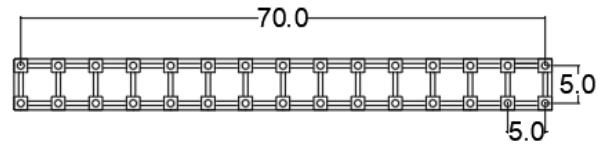
Gambar 20 Grafik daya dukung tanah tiang 864 mm

Berdasarkan **Gambar 20** kedalaman pemancang untuk tiang 864 mm sebesar 18 m dari dasar laut.

D. STRUKTUR TRESTLE

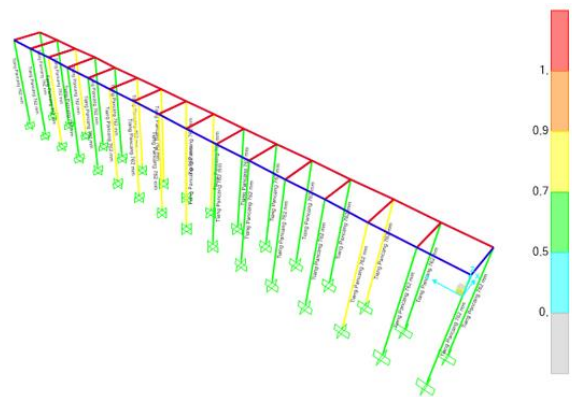
Struktur *trestle* memiliki ukuran 210 m x 5 m dan dibagi menjadi 3 segmen dengan panjang 70 m, yang digunakan untuk

mobilisasi kendaraan, dengan elevasi *trestle* +2.68 m, ilustrasi *trestle* per segmen dapat dilihat pada **Gambar 21**.



Gambar 21 Layout *trestle*

Hasil keluaran pemodelan dengan perangkat lunak SAP 200 berupa nilai UCR yang didapatkan nilai UCR maksimum sebesar 0.77 yang memenuhi UCR optimum berkisar 0.7 – 1.0 yang ditunjukkan pada **Gambar 22**.



Gambar 22 Hasil pemodelan nilai UCR pada *trestle*

a. Dimensi Elemen Struktural

Dimensi elemen struktural *trestle* ditunjukkan pada **Tabel 8**.

Tabel 8 Dimensi elemen struktural *trestle*

Uraian	Dimensi
Tiang pancang	OD=508 mm, t =7.9 mm
Balok	0.4 m x 0.8 m x 5.0 m
Tebal pelat	250 mm
<i>Pile Cap</i>	1.5 m x 1.5 m x 1.5 m

b. Output gaya dalam

Gaya dalam pada balok hasil dari analisis dengan menggunakan program SAP2000 dapat dilihat pada **Tabel 8**. Gaya dalam pada pelat ditunjukkan pada **Tabel 9**.

Tabel 8 Gaya dalam balok *trestyle*

Ukuran Balok	Frame	Gaya Dalam	Combo	Nilai	Satuan
0.6 x 0.8 x 5 m (melintang)	206	V2 (+)	ULS2.3	163.04	kN
	206	V2 (-)	ULS2.4	-163.04	kN
	208	M3 (+)	ULS2.1	163.81	kNm
	206	M3 (-)	ULS5.1	-187.55	kNm
0.6 x 0.8 x 5 m (memanjang)	190	V2 (+)	ULS2.3	197.34	kN
	194	V2 (-)	ULS2.3	-197.342	kN
	188	M3 (+)	ULS2.2	226.65	kNm
	192	M3 (-)	ULS5.8	-192.837	kNm

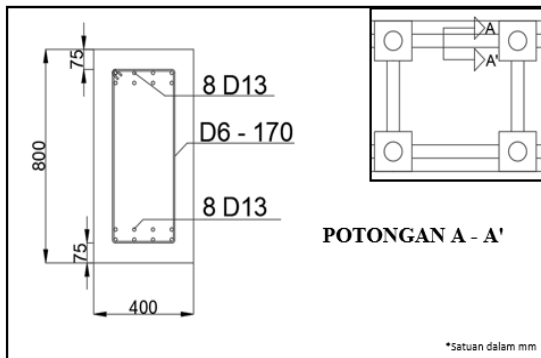
Keterangan Combo:
 ULS2.3: DL, LL, BTR BGT-2
 ULS2.4: DL, LL, BTR BGT-3
 ULS2.1: DL, LL, BTR Full
 ULS2.2: DL, LL, BTR BGT-1
 ULS5.1: DL, LL, BTR, Gempa X
 ULS5.8: DL, LL, BTR BGT-3, Gempa Y

Tabel 9 Gaya dalam pelat *trestyle*

Ukuran Pelat	Pelat	Gaya Dalam	Combo	Nilai	Satuan
5x5 m	32	M11 (+)	ULS5.1	14.817	kNm
	31	M11 (-)	ULS7.1	-10.22	kNm
	31	M22 (+)	ULS5.5	13.910	kNm
	31	M22 (-)	ULS7.2	-9.93	kNm

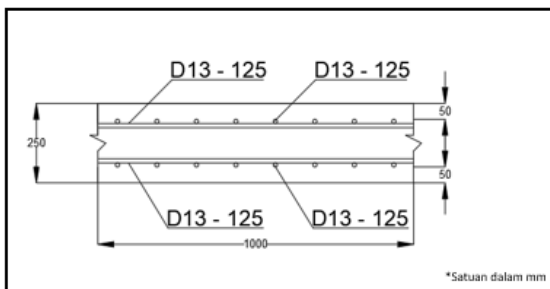
Keterangan Combo:
 ULS5.1: DL, LL, BTR, Gempa X
 ULS7.1: DL, Gempa X
 ULS5.5: DL, LL, BTR, Gempa Y
 ULS7.2: DL, Gempa Y

c. Penulangan Elemen Struktural
 Penulangan elemen struktural terdiri dari balok, pelat, dan *pile cap*. Penulangan balok *trestyle* ditunjukkan pada **Gambar 23**.



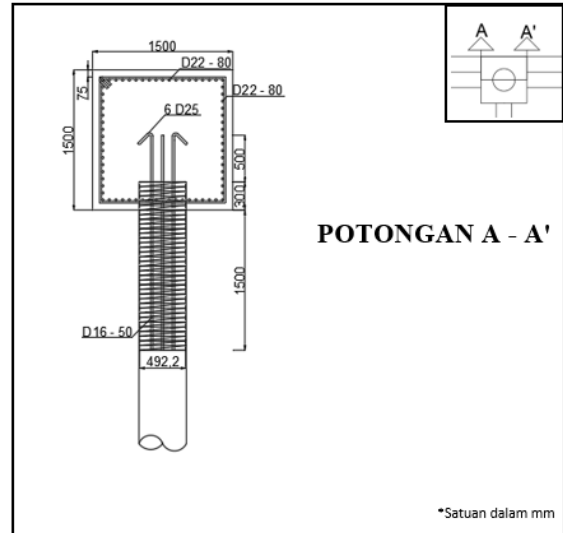
Gambar 23 Detail penulangan balok *trestyle*

Penulangan pelat pada *trestyle* ditunjukkan pada **Gambar 24**.

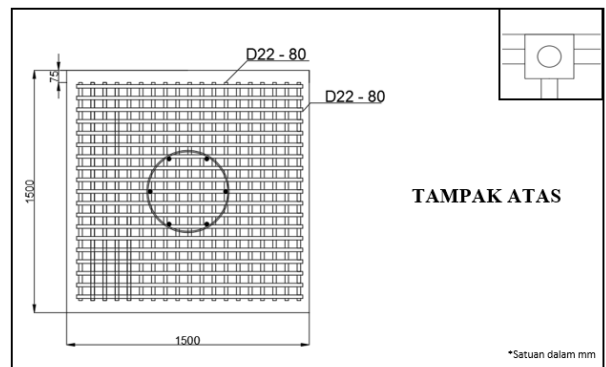


Gambar 24 Detail tulangan pelat arah memanjang sumbu x

Desain tulangan berupa desain tulangan susut arah x dan y, tulangan dowel, dan tulangan spiral, ilustrasi penulangan *pile cap* ditunjukkan pada **Gambar 25** dan **Gambar 26**.



Gambar 25 Detail tulangan *pile cap* *trestyle*



Gambar 26 Detail tulangan *pile cap* *trestyle* (1)

KESIMPULAN

1. Dimensi dermaga sebagai berikut:

- Panjang dermaga : 190 m
- Lebar dermaga : 23 m
- Elevasi dermaga : +2.68 m LWS
- Kedalaman : -9.5 m LWS Perairan

2. Fasilitas dermaga yang digunakan sebagai berikut:

- Fender : SCN600 E2.1
- Panel fender : 1.0 m x 1.5 m
- Jarak antar fender : 10 m
- Jumlah fender : 19 buah
- Bollard : Kidney bollard 50 ton
- Jumlah bollard : 19 buah

3. Dimensi *trestle* sebagai berikut

- Panjang *trestle* : 210 m
- Lebar *trestle* : 23 m
- Elevasi *trestle* : +2.68m dari LWS
- Kedalaman : -9.5 m dari LWS Perairan

4. Struktur dermaga dan *trestle* yang didesain telah memenuhi syarat ketentuan struktur dermaga terhadap gaya yang bekerja pada struktur dermaga dan *trestle* tersebut. Dimana nilai UCR yang didapat telah <1 dan defleksinya telah memenuhi syarat minimum baik pada balok maupun tiang pancang.

5. Detail elemen struktur dermaga sebagai berikut:

- Tiang pancang 1016 mm dengan ketebalan 8.7 mm untuk kolom dibawah *rail crane* dipancang sedalam 20 m dari *seabed*
- Tiang pancang 864 mm dengan ketebalan 7.9 mm untuk kolom selain dibawah *rail crane*

dipancang sedalam 18 m dari *seabed*.

- Balok *crane* berukuran 0.75 m x 1.0 m detail penulangan sebagai berikut:
 - I. Tulangan atas : 12 D22
 - II. Tulangan bawah : 8 D22
 - III. Sengkang : D13- 90
- Balok non *crane-1* berukuran 0.6 m x 0.8 m arah memanjang dengan detail penulangan sebagai berikut:
 - I. Tulangan atas : 10 D19
 - II. Tulangan bawah : 10 D19
 - III. Sengkang : D6- 100
- Balok non *crane-1* berukuran 0.6 m x 0.8 m arah melintang dengan detail penulangan sebagai berikut:
 - I. Tulangan atas : 10 D16
 - II. Tulangan bawah : 10 D16
 - III. Sengkang : D6- 100
- Balok non *crane-2* berukuran 0.6 x 0.8 m dengan detail penulangan sebagai berikut :
 - I. Tulangan atas : 10 D16
 - II. Tulangan bawah : 10 D19
 - III. Sengkang : D6 – 100
- Pelat dengan tebal 250 mm dengan detail penulangan sebagai berikut:
 - I. Tulangan lentur :D13 – 125 Sisi bawah arah X
 - II. Tulangan lentur :D13 – 125 Sisi bawah arah Y
 - III. Tulangan lentur :D13– 125 Sisi atas arah X
 - IV. Tulangan lentur :D13 – 125 Sisi atas arah Y
- *Pile cap-1* dengan ukuran 2.1 m x 2.1 m x 1.5 m dengan detail penulangan sebagai berikut:
 - I. Tulangan susut :D22 – 80 Arah X
 - II. Tulangan susut :D22 – 80 Arah Y
 - III. Tulangan dowel : 17 D25
 - IV. Tulangan spiral :D13 – 40

- *Pile cap-2* dengan ukuran 1.8 m x 1.8 m x 1.5 m dengan detail penulangan sebagai berikut:
 - V. Tulangan susut :D22 – 80 Arah X
 - VI. Tulangan susut :D22 – 80 Arah Y
 - VII. Tulangan dowel : 12 D25
 - VIII. Tulangan spiral :D13 – 40
- 6. Detail elemen struktur *trestle* sebagai berikut:
 - Tiang pancang 508 mm dengan ketebalan 7.9 mm dipancang sedalam 20 m dari *seabed*
 - Balok berukuran 0.4 m x 0.8 m dengan detail penulangan sebagai berikut:
 - I. Tulangan atas : 8 D13
 - II. Tulangan bawah : 8 D13
 - III. Sengkang : D6- 170
 - Pelat dengan tebal 250 mm dengan detail penulangan sebagai berikut:
 - I. Tulangan lentur :D13 – 125 Sisi bawah arah X
 - II. Tulangan lentur :D13 – 125 Sisi bawah arah Y
 - III. Tulangan lentur :D13 – 125 Sisi atas arah X
 - IV. Tulangan lentur :D13 – 125 Sisi atas arah Y
 - *Pile cap trestle* memiliki ukuran 1.5 m x 1.5 m x 1.5 m dengan detail penulangan sebagai berikut:
 - I. Tulangan susut : D22 – 80 Arah X
 - II. Tulangan susut : D22 – 80 Arah Y
 - III. Tulangan dowel : 6 D25
 - IV. Tulangan spiral : D16 – 50

SARAN

Saran dari pengerjaan Tugas Akhir ini, antara lain ialah sebagai berikut:

1. Untuk mendapatkan hasil perhitungan yang lebih detail, sebaiknya perhitungan dilakukan dengan mempertimbangkan metoda konstruksi yang akan digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

- American Institute of Steel Construction. (2010). *Steel Construction Manual*. Chicago: American Institute of Steel Construction inc.
- American Society of Civil Engineers . (2010). *Minimum Design Load of Building and Other Structure*. Virginia: American Society of Civil Engineers.
- Badan Standardisasi Nasional. (2013). *SNI 2847:2013 Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. (2015). *SNI 1729:2015 Spesifikasi Bangunan Baja Struktural*. Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. (2016). *SNI 1725:2016 Pembebanan untuk Jembatan*. Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). *SNI 1726:2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. Jakarta: BSN.
- British Standard. (1994). *BS 6349-1 Code of Practice for Design of Fendering and Mooring System*. London: BSI.
- British Standard. (2000). *BS 6349-1 Code of Practice for General Criteria*. London: BSI.
- Coastal Engineering Research Center. (1984). *Shore Protection Manual*. Mississippi: U.S. Government.
- Das, B. M. (2011). *Principles of Foundation Engineering*. Stamford: CENGAGE Learning.
- Fentek Marine System GmbH. (2010). *Fentek Marine Fendering System*. Hamburg: Fentek Marine System.

Imran, Iswandi dan Ediansjah Zulkifli. (2014). *Perencanaan Dasar Struktur Beton Bertulang*. Bandung: Penerbit ITB.

Panitia Pembaharuan Peraturan Beton Bertulang. (1971). *Peraturan Beton Bertulang*. Bandung: Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan.

The Overseas Coastal Area Development Institute of Japan. (2002). *Technical Standards and Comentaries for Port and Harbour Facilities in Japan*. Japan: The Overseas Coastal Area Development Institute of Japan.

Thoresen, C. A. (2014). *Port Designer Handbook*. London: ICE Publishing.

Trelleborg Marine System . (2017). *Bollard Product Brochure*. Singapore: Trelleborg Marine System.

Triatmojo, B. (2010). *Perencanaan Pelabuhan*. Yogyakarta: Beta Offset.