

PERENCANAAN STRUKTUR DERMAGA KAPAL PENUMPANG DI TULEHU, MALUKU

DESIGN OF PASSENGER SHIP PORT STRUCTURE IN TULEHU, MALUKU

Muhammad Mujaddid dan Rildova, Ph.D

Program Studi Teknik Kelautan

Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung,

Jl Ganesha 10 Bandung 40132

muja@students.itb.ac.id dan rildova@ocean.itb.ac.id

Pelabuhan Tulehu berada di Pulau Ambon dalam administrasi desa Tulehu, Kecamatan Salahutu, Kabupaten Maluku Tengah, Provinsi Maluku. Lokasi Pelabuhan Tulehu yang berada di ujung timur Pulau Ambon memberikan akses penyeberangan dari Pulau Ambon ke kepulauan sekitarnya. Pulau Ambon sebagai pusat ekonomi dan administrasi Provinsi Maluku berperan penting dimana 21% penduduk Maluku berada di pulau ini. Tulehu merupakan akses menuju Pulau terbesar di Maluku, Pulau Seram, dari Ambon. Populasi Maluku bertambah sebesar 1,85% per tahun lebih pesat dibanding rata-rata Indonesia.

Untuk mengatasi kelebihan kapasitas penumpang transportasi antar pulau, Pelabuhan Tulehu diperlukan perluasan. Pada studi kasus tugas akhir mengenai Perancangan Struktur Dermaga Kapal Penumpang di Tulehu, Maluku, akan dibahas mengenai desain struktur dermaga dan trestel berdasarkan kriteria desain yang digunakan sebagai syarat perencanaan struktur dengan mempertimbangkan kondisi lingkungan pada lokasi studi. Tugas akhir mencakup penentuan dimensi dermaga dan trestel, pengolahan data lingkungan, perhitungan beban pada dermaga dan trestel, pemodelan struktur, desain penulangan struktur, dan perhitungan daya dukung tanah.

Pemodelan struktur dilakukan menggunakan perangkat lunak analisis struktur untuk mengetahui kekuatan 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 paling optimal, dilakukan dengan pemeriksaan nilai UCR sebagai acuan, dengan nilai ditargetkan diantara 0,7 dan 1,0, pemeriksaan nilai rasio tulangan yang dibutuhkan untuk menentukan luas penampang optimal, dan pemeriksaan nilai defleksi dengan nilai harus dibawah batas izin layan..

Dari Tugas Akhir ini, dihasilkan desain dermaga dan trestel meliputi geometri dimensi struktur dan elemen, detail penulangan, dan kedalaman rencana pemancangan.

Kata Kunci: Dermaga, Struktur, Pemodelan, Kapal Penumpang, Tugas Akhir, ITB

Tulehu Port is located in Ambon Island under the administration of the Tulehu Village, Salahutu District, Central Maluku Regency, Maluku Province. The location of Tulehu Port, which is on the eastern end of Ambon Island, provides a transport access from Ambon Island to the surrounding islands. Ambon Island as the economic and administrative center of Maluku Province has an important role in which 21% of the population of Maluku is on this island. Tulehu is the main gate to the largest island in Maluku, Seram Island, going from Ambon. The population of Maluku is increasing by 1.85% per year more rapidly than the Indonesian average.

To overcome the overcapacity of inter-island transportation, Tulehu Port needs expansion. In the undergraduate final paper study on the Design of Passenger Ship Port Structure in Tulehu, Maluku, we will discuss the design of the pier structure and trestle based on design criteria used as structural planning requirements taking into account the environmental conditions at the study site. This final assignment includes determining the pier and trestle dimensions, processing environmental data, calculating the load on the pier and trestle, structural modeling, structural reinforcement design, and calculating the carrying capacity of the soil.

design, carried out by examining the UCR value as a reference, with a target value between 0.7 and 1.0, checking the reinforcement ratio value needed to determine the optimal cross-sectional area, and checking deflection values with values below service permit limit.

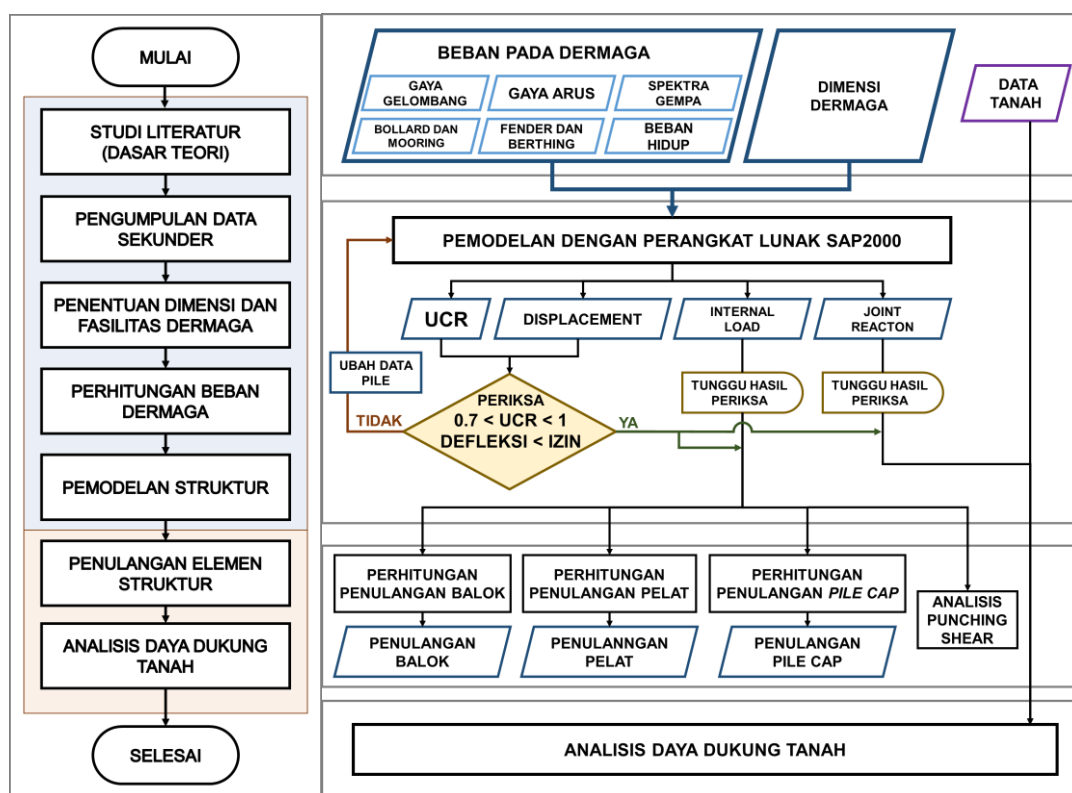
From this Final Project, the structure of the pier structure and trestel are produced including the geometry of the dimensions of the structure and elements, details of reinforcement, and the depth of the design plan..

Key words: *Modelling, Passenger, Pier, Ship, Structure.*

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan Negara Kepulauan (Archipelagic State) 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 seiring meningkatnya ekonomi dan jumlah penduduk. Oleh karena itu diperlukan adanya pelabuhan baru untuk menyokong perekonomian dan transportasi di Kepulauan Maluku khususnya Kabupaten Maluku Tengah.

TEORI DAN METODOLOGI

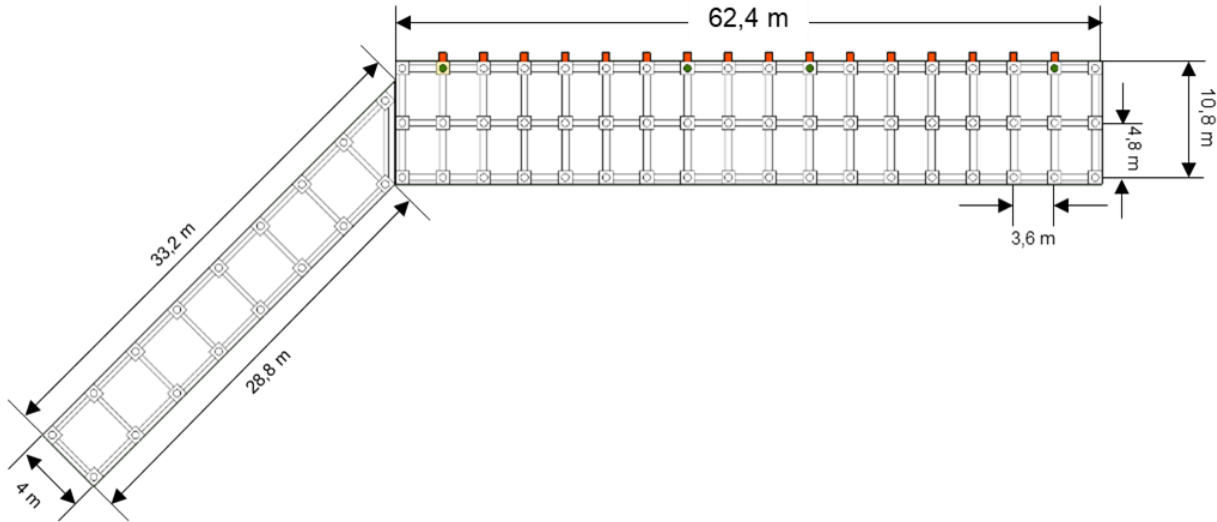


Gambar 1 Metodologi Pengerjaan Perencanaan Desain dan Proses Pemodelan

Dari data lingkungan pelabuhan Tulehu, sesuai panduan dan kriteria studi literatur dilakukan penentuan dimensi dan beban pada struktur dermaga diatas tiang pancang (*deck on pile*). Dalam proses pemodelan diharapkan terjadi iterasi sampai hasil ysng optimum sesuai ruang lingkup dan studi literatur. Hasil pemodelan adalah gaya-gaya dalam untuk menghitung penulangan berdasarkan *Perencanaan Dasar Struktur Beton: 2014*, Iswandi, dan analisis daya dukung tanah berdasarkan *Perencanaan Pelabuhan: 2010*, Bambang Triatmodjo. Hasil akhir tugas ini adalah desain penulangan, dimensi elemen-elemen, dan fasilitas dermaga.

PERNGERJAAN DAN ANALISIS

Dimensi dan elemen dari dermaga yang didapatkan dari perhitungan terhadap data lingkungan untuk desain awal ditampilkan pada **Tabel 1**, keseluruhan orientasi dan dimensi pada **Gambar 2**.



Gambar 2 Tampak Atas Dimensi Dermaga dan Trestel

Tabel 1 Dimensi dan Elemen Dermaga

Dimensi Dermaga		
Panjang	62,4	m
Lebar	10,8	m
Elevasi (LWS)	5,3	m
Tiang pancang		
Diameter	0,762	m
Tebal	0,0254	m
Pile Cap		
Dimensi	1,2 x 1,2 x 1,2	m
Balok		
Tinggi	0,85	m
Lebar	0,5	m
Pelat		
Tebal	0,3	m

Dimensi dan elemen dari trestel yang didapatkan dari perhitungan terhadap data lingkungan untuk desain awal ditampilkan pada **Tabel 2**.

Tabel 2 Dimensi dan Elemen Trestel

Dimensi Trestel		
Panjang	62,4	m
Lebar	10,8	m
Elevasi (LWS)	5,3	m
Tiang pancang		
Diameter	0,25	m
Tebal	0,015	m
Pile Cap		
Dimensi	0,8 x 0,8 x 0,8	m
Balok		
Tinggi	0,55	m
Lebar	0,35	m
Pelat		
Tebal	0,3	m

Beban yang bekerja pada dermaga dibagi atas 1) Beban Horizontal, dan 2) Beban Vertikal ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 3 Beban yang Bekerja Pada Dermaga

Beban Horizontal		
Beban Berlabuh	478	kNm
Beban Tambat	10	ton
Beban Gelombang	-	
Beban Arus	0,486	kN/m
Beban Gempa	-	
Beban Vertikal		
Beban Operasional	16,76	kN/m ²
Beban Fender	9696	kg
Beban Bollard	220	kg
Beban Pile Cap	2786,45	kN

Perubahan desain optimasi ditampilkan pada **Tabel 4**.

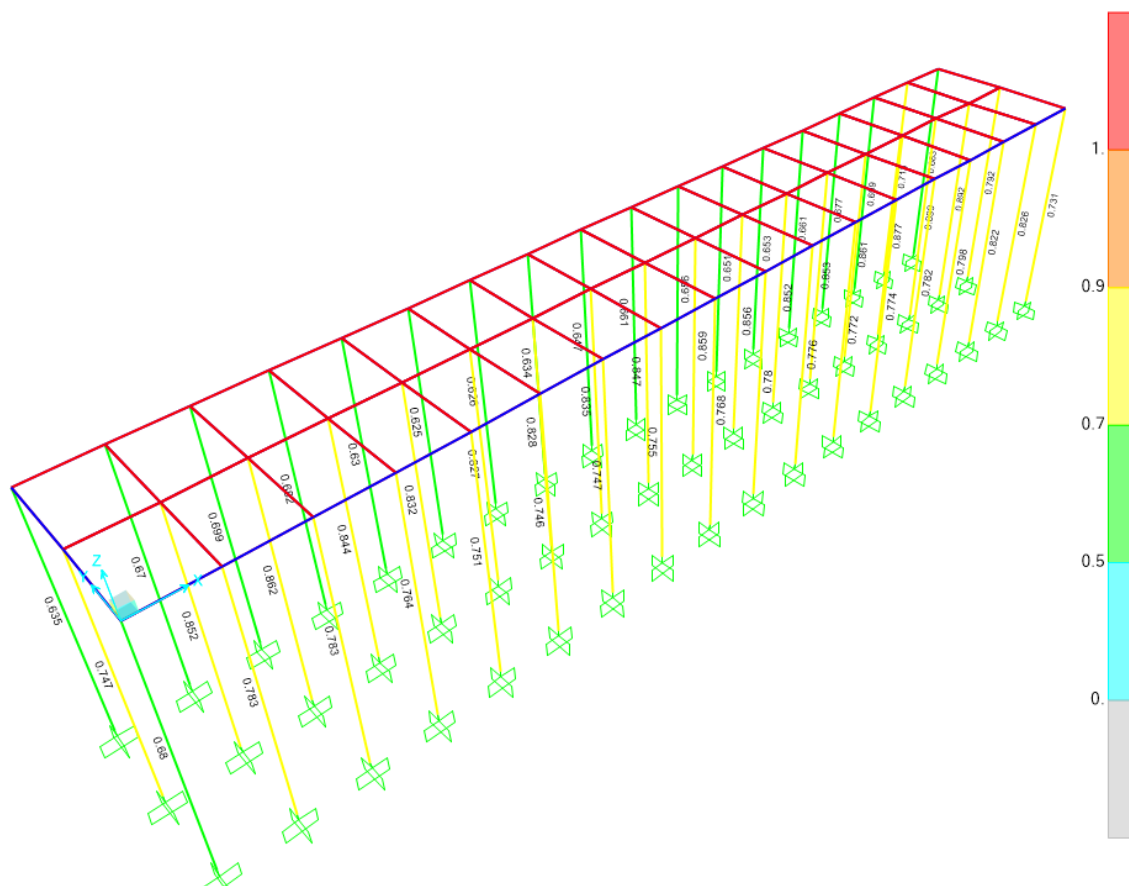
Tabel 4 Perubahan Desain Optimasi

Optimasi Desain Tiang Pancang					
Pile	Parameter				
	OD	wt	Fixity	Toral L	Satuan
Desain Awal	0.762	0.0254	4.5	15.8	m
Desain Optimum	0.4	0.017	2.4	13.7	m

Hasil Pemodelan dibagi atas kondisi SLS (*service load state*) untuk pengecekan izin dan daya dukung tanah dan ULS (*ultimate load state*) untuk penulangan, yang dijabarkan pada Tabel 5 dan UCR (unity check ratio) dermaga optimasi pada Gambar 3.

Tabel 5 Daftar Output Pemodelan

Kondisi SLS
Defleksi Tiang pancang
Lendutan Balok
Reaksi Perletakan
Rasio momen izin
Kondisi ULS
UCR
Gaya dalam Balok
Gaya dalam Tiang Pancang
Gaya dalam Pelat



Gambar 3. Unity Check Ratio Dermaga Optimasi

Hasil penulangan terdiri atas 1) Lentur Balok, 2) Geser Balok, 3) Lentur Pelat, dan 4) Geser Pile Cap ditampilkan pada **Tabel 6**.

Tabel 6 Hasil Penulangan Elemen Struktur

Balok Lentur		
Jenis	Atas	Bawah
Lentur Balok Dermaga	8D19	8D16
Lentur Balok Trestel	8D16	8D16
Balok Geser		
Geser Balok Dermaga	Ø16-200	
Geser Balok Trestel	Ø10-200	
Pelat		
Jenis	Atas	Bawah
Dermaga arah X	D10-110	D10-110
Dermaga arah Y	D13-100	D10-110
Trestel arah X	D10-100	D10-100
Trestel arah Y	D10-100	D10-200
Pile Cap		
Jenis	X	Y
Dermaga	Ø19-100	Ø19-100
Trestel	Ø16-100	Ø16-100

Hasil analisis daya dukung tanah ditampilkan pada Tabel 7.

Tabel 7 Hasil analisis daya dukung tanah

Daya Dukung Tanah Dermaga		
Diameter Pile	0.4	m
Tebal Pile	0.017	m
Reaksi	766,84	kN
Kedalaman	24,2	m
Daya Dukung Tanah Trestel		
Diameter Pile	0,25	m
Tebal Pile	0,015	m
Reaksi	301,8	kN
Kedalaman	17,5	m

KESIMPULAN DAN SARAN

Perencanaan struktur dermaga pada tugas akhir ini menghasilkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Dermaga melayani bongkar muat peti kemas dari 1 unit kapal berukuran 500 DWT (*KM Perintis Tol Laut*) dengan dimensi:
 - Elevasi lantai dermaga = +5,3m dari LWS
 - Panjang dermaga = 61,2 m antar tiang pancang, 62,4 m total
 - Lebar dermaga = 9,6 m antar tiang pancang, 10,8 m total
 - Kedalaman perairan dermaga = -6 m dari LWS
 - *Fixity point* = -13,7 m dari elevasi dermaga, 2,4 m dari dasar laut
2. Trestel menghubungkan antara dermaga dan darat dengan dimensi:
 - Panjang trestel = 32 m antar tiang pancang, 33,2 m total
 - Lebar trestel = 4 m antar tiang pancang, 4,8 m total
 - Elevasi lantai trestel = +5,3 m dari LWS
 - *Fixity point* = -10,4 m dari elevasi dermaga, 2,1 m dari dasar laut.
3. Dermaga dirancang untuk dapat menahan kombinasi beban yang bekerja diantaranya:
 - Berat sendiri struktur (*dead load*) yang terdiri dari elemen struktural yaitu tiang pancang, *pile cap*, pelat, dan balok
 - Beban mati tambahan (*super imposed dead load*) dari fasilitas dermaga yaitu *fender* dan *bollard*.
 - Beban hidup seperti beban lajur kendaraan dan pejalan kaki
 - Beban benturan kapal saat berlabuh (*berthing*)
 - Beban akibat tambatan kapal (*mooring*) yang disebabkan angin dan arus
4. Beban lingkungan pada struktur dermaga yaitu beban arus, gelombang, dan gempa. Fasilitas struktur dermaga yang digunakan untuk menahan beban mooring akibat gaya lingkungan dan beban bertambat kapal terbesar (500 DWT) yaitu:
 - Jenis *fender* : SCN 800 E1.1 (*Trelleborg Systems Inc.*)
 - Kapasitas *fender* : $E_R = 196 \text{ kN}$
 - Reaksi *fender* : $R_r = 478 \text{ kN}$
 - Jenis *Bollard* : *T-head* 10 ton (*Maritime International Inc.*)
5. Komponen struktur dermaga yang digunakan yaitu sebagai berikut:
 - 1) Tiang pancang

- Material : Baja ASTM A252, $f_y = 240$ MPa
- Diameter = 400 mm (*Nippon Steel Corp.*)
- Tebal = 17 mm

2) Balok Arah Lebar

- Tinggi x lebar x panjang : 850 x 500 x 4800 mm
- Tulangan lentur sisi bawah : 8D16, $b = 84.67$ mm
- Tulangan lentur sisi atas : 8D19, $b = 80.67$ mm
- Tulangan sengkang : Ø16-200

3) Balok Memanjang

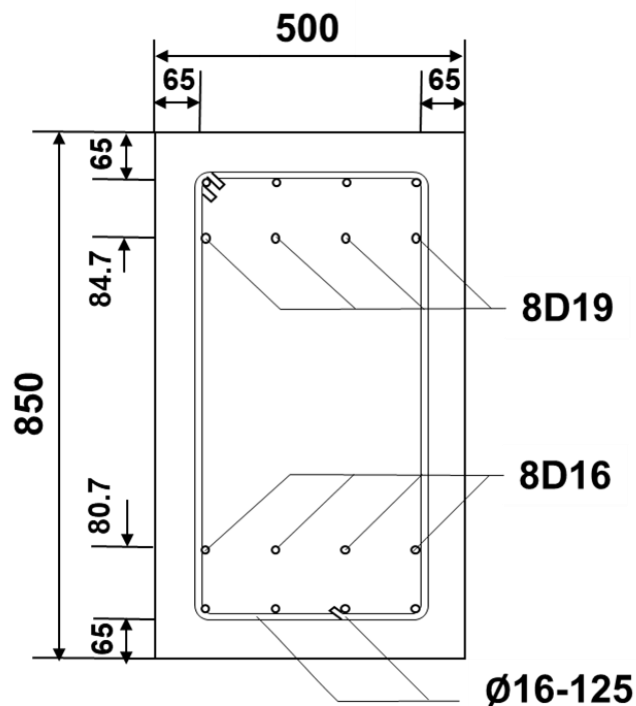
- Tinggi x lebar x panjang : 850 x 500 x 3600 mm
- Tulangan lentur sisi bawah : 8D16, $b = 84.67$ mm
- Tulangan lentur sisi atas : 8D19, $b = 80.67$ mm
- Tulangan sengkang : Ø16-200

4) Pelat

- Tebal pelat : 300 mm
- Tulangan lentur sisi atas arah x : D10-110
- Tulangan lentur sisi bawah arah x : D10-110
- Tulangan lentur sisi atas arah y : D13-100
- Tulangan lentur sisi bawah arah y : D10-110

5) *Pile cap*

- Dimensi *pilecap* : 1200 x 1200 x 1200 mm
- Tulangan susut arah x : Ø19-100
- Tulangan susut arah y : Ø19-100



Gambar 4 Penulangan Balok Dermaga

6. Komponen struktur trestel yang digunakan yaitu sebagai berikut:

6) Tiang pancang

- Material : Baja ASTM A252, $f_y = 240$ MPa
- Diameter = 300 mm
- Tebal = 16 mm

7) Balok

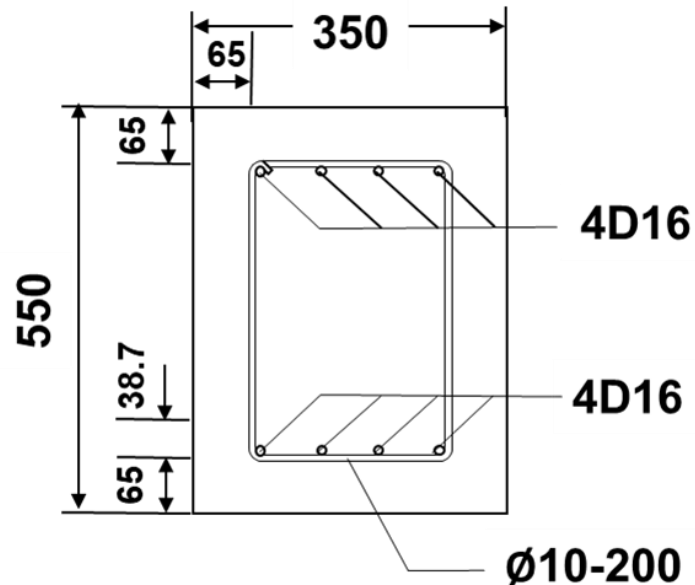
- Tinggi x lebar x panjang : 550 x 300 x 4000 mm
- Tulangan lentur sisi bawah : 4D16, $b = 38.67$ mm
- Tulangan lentur sisi atas : 4D16, $b = 38.67$ mm
- Tulangan sengkang : Ø10-200

8) Pelat

- Tebal pelat : 300 mm
- Tulangan lentur sisi atas arah x : D10-100
- Tulangan lentur sisi bawah arah x : D10-100
- Tulangan lentur sisi atas arah y : D10-100
- Tulangan lentur sisi bawah arah y : D10-200

9) *Pile cap*

- Dimensi *pilecap* : 800 x 800 x 800 mm
- Tulangan susut arah x : Ø16-100
- Tulangan susut arah y : Ø16-100



Gambar 5 Penulangan Balok Trestel

7. Kedalaman rencana pemancangan pondasi Dermaga sesuai daya dukung yang dibutuhkan yaitu 24,2 m dari dasar laut. Untuk Trestle 17,5 m dari dasar laut.

Perhitungan struktur yang dilakukan tidak memperhatikan jenis kapal lain maupun metode konstruksi seperti proses pemasangan, seperti konstruksi beton apakah precast atau in situ, sambungan tulangan, dsb. Oleh karena itu, perlu melibatkan pertimbangan metode konstruksi dalam desain. Dalam tugas akhir ini, analisis daya dukung tanah hanya melibatkan perhitungan daya dukung vertikal, tidak melibatkan daya dukung lateral. Sebaiknya perhitungan daya dukung lateral juga harus dihitung.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional. 2013. *SNI 1726:2013 Perancangan Bangunan Tahan Gempa*. Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. 2015. *SNI 1729:2015 Spesifikasi Bangunan Baja Struktural*. Jakarta: BSN.
- Das, Braja M. 2011. *Principles of Foundation Engineering*. Stamford: CENGAGE Learning.
- Imran, Iswandi dan Ediansjah Zulkifli. 2014. *Perencanaan Dasar Struktur Beton Bertulang*. Bandung: Penerbit ITB.
- The Overseas Coastal Area Development Institute. 2002. *Technical Standards and Commentaries for Port and Harbour Facilities in Japan*. Tokyo: OCDI.
- Thoresen, Carl A. 2014. *Port Designers Handbook*. London: ICE Publishing.
- Triatmodjo, Bambang. 2010. *Perencanaan Pelabuhan*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Wight, James K. dan James G. MacGregor. 2012. *Reinforced Concrete Mechanics and Design*. New Jersey: Pearson Education, Inc.