

TUGAS AKHIR TERAPAN - RC 146559

**PERENCANAAN STRUKTUR DERMAGA
GENERAL CARGO PELABUHAN GRESIK,
KABUPATEN GRESIK JAWA TIMUR KAPASITAS
10.000 DWT DENGAN METODE BETON
PRACETAK**

MAHENDRA SURYA SUBRATA
NRP. 1011141000092

Dosen Pembimbing
R. BUYUNG ANUGRAHA A, S.T, M.T.
NIP. 19740203 200212 1 002

PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL
Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018



TUGAS AKHIR TERAPAN - RC 146559

**PERENCANAAN STRUKTUR DERMAGA
GENERAL CARGO PELABUHAN GRESIK,
KABUPATEN GRESIK JAWA TIMUR KAPASITAS
10.000 DWT DENGAN METODE BETON
PRACETAK**

**MAHENDRA SURYA SUBRATA
NRP. 10111410000092**

Dosen Pembimbing
**R. BUYUNG ANUGRAHA A, S.T, M.T.
NIP. 19740203 200212 1 002**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL
Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018**



FINAL PROJECT - RC 146559

**DESIGN OF STRUCTURE GENERAL CARGO
PIER PORT OF GRESIK, AT GRESIK REGENCY
EAST JAVA FOR VESSEL CAPACITY 10.000
DWT BY USING PRECAST CONCRETE METHOD**

**MAHENDRA SURYA SUBRATA
NRP. 10111410000092**

**Dosen Pembimbing
R. BUYUNG ANUGRAHA A, S.T, M.T.
NIP. 19740203 200212 1 002**

**DIPLOMA IV CIVIL ENGINEERING
Civil Infrastructure Engineering Department
Vocational Faculty
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018**

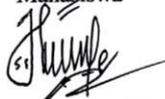
**PERENCANAAN STRUKTUR DERMAGA GENERAL
CARGO PELABUHAN GRESIK, KABUPATEN
GRESIK JAWA TIMUR KAPASITAS 10.000 DWT
DENGAN METODE BETON PRACETAK**

PROYEK AKHIR TERAPAN

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Sains Terapan
Pada
Konsentrasi Bangunan Transportasi
Program Studi Diploma IV Departemen Teknik Infrastruktur
Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

Surabaya, 30 JUL 2018

Disusun oleh :
Mahasiswa



Mahendra Surya Subrata
NRP : 10111410000092

Disetujui oleh
Dosen Pembimbing

31 JUL 2018

30
27 2018



K. Buyung Anugraha, ST. MT.
NIP. 19740203 200212 1 002



BERITA ACARA
TUGAS AKHIR TERAPAN
PROGRAM STUDI DIPLOMA EMPAT TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI ITS

No. Agenda :
041523/IT2.VI.8.1/PP.05.02/2018

Tanggal : 18/07/2018

Judul Tugas Akhir Terapan	Perencanaan Struktur Dermaga General Kargo Pelabuhan Gresik Kab. Gresik Jatim Kapasitas 10.000 DWT Dengan Beton Pracetak		
Nama Mahasiswa	Mahendra Surya Subrata	NRP	1011141000092
Dosen Pembimbing 1	R. Buyung Anugraha A, ST. MT. NIP 19740203 200212 1 002	Tanda tangan	
Dosen Pembimbing 2	NIP -	Tanda tangan	

URAIAN REVISI	Dosen Penguji
<ul style="list-style-type: none">Cek perhitungan shear ringCek perhitungan geser ponds plat berdasarkan lebar pad outriggerGambar detail AbutmentGambar detail Sambungan balok - balokGambar detail Bolland dipar baki	 Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS NIP 19600105 198603 1 003
<ul style="list-style-type: none">Kontrol pada tumpuan plat pada balokPanjang penyaluranTulangan susut dan suhu pada plat in situPenulangan balok tepi dan plat funderGambar penulangan plat pada potongan balokDetail penulangan pile capMetode pamanangan di lengkap	 Ir. Chomaedhi, CES.Geo. NIP 19550319 198403 1 001
<ul style="list-style-type: none">Daftar IsiPampang kepala tiang pancang yang tertanam dalam pile capDetail dalatasar	 Ir. Sungkono, CES NIP 19591130 198601 1 001
<ul style="list-style-type: none">Data angin / arus di lengkap pada LaporanKesimpulan dan saranSARAN NO. 17SARAN BEBAN ARUS ->	 Ir. Agung Budipriyanto, M.Eng PhD NIP 19620328 198803 1 001

PERSETUJUAN HASIL REVISI			
Dosen Penguji 1	Dosen Penguji 2	Dosen Penguji 3	Dosen Penguji 4
Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS NIP 19600105 198603 1 003	Ir. Chomaedhi, CES.Geo. NIP 19550319 198403 1 001	Ir. Sungkono, CES NIP 19591130 198601 1 001	Ir. Agung Budipriyanto, M.Eng PhD NIP 19620328 198803 1 001

Persetujuan Dosen Pembimbing Untuk Penjilidan Buku Laporan Tugas Akhir Terapan	Dosen Pembimbing 1	Dosen Pembimbing 2
	 R. Buyung Anugraha A, ST. MT. NIP 19740203 200212 1 002	



ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1 2
 NRP : 1 2
 Judul Tugas Akhir :

Dosen Pembimbing :

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan						
2	19 Februari 2018	<ul style="list-style-type: none"> • Bab IV → Data Perencanaan • Sub bab IV Dibelutikan • Bab V → Perencanaan Derraga • Lagut Bab 5 → Permodelan Struktur • dilanjuttkan ke permodelan. • buat kombinasi beban akibat beban hidup merata. • buat batasan area kerja HMC 		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33.33%; text-align: center;">B</td> <td style="width: 33.33%; text-align: center;">C</td> <td style="width: 33.33%; text-align: center;">K</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	B	C	K	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
B	C	K								
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>								
9	2 Maret 2018	<ul style="list-style-type: none"> • Beban KEL & Crane dibuat selang seling beberapa varuasi • Diameter tiang pancang derraga diperbesar → D 40 inch • Hitung kd (panjang penyulutan tiang) • Beban berting langsung kena di satu portal (satu titik) • Beban mooring diwater berdasarkan sudut tali kapal • Beban arus gelombang & Beban ke seluruh tiang • Beban angin di proyeksi kearah manjang/melintang kapal 		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33.33%; text-align: center;">B</td> <td style="width: 33.33%; text-align: center;">C</td> <td style="width: 33.33%; text-align: center;">K</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	B	C	K	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
B	C	K								
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>								

Ket.
 B = Lebih cepat dari jadwal
 C = Sesuai dengan jadwal
 K = Terlambat dari jadwal



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

FAKULTAS VOKASI
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116
 Telp. 031-5947837 Fax. 031-5938025
<http://www.diplomasi-pil-its.ac.id>

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1 2
 NRP : 1 2
 Judul Tugas Akhir :

Dosen Pembimbing :

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan												
	12 Maret 2018	<ul style="list-style-type: none"> Kesalahan input beban asus (DEAD) Ketepatan pelat dipilih mana geser pons akibat crane dan truck Beban crane & Beban truck moving Wad untuk usah dipakei, pabri variasi, KEL 		<table border="1"> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>C</td> <td>K</td> <td></td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td></td> </tr> </table>					B	C	K		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
B	C	K														
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>														
		<ul style="list-style-type: none"> Frame 1 KEL, (ada 29 KEL) (tiap 2 portal/12m) Pemangung balok tepi dibuat lebih keribak, balok utama jarak ujung trestle dibuat 1m Trestle miring ditambahi balok dan tiang UPL pada trestle dibuat sama dengan demang Trestle dibuat dikatas, tiap 20m/selubung Scale faktor gambar 9,8 		<table border="1"> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>C</td> <td>K</td> <td></td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td></td> </tr> </table>					B	C	K		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
B	C	K														
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>														
	26 Maret 2018	<ul style="list-style-type: none"> Scale faktor dibuat sama dengan kombinas di POLB Cek Kapasitas tiang untuk $d = 80 \text{ cm}$ (ketorsinya $D > 80 \text{ cm}$) & Cabut Tiang UPL Trestle 1 T/m^2 Beban Crane kesalahan di ujung diperbaiki di band kombinas, serasi, - load Beban Beishing yg diinput ke SAP Peleberg 		<table border="1"> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>C</td> <td>K</td> <td></td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td></td> </tr> </table>					B	C	K		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
B	C	K														
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>														

Ket. :
 B = Lebih cepat dari jadwal
 C = Sesuai dengan jadwal
 K = Terlambat dari jadwal



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

FAKULTAS VOKASI
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116
 Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025
<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1 2
 NRP : 1 2
 Judul Tugas Akhir :

Dosen Pembimbing :

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan
1	0-09-2018	Let. Pasiv. tiang berdasarkan dimensi tiang • Penulangan pelat pracetak ^{dan struktur} lebar ^{lebar} • Variasi: UPL dibuat sama dengan dermaga		<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> K <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
2	22-04-2018	• Dimensi balok diperbesar (h dan l) • Perhitungan pracetak pelat dan balok • Pelat pracetak dibagi persegi • Perhitungan pelat dan balok precast ditinjau dari berbagai kondisi (panjang lebar pelat sangat dan operasional)		<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> K <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
3	9-09-2018	• Pelat precast satu arah hanya meninjau satu arah • Panjang bentang pelat saat kondisi pemasangan diujung keujung (arah memanjang) • Panjang bentang pelat saat kondisi pemasangan (arah memanjang) • Sambungan antar pelat precast (dari referensi) • Kebutuhan tulangan balok dipakai pada kondisi yg paling menentu (momen terbesar) • Hitung geser vertikal kolom		<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> K <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> K <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

Ket. :
 B = Lebih cepat dari jadwal
 C = Sesuai dengan jadwal
 K = Terlambat dari jadwal



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116
 Telp. 031-5847637 Fax. 031-5838025
<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1 2
 NRP : 1 2
 Judul Tugas Akhir :

Dosen Pembimbing :

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan
	24-05-2018	<ul style="list-style-type: none"> Menentukan titik angkat pelat pracetak Pelat A1 pracetak tidak usah pakai daerah lapangan 		
		<ul style="list-style-type: none"> Berang diambil dari kedalaman -5 karena nilai SPT masih nol (Dica. displacement horizontal ≤ 10 mm) 		<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> K
	25-06-2018	<ul style="list-style-type: none"> Keterangan gambar (VDL) ditambah kombinasi beban Kondisi 3 beban crane yg paling maksimum (tidak dibagi 2) beban diterima sewa crane Kondisi pemasangan (gambar): kondisi pelaksanaan Dilampirkan diagram (kontur pelat) kondisi setelah komposit Revisi pemasangan Shear Connector Revisi gambar penulangan pelat precast Revisi gambar penulangan pelat insitu Balok fender dibetulkan (gambar) Dimensi balok fender dipasang tul. tors. 		<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> K <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> K
	12-09-2018	<ul style="list-style-type: none"> Gambar diperlihatkan Perhitungan tahanan perkuatan jela precast Revisi semua gambar 		<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> K <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> K

Ket. :
 B = Lebih cepat dari jadwal
 C = Sesuai dengan jadwal
 K = Terlambat dari jadwal

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

**PERENCANAAN STRUKTUR DERMAGA GENERAL
CARGO PELABUHAN GRESIK, KABUPATEN GRESIK
JAWA TIMUR KAPASITAS 10.000 DWT DENGAN
METODE BETON PRACETAK**

Nama : Mahendra Surya Subrata
NRP : 10111410000092
Departemen : Teknik Infrastruktur Sipil
Dosen Pembimbing : R. Buyung Anugraha A. ST, MT

ABSTRAK

Dermaga general cargo Pelabuhan Gresik terletak di Kabupaten Gresik, Provinsi Jawa Timur. Dermaga ini didesain untuk memperlancar pendistribusian barang dan jasa melalui transportasi laut di daerah Gresik. Dalam operasionalnya, dermaga ini akan digunakan untuk melayani kapal dengan kapasitas 10.000 DWT. Untuk memudahkan bongkar muat barang, dermaga ini dilengkapi dengan fasilitas LHM Crane 320.

Dermaga ini direncanakan menggunakan beton pracetak. Dalam perencanaanya, pada dermaga ini terdapat dua struktur yaitu , dermaga yang berfungsi sebagai tambatan kapal serta operasional sesuai dengan fungsi dari pelabuhan dan *trestle* yang menjadi jembatan penghubung antara dermaga dengan daratan. Selain itu, dermaga ini juga dilengkapi dengan *fender* dan *bollard* untuk tempat tambatan kapal. Pada struktur bawah direncanakan menggunakan tiang pancang baja (*steel pile*).

Dari perencanaan ini, didapat dimensi komposit meliputi balok induk dermaga (balok memanjang dan melintang) yaitu 750/1400 mm, balok fender 750/3000 mm dan balok listplank 750/140 mm, sedangkan dimensi balok trestle (balok memanjang

dan melintang) yaitu 600/900 mm. Plat dermaga didapatkan dengan dimensi tebal 700 mm, sedangkan untuk pelat trestle dengan tebal 350 mm. Untuk pilecap dermaga didapatkan dimensi 2000 mm x 2000 mm x 1500 mm, sedangkan untuk pilecap trestle didapatkan dimensi 1500 mm x 1500 mm x 1000 mm. Semua hasil perhitungan penulangan untuk semua elemen struktur disajikan pada gambar teknik.

Kata kunci : *dermaga, general cargo, trestle, beton pracetak*

**DESIGN OF STRUCTURE GENERAL CARGO PIER
PORT OF GRESIK, AT GRESIK REGENCY EAST JAVA
FOR VESSEL CAPACITY 10.000 DWT BY USING
PRECAST CONCRETE METHOD**

Student Name : Mahendra Surya Subrata
NRP : 1011141000092
Department : Teknik Infrastruktur Sipil
Counsellour Lecture : R. Buyung Anugraha A. ST, MT

ABSTRACT

General cargo pier at Gresik Port is located at Gresik regency, Jawa Timur. This Pier is designed to accelerate distribution of goods and services by sea transport in area of Gresik regency. In its operational state, this pier will be used to serve cargo ship with capacity of 10000 DWT. To facilitate the loading and unloading of goods, this pier is equipped with LHM Crane 320. This pier is designed by using precast concrete. As planned before, this pier consists of two structures, the first one is the pier for ship mooring and as an ordinary port function and the second is the trestle with the function as a connection bridge between port and base land. Moreover, this pier is facilitated with fender and bollard for ship mooring. At the lower structure, it is designed using the steel pipe pile.

From this design, the conclusion is the dimension of the composite including the pier main beam is 750/1400 mm, fender beam is 750/3000 mm and listplank beam is 750/140 mm while trestle beam dimension is 600/900 mm. Pier slab dimension is 700 mm thick, while trestle beam dimension is 350 cm thickness. For pilecap dimension is 2000 mm x 2000 mm x 1500 mm, while for

trestle pilecap dimension is 1500 mm x 1500 mm x 1000 mm. All reinforcement calculation results is for element of structure and presented in engineering drawing.

Kata kunci : *pier, general cargo, trestle, precast concrete,*

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas segala rahmat dan hidayah-Nya, penyusunan Tugas Akhir Terapan dengan judul **“Perencanaan Struktur Dermaga General Cargo Pelabuhan Gresik, Kabupaten Gresik Jawa Timur Kapasitas 10.000 DWT Dengan Beton Pracetak”** dapat terselesaikan.

Tersusunnya Tugas Akhir Terapan ini tidak terlepas dari dukungan dan bantuan dari beberapa pihak yang telah memberikan masukan serta bimbingan kepada penulis. Untuk itu, penulis ucapkan terima kasih terutama kepada:

1. Kedua orang tua penulis, saudara, serta teman-teman yang telah memberikan banyak dukungan moril maupun material terutama melalui doa dan semangatnya.
2. Bapak R. Buyung Anugraha A. ST, MT selaku pemberi data dan sebagai dosen pembimbing dalam penulisan Tugas Akhir Terapan, yang telah memberikan bimbingan dan arahan selama penyusunan
3. Bapak Dr. Machsus, ST, MT, selaku koordinator Departemen Teknik Infrastruktur Sipil.
4. Para dosen penguji yang telah memberikan masukan

Penulis menyadari dalam penyusunan Tugas Akhir Terapan ini tidaklah sempurna, maka penulis mohon maaf apabila masih terdapat kekurangan.

Demikian yang dapat penulis sampaikan, terima kasih.

Surabaya, 27 Juli 2018

Penulis

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

COVER	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xix
DAFTAR TABEL	xxiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan	3
1.5 Manfaat	4
1.6 Lokasi Dermaga	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Dermaga.....	8
2.1.1 Pengertian Dermaga.....	8
2.1.2 Tipe Dermaga	8
2.2 Penetapan Dimensi.....	9
2.2.1 Panjang Dermaga.....	10
2.2.2 Lebar Dermaga	10

2.2.3 Elevasi Apron/Lantai Dermaga	10
2.2.4 Kedalaman Dermaga	11
2.2.5 Karakteristik Kapal.....	12
2.3 Pembebanan Dermaga.....	13
2.3.1 Beban Horizontal.....	13
2.3.2 Beban Vertikal.....	26
2.3.3 Kombinasi Pembebanan	28
2.4 Perencanaan Fender	29
2.4.1 Tipe Fender.....	30
2.4.2 Elevasi Fender	31
2.4.3 Jarak Fender.....	31
2.5 Perencanaan Bollard	32
2.5.1 Kapasitas Bollard.....	33
2.5.1 Penentuan Posisi Bollard	33
2.5.2 Panjang Penjangkaran Bollard.....	34
2.6 Perencanaan Struktur Atas	34
2.6.1 Pelat Lantai	34
2.6.2 Balok Dermaga	38
2.7 Perencanaan Struktur Bawah	45
2.7.1 Penulangan Pilecap.....	45
2.7.2 Penulangan Shear Ring Pilecap	45
2.7.3 Perencanaan Pondasi Dalam.....	46
2.8 Beton Pracetak	50

2.8.1 Pengertian	50
2.8.2 Keuntungan dan Kerugian	50
2.8.3 Elemen Pracetak	51
2.8.4 Kontrol Elemen Pracetak	53
2.8.5 Perencanaan Sambungan	55
2.9 Metode Pelaksanaan Dermaga	58
BAB III METODOLOGI	61
3.1 Pengumpulan Data	61
3.2 Penentuan Dimensi Dermaga	61
3.3 Perencanaan Dimensi Elemen	62
3.4 Analisa Pembebanan Struktur	62
3.5 Perencanaan Fender	62
3.6 Perencanaan Bollard	63
3.7 Analisa Struktur	63
3.8 Penulangan dan Kontrol Stabilitas Struktur	63
3.9 Perencanaan Beton Pracetak	63
3.10 Penggambaran Struktur	63
3.11 Perencanaan Metode Pelaksanaan	63
3.12 Penulisan Laporan	64
3.8 Bagan Alir	65
BAB IV ANALISA DATA	67
4.1 Data yang Digunakan	67
4.1.1 Data Kapal	67

4.1.2 Data Bathymetri.....	67
4.1.3 Data Arus.....	69
4.1.4 Data Angin.....	69
4.1.5 Data Pasang Surut.....	70
4.1.6 Data Tanah.....	71
4.1.7 Data Crane.....	72
4.2 Spesifikasi Material.....	73
4.2.1 Beton.....	73
4.2.2 Baja.....	73
4.2.3 Tiang Pancang.....	74
4.3 Perencanaan Tata Letak dan Dimensi.....	74
4.3.1 Panjang Dermaga.....	74
4.3.2 Lebar Dermaga.....	74
4.3.3 Kedalaman Dermaga.....	74
4.3.4 Elevasi Lantai Dermaga.....	75
4.3.5 Dimensi Trestle.....	75
BAB V PRELIMINARY DESAIN.....	77
5.1 Penentuan Dimensi Elemen.....	77
5.1.1 Tebal Pelat Dermaga.....	77
5.1.2 Tebal Pelat Trestle.....	78
5.1.3 Dimensi Balok Memanjang.....	78
5.1.4 Dimensi Balok Melintang Dermaga.....	79
5.1.5 Dimensi Balok Listplank.....	79

5.1.6 Dimensi Balok Memanjang Trestle	80
5.1.7 Balok Melintang Trestle	80
5.1.8 Balok Tepi Trestle	81
5.2 Pembebanan Struktur	82
5.2.1 Beban Sandar (<i>Berthing Force</i>).....	82
5.2.2 Beban Tarikan Kapal (Mooring Force)	86
5.2.3 Beban Gempa	89
5.2.4 Beban Arus	96
5.2.5 Beban Mati	97
5.2.6 Beban Hidup Merata.....	97
5.2.7 Beban Crane (LHM Crane 320)	99
5.2.8 Kombinasi Pembebanan	104
BAB VI ANALISA STRUKTUR.....	107
6.1 Analisa Struktur	107
6.1.1 Permodelan Struktur Dermaga dan Trestle.....	107
6.1.2 Permodelan Struktur Pelat	108
6.2 Perhitungan Struktur Pelat	109
6.2.1 Detail Perhitungan Struktur Pelat	110
6.2.2 Rekap Penulangan Pelat Lantai Dermaga dan Trestle	143
6.2.3 Kontrol Geser Pons.....	144
6.3 Perhitungan Struktur Balok.....	145
6.3.1 Perhitungan Struktur Balok Dermaga.....	146

6.3.2 Rekap Penulangan Balok Dermaga dan Trestle	161
6.3.3 Kontrol Balok Pracetak.....	162
6.4 Perhitungan Kolom Virtual	175
6.5 Perhitungan Pilecap.....	179
6.5.1 Rekap Penulangan Pilecap Dermaga dan Trestle	182
6.5.2 Perhitungan Geser Pons Pilecap	182
6.6 Perhitungan Shear Ring	183
6.6.1 Shear Ring Dermaga Ø 1016 mm.....	183
6.6.2 Shear Ring Trestle Ø 711.2 mm	186
6.7 Perhitungan Struktur Abutment	189
6.7.1 Analisis Pembebanan Pada Abutment	190
6.7.2 Kombinasi Pembebanan	195
6.7.3 Stabilitas Abutment	198
6.7.4 Penulangan Abutment.....	199
6.8 Perhitungan Pondasi.....	212
6.8.1 Perhitungan Tiang Dermaga Ø 1016 mm (Tiang baja)	212
6.8.2 Rekap Perhitungan Tiang Dermaga dan Trestle	217
6.8.3 Perhitungan Tiang Abutment.....	218
BAB VII METODE PELAKSANAAN	219
7.1 Umum	219
7.2 Metode Pelaksanaan Dermaga	219
7.2.1 Tahapan Pekerjaan Pemancangan Tiang	220

7.2.2 Tahapan Pekerjaan Pilecap	222
7.2.3 Tahapan Pekerjaan Balok	224
7.2.4 Tahapan Pekerjaan Pelat.....	225
7.2.5 Tahapan Pekerjaan Pasca Konstruksi	226
BAB VIII PENUTUP	228
8.1 Kesimpulan	228
8.2 Saran	229
DAFTAR PUSTAKA.....	xxiv
DAFTAR LAMPIRAN	xxv

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Lokasi Perencanaan	4
Gambar 1. 2 Layout Dermaga Eksisting	5
Gambar 1. 3 Layout Dermaga Rencana	5
Gambar 2. 1 Tampak Dermaga (Triatmodjo : 2009).....	8
Gambar 2. 2 Tipe Dermaga : a) Wharf ; b) Pier ; c) Jetty (Triatmodjo :2009)	9
Gambar 2. 3 Perencanaan Panjang Dermaga (Triatmodjo : 2009)	10
Gambar 2. 4 Perencanaan Kedalaman Dermaga (Soedjono : 2002)	12
Gambar 2. 5 Keterangan Dimensi Kapal.....	12
Gambar 2. 6 Jarak pusat berat kapal sampai titik sandar kapal (Triatmodjo: 2009)	16
Gambar 2. 7 Jari-jari putaran di sekeliling pusat berat kapal (Triatmodjo: 2009)	16
Gambar 2. 8 Peta Percepatan Batuan Dasar dan Spektra Percepatan	21
Gambar 2. 9 Peta percepatan puncak di batuan dasar (PGA) untuk probabilitas terlampaui 10% dalam 50 tahun	21
Gambar 2. 10 Peta respons spektra percepatan 0,2 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 10% dalam 50 tahun.....	22
Gambar 2. 11 Peta respons spektra percepatan 1 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 10% dalam 50 tahun.....	22
Gambar 2. 12 Peta percepatan puncak di batuan dasar (PGA) untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun	23
Gambar 2. 13 Peta respons spektra percepatan 0,2 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun.....	23
Gambar 2. 14 Peta respons spektra percepatan 1 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun.....	24

Gambar 2. 15 Pembebanan Truck	27
Gambar 2. 16 Liebherr harbor mobile crane Type LHM 320	28
Gambar 2. 17 Tipe – Tipe Fender	30
Gambar 2. 18 Posisi Pemasangan Fender.....	31
Gambar 2. 19 Bidang penyebaran tekanan roda kendaraan	37
Gambar 2. 20 Pelat Pracetak Double Tees	52
Gambar 2. 21 Pelat Pracetak Hollow Core Slab.....	52
Gambar 2. 22 Pelat Pracetak Half Slab	52
Gambar 2. 23 Balok Pracetak I Beam	52
Gambar 2. 24 a). Inverted Tee b). Ladger Beam c). Rectangular Beam.....	53
Gambar 2. 25 Ilustrasi Beton Pracetak Pada Saat Pengangkatan	54
Gambar 2. 26 Ilustrasi Beton Pracetak Pada Saat Penumpukan..	54
Gambar 2. 27 Ilustrasi Beton Pracetak Pada Saat Pemasangan ..	55
Gambar 2. 28 Beton Pracetak Pada Saat Pengecoran.....	55
Gambar 2. 29 Sambungan Antara Balok dengan Pelat	57
Gambar 2. 30 Sambungan Menerus (Pelat ke Pelat).....	58
Gambar 3. 1 Bagan alir pengerjaan tugas akhir	66
Gambar 4. 1 Peta Bathymetri Pelabuhan Gresik	68
Gambar 4. 2 Diagram Mawar Angin Pelabuhan Gresik dari tahun 2013-2017.....	70
Gambar 4. 3 Data Tanah Dermaga dan Trestle	71
Gambar 4. 4 Spesifikasi LHM Crane 320	73
Gambar 5. 1 Detail Fender	85
Gambar 5. 2 Peta Gambar 5 SNI 2833 2013 dan Lokasi Perencanaan Dermaga	91
Gambar 5. 3 Peta Gambar 6 SNI 2833 2013 dan Lokasi Perencanaan Dermaga	92
Gambar 5. 4 Grafik Respon Spektrum	95
Gambar 5. 5 Variasi beban UDL 1	97
Gambar 5. 6 Variasi beban UDL 2.....	98

Gambar 5. 7 Variasi beban UDL 3	98
Gambar 5. 8 Variasi beban UDL 4	98
Gambar 5. 9 Variasi beban UDL 5	98
Gambar 5. 10 Variasi beban UDL 6	98
Gambar 5. 11 Tabel Faktor Dinamis (SNI T-02 2005)	99
Gambar 5. 12 Konfigurasi roda dan pad serta Arah Boom Kondisi I	101
Gambar 5. 13 Konfigurasi roda dan pad serta Arah Boom Kondisi II	101
Gambar 5. 14 Konfigurasi roda dan pad serta Arah Boom Kondisi III	102
Gambar 6. 1 Permodelan Struktur Dermaga	107
Gambar 6. 2 Permodelan Struktur Trestle	108
Gambar 6. 3 Kontur momen pelat (M11) akibat kombinasi beban 1,2D + 1,6KEL1 + 1,6UDL2 + 1,6 Cr + 1,2 C	109
Gambar 6. 4 Kontur momen pelat (M22) akibat kombinasi beban 1,2D + 1,6BE + 1,2C	109
Gambar 6. 5 Denah pelat A1	110
Gambar 6. 6 Denah rencana pelat precast A1	111
Gambar 6. 7 Titik pengangkatan pelat	113
Gambar 6. 8 Kondisi penumpukan pelat	116
Gambar 6. 9 Analisa geser pons	144
Gambar 6. 10 Momen saat pengangkatan balok	165
Gambar 6. 11 Posisi titik angkat balok	166
Gambar 6. 12 Beban hidup lalu lintas	193
Gambar 6. 13 Denah tiang pancang abutment	218
Gambar 7. 1 Pemancangan tiang	220
Gambar 7. 2 Pengelasan sambungan tiang	221
Gambar 7. 3 Proses kalendering	222
Gambar 7. 4 Pemasangan landasan bekisting pilecap	223
Gambar 7. 5 Pemasangan bekisting pilecap	223

Gambar 7. 6 Pengecoran pilecap	224
Gambar 7. 7 Pemasangan balok precast	224
Gambar 7. 8 Pengecoran joint balok	225
Gambar 7. 9 Pemasangan pelat precast	225
Gambar 7. 10 Pengecoran top slab (Overtopping)	226
Gambar 7. 11 Pemasangan fender	226
Gambar 7. 12 Pemasangan bollard.....	227

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Elevasi Dermaga diatas HWS	11
Tabel 2. 2 Karakteristik Kapal General Cargo	13
Tabel 2. 3 Kecepatan Tambat Rencana	15
Tabel 2. 4 Faktor beban dan kombinasi pembebanan menurut POLB.....	29
Tabel 2. 5 Kapasitas Bollard (Standart Design Criteria for Port in Indonesia: 1984).....	33
Tabel 2. 6 Penentuan Posisi Bollard (Standart Design Criteria for Port in Indonesia: 1984).....	33
Tabel 4. 1 Dimensi Kapal General Cargo (Bridgestone Marine Fender Design Manual).....	67
Tabel 4. 2 Data arus dan angin Pelabuhan Gresik pada tahun 2013-2017.....	69
Tabel 5. 1 Spesifikasi SV 800 H 2 m (Bridgestone Marine Fender Design)	84
Tabel 5. 2 Perhitungan N rata-rata	90
Tabel 5. 3 Tabel Faktor Ampifikasi (Fa) SNI 2833 2013	92
Tabel 5. 4 Tabel Faktor Ampifikasi (Fv) SNI 2833 2013	93
Tabel 5. 5 Perhitungan Percepatan Spektra.....	94
Tabel 5. 6 Momen Maksimum akibat Boom Crane	100
Tabel 6. 1 Rekap kebutuhan tulangan pelat dermaga sebelum komposit.....	143
Tabel 6. 2 Rekap kebutuhan tulangan pelat dermaga dan trestle setelah komposit.....	144
Tabel 6. 3 Rekap Hasil Perhitungan Penulangan Balok Dermaga dan Trestle	162
Tabel 6. 4 Rekap penulangan pilecap dan trestle	182
Tabel 6. 5 Data tanah perencanaan pondasi dermaga.....	214
Tabel 6. 6 Rekapitulasi hasil perhitungan tiang	217

Tabel 8. 1 Dimensi balok dermaga dan trestle228

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pelabuhan merupakan sebuah fasilitas di ujung samudera, sungai, atau danau untuk menerima kapal dan memindahkan barang kargo maupun penumpang ke dalamnya. Perkembangan pelabuhan akan sangat ditentukan oleh perkembangan aktivitas perdagangannya, semakin ramai aktivitas perdagangan di pelabuhan tersebut maka akan semakin besar pelabuhan tersebut. Perkembangan perdagangan juga mempengaruhi jenis kapal dan lalu lintas kapal yang melewati pelabuhan tersebut. Dengan semakin berkembangnya lalu lintas angkutan laut, teknologi bongkar muat, meningkatnya perdagangan antar pulau dan luar negeri, hal ini menuntut pelabuhan dalam meningkatkan kualitas peran dan fungsinya sebagai terminal point bagi barang dan kapal. Oleh karena itu, setiap negara berusaha membangun dan mengembangkan pelabuhannya sesuai dengan tingkat keramaian dan jenis perdagangan yang ditampung oleh pelabuhan tersebut. Dengan demikian, perkembangan pelabuhan akan selalu seiring dengan perkembangan ekonomi negara.

Pelabuhan Gresik merupakan salah satu pelabuhan yang memiliki peranan penting dalam pelayanan kegiatan transportasi laut yang berperan dalam peningkatan perekonomian wilayah Jawa Timur. Salah satu dermaga yang ada di Pelabuhan Gresik adalah dermaga general cargo yang digunakan untuk melayani bongkar muat barang cargo. Proses operasi pelabuhan merupakan proses yang cukup penting di mana prasarana dermaga yang ada haruslah menjamin kemudahan dan keamanan proses kerja yang dilaksanakan. Oleh karena itu, maka diperlukannya suatu perancangan struktur dermaga yang mampu untuk menampung

beban yang ada sekaligus mempermudah, melancarkan dan menjamin keamanan proses operasi dermaga

Pada tugas akhir ini akan mengambil perencanaan struktur dermaga general cargo di Pelabuhan Gresik dimana dermaga ini mampu melayani kapal dengan kapasitas 10.000 DWT. Elemen struktur dermaga akan direncanakan dengan metode beton pracetak. Beton pracetak akan diimplementasikan pada elemen pelat dan balok. Pemilihan metode beton pracetak dikarena proses kontruksi yang cepat, tidak tergantung cuaca, mutu terkendali dan elemen struktur dermaga tipikal.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka didapatkan beberapa rumusan masalah diantaranya :

1. Bagaimana cara menentukan dimensi dermaga dan elemen struktur dermaga Pelabuhan Gresik tersebut ?
2. Beban-beban apa saja yang berpengaruh pada pada perencanaan struktur dermaga Pelabuhan Gresik dengan beton pracetak ?
3. Bagaimana analisa struktur pada dermaga Pelabuhan Gresik tersebut dengan kapasitas kapal 10.000 DWT terhadap beban – beban yang terjadi ?
4. Bagaimana Perancangan elemen beton pracetak meliputi pelat dan balok pada struktur dermaga Pelabuhan Gresik tersebut ?
5. Bagaimana metode pelaksanaan dalam pembangunan dermaga Pelabuhan Gresik tersebut ?

1.3 Batasan Masalah

Mengingat luasnya bidang perencanaan yang akan timbul dalam penyusunan tugas akhir dan keterbatasan waktu maupun disiplin ilmu yang dikuasai, maka perlu dipakai batasan permasalahan yang meliputi :

1. Perencanaan struktur tugas akhir ini meliputi struktur dermaga dan trestle baik bangunan atas maupun bawah
2. Untuk perhitungan struktur guna mengetahui gaya-gaya dalam menggunakan program bantu SAP 2000.
3. Dalam tugas akhir ini trestle tidak direncanakan dengan beton pracetak.
4. Tugas akhir ini tidak meninjau operasional dermaga dan kolam pelabuhan.
5. Tidak menghitung rencana anggaran biaya.

1.4 Tujuan

Tujuan dari penyusunan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut, :

1. Untuk merencanakan elemen beton pracetak meliputi pelat dan balok pada dermaga General Cargo Pelabuhan Gresik.
2. Menentukan dan menginterpretasikan beban - beban yang bekerja pada struktur dermaga.
3. Menganalisis gaya – gaya dalam pada struktur dermaga untuk menghitung kekuatan struktur dermaga dalam merespon beban – beban yang bekerja.
4. Merealisasikan hasil perhitungan dan perencanaan dalam bentuk gambar teknik.
5. Mengetahui metode pelaksanaan pembangunan dermaga pelabuhan Gresik dengan kapasitas kapal 10.000 DWT dengan menggunakan beton pracetak.

1.5 Manfaat

Manfaat yang dapat diperoleh dari proyek akhir perencanaan struktur dermaga General Cargo dengan kapasitas 10.000 DWT Pelabuhan Gresik adalah sebagai berikut:

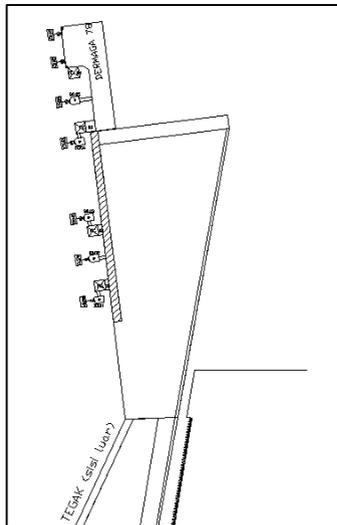
1. Mendapatkan suatu desain dermaga yang dapat menampung kapal General Cargo dengan kapasitas muat 10.000 DWT.
2. Menambah wawasan dan pengalaman mengenai perencanaan struktur dermaga.
3. Sebagai bahan referensi dalam merencanakan struktur dermaga bagi pembaca.

1.6 Lokasi Dermaga

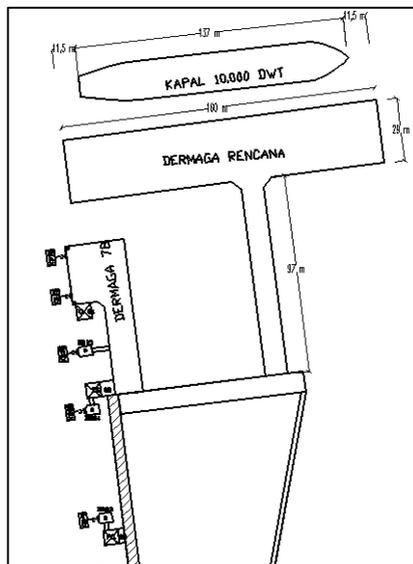
Dermaga Pelabuhan Gresik terdapat di Kabupaten Gresik, Provinsi Jawa Timur. Berikut adalah lokasi dermaga Pelabuhan Gresik :



Gambar 1. 1 Lokasi Perencanaan



Gambar 1. 2 Layout Dermaga Eksisting



Gambar 1. 3 Layout Dermaga Rencana

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

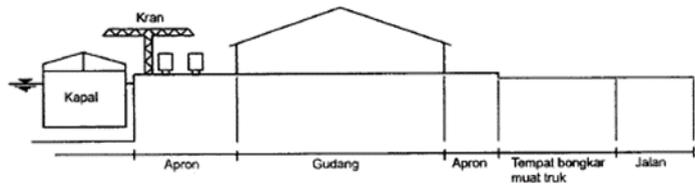
TINJAUAN PUSTAKA

Dalam perencanaan struktur dermaga ini ada beberapa tahap yang akan dikerjakan. Tahap pertama yaitu, penetapan dimensi dermaga dan dimensi elemen struktur. Penetapan dimensi dermaga meliputi penetapan panjang, lebar, dan elevasi dermaga yang mengacu pada *Standard design Criteria for Ports in Indonesia 1984* dan *Desain Kriteria Perencanaan pelabuhan, Direktorat Jenderal perhubungan Laut Direktorat Pelabuhan dan Pengerukan, 1984*. Ada beberapa hal dalam penetapan dimensi elemen struktur yaitu elemen plat dan balok, poer dan tiang pancang berdasarkan *Panduan Perencanaan Teknik Jembatan BMS 1992 dan Bridge Design Manual BMS Part 3 section 5*. Tahap kedua adalah perencanaan pembebanan yang meliputi beban vertikal dan beban horizontal. Yang termasuk beban vertikal yaitu beban mati dan beban hidup, sedangkan beban horizontal terdiri dari beban tumbukan kapal, beban tambat kapal, beban gempa, dan beban gelombang. Dalam perencanaan pembebanan ini berdasarkan peraturan *Standard design criteria for ports in Indonesia, 1984, Panduan Perencanaan Teknik Jembatan BMS 1992, Technical Standards for Ports and Harbour Facilities in Japan 1980 dan SNI-2833-2013 Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Jembatan*. Tahap ketiga adalah penulangan elemen struktur plat dan balok. Perencanaan penulangan berdasarkan *Tata Cara Perencanaan Struktur Beton untuk Gedung SNI 2847-03-2002 dan Panduan Perencanaan Teknik Jembatan BMS 1992*. Tahap keempat adalah daya dukung pondasi. Dalam perhitungan daya dukung pondasi, pembebanan diperoleh dari permodelan struktur dan perhitungan daya dukung tiang pancang berdasarkan hasil penyelidikan tanah.

2.1 Dermaga

2.1.1 Pengertian Dermaga

Dermaga adalah suatu bangunan pelabuhan yang digunakan untuk merapat dan menambatkan kapal yang melakukan bongkar muat barang dan menaik-turunkan penumpang. (Triatmodjo, Bambang : 2009). Dermaga memiliki dimensi dan bentuk rencana yang disesuaikan dengan jenis kapal yang berlabuh, sehingga kapal dapat merapat dan bertambat serta melakukan kegiatan di pelabuhan dengan aman, cepat dan lancar.



Gambar 2. 1 Tampak Dermaga (Triatmodjo : 2009)

2.1.2 Tipe Dermaga

Dari layout pelabuhan, bentuk dermaga dapat dibagi menjadi :

a. Wharf

Dermaga yang paralel dengan pantai dan biasanya berimpit dengan garis pantai. Wharf juga dapat berfungsi sebagai penahan tanah yang ada di belakangnya.

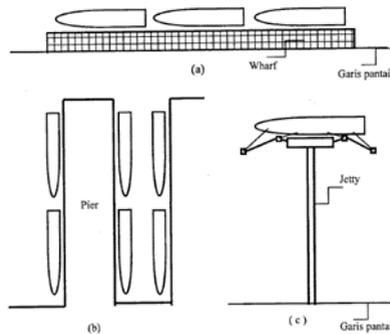
b. Pier

Dermaga yang berada pada garis pantai dan posisinya tegak lurus dengan garis pantai (berbentuk jari). Berberda dengan wharf yang digunakan untuk merapat pada satu sisinya, pier bisa digunakan pada satu sisi atau

dua sisinya, sehingga dapat digunakan untuk merapat lebih banyak kapal.

c. Jetty

Dermaga yang menjorok ke laut sedemikian sehingga sisi depan berada pada kedalaman yang cukup untuk merapat kapal. Jetty digunakan untuk merapat kapak tanker atau kapal pengangkut gas alam, yang mempunyai ukuran sangat besar. Sisi muka jetty ini biasanya sejajar dengan garis pantai dan dihubungkan dengan daratan oleh jembatan yang membentuk sudut tegak lurus dengan jetty.



Gambar 2. 2 Tipe Dermaga : a) Wharf ; b) Pier ; c) Jetty (Triadmodjo :2009)

2.2 Penetapan Dimensi

Perencanaan dimensi demaga ini meliputi elevasi apron, dimensi dermaga, plat, balok memanjang, tiang pancang dan pile cap (poer).

2.2.1 Panjang Dermaga

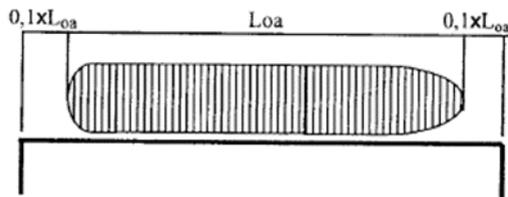
Berdasarkan *Standard design Criteria for Port in Indonesia, 1984*, penentuan awal dimensi dermaga dihitung dengan rumus

$$L_p = L_{oa} + 10\% \times L_{oa}$$

Dengan :

L_p : panjang dermaga

L_{oa} : panjang kapal yang ditambat



Gambar 2. 3 Perencanaan Panjang Dermaga (Triatmodjo : 2009)

2.2.2 Lebar Dermaga

Lebar dermaga direncanakan sesuai dengan kebutuhan dermaga. Perhitungan lebar dermaga dilakukan dengan memperhitungkan jarak tepi, jarak kaki crane dan kebutuhan manouver peralatan yang berada diatas dermaga.

2.2.3 Elevasi Apron/Lantai Dermaga

Penetapan kedalaman air rencana pada perencanaan dermaga ini didasarkan pada *Standard design Criteria for Ports ini Indonesia, 1984, pasal 6.2.5 halaman 27*, yaitu $(1,05 - 1,15) \times$ sarat maksimum. Pengertian apron pada dermaga adalah bagian (area) muka dermaga sampai ke depan gudang tempat terdapat pengalihan kegiatan angkutan laut (kapal) ke kegiatan angkutan darat. Dalam perencanaan ini penentuan elevasi lantai dermaga

(apron) ditentukan oleh keadaan pasang surut dan jenis kapal rencana. Berdasarkan *Standard Design Criteria for Ports in Indonesia, 1984, pasal VII.1.3.halaman 29*, ditentukan besarnya elevasi lantai dermaga diatas HWS berdasarkan besarnya pasang surut air laut dan kedalaman air rencana sebagai berikut :

Tabel 2. 1 Elevasi Dermaga diatas HWS

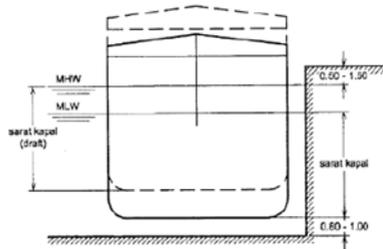
	Pasang surut terbesar 3 m atau lebih	Pasang surut kurang dari 3 m
Dermaga untuk kapal yang memerlukan kedalaman air $\geq 4,5$ m	0,5 – 1,5 m	1,0 – 3,0 m
Dermaga untuk kapal yang memerlukan kedalaman air $< 4,5$ m	0,3 – 1,0 m	0,5 – 1,5 m

Berdasarkan ketentuan tabel 2.1, penentuan elevasi apron dengan kedalaman air rencana 4,5 m atau lebih besar, pasang surut kurang dari 3 m adalah 1,0 – 3,0 m diatas HWS.

2.2.4 Kedalaman Dermaga

Dalam perencanaan kedalaman dermaga hal yang harus diperhatikan adalah ketinggian draft kapal maksimum serta kondisi pasang surut yang di aplikasikan pada data bathymetry yang ada ditambah dengan jarak aman. Jarak aman dalam perencanaan

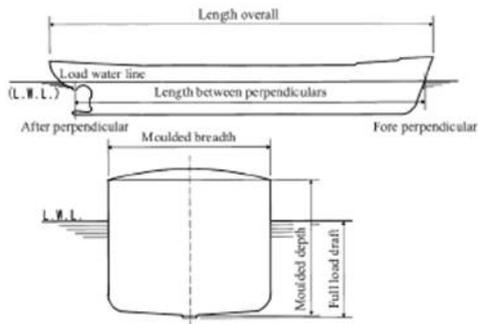
dermaga (clearance) sebesar 0,8 – 1 m dibawah luas kapal. Jarak ini ditentukan berdasarkan ketentuan operasional pelabuhan (panambatan kapal dengan/tanpa kapal tunda) dan kontruksi dermaga. Sedangkan untuk taraf dermaga ditentukan antara 0,5 – 1,5 m di atas MHWS sesuai dengan besar ukuran kapal.



Gambar 2. 4 Perencanaan Kedalaman Dermaga (Soedjono : 2002)

2.2.5 Karakteristik Kapal

Dalam merencanakan dimensi dermaga, diperlukan data kapal yang akan bersandar pada dermaga untuk mengetahui dimensi-dimensi utama kapal. Kapasitas kapal tidak boleh melebihi kapasitas rencana dermaga.



Gambar 2. 5 Keterangan Dimensi Kapal

Dimensi kapal yang digunakan pada perencanaan ini mengacu pada Bridgestone Marine Fender Design Manual seperti yang tertera pada tabel berikut :

Tabel 2. 2 Karakteristik Kapal *General Cargo*

Kapal Barang (DWT)			
700	58	9,7	3,7
1.000	64	10,4	4,2
2.000	81	12,7	4,9
3.000	92	14,2	5,7
5.000	109	16,4	6,8
8.000	126	18,7	8,0
10.000	137	19,9	8,5
15.000	153	22,3	9,3
20.000	177	23,4	10,0
30.000	186	27,1	10,9
40.000	201	29,4	11,7
50.000	216	31,5	12,4

2.3 Pembebanan Dermaga

Beban beban yang bekerja pada dermaga dibagi menjadi dua jenis yaitu beban horizontal dan beban vertikal. Sedangkan beban vertikal terdiri dari :

- a. Beban Mati
- b. Beban Hidup

2.3.1 Beban Horizontal

Beban arah horizontal terdiri dari :

- a. *Berting Force* atau gaya sandar
- b. *Mooring Force* atau gaya tambat
- c. Beban Arus
- d. Beban Angin

- e. Beban Gelombang
- f. Beban Gempa

a. Berthing Force

Gaya benturan kapal harus ditahan dermaga tergantung pada energi benturan yang diserap oleh sistem fender yang dipasang pada dermaga. Gaya benturan bekerja secara horisontal dan dapat dihitung berdasarkan energi benturan. Berdasarkan **Perencanaan Pelabuhan menurut Bambang Triatmodjo, 2009**. Besar energi benturan yang diberikan oleh rumus berikut ini :

$$E = \frac{WV^2}{2g} C_m C_e C_s C_c$$

dengan :

E : energi benturan (ton meter)

V : komponen tegak lurus sisi dermaga dari

kecepatan kapal pada saat

membentur dermaga (m/d)

W : *displacement* (berat) kapal

g : percepatan gravitasi (m/d²)

C_m : koefisien massa

C_e : koefisien eksentrisitas

C_s : koefisien kekerasan (diambil 1)

C_c : koefisien bentuk dari tambatan (diambil 1)

Kecepatan tambat kapal pada dermaga dipertimbangkan sebagai berikut :

Tabel 2. 3 Kecepatan Tambat Rencana

Ukuran Kapal (DWT)	Kecepatan aktual (m/s)	Kecepatan rencana (m/s)
Kurang dari 10.000 ton	0,1 – 0,3	0,20
10.000 ton – 50.000 ton	0,1 – 0,2	0,15
Lebih dari 50.000 ton	0,1 – 0,15	0,15

Koefisien massa tergantung pada gerakan air di sekeliling kapal, yang dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$C_m = 1 + \frac{\pi}{2C_b} \frac{d}{B}$$

Dimana

$$C_b = \frac{W}{L_{pp} B d \gamma_o}$$

dengan :

C_b : koefisien blok kapal

d : *draft* kapal (m)

B : lebar kapal (m)

L_{pp} : panjang garis air (m)

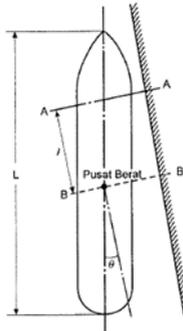
γ_o : berat jenis air laut (t/m^3)

Koefisien eksentrisitas adalah perbandingan antara energi sisa dan energi kinetik kapal yang merapat dan dapat dihitung dengan rumus berikut :

$$C_e = \frac{1}{1+(l/r)^2}$$

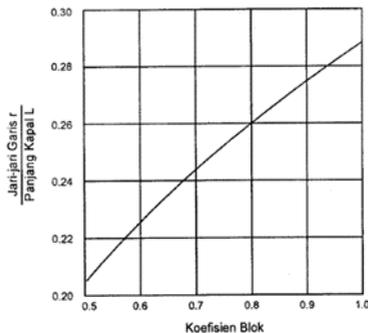
dengan :

l : jarak sepanjang permukaan air dermaga dari pusat berat kapal sampai titik sandar kapal seperti terlihat dalam gambar.



Gambar 2. 6 Jarak pusat berat kapal sampai titik sandar kapal (Triatmodjo: 2009)

r : jari-jari putaran di sekeliling pusat berat kapal pada permukaan air dan diberikan oleh gambar.



Gambar 2. 7 Jari-jari putaran di sekeliling pusat berat kapal (Triatmodjo: 2009)

Panjang garis air (L_{pp}) dapat dihitung dengan rumus dibawah ini.

$$\text{Kapal barang : } L_{pp} = 0,846L_{oa}^{1,0193}$$

$$\text{Kapal tangker : } L_{pp} = 0,852L_{oa}^{1,0201}$$

dan nilai l adalah :

$$\text{Dermaga : } l = 1/4L_{oa}$$

$$\text{Dolphin : } l = 1/6L_o$$

b. Mooring Force

Gaya tambat kapal akibat pengaruh gaya angin dan arus dihitung *berdasarkan Standard Design Criteria for Ports in Indonesia (1984), pasal V.1.3*. Nilai gaya tambat yang bekerja pada bollard ditentukan dari besarnya beban yang bekerja akibat angin dan arus, kemudian dipilih yang paling dominan.

- **Beban Akibat Angin (R)**

Angin yang berhembus ke arah badan kapal yang ditambatkan akan menyebabkan gerakan pada kapal yang bisa menimbulkan gaya terhadap dermaga. Apabila arah angin menuju ke dermaga, maka gaya tersebut akan berupa benturan kepada dermaga. Sedangkan apabila arah angin meninggalkan dermaga, maka gaya tersebut akan mengakibatkan gaya tarikan kepada alat penambat. Gaya akibat angin maksimum terjadi saat berhembus angin dari arah lebar: (*Standard Design Criteria for Ports in Indonesia 1984, hal 11*)

$$R = 0,5 \times p \times C \times U^2 \times (A \cos^2 \theta + B \sin^2 \theta)$$

dimana :

R = Gaya angin (Kg)

ρ = Berat jenis udara (0,123 kg.sec²/m⁴)

C = Koefisien angin

U = Kecepatan angin

A = Luas bagian depan / frontal kapal
diatas permukaan angin (m²)

B = Luas bagian samping / frontal kapal
diatas permukaan angin (m²)

θ = Sudut arah angin terhadap sumbu
kapal

- **Beban Akibat Arus**

Besar gaya akibat arus dapat dihitung berdasarkan *Standard Design Criteria for Ports in Indonesia (1984)* dengan persamaan berikut:

a. Arah arus menuju haluan kapal

$$Ra = Cc \cdot \gamma_w \cdot A_c \cdot \left(\frac{V_c^2}{2g} \right)$$

b. Arah arus menuju sisi kapal

$$Ra = Cc \cdot \gamma_w \cdot A_c \cdot \left(\frac{V_c^2}{2g} \right)$$

Keterangan :

Ra : gaya akibat arus (kN)

A_c : luas penampang kapal yang terendam air
(m²)

V_c : kecepatan arus (m/s)

γ_w : luas penampang sisi kapal yang
terendam air (m²)

C_c : koefisien tekanan arus

Nilai C_c adalah faktor untuk menghitung gaya lateral dan memanjang. Nilai C_c tergantung pada bentuk kapal dan kedalaman air di depan tambatan, yang nilainya diberikan berikut ini.

Faktor untuk menghitung gaya arus melintang :

- a) Di air dalam, nilai $C_c = 1,0 - 1,5$
- b) Kedalaman air/draft kapal = 2 , nilai $C_c = 2,0$
- c) Kedalaman air/draft kapal = 1,5 , nilai $C_c = 3,0$
- d) Kedalaman air/draft kapal = 1,1 , nilai $C_c = 5,0$
- e) Kedalaman air/draft kapal = 1 , nilai $C_c = 6,0$

Faktor untuk menghitung gaya arus memanjang (longitudinal) bervariasi dari 0,2 untuk laut dalam dan 0,6 untuk perbandingan antara kedalaman air dan draft kapal mendekati 1.

c. **Beban Gelombang**

Gaya gelombang yang bekerja pada perencanaan dermaga adalah gelombang yang bekerja pada tiang-tiang pondasi dermaga. Jika terdapat sebuah tiang pancang dengan diameter D , ditabrak oleh gelombang dengan panjang gelombang sebesar L dimana L/D sangatlah besar, maka besar gaya dapat dihitung dengan *persamaan Marison* sebagai berikut :

$$F = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot C_D \cdot D \cdot u \cdot |u| + C_M \cdot \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot \frac{du}{dt}$$

Dimana:

F = unit gaya tiap satuan pancang

- ρ = berat jenis cairan
 u = kecepatan tegak lurus terhadap tiang akibat gelombang
 du/dt = percepatan tegak lurus terhadap tiang
 D = diameter tiang
 C_M = koefisien energi
 C_D = koefisien drag.

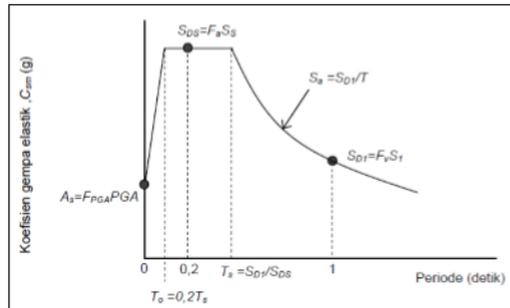
d. Beban Gempa

Dalam perencanaan dermaga pengaruh dari gempa diperhitungkan, sehingga dermaga tersebut nantinya mampu menahan beban gempa yang terjadi. Beban gempa diambil sebagai gaya horizontal yang ditentukan berdasarkan perkalian antara koefisien respon elastik (C_{sm}) dengan berat struktur ekuivalen yang kemudian dimodifikasi dengan factor modifikasi respon (R) (**RSNI 2833-2013**) dengan formulasi sebagai berikut:

$$E_Q = \frac{C_{sm}}{R} \cdot W_t$$

Keterangan :

- E_Q : gaya gempa horizontal statis (kN)
 C_{sm} : koefisien respon gempa statik pada moda getar ke – m
 R : faktor modifikasi respon
 W_t : berat total struktur terdiri dari beban mati dan beban hidup yang sesuai (kN)



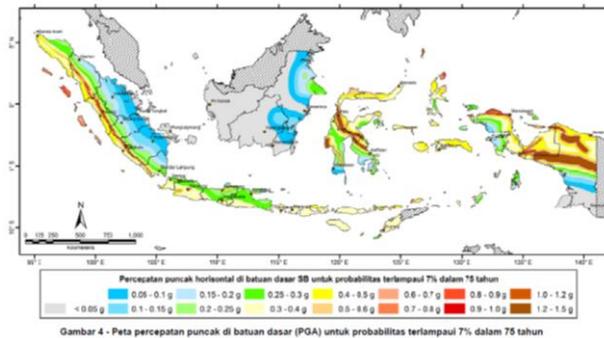
Gambar 2. 8 Peta Percepatan Batuan Dasar dan Spektra Percepatan

Koefisien respon elastik C_{sm} dapat diperoleh dari percepatan batuan dasar dan spektra percepatan sesuai gambar berikut :

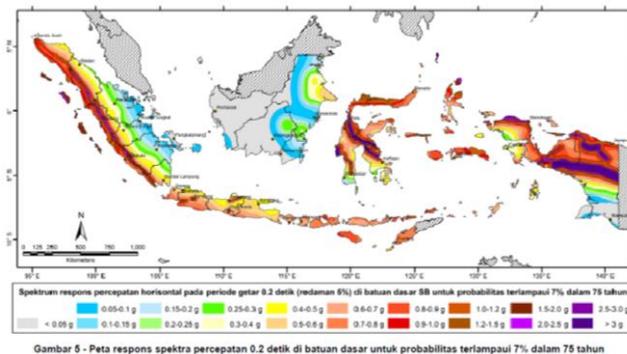


Gambar 1- Peta percepatan puncak di batuan dasar (PGA) untuk probabilitas terlampaui 10% dalam 50 tahun

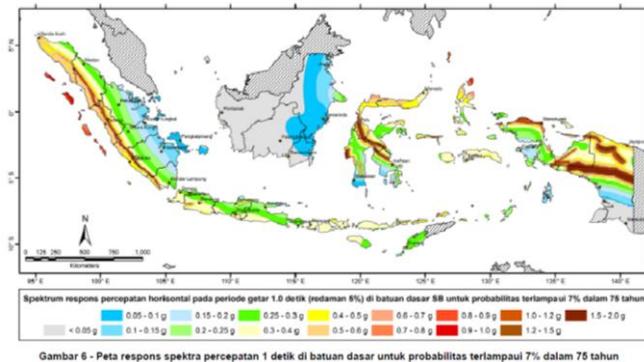
Gambar 2. 9 Peta percepatan puncak di batuan dasar (PGA) untuk probabilitas terlampaui 10% dalam 50 tahun



Gambar 2. 12 Peta percepatan puncak di batuan dasar (PGA) untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun



Gambar 2. 13 Peta respons spektra percepatan 0,2 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun



Gambar 2. 14 Peta respons spektra percepatan 1 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun

- Respon spektrum rencana

Respons spektra adalah nilai yang menggambarkan respons maksimum dari sistem berderajat-kebebasan-tunggal pada berbagai frekuensi alami (periode alami) teredam akibat suatu goyangan tanah. Untuk kebutuhan praktis, maka respons spektra dibuat dalam bentuk respons spektra yang sudah disederhanakan. Respons spektra di permukaan tanah ditentukan dari 3 (tiga) nilai percepatan puncak yang mengacu pada peta gempa Indonesia 2010 (PGA, S_s , dan S_1), serta nilai faktor amplifikasi F_{PGA} , F_s dan F_v . Perumusan respons spektra adalah sebagai berikut:

$$A_s = F_{PGA} \times PGA$$

$$S_{DS} = F_a \times S_s$$

$$S_{D1} = F_v \times S_1$$

Keterangan :

A_s : koefisien percepatan puncak muka tanah (g)

F_{PGA} : faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran periode 0 detik

- F_a : faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran periode 0,2 detik
 PGA : perpecepatan puncak batuan mengacu pada peta gempa Indonesia 2010
 S_s : lokasi yang memerlukan investigasi geoteknik dan analisis respons dinamik spesifik
 S_1 : parameter respon spektra percepatan gempa untuk periode 1 detik
 S_{D1} : spektra permukaan tanah pada periode 1 detik

- Koefisien Respon Gempa Elastik

Koefisien respon gempa elastik ditentukan berdasarkan 3 (tiga) kondisi, yaitu :

1. Untuk $T < T_0$, koefisien respons gempa elastik (C_{sm}) didapat dari persamaan berikut :

$$C_{sm} = (S_{DS} - A_s) \frac{T}{T_0} + A_s$$

2. Untuk $T_0 \leq T \leq T_s$, maka nilai koefisien respons gempa elastik (C_{sm}) adalah

$$C_{sm} = S_{DS}$$

3. Untuk $T > T_s$, koefisien respons gempa elastik (C_{sm}) didapat dari persamaan berikut :

$$C_{sm} = \frac{S_{D1}}{T}$$

Setelah nilai koefisien gempa elastik diperoleh, langkah selanjutnya ialah menemukan nilai faktor modifikasi respon (R). Berdasarkan RSNI 2833 201X pasal 5.9.3.2 nilai faktor

modifikasi respon untuk gaya gempa yang dimodifikasi diambil sama dengan 1,0.

2.3.2 Beban Vertikal

- **Beban Mati Merata**

Beban mati merupakan berat sendiri struktur dan atau pondasi serta semua material yang melekat secara permanen pada struktur dermaga. Berikut adalah berat jenis material konstruksi pada struktur dermaga :

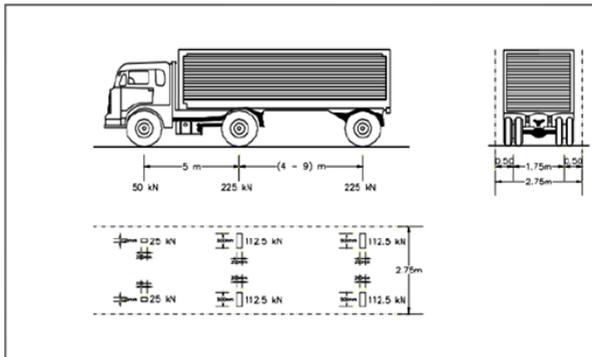
- Beton bertulang = 2.400 kg/m³
- Beton basah = 2.500 kg/m³
- Baja = 7.850 kg/m³
- Aspal beton = 2.300 kg/m³

- **Beban Hidup Terpusat**

Beban hidup terpusat merupakan beban yang bekerja pada lantai dermaga akibat alat dan fasilitas bongkar muat pada pelabuhan yang terdiri dari :

- a. **Beban Truck**

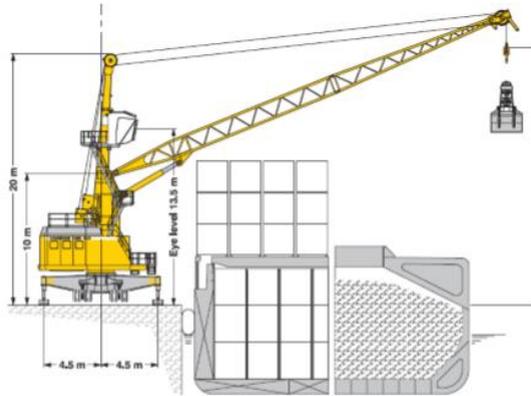
Beban terpusat akibat muatan T roda kendaraan berdasarkan **Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan BMS 1992 pasal 2.3.4.1. hal. 2-27**. Beban truk T adalah beban yang diakibatkan oleh kendaraan semitrailer yang mempunyai susunan berat as seperti terlihat pada gambar 2.15. berdasarkan gambar tersebut perhitungan lebar penyebaran beban kerja pada plat dengan anggapan bahwa plat dengan ketebalan tertentu yang memikul beban satu arah dinyatakan sebagai lebar manfaat. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 2.15. berikut ini :



Gambar 2. 15 Pembebanan Truck

b. Beban Crane

Peralatan bongkar muat dermaga pelabuhan Gresik direncanakan menggunakan menggunakan LHM crane 320. Berdasarkan *Technical Standards and Commentaries For Port and Harbour facilities in Japan*, untuk beban akibat alat bongkar muat diambil kondisi maksimal pada saat alat berada diatas dermaga. Dalam kasus ini berat total crane adalah 345 ton. Posisi crane dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2. 16 Liebherr harbor mobile crane Type LHM 320

- **Beban Hidup Merata**

Beban hidup merata (qL), khusus bekerja pada plat lantai dermaga berdasarkan *Standard design Criteria for Ports in Indonesia, 1984, pasal V.2 tabel 5.3. hal. 16* sebesar 3 t/m^2 untuk dermaga dan 2 t/m^2 untuk trestle

2.3.3 Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan yang akan ditinjau berbadarkan peraturan *Port of Long Beach Wharf Design Criteria*, dengan beban dan faktor kombinasi beban seperti pada tabel berikut :

Tabel 2. 4 Faktor beban dan kombinasi pembebanan menurut POLB

LOAD RESISTANCE FACTOR DESIGN (LRFD) ^a									
Case	LOAD COMBINATION FACTORS								
	D	L+I ^b	E	W	BE	M	R+S+T	BU	C
I	1.20	1.60	1.60	1.60	—	—	1.20	1.20	1.20
II ^c	0.90	—	1.60	1.60	—	—	1.20	1.00	1.20
III	1.20	1.00	1.60	1.60	1.60	—	—	1.20	1.20
IV	1.20	1.60	1.60	1.60	—	1.60	—	1.20	1.20
SERVICE LOAD DESIGN (SLD) ^d									
Case	LOAD COMBINATION FACTORS								
	D	L+I	E	W	BE	M	R+S+T	BU	C
I	1.00	1.00	1.00	1.00	—	—	1.00	1.00	1.00
II	1.00	0.75	1.00	0.75	1.00	—	—	1.00	1.00
III	1.00	1.00	1.00	1.00	—	1.00	—	1.00	1.00

^a The Load Resistance Factor Design require the strength reduction factors, ϕ as specified in ACI-318 2008. Strength reduction factors shall follow ACI-318 (Ref. 2) for reinforced concrete design and AISC (Ref. 4) for structural steel design.

^b For the load factor of crane load case see Table 3-1.

^c Reduce load factor to 0.9 for dead load (D) to check members for minimum axial load and maximum moment.

^d Increase in allowable stress shall not be used.

^a The lengthload factor design require the strength reduction factors, ϕ as specified in ACI-318 2008

^b For the load factor of crane load case

^c Reduce load factor to 0.9 for dead load (D) to check member for minimum axial load and maximum moment

^d For uniform live load only

^e $K = 0.50$ (PGA), to account for the affects of the vertical component of the ground acceleration. The K factor shall be applied to the vertical dead load (D) only, not to the inertia mass of the wharf

Load symbol

D	= Dead load
L	= Live load
I	= Impact load
BU	= Buoyancy load
BE	= Berthing load
E	= Earth pressure load
EQ	= Earthquake load
W	= Wind load
R	= Creep/rib shortening load
S	= Shrinkage load
T	= Temperature load
M	= Mooring load

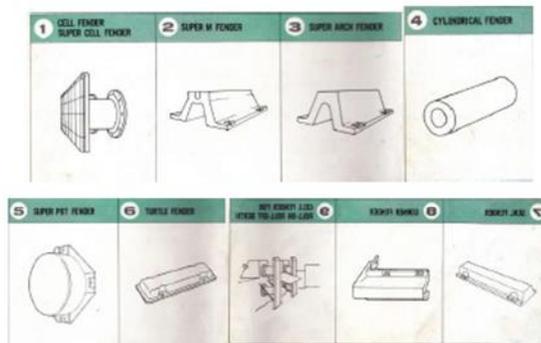
2.4 Perencanaan Fender

Pemasangan fender difungsikan untuk mencegah kerusakan pada dermaga akibat benturan kapal dan mencegah kerusakan lambung kapal serta fasilitas penambat karena gaya-gaya yang terjadi saat kapal menambat. Pada prinsipnya, pemilihan fender harus mempertimbangkan hal-hal berikut :

- Berthing energy yang terjadi saat kapal menambat.
- Karakteristik dari struktur dermaga/penambat dan struktur kapal yang akan ditambatkan
- Pergerakan kapal yang menambat akibat gelombang terhadap elevasi struktur dermaga.
- Kondisi pasang surut dan kondisi muatan yang dibawa kapal terhadap ketinggian draf kapal.

2.4.1 Tipe Fender

Menurut *Marine Fender Design Manual, Bridgestone* terdapat kurang lebih tipe fender seperti yang tertera pada gambar berikut :



Gambar 2. 17 Tipe – Tipe Fender

Tipe fender rencana harus memenuhi syarat sebagai berikut :

$$E_B(\text{ton}) \leq n.E_{fender}(\text{ton})$$

Keterangan :

E_B : Berthing energy

E_{fender} : Energi izin fender fender
 n : Jumlah fender yang tertabrak

2.4.2 Elevasi Fender

a. Elevasi tepi atas fender

$$h_i = \frac{H - (\delta_{maks} \cdot H)}{tg \theta}$$

Keterangan :

h_i : jarak atas fender (m)

H : tebal fender (m)

δ_{maks} : sudut kemiringan fender ($^{\circ}$)

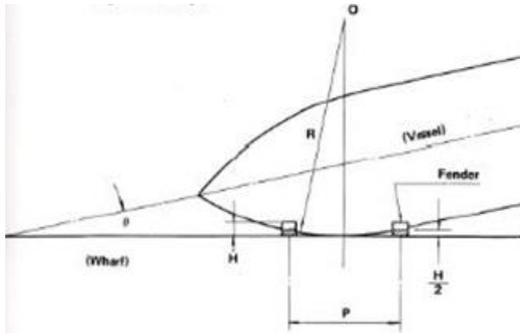
b. Elevasi tepi bawah fender

Penentuan elevasi bawah fender dapat dihitung dengan persamaan

$$El_{tepi\ bawah} = El_{tepi\ atas} - L_{fender}$$

2.4.3 Jarak Fender

Menurut *Marine Fender Design Manual, Bridgestone* jarak fender secara horizontal harus direncanakan agar dermaga tidak tertabrak oleh lambung kapal yang berbentuk kurva.



Gambar 2. 18 Posisi Pemasangan Fender

Jarak tersebut dapat direncanakan dengan persamaan sebagai berikut :

$$P = \sqrt{4HR - H^2}$$

Sedangkan menurut *Technical Standart and Commentaries for Port and Harbour Facilities in Japan*, jarak maksimum antar fender dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut :

$$P = 2 \sqrt{R^2 - (R - H)^2}$$

Dimana :

- P : Jarak fender
 H : Ketinggian fender
 R : Jari jari kurva lambung kapal

2.5 Perencanaan Bollard

Penentuan kapasitas bollard didasarkan pada analisa gaya tambat yaitu gaya-gaya horizontal dan vertikal yang disebabkan oleh angin dan arus. Sedangkan gaya-gaya yang bekerja pada bollard merupakan resultan dari kedua gaya angin dan arus yang dimodelkan dalam gaya- gaya arah transversal dan longitudinal.

$$R_r = \sqrt{R_w^2 - R_f^2}$$

Keterangan :

- R_r : Resultan gaya angin dan arus
 R_w : Gaya akibat angin
 R_f : gaya akibat arus

Jumlah tambatan tali minimal pada *bollard* harus dihitung pula dengan persamaan :

$$n = \frac{R_w}{\text{Kapasitas Bollard rencana}}$$

2.5.1 Kapasitas Bollard

Kapasitas bollard yang digunakan berdasarkan *Standart Design Criteria for Port in Indonesia :1984* seperti yang ditunjukkan pada tabel berikut :

Tabel 2. 5 Kapasitas Bollard (Standart Design Criteria for Port in Indonesia: 1984)

Gross Tonnage (GT) of Ship (ton)	Tractive Force on Bollard (ton)
5.001 – 10.000	35
10.001 – 15.000	50
15.001 – 20.000	50
20.001 – 100.000	70

2.5.1 Penentuan Posisi Bollard

Penentuan posisi bollard berdasarkan *Standart Design Criteria for Port in Indonesia :1984* seperti yang ditunjukkan pada tabel berikut :

Tabel 2. 6 Penentuan Posisi Bollard (Standart Design Criteria for Port in Indonesia: 1984)

Gross Tonnage (GT) of Ship (ton)	Max. Spacing of Bollard (m)	Min. Number of Installation per Berth
5.001 – 20.000	25	6
20.001 – 50.000	35	8
50.001 – 100.000	45	8

2.5.2 Panjang Penjangkaran Bollard

Panjang penjangkaran baut menurut *Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan, BMS :1992* untuk suatu batangkait dengan $f_y = 400$ Mpa harus diambil sebesar :

$$L_{sf} = \frac{k_1 \cdot k_2 \cdot f_{sy} \cdot A_b}{(2a + d_b) \sqrt{f_c'}} \geq 25 \cdot k_1 \cdot d_b$$

Keterangan :

L_{sf} : panjang penjangkaran baut bollard
(mm)

k_1 : 1,0

k_2 : 2,4

A_b : luas penampang baut (mm²)

d_b : diameter baut (mm)

$2a$: 2 kali selimut pada batang tulangan

2.6 Perencanaan Struktur Atas

Struktur atas dermaga merupakan bagian yang menerima beban langsung yang meliputi berat sendiri, beban mati, beban mati tambahan dan beban-beban hidup. Struktur atas dermaga meliputi pelat dan balok yang terbuat dari elemen beton bertulang.

2.6.1 Pelat Lantai

a. Tebal Minimum Pelat Lantai

Pada perencanaan dermaga, lantai dermaga berfungsi sebagai penerima beban mati dan beban hidup yang bekerja langsung di atasnya. Beban yang diterima beserta berat sendiri diteruskan ke balok melintang dan memanjang. Pada lantai dermaga terdapat boulder untuk menambatkan kapal. Pelat lantai pada dermaga berdasarkan *SNI T 12 2004 pasal 5.5.2*, harus

mempunyai tebal minimum (D) yang memenuhi kedua ketentuan berikut:

$$D \geq 200 \text{ mm}$$

$$D \geq 100 + 40L \text{ mm (L dalam m)}$$

Dengan :

D = tebal plat lantai (mm)

L = bentang dari plat lantai antara pusat dan tumpuan

b. Penulangan Pelat

Perencanaan penulangan pelat dihitung dengan metode momen ultimit yang didasarkan pada besar momen yang terjadi akibat beban – beban yang bekerja. Standar yang dipergunakan dalam perencanaan pelat beton bertulang adalah **SNI 2847-03-2002**. Langkah-langkah perhitungan tulangan lentur pelat lantai adalah sebagai berikut .:

1. Menghitung momen terfaktor. Proses ini dilakukan dengan analisis struktur (M_u) menggunakan program bantu SAP2000.

2. Hitung momen nominal,

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

Di mana ϕ adalah faktor reduksi kekuatan lentur = 0,8

3. Menghitung tahanan momen nominal,

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d}$$

Dengan :

b = lebar pelat yang ditinjau
(diambil 1 meter)

d = tebal efektif plat lantai

4. Menghitung tahanan momen minimum,

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y}$$

5. Mencari tahanan momen maksimum,

$$\rho b = \beta \cdot 0,85 \cdot \frac{f_c'}{f_y} \cdot \frac{600}{600 + f_y}$$

Dengan :

$$\beta = 0,85 \text{ [untuk } f_c' \leq 30 \text{ MPa]}$$

$$\beta = 0,85 - 0,008(f_c' - 30) \text{ [untuk}$$

$f_c' > 30 \text{ MPa]}$

$$\rho_{maks} = 0,75 \cdot \rho b$$

6. Rasio tulangan yang diperlukan,

$$\rho = \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot R_n}{0,85 \cdot f_c'}} \right)$$

7. Luas tulangan yang diperlukan

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d$$

8. Jarak antar Tulangan

$$s = \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot dt^2 \cdot b}{A_s}$$

Dengan :

dt = diameter tulangan

9. Cek kemampuan nominal

$$T = A_s \cdot f_y$$

Di mana :

A_s = luas penampang tulangan dipakai

$$\alpha = \frac{T}{(0,85 \cdot f_c' \cdot b)}$$

$$\phi M_n = \phi \cdot T \cdot (d - a/2)$$

c. Kontrol Stabilitas Lendutan Pelat

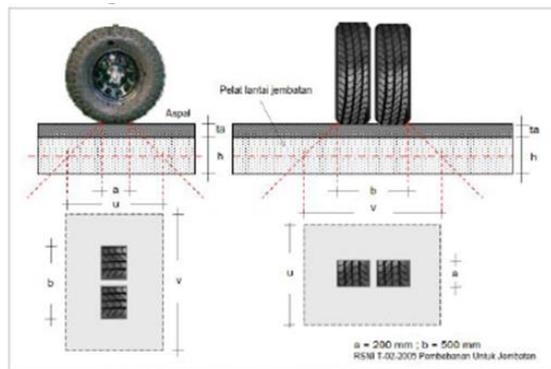
Berdasarkan *Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan BMS 1992 pasal 5.3* lendutan untuk pelat dan gelagar harus dibatasi sedemikian hingga :

- Lendutan akibat pengaruh tetap (lawan lendut atau lendutan) adalah dalam batas wajar, yaitu :
 $0 < \Delta < L/300$
- Lendutan pada beban hidup layan, termasuk kejut, yaitu :
 $\Delta < L/800$ (untuk bentang)
 $\Delta < L/300$ (untuk kantilever)

Dimana :

$\Delta =$ Lendutan yang terjadi

d. Geser Pons



Gambar 2. 19 Bidang penyebaran tekanan roda kendaraan

Kekakuan pelat lantai terhadap geser untuk pelat beton bertulang tanpa tulangan geser, nilai minimum adalah sebagai berikut :

$$V_c = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f'c'} \cdot b' \cdot h$$

Dimana :

- V_c : kekuatan geser pons minimum
 $f'c'$: kuat tekan beton yang direncanakan pada umur 28 hari (Mpa)
 b' : lebar roda kendaraan (umumnya dipakai 500 mm)
 h : tinggi pelat lantai

2.6.2 Balok Dermaga

Dalam suatu struktur dermaga, terdapat balok yang terletak di bawah plat lantai dermaga yang terdiri dari balok memanjang dan melintang. Perencanaan dimensi balok memanjang dan melintang mengacu pada **SNI T 12 2004 pasal 9.2.1**, yakni tinggi efektif gelagar (balok melintang dan memanjang) dengan kekakuan mamadai direncanakan berdasarkan ketentuan berikut ini :

$$D \geq 165 + 0.06L$$

Dengan :

- D = tinggi gelagar (balok memanjang dan melintang)
 L = panjang gelagar (balok melintang dan memanjang)

a. Kontrol Kelangsingan Balok

Berdasarkan **Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan BMS 1992 pasal 6.5.8.2 hal : 6 - 47** Kontrol kelangsingan minimum balok atau gelagar digunakan rumus sebagai berikut :

$$\frac{L_t}{b_{eff}} \leq 240 \frac{b_{eff}}{D}$$

$$\frac{L_t}{b_{eff}} \leq 60$$

Dengan :

L_t = Jarak antar pengeang melintang (mm)

b_{eff} = Lebar balok (mm)

D = Tinggi total balok (mm)

b. Penulangan Balok

Penulangan balok dermaga juga dilakukan dengan kondisi sebelum komposit (plat pracetak) maupun pada kondisi sesudah komposit direncanakan dengan tulangan rangkap. Dalam perhitungan penulangan perlu dilakukan kontrol retak dan lendutan (baik lendutan seketika dan jangka panjang). Untuk momen, gaya lintang, dan nilai-nilai analisa mekanika lainnya diperoleh dari hasil analisis program bantu SAP 2000. Penulangan pada balok diperhitungkan terhadap lentur, geser, torsi dan lendutan yang terjadi dengan beban yang sesungguhnya serta kontrol letak pada penampang balok. Standar yang dipergunakan dalam perencanaan penulangan balok adalah **SNI Tata Cara Perencanaan Struktur Beton untuk Gedung SNI 2847-03-2002**

- **Penulangan Lentur**

Prosedur dan dasar perencanaan tulangan balok sama dengan prosedur penulangan pada pelat lantai. '

- **Penulangan Geser**

Perencanaan terhadap geser didasarkan mengacu pada **SNI Tata Cara Perencanaan Struktur Beton untuk Gedung SNI 2847-03-**

2002, pasal 13. Berikut adalah hal-hal yang perlu diperhatikan dalam perencanaan tulangan geser balok :

a. Kekuatan geser nominal (N_u)

Kekuatan geser nominal (V_u) beton adalah kombinasi dari kekuatan geser dari beton (V_c) dan kekuatan geser dari tulangan (V_s), sehingga :

$$V_n = V_c + V_s$$

$$V_c = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f'c'} \cdot b \cdot d$$

b. Luas tulangan geser minimum ($A_{v \min}$)

$$A_{v \min} = \frac{b_w \cdot s}{3 \cdot f_y}$$

Dimana :

$A_{v \min}$: Luas tulangan geser minimum (mm^2)

b_w : lebar balok (mm)

s : jarak sengkang

f_y : tegangan leleh baja (Mpa)

c. Gaya geser izin dari penulangan geser

$$V_{s \min} = \frac{b_w \cdot d}{3}$$

Dimana :

$V_{s \min}$: gaya geser izin minimal

b_w : lebar balok (mm)

d : tinggi balok (mm)

$f'c'$: kuat tekan beton yang

direncanakan pada umur 28 hari

d. Batas-batas kondisi gaya geser

Perencanaan tulangan geser dibagi menjadi beberapa kategori yang masing-masing

kategori sesuai dengan gaya geser pada beton.
Kondisi atau kategori tersebut antara lain :

- Kondisi 1

$$V_u \leq 0,5 \cdot \phi \cdot V_c$$

(Tidak perlu tulangan geser)

- Kondisi 2

$$0,5 \cdot \phi \cdot V_c \leq V_u \leq \phi \cdot V_c$$

(Tulangan geser minimum)

$$A_{v \min} = \frac{b_w \cdot s}{3 \cdot f_y} ; V_{s \min} = \frac{b_w \cdot d}{3}$$

$$S_{maks} = \leq \frac{d}{2} \text{ dan } S_{maks} = \leq 600 \text{ mm}$$

- Kondisi 3

$$\phi \cdot V_c < V_u \leq \phi \cdot (V_c + V_{s \min})$$

(Tulangan geser minimum)

$$A_{v \min} = \frac{b_w \cdot s}{3 \cdot f_y} ; V_{s \min} = \frac{b_w \cdot d}{3}$$

$$S_{maks} = \leq \frac{d}{2} \text{ dan } S_{maks} = \leq 600 \text{ mm}$$

- Kondisi 4

$$\phi \cdot (V_c + V_{s \min}) < V_u \leq \phi \cdot (V_c + \frac{1}{3} \sqrt{f'c'} \cdot b_w \cdot d)$$

(Perlu Tulangan geser)

$$\phi \cdot V_{s \text{ perlu}} = V_u - \phi V_c ; V_s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s}$$

$$S_{maks} = \leq \frac{d}{2} \text{ dan } S_{maks} = \leq 600 \text{ mm}$$

- Kondisi 5

$$\phi \cdot (V_c + \frac{1}{3} \sqrt{f'c'} \cdot b_w \cdot d) < V_u \leq \phi \cdot (V_c + \frac{2}{3} \sqrt{f'c'} \cdot b_w \cdot d)$$

(Perlu Tulangan geser)

$$\phi \cdot V_{\text{perlu}} = V_u - \phi V_c; V_s = \frac{Av \cdot fy \cdot d}{s}$$

$$S_{\text{maks}} = \leq \frac{d}{4} \text{ dan } S_{\text{maks}} = \leq 300 \text{ mm}$$

- Kondisi 6

$$V_s > \frac{2}{3} \sqrt{f'c} \cdot b_w \cdot d$$

.....(Perbesar Penampang)

Keterangan :

V_u : gaya geser pada balok

V_c : gaya geser beton

b_w : lebar balok (mm)

d : tinggi balok (mm)

$f'c$: kuat tekan beton yang

direncanakan pada umur 28 hari

c. Penulangan Torsi

Perhitungan tulangan torsi dihitung dengan metode sebagai berikut :

1. Penentuan keperluan tulangan torsi. Torsi (T_u) dapat diabaikan jika lebih kecil dari :

$$\frac{\phi \sqrt{f'c}}{12} \cdot \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

Di mana :

A_{cp} = luas penampang balok

P_{cp} = keliling penampang balok

2. Hitung sifat-sifat tampang datar yang diperlukan (A_o) dengan menggunakan persamaan :

$$A_o = 0,85 \cdot A_{oh}$$

Di mana :

$$A_{oh} = x_1 \cdot y_1$$

Dengan :

$$x1 = b - 2p - Dsengkan$$

$$y1 = h - 2p - Dsengkan$$

3. Dimensi penampang melintang harus memenuhi ketentuan berikut :

$$\sqrt{\left(\frac{Vu}{b \cdot d}\right)^2 + \left(\frac{Tu \cdot Ph}{1,7 \cdot Aoh^2}\right)^2} \leq \left(\frac{Vc}{b \cdot d} + \frac{2\sqrt{fc'}}{3}\right)$$

Dengan :

$$d = h - p - Dsengkan - Dlentur/2$$

$$ph = 2(x1 + y1)$$

4. Rencanakan tulangan puntir tambahan untuk menahan geser dengan menggunakan persamaan :

$$Tn = \frac{2 \cdot Ao \cdot At \cdot fyv}{s} \cdot \cot\theta$$

Dengan : $\phi Tn \geq Tu$

5. Tulangan puntir tambahan yang diperlukan untuk menahan puntir tidak boleh kurang dari :

$$Al = \frac{At}{s} Ph \cdot \frac{fyv}{fyt} \cdot \cot^2\phi$$

6. Hitung luas total minimum tulangan torsi longitudinal dengan ketentuan :

$$Almin = \frac{5\sqrt{fc'} \cdot Acp}{12 \cdot fyl} - \left(\frac{At}{s}\right) \cdot Ph \cdot \frac{fyv}{fyl}$$

7. Luas tulangan tambahan kemudian di sebar merata ke 4 sisi balok. Namun pada sisi atas dan bawah balok, karena tamahn tulangan torsi, maka lebar efektif berubah. Sehingga perlu dilakukan perhitungan ulang dengan menggunakan lebar efektif baru.

d. Kontrol Stabilitas Balok

- **Kontrol Retakan Lentur**

Retakan gelagar dianggap terkendali pada keadaan layan oleh pembagian penulangan sedemikian. Berdasarkan *Peraturan Perencanaan Tekuk Jembatan, BMS (1992) Vol 1, pasal 5.2.1a* :

1. Jarak antar pusat-pusat batang tulangan dekat permukaan tarik balok tidak boleh melebihi 200 mm.
2. Jarak dari pinggi atau dasar balok terhadap pusat batang tulangan memanjang terdekat tidak boleh melebihi 100 mm. Untuk maksud di atas, suatu batang tulangan dengan diameter lebih kecil dari setengah diameter batang terbesar dalam penampang melintang harus diabaikan.

- **Kontrol Lendutan Balok**

Berdasarkan *Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan, BMS (1992) Vol 1, pasal 5.3.2a*, lendutan pada balok (dan pelat) harus dibatasi sedemikian bahwa

1. Lendutan akibat pengaruh tetap (lawan sudut atau lendutan) adalah dalam batas wajar. Yaitu :

$$0 < \Delta < L/300$$

2. Lendutan pada beban hidup layan, termasuk kejut, tidak melebihi :

$$\Delta < L/800 \text{ (untuk bentang)}$$

$$\Delta < L/400 \text{ (untuk kantilever)}$$

2.7 Perencanaan Struktur Bawah

Perencanaan struktur bawah terdiri atas perencanaan Pilecap dan perencanaan pondasi dalam.

2.7.1 Penulangan Pilecap

Prosedur dan dasar perencanaan tulangan pile cap sama dengan prosedur penulangan pada pelat lantai.

2.7.2 Penulangan Shear Ring Pilecap

Shear ring merupakan alat penyatu beton (pile cap) dengan baja (tiang pancang). Langkah-langkah penulangan pada shear ring sebagai berikut:

- Menentukan gaya tekan maksimal yang bekerja pada tiang pancang yang merupakan hasil kombinasi beban geser ultimate dari output SAP2000.
- Tentukan kekuatan beton dalam tiang pancang.
 $P_{\text{beton dalam tiang}} = L_{\text{penampang}} \cdot 0,85 \cdot K R_c \cdot f_c'$
- Kontrol retak beton

$$V_c = V_u$$

$$V_c > V_u$$

- kontrol kekuatan las

$$\text{Kekuatan las tiap ring} = (K.t).\sigma_e.n$$

Dengan :

n : jumlah shear ring

K : keliling las

t : tebal las

- Luas panjang penyaluran dari tiang ke struktur atas secara praktis dihitung sebagai berikut :

$$A_p.f_{y_p} = A_s.f_{y_p}$$

- Panjang penyaluran (L_d)

Perhitungan panjang penyaluran sesuai dengan persamaan :

$$L_{sf} = \frac{k_1 \cdot k_2 \cdot f_{sy} \cdot A_b}{(2a + d_b) \sqrt{f'c}} \geq 25 \cdot k_1 \cdot d_b$$

Dengan :

L_{sf} : panjang penjangkaran baut
bollard (mm)

k_1 : 1,0

k_2 : 2,4

A_b : luas penampang baut (mm²)

d_b : diameter baut (mm)

$2a$: 2 kali selimut pada batang tulangan

2.7.3 Perencanaan Pondasi Dalam

- **Dimensi Tiang Pancang Rencana**

Jenis fondasi pada struktur bangunan bawah direncanakan menggunakan tiang pancang baja (*steel pile*). Dalam perencanaan dimensi tiang pancang dilakukan trial and error dengan menggunakan aplikasi SAP 2000, dimana dalam proses ini di cari kemungkinan model struktur yang mengalami defleksi terkecil, dengan mempertimbangkan :

- Model struktur potongan melintang
- Susunan tiang pancang
- Jumlah tiang pancang
- Modifikasi dimensi tiang pancang

- **Penentuan Lokasi Penjepitan Tiang**

Panjang lokasi penjepitan tiang pancang merupakan asumsi panjang penjepitan tiang pancang yang digunakan dalam input SAP 2000. Panjang penjepitan (l_0) dihitung dari rumus L.Y. Chang (*Standard Teknis untuk Sarana – Sarana Pelabuhan di Jepang, Maret, 1995 hal 142-144*), diperoleh persamaan sebagai berikut :

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{Kh \cdot B}{4EI}}$$

$$l_{m1} = \frac{1}{B} \left(\tan^{-1} \frac{1 - \beta h}{1 + \beta h} + \pi \right)$$

$$l_{y1} = \frac{1}{B} \left(\tan^{-1} \frac{1 - \beta h}{1 + \beta h} \right)$$

$$Kh = 0.15 N$$

Dengan :

- E = Modulus elastisitas tiang
(kg/cm²) = 2 x 10⁶ kg/cm²
- I = Momen inersia tiang (cm⁴)
- H = Tinggi pembebanan
- kh = Modulus reaksi horizontal yang tiang terbenam diperoleh dari *Technical Standards For Port dan Harbor Facilities di Japan 1980 hal 214*.
- D = Diameter tiang (cm)

Untuk memperhitungkan pengaruh teknik baik selama pemancangan maupun saat memikul beban permanent, diambil persyarat teknis

menurut *Technical Standards For Port and Harbour Facilities in Japan 1980* sebagai berikut:

$$\frac{L}{D} \leq 60 - 70$$

Dengan :

L = Panjang tiang yang
berpengaruh tekuk (mm)

D = Panjang diameter tiang (mm)

- **Perhitungan Pondasi Tiang**

Perhitungan daya dukung pondasi berdasarkan buku *Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi, Suyono S, Kazuto Nakazawa* dilakukan dengan menggunakan metode perhitungan spring elastis linier. Pada analisa tahanan tanah lateral yang bersifat linier elastis, tanah dimodelkan sebagai spring dengan dilakukan peninjauan pada tiap meter kedalaman tanah sebagai gaya spring horizontal dan peninjauan pada ujung tiang sebagai gaya spring vertikal. Kedalaman tanah hingga mencapai lapisan keras adalah 28 meter yang diukur dari seabed dan besar pergeseran (y) diambil = 1

- a. **Perhitungan Gaya Spring Vertikal**

Perhitungan gaya spring yang terjadi pada ujung tiang dihitung dengan memperhitungkan kV yang dihitung dengan rumus :

$$kV = Af \cdot k_0$$

Dengan :

$$Af = \frac{1}{4} \pi \cdot \left(\phi^2 - \left(\phi - \left(\frac{2 \cdot y}{10} \right) \right)^2 \right)$$

$$k_0 = 0,2 \cdot E \cdot (\emptyset)^{-\frac{3}{4}}$$

Di mana:

kV = gaya spring vertikal

Af = lebar efektif k_0 =
harga perkiraan
koefisien dari reaksi
tanah jika pergeseran
pada permukaan dibuat
sebesar 1 cm

\emptyset = Diameter tiang

E = Modulus elastisitas
tanah pada kedalaman
yang ditinjau.

Dihitung dengan :

$$E = N \cdot Dt$$

N = nilai N SPT pada
kedalaman yang
ditinjau

Dt = kedalaman ujung tiang

b. Perhitungan Gaya Spring Horizontal

Perhitungan kH dilakukan dengan
dengan rumus :

$$kH = Koef. K \cdot \emptyset(a - b)$$

Dimana :

$$Koef. K = k_0 \cdot y^{-0,5}$$

a = kedalaman tanah yang
ditinjau – 1 meter

b = kedalaman tanah ditinjau

2.8 Beton Pracetak

2.8.1 Pengertian

Beton Pracetak adalah elemen atau komponen beton tanpa atau dengan tulangan yang dicetak terlebih dahulu sebelum dirakit menjadi bangunan (SNI 03 2847 2002). Pencetakan dan perawatan (*curing*) dapat dilakukan pada area konstruksi ataupun dapat dibuat di pabrik. Penghematan biaya pengangkutan dapat dilakukan dengan memperpendek jarak *stock yard* dengan lokasi pemasangan.

2.8.2 Keuntungan dan Kerugian

Menurut *Precast Concrete Structure*, kelebihan menggunakan beton precast dari pada menggunakan beton konvensional adalah :

1. Mudah dibangun
 - Urutan pekerjaan lebih mudah
 - Proses konstruksi aman dan stabilitas terjamin
 - Lebih ekonomis dalam penggunaan crane
 - Cocok untuk bangunan pelabuhan
2. Biaya Efektif
 - Biaya konstruksi komponen per struktur sebanding dengan material lain.
 - Berkompetisi dalam biaya bangunan secara keseluruhan, pengkutan, pemeliharaan dan perawatan
 - Pembuatan bahan terjamin mutunya
3. Proses areksi cepat

Menurut *PCI Design Handbook Precast and Prestress 6th Edition*, keuntungan pemilihan beton precast sebagai elemen struktur adalah :

1. Pengerjaan cepat
2. Proses dan mutu saat pembuatan terkontrol
3. Tahan api dan
4. Pengerjaannya tidak tergantung cuaca
5. Penambahan baja prategang akan menambah rasio h/L, mengurangi material, kekuatan dapat dikontrol.

Kekurangan beton pracetak menurut *PCI Design Handbook Precast and Prestress 6th Edition* sebagai berikut:

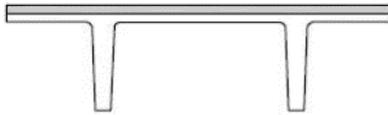
1. Beton pracetak merupakan material dengan bentang sederhana
2. Ukuran dan bentuk beton pracetak terbatas
3. Beton merupakan material yang berat

2.8.3 Elemen Pracetak

Walaupun beton pracetak dapat diproduksi dengan berbagai macam ukuran dan bentuk yang disesuaikan, namun akan lebih ekonomis jika menggunakan produk yang umum dikembangkan oleh industri. Elemen-elemen struktur yang biasa menggunakan beton pracetak antara lain pelat, balok, kolom dan tiang pancang. Elemen plat, balok dan kolom dapat berupa balok pracetak keseluruhan atau sebagian (sebagian *in situ*).

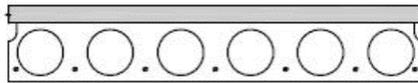
Berikut adalah jenis-jenis elemen pracetak yang biasa dibuat oleh sektor industri, yaitu :

- a. *Double tee*, efisiensi dengan bentang 40 ft – 90 ft (1200 cm – 2750 cm)



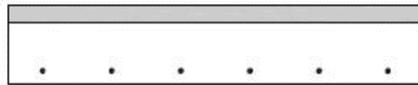
Gambar 2. 20 Pelat Pracetak Double Tees

- b. *Hollow core slab*, lebar yang tersedia biasanya antara 12 ft – 16 ft dengan bentang diatas 40 ft



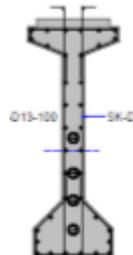
Gambar 2. 21 Pelat Pracetak Hollow Core Slab

- c. *Half Slab*



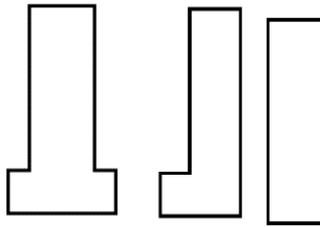
Gambar 2. 22 Pelat Pracetak Half Slab

- d. *I beam, box beam, bulb tee* yang paling banyak dipakai pada kontruksi jembatan



Gambar 2. 23 Balok Pracetak I Beam

- e. *Inverted tee, ladger beam and rctangular beam*



Gambar 2. 24 a). Inverted Tee b). Ledger Beam c). Rectangular Beam

2.8.4 Kontrol Elemen Pracetak

Metode pracetak adalah salah satu metode pembuatan suatu struktur elemen bangunan yang dilakukan dengan pengawasan dan ketelitian yang tinggi. Sehingga dalam prosesnya dari awal fabrikasi, penempatan di storage serta pemasangan harus melalui beberapa control elemen guna memastikan bahwa elemen struktur tersebut dalam kondisi yang optimal saat setelah pemasangan yang disertai cor in situ. Berikut tabel yang menampilkan umur elemen pracetak sesuai dengan waktu.

1. Kontrol Pengangkatan

Saat umur beton memasuki umur yang ditentukan pada saat pengangkatan, maka beton pracetak harus di kontrol dalam proses pengangkatannya menuju storage . Hal ini dilakukan karena pada saat kondisi tersebut timbul momen.

$$\sigma = \frac{M}{W} < fr =$$

$$0,7\sqrt{fc'x} \text{ presentase umur beton}$$

Dimana :

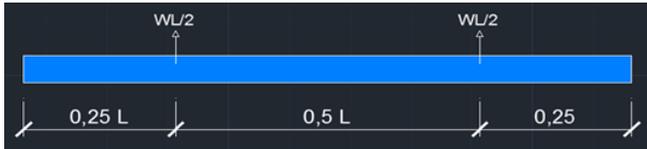
σ = Tegangan yang terjadi

M = Momen yang terjadi

W = Momen tahanan

Fr = Kuat tekan beton pada umur tertentu

Fc' = Kuat tekan beton rencana



Gambar 2. 25 Ilustrasi Beton Pracetak Pada Saat Pengangkatan

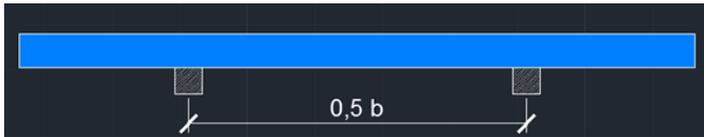
2. Kontrol Penumpukan

Ketika elemen pracetak diletakan di storage dibutuhkan tumpuan yang nantinya akan berkaitan dengan letak penumpu dan jumlah elemen pracetak yang menumpu.

$$\sigma = \frac{M}{W} < fr 0,7 \sqrt{fc' x \text{ presentase umur beton}}$$

$$M_{tumpuan} = \frac{1}{8} \times qu \times (0,5L)^2$$

$$M_{lapangan} = \frac{1}{10} \times qu \times (0,5L)^2 + \frac{1}{4} \times Pu \times (0,5L)$$



Gambar 2. 26 Ilustrasi Beton Pracetak Pada Saat Penumpukan

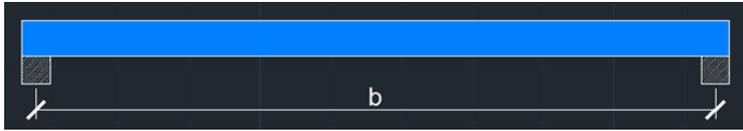
3. Kontrol Pemasangan

Kontrol pemasangan dilakukan untuk menjamin kelurusan (alignment) yang tepat dan integritas struktur hingga sambungan permanen selesai dipasang.

$$\sigma = \frac{M}{W} < fr = 0,7 \sqrt{fc' x \text{ presentase umur beton}}$$

$$M_{tumpuan} = \frac{1}{8} \times qu \times (L)^2$$

$$M_{lapangan} = \frac{1}{10} \times qu \times (L)^2 + \frac{1}{4} \times Pu \times (L)$$



Gambar 2. 27 Ilustrasi Beton Pracetak Pada Saat Pemasangan

4. Kontrol Pengecoran

Kontrol pengecoran dilakukan untuk memastikan bahwa elemen pracetak yang nantinya akan dijadikan dasar dari beton overtopping sanggup menahan cor in situ.

$$\sigma = \frac{M}{W} < fr = 0,7\sqrt{fc' x \text{ presentase umur beton}}$$

$$M_{tumpuan} = \frac{1}{8} \times qu \times (L)^2$$

$$M_{lapangan} = \frac{1}{10} \times qu \times (L)^2 + \frac{1}{4} \times Pu \times (L)$$



Gambar 2. 28 Beton Pracetak Pada Saat Pengecoran

2.8.5 Perencanaan Sambungan

Prinsip perencanaan sambungan pada elemen pracetak dapat dikelompokan dalam dua kategori yaitu:

- Sambungan kuat (strong connection), bila sambungan antar elemen pracetak tetap berperilaku elastis pada saat gempa kuat, sistem sambungan harus dan terbukti secara teoritis dan eksperimental memiliki kekuatan dan ketegaran yang minimal sama dengan

yang dimiliki struktur sambungan beton monolit yang setara.

- Sambungan daktail (ductile connection), bila pada sambungan boleh terjadi deformasi inelestis, sistem sambungan harus terbukti secara teoritis dan eksperimental memenuhi persyaratan kehandalan dan kekakuan struktur tahan gempa.

Untuk memenuhi agar sambungan monolit, maka dalam *SNI 7833-2012* tentang tata cara perancangan beton pracetak dan prategang disyaratkan sebagai berikut :

- Gaya-gaya boleh disalurkan antara komponen struktur dengan joint yang digROUT, kunci geser, konektor mekanis, sambungan baja tulangan, topping bertulang, atau kombinasi dari cara-cara tersebut.

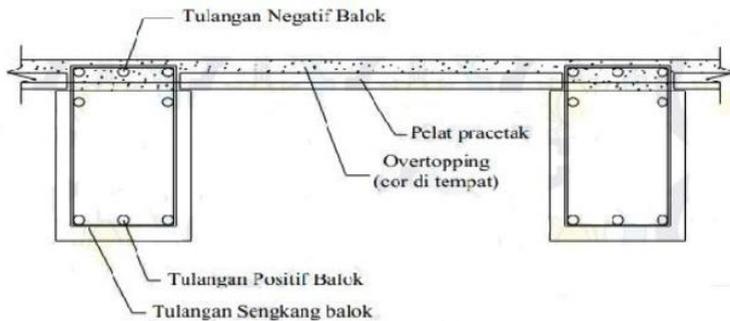
1. Sambungan Balok Pracetak dengan Pelat Pracetak

Untuk menghasilkan sambungan yang bersifat kaku, monolit, dan terintegrasi pada elemen-elemen ini, maka harus dipastikan gaya-gaya yang bekerja pada pelat pracetak tersalurkan pada elemen balok. Hal ini dapat dilakukan dengan cara-cara sebagai berikut.

- Sambungan balok induk pracetak dengan pelat pracetak menggunakan sambungan basah yang diberi overtopping yang umumnya digunakan 50 mm – 100 mm
- Kombinasi dengan beton cor di tempat (topping), dimana permukaan pelat pracetak dan beton pracetak dikasarkan dengan amplitudo 5 mm.

- Pendetailan tulangan sambungan yang dihubungkan atau diikat secara efektif menjadi satu kesatuan, sesuai dengan aturan yang diberikan dalam *SNI 2847:2013 pasal 7.13*.

Grouting pada tumpuan atau bidang kontak antara pelat pracetak dengan balok pracetak

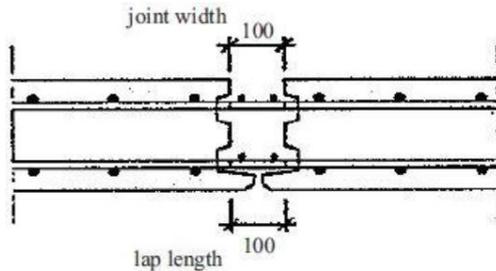


Gambar 2. 29 Sambungan Antara Balok dengan Pelat

2. Sambungan Pelat ke Pelat

Untuk menghasilkan sebuah elemen pracetak yang monolit maka penyaluran tulangan dari plat ke balok harus terintegrasi dengan baik. Sebagaimana yang di atur dalam SNI 2847 2013 pasal 7.13.1 yaitu dalam pendetailan tulangan dan sambungan, komponen struktur harus diikat secara efektif bersama untuk meningkatkan integritas struktur secara menyeluruh.

Untuk konstruksi beton pracetak menurut SNI 2847-2013 pasal 7.13.3 pengikat diatur dalam pasal 16.5 mengenai integritas struktur dan 16.6 detail sambungan dan tumpuan.



Gambar 2. 30 Sambungan Menerus (Pelat ke Pelat)

2.9 Metode Pelaksanaan Dermaga

- 1) Pekerjaan Persiapan
 - a. Pembuatan kantor proyek/ direksi keet.
 - b. Pembuatan gudang material, peralatan dan los kerja besi.
 - c. Pembuatan base camp staf proyek dan barak pekerja.
 - d. Pos jaga.
 - e. Tempat parkir alat berat.
- 2) Pekerjaan Pondasi Tiang Pancang Pemancangan pondasi tiang pancang dilakukan dengan menggunakan alat drop hammer yang dinaikkan pada ponton beserta tiang pancangnya. Tiang pancang yang dipakai adalah tiang pancang baja berbentuk bulat dengan ketebalan dan panjang yang direncanakan.
- 3) Pekerjaan Pile Cap Pembuatan pile cap menggunakan bekisting gantung yang bertumpu pada tiang pancang pipa baja
- 4) Pekerjaan Pracetak Balok dan Plat Pada pekerjaan balok dan plat dermaga menggunakan beton pracetak yang sudah dibuat di pabrik. Untuk proses pemasangannya menggunakan mobile crane yang dinaikkan pada ponton

beserta material pracetaknya, kemudian memasang bekisting untuk tepi pengecoran yang direncanakan.

- 5) Pengecoran Plat dan Balok Dermaga
 - a. Kebersihan lokasi pengecoran.
 - b. Pemasangan beton harus menggunakan alat penggetar (vibrator concrete)
 - c. Kontrol terhadap kekuatan beton segar dilakukan dengan uji slump test dan pengambilan sampel untuk pengujian kuat tekan beton di laboratorium
- 6) Perawatan Lantai Dermaga dan Pembongkaran Bekisting
 - a. Melakukan curing setelah beton mulai mengeras dengan cara menyiram air pada permukaan beton dalam selang waktu tertentu.
 - b. Pembongkaran bekisting

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III

METODOLOGI

Metodologi suatu perencanaan adalah tata cara atau urutan kerja suatu perhitungan perencanaan untuk mendapatkan hasil perencanaan dermaga. Metodologi yang digunakan untuk menyelesaikan tugas akhir ini sebagaimana ditunjukkan pada bagan metodologi, adapun uraian dari metodologi dijelaskan sebagai berikut:

3.1 Pengumpulan Data

Dalam melakukan perencanaan struktur dermaga diperlukan data yang akan digunakan pereliminari design. Data tersebut meliputi :

1. Data Bathymetri
2. Data Arus dan Pasang Surut
3. Data Kapal
4. Data Angin dan Gelombang
5. Data Tanah
6. Jenis Dermaga

3.2 Penentuan Dimensi Dermaga

Dimensi-dimensi dermaga ditentukan berdasarkan jenis kapal dan alat bongkar muat kapal. Dimesi yang direncanakan meliputi

- a. Panjang dermaga
- b. Lebar dermaga
- c. Kedalaman dermaga
- d. Elevasi lantai dermaga

3.3 Perencanaan Dimensi Elemen

Perencanaan dimensi elemen struktur dermaga meliputi pelat, balok, pilecap dan tiang pancang.

3.4 Analisa Pembebanan Struktur

Beban beban yang bekerja pada struktur dermaga meliputi beban horizontal dan vertikal dan kombinasi keduanya.

1. Beban Horizontal

- *Berting Force* atau gaya sandar
- *Mooring Force* atau gaya tambat
- Beban Arus
- Beban Gempa

2. Beban Vertikal

- Beban Merata
- Beban Terpusat

3. Kombinasi Pembebanan

- Kombinasi pembebanan pada dermaga Kombinasi pembebanan yang akan ditinjau berbadarkan peraturan *Port of Long Beach Wharf Design Criteria*,

3.5 Perencanaan Fender

Fender merupakan bantalan yang menahan benturan antara kapal dengan dermaga ketika kapal merapat.

1. Perhitungan energi sandar kapal
2. Jarak Fender
3. Pemilihan Fender
4. Elevasi Fender dan gaya Reaksi Fender

3.6 Perencanaan Bollard

Bollard merupakan alat yang berfungsi menahan kapal ketika kapal bersandar atau tambat di dermaga agar tetap pada posisinya.

- a. Gaya tambat kapal
- b. Perhitungan bollard
- c. Pemasangan bollard

3.7 Analisa Struktur

Analisa struktur dermaga menggunakan program SAP 2000 untuk mendapatkan gaya gaya yang bekerja pada struktur dermaga dan momen yang bekerja pada pelat dan balok

3.8 Penulangan dan Kontrol Stabilitas Struktur

Penulangan meliputi pelat, balok, pilecap, dan shear ring pile cap. Kontrol stabilitas diperlukan untuk menjamin perilaku struktur yang memadai pada kondisi beban kerja. Kontrol meliputi kontrol terhadap retak dan lendutan.

3.9 Perencanaan Beton Pracetak

Perencanaan elemen beton pracetak direncanakan pada tiga elemen yaitu pelat lantai, balok dan pile cap.

3.10 Penggambaran Struktur

Setelah perhitungan struktur selesai, maka dilakukan penggambaran struktur menggunakan aplikasi komputer Auto Cad.

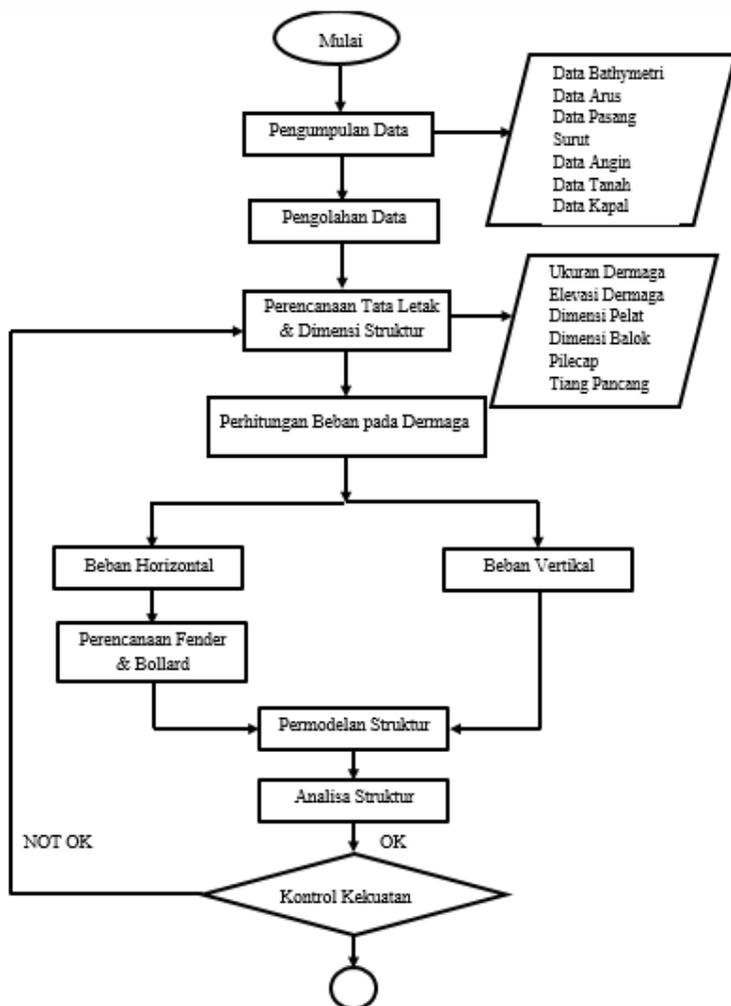
3.11 Perencanaan Metode Pelaksanaan

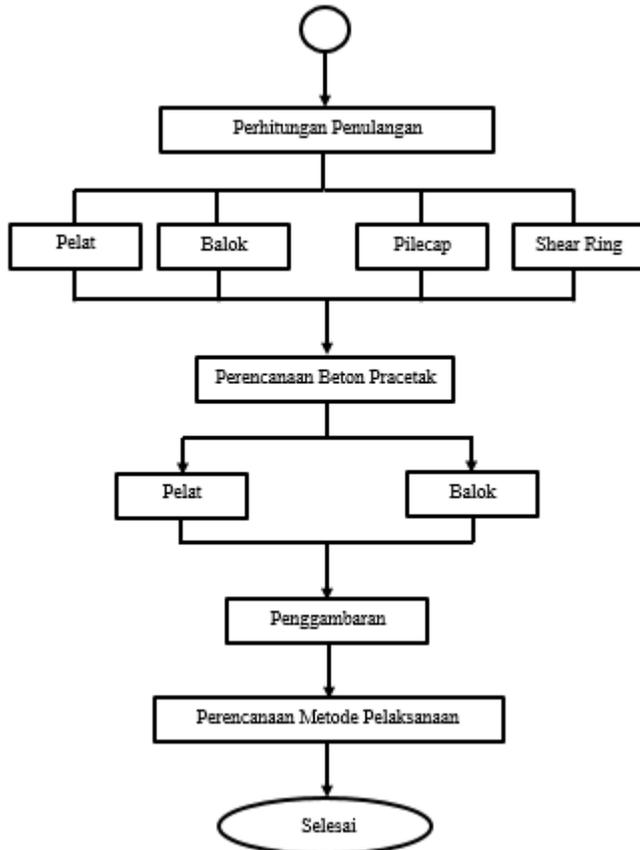
Di dalam tugas akhir ini memaparkan uraian tentang metode pelaksanaan pekerjaan dermaga yang baik dan benar.

3.12 Penulisan Laporan

Tugas akhir merupakan bentuk karya ilmiah, maka dalam pembuatan tugas akhir diperlukan laporan yang penulisannya disusun secara sistematis dan terperinci

3.8 Bagan Alir





Gambar 3. 1 Bagan alir pengerjaan tugas akhir

BAB IV ANALISA DATA

4.1 Data yang Digunakan

Berikut adalah data-data yang digunakan dalam perencanaan Dermaga General Cargo Pelabuhan Gresik :

4.1.1 Data Kapal

Berikut adalah data kriteria kapal yang digunakan dalam perencanaan ini yang diambil dari *Bridgestone Marine Fender Design Manual* .

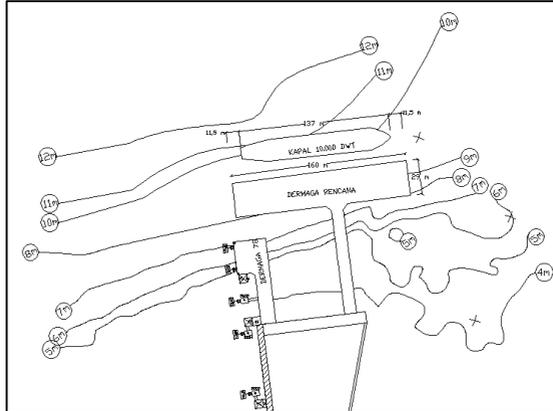
Tabel 4. 1 Dimensi Kapal General Cargo (*Bridgestone Marine Fender Design Manual*)

Type of Vessel	Tnnage (ton)	Length (m)	Breadth (m)	Depth (m)	Full Draft (m)
GENERAL CARGO & ORE CARRIER	DWT				
	300	42.0	8.1	4.3	3.2
	600	54.3	9.4	5.4	3.6
	700	58	9.7	5.5	3.7
	1,000	64	10.4	5.8	4.2
	2,000	81	12.7	6.8	4.9
	3,000	92	14.2	7.7	5.7
	5,000	109	16.4	9.0	6.8
	8,000	126	18.7	10.3	8.0
	10,000	137	19.9	11.1	8.5
	15,000	153	22.3	12.5	9.3
	30,000	186	27.1	15.2	10.9
	40,000	201	29.4	16.5	11.7
	50,000	216	31.5	17.5	12.4
	70,000	235	33.8	19.2	13.4
	90,000	252	37.2	20.6	14.2
100,000	259	38.7	21.2	15.8	
150,000	290	45.0	23.7	17.5	

4.1.2 Data Bathymetri

Data Bathymetri merupakan informasi mengenai kontur kedalam laut yang diukur dari datum tertentu yang digunakan

untuk menentukan posisi dermaga. Pemilihan posisi dermaga harus memenuhi kedalaman kolam rencana, jika kedalaman dari peta *bathymetri* tidak ada yang memenuhi dari kedalaman izin kolam rencana, maka diperlukan pengerukan di area terkait. Berikut adalah peta Bathymetri di pelabuhan Gresik dimana elevasi 0,0 m diukur dari posisi *Lower Water Surface (LWS)*.



Gambar 4. 1 Peta Bathymetri Pelabuhan Gresik

Kedalaman kolam dermaga izin rencana dapat dilihat berdasarkan kedalaman draft kapal terbesar. Kedalaman draft untuk Kapal General Cargo 10000 DWT adalah 8,5 m, sehingga kedalaman kolam dermaga rencana yang diizinkan adalah :

$$\begin{aligned}
 H_{\text{izin}} &= (\text{Draft} + 1,5 \text{ m}) \text{ LWS} \\
 &= (8,5 + 1,5 \text{ m}) \text{ LWS} \\
 &= 10 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut maka, kedalaman kolam dermaga dapat diterima berdasarkan peta bathymetri tanpa melakukan pengerukan.

4.1.3 Data Arus

Data arus yang diperlukan adalah data arah dan kecepatannya. Data ini diperoleh dari BMKG Tanjung Perak berupa data arah dan kecepatannya perbulan dari tahun 2013-2017. Adapun data-data tersebut seperti yang tercantum pada lampiran.

Tabel 4. 2 Data arus dan angin Pelabuhan Gresik pada tahun 2013-2017

Tahun	Kondisi Angin		Kondisi Gelombang	
	Arah angin	Kec. Angin (m/s)	Arah gelombang	Kec. Arus (m/s)
2013	180,76°	14,06	70°	0,3
2014	178,64°	14,28	110°	0,4
2015	167,92°	14,39	90°	0,2
2016	164,97°	12,58	110°	0,2
2017	183,39°	13,37	110°	0,3

Sumber : BMKG Perak Surabaya

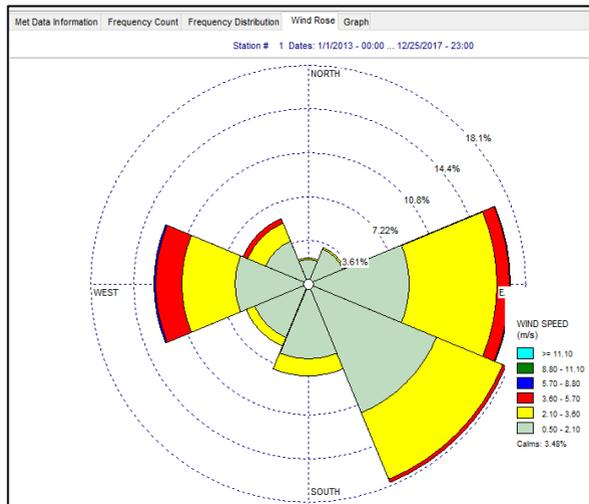
4.1.4 Data Angin

Data angin yang diperlukan adalah data arah dan kecepatannya. Data ini diperoleh dari BMKG Tanjung Perak berupa data arah dan kecepatannya perbulan dari tahun 2013-2017. Adapun data-data tersebut seperti yang tercantum pada lampiran mengenai data angin. Lampiran mengenai data angin tersebut bisa diolah menggunakan Aplikasi WRPlot sebagai berikut :

1. Masukkan data angin tiap tahun yang meliputi arah angin berupa ° (derajat) dan kecepatan angin berupa knots.
2. Masukkan data koordinat stasiun angin (titik tempat observasi data angin).
3. Masing-masing arah angin dikelompokkan berdasarkan kecepatannya (1-3 m/det, 3-6 m/det,

6-9 m/det, 9-12 m/det, >12m det) lalu dihitung jumlah kejadiannya.

4. Data angin tersebut juga dikelompokkan berdasarkan prosentase dan arahnya. Prosentase yang didapat merupakan prosentase arah angin dominan dan kecepatannya.
5. Dari pengelompokan data-data diatas, maka bisa didapat Diagram Wind Rose sebagai output data.



Gambar 4. 2 Diagram Mawar Angin Pelabuhan Gresik dari tahun 2013-2017

Dari tabel 4.1 dapat dibuat *Windrose* pada gambar 4.2. Dari *Windrose* tersebut dapat diketahui bahwa arah angin dominan adalah arah E (East) dengan prosentase 17% dan kecepatan 3.60 – 5.70 m/detik.

4.1.5 Data Pasang Surut

Data pasang surut adalah data elevasi muka air setempat yang diukur dari kedudukan tertentu (elevasi $\pm 0,00$ m) yang terdiri

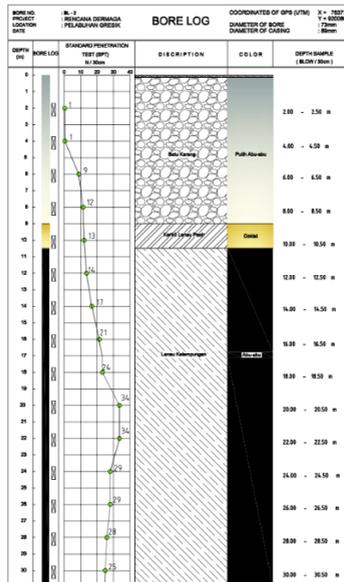
dari elevasi muka air terendah dan elevasi muka air tertinggi. Data pasang surut ini nantinya akan digunakan untuk menentukan elevasi lantai dermaga.

Berdasarkan data yang didapat, elevasi muka air pasang tertinggi dan muka air surut terendah diukur dari LWS adalah sebagai berikut :

- a. High Water Level (HWL) : + 0,93 m
- b. Mean Water Level (MWL) : - 0,93 m
- c. Low Water Level (LWLS) : + 0,00 m

4.1.6 Data Tanah

Dalam perencanaan struktur dermaga ini dibutuhkan data tanah berupa hasil uji test SPT, data tersebut digunakan untuk perencanaan pondasi. Berikut adalah data tanah yang dibutuhkan:



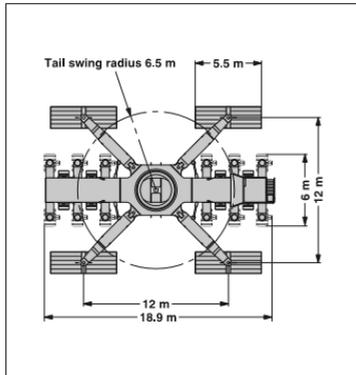
Gambar 4. 3 Data Tanah Dermaga dan Trestle

4.1.7 Data Crane

Alat yang digunakan dalam perencanaan dermaga General Cargo adalah *Harbour Mobile Craine (HMC) LHM 320*. Alat ini dapat digunakan untuk bongkar muat barang kargo dengan menggunakan alat bantu semacam bucket khusus. Spesifikasi *HMC LHM 320* yang dipakai ditunjukkan pada tabel berikut:

<p>Capacities</p> <p>Standard operation _____ 70 t Heavy lift operation _____ 104 t</p>	<p>Quay load arrangements</p> <p>Uniformly Distributed Load _____ 1.7 t/m² Max. load per tyre _____ 6.0 t</p> <p>Due to its unique travelling and supporting system, the parameters of the undercarriage (pad sizes, supporting base and number of axle sets) can easily be adapted to comply with the most stringent quay load restrictions.</p>
<p>Main dimensions</p> <p>Min to max. outreach _____ 10.5 – 43 m Height of boom fulcrum _____ 16.9 m Tower cabin height (eye level) _____ 23 m</p>	<p>Weights</p> <p>Weight of the crane _____ 255 t Counterweight _____ 70 t Total weight of the crane _____ approx. 325 t</p>
<p>Hoisting heights</p> <p>Above quay at minimum radius _____ 45 m Above quay at maximum radius _____ 30 m Below quay _____ 15 m</p>	<p>Propping arrangements</p> <p>Standard supporting base _____ 12 m x 12 m Standard pad dimension _____ 4x 5.5 m x 1.8 m</p>
<p>Working speeds</p> <p>Hoisting / lowering _____ 0 – 90 m/min Slewing _____ 0 – 1.6 rpm Luffing _____ 0 – 70 m/min Travelling _____ 0 – 90 m/min</p>	

Radius	Hook operation	Spreader operation	Grab operation
(m)	(t)	(t)	(t)
10.5	104.0	41.0	70.0
17	104.0	41.0	70.0
18	102.7	41.0	70.0
20	88.1	41.0	62.6
21	82.1	41.0	56.4
22	76.8	41.0	54.6
23	72.0	41.0	51.2
24	67.8	41.0	48.2
25	64.0	41.0	45.5
26	60.5	41.0	43.0
27	57.3	41.0	40.7
28	54.4	41.0	38.7
29	51.8	39.3	36.8
30	49.3	36.8	35.1
31	47.1	34.6	33.5
32	45.0	32.5	32.0
33	43.0	30.5	30.6
34	41.2	28.7	29.3
35	39.5	27.0	28.1
36	37.9	25.4	27.0
37	36.4	23.9	25.9
38	35.0	22.5	24.9
39	33.7	21.2	24.0
40	32.4	19.9	23.0
41	31.3	18.8	22.3
42	30.1	17.6	21.4
43	29.1	16.6	20.7



Gambar 4. 4 Spesifikasi LHM Crane 320

4.2 Spesifikasi Material

Adapun spesifikasi material yang dipakai untuk perencanaan adalah sebagai berikut :

4.2.1 Beton

Adapun kualitas material beton dipakai adalah sebagai berikut :

- Mutu beton (f_c') = 35 MPa
- Modulus Elastisitas beton (E_c)
 $E_c = 4700 \cdot \sqrt{f_c'}$
 $E_c = 4700 \cdot \sqrt{35 \text{ MPa}}$
 $E_c = 27805,575 \text{ MPa}$

4.2.2 Baja

Mutu baja tulangan yang digunakan adalah :

- Mutu Baja Tulangan Bj TS 40
- Tegangan leleh (f_y) = 390 MPa
- Tegangan putus (f_u) = 560 MPa
- Modulus Elastisitas (E) = 200.000 Mpa

4.2.3 Tiang Pancang

Tiang pancang yang digunakan adalah tiang pancang pipa baja (Steel Pipe Pile) JIS A 5552 grade 3 dengan spesifikasi sebagai berikut :

- Tenggangan leleh (f_y) : 310 MPa
- Tenggangan putus (f_u) : 455 MPa
- Modulus Young : 200000 MPa

4.3 Perencanaan Tata Letak dan Dimensi

4.3.1 Panjang Dermaga

Menurut *Standart Design Criteria for Port in Indonesia 1984* panjang dermaga pada perencanaan ini dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 L_p &= L_{oa} + (10\% \times L_{oa}) \\
 &= 137 \text{ m} + (10\% \times 137 \text{ m}) \\
 &= 137 \text{ m} + 13,7 \text{ m} \\
 &= 150,7 \\
 &= 160 \text{ m}
 \end{aligned}$$

4.3.2 Lebar Dermaga

Lebar dermaga direncanakan sesuai dengan kebutuhan dermaga. Perhitungan lebar dermaga dilakukan dengan memperhitungkan jarak tepi, jarak kaki crane dan kebutuhan manouver peralatan (truck) yang berada diatas dermaga. Pada desain struktur dermaga General Cargo Pelabuhan Gresik ini direncanakan lebar dermaga yaitu 29 m.

4.3.3 Kedalaman Dermaga

Pengukuran kedalaman dermaga diukur dari kondisi LWS. Kedalaman rencana dermaga sebagai berikut :

$$H_{\text{rencana}} = (\text{Draft} + 1,5 \text{ m}) \text{ LWS}$$

$$\begin{aligned} &= (8,5 \text{ m} + 1,5 \text{ m}) \text{ LWS} \\ &= 10 \text{ m LWS} \end{aligned}$$

4.3.4 Elevasi Lantai Dermaga

Berdasarkan ketentuan pada penentuan elevasi apron dengan kedalaman air rencana 4,5 m atau lebih besar, pasang surut kurang dari 3 m adalah 0,5 – 1,5 m diatas HWS.

$$\begin{aligned} H_{\text{lantai}} &= \text{HWL} + 3,00 \text{ m} \\ &= 0,93 \text{ m LWS} + 3,00 \text{ m} \\ &= 3,93 \text{ m LWS} \end{aligned}$$

4.3.5 Dimensi Trestle

Elevasi lantai trestle direncanakan sama dengan elevasi dermaga. Sedangkan lebar dan panjang trestle disesuaikan dengan kebutuhan. Lebar dermaga rencana adalah 9 m dan panjang adalah 97 m.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V PRELIMINARY DESAIN

5.1 Penentuan Dimensi Elemen

5.1.1 Tebal Pelat Dermaga

Tebal pelat dermaga direncanakan berdasarkan *SNI T 12 2004 pasal 5.5.2* harus mempunyai ketebalan minimum yang memenuhi ketentuan berikut :

$$D \geq 200 \text{ mm}$$

atau

$$D \geq 100 + 40L \text{ mm (L dalam m)}$$

$$D \geq 100 \text{ mm} + 40 \times (6) \text{ mm}$$

$$D \geq 100 \text{ mm} + 240 \text{ mm} = 340 \text{ mm}$$

Perencanaan tebal minimum plat dapat dihitung dengan melakukan analisa geser pons terhadap beban LHM Crane 320 dengan menggunakan persamaan berikut:

$$V < V = \frac{1}{6} \sqrt{Fc} b.d$$

Direncanakan tebal pelat = 700 mm (trial error)

Maka :

$$V < V = \frac{1}{6} \sqrt{Fc} b.d$$

$$V < V = \frac{1}{6} \sqrt{Fc} (u + v) \times d$$

$$5178 \text{ kN} < V = \frac{1}{6} \sqrt{35} (2700 + 6000) \times 700$$

$$5178 \text{ kN} < 6971,11 \text{ kN}$$

$$5178 \text{ kN} < 0.75 \times 6971,11 = 5228,34 \text{ kN} \quad (\text{OKE})$$

maka direncanakan tebal plat dermaga adalah **700 mm**. Untuk perencanaan tebal plat pracetak adalah **450 mm** dan cor insitu adalah **250 mm**.

5.1.2 Tebal Pelat Trestle

Tebal pelat trestle direncanakan berdasarkan **SNI T 12 2004 pasal 5.5.2** harus mempunyai ketebalan minimum yang memenuhi ketentuan berikut :

$$D \geq 200 \text{ mm}$$

atau

$$D \geq 100 + 40L \text{ mm (L dalam m)}$$

$$D \geq 100 \text{ mm} + 40 \times (6) \text{ mm}$$

$$D \geq 100 \text{ mm} + 240 \text{ mm} = 340 \text{ mm}$$

maka direncanakan tebal pelat trestle adalah **350 mm**.

Untuk pelat trestle ini direncanakan dengan menggunakan cor insitu.

5.1.3 Dimensi Balok Memanjang

Dimensi balok memanjang rencana harus direncanakan dengan mempertimbangkan ketentuan pada **SNI T 12 2004 pasal 9.2.1** yaitu tinggi balok tidak boleh kurang dari ketentuan berikut :

$$D \geq 165 + 0.06L \text{ mm}$$

$$D \geq 165 + 0.06 (6000) \text{ mm}$$

$$D \geq 165 + 360 \text{ mm} = 525 \text{ mm}$$

Direncanakan balok memanjang dengan dimensi **750/1400 mm**.

Kontrol Kelangsingan Balok :

$$\frac{L}{beff} \leq 240 \frac{beff}{D}$$

$$\frac{6000}{750} \leq 240 \frac{750}{1400}$$

$$8 \leq 128,57 \dots\dots\dots(\text{OK})$$

5.1.4 Dimensi Balok Melintang Dermaga

Dimensi balok melintang rencana harus direncanakan dengan mempertimbangkan ketentuan pada **SNI T 12 2004 pasal 9.2.1** yaitu tinggi balok tidak boleh kurang dari ketentuan berikut :

$$D \geq 165 + 0.06L \text{ mm}$$

$$D \geq 165 + 0.06 (6000) \text{ mm}$$

$$D \geq 165 + 360 \text{ mm} = 525 \text{ mm}$$

Untuk mempermudah pelaksanaan kontruksi maka dipakai dimensi yang sama dengan Balok Memanjang yaitu **750/1400** mm.

Kontrol Kelangsingan Balok :

$$\frac{L}{b_{eff}} \leq 240 \frac{b_{eff}}{D}$$

$$\frac{6000}{750} \leq 240 \frac{750}{1400}$$

$$8 \leq 128,57 \dots\dots\dots(\text{OK})$$

5.1.5 Dimensi Balok Listplank

Dimensi balok listplank rencana harus direncanakan dengan mempertimbangkan ketentuan pada **SNI T 12 2004 pasal 9.2.1** yaitu tinggi balok tidak boleh kurang dari ketentuan berikut :

$$D \geq 165 + 0.06L \text{ mm}$$

$$D \geq 165 + 0.06 (6000) \text{ mm}$$

$$D \geq 165 + 360 \text{ mm} = 645 \text{ mm}$$

Selain itu perencanaan balok list plank harus memenuhi tinggi fender rencana yang akan digunakan sehingga dipakai dimensi **750/3000** mm

Kontrol Kelangsingan Balok :

$$\frac{L}{b_{eff}} \leq 240 \frac{b_{eff}}{D}$$

$$\frac{6000}{750} \leq 240 \frac{750}{3000}$$

$$8 \leq 60 \dots\dots\dots(\text{OK})$$

5.1.6 Dimensi Balok Memanjang Trestle

Dimensi balok memanjang rencana harus direncanakan dengan mempertimbangkan ketentuan pada **SNI T 12 2004 pasal 9.2.1** yaitu tinggi balok tidak boleh kurang dari ketentuan berikut :

$$D \geq 165 + 0.06L \text{ mm}$$

$$D \geq 165 + 0.06 (6000) \text{ mm}$$

$$D \geq 165 + 360 \text{ mm} = 525 \text{ mm}$$

Untuk mempermudah pelaksanaan konstruksi maka dipakai **600/900** mm.

Kontrol Kelangsingan Balok :

$$\frac{L}{b_{eff}} \leq 240 \frac{b_{eff}}{D}$$

$$\frac{6000}{600} \leq 240 \frac{600}{900}$$

$$10 \leq 160 \dots\dots\dots(\text{OK})$$

5.1.7 Balok Melintang Trestle

Dimensi balok memanjang rencana harus direncanakan dengan mempertimbangkan ketentuan pada **SNI T 12 2004 pasal 9.2.1** yaitu tinggi balok tidak boleh kurang dari ketentuan berikut :

$$D \geq 165 + 0.06L \text{ mm}$$

$$D \geq 165 + 0.06 (3000) \text{ mm}$$

$$D \geq 165 + 180 \text{ mm} = 345 \text{ mm}$$

Untuk mempermudah pelaksanaan konstruksi maka dipakai **600/900** mm.

Kontrol Kelangsingan Balok :

$$\frac{L}{b_{eff}} \leq 240 \frac{b_{eff}}{D}$$

$$\frac{3000}{600} \leq 240 \frac{600}{900}$$

$$5 \leq 160 \dots\dots\dots(\text{OK})$$

5.1.8 Balok Tepi Trestle

Dimensi balok memanjang rencana harus direncanakan dengan mempertimbangkan ketentuan pada **SNI T 12 2004 pasal 9.2.1** yaitu tinggi balok tidak boleh kurang dari ketentuan berikut :

$$D \geq 165 + 0.06L \text{ mm}$$

$$D \geq 165 + 0.06 (3000) \text{ mm}$$

$$D \geq 165 + 180 \text{ mm} = 345 \text{ mm}$$

Untuk mempermudah pelaksanaan konstruksi maka dipakai **400/600** mm.

Kontrol Kelangsingan Balok :

$$\frac{L}{b_{eff}} \leq 240 \frac{b_{eff}}{D}$$

$$\frac{6000}{400} \leq 240 \frac{400}{600}$$

$$15 \leq 160 \dots\dots\dots(\text{OK})$$

5.2 Pembebanan Struktur

5.2.1 Beban Sandar (*Berthing Force*)

Beban Sandar yang bekerja pada dermaga direncanakan terjadi akibat kapal General Cargo 10000 DWT.

- **Data Kapal General Cargo 10000 DWT**

- Loa = 137 m
- Lpp = 0,822 · Loa^{1,0263}
= 0,822 · (137 m)^{1,0263}
= 128,17 m
- Ws = 13551 Ton
- Lebar Kapal (B) = 19,9 m
- Tinggi Kapal (H) = 11,1 m
- Draught (D) = 8,5 m
- HWL = + 0,93 m
- MSL = + 0,00 m
- Berthing Velocity = 0,15 m/s

$$E = \frac{W_s V^2}{2g} C_m C_e C_s C_c$$

$$\begin{aligned} C_b &= W_s / L_{pp} \times B \times D \times \gamma_w \\ &= 13551 / 128,17 \times 19,9 \times 8,5 \times 1,025 \\ &= 0,61 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_m &= 1 + \frac{\pi}{2C_b} \frac{d}{B} \\ &= 1 + \frac{\pi}{2 \cdot 0,61} \frac{8,5}{19,9} \\ &= 1,41 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L &= \frac{1}{4} \times L_{oa} \\ &= \frac{1}{4} \times 137 \text{ m} \\ &= 34,25 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 r &= \text{diambil } 0,22 \text{ Loa} \\
 &= 0,22 \times 137 \text{ m} \\
 &= 30,14 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_e &= \frac{1}{1+(l/r)^2} \\
 &= \frac{1}{1+(34,25/30,14)^2} \\
 &= 0,44
 \end{aligned}$$

C_C = Koefisien bentuk = 1 (untuk jetty)

C_S = Koefisien kekerasan = 1 (untuk kapal baja)

Sehingga :

$$E = \frac{W_s V^2}{2g} C_m C_e C_s C_c$$

$$E = \frac{13551 \times 0,15^2}{2 \times 9,81} 1,41 \times 0,44 \times 1 \times 1$$

$$= 9.64 \text{ Tm}$$

- **Pemilihan Jenis Fender**

Pemilihan fender dapat ditentukan dengan membandingkan nilai *berthing energy* rencana dengan kapasitas *berthing energy* yang dimiliki fender. Sedangkan panjang fender menyesuaikan bidang sentuh kapal terhadap fender. Dalam perencanaan ini dipilih fender SV 800H 2 m dengan spesifikasi gaya yang terima seperti berikut :

Tabel 5. 1 Spesifikasi SV 800 H 2 m (Bridgestone Marine Fender Design)

SV-800H PERFORMANCE TABLE

(DESIGNED DEFLECTION 45%)

LENGTH (M)	RUBBER GRADE	REACTION FORCE	ENERGY ABSORPTION	REACTION FORCE	ENERGY ABSORPTION
		(tonf)	(tonf-m)	(KN)	(KN-m)
1.0	V1	68.4	18.2	671	178
	V2	60.0	16.0	588	157
	V3	45.0	12.0	441	118
	V4	30.0	8.00	294	78.5
1.5	V1	103	27.4	1010	269
	V2	90.0	24.0	883	235
	V3	67.5	18.0	662	177
	V4	45.0	12.0	441	118
2.0	V1	137	36.5	1344	358
	V2	120	32.0	1177	314
	V3	90.0	24.0	883	235
	V4	60.0	16.0	588	157
2.5	V1	171	45.6	1677	447
	V2	150	40.0	1471	392
	V3	113	30.0	1108	294
	V4	75.0	20.0	735	196
3.0	V1	205	54.7	2010	536
	V2	180	48.0	1765	471
	V3	135	36.0	1324	353
	V4	90.0	24.0	883	235

PERFORMANCE TOLERANCE : ±10%

Energi Fender (E) = 16 Tm

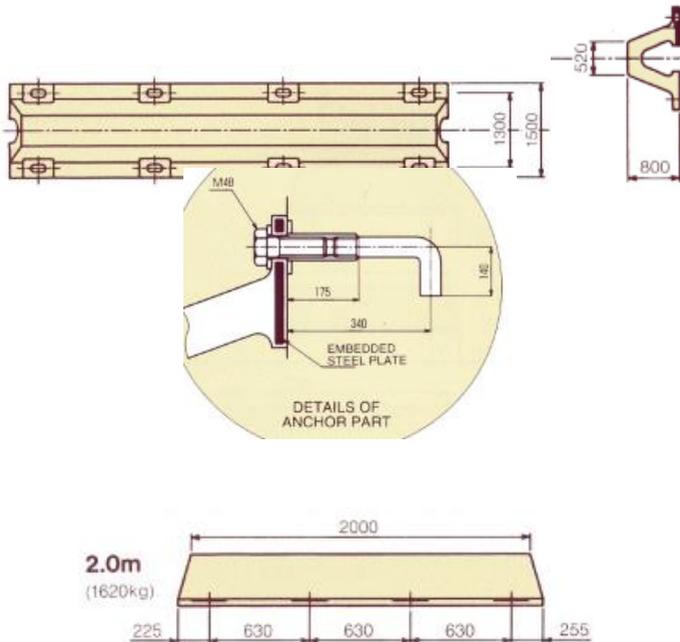
E > Ef maks = 9,64 Tm**OK**

Reaksi = 60 ton

Berat Fender = 1,620 ton

Panjang Fender = 2 m

Defleksi = 45 %



Gambar 5. 1 Detail Fender

- **Pemasangan Fender**

Jarak pemasangan fender ditinjau dari arah vertical dan horizontal. Berikut ini adalah perhitungan jarak fender.

1. Arah Vertikal Pemasangan fender pada arah ini berdasarkan pada ukuran kapal rencana yang akan bersandar pada dermaga, fluktuasi air laut, dan elevasi dermaga.
2. Arah Horizontal Syarat penentuan jarak pemasangan fender arah horizontal (L) ialah berdasarkan kedalaman perairan dan radius "bow" dari kapal, dan dipastikan tidak ada badan kapal yang menyentuh dermaga. Jarak horizontal

maksimum antara fender juga ditentukan berdasarkan rumus berikut:

$$L = 2\sqrt{r^2 - (r - h)^2}$$

Dimana :

$$\begin{aligned} r &= \text{radius tekukan dari buritan} \\ &\quad \text{kapal} \\ &= 0.25 \times \text{Loa} \\ &= 0,25 \times 137 \text{ m} \\ &= 34,25 \end{aligned}$$

$$h = \text{tinggi efektif fender} = 2 \text{ m}$$

Maka, jarak maksimum antar fender adalah:

$$\begin{aligned} L &= 2\sqrt{34,25^2 - (34,25 - 2)^2} \\ &= 23 \text{ m} \end{aligned}$$

Digunakan jarak antar fender = 12 m

5.2.2 Beban Tarikan Kapal (Mooring Force)

Beban tarikan kapal disebabkan oleh gaya angin dan arus.

- **Gaya Tarik Akibat Arus**

Dalam menghitung tekanan arus digunakan persamaan berikut :

$$Ra = Cc \cdot \gamma_w \cdot A_c \cdot \left(\frac{V_c^2}{2g} \right)$$

Dimana :

$$\begin{aligned} Ra &= \text{tekanan arus pada kapal yang} \\ &\quad \text{bertambat (ton)} \\ \gamma_w &= \text{berat jenis air laut} = 1.025 \text{ t/m}^3 \\ A_c &= \text{luas kapal di bawah muka air} \\ &\quad \text{(m}^2\text{)} \\ V_c &= \text{kecepatan arus} = 0,28 \text{ m/s} \\ &\quad \text{(Sumber : BMKG Perak} \\ &\quad \text{Surabaya)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_c &= \text{koefisien arus} \\
 &= \text{Kedalaman air/draft kapal} \\
 &= 9/8,5 = 1.1 \\
 &= C_c = 5 \text{ (Triadmodjo, Hal 223)} \\
 g &= 9.81 \text{ m/s}^2
 \end{aligned}$$

Kondisi Kapal Penuh

$$\begin{aligned}
 D &= \text{Tinggi kapal} - \text{Draft} = 11,1 - 8.5 = 2.6 \\
 A_c &= \text{Loa} \times D = 137 \times 2.6 = 356.2 \text{ m}^2 \\
 R_a &= 5 \times 1.025 \text{ t/m}^3 \times 356.2 \text{ m}^2 \times 0.28 \text{ m/s} / \\
 &\quad (2 \times 9.81 \text{ m/s}^2) \\
 &= 26.05 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

Kondisi Kapal Kosong

$$\begin{aligned}
 D &= \text{Tinggi kapal} - 1/3 \text{Draft} = 11,1 - 1/3 \\
 &\quad (8.5) = 3.9 \\
 A_c &= \text{Loa} \times D = 137 \times 3.9 = 534.3 \text{ m}^2 \\
 R_a &= 5 \times 1.025 \text{ t/m}^3 \times 534.3 \text{ m}^2 \times 0.28 \text{ m/s} / \\
 &\quad (2 \times 9.81 \text{ m/s}^2) \\
 &= 39.08 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

- **Gaya Tarik Akibat Angin**

Dalam menghitung tekanan angin digunakan persamaan berikut :

$$R_w = 0,5 \times \rho \times C \times U^2 \times (A \cos^2 \theta + B \sin^2 \theta)$$

dimana :

$$\begin{aligned}
 R_w &= \text{Gaya angin (Kg)} \\
 \rho &= \text{Berat jenis udara (0,123 kg.sec}^2/\text{m}^4) \\
 C &= \text{Koefisien angin} = 1,2 \\
 U &= \text{Kecepatan angin} = 13,74 \text{ m/s} \\
 A &= \text{Luas bagian depan / frontal kapal diatas} \\
 &\quad \text{permukaan angin (m}^2)
 \end{aligned}$$

- B = Luas bagian samping / frontal kapal
diatas permukaan angin (m^2)
- θ = Sudut arah angin terhadap sumbu kapal
= 90°

Kondisi Kapal Penuh

$$\begin{aligned}
 A &= (H - D) \times B = (11,1 - 8,5) \times 19,9 \\
 &= 51,74 \text{ m}^2 \\
 B &= (H - D) \times \text{Loa} = (11,1 - 8,5) \times 137 \\
 &= 356,2 \text{ m}^2 \\
 R_w &= 0,5 \times 0,123 \times 1,2 \times 13,74^2 \times (51,74 \\
 &\quad \text{Cos}^2 90^\circ + 356,2 \text{ Sin}^2 90^\circ) \\
 &= 4962,76 \text{ kg} \\
 &= 4,96 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

Kondisi Kapal Kosong

$$\begin{aligned}
 A &= (H - 1/3D) \times B = (11,1 - 2,83) \times 19,9 \\
 &= 164,57 \text{ m}^2 \\
 B &= (H - 1/3D) \times \text{Loa} = (11,1 - 2,83) \times 137 \\
 &= 1132,99 \text{ m}^2 \\
 R_w &= 0,5 \times 0,123 \times 1,2 \times 13,74^2 \times (164,57 \\
 &\quad \text{Cos}^2 90^\circ + 1132,99 \text{ Sin}^2 90^\circ) \\
 &= 15785,4 \text{ kg} \\
 &= 15,78 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan pembebanan di atas, beban total yang terjadi adalah :

$$\begin{aligned}
 R_r &= \sqrt{Ra^2 - R_w^2} \\
 &= \sqrt{39,08^2 - 15,78^2} \\
 &= 42,15 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

- **Perhitungan Bollard**

Direncanakan, bollard dengan kapasitas 30 ton untuk satu bollard. Maka, jumlah bollard minimal yang dibutuhkan adalah:

$$\begin{aligned} n &= \frac{R_w}{\text{Kapasitas Bollard rencana}} \\ &= \frac{42,15}{30} \\ &= 1,4 \approx 2 \end{aligned}$$

Beban yang menentukan untuk perencanaan bollard adalah resultan beban dari beban angin dan beban arus sebesar $R = 42150$ kg. Maka, direncanakan bollard atau mooring sebagai berikut:

- Jumlah bollard yang bekerja (n) = 2
- Gaya pada setiap bollard $= \frac{R}{n}$
 $= \frac{42150}{2}$
 $= 21075$ kg
- Sudut tali bollard (α) = 45°

5.2.3 Beban Gempa

Gempa pada modifikasi dermaga Samudra direncanakan menggunakan periode ulang 1000 tahun atau level gempa adalah 7% dalam 75 tahun (**SNI 2833 2013**). Beban gempa akan direncanakan menggunakan Respond Spectrum, berikut adalah perhitungan respon spectrum :

- **Penentuan Kelas Situs**

Berikut adalah perhitungan penentuan kelas situs :

Tabel 5. 2 Perhitungan N rata-rata

Lapisan ke-i	Tebal lapisan (di)	Deskripsi Tanah	Nilai N-SPT	di/Ni
	(m)			
1	2	Batu Karang	1	2.000
2	2	Batu Karang	1	2.000
3	2	Batu Karang	9	0.222
4	2	Batu Karang	12	0.167
5	2	Kerikil Lanau Pasir	13	0.154
6	2	Lanau Kelempungan	14	0.143
7	2		17	0.118
8	2		21	0.095
9	2		24	0.083
10	2		34	0.059
11	2		34	0.059
12	2		29	0.069
13	2		28	0.071
14	2		25	0.080
Total	34		284	5.038

$$\bar{N} = \frac{\sum d_i}{\sum d_i/N_i} = \frac{34}{5.038} = 6.748$$

Berdasarkan *SNI 1247 2012 tabel 3* dan *SNI 2833 2013 tabel 2* N rata-rata < 15 sehingga tanah termasuk dalam situs tanah lunak (**SE**).

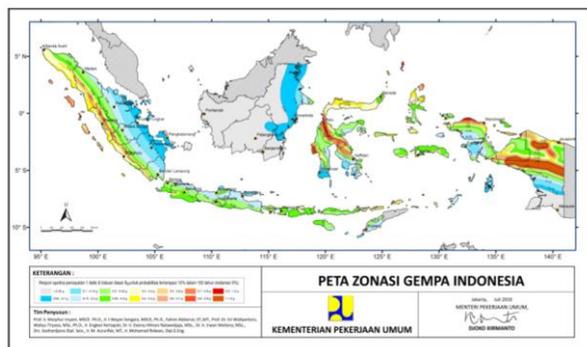
- **Menentukan Nilai S_s dan S_1**

Nilai S_s dan S_1 ditentukan dengan melihat peta gempa untuk periode ulang 1000 tahun pada **SNI 2833 2013** yaitu peta gambar 5 untuk nilai S_s dan peta gambar 6 untuk nilai S_1 .



Gambar 5. 2 Peta Gambar 5 SNI 2833 2013 dan Lokasi Perencanaan Dermaga

Berdasarkan gambar diatas dapat ditentukan nilai $S_s = 0,5$





Gambar 5. 3 Peta Gambar 6 SNI 2833 2013 dan Lokasi Perencanaan Dermaga

Berdasarkan gambar diatas dapat ditentukan nilai $S_1 = 0,1$

- **Menentukan Faktor Amplifikasi (F_a)**

Nilai Faktor Amplifikasi (F_a) dapat ditentukan dengan melihat **tabel 4 SNI 1729 2012** atau **tabel 3 SNI 2833 2013** seperti pada tabel berikut :

Tabel 5. 3 Tabel Faktor Ampifikasi (F_a) SNI 2833 2013

Kelas situs	$PGA \leq 0,1$ $S_s \leq 0,25$	$PGA = 0,2$ $S_s = 0,5$	$PGA = 0,3$ $S_s = 0,75$	$PGA = 0,4$ $S_s = 1,0$	$PGA > 0,5$ $S_s \geq 1,25$
Batuan Keras (SA)	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Batuan (SB)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Tanah Keras (SC)	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
Tanah Sedang (SD)	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
Tanah Lunak (SE)	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
Tanah Khusus (SF)	SS	SS	SS	SS	SS

Catatan : Untuk nilai-nilai antara dapat dilakukan interpolasi linier

Berdasarkan kelas situs SE dan nilai S_s 0,4 maka diambil nilai $F_a = 1,7$.

- **Menentukan Nilai Koefisien Situs (F_v)**

Nilai Faktor Amplifikasi (F_v) dapat ditentukan dengan melihat **tabel 5 SNI 1726 2012** atau **tabel 4 SNI 2833 2013** seperti pada tabel berikut :

Tabel 5. 4 Tabel Faktor Ampifikasi (Fv) SNI 2833 2013

Kelas situs	$S_T \leq 0.1$	$S_T = 0.2$	$S_T = 0.3$	$S_T = 0.4$	$S_T \geq 0.5$
Batuan Keras (SA)	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Batuan (SB)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Tanah Keras (SC)	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
Tanah Sedang (SD)	2.4	2.0	1.8	1.6	1.5
Tanah Lunak (SE)	3.5	3.2	2.8	2.4	2.4
Tanah Khusus (SF)	SS	SS	SS	SS	SS

Catatan : Untuk nilai-nilai antara dapat dilakukan interpolasi linier

Berdasarkan kelas situs SE dan nilai S_1 0,1 maka diambil nilai $F_v = 3,2$

- **Parameter Percepatan Spektral**

Parameter percepatan spectral desain untuk perioda pendek dan untuk perioda 1 detik menurut **SNI 2833 2013 pasal 5.4.1** ditentukan dengan persamaan berikut :

$$S_{DS} = F_a \times S_s = 1,7 \times 0,5 = 0,85$$

$$S_{D1} = F_v \times S_1 = 3,5 \times 0,1 = 0,35$$

- **Grafik Respons Spektrum**

Sebelum membuat grafik respond spectrum terlebih dahulu menentukan nilai T_0 dan T_s dengan persamaan sebagai berikut :

$$T_s = S_{D1}/S_{DS} = 0,35/0,85 = 0,412$$

$$T_0 = 0,2 T_s = 0,2 \times 0,412 = 0,082$$

Sedangkan percepatan spectra dapat dihitung dengan memenuhi ketentuan SNI 2833 2013 sebagai berikut :

1. Untuk $T < T_0$, nilai C_{sm} sebagai berikut :

$$C_{sm} = (S_{DS} - A_s) \frac{T}{T_0} + A_s$$

2. Untuk $T \geq T_0$ dan $T \leq T_s$ C_{sm} sebagai berikut :

$$C_{sm} = S_{DS}$$

3. Untuk nilai $T > T_s$, nilai C_{sm} sebagai berikut :

$$C_{sm} = \frac{S_{D1}}{T}$$

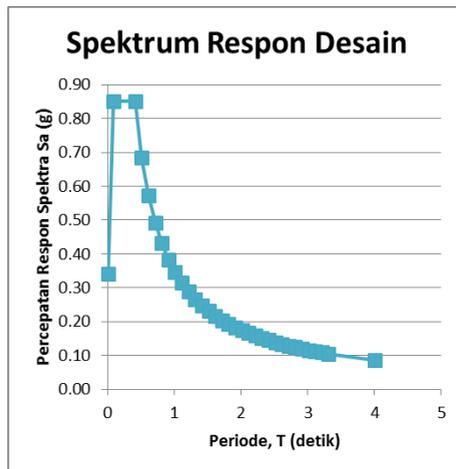
Berikut adalah tabel perhitungan Spectra Acceleration :

Tabel 5. 5 Perhitungan Percepatan Spektra

T (detik)	Csm (g)
0	0.34
0.082	0.85
0.412	0.85
0.512	0.684
0.612	0.572
0.712	0.492
0.812	0.431
0.912	0.384
1.012	0.346
1.112	0.315
1.212	0.289
1.312	0.267
1.412	0.248
1.512	0.232
1.612	0.217
1.712	0.204
1.812	0.193
1.912	0.183
2.012	0.174
2.112	0.166
2.212	0.158

2.312	0.151
2.412	0.145
2.512	0.139
2.612	0.134
2.712	0.129
2.812	0.124
2.912	0.120
3.012	0.116
3.112	0.112
3.212	0.109
3.312	0.106
4	0.088

Dan berikut adalah grafik Respon Spektrum untuk perioda gempa 1000 tahun pada pelabuhan Gresik.



Gambar 5. 4 Grafik Respon Spektrum

5.2.4 Beban Arus

Besarnya beban arus yang bekerja pada pondasi dapat dihitung dengan formula sebagai berikut :

$$F_D = \frac{1}{2} \times C_D \times \rho \times A \times U^2$$

Dimana :

- F_D = Gaya drag akibat arus (kN/m)
- C_D = Koefisien drag (= 1 untuk tiang silinder)
- ρ = Berat jenis air laut (= 1,03 t/m³)
- A = Luas penampang yang terkena arus (m²)
- U = kecepatan arus (m/s)

Tiang pancang yang terkena arus memiliki kealaman 10 m. Dimana luas area yang tertabrak arus dipengaruhi oleh diameter tiang pancang yang digunakan.

- Pile 1000 mm (d = 1 m)

$$A_s = L \cdot d$$

$$A_s = 10 \text{ m} \cdot 1 \text{ m}$$

$$A_s = 10 \text{ m}^2$$

- Pile 700 mm (d = 0.7 m)

$$A_s = L \cdot d$$

$$A_s = 10 \text{ m} \cdot 0.7 \text{ m}$$

$$A_s = 7 \text{ m}^2$$

Sehingga, jika diketahui $u = 0,28 \text{ m/s}$ gaya drag pada tiang pancang dapat dihitung sebesar :

- Pile 1000 mm

$$F_D = 0,5 \cdot C_D \cdot \rho_0 \cdot A \cdot U^2$$

$$= 0,5 \cdot 1 \cdot 1,025 \text{ kg/m}^3 \cdot 10 \text{ m}^2 \cdot (0,28 \text{ m/s})^2$$

$$= 0.40 \text{ kN/m}$$

$$F_D = 40 \text{ kg/m}$$

- Pile 700 mm

$$\begin{aligned}
 F_D &= 0,5 \cdot C_D \cdot \rho_0 \cdot A \cdot u^2 \\
 &= 0,5 \cdot 1 \cdot 1,025 \text{ kg/m}^3 \cdot 7 \text{ m}^2 \cdot (0,28 \text{ m/s})^2 \\
 &= 0,28 \text{ kN/m} \\
 F_D &= 28 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

5.2.5 Beban Mati

Berat sendiri pelat, balok, dan poer akan dihitung sendiri secara otomatis di program SAP 2000 v14.2.2, jadi beban mati yang dimasukkan adalah beban mati tambahan, diantaranya

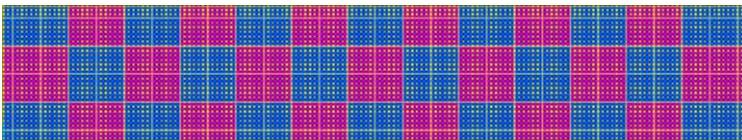
$$\begin{aligned}
 \text{Berat Sendiri Pelat} &= 0,7 \times 2,5 = 1,75 \text{ t/m}^2 \\
 \text{Berat aspal (t = 5 cm)} &= 0,05 \times 2,3 = 0,125 \text{ t/m}^2 \\
 \text{Berat sendiri fender} &= 1,62 \text{ t} \\
 \text{Beban Air hujan} &= 0,05 \times 0,98 = 0,049 \text{ t/m}^2
 \end{aligned}$$

5.2.6 Beban Hidup Merata

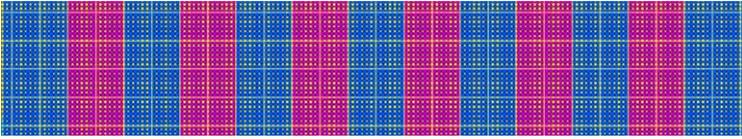
a. Beban Pangkalan (UDL)

Menurut *Standart Design Criteria for Port In Indonesia tabel 5.3* besarnya beban UDL adalah 3 ton/m² untuk dermaga petikemas dan 1 ton/m² untuk trestle

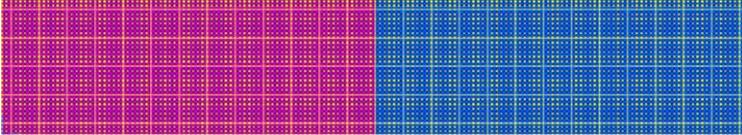
Berikut adalah variasi pembebanan UDL pada dermaga :



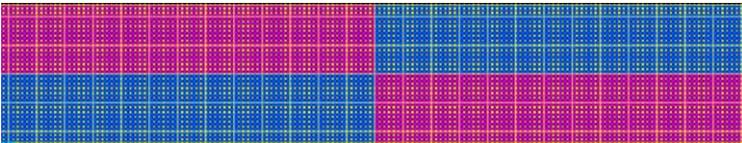
Gambar 5. 5 Variasi beban UDL 1



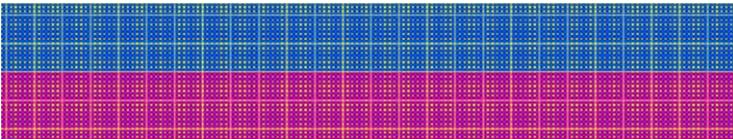
Gambar 5. 6 Variasi beban UDL 2



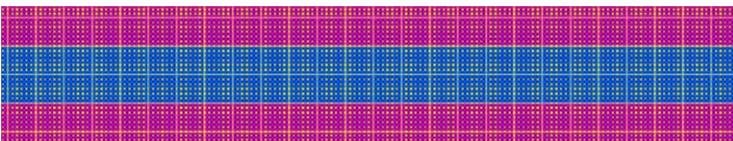
Gambar 5. 7 Variasi beban UDL 3



Gambar 5. 8 Variasi beban UDL 4



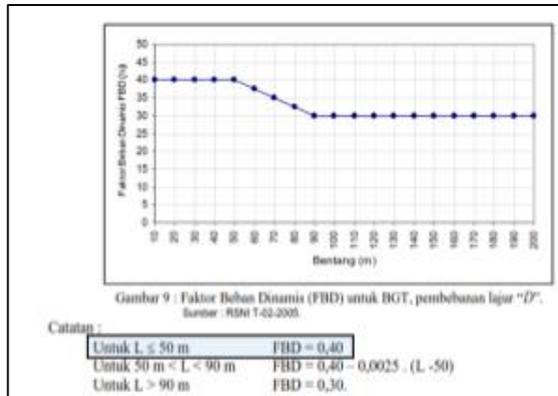
Gambar 5. 9 Variasi beban UDL 5



Gambar 5. 10 Variasi beban UDL 6

b. Beban KEL (*Knife Load*)

Menurut *SNI T-02 2005* besarnya beban KEL adalah adalah 4,9 T dikali faktor dinamis.



Gambar 5. 11 Tabel Faktor Dinamis (SNI T-02 2005)

Sehingga nilai beban KEL adalah sebagai berikut :

- Wharf ($L > 50$ m)
 $4,9 \text{ T} \times (1+0,3) = 6,37 \approx 6,5 \text{ T}$
- Trestle ($L > 50$ m)
 $4,9 \text{ T} \times (1+0,3) = 6,37 \approx 6,5 \text{ T}$

5.2.7 Beban Crane (LHM Crane 320)

Beban akibat berat sendiri crane dalam keadaan kosong sebesar 255 ton akan dimodelkan sebagai beban merata pada setiap pad dan dikombinasi dengan momen akibat posisi boom atau lengan crane.

Berikut disajikan momen maksimum yang terjadi akibat boom.

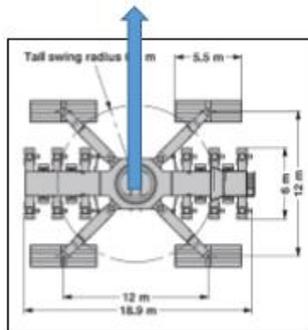
Tabel 5. 6 Momen Maksimum akibat Boom Crane

Radius (m)	Hook Operation (t)	Momen (t.m)
10.5	104	1092
17	104	1768
18	102.7	1848.6
20	88.1	1762
21	82.1	1724.1
22	76.8	1689.6
23	72	1656
24	67.8	1627.2
25	64	1600
26	60.5	1573
27	57.3	1547.1
28	54.4	1523.2
29	51.8	1502.2
30	49.3	1479
31	47.1	1460.1
32	45	1440
33	43	1419
34	41.2	1400.8
35	39.5	1382.5
36	37.9	1364.4
37	36.4	1346.8
38	35	1330
39	33.7	1314.3
40	32.4	1296
41	31.3	1283.3
42	30.1	1264.2
43	29.1	1251.3

Diperoleh momen maksimum sebesar 1848.6 ton.m akibat beban 102.7 ton dengan radius 18 m. Untuk memperoleh beban maksimum akibat berat sendiri crane dan posisi boom, dilakukan perhitungan dalam 3 kondisi :

- **Kondisi I**

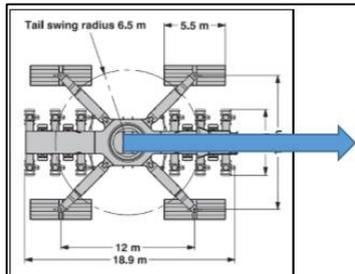
Boom tegak lurus sumbu memanjang crane. Kondisi ini terjadi pada saat crane mengambil barang cargo dari kapal (boom mengarah ke sisi laut).



Gambar 5. 12 Konfigurasi roda dan pad serta Arah Boom Kondisi I

- **Kondisi II**

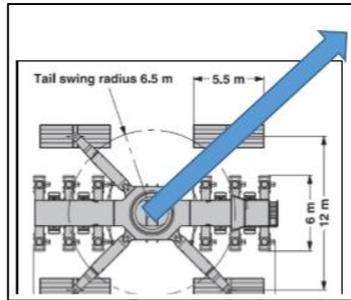
Boom sejajar sumbu memanjang crane. Kondisi ini terjadi pada saat crane melepaskan barang dari hook.



Gambar 5. 13 Konfigurasi roda dan pad serta Arah Boom Kondisi II

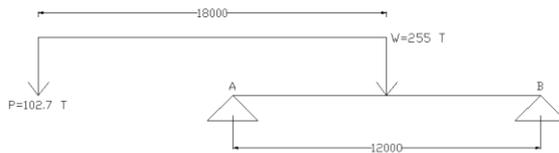
- **Kondisi III**

Boom arah diagonal sumbu memanjang crane. Kondisi ini terjadi pada saat crane melakukan swing.



Gambar 5. 14 Konfigurasi roda dan pad serta Arah Boom Kondisi III

- **Perhitungan Tekanan Outrigger Crane :
Kondisi I dan II**



$$\sum M_A = 0$$

$$-V_B \times 12 + W \cdot \frac{12}{2} - P \cdot \left(r - \frac{12}{2}\right) = 0$$

$$V_B = \frac{255 \times 6 - 102,7 \times (18 - 6)}{12}$$

$$V_B = 24,8 \text{ T}$$

Beban merata di atas pad (Dimensi pad crane 5.5. x 1.8 m)

:

$$= \frac{24,8 \text{ T}}{2} = 12,4 \text{ T}$$

$$= \frac{12,4 \text{ T}}{5,5 \times 1,8} = 1,25 \text{ T/m}^2$$

$$= \frac{1,25 \text{ T/m}^2}{2}$$

$$= 0.625 \text{ T/m}^2 \quad (\text{Sisi Darat})$$

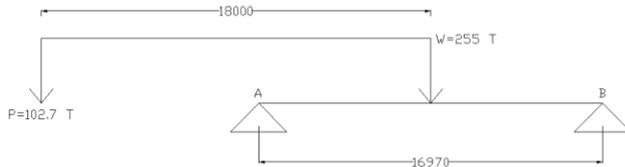
$$\begin{aligned}\sum M_B &= 0 \\ -V_A \times 12 - W \cdot \frac{12}{2} - P \cdot \left(r + \frac{12}{2}\right) &= 0 \\ V_A &= \frac{255 \times 6 + 102,7 \times (18+6)}{12} \\ V_B &= 332,9 \text{ T}\end{aligned}$$

Beban merata di atas pad (Dimensi pad crane 5.5. x 1.8 m)

:

$$\begin{aligned}&= \frac{332,9 \text{ T}}{2} = 166,45 \text{ T} \\ &= \frac{166,45 \text{ T}}{5,5 \times 1,8} = 16,81 \text{ T/m}^2 \\ &= \frac{16,81 \text{ T/m}^2}{2} \\ &= \mathbf{8.405 \text{ T/m}^2} \quad \text{(Sisi Laut)}\end{aligned}$$

- **Kondisi III**



$$\begin{aligned}\sum M_A &= 0 \\ -V_B \times 16,97 + W \cdot \frac{16,97}{2} - P \cdot \left(r - \frac{16,97}{2}\right) &= 0 \\ \dots \\ V_B &= \frac{255 \times 8,48 - 102,7 \times (18 - 8,48)}{16,97} \\ V_B &= 69,81 \text{ T}\end{aligned}$$

Beban merata di atas pad (Dimensi pad crane 5.5. x 1.8 m)

:

$$\begin{aligned}&= \frac{69,81 \text{ T}}{2} = 34,9 \text{ T} \\ &= \frac{34,9 \text{ T}}{5,5 \times 1,8} = \mathbf{3,52 \text{ T/m}^2} \quad \text{(Sisi Darat)}\end{aligned}$$

$$\sum M_B = 0$$

$$V_A \times 16,97 - W \cdot \frac{16,97}{2} - P \cdot \left(r + \frac{16,97}{2}\right) = 0$$

$$V_A = \frac{255 \times 8,48 + 102,7 \times (18+8,48)}{16,97}$$

$$V_B = 287,68 \text{ T}$$

Beban merata di atas pad (Dimensi pad crane 5.5. x 1.8 m)

:

$$= \frac{287,68 \text{ T}}{2} = 143,84 \text{ T}$$

$$= \frac{143,84 \text{ T}}{5,5 \times 1,8} = \mathbf{14,53 \text{ T/m}^2} \quad \text{(Sisi Laut)}$$

5.2.8 Kombinasi Pembebanan

a. Kombinasi pembebanan pada dermaga

Adapun kombinasi pembebanan yaitu mengikuti peraturan dari *Port of Long Beach Wharf Design Criteria Ver. 03 tahun 2012*

- **Kondisi Ultimate**

LOAD RESISTANCE FACTOR DESIGN (LRFD) ^a									
Case	LOAD COMBINATION FACTORS								
	D	L+I ^b	E	W	BE	M	R+S+T	BU	C
I	1.20	1.60	1.60	1.60	—	—	1.20	1.20	1.20
II ^c	0.90	—	1.60	1.60	—	—	1.20	1.00	1.20
III	1.20	1.00	1.60	1.60	1.60	—	—	1.20	1.20
IV	1.20	1.60	1.60	1.60	—	1.60	—	1.20	1.20

Keterangan :

D = beban mati

C = Current (beban arus)

L = beban hidup terdiri dari :

- Cr = beban crane, terdiri dari 1,2 dan 3
- UDLn = beban UDL, terdiri dari UDL1 – UDL6
- KELn = beban KEL, terdiri dari KEL1 –

KEL14

B = beban Berthing

M = beban Mooring

- **Kondisi Service (Layan)**

SERVICE LOAD DESIGN (SLD) ^f									
Case	LOAD COMBINATION FACTORS								
	D	L+I	E	W	BE	M	R+S+T	BU	C
I	1.00	1.00	1.00	1.00	—	—	1.00	1.00	1.00
II	1.00	0.75	1.00	0.75	1.00	—	—	1.00	1.00
III	1.00	1.00	1.00	1.00	—	1.00	—	1.00	1.00

Keterangan :

D = beban mati

C = Current (beban arus)

L = beban hidup terdiri dari :

- Cr = beban crane, terdiri dari 1,2 dan 3

- UDL_n = beban UDL, terdiri dari UDL1 – UDL6

- KEL_n = beban KEL, terdiri dari KEL1 – KEL14

B = beban Berthing

M = beban Mooring

- **Kondisi Gempa**

Kombinasi pembebanan pada waktu gempa mengacu pada **SNI 2833 2013** :

$$1. DL + \gamma_{EQ} LL \pm EQ_X \pm 0,3EQ_Y$$

$$2. DL + \gamma_{EQ} LL \pm EQ_X \pm 0,3EQ_X$$

Keterangan:

DL : beban mati yang bekerja (kN)

γ_{EQ} : factor beban hidup kondisi gempa

$\gamma_{EQ} = 0,5$ (jembatan sangat penting)

$\gamma_{EQ} = 0,3$ (jembatan penting)

$$\gamma EQ = 0 \text{ (jembatan lainnya)}$$

LL : beban hidup yang bekerja (kN)

EQ_x : beban gempa yang bekerja pada arah x

EQ_y : beban gempa yang bekerja pada arah y

b. Kombinasi pembebanan pada trestle

• **Kondisi Ultimate**

Adapun kombinasi pembebanan pada trestle yaitu mengikuti peraturan dari *SNI 1725-2016*:

$$1,3 D + 1,8 UDL_n + 1,8 KEL_n + 1,2 C$$

Keterangan :

- UDL_n : Beban UDL terdiri dari $UDL_1 - UDL_3$

- KEL_n : Beban KEL terdiri dari $KEL_1 - KEL_{17}$

• **Kondisi Servis (Layan)**

Kombinasi saat kondisi servis sama dengan kondisi ultimate, hanya factor kombinasinya dirubah menjadi 1.

$$1 D + 1 UDL_n + 1 KEL_n + 1 C$$

Keterangan :

- UDL_n : Beban UDL terdiri dari $UDL_1 - UDL_3$

- KEL_n : Beban KEL terdiri dari $KEL_1 - KEL_{17}$

• **Kondisi Gempa**

Kombinasi pembebanan pada waktu gempa mengacu pada *SNI 2833 2013* :

$$1. DL + \gamma_{EQ} LL \pm EQ_x \pm 0,3EQ_y$$

$$2. DL + \gamma_{EQ} LL \pm EQ_x \pm 0,3EQ_x$$

BAB VI

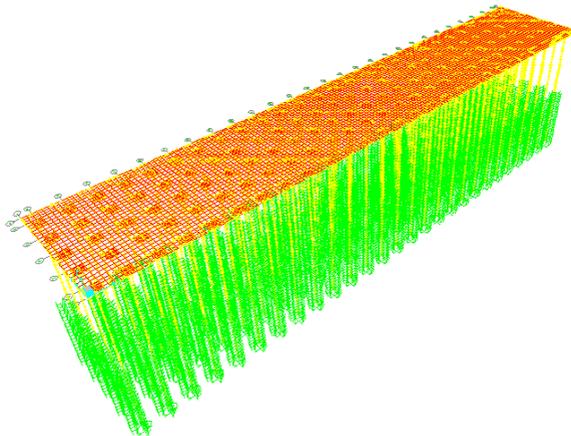
ANALISA STRUKTUR

6.1 Analisa Struktur

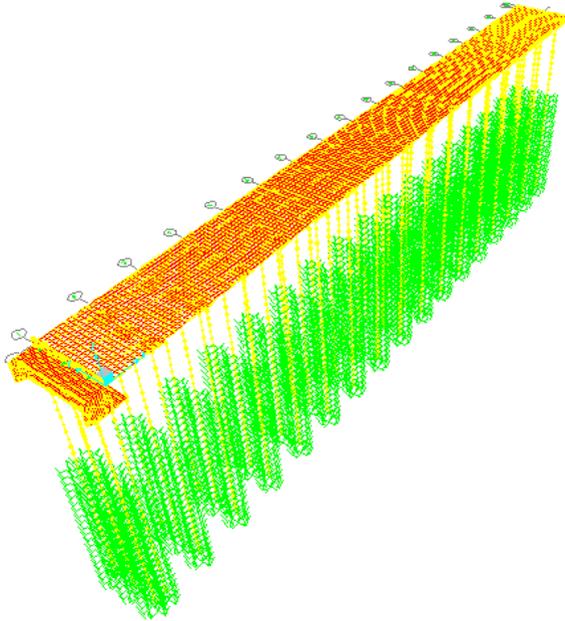
Analisa struktur yang dilakukan pada tugas akhir ini meliputi analisa plat lantai, balok, dan tiang baik pada struktur dermaga maupun trestle.

6.1.1 Permodelan Struktur Dermaga dan Trestle

Struktur dermaga dan trestle dianalisa menggunakan program SAP 2000 untuk mendapatkan gaya-gaya yang bekerja. Beban yang bekerja pada konstruksi dermaga dan trestle meliputi beban aspal, berat sendiri fender, UDL, beban hujan, LHM Crane, beban tumbukan kapal, beban tarikan kapal, dan beban gempa. Berikut ini disajikan model struktur dermaga dan trestle yang dianalisa menggunakan program SAP 2000.



Gambar 6. 1 Permodelan Struktur Dermaga

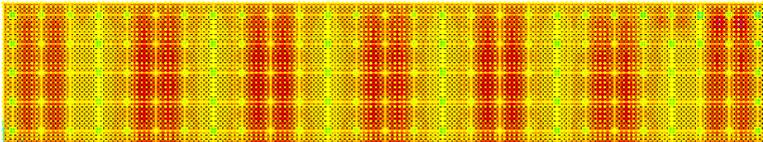


Gambar 6. 2 Permodelan Struktur Trestle

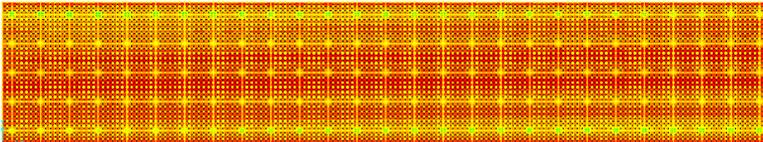
6.1.2 Permodelan Struktur Pelat

Analisis struktur plat menggunakan program SAP 2000 dan dimodelkan sebagai shell untuk mendapatkan gaya-gaya yang bekerja pada plat. Dalam perhitungan momen plat dermaga, asumsi plat sebagai plat lentur dan dianggap terjepit penuh dengan balok pada keempat sisinya. Dikatakan jepit penuh bila tumpuan mampu mencegah plat berotasi dan relatif sangat kaku terhadap momen puntir. Bila balok tepi tidak cukup kuat untuk mencegah rotasi sama sekali, maka plat dikatakan terjepit sebagian atau jepit elastis. Dalam analisa struktur plat, beban yang bekerja ialah beban mati merata, beban hidup merata (UDL), beban KEL, beban LHM Crane, dan beban truk dengan perlakuan beban-beban yang bekerja

pada plat dapat dilihat pada gambar-gambar di bawah ini. Sedangkan output dari analisa struktur plat dengan program SAP 2000 disajikan dalam bentuk gambar kontur momen plat berikut ini.



Gambar 6. 3 Kontur momen pelat (M11) akibat kombinasi beban $1,2D + 1,6KEL1 + 1,6UDL2 + 1,6 Cr + 1,2 C$



Gambar 6. 4 Kontur momen pelat (M22) akibat kombinasi beban $1,2D + 1,6BE + 1,2C$

Sedangkan untuk analisa struktur dan perhitungan penulangan plat pada waktu kondisi pracetak dilakukan dengan metode mekanika teknik tertentu. Hal-hal yang ditinjau pada waktu kondisi praktek adalah kontrol lendutan dan kebutuhan tulangan untuk kondisi konstruksi meliputi penumpukan, pengangkatan, pemasangan dan pengecoran.

6.2 Perhitungan Struktur Pelat

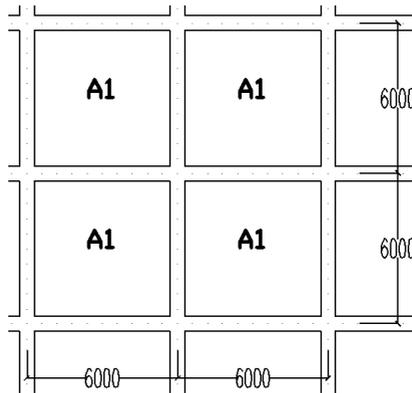
Perhitungan struktur plat meliputi perhitungan struktur plat dermaga dan struktur plat trestle.

6.2.1 Detail Perhitungan Struktur Pelat

Berikut akan ditampilkan perhitungan detail penulangan plat dermaga A1, sedangkan untuk tipe pelat lainnya akan ditabelkan.

Data perencanaan untuk penulangan pelat Dermaga :

- Lebar plat : 6000 mm
- Panjang plat : 6000 mm
- Tebal plat komposit : 700 mm
- Tebal pelat pracetak : 450 mm
- Tebal overtopping : 250 mm
- Tebal decking : 100 mm
- Diameter tul. rencana : D 19 mm
- Mutu tulangan : BJ TS grade 30
- Tenggangan leleh (f_y) : 390 MPa
- Tenggangan putus (f_u) : 560 Mpa
- Mutu beton (f_c') : 35 Mpa



Gambar 6. 5 Denah pelat A1

Dari gambar dan data tersebut dapat diketahui bentang bersih plat yaitu :

- a. Bentang pendek (l_x)

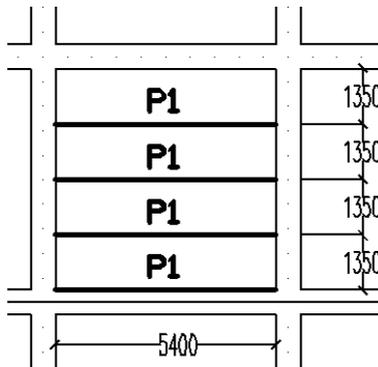
$$\begin{aligned} L_x &= l_{\text{pelat}} - \frac{1}{2}(b_{\text{balok memanjang}} - b_{\text{balok melintang}}) + 2 \cdot L_n \\ &= 6000 \text{ mm} - \frac{1}{2}(750 \text{ mm} - 750 \text{ mm}) + 2 \cdot 75 \\ &= 5400 \text{ mm} \end{aligned}$$

- b. Bentang panjang (l_y)

$$\begin{aligned} L_x &= l_{\text{pelat}} - \frac{1}{2}(b_{\text{balok memanjang}} - b_{\text{balok melintang}}) + 2 \cdot L_n \\ &= 6000 \text{ mm} - \frac{1}{2}(750 \text{ mm} - 750 \text{ mm}) + 2 \cdot 75 \\ &= 5400 \text{ mm} \end{aligned}$$

- c. Tipe pelat

$$\begin{aligned} \beta &= \frac{L_y}{L_x} \\ &= \frac{5400}{5400} \\ &= 1 \text{ (Pelat dua arah)} \end{aligned}$$



Gambar 6. 6 Denah rencana pelat precast A1

- **Perhitungan pelat sebelum komposit**

Momen (M_u) yang digunakan dalam perhitungan penulangan plat sebelum komposit berasal dari perhitungan beban yang bekerja dikalikan dengan faktor kombinasi. Perhitungan penulangan juga harus mempertimbangkan beberapa kondisi pada proses konstruksi yaitu kondisi pengangkatan, penumpukan, pemasangan dan pengangkatan. Berikut adalah perhitungan penulangan plat tiap kondisi dengan mutu beton sebagai berikut :

$$f_c' (28 \text{ hari}) = 35 \text{ MPa}$$

$$f_{ci} (14 \text{ hari}) = 88\% \cdot 35 \text{ MPa} = 30,8 \text{ MPa}$$

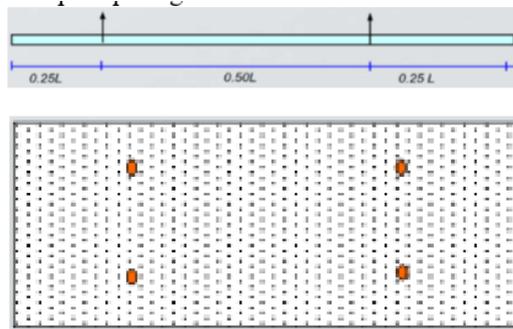
$$f_{ci} (7 \text{ hari}) = 65\% \cdot 35 \text{ MPa} = 22,5 \text{ MPa}$$

$$f_{ci} (3 \text{ hari}) = 46\% \cdot 35 \text{ MPa} = 16,1 \text{ MPa}$$

Nilai β_1 menurut SNI 2847 2013 pasal 10.2.7.3 untuk f_c' antara 17 MPa – 28 MPa harus diambil 0,85, sedangkan diatas 28 MPa , maka harus direduksi sebesar 0,05 untuk setiap kelebihan kekuatan sebesar 7 MPa diatas 28 MPa, tetapi tidak boleh kurang dari 0,65.

- a. **Penulangan Saat Kondisi Pengangkatan**

Pada proses pengangkatan, digunakan 4 (empat) titik angkat dengan detail seperti pada gambar berikut :



Gambar 6. 7 Titik pengangkatan pelat

Proses pengangkatan dilakukan pada umur 3 (tiga) hari dengan mutu beton yaitu $f_c' = 16,1$ MPa. Perhitungan beban - beban yang bekerja pada waktu pengangkatan :

- Beban mati
 Berat sendiri = $0,45 \times 1,35 \times 2400 = 1458$ kg/m
 $Q_D = 1458$ kg/m
- Beban hidup
 P pekerja = 100 kg
 $P = 100$ kg
- Beban ultimate
 $Q_D = 1,3 \times Q_D = 1,3 \times 1458$ kg/m = 1895 kg/m
 $Q_L = 1,8 \times P = 1,8 \times 100$ kg = 180 kg

Perhitungan momen (M_u)

- Momen Lapangan

$$\begin{aligned}
 M_u &= \frac{1}{10} Q_D \cdot L^2 + \frac{1}{4} P \cdot L \\
 &= \frac{1}{10} 1895 \cdot (0,5 \cdot 5,4)^2 + \frac{1}{4} 180 \cdot (0,5 \cdot 5,4) \\
 &= 1503,2 \text{ Kg.m}
 \end{aligned}$$

$$= 15032466 \text{ N.mm}$$

Faktor kejut = 1,5

$$M_u = 1,5 \times 15032466 \text{ N.mm}$$

$$= 22548699 \text{ N.mm}$$

- Momen Tumpuan

$$M_u = \frac{1}{2} Q_D \cdot L^2$$

$$= \frac{1}{2} 1895 \cdot (0,25 \cdot 5,4)^2$$

$$= 1727,2 \text{ kg.m}$$

$$= 17271832,5 \text{ N.mm}$$

Perhitungan penulangan arah Lx

$$d = h - \text{decking} - \frac{D}{2}$$

$$= 450 - 100 - \frac{19}{2}$$

$$= 340,5 \text{ mm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c}$$

$$= \frac{390 \text{ MPa}}{0,85 \cdot (16,1 \text{ MPa})}$$

$$= 28,498$$

$$\beta_1 = 0,85 - \{0,05 \times (F_c' - 28) \times 7\}$$

$$= 0,85 - \{0,05 \times (35 - 28) \times 7\}$$

$$= 0,80$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c}{F_y} \times \left(\frac{600}{600 \times F_y} \right)$$

$$= \frac{0,85 \times 0,8 \times 16,1}{390} \times \left(\frac{600}{600 \times 390} \right)$$

$$= 0,0181$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_b$$

$$= 0,75 \times 0,0181$$

$$= 0,0136$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1,4}{390} \\
 &= 0.0036 \\
 Rn &= \frac{Mu}{\phi b d^2} \\
 &= \frac{22548699}{0.8 \times 1000 \times 340.5^2} \\
 &= 0.243 \\
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times Rn}{fy}} \right) \\
 &= \frac{1}{28.498} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 28.498 \times 0.243}{390}} \right) \\
 &= 0.0006
 \end{aligned}$$

$\rho \text{ min}$:	$\rho \text{ perlu}$:	$\rho \text{ max}$
0.0036	>	0.0006	<	0.0136

Maka, $\rho \text{ pakai} = 0.0036$

$$\begin{aligned}
 A_{S_{\text{perlu}}} &= \rho b d \\
 &= 0,0036 \times 1000 \times 340.5 \\
 &= 1222.3 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Maka dipakai tulangan : **D19 – 200**

$$A_{S_{\text{pakai}}} = 1418 \text{ mm}^2 > A_{S_{\text{perlu}}} \text{ (OK)}$$

Perhitungan penulangan arah Ly

Menurut peraturan **SNI 2847 2013 pasal 7.12.2.1** untuk plat one way maka tulangan searah bentang panjang harus disediakan dengan rasio antara 0,0020 dan 0,0018 untuk mutu baja 390 MPa

$$\text{Mutu baja (fy)} = 390 \text{ MPa}$$

$$\text{Rasio efektif} = 0,0018$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{0.0018 \cdot 420}{fy}$$

$$= \frac{0.0018 \cdot 420}{390}$$

$$= 0.002$$

$$d = h - \text{decking} - \frac{D}{2}$$

$$= 450 - 100 - \frac{19}{2}$$

$$= 340.5 \text{ mm}$$

$$A_{S\text{perlu}} = \rho b d$$

$$= 0,002 \times 1000 \times 340.5$$

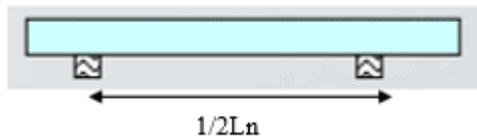
$$= 660 \text{ mm}^2$$

Maka dipakai tulangan : **D19 – 250**

$$A_{S\text{pakai}} = 1134 \text{ mm}^2 > A_{S\text{perlu}} \text{ (OK)}$$

b. Penulangan Saat Kondisi Penumpukan

Pada proses penumpukan, digunakan balok kayu sejarak seperempat bentang dari tepi plat seperti pada gambar berikut :



Gambar 6. 8 Kondisi penumpukan pelat

Proses penumpukan dilakukan pada umur 3 (tiga) hari dengan mutu beton yaitu $f_c' = 16,1 \text{ MPa}$. Perhitungan beban - beban yang bekerja pada waktu pengangkatan :

- Beban mati
 - Berat sendiri $= 0,45 \times 1,35 \times 2400 = 1458 \text{ kg/m}$
 - $Q_D = 1458 \text{ kg/m}$
- Beban hidup
 - P pekerja $= 100 \text{ kg}$

$$P = 100 \text{ kg}$$

- Beban ultimate

$$Q_D = 1,3 \times Q_D = 1,3 \times 1458 \text{ kg/m} = 1895 \text{ kg/m}$$

$$Q_L = 1,8 \times P = 1,8 \times 100 \text{ kg} = 180 \text{ kg}$$

Perhitungan momen (Mu)

- Momen Lapangan

$$\begin{aligned} \text{Mu} &= \frac{1}{10} Q_D \cdot L^2 + \frac{1}{4} P \cdot L \\ &= \frac{1}{10} 1895 \cdot (0,5 \cdot 5,4)^2 + \frac{1}{4} 180 \cdot (0,5 \cdot 5,4) \\ &= 1503,2 \text{ Kg.m} \\ &= 15032466 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

Faktor kejut = 1,5

$$\begin{aligned} \text{Mu} &= 1,5 \times 15032466 \text{ N.mm} \\ &= 22548699 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

- Momen Tumpuan

$$\begin{aligned} \text{Mu} &= \frac{1}{2} Q_D \cdot L^2 \\ &= \frac{1}{2} 1895 \cdot (0,25 \cdot 5,4)^2 \\ &= 1727,2 \text{ kg.m} \\ &= 17271832,5 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

Perhitungan penulangan arah Lx

$$\begin{aligned} d &= h - \text{decking} - \frac{D}{2} \\ &= 450 - 100 - \frac{19}{2} \\ &= 340,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= \frac{fy}{0,85 \cdot fc'} \\ &= \frac{390 \text{ MPa}}{0,85 \cdot (16,1 \text{ MPa})} \\ &= 28,498 \end{aligned}$$

$$\beta_1 = 0,85 - \{0,05 \times (F_c' - 28) \times 7\}$$

$$\begin{aligned}
&= 0.85 - \{0.05 \times (35 - 28) \times 7\} \\
&= 0.80 \\
\rho_b &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{F_y} \times \left(\frac{600}{600 \times F_y} \right) \\
&= \frac{0,85 \times 0.8 \times 16,1}{390} \times \left(\frac{600}{600 \times 390} \right) \\
&= 0.0181 \\
\rho_{max} &= 0.75 \times \rho_b \\
&= 0.75 \times 0.0181 \\
&= 0.0136 \\
\rho_{min} &= \frac{1,4}{f_y} \\
&= \frac{1,4}{390} \\
&= 0.0036 \\
R_n &= \frac{Mu}{\phi b d^2} \\
&= \frac{22548699}{0.8 \times 1000 \times 340.5^2} \\
&= 0.243 \\
\rho_{perlu} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times R_n}{f_y}} \right) \\
&= \frac{1}{28.498} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 28.498 \times 0.243}{390}} \right) \\
&= 0.0006
\end{aligned}$$

ρ_{min}	:	ρ_{perlu}	:	ρ_{max}
0.0036	>	0.0006	<	0.0136

Maka, ρ pakai = 0.0036

$$\begin{aligned}
A_{S_{perlu}} &= \rho b d \\
&= 0,0036 \times 1000 \times 340.5 \\
&= 1222.3 \text{ mm}^2
\end{aligned}$$

Maka dipakai tulangan : **D19 – 200**

$$A_{S_{pakai}} = 1418 \text{ mm}^2 > A_{S_{perlu}} \text{ (OK)}$$

Perhitungan penulangan arah Ly

Menurut peraturan **SNI 2847 2013 pasal 7.12.2.1** untuk plat one way maka tulangan searah bentang panjang harus disediakan dengan rasio antara 0,0020 dan 0,0018 untuk mutu baja 390 MPa

$$\text{Mutu baja } (f_y) = 390 \text{ MPa}$$

$$\text{Rasio efektif} = 0,0018$$

$$\begin{aligned} \rho_{perlu} &= \frac{0.0018 \cdot 420}{f_y} \\ &= \frac{0.0018 \cdot 420}{390} \\ &= 0.002 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d &= h - \text{decking} - \frac{D}{2} \\ &= 450 - 100 - \frac{19}{2} \\ &= 340.5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{S_{perlu}} &= \rho b d \\ &= 0,002 \times 1000 \times 340.5 \\ &= 660 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka dipakai tulangan : **D19 – 250**

$$A_{S_{pakai}} = 1134 \text{ mm}^2 > A_{S_{perlu}} \text{ (OK)}$$

c. Penulangan Saat Kondisi Pemasangan

Pada proses pemasangan, pelat langsung penumpu pada balok induk. Proses pemasangan dilakukan pada umur 7 (tiga) hari dengan mutu beton yaitu $f_c' = 22,75$ MPa. Perhitungan beban - beban yang bekerja pada waktu pengangkatan :

- Beban mati

$$\text{Berat sendiri} = 0,45 \times 1,35 \times 2400 = 1458 \text{ kg/m}$$

- $Q_D = 1458 \text{ kg/m}$
- Beban hidup
 - P pekerja = 100 kg
 - $P = 100 \text{ kg}$
 - Beban ultimate
 - $Q_D = 1,3 \times Q_D = 1,3 \times 1458 \text{ kg/m} = 1895 \text{ kg/m}$
 - $Q_L = 1,8 \times P = 1,8 \times 100 \text{ kg} = 180 \text{ kg}$

Perhitungan momen (M_u)

- Momen Lapangan
 - $$M_u = \frac{1}{10} Q_D \cdot L^2 + \frac{1}{4} P \cdot L$$

$$= \frac{1}{10} 1895 \cdot 5,4^2 + \frac{1}{4} 180 \cdot 5,4$$

$$= 5770 \text{ Kg.m}$$

$$= 57699864 \text{ N.mm}$$
 - Faktor kejut = 1,5
 - $M_u = 1,5 \times 57699864 \text{ N.mm}$

$$= 86549796 \text{ N.mm}$$

Perhitungan penulangan arah Lx

$$d = h - \text{decking} - \frac{D}{2}$$

$$= 450 - 100 - \frac{19}{2}$$

$$= 340,5 \text{ mm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_{c'}}$$

$$= \frac{390 \text{ MPa}}{0,85 \cdot (22,75 \text{ MPa})}$$

$$= 20,168$$

$$\beta_1 = 0,85 - \{0,05 \times (F_{c'} - 28) \times 7\}$$

$$= 0,85 - \{0,05 \times (35 - 28) \times 7\}$$

$$= 0,80$$

$$\begin{aligned}\rho_b &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{F_y} \times \left(\frac{600}{600 \times F_y} \right) \\ &= \frac{0,85 \times 0,8 \times 22,75}{390} \times \left(\frac{600}{600 \times 390} \right) \\ &= 0,0255\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{max} &= 0,75 \times \rho_b \\ &= 0,75 \times 0,0255 \\ &= 0,0192\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{min} &= \frac{1,4}{f_y} \\ &= \frac{1,4}{390} \\ &= 0,0036\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}R_n &= \frac{M_u}{\phi b d^2} \\ &= \frac{86549796}{0,8 \times 1000 \times 340,5^2} \\ &= 0,933\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{perlu} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{20,168} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 20,168 \times 0,933}{390}} \right) \\ &= 0,0025\end{aligned}$$

ρ_{min}	:	ρ_{perlu}	:	ρ_{max}
0,0036	>	0,0025	<	0,0136

Maka, ρ pakai = 0,0036

$$\begin{aligned}A_{s_{perlu}} &= \rho b d \\ &= 0,0036 \times 1000 \times 340,5 \\ &= 1222,3 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Maka dipakai tulangan : **D19 – 200**

$$A_{s_{pakai}} = 1418 \text{ mm}^2 > A_{s_{perlu}} \text{ (OK)}$$

Perhitungan penulangan arah Ly

Menurut peraturan **SNI 2847 2013 pasal 7.12.2.1** untuk plat one way maka tulangan searah bentang panjang harus disediakan dengan rasio antara 0,0020 dan 0,0018 untuk mutu baja 390 MPa

$$\text{Mutu baja } (f_y) = 390 \text{ MPa}$$

$$\text{Rasio efektif} = 0,0018$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{0,0018 \cdot 420}{f_y}$$

$$= \frac{0,0018 \cdot 420}{390}$$

$$= 0,002$$

$$d = h - \text{decking} - \frac{D}{2}$$

$$= 450 - 100 - \frac{19}{2}$$

$$= 340,5 \text{ mm}$$

$$A_{S_{\text{perlu}}} = \rho b d$$

$$= 0,002 \times 1000 \times 340,5$$

$$= 660 \text{ mm}^2$$

Maka dipakai tulangan : **D19 – 250**

$$A_{S_{\text{pakai}}} = 1134 \text{ mm}^2 > A_{S_{\text{perlu}}} \text{ (OK)}$$

d. Penulangan Saat Kondisi Pengecoran

Pada proses pengecoran, pelat langsung penumpu pada balok induk. Proses pemasangan dilakukan pada umur 7 (tiga) hari dengan mutu beton yaitu $f_c' = 22,75$ MPa. Perhitungan beban - beban yang bekerja pada waktu pengangkatan :

- Beban mati

$$\text{Berat sendiri} = 0,45 \times 1,35 \times 2400 = 1458 \text{ kg/m}$$

$$\text{Overtopping} = 0,25 \times 1,35 \times 2400 = 810 \text{ kg/m}$$

$$Q_D = 2268 \text{ kg/m}$$

- Beban hidup
P pekerja = 100 kg

P = 100 kg
- Beban ultimate
Q_D = 1,3 x Q_D = 1,3 x 2268 kg/m = 2948 kg/m
Q_L = 1,8 x P = 1,8 x 100 kg = 180 kg

Perhitungan momen (Mu)

- Momen Lapangan

$$\begin{aligned} \text{Mu} &= \frac{1}{10} Q_D \cdot L^2 + \frac{1}{4} P \cdot L \\ &= \frac{1}{10} 2948 \cdot 5,4^2 + \frac{1}{4} 180 \cdot 5,4 \\ &= 8840,5 \text{ Kg.m} \\ &= 88405344 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

Faktor kejut = 1,5

$$\begin{aligned} \text{Mu} &= 1,5 \times 88405344 \text{ N.mm} \\ &= 132608016 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

Perhitungan penulangan arah Lx

$$\begin{aligned} d &= h - \text{decking} - \frac{D}{2} \\ &= 450 - 100 - \frac{19}{2} \\ &= 340,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= \frac{fy}{0,85 \cdot fc'} \\ &= \frac{390 \text{ MPa}}{0,85 \cdot (22,75 \text{ MPa})} \\ &= 20,168 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \beta_1 &= 0,85 - \{0,05 \times (F_{c'} - 28) \times 7\} \\ &= 0,85 - \{0,05 \times (35 - 28) \times 7\} \\ &= 0,80 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_b &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_{c'} \times \left(\frac{600}{600 \times F_y}\right)}{F_y} \\ &= \frac{0,85 \times 0,8 \times 22,75}{390} \times \left(\frac{600}{600 \times 390}\right) \\ &= 0,0255\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{max} &= 0,75 \times \rho_b \\ &= 0,75 \times 0,0255 \\ &= 0,0192\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{min} &= \frac{1,4}{f_y} \\ &= \frac{1,4}{390} \\ &= 0,0036\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}R_n &= \frac{M_u}{\phi b d^2} \\ &= \frac{132608016}{0,8 \times 1000 \times 340,5^2} \\ &= 1,430\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{perlu} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times R_n}{f_y}}\right) \\ &= \frac{1}{20,168} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 20,168 \times 1,430}{390}}\right) \\ &= 0,0038\end{aligned}$$

ρ_{min}	:	ρ_{perlu}	:	ρ_{max}
0,0036	<	0,0038	<	0,0136

Maka, ρ pakai = 0,0038

$$\begin{aligned}A_{S_{perlu}} &= \rho b d \\ &= 0,0038 \times 1000 \times 340,5 \\ &= 1298,1 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Maka dipakai tulangan : **D19 – 200**

$$A_{S_{pakai}} = 1418 \text{ mm}^2 > A_{S_{perlu}} \text{ (OK)}$$

Perhitungan penulangan arah Ly

Menurut peraturan **SNI 2847 2013 pasal 7.12.2.1** untuk plat one way maka tulangan searah bentang panjang harus disediakan dengan rasio antara 0,0020 dan 0,0018 untuk mutu baja 390 MPa

$$\text{Mutu baja } (f_y) = 390 \text{ MPa}$$

$$\text{Rasio efektif} = 0,0018$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{0,0018 \cdot 420}{f_y}$$

$$= \frac{0,0018 \cdot 420}{390}$$

$$= 0,002$$

$$d = h - \text{decking} - \frac{D}{2}$$

$$= 450 - 100 - \frac{19}{2}$$

$$= 340,5 \text{ mm}$$

$$A_{S_{\text{perlu}}} = \rho b d$$

$$= 0,002 \times 1000 \times 340,5$$

$$= 660 \text{ mm}^2$$

Maka dipakai tulangan : **D19 – 250**

$$A_{S_{\text{pakai}}} = 1134 \text{ mm}^2 > A_{S_{\text{perlu}}} \text{ (OK)}$$

- **Kontrol Pelat Pracetak**

Plat pracetak yang telah direncanakan harus dikontrol dimimna tegangan yang terjadi harus lebih besar dari tegangan izin bahan (f_{ci}). Berikut adalah perhitungan pembebanan di tiap kondisi.

$$- \text{qu}_{\text{pengangkatan}} = 1,3 \times 0,45 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 1404 \text{ kg/m}^2$$

$$- \text{qu}_{\text{penumpukan}} = 1,3 \times 0,45 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 1404 \text{ kg/m}^2$$

$$- \text{qu}_{\text{pengecoran}} = 1,3 \times 0,7 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 2184 \text{ kg/m}^2$$

$$- \text{PU}_{\text{pemasangan}} = 1,8 \times 200 \text{ kg} = 360 \text{ kg}$$

$$- \text{PU}_{\text{pengecoran}} = 1,8 \times 200 \text{ kg} = 360 \text{ kg}$$

Sedangkan momen tahanan plat terhadap beban dapat dihitung sebagai berikut :

- Arah x

$$\begin{aligned} W_x &= \frac{1}{6} \cdot L \cdot t^2 \\ &= \frac{1}{6} \cdot (0.5 \times 540 \text{ cm}) \cdot 45 \text{ cm}^2 \\ &= 91125 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

- Arah y

$$\begin{aligned} W_y &= \frac{1}{6} \cdot L \cdot t^2 \\ &= \frac{1}{6} \cdot (0.5 \times 135 \text{ cm}) \cdot 45 \text{ cm}^2 \\ &= 22781 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

• **Kontrol Pengangkatan ($f_{ci} = 16,1 \text{ MPa}$)**

$$\begin{aligned} F_r &= 0.7 \sqrt{f_{ci}} \\ &= 0.7 \sqrt{16,1 \text{ MPa}} \\ &= 2.81 \text{ MPa} \\ &= 28.1 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_x &= -M_x \\ &= 0.0107 \times Q \times a^2 \times b \\ &= 0.0107 \times 1404 \text{ kg/m}^2 \times 1.35 \text{ m}^2 \times 5.4 \text{ m} \\ &= 147.8 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_y &= -M_y \\ &= 0.0107 \times Q \times b^2 \times a \\ &= 0.0107 \times 1404 \text{ kg/m}^2 \times 5.4 \text{ m}^2 \times 1.35 \text{ m} \\ &= 591.4 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Faktor kejut = 1.5

$$\begin{aligned} M_x &= -M_x \\ &= 1.5 \times 147.8 \text{ kg.m} \\ &= 221.8 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_y &= -M_y \\ &= 1.5 \times 591.4 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$= 887.1 \text{ kg.m}$$

Tegangan yang terjadi :

$$\begin{aligned}\sigma_x &= \frac{M_x}{W_x} \\ &= \frac{221.8 \text{ kg.m} \times 100}{91125 \text{ cm}^3} \\ &= 0.243 \text{ kg/cm}^2 < f_r = 28.1 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_y &= \frac{M_y}{W_y} \\ &= \frac{887.1 \text{ kg.m} \times 100}{22781 \text{ cm}^3} \\ &= 3.894 \text{ kg/cm}^2 < f_r = 28.1 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

- **Kontrol Penumpukan ($f_{ci} = 16.1 \text{ MPa}$)**

$$\begin{aligned}F_r &= 0.7\sqrt{f_{ci}} \\ &= 0.7\sqrt{16.1 \text{ MPa}} \\ &= 2.81 \text{ MPa} \\ &= 28.1 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

Berat pelat per meter panjang

$$\begin{aligned}Q_u &= 1.3 \times 1.35 \text{ m} \times 0.45 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 \\ &= 1895 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P_u &= 1.8 \times 200 \text{ kg} \\ &= 360 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}W &= \frac{1}{6} \times L \times t^2 \\ &= \frac{1}{6} \times 135 \text{ cm} \times (45 \text{ cm})^2 \\ &= 45563 \text{ cm}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_L &= \frac{1}{10} q \times L^2 + \frac{1}{4} P_u \times L \\ &= \frac{1}{10} 1895 \text{ kg/m}^3 \times (1.35 \text{ m})^2 + \frac{1}{4} 360 \text{ kg} \times 1.35 \text{ m} \\ &= 466.9 \text{ kg.m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_T &= \frac{1}{8} q \times L^2 \\ &= \frac{1}{8} 1895 \text{ kg/m}^3 \times (1.35 \text{ m})^2\end{aligned}$$

$$= 431.8 \text{ kg.m}$$

Factor kejut = 1.5

$$M_L = 1.5 \times 466.9 \text{ kg.m}$$

$$= 700.4 \text{ kg.m}$$

$$M_T = 1.5 \times 431.8 \text{ kg.m}$$

$$= 647.7 \text{ kg.m}$$

Tegangan yang terjadi :

$$\begin{aligned} \sigma_L &= \frac{ML}{W} \\ &= \frac{700.4 \text{ kg.m} \times 100}{45563 \text{ cm}^3} \\ &= 1.537 \text{ kg/cm}^2 < f_r = 28.1 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_T &= \frac{MT}{W} \\ &= \frac{647.7 \text{ kg.m} \times 100}{45563 \text{ cm}^3} \\ &= 1.421 \text{ kg/cm}^2 < f_r = 28.1 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

- **Kontrol Pemasangan ($f_{ci} = 22.75 \text{ MPa}$)**

$$\begin{aligned} F_r &= 0.7 \sqrt{f_{ci}} \\ &= 0.7 \sqrt{22.75 \text{ MPa}} \\ &= 3.339 \text{ MPa} \\ &= 33.39 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Berat pelat per meter panjang

$$\begin{aligned} Q_u &= 1.3 \times 5.4 \text{ m} \times 0.45 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 \\ &= 7582 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_u &= 1.8 \times 200 \text{ kg} \\ &= 360 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W &= \frac{1}{6} \times L \times t^2 \\ &= \frac{1}{6} \times 135 \text{ cm} \times (45 \text{ cm})^2 \\ &= 45563 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$M_L = \frac{1}{10} q \times L^2 + \frac{1}{4} P_u \times L$$

$$= \frac{1}{10} 7582 \text{ kg/m}^3 \times (1.35 \text{ m})^2 + \frac{1}{4} 360 \text{ kg} \times 1.35 \text{ m}$$

$$= 1503 \text{ kg.m}$$

$$M_T = \frac{1}{8} q \times L^2$$

$$= \frac{1}{8} 7582 \text{ kg/m}^3 \times (1.35 \text{ m})^2$$

$$= 1727 \text{ kg.m}$$

Factor kejut = 1.5

$$M_L = 1.5 \times 1503 \text{ kg.m}$$

$$= 2255 \text{ kg.m}$$

$$M_T = 1.5 \times 1727 \text{ kg.m}$$

$$= 2591 \text{ kg.m}$$

Tegangan yang terjadi :

$$\sigma_L = \frac{ML}{W}$$

$$= \frac{2255 \text{ kg.m} \times 100}{45563 \text{ cm}^3}$$

$$= 4.949 \text{ kg/cm}^2 < f_r = 33.39 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_T = \frac{MT}{W}$$

$$= \frac{2591 \text{ kg.m} \times 100}{45563 \text{ cm}^3}$$

$$= 5.686 \text{ kg/cm}^2 < f_r = 33.39 \text{ kg/cm}^2$$

- **Kontrol Pengecoran ($f_{ci} = 22.75 \text{ MPa}$)**

$$F_r = 0.7 \sqrt{f_{ci}}$$

$$= 0.7 \sqrt{22.75 \text{ MPa}}$$

$$= 3.339 \text{ MPa}$$

$$= 33.39 \text{ kg/cm}^2$$

Berat pelat per meter panjang

$$Q_u = 1.3 \times 5.4 \text{ m} \times 0.7 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3$$

$$= 11794 \text{ kg/m}^3$$

$$P_u = 1.8 \times 200 \text{ kg}$$

$$= 360 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}
 W &= \frac{1}{6} \times L \times t^2 \\
 &= \frac{1}{6} \times 135 \text{ cm} \times (70 \text{ cm})^2 \\
 &= 110250 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_L &= \frac{1}{10} q \times L^2 + \frac{1}{4} P_u \times L \\
 &= \frac{1}{10} 11794 \text{ kg/m}^3 \times (1.35 \text{ m})^2 + \frac{1}{4} 360 \text{ kg} \times 1.35 \text{ m} \\
 &= 2271 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_T &= \frac{1}{8} q \times L^2 \\
 &= \frac{1}{8} 11794 \text{ kg/m}^3 \times (1.35 \text{ m})^2 \\
 &= 2687 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

Factor kejut = 1.5

$$\begin{aligned}
 M_L &= 1.5 \times 2271 \text{ kg.m} \\
 &= 3406 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_T &= 1.5 \times 2687 \text{ kg.m} \\
 &= 4030 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

Tegangan yang terjadi :

$$\begin{aligned}
 \sigma_L &= \frac{M_L}{W} \\
 &= \frac{3406 \text{ kg.m} \times 100}{110250 \text{ cm}^3} \\
 &= 3.09 \text{ kg/cm}^2 < f_r = 33.39 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \sigma_T &= \frac{M_T}{W} \\
 &= \frac{4030 \text{ kg.m} \times 100}{110250 \text{ cm}^3} \\
 &= 3.655 \text{ kg/cm}^2 < f_r = 33.39 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

- **Kontrol Lentutan**

Lentutan yang terjadi yang harus dicek adalah pada waktu kondisi terkritik yaitu pada saat pengecoran.

Lendutan ijin :

$$\begin{aligned} f_o &= \frac{1}{250} L \\ &= \frac{1}{250} 5.4 \text{ m} \\ &= 0.022 \text{ m} \\ &= 2.16 \text{ cm} \end{aligned}$$

Lendutan yang terjadi :

$$\begin{aligned} W &= 0.7 \text{ m} \times 1.35 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 \\ &= 2268 \text{ kg/m} \\ &= 22.68 \text{ kg/cm} \\ L^4 &= (5.4 \text{ m})^4 \\ &= 850.3 \text{ m}^4 \\ &= 8.50 \cdot 10^{10} \text{ cm}^4 \\ E &= 4700 \sqrt{f c'} \\ &= 4700 \sqrt{35 \text{ MPa}} \\ &= 27806 \text{ MPa} \\ &= 278055.75 \text{ kg/cm}^2 \\ I &= \frac{1}{12} \times 1.35 \text{ m} \times (0.7 \text{ m})^3 \\ &= 0.039 \text{ m}^4 \\ &= 3858750 \text{ cm}^{4\text{tum}} \\ F \text{ maks} &= \frac{5 \times W \times L^4}{384 \times I \times E} \\ &= \frac{5 \times 22.68 \text{ kg/cm} \times (8.50 \cdot 10^{10})}{384 \times 3858750 \text{ cm}^4 \times 278055.75 \text{ kg/cm}^2} \\ &= 0.023 \text{ cm} < f_o = 2.16 \text{ cm} \end{aligned}$$

- **Perhitungan Pelat Setelah Komposit**

Momen (M_u) yang digunakan dalam perhitungan penulangan plat sesudah komposit berasal dari analisa menggunakan program SAP2000.

- $M_{u\text{tump} \times} = 181616416 \text{ N.mm}$
- $M_{u\text{lapp} \times} = 135861737 \text{ N.mm}$

- $Mu_{tump\ y} = 151373187 \text{ N.mm}$
- $Mu_{lap\ y} = 115832415 \text{ N.mm}$

Perhitungan penulangan arah x tumpuan

$$\begin{aligned} d &= h - \text{decking} - \frac{D}{2} \\ &= 700 - 100 - \frac{19}{2} \\ &= 591 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{0,85 \cdot f_{c'}} \\ &= \frac{390 \text{ MPa}}{0,85 \cdot (35 \text{ MPa})} \\ &= 13,1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \beta_1 &= 0,85 - \{0,05 \times (F_{c'} - 28) \times 7\} \\ &= 0,85 - \{0,05 \times (35 - 28) \times 7\} \\ &= 0,80 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_{c'}}{F_y} \times \left(\frac{600}{600 \times F_y} \right) \\ &= \frac{0,85 \times 0,8 \times 35}{390} \times \left(\frac{600}{600 \times 390} \right) \\ &= 0,04 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{max} &= 0,75 \times \rho_b \\ &= 0,75 \times 0,04 \\ &= 0,03 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{min} &= \frac{1,4}{f_y} \\ &= \frac{1,4}{390} \\ &= 0,0036 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{Mu}{\phi b d^2} \\ &= \frac{181616416}{0,8 \times 1000 \times 591^2} \\ &= 0,651 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times Rn}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{13.1} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13.1 \times 0.651}{390}} \right) \\ &= 0.0017\end{aligned}$$

ρ_{min}	:	ρ_{perlu}	:	ρ_{max}
0.0036	>	0.0017	<	0.03

Maka, ρ pakai = 0.0036

$$\begin{aligned}A_{S_{\text{perlu}}} &= \rho b d \\ &= 0,0036 \times 1000 \times 591 \\ &= 2120 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Maka dipakai tulangan : **D19 – 100**

$$A_{S_{\text{pakai}}} = 2835 \text{ mm}^2 > A_{S_{\text{perlu}}} \text{ (OK)}$$

Perhitungan penulangan arah x lapangan

$$\begin{aligned}d &= h - \text{decking} - \frac{D}{2} \\ &= 700 - 100 - \frac{19}{2} \\ &= 591 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}m &= \frac{f_y}{0,85 \cdot f_{c'}} \\ &= \frac{390 \text{ MPa}}{0,85 \cdot (35 \text{ MPa})} \\ &= 13.1\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\beta_1 &= 0.85 - \{0.05 \times (F_{c'} - 28) \times 7\} \\ &= 0.85 - \{0.05 \times (35 - 28) \times 7\} \\ &= 0.80\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_b &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_{c'}}{F_y} \times \left(\frac{600}{600 \times F_y} \right) \\ &= \frac{0,85 \times 0,8 \times 35}{390} \times \left(\frac{600}{600 \times 390} \right) \\ &= 0.04\end{aligned}$$

$$\rho_{\text{max}} = 0.75 \times \rho_b$$

$$\begin{aligned}
 &= 0.75 \times 0.04 \\
 &= 0.03 \\
 \rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} \\
 &= \frac{1,4}{390} \\
 &= 0.0036
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Rn &= \frac{Mu}{\phi b d^2} \\
 &= \frac{135861737}{0.8 \times 1000 \times 591^2} \\
 &= 0.487
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times Rn}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{13.1} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13.1 \times 0.487}{390}} \right) \\
 &= 0.0017
 \end{aligned}$$

ρ_{\min}	:	ρ_{perlu}	:	ρ_{\max}
0.0036	>	0.0013	<	0.03

Maka, ρ pakai = 0.0036

$$\begin{aligned}
 A_{S_{\text{perlu}}} &= \rho b d \\
 &= 0,0036 \times 1000 \times 591 \\
 &= 2120 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Maka dipakai tulangan : **D19 – 100**

$$A_{S_{\text{pakai}}} = 2835 \text{ mm}^2 > A_{S_{\text{perlu}}} \text{ (OK)}$$

Perhitungan penulangan arah y tumpuan

$$\begin{aligned}
 d &= h - \text{decking} - \frac{D}{2} \\
 &= 700 - 100 - \frac{19}{2} \\
 &= 591 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c}$$

$$= \frac{390 \text{ MPa}}{0,85 \cdot (35 \text{ MPa})}$$

$$= 13.1$$

$$\beta_1 = 0.85 - \{0.05 \times (F_c' - 28) \times 7\}$$

$$= 0.85 - \{0.05 \times (35 - 28) \times 7\}$$

$$= 0.80$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_{c'}}{F_y} \times \left(\frac{600}{600 \times F_y} \right)$$

$$= \frac{0,85 \times 0,8 \times 35}{390} \times \left(\frac{600}{600 \times 390} \right)$$

$$= 0.04$$

$$\rho_{max} = 0.75 \times \rho_b$$

$$= 0.75 \times 0.04$$

$$= 0.03$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y}$$

$$= \frac{1,4}{390}$$

$$= 0.0036$$

$$R_n = \frac{Mu}{\phi b d^2}$$

$$= \frac{151373187}{0.8 \times 1000 \times 591^2}$$

$$= 0.54$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{13.1} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13.1 \times 0.54}{390}} \right)$$

$$= 0.0014$$

ρ_{min}	:	ρ_{perlu}	:	ρ_{max}
0.0036	>	0.0014	<	0.03

Maka, ρ pakai = 0.0036

$$A_{Sperlu} = \rho b d$$

$$= 0,0036 \times 1000 \times 591$$

$$= 2120 \text{ mm}^2$$

Maka dipakai tulangan : **D19 – 100**

$$A_{s\text{pakai}} = 2835 \text{ mm}^2 > A_{s\text{perlu}} \text{ (OK)}$$

Perhitungan penulangan arah y lapangan

$$d = h - \text{decking} - \frac{D}{2}$$

$$= 700 - 100 - \frac{19}{2}$$

$$= 591 \text{ mm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_{c'}} = \frac{390 \text{ MPa}}{0,85 \cdot (35 \text{ MPa})}$$

$$= 13,1$$

$$\beta_1 = 0,85 - \{0,05 \times (F_{c'} - 28) \times 7\}$$

$$= 0,85 - \{0,05 \times (35 - 28) \times 7\}$$

$$= 0,80$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_{c'}}{F_y} \times \left(\frac{600}{600 \times F_y} \right)$$

$$= \frac{0,85 \times 0,8 \times 35}{390} \times \left(\frac{600}{600 \times 390} \right)$$

$$= 0,04$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_b$$

$$= 0,75 \times 0,04$$

$$= 0,03$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y}$$

$$= \frac{1,4}{390}$$

$$= 0,0036$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2}$$

$$= \frac{115832415}{0,8 \times 1000 \times 591^2}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0.415 \\
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times Rn}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{13.1} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13.1 \times 0.415}{390}} \right) \\
 &= 0.0011
 \end{aligned}$$

$\rho \text{ min}$:	$\rho \text{ perlu}$:	$\rho \text{ max}$
0.0036	>	0.0011	<	0.03

Maka, ρ pakai = 0.0036

$$\begin{aligned}
 A_{S_{\text{perlu}}} &= \rho b d \\
 &= 0,0036 \times 1000 \times 591 \\
 &= 2120 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Maka dipakai tulangan : **D19 – 100**

$$A_{S_{\text{pakai}}} = 2835 \text{ mm}^2 > A_{S_{\text{perlu}}} \text{ (OK)}$$

- **Perhitungan Tulangan Susut**

$$\text{Mutu baja } (f_y) = 390 \text{ MPa}$$

$$\text{Rasio efektif} = 0,0018$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{0.0018 \cdot 420}{f_y} \\
 &= \frac{0.0018 \cdot 420}{390} \\
 &= 0.002
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d &= h - \text{decking} - \frac{D}{2} \\
 &= 700 - 100 - \frac{19}{2} \\
 &= 672 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{S_{\text{perlu}}} &= \rho b d \\
 &= 0,002 \times 1000 \times 672 \\
 &= 1301 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Maka dipakai tulangan : **D19 – 200**

$$A_{Spakai} = 1418 \text{ mm}^2 > A_{Sperlu} \text{ (OK)}$$

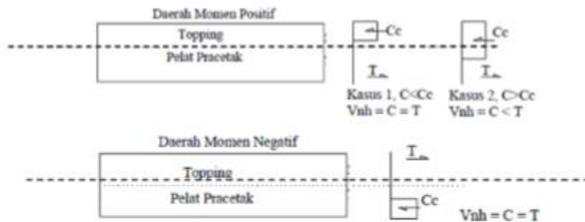
- **Perhitungan Penulangan Stud Pelat Lantai**

Pada perencanaan yang memakai elemen pracetak dan topping cor ditempatmaka transfer gaya regangan horizontal yang terjadi harus dipastikan mampu dipikul oleh seluruh penampang, baik oleh elemen pracetak maupun oleh topping cor. Oleh karena itu, dibutuhkan tulangan stud untuk mengikat elemen pracetak dengan elemen overtopping. Stud berfungsi sebagai sengkang pengikat elemen sehingga mampu menstransfer gaya-gaya dalam yang bekerja pada penampang tekan menjadi gaya horizontal yang bekerja pada permukaan pertemuan elemen pracetak dengan overtopping.

Ada dua kasus gaya geser horizotal yang terjadi pada penampang komposit yaitu :

1. Gaya tekan elemen komposit kurang dari gaya tekan elemen cor setempat
2. Gaya tekan elemen komposit lebih dari gaya tekan elemen cor setempat.

Berikut adalah gambaran kedua kasus tersebut :



Perhitungan Stud pelat 5400 mm x 1350 mm

$$\begin{aligned} C_c &= 0.85 \times f_c' \times A_{\text{overtopping}} \\ &= 0.85 \times 35 \text{ MPa} \times (700 \text{ mm} \times 1000 \text{ mm}) \end{aligned}$$

$$= 20825000 \text{ N}$$

Direncanakan dipakai stud dengan diameter **D-13 mm**

Mutu tulangan BJTP30, $f_y = 390 \text{ MPa}$ $f_u = 560 \text{ MPa}$

$$\begin{aligned} A_{\text{stud}} &= 0.25 \times \pi \times \phi^2 \\ &= 0.25 \times 3.14 \times (13 \text{ mm})^2 \\ &= 132.7 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$V_{\text{nh}} = C = T$$

$$\begin{aligned} V_{\text{nh}} &= A_s \times f_y \\ &= 132.7 \text{ mm}^2 \times 390 \text{ MPa} \\ &= 51766 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d &= h - \text{decking} - \frac{D}{2} \\ &= 700 - 100 - \frac{19}{2} \\ &= 590.5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 0.55 A_c &= 0.55 \times b_w \times d \\ &= 0.55 \times 1000 \text{ mm} \times 590.5 \text{ mm} \\ &= 324775 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\text{Syarat : } V_{\text{nh}} < 0.55 A_c$$

$$51766 \text{ N} < 324775 \text{ N} \quad (\text{OK})$$

Sesuai dengan **SNI 2847 2013**, diasumsikan kontak permukaan pelat pracetak adalah bersih dan bebas dari serpihan serta bidang kontak tidak dikasarkan dimana $V_{\text{nh}} \leq 0,55 b_w \cdot d$, maka s_{maks} dapat dihitung sebesar 4 (empat) kali dimensi yang ditumpu tetapi tidak boleh melebihi 600 mm.

$$\begin{aligned} S_{\text{maks}} &= 4 \times t_{\text{overlapping}} \\ &= 4 \times 250 \text{ mm} \\ &= 1000 \text{ mm} > 600 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka, s_{maks} dipakai = 600 mm

$$S_{\text{rencana}} = 300 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 A_{V_{\min 1}} &= 0.062 \sqrt{f_c'} \frac{bw \cdot s}{f_y} \\
 &= 0.062 \sqrt{35 \text{ MPa}} \frac{1000 \text{ mm} \cdot 300 \text{ mm}}{390 \text{ MPa}} \\
 &= 282.2 \text{ mm}^2 \\
 A_{V_{\min 2}} &= \frac{0.35 \cdot bw \cdot s}{f_y} \\
 &= \frac{0.35 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 300 \text{ mm}}{390 \text{ MPa}} \\
 &= 269.2 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Maka, dipakai nilai dari $A_{V_{\min 1}} = 282.2 \text{ mm}^2$ karena memiliki nilai yang paling besar Sehingga dipasang stud (shear connector)

D13-300 mm, $A_{V_{\text{pakai}}} = 442.4 \text{ mm}^2 > A_{V_{\min}}$

- **Perhitungan Tulangan Angkat (*Lifting Hook*)**

Pelat pracetak direncanakan diangkat dengan 4 (empat) titik angkat. Berikut adalah perhitungan tulangan angkat :

Perhitungan beban yang bekerja :

$$\begin{aligned}
 q_u &= 1.35 \times 0.45 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 \\
 &= 1458 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Stud + Tul. Angkat} &= 10\% \times Q_u \\
 &= 10\% \times 1458 \text{ kg/m} \\
 &= 145.8 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 q_{UDL} &= 1458 \text{ kg/m} + 145.8 \text{ kg/m} \\
 &= 1604 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

Beban yang harus diangkat :

$$\begin{aligned}
 W &= q_{UDL} \times L \\
 &= 1604 \text{ kg/m} \times 5.4 \text{ m} \\
 &= 8661 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Beban yang diterima tiap titik angkat :

$$\begin{aligned}
 P &= \frac{W}{4} \\
 &= \frac{8661 \text{ kg}}{4} \\
 &= 2165 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Digunakan baja BJTP grade 30 ($f_y = 265 \text{ MPa}$),
dimana tegangan tarik izin baja adalah

$$\begin{aligned}
 \sigma_{bj} &= \frac{f_y}{1.5} \\
 &= \frac{265 \text{ MPa}}{1.5} \\
 &= 176.7 \text{ MPa} \\
 &= 1767 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_s &= \frac{P}{\sigma_{bj}} \\
 &= \frac{2165 \text{ kg}}{1767 \text{ kg/cm}^2} \\
 &= 1.226 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Maka, dipakai tulangan angkat **D – 13**

$$(A_{S_{pakai}} = 1.327 \text{ cm}^2) > A_{S_{perlu}} = 1.226 \text{ cm}^2$$

- **Perhitungan Panjang penyaluran tulangan antarpelat pracetak**

Penjang penyaluran tulangan kolom virtual dihitung sesuai dengan **SNI 2847 2013 pasal 12.2.5** yaitu diambil yang terbesar dari :

1. Panjang minimum = 200 mm

2. $l_{dc} = \frac{0.24 \times f_y \times d_b}{\lambda \times \sqrt{f_c}}$
 $= \frac{0.24 \times 390 \text{ MPa} \times 19 \text{ mm}}{1 \times \sqrt{35 \text{ MPa}}}$
 $= 300.6 \approx 301 \text{ mm}$

3. $l_{dc} = 0.043 \times f_y \times d_b$
 $= 0.043 \times 390 \text{ MPa} \times 19 \text{ mm}$
 $= 318.6 \text{ mm} \approx 320 \text{ mm}$

Maka, dipilih yang memiliki nilai yang terbesar yaitu $l_{dc} = 320 \text{ mm}$.

• **Perhitungan tulangan sambungan antarpelat pracetak**

Diketahui :

- M_u (akibat beban layan) = 64620000 N.mm
- h = 250 mm (setebal pelat insitu)
- b = 1000 mm
- d = $h_{\text{pelat}} - \text{selimut} - (D/2)$
 $= 250 \text{ mm} - 100 \text{ mm} - (19/2)$
 $= 140,5 \text{ mm}$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_{c'}} = \frac{390 \text{ MPa}}{0,85 \cdot (35 \text{ MPa})} = 13,1$$

$$\beta_1 = 0,85 - \{0,05 \times (F_{c'} - 28) \times 7\} = 0,85 - \{0,05 \times (35 - 28) \times 7\} = 0,80$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_{c'}}{F_y} \times \left(\frac{600}{600 \times F_y} \right) = \frac{0,85 \times 0,8 \times 35}{390} \times \left(\frac{600}{600 \times 390} \right) = 0,04$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,04 = 0,03$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{390} = 0,0036$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2}$$

$$= \frac{64620000 \text{ N. mm}}{0.8 \times 1000 \times 140.5^2}$$

$$= 4.092$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times Rn}{fy}} \right)$$

$$= \frac{1}{13.1} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13.1 \times 4.092}{390}} \right)$$

$$= 0.0011$$

$\rho \text{ min}$:	$\rho \text{ perlu}$:	$\rho \text{ max}$
0.0036	<	0.011	<	0.03

Maka, ρ pakai = 0.011

$$A_{S_{\text{perlu}}} = \rho b d$$

$$= 0,011 \times 1000 \times 140.5$$

$$= 1592.4 \text{ mm}^2$$

Maka dipakai tulangan : **D19 – 150**

$$A_{S_{\text{pakai}}} = 1890 \text{ mm}^2 > A_{S_{\text{perlu}}} \text{ (OK)}$$

Dipasang tulangan melintang arah x sebesar **D19 – 150**

6.2.2 Rekap Penulangan Pelat Lantai Dermaga dan Trestle

Berikut adalah rekap penulangan pelat dermaga dan trestle, pada waktu sebelum dan sesudah komposit :

Tabel 6. 1 Rekap kebutuhan tulangan pelat dermaga sebelum komposit

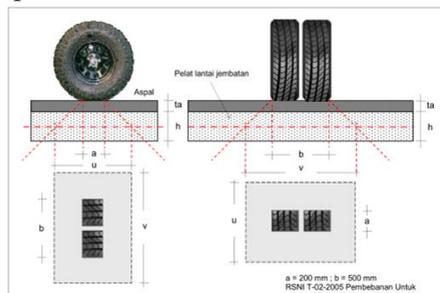
Tipe Pelat	Kondisi	Tebal (mm)	Penulangan Lx	Tulangan Bagi	Tulangan Stud	Tulangan Angkat
P1	Pengangkatan	450	D 19 - 200	D 19 - 250	D 13 - 300	4 D 13
	Penumpukan	450	D 19 - 200	D 19 - 250		
	Pemasangan	450	D 19 - 200	D 19 - 250		
	Pengecoran	450	D 19 - 200	D 19 - 250		

Tabel 6. 2 Rekap kebutuhan tulangan pelat dermaga dan trestle setelah komposit

Tipe Pelat	Tebal	Penulangan Lx		Penulangan Ly	
	(mm)	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
A1	250	D 19 - 100	D 19 - 100	D 19 - 100	D 19 - 100
A2	250	D 19 - 100	D 19 - 100	D 19 - 200	D 19 - 200
A3	250	D 19 - 100	D 19 - 100	D 19 - 200	D 19 - 200
A4	250	D 19 - 100	D 19 - 100	D 19 - 100	D 19 - 100
A5	350	D 16 - 200	D 16 - 200	D 16 - 300	D 16 - 300
A6	350	D 16 - 200	D 16 - 200	D 16 - 300	D 16 - 300
A7	350	D 16 - 200	D 16 - 200	D 16 - 225	D 16 - 225
A8	350	D 16 - 200	D 16 - 200	D 16 - 300	D 16 - 300

6.2.3 Kontrol Geser Pons

Berdasarkan *SNI 2847 2002* kontrol geser pons di hitung dengan persamaan berikut :



Gambar 6. 9 Analisa geser pons

Diketahui data-data perhitungan sebagai berikut :

- $a = 200 \text{ mm}$
- $b = 500 \text{ mm}$
- $t_{\text{pelat}} (h) = 700 \text{ mm}$
- $t_{\text{aspal}} (ta) = 50 \text{ mm}$
- $d = h - \text{selimut}$
 $= 700 \text{ mm} - 100 \text{ mm}$
 $= 600 \text{ mm}$

- $u = a + 2t_a + h$
 $= 200 \text{ mm} + 2(50 \text{ mm}) + 700 \text{ mm}$
 $= 1000 \text{ mm}$
- $v = b + 2t_a + h$
 $= 500 \text{ mm} + 2(50 \text{ mm}) + 700 \text{ mm}$
 $= 1300 \text{ mm}$
- $b'_{\text{(keliling kritis)}} = 2(u + v)$
 $= 2(1000 \text{ mm} + 1300 \text{ mm})$
 $= 4600 \text{ mm}$
- $A_{\text{pons}} = b' \times d$
 $= 4600 \text{ mm} \times 600 \text{ mm}$
 $= 2760000 \text{ mm}^2$
- Mutu beton (f_c') = 35 MPa
- P Truck = 112.5 kN
- FBD (Faktor Beban Dinamis) = 0.4
- Beban Truck (Ptt) = $(1 + \text{FBD}) \times T$
 $= (1 + 0.4) \times 112.5$
 $= 157.5 \text{ kN}$

Kekuatan nominal lantai terhadap geser

- $V_c = 1/6 \times \sqrt{f_c'} \times b' \times d$
 $= 1/6 \times \sqrt{35} \text{ MPa} \times 4600 \text{ mm} \times 600 \text{ mm}$
 $= 2721396.7 \text{ N}$
 $= 2721.3967 \text{ kN}$

Syarat : $V_c > P_{tt}$

$$= 2721.3967 \text{ kN} > 157.5 \text{ kN} \quad (\text{OK})$$

6.3 Perhitungan Struktur Balok

Perhitungan struktur balok meliputi perhitungan struktur balok dermaga dan struktur balok trestle.

6.3.1 Perhitungan Struktur Balok Dermaga

Berikut akan diuraikan cara perhitungan penulangan balok pada struktur Dermaga yang terdiri dari penulangan lentur, geser maupun torsi serta penulangan pracetak yang meliputi kontrol tegangan dan penulangan angkat. Uraian detail perhitungan yang akan disajikan adalah penulangan balok B2 Balok Induk Memanjang dengan dimensi 750/1400. Berikut adalah data –data perencanaan yang akan digunakan :

- Lebar (b) : 750 mm
- Tinggi (h) : 1400 mm
- Mutu beton f_c' : 35 MPa
- Mutu baja
 - f_y : 390 Mpa
 - f_u : 560 MPa
- Diameter tulangan
 - Lentur : D 25
 - Geser : D 13
 - Torsi : D 25
- Selimut : 100 mm
- Bentang balok : 6 m
- **Perhitungan Penulangan Lentur Kondisi Komposit**
 - $Mu_{tumpuan}$:
 - Tarik = 2109870000 N.mm
 - Tekan = 1672440000 N.mm
 - $Mu_{lapangan}$:
 - Tarik = 837590000 N.mm
 - Tekan = 530240000 N.mm
 - V_u :
 - Tumpuan = 620360 N
 - Lapangan = 242760 N

- Torsi

$$- \text{Tumpuan} = 272860000 \text{ N}$$

$$- \text{Lapangan} = 116690000 \text{ N}$$

Penulangan Lentur Tumpuan Tarik

$$\begin{aligned} d &= h - \text{decking} - \frac{D}{2} - D - \text{Senggang} \\ &= 1400 - 100 - \frac{25}{2} - 25 - 13 \\ &= 1249.5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{0,85 \cdot f_{c'}} \\ &= \frac{390 \text{ MPa}}{0,85 \cdot (35 \text{ MPa})} \\ &= 13.1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \beta_1 &= 0.85 - \{0.05 \times (F_{c'} - 28) \times 7\} \\ &= 0.85 - \{0.05 \times (35 - 28) \times 7\} \\ &= 0.80 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_{c'}}{F_y} \times \left(\frac{600}{600 \times F_y} \right) \\ &= \frac{0,85 \times 0,8 \times 35}{390} \times \left(\frac{600}{600 \times 390} \right) \\ &= 0.04 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{max} &= 0.75 \times \rho_b \\ &= 0.75 \times 0.04 \\ &= 0.03 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{min} &= \frac{1,4}{f_y} \\ &= \frac{1,4}{390} \\ &= 0.0036 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_u}{\phi b d^2} \\ &= \frac{2109870000 \text{ N} \cdot \text{mm}}{0.8 \times 750 \times 1249.5^2} \\ &= 2.253 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times Rn}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{13.1} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13.1 \times 2.253}{390}} \right) \\ &= 0.0060\end{aligned}$$

ρ_{min}	:	ρ_{perlu}	:	ρ_{max}
0.0036	<	0.0060	<	0.03

Maka, ρ pakai = 0.0060

$$\begin{aligned}A_{S_{\text{perlu}}} &= \rho b d \\ &= 0.0060 \times 750 \times 1249.5 \\ &= 5634.11 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Maka dipakai tulangan : **12 D 25 mm**

$$A_{S_{\text{pakai}}} = 5890.49 \text{ mm}^2 > A_{S_{\text{perlu}}} \text{ (OK)}$$

Penulangan Lentur Tumpuan Tekan

$$\begin{aligned}d &= h - \text{decking} - \frac{D}{2} - D - \text{Senggang} \\ &= 1400 - 100 - \frac{25}{2} - 25 - 13 \\ &= 1249.5 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}m &= \frac{f_y}{0.85 \cdot f_{c'}} \\ &= \frac{390 \text{ MPa}}{0.85 \cdot (35 \text{ MPa})} \\ &= 13.1\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\beta_1 &= 0.85 - \{0.05 \times (F_{c'} - 28) \times 7\} \\ &= 0.85 - \{0.05 \times (35 - 28) \times 7\} \\ &= 0.80\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_b &= \frac{0.85 \times \beta_1 \times f_{c'}}{F_y} \times \left(\frac{600}{600 \times F_y} \right) \\ &= \frac{0.85 \times 0.8 \times 35}{390} \times \left(\frac{600}{600 \times 390} \right) \\ &= 0.04\end{aligned}$$

$$\rho_{\text{max}} = 0.75 \times \rho_b$$

$$\begin{aligned}
 &= 0.75 \times 0.04 \\
 &= 0.03 \\
 \rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} \\
 &= \frac{1,4}{390} \\
 &= 0.0036
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Rn &= \frac{Mu}{\phi b d^2} \\
 &= \frac{1672440000 \text{ N. mm}}{0.8 \times 750 \times 1249.5^2} \\
 &= 1.785
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times Rn}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{13.1} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13.1 \times 1.785}{390}} \right) \\
 &= 0.0047
 \end{aligned}$$

ρ_{\min}	:	ρ_{perlu}	:	ρ_{\max}
0.0036	<	0.0047	<	0.03

Maka, ρ pakai = 0.0047

$$\begin{aligned}
 A_{S_{\text{perlu}}} &= \rho b d \\
 &= 0.0047 \times 750 \times 1249.5 \\
 &= 4427.11 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Maka dipakai tulangan : **10 D 25 mm**

$$A_{S_{\text{pakai}}} = 4908.74 \text{ mm}^2 > A_{S_{\text{perlu}}} \text{ (OK)}$$

Penulangan Lentur Lapangan Tarik

$$\begin{aligned}
 d &= h - \text{decking} - \frac{D}{2} - D - \text{Senggang} \\
 &= 1400 - 100 - \frac{25}{2} - 25 - 13 \\
 &= 1249.5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{f_y}{0,85 \cdot f_{c'}} \\
 &= \frac{390 \text{ MPa}}{0,85 \cdot (35 \text{ MPa})} \\
 &= 13.1
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \beta_1 &= 0.85 - \{0.05 \times (F_{c'} - 28) \times 7\} \\
 &= 0.85 - \{0.05 \times (35 - 28) \times 7\} \\
 &= 0.80
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_b &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_{c'}}{F_y} \times \left(\frac{600}{600 \times F_y} \right) \\
 &= \frac{0,85 \times 0,8 \times 35}{390} \times \left(\frac{600}{600 \times 390} \right) \\
 &= 0.04
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{max} &= 0.75 \times \rho_b \\
 &= 0.75 \times 0.04 \\
 &= 0.03
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{min} &= \frac{1,4}{f_y} \\
 &= \frac{1,4}{390} \\
 &= 0.0036
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Rn &= \frac{Mu}{\phi b d^2} \\
 &= \frac{837590000 \text{ N.mm}}{0.8 \times 750 \times 1249.5^2} \\
 &= 0.894
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{perlu} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times Rn}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{13.1} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13.1 \times 0.894}{390}} \right) \\
 &= 0.0023
 \end{aligned}$$

ρ_{min}	:	ρ_{perlu}	:	ρ_{max}
0.0036	>	0.0023	<	0.03

Maka, ρ pakai = 0.0036

$$\begin{aligned} A_{\text{Sperlu}} &= \rho b d \\ &= 0.0036 \times 750 \times 1249.5 \\ &= 3364.04 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka dipakai tulangan : 8 D 25 mm

$$A_{\text{Spakai}} = 3926.99 \text{ mm}^2 > A_{\text{Sperlu}} \text{ (OK)}$$

Penulangan Lentur Lapangan Tekan

$$\begin{aligned} d &= h - \text{decking} - \frac{D}{2} - D - \text{Senggang} \\ &= 1400 - 100 - \frac{25}{2} - 25 - 13 \\ &= 1249.5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{0.85 \cdot f_c'} \\ &= \frac{390 \text{ MPa}}{0.85 \cdot (35 \text{ MPa})} \\ &= 13.1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \beta_1 &= 0.85 - \{0.05 \times (F_c' - 28) \times 7\} \\ &= 0.85 - \{0.05 \times (35 - 28) \times 7\} \\ &= 0.80 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0.85 \times \beta_1 \times f_c'}{F_y} \times \left(\frac{600}{600 \times F_y} \right) \\ &= \frac{0.85 \times 0.8 \times 35}{390} \times \left(\frac{600}{600 \times 390} \right) \\ &= 0.04 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{max}} &= 0.75 \times \rho_b \\ &= 0.75 \times 0.04 \\ &= 0.03 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{min}} &= \frac{1.4}{f_y} \\ &= \frac{1.4}{390} \\ &= 0.0036 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Rn &= \frac{Mu}{\phi b d^2} \\
 &= \frac{530240000 \text{ N.mm}}{0.8 \times 750 \times 1249.5^2} \\
 &= 0.566
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times Rn}{fy}} \right) \\
 &= \frac{1}{13.1} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13.1 \times 0.566}{390}} \right) \\
 &= 0.0015
 \end{aligned}$$

$\rho \text{ min}$:	$\rho \text{ perlu}$:	$\rho \text{ max}$
0.0036	>	0.0015	<	0.03

Maka, $\rho \text{ pakai} = 0.0036$

$$\begin{aligned}
 A_{S_{\text{perlu}}} &= \rho b d \\
 &= 0.0036 \times 750 \times 1249.5 \\
 &= 3364.04 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Maka dipakai tulangan : **8 D 25 mm**

$$A_{S_{\text{pakai}}} = 3926.99 \text{ mm}^2 > A_{S_{\text{perlu}}} \text{ (OK)}$$

- **Perhitungan Penulangan Geser Kondisi Komposit**

Berikut adalah rincian perhitungan penulangan geser balok induk memanjang dermaga 750/1400 mm.

Penulangan Geser Tumpuan

Untuk perhitungan penulangan geser, nilai V_u diambil dari *SAP2000* dan berikut adalah gaya geser yang bekerja pada Balok Induk Memanjang 750/1400 mm.

$$\begin{aligned}
 V_u &= 620360 \text{ N} \\
 d &= h - \text{decking} - \frac{D}{2} - D - \text{Sengkang} \\
 &= 1400 - 100 - \frac{25}{2} - 25 - 13 \\
 &= 1249.5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Sesuai **SNI 2847-2013 pasal 11,2.1.1** V_c untuk komponen struktur yang dikenai geser dan lentur saja dapat dihitung sebagai berikut dengan $\lambda = 1$ untuk beton nominal normal berdasarkan **SNI 2847 – 2013 pasal 8.6.1**.

$$\begin{aligned} V_c &= 0.17 \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b_w \times d \\ &= 0.17 \times 1 \times \sqrt{35 \text{ MPa}} \times 750 \times 1249.5 \\ &= 942498.065 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_c &= 0.75 \times V_c \\ &= 0.75 \times 942498.065 \text{ N} \\ &= 706873.549 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 0.5\phi V_c &= 0.5 \times 706873.549 \text{ N} \\ &= 353436.774 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi(V_c + V_{S_{\min}}) &= 0.75 \times \left(V_c + \frac{b_w \times d}{3} \right) \\ &= 0.75 \times \left(942498.065 + \frac{750 \times 1249.5}{3} \right) \\ &= 941154.79 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &\phi \left(V_c + \frac{1}{3} \sqrt{f_c'} \times b_w \times d \right) \\ &= \phi \left(942498.065 \text{ N} + \frac{1}{3} \sqrt{35 \text{ MPa}} \times 750 \text{ mm} \times 1249. \text{ mm} \right) \\ &= 2092900.116 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &\phi \left(V_c + \frac{2}{3} \sqrt{f_c'} \times b_w \times d \right) \\ &= \phi \left(942498.065 \text{ N} + \frac{2}{3} \sqrt{35 \text{ MPa}} \times 750 \text{ mm} \times 1249. \text{ mm} \right) \\ &= 3478926.682 \text{ N} \end{aligned}$$

Termasuk Kondisi 2

$$0,5\phi V_c < V_u < \phi V_c$$

$$\begin{aligned} S_{maks} &= d/2 \\ &= 1249.5 \text{ mm} / 2 \\ &= 624.75 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S_{maks} = 600 \text{ mm}$$

Dipakai jarak tulangan (s) = 150 mm

$$\begin{aligned} A_{V_{\min}} &= \frac{bw \times s}{3 \times f_y} \\ &= \frac{750 \text{ mm} \times 150 \text{ mm}}{3 \times 240 \text{ MPa}} \\ &= 156.25 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipakai tulangan sengkang **2 D 13 – 150 mm**

$$A_{V_{\text{pakai}}} = 265.465 \text{ mm}^2 > A_{V_{\text{perlu}}} \quad (\text{OK})$$

Cek : $\phi(V_c + V_s) = 0.75(942498.065 \text{ N} + V_s)$

$$\begin{aligned} V_s &= \frac{A_v \times f_y \times d}{s} \\ &= \frac{265.465 \text{ mm}^2 \times 240 \text{ MPa} \times 1249.5 \text{ mm}}{150 \text{ mm}} \\ &= 530717 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi(V_c + V_s) &= 0.75(942498.065 \text{ N} + 530717 \text{ N}) \\ &= 1104911 \text{ N} > V_u = 620360 \text{ N} \end{aligned}$$

Penulangan Geser Lapangan

Untuk perhitungan penulangan geser, nilai V_u diambil dari *SAP2000* dan berikut adalah gaya geser yang bekerja pada Balok Induk Memanjang 750/1400 mm.

$$\begin{aligned} V_u &= 242760 \text{ N} \\ d &= h - \text{decking} - \frac{D}{2} - D - \text{Sengkang} \\ &= 1400 - 100 - \frac{25}{2} - 25 - 13 \\ &= 1249.5 \text{ mm} \end{aligned}$$

Sesuai **SNI 2847-2013 pasal 11.2.1.1** V_c untuk komponen struktur yang dikenai geser dan lentur saja dapat dihitung sebagai berikut dengan $\lambda = 1$ untuk beton nominal normal berdasarkan **SNI 2847 – 2013 pasal 8.6.1.**

$$\begin{aligned} V_c &= 0.17 \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times bw \times d \\ &= 0.17 \times 1 \times \sqrt{35 \text{ MPa}} \times 750 \times 1249.5 \\ &= 942498.065 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\emptyset V_c &= 0.75 \times V_c \\ &= 0.75 \times 942498.065 \text{ N} \\ &= 706873.549 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}0.5\emptyset V_c &= 0.5 \times 706873.549 \text{ N} \\ &= 353436.774 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\emptyset(V_c + V_{s_{\min}}) &= 0.75 \times \left(V_c + \frac{b_w \times x \times d}{3} \right) \\ &= 0.75 \times \left(942498.065 + \frac{750 \times 1249.5}{3} \right) \\ &= 941154.79 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}&\emptyset \left(V_c + \frac{1}{3} \sqrt{f_c'} \times b_w \times x \times d \right) \\ &= \emptyset \left(942498.065 \text{ N} + \frac{1}{3} \sqrt{35 \text{ MPa}} \times 750 \text{ mm} \times 1249. \text{ mm} \right) \\ &= 2092900.116 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}&\emptyset \left(V_c + \frac{2}{3} \sqrt{f_c'} \times b_w \times x \times d \right) \\ &= \emptyset \left(942498.065 \text{ N} + \frac{2}{3} \sqrt{35 \text{ MPa}} \times 750 \text{ mm} \times 1249. \text{ mm} \right) \\ &= 3478926.682 \text{ N}\end{aligned}$$

Termasuk Kondisi 1

$$V_u < 0,5\emptyset V_c \quad (\text{Tidak perlu tulangan geser})$$

Maka, dipakai tulangan geser praktis **2D13 – 200 mm**

$$\begin{aligned}\text{Smaks} &= d/2 \\ &= 1249.5 \text{ mm} / 2 \\ &= 624.75 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\text{Smaks} = 600 \text{ mm}$$

$$A_{V_{\text{pakai}}} = 265.465 \text{ mm}^2$$

- **Perhitungan Penulangan Torsi Kondisi Komposit**

Berikut adalah rincian perhitungan penulangan torsi balok 750/1400 mm pada tumpuan dan lapangan dimana gaya diambil dari *SAP2000*. Dimana nilai $\lambda = 1$ untuk beton normal dan $\phi = 0,75$ (**SNI 2847 2013**). Perhitungan

ini juga akan menentukan tulangan longitudinal dan transversal yang akan digunakan.

Penulangan Torsi Tumpuan

Geser dan torsi yang terjadi pada balok induk memanjang 750/1400 mm adalah sebagai berikut :

- $V_u = 620360 \text{ N}$
- $T_u = 272860000 \text{ N.mm}$

Perikasa kebutuhan tulangan torsi berdasarkan **SNI 2847 2013 pasal 11.5** .

$$\begin{aligned} A_{cp} &= b \times h \\ &= 750\text{mm} \times 1400 \text{ mm} \\ &= 1050000 \text{ mm}^2 \\ P_{cp} &= 2(b+h) \\ &= 2(750 \text{ mm} + 1400 \text{ mm}) \\ &= 4300 \text{ mm} \end{aligned}$$

Cek kebutuhan tulangan torsi jika $T_u > 0.083 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c}' \cdot \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$

$$\begin{aligned} T_u &> 0.083 \times 1 \times \sqrt{35} \text{ MPa} \times \left(\frac{(1050000 \text{ mm}^2)^2}{4300 \text{ mm}} \right) \\ 272860000 \text{ N.mm} &> 12589899.32 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

Maka, **Perlu tulangan torsi**

Perikasa kapasitas penampang untuk menahan torsi berdasarkan **SNI 2847 2013 pasal 11.5**

$$\begin{aligned} b_h &= b - 2 \cdot \text{Selimut} - D \text{ sengkang} \\ &= 750 \text{ mm} - 2(100 \text{ mm}) - 13 \text{ mm} \\ &= 537 \text{ mm} \\ h_h &= h - \text{selimut} - D \text{ sengkang} \\ &= 1400 \text{ mm} - 100 \text{ mm} - 13 \text{ mm} \\ &= 1287 \text{ mm} \\ A_{oh} &= b_h \times h_h \\ &= 537 \text{ mm} \times 1287 \text{ mm} \\ &= 691119 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{oh} &= 2(b_h + h_h) \\
 &= 2(537 \text{ mm} + 1287 \text{ mm}) \\
 &= 3648 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &\phi \sqrt{\left(\frac{Vu}{bw \cdot d}\right)^2 + \left(\frac{Tu \cdot P_h}{1.7 \cdot A_{oh}^2}\right)} \\
 &= 0.75 \times \sqrt{\left(\frac{620360 \text{ N}}{750 \text{ mm} \cdot 1249.5 \text{ mm}}\right)^2 + \left(\frac{272860000 \text{ N} \cdot \text{mm} \cdot 3648 \text{ mm}}{1.7 \cdot 691119 \text{ mm}^2}\right)} \\
 &= 0.967
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_c &= \frac{1}{6} \times \sqrt{f_c'} \times bw \times d \\
 &= \frac{1}{6} \times \sqrt{35 \text{ MPa}} \times 750 \text{ mm} \times 1249.5 \text{ mm} \\
 &= 924017.711 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi \left(\frac{V_c}{bw \cdot d} + 0.66\sqrt{f_c'}\right) &= 0.75 \left(\frac{620360 \text{ N}}{750 \text{ mm} \cdot 1249.5 \text{ mm}} + 0.66\sqrt{35 \text{ MPa}}\right) \\
 &= 3.668
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Cek : } \phi \sqrt{\left(\frac{Vu}{bw \cdot d}\right)^2 + \left(\frac{Tu \cdot P_h}{1.7 \cdot A_{oh}^2}\right)} &< \phi \left(\frac{V_c}{bw \cdot d} + 0.66\sqrt{f_c'}\right) \\
 = 0.967 &< 3.668 \quad (\text{OK})
 \end{aligned}$$

Penampang balok cukup untuk menahan torsi yang terjadi.

Perhitungan kebutuhan tulangan transversal

$$\begin{aligned}
 A_o &= 0.85 \times A_{oh} \\
 &= 0.85 \times 691119 \text{ mm}^2 \\
 &= 587451.15 \text{ mm}^2 \\
 \frac{A_t}{s} &= \frac{Tu}{0.75 \cdot A_o \cdot f_y \cdot \text{Cot}(45)} \\
 &= \frac{272860000 \text{ N} \cdot \text{mm}}{0.75 \cdot 587451.15 \text{ mm}^2 \cdot 390 \text{ MPa} \cdot \text{Cot}(45)} \\
 &= 1.588 \text{ mm}^2/\text{mm} \\
 \frac{A_v}{s} &= \frac{bw}{3 \cdot f_y} \\
 &= \frac{750 \text{ mm}}{3 \cdot 390 \text{ MPa}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0.641 \text{ mm}^2/\text{mm} \\
 \frac{Avt}{s} &= 1.588 \text{ mm}^2/\text{mm} + 0.641 \text{ mm}^2/\text{mm} \\
 &= 2.229 \text{ mm}^2/\text{mm}
 \end{aligned}$$

Dipakai tulangan : **4 D 13 – 130**

$$\frac{Avt}{s_{pakai}} = 4.084 \text{ mm}^2/\text{mm} > \frac{Avt}{s} \quad (\text{OK})$$

Perhitungan kebutuhan tulangan longitudinal

$$\begin{aligned}
 \frac{A\lambda}{s} &= \frac{At}{s} \cdot Poh. Cot(45) \\
 &= 1.588 \text{ mm}^2/\text{mm} \times 3648 \text{ mm} \times Cot(45) \\
 &= 5792.91 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \frac{A\lambda}{s/4} &= \frac{\frac{A\lambda}{s}}{4} \\
 &= \frac{5792.91 \text{ mm}^2}{4} \\
 &= 1448.23 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Dipakai tulangan tambahan : **3 D 25**

$$\frac{A\lambda}{s/4_{pakai}} = 1472.621 \text{ mm}^2 > \frac{A\lambda}{s/4} \quad (\text{OK})$$

Perhitungan kebutuhan tulangan web

$$\begin{aligned}
 A_{\lambda_{web}} &= \frac{A\lambda}{s} - 2\left(\frac{A\lambda}{s/4_{pakai}}\right) \\
 &= 5792.91 \text{ mm}^2 - 2(1472.621 \text{ mm}^2) \\
 &= 2847.67 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Dipakai tulangan web : **6 D 25**

$$A_{\lambda_{web} \text{ pakai}} = 2945.24 \text{ mm}^2 > A_{\lambda_{web}} \quad (\text{OK})$$

Penulangan Torsi Lapangan

Geser dan torsi yang terjadi pada balok induk memanjang 750/1400 mm adalah sebagai berikut :

$$- V_u = 242760 \text{ N}$$

$$- Tu = 116690000 \text{ N.mm}$$

Periksa kebutuhan tulangan torsi berdasarkan **SNI 2847 2013 pasal 11.5**.

$$\begin{aligned} A_{cp} &= b \times h \\ &= 750 \text{ mm} \times 1400 \text{ mm} \\ &= 1050000 \text{ mm}^2 \\ P_{cp} &= 2(b+h) \\ &= 2(750 \text{ mm} + 1400 \text{ mm}) \\ &= 4300 \text{ mm} \end{aligned}$$

Cek kebutuhan tulangan torsi jika $Tu > 0.083 \lambda \sqrt{f_c} \cdot \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$

$$\begin{aligned} Tu &> 0.083 \times 1 \times \sqrt{35} \text{ MPa} \times \left(\frac{(1050000 \text{ mm}^2)^2}{4300 \text{ mm}} \right) \\ 116690000 \text{ N.mm} &> 12589899.32 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

Maka, **Perlu tulangan torsi**

Periksa kapasitas penampang untuk menahan torsi berdasarkan **SNI 2847 2013 pasal 11.5**

$$\begin{aligned} b_h &= b - 2 \cdot \text{Selimut} - D \text{ sengkang} \\ &= 750 \text{ mm} - 2(100 \text{ mm}) - 13 \text{ mm} \\ &= 537 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h_h &= h - \text{selimut} - D \text{ sengkang} \\ &= 1400 \text{ mm} - 100 \text{ mm} - 13 \text{ mm} \\ &= 1287 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{oh} &= b_h \times h_h \\ &= 537 \text{ mm} \times 1287 \text{ mm} \\ &= 691119 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{oh} &= 2(b_h + h_h) \\ &= 2(537 \text{ mm} + 1287 \text{ mm}) \\ &= 3648 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\phi \sqrt{\left(\frac{Vu}{bw \cdot d} \right)^2 + \left(\frac{Tu \cdot P_h}{1.7 \cdot A_{oh}^2} \right)}$$

$$= 0.75 \times \sqrt{\left(\frac{242760 \text{ N}}{750 \text{ mm} \cdot 1249.5 \text{ mm}}\right)^2 + \left(\frac{116690000 \text{ N} \cdot \text{mm} \cdot 3648 \text{ mm}}{1.7 \cdot 691119 \text{ mm}^2}\right)}$$

$$= 0.577$$

$$V_c = \frac{1}{6} \times \sqrt{f_c'} \times b_w \times d$$

$$= \frac{1}{6} \times \sqrt{35 \text{ MPa}} \times 750 \text{ mm} \times 1249.5 \text{ mm}$$

$$= 924017.711 \text{ N}$$

$$\phi \left(\frac{V_c}{b_w \cdot d} + 0.66 \sqrt{f_c'} \right) = 0.75 \left(\frac{924017.711 \text{ N}}{750 \text{ mm} \cdot 1249.5 \text{ mm}} + 0.66 \sqrt{35 \text{ MPa}} \right)$$

$$= 3.668$$

$$\text{Cek : } \phi \sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w \cdot d}\right)^2 + \left(\frac{T_u \cdot P_h}{1.7 \cdot A_{oh}^2}\right)} < \phi \left(\frac{V_c}{b_w \cdot d} + 0.66 \sqrt{f_c'} \right)$$

$$= 0.577 < 3.668 \quad (\text{OK})$$

Penampang balok cukup untuk menahan torsi yang terjadi.

Perhitungan kebutuhan tulangan transversal

$$A_o = 0.85 \times A_{oh}$$

$$= 0.85 \times 691119 \text{ mm}^2$$

$$= 587451.15 \text{ mm}^2$$

$$\frac{A_t}{s} = \frac{T_u}{0.75 \cdot A_o \cdot f_y \cdot \text{Cot}(45)}$$

$$= \frac{116690000 \text{ N} \cdot \text{mm}}{0.75 \cdot 587451.15 \text{ mm}^2 \cdot 390 \text{ MPa} \cdot \text{Cot}(45)}$$

$$= 0.679 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

$$\frac{A_v}{s} = \frac{b_w}{3 \cdot f_y}$$

$$= \frac{750 \text{ mm}}{3 \cdot 390 \text{ MPa}}$$

$$= 0.641 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

$$\frac{A_{vt}}{s} = 0.679 \text{ mm}^2/\text{mm} + 0.641 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

$$= 1.320 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Dipakai tulangan : **3 D 13 – 210**

$$\frac{Avt}{s_{pakai}} = 1.896 \text{ mm}^2/\text{mm} > \frac{Avt}{s} \quad (\text{OK})$$

Perhitungan kebutuhan tulangan longitudinal

$$\begin{aligned} \frac{A\lambda}{s} &= \frac{At}{s} \cdot Poh. Cot(45) \\ &= 0.679 \text{ mm}^2/\text{mm} \times 3648 \text{ mm} \times Cot(45) \\ &= 2477.37 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{A\lambda}{s/4} &= \frac{\frac{A\lambda}{s}}{4} \\ &= \frac{2477.37 \text{ mm}^2}{4} \\ &= 619.342 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipakai tulangan tambahan : **2 D 25**

$$\frac{A\lambda}{s/4_{pakai}} = 981.747 \text{ mm}^2 > \frac{A\lambda}{s/4} \quad (\text{OK})$$

Perhitungan kebutuhan tulangan web

$$\begin{aligned} A_{\lambda_{web}} &= \frac{A\lambda}{s} - 2\left(\frac{A\lambda}{s/4_{pakai}}\right) \\ &= 2477.37 \text{ mm}^2 - 2(981.747 \text{ mm}^2) \\ &= 513.874 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipakai tulangan web : **5 D 25**

$$A_{\lambda_{web} \text{ pakai}} = 2945.24 \text{ mm}^2 > A_{\lambda_{web}} \quad (\text{OK})$$

6.3.2 Rekap Penulangan Balok Dermaga dan Trestle

Untuk perhitungan tipe –tipe balok lainnya yang ada di dermaga akan disajikan dalam bentuk table. Berikut adalah tabel hasil perhitungan penulangan balok pada struktur dermaga dan trestle.

Tabel 6. 3 Rekap Hasil Perhitungan Penulangan Balok Dermaga dan Trestle

Tipe Balok	Dimensi (cm)		Tulangan Tumpuan			Tulangan Lapangan			Tulangan Torsi
	b	h	Tarik	Tekan	Geser	Tarik	Tekan	Geser	web
B1	75	140	12 D 25	10 D 25	4 D 13 - 130	8 D 25	8 D 25	3 D 13 - 210	2 X 6 D 25
B2	75	140	14 D 25	10 D 25	3 D 13 - 130	7 D 25	7 D 25	3 D 13 - 210	2 X 5 D 25
B3	75	300	16 D 25	16 D 25	2 D 13 - 200	16 D 25	16 D 25	2 D 13 - 200	2 X 5 D 25
B4	75	140	8 D 25	8 D 25	3 D 13 - 200	8 D 25	8 D 25	2 D 13 - 200	2 X 3 D 25
B5	60	90	5 D 25	5 D 25	2 D 13 - 150	4 D 25	4 D 25	2 D 13 - 200	2 X 2 D 25
B6	60	90	5 D 16	4 D 16	2 D 13 - 150	4 D 16	4 D 16	2 D 13 - 200	2 X 2 D 25
B7	40	60	4 D 16	4 D 16	2 D 13 - 200	4 D 16	4 D 16	2 D 13 - 200	2 X 1 D 25

6.3.3 Kontrol Balok Pracetak

Berikut akan diuraikan cara perhitungan kontrol balok pracetak pada struktur Dermaga. Uraian detail perhitungan yang akan disajikan adalah kontrol balok Induk Memanjang 750/140, sedangkan untuk perhitungan tulangan balok lainnya akan disajikan dalam bentuk tabel.

- Lebar (b) : 750 mm
- Tinggi total (h_{tot}) : 1400 mm
- Tinggi precast ($h_{precast}$) : 700 mm
- h_{pelat} : 700 mm
- Mutu beton f_c' : 35 MPa
- Mutu baja
 - f_y : 390 Mpa
 - f_u : 560 MPa
- Diameter tulangan
 - Lentur : D 25
 - Geser : D 13
 - Torsi : D 25
- Selimut : 100 mm
- Bentang balok (l_n) : 5.25 m
- $d_{precast}$: $h_{precast} - \text{selimut} - \text{sempang} - \frac{1}{2} D \text{ tul. Lentur} - D \text{ tul. Lentur}$

$$: 700 \text{ mm} - 100 \text{ mm} - 13 \text{ mm} - \frac{1}{2}(25 \text{ mm}) - 25 \text{ mm}$$

$$= 549.5 \text{ mm}$$

- **Kontrol Penumpukan**

Untuk menghindari kerusakan beton pracetak akibat penumpukan yang berlebihan di lapangan, maka diperlukan standar jumlah penumpukan. Jumlah penumpukan yang diizinkan dalam perencanaan ini adalah 1 tumpukan dengan masing- masing balok diberi tumpuan balok kayu pada setiap ujungnya. Hal ini menyebabkan terjadinya momen pada daerah lapangan sehingga perlu di cek apakah momen yang terjadi lebih besar dari tulangan lapangan terpasang. Penumpukan dilakukan ketika umur beton 3 hari dengan $f_{ci} = 0,46 f_c = 0,46 \cdot 35 \text{ Mpa}$, $f_{ci} = 16,1 \text{ Mpa}$.

Pembebanan

- Beban mati

$$\text{Berat sendiri} = 0,75 \times 0,7 \times 2400 = 1260 \text{ kg/m}$$

$$Q_D = 1458 \text{ kg/m}$$

- Beban hidup

$$P \text{ pekerja} = \quad \quad \quad = 100 \text{ kg}$$

$$P = 100 \text{ kg}$$

- Beban ultimate

$$Q_D = 1,3 \times Q_D = 1,3 \times 1260 \text{ kg/m} = 1638 \text{ kg/m}$$

$$Q_L = 1,8 \times P = 1,8 \times 100 \text{ kg} = 180 \text{ kg}$$

Perhitungan momen (M_u)

- Momen Lapangan

$$M_u = \frac{1}{10} Q_D \cdot L^2 + \frac{1}{4} P \cdot L$$

$$= \frac{1}{10} 1638. (5,25m)^2 + \frac{1}{4} 180kg . 5.25m$$

$$= 5880 \text{ Kg.m}$$

$$= 58796718.8 \text{ N.mm}$$

$$\text{Faktor kejut} = 1,5$$

$$Mu = 1,5 \times 58796718.8 \text{ N.mm}$$

$$= 88195078.13 \text{ N.mm}$$

Perhitungan Penulangan

$$m = \frac{fy}{0,85 \cdot fc}$$

$$= \frac{390 \text{ MPa}}{0,85 \cdot (16.1 \text{ MPa})}$$

$$= 28.5$$

$$\beta_1 = 0.85 - \{0.05 \times (F_c' - 28) \times 7\}$$

$$= 0.85 - \{0.05 \times (35 - 28) \times 7\}$$

$$= 0.80$$

$$Rn = \frac{Mu}{\phi b d^2}$$

$$= \frac{88195078.13}{0.8 \times 750 \times 549.5^2}$$

$$= 0.487$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times Rn}{fy}} \right)$$

$$= \frac{1}{28.5} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 28.5 \times 0.487}{390}} \right)$$

$$= 0.0013$$

$$A_{S_{\text{perlu}}} = \rho b d$$

$$= 0.0013 \times 750 \times 549.5$$

$$= 523.9 \text{ mm}^2$$

$$\text{jumlah tulangan yang dibutuhkan} = \frac{A_{S_{\text{perlu}}}}{\frac{1}{4} \pi D^2}$$

$$= \frac{523.9 \text{ mm}^2}{\frac{1}{4} \pi \cdot (25 \text{ mm})^2}$$

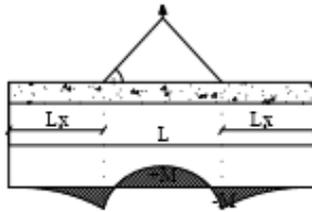
$$= 1.06 \approx 2$$

$$A_{s_{\text{pakai}}} = 981.7 \text{ mm}^2 > A_{s_{\text{perlu}}} \text{ (OK)}$$

Karena kebutuhan tulangan pengangkatan pada daerah lapangan yaitu 2 D 25 lebih kecil dari tulangan yang dipasang akibat momen dari beban total yaitu 10 D 25, maka saat penumpukan tulangan terpasang telah mencukupi.

- **Kontrol Pengangkatan**

Balok induk pracetak dibuat di pabrik sehingga harus dirancang untuk menghindari kerusakan pada waktu proses pengangkatan. Titik angkat dan tulangan angkat tambahan harus dipasang untuk menahan momen akibat pengangkatan. Pengangkatan dilakukan ketika umur beton 3 hari dengan $f_{ci} = 0,46 f_c = 0,46 \cdot 35 \text{ Mpa}$, $f_{ci} = 16,1 \text{ Mpa}$. Berdasarkan *PCI Design Handbook (PCI fig. 5. 2.8)*, momen akibat pengangkatan diberikan sebagai berikut :



Gambar 6. 10 Momen saat pengangkatan balok

Dimana :

$$+M = \frac{WL^2}{8} \left(1 - 4X + \frac{4Y_c}{L \times \operatorname{tg} \theta} \right)$$

$$-M = \frac{WX^2L^2}{2}$$

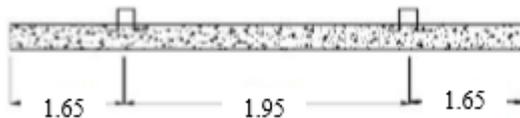
$$X = \frac{1 + \frac{4Y_c}{L \operatorname{tg} \theta}}{2 \left(1 + \sqrt{1 + \frac{Y_b}{Y_c} \left(1 + \frac{4Y_c}{L \operatorname{tg} \theta} \right)} \right)}$$

$$\begin{aligned} Y_t = Y_b &= 0.5 \times h_{\text{precast}} \\ &= 0,5 \times 700 \text{ mm} \\ &= 350 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Y_c &= Y_t + 50 \text{ mm} \\ &= 350 \text{ mm} + 50 \text{ mm} \\ &= 400 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X &= \frac{1 + \frac{4 \cdot 400 \text{ mm}}{5250 \text{ mm} \cdot \tan(45)}}{2 \left(1 + \sqrt{\frac{350 \text{ mm}}{350 \text{ mm}} \left(1 + \frac{4 \cdot 400 \text{ mm}}{5250 \text{ mm} \cdot \tan(45)} \right)} \right)} \\ &= \frac{1.305}{4.285} \\ &= 0.31 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Posisi titik angkat} &= X \cdot L \\ &= 0.31 \times 5250 \text{ mm} \\ &= 1628 \approx 1.65 \text{ m} \end{aligned}$$



Gambar 6. 11 Posisi titik angkat balok

$$W \text{ balok} = b \times h \times L \times BJ_{\text{beton}}$$

$$= 0.75\text{m} \times 0.7\text{m} \times 2400\text{kg/m}^3$$

$$= 6615 \text{ kg}$$

Tulangan Angkat Balok (*Lifting Hook*) :

$$T \sin \emptyset = P = \frac{1.2. k. W_{\text{balok}}}{2}$$

$$= \frac{1.2. 1.2. 6615 \text{ kg}}{2}$$

$$= 4763 \text{ kg}$$

Dimisalkan balok diangkat dengan sudut kemiringan 45°

$$T = P_u = \frac{P}{\sin(45)}$$

$$= \frac{4763 \text{ kg}}{\sin(45)}$$

$$= 6736 \text{ kg}$$

Menurut **PBBI pasal 2.2.2.** tegangan ijin tarik dasar baja bertulang mutu $f_y = 390 \text{ Mpa}$ adalah $f_y/1.5$. Jika dipakai tulangan polos dengan mutu $f_y = 390 \text{ Mpa}$, maka:

$$\sigma_{\text{tarik ijin}} = \frac{3900 \text{ kg/m}^2}{1.5}$$

$$= 2600 \text{ kg/m}^2$$

$$\emptyset_{\text{tul. angkat}} \geq \sqrt{\frac{P_u}{\sigma_{\text{tarik ijin}} \cdot \pi}}$$

$$\geq \sqrt{\frac{6736 \text{ kg}}{2600 \text{ kg/m}^2 \cdot \pi}}$$

$$\geq 0.908 \text{ cm}$$

Digunakan tulangan angkat : **2 D 13**

Perhitungan Penulangan

$$W_{\text{balok}} = b \times h \times B_{J_{\text{beton}}}$$

$$= 0.75\text{m} \times 0.7\text{m} \times 2400 \text{ kg/m}^3$$

$$= 1260 \text{ kg/m}$$

Momen Lapangan :

$$+M = \frac{WL^2}{8} \left(1 - 4X + \frac{4.Yc}{L \cdot \tan(45)} \right)$$

$$= \frac{1260 \cdot 5.25^2}{8} \left(1 - 4 \cdot 0.31 + \frac{4 \cdot 400}{5.25 \cdot \tan(45)} \right)$$

$$= 281.1 \text{ kg/m}$$

Faktor kejut = 1.5

$$= 1.5 \times 281.1 \text{ kg/m}$$

$$= 421.7 \text{ kg/m}$$

Momen Tumpuan :

$$-M = \frac{W \cdot X^2 \cdot L^2}{2}$$

$$= \frac{1260 \text{ kg/m} \cdot (0.31)^2 \cdot (5.25\text{m})^2}{2}$$

$$= 1669 \text{ kg/m}$$

Faktor kejut = 1.5

$$= 1.5 \times 1669 \text{ kg/m}$$

$$= 2503 \text{ kg/m}$$

Tegangan yang terjadi:

$$F = \frac{M}{Wt}$$

$$= \frac{1260 \text{ kg/m}}{\frac{1}{6} \cdot 0.75 \text{ m} \cdot (0.7 \text{ m})^2}$$

$$= 0.206 \text{ MPa}$$

$$Fr = 0.7 \times \sqrt{f_c'}$$

$$= 0.7 \times \sqrt{35} \text{ MPa}$$

$$= 4.141 \text{ MPa}$$

Syarat : $F < Fr$

$$0.206 \text{ MPa} < 4.141 \text{ MPa}$$

(Aman terhadap pengangkatan)

Daerah Lapangan

$$m = \frac{f_y}{0.85 \cdot f_{c'}}$$

$$= \frac{390 \text{ MPa}}{0.85 \cdot (16.1 \text{ MPa})}$$

$$= 28.5$$

$$\beta_1 = 0.85 - \{0.05 \times (F_{c'} - 28) \times 7\}$$

$$= 0.85 - \{0.05 \times (35 - 28) \times 7\}$$

$$= 0.80$$

$$Rn = \frac{Mu}{\phi b d^2}$$

$$= \frac{4217062.5}{0.8 \times 750 \times 549.5^2}$$

$$= 0.023$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times Rn}{fy}} \right)$$

$$= \frac{1}{28.5} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 28.5 \times 0.023}{390}} \right)$$

$$= 0.0001$$

$$A_{S_{\text{perlu}}} = \rho b d$$

$$= 0.0001 \times 750 \times 549.5$$

$$= 32 \text{ mm}^2$$

$$\text{jumlah tulangan yang dibutuhkan} = \frac{A_{S_{\text{perlu}}}}{\frac{1}{4} \pi D^2}$$

$$= \frac{32 \text{ mm}^2}{\frac{1}{4} \pi \cdot (25 \text{ mm})^2}$$

$$= 0.06 \approx 2$$

$$A_{S_{\text{pakai}}} = 981.7 \text{ mm}^2 > A_{S_{\text{perlu}}} \quad (\text{OK})$$

Karena kebutuhan tulangan pengangkatan pada daerah lapangan yaitu 2 D 25 lebih kecil dari tulangan yang dipasang akibat momen dari beban total yaitu 10 D 25, maka saat penumpukan tulangan terpasang telah mencukupi.

Daerah Tumpuan

$$m = \frac{fy}{0.85 \cdot fcr}$$

$$= \frac{390 \text{ MPa}}{0.85 \cdot (16.1 \text{ MPa})}$$

$$= 28.5$$

$$\begin{aligned}\beta_1 &= 0.85 - \{0.05 \times (F_c' - 28) \times 7\} \\ &= 0.85 - \{0.05 \times (35 - 28) \times 7\} \\ &= 0.80\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}R_n &= \frac{M_u}{\phi b d^2} \\ &= \frac{25030746.56}{0.8 \times 750 \times 549.5^2} \\ &= 0.138\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{28.5} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 28.5 \times 0.138}{390}} \right) \\ &= 0.0004\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_{S_{\text{perlu}}} &= \rho b d \\ &= 0.0004 \times 750 \times 549.5 \\ &= 146.7 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{jumlah tulangan yang dibutuhkan} &= \frac{A_{S_{\text{perlu}}}}{\frac{1}{4}\pi D^2} \\ &= \frac{146.7 \text{ mm}^2}{\frac{1}{4}\pi \cdot (25 \text{ mm})^2} \\ &= 0.3 \approx 2\end{aligned}$$

$$A_{S_{\text{pakai}}} = 981.7 \text{ mm}^2 > A_{S_{\text{perlu}}} \text{ (OK)}$$

Karena kebutuhan tulangan pengangkatan pada daerah lapangan yaitu 2 D 25 lebih kecil dari tulangan yang dipasang akibat momen dari beban total yaitu 10 D 25, maka saat penumpukan tulangan terpasang telah mencukupi.

- **Kontrol Pemasangan**

Berikut ini adalah perhitungan tulangan saat pemasangan. Pemasangan dilakukan saat umur beton 7 hari $f_{ci} = 22.75 \text{ Mpa}$

Pembebanan

- Beban mati
 Berat sendiri = $0,75 \times 0,7 \times 2400 = 1260 \text{ kg/m}$
 $Q_D = 1458 \text{ kg/m}$
- Beban hidup
 P pekerja = 100 kg
 $P = 100 \text{ kg}$
- Beban ultimate
 $Q_D = 1,3 \times Q_D = 1,3 \times 1260 \text{ kg/m} = 1638 \text{ kg/m}$
 $Q_L = 1,8 \times P = 1,8 \times 100 \text{ kg} = 180 \text{ kg}$

Perhitungan momen (Mu)

- Momen Lapangan

$$M_u = \frac{1}{10} Q_D \cdot L^2 + \frac{1}{4} P \cdot L$$

$$= \frac{1}{10} 1638 \cdot (5,25\text{m})^2 + \frac{1}{4} 180\text{kg} \cdot 5,25\text{m}$$

$$= 5880 \text{ Kg.m}$$

$$= 58796718,8 \text{ N.mm}$$
 Faktor kejut = 1,5

$$M_u = 1,5 \times 58796718,8 \text{ N.mm}$$

$$= 88195078,13 \text{ N.mm}$$

Perhitungan Penulangan

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'}$$

$$= \frac{390 \text{ MPa}}{0,85 \cdot (22,75 \text{ MPa})}$$

$$= 20,17$$

$$\beta_1 = 0,85 - \{0,05 \times (F_c' - 28) \times 7\}$$

$$= 0,85 - \{0,05 \times (35 - 28) \times 7\}$$

$$= 0,80$$

$$\begin{aligned}
 Rn &= \frac{Mu}{\phi b d^2} \\
 &= \frac{88195078.13}{0.8 \times 750 \times 549.5^2} \\
 &= 0.487
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times Rn}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{20.17} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 20.17 \times 0.487}{390}} \right) \\
 &= 0.0013
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{S_{\text{perlu}}} &= \rho b d \\
 &= 0.0013 \times 750 \times 549.5 \\
 &= 521.1 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{jumlah tulangan yang dibutuhkan} &= \frac{A_{S_{\text{perlu}}}}{\frac{1}{4} \pi D^2} \\
 &= \frac{521.1 \text{ mm}^2}{\frac{1}{4} \pi (25 \text{ mm})^2} \\
 &= 1.06 \approx 2
 \end{aligned}$$

$$A_{S_{\text{pakai}}} = 981.7 \text{ mm}^2 > A_{S_{\text{perlu}}} \text{ (OK)}$$

Karena kebutuhan tulangan pengangkatan pada daerah lapangan yaitu 2 D 25 lebih kecil dari tulangan yang dipasang akibat momen dari beban total yaitu 10 D 25, maka saat penumpukan tulangan terpasang telah mencukupi.

- **Kontrol Pengecoran**

Kontrol pengecoran adalah saat dimana balok pracetak yang telah terpasang dicor bersamaan dengan half slab dan sisa balok yang belu dicor. Pada kondisi ini, balok harus mampu memikul berat sendiri, berat beton basah, dan berat pekerja. Berikut ini adalah perhitungan tulangan

saat pemasangan. Pemasangan dilakukan saat umur beton
7 hari $f_{ci} = 22.75 \text{ Mpa}$

Pembebanan

- Beban mati

$$\text{Berat sendiri} = 0,75 \times 0,7 \times 2400 = 1260 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat overtopping} = 0,7 \times \left(\frac{1}{2} \cdot 5,25\right) \times 2400 = 4410 \text{ kg/m}$$

$$Q_D = 5670 \text{ kg/m}$$

- Beban hidup

$$P \text{ pekerja} = 100 \text{ kg}$$

$$P = 100 \text{ kg}$$

- Beban ultimate

$$Q_D = 1,3 \times Q_D = 1,3 \times 5670 \text{ kg/m} = 7371 \text{ kg/m}$$

$$Q_L = 1,8 \times P = 1,8 \times 100 \text{ kg} = 180 \text{ kg}$$

Perhitungan momen (Mu)

- Momen Lapangan

$$M_u = \frac{1}{10} Q_D \cdot L^2 + \frac{1}{4} P \cdot L$$

$$= \frac{1}{10} 7371 \cdot (5,25\text{m})^2 + \frac{1}{4} 180\text{kg} \cdot 5,25\text{m}$$

$$= 25632 \text{ Kg.m}$$

Faktor kejut = 1,5

$$M_u = 1,5 \times 25632 \text{ kg.m}$$

$$= 38447 \text{ kg.m}$$

$$= 384474726,6 \text{ N.mm}$$

Perhitungan Penulangan

$$\begin{aligned} m &= \frac{fy}{0,85 \cdot f_{ci}} \\ &= \frac{390 \text{ MPa}}{0,85 \cdot (22,75 \text{ MPa})} \\ &= 20,17 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\beta_1 &= 0.85 - \{0.05 \times (F_c' - 28) \times 7\} \\ &= 0.85 - \{0.05 \times (35 - 28) \times 7\} \\ &= 0.80\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}R_n &= \frac{M_u}{\phi b d^2} \\ &= \frac{384474726.6}{0.8 \times 750 \times 549.5^2} \\ &= 2.122\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{20.17} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 20.17 \times 2.122}{390}} \right) \\ &= 0.0058\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_{S_{\text{perlu}}} &= \rho b d \\ &= 0.0058 \times 750 \times 549.5 \\ &= 2381 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{jumlah tulangan yang dibutuhkan} &= \frac{A_{S_{\text{perlu}}}}{\frac{1}{4}\pi D^2} \\ &= \frac{2381 \text{ mm}^2}{\frac{1}{4}\pi \cdot (25 \text{ mm})^2} \\ &= 4.851 \approx 5\end{aligned}$$

$$A_{S_{\text{pakai}}} = 2454 \text{ mm}^2 > A_{S_{\text{perlu}}} \text{ (OK)}$$

Karena kebutuhan tulangan pengangkatan pada daerah lapangan yaitu 5 D 25 lebih kecil dari tulangan yang dipasang akibat momen dari beban total yaitu 10 D 25, maka saat penumpukan tulangan terpasang telah mencukupi.

- **Kontrol Landasan Balok Terhadap Pelat Pracetak**

$$\phi \times a \times b \times \frac{1}{6} \times \sqrt{f'c'} > Vu$$

a = Panjang miring landasan balok

$$\begin{aligned} Vu &= qu \times \left(\frac{L}{2} - \frac{dy}{1000} \right) \\ &= 2948,4 \text{ kg/m} \times \left(\frac{5,4 \text{ m}}{2} - \frac{340,5 \text{ mm}}{1000} \right) \\ &= 6956,749 \text{ kg} \\ &= 69,567 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kontrol} &= 0,75 \times 140 \text{ mm} \times 1000 \text{ mm} \times 1/6 \times \sqrt{35 \text{ MPa}} \\ &= 103531,396 \text{ N} \\ &= 103.531 \text{ kN} > Vu = 69,567 \text{ kN} \quad \text{(OK)} \end{aligned}$$

Jadi, landasan balok terhadap pelat pracetak dengan jarak 10 cm kuat terhadap gaya geser pelat.

6.4 Perhitungan Kolom Virtual

Kebutuhan penulangan kolom virtual baik Dermaga maupun Trestle diambil dari hasil analisa *SAP 2000*. Berdasarkan hasil output kebutuhan penulangan diketahui kebutuhan tulangan Kolom virtual 80x80 adalah sebagai berikut :

- **Kolom Virtual Dermaga**

Data Perencanaan :

- $F'c' = 35 \text{ MPa}$
- $Fy = 390 \text{ MPa}$
- BJ beton = 2400 kg/m^3
- Dimensi kolom virtual :
 - b = 80 cm
 - h = 80 cm
- Tebal selimut = 10 cm
- D lentur = 25 mm

$$- D \text{ sengkang} = 13 \text{ mm}$$

Gaya dari output SAP2000 adalah sebagai berikut :

$$- P_u = 3698417 \text{ N}$$

$$- V_u = 127255 \text{ N}$$

- **Perhitungan Tulangan Longitudinal**

$$\begin{aligned} P_n &= \frac{P_u}{0.7} \\ &= \frac{3698417 \text{ N}}{0.7} \\ &= 5283452.857 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d &= b - \text{selimut} - D/2 \text{ lentur} - D \text{ sengkang} \\ &= 800 \text{ mm} - 100 \text{ mm} - 25/2 \text{ mm} - 13 \text{ mm} \\ &= 674.5 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dipakai tulangan **16 D 25** (Trial Error)

$$\begin{aligned} A_s &= 0.25 \times \pi \times D^2 \times n \\ &= 0.25 \times \pi \times (25 \text{ mm})^2 \times 16 \\ &= 7854 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_g &= b \times h \\ &= 800 \text{ mm} \times 800 \text{ mm} \\ &= 640000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{A_s}{A_g} \\ &= \frac{7854 \text{ mm}^2}{640000 \text{ mm}^2} \\ &= 0.012 \end{aligned}$$

Syarat : $0.01 < \rho < 0.08$

(Memenuhi)

$$\begin{aligned} \phi P_{n_{\max}} &= 0.85\phi [0.85 \times f_c' \times (A_g - A_s) + (F_y \times A_s)] \\ &= 0.85 \times 0.65 [0.85 \times 35 \text{ MPa} \times (640000 \text{ mm}^2 - \\ &\quad 7854 \text{ mm}^2) + (390 \text{ MPa} \times 7854 \text{ mm}^2)] \\ &= 12082841.78 \text{ N} \end{aligned}$$

Syarat : $\phi P_{n_{\max}} > P_n$

$$12082841.78 \text{ N} > 5283452.857 \text{ N} \quad (\text{Memenuhi})$$

- **Perhitungan Tulangan Geser**

$$\begin{aligned} V_c &= \frac{1}{6} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d \left(1 + \frac{2}{14 + Ag} \right) \\ &= \frac{1}{6} \times \sqrt{35} \times 800 \times 800 \left(1 + \frac{2}{14 + 640000} \right) \\ &= 631048.65 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 0.5 V_c &= 0.5 \times 631048.65 \text{ N} \\ &= 315524.33 \text{ N} > V_u = 127255 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{\text{maks}} &= \frac{A_v \times 3 \times f_y}{b} \\ &= \frac{265.5 \text{ mm}^2 \times 3 \times 390 \text{ MPa}}{800 \text{ mm}} \\ &= 388.2 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dipakai tulangan sengkang : **2 D 13 – 200**

$$A_{S_{\text{pakai}}} = 1327.857 \text{ mm}^2$$

- **Kolom Virtual Trestle**

Data Perencanaan :

- F_c' = 35 MPa
- F_y = 390 MPa
- BJ beton = 2400 kg/m³
- Dimensi kolom virtual :
 - b = 80 cm
 - h = 80 cm
- Tebal selimut = 10 cm
- D lentur = 25 mm
- D sengkang = 13 mm
-

Gaya dari output SAP2000 adalah sebagai berikut :

- P_u = 728719 N
- V_u = 149484 N

- **Perhitungan Tulangan Longitudinal**

$$P_n = \frac{Pu}{0.7}$$

$$= \frac{728719 \text{ N}}{0.7}$$

$$= 1041027.143 \text{ N}$$

$$d = b - \text{selimut} - D/2 \text{ lentur} - D \text{ sengkang}$$

$$= 800 \text{ mm} - 100 \text{ mm} - 25/2 \text{ mm} - 13 \text{ mm}$$

$$= 674.5 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan **16 D 25** (Trial Error)

$$A_s = 0.25 \times \pi \times D^2 \times n$$

$$= 0.25 \times \pi \times (25 \text{ mm})^2 \times 16$$

$$= 7854 \text{ mm}^2$$

$$A_g = b \times h$$

$$= 800 \text{ mm} \times 800 \text{ mm}$$

$$= 640000 \text{ mm}^2$$

$$\rho = \frac{A_s}{A_g}$$

$$= \frac{7854 \text{ mm}^2}{640000 \text{ mm}^2}$$

$$= 0.012$$

Syarat : $0.01 < \rho < 0.08$

(Memenuhi)

$$\phi P_{n_{\max}} = 0.85\phi [0.85 \times f_c' \times (A_g - A_s) + (F_y \times A_s)]$$

$$= 0.85 \times 0.65 [0.85 \times 35 \text{ MPa} \times (640000 \text{ mm}^2 - 7854 \text{ mm}^2) + (390 \text{ MPa} \times 7854 \text{ mm}^2)]$$

$$= 12082841.78 \text{ N}$$

Syarat : $\phi P_{n_{\max}} > P_n$

$$12082841.78 \text{ N} > 1041027.143 \text{ N} \quad (\text{Memenuhi})$$

- **Perhitungan Tulangan Geser**

$$V_c = \frac{1}{6} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d \left(1 + \frac{2}{14 + A_g} \right)$$

$$= \frac{1}{6} \times \sqrt{35} \times 800 \times 800 \left(1 + \frac{2}{14 + 640000} \right)$$

$$= 631048.65 \text{ N}$$

$$0.5 V_c = 0.5 \times 631048.65 \text{ N}$$

$$= 315524.33 \text{ N} \quad > V_u = 127255 \text{ N}$$

$$S_{\text{maks}} = \frac{A_v \times 3 \times f_y}{b}$$

$$= \frac{265.5 \text{ mm}^2 \times 3 \times 390 \text{ MPa}}{800 \text{ mm}}$$

$$= 388.2 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan sengkang : **2 D 13 – 200**

$$A_{S_{\text{pakai}}} = 1327.857 \text{ mm}^2$$

- **Perhitungan Panjang Penyaluran Tulangan Kolom Virtual**

Penjang penyaluran tulangan kolom virtual dihitung sesuai dengan **SNI 2847 2013 pasal 12.2.5** yaitu diambil yang terbesar dari :

a. Panjang minimum = 200 mm

b. $l_{dc} = \frac{0.24 \times f_y \times d_b}{\lambda \times \sqrt{f_c}}$

$$= \frac{0.24 \times 390 \text{ MPa} \times 25 \text{ mm}}{1 \times \sqrt{35} \text{ MPa}}$$

$$= 395.5 \text{ mm}$$

c. $l_{dc} = 0.043 \times f_y \times d_b$

$$= 0.043 \times 390 \text{ MPa} \times 25 \text{ mm}$$

$$= 419.3 \text{ mm}$$

Maka dipakai panjang penyaluran 419,33 ~ 420 mm

6.5 Perhitungan Pilecap

Berikut adalah detail perhitungan pile cap dermaga :

Data perencanaan:

- Dimensi pile cap : 2000 x 2000 mm
- Tebal pile cap : 1500 mm
- Tebal decking : 100 mm
- Diameter tul. rencana : D 25 mm

- Mutu tulangan : BJ TS grade 30

Tegangan leleh (f_y) : 390 MPa

Tegangan putus (f_u) : 560 Mpa

- Mutu beton (f_c') : 35 Mpa

Momen (M_u) yang digunakan dalam perhitungan penulangan plat sesudah komposit berasal dari analisa menggunakan program **SAP2000**.

- $M_{u_x} = 8431360 \text{ Nmm}$

• **Perhitungan Penulangan Arah Lx**

$$\begin{aligned} d &= h - \text{decking} - \frac{D}{2} \\ &= 1500 - 100 - \frac{25}{2} \\ &= 1388 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} \\ &= \frac{390 \text{ MPa}}{0,85 \cdot (35 \text{ MPa})} \\ &= 13,11 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \beta_1 &= 0,85 - \{0,05 \times (F_c' - 28) \times 7\} \\ &= 0,85 - \{0,05 \times (35 - 28) \times 7\} \\ &= 0,80 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{F_y} \times \left(\frac{600}{600 \times F_y} \right) \\ &= \frac{0,85 \times 0,8 \times 35}{390} \times \left(\frac{600}{600 \times 390} \right) \\ &= 0,037 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{max} &= 0,75 \times \rho_b \\ &= 0,75 \times 0,037 \\ &= 0,028 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{min} &= \frac{1,4}{f_y} \\ &= \frac{1,4}{390} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0.0036 \\
 Rn &= \frac{Mu}{\phi b d^2} \\
 &= \frac{8431360}{0.8 \times 1000 \times 1388^2} \\
 &= 0.005 \\
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times Rn}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{13.1} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13.1 \times 0.005}{390}} \right) \\
 &= 0.00001
 \end{aligned}$$

$\rho \text{ min}$:	$\rho \text{ perlu}$:	$\rho \text{ max}$
0.0036	>	0.00001	<	0.0136

Maka, ρ pakai = 0.0036

$$\begin{aligned}
 A_{S_{\text{perlu}}} &= \rho b d \\
 &= 0,0036 \times 1000 \times 1388 \\
 &= 4981 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Maka dipakai tulangan : **D25 – 90**

$$A_{S_{\text{pakai}}} = 5454 \text{ mm}^2 > A_{S_{\text{perlu}}} \text{ (OK)}$$

- Perhitungan Penulangan Arah Ly**

$$\begin{aligned}
 A_{S_{\text{perlu}}} &= 0,5 \times A_{S_{\text{perlu tul. Tarik}}} \\
 &= 0,5 \times 4981 \text{ mm}^2 \\
 &= 2490 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Direncanakan digunakan tulangan **D 22**

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{0,25 \times \pi \times D^2 \times b}{A_{s \text{ perlu}}} \\
 &= \frac{0,25 \times \pi \times (22 \text{ mm})^2 \times 1000 \text{ mm}}{2490 \text{ mm}^2} \\
 &= 153 \approx 150 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka dipakai tulangan : **D22 – 150 mm**

$$A_{S_{pakai}} = 2534 \text{ mm}^2 > A_{S_{perlu}} \text{ (OK)}$$

6.5.1 Rekap Penulangan Pilecap Dermaga dan Trestle

Berdasarkan hasil perhitungan, berikut saya sajikan hasil perhitungan penulangan pile cap dermaga dan trestle.

Tabel 6. 4 Rekap penulangan pilecap dan trestle

Pilecap	Dimensi (mm)			Penulangan Lx	Penulangan Ly
	Panjang	Lebar	Tinggi		
P1 Dermaga	2000	2000	1500	D 25 - 90	D 22 - 150
P2 Trestle	1500	1500	1000	D 25 - 120	D 22 - 200

6.5.2 Perhitungan Geser Pons Pilecap

Pile Cap harus di desain untuk memenuhi persyaratan bahwa kekuatan gaya geser nominal harus lebih besar dari gaya pons yang terjadi. Berikut adalah perhitungan kontrol geser pons pada pile cap.

Diketahui data-data perhitungan sebagai berikut :

- Diameter tiang pancang : 1016 mm
- Tebal tiang : 16 mm
- P tiang : 223.8 ton (Pu **SAP2000**)

Kontrol :

$$(1 + DLA) \times P \times 2 < 2 \times (a + b + 2h) \times h \times \frac{1}{6} \times \sqrt{f'c' \times \phi}$$

$$(1 + 0.4) \times 2238000 \text{ N} \times 2 < 2 \times (1016 + 1016 + 2(1500)) \times 1500 \times \frac{1}{6} \times \sqrt{35 \text{ MPa} \times 0.8}$$

$$6266624 \text{ N} < 13313420.6 \text{ N} \dots \dots \text{ (O.K)}$$

Pile cap mampu manahan gaya geser pons.

6.6 Perhitungan Shear Ring

6.6.1 Shear Ring Dermaga Ø 1016 mm

Data Perencanaan :

- Dimensi Pilecap
 - Lebar (b) : 2000 mm
 - Tebal (h) : 1500 mm
- Selimut : 100 mm
- D tiang : 1016 mm
- Tebal tiang : 16 mm
- D dalam tiang : 984 mm
- ϕ : 0.7
- D tulangan lentur : 25 mm
- D tulangan sengkang : 13 mm
- σ_e : 460 MPa
- Tebal Las : 5 mm
- P_{kerja} : 326890 N

- **Kontrol Kekuatan Beton Dalam Tiang**

$$P_{beton \text{ dalam tiang}} \geq P_{kerja}$$

$$A_{beton} \times 0.85 \times \phi \times f_c' \geq P_{kerja}$$

$$0.25 \times \pi \times (984 \text{ mm})^2 \times 0.85 \times 0.7 \times 35 \text{ MPa} \geq P_{kerja}$$

$$15836714.53 \text{ N} \geq 326890 \text{ N} \quad (\text{O.K})$$

- **Kontrol Retak Poer**

$$V_c \geq \frac{1}{6} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

$$V_c = \frac{1}{6} \times \sqrt{35 \text{ MPa}} \times 2000 \text{ mm} \times 1388 \text{ mm}$$

$$V_c = 2736186.9 \text{ N}$$

Syarat :

$$P_{kerja} \leq 2 \times \phi \times V_c$$

$$326890 \text{ N} \leq 2 \times 0.7 \times 2736186.9 \text{ N}$$

$$326890 \text{ N} \leq 3830661.66 \text{ N}$$

(O.K)

- **Kontrol Kekuatan Las**

Direncanakan menggunakan las E 60 XX, dengan tegangan izin 460 MPa . ketebalan las rencana adalah 5 mm. Maka kekuatan las dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Kekuatan las} &= K_{\text{las}} \times t_{\text{las}} \times \sigma_e \\ &= (\pi \times 984 \text{ mm}) \times 5 \text{ mm} \times 460 \text{ MPa} \\ &= 7110052.494 \text{ N} \end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned} \text{Kekuatan Las} &> P_{\text{kerja}} \\ 7110052.494 \text{ N} &> 326890 \text{ N} \quad (\text{O.K}) \end{aligned}$$

- **Tulangan dari Tiang ke Struktur Atas**

Berikut adalah perhitungan tulangan dari tiang ke struktur atas :

$$\begin{aligned} A_{\text{Sperlu}} &= \frac{P}{\phi \times f_y} \\ &= \frac{326890 \text{ N}}{0.7 \times 390 \text{ MPa}} \\ &= 1197 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan : **8 D 25** (Trial Error)

$$A_{\text{Spakai}} = 3927 \text{ mm}^2$$

- **Jarak Shear Ring**

$$\begin{aligned} n \times \phi \times s \times \text{Kel. tiang} \times \frac{1}{6} \times \sqrt{f'c'} &\geq Tu \\ = 3 \times 0,9 \times 200 \text{ mm} \times 3192 \text{ mm} \times \frac{1}{6} \times \sqrt{35 \text{ MPa}} &\geq Tu \\ = 1189647,106 \text{ N} &\geq 326890 \text{ N} \quad (\text{Memenuhi}) \end{aligned}$$

Jarak maksimum shear ring adalah 200 mm, maka dipasang tulangan shear ring **D 13 – 200 mm**

- **Panjang Penyaluran**

Nilai yang diperhitungkan untuk panjang penyaluran tekan yaitu dihitung sesuai dengan persamaan berikut :

$$\begin{aligned}
 s &= db \frac{f_y}{\sqrt{f_c'} \times 4} \\
 &= 25 \text{ mm} \frac{390 \text{ MPa}}{\sqrt{35 \text{ MPa}} \times 4} \\
 &= 412 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Dan tidak boleh kurang dari :

$$\begin{aligned}
 0.04 \times db \times f_y &= 0.04 \times 25 \text{ mm} \times 390 \text{ MPa} \\
 &= 390 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka, dipakai jarak (s) = 412 mm, pada pelaksanaannya dipakai jarak (s) = **800 mm**.

Panjang penyaluran dasar tulangan dalam kondisi tarik dihitung menurut **SNI 2847 2013 pasal 14.2**.

$$\begin{aligned}
 l_{dh} &= \frac{3 \times f_y \times \alpha \times \beta \times \lambda \times db}{5 \times \sqrt{f_c'}} \\
 &= \frac{3 \times 390 \text{ MPa} \times 1 \times 1 \times 1 \times 25 \text{ mm}}{5 \times \sqrt{35 \text{ MPa}}} \\
 &= 989 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Pada pelaksanaannya dipasang = **1500 mm**.

- **Base Plate**

Base plate digunakan sebagai penahan beton segar saat pengisian beton isian. Base plate direncanakan dengan menggunakan plat baja dengan tebal 10 mm. Sedangkan untuk menahan base plate pada tiang pancang. Berat yang harus dipikul oleh base plate :

$$\begin{aligned}
 P &= A_{\text{dalam tiang}} (t_p \times B_{J_{\text{baja}}} + B_{J_{\text{beton}}} \times L) \\
 &= 0.25 \times \pi \times (0.984 \text{ m})^2 \times (0.01 \times 7850 + 2400 \times 1) \\
 &= 1885 \text{ kg} \\
 &= 1.885 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

Perhitungan pengait base plate :

$$\begin{aligned}
 A &= \frac{P}{\sigma} \\
 &= \frac{1885 \text{ kg}}{1600 \text{ kg/cm}^2} \\
 &= 1.178 \text{ cm}^2 \\
 &= 117.8 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Maka, dipakai pengait base plate **8 Ø 10** ($A_s = 78.54 \text{ mm}^2$)

6.6.2 Shear Ring Trestle Ø 711.2 mm

Data Perencanaan :

- Dimensi Pilecap
 - Lebar (b) : 1500 mm
 - Tebal (h) : 1000 mm
- Selimut : 100 mm
- D tiang : 711.2 mm
- Tebal tiang : 14 mm
- D dalam tiang : 683 mm
- ϕ : 0.7
- D tulangan lentur : 25 mm
- D tulangan sengkang : 13 mm
- σ_e : 460 MPa
- Tebal Las : 5 mm
- P_{kerja} : 254880 N

• Kontrol Kekuatan Beton Dalam Tiang

$$\begin{aligned}
 P_{\text{beton dalam tiang}} &\geq P_{\text{kerja}} \\
 A_{\text{beton}} \times 0.85 \times \phi \times f_c' &\geq P_{\text{kerja}} \\
 0.25 \times \pi \times (683 \text{ mm})^2 \times 0.85 \times 0.7 \times 35 \text{ MPa} &\geq P_{\text{kerja}} \\
 7634324.341 \text{ N} &\geq 254880 \text{ N} \quad (\text{O.K.})
 \end{aligned}$$

• Kontrol Retak Poer

$$V_c \geq \frac{1}{6} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

$$V_c = \frac{1}{6} \times \sqrt{35 \text{ MPa}} \times 1500 \text{ mm} \times 887.5 \text{ mm}$$

$$V_c = 1312630.202 \text{ N}$$

Syarat :

$$P_{\text{kerja}} \leq 2 \times \phi \times V_c$$

$$254880 \text{ N} \leq 2 \times 0.7 \times 1312630.202 \text{ N}$$

$$254880 \text{ N} \leq 1837682.283 \text{ N} \quad (\text{O.K.})$$

- **Kontrol Kekuatan Las**

Direncanakan menggunakan las E 60 XX, dengan tegangan izin 460 MPa . ketebalan las rencana adalah 5 mm. Maka kekuatan las dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Kekuatan las} &= K_{\text{las}} \times t_{\text{las}} \times \sigma_e \\ &= (\pi \times 683 \text{ mm}) \times 5 \text{ mm} \times 460 \text{ MPa} \\ &= 4936573.032 \text{ N} \end{aligned}$$

Syarat :

$$\text{Kekuatan Las} > P_{\text{kerja}}$$

$$4936573.032 \text{ N} > 254880 \text{ N} \quad (\text{O.K.})$$

- **Tulangan dari Tiang ke Struktur Atas**

Berikut adalah perhitungan tulangan dari tiang ke struktur atas :

$$\begin{aligned} A_{\text{Sperlu}} &= \frac{P}{\phi \times f_y} \\ &= \frac{254880 \text{ N}}{0.7 \times 390 \text{ MPa}} \\ &= 933.6 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan : **8 D 25** (Trial Error)

$$A_{\text{Spakai}} = 3927 \text{ mm}^2$$

- **Jarak Shear Ring**

$$\begin{aligned} n \times \phi \times s \times \text{Kel. tiang} \times \frac{1}{6} \times \sqrt{f'c'} &\geq T_u \\ = 3 \times 0,9 \times 200 \text{ mm} \times 2234 \text{ mm} \times \frac{1}{6} \times \sqrt{35 \text{ MPa}} &\geq T_u \end{aligned}$$

$$= 864115,79 \text{ N} \quad \geq 254880 \text{ N} \quad \text{(Memenuhi)}$$

Jarak maksimum shear ring adalah 200 mm, maka dipasang tulangan shear ring **D 13 – 200 mm**

- **Panjang Penyaluran**

Nilai yang diperhitungkan untuk panjang penyaluran tekan yaitu dihitung sesuai dengan persamaan berikut :

$$\begin{aligned} s &= db \frac{f_y}{\sqrt{f_c'} \times 4} \\ &= 25 \text{ mm} \frac{390 \text{ MPa}}{\sqrt{35 \text{ MPa}} \times 4} \\ &= 412 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dan tidak boleh kurang dari :

$$\begin{aligned} 0.04 \times db \times f_y &= 0.04 \times 25 \text{ mm} \times 390 \text{ MPa} \\ &= 390 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka, dipakai jarak (s) = 412 mm, pada pelaksanaanya dipakai jarak (s) = **600 mm**.

Panjang penyaluran dasar tulangan dalam kondisi tarik dihitung menurut **SNI 2847 2013 pasal 14.2**.

$$\begin{aligned} l_{dh} &= \frac{3 \times f_y \times \alpha \times \beta \times \lambda \times db}{5 \times \sqrt{f_c'}} \\ &= \frac{3 \times 390 \text{ MPa} \times 1 \times 1 \times 1 \times 25 \text{ mm}}{5 \times \sqrt{35 \text{ MPa}}} \\ &= 989 \text{ mm} \end{aligned}$$

Pada pelaksanaanya dipasang = **1500 mm**.

- **Base Plate**

Base plate digunakan sebagai penahan beton segar saat pengisian beton isian. Base plate direncanakan dengan menggunakan plat baja dengan tebal 10 mm. Sedangkan untuk menahan base plate pada tiang pancang. Berat yang harus dipikul oleh base plate :

$$\begin{aligned} P &= A_{\text{dalam tiang}} (t_p \times B_{\text{baja}} + B_{\text{beton}} \times L) \\ &= 0.25 \times \pi \times (0.683 \text{ m})^2 \times (0.01 \times 7850 + 2400 \times 1) \\ &= 908.6 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$= 0.9086 \text{ Ton}$$

Perhitungan pengait base plate :

$$\begin{aligned} A &= \frac{P}{\sigma} \\ &= \frac{908.6 \text{ kg}}{1600 \text{ kg/cm}^2} \\ &= 0.568 \text{ cm}^2 \\ &= 56.8 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka, dipakai pengait base plate **8 Ø 10** ($A_s = 78.54 \text{ mm}^2$)

6.7 Perhitungan Struktur Abutment

Dalam perencanaan abutment menggunakan acuan dari peraturan **BMS BDM 1992** dan **BMS BDC 1992**. Abutment terdiri dari beberapa elemen, yaitu pondasi, pile cap (poer), dinding abutment, longitudinal stopper, plat injak dan wing wall. Penulangan abutment direncanakan dari analisis element – elemen abutment jembatan. Analisis pembebanan atas baik beban hidup maupun mati, beban sendiri abutment, beban rem, beban angin, beban tekanan tanah aktif, tekanan tanah dinamis akibat beban gempa serta beban gempa. Berikut ini adalah analisis pembebanan serta elemen – elemen penyusun dan pelengkap abutment :

Data Perencanaan :

- Tinggi abutment = 4.9 m
- Lebar abutment = 9 m
- Tebal Stopper = 0.25 m
- Tebal Wingwall = 0.40 m
- Tebal Pierhead = 1.25 m
- Dimensi Pilecap :
 - Panjang = 9 m
 - Lebar = 3 m
 - Tebal = 1.5 m
- Selimut = 100 mm

- Mutu tulangan :
 - Fy = 390 MPa
 - Fu = 560 MPa
- Mutu beton (fc') = 35 MPa
- γ_{tanah} = 1.59 t/m³
- ϕ sudut geser tanah = 14.9 °

6.7.1 Analisis Pembebanan Pada Abutment

- Beban Mati Bangunan Atas

Gaya reaksi akibat beban mati ½ bangunan atas

No	Uraian	V abutment
		(Ton)
1	Pelat Lantai	733.32
2	Air hujan	43.65
3	Aspal	192.06
4	Balok memanjang	23.328
5	Balok melintang	66.096
	TOTAL	1058.454

- Beban Mati Sendiri

Dalam perhitungan berat sendiri abutment dibagi atas beberapa segmen. Hal ini untuk memudahkan dalam analisis. Analisis berat abutment didapat dari volume per segmen dikalikan dengan berat jenis kemudian dilanjutkan dengan menghitung statis momen titik tangkap gaya/titik berat abutment terhadap center poer.

Perhitungan berat sendiri abutment

Segmen	lebar	tinggi	lebar abut	Volume	Berat Jenis	Berat	Jarak X	Momen X
	(m)	(m)						
1	0.4	0.75	9	2.7	2.4	6.48	0.425	2.754
2	0.4	0.25	9	0.9	2.4	2.16	0.825	1.782
3	0.4	0.25	9	0.9	2.4	2.16	0.825	1.782
4	1.25	2.5	9	28.125	2.4	67.5	0	0
5	3	1.5	9	40.5	2.4	97.2	0	0
				TOTAL		175.5		6.318

Dari hasil ini didapat statis momen :

$$\begin{aligned} x &= \frac{\Sigma \text{Momen}}{\Sigma \text{Berat}} \\ &= \frac{6.318}{175.5} \\ &= 0.036 \text{ m} \end{aligned}$$

- Beban Timbunan Tanah dibelakang Abutment

Tekanan tanah aktif :

- Tinggi timbunan (h) = 3.75 m
- q tanah = 0.6 t/m²

Koefisien tanah aktif :

$$\begin{aligned} K_a &= \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right) \\ &= \tan^2 \left(45 - \frac{14.9}{2} \right) \\ &= 0.59 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Pa_1 &= q \times k_a \times h \times b \\ &= 0.6 \times 0.59 \times 3.75 \times 9 \\ &= 12 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Pa_2 &= \frac{1}{2} \times \gamma t \times k_a \times h^2 \times b \\ &= \frac{1}{2} \times 1.59 \times 0.59 \times 3.75^2 \times 9 \\ &= 59.5 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Pa \text{ total} &= Pa_1 + Pa_2 \\ &= 12 \text{ ton} + 59.5 \text{ ton} \\ &= 71.4 \text{ ton} \end{aligned}$$

Titik berat terhadap O :

$$\begin{aligned} Z &= \frac{\Sigma M \times Pa}{\Sigma Pa} = \frac{Pa_1 \times 0.5h + Pa_2 \times 0.5h}{Pa \text{ total}} \\ &= \frac{12 \times (0.5 \times 3.75) + 59.5 \times (0.5 \times 3.75)}{71.4} \\ &= 1.25 \text{ m} \end{aligned}$$

- **Beban Tekanan Tanah Akibat Gempa**

Selain tekanan tanah aktif, beban tekanan tanah juga diperhitungkan bila terjadi gempa (tekanan tanah dinamis akibat gempa). Diasumsikan tembok penahan tanah adalah tembok yang fleksibel sesuai ketentuan yang terdapat pada **SNI Gempa 2833 – 2013 Pasal 9.6**

- Koef geser (C) = 0.34 (hasil perhitungan)
- faktor tipe bangunan (S) = 1
- faktor kepentingan (I) = 1
- W1 = 529.227 ton
- W2 = 175.5 ton
- Kh = C x S
= 0.34 x 1
= 0.34
- Teq = Kh x I x W

Beban gempa bangunan atas :

$$\begin{aligned} \text{Teq 1} &= 0.34 \times 1 \times 1 \times 529.227 \\ &= 179.937 \text{ ton} \end{aligned}$$

Beban gempa sendiri abutment :

$$\begin{aligned} \text{Teq 2} &= 0.34 \times 1 \times 1 \times 175.5 \\ &= 59.67 \text{ ton} \end{aligned}$$

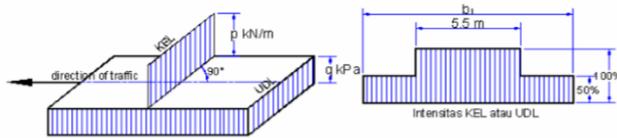
Beban gempa akibat tekanan tanah dinamis

$$\begin{aligned} \text{Teq} &= 0.34 \times 1 \times 1 \times 71.4 \\ &= 24.28 \text{ ton} \end{aligned}$$

- **Beban Hidup Lalu Lintas**

Beban lalu lintas (lajur “D”) untuk rencana bangunan bawah jembatan jalan raya terdiri dari BTR dan BGT dimana akan ditempatkan melintang pada lebar penuh dari jalan kendaraan jembatan dan menghasilkan pengaruh pada jembatan ekuivalen dengan rangkaian kendaraan sebenarnya. Jumlah total pembebanan lajur “D” yang

ditempatkan tergantung pada lebar jalan kendaraan jembatan. Asumsi pembebanan BTR dan BGT seperti yang ditunjukkan dalam gambar bawah ini :



Gambar 6. 12 Beban hidup lalu lintas

- Panjang bentang (L) = 97 m
- Lebar jembatan (b) = 9 m
- Beban BGT (P_{BGT}) = 49 kN/m
- DLA (> 50 m) = 0.3
- FBD (1+DLA) = 1.03
- Beban BTR (q_{BTR}) = 9 kPa (0.5+15/L)
= 5.89 kPa

Sehingga, Total beban BTR dan BGT :

$$\begin{aligned} W_{TD} &= q \times L \times \frac{(5.5+b)}{2} + p \times DLA \times \frac{(5.5+b)}{2} \\ &= 5.89 \times 97 \times \frac{(5.5+9)}{2} + 49 \times 0.3 \times \frac{(5.5+9)}{2} \\ &= 4183.8 \text{ kN} \end{aligned}$$

Beban pada abutment akibat beban lajur :

$$\begin{aligned} P_{TD} &= 0.5 \times W_{TD} \\ &= 0.5 \times 4183.8 \text{ kN} \\ &= 2091.9 \text{ kN} \\ &= 209.19 \text{ ton} \end{aligned}$$

- **Beban Angin**

Gaya angin pada bangunan atas tergantung luas ekuivalen diambil sebagai luas padat jembatan dalam elevasi proyeksi tegak lurus. Gaya nominal akibat angin bergantung pada kecepatan angin rencana. Beban angin

yang diperhitungkan berdasarkan **RSNI T – 02 – 2005** adalah sebagai berikut :

- Kec. Angin rencana (V_w) = 30 m/s
- Panjang jembatan (L) = 97 m
- Lebar jembatan (b) = 9 m
- Tinggi samping jembatan (h_a) = 0.9 m
- Luas bagian samping (A_b) = $h_a \times L$
= $0.9 \text{ m} \times 97 \text{ m}$
= 87.3 m^2
- Koef. Seret (C_w) = 1.2

$$T_{ew} = 0.0006 \times C_w \times V_w^2 \times A_b$$

$$= 0.0006 \times 1.2 \times 30^2 \times 87.3$$

$$= 56.6 \text{ kN}$$

$$= 5.66 \text{ ton}$$

- **Beban Rem**

Pengaruh rem dan percepatan lalu lintas harus dipertimbangkan sebagai gaya memanjang. Gaya ini tidak tergantung pada lebar jembatan. Beban rem yang diperhitungkan berdasarkan **RSNI T – 02 – 2005 Pasal 7.6** untuk jembatan dengan panjang bentang 97 adalah $293 \text{ kN} = 29.3 \text{ ton}$

Panjang Bentang (m)	Gaya rem (kN)
$L \leq 80$	250
$80 < L < 180$	$2.5 L + 50$
$L \geq 180$	500

- **Beban Akibat Gesekan Pada Perletakan**

Menurut **PPPJJR 1987** gaya gesekan pada peletakan adalah 5 % dikalikan total beban mati struktur atas (DL) yang membebani abutment. Beban tersebut yaitu :

$$\begin{aligned}
 F &= 5\% \times DL \\
 &= 5\% \times (MA + MS) \\
 &= 5\% \times (235.71 \text{ ton} + 175.5 \text{ ton}) \\
 &= 20.5605 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

6.7.2 Kombinasi Pembebanan

Dalam perencanaan kombinasi pembebanan digunakan kombinasi pembebanan yang berdasarkan pada **RSNI –T – 02 – 2005 pasal 10. 3** dapat dilihat dalam tabel dibawah ini.

Kombinasi Beban	Tegangan yang dinyatakan dalam persen terhadap tegangan ijin keadaan elastis
1. MS + MA + TA + TD	100%
2. MS + MA + TA + TD +TB + EW	125%
3. MS + MA + TA + TD +TB + FB	125%
4. MS + MA + TA + TD +TB +FB + ET	140%
5. MS + MA + EQ	150%

Keterangan :

- MS = beban berat sendiri
- MA = beban tambahan

- TA = tekanan tanah
- TD = beban lajur D
- TB = gaya rem
- EW = beban angin
- EQ = beban gempa
- FB = gaya gesekan pada perletakan

• **Kombinasi 1 MS + MA + TA + TD**

Beban	Bagian	Gaya		Jarak thdp O		Momen	
		V	H	X	Y	Mv	Mh
MS	abutment	175.500		0.036		6.318	
MS	bangunan atas	529.227		3.500		1852.295	
MS	tanah timbunan di belakan abutment	42.393		1.068		45.267	
MA	beban mati tambahan	235.710		3.500		824.985	
TA	tekanan tanah aktif		71.423		1.251		89.326
TD	beban lajur D	209.190		3.500		732.165	
TB	gaya rem						
ET	suhu						
EW	beban angin						
EQ	beban gempa bangunan ats						
EQ	beban gempa abutment						
EQ	beban gempa tekana tanah aktif						
FB	gesekan pada perletakan						
Σ	TOTAL	1192.020	71.423			3461.030	89.326
100%		1192.020	71.423			3461.030	89.326

• **Kombinasi 2 MS + MA + TA + TD +TB + EW**

Beban	Bagian	Gaya		Jarak thdp O		Momen	
		V	H	X	Y	Mv	Mh
MS	abutment	175.500		0.036		6.318	
MS	bangunan atas	529.227		3.500		1852.295	
MS	tanah timbunan di belakan abutment	42.393		1.068		45.267	
MA	beban mati tambahan	235.710		3.500		824.985	
TA	tekanan tanah aktif		71.423		1.251		89.326
TD	beban lajur D	209.190		3.500		732.165	
TB	gaya rem		29.300		4.900		143.570
ET	suhu						
EW	beban angin		5.657		4.900		27.719
EQ	beban gempa bangunan ats						
EQ	beban gempa abutment						
EQ	beban gempa tekana tanah aktif						
FB	gesekan pada perletakan						
Σ	TOTAL	1192.020	106.380			3461.030	260.615
125%		1490.025	132.975			4326.287	325.769

• **Kombinasi 3 MS + MA + TA + TD +TB + FB**

Beban	Bagian	Gaya		Jarak thdp O		Momen	
		V	H	X	Y	Mv	Mh
MS	abutment	175.500		0.036		6.318	
MS	bangunan atas	529.227		3.500		1852.295	
MS	tanah timbunan di belakan abutment	42.393		1.068		45.267	
MA	beban mati tambahan	235.710		3.500		824.985	
TA	tekanan tanah aktif		71.423		1.251		89.326
TD	beban lajur D	209.190		3.500		732.165	
TB	gaya rem		29.300		4.900		143.570
ET	suhu						
EW	beban angin						
EQ	beban gempa bangunan ats						
EQ	beban gempa abutment						
EQ	beban gempa tekana tanah aktif						
FB	gesekan pada perletakan		20.561		4.900		100.746
Σ	TOTAL	1192.020	141.984			3461.030	435.072
125%		1490.025	177.479			4326.287	543.840

• **Kombinasi 4 MS + MA + TA + TD +TB +FB + ET**

Beban	Bagian	Gaya		Jarak thdp O		Momen	
		V	H	X	Y	Mv	Mh
MS	abutment	175.500		0.036		6.318	
MS	bangunan atas	529.227		3.500		1852.295	
MS	tanah timbunan di belakan abutment	42.393		1.068		45.267	
MA	beban mati tambahan	235.710		3.500		824.985	
TA	tekanan tanah aktif		71.423		1.251		89.326
TD	beban lajur D	209.190		3.500		732.165	
TB	gaya rem		29.300		4.900		143.570
ET	suhu						
EW	beban angin						
EQ	beban gempa bangunan ats						
EQ	beban gempa abutment						
EQ	beban gempa tekana tanah aktif						
FB	gesekan pada perletakan		20.561		4.900		100.746
Σ	TOTAL	1192.020	141.984			3461.030	435.072
140%		1668.829	198.777			4845.441	609.101

- Kombinasi 5 MS + MA + EQ

Beban	Bagian	Gaya		Jarak thdp O		Momen	
		V	H	X	Y	Mv	Mh
MS	abutment	175.500		0.036		6.318	
MS	bangunan atas	529.227		3.500		1852.295	
MS	tanah timbunan di belakan abutment	42.393		1.068		45.267	
MA	beban mati tambahan	235.710		3.500		824.985	
TA	tekanan tanah aktif						
TD	beban lajur D						
TB	gaya rem						
ET	suhu						
EW	beban angin						
EQ	beban gempa bangunan ats		179.937		3.500		629.780
EQ	beban gempa abutment		59.670		1.200		71.604
EQ	beban gempa tekana tanah aktif		24.284		1.500		36.426
FB	gesekan pada perletakan						0.000
Σ	TOTAL	982.830	263.891			2728.865	737.810
150%		1474.246	395.837			4093.297	1106.715

6.7.3 Stabilitas Abutment

- Dari semua kombinasi beban diatas didapatkan momen yang terbesar adalah akibat kombinasi 5 (akibat gempa) :

$$M_v = 4845.441 \text{ t.m}$$

$$M_H = 1106.715 \text{ t.m}$$

- Kontrol stabilitas abutment terhadap guling

Syarat terhadap guling :

$$\frac{\Sigma M_v}{\Sigma M_H} : \text{tegangan ijin} > 2.2 = \text{SF (SNI -T-02-2005)}$$

Maka,

$$\begin{aligned} \text{SF} &= \frac{\Sigma M_v}{\Sigma M_H} \\ &= \frac{4845.441 \text{ t.m}}{1106.715 \text{ t.m}} \\ &= 4.38 > 2.2 \end{aligned}$$

(O.K) Aman terhadap guling

- Kontrol stabilitas abutment terhadap Geser

Syarat terhadap geser

$$\frac{C x Bx x By x + V x \tan \phi x (1+k)}{\Sigma H} > 1.1 = \text{SF (SNI -T-02-2005)}$$

Maka,

$$\begin{aligned}
 SF &= \frac{C x Bx x By x + V x \tan \varphi x (1+k)}{\Sigma H} \\
 &= \frac{0.22 x 3.6 x 9.4 x + ((1668.829 x 0.27) x (1+1.4))}{395.837} \\
 &= 2.71 > 1.1 \quad (\text{O.K}) \text{ Aman terhadap geser}
 \end{aligned}$$

6.7.4 Penulangan Abutment

- **Penulangan Backwall**

Data perencanaan :

- Selimut = 100 mm
- d = H – selimut
= 1000 mm – 100 mm
= 900 mm
- f_c' = 35 MPa
- F_y = 390 MPa
- F_u = 520 MPa
- M_u = 11.326 T.m
= 113263200 N.mm
- M_n = $\frac{M_u}{0.9}$
= $\frac{113263200 \text{ N.mm}}{0.9}$
= 133250822.9 N.mm

Tulangan Utama

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{f_y}{0.85 \cdot f_c'} \\
 &= \frac{390 \text{ MPa}}{0.85 \cdot (35 \text{ MPa})} \\
 &= 13.11 \\
 \beta_1 &= 0.85 - \{0.05 \times (F_c' - 28) \times 7\} \\
 &= 0.85 - \{0.05 \times (35 - 28) \times 7\}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0.80 \\
 \rho_b &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{F_y} \times \left(\frac{600}{600 \times F_y} \right) \\
 &= \frac{0,85 \times 0,8 \times 35}{390} \times \left(\frac{600}{600 \times 390} \right) \\
 &= 0.037
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{max} &= 0.75 \times \rho_b \\
 &= 0.75 \times 0.037 \\
 &= 0.028
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{min} &= 25\% \frac{1,4}{f_y} \\
 &= 25\% \frac{1,4}{390} \\
 &= 0.0009
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_n}{\phi b d^2} \\
 &= \frac{133250822.9}{0.8 \times 1000 \times 900^2} \\
 &= 0.164
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{perlu} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{13.1} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13.1 \times 0.164}{390}} \right) \\
 &= 0.0004
 \end{aligned}$$

ρ_{min}	:	ρ_{perlu}	:	ρ_{max}
0.0009	>	0.0004	<	0.0136

Maka, ρ pakai = 0.0004

$$\begin{aligned}
 A_{Sperlu} &= \rho b d \\
 &= 0,0009 \times 1000 \times 900 \\
 &= 807.692 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Direncanakan digunakan tulangan **D – 16**

$$S = \frac{0.25 \times \pi \times D^2 \times b}{A_s \text{ perlu}}$$

$$= \frac{0.25 \times \pi \times 16^2 \times 1000}{807.692}$$

$$= 248.93 \text{ mm}$$

Maka, dipakai jarak tulangan : **150 mm**

$$A_{S_{\text{pasang}}} = \frac{0.25 \times \pi \times D^2 \times b}{s}$$

$$= \frac{0.25 \times \pi \times 16^2 \times 1000}{150}$$

$$= 1340 \text{ mm}^2$$

Maka dipakai tulangan : **D16 – 150**

Tulangan Bagi

Direncanakan digunakan tulangan **D – 13**

$$A_{S_{\text{perlu}}} = 50\% \times A_{S_{\text{perlu tul. utama}}}$$

$$= 50\% \times 807.692 \text{ mm}^2$$

$$= 403.85 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{0.25 \times \pi \times D^2 \times b}{A_{s \text{ perlu}}}$$

$$= \frac{0.25 \times \pi \times 13^2 \times 1000}{403.85}$$

$$= 328.67 \text{ mm}$$

Maka, dipakai jarak tulangan : **150 mm**

$$A_{S_{\text{pasang}}} = \frac{0.25 \times \pi \times D^2 \times b}{s}$$

$$= \frac{0.25 \times \pi \times 13^2 \times 1000}{150}$$

$$= 884.88 \text{ mm}^2$$

Maka dipakai tulangan : **D13 – 150**

- **Penulangan Badan Abutment (Pierhead)**

Data perencanaan :

- Selimut = 100 mm
- d = H – 2 x selimut
- = 1000 mm – 2 x 100 mm

$$\begin{aligned}
 &= 800 \text{ mm} \\
 - \quad f_c' &= 35 \text{ MPa} \\
 - \quad F_y &= 390 \text{ MPa} \\
 - \quad F_u &= 520 \text{ MPa} \\
 - \quad M_u &= 57.367 \text{ T.m} \\
 &= 573670398.6 \text{ N.mm} \\
 - \quad M_n &= \frac{M_u}{0.9} \\
 &= \frac{573670398.6 \text{ N.mm}}{0.9} \\
 &= 674906351.3 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

Tulangan Utama

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} \\
 &= \frac{390 \text{ MPa}}{0,85 \cdot (35 \text{ MPa})} \\
 &= 13.11 \\
 \beta_1 &= 0.85 - \{0.05 \times (F_c' - 28) \times 7\} \\
 &= 0.85 - \{0.05 \times (35 - 28) \times 7\} \\
 &= 0.80 \\
 \rho_b &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{F_y} \times \left(\frac{600}{600 \times F_y} \right) \\
 &= \frac{0,85 \times 0.8 \times 35}{390} \times \left(\frac{600}{600 \times 390} \right) \\
 &= 0.037 \\
 \rho_{max} &= 0.75 \times \rho_b \\
 &= 0.75 \times 0.037 \\
 &= 0.028 \\
 \rho_{min} &= \frac{1,4}{f_y} \\
 &= \frac{1,4}{390} \\
 &= 0.0036
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Rn &= \frac{Mn}{\phi b d^2} \\
 &= \frac{674906351.3 \text{ N. mm}}{0.8 \times 1000 \times 800^2} \\
 &= 1.054
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times Rn}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{13.1} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13.1 \times 1.054}{390}} \right) \\
 &= 0.0028
 \end{aligned}$$

ρ min	:	ρ perlu	:	ρ max
0.0036	>	0.0028	<	0.0136

Maka, ρ pakai = 0.0036

$$\begin{aligned}
 A_{S_{\text{perlu}}} &= \rho b d \\
 &= 0,0036 \times 1000 \times 800 \\
 &= 2871.795 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Direncanakan digunakan tulangan **D – 25**

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{0.25 \times \pi \times D^2 \times b}{A_{s \text{ perlu}}} \\
 &= \frac{0.25 \times \pi \times 25^2 \times 1000}{2871.795} \\
 &= 170.929 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka, dipakai jarak tulangan : **150 mm**

$$\begin{aligned}
 A_{S_{\text{pasang}}} &= \frac{0.25 \times \pi \times D^2 \times b}{s} \\
 &= \frac{0.25 \times \pi \times 25^2 \times 1000}{150} \\
 &= 3272.49 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Maka dipakai tulangan : **D25 – 150**

Tulangan Bagi

Direncanakan digunakan tulangan **D – 13**

$$\begin{aligned} A_{S\text{perlu}} &= 20\% \times A_{S\text{perlu tul. utama}} \\ &= 20\% \times 2871.795 \text{ mm}^2 \\ &= 574.359 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S &= \frac{0.25 \times \pi \times D^2 \times b}{A_{s\text{ perlu}}} \\ &= \frac{0.25 \times \pi \times 13^2 \times 1000}{574.359} \\ &= 231.096 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka, dipakai jarak tulangan : **200 mm**

$$\begin{aligned} A_{S\text{pasang}} &= \frac{0.25 \times \pi \times D^2 \times b}{s} \\ &= \frac{0.25 \times \pi \times 13^2 \times 1000}{200} \\ &= 663.61 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka dipakai tulangan : **D13 – 200**

- **Penulangan Wingwall**

Data perencanaan :

- Selimut = 100 mm
- d = H – 2 x selimut
= 600 mm – 2 x 100 mm
= 400 mm
- f_c' = 35 MPa
- F_y = 390 MPa
- F_u = 520 MPa
- M_u = 16.272 T.m
= 169272.168 N.mm
- M_n = $\frac{M_u}{0.9}$
= $\frac{169272.168 \text{ N.mm}}{0.9}$
= 199143.727 N.mm

$$- V_u = 12.575 \text{ T}$$

Tulangan Utama

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{0,85 \cdot f_{c'}} \\ &= \frac{390 \text{ MPa}}{0,85 \cdot (35 \text{ MPa})} \\ &= 13.11 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \beta_1 &= 0.85 - \{0.05 \times (F_{c'} - 28) \times 7\} \\ &= 0.85 - \{0.05 \times (35 - 28) \times 7\} \\ &= 0.80 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_{c'}}{F_y} \times \left(\frac{600}{600 \times F_y} \right) \\ &= \frac{0,85 \times 0,8 \times 35}{390} \times \left(\frac{600}{600 \times 390} \right) \\ &= 0.037 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{max} &= 0.75 \times \rho_b \\ &= 0.75 \times 0.037 \\ &= 0.028 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{min} &= \frac{1,4}{f_y} \\ &= \frac{1,4}{390} \\ &= 0.0036 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{\phi \cdot b \cdot d^2} \\ &= \frac{199143.727 \text{ N} \cdot \text{mm}}{0.8 \times 1000 \times 400^2} \\ &= 0.0012 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{perlu} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{13.1} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13.1 \times 0.0012}{390}} \right) \\ &= 0.00003 \end{aligned}$$

ρ min	:	ρ perlu	:	ρ max
0.0036	>	0.00003	<	0.0136

Maka, ρ pakai = **0.0036**

$$\begin{aligned} A_{S\text{perlu}} &= \rho b d \\ &= 0,0036 \times 1000 \times 400 \\ &= 1435.897 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Direncanakan digunakan tulangan **D – 19**

$$\begin{aligned} S &= \frac{0.25 \times \pi \times D^2 \times b}{A_{s\text{ perlu}}} \\ &= \frac{0.25 \times \pi \times 19^2 \times 1000}{1435.897} \\ &= 197.5 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka, dipakai jarak tulangan : **150 mm**

$$\begin{aligned} A_{S\text{pasang}} &= \frac{0.25 \times \pi \times D^2 \times b}{s} \\ &= \frac{0.25 \times \pi \times 19^2 \times 1000}{150} \\ &= 1890 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka dipakai tulangan : **D19 – 150**

Tulangan Bagi

Direncanakan digunakan tulangan **D – 19**

$$\begin{aligned} A_{S\text{perlu}} &= 20\% \times A_{S\text{perlu tul. utama}} \\ &= 20\% \times 1435.897 \text{ mm}^2 \\ &= 287.2 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S &= \frac{0.25 \times \pi \times D^2 \times b}{A_{s\text{ perlu}}} \\ &= \frac{0.25 \times \pi \times 19^2 \times 1000}{287.2} \\ &= 987.3 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka, dipakai jarak tulangan : **150 mm**

$$A_{S\text{pasang}} = \frac{0.25 \times \pi \times D^2 \times b}{s}$$

$$= \frac{0.25 \times \pi \times 19 \times 1000}{150}$$

$$= 1890 \text{ mm}^2$$

Maka dipakai tulangan : **D19 – 150**

Tulangan Geser

$$\text{Gaya geser ultimit (Vu)} = 125756.60 \text{ N}$$

$$V_c = \frac{1}{6} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

$$= \frac{1}{6} \times \sqrt{35 \text{ MPa}} \times 1000 \text{ mm} \times 400 \text{ mm}$$

$$= 394405.319 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 0.6 \times V_c$$

$$= 0.6 \times 394405.319 \text{ N}$$

$$= 236643.191 \text{ N}$$

Maka, : $V_u < V_c < \phi V_c$ (Tidak perlu tulangan geser)

Dipasang tulangan geser praktis **D 13 – 200**

• Penulangan Pilecap Abutment

Data perencanaan :

- Selimut = 100 mm
- d = H – 2 x selimut
= 1500 mm – 2 x 100 mm
= 1300 mm
- f_c' = 35 MPa
- F_y = 390 MPa
- F_u = 520 MPa
- M_u = 346.103 T.m
= 3461029502 N.mm
- M_n = $\frac{M_u}{0.9}$
= $\frac{3461029502 \text{ N.mm}}{0.9}$

$$= 4071799414 \text{ N.mm}$$

Tulangan Utama

$$\begin{aligned} m &= \frac{fy}{0,85 \cdot fct} \\ &= \frac{390 \text{ MPa}}{0,85 \cdot (35 \text{ MPa})} \\ &= 13.11 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \beta_1 &= 0.85 - \{0.05 \times (F_c' - 28) \times 7\} \\ &= 0.85 - \{0.05 \times (35 - 28) \times 7\} \\ &= 0.80 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times fct}{F_y} \times \left(\frac{600}{600 \times F_y} \right) \\ &= \frac{0,85 \times 0,8 \times 35}{390} \times \left(\frac{600}{600 \times 390} \right) \\ &= 0.037 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{max} &= 0.75 \times \rho_b \\ &= 0.75 \times 0.037 \\ &= 0.028 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{min} &= \frac{1,4}{fy} \\ &= \frac{1,4}{390} \\ &= 0.0036 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Rn &= \frac{Mn}{\phi b d^2} \\ &= \frac{4071799414 \text{ N.mm}}{0.8 \times 1000 \times 1300^2} \\ &= 1.175 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{perlu} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times Rn}{fy}} \right) \\ &= \frac{1}{13.1} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13.1 \times 1.175}{390}} \right) \\ &= 0.003 \end{aligned}$$

ρ min	:	ρ perlu	:	ρ max
0.0036	>	0.003	<	0.0136

Maka, ρ pakai = 0.0036

$$\begin{aligned} A_{S\text{perlu}} &= \rho b d \\ &= 0,0036 \times 1000 \times 1300 \\ &= 5063,33 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Direncanakan digunakan tulangan **D – 29**

$$\begin{aligned} S &= \frac{0,25 \times \pi \times D^2 \times b}{A_{s\text{ perlu}}} \\ &= \frac{0,25 \times \pi \times 29^2 \times 1000}{5063,33} \\ &= 130,45 \end{aligned}$$

Maka, dipakai jarak tulangan : **100 mm**

$$\begin{aligned} A_{S\text{pasang}} &= \frac{0,25 \times \pi \times D^2 \times b}{s} \\ &= \frac{0,25 \times \pi \times 29^2 \times 1000}{100} \\ &= 6605 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka dipakai tulangan : **D29 – 100**

Tulangan Bagi

Direncanakan digunakan tulangan **D – 19**

$$\begin{aligned} A_{S\text{perlu}} &= 50\% \times A_{S\text{perlu tul. utama}} \\ &= 50\% \times 5063,33 \text{ mm}^2 \\ &= 2531,66 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S &= \frac{0,25 \times \pi \times D^2 \times b}{A_{s\text{ perlu}}} \\ &= \frac{0,25 \times \pi \times 19^2 \times 1000}{2531,66} \\ &= 111,99 \end{aligned}$$

Maka, dipakai jarak tulangan : **100 mm**

$$A_{S\text{pasang}} = \frac{0,25 \times \pi \times D^2 \times b}{s}$$

$$= \frac{0.25 \times \pi \times 19^2 \times 1000}{100}$$

$$= 2835,29 \text{ mm}^2$$

Maka dipakai tulangan : **D19 – 100 mm**

- **Penulangan Pelat Injak**

Data perencanaan :

- Selimut = 30 mm
- d = H – 2 x selimut
= 250 mm – 2 x 30 mm
= 220 mm
- f_c' = 35 MPa
- F_y = 390 MPa
- F_u = 520 MPa
- M_u = 63.816 kN.m
- M_n = $\frac{M_u}{0.9}$
= $\frac{63.816 \text{ kN.m}}{0.9}$
= 79.83 kN.m

Tulangan Utama

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_{c'}}$$

$$= \frac{390 \text{ MPa}}{0,85 \cdot (35 \text{ MPa})}$$

$$= 13.11$$

$$\beta_1 = 0.85 - \{0.05 \times (F_{c'} - 28) \times 7\}$$

$$= 0.85 - \{0.05 \times (35 - 28) \times 7\}$$

$$= 0.80$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_{c'}}{F_y} \times \left(\frac{600}{600 \times F_y} \right)$$

$$= \frac{0,85 \times 0,8 \times 35}{390} \times \left(\frac{600}{600 \times 390} \right)$$

$$= 0.037$$

$$\begin{aligned}\rho_{max} &= 0.75 \times \rho_b \\ &= 0.75 \times 0.037 \\ &= 0.028\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{min} &= \frac{1,4}{f_y} \\ &= \frac{1,4}{390} \\ &= 0.0036\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}R_n &= \frac{M_n}{\phi b d^2} \\ &= \frac{79830 \text{ N.mm}}{0.8 \times 1000 \times 220^2} \\ &= 0.02\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{perlu} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{13.1} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13.1 \times 0.02}{390}} \right) \\ &= 0.0001\end{aligned}$$

ρ_{min}	:	ρ_{perlu}	:	ρ_{max}
0.0036	>	0.0001	<	0.0136

Maka, ρ pakai = 0.0036

$$\begin{aligned}A_{S_{perlu}} &= \rho b d \\ &= 0,0036 \times 1000 \times 220 \\ &= 957.7 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Direncanakan digunakan tulangan **D – 16**

$$\begin{aligned}S &= \frac{0.25 \times \pi \times D^2 \times b}{A_{s \text{ perlu}}} \\ &= \frac{0.25 \times \pi \times 16^2 \times 1000}{957.7} \\ &= 209.9 \text{ mm}\end{aligned}$$

Maka, dipakai jarak tulangan : **200 mm**

$$\begin{aligned}
 A_{\text{Spasang}} &= \frac{0.25 \times \pi \times D^2 \times b}{s} \\
 &= \frac{0.25 \times \pi \times 16^2 \times 1000}{200} \\
 &= 1005 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Maka dipakai tulangan : **D16 – 200**

Tulangan Bagi

Direncanakan digunakan tulangan **D – 13**

$$\begin{aligned}
 A_{\text{Sperlu}} &= 50\% \times A_{\text{Sperlu tul. utama}} \\
 &= 50\% \times 957.7 \text{ mm}^2 \\
 &= 478.9 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{0.25 \times \pi \times D^2 \times b}{A_{\text{sperlu}}} \\
 &= \frac{0.25 \times \pi \times 13^2 \times 1000}{478.9} \\
 &= 277.2 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka, dipakai jarak tulangan : **250 mm**

$$\begin{aligned}
 A_{\text{Spasang}} &= \frac{0.25 \times \pi \times D^2 \times b}{s} \\
 &= \frac{0.25 \times \pi \times 13 \times 1000}{250} \\
 &= 530.9 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Maka dipakai tulangan : **D13 – 250**

6.8 Perhitungan Pondasi

Direncanakan pondasi dengan spesifikasi sebagai berikut:

6.8.1 Perhitungan Tiang Dermaga Ø 1016 mm (Tiang baja)

Data perencanaan :

- Ø tiang (D) = 1016 mm
- Fy tiang = 310 MPa
- BJ tiang = 7.85 t/m³
- Tebal tiang (t) = 16 mm

- $\text{Ø}_{\text{dalam}} \text{ tiang (d)} = D - 2(t)$
 $= 1016 \text{ mm} - 2(16 \text{ mm})$
 $= 984 \text{ mm}$
- $\text{Luas area (A)} = 0.25 \times \pi \times D^2$
 $= 0.25 \times \pi \times (1.016 \text{ m})^2$
 $= 0.811 \text{ m}^2$
- $A_p = A - 0.25 \times \pi \times (D-2t)^2$
 $= 0.811 - 0.25 \times \pi \times (1.016 - 16)^2$
 $= 0.05 \text{ m}^2$
- $\text{Berat tiang (W)} = A_p \times \text{BJ tiang}$
 $= 0.05 \times 7.85$
 $= 0.395 \text{ t/m}$
- $\text{Inersia tiang (I)} = \pi/64 \times (D^4 - d^4)$
 $= \pi/64 \times (1.016^4 - 0.984^4)$
 $= 0.006 \text{ m}^4$
- $\text{Keliling tiang (U)} = \pi \times D$
 $= \pi \times 1.016 \text{ m}$
 $= 3.192 \text{ m}$

Tabel 6. 5 Data tanah perencanaan pondasi dermaga

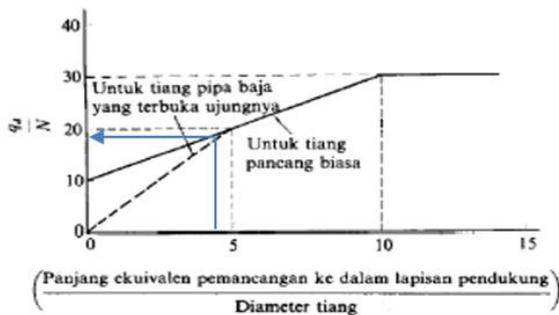
Depth (m)	Type of Soil	N-SPT	d_i/N_i	f_i (t/m ²)	$f_i \times t$ (t/m)	$\sum f_i \times t$ (t/m)
0	Batu karang	0		0	0	0
-1	Batu karang	1	1	0,2	0,2	0,2
-2	Batu karang	1	1	0,2	0,2	0,4
-3	Batu karang	1	1	0,2	0,2	0,6
-4	Batu karang	1	1	0,2	0,2	0,8
-5	Batu karang	5	0,2	1	1	1,8
-6	Batu karang	9	0,11111111	1,8	1,8	3,6
-7	Batu karang	11	0,09090909	2,2	2,2	5,8
-8	Batu karang	12	0,08333333	2,4	2,4	8,2
-9	Batu karang	12	0,08333333	2,4	2,4	10,6
-10	Kerikil Lanau Pasir	13	0,07692308	2,6	2,6	13,2
-11	Kerikil Lanau Pasir	13	0,07692308	2,6	2,6	15,8
-12	Lanau Kelempungan	14	0,07142857	2,8	2,8	18,6
-13	Lanau Kelempungan	16	0,0625	3,2	3,2	21,8
-14	Lanau Kelempungan	17	0,05882353	3,4	3,4	25,2
-15	Lanau Kelempungan	18	0,05555556	3,6	3,6	28,8
-16	Lanau Kelempungan	21	0,04761905	4,2	4,2	33
-17	Lanau Kelempungan	24	0,04166667	4,8	4,8	37,8
-18	Lanau Kelempungan	24	0,04166667	4,8	4,8	42,6
-19	Lanau Kelempungan	27	0,03703704	5,4	5,4	48
-20	Lanau Kelempungan	34	0,02941176	6,8	6,8	54,8
-21	Lanau Kelempungan	34	0,02941176	6,8	6,8	61,6
-22	Lanau Kelempungan	34	0,02941176	6,8	6,8	68,4
-23	Lanau Kelempungan	34	0,02941176	6,8	6,8	75,2
-24	Lanau Kelempungan	29	0,03448276	5,8	5,8	81
-25	Lanau Kelempungan	29	0,03448276	5,8	5,8	86,8
-26	Lanau Kelempungan	28	0,03571429	5,6	5,6	92,4
-27	Lanau Kelempungan	28	0,03571429	5,6	5,6	98
-28	Lanau Kelempungan	28	0,03571429	5,6	5,6	103,6

- **Daya dukung Aksial Tiang Pancang**

Tiang pancang direncanakan dengan kedalaman 22 m

- $\sum f_i \cdot t_i = 68,4$ t/m
- R_f = gaya geser maksimum dinding tiang
 $= U \times \sum f_i \cdot t_i$
 $= 3,192$ m \times $68,4$ t/m
 $= 218,323$ ton
- $l/D = 4$
- l = panjang penetrasi

$$\begin{aligned}
 &= 1 \times D \\
 &= 4 \times 1.016 \text{ m} \\
 &= 4.064 \text{ m}
 \end{aligned}$$



- $q_D/N = 18$ (didapat dari grafik diatas)
- $N_1 =$ harga N pada ujung tiang
 $= 34$
- $N_2 =$ harga N rata-rata pada jarak $4D$ dari ujung tiang
 $= 24$
- $N = \frac{(N_1+N_2)}{2}$
 $= \frac{(34+24)}{2}$
 $= 29$
- $q_D = 18 \times N$
 $= 18 \times 29$
 $= 522 \text{ t/m}^2$
- $R_t =$ daya dukung ujung tiang
 $= q_D \times A$
 $= 522 \text{ t/m}^2 \times 0.811 \text{ m}^2$
 $= 496.168 \text{ ton}$
- $R_u =$ daya dukung ultimate

$$\begin{aligned}
 &= R_r + R_t \\
 &= 218.323 \text{ ton} + 496.168 \text{ ton} \\
 &= 714.491 \text{ ton} \\
 - \quad W_p &= \text{berat per titik tiang} \\
 &= W \times L \\
 &= 0.395 \text{ t/m} \times 22 \text{ m} \\
 &= 8.295 \text{ ton} \\
 - \quad SF &= \text{Angka keamanan} \\
 &= 3 \\
 - \quad R_a &= \text{daya dukung ijin tiang} \\
 &= \left(\frac{R_u}{SF} - W_p \right) \\
 &= \left(\frac{714.491 \text{ ton}}{3} - 8.295 \text{ ton} \right) \\
 &= 238.164 \text{ ton} > P_{\text{terjadi}} = 223.721 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

• **Daya Dukung Horizontal Tiang Pancang**

$$\begin{aligned}
 - \quad N &= 34 \text{ (Nilai N-SPT ujung tiang)} \\
 - \quad E_o &= \text{modulus elastisitas tanah} \\
 &= 28 \times N \\
 &= 28 \times 34 \\
 &= 952 \text{ kg/cm}^2 \\
 - \quad y_i &= \text{deformasi horizontal ijin} \\
 &= 1 \text{ cm} \\
 - \quad k &= \text{koefisien reaksi tanah dasar} \\
 &= 0.2 \times E_o \times D^{-0.75} \times y_i^{-0.5} \\
 &= 0.2 \times 952 \times (101.6)^{-0.75} \times (1)^{-0.5} \\
 &= 5.95 \text{ kg/cm}^3 \\
 - \quad \beta &= \left(\frac{kD}{4EI} \right)^{0.25} \\
 &= \left(\frac{5.95 \times 101.6}{4 \times 2100000 \times (0.006 \times 10^8)} \right)^{0.25} \\
 &= 0.00327 \text{ cm}^{-1} \\
 - \quad H_a &= \text{daya dukung gaya horizontal tiang}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{4.EI.\beta^3}{1+\beta h} \times \delta a \\
&= \frac{4 \times 2100000 \times 628479.38 \times 0.00327^3}{1+0.00327 \times 2100} \times 1 \\
&= 83723 \text{ kg/tiang} \\
&= 83.723 \text{ ton/tiang} > H_a = 39.897 \text{ ton}
\end{aligned}$$

- **Kapasitas Cabut Tiang**

$$\begin{aligned}
- R_c &= \text{kapasitas cabut tiang} \\
&= \frac{Rf}{SF} + W \\
&= \frac{238.164 \text{ ton}}{3} + 8.295 \text{ ton} \\
&= 75.668 \text{ ton} > P_{\text{cabut terjadi}} = 32.689 \text{ ton}
\end{aligned}$$

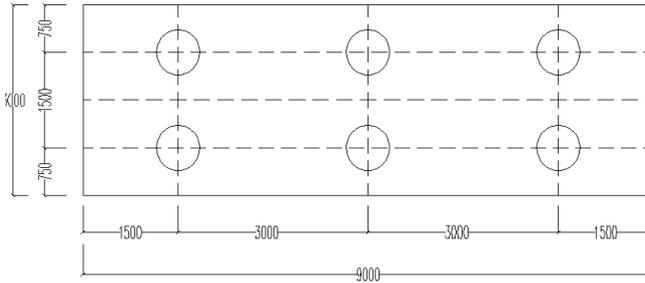
6.8.2 Rekap Perhitungan Tiang Dermaga dan Trestle

Berikut adalah hasil perhitungan daya dukung ijin dibandingkan dengan gaya yang terjadi. Untuk perhitungan daya dukung pondasi trestle menggunakan cara yang sama, sehingga hasil perhitungan disajikan dalam bentuk tabel :

Tabel 6. 6 Rekapitulasi hasil perhitungan tiang

Jenis Tiang	Dia. tiang (mm)	L tiang (m)	Persyaratan			
			Ptekan (T)	Pcabut (T)	Ptekan terjadi (T)	Pcabut terjadi (T)
Tiang Dermaga	1016	32	238.164	75.668	223.721	32.689
Tiang Trestle	711.2	31	126.918	47.653	95.255	25.488

6.8.3 Perhitungan Tiang Abutment



Gambar 6. 13 Denah tiang pancang abutment

Direncanakan tiang pancang kelompok seperti gambar di atas.

- m = jumlah tiang pancang arah x
= 3
- n = jumlah tiang pancang arah y
= 2
- s = jarak antar tiang
= 3 m
- θ = $\tan^{-1} \left(\frac{D}{s} \right)$
= $\tan^{-1} \left(\frac{0.7112}{3} \right)$
= 0.233
- E = efisiensi kelompok tiang
= $1 - \theta \times \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90 m n}$
= $1 - 0.233 \times \frac{(2-1)3 + (3-1)2}{90 \cdot 3 \cdot 2}$
= 0.997
- P = $R_a \times E \times$ jumlah total tiang
= 126.918 ton \times 0.997 \times 6
= 759.223 ton $>$ $P_{\text{terjadi}} = 154.153$ ton

BAB VII

METODE PELAKSANAAN

7.1 Umum

Metode pelaksanaan yang akan diuraikan dalam bab ini, hanya akan membahas mengenai konsep dasar pelaksanaan dermaga, dan tidak membahas secara detail tentang pelaksanaan sesungguhnya di lapangan.

7.2 Metode Pelaksanaan Dermaga

Dalam pelaksanaan pembangunan dermaga general kargo di Pelabuhan Gresik ini terdapat beberapa tahapan pekerjaan konstruksi, diantaranya :

- Tahapan Pekerjaan Pemancangan Tiang
- Tahapan Pekerjaan Pilecap
- Tahapan Pekerjaan Balok
- Tahapan Pekerjaan Pelat
- Tahapan Pekerjaan Pasca Kontruksi (Fender dan Bollard)

7.2.1 Tahapan Pekerjaan Pemancangan Tiang

- **Uraian Pelaksanaan Pemancangan Tiang**

1. **Pengangkatan Tiang Pancang ke Lokasi**

Pengangkatan dilakukan dengan menggunakan 2 crane. Crane pertama (di darat) membawa tiang pancang ke lokasi dan crane kedua (di laut) bertugas untuk memancang tiang pancang yang sudah di tentukan lokasinya.

2. **Pemancangan Lower Section**

Pemancangan tiang pancang pada lokasi laut menggunakan crane yang berada di atas kapal ponton. Kapal ponton ditarik ke lokasi oleh tug boat.



Gambar 7. 1 Pemancangan tiang

3. Pengelasan Sambungan

Setelah lower section sudah terpancang sesuai rencana kedalaman, dilakukan pengelasan antara tiang pancang lower section dengan tiang pancang upper section agar kedua tiang pancang bersatu.



Gambar 7. 2 Pengelasan sambungan tiang

4. Pembersihan dan Pelapisan Sambungan (*Coating*)

Pembersihan sisa pengelasan dilakukan setelah proses pengelasan selesai, lalu dilakukanlah coating (pemberian cat anti air). Coating dilakukan agar tidak terjadi korosi akibat air laut pada tiang pancang yang sudah disatukan.

5. Kalendering

Setelah proses pemancangan selesai, dilakukanlah kalendering yang berguna untuk memperoleh jumlah pukulan dan grafik yang akhirnya menghitung daya dukung tanah.



Gambar 7. 3 Proses kalendering

6. Pemotongan Tiang

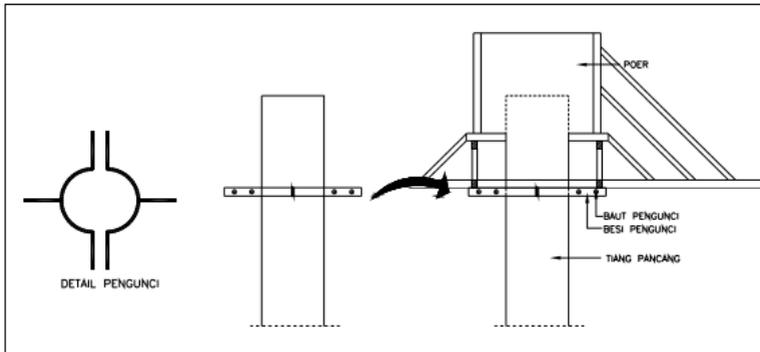
Pemotongan tiang pancang dilakukan setelah tiang pancang sudah mencapai kedalaman yang direncanakan. Pemotongan dilakukan dengan 2 pekerja yang menggunakan palu dan baja yang dipotong/pukul secara manual.

7. Pengangkatan Potongan Tiang

Sebelum tiang pancang terpotong semua, pancang diikat ke crane yang berada di darat. Setelah diikat, pemotongan dilanjutkan sampai terpotong seluruhnya lalu dibawa ke daratan. Bekas potongan tiang pancang dirapikan/dibersihkan.

7.2.2 Tahapan Pekerjaan Pilecap

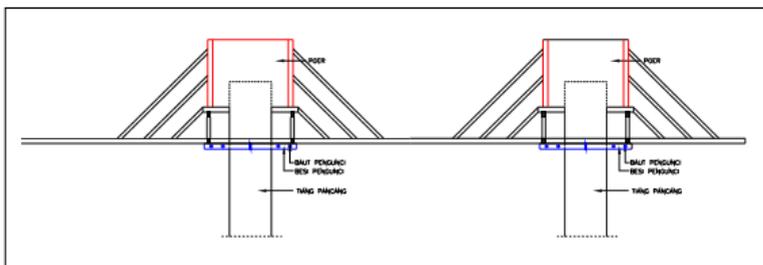
Sebelum merakit bekisting pilecap, terlebih dahulu dipasang landasan untuk bekisting berupa sabuk pengikat dibaut sejumlah 2 baut untuk tiap pengikatnya pada tiang pancang



Gambar 7. 4 Pemasangan landasan bekisting pilecap

Kemudian dipasang balok yang menghubungkan antara tiang satu dengan lainnya baik arah memanjang maupun melintang. Setelah tahapan tersebut, dilanjutkan dengan perakitan bekisting poer di atas landasan yang telah ada, sesuai dengan ukurannya.

Untuk bagian vertikal dari bekisting pilecap ditopang dengan kayu perancah ke balok yang menghubungkan antar tiang pancang



Gambar 7. 5 Pemasangan bekisting pilecap

Setelah bekisting pilecap selesai, dilakukan pemasangan tulangan beton pengisi tiang dan tulangan pilecap. Pengecoran dilakukan sekaligus sehingga antara beton pengisi tiang dan pilecap monolit.



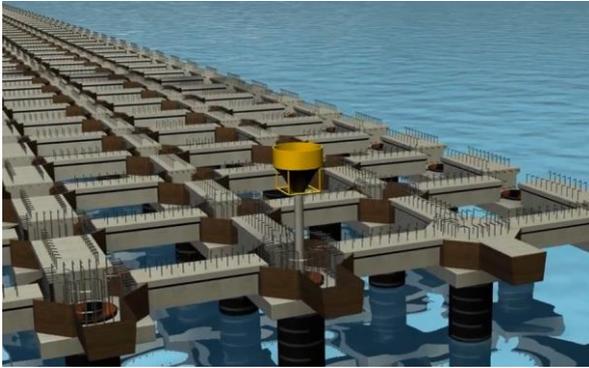
Gambar 7. 6 Pengecoran pilecap

7.2.3 Tahapan Pekerjaan Balok



Gambar 7. 7 Pemasangan balok precast

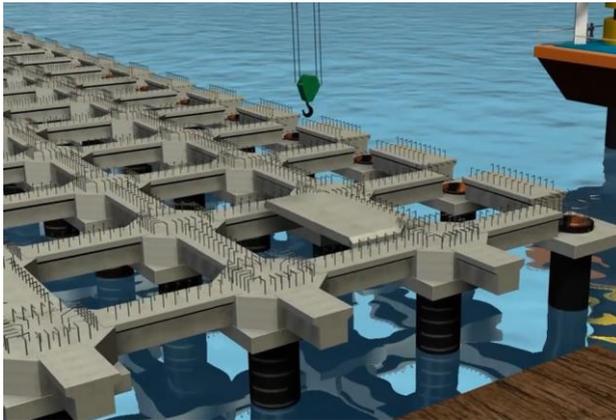
Setelah pile cap sudah dipasang sesuai rencana, maka balok precast dipasang. Balok dipasang diatas pile cap. Setelah balok terpasang maka diadakan pengecoran in situ untuk pengisian U-shell dan joint pada balok dengan pile cap.



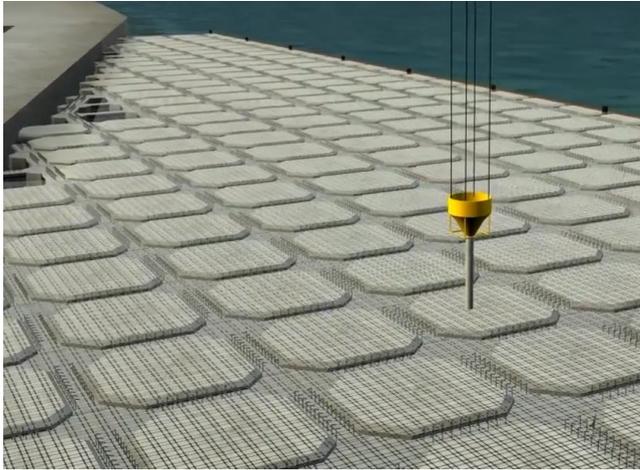
Gambar 7. 8 Pengecoran joint balok

7.2.4 Tahapan Pekerjaan Pelat

Setelah balok sudah dipasang. Maka di pasang slab precast yang sudah disediakan pada stockyard dan diangkat menggunakan mobile crane. Setelah semua pelat precast terpasang dilanjutkan dengan pengecoran top slab (overtopping).



Gambar 7. 9 Pemasangan pelat precast



Gambar 7. 10 Pengecoran top slab (Overtopping)

7.2.5 Tahapan Pekerjaan Pasca Konstruksi

- **Pemasangan Fender**

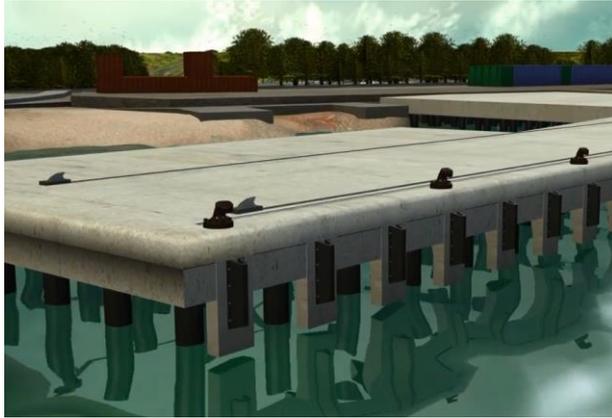
Setelah semua pekerjaan pengecoran dilakukan, kemudian dilakukan pemasangan fender.



Gambar 7. 11 Pemasangan fender

- **Pemasangan Bollard**

Setelah beton mengeras sempurna, bollard dapat dipasang, anker yang sudah tertanam pada saat pengecoran pelat bersama tulangnya dibersihkan dan dipasangkan bollard ke posisinya kemudian dicor setempat.



Gambar 7. 12 Pemasangan bollard

BAB VIII PENUTUP

8.1 Kesimpulan

Dari hasil perencanaan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Dari hasil perencanaan tata letak dan dimensi ditetapkan sebagai berikut :
 - a. Dimensi dermaga untuk kapal general kargo adalah sebagai berikut :
 - Panjang dermaga = 160 m
 - Lebar dermaga = 29 m
 - Kedalaman air dermaga = -10 m LWS
 - Elevasi dermaga = +3,93 m LWS
 - b. Dimensi trestle adalah sebagai berikut :
 - Panjang trestle = 97 m
 - Lebar trestle = 9 m
2. Tebal pelat dermaga adalah 70 cm, sedangkan tebal pelat trestle adalah 35 cm
3. Dimensi balok ditetapkan seperti pada table berikut :

Tabel 8. 1 Dimensi balok dermaga dan trestle

Tipe Balok	Keterangan	Dimensi (cm)	
		b	h
B1	Balok memanjang dermaga	75	300
B2	Balok melintang dermaga	75	140
B3	Balok fender	75	300
B4	Balok Listplank	75	140
B5	Balok memanjang trestle	60	90
B6	Balok melintang trestle	60	90
B7	Balok tepi trestle	40	60

4. Dimensi pilecap pada dermaga adalah 2 m x 2m x 1,5 m, sedangkan dimensi pilecap trestle adalah 1,5 m x 1,5 m x 1 m.
5. Tiang pancang pada dermaga dan trestle menggunakan *steel pipe pile* dengan dimensi berikut :
 - Dermaga : Ø1016 mm dengan tebal 16 mm
 - Trestle : Ø711,2 mm dengan tebal 14 mm
6. Dari hasil perhitungan diperoleh :
 - Digunakan fender tipe SV 800 H dengan panjang 2m dan lebar 1,5 m
 - Digunakan bolard MT kapasitas 30 T
7. Berdasarkan hasil analisa daya dukung tanah kedalaman rencana tiang pancang dermaga dan trestle yaitu 32 m dan 31 m di bawah LWS
8. Dari hasil analisa didapatkan besar displacement horizontal untuk tiang dermaga yaitu 1,1 cm akibat dari kombinasi beban gempa. Sedangkan besar displacement horizontal untuk tiang trestle akibat dari kombinasi beban gempa yaitu 0,4 cm

8.2 Saran

Dalam merencanakan struktur dermaga dengan beton pracetak sebaiknya terlebih dahulu menghitung Rencana Anggaran Biaya (RAB) untuk membandingkan dengan penggunaan beton konvensional.

DAFTAR PUSTAKA

- BAAK, 2011. **Aturan Penyusunan Tugas Akhir Surabaya** :
Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Departemen Pekerjaan Umum Dirjen Bina Marga(1992).
**Peraturan perencanaan Teknik Jembatan Bridge
Management System.**
- Badan Standarisasi Nasional (2013). **Perencanaan Jembatan
Terhadap Beban Gempa RSNI-2833.**
- Badan Standarisasi Nasional (2002). **Tata Cara Perhitungan
Struktur Beton untuk Gedung SNI 03-2847-2002.**
- Port of Long Beach Wharf Design Criteria. 2012.** Japan.
POLB WDC, The Green Port. Sosrodarsono, S.,
Nakazawa, K 2000. **Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi.**
Jakarta : PT Pradnya Paramita
- Standard Design Criteria for Port in Indonesia, 1984.**
Maritime Development Programme Directorate General
of Sea Communications. Jakarta.
- Technical Standards For Port and Harbour Facilities in
Japan.1980.** Japan. Bureau of Ports and Harbours,
Ministry of Transport.
- Bridgestone, Marine Fender Design Manual*
- Triatmojo, Bambang. 2009. **Perencanaan Pelabuhan** : Jogjakarta:
Beta Offsite Yogyakarta

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A
Lampiran B
Lampiran C

BIODATA PENULIS



Penulis memiliki nama Mahendra Surya Subrata. Lahir di Trenggalek pada 16 Maret 1996, merupakan anak pertama dari 3 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SDN 2 Ngadirejo, SMPN 1 Durenan dan SMAN 1 Trenggalek. Setelah lulus dari SMA 1 Trenggalek tahun 2014, penulis mengikuti ujian masuk Diploma 4 Teknik Infrastruktur Sipil

ITS dan diterima di Departemen Teknik Infrastruktur Sipil pada tahun 2014 dan terdaftar dengan NRP 10111410000092. Di Departemen Teknik Infrastruktur Sipil ini penulis mengambil bidang studi Bangunan Transportasi. Penulis pernah aktif dalam beberapa kepanitaan yang ada selama menjadi mahasiswa di Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

More Information :



mahendrasurya765@gmail.com

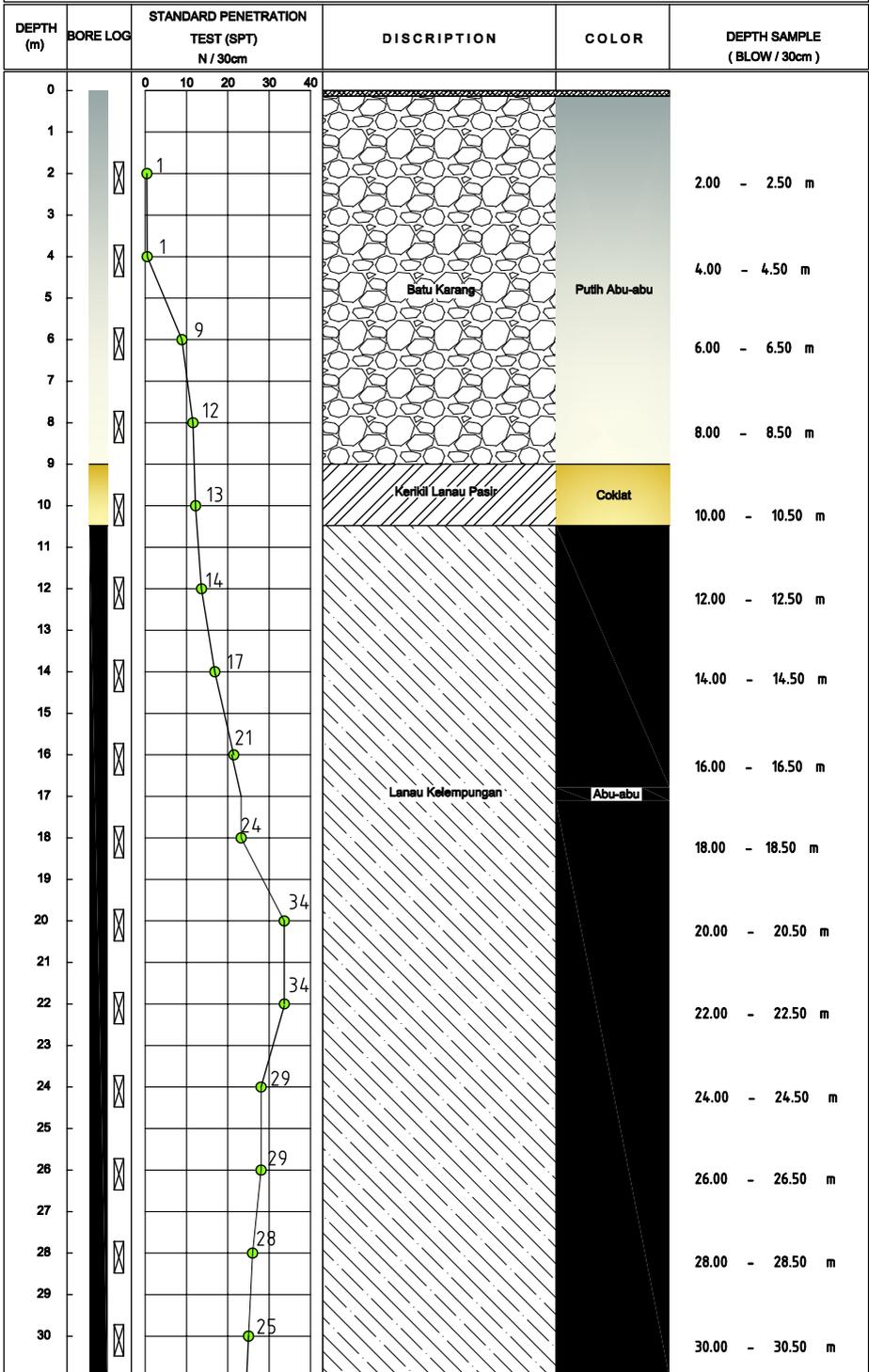
Telp : 081241734846

BORE NO.
PROJECT
LOCATION
DATE

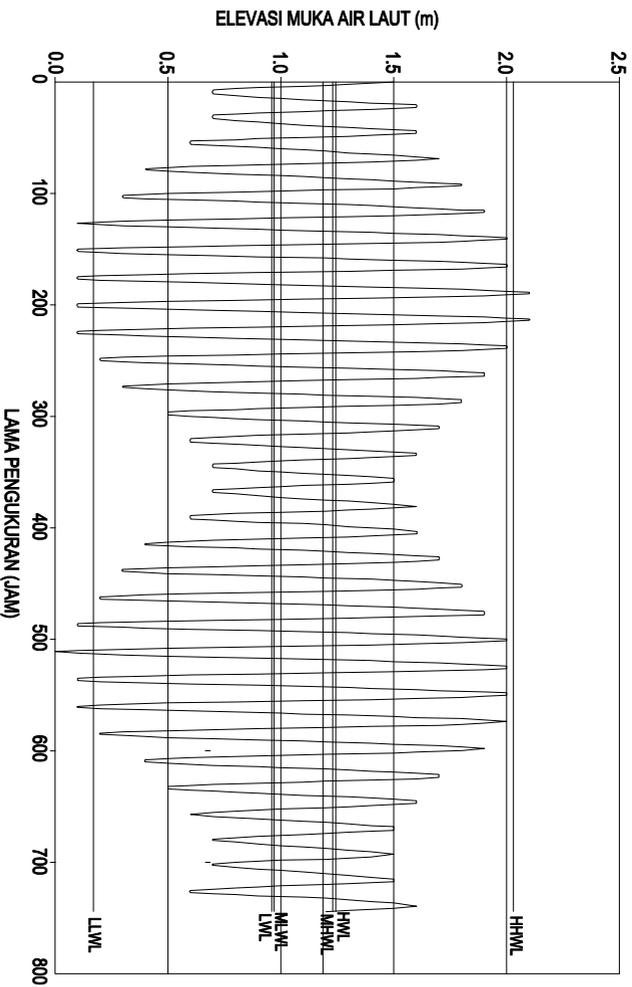
: BL - 2
: RENCANA DERMAGA
: PELABUHAN GRESIK

BORE LOG

COORDINATES OF GPS (UTM) X = 75377
Y = 920086
DIAMETER OF BORE : 73mm
DIAMETER OF CASING : 89mm



GRAFIK PASANG SURUT PELABUHAN GRESIK



Elevasi Muka Air	Acaan MSL (cm)	Acaan LWL (cm)
Highest Water Level (HWL)	0	28.6
Mean High Water Level (MHWL)	13	27.3
Highest High Water Level (HHWL)	93	107.3
Mean Sea Level (MSL)	0	28.6
Mean Low Water Level (MLWL)	-13	13
Lowest Low Water Level (LLWL)	-53	-28.7
Lowest Water Level (LWL)	-28.6	0



STASIUN METEOROLOGI MARITIM
PERAK SURABAYA

Tahun	Kondisi Angin		Kondisi Gelombang	
	Arah angin	Kec. Angin (m/s)	Arah gelombang	Kec. Arus (m/s)
2013	180,76°	14,06	70°	0,3
2014	178,64°	14,28	110°	0,4
2015	167,92°	14,39	90°	0,2
2016	164,97°	12,58	110°	0,2
2017	183,39°	13,37	110°	0,3

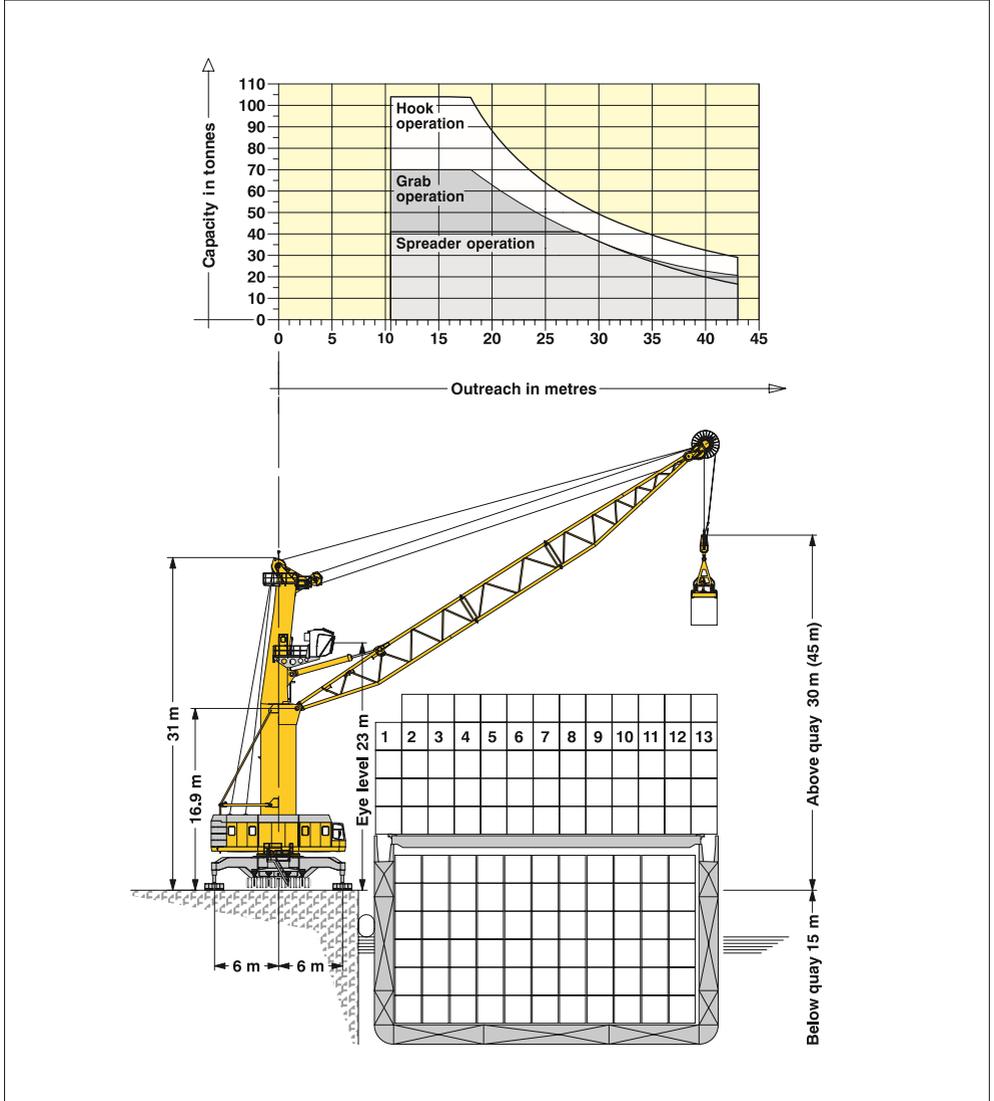
Mengetahui :
Kasi Observasi dan Informasi

Surabaya, 16 Januari 2018
Pembuat Laporan

ZEM I. PADAMA, SE, S.Si
NIP.197202291995031001

MEILANSIH DWI R, SP
NIP. 196905081990032001

The synergy of wide experience, research and development for your success and benefit.



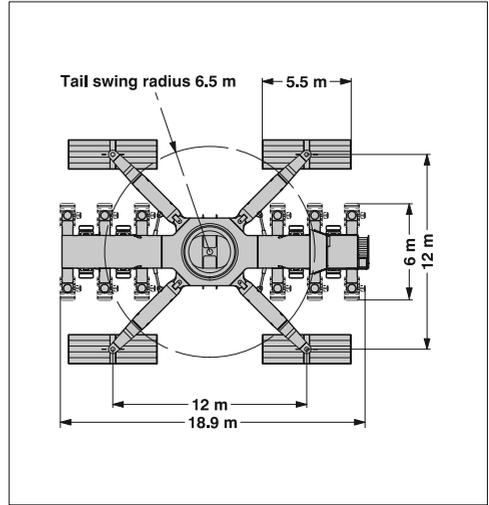
8900 928 14 -08/2003 Subject to change without notice.

Liebherr harbour mobile crane

Type LHM 320 Litronic®

- utmost performance
- high reliability and quality
- low operational costs
- unsurpassed mobility and versatility
- worldwide service network

Radius	Hook operation	Spreader operation	Grab operation
(m)	(t)	(t)	(t)
10.5	104.0	41.0	70.0
17	104.0	41.0	70.0
18	102.7	41.0	70.0
20	88.1	41.0	62.6
21	82.1	41.0	58.4
22	76.8	41.0	54.6
23	72.0	41.0	51.2
24	67.8	41.0	48.2
25	64.0	41.0	45.5
26	60.5	41.0	43.0
27	57.3	41.0	40.7
28	54.4	41.0	38.7
29	51.8	39.3	36.8
30	49.3	36.8	35.1
31	47.1	34.6	33.5
32	45.0	32.5	32.0
33	43.0	30.5	30.6
34	41.2	28.7	29.3
35	39.5	27.0	28.1
36	37.9	25.4	27.0
37	36.4	23.9	25.9
38	35.0	22.5	24.9
39	33.7	21.2	24.0
40	32.4	19.9	23.0
41	31.3	18.8	22.3
42	30.1	17.6	21.4
43	29.1	16.6	20.7



Capacities

Standard operation	70 t
Heavy lift operation	104 t

Main dimensions

Min to max. outreach	10.5 – 43 m
Height of boom fulcrum	16.9 m
Tower cabin height (eye level)	23 m

Hoisting heights

Above quay at minimum radius	45 m
Above quay at maximum radius	30 m
Below quay	15 m

Working speeds

Hoisting / lowering	0 – 90 m/min
Slewing	0 – 1.6 rpm
Luffing	0 – 70 m/min
Travelling	0 – 90 m/min

Quay load arrangements

Uniformly Distributed Load	1.7 t/m ²
Max. load per tyre	6.0 t

Due to its unique travelling and supporting system, the parameters of the undercarriage (pad sizes, supporting base and number of axle sets) can easily be adapted to comply with the most stringent quay load restrictions.

Weights

Weight of the crane	255 t
Counterweight	70 t
Total weight of the crane	approx. 325 t

Propping arrangements

Standard supporting base	12 m x 12 m
Standard pad dimension	4x 5.5 m x 1.8 m

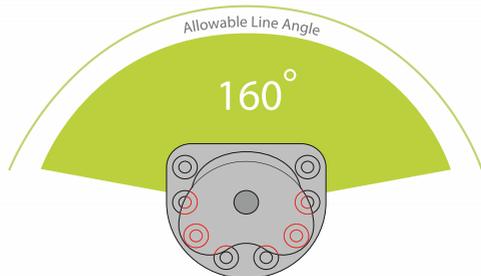
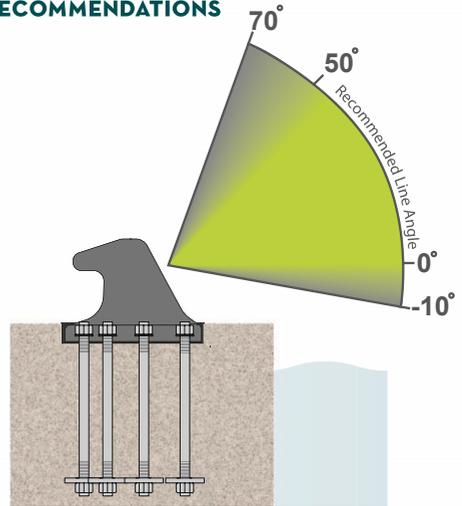
MT

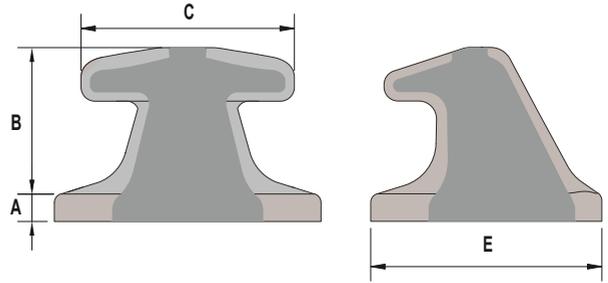
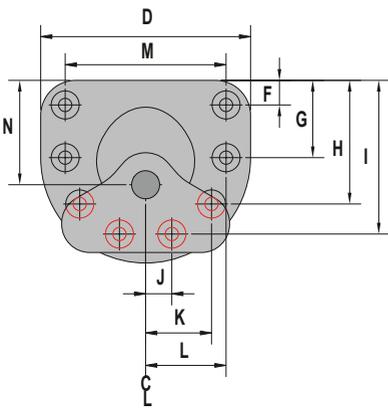
T-HEAD

BOLLARDS

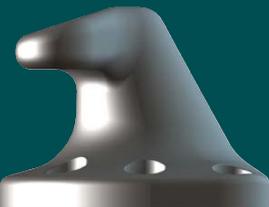
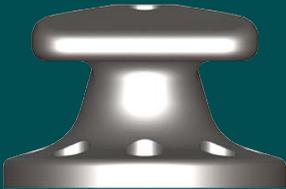


LOAD ANGLE RECOMMENDATIONS





DIMENSIONS AND CAPACITIES



Standard Bollard Capacity (Metric Tonnes)

Imperial Dimensions (inches)	MT 10	MT 15	MT 20	MT 30	MT 50	MT 75	MT 100	MT 125	MT 150	MT 200
A	1-7/8	2	2-1/8	2-1/4	2-3/4	3-1/4	3-1/4	3-3/8	3-5/8	3-7/8
B	7-7/8	8-5/8	9-1/2	9-7/8	12-1/8	13-7/8	16-1/8	18	19-3/8	20-1/2
C	12	13-1/4	13-3/4	14-3/8	17-3/4	20-3/8	24	26-3/8	28-3/8	30
D	15	16-1/2	17-1/4	18	22-1/4	25-1/2	30	33	35-3/8	37-1/2
E	13	14-1/4	15	15-5/8	19-1/4	22-1/8	26	28-5/8	30-5/8	32-1/2
F	1-3/4	1-7/8	2	2-1/8	2-5/8	3	3-1/2	3-7/8	4-1/8	4-3/8
G	-	-	-	-	-	-	12	13-1/4	14-1/8	13-3/4
H	-	-	9-1/8	9-1/2	11-3/4	11-3/4	19-1/2	21-1/2	23-1/8	22
I	9-5/8	10-1/2	13	13-1/2	16-5/8	18-1/4	22-1/2	24-3/4	26-1/2	27-3/8
J	4-1/8	4-1/2	0	0	0	4-1/8	0	0	0	4-5/8
K	-	-	6	6-1/4	7-3/4	9-1/2	7-3/4	8-1/2	9-1/8	11-3/4
L	-	-	-	-	-	-	11-1/2	12-5/8	13-1/2	14-3/8
M	11-1/2	12-5/8	13-1/4	13-3/4	17	19-1/2	23	25-1/4	27-1/8	28-3/4
N	7-3/8	8-1/8	8-1/2	8-7/8	11	12-5/8	14-7/8	16-3/8	17-1/2	18-5/8
Bolt Size	1	1	1	1-1/8	1-3/8	1-1/2	1-3/4	1-3/4	2	2
Bolt Length	18	18	18	18	24	24	30	30	36	36
Bolt Qty	4	4	5	5	5	6	7	7	7	8

Standard Bollard Capacity (Metric Tonnes)

Metric Dimensions (mm)	MT 10	MT 15	MT 20	MT 30	MT 50	MT 75	MT 100	MT 125	MT 150	MT 200
A	47	52	54	57	70	80	80	87	93	97
B	199	219	240	250	308	354	413	458	492	521
C	305	335	351	366	451	518	610	671	719	762
D	381	419	438	457	564	648	762	838	899	952
E	330	363	380	396	489	561	660	726	779	826
F	44	49	51	53	66	76	89	98	105	111
G	-	-	-	-	-	-	305	335	360	349
H	-	-	232	242	298	298	496	546	586	559
I	243	267	329	343	423	463	572	629	674	694
J	103	114	0	0	0	105	0	0	0	119
K	-	-	152	159	196	241	195	215	231	299
L	-	-	-	-	-	-	291	320	343	365
M	292	321	336	351	432	497	584	643	689	730
N	189	208	217	226	279	321	377	415	445	472
Bolt Size	M24	M24	M24	M30	M36	M42	M42	M48	M48	M56
Bolt Length	450	450	450	450	600	600	600	750	750	915
Bolt Qty	4	4	5	5	5	6	7	7	7	8



PT. SWARNA BAJAPACIFIC

SPIRAL
WELDED
STEEL PIPES



CERTIFICATE NO. 18134

STANDARD SIZE ANE WEIGHT

ASTM A 252 / JIS A 5525 - STEEL PIPE PILE

OUTSIDE DIAMETER		THICKNESS	WEIGHT	CROSS SECTIONAL WALL AREA	MODULUS OF INERTIA	MODULUS OF SECTION	RADIUS OF GYRATION
Inch	mm	mm	Kg/m	A (cm ²)	I (cm ⁴)	Z (cm ³)	i (cm)
	318,5	6,0	46,24	58,9	719 x 10	452	9,1
		9,0	68,69	87,5	105 x 10 ²	659	10,9
12 3/4	323,9	7,1	55,47	70,6	887 x 10	54,8 x 10	11,2
		9,0	69,89	89,0	110 x 10 ²	68,2 x 10	11,1
14	355,6	6,0	51,73	69,1	105 x 10 ²	593	12,4
		9,0	76,92	98,00	147 x 10 ²	828	12,3
	400	9,0	86,78	110,6	211 x 10 ²	105,7 x 10	13,8
		12,0	114,82	146,3	276 x 10 ²	137,8 x 10	13,7
16	406,4	9,0	88,20	112,4	222 x 10 ²	109,2 x 10	14,1
		12,0	116,71	148,7	289 x 10 ²	142,4 x 10	14,0
20	508,0	9,0	110,75	141,1	439 x 10 ²	173 x 10	17,6
		12,0	146,78	187,0	575 x 10 ²	227 x 10	17,5
		14,0	170,55	217,3	663 x 10 ²	261 x 10	17,5
24	609,6	9,0	133,30	169,8	766 x 10 ²	251 x 10	21,2
		12,0	176,84	225,3	101 x 10 ³	330 x 10	21,1
		14,0	205,62	262,0	166 x 10 ³	381 x 10	21,1
		16,0	234,21	298,4	132 x 10 ³	431 x 10	21,0
28	711,2	9,0	155,85	198,5	122 x 10 ³	344 x 10	24,8
		12,0	206,91	263,6	161 x 10 ³	453 x 10	24,7
		14,0	240,70	306,6	186 x 10 ³	524 x 10	24,7
		16,0	274,80	349,4	211 x 10 ³	594 x 10	24,6
32	812,8	9,0	178,40	227,3	184 x 10 ³	452 x 10	28,4
		12,0	236,97	301,9	242 x 10 ³	596 x 10	28,3
		14,0	275,78	351,3	280 x 10 ³	690 x 10	28,2
		16,0	314,39	400,5	318 x 10 ³	782 x 10	28,2
36	914,4	12,0	267,04	340,2	346 x 10 ³	758 x 10	31,9
		14,0	310,85	396,0	401 x 10 ³	878 x 10	31,8
		16,0	354,47	451,6	456 x 10 ³	997 x 10	31,8
		19,0	419,53	534,5	536 x 10 ³	117 x 10 ²	31,7
40	1016,0	12,0	297,10	378,5	477 x 10 ³	939 x 10	35,5
		14,0	345,93	440,7	553 x 10 ³	109 x 10 ²	35,4
		16,0	394,56	502,7	628 x 10 ³	124 x 10 ²	35,4
		19,0	467,13	595,1	740 x 10 ³	146 x 10 ²	35,3
44	1117,6	12,0	327,17	416,8	637 x 10 ³	114 x 10 ²	39,1
		14,0	381,01	485,4	739 x 10 ³	132 x 10 ²	39,0
		16,0	434,65	553,7	840 x 10 ³	150 x 10 ²	39,0
		19,0	514,74	655,8	990 x 10 ³	177 x 10 ²	38,8
	1200	14,0	409,45	521,6	917 x 10 ³	153 x 10 ²	41,9
		16,0	467,16	595,1	104 x 10 ⁴	174 x 10 ²	41,9
		19,0	553,35	704,9	123 x 10 ⁴	205 x 10 ²	41,8
		22,0	639,09	814,2	141 x 10 ⁴	235 x 10 ²	41,7
48	1219,2	14,0	416,08	530,1	963 x 10 ³	158 x 10 ²	42,6
		16,0	474,73	604,8	109 x 10 ⁴	180 x 10 ²	42,5
		19,0	562,34	716,4	129 x 10 ⁴	212 x 10 ²	42,4
		22,0	649,50	827,4	148 x 10 ⁴	243 x 10 ²	42,3
	1300	14,0	443,98	565,6	117 x 10 ⁴	180 x 10 ²	45,5
		16,0	506,62	645,4	133 x 10 ⁴	205 x 10 ²	45,4
		19,0	600,20	764,6	157 x 10 ⁴	241 x 10 ²	45,3
		22,0	693,34	883,3	180 x 10 ⁴	278 x 10 ²	45,2

STANDARD SIZE ANE WEIGHT

ASTM A 252 / JIS A 5525 - STEEL PIPE PILE

OUTSIDE DIAMETER		THICKNESS mm	WEIGHT Kg/m	CROSS SECTIONAL WALL AREA A (cm ²)	MODULUS OF INERTIA I (cm ⁴)	MODULUS OF SECTION Z (cm ³)	RADIUS OF GYRATION i (cm)
Inch	mm						
52	1320,8	14,0	451,16	574,8	123 x 10 ⁴	186 x 10 ²	46,2
		16,0	514,82	655,9	140 x 10 ⁴	211 x 10 ²	46,1
		19,0	609,95	777,0	165 x 10 ⁴	249 x 10 ²	46,0
		22,0	704,62	897,7	189 x 10 ⁴	287 x 10 ²	45,9
	1400	14,0	478,50	609,6	146 x 10 ⁴	209 x 10 ²	49,0
		16,0	546,07	695,7	167 x 10 ⁴	238 x 10 ²	48,9
		19,0	647,05	824,3	197 x 10 ⁴	281 x 10 ²	48,8
		22,0	747,59	952,4	226 x 10 ⁴	323 x 10 ²	48,7
56	1422,4	14,0	486,24	619,4	154 x 10 ⁴	216 x 10 ²	49,8
		16,0	554,91	706,9	175 x 10 ⁴	246 x 10 ²	49,7
		19,0	657,55	837,7	206 x 10 ⁴	290 x 10 ²	49,6
		22,0	759,75	967,9	237 x 10 ⁴	334 x 10 ²	49,5
	1500	16,0	585,53	745,9	205 x 10 ⁴	274 x 10 ²	52,5
		19,0	693,91	894,0	242 x 10 ⁴	323 x 10 ²	52,4
		22,0	801,84	1021,5	279 x 10 ⁴	372 x 10 ²	52,3
		25,0	909,34	1158,5	315 x 10 ⁴	420 x 10 ²	52,2
60	1524,0	16,0	595,00	758,0	215 x 10 ⁴	283 x 10 ²	53,3
		19,0	705,15	898,3	254 x 10 ⁴	334 x 10 ²	53,2
		22,0	814,87	1038,1	293 x 10 ⁴	384 x 10 ²	53,1
		25,0	924,13	1177,3	331 x 10 ⁴	434 x 10 ²	53,0
	1600	16,0	624,98	796,2	250 x 10 ⁴	312 x 10 ²	56,0
		19,0	740,76	943,7	295 x 10 ⁴	369 x 10 ²	55,9
		22,0	856,10	1090,6	340 x 10 ⁴	424 x 10 ²	55,8
		25,0	970,99	1237,0	384 x 10 ⁴	480 x 10 ²	55,7
1800		19,0	834,47	1063,1	422 x 10 ⁴	468 x 10 ²	63,0
		22,0	964,60	1228,9	486 x 10 ⁴	540 x 10 ²	62,9
		25,0	1.094,29	1394,1	549 x 10 ⁴	610 x 10 ²	62,8
2000		22,0	1.073,10	1367,1	669 x 10 ⁴	669 x 10 ²	69,9
		25,0	1.217,59	1551,2	756 x 10 ⁴	756 x 10 ²	69,8
81	2057,4	19,0	955,07	1217,0	632 x 10 ⁴	615 x 10 ²	72,1
		22,0	1104,25	1407,3	729 x 10 ⁴	709 x 10 ²	72,0
		25,0	1252,97	1596,9	825 x 10 ⁴	802 x 10 ²	71,9
84	2133,6	19,0	990,77	1262,7	706 x 10 ⁴	662 x 10 ²	74,8
		22,0	1145,59	1460,0	814 x 10 ⁴	763 x 10 ²	74,7
		25,0	1299,95	1656,8	921 x 10 ⁴	863 x 10 ²	74,6
90	2286	19,0	1062,18	1353,7	870 x 10 ⁴	761 x 10 ²	80,2
		22,0	1228,27	1565,4	100 x 10 ⁵	878 x 10 ²	80,0
		25,0	1393,91	1776,5	114 x 10 ⁵	993 x 10 ²	80,0
96	2438,4	19,0	1133,59	1444,7	106 x 10 ⁵	867 x 10 ²	85,7
		22,0	1310,95	1670,8	122 x 10 ⁵	100 x 10 ³	85,5
		25,0	1487,86	1896,2	138 x 10 ⁵	113 x 10 ³	85,3
100	2540	19,0	1181,19	1505,4	120 x 10 ⁵	942 x 10 ²	89,3
		22,0	1366,07	1741,0	138 x 10 ⁵	109 x 10 ³	89,0
		25,0	1550,50	1976,1	156 x 10 ⁵	123 x 10 ³	88,8

Note : Weight is calculated using the following formula

$$W = (D-t) t \times 0.02466$$

W = Weight (kg/m)
 D = Outside diameter of pipe (mm)
 t = Thickness of material (mm)

Calculation result integrated into 2 decimal places.
 Third place decimal <0.005 is eliminated, ≥ 0.005 is integrated up

DAFTAR GAMBAR

PERENCANAAN STRUKTUR DERMAGA GENERAL CARGO PELABUHAN GRESIK, KAB. GRESIK, JAWA TIMUR KAPASITAS 10.000 DWT DENGAN METODE BETON PRACETAK

DAFTAR ISI

NO	JUDUL	NOMOR	NO	JUDUL	NOMOR
1	COVER + DAFTAR ISI		18	POTONGAN MEMANJANG TRESTLE (C-C) 1	17
2	LAYOUT DERMAGA RENCANA	01	19	POTONGAN MEMANJANG TRESTLE (C-C) 2	18
3	PETA BATHYMETRI	02	20	POTONGAN MELINTANG TRESTLE (D-D)	19
4	DENAH DERMAGA	03	21	DETAIL PENULANGAN PELAT PRECAST A1	20
5	DENAH PONDASI DERMAGA	04	22	DETAIL PENULANGAN PELAT INSITU A1	21
6	DENAH BALOK DERMAGA	05	23	DETAIL PENULANGAN PELAT INSITU DERMAGA	22
7	DENAH PELAT DERMAGA	06	24	DETAIL PENULANGAN PELAT INSITU TRESTLE 1	23
8	DENAH BALOK PRACETAK	07	25	DETAIL PENULANGAN BALOK PRECAST	24
9	DENAH PELAT PRACETAK	08	26	DETAIL PENULANGAN BALOK INSITU DERMAGA 1	25
10	POTONGAN MEMANJANG DERMAGA (A-A) 1	09	27	DETAIL PENULANGAN BALOK INSITU DERMAGA 2	26
11	POTONGAN MEMANJANG DERMAGA (A-A) 2	10	28	DETAIL PENULANGAN BALOK TRESTLE	27
12	POTONGAN MELINTANG DERMAGA (B-B) 1	11	29	DETAIL PENULANGAN PILECAP DERMAGA	28
13	POTONGAN MELINTANG DERMAGA (B-B) 2	12	30	DETAIL PENULANGAN PILECAP TRESTLE	29
14	DENAH TRESTLE	13	31	DETAIL PENULANGAN ABUTMENT	30
15	DENAH PONDASI TRESTLE	14	32	DETAIL BOLARD DAN FENDER	31
16	DENAH BALOK TRESTLE	15			
17	DENAH PELAT TRESTLE	16			



JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR DERMAGA GENERAL CARGO PELABUHAN GRESIK, JAWA TIMUR KAPASITAS 10000 DWT DENGAN METODE BETON PRACETAK

NAMA MAHASISWA

MAHENDRA SURYA S
NRP.1011141000092

DOSEN PEMBIMBING

R. BUYUNG ANUGRAHA,
S.T.,M.T.,
NIP. 19740203 200212 1 002

REVISI

JUDUL GAMBAR

LAYOUT DERMAGA RENCANA

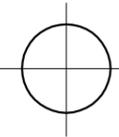
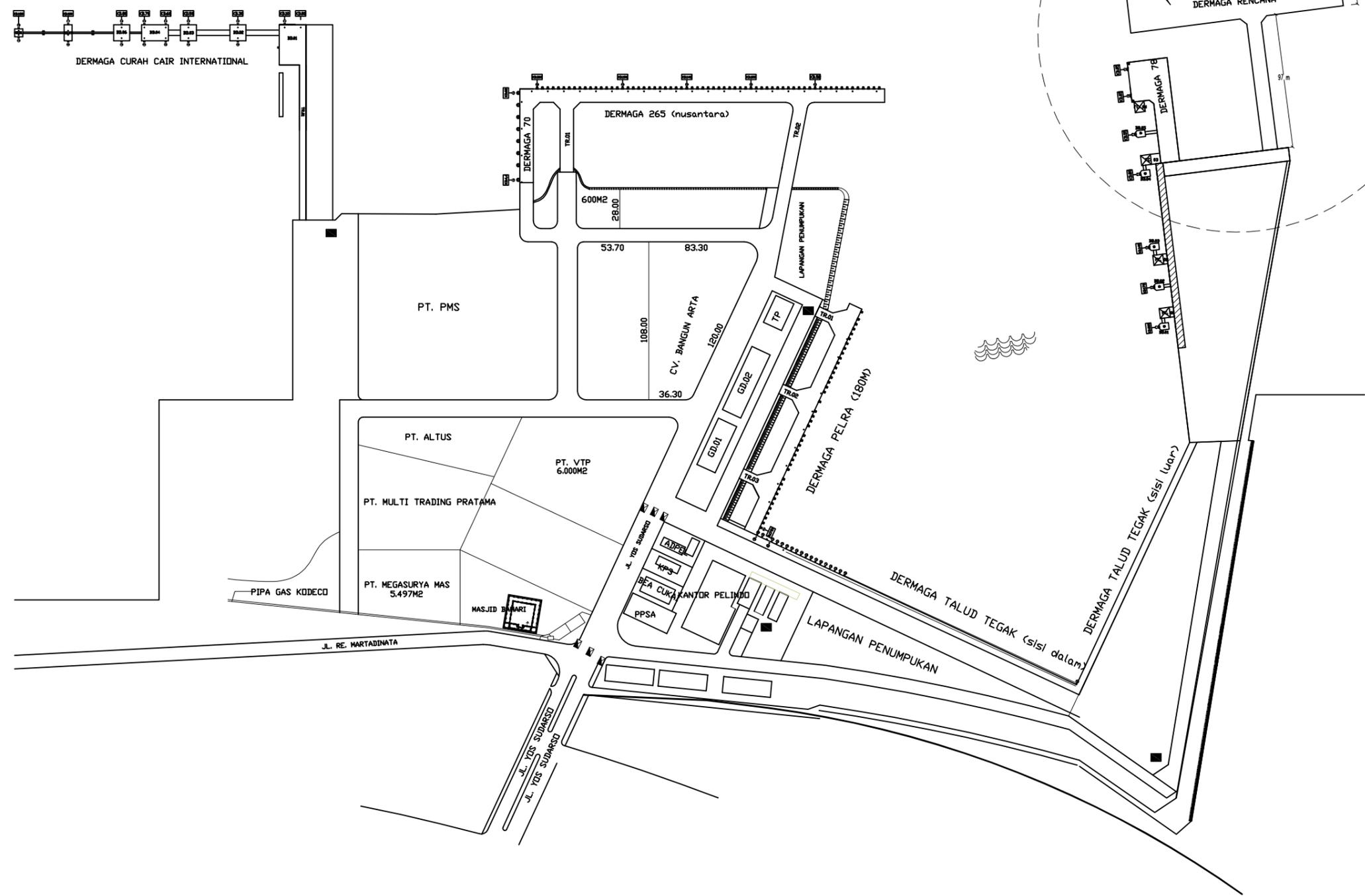
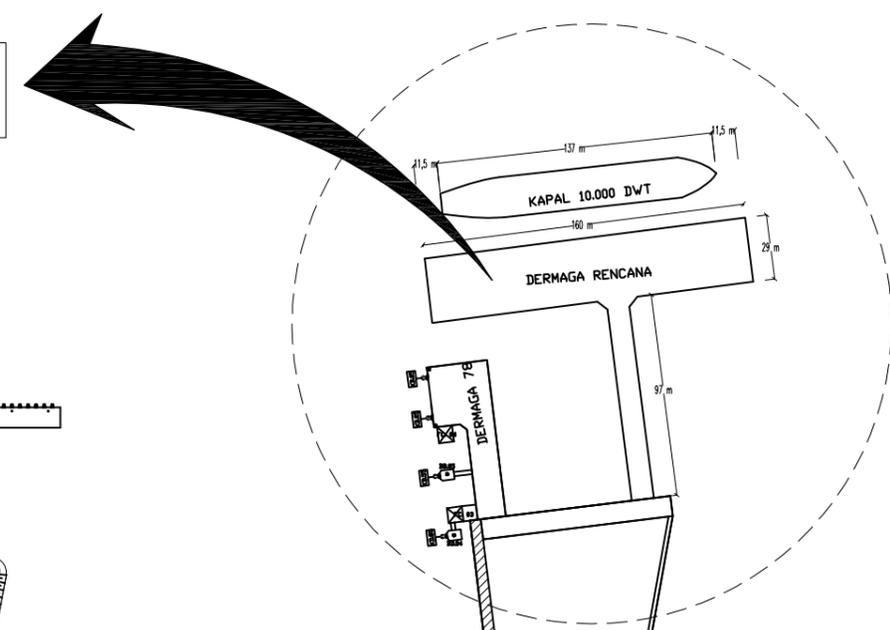
SKALA

1:350

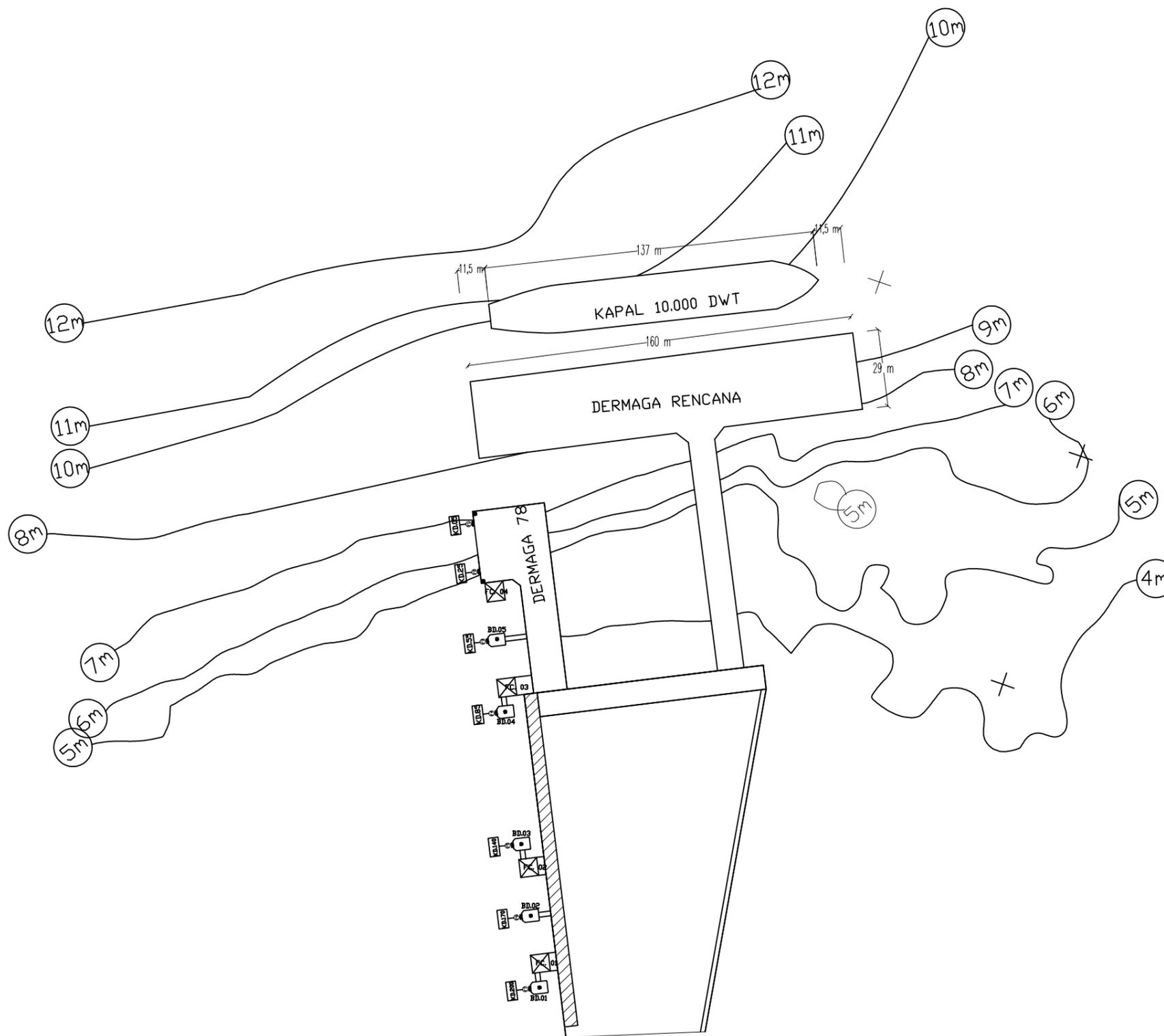
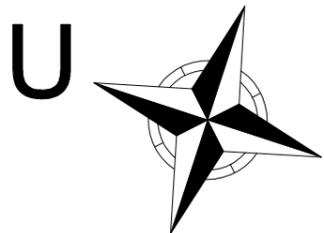
NO **JUMLAH**

1 31

LOKASI PERENCANAAN



LAYOUT DERMAGA RENCANA
SKALA 1:350



PETA BATHYMETRI
SKALA 1:200



JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR DERMAGA GENERAL CARGO PELABUHAN GRESIK KAB. GRESIK, JAWA TIMUR KAPASITAS 10000 DWT DENGAN METODE BETON PRACETAK

NAMA MAHASISWA

MAHENDRA SURYA S
NRP.10111410000092

DOSEN PEMBIMBING

R. BUYUNG ANUGRAHA,
S.T.,M.T.,
NIP. 19740203 200212 1 002

REVISI

JUDUL GAMBAR

PETA BATHYMETRI

SKALA

1:200

NO

JUMLAH

2

31



JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR DERMAGA GENERAL CARGO PELABUHAN GRESIK KAB. GRESIK, JAWA TIMUR KAPASITAS 10000 DWT DENGAN METODE BETON PRACETAK

NAMA MAHASISWA

MAHENDRA SURYA S
NRP.10111410000092

DOSEN PEMBIMBING

R.BUYUNG ANUGRAHA,
S.T.,M.T.,
NIP. 19740203 200212 1 002

REVISI

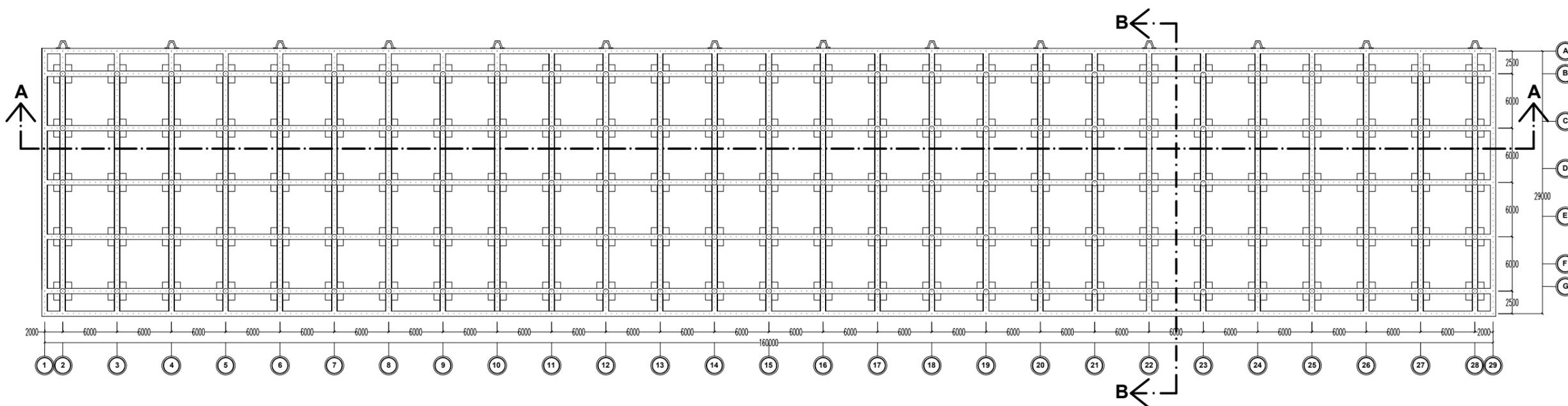
JUDUL GAMBAR

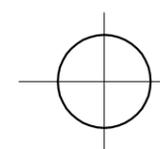
DENAH DERMAGA

SKALA

1:500

NO	JUMLAH
3	31



 **DENAH DERMAGA**
SKALA 1:500



JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR DERMAGA GENERAL CARGO PELABUHAN GRESIK KAB. GRESIK, JAWA TIMUR KAPASITAS 10000 DWT DENGAN METODE BETON PRACETAK

NAMA MAHASISWA

MAHENDRA SURYA S
NRP.10111410000092

DOSEN PEMBIMBING

R.BUYUNG ANUGRAHA,
S.T.,M.T.,

REVISI

JUDUL GAMBAR

DENAH PONDASI DERMAGA

SKALA

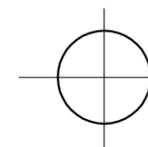
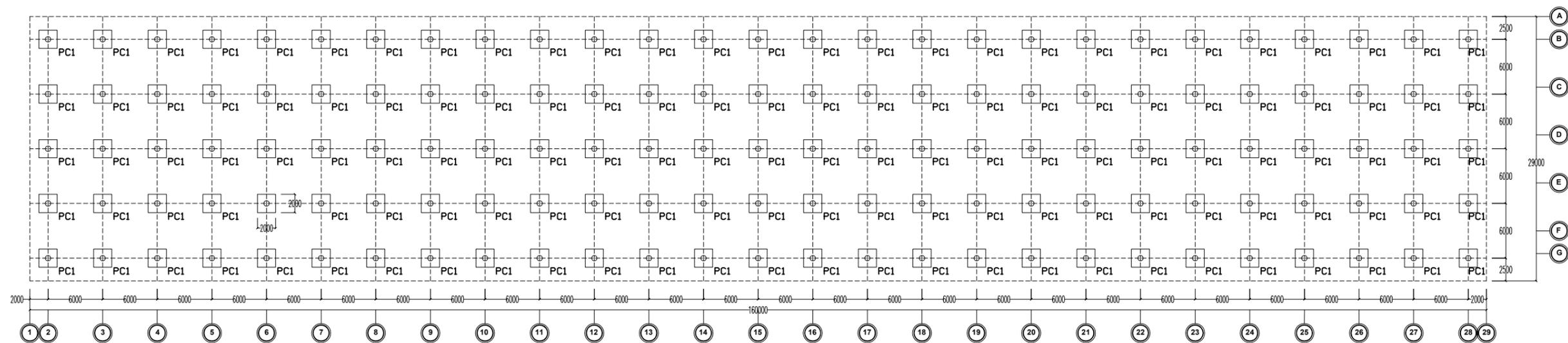
1:500

NO

JUMLAH

4

31



DENAH PONDASI DERMAGA

SKALA 1:500



JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR DERMAGA GENERAL CARGO PELABUHAN GRESIK KAB. GRESIK, JAWA TIMUR KAPASITAS 10000 DWT DENGAN METODE BETON PRACETAK

NAMA MAHASISWA

MAHENDRA SURYA S
NRP.10111410000092

DOSEN PEMBIMBING

R.BUYUNG ANUGRAHA,
S.T.,M.T.,

REVISI

JUDUL GAMBAR

DENAH BALOK DERMAGA

SKALA

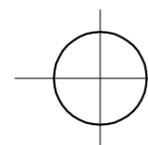
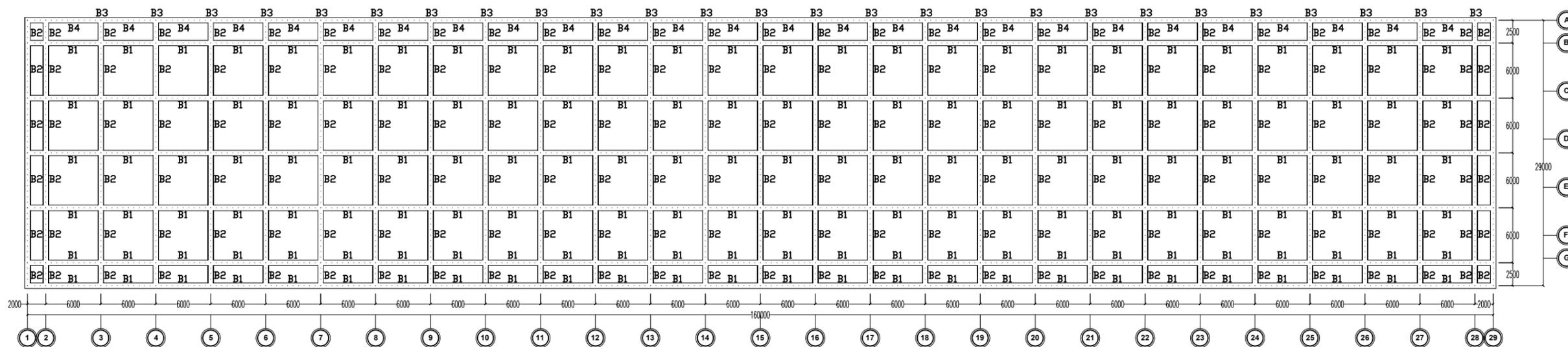
1:500

NO

JUMLAH

5

31



DENAH BALOK DERMAGA

SKALA 1:500

KETERANGAN :

B1 = BALOK MEMANJANG 75/140

B2 = BALOK MELINTANG 75/140

B3 = BALOK FENDER 75/300

B4 = BALOK LISTPLANK 75/140



JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR DERMAGA GENERAL CARGO PELABUHAN GRESIK KAB. GRESIK, JAWA TIMUR KAPASITAS 10000 DWT DENGAN METODE BETON PRACETAK

NAMA MAHASISWA

MAHENDRA SURYA S
NRP.10111410000092

DOSEN PEMBIMBING

R.BUYUNG ANUGRAHA,
S.T.,M.T.,

REVISI

JUDUL GAMBAR

DENAH PELAT DERMAGA

SKALA

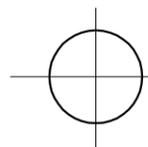
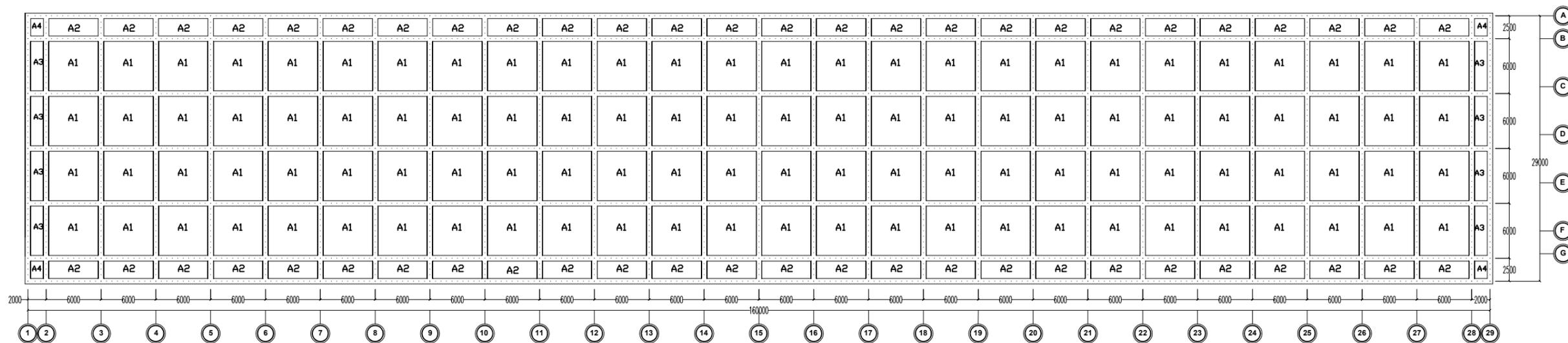
1:500

NO

JUMLAH

6

31



DENAH PELAT DERMAGA

SKALA 1:500



JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR DERMAGA GENERAL CARGO PELABUHAN GRESIK KAB. GRESIK, JAWA TIMUR KAPASITAS 10000 DWT DENGAN METODE BETON PRACETAK

NAMA MAHASISWA

MAHENDRA SURYA S
NRP.10111410000092

DOSEN PEMBIMBING

R.BUYUNG ANUGRAHA,
S.T.,M.T.,

REVISI

JUDUL GAMBAR

DENAH BALOK PRACETAK

SKALA

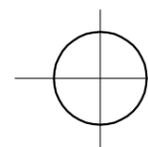
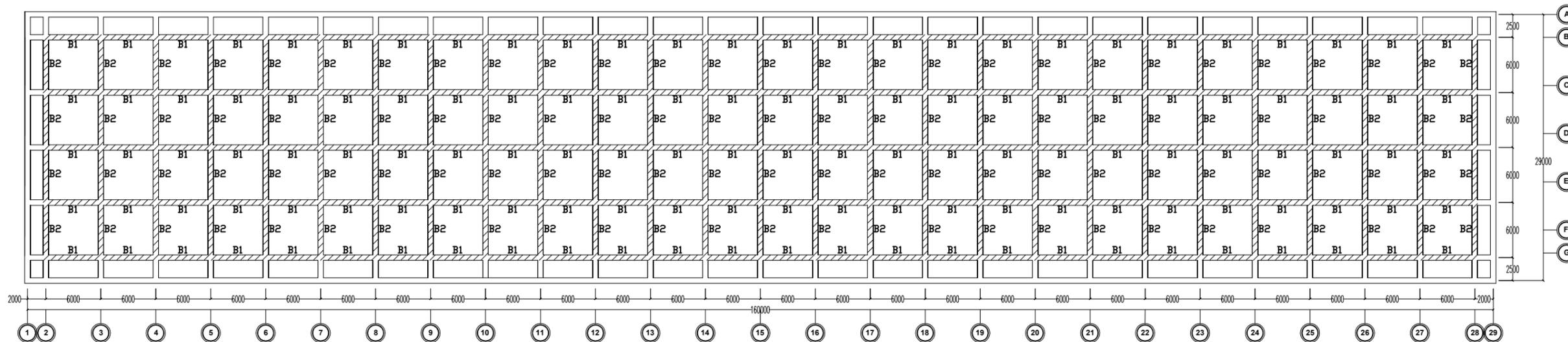
1:500

NO

JUMLAH

7

31



DENAH BALOK PRACETAK

SKALA 1:500

KETERANGAN :

B1 = BALOK MEMANJANG 75/140

B2 = BALOK MELINTANG 75/140



JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR DERMAGA GENERAL CARGO PELABUHAN GRESIK KAB. JAWA TIMUR KAPASITAS 10000 DWT DENGAN METODE BETON PRACETAK

NAMA MAHASISWA

MAHENDRA SURYA S
NRP.10111410000092

DOSEN PEMBIMBING

R.BUYUNG ANUGRAHA,
S.T.,M.T.,

REVISI

JUDUL GAMBAR

DENAH PELAT PRACETAK

SKALA

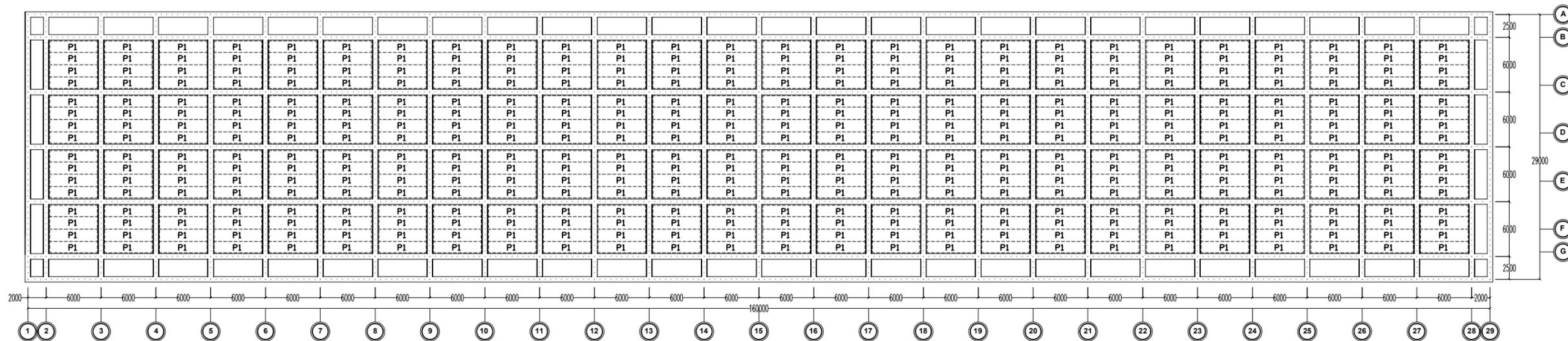
1:500

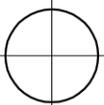
NO

JUMLAH

8

31



 **DENAH PELAT PRACETAK**
SKALA 1:500



JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR DERMAGA GENERAL CARGO PELABUHAN GRESIK KAB. GRESIK, JAWA TIMUR KAPASITAS 10000 DWT DENGAN METODE BETON PRACETAK

NAMA MAHASISWA

MAHENDRA SURYA S
NRP.1011141000092

DOSEN PEMBIMBING

R. BUYUNG ANUGRAHA ,
S.T.,M.T.,
NIP. 19740203 200212 1 002

REVISI

JUDUL GAMBAR

POTONGAN MEMANJANG (A-A) 1

SKALA

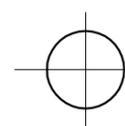
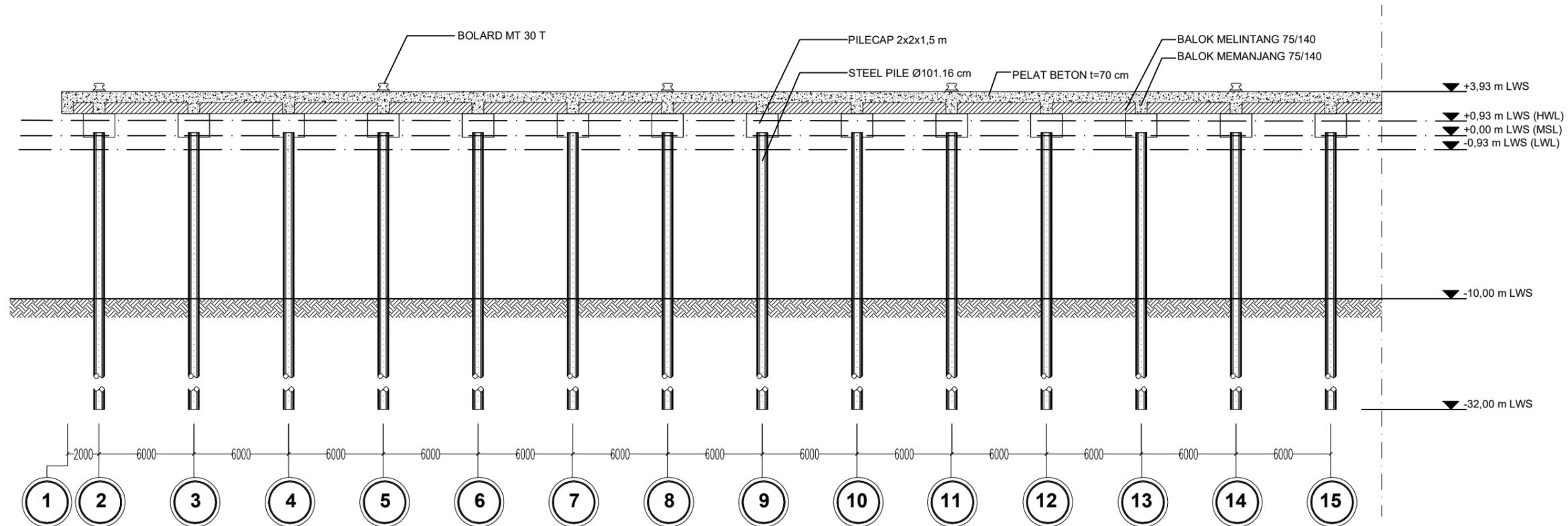
1:300

NO

JUMLAH

9

31



POTONGAN MEMANJANG (A-A) 1

SKALA 1:300



JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR DERMAGA GENERAL CARGO PELABUHAN GRESIK KAB. GRESIK, JAWA TIMUR KAPASITAS 10000 DWT DENGAN METODE BETON PRACETAK

NAMA MAHASISWA

MAHENDRA SURYA S
NRP.10111410000092

DOSEN PEMBIMBING

R. BUYUNG ANUGRAHA ,
S.T.,M.T.,
NIP. 19740203 200212 1 002

REVISI

JUDUL GAMBAR

POTONGAN MEMANJANG (A-A) 2

SKALA

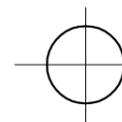
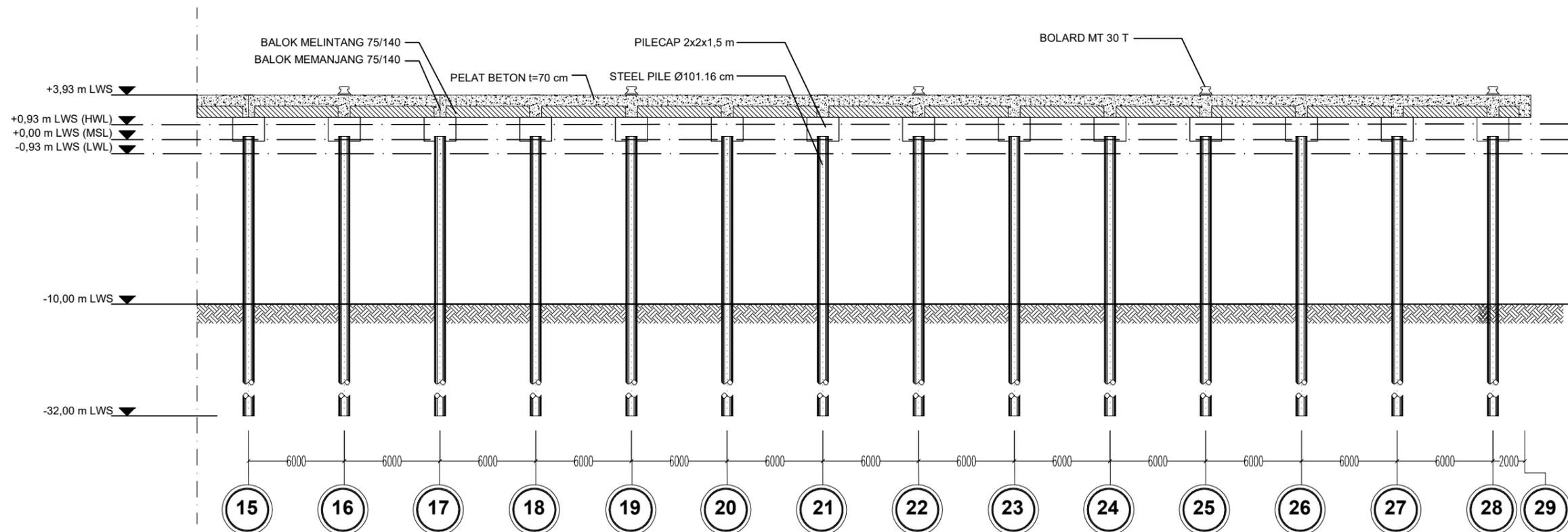
1:300

NO

JUMLAH

10

31



POTONGAN MEMANJANG (A-A) 2

SKALA 1:300



JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR DERMAGA GENERAL CARGO PELABUHAN GRESIK KAB. GRESIK, JAWA TIMUR KAPASITAS 10000 DWT DENGAN METODE BETON PRACETAK

NAMA MAHASISWA

MAHENDRA SURYA S
NRP.1011141000092

DOSEN PEMBIMBING

R. BUYUNG ANUGRAHA,
S.T.,M.T.,
NIP. 19740203 200212 1 002

REVISI

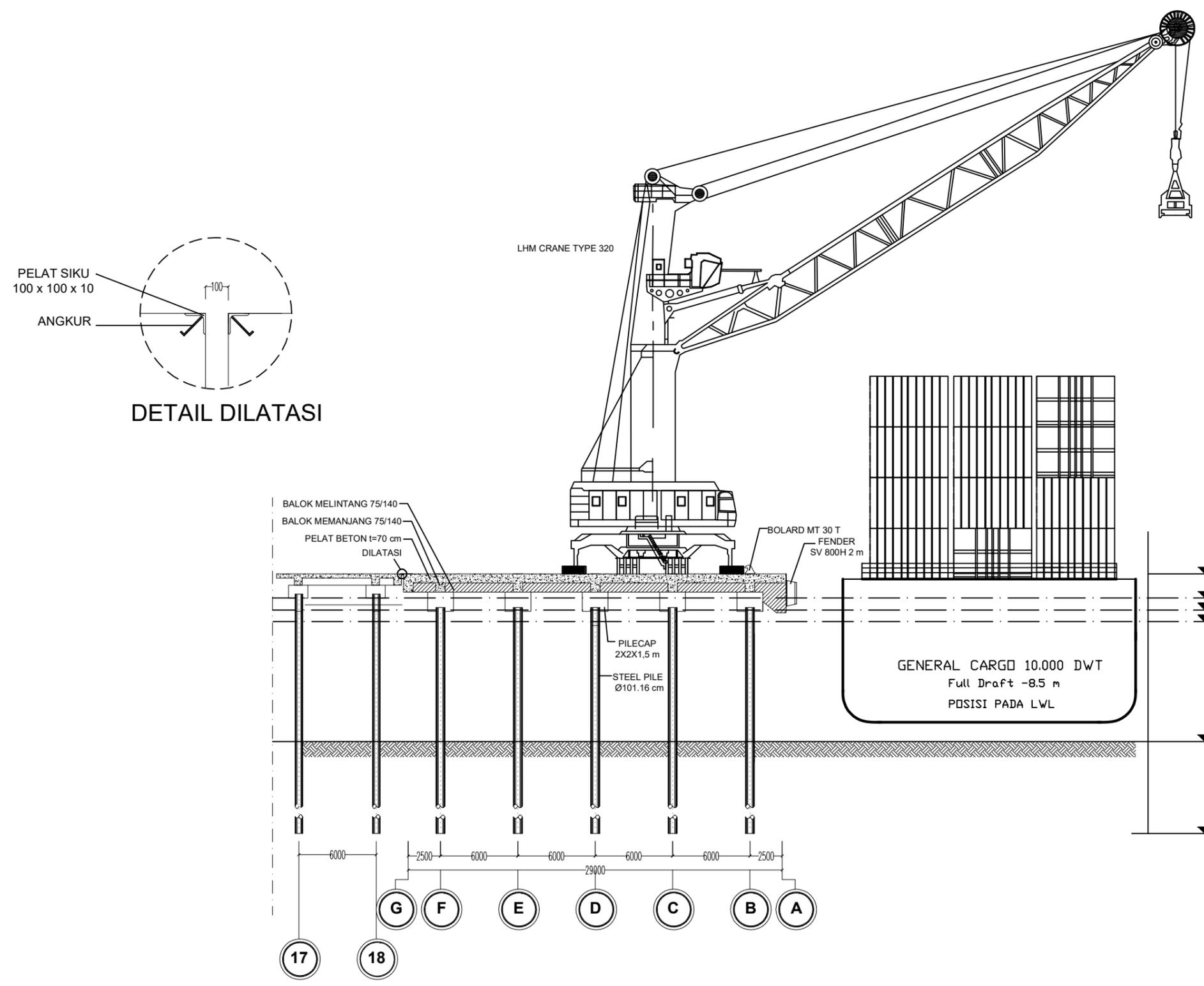
JUDUL GAMBAR

POTONGAN MELINTANG DERMAGA 1

SKALA

1:350

NO	JUMLAH
11	31



POTONGAN MELINTANG (B-B) 1
SKALA 1:300



JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR DERMAGA GENERAL CARGO PELABUHAN GRESIK KAB. GRESIK, JAWA TIMUR KAPASITAS 10000 DWT DENGAN METODE BETON PRACETAK

NAMA MAHASISWA

MAHENDRA SURYA S
NRP.10111410000092

DOSEN PEMBIMBING

R. BUYUNG ANUGRAHA,
S.T.,M.T.,
NIP. 19740203 200212 1 002

REVISI

JUDUL GAMBAR

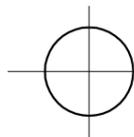
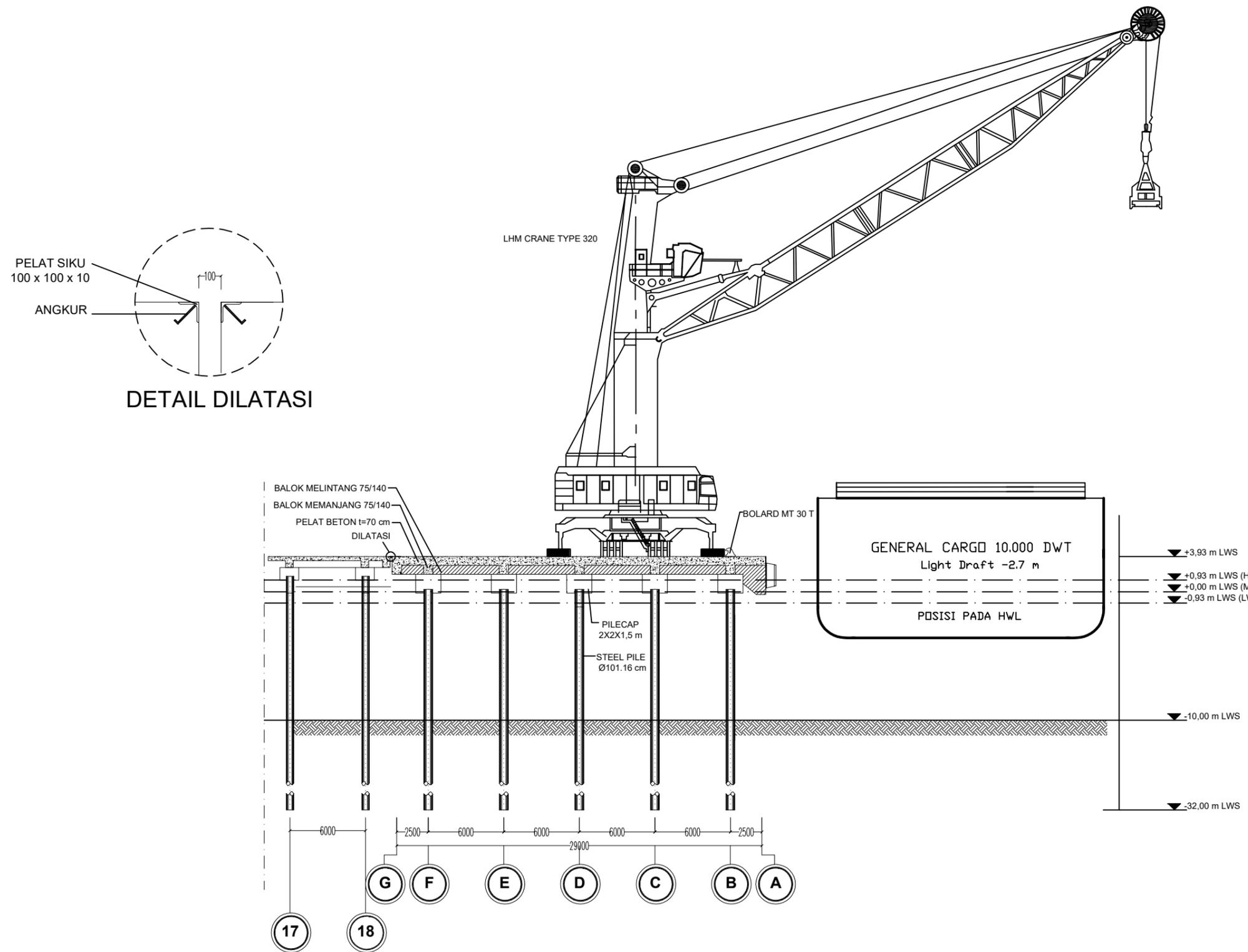
POTONGAN MELINTANG DERMAGA 2

SKALA

1:350

NO	JUMLAH
----	--------

12	31
----	----



POTONGAN MELINTANG (B-B) 2

SKALA 1:300



JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR DERMAGA GENERAL CARGO PELABUHAN GRESIK KAB. GRESIK, JAWA TIMUR KAPASITAS 10000 DWT DENGAN METODE BETON PRACETAK

NAMA MAHASISWA

MAHENDRA SURYA S
NRP.1011141000092

DOSEN PEMBIMBING

R. BUYUNG ANUGRAHA,
S.T.,M.T.,
NIP. 19740203 200212 1 002

REVISI

JUDUL GAMBAR

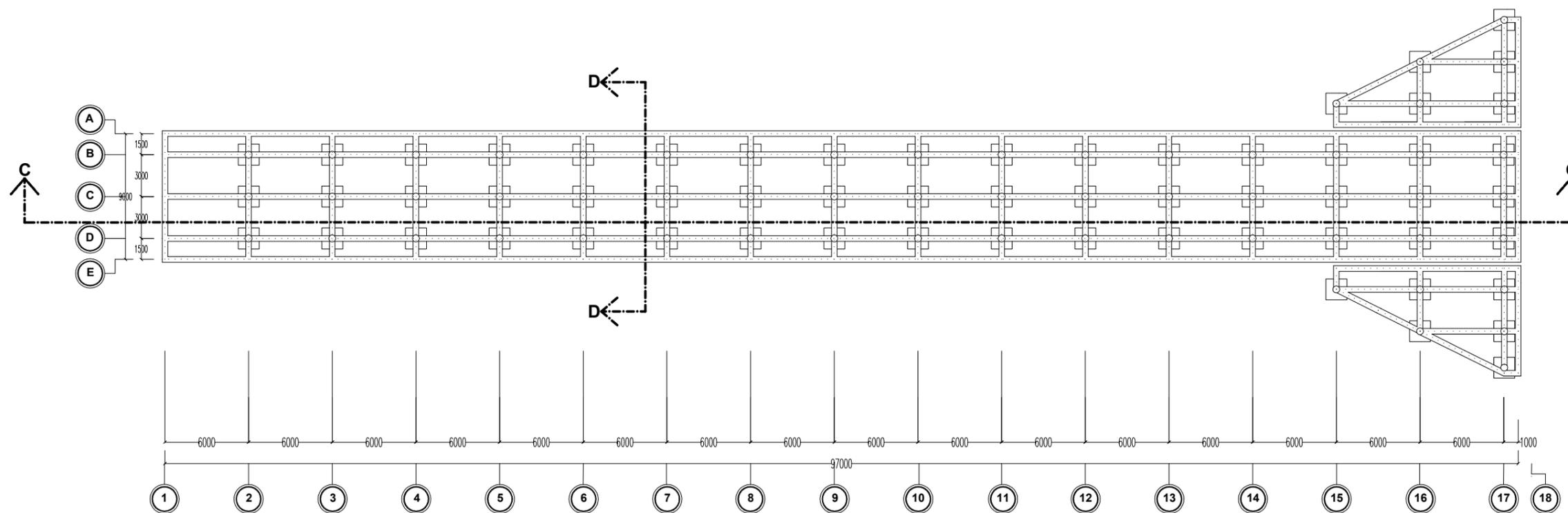
DENAH TRESTLE

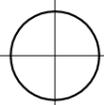
SKALA

1:350

NO	JUMLAH
----	--------

13	31
----	----



 **DENAH TRESTLE**
SKALA 1:350



JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR DERMAGA GENERAL CARGO PELABUHAN GRESIK KAB. GRESIK, JAWA TIMUR KAPASITAS 10000 DWT DENGAN METODE BETON PRACETAK

NAMA MAHASISWA

MAHENDRA SURYA S
NRP.1011141000092

DOSEN PEMBIMBING

R. BUYUNG ANUGRAHA,
S.T.,M.T.,
NIP. 19740203 200212 1 002

REVISI

JUDUL GAMBAR

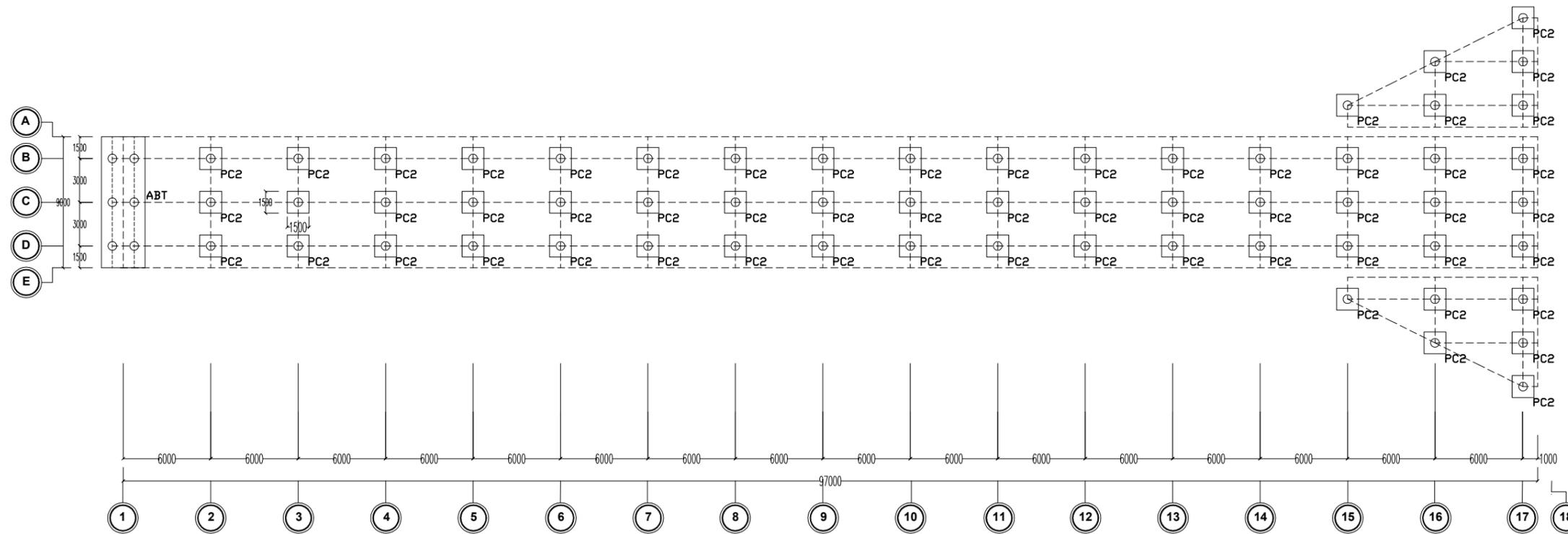
DENAH PONDASI TRESTLE

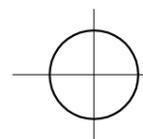
SKALA

1:350

NO **JUMLAH**

14 31



 **DENAH PONDASI TRESTLE**
SKALA 1:350



JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR DERMAGA GENERAL CARGO PELABUHAN GRESIK KAB. GRESIK, JAWA TIMUR KAPASITAS 10000 DWT DENGAN METODE BETON PRACETAK

NAMA MAHASISWA

MAHENDRA SURYA S
NRP. 10111410000092

DOSEN PEMBIMBING

R. BUYUNG ANUGRAHA, S.T.,M.T.,

NIP. 19740203 200212 1 002

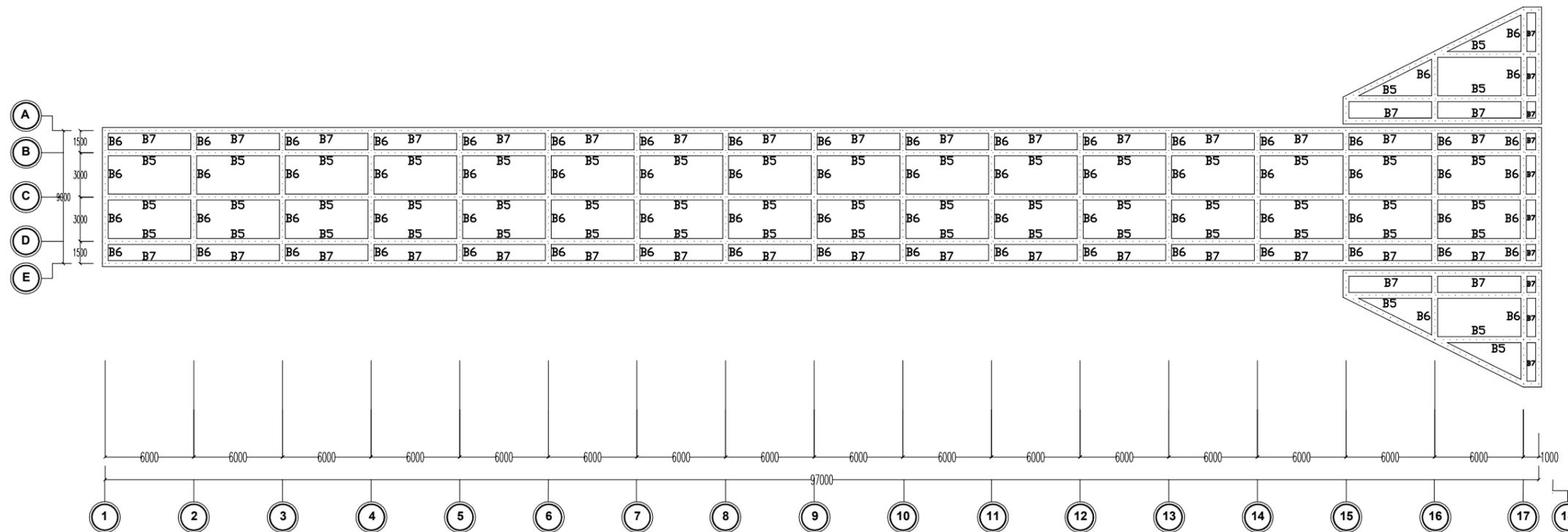
JUDUL GAMBAR

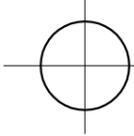
DENAH BALOK TRESTLE

SKALA 1:350

NO **JUMLAH**

15 31



 **DENAH BALOK TRESTLE**
SKALA 1:350

KETERANGAN :

B5 = BALOK MEMANJANG 60/90

B6 = BALOK MELINTANG 60/90

B7 = BALOK TEPI 40/60



JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR DERMAGA GENERAL CARGO PELABUHAN GRESIK KAB. GRESIK, JAWA TIMUR KAPASITAS 10000 DWT DENGAN METODE BETON PRACETAK

NAMA MAHASISWA

MAHENDRA SURYA S
NRP.1011141000092

DOSEN PEMBIMBING

R. BUYUNG ANUGRAHA,
S.T.,M.T.,
NIP. 19740203 200212 1 002

REVISI

JUDUL GAMBAR

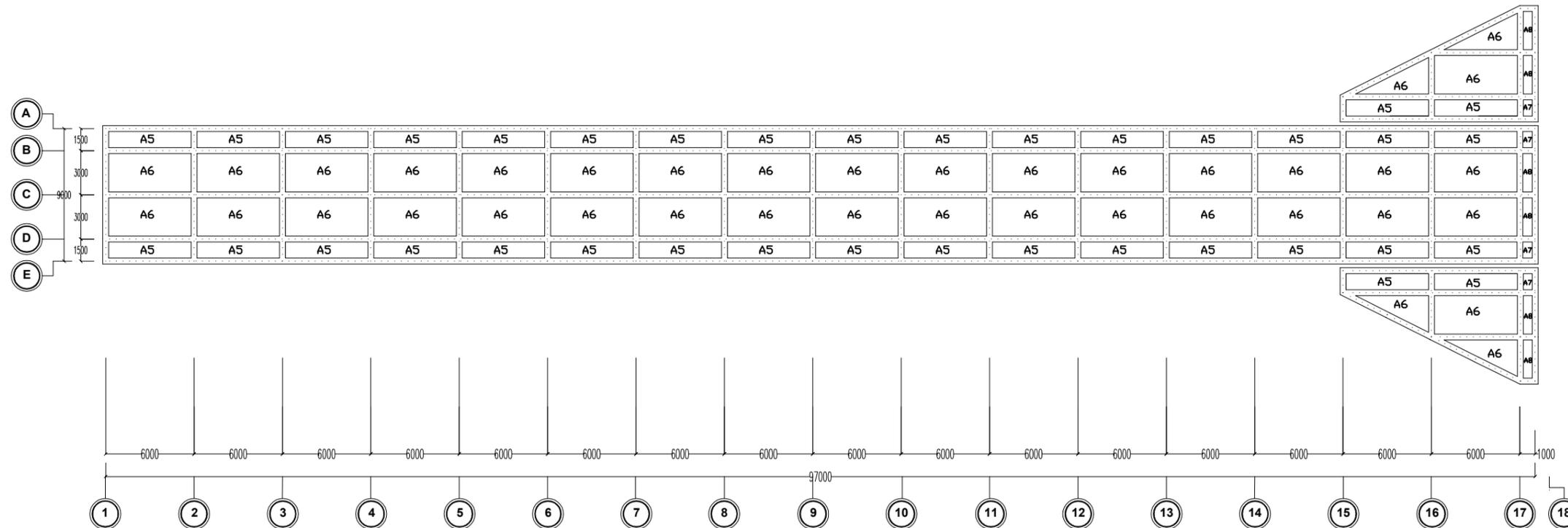
DENAH PELAT TRESTLE

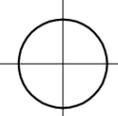
SKALA

1:350

NO **JUMLAH**

16 31



 **DENAH PELAT TRESTLE**
SKALA 1:350



JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR DERMAGA GENERAL CARGO PELABUHAN GRESIK KAB. GRESIK, JAWA TIMUR KAPASITAS 10000 DWT DENGAN METODE BETON PRACETAK

NAMA MAHASISWA

MAHENDRA SURYA S
NRP.10111410000092

DOSEN PEMBIMBING

R. BUYUNG ANUGRAHA,
S.T.,M.T.,
NIP. 19740203 200212 1 002

REVISI

JUDUL GAMBAR

POT. MEMANJANG TRESTLE
(C-C) 1

SKALA

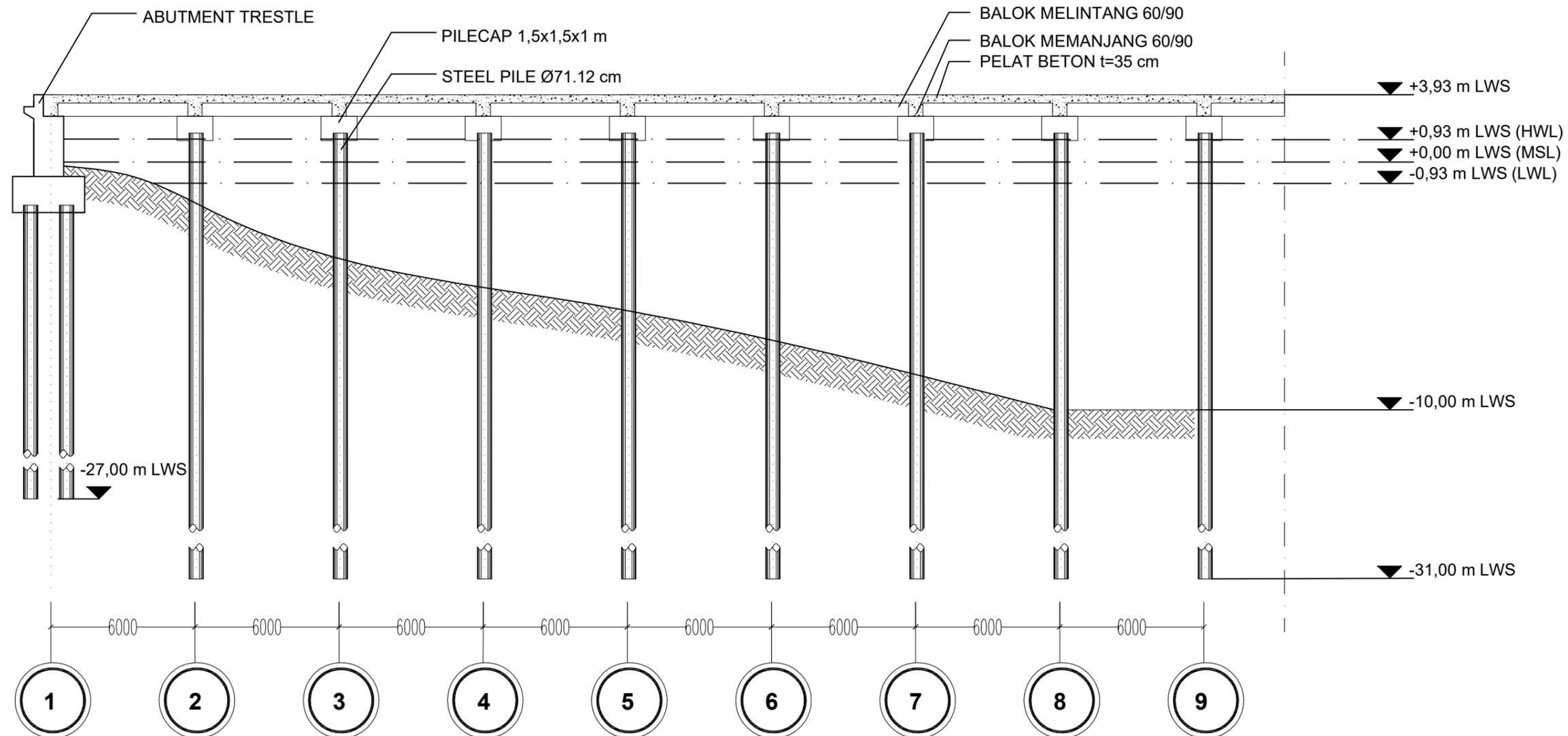
1:200

NO

JUMLAH

17

31



POTONGAN MEMANJANG TRESTLE (C-C) 1
SKALA 1:200



JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR DERMAGA GENERAL CARGO PELABUHAN GRESIK KAB. GRESIK, JAWA TIMUR KAPASITAS 10000 DWT DENGAN METODE BETON PRACETAK

NAMA MAHASISWA

MAHENDRA SURYA S
NRP.1011141000092

DOSEN PEMBIMBING

R. BUYUNG ANUGRAHA,
S.T.,M.T.,
NIP. 19740203 200212 1 002

REVISI

JUDUL GAMBAR

POT. MEMANJANG TRESTLE
(C-C) 2

SKALA

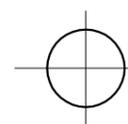
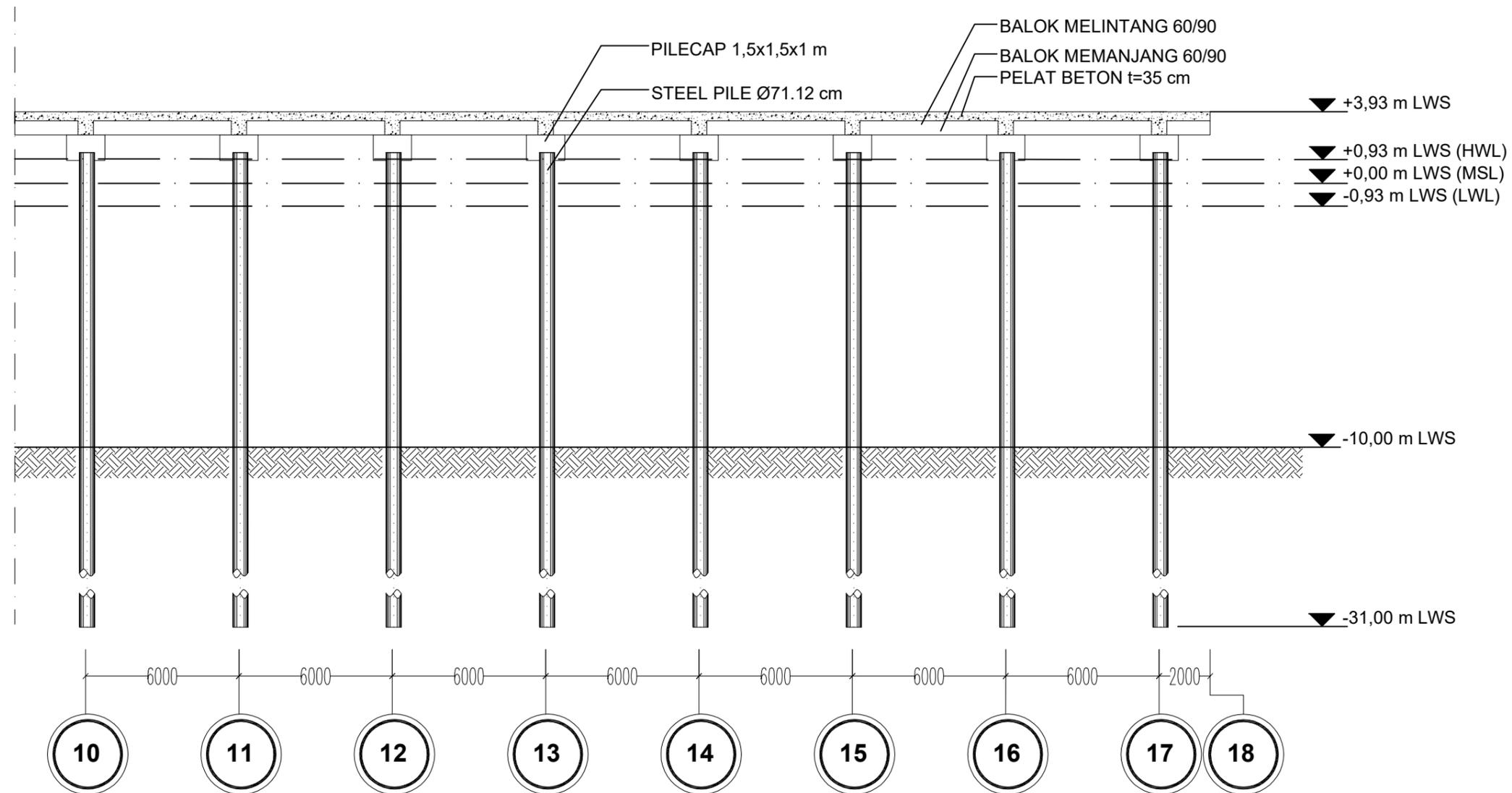
1:200

NO

JUMLAH

18

31



POTONGAN MEMANJANG TRESTLE (C-C) 2

SKALA 1:200



JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR DERMAGA GENERAL CARGO PELABUHAN GRESIK KAB. GRESIK, JAWA TIMUR KAPASITAS 10000 DWT DENGAN METODE BETON PRACETAK

NAMA MAHASISWA

MAHENDRA SURYA S
NRP.10111410000092

DOSEN PEMBIMBING

R. BUYUNG ANUGRAHA ,
S.T.,M.T.,
NIP. 19740203 200212 1 002

REVISI

JUDUL GAMBAR

POTONGAN MELINTANG TRESTLE (D-D)

SKALA

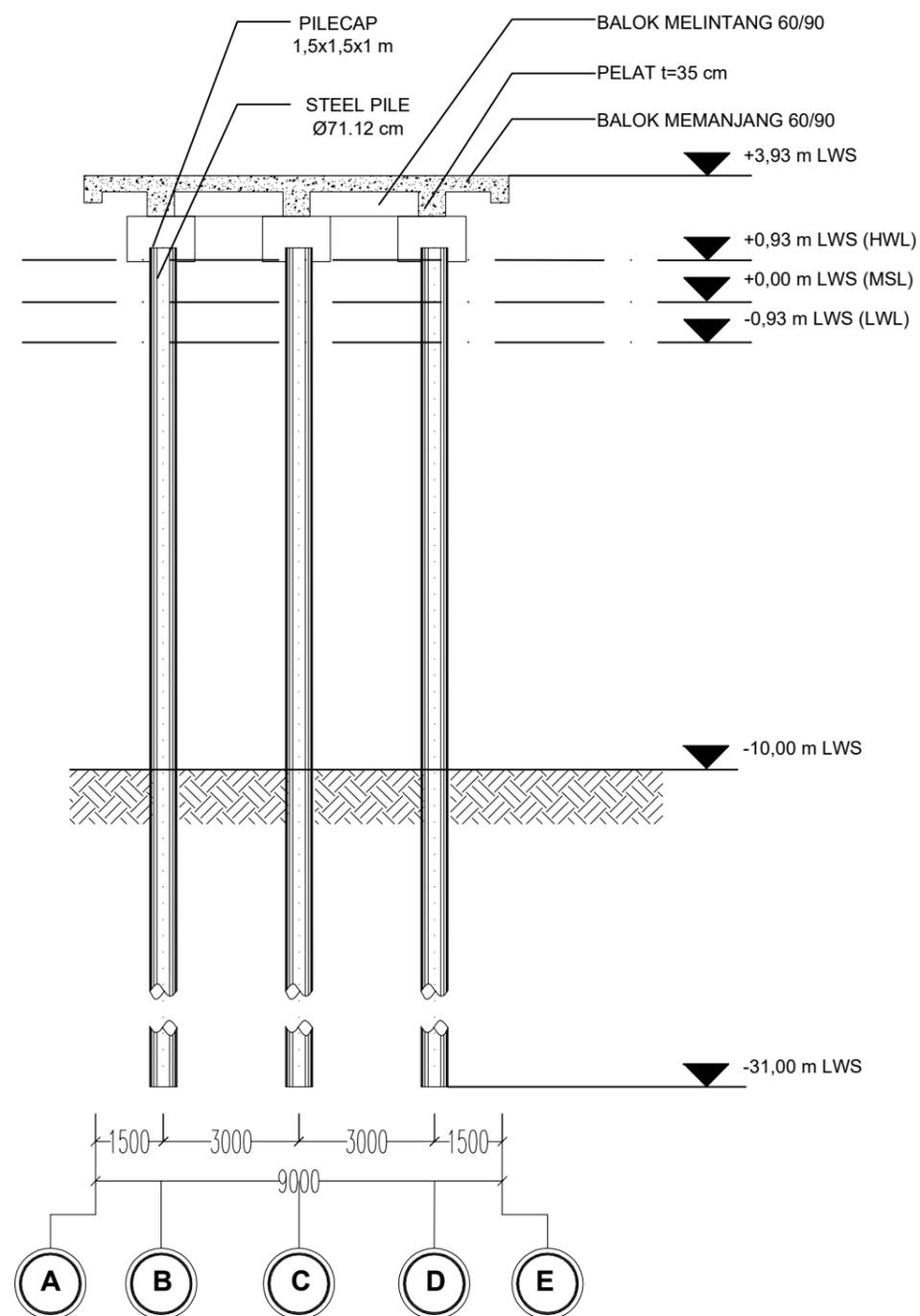
1:150

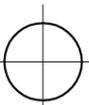
NO

JUMLAH

19

31



 **POTONGAN MELINTANG TRESTLE (D-D)**
SKALA 1:150



JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR DERMAGA GENERAL CARGO PELABUHAN GRESIK KAB. GRESIK, JAWA TIMUR KAPASITAS 10000 DWT DENGAN METODE BETON PRACETAK

NAMA MAHASISWA

MAHENDRA SURYA S
NRP.10111410000092

DOSEN PEMBIMBING

R. BUYUNG ANUGRAHA,
S.T.,M.T.,
NIP. 19740203 200212 1 002

REVISI

JUDUL GAMBAR

DETAIL PENULANGAN PELAT PRECAST (A1)

SKALA

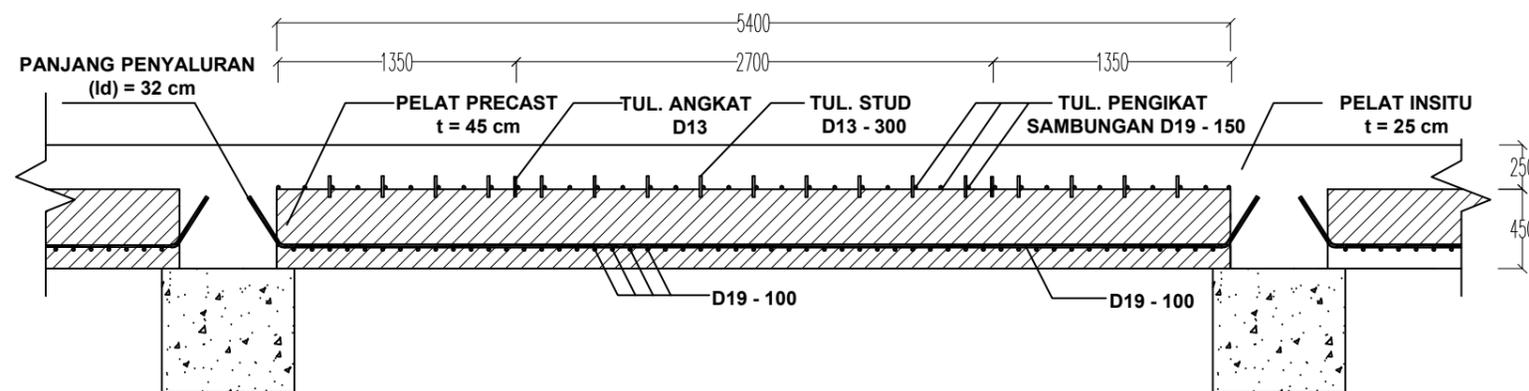
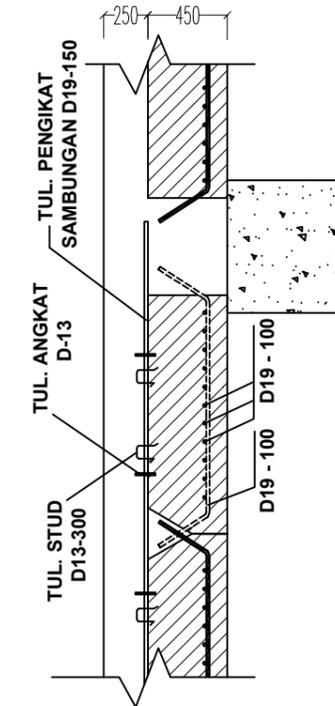
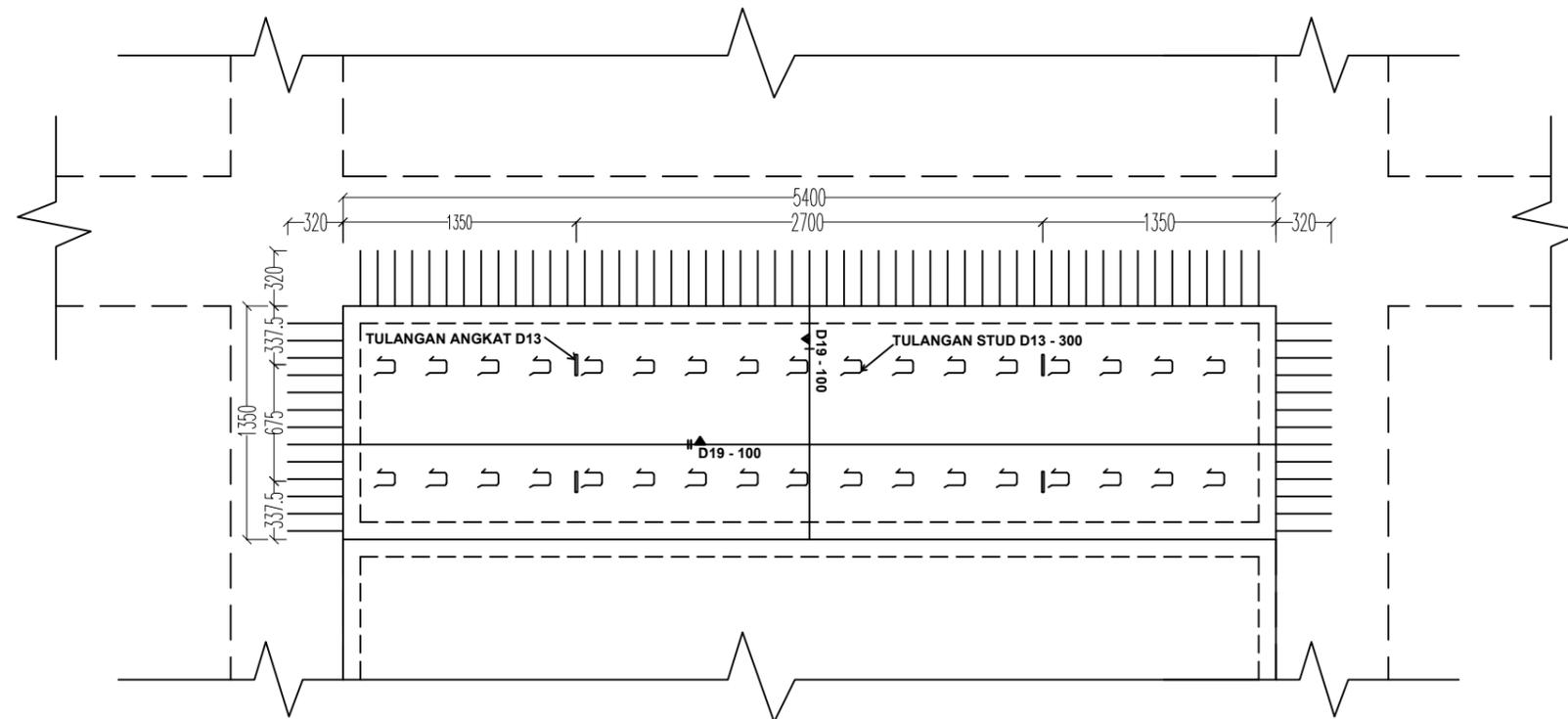
1:40

NO

JUMLAH

20

31



DETAIL PENULANGAN PELAT PRECAST A1
SKALA 1:40



JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR DERMAGA GENERAL CARGO PELABUHAN GRESIK KAB. GRESIK, JAWA TIMUR KAPASITAS 10000 DWT DENGAN METODE BETON PRACETAK

NAMA MAHASISWA

MAHENDRA SURYA S
NRP.10111410000092

DOSEN PEMBIMBING

R. BUYUNG ANUGRAHA,
S.T.,M.T.,
NIP. 19740203 200212 1 002

REVISI

JUDUL GAMBAR

DETAIL PENULANGAN PELAT INSITU A1

SKALA

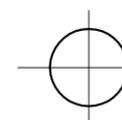
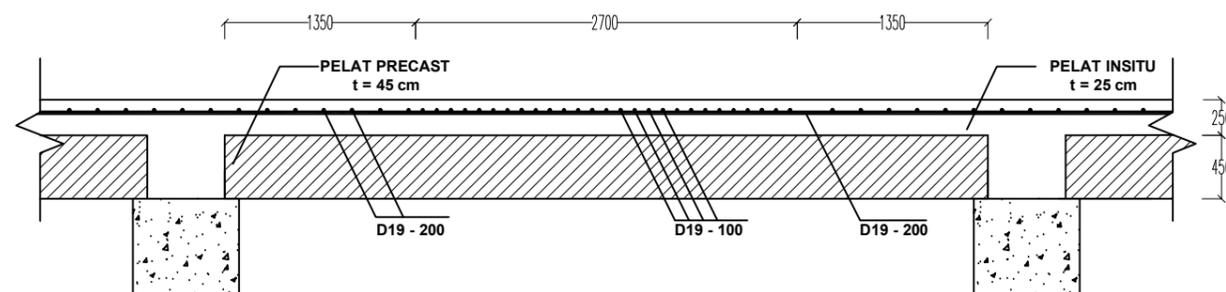
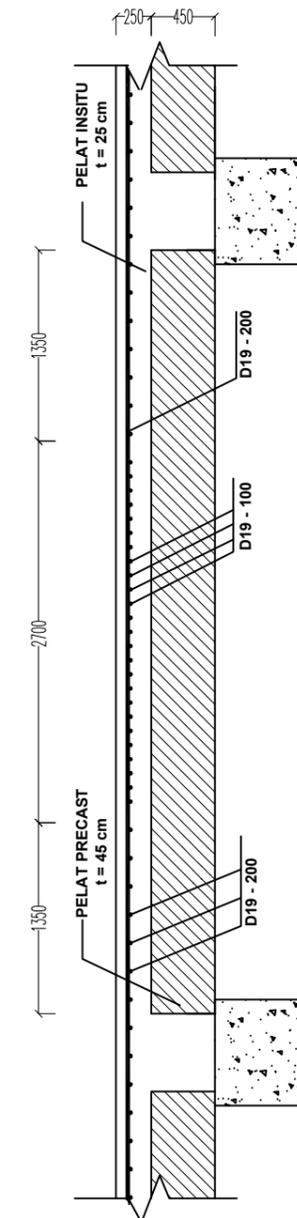
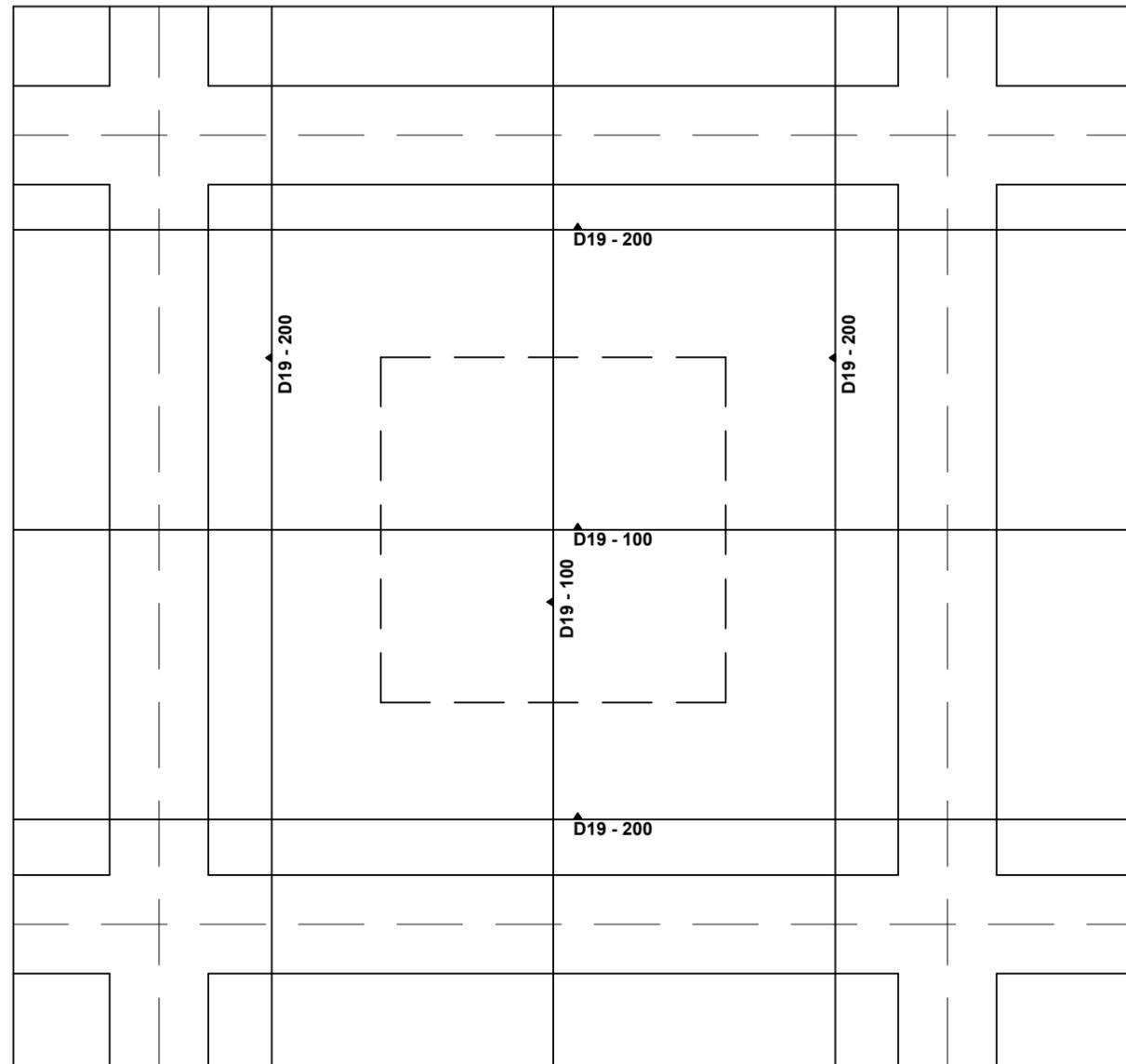
1:50

NO

JUMLAH

21

31



DETAIL PENULANGAN PELAT INSITU A1

SKALA 1:50



JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR DERMAGA GENERAL CARGO PELABUHAN GRESIK KAB. GRESIK, JAWA TIMUR KAPASITAS 10000 DWT DENGAN METODE BETON PRACETAK

NAMA MAHASISWA

MAHENDRA SURYA S
NRP.10111410000092

DOSEN PEMBIMBING

R. BUYUNG ANUGRAHA,
S.T.,M.T.,
NIP. 19740203 200212 1 002

REVISI

JUDUL GAMBAR

DETAIL PENULANGAN PELAT
INSITU DERMAGA

SKALA

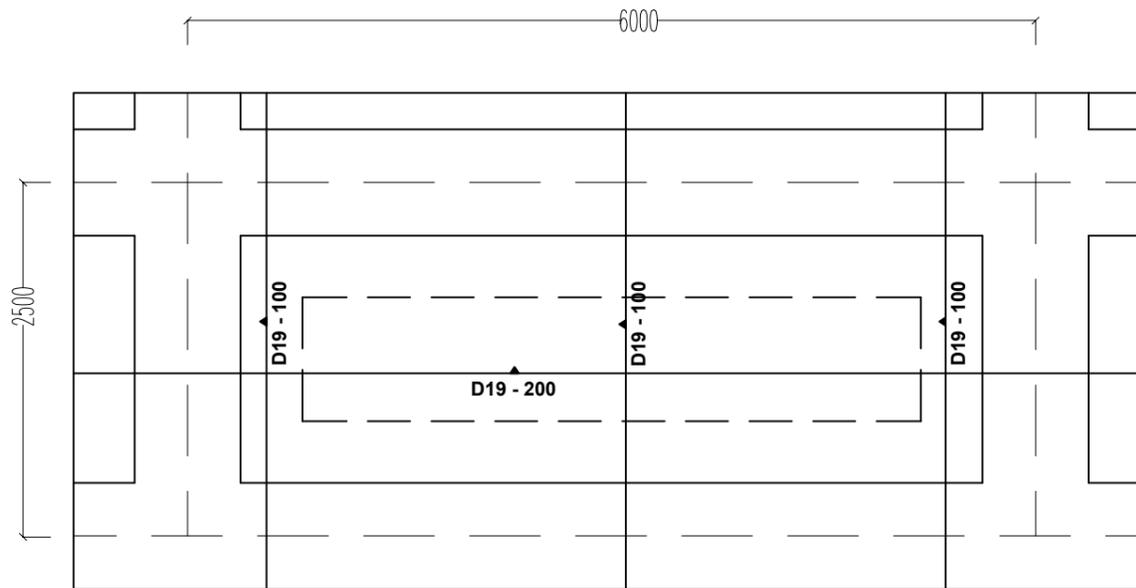
1:50

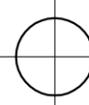
NO

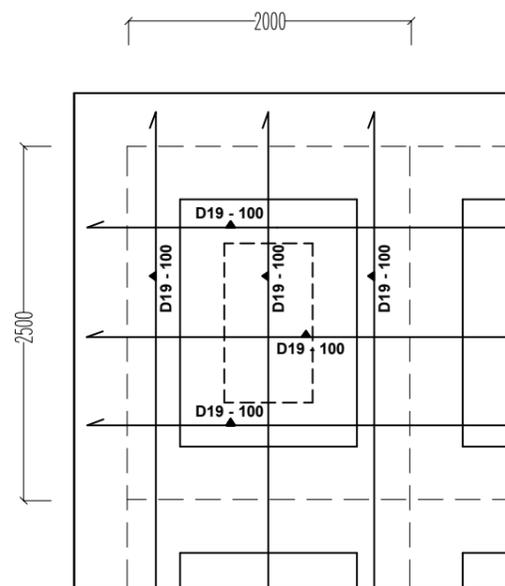
JUMLAH

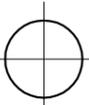
22

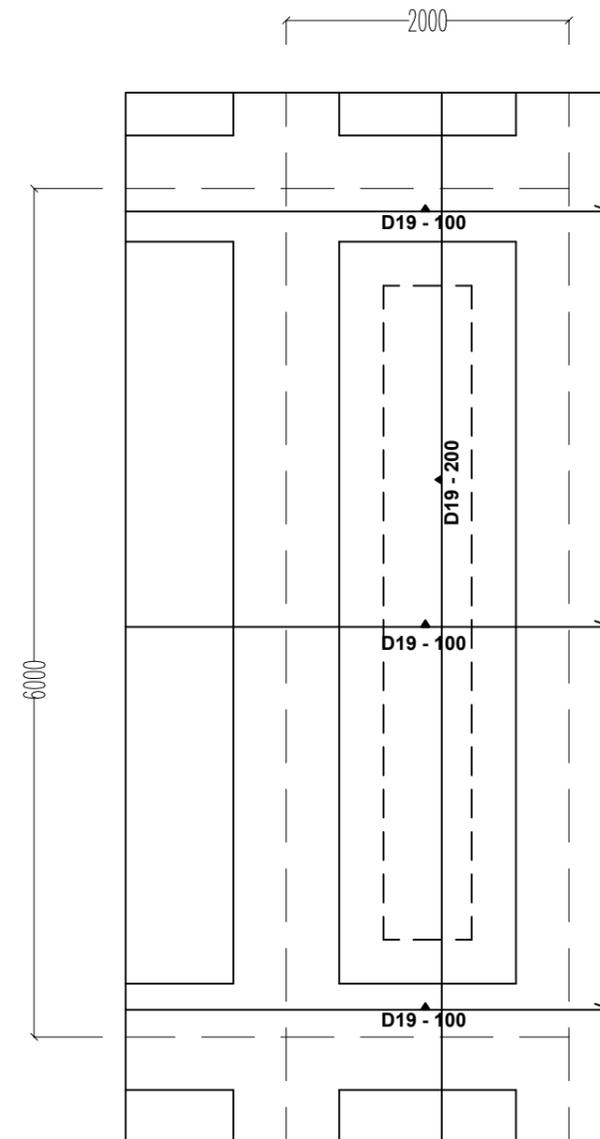
31

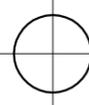


 **DETAIL PENULANGAN PELAT INSITU A2**
SKALA 1:50



 **DETAIL PENULANGAN PELAT INSITU A4**
SKALA 1:50



 **DETAIL PENULANGAN PELAT INSITU A3**
SKALA 1:50



JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR DERMAGA GENERAL CARGO PELABUHAN GRESIK KAB. GRESIK, JAWA TIMUR KAPASITAS 10000 DWT DENGAN METODE BETON PRACETAK

NAMA MAHASISWA

MAHENDRA SURYA S
NRP.1011141000092

DOSEN PEMBIMBING

R. BUYUNG ANUGRAHA,
S.T.,M.T.,
NIP. 19740203 200212 1 002

REVISI

JUDUL GAMBAR

DETAIL PENULANGAN PELAT INSITU TRESTLE 1

SKALA

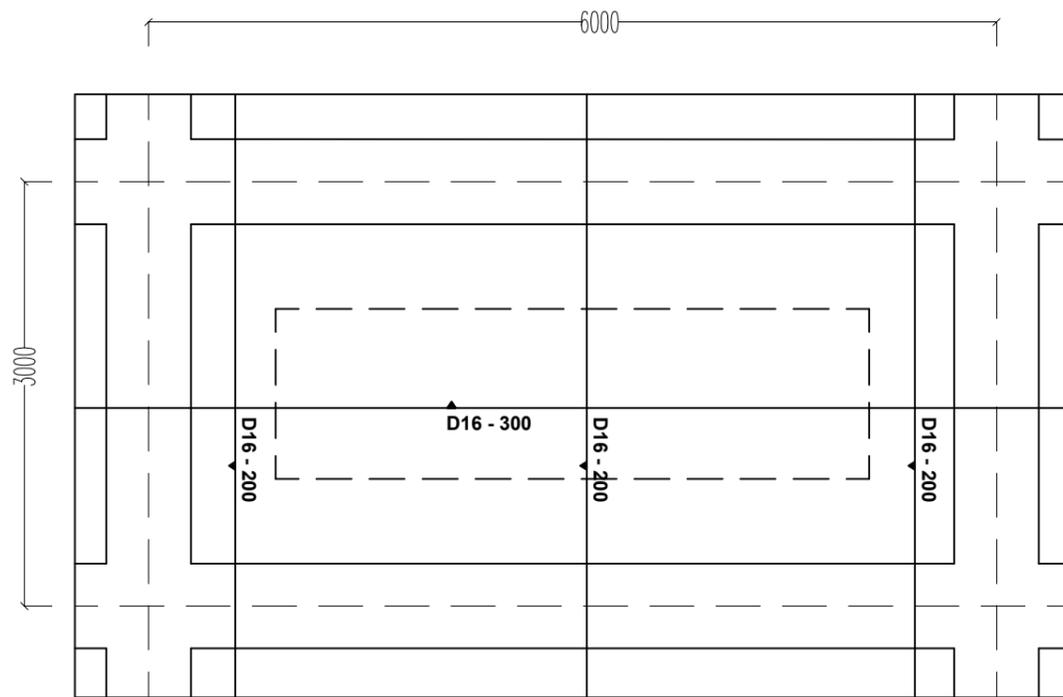
1:50

NO

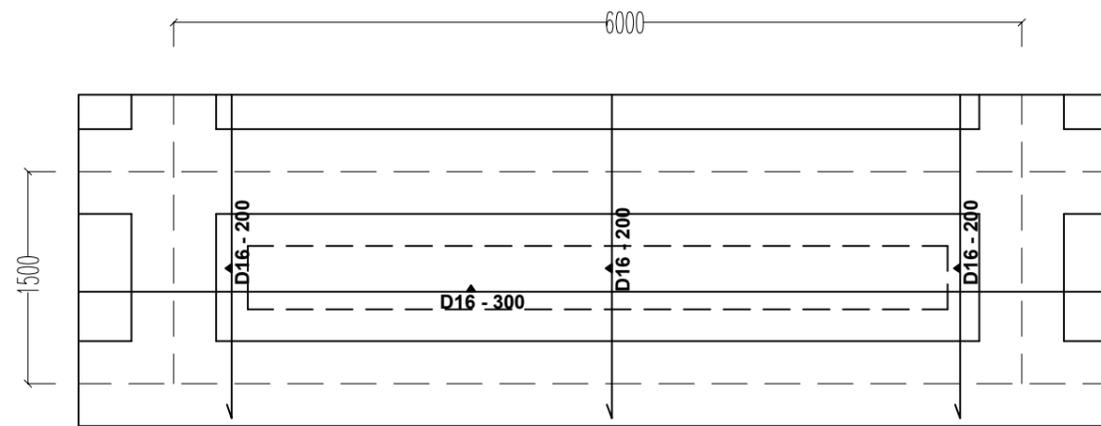
JUMLAH

23

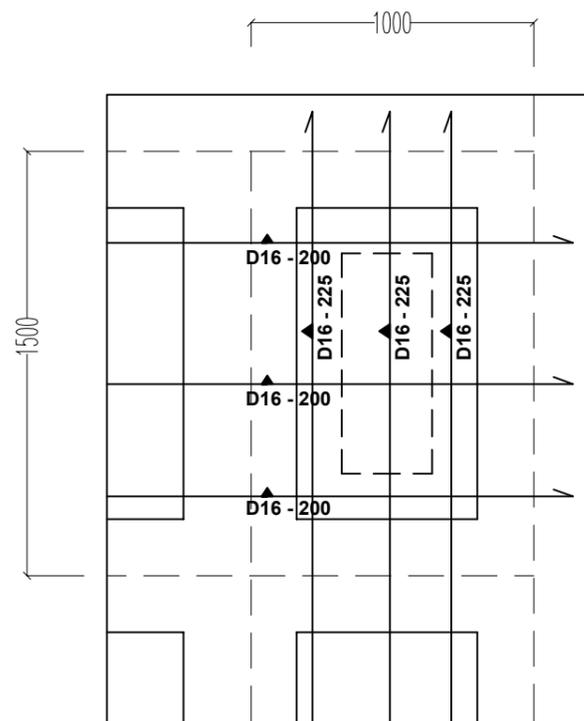
31



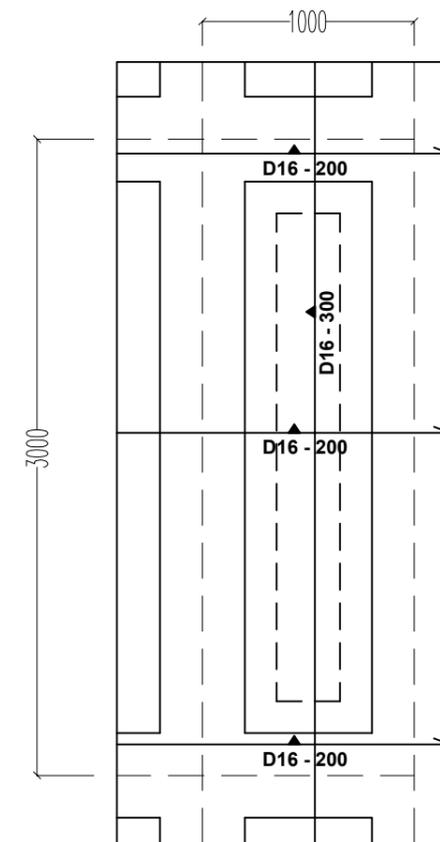
DETAIL PENULANGAN PELAT TRESTLE A5
SKALA 1:50



DETAIL PENULANGAN PELAT TRESTLE A6
SKALA 1:50



DETAIL PENULANGAN PELAT TRESTLE A7
SKALA 1:25



DETAIL PENULANGAN PELAT TRESTLE A8
SKALA 1:25



JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR DERMAGA GENERAL CARGO PELABUHAN GRESIK KAB. GRESIK, JAWA TIMUR KAPASITAS 10000 DWT DENGAN METODE BETON PRACETAK

NAMA MAHASISWA

MAHENDRA SURYA S
NRP.1011141000092

DOSEN PEMBIMBING

R. BUYUNG ANUGRAHA,
S.T.,M.T.,
NIP. 19740203 200212 1 002

REVISI

JUDUL GAMBAR

DETAIL PENULANGAN BALOK PRECAST

SKALA

1:50

NO

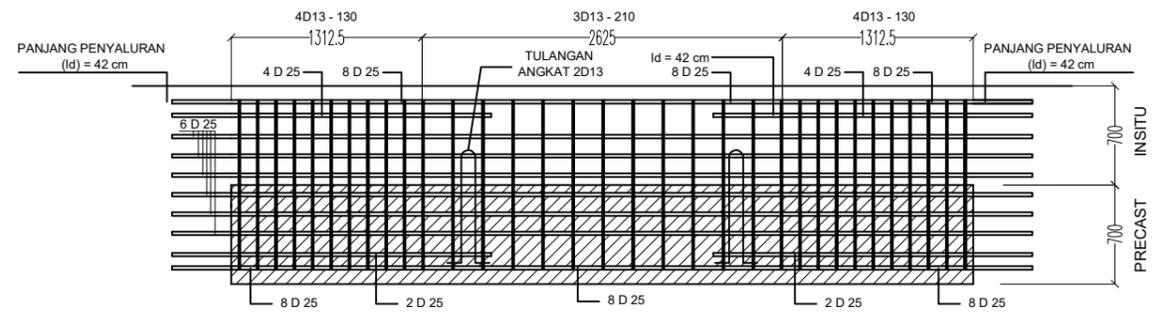
JUMLAH

24

31

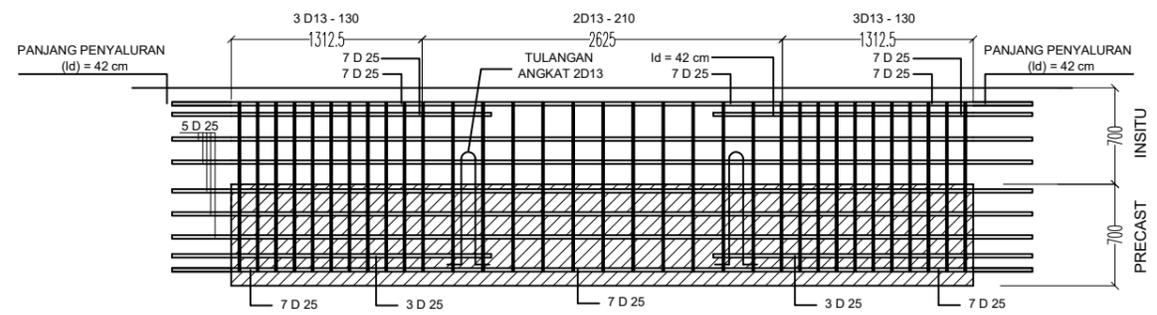
TIPE	BALOK MEMANJANG DERMAGA (B1)	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN		
DIMENSI (cm)	75/140	75/140
BENTANG (cm)	525	525
TULANGAN TARIK	12 D - 25	8 D - 25
TULANGAN TEKAN	10 D - 25	8 D - 25
TULANGAN TORSI	2 X 6 D - 25	2 X 6 D - 25
SENGKANG	4 D 13 - 130	3 D 13 - 210

TIPE	BALOK MELINTANG DERMAGA (B2)	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN		
DIMENSI (cm)	75/140	75/140
BENTANG (cm)	525	525
TULANGAN TARIK	14 D - 25	7 D - 25
TULANGAN TEKAN	10 D - 25	7 D - 25
TULANGAN TORSI	2 X 5 D - 25	2 X 5 D - 25
SENGKANG	3 D 13 - 130	3 D 13 - 210



DETAIL PENULANGAN BALOK MEMANJANG PRECAST

SKALA 1:50



DETAIL PENULANGAN BALOK MELINTANG PRECAST

SKALA 1:50



JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR DERMAGA GENERAL CARGO PELABUHAN GRESIK KAB. GRESIK, JAWA TIMUR KAPASITAS 10000 DWT DENGAN METODE BETON PRACETAK

NAMA MAHASISWA

MAHENDRA SURYA S
NRP.10111410000092

DOSEN PEMBIMBING

R. BUYUNG ANUGRAHA,
S.T.,M.T.,
NIP. 19740203 200212 1 002

REVISI

JUDUL GAMBAR

DETAIL PENULANGAN BALOK INSITU DERMAGA 1

SKALA

1:50

NO JUMLAH

25

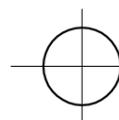
31

TIPE	BALOK MEMANJANG DERMAGA (B1)	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN		
DIMENSI (cm)	75/140	75/140
BENTANG (cm)	600	600
TULANGAN TARIK	12 D - 25	8 D - 25
TULANGAN TEKAN	10 D - 25	8 D - 25
TULANGAN TORSI	2 X 6 D - 25	2 X 6 D - 25
SENGKANG	4 D 13 - 130	3 D 13 - 210

TIPE	BALOK MELINTANG DERMAGA (B2)	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN		
DIMENSI (cm)	75/140	75/140
BENTANG (cm)	600	600
TULANGAN TARIK	14 D - 25	7 D - 25
TULANGAN TEKAN	10 D - 25	7 D - 25
TULANGAN TORSI	2 X 5 D - 25	2 X 5 D - 25
SENGKANG	3 D 13 - 130	3 D 13 - 210

TIPE	BALOK MEMANJANG KANTILEVER (B1)	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN		
DIMENSI (cm)	75/140	75/140
BENTANG (cm)	200	200
TULANGAN TARIK	7 D - 25	7 D - 25
TULANGAN TEKAN	7 D - 25	7 D - 25
TULANGAN TORSI	2 X 6 D - 25	2 X 6 D - 25
SENGKANG	3 D 13 - 150	3 D 13 - 150

TIPE	BALOK MELINTANG KANTILEVER (B2)	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN		
DIMENSI (cm)	75/140	75/140
BENTANG (cm)	2500	2500
TULANGAN TARIK	7 D - 25	7 D - 25
TULANGAN TEKAN	7 D - 25	7 D - 25
TULANGAN TORSI	2 X 5 D - 25	2 X 5 D - 25
SENGKANG	3 D 13 - 150	3 D 13 - 200



DETAIL PENULANGAN BALOK INSITU DERMAGA 1

SKALA 1:50



TIPE	BALOK FENDER (B3)
POTONGAN	
DIMENSI (cm)	75/300
TULANGAN TARIK	16 D - 25
TULANGAN TEKAN	16 D - 25
TULANGAN TORSI	2 X 2 D - 25
SENGKANG	2 D 13 - 200

TIPE	BALOK LISTPLANK (B4)	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN		
DIMENSI (cm)	75/140	75/140
TULANGAN TARIK	8 D - 25	8 D - 25
TULANGAN TEKAN	8 D - 25	8 D - 25
TULANGAN TORSI	2 X 3 D - 25	2 X 3 D - 25
SENGKANG	3 D 13 - 200	2 D 13 - 200

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR DERMAGA GENERAL CARGO PELABUHAN GRESIK KAB. GRESIK, JAWA TIMUR KAPASITAS 10000 DWT DENGAN METODE BETON PRACETAK

NAMA MAHASISWA

MAHENDRA SURYA S
NRP.10111410000092

DOSEN PEMBIMBING

R. BUYUNG ANUGRAHA,
S.T.,M.T.,
NIP. 19740203 200212 1 002

REVISI

JUDUL GAMBAR

DETAIL PENULANGAN BALOK INSITU DERMAGA 2

SKALA

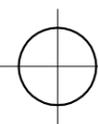
1:50

NO

JUMLAH

26

31



DETAIL PENULANGAN BALOK INSITU DERMAGA 2

SKALA 1:50



JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR DERMAGA GENERAL CARGO PELABUHAN GRESIK KAB. GRESIK, JAWA TIMUR KAPASITAS 10000 DWT DENGAN METODE BETON PRACETAK

NAMA MAHASISWA

MAHENDRA SURYA S
NRP.10111410000092

DOSEN PEMBIMBING

R. BUYUNG ANUGRAHA,
S.T.,M.T.,
NIP. 19740203 200212 1 002

REVISI

JUDUL GAMBAR

DETAIL PENULANGAN BALOK TRESTLE

SKALA

1:50

NO

JUMLAH

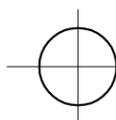
27

31

TIPE	BALOK MEMANJANG TRESTLE (B5)	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN		
DIMENSI (cm)	60/90	60/90
BENTANG (cm)	540	540
TULANGAN TARIK	5 D - 25	4 D - 25
TULANGAN TEKAN	5 D - 25	4 D - 25
TULANGAN TORSI	2 X 2 D - 25	2 X 2 D - 25
SENGKANG	D 13 - 150	D 13 - 200

TIPE	BALOK MELINTANG TRESTLE (B6)	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN		
DIMENSI (cm)	60/90	60/90
BENTANG (cm)	240	240
TULANGAN TARIK	5 D - 25	4 D - 25
TULANGAN TEKAN	4 D - 25	4 D - 25
TULANGAN TORSI	2 X 2 D - 25	2 X 2 D - 25
SENGKANG	D 13 - 150	D 13 - 200

TIPE	BALOK TEPI TRESTLE (B7)	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN		
DIMENSI (cm)	40/60	40/60
BENTANG (cm)	540	540
TULANGAN TARIK	4 D - 16	4 D - 16
TULANGAN TEKAN	4 D - 16	4 D - 16
TULANGAN TORSI	2 X 1 D - 25	2 X 1 D - 25
SENGKANG	D 13 - 200	D 13 - 200



DETAIL PENULANGAN BALOK TRESTLE

SKALA 1:50



JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR DERMAGA GENERAL CARGO PELABUHAN GRESIK KAB. GRESIK, JAWA TIMUR KAPASITAS 10000 DWT DENGAN METODE BETON PRACETAK

NAMA MAHASISWA

MAHENDRA SURYA S
NRP.10111410000092

DOSEN PEMBIMBING

R. BUYUNG ANUGRAHA,
S.T.,M.T.,
NIP. 19740203 200212 1 002

REVISI

JUDUL GAMBAR

DETAIL PENULANGAN PILECAP DERMAGA

SKALA

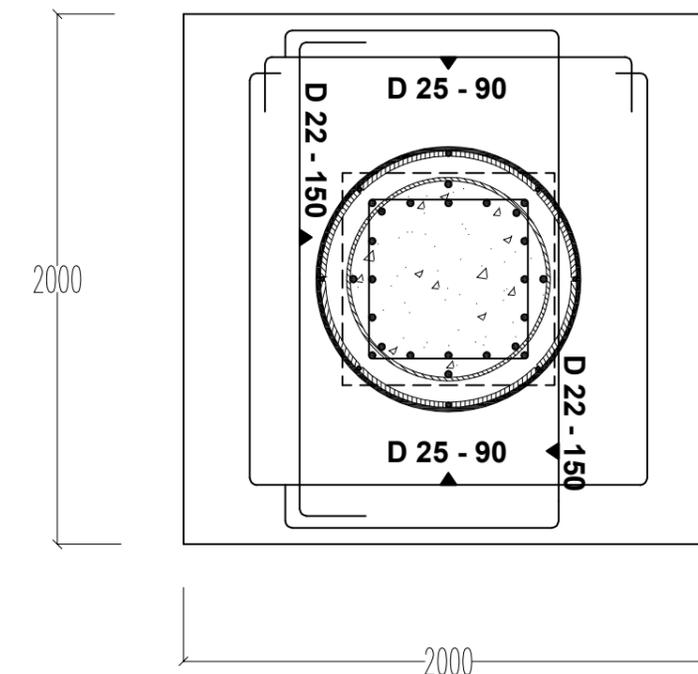
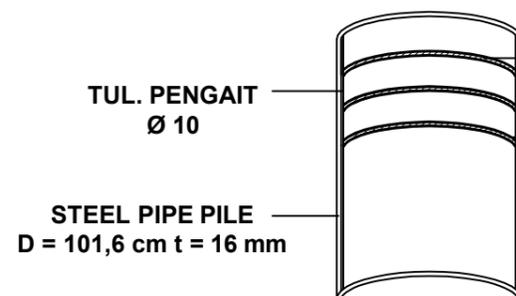
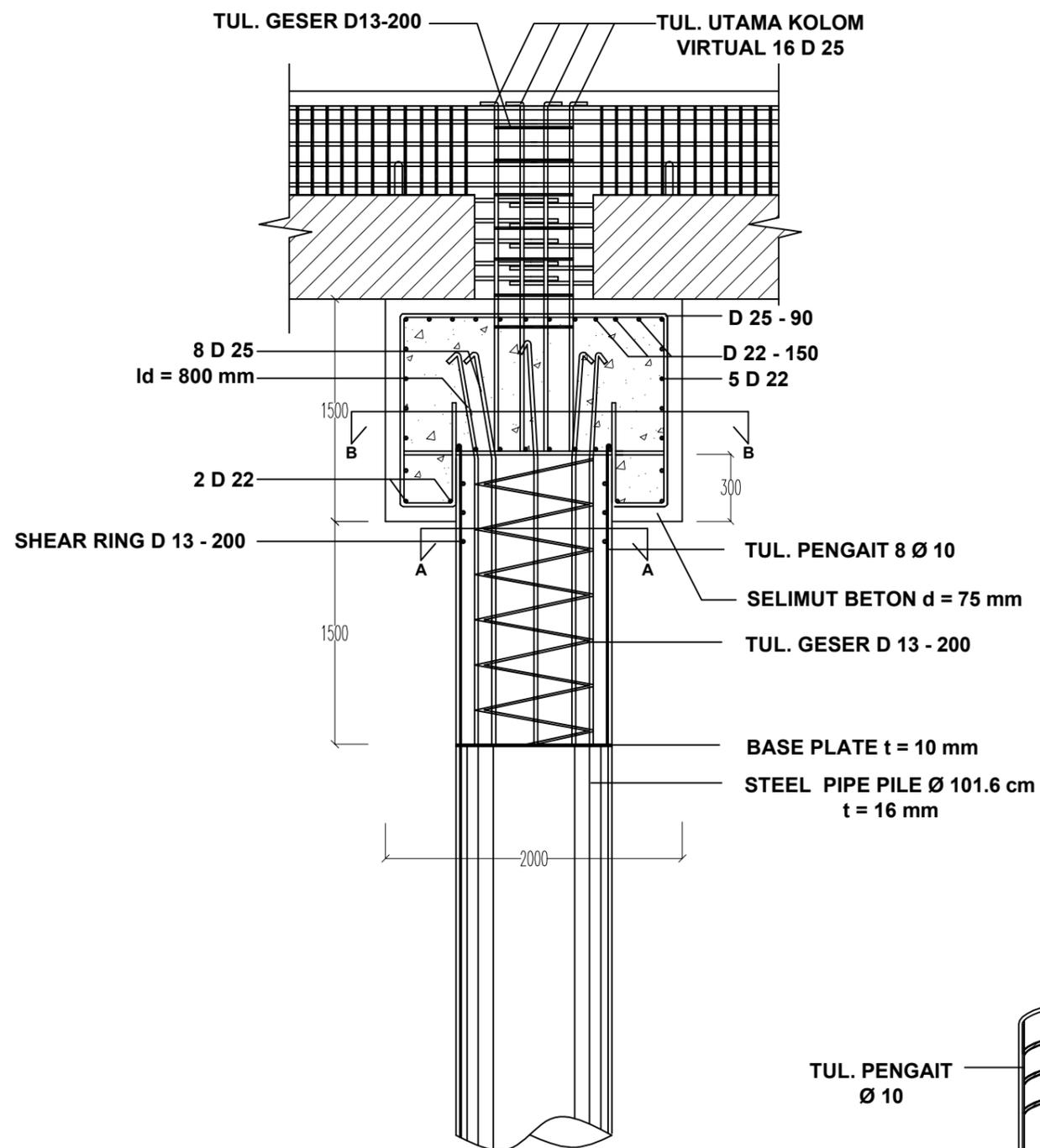
1:40

NO

JUMLAH

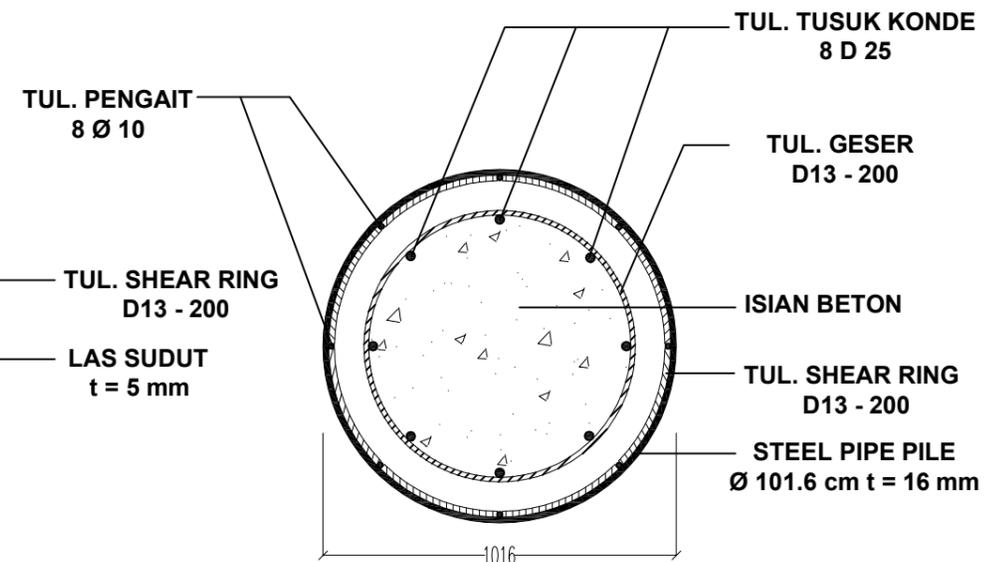
28

31



DETAIL POTONGAN B-B

SKALA 1:30



DETAIL POTONGAN A-A

SKALA 1:20

DETAIL PENULANGAN PILECAP DERMAGA
SKALA 1:40



JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR DERMAGA GENERAL CARGO PELABUHAN GRESIK KAB. GRESIK, JAWA TIMUR KAPASITAS 10000 DWT DENGAN METODE BETON PRACETAK

NAMA MAHASISWA

MAHENDRA SURYA S
NRP.10111410000092

DOSEN PEMBIMBING

R. BUYUNG ANUGRAHA,
S.T.,M.T.,
NIP. 19740203 200212 1 002

REVISI

JUDUL GAMBAR

DETAIL PENULANGAN PILECAP TRESTLE

SKALA

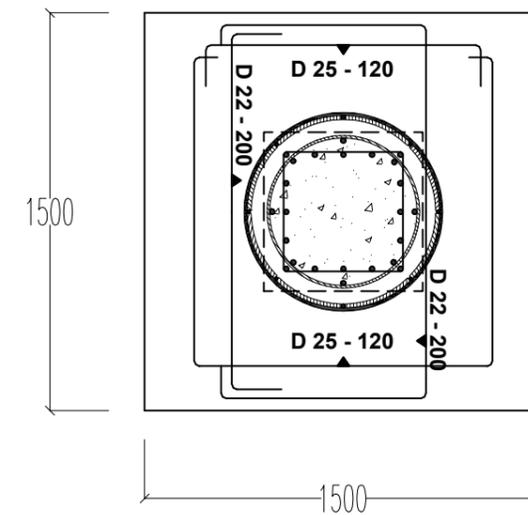
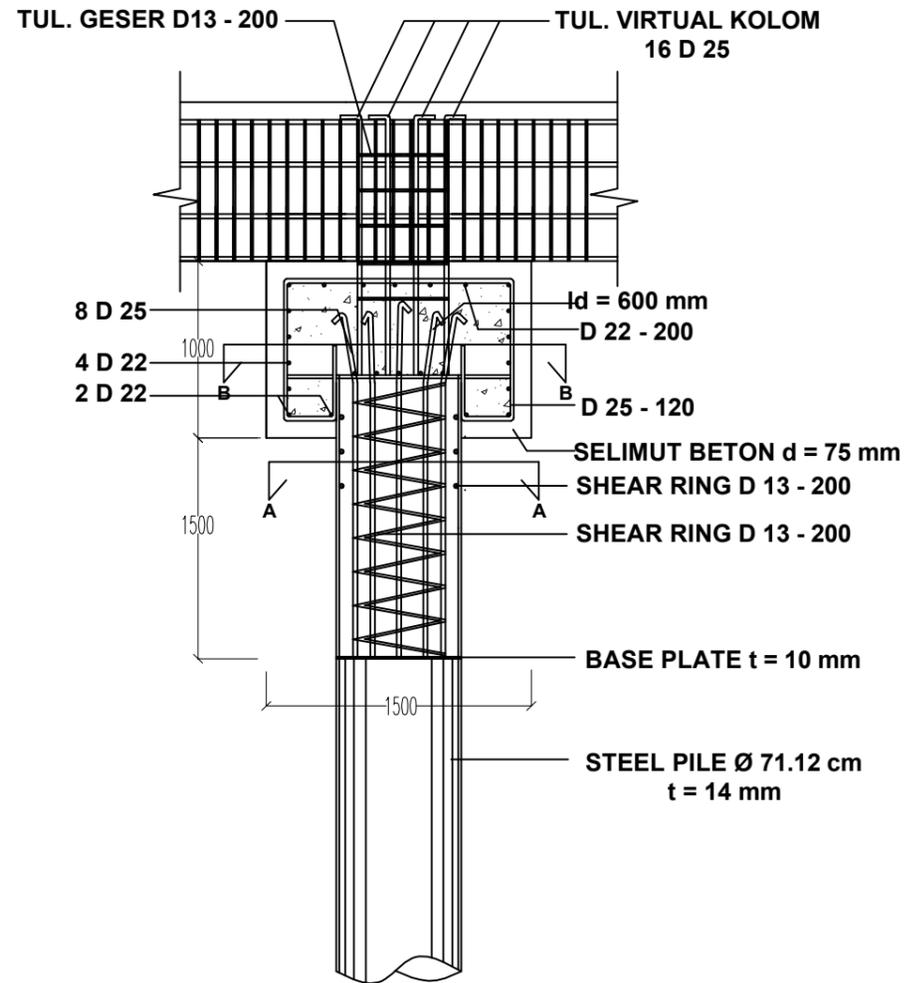
1:40

NO

JUMLAH

29

31

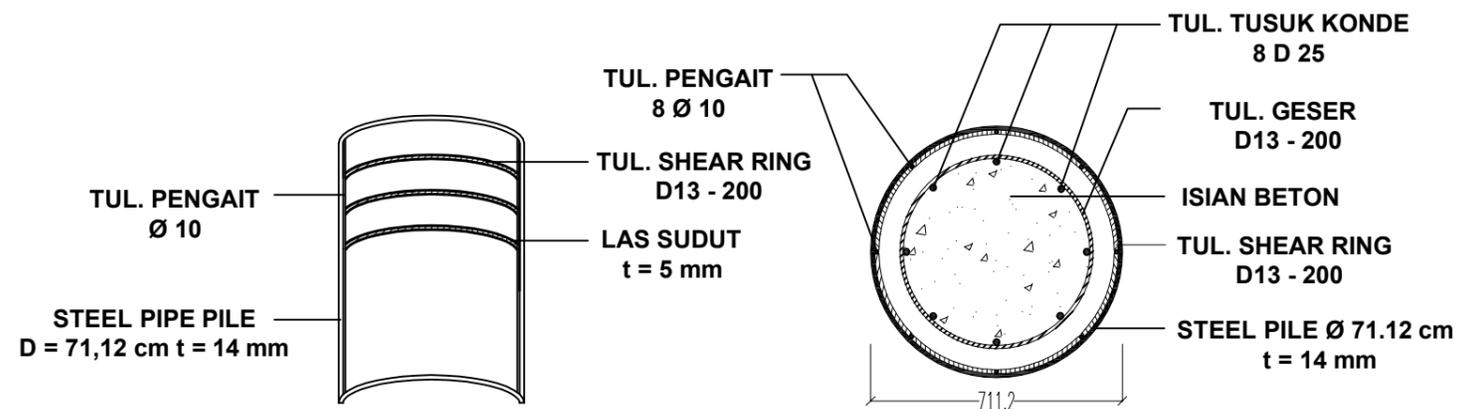


DETAIL POTONGAN B-B

SKALA 1:30

DETAIL PENULANGAN PILECAP TRESTLE

SKALA 1:40



DETAIL POTONGAN A-A

SKALA 1:40



JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR DERMAGA GENERAL CARGO PELABUHAN GRESIK KAB. GRESIK, JAWA TIMUR KAPASITAS 10000 DWT DENGAN METODE BETON PRACETAK

NAMA MAHASISWA

MAHENDRA SURYA S
NRP.10111410000092

DOSEN PEMBIMBING

R. BUYUNG ANUGRAHA,
S.T.,M.T.,
NIP. 19740203 200212 1 002

REVISI

JUDUL GAMBAR

DETAIL PENULANGAN ABUTMENT

SKALA

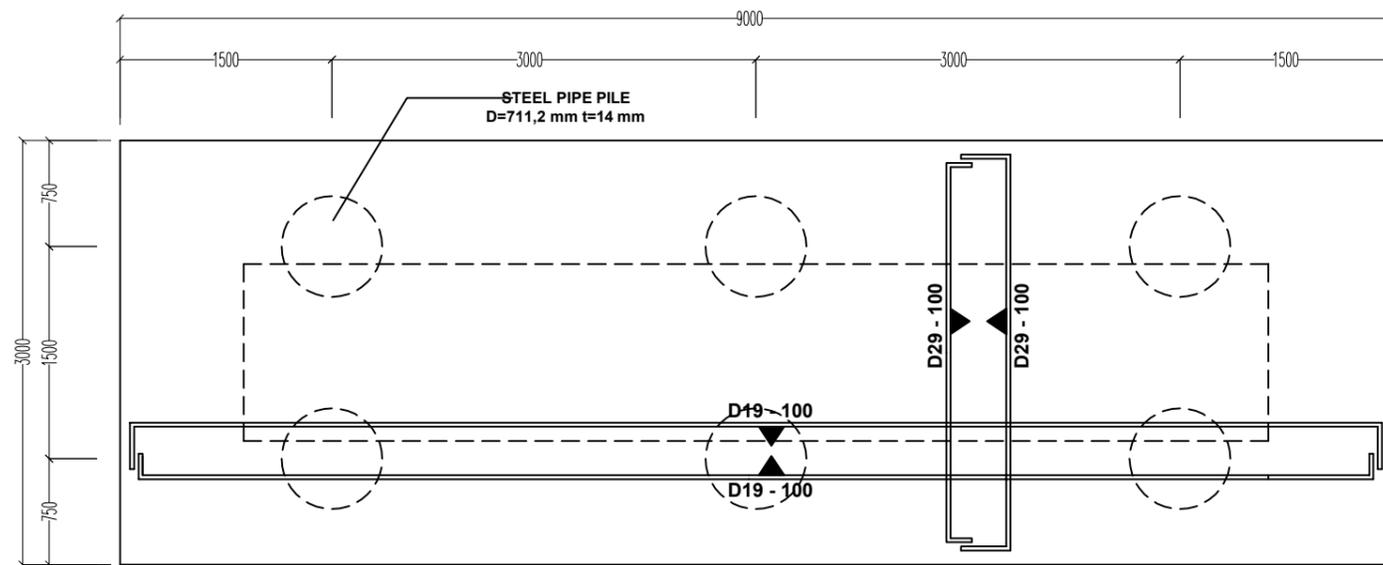
1:50

NO

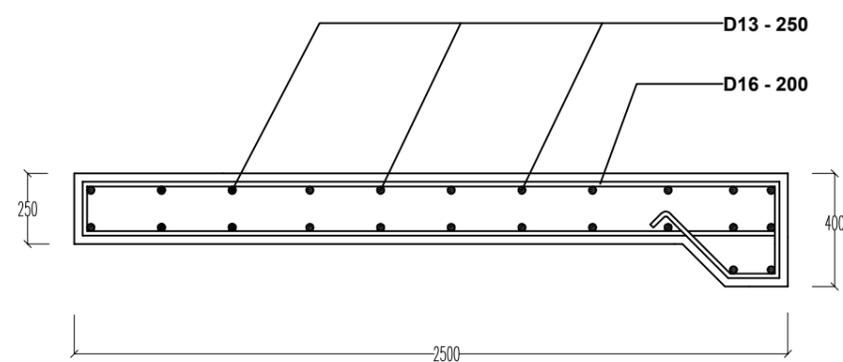
JUMLAH

30

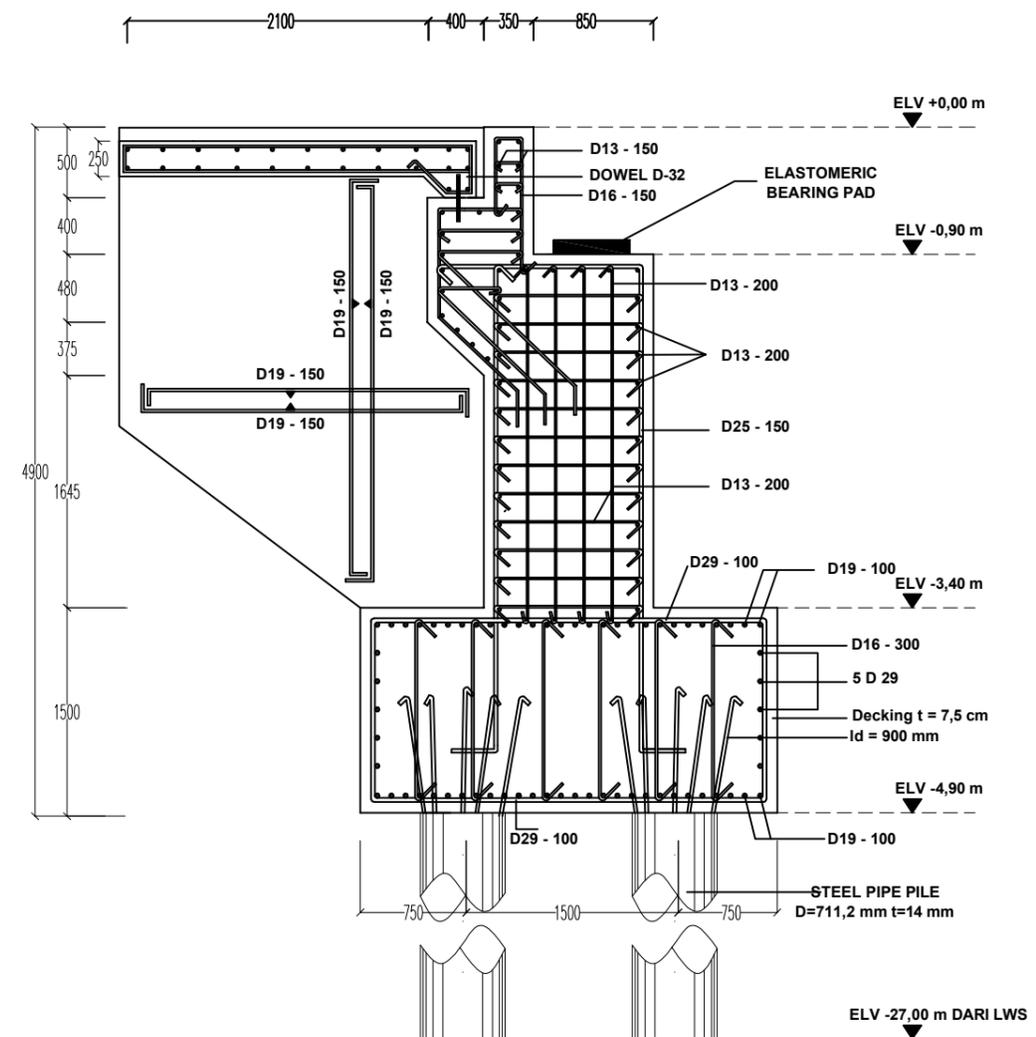
31



DETAIL PENULANGAN PILECAP ABUTMENT
SKALA 1:50



DETAIL PENULANGAN PELAT INJAK
SKALA 1:25



DETAIL PENULANGAN ABUTMENT
SKALA 1:50



JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR DERMAGA GENERAL CARGO PELABUHAN GRESIK KAB. GRESIK, JAWA TIMUR KAPASITAS 10000 DWT DENGAN METODE BETON PRACETAK

NAMA MAHASISWA

MAHENDRA SURYA S
NRP.1011141000092

DOSEN PEMBIMBING

R. BUYUNG ANUGRAHA,
S.T.,M.T.,
NIP. 19740203 200212 1 002

REVISI

JUDUL GAMBAR

DETAIL BOLARD & FENDER

SKALA

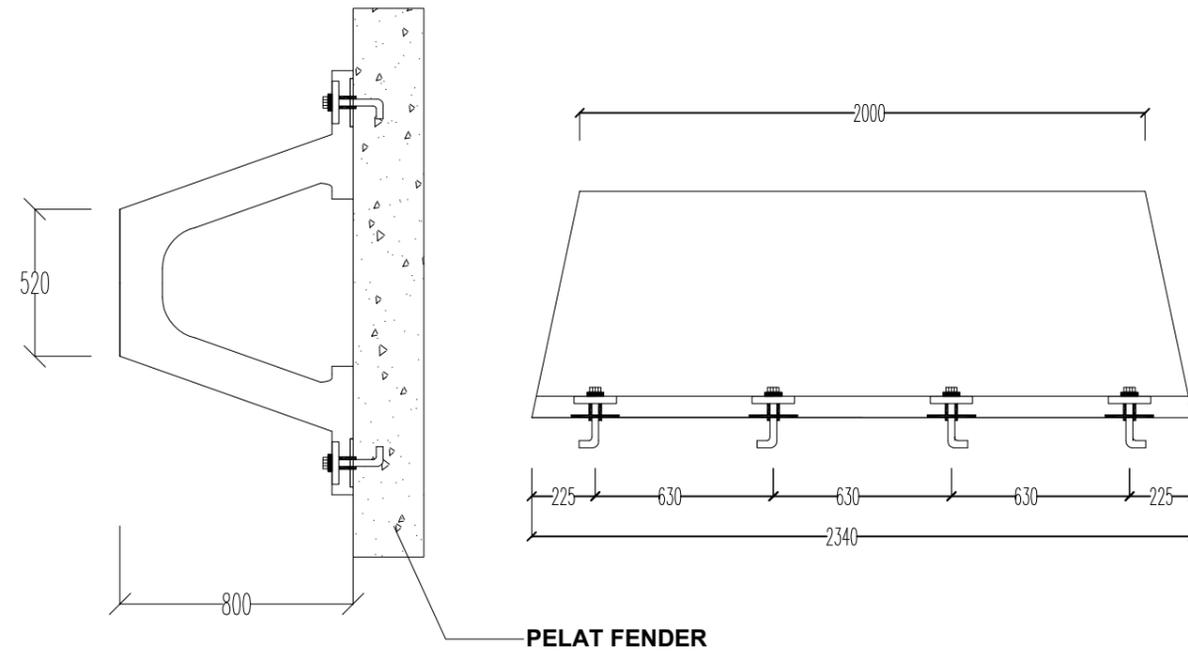
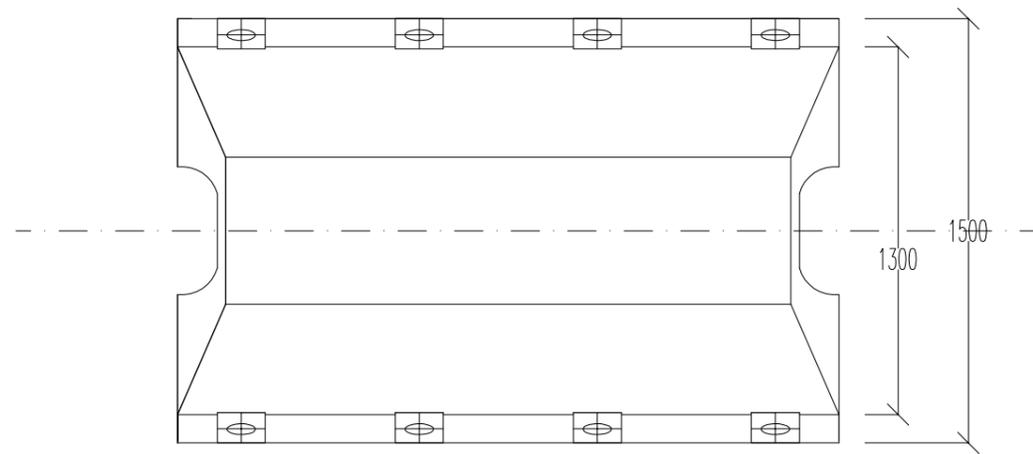
1:25

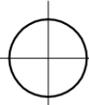
NO

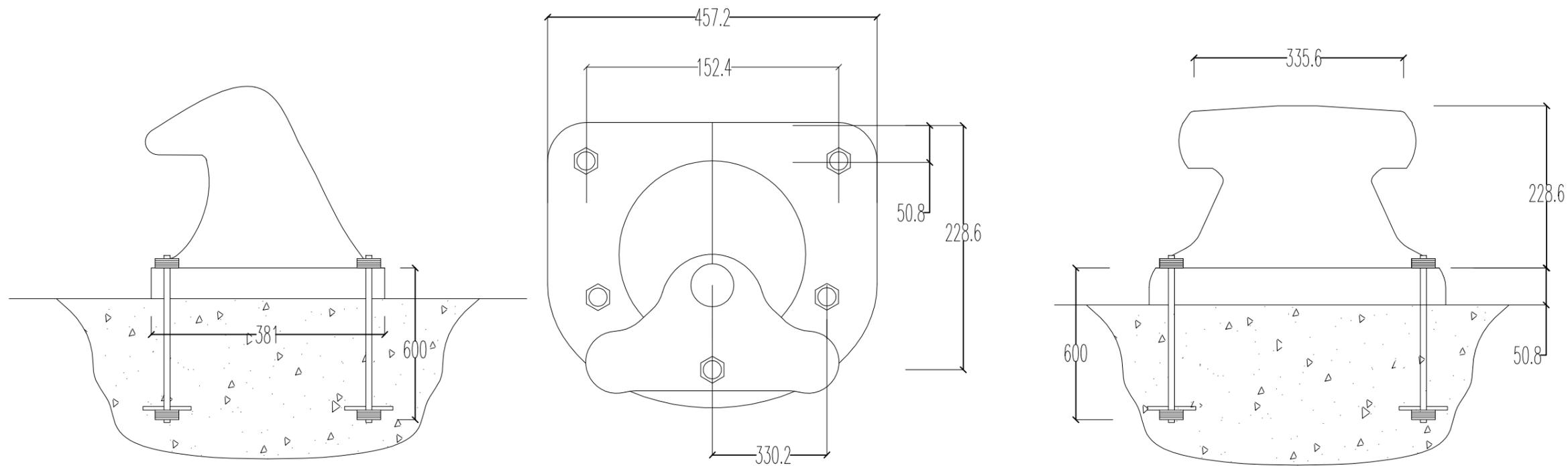
JUMLAH

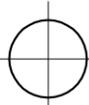
31

31



 **DETAIL FENDER SV 800 H 2 m**
SKALA 1:25



 **DETAIL BOLARD MT 30**
SKALA 1:10