



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

PROYEK AKHIR TERAPAN - VC181819

EVALUASI DAN PERKUATAN STRUKTUR DERMAGA TELUK LAMONG AKIBAT PENINGKATAN BOBOT KAPAL

RARAS ARI KUSUMANINGTYAS
NRP. 10111510000068

Dosen Pembimbing
R. BUYUNG ANUGRAHA, ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

PROGRAM SARJANA TERAPAN
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA



PROYEK AKHIR TERAPAN - VC181819

EVALUASI DAN PERKUATAN STRUKTUR DERMAGA TELUK LAMONG AKIBAT PENINGKATAN BOBOT KAPAL

**RARAS ARI KUSUMANINGTYAS
NRP. 10111510000068**

**Dosen Pembimbing
R. BUYUNG ANUGRAHA, ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002**

**PROGRAM SARJANA TERAPAN
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2019**



APPLIED FINAL PROJECT - VC181819

EVALUATION AND STRENGTHENING OF TELUK LAMONG DOCK STRUCTURE DUE TO INCREASING OF SHIP DEAD WEIGHT

**RARAS ARI KUSUMANINGTYAS
NRP. 10111510000068**

**Supervisor
R. BUYUNG ANUGRAHA, ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002**

**APPLIED UNDERGRADUATE PROGRAM
CIVIL INFRASTRUCTURE ENGINEERING DEPARTMENT
VOCATIONAL FACULTY
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA
2019**

**LEMBAR PENGESAHAN
PROYEK AKHIR TERAPAN**

**EVALUASI DAN PERKUATAN STRUKTUR
DERMAGA TELUK LAMONG AKIBAT
PENINGKATAN BOBOT KAPAL**

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat
Memperoleh gelar Sarjana Sains Terapan
pada
Program Sarjana Terapan
Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
Oleh:




Raras Ari Kusumaningtyas

NRP. 10111510000068

29 JUL 2019

Ditandatangani dan Pembimbing Proyek Akhir Terapan :



26/07 '19

R. Bayung Anugraha A. ST., MT.

NIP. 19740203 200212 1 002



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

No. Agenda :
 44852/IT2.VI.8.1/PP.05.02/20199

Tanggal : 16 Juli 2019

Judul Tugas Akhir Terapan	Evaluasi dan Perencanaan Perkuatan Struktur Dermaga Teluk Lamong Akibat Peningkatan Bobot Kapal		
Nama Mahasiswa	Raras Ari Kusumaningtyas	NRP	1011151000068
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
1. Hasil permodelan Plaxis diperbaiki 2. Perhitungan kondisi struktur bangunan atas ditunjukkan 3. Hal-hal akan di upgrade, dihitung dan digambar 4. Peraturan gempa yang digunakan, pusjatan	 Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS NIP 19600105 198603 1 003
1. Parameter tanah diperbaiki 2. Gambar diperbaiki 3. Gambar detail Bollard setelah kapal diperbesar, dihitung kebutuhan angker 4. Status / gambaran kondisi perhitungan 5. Sachan ditoreks, kembali	 Ir. Chomaedhi, Ces Geo NIP 19550319 198403 1 001
5. Periode Ulang gempa → 100 thn 2%.50 thn 6. Hal 60 persamaan disesuaikan 7. Kombinasi untuk kontrol bahan menggunakan load faktor	NIP -
6. Cek kondisi Bracing 7. Hitung / cek Plank Fender 8. Hal-hal yang diubah → digambar	NIP -

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	NIP -	NIP -

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	NIP -



ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1 RARAS ARI K. 2
NRP : 1 1011510000668 2
Judul Tugas Akhir : EVALUASI DAN PERKUATAN STRUKTUR DERMAGA TELUK LAMONG
 AKIBAT PENINGKATAN BOBOT KAPAL
Dosen Pembimbing : R. BUYUNG ANUGRAHA, ST., MT.

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
1.	8-03-2019	- Untuk menghitung arus langsung dari kecepatannya dan luasan yang terluasa arus		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Tinggi Gelombangnya dicari		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Dimputkan gelombangnya di SAP				
		Tinggi gelombangnya 0,5 - 1				
		- Kalau fender hitungannya dilihat dari katalog		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Diteruk sampai elevasi -13,5 m				
		- Dolphin dan catwalknya dihitung juga.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Untuk kapal 50.000 DWT bollardnya cukup atau tidak?		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Hitungan untuk bollard yaitu gaya nya pas tarikan		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Pas masukin beban akibat benturan kapal itu di dua titik fender				
		- Kombinasi kapal yang satu nembuk yang satunya narik.		<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 RARAS ARI K 2
 NRP : 1 10111510000068 2
 Judul Tugas Akhir : EVALUAS DAN PERKUATAN STRUKTUR DERMAEA
 TELUK LAMONG AKIBAT PENINGKATAN BOBOT KAPAL
 Dosen Pembimbing : R. BUYUNG ANUGRANA, ST., MT.

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan
2.	11-09-2019	- Pile cap disAP dimodelin menggun- akan pelat shell		
		- Fender baloknya dijadikan beban		B C K
		- Energi yang dimasukkan di SAP yang dari SAP spesifikasinya		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
		- Memasukkan beban gelombang lihat di Help		B C K
		- Beban tarik bollard dimasukkan yang paling besar saja tidak perlu semua. (sudut 30°)		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
		- Dicek 10000 DWT dahulu baru setelah aman dicek 50000 DWT		B C K
				<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
3.	03-05-2019	- Masukin fendernya 2 yang paling ujung saja dan 2 sebelahnya		B C K
		- Bollarnya dimasukin semua (semuanya tarik bersama)		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
		- Terserah mau pakai moving load atau manual		B C K
				<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
		- Beban gelombang digunakan		

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.diplomasipil-its.ac.id>

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1 RARAS ARI K 2
 NRP : 1 011110000068 2
 Judul Tugas Akhir : EVALUASI DAN PERKUATAN STRUKTUR DERMAGA
 TELUK LAMONG AKIBAT PENINGKATAN BOBOT KAPAL

Dosen Pembimbing : R. BUYUNG ANUBRAHA, ST., MT.

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
		arah yang melintang saja				
		- UDL nya 7 kombinasi. Di SAP				
		Tertalu banyak yang sama.		B	C	K
		($\frac{1}{2}$ bentang, $\frac{3}{4}$ bentang)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Yang beda polanya bukan tempatnya.				
		- Angin di bollard saja, kalau		B	C	K
		Anus di tiang pancang dan		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Bollard.				
		- Ngecelnya nanti di tiang paling				
		ujung karena tiang paling ujung		B	C	K
		paling kritis.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.	20 - Mei - 2019	- Alat berat di ujung & di tengah				
		- Bollardnya dibuat satu arah (1)				
		(yang menabrak arah dermaga)		B	C	K
		- yang 70 ton dikali 1,3		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Ditambah di kombinasi yang				
		moring dan bertiang.				
		- Alatnya beratnya ditambah jadi 2.		B	C	K
		atau alat beratnya menjadi 3 (hidup)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Dibuat ringkasan eksisting & rencana				

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



ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1 RARAS ARI K. 2
NRP : 1 1011510000068 2
Judul Tugas Akhir : EVALUASI DAN PERKUATAN STRUKTUR DERMAGA TELUK LAMONG AKIBAT PENINGKATAN BOBOT KAPAL
Dosen Pembimbing : R. BUYUNG ANUGRAHA, ST, MT-

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
5.	27-05-19	- Fender pakai yang 145 ton (2)				
		- Mengikuti yang di lapangan.				
		- Digunakan fender eksisting apakah masih memenuhi ?		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Ukuran virtual kolom sama dengan balok (ngecek kapasitas virtual kolom untuk evaluasi) kalau tidak ada data tulangan tidak usah diragukan (sekedar model saja karena tidak ada data)		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Balok, plecap, pelat, tang pancang		B	C	K
		Tang pancang dilihat tegangan		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				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

EVALUASI DAN PERKUATAN STRUKTUR DERMAGA TELUK LAMONG AKIBAT PENINGKATAN BOBOT KAPAL

Nama Mahasiswa : Raras Ari Kusumaningtyas

NRP : 10111510000068

Jurusan : Teknik Infrastruktur Sipil FV-ITS

Dosen Pembimbing : R. Buyung Anugraha A., ST., MT.

NIP : 19740203 200212 1 002

ABSTRAK

Sangat dibutuhkan suatu tindakan untuk meningkatkan pelayanan kapal agar semua kebutuhan ekspor dan impor dapat terlaksana dengan baik yaitu salah satu caranya dengan meningkatkan bobot kapal yang akan bertambat di Terminal Teluk Lamong.

Terminal Teluk Lamong berfungsi sebagai dermaga curah kering yang berukuran 30m x 250 m. Konstruksi dermaga Teluk Lamong adalah *Jetty* dengan jumlah kapal sandar sebanyak 2 buah yaitu sisi darat dan sisi laut. Untuk dermaga sisi darat memiliki fasilitas sandar dan tambat kapal curah kering dengan ukuran kapal 10.000 DWT, sementara dermaga sisi laut memiliki fasilitas sandar dan tambat kapal curah kering dengan ukuran

kapal 60.000-150.000 DWT. Dalam tugas akhir ini bobot kapal akan dinaikkan menjadi 50.000 DWT untuk yang sisi darat.

Dalam pengerjaan tugas akhir ini akan dilakukan perhitungan beban kondisi eksisting dan rencana lalu dilakukan permodelan dengan menggunakan software SAP2000 lalu dilakukan evaluasi struktur eksisting dan struktur setelah ditingkatkan, dan perhitungan perkuatan struktur dermaga. Adapun elemen yang akan dilakukan evaluasi yaitu pelat, balok, pile cap dan pondasi tiang pancang.

Hasil yang didapatkan setelah analisis permodelan yaitu tiang pancang yang mengalami *overstressed* karena tidak mampu menahan beban lateral akibat gempa. Oleh karena itu dilakukan perkuatan yaitu menggunakan *bracing* agar dapat menambah kekakuan tiang pancang sehingga dapat menahan beban lateral.

Kata kunci : Dermaga, Jetty, Perkuatan Struktur, *Bracing*

EVALUATION AND STRENGTHENING OF TELUK LAMONG DOCK STRUCTURE DUE TO INCREASING OF SHIP DEAD WEIGHT

College Student Name : Raras Ari Kusumaningtyas

NRP : 10111510000068

Department : Teknik Infrastruktur Sipil FV-ITS

Supervisor : R. Buyung Anugraha A., ST., MT.

NIP : 19740203 200212 1 002

ABSTRACT

An action is needed to improve ship service so all export and import can be carried out properly, one of the ways is by increasing the weight of vessels that will lean on Teluk Lamong Terminal.

Teluk Lamong Terminal serves as a dry bulk dock with size of dock is 30 m x 250 m. The construction of the Teluk Lamong dock is a Jetty with a total of 2 berth ships, namely the land and sea side. For land side docks, it has facilities for berthing and mooring dry bulk vessels with a size of 10,000 DWT, while sea-side docks have facilities for dry bulk berthing and mooring with a size of 60,000-150,000 DWT. In this final project

the ship's weight will be enhancements to 50,000 DWT for the land side.

In this final project will calculate the existing conditions and plan the modeling using SAP2000 software then evaluate the existing structure and structure after increasing, and calculate the strengthening of the failure structure. The elements that will be evaluated are plate, beam, pile cap and pile foundation.

The results after modeling analysis are piles that are overstressed because they are unable to bear lateral loads due to the earthquake. Therefore, strengthening is done by using bracing to increase stiffness so that it can bear lateral loads.

Keyword : Dock, Jetty, Strengthening, Bracing

KATA PENGANTAR

Penulis panjatkan puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga Tugas Akhir yang berjudul “Evaluasi dan Perkuatan Struktur Dermaga Teluk Lamong Akibat Peningkatan Bobot Kapal” dapat terselesaikan dengan baik.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa proposal Tugas Akhir ini tidak akan terlaksana tanpa bantuan dan bimbingan dari beberapa pihak. Pada kesempatan ini saya ingin mengucapkan terimakasih pada :

1. PT. PELINDO III (persero) Tbk selaku pemberi data Tugas Akhir Terapan.
2. Kedua orang tua dan saudara-saudara yang selama ini telah membantu dalam bentuk moril maupun materil.
3. Bapak R. Buyung Anugraha A., ST., MT. selaku dosen pembimbing dalam penyusunan Tugas Akhir, yang telah memberikan bimbingan dan arahan selama penyusunan.
4. Teman-teman kuliah kelas B-2015, Yuni P, Ika S, Avilia A, Ibtida H, Shyntia M dan Putri Ayu yang senantiasa membantu dan memberikan dukungan bagi penulis.

Penulis menyadari bahwa terdapat banyak kekurangan dalam penyusunan Tugas Akhir ini, sehingga penulis memohon maaf apabila masih terdapat kekurangan. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat.

Surabaya, 11Februari 2019

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	1
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	2
1.5 Batasan Masalah	3
1.6 Lokasi	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Tinjauan Umum	5
2.2 Dasar-Dasar Perhitungan	6
2.3 Pelabuhan Barang	6
2.4 Karakteristik Kapal	8
2.5 Dermaga	10
2.5.1 Tipe Dermaga	10
2.5.2 Struktur Dermaga	11
2.5.3 Dermaga <i>On Pile</i>	12
2.6 Pembebanan arah Horizontal Dermaga	13
2.6.1 Gaya Sandar (Berthing forces)	13
2.6.2 Gaya Tambat (Mooring forces)	16

2.6.3	Gaya Gempa	19
2.6.4	Spring Konstan.....	26
2.6.5	Beban Gelombang	27
2.6.6	Beban Arus	27
2.7	Pembebanan arah Vertikal Dermaga	27
2.7.1	Beban Mati.....	28
2.7.2	Beban Hidup	28
2.8	Perencanaan Bollard	30
2.9	Fender	31
2.9.1	Tipe-tipe Fender	31
2.9.2	Perencanaan Fender	32
2.9.3	Hubungan energi dan gaya.....	33
2.9.4	Jarak maksimum fender.....	34
2.10	Kombinasi Pembebanan	35
2.11	Perencanaan Konstruksi Atas Dermaga.....	36
2.11.1	Beton Bertulang.....	36
2.11.2	Perencanaan pelat	38
2.11.3	Perencanaan balok	40
2.11.4	Perencanaan Pilecap	45
2.12	Perencanaan Konstruksi Bawah Dermaga.....	45
2.12.1	Perencanaan Tiang Pancang	45
2.12.2	Angka Keamanan.....	46
2.13	Parameter Tanah dan Korelasi N-SPT.....	47
2.13.1	Korelasi N-SPT terhadap nilai konsistensi tanah	47
2.13.2	Korelasi N-SPT terhadap nilai Cu	48
2.13.3	Korelasi terhadap nilai modulus elastisitas tanah	49
2.13.4	Korelasi N-SPT terhadap <i>Poisson Ratio</i> (ν).....	51

2.13.5	Korelasi N-SPT terhadap nilai Adhesion Factor	52
2.14	Perkuatan Struktur	52
2.14.1	<i>Bracing</i> Tiang pancang	52
BAB III METODOLOGI		53
3.1	Tahap Persiapan.....	53
3.2	Pengumpulan Data	53
3.2.1	Kondisi Umum Dermaga	54
3.2.2	Umur Rencana.....	54
3.2.3	Karakteristik Kapal	54
3.3	Pembebanan Dermaga	55
3.4	Evaluasi Struktur Dermaga Eksisting	55
3.5	Evaluasi Struktur Dermaga akibat Peningkatan Bobot Kapal	55
3.6	Perkuatan Struktur	56
3.7	Perencanaan Struktur Baru	56
3.8	Gambar Desain Perkuatan	56
3.9	Metode Pelaksanaan.....	56
BAB IV KRITERIA DESAIN		59
4.1	DATA KAPAL.....	59
4.2	DATA ANGIN	59
4.3	DATA PASANG SURUT.....	60
4.4	DATA ARUS.....	60
4.5	DATA ALAT BERAT.....	60
4.6	DATA TANAH	61
4.7	MATERIAL.....	62
4.7.1	Beton.....	62
4.7.2	Baja Tulangan.....	63

4.7.3	Tiang Pancang Baja	63
4.8	DATA PERENCANAAN.....	64
4.8.1	Dermaga	64
4.8.1	Mooring Dolphin	65
BAB V	PEMBEBANAN	67
5.1	Pembebanan Pada Dermaga	67
5.1.1	Beban Vertikal.....	67
5.1.1.1	Beban Mati Merata	67
5.1.1.2	Beban Mati Tambahan	67
5.1.1.3	Beban Hidup	70
5.1.2	Beban Horizontal.....	70
5.1.2.1	Beban Gempa.....	70
5.1.2.2	Beban Tumbukan Kapal Sisi Laut.....	77
5.1.2.3	Beban Tumbukan Kapal Sisi Darat	82
5.1.2.4	Pembebanan Bollard	88
5.1.2.5	Beban Arus.....	103
5.1.2.6	Beban Gelombang	106
5.1.2.7	Beban Angin.....	108
5.1.2.8	Beban Spring	111
5.2	Pembebanan pada Mooring Dolphin	116
5.3.1	Beban Vertikal.....	116
5.3.1.1	Beban Mati Merata	116
5.3.1.2	Beban Hidup Merata.....	116
5.3.1.3	Beban Mati Terpusat	116
5.3.2	Beban Horizontal.....	116
5.3.2.1	Beban Gempa.....	116
5.3.2.2	Beban Tarikan Kapal.....	116

5.3.2.3	Beban Arus.....	116
BAB VI ANALISA STRUKTUR		117
6.1	Gambaran Umum	117
6.2	Permodelan menggunakan Plaxis	117
6.2.1	Parameter Tanah.....	117
6.2.2	Parameter Penampang.....	118
6.2.3	Hasil Permodelan Eksisting.....	120
6.2.4	Hasil Permodelan setelah dikeruk 2 m	122
6.3	Permodelan Dermaga menggunakan SAP2000	124
6.3.1	Permodelan Struktur Dermaga.....	124
6.3.2	Hasil Analisa struktur Dermaga	132
6.3.3	Perhitungan Kapasitas Dermaga	134
6.3.3.1	Kapasitas Penampang Balok Crane GSU.....	134
6.3.3.2	Kapasitas Penampang Balok Memanjang Utama	140
6.3.3.3	Kapasitas Penampang Balok Memanjang Tepi	146
6.3.3.4	Kapasitas Penampang Balok Melintang	151
6.3.3.5	Kapasitas Penampang Balok Melintang Konsol	157
6.3.3.6	Kapasitas Penampang Pelat Lantai	162
6.3.3.7	Kapasitas Penampang Pile Cap 1.....	165
6.3.3.8	Kapasitas Penampang Pile Cap 2.....	168
6.3.3.9	Kapasitas Penampang Pile Cap 3.....	170
6.3.3.10	Stress Ratio Tiang Pancang Dermaga.....	174
6.3.3.11	Perhitungan Balok Fender Sisi Laut	174
6.4	Permodelan <i>Mooring Dolphin</i> menggunakan SAP2000	180
6.4.1	Model Struktur <i>Mooring Dolphin</i>	181
6.4.2	Hasil Analisa Struktur <i>Dolphin</i>	181
6.4.3	Perhitungan Kapasitas <i>Dolphin</i>	182

6.4.3.1.	Perhitungan Kapasitas Poer Mooring Dolphin	182
6.4.3.2.	Stress Ratio Tiang Pancang Mooring Dolphin	185
BAB VII PERKUATAN STRUKTUR		187
7.1	Gambaran Umum	187
7.2	Permodelan Bracing	187
7.3	Perhitungan Sambungan Las	188
BAB VIII METODE PELAKSANAAN		191
8.1	Pekerjaan Pengerukan	191
8.1.1	Persiapan	191
8.1.2	Proses Pekerjaan Pengerukan	191
8.1.3	Transportasi dan Pembuangan	192
8.2	Pemasangan Bracing	193
8.2.1	Pemasangan <i>Scaffolding</i> atau Perancah	193
BAB IX KESIMPULAN		195
DAFTAR PUSTAKA		196

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Lokasi.....	3
Gambar 2. 1 Terminal barang curah padat.....	8
Gambar 2. 2 Dimensi Kapal	8
Gambar 2. 3 Dermaga tipe a) Wharf, b) Pier, c) Jetty	11
Gambar 2. 4 Wharf Kaison	12
Gambar 2. 5 Dermaga dengan Tiang Pancang beton bertulang	13
Gambar 2. 6 Kecepatan merapat kapal.....	14
Gambar 2. 7 Jarak Pusat berat kapal sampai titik sandar kapal	15
Gambar 2. 8 Peta percepatan puncak di batuan dasar (PGA)	19
Gambar 2. 9 Peta respons spektra percepatan 0.2 detik di batuan dasar (S _s)	20
Gambar 2. 10 Peta respon spektra percepatan 1.0 detik di batuan dasar (S ₁).....	20
Gambar 2. 11 Bentuk tipikal respon spectra	24
Gambar 2. 12 Grab Ship Unloader	29
Gambar 2. 13 Ilustrasi Konfigurasi beban roda GSU	30
Gambar 2. 14 Ilustrasi Konfigurasi Pembebanan roda GSU	30
Gambar 2. 15 Metode pengikatan kapal ke dermaga	30
Gambar 2. 16 Benturan Kapal pada Dermaga	33
Gambar 2. 17 Tegangan dan Regangan penampang beton	37
Gambar 2. 18 Nilai Adhesion Factor, su.....	52

Gambar 4. 1 Posisi GSU pada struktur dermaga	61
Gambar 5. 1 Beton Pengisi Tiang Pancang D812.....	68
Gambar 5. 2 Beton Pengisi Tiang Pancang D1016	69
Gambar 5. 3 Grafik Respon Spektrum.....	76
Gambar 5. 4 Grafik Defleksi Fender Sisi Laut	81
Gambar 5. 5 Grafik Defleksi Fender Sisi Darat	87
Gambar 5. 6 Spesifikasi Bollard 100 Ton	98
Gambar 5. 7 Beban Gelombang menggunakan API WSD2000 sumbu X.	107
Gambar 5. 8 Permodelan Dermaga dengan Plaxis	120
Gambar 5. 9 Hasil Permodelan Plaxis Eksisting	121
Gambar 5. 10 Hasil SF Eksisting	121
Gambar 5. 11 Permodelan Plaxis setelah dikeruk 2 m.....	122
Gambar 5. 12 Hasil Permodelan setelah dikeruk 2 m	123
Gambar 5. 13 Safety Factor setelah dikeruk 2 m	123
Gambar 6. 1 3D Undeformed Shape model struktur dermaga.....	125
Gambar 6. 2 View melintang dan memanjang model struktur dermaga ..	125
Gambar 6. 3 Beban GSU Crane sebesar 55 Ton/m pada permukaan lantai dermaga.....	126
Gambar 6. 4 Beban Hidup Merata Tipe 1.....	126
Gambar 6. 5 Beban Hidup Merataa Tipe 2.....	127
Gambar 6. 6 Beban Hidup Merata Tipe 3.....	127
Gambar 6. 7 Beban Hidup Merata Tipe 4.....	127
Gambar 6. 8 Beban Hidup Merata Tipe 5.....	128

Gambar 6. 9 Beban Hidup Merata Tipe 6.....	128
Gambar 6. 10 Beban Hidup Merata tipe 7.....	128
Gambar 6. 11 Beban Berat Sendiri Bollard sisi laut dan sisi darat.....	129
Gambar 6. 12 Beban berat sendiri Fender sisi laut dan sisi darat	129
Gambar 6. 13 Beban Lightpole	130
Gambar 6. 14 Beban Beton Pengisi Tiang Pancang	130
Gambar 6. 15 Permodelan beban reaksi fender sisi laut.....	131
Gambar 6. 16 Permodelan reaksi fender sisi darat	131
Gambar 6. 17 Permodelan Beban Mooring sisi Laut	131
Gambar 6. 18 Permodelan Beban sisi darat.....	131
Gambar 6. 19 Permodelan Beban Arus Transversal dan Longitudinal ...	131
Gambar 6. 20 Permodelan beban angin sisi darat dan sisi laut dermaga..	132
Gambar 6. 21 Diagram Momen Portal akibat kombinasi beban vertikal dan horizontal	133
Gambar 6. 22 Gaya Geser akibat kombinasi beban vertikal dan horizontal	133
Gambar 6. 23 Stress Ratio Tiang Pancang Dermaga	133
Gambar 6. 24 Detail Tulangan Tumpuan Balok Crane GSU	134
Gambar 6. 25 Detail Tulangan Lapangan Balok Crane GSU	137
Gambar 6. 26 Detail tulangan Tumpuan Balok memanjang	140
Gambar 6. 27 Detail Tulangan Lapangan Balok Memanjang.....	143
Gambar 6. 28 Detail Tulangan Tumpuan Balok memanjang tepi	146
Gambar 6. 29 Detail Penulangan Lapangan Balok memanjang tepi	149
Gambar 6. 30 Detail Tulangan Tumpuan Balok melintang.....	151

Gambar 6. 31 Detail Tulangan Lapangan Balok Melintang.....	154
Gambar 6. 32 Detail tulangan balok konsol	157
Gambar 6. 33 Detail Penulangan Pelat lantai	162
Gambar 6. 34 Detail Tulangan Pile Cap 1.....	165
Gambar 6. 35 Detail Penulangan Pile Cap 2	168
Gambar 6. 36 Detail Penulangan Pile Cap 3 arah X	170
Gambar 6. 37 Detail Penulangan Pile Cap 3 arah Y	172
Gambar 6. 38 Balok Fender Sisi Laut (Single Fender)	174
Gambar 6. 39 Balok Fender Sisi Laut (Double Fender).....	176
Gambar 6. 40 Balok Fender Sisi Darat.....	178
Gambar 6. 41 Permodelan Mooring Dolphin.....	181
Gambar 6. 42 Stress Ratio dan gaya aksial mooring dolphin.....	181
Gambar 6. 43 Penulangan Mooring Dolphin	182
Gambar 6. 44 Permodelan Bracing.....	187
Gambar 6. 45 (a) Stress Ratio sesudah dibracing dan (b) Stress ratio sebelum di bracing	188
Gambar 8. 1 Kapal Keruk TSHD Bali II.....	192
Gambar 8. 2 Split Hopper Berge.....	193

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Rata-rata nilai C_b	16
Tabel 2. 2 Kelas Situs	21
Tabel 2. 3 Faktor amplifikasi untuk PGA dan 0.2 detik (F_{PGA}/F_a).....	22
Tabel 2. 4 Besarnya nilai faktor amplifikasi untuk periode 1 detik (F_v)	23
Tabel 2. 5 Faktor modifikasi respon untuk bangunan bawah	25
Tabel 2. 6 Faktor Kategori Kepentingan untuk hubungan elemen struktur	25
Tabel 2. 7 Gaya Bollard dan jarak antar bollard	31
Tabel 2. 8 Kombinasi Pembeban.....	35
Tabel 2. 9 Korelasi SPT	48
Tabel 2. 10 Konsistensi Tanah untuk tanah dominan lanau dan lempung..	48
Tabel 2. 11 Perkiraan harga Φ dari harga N-SPT	49
Tabel 2. 12 Nilai Perkiraan Modulus Elastisitas Tanah.....	50
Tabel 2. 13 Poisson's Ratio	51
Tabel 5. 1 Perhitungan N rata-rata.....	71
Tabel 5. 2 Tabel Perhitungan Spectra Acceleration	74
Tabel 5. 3 Speksifikasi Sisi Laut.....	77
Tabel 5. 4 Spesifikasi Fender Trelleborg Sisi Laut.....	80
Tabel 5. 5 Spesifikasi Kapal Sisi Darat	83
Tabel 5. 6 Spesifikasi Fender Trelleborg Sisi Darat	86
Tabel 5. 7 Besar Beban Tarikan Kapal	88

Tabel 5. 8 Perhitungan Bollard akibat Arus Sisi Laut	94
Tabel 5. 9 Perhitungan Bollard akibat Arus Sisi Darat	94
Tabel 5. 10 Perhitungan Arus akibat Angin.....	97
Tabel 5. 11 Perhitungan Arus Dermaga diameter 0.812 m.....	103
Tabel 5. 12 Perhitungan Arus Dermaga diameter 1.016 m.....	105
Tabel 5. 13 Perhitungan Spring Konstan	112

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Akibat perubahan sistem perekonomian global saat ini membawa dampak bagi perekonomian di Indonesia secara langsung maupun tidak langsung. Berdasarkan Badan Pusat Statistik, ekspor pada Oktober 2018 tumbuh sebesar 3,59% dari tahun sebelumnya sementara untuk impor tumbuh sebesar 23,66%. Berdasarkan hasil di atas jumlah ekspor dan impor di Indonesia meningkat dari tahun sebelumnya.

Dengan mempertimbangkan permasalahan yang telah diutarakan maka sangat dibutuhkan suatu tindakan untuk meningkatkan pelayanan kapal agar semua kebutuhan ekspor dan impor dapat terlaksana dengan baik yaitu dengan meningkatkan bobot kapal yang akan bertambat di Terminal Teluk Lamong. Terminal Teluk Lamong adalah salah satu terminal yang berperan besar dalam pertumbuhan ekonomi di Jawa Timur. Terminal ini mulai beroperasi pada tahun 2014 dan salah satu anak perusahaan PT. Pelindo III. Tugas Akhir ini akan dilakukan evaluasi dan perkuatan struktur dermaga Teluk Lamong akibat peningkatan bobot kapal yang bertambat.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka disusun rumusan masalah yaitu sebagai berikut :

1. Bagaimana hasil evaluasi struktur eksisting pada dermaga Teluk Lamong?

2. Apakah dermaga Teluk Lamong masih mampu menahan beban yang terjadi setelah bobot kapal ditingkatkan?
3. Bagaimana metode perkuatan yang dilakukan untuk struktur dermaga Teluk Lamong agar mampu memikul beban rencana?

1.3 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka disusun tujuan yaitu sebagai berikut :

1. Mengetahui hasil evaluasi struktur eksisting dermaga Teluk Lamong.
2. Mengetahui kemampuan struktur dermaga Teluk Lamong setelah peningkatan beban rencana.
3. Mengetahui metode yang dilakukan untuk perkuatan struktur dermaga Teluk Lamong agar mampu memikul beban rencana.

1.4 Manfaat

Manfaat bagi Penulis :

1. Mampu melakukan evaluasi kondisi eksisting dan kondisi setelah ditingkatkan struktur dermaga Teluk Lamong.
2. Mampu melakukan perhitungan perkuatan struktur dermaga Teluk Lamong.

1.5 Batasan Masalah

1. Tidak membahas konstruksi bangunan pelengkap seperti terminal, *trestle*, jalan akses dan drainase.
2. Tidak menghitung Rencana Anggaran Biaya (RAB).
3. Tidak membahas Sistem Manajemen K3 dan Lingkungan (SMK3L)
4. Tidak membahas manajemen operasi pelabuhan.

1.6 Lokasi

Terminal Teluk Lamong

Jl. Raya Tambak Osowilangun Km. 12, Kelurahan Tambak Osowilangun, Kecamatan Benowo, Surabaya, Jawa Timur 60191 , Indonesia



Gambar 1. 1 Lokasi

“halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Dalam perencanaan struktur dermaga, terdapat beberapa tahapan yang perlu dikerjakan. Tahap pertama yaitu perencanaan dermaga yang meliputi penetapan tata letak dermaga, dimensi dermaga, dan dimensi elemen struktur. Penetapan tata letak dermaga berdasarkan peta *bathymetry*, sedangkan untuk dimensi dermaga meliputi panjang dermaga, lebar dermaga dan elevasi apron dermaga. Ada beberapa hal dalam menetapkan dimensi elemen struktur dermaga yaitu pelat, balok, pile cap dan tiang pancang.

Tahap kedua yaitu perencanaan pembebanan dermaga yang meliputi beban vertikal dan beban horizontal. Beban vertikal yaitu berat sendiri struktur, beban mati tambahan seperti boulder dan fender, dan beban hidup. Sedangkan beban horizontal meliputi beban tumbukan kapal, beban tambat kapal, beban gempa, beban spring dan beban arus.

Tahap ketiga yaitu penulangan elemen struktur dermaga seperti penulangan balok dan penulangan pelat.

Tahap keempat yaitu perhitungan pondasi dermaga yang meliputi perhitungan daya dukung pondasi berdasarkan hasil penyelidikan tanah.

Dalam melakukan perkuatan struktur dermaga terdapat beberapa tahapan yang perlu diperhatikan yaitu penetapan metode perkuatan, perhitungan metode perkuatan dan penetapan metode pelaksanaan perkuatan dermaga.

2.2 Dasar-Dasar Perhitungan

Pedoman atau dasar perencanaan yang digunakan dalam perencanaan Dermaga secara umum dari buku-buku sebagai berikut:

1. Perencanaan Pelabuhan, Bambang Triatmodjo, 1996
2. Perencanaan Pelabuhan, Soedjono Kramadibrata, 2002
3. *Standard Design Criteria for Ports in Indonesia*, 1984
4. Perencanaan Struktur Beton Bertulang, SNI 2847:2013
5. Perencanaan Struktur Beton untuk Jembatan, RSNI-T-12-2004
6. Perencanaan Jembatan terhaap gempa, SNI 2833:2016
7. Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi, Suyono S

2.3 Pelabuhan Barang

Di pelabuhan barang terjadi perpindahan moda transportasi, yaitu dari angkutan laut ke angkutan darat dan sebaliknya. Barang dibongkar dari kapal dan diturunkan di dermaga. Selanjutnya barang tersebut diangkut langsung dengan menggunakan truk ke tempat tujuan atau disimpan di gudang atau lapangan penumpukan terbuka sebelum dikirim ke tempat tujuan.

Untuk mendukung kegiatan tersebut, suatu pelabuhan harus dilengkapi dengan fasilitas berikut ini.

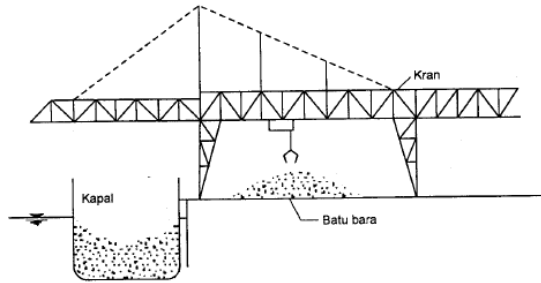
- a. Dermaga dimana kapal akan bertambat dan melakukan kegiatan bongkar muat barang. Panjang dermaga harus cukup untuk menampung seluruh panjang kapal atau setidaknya 80% dari panjang kapal. Hal ini

- b. disebabkan karena muatan dibongkar muat melalui bagian muka, belakang dan tengah kapal.
- c. Mempunyai halaman dermaga yang cukup lebar untuk keperluan bongkar muat barang. Barang yang akan dimuat disiapkan di atas dermaga dan kemudian diangkat dengan *crane* untuk masuk ke kapal.
- d. Mempunyai gudang transito (gudang lini I) dan lapangan penumpukan terbuka serta gudang penyimpanan.
- e. Tersedia jalan raya untuk pengangkutan barang dari pelabuhan ke tempat tujuan dan sebaliknya.
- f. Peralatan bongkar muat untuk membongkar muatan dari kapal ke dermaga dan sebaliknya serta untuk mengangkut barang ke gudang dan lapangan penumpukan.

Penanganan muatan di pelabuhan dilakukan di terminal yang penanganannya tergantung pada jenis muatan yang diangkut. Jenis muatan dapat dibedakan menjadi tiga jenis berikut ini.

1. Barang umum (*General cargo*) yaitu barang-barang yang dikirim dalam bentuk satuan seperti mobil, truk, mesin, dan barang-barang yang dibungkus dalam peti, karung, drum dan sebagainya.
2. Muatan Curah/lepas (*Bulk cargo*) yaitu dapat dibedakan menjadi muatan curah kering berupa butiran padat seperti tepung, pasir, semen, batu bara, beras, jagung, gandum, dan sebagainya; muatan curah cair seperti air, minyak bumi, minyak nabati, dan sebagainya dan curah

padat seperti batu bara dan sebagainya seperti yang terlihat pada Gambar 2. 1.

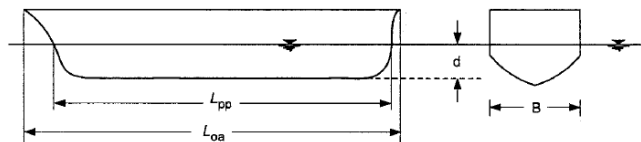


Gambar 2. 1 Terminal barang curah padat

3. Peti kemas (*container*), adalah suatu kotak besar berbentuk empat persegi panjang yang digunakan sebagai tempat untuk mengangkut sejumlah barang. Peti kemas mempunyai ukuran yang telah distandarisasi.

2.4 Karakteristik Kapal

Panjang, lebar dan sarat (draft) kapal yang akan menggunakan pelabuhan berhubungan langsung pada perencanaan pelabuhan dan fasilitas-fasilitas yang harus tersedia di pelabuhan. Gambar 2. 2 menunjukkan dimensi utama kapal. Beberapa istilah yang digunakan yaitu



Gambar 2. 2 Dimensi Kapal

- DPL (*Displacement Tonnage*) adalah volume air yang dipindahkan oleh kapal dan sama dengan berat kapal.
- *Displacement Tonnage Loaded* yaitu ukuran isi tolak kapal bermuatan penuh atau berat kapal maksimum. Apabila kapal sudah mencapai *Displacement Tonnage Loaded* masih dimuati lagi, kapal akan terganggu stabilitasnya sehingga kemungkinan kapal tenggelam menjadi besar. Ukuran isi tolak dalam keadaan kosong disebut dengan *Displacement Tonnage Light*, yaitu berat kapal tanpa muatan. Dalam hal ini berat kapal adalah termasuk perlengkapan berlayar, bahan bakar, anak buah kapal, dan sebagainya.
- *Deadweight Tonnage* (DWT) yaitu berat total muatan dimana kapal dapat mengangkat dalam keadaan pelayaran optimal (Draft maksimum). DWT adalah selisih antara *Displacement Tonnage Loaded* dan *Displacement Tonnage Light*.
- *Gross Register Tons*, GRT (Ukuran isi kotor) adalah volume keseluruhan ruangan kapal. $1 \text{ GRT} = 2,83 \text{ m}^3 = 100 \text{ ft}^3$.
- *Netto Register Tons*, NRT (Ukuran isi kotor) adalah ruangan yang disediakan untuk muatan dan penumpang, besarnya sama dengan GRT dikurangi dengan ruangan-ruangan yang disediakan untuk nahkoda dan anak buah kapal, ruang mesin, gang, kamar mandi, dapur, ruang peta. Jadi NRT adalah ruangan-ruangan yang dapat didayagunakan, dapat diisi dengan muatan yang membayar uang tambah.

- *Draft* adalah bagian kapal yang terendam air pada keadaan muatan maksimum, atau jarak antara garis air pada beban yang direncanakan (*Designed Load Water Line*) dengan titik terendah kapal.
- Panjang total (*Length overall*, L_{oa}) adalah panjang kapal dihitung dari ujung depan (haluan) sampai ujung belakang (buritan).
- Panjang garis air (*length between perpendiculars*, L_{pp}) adalah panjang antara kedua ujung *design load water line*.
- Lebar kapal (*beam*) adalah jarak maksimum antara dua sisi kapal.

2.5 Dermaga

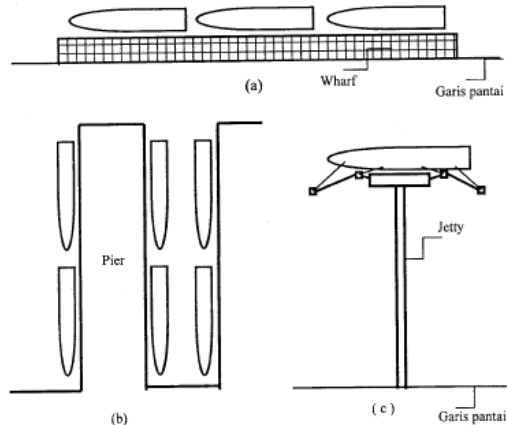
Dermaga adalah salah satu bangunan yang terdapat di Pelabuhan yang berfungsi sebagai tempat untuk merambat dan menambatkan kapal yang akan melakukan bongkar muat barang dan menaik-turunkan penumpang. Dermaga harus direncanakan dengan baik sehingga kapal dapat bertambat dan melakukan bongkar muat dengan aman, cepat dan lancar. Dalam perencanaan dermaga terdapat pertimbangan-pertimbangan pokok yang diperlukan yaitu :

2.5.1 Tipe Dermaga

Dermaga dapat dibedakan menjadi tiga tipe yaitu *wharf*, *pier* dan *jetty*. *Wharf* adalah dermaga yang paralel dengan pantai dan biasanya berimpit dengan garis pantai. *Wharf* juga dapat berfungsi sebagai penahan tanah yang ada dibelakangnya. *Pier* adalah dermaga yang berada pada garis

pantai dan posisinya tegak lurus dengan garis pantai (berbetuk jari). *Jetty* adalah dermaga yang menjorok ke laut sedemikian sehingga sisi depannya berada pada kedalaman yang cukup untuk merambat kapal.

Gambar 2. 3 menunjukkan beberapa tipe dermaga.



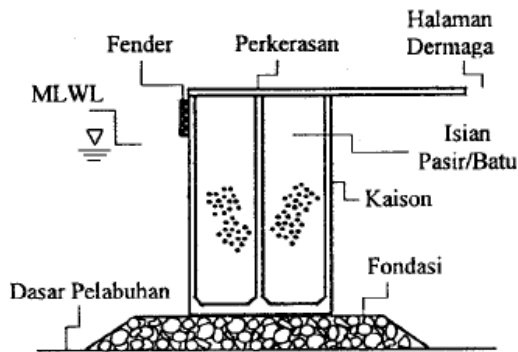
Gambar 2. 3 Dermaga tipe a) Wharf, b) Pier, c) Jetty

2.5.2 Struktur Dermaga

Dermaga merupakan batas muka antara daratan dan perairan dimana kapal dapat bertambat. Struktur dermaga dapat dikelompokkan menjadi dua macam yaitu :

1. Dermaga konstruksi terbuka dimana lantai dermaga didukung oleh tiang-tiang pancang.

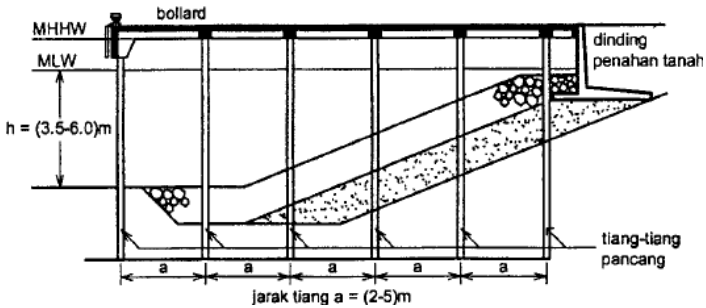
2. Dermaga konstruksi tertutup, dimana batas antara darat dan perairan dipisahkan oleh suatu dinding yang berfungsi menahan tanah dibelakangnya, yang dapat berupa dinding massa, kaisan, turap dan dinding penahan tanah seperti yang terlihat pada Gambar 2. 4.



Gambar 2. 4 Wharf Kaisan

2.5.3 Dermaga *On Pile*

Dermaga *on pile* yaitu dermaga yang pondasinya menggunakan tiang pancang seperti yang terlihat pada Gambar 2. 5. Jenis tiang pancang ini dapat berupa kayu, baja atau beton. Untuk kedalaman pondasi yang dalam, biasanya digunakan tiang beton pratekan atau tiang pancang baja.



Gambar 2. 5 Dermaga dengan Tiang Pancang beton bertulang

2.6 Pembebanan arah Horizontal Dermaga.

Gaya-gaya yang bekerja pada dermaga dapat dibedakan menjadi gaya vertikal dan gaya horizontal. Gaya horizontal meliputi gaya benturan kapal ketika kapal merapat ke dermaga (gaya sandar, *berthing forces*) dan gayaambat (*mooring forces*) yaitu gaya yang ditimbulkan ketika kapal bertambat didermaga yang disebabkan oleh angin dan arus dan gaya gempa.

2.6.1 Gaya Sandar (Berthing forces)

Saat kapal akan bertambat ke dermaga, kapal masih memiliki kecepatan sehingga menimbulkan benturan antara dermaga dan kapal. Dalam perencanaan, dianggap bahwa benturan maksimum terjadi apabila kapal bermuatan penuh menghantam dermaga dengan sudut 10° terhadap sisi depan dermaga.

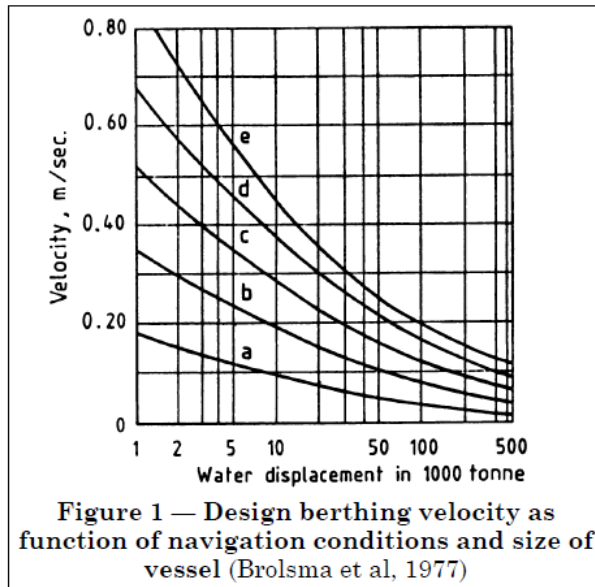
Besarnya energi benturan kapal adalah sesuai dengan rumus berikut:

$$E = 0.5M_D(V_B)^2C_M C_E C_S C_C \quad (2.1)$$

Dimana:

- E = Energi kinetik timbul akibat benturan (kNm)
 V_B = Kecepatan kapal saat merapat (m/s)
 M_D = Berat Kapal (t)
 C_M = Koefisien massa hidrodinamik
 C_C = Koefisien bentuk dari tambatan (diambil 1)
 C_S = Koefisien kehalusan (diambil 1)
 C_E = Koefisien eksentrisitas

Kecepatan merapat kapal merupakan salah satu faktor penting dalam perencanaan dermaga dan sistem fender, yang dapat ditentukan dari nilai pengukuran atau pengalaman. Secara umum kecepatan merapat kapal diberikan dalam Gambar 2. 6.



Gambar 2. 6 Kecepatan merapat kapal

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

$$C_M = 1 + \frac{2D}{B} \quad (2.2)$$

Dimana:

D = Draft kapal (m)

B = Lebar kapal (m)

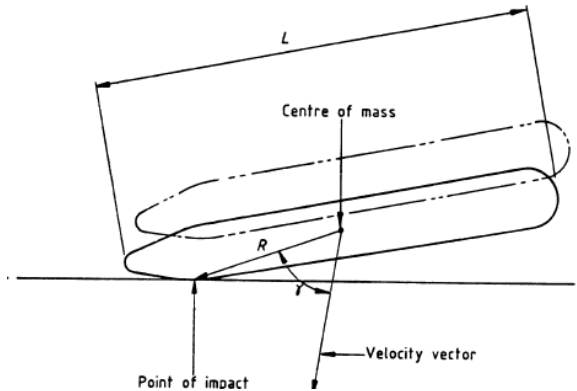
Koefisien eksentrisitas adalah perbandingan antara energi sisa dan energi kinetik kapal yang merapat, dan dapat dihitung dengan rumus berikut :

$$C_E = \frac{K^2}{K^2 + R^2} \quad (2.3)$$

Dimana:

K = Jari-jari rotasi kapal
 $= (0.19C_b + 0.11) L$

L = Panjang antara kedua garis tegak buritan dan garis tegak haluan yang diukur pada garis air muat seperti terlihat pada Gambar 2. 7.



Gambar 2. 7 Jarak Pusat berat kapal sampai titik sandar kapal

R = Jarak dari titik berat kapal dengan titik kontak (m)

C_b = Koefisien Blok (Tabel 2. 1)

$$= \frac{M}{L \times B \times D \times \gamma}$$

γ = Massa Jenis air laut = 1.025t/m³

Tabel 2. 1 Rata-rata nilai C_b

Vessel type	Range of C_b
Tanker/bulk	0.72 to 0.85
Container	0.65 to 0.70
Ro-Ro	0.65 to 0.70
Passenger	0.65 to 0.70
Dry cargo/combi	0.60 to 0.75
Ferry	0.50 to 0.65

2.6.2 Gaya Tambat (Mooring forces)

Kapal yang merapat di dermaga akan ditambat dengan menggunakan tali ke alat penambat yang disebut *bollard*. Pengikatan ini dilakukan agar kapal tidak bergerak saat terdapat angin ataupun arus. *Bollard* ditanam pada dermaga dan harus mampu menahan gaya tarikan kapal. Nilai gaya tambat yang bekerja pada *bollard* ditentukan dari besarnya beban yang bekerja akibat angin dan arus, kemudian dipilih yang paling dominan.

a. Gaya akibat angin

Angin yang berhembus ke badan kapal yang ditambat akan menyebabkan gerakan kapal yang bisa menimbulkan gaya pada dermaga. Apabila arah angin menuju ke dermaga, maka gaya tersebut berupa gaya benturan ke dermaga; sedangkan apabila arah angin meninggalkan dermaga, maka gaya tersebut menyebabkan gaya tarikan kapal pada alat penambat. Besar gaya angin tergantung pada arah dan kecepatan hembus angin, dan dapat dihitung dengan rumus berikut.

- Gaya longitudinal apabila angin datang dari arah haluan ($\alpha = 0^\circ$)

$$R_w = 0.42P_a A_w \quad (2.4)$$

- Gaya lateral apabila angin datang dari arah lebar ($\alpha = 90^\circ$)

$$R_w = 1.1P_a A_w \quad (2.5)$$

Dimana :

$$P_a = 0.063 V^2 \quad (2.6)$$

Dengan :

R_w = Gaya akibat angin (kg)

P_a = Tekanan angin (kg/m^2)

V = Kecepatan angin (m/s)

A_w = Proyeksi bidang yang tertiuap angin (m^2)

b. Gaya akibat arus

Arus yang bekerja pada bagian kapal yang terendam air akan menyebabkan terjadinya gaya pada kapal yang selanjutnya akan diteruskan pada alat penambat dan dermaga. Besar gaya yang ditimbulkan oleh arus diberikan oleh persamaan berikut ini.

$$R_a = C_c \gamma_w A_c \frac{V_c^2}{2g} \quad (2.7)$$

Dengan :

R_a = Gaya akibat arus (kgf)

A_c = Luas kapal yang terendam air (m^2)

γ_w = Rapat massa air laut (1025 kg/m^3)

V_c = Kecepatan arus (m/s)

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 didepan 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 $C_c = 6,0$

2.6.3 Gaya Gempa

Beban gempa diambil sebagai gaya horizontal yang ditentukan berdasarkan perkalian antara koefisien respon elastik (C_{sm}) dengan berat struktur ekuivalen yang kemudian dimodifikasi dengan faktor modifikasi respon (R) dengan formulasi sebagai berikut :

$$E_Q = \frac{C_{sm}}{R} \times W_t \quad (2.8)$$

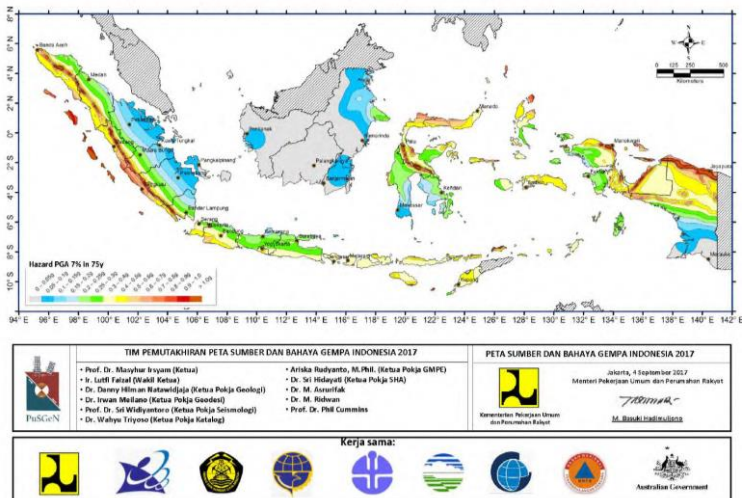
Dimana:

E_Q : Gaya gempa horizontal statis (kN)

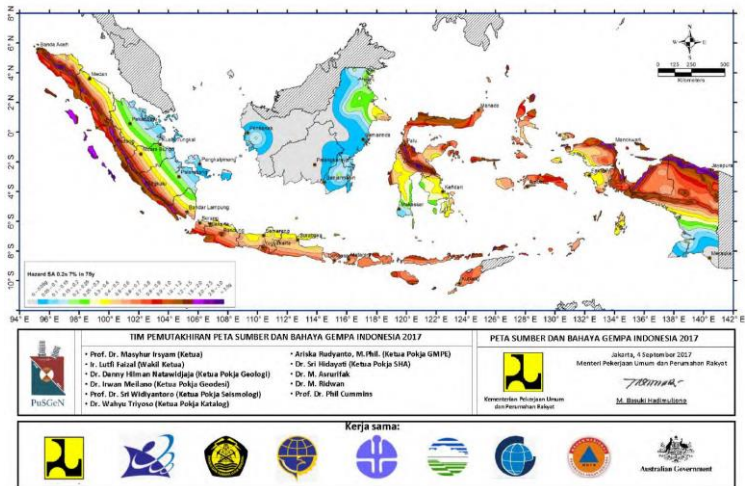
C_{sm} : Koefisien respons elastik

R : Faktor modifikasi respons

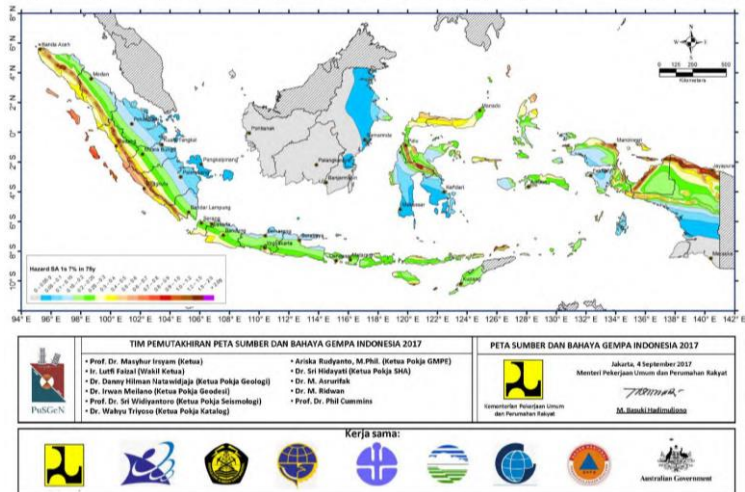
W_t : Berat total struktur terdiri dari baban mati dan beban hidup (kN)



Gambar 2. 8 Peta percepatan puncak di batuan dasar (PGA)



Gambar 2. 9 Peta respons spektra percepatan 0.2 detik di batuan dasar (S_s)



Gambar 2. 10 Peta respon spektra percepatan 1.0 deetik di batuan dasar (S₁)

a. Kelas Situs

Klasifikasi situs ditentukan untuk lapisan setebal 30 m sesuai dengan yang didasarkan pada korelasi dengan hasil penyelidikan tanah lapangan dan laboratorium sesuai Tabel 2. 2.

Tabel 2. 2 Kelas Situs

Kelas Situs	\bar{v}_z (m/s)	\bar{N}	\bar{S}_u (kPa)
A. Batuan Keras	$\bar{v}_z \geq 1500$	N/A	N/A
B. Batuan	$750 < \bar{v}_z \leq 1500$	N/A	N/A
C. Tanah Sangat Padat dan Batuan Lunak	$350 < \bar{v}_z \leq 750$	$\bar{N} > 50$	$\bar{S}_u \geq 100$
D. Tanah Sedang	$175 < \bar{v}_z \leq 350$	$15 \leq \bar{N} \leq 50$	$50 \leq \bar{S}_u \leq 100$
E. Tanah Lunak	$\bar{v}_z < 175$	$\bar{N} < 15$	$\bar{S}_u < 50$
	Atau setiap profil lapisan tanah dengan ketebalan lebih dari 3 m dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$, 2. Kadar air (w) $\geq 40\%$, dan 3. Kuat geser tak terdrainase $\bar{S}_u < 25$ kPa		
F. Lokasi yang membutuhkan penyelidikan geoteknik dan analisis respon dinamik spesifik	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik seperti : - Rentan dan berpotensi gagal terhadap beban gempa seperti likuifaksi, tanah lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah - Lempung organik tinggi dan/atau gambut (dengan ketebalan > 3 m) - Plastisitas tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan $PI > 75$) - Lapisan lempung lunak/medium kaku dengan ketebalan $H > 35$ m		

Nilai rata-rata berbobot cepat rambat gelombang geser, hasil uji penetrasi standar dan kuat geser tak terdrainase dengan tebal lapisan tanah sebagai besaran pembobotnya dan harus dihitung menurut persamaan-persamaan berikut:

$$\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^m t_i}{\sum_{i=1}^m \frac{t_i}{N}} \quad (2.9)$$

$$\bar{V}_s = \frac{\sum_{i=1}^m t_i}{\sum_{i=1}^m \frac{t_i}{V_{si}}} \quad (2.10)$$

$$\bar{S}_u = \frac{\sum_{i=1}^m t_i}{\sum_{i=1}^m \frac{t_i}{S_{ui}}} \quad (2.11)$$

Dimana :

t_i = tebal lapisan tanah ke-i

N_i = nilai hasil uji penetrasi standar lapisan tanah ke-i

V_{si} = kecepatan rambat gelombang geser melalui lapisan tanah ke-i

S_{ui} = kuat geser tak terdrainase lapisan tanah ke-i

m = jumlah lapisan tanah yang ada di atas batuan dasar

b. Faktor Situs

Untuk penentuan respon spektra di permukaan tanah, diperlukan faktor amplifikasi untuk PGA, periode pendek ($T=0.2$ detik) dan periode 1 detik. Tabel 2. 3 dan Tabel 2. 4 memberikan nilai F_{PGA} , F_A dan F_V untuk berbagai jenis tanah.

Tabel 2. 3 Faktor amplikasi untuk PGA dan 0.2 detik (F_{PGA}/F_a)

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

Tabel 2. 4 Besarnya nilai faktor amplifikasi untuk periode 1 detik (F_v)

Kelas situs	PGA ≤ 0,1 S _s ≤ 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 ≥ 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

c. Kofisien respon gempa elastik

- Untuk periode lebih kecil dari T_0 , koefisien respons gempa elastik (C_{sm}) didapatkan dari persamaan berikut:

$$C_{sm} = (S_{DS} - A_s) \frac{T}{T_0} + A_s \quad (2.12)$$

- Untuk periode lebih besar atau sama dengan T_0 , dan lebih kecil atau sama dengan T_s , respons spektra percepatan, C_{sm} adalah sama dengan S_{DS} .
- Untuk periode lebih besar dari T_s , koefisien respons gempa elastik (C_{sm}) didapatkan dari persamaan berikut:

$$C_{sm} = \frac{S_{D1}}{T} \quad (2.13)$$

Dimana:

$$\begin{aligned} S_{DS} &= \text{Nilai spektra permukaan tanah periode 0.2 detik} \\ &= F_a \times S_s \end{aligned} \quad (2.14)$$

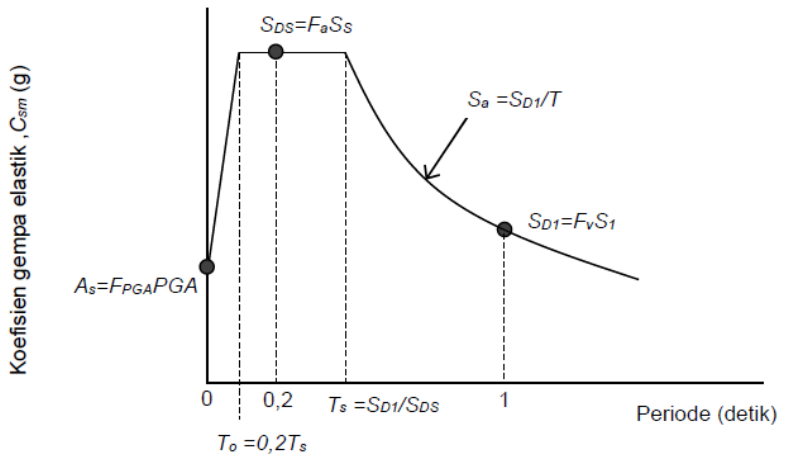
$$\begin{aligned} S_{D1} &= \text{Nilai spektra permukaan tanah periode 1,0 detik} \\ &= F_v \times S_1 \end{aligned} \quad (2.15)$$

$$A_s = F_{PGA} \times PGA \quad (2.16)$$

$$T_0 = 0.2 T_s \quad (2.17)$$

$$T_s = S_{D1}/S_{DS} \quad (2.18)$$

Respon spektra adalah nilai-nilai yang menggambarkan respon maksimum sistem berderajat kebebasan tunggal pada berbagai frekuensi alami (periode alami) teredam akibat suatu goyangan tanah. Untuk kebutuhan praktis, maka dibuat dalam bentuk respon spektra yang telah disederhanakan seperti yang terlihat pada Gambar 2. 11.



Gambar 2. 11 Bentuk tipikal respon spectra

d. Faktor Modifikasi respon

Gaya gempa rencana pada bangunan bawah dan hubungan antara elemen struktur ditentukan dengan cara membagi gaya gempa elastis dengan faktor modifikasi respon sesuai dengan Tabel 2. 6 dan Tabel 2. 5.

Tabel 2. 6 Faktor modifikasi respon untuk hubungan elemen struktur

Hubungan elemen struktur	Semua kategori kepentingan
Bangunan atas dengan kepala jembatan	0,8
Sambungan muai (dilatasi) pada bangunan atas	0,8
Kolom, pilar, atau tiang dengan bangunan atas	1,0
Kolom atau pilar dengan fondasi	1,0

Tabel 2. 5 Faktor Kategori Kepentingan untuk bangunan bawah

Bangunan bawah	Kategori kepentingan		
	Sangat penting	Penting	Lainnya
Pilar tipe dinding	1,5	1,5	2,0
Tiang/kolom beton bertulang			
Tiang vertikal	1,5	2,0	3,0
Tiang miring	1,5	1,5	2,0
Kolom tunggal	1,5	2,0	3,0
Tiang baja dan komposit			
Tiang vertikal	1,5	3,5	5,0
Tiang miring	1,5	2,0	3,0
Kolom majemuk	1,5	3,5	5,0

e. Kombinasi pengaruh gaya gempa

Gaya gempa elastis yang bekerja pada dermaga harus dikombinasi sehingga memiliki 2 tinjauan pembebanan yaitu sebagai berikut:

- 100% gaya gempa pada arah x dikombinasikan dengan 30% gaya gempa arah y
- 100% gaya gempa pada arah y dikombinasikan dengan 30% gaya gempa arah x

2.6.4 Spring Konstan

Spring konstan merupakan reaksi lapisan dibawah permukaan tanah dalam arah horizontal. Dihitung menggunakan persamaan yang diambil dari Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi, Suyono S, Kazuto Nakazawa hal. 109.

$$E_o = N \times 28 \quad (2.19)$$

$$k_0 = 0.2 \times E_o \times D^{3/4} \quad (2.20)$$

$$k = k_0 \times y^{\frac{1}{2}} \quad (2.21)$$

$$\text{Spring Konstan} = k \times D \times Li \quad (2.22)$$

Dengan:

E_o = Modulus deformasi tanah pondasi

N = Nilai SPT sepanjang 1 m

k_0 = Modulus reaksi horizontal yang nilainya konstan sepanjang tiangterbenam

k = Koefisien reaksi tanah dibawah permukaan dalam arah mendatar

y = Besarnya pergeseran yang akan dicari (cm) = 1 cm

Li = Panjang tiang yang dihitung

D = Diameter tiang (cm)

2.6.5 Beban Gelombang

Beban yang dihitung akibat perilaku gelombang terhadap tiang dihitung berdasarkan *ASCE 7-05, pasal 5.4.4.1*

$$F_D = 1/2 \times \gamma_W \times C_D \times D \times H^2 \quad (2.23)$$

Dengan:

F_D = Gaya gelombang (kN)

γ_W = Berat Jenis air laut (1,025 t/m³)

C_D = Koefisien drag (1,75 untuk tiang vertikal)

D = Diameter tiang (m)

H = Tinggi gelombang (m)

2.6.6 Beban Arus

Beban Arus pada tiang pancang dihitung berdasarkan *Technical Standards for Port and Harbour facilities in Japan, OCDI, pasal 7.2 hal 138*

$$F_D = 1/2 \times \gamma_W \times C_D \times A \times V^2 \quad (2.24)$$

Dengan:

F_D = Gaya Arus (kN)

γ_W = Berat Jenis air laut (1,025 t/m³)

C_D = Koefisien drag (1 untuk penampang silinder)

A = Luasan area yang terkena arus (m²)

V = Kecepatan Arus (m/s)

2.7 Pembebanan arah Vertikal Dermaga

Gaya-gaya yang bekerja pada dermaga dapat dibedakan menjadi gaya vertikal dan gaya horizontal. Gaya vertikal

meliputi berat sendiri bangunan dermaga, beban hidup, beban peralatan bongkar muat.

2.7.1 Beban Mati

Beban mati terdiri dari beban sendiri struktur dan beban mati tambahan. Berat sendiri material yang diperhitungkan dalam perencanaan struktur adalah sebagai berikut:

- Beton bertulang : 2400 kg/m^3
- Baja : 7850 kg/m^3

Beban mati tambahan merupakan berat struktur yang tidak dimodelkan dalam permodelan struktur, yaitu bollard, fender dan Infill concrete (beton pengisi tiang pancang).

2.7.2 Beban Hidup

Beban hidup adalah semua beban bergerak termasuk orang, peralatan, perlengkapan lain, partisi yang bergerak, bagian dari peralatan yang dibongkar dan material-material yang penempatannya bersifat sementara. Beban hidup dapat berupa beban hidup merata (*Uniformly Distributed Load*) maupun beban terpusat (*Concentrated Load*).

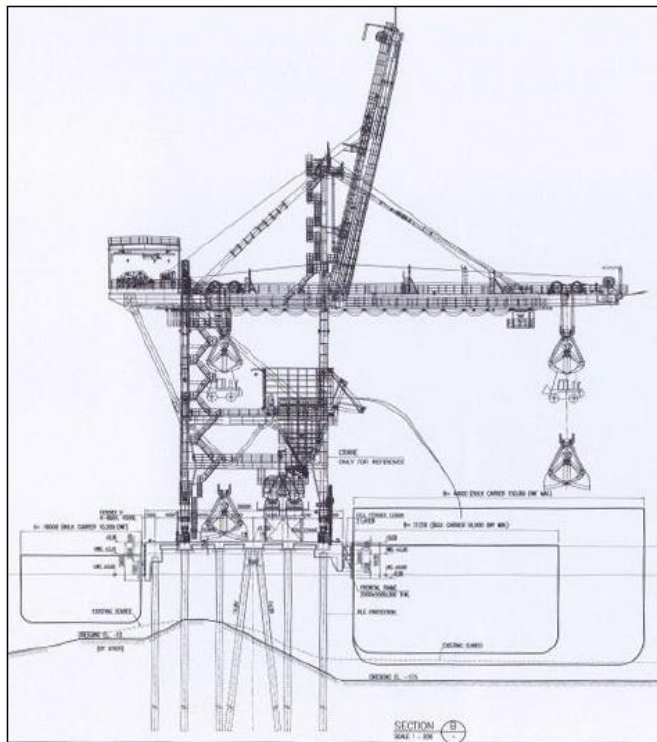
a. Beban Hidup terdistribusi merata

Beban hidup terdistribusi merata atau disebut juga dengan UDL (*Uniformly Distributed Load*) diperhitungkan sebagai berikut :

Dermaga	: 2.5 ton/m^2
Mooring Dolphin	: 3 ton/m^2

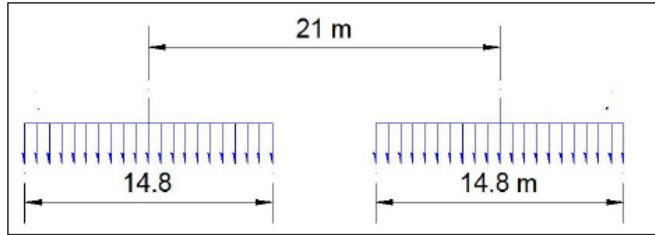
b. Beban Grab Ship Unloader (GSU)

Fasilitas yang digunakan dalam demaga ini adalah *Grab Ship Unloader*. Dermaga ini direncanakan mampu mendukung operasional 2 unit *Grab Ship Unloader* (GSU). Ilustrasi GSU crane pada struktur dermaga diperlihatkan pada Gambar 2. 12.

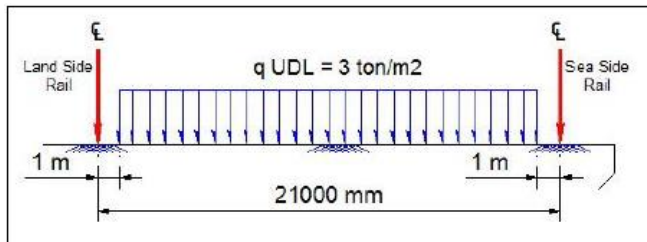


Gambar 2. 12 Grab Ship Unloader

Ilustrasi distribusi pembebanan GSU (corner load) dapat dilihat pada Gambar 2. 13 dan Gambar 2. 14.



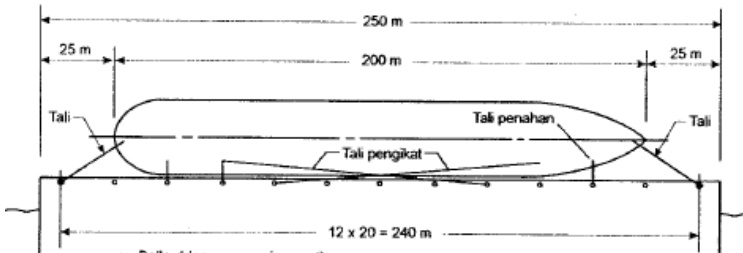
Gambar 2. 13 Ilustrasi Konfigurasi beban roda GSU



Gambar 2. 14 Ilustrasi Konfigurasi Pembebanan roda GSU

2.8 Perencanaan Bollard

Kapal yang berlabuh ditambatkan ke dermaga dengan mengikat tali-tali penambat ke bagian haluan, buritan dan badan kapal seperti Gambar 2. 15. Menunjukkan metode pengikatan kapal ke dermaga.



Gambar 2. 15 Metode pengikatan kapal ke dermaga

Supaya tidak mengganggu kelancaran kegiatan dermaga (bongkar muat barang) maka tinggi bolder tidak boleh lebih dari 50 cm diatas lantai dermaga. Tabel 2. 7 memberikan gaya rencana bollard dan perkiraan jarak antara bollard.

Tabel 2. 7 Gaya Bollard dan jarak antar bollard

Displacement Kapal (ton)	Gaya Bollard P (kN)	Jarak antara Bollard (m)	Gaya bollard tegak lurus tambatan (kN/m)	Gaya bollard sepanjang tambatan (kN/m)
2.000	100	5-10	15	10
5.000	200	10-15	15	10
10.000	300	15	20	15
20.000	500	20	25	20
30.000	600	20	30	20
50.000	800	20-25	35	20
100.000	1000	25	40	25
200.000	1500	30	50	30

2.9 Fender

Fender berfungsi sebagai bantalan yang berada didepan dermaga. Fender akan menyerap energi benturan antara kapal dan dermaga dan meneruskannya ke struktur dermaga. Gaya fender yang terjadi saat kapal yang sedang merapat berupa gaya pukul kapal pada fender akibat kecepatan kapal, serta akibat pergoyangan kapal oleh gelombang dan angin. Fender harus dipasang disepanjang dermaga dan letaknya harus sedemikian rupa sehingga dapat mengenai kapal.

2.9.1 Tipe-tipe Fender

Fender dibuat dari bahan elastis, seperti kayu dan karet. Fender kayu bisa berupa batang kayu yang dipasang didepan muka dermaga atau tiang kayu yang dipancang. Fender karet merupakan produk pabrik yang semakin

digunakan karena kualitasnya lebih baik dan tersedia di pasaran dalam berbagai tipe.

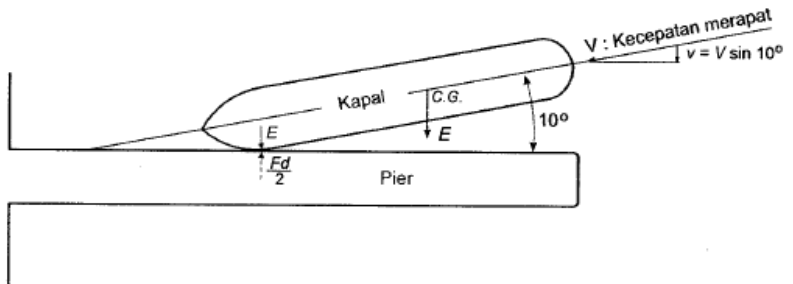
2.9.2 Perencanaan Fender

Perencanaan sistem fender didasarkan pada hukum kekekalan energi. Energi benturan kapal dengan dermaga sebagian diserap oleh sistem fender sedangkan sisanya diserap oleh struktur dermaga.

Prosedur perencanaan fender diberikan berikut ini.

1. Menentukan energi benturan kapal, yang didasarkan pada kapal terbesar yang merapat di dermaga.
2. Menentukan energi yang dapat diserap oleh dermaga. Energi tersebut sama dengan setengah gaya reaksi fender (F) dikalikan dengan defleksinya (d), $E = Fd/2$
3. Energi yang akan diserap oleh fender adalah energi yang ditimbulkan oleh benturan kapal dikurangi energi yang diserap dermaga.
4. Pilih fender yang mampu menyerap energi yang telah dihitung.

2.9.3 Hubungan energi dan gaya



Gambar 2. 16 Benturan Kapal pada Dermaga

Ketika kapal membentur fender, fender tersebut akan mengalami defleksi (pemampatan), pada saat itulah fender dapat menyerap energi benturan kapal dan meneruskannya ke struktur dermaga. Dalam perencanaan fender, biasanya ditetapkan bahwa defleksi maksimum yang diijinkan adalah sebesar 45%. Gambar 2. 16 menunjukkan kapal yang membentur dermaga pada saat merapat. Karena benturan tersebut fender memberikan gaya reaksi F .

$$F = \frac{W}{gd} V^2 \quad (2.25)$$

Dimana:

F = Gaya bentur yang diserap sistem fender

d = Defleksi fender

V = Komponen kecepatan dalam arah tegak lurus sisi dermaga

W = Bobot kapal bermuatan penuh

2.9.4 Jarak maksimum fender

Dalam arah horizontal jarak antara fender harus ditentukan sedemikian rupa sehingga dapat menghindari kontak langsung antara kapal dengan dinding dermaga. Persamaan berikut dapat digunakan untuk menentukan jarak maksimum antar fender.

$$L = 2 \sqrt{r^2 - (r - h)^2} \quad (2.26)$$

Dimana:

L = Jarak maksimum antara fender (m)

r = Jari-jari kelengkungan sisi haluan kapal (m)

h = Tinggi fender(m)

2.10 Kombinasi Pembebanan

Dalam evaluasi ini, kombinasi pembebanan yang digunakan merujuk pada *British Standard*, dengan rincian sebagai berikut :

Tabel 2. 8 Kombinasi Pembebanan

Case	Case Type	Condition	W1 & W2	W3	LL	MN	BN	T	WI	WV	CU	EL
Case I	Environment Load, without LL, no vessel Load	Service	1.0	1.0	-	-	-	1.0	1.0	1.0	1.0	-
		Ultimate	1.265	1.32	-	-	-	1.54	1.54	1.54	1.54	-
Case II	Environment Load, with LL, no vessel Load	Service	1.0	1.0	1.0	-	-	1.0	1.0	1.0	1.0	-
		Ultimate	1.265	1.32	1.54	-	-	1.54	1.54	1.54	1.54	-
Case III	Berthing Load (Normal)	Service	1.0	1.0	1.0	-	1.0	-	1.0	1.0	1.0	-
		Ultimate	1.265	1.32	1.54	-	1.54	-	1.54	1.54	1.54	-
Case IV	Mooring Load (Normal)	Service	1.0	1.0	1.0	1.0	-	-	1.0	1.0	1.0	-
		Ultimate	1.265	1.32	1.54	1.54	-	-	1.54	1.54	1.54	-
Case V	Seismic Load (Cond. I)	Service	1.0	1.0	-	-	-	-	-	-	-	0.7
		Ultimate	1.2	1.2	1.0	-	-	-	-	-	-	1.0
Case VI	Seismic Load (Cond. II)	Service	1.0	1.0	0.75	-	-	-	-	-	-	0.525
		Ultimate	0.9	0.9	-	-	-	-	-	-	-	1.0
Case VII	Seismic Load (Cond. III)	Service	0.6	0.6	0.6	-	-	-	-	-	-	0.7
		Ultimate	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Dimana :

W1 = Beban Mati ; Baja

W2 = Beban Mati ; Beton

W3 = Beban mati ; Beban Tambahan

LL = Beban Hidup

BN = Beban Berthing (Normal)

MN = Beban Mooring (Normal)

WI = Beban Angin (Normal)

WV = Beban Gelombang (Normal)

CU = Beban Arus (Normal)

T = Beban Suhu

Service untuk bangunan bawah dan Ultimate untuk bangunan atas.

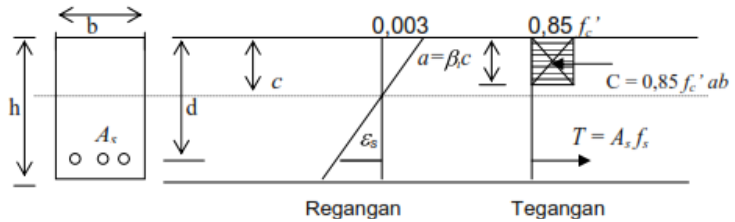
2.11 Perencanaan Konstruksi Atas Dermaga

2.11.1 Beton Bertulang

Standar dan peraturan yang digunakan dalam evaluasi ini adalah Perencanaan Struktur Beton untuk Jembatan RSNI T-12-2004 dan standar yang berkaitan dengan perencanaan struktur beton bertulang yaitu SNI 2847:2013 tentang Perencanaan Struktur Beton Bertulang.

Hubungan distribusi tegangan tekan beton dan regangan dapat dianggap dipenuhi oleh distribusi tegangan beton persegi ekuivalen, yang diasumsikan bahwa tegangan beton = $0.85f_c$ terdistribusi merata pada daerah tekan

ekivalen yang dibatasi oleh tepi tertekan terluar dari penampang dan suatu garis yang sejajar dengan sumbu netral sejarak $a = \beta_1 \cdot c$ dari tepi tertekan terluar tersebut seperti yang terlihat pada Gambar 2. 17.



Gambar 2. 17 Tegangan dan Regangan penampang beton

a. Faktor reduksi kekuatan (ϕ)

- Lentur = 0.90
- Geser dan torsi = 0.75
- Aksial tekan

Dengan tulangan spiral = 0.75

Dengan sengkang biasa = 0.65

b. Faktor β_1

$$\beta_1 = 0.85 \text{ untuk } f'_c \leq 30 \text{ MPa} \quad (2.27)$$

$$\beta_1 = 0.85 - 0.008 (f'_c - 30) \text{ untuk } f'_c > 30 \text{ MPa} \quad (2.28)$$

Tetapi β_1 tidak boleh diambil kurang dari 0.65

Dimana:

β_1 = faktor tinggi balok tegangan tekan persegi ekivalen beban

f'_c = kuat tekan beton yang direncanakan pada umur 28 hari (MPa)

c. Kekuatan Nominal

$$Mu = Mn \cdot \phi \quad (2.29)$$

Dimana:

Mu : momen ultimate (N.mm)

Mn : Momen nominal (N.mm)

ϕ : faktor reduksi

2.11.2 Perencanaan pelat

a) Tebal minimum pelat

$$ts \geq 200 \text{ mm} \quad (2.30)$$

$$ts \geq (100 + 40l) \text{ mm} \quad (2.31)$$

dimana l = bentang pelat diukur dari pusat ke pusat tumpuan (m).

b) Penulangan Pelat

1. Menghitung momen terfaktor dengan analisis struktur (Mu) menggunakan program bantu SAP2000.
2. Hitung momen nominal, $Mn = Mu/\phi$, dimana ϕ = faktor reduksi kekuatan lentur = 0.80
3. Tahanan momen nominal,

$$Rn = \frac{Mn}{b \cdot d^2} \quad (2.32)$$

$$m = \frac{fy}{0.85 \times fc} \quad (2.33)$$

Dimana:

b = lebar pelat yang ditinjau (per 1 m)

d = tebal efektif pelat lantai

4. Tahanan momen maksimum,

$$\rho_b = \frac{0.85 \times \beta_1 \times f_c}{f_y} \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \quad (2.34)$$

$$\rho_{maks} = 0.75 \times \rho_b \quad (2.35)$$

5. Rasio tulangan yang diperlukan,

$$\rho = \frac{0.85 f_c}{f_y} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 R_n}{0.85 f_c}} \right) \quad (2.36)$$

6. Rasio tulangan minimum,

$$\frac{A_s}{bd} > \frac{1.4}{f_y} \quad (2.37)$$

7. Luas tulangan yang diperlukan,

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d \quad (2.38)$$

8. Jarak antartulangan

$$s = \frac{\frac{1}{4} \pi d_t^2 \cdot b}{A_s} \quad (2.39)$$

c) Kontrol Lendutan

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

- Lentutan akibat pengaruh tetap (lawan lendut atau lendutan) adalah dalam batas wajar, yaitu: $0 < \Delta < L/300$
- Lentutan pada beban hidup layan, termasuk $\Delta < L/360$

2.11.3 Perencanaan balok

Panduan Perencanaan Teknik Jembatan BMS 1992 *Section 5* hal. 5-4, yakni tinggi efektif gelagar (balok melintang dan memanjang) dengan kekakuan memadai direncanakan berdasarkan ketentuan berikut ini:

$$D \geq 165 + 0.06L \quad (2.40)$$

Dengan :

D = tinggi gelagar (balok memanjang dan melintang)

L = panjang gelagar (balok melintang dan memanjang)

$$\frac{L_t}{b_{eff}} \geq 240 \frac{b_{eff}}{D} \quad (2.41)$$

$$\frac{L_t}{b_{eff}} \geq 60 \quad (2.42)$$

Dimana:

L_t = jarak antar pengekang melintang (mm)

b_{eff} = lebar balok (mm)

D = tinggi total balok (mm)

a. Penulangan Lentur

1. Menghitung momen terfaktor dengan analisis struktur (Mu) menggunakan program bantu SAP2000.

2. Hitung momen nominal, $M_n = M_u/\phi$, dimana $\phi =$ faktor reduksi kekuatan lentur = 0.90

3. Tahanan momen nominal,

$$m = \frac{f_y}{0.85 \times f_c} \quad (2.43)$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} \quad (2.44)$$

Dimana:

b = lebar balok yang ditinjau (per 1 m)

d = tebal efektif balok

4. Tahanan momen maksimum,

$$\rho_b = \frac{0.85 \times \beta_1 \times f_c}{f_y} \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \quad (2.45)$$

$$\rho_{maks} = 0.75 \times \rho_b \quad (2.46)$$

5. Rasio tulangan yang diperlukan,

$$\rho = \frac{0.85 f_c}{f_y} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 R_n}{0.85 f_c}} \right) \quad (2.47)$$

6. Rasio tulangan minimum,

$$\frac{A_s}{b d} > \frac{1.4}{f_y} \quad (2.48)$$

7. Luas tulangan yang diperlukan,

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d \quad (2.49)$$

8. Jarak antartulangan

$$s = \frac{\frac{1}{4} \pi d^2 \cdot b}{A_s} \quad (2.50)$$

9. Cek kemampuan nominal :

$$T = A_s \text{ pasang} \cdot F_y \quad (2.51)$$

$$a = \frac{T}{0.85 \cdot f_c \cdot b} \quad (2.52)$$

$$\phi M_n = \phi \cdot T \times (d - a/2) \quad (2.53)$$

Nilai ϕM_n harus lebih besar dari M_u .

b. Penulangan Geser

Perencanaan terhadap geser didasarkan mengacu pada SNI Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Gedung *SNI 2847-2013, pasal 11*.

$$\phi V_n \geq V_u \quad (2.54)$$

V_n adalah gaya geser terfaktor yang dihitung menurut :

$$V_n = V_c + V_s \quad (2.55)$$

Sedangkan V_c adalah kuat geser yang disumbangkan oleh beton yang dihitung menurut:

$$V_c = 0.17 \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d \quad (2.56)$$

Cek Kondisi:

▪ Kondisi 1

$$V_u > \phi V_c \quad (2.57)$$

Tulangan geser diperlukan

▪ Kondisi 2

$$V_u > 0.5 \cdot \phi \cdot V_c \quad (2.58)$$

Tulangan geser minimum diperhitungkan

Perhitungan tulangan geser :

$$V_s = V_n - V_c \quad (2.59)$$

$$V_s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s} \quad (2.60)$$

$$\frac{A_v \cdot \text{tot}}{s} = \frac{2 \cdot A_t}{s} + \frac{A_v}{s} \quad (2.61)$$

Sedangkan nilai A_v total minimum adalah:

$$A_v + 2 \cdot A_t = 75 \cdot \sqrt{f_c} \frac{b_w \cdot s}{1200 \cdot f_{yv}} \quad (2.62)$$

Dan nilai $A_v + 2 \cdot A_t$ tidak boleh kurang dari:

$$\frac{1}{3} \times b_w \times \frac{s}{f_{yv}} \quad (2.63)$$

S maksimum = $Ph/8$ atau 300 mm

c. Penulangan Torsi

Tu dapat diabaikan jika lebih kecil dari :

$$\frac{\phi \sqrt{f_c}}{12} \times \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \quad (2.64)$$

Dimensi penampang melintang harus memenuhi ketentuan berikut :

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w \cdot d} \right)^2 + \left(\frac{T_u \cdot ph}{1.7 A_{oh}^2} \right)^2} \leq \phi \left(\frac{V_c}{b_w \cdot d} + \frac{2 \sqrt{f_c}}{3} \right) \quad (2.65)$$

Tulangan puntir tambahan untuk menahan geser harus direncanakan dengan menggunakan persamaan:

$$T_n = \frac{2 \cdot A_o \cdot A_t \cdot f_{yv}}{s} \cdot \cot \pi \quad (2.66)$$

Dimana $\phi T_n = T_u$

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

$$A_l = \frac{A_t}{s} \cdot Ph \cdot \frac{f_{yv}}{f_{yt}} \cdot \cot^2 \phi \quad (2.67)$$

Sedangkan luas total minimum tulangan punter longitudinal harus dihitung dengan ketentuan:

$$A_{lmin} = \frac{0.42 \sqrt{f_c \cdot A_{cp}}}{f_{yt}} - \left(\frac{A_t}{s} \right) Ph \cdot \frac{f_{yv}}{f_{yt}} \quad (2.68)$$

Dimana A_t / s tidak kurang dari $b_w / 6f_y$

Luas tulangan tambahan kemudian disebar merata ke 4 sisi balok.

d. Kontrol Lendutan Balok

Berdasarkan Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan, BMS (1992) Vol 1, pasal 5.3.2.a, lendutan pada balok (dan pelat) harus dibatasisedemikian bahwa:

1. Lendutan akibat pengaruh tetap (lawan sudut ataulendutan) adalah dalam batas yang wajar. Batas berikutumumnya diinginkan $0 < \text{lawan lendutan} < L/300$.
2. Lendutan pada bebanhidup layan, termasuk kejut, tidakbolehmelebihi $L/800$ untuk bentang dan $L/400$ untukkantilever.

2.11.4 Perencanaan Pilecap

Struktur ini berfungsi sebagai penyambung antara ujung atas tiang pancang dengan balok memanjang maupun melintang. Struktur ini adakalanya tidak dipasang, jadi tiang pancang langsung bersambung ke balok di atasnya, untuk itu harus dipastikan balok cukup kuat menahan gaya tekan dan momen yang terjadi serta pelaksanaan di lapangan memungkinkan.

Bila digunakan poer ukurannya harus memenuhi syarat bagi jumlah tiang pancang yang akan dipasang di bawahnya. Disarankan jarak tepi poer terhadap tepi luar tiang minimal 15 cm sebagai ruang untuk selimut beton (7 cm) ditambah 4 kali diameter tulangan ditambah jarak untuk beton pengisi minimal 4 cm.

Untuk penentuan momen dan gaya lintang dapat ditentukan berdasar hasil perhitungan SAP atau yang lain.

2.12 Perencanaan Konstruksi Bawah Dermaga

2.12.1 Perencanaan Tiang Pancang

Secara teoritis kekuatan tiang pancang untuk memikul beban ada dua yaitu

- Daya dukung pada ujung tiang (*end bearing*), yaitu daya dukung yang terjadi akibat adanya tekanan tanah pada ujung tiang.
- Daya dukung selimut tiang (*pile shaft*), yaitu daya dukung yang terjadi akibat adanya gaya lekatan di sepanjang selimut tiang pancang.

Daya dukung ultimate ujung tiang (Q_p) menurut Mayerhoof dan Bazara dihitung sebagai berikut :

$$Q_p = 40 \cdot N_{\text{rata-rata}} \cdot A \text{ (ton)} \quad (2.69)$$

Dimana :

A = luas ujung tiang dalam (m^2)

$N_{\text{rata-rata}}$ = harga SPT rata-rata dihitung mulai 8D keatas dari ujung tiang pancang sampai 4D kebawah dari ujung tiang (blow/feet).

Daya dukung tiang pancang gabungan

$$Q_{\text{ult}} = Q_p + Q_s \quad (2.71)$$

$$Q_{\text{ijin}} = Q_{\text{ult}} / SF \quad (2.72)$$

Dimana:

Q_{ult} = daya dukung ultimate

Q_{ijin} = daya dukung ijin

SF = angka keamanan

Q_p = daya dukung ultimate ujung tiang

Q_s = daya dukung ultimate selimut tiang

2.12.2 Angka Keamanan

Faktor keamanan adalah angka yang menunjukkan tingkat kestabilan pondasi akibat pembebanan, baik beban tetap maupun beban sementara. Beban tetap adalah suatu beban yang mempengaruhi stabilitas dukung pondasi pada bangunan secara tetap dan tidak menunjukkan suatu

perubahan walaupun dalam kondisi yang berbeda, misalnya beban mati akibat berat sendiri bangunan dan beban hidup yang diberikan sesuai peraturan pembebanan. Sedangkan beban sementara adalah beban yang memberikan pengaruh terhadap struktur bangunan dalam jangka waktu tertentu dan secara tiba-tiba, dan besarnya beban meningkat, misalnya pengaruh terhadap gempa, beban bentur akibat benturan kapal, beban kejut kendaraan dan sebagainya.

2.13 Parameter Tanah dan Korelasi N-SPT

Parameter tanah yang belum ditentukan karena keterbatasan data dapat diperoleh menggunakan nilai korelasi sesuai data N-SPT yang telah didapatkan.

2.13.1 Korelasi N-SPT terhadap nilai konsistensi tanah

Nilai SPT dapat digunakan untuk menentukan nilai *undrained compressive strength* (q_u), *undrained shear strength* (S_u) dan sudut geser (ϕ). Perkiraan nilai-nilai tersebut seperti pada Tabel 2. 9.

Tabel 2. 9 Korelasi SPT

Uraian	Tanah Tidak Kohesif				
	N SPT	0-10	11-30	31-50	> 50
Berat isi, kN/m ³	12-16	14-18	16-20	18-23	
Sudut geser, ϕ	25-35	28-36	30-40	> 35	
Keadaan	Lepas	Sedang	Padat	Sangat Padat	
	Tanah Kohesif				
N SPT	< 4	4-6	6-15	16-25	> 25
Berat isi, kN/m ³	14-18	16-18	16-18	16-18	> 20
qu, kPa	< 25	20-50	30-60	40-200	> 100
Konsistensi	Sangat Lunak	Lunak	Sedang	Kenyal	Keras

Sumber : Bowles & Hainim, 2004

2.13.2 Korelasi N-SPT terhadap nilai Cu

Korelasi nilai Cu dan nilai ϕ dengan N-SPT untuk tanah dominan lanau dan lempung menurut Mochtar, 2006 seperti pada Tabel 2. 10.

Tabel 2. 10 Konsistensi Tanah untuk tanah dominan lanau dan lempung

Konsistensi tanah	Taksiran kekuatan geser undrained, C_u		Taksiran harga SPT
	kPa	ton/m ²	
Sangat Lunak	0-12.5	0-1.25	0-2.5

Konsistensi tanah	Taksiran kekuatan geser undrained, C_u		Taksiran harga SPT
	kPa	ton/m ²	
Lunak	12.5-25	1.25-2.5	2.5-5.0
Menengah	25-50	2.5-5.0	5.0-10
Kaku	50-100	5.0-10	10-20
Sangat Kaku	100-200	10-20	20-40
Keras	> 200	> 20	> 40

Sumber : Braja M.Das, 1985 Mekanika Tanah

Tabel 2. 11 Perkiraan harga Φ dari harga N-SPT

Kondisi Kepadatan	Kepadatan relatif, R_d (%)	Harga N-SPT	Perkiraan Harga, Φ (°)	Perkiraan Berat volume jenuh, γ_{sat} (ton/m ³)
<i>Very Loose</i>	0 s/d 15	0 s/d 4	0 s/d 28	< 1.60
<i>Loose</i>	15 s/d 35	4 s/d 10	28 s/d 30	1.50 - 2.0
<i>Medium</i>	35 s/d 65	10 s/d 30	30 s/d 36	1.75 - 2.1
<i>Danse</i>	65 s/d 85	30 s/d 50	36 s/d 41	1.75 - 2.25
<i>Very Danse</i>	85 s/d 100	> 50	> 41	

Sumber : Braja M.Das, 1985 Mekanika Tanah

2.13.3 Korelasi terhadap nilai modulus elastisitas tanah

Nilai modulus elastisitas menunjukkan besarnya nilai elastisitas tanah yang merupakan perbandingan antara tegangan dan regangan. Nilai ini bisa didapatkan dari *Triaxial Test*.

Nilai Modulus elastisitas tanah dapat diperkirakan dari nilai SPT Tanah seperti pada Tabel 2. 12.

Tabel 2. 12 Nilai Perkiraan Modulus Elastisitas Tanah

Jenis Tanah	Es (Kg/cm ²)
Lempung	
Sangat Lunak	3 - 30
Lunak	20 - 40
Sedang	45 - 90
Keras	70 - 200
Berpasir	300 - 425
Pasir	
Berlanau	50 - 200
Tidak padat	100 - 250
Padat	500 - 1000
Pasir dan Kerikil	
Padat	800 - 2000
Tidak padat	500 - 1400
Lanau	20 - 200
Loses	150 - 600
Cadas	1400 - 14000

Sumber : Bowles, 1997

2.13.4 Korelasi N-SPT terhadap *Poisson Ratio*(ν)

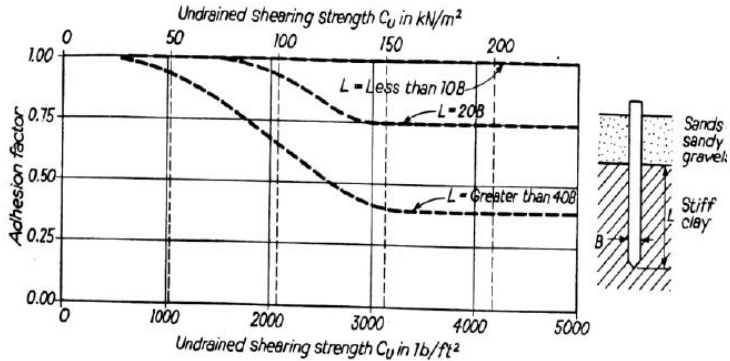
Poisson Ratio didefinisikan sebagai perbandingan antara regangan lateral dan longitudinal. Tabel 2. 13 dibawah ini merupakan Poisson ratio untuk beberapa material :

Tabel 2. 13 Poisson's Ratio

Material	Poisson's Ratio ν
Lempung Jenuh	0.4 - 0.5
Lempung tak jenuh	0.1 - 0.3
Lempung berpasir	0.2 - 0.3
Lanau	0.3 - 0.35
Pasir Padat	0.1 - 1.0
Pasir berkerikil	0.3 - 0.4
Batuan	0.1 - 0.4 (Bergantung jenis Batuan)
Tanah lus	0.1 - 0.3
Es	0.36
Beton	0.15 - 0.25

Sumber : Bowles, 1997

2.13.5 Korelasi N-SPT terhadap nilai Adhesion Factor



Gambar 2. 18 Nilai Adhesion Factor, su
Sumber : Tomlison, 1977

2.14 Perkuatan Struktur

Perkuatan merupakan suatu kegiatan yang bertujuan meningkatkan perilaku komponen atau struktur agar menjadi lebih kuat dibandingkan sebelumnya. Pada tugas akhir ini untuk perkuatan dilakukan dengan menggunakan *bracing* tiang pancang.

2.14.1 *Bracing* Tiang pancang

Bracing adalah salah satu perkuatan untuk pondasi tiang pancang. *Bracing* dilakukan agar struktur lebih kaku dari sebelumnya sehingga dapat menahan beban lateral.

BAB III

METODOLOGI

3.1 Tahap Persiapan

Tahap persiapan merupakan rangkaian kegiatan sebelum memulai pengumpulan data dan pengolahannya. Adapun tahap persiapan meliputi :

1. Menentukan judul yang tepat untuk tugas akhir.
2. Menentukan kebutuhan data yang akan digunakan.
3. Mendata instansi yang dapat dijadikan narasumber.
4. Melengkapi persyaratan administrasi untuk pencarian data.
5. Survei ke lokasi untuk mendapatkan gambaran umum kondisi lapangan.

Persiapan di atas harus dilakukan dengan cermat untuk menghindari pekerjaan yang berulang sehingga tahap pengumpulan data menjadi tidak optimal.

3.2 Pengumpulan Data

Pada tahap ini dilakukan proses pengumpulan data-data yang dibutuhkan untuk menunjang pembuatan tugas akhir. Data-data yang dibutuhkan yaitu :

1. As built Drawing Dermaga.
2. Bathimetri dan Topografi.
3. Data Tanah.
4. Data Pasang Surut, Arah Angin dan Gelombang.
5. Data Kapal yang bertambat.
6. Data dan Spesifikasi Alat berat yang bekerja di dermaga.
7. Data Fender, Bolder dan Dolphin.

8. Data Perencanaan Struktur dermaga.

3.2.1 Kondisi Umum Dermaga

Dermaga Curah Kering Teluk Lamong direncanakan dengan ketentuan umum sebagai berikut:

Fungsi Dermaga : Dermaga Curah Kering

Dimensi Dermaga: 30 m x 250 m

Lokasi Dermaga : Terminal Teluk Lamong, Tanjung Perak, Surabaya

Elevasi lantai dermaga : +5.00 m LWS

Kedalaman dermaga : -17.50 m LWS (Sisi Laut)

-12.12 m LWS (Sisi Darat)

Tipe Struktur : Struktur beton *beam on piles*

3.2.2 Umur Rencana

Perencanaan dermaga dilakukan dengan memperhitungkan umur rencana konstruksi adalah 50 tahun, sedangkan elemen-elemen lainnya seperti fender dan bollard dilakukan pemeliharaan secara berkala dan diganti apabila terjadi kerusakan yang berarti.

3.2.3 Karakteristik Kapal

Karakteristik kapal yang dapat bersandar pada Dermaga ini adalah *Bulk Carrier* yaitu untuk kapal rencana yang akan bertambat pada dermaga teluk lamong adalah kapal dengan 50,000 DWT untuk sisi Darat sedangkan untuk sisi laut tetap dengan 60,000-150,000 DWT.

3.3 Pembebanan Dermaga

Pembebanan pada dermaga dibagi 2 yaitu beban vertikal dan beban horizontal. Beban-beban tersebut antara lain :

- Beban Vertikal :
 1. Beban Sendiri Struktur.
 2. Beban Alat Berat yang bekerja di dermaga.
 3. Beban Hidup.
- Beban Horizontal :
 1. Gaya akibat Angin, Gelombang dan Arus.
 2. Gaya Benturan Kapal.
 3. Gaya Fender dan Boulder.
 4. Beban Gempa.
 5. Beban Spring Konstan

3.4 Evaluasi Struktur Dermaga Eksisting

Evaluasi struktur dermaga eksisting dilakukan dengan menghitung kapasitas elemen elemen struktur dermaga yaitu pelat, balok, pile cap dan tiang pancang dengan menggunakan beban kapal eksisting dan dilakukan permodelan struktur dengan *software* SAP2000.

3.5 Evaluasi Struktur Dermaga akibat Peningkatan Bobot Kapal

Evaluasi struktur dermaga akibat peningkatan bobot kapal dilakukan dengan menghitung apakah beban yang diterima dapat dipikul dengan penampang eksisting dermaga dan dilakukan permodelan struktur dengan *software* SAP2000. Evaluasi ini menggunakan beban kapal rencana yaitu 50.000 DWT sisi darat, dan untuk yang sisi

laut tetap menggunakan beban kapal antara 60.000-150.000 DWT.

3.6 Perkuatan Struktur

Jika pada evaluasi struktur dermaga akibat peningkatan bobot kapal, penampang tidak mampu menahan beban rencana maka harus dilakukan perhitungan perkuatan struktur agar mampu menerima beban rencana.

3.7 Perencanaan Struktur Baru

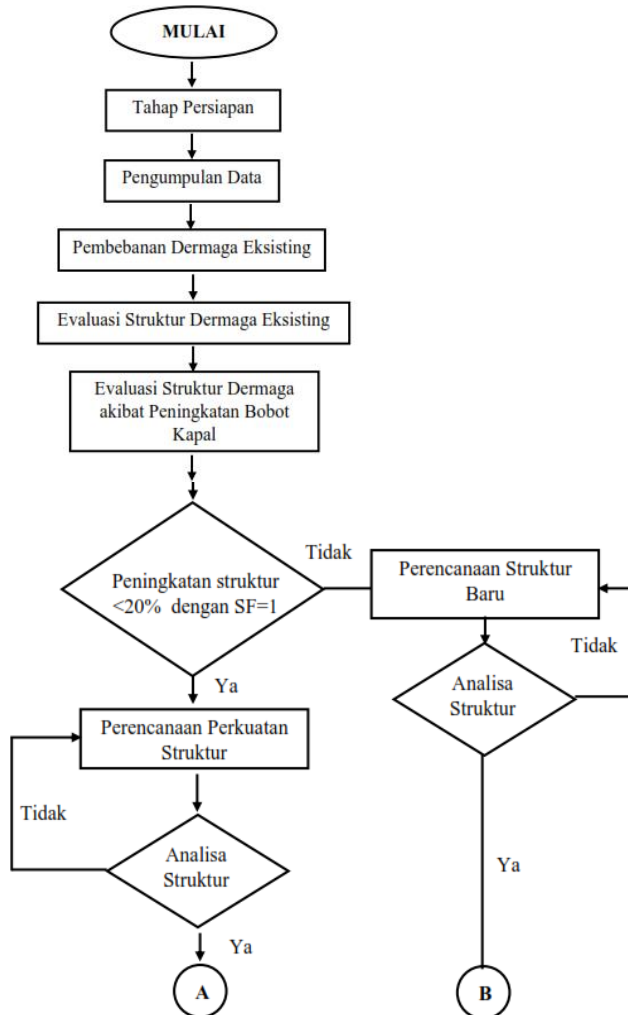
Jika pada evaluasi struktur dermaga akibat peningkatan bobot kapal, struktur sudah tidak dapat dilakukan perkuatan, maka harus dilakukan perencanaan struktur baru.

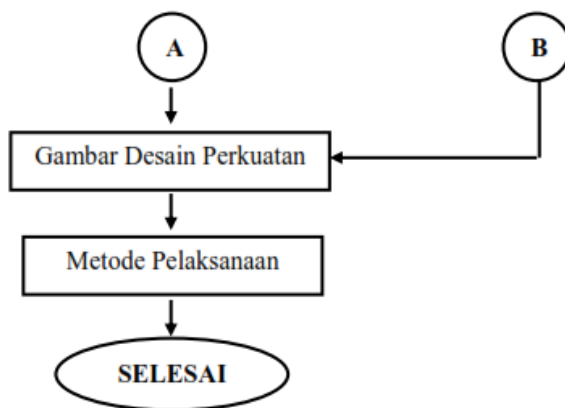
3.8 Gambar Desain Perkuatan

Setelah melakukan perhitungan perkuatan struktur dilakukan penggambaran desain perkuatan.

3.9 Metode Pelaksanaan

Setelah melakukan perhitungan dan menggambar desain perkuatan selesai dibuat, maka selanjutnya disusun metode pelaksanaan yang tepat agar perkuatan dapat dilaksanakan.





Gambar 1. Diagram Alir

BAB IV

KRITERIA DESAIN

4.1 DATA KAPAL

Kapal yang digunakan dalam evaluasi dermaga ini merupakan kapal curah kering. Kapal eksisting yang bersandar di teluk lamong sebelumnya adalah 10000 DWT untuk sisi darat dan 60000-150000 DWT untuk sisi laut. Sementara untuk kapal rencana yang akan bersandar di teluk lamong yaitu 50000 DWT untuk sisi darat dan untuk sisi laut tetap. Parameter lainnya dapat diketahui dengan melihat Tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Dimensi Kapal

Ship Size	LOA (m)	LBP (m)	Beam (m)	Depth (m)	Draft (m)
150,000	290	276	44.0	24.3	17.5
125,000	275	262	41.5	22.9	16.5
100,000	255	242	39.0	21.2	15.3
80,000 DWT	240	228	36.5	19.4	14.0
60,000 DWT	220	210	33.5	17.7	12.8

(Sumber : Shibata Fender Team Design Manual)

4.2 DATA ANGIN

Data angin yang diperlukan adalah data kecepatan angin. Kecepatan angin yang diperhitungkan dalam perhitungan evaluasi ini yaitu terdapat pada Tabel 4. 2.

Tabel 4. 2 Kecepatan Angin

Kondisi	Kecepatan Angin
Normal (operasional)	40 km/jam
Abnormal (Ekstrim)	120 km/jam

4.3 DATA PASANG SURUT

Data pasang surut adalah data elevasi muka air setempat berdasarkan kedudukan ± 0.0 m LWS, dimana elevasi muka air yang dibutuhkan merupakan elevasi terendah dan elevasi tertinggi.

Untuk elevasi pasang surut pada dermaga teluk lamong yaitu sebagai berikut :

HWL : +2.7 m

LWL : ± 0.0 m

4.4 DATA ARUS

Data arus di Dermaga Teluk Lamong nantinya akan digunakan untuk menghitung pembebanan yang terjadi pada Bolard dan Pondasi.

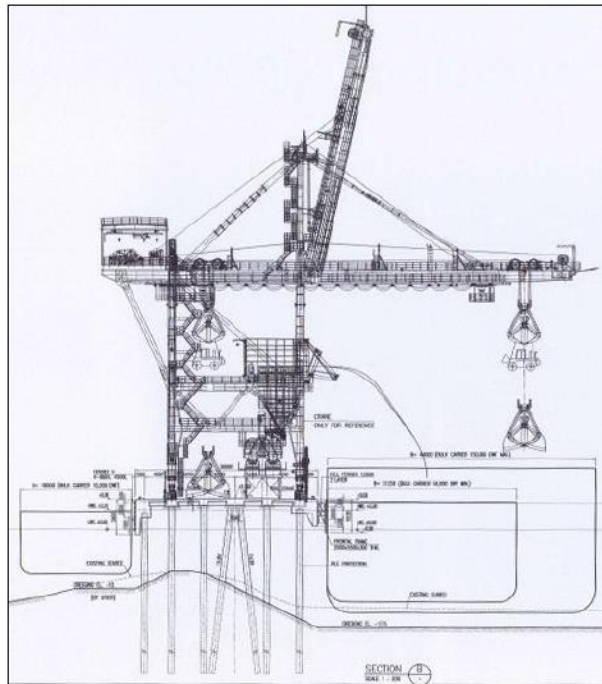
Berikut adalah data kecepatan arus di Dermaga Teluk Lamong:

Normal = 1.0 Knot

Ekstrim = 1.5 Knot

4.5 DATA ALAT BERAT

Alat berat yang digunakan di Dermaga Teluk Lamong adalah *Grab Ship Unloader* (GSU) yang terdapat disepanjang struktur dermaga. Pada Dermaga Teluk Lamong terdapat 2 unit *Grab Ship Unloader* (GSU). Ilustrasi GSU *Crane* pada struktur dermaga diperlihatkan pada Gambar 4. 1 berikut :



Gambar 4. 1 Posisi GSU pada struktur dermaga

Beban GSU crane untuk pada struktur dermaga ditentukan sebagai berikut:

- Rail Span = 21 m
- Beban Roda = 55 ton/m
- Faktor Impak = 1,3

4.6 DATA TANAH

Data tanah yang digunakan dalam evaluasi dermaga ini menggunakan data tanah hasil dari tes N-SPT yang dapat dilihat pada lampiran.

4.7 MATERIAL

4.7.1 Beton

Beton yang digunakan merupakan beton bertulang biasa, dalam hal ini mengacu pada SNI 2847-2013. Beton harus memiliki kuat tekan minimum K430 atau setara dengan $f_c' = 35$ Mpa pada umur 28 hari. Selimut Beton pada pekerjaan dermaga ini ditetapkan sebagai berikut.

Tabel 4. 3 Tebal Selimut Beton

Lokasi		Nominal Cover
		(mm)
Pile Cap	Top	100
	Side	100
	Bottom	100
Balok	Top	75
	Side	75
	Bottom	80
Pelat Lantai	Top	50
	Side	60
	Bottom	60
Beton Pengisi	Side	40

Tebal selimut beton ini penting mengingat kebutuhan penulangan sangat dipengaruhi oleh jarak antara titik pusat tulangan utama terhadap sisi terluar. Selimut ini juga diperhitungkan sebagai perlindungan terhadap korosi akibat air laut.

4.7.2 Baja Tulangan

Baja Tulangan pada pekerjaan ini memiliki karakteristik sebagai berikut :

Tabel 4. 4 Karakteristik Baja Tulangan

Tulangan diameter < 13 (<i>plain</i>)	Fy =	2400 kg/cm ²
	Es =	2100000 kg/cm ²
Tulangan diameter ≥ 13 (<i>deformed</i>)	Fy =	3900 kg/cm ²
	Es =	2100000 kg/cm ²

4.7.3 Tiang Pancang Baja

Tiang pancang baja (Steel Pipe Pile) yang digunakan dalam dermaga ini adalah tiang pancang baja dengan diameter 812 mm (t=16 mm) dan 1016 mm (t=19 mm). Material tiang pancang baja mengacu pada ASTM A252 Grade 2 dengan ketentuan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Tagangan Leleh (Fy)} &= 240 \text{ Mpa} \\ \text{Tegangan Putus (Fu)} &= 415 \text{ Mpa} \\ \text{Modulus Elastisitas (Es)} &= 210000 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

4.8 DATA PERENCANAAN

4.8.1 Dermaga

Panjang	: 250 m
Lebar	: 30 m
Elevasi	: +5 m LWS
Seabed sisi laut	: -17.50 m LWS
Seabed sisi darat	: -12.00 m LWS

Dimensi elemen struktur utama dermaga (*Jetty*) adalah sebagai berikut :

- a. Longitudinal Beam Crane (1200 mm x 1500 mm), sebagai balok utama penopang GSU crane.
- b. Longitudinal Beam (800 mm x 1300 mm), sebagai balok utama memanjang.
- c. Crossing Beam (800 mm x 1300 mm), sebagai balok utama melintang dengan jarak antar as arah memanjang 8.55 m.
- d. Balok Tepi memanjang (500 mm x 1000 mm), sebagai balok tepi arah memanjang.
- e. Balok Konsol (800 mm x 1300 mm), sebagai balok konsol.
- f. Pelat Lantai dengan tebal pelat 400 mm dengan *half slab* 300 mm.
- g. Pile Cap (2 m x 2 m x 1.55 m) untuk tiang pancang dengan D 1016 mm.
- h. Pile Cap (1.6 m x 1.6 m x 1.55 m) untuk tiang pancang dengan D 812 mm.

- i. Pile Cap (1.6 m x 2.5 m x 1.55 m) untuk tiang pancang miring.
- j. Steel Pipe Pile D1016 mm (outer diameter), dengan ketebalan 19 mm. D1016 mm digunakan untuk menopang balok GSU Crane.
- k. Steel Pipe Pile D 812 (outer diameter), dengan ketebalan 16 mm.
- l. Batter pile dengan slope 1 : 10, Steel Pipe Pile D812 – 16 mm.

4.8.1 Mooring Dolphin

Panjang: 15 m

Lebar : 12.75 m

Elevasi : + 5 m LWS

Seabed : -14 m LWS

Dimensi elemen struktur utama dermaga (*Jetty*) adalah sebagai berikut :

- a. Tebal poer Mooring Dolphin sebesar 2 m.
- b. Tiang pancang D1016 dengan tebal 19 mm dengan kedalaman -55 m seabed.
- c. Jumlah tiang pancang 15 buah.

“Halaman sengaja dikosongkan”

BAB V

PEMBEBANAN

5.1 Pembebanan Pada Dermaga

5.1.1 Beban Vertikal

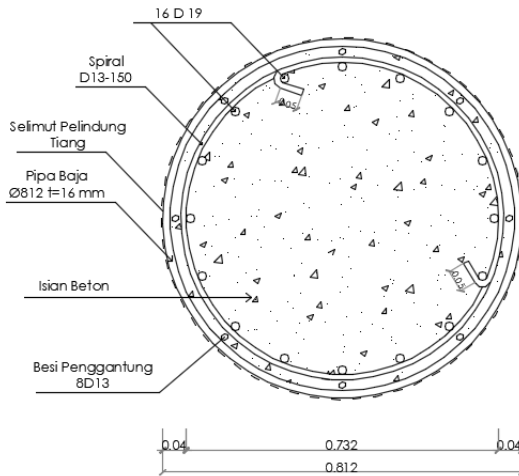
5.1.1.1 Beban Mati Merata

Beban mati merata berasal dari berat struktur pelat lantai, balok memanjang, balok melintang, pile cap, dan tiang pancang yang akan dihitung SAP secara otomatis.

5.1.1.2 Beban Mati Tambahan

Beban mati tambahan yaitu beban mati yang tidak dimodelkan dalam permodelan struktur yaitu bollard, fender dan beton pengisi tiang pancang.

- Bollard = 2.5 T
- Fender sisi laut = 1.5 T
- Fender sisi darat = 1.2 T
- Lightpole = 0.15 T
- Beton pengisi tiang pancang setinggi 2 meter.
Perhitungan Beban Beton Pengisi Tiang pancang:



Gambar 5. 1 Beton Pengisi Tiang Pancang D812

$$D = 812 \text{ mm}$$

$$t = 16 \text{ mm}$$

$$D' = 812 \text{ mm} - 16 \text{ mm} - 16 \text{ mm}$$

$$= 780 \text{ mm}$$

$$A = 0.25 \pi D'^2$$

$$= 0.25 \pi 780^2$$

$$= 477836.2426 \text{ mm}^2$$

$$V = A \times 2 \text{ m}$$

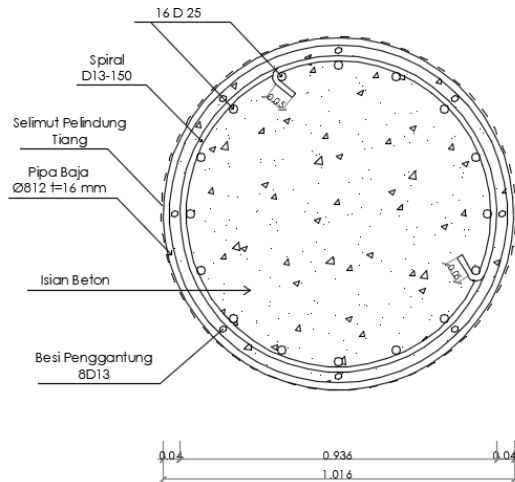
$$= 477836.2426 \text{ mm}^2 \times 2 \text{ m}'$$

$$= 0.9556 \text{ m}^3$$

$$W = B_j \text{ Beton} \times V$$

$$= 2400 \text{ kg/m}^3 \times 0.9556 \text{ m}^3$$

$$= 2.29 \text{ Ton}$$



Gambar 5. 2 Beton Pengisi Tiang Pancang D1016

$$D = 1016 \text{ mm}$$

$$t = 19 \text{ mm}$$

$$D' = 1016 \text{ mm} - 19 \text{ mm} - 19 \text{ mm}$$

$$= 978 \text{ mm}$$

$$A = 0.25 \pi D'^2$$

$$= 0.25 \pi 978^2$$

$$= 751220.78 \text{ mm}^2$$

$$V = A \times 2 \text{ m}$$

$$= 751220.78 \text{ mm}^2 \times 2 \text{ m}'$$

$$= 1.5 \text{ m}^3$$

$$W = B_j \text{ Beton} \times V$$

$$= 2400 \text{ kg/m}^3 \times 1.5 \text{ m}^3$$

$$= 3.6 \text{ Ton}$$

5.1.1.3 Beban Hidup

Beban hidup adalah semua beban bergerak termasuk orang, peralatan, perlengkapan lain, partisi yang bergerak, bagian dari peralatan yang dibongkar dan material-material yang penempatannya bersifat semnetara.

- Beban Hidup Merata

$$\text{Beban Hidup Dermaga} = 2.5 \text{ T/m}^2$$

- Beban Alat Berat

Beban *Grab Ship Unloader* (GSU) sebanyak 2 buah dan sebesar 55 ton/m' dengan panjang 14.8 m dan terdapat 4 kaki dengan panjang span 21 m.

5.1.2 Beban Horizontal

5.1.2.1 Beban Gempa

Gempa saat perencanaan dermaga curah cair ini menggunakan gempa dengan probabilitas 7% 75 Tahun atau periode gempa 1000 tahun menggunakan peraturan SNI 2833 2016 dan untuk evaluasi beban rencana menggunakan peta gempa 2017 periode 1000 tahun. Beban gempa akan menggunakan respon spektrum, berikut adalah pengolahan data respon spektrum yang selanjutnya akan digunakan sebagai input beban gempa pada SAP2000 :

- a. Penentuan Kelas Situs

Penentuan kelas situs menggunakan hasil penyelidikan tanah untuk lapisan setebal 30 m.

Tabel 5. 1 Perhitungan N rata-rata

Elevation (m LWS)	Depth (m)	Description	SPT Value	SPT	ti	ti/N
-7.80	0			0 5 10 15 20 25 30 35 40		
-8.80	1		1	1	1	1
-9.80	2		1	2	1	1
-10.80	3		1	3	1	1
-11.80	4		2	4	1	0.5
-12.80	5		4	5	1	0.25
-13.80	6		6	6	1	0.1667
-14.80	7		8	7	1	0.125
-15.80	8		8	8	1	0.125
-16.80	9		8	9	1	0.125
-17.80	10		8	10	1	0.125
-18.80	11		8	11	1	0.125
-19.80	12		9	12	1	0.1111
-20.80	13		9	13	1	0.1111
-21.80	14		9	14	1	0.1111
-22.80	15	Clayey Silt	8	15	1	0.125
-23.80	16		8	16	1	0.125
-24.80	17		8	17	1	0.125
-25.80	18		9	18	1	0.1111
-26.80	19		10	19	1	0.1
-27.80	20		10	20	1	0.1
-28.80	21		11	21	1	0.0909
-29.80	22		12	22	1	0.0833
-30.80	23		12	23	1	0.0833
-31.80	24		13	24	1	0.0769
-32.80	25		14	25	1	0.0714
-33.80	26		14	26	1	0.0714
-34.80	27		13	27	1	0.0769
-35.80	28		13	28	1	0.0769
-36.80	29		13	29	1	0.0769
-37.80	30		13	30	1	0.0769
Σ					30	6.3462
N rata-rata					4.72726859	

Untuk klasifikasi situs mengacu pada SNI 2833 2016, dan karena N rata-rata dari hasil penyelidikan tanah adalah 4.727, maka tanah termasuk kedalam situs Tanah Lunak (SE).

b. Menentukan Nilai S_s , S_1 dan PGA

Nilai S_s , S_1 dan nilai PGA dapat ditentukan dengan melihat peta gempa untuk periode ulang 1000 tahun pada peta gempa 2010 yaitu

$$S_s = 0.45$$

$$S_1 = 0.225$$

$$PGA = 0.225$$

Nilai S_s , S_1 dan nilai PGA dapat ditentukan dengan melihat peta gempa untuk periode ulang 1000 tahun pada peta gempa 2017 yaitu

$$S_s = 0.55$$

$$S_1 = 0.225$$

$$PGA = 0.275$$

c. Menentukan Faktor Amplifikasi (F_a) dan Nilai Koefisien Situs (F_v)

Nilai faktor amplifikasi (F_a) dapat ditentukan dengan melihat tabel 3 SNI 2833 2016. Berdasarkan kelas situs SE dan nilai $S_s = 0.55$ maka nilai F_a didapat dengan melakukan interpolasi antara nilai 1.7 dan 1.2 yaitu 1.6

Nilai faktor amplifikasi (F_v) dapat ditentukan dengan melihat tabel 4 SNI 2833 2016. Berdasarkan

kelas situs SE dan nilai $S_i = 0.30$ maka nilai F_v yaitu 3.10

d. Parameter Percepatan Spektral

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

$$S_{DS} = F_a \cdot S_s = 1.60 \times 0.55 = 0.880$$

$$S_{DI} = F_v \cdot S_i = 3.10 \times 0.225 = 0.6975$$

e. Grafik Respon Spektrum

Sebelum membuat grafik respon spektrum terlebih dahulu menentukan nilai T_o dan T_s dengan persamaan sebagai berikut :

$$T_o = 0.2 \left(\frac{S_{DI}}{S_{DS}} \right) = 0.2 \left(\frac{0.6975}{0.880} \right) = 0.1585$$

$$T_s = \left(\frac{S_{DI}}{S_{DS}} \right) = \left(\frac{0.6975}{0.880} \right) = 0.7926$$

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

- a. Untuk perioda lbih kecil dari T_o , spektrum respon percepatan desain

$$S_a = S_{DS} \times \left(0.4 + 0.6 \left(\frac{T}{T_o} \right) \right)$$

- b. Untuk perioda lebih besar sama dengan T_0 dan lebih kecil dari T_s , spektrum respon percepatan desain $S_a = S_{DS}$
- c. Untuk periode lebih besar sama dengan T_s , spektrum respon percepatan desain $S_a = S_{DI} / T$

Berikut adalah tabel perhitungan *Spectra Acceleration*:

Tabel 5. 2 Tabel Perhitugn Spectra Acceleration

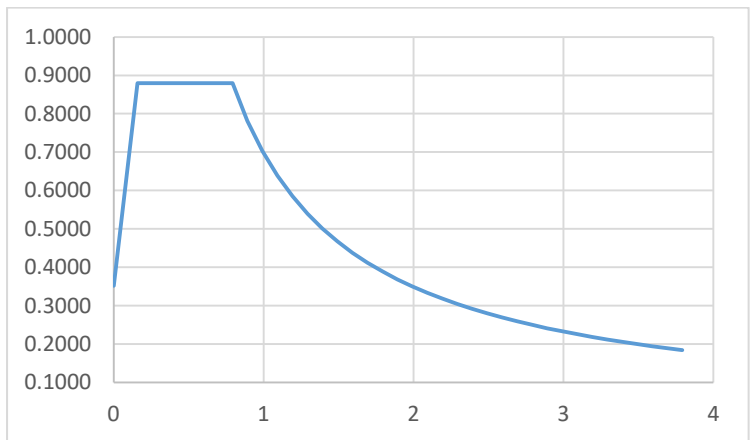
T (detik)	SA (g)	T (detik)	SA (g)
0	0.4 SDS	0	0.3520
T_0	SDS	0.1585	0.8800
T_s	SDS	0.7926	0.8800
$T_s + 0.1$	$SD1 / T$	0.8926	0.7814
$T_s + 0.2$	$SD1 / T$	0.9926	0.7027
$T_s + 0.3$	$SD1 / T$	1.0926	0.6384
$T_s + 0.4$	$SD1 / T$	1.1926	0.5848
$T_s + 0.5$	$SD1 / T$	1.2926	0.5396
$T_s + 0.6$	$SD1 / T$	1.3926	0.5009
$T_s + 0.7$	$SD1 / T$	1.4926	0.4673
$T_s + 0.8$	$SD1 / T$	1.5926	0.4380
$T_s + 0.9$	$SD1 / T$	1.6926	0.4121

T (detik)	SA (g)	T (detik)	SA (g)
Ts + 1	SD1 / T	1.7926	0.3891
Ts + 1.1	SD1 / T	1.8926	0.3685
Ts + 1.2	SD1 / T	1.9926	0.3500
Ts + 1.3	SD1 / T	2.0926	0.3333
Ts + 1.4	SD1 / T	2.1926	0.3181
Ts + 1.5	SD1 / T	2.2926	0.3042
Ts + 1.6	SD1 / T	2.3926	0.2915
Ts + 1.7	SD1 / T	2.4926	0.2798
Ts + 1.8	SD1 / T	2.5926	0.2690
Ts + 1.9	SD1 / T	2.6926	0.2590
Ts + 2.0	SD1 / T	2.7926	0.2498
Ts + 2.1	SD1 / T	2.8926	0.2411
Ts + 2.2	SD1 / T	2.9926	0.2331
Ts + 2.3	SD1 / T	3.0926	0.2255
Ts + 2.4	SD1 / T	3.1926	0.2185
Ts + 2.5	SD1 / T	3.2926	0.2118
Ts + 2.6	SD1 / T	3.3926	0.2056
Ts + 2.7	SD1 / T	3.4926	0.1997

T (detik)	SA (g)	T (detik)	SA (g)
Ts + 2.8	SD1 / T	3.5926	0.1941
Ts + 2.9	SD1 / T	3.6926	0.1889
Ts + 3.0	SD1 / T	3.7926	0.1839
Ts + 3.1	SD1 / T	3.8926	0.1792
Ts + 3.2	SD1 / T	3.9926	0.1747
Ts + 3.3	SD1 / T	4.0926	0.1704

Sumber : Hasil Perhitungan

Berikut adalah grafik Respon Spektrum Gambar 5. 3 untuk perioda gempa 1000 tahun untuk beban setelah ditingkatkan pada Dermaga Teluk Lamong.



Gambar 5. 3 Grafik Respon Spektrum

5.1.2.2 Beban Tumbukan Kapal Sisi Laut

- Perhitungan Energi Fender

Perhitungan energi fender didasarkan atas besarnya energi kapal yang menumbuk pada struktur.

Rumus yang digunakan untuk menghitung besarnya energi fender yaitu sebagai berikut :

$$E = 0.5M_D(V_B)^2C_M C_E C_S C_C$$

Dimana:

- E = Energi kinetik timbul akibat benturan (kNm)
- V_B = Kecepatan kapal saat merapat (m/s)
- M_D = Berat Kapal (t)
- C_M = Koefisien massa hidrodinamik
- C_C = Koefisien bentuk dari tambatan (diambil 1)
- C_S = Koefisien kehalusan (diambil 1)
- C_E = Koefisien eksentrisitas

Tabel 5. 3 Speksifikasi Sisi Laut

DWT (Metric tones)	DT (Metric tones)	L_{oa} (m)	L_{pp} (m)	W (m)	D (m)	Full Draft (m)
5000	6920	109	101	15.5	8.6	6.2
7000	9520	120	111	17.2	9.5	6.9
10000	13300	132	124	19.2	10.6	7.7
15000	19600	149	140	21.8	11.9	8.6
20000	25700	161	152	23.8	13.0	9.4
30000	37700	181	172	27.0	14.7	10.6
50000	61100	209	200	32.3	17.1	12.4
70000	84000	231	221	32.3	18.9	13.7
100000	118000	255	246	39.2	21.1	15.2
150000	173000	287	278	44.5	23.8	17.1
200000	227000	311	303	48.7	25.9	18.6
250000	280000	332	324	52.2	27.7	19.9

- Berat Kapal

$$M_D = 173000 \text{ T}$$

- Kecepatan kapal saat merapat

Kecepatan sandar kapal ditentukan dengan menggunakan kurva BS 6349 Part 4 pada kondisi c (*Easy Berthing, exposed*).

$$V = 0.10 \text{ m/s}$$

$$V_B = V \cos \alpha = 0.1 \cos 10^\circ$$

$$V_B = 0.0985 \text{ m/s}$$

- Mencari Koefisien massa hidrodinamik

$$C_M = 1 + \frac{2D}{B}$$

Dimana

$$D = \text{Draft Kapal (m)} = 17.1 \text{ m}$$

$$B = \text{Lebar Kapal (m)} = 44.5 \text{ m}$$

Maka

$$\begin{aligned} C_M &= 1 + \frac{2D}{B} \\ &= 1 + \frac{2 \times 17.1}{44.5} \\ &= 1.768 \end{aligned}$$

- Mencari Koefisien Eksentrisitas

$$C_E = \frac{K^2}{K^2 + R^2}$$

Dimana:

$$K = \text{Jari-jari rotasi kapal}$$

$$= (0.19C_b + 0.11) L$$

L = Panjang antara kedua garis tegak buritan dan garis tegak haluan yang diukur pada garis air muat.

L = LBP kapal = 278 m

R = Jarak dari titik berat kapal dengan titik kontak.

C_b = Koefisien Blok (Tabel 2. 1)

$$= \frac{M}{L \times B \times D \times \gamma}$$

γ = Massa Jenis air laut = 1.025 t/m³

Maka

$$C_b = \frac{M}{L \times B \times D \times \gamma}$$

$$= \frac{173000}{278 \times 44.5 \times 17.1 \times 1.025}$$

$$= 0.798$$

$$K = (0.19C_b + 0.11) L$$

$$= (0.19 \times 0.798 + 0.11) 278$$

$$= 72.72\text{m}$$

$$R = \sqrt{\left(\frac{L}{4}\right)^2 + \left(\frac{B}{2}\right)^2}$$

$$= \sqrt{\left(\frac{278}{4}\right)^2 + \left(\frac{44.5}{2}\right)^2}$$

$$= 72.97 \text{ m}$$

$$C_E = \frac{K^2}{K^2 + R^2}$$

$$= \frac{72.72^2}{72.72^2 + 72.97^2}$$

$$= 0.498$$

- Menghitung Energi Kinetik

$$E_n = 0.5 M_D (V_B)^2 C_M C_E C_S C_C$$

$$= 0.5 \times 173000 \times 0.098^2 \times 1.76 \times 0.49$$

$$= 739.26 \text{ kN.m}$$

- Fender Eksisting

Rubber Fender yang digunakan pada Dermaga Teluk Lamong sisi laut yaitu dua buah Cell Fender C1250 H :

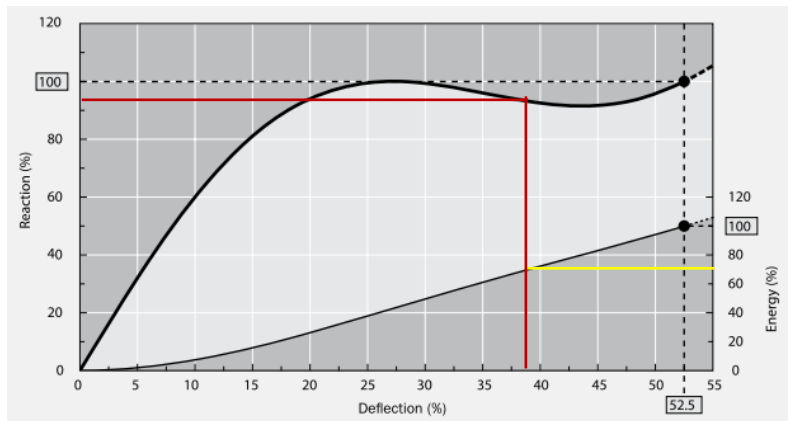
Fender harus sesuai dengan beban dan ukuran yang digunakan oleh dermaga teluk lamong dan diperoleh dari pabrik pembuat yang disetujui (setara produk Bridgeston, Trelleborg, Shibata, Sumitomo).

Tabel 5. 4 Spesifikasi Fender Trelleborg Sisi Laut

			E 0.9	E 1.0	E 1.1	E 1.2	E 1.3	E 1.4	E 1.5	E 1.6	E 1.7	E 1.8	E 1.9	E 2.0
1250	CV	E	269.0	299.0	317.8	336.6	355.4	374.2	393.0	411.6	430.2	448.8	467.4	486.0
		R	491.0	545.0	579.2	613.4	647.6	681.8	716.0	750.2	784.4	818.6	852.8	887.0
	RPD	E _n	295.9	328.9	349.6	370.3	390.9	411.6	432.3	452.8	473.2	493.7	514.1	534.6
		R _n	540.1	599.5	637.1	674.7	712.4	750.0	787.6	825.2	862.8	900.5	938.1	975.7

	H	ØW	ØB	D	ANCHORS / HEAD BOLTS ^	WEIGHT
SCK 400	400	650	550	24 – 32	4 × M20	75
SCK 500	500	650	550	24 – 32	4 × M24	95
SCK 630	630	840	700	24 – 32	4 × M27	220
SCK 800	800	1050	900	30 – 40	6 × M30	400
SCK 1000	1000	1300	1100	33 – 43	6 × M36	790
SCK 1150	1150	1500	1300	38 – 48	6 × M42	1200
SCK 1250	1250	1650	1450	38 – 48	6 × M42	1500
SCK 1450	1450	1850	1650	43 – 53	6 × M48	2300
SCK 1600	1600	2000	1800	45 – 55	8 × M48	3000
SCK 1700	1700	2100	1900	52 – 62	8 × M56	3700
SCK 2000	2000	2200	2000	50 – 65	8 × M64	5000
SCK 2250	2250	2550	2300	55 – 70	10 × M64	7400

Sumber : Trelleborg Katalog



Gambar 5. 4 Grafik Defleksi Fender Sisi Laut

Sumber : Trelleborg Katalog

Berdasarkan Tabel 5. 4 maka dapat dirangkum sebagai berikut :

- Energi maks yang dapat ditahan = 534.6 kN.m
- Reaksi maks yang disalurkan = 975.7 kN
- Berat 1 fender = 1.500 Ton

$$\begin{aligned}
 \%E &= (E / \text{Energi maks fender}) \\
 &= (739.3 / 2 \times 534.6) \times 100\% \\
 &= 69.14 \%
 \end{aligned}$$

Berdasarkan Gambar 5. 4 maka dapat dirangkum sebagai berikut :

- Energi benturan kapal yang terjadi = 739.26 kN.m/2 = 369.63 kN.m = 69.14% dari E maks fender (Garis Kuning)
- Energi yang terjadi menghasilkan defleksi sebesar 38 %
- Dari Defleksi 38% menghasilkan reaksi sebesar 93% dari reaksi maksimum fender (Garis merah)

5.1.2.3 Beban Tumbukan Kapal Sisi Darat

- Perhitungan Energi Fender

Perhitungan energi fender didasarkan atas besarnya energi kapal yang menumbuk pada struktur.

Rumus yang digunakan untuk menghitung besarnya energi fender yaitu sebagai berikut :

$$E = 0.5M_D(V_B)^2C_M C_E C_S C_C$$

Dimana:

- E = Energi kinetik timbul akibat benturan (kNm)
- V_B = Kecepatan kapal saat merapat (m/s)
- M_D = Berat Kapal (t)
- C_M = Koefisien massa hidrodinamik
- C_C = Koefisien bentuk dari tambatan (diambil 1)

C_S = Koefisien kehalusan (diambil 1)

C_E = Koefisien eksentrisitas

Tabel 5. 5 Spesifikasi Kapal Sisi Darat

DWT (Metric tones)	DT (Metric tones)	L_{oa} (m)	L_{pp} (m)	W (m)	D (m)	Full Draft (m)
5000	6920	109	101	15.5	8.6	6.2
7000	9520	120	111	17.2	9.5	6.9
10000	13300	132	124	19.2	10.6	7.7
15000	19600	149	140	21.8	11.9	8.6
20000	25700	161	152	23.8	13.0	9.4
30000	37700	181	172	27.0	14.7	10.6
50000	61100	209	200	32.3	17.1	12.4
70000	84000	231	221	32.3	18.9	13.7
100000	118000	255	246	39.2	21.1	15.2
150000	173000	287	278	44.5	23.8	17.1
200000	227000	311	303	48.7	25.9	18.6
250000	280000	332	324	52.2	27.7	19.9

- Berat Kapal

$$M_D = 61100 \text{ T}$$

- Kecepatan kapal saat merapat

Kecepatan sandar kapal ditentukan dengan menggunakan kurva BS 6349 Part 4 pada kondisi c (*Easy Berthing, exposed*).

$$V = 0.15 \text{ m/s}$$

$$V_B = V \cos \alpha = 0.15 \cos 10^\circ$$

$$V_B = 0.1477 \text{ m/s}$$

- Mencari Koefisien massa hidrodinamik

$$C_M = 1 + \frac{2D}{B}$$

Dimana

$$D = \text{Draft Kapal (m)} = 12.4 \text{ m}$$

$$B = \text{Lebar Kapal (m)} = 32.3 \text{ m}$$

Maka

$$\begin{aligned} C_M &= 1 + \frac{2D}{B} \\ &= 1 + \frac{2 \times 12.4}{32.3} \\ &= 1.767 \end{aligned}$$

- Mencari Koefisien Eksentrisitas

$$C_E = \frac{K^2}{K^2 + R^2}$$

Dimana:

K = Jari-jari rotasi kapal

$$= (0.19C_b + 0.11) L$$

L = Panjang antara kedua garis tegak buritan dan garis tegak haluan yang diukur pada garis air muat.

L = LBP kapal = 200 m

R = Jarak dari titik berat kapal dengan titik kontak.

C_b = Koefisien Blok (Tabel 2. 1)

$$= \frac{M}{L \times B \times D \times \gamma}$$

γ = Massa Jenis air laut = 1.025 t/m³

Maka

$$\begin{aligned}
 C_b &= \frac{M}{L \times B \times D \times \gamma} \\
 &= \frac{61100}{200 \times 32.3 \times 12.4 \times 1.025} \\
 &= 0.744
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 K &= (0.19C_b + 0.11) L \\
 &= (0.19 \times 0.744 + 0.11) 200 \\
 &= 50.27 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R &= \sqrt{\left(\frac{L}{4}\right)^2 + \left(\frac{B}{2}\right)^2} \\
 &= \sqrt{\left(\frac{200}{4}\right)^2 + \left(\frac{32.3}{2}\right)^2} \\
 &= 52.54 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_E &= \frac{K^2}{K^2 + R^2} \\
 &= \frac{50.27^2}{50.27^2 + 52.54^2} \\
 &= 0.478
 \end{aligned}$$

- Menghitung Energi Kinetik

$$\begin{aligned}
 E_n &= 0.5M_D(V_B)^2 C_M C_E C_S C_C \\
 &= 0.5 \times 61100 \times 0.15^2 \times 1.76 \times 0.48 \times 1 \times 1 \\
 &= 563.3 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

- Fender Eksisting

Fender yang digunakan pada Dermaga Teluk Lamong sisi darat yaitu V Fender dengan Tipe V800 L=3 m

Energi fender eksisting melebihi energi kapal yang terjadi, sehingga fender pada sisi darat perlu diganti. Fender eksisting diganti dengan fender yang lebih tinggi spesifikasinya agar energi fender lebih besar dari energi kapal.

Fender diganti dengan Cell Fender SCK 1150 E3.1 dengan spesifikasi pada Tabel 5. 6.

Tabel 5. 6 Spesifikasi Fender Trelleborg Sisi Darat

			E 2.1	E 2.2	E 2.3	E 2.4	E 2.5	E 2.6	E 2.7	E 2.8	E 2.9	E 3.1	E 3.1
1150	CV	E	390.4	401.8	413.2	424.6	436.0	447.2	458.4	469.6	480.8	492.0	541.0
		R	772.6	795.2	817.8	840.4	863.0	885.6	908.2	930.8	953.4	976.0	1073.0
	RPD	E _a	431.4	444.0	456.6	469.2	481.8	494.2	506.5	518.9	531.3	543.7	597.8
		R _a	853.7	878.7	903.7	928.6	953.6	978.6	1003.6	1028.5	1053.5	1078.5	1185.7

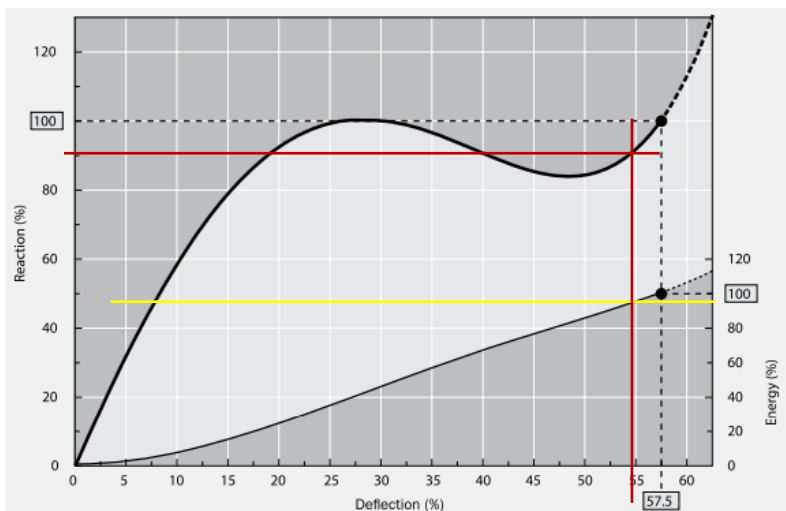
	H	ØW	ØB	D	ANCHORS / HEAD BOLTS ^	WEIGHT
SCK 400	400	650	550	24 – 32	4 × M20	75
SCK 500	500	650	550	24 – 32	4 × M24	95
SCK 630	630	840	700	24 – 32	4 × M27	220
SCK 800	800	1050	900	30 – 40	6 × M30	400
SCK 1000	1000	1300	1100	33 – 43	6 × M36	790
SCK 1150	1150	1500	1300	38 – 48	6 × M42	1200
SCK 1250	1250	1650	1450	38 – 48	6 × M42	1500
SCK 1450	1450	1850	1650	43 – 53	6 × M48	2300
SCK 1600	1600	2000	1800	45 – 55	8 × M48	3000
SCK 1700	1700	2100	1900	52 – 62	8 × M56	3700
SCK 2000	2000	2200	2000	50 – 65	8 × M64	5000
SCK 2250	2250	2550	2300	55 – 70	10 × M64	7400
SCK 2500	2500	2950	2700	65 – 80	10 × M64	10700
SCK 3000	3000	3350	3150	70 – 90	12 × M76	18500

Sumber : Trelleborg Katalog

Berdasarkan Tabel 5. 6 maka dapat dirangkum sebagai berikut :

- Energi maks yang dapat ditahan = 597.8 kN.m
- Reaksi maks yang disalurkan = 1185.7 kN
- Berat 1 fender = 1.2 Ton

$$\begin{aligned} \%E &= (E / \text{Energi maks fender}) \\ &= (563.3 / 597.8) 100\% \\ &= 94.23 \% \end{aligned}$$



Gambar 5. 5 Grafik Defleksi Fender Sisi Darat
 Sumber : Trelleborg Katalog

Berdasarkan Gambar 5. 5 maka dapat dirangkum sebagai berikut :

- Energi benturan kapal yang terjadi = 563.3 kN.m = 94.23 % dari E maks fender (Garis Kuning)
- Energi yang terjadi menghasilkan defleksi sebesar 55 %
- Dari Defleksi 55% menghasilkan reaksi sebesar 90% dari reaksi maksimum fender (Garis merah)

5.1.2.4 Pembebanan Bollard

Beban tarikan bollard disebabkan oleh gaya tarik kapal karena bobot kapal atau karena angin atau arus. Gaya terbesar akan diambil sebagai gaya horizontal dermaga.

a. Beban Tarikan Kapal

Besar tarikan kapal direfleksikan terhadap sumbu vertikal dan horizontal. Untuk perhitungan gaya kritis, diambil angka perumpamaan sudut tali 30°.

Tabel 5. 7 Besar Beban Tarikan Kapal

Gross Tonnage (GT) of vessel (Tons)	Tractive force acting on a bollard (kN)	Tractive force acting on a bollard (Ton)
200 < GT ≤ 500	150	15
500 < GT ≤ 1000	250	25
1000 < GT ≤ 2000	250	25
2000 < GT ≤ 3000	350	35
3000 < GT ≤ 5000	350	35
5000 < GT ≤ 10000	500	50
10000 < GT ≤ 20000	700	70
20000 < GT ≤ 50000	1000	100
50000 < GT ≤ 100000	1000	100

Nilai besar tarikan kapal dihitung berdasarkan bobot kapal seperti yang tertera pada Tabel 5. 7

$$1 \text{ GT} = 1.75 \text{ DWT (untuk kapal curah)}$$

$$50,000 \text{ DWT} = 28571 \text{ DT}$$

$$150,000 \text{ DWT} = 85714 \text{ DT}$$

Berdasarkan Tabel 5. 7 diatas, didapatkan bahwa gaya tarik pada bollard untuk kapal berkapasitas 50000 DWT dan 150000 DWT adalah 100 Ton.

Bollard yang terpasang pada dermaga Teluk Lamong sisi laut yaitu 150 Ton dan untuk sisi darat 50 Ton, sehingga untuk sisi darat perlu dilakukan pergantian bollard 100 Ton.

Dengan perumpamaan sudut 30° sebagai α dan β , maka besarnya komponen gaya yang terjadi pada bollard sisi laut 150 Ton adalah sebagai berikut :

$$V = P \sin \alpha = 150 \sin 30^\circ = 75 \text{ T}$$

$$H = P \cos \alpha = 150 \cos 30^\circ = 129.9 \text{ T}$$

$$T = H \cos \beta = 96.42 \cos 30^\circ = 112.5 \text{ T}$$

$$N = H \sin \beta = 96.42 \sin 30^\circ = 64.95 \text{ T}$$

Dengan perumpamaan sudut 30° sebagai α dan β , maka besarnya komponen gaya yang terjadi pada bollard sisi laut 100 Ton adalah sebagai berikut :

$$V = P \sin \alpha = 100 \sin 30^\circ = 50 \text{ T}$$

$$H = P \cos \alpha = 100 \cos 30^\circ = 86.60 \text{ T}$$

$$T = H \cos \beta = 64.28 \cos 30^\circ = 75 \quad T$$

$$N = H \sin \beta = 64.28 \sin 30^\circ = 43.30 \quad T$$

Dimana :

- Nilai V digunakan untuk menghitung agar bollard tidak tercabut.
- Nilai T digunakan untuk menghitung besar momen yang bekerja.
- Nilai N dan H digunakan untuk menghitung besar tarikan pada bollard.

b. Gaya Tarik Akibat Arus

Penentuan besar gaya tarik yang diakibatkan oleh arus dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$P_c = C_c \times \gamma_c \times A_c \times \frac{V_c^2}{2g}$$

Dimana:

P_c = Tekanan arus pada kapal (Ton)

γ_c = Berat Jenis Air Laut = 1.025 T/m^3

A_c = Luas kapal dibawah muka air (m^2), dihitung pada empat kondisi yaitu kapal penuh dan kapal kosong dengan masing-masing ditinjau dari sisi depan dan sisi samping kapal.

V_c = Kecepatan arus = $1.5 \text{ knot} = 0.772 \text{ m/s}$

C_c = Koefisien tekanan arus = 1

g = 9.81 m/s^2

Kondisi Kapal sisi Laut 150000 DWT

- Kondisi Kapal Penuh bagian Samping

$$\begin{aligned} A_c &= L_oa \times D &= 287 \text{ m} \times 17.1 \text{ m} \\ & &= 4907.7 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_c &= C_c \times \gamma_c \times A_c \times \frac{v_c^2}{2g} \\ &= 1 \times 1.025 \times 4907.7 \times \frac{0.772^2}{2 \times 9.81} \\ &= 152.8 \text{ Ton} \end{aligned}$$

- Kondisi Kapal Kosong bagian Samping

$$\begin{aligned} A_c &= L_oa \times D/3 &= 287 \text{ m} \times 5.7 \text{ m} \\ & &= 1635.9 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_c &= C_c \times \gamma_c \times A_c \times \frac{v_c^2}{2g} \\ &= 1 \times 1.025 \times 1635.9 \times \frac{0.772^2}{2 \times 9.81} \\ &= 50.93 \text{ Ton} \end{aligned}$$

- Kondisi Kapal Penuh bagian Depan

$$\begin{aligned} A_c &= B \times D &= 44.5 \text{ m} \times 17.1 \text{ m} \\ & &= 760.95 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_c &= C_c \times \gamma_c \times A_c \times \frac{v_c^2}{2g} \\ &= 1 \times 1.025 \times 760.95 \times \frac{0.772^2}{2 \times 9.81} \\ &= 23.69 \text{ Ton} \end{aligned}$$

- Kondisi Kapal Kosong bagian Depan

$$\begin{aligned} A_c &= B \times D / 3 = 44.5 \text{ m} \times 5.7 \text{ m} \\ &= 253.65 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_c &= C_c \times \gamma_c \times A_c \times \frac{v_c^2}{2g} \\ &= 1 \times 1.025 \times 253.65 \times \frac{0.772^2}{2 \times 9.81} \\ &= 7.9 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Kondisi Kapal sisi Darat 50000 DWT

- Kondisi Kapal Penuh bagian Samping

$$\begin{aligned} A_c &= L_oa \times D = 209 \text{ m} \times 12.4 \text{ m} \\ &= 2591.6 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_c &= C_c \times \gamma_c \times A_c \times \frac{v_c^2}{2g} \\ &= 1 \times 1.025 \times 2591.6 \times \frac{0.772^2}{2 \times 9.81} \\ &= 80.69 \text{ Ton} \end{aligned}$$

- Kondisi Kapal Kosong bagian Samping

$$\begin{aligned} A_c &= L_oa \times D/3 = 209 \text{ m} \times 4.13 \text{ m} \\ &= 863.17 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_c &= C_c \times \gamma_c \times A_c \times \frac{v_c^2}{2g} \\ &= 1 \times 1.025 \times 863.17 \times \frac{0.772^2}{2 \times 9.81} \\ &= 26.87 \text{ Ton} \end{aligned}$$

- Kondisi Kapal Penuh bagian Depan

$$\begin{aligned} A_c &= B \times D &= 32.3 \text{ m} \times 12.4 \text{ m} \\ & &= 400.52 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_c &= C_c \times \gamma_c \times A_c \times \frac{V_c^2}{2g} \\ &= 1 \times 1.025 \times 400.52 \times \frac{0.772^2}{2 \times 9.81} \\ &= 12.47 \text{ Ton} \end{aligned}$$

- Kondisi Kapal Kosong bagian Depan

$$\begin{aligned} A_c &= B \times D / 3 &= 32.3 \text{ m} \times 4.13 \text{ m} \\ & &= 133,4 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_c &= C_c \times \gamma_c \times A_c \times \frac{V_c^2}{2g} \\ &= 1 \times 1.025 \times 133.4 \times \frac{0.772^2}{2 \times 9.81} \\ &= 4.15 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Untuk mengetahui kapasitas bollard maka beban arus yang terjadi harus dibagi dengan jumlah bollard yang menahan gaya tersebut.

Tabel 5. 8 Perhitungan Bollard akibat Arus Sisi Laut

Gaya Arus	Pc (Ton)	Jumlah Bollard	Pc tiap bollard (Ton)
Kapal penuh bagian Samping	152.8	4	38.20
Kapal kosong bagian Samping	50.9	4	12.73
Kapal penuh bagian Depan	23.7	2	11.85
Kapal Kosong bagian Depan	7.9	2	3.95

Tabel 5. 9 Perhitungan Bollard akibat Arus Sisi Darat

Gaya Arus	Pc (Ton)	Jumlah Bollard	Pc tiap bollard (Ton)
Kapal penuh bagian Samping	80.7	4	20.17
Kapal kosong bagian Samping	26.9	4	6.72
Kapal penuh bagian Depan	12.5	2	6.24
Kapal Kosong bagian Depan	4.2	2	2.08

Sehingga diperoleh kapasitas bollard minimal untuk sisi laut yaitu 38.2 Ton dan untuk sisi darat 20.17 Ton.

c. Gaya Tarik Akibat Angin

Dalam menghitung gaya tarik akibat angin ditentukan dengan rumus berikut :

$$P_w = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot C_w \cdot V_w^2 (A_w \cdot \cos^2 \theta + B_w \cdot \sin^2 \theta)$$

Dimana:

P_w = Tekanan angin pada kapal yang bertambat

C_w = Koefisien Tekanan Angin = 1.135

A_w = Luasan muka kapal diatas air

B_w = Luasan badan kapal diatas air

θ = Sudut arah datang angin terhadap sumbu memanjang kapal = 90°

V_w = Kecepatan Angin = 30 m/s (Kondisi Ekstrim)

ρ = Kepadatan udara = $0.123 \text{ kg} \cdot \text{sec}^2 / \text{m}^4$

Sisi Laut

A_w = $(H - D) \times B$ (untuk kapal penuh)

$$= (23.8 - 17.1) \times 44.5$$

$$= 298.15 \text{ m}^2$$

A_w = $(H - D/3) \times B$ (untuk kapal kosong)

$$= (23.8 - (17.1 / 3)) \times 44.5$$

$$= 805.45 \text{ m}^2$$

B_w = $(H - D) \times \text{Loa}$ (untuk kapal penuh)

$$= (23.8 - 17.1) \times 287$$

$$= 1922.9 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} Bw &= (H - D/3) \times \text{Loa (untuk kapal kosong)} \\ &= (23.8 - (17.1 / 3)) \times 287 \\ &= 5194.7 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Kondisi Kapal Penuh

$$\begin{aligned} Pw &= \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot Cw \cdot Vw^2 (Aw \cdot \text{Cos}^2\theta + Bw \cdot \text{sin}^2\theta) \\ &= 69.765 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Kondisi Kapal Kosong

$$\begin{aligned} Pw &= \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot Cw \cdot Vw^2 (Aw \cdot \text{Cos}^2\theta + Bw \cdot \text{sin}^2\theta) \\ &= 188.471 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Sisi Darat

$$\begin{aligned} Aw &= (H - D) \times B \text{ (untuk kapal penuh)} \\ &= (17.1 - 12.4) \times 32.3 \\ &= 151.81 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Aw &= (H - D/3) \times B \text{ (untuk kapal kosong)} \\ &= (17.1 - (12.4 / 3)) \times 32.3 \\ &= 418.82 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Bw &= (H - D) \times \text{Loa (untuk kapal penuh)} \\ &= (17.1 - 12.4) \times 209 \\ &= 982.3 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$Bw = (H - D/3) \times \text{Loa (untuk kapal kosong)}$$

$$= (17.1 - (12.4 / 3)) \times 209$$

$$= 2710.03 \text{ m}^2$$

Kondisi Kapal Penuh

$$P_w = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot C_w \cdot V_w^2 (A_w \cdot \cos^2 \theta + B_w \cdot \sin^2 \theta)$$

$$= 35.62 \text{ Ton}$$

Kondisi Kapal Kosong

$$P_w = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot C_w \cdot V_w^2 (A_w \cdot \cos^2 \theta + B_w \cdot \sin^2 \theta)$$

$$= 98.28 \text{ Ton}$$

Sehingga P_w dihitung dengan hasil seperti yang ditampilkan pada Tabel 5. 10 berikut.

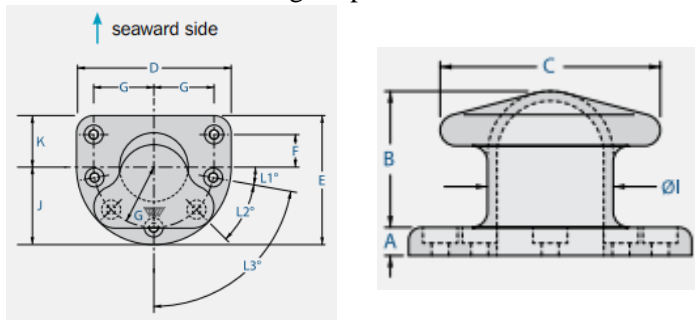
Tabel 5. 10 Perhitungan Arus akibat Angin

Gaya Arus		Pc (Ton)	Jumlah Bollard	Pc tiap bollard (Ton)
Sisi Laut	Kapal Penuh	69.8	2	34.88
	Kapal Kosong	188.5	2	94.24
Sisi Darat	Kapal Penuh	35.6	2	17.81
	Kapal Kosong	98.3	2	49.14

Sehingga diketahui beban tarikan kapal yang diakibatkan oleh angin disetiap bollard adalah minimal 94.24 Ton untuk sisi laut dan 49,14 Ton untuk sisi darat.

d. Tipe Bollard

Bollard yang digunakan pada dermaga Teluk Lamong yaitu Tee Bollard dengan kapasitas 150 Ton untuk sisi laut dan 50 Ton untuk sisi darat. Untuk Bollard pada sisi darat dilakukan pergantian menjadi Tee Bollard 100 Ton dengan spesifikasi sesuai berikut.



DIMENSION	BOLLARD CAPACITY (tons)											
	10	15	22.5	30	50	80	100	125	150	200	250	300
A	32	40	40	40	50	70	80	80	90	90	120	155
B	205	235	255	255	350	380	410	410	435	500	610	670
C	220	340	350	350	500	550	600	600	700	800	930	980
D	216	410	430	450	640	640	790	850	900	1000	1090	1200
E	236	335	355	375	540	550	640	700	750	850	915	925
F	75	80	90	100	150	160	175	175	200	225	250	200
G	65	155	165	175	250	250	325	325	350	375	425	475
ØI	120	160	180	200	260	280	350	350	400	450	500	500
J	118	205	215	225	320	320	395	425	450	500	545	600
K	118	130	140	150	220	230	245	275	300	350	370	325
L1°	-	30°	30°	30°	30°	15°	10°	10°	10°	-	5°	23°
L2°	-	-	-	-	-	45°	40°	40°	40°	36°	34°	26°
L3°	-	60°	60°	60°	60°	-	80°	80°	80°	72°	68°	52°
Bolts	M20	M24	M30	M30	M36	M42	M42	M48	M48	M56	M64	M64
Bolt Length	450	500	500	500	500	800	800	900	1000	1000	1375	1550
P	47	55	55	55	65	85	95	95	105	105	135	170
Quantity	4	5	5	5	5	6	7	7	7	8	8	10

Gambar 5. 6 Spesifikasi Bollard 100 Ton

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan maka nilai yang terbesar yaitu pada gaya tarikan kapal sehingga gaya yang digunakan untuk permodelan di SAP2000 yaitu :

Sisi Laut

- Gaya Vertikal = 75 Ton
- Gaya Horizontal X = 112.5 Ton
- Gaya Horizontal Y = 64.952 Ton

Sisi Darat

- Gaya Vertikal = 50 Ton
- Gaya Horizontal X = 75 Ton
- Gaya Horizontal Y = 43.301 Ton

e. Perhitungan Angkur Bollard sisi darat

- Tebal plat bollard = 5 mm
- A = 80 mm
- B = 410 mm
- E = 640 mm
- h = $(A + B) / 2$
= 245 mm
- I = $(K - F)$
= 70 mm
- a = $(E - 2I)$
= 500 mm
- Db (diameter baut) = 42 mm
- nb (jumlah baut) = 7 buah
- σ_d (teg.dasar baja) = 2400 kg/cm²

- Tegangan Geser Izin
 $\tau_{izin} = 0.6 \sigma_d$
 $= 0.6 \times 2400 \text{ kg/cm}^2$
 $= 1440 \text{ kg/cm}^2$
- Tegangan Tarik Izin
 $\tau_{izin} = 0.7 \sigma_d$
 $= 0.7 \times 2400 \text{ kg/cm}^2$
 $= 1680 \text{ kg/cm}^2$
- Tegangan Tumpu Izin
 $\tau_{izin} = 1.5 \sigma_d$
 $= 1.5 \times 2400 \text{ kg/cm}^2$
 $= 3600 \text{ kg/cm}^2$

Perhitungan kekuatan baut

Gaya Tarik yang terjadi adalah sebesar 100 Ton
 Sehingga:

$$\begin{aligned} T' &= T \sin \theta \\ &= 100 \text{ Ton} \times \sin 30^\circ \\ &= 50 \text{ Ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T'' &= T \cos \theta \\ &= 100 \text{ Ton} \times \cos 30^\circ \\ &= 86.602 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Kontrol Kekuatan Baut akibat Gaya Horizontal :

Gaya T'' akan ditanggung oleh 7 baut

$$\begin{aligned} R_h &= T'' / n_b \\ &= 12.372 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Sehingga momen horizontal yang terjadi adalah :

$$\begin{aligned} M &= R_h \times h \\ &= 12.372 \text{ Ton} \times 245 \text{ mm} \\ &= 3.031 \text{ T.m} \end{aligned}$$

Kontrol Kekuatan Baut akibat Gaya Vertikal

$$\begin{aligned} R_{v1} &= T' / n_b \\ &= 50 \text{ Ton} / 7 \\ &= 7.142 \text{ Ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_{v2} &= M / 2a \\ &= 3.031 / (2 \times 0.5 \text{ m}) \\ &= 3.031 \text{ Ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_v &= R_{v1} + R_{v2} \\ &= 10.17 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Pengecekan Tegangan Tarik izin

$$\begin{aligned} \sigma_v &= R_v / A_b \\ &= 10170 / (0.25 \pi 42^2) \\ &= 734.346 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Cek $\rightarrow \sigma_v < \tau_{izin}$

$$734.3 < 1680 \text{ kg/cm}^2 \text{ (OK)}$$

Pengecekan Tegangan Geser izin

$$\begin{aligned} \tau &= R_h / A_b \\ &= 12372 / (0.25 \pi 42^2) \\ &= 892.985 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Cek $\rightarrow \sigma_v < \tau_{izin}$

$$892.985 < 1440 \text{ kg/cm}^2 \text{ (OK)}$$

Pengecekan Tegangan Tumpu izin

$$\begin{aligned} \sigma_i &= \sqrt{\sigma_v^2 + 3\tau^2} \\ &= 1712.171 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Cek $\rightarrow \sigma_v < \tau_{izin}$

$$1712.171 < 3600 \text{ kg/cm}^2 \text{ (OK)}$$

Penjangkaran Bollard

$$L.\text{Angkur} = 900 \text{ mm}$$

$$D.\text{Angkur} = 42 \text{ mm}$$

$$F_c' = 35 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_i = 324 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} \sigma'b &= 0.48 \sqrt{f_c'} \\ &= 8.97 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Kekuatan tarik 1 baut adalah :

$$T_b = \text{keliling baut} \times L. \text{ angkur} \times \sigma'b$$

$$= 10663.92 \text{ Kg}$$

$$= 10.664 \text{ Ton}$$

Cek $\rightarrow T_b > R_v$

$$10.664 > 10.174 \text{ Ton (OK)}$$

5.1.2.5 Beban Arus

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

$$F_D = \frac{1}{2} \cdot C_D \cdot \rho_0 \cdot AU^2$$

Dimana :

F_D = Gaya Drag akibat arus (kN)

C_D = Koefisien Drag ($C_D = 0.037$)

ρ_0 = BJ air laut (1.025 t/m^3)

A = Luas penampang yang terkena arus (m^2)

U = Kecepatan Arus (m^2/s)

Tiang pancang yang terkena arus memiliki kedalaman 14 m untuk sisi darat dan 17.5 m untuk sisi laut dengan kecepatan arus ekstrem 1.5 knot = 0.771 m/s dan diameter tiang 0.812 m.

Tabel 5. 11 Perhitungan Arus Dermaga diameter 0.812 m

L	A	F_D	F_D	F_D
m	m^2	kN	kg	Ton
1	1.016	0.011452	1.145244	0.001145
2	2.032	0.022905	2.290488	0.00229
3	3.048	0.034357	3.435732	0.003436
4	4.064	0.04581	4.580976	0.004581
5	5.08	0.057262	5.72622	0.005726

L	A	F _D	F _D	F _D
m	m ²	kN	kg	Ton
6	6.096	0.068715	6.871465	0.006871
7	7.112	0.080167	8.016709	0.008017
8	8.128	0.09162	9.161953	0.009162
9	9.144	0.103072	10.3072	0.010307
10	10.16	0.114524	11.45244	0.011452
11	11.176	0.125977	12.59768	0.012598
12	12.192	0.137429	13.74293	0.013743
13	13.208	0.148882	14.88817	0.014888
13.5	13.716	0.154608	15.4608	0.015461
14	14.224	0.160334	16.03342	0.016033
15	15.24	0.171787	17.17866	0.017179
16	16.256	0.183239	18.32391	0.018324
17	17.272	0.194691	19.46915	0.019469
17.5	17.78	0.200418	20.04177	0.020042
18	18.288	0.206144	20.61439	0.020614
19	19.304	0.217596	21.75964	0.02176
20	20.32	0.229049	22.90488	0.022905

Tiang pancang yang terkena arus memiliki kedalaman 13.5 m untuk sisi darat dan 17.5 m untuk sisi laut dengan kecepatan arus ekstrem 1.5 knot = 0.771 m/s dan diameter tiang 1.016 m.

Tabel 5. 12 Perhitungan Arus Dermaga diameter 1.016 m

L	A	F_D	F_D	F_D
m	m ²	kN	kg	Ton
1	0.8128	0.009162	0.916195	0.000916
2	1.6256	0.018324	1.832391	0.001832
3	2.4384	0.027486	2.748586	0.002749
4	3.2512	0.036648	3.664781	0.003665
5	4.064	0.04581	4.580976	0.004581
6	4.8768	0.054972	5.497172	0.005497
7	5.6896	0.064134	6.413367	0.006413
8	6.5024	0.073296	7.329562	0.00733
9	7.3152	0.082458	8.245757	0.008246
10	8.128	0.09162	9.161953	0.009162
11	8.9408	0.100781	10.07815	0.010078
12	9.7536	0.109943	10.99434	0.010994
13	10.5664	0.119105	11.91054	0.011911
13.5	10.9728	0.123686	12.36864	0.012369
14	11.3792	0.128267	12.82673	0.012827

L	A	F _D	F _D	F _D
m	m ²	kN	kg	Ton
15	12.192	0.137429	13.74293	0.013743
16	13.0048	0.146591	14.65912	0.014659
17	13.8176	0.155753	15.57532	0.015575
17.5	14.224	0.160334	16.03342	0.016033
18	14.6304	0.164915	16.49151	0.016492
19	15.4432	0.174077	17.40771	0.017408
20	16.256	0.183239	18.32391	0.018324

5.1.2.6 Beban Gelombang

Beban gelombang pada struktur yang diperhitungkan hanyalah beban yang bekerja terhadap tiang pancang. Beban gelombang pada struktur *Deck* tidak diperhitungkan, karena elevasi *deck* cukup tinggi untuk menghindari beban angkat gelombang.

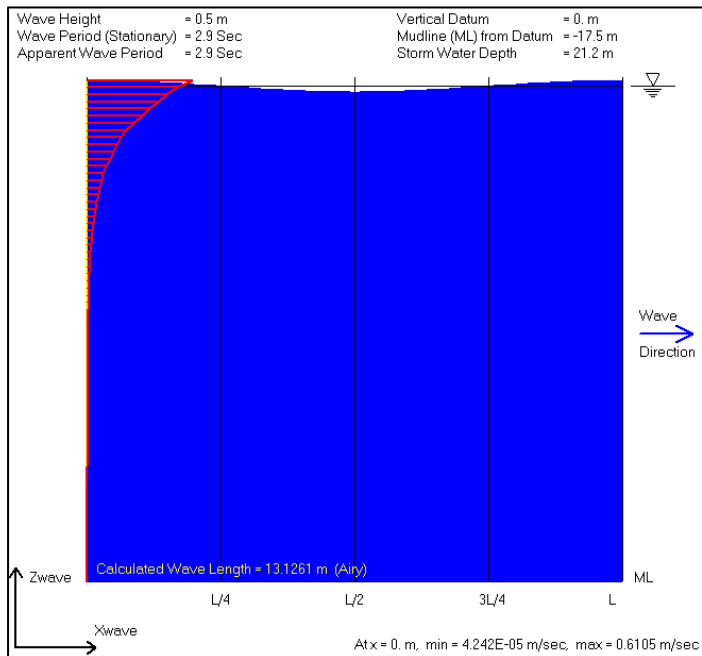
Beban gelombang untuk permodelan SAP2000 menggunakan API WSD2000 dengan asumsi sebagai berikut :

- Marine Growth, sebesar 150 mm
- H, Tinggi gelombang sebesar 0.5 m
- Datum, diambil pada elevasi +0.00 m LWS
- Mud Line, diasumsikan terletak pada elevasi -17.50 m LWS

- Direction, pada arah tegak lurus struktur dermaga
- Period, diasumsikan $T = 2.9$ detik

Dengan ketentuan bahwa :

- Beban gelombang dihitung apabila nilai L (Panjang gelombang) adalah lebih dari 5 kali diameter pile yang ditinjau.
- Buoyancy effect dapat diabaikan (menganget elevasi lantai dermaga mencapai +5 m diatas nilai m LWS).



Gambar 5. 7 Beban Gelombang menggunakan API WSD2000 arah sumbu X

5.1.2.7 Beban Angin

Beban angin yang bekerja pada permukaan dari struktur atas dermaga, dengan proyeksi area 'A', dihitung berdasarkan BS 5400 : Part 2, Clause 5.3, *Wind Load*, 1978. Dengan persamaan sebagai berikut.

$$F_v = q \times A \times C_D$$

$$q = 0.613 \times V_C^2$$

Dimana :

F_v = Beban Angin (kN)

A = *Solid Area* (m²)

q = *Dynamic Pressure Head* (N/m²)

C_D = Koefisien drag (Gambar 5 dan Tabel 9 BS 5400: Part 2)

V_C = Kecepatan Angin (m/s) = 25 knots

Elevasi *Deck* = 5 m

Elevasi Seabed = -17.5 m

Panjang Dermaga = 250 m

Lebar Dermaga = 30 m

- Perhitungan *Dynamic Pressure Head*

$$V = 25 \text{ knots}$$

$$= 46.3 \text{ km/jam}$$

$$= 12.8611 \text{ m/s}$$

$$\begin{aligned}
 q &= 0.613 \times V_c^2 \\
 &= 0.613 \times 12.86^2 \\
 &= 101.38 \text{ N/m}^2
 \end{aligned}$$

- Perhitungan Segmen *Deck* dan *Beam*

$$H = 1.95 \text{ m}$$

- Beban angin tegak lurus terhadap sumbu longitudinal dermaga.

$$\frac{t}{b} = \frac{\text{Lebar dermaga}}{\text{panjang dermaga}} = \frac{30}{250} = 0.12$$

$$\frac{\text{height}}{\text{breadth}} = \frac{5}{30} = 0.16$$

Berdasarkan tabel 9 BS 5400 Part 2 dapat dilihat bahwa koefisien Drag (C_D) yaitu 1.30

A = Luas Deck dan Beam yang terkena angin dan tegak lurus sumbu longitudinal dermaga.

$$\begin{aligned}
 A &= H \times \text{Panjang Dermaga} \\
 &= 1.95 \text{ m} \times 250 \text{ m} \\
 &= 487.5 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_v &= q \times A \times C_D \\
 &= 101.38 \text{ N/m}^2 \times 487.5 \text{ m}^2 \times 1.3 \\
 &= 64.25 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

- Beban angin sejajar terhadap sumbu longitudinal dermaga.

$$\frac{t}{b} = \frac{\text{panjang dermaga}}{\text{lebar dermaga}} = \frac{250}{30} = 8.3$$

$$\frac{\text{height}}{\text{breadth}} = \frac{5}{30} = 0.16$$

Berdasarkan tabel 9 BS 5400 Part 2 dapat dilihat bahwa koefisien Drag (C_D) yaitu 0.8

A = Luas Deck dan Beam yang terkena angin dan sejajar sumbu longitudinal dermaga.

$$\begin{aligned} A &= H \times \text{Lebar Dermaga} \\ &= 1.95 \text{ m} \times 30 \text{ m} \\ &= 58.5 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_v &= q \times A \times C_D \\ &= 101.38 \text{ N/m}^2 \times 58.5 \text{ m}^2 \times 0.8 \\ &= 4.74 \text{ kN} \end{aligned}$$

- Perhitungan Segmen Steel Pipe Pile

$$H = 3.05 \text{ m}$$

$$\text{Diameter SPP} = 1.016 \text{ m}$$

$$\frac{\text{height}}{\text{breadth}} = \frac{3.05}{1.016} = 3$$

Berdasarkan tabel 9 BS 5400 Part 2 dapat dilihat bahwa koefisien Drag (C_D) yaitu 0.8

$$\begin{aligned}
 A &= \text{Luas Selimut Pile} \\
 &= 2 \times \pi \times 1.016^2 \times 3.05 \text{ m} \\
 &= 19.78 \text{ m}^2 \\
 F_v &= q \times A \times C_D \\
 &= 101.38 \text{ N/m}^2 \times 19.78 \text{ m}^2 \times 0.8 \\
 &= 1.6 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

5.1.2.8 Beban Spring

$$E_o = N \times 28$$

$$k_0 = 0.2 \times E_o \times D^{3/4}$$

$$k = k_0 \times y^{\frac{1}{2}}$$

$$\text{Spring Konstan} = k \times D \times Li$$

Dengan:

$$E_o = 210000 \text{ Mpa}$$

$$N = \text{Nilai SPT sepanjang 1 m}$$

$$k_0 = \text{Modulus reaksi horizontal yang nilainya konstan sepanjang tiang terbenam}$$

$$k = \text{Koefisien reaksi tanah dibawah permukaan dalam arah mendatar}$$

$$y = 1 \text{ cm}$$

$$Li = 75.875 \text{ m}$$

$$D = 812 \text{ mm}$$

Tabel 5. 13 Perhitungan Spring Konstan

Elevasi	SPT Value	Eo	ko	k	kv	kx=ky
(m LWS)			kg/cm ³	kg/cm ³	T/m	T/m
-7.80						
-8.80	1	28	0.207	0.207	2.179	168.145
-9.80	1	28	0.207	0.207	1.090	336.290
-10.80	1	28	0.207	0.207	0.726	504.435
-11.80	2	56	0.414	0.414	0.545	1345.160
-12.80	4	112	0.827	0.827	0.436	3362.900
-13.80	6	168	1.241	1.241	0.363	6053.220
-14.80	8	224	1.655	1.655	0.311	9416.120
-15.80	8	224	1.655	1.655	0.272	10761.280
-16.80	8	224	1.655	1.655	0.242	12106.440
-17.80	8	224	1.655	1.655	0.218	13451.600
-18.80	8	224	1.655	1.655	0.198	14796.760
-19.80	9	252	1.862	1.862	0.182	18159.660
-20.80	9	252	1.862	1.862	0.168	19672.965
-21.80	9	252	1.862	1.862	0.156	21186.270
-22.80	8	224	1.655	1.655	0.145	20177.400
-23.80	8	224	1.655	1.655	0.136	21522.560

Elevasi	SPT Value	Eo	ko	k	kv	kx=ky
(m LWS)			kg/cm ³	kg/cm ³	T/m	T/m
-24.80	8	224	1.655	1.655	0.128	22867.720
-25.80	9	252	1.862	1.862	0.121	27239.490
-26.80	10	280	2.069	2.069	0.115	31947.549
-27.80	10	280	2.069	2.069	0.109	33628.999
-28.80	11	308	2.276	2.276	0.104	38841.494
-29.80	12	336	2.482	2.482	0.099	44390.279
-30.80	12	336	2.482	2.482	0.095	46408.019
-31.80	13	364	2.689	2.689	0.091	52461.239
-32.80	14	392	2.896	2.896	0.087	58850.749
-33.80	14	392	2.896	2.896	0.084	61204.779
-34.80	13	364	2.689	2.689	0.081	59018.894
-35.80	13	364	2.689	2.689	0.078	61204.779
-36.80	13	364	2.689	2.689	0.075	63390.664
-37.80	13	364	2.689	2.689	0.073	65576.549
-38.80	14	392	2.896	2.896	0.070	72974.929
-39.80	14	392	2.896	2.896	0.068	75328.959
-40.80	15	420	3.103	3.103	0.066	83231.774
-41.80	15	420	3.103	3.103	0.064	85753.949

Elevasi	SPT Value	Eo	ko	k	kv	kx=ky
(m LWS)			kg/cm ³	kg/cm ³	T/m	T/m
-42.80	15	420	3.103	3.103	0.062	88276.124
-43.80	16	448	3.310	3.310	0.061	96851.518
-44.80	17	476	3.517	3.517	0.059	105763.203
-45.80	17	476	3.517	3.517	0.057	108621.668
-46.80	18	504	3.724	3.724	0.056	118037.788
-47.80	19	532	3.931	3.931	0.054	127790.198
-48.80	20	560	4.137	4.137	0.053	137878.898
-49.80	21	588	4.344	4.344	0.052	148303.888
-50.80	22	616	4.551	4.551	0.051	159065.168
-51.80	22	616	4.551	4.551	0.050	162764.357
-52.80	22	616	4.551	4.551	0.048	166463.547
-53.80	22	616	4.551	4.551	0.047	170162.737
-54.80	22	616	4.551	4.551	0.046	173861.927
-55.80	23	644	4.758	4.758	0.045	185632.077
-56.80	24	672	4.965	4.965	0.044	197738.517
-57.80	24	672	4.965	4.965	0.044	201773.997
-58.80	23	644	4.758	4.758	0.043	197234.082
-59.80	23	644	4.758	4.758	0.042	201101.417

Elevasi	SPT Value	Eo	ko	k	kv	kx=ky
(m LWS)			kg/cm ³	kg/cm ³	T/m	T/m
-60.80	23	644	4.758	4.758	0.041	204968.752
-61.80	23	644	4.758	4.758	0.040	208836.087
-62.80	24	672	4.965	4.965	0.040	221951.397
-63.80	24	672	4.965	4.965	0.039	225986.876
-64.80	25	700	5.172	5.172	0.038	239606.621
-65.80	25	700	5.172	5.172	0.038	243810.246
-66.80	25	700	5.172	5.172	0.037	248013.871
-67.80	25	700	5.172	5.172	0.036	252217.496
-68.80	24	672	4.965	4.965	0.036	246164.276
-69.80	24	672	4.965	4.965	0.035	250199.756
-70.80	25	700	5.172	5.172	0.035	264828.371
-71.80	25	700	5.172	5.172	0.034	269031.996
-72.80	25	700	5.172	5.172	0.034	273235.621

5.2 Pembebanan pada Mooring Dolphin

5.3.1 Beban Vertikal

5.3.1.1 Beban Mati Merata

Beban mati merata berasal dari pelat lantai beton sendiri dengan $\gamma = 2.4 \text{ T/m}^3$.

5.3.1.2 Beban Hidup Merata

Beban Hidup Mooring Dolphin = 2 Ton/m².

5.3.1.3 Beban Mati Terpusat

Berat Sendiri Bollard = 2.5 Ton

5.3.2 Beban Horizontal

5.3.2.1 Beban Gempa

Perhitungan gaya gempa pada Mooring Dolphin dihitung secara dinamis pada respon spektrum SAP2000 seperti pada Dermaga.

5.3.2.2 Beban Tarikan Kapal

Perhitungan gaya Tarikan Kapal pada Mooring Dolphin sama seperti pada Perhitungan Beban Tarikan kapal pada Dermaga.

5.3.2.3 Beban Arus

Besarnya beban arus yang bekerja pada pondasi perhitungannya sama dengan beban arus dermaga dengan kedalaman seabed -14 m LWS dengan diameter tiang pancang D 1016 m.

BAB VI

ANALISA STRUKTUR

6.1 Gambaran Umum

Dalam mengerjakan tugas akhir ini proses analisis dilakukan dengan menggunakan program bantu *software* SAP2000 dan Plaxis dengan pembebanan yang telah diperhitungkan pada bab V.

6.2 Permodelan menggunakan Plaxis

Metode analisa yang terkait dengan geoteknik dilakukan dengan menggunakan program plaxis, program ini menggunakan teori finite element, dimana lapisan tanah dibagi menjadi elemen-elemen kecil dalam bentuk jarring-jaring segitiga yang berhibungan satu dengan yang lain.

6.2.1 Parameter Tanah

Clayley Silt I (kedalaman -12 m – (-28 m) LWS)

Material Model	= Mohr-Coloumb
Drainage Type	= Undrained
γ unsat	= 16 kN/m ³
γ sat	= 18 kN/m ³
E	= 10000 kN/m ²
v	= 0.3
ϕ	= 29°
Cu	= 37.5 kN/m ²

Clayley Silt II (kedalaman -28 m – (-49 m) LWS)

Material Model	= Mohr-Coloumb
Drainage Type	= Undrained
γ unsat	= 16 kN/m ³
γ sat	= 18 kN/m ³
E	= 10000 kN/m ²
ν	= 0.3
ϕ	= 31.5°
Cu	= 75 kN/m ²

Clayley Silt III (kedalaman -49 m – (-90 m) LWS)

Material Model	= Mohr-Coloumb
Drainage Type	= Undrained
γ unsat	= 16 kN/m ³
γ sat	= 18 kN/m ³
E	= 10000 kN/m ²
ν	= 0.3
ϕ	= 35°
Cu	= 130 kN/m ²

6.2.2 Parameter Penampang• **Pelat Lantai**

$$t = 400 \text{ mm}$$

$$b = 30000 \text{ mm}$$

$$E = 4700 \sqrt{f'c'} = 27805.57 \text{ Mpa}$$

$$A = b \times t = 12 \text{ m}^2$$

$$I = \frac{1}{12} b h^3 = 0.16 \text{ m}^4$$

$$\begin{aligned}
 EA &= E \times A &= 333666899.8 \text{ kN} \\
 EI &= E \times I &= 4448891.997 \text{ kNm}^2 \\
 W &= BJ \times A &= 288 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

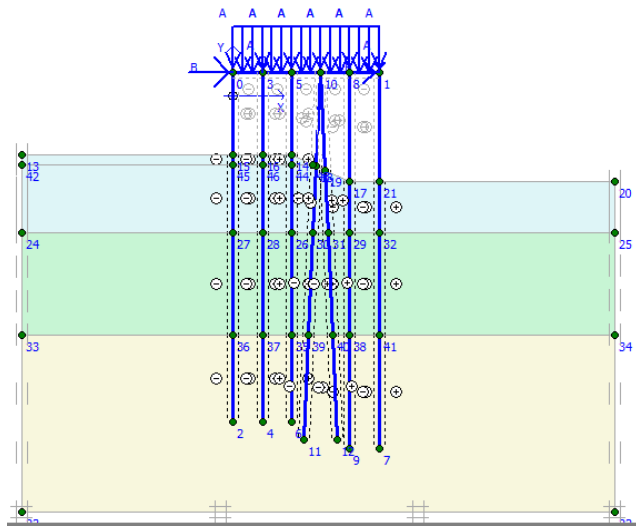
- **Tiang Pancang D812 mm**

$$\begin{aligned}
 D &= 812.8 \text{ mm} \\
 t &= 16 \text{ mm} \\
 E &= 210000 \text{ Mpa} \\
 A &= 400.5 \text{ cm}^2 \text{ (dari brosur)} \\
 I &= 318000 \text{ cm}^4 \text{ (dari brosur)} \\
 EA &= E \times A &= 8410822.649 \text{ kN} \\
 EI &= E \times I &= 667800 \text{ kNm}^2 \\
 W &= BJ \times A &= 3.144 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

- **Tiang Pancang D1016 mm**

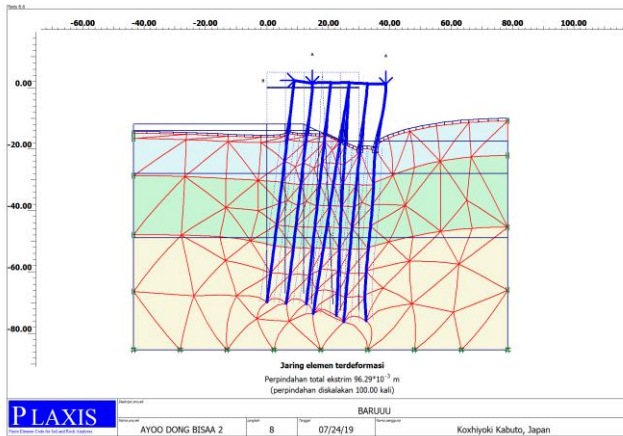
$$\begin{aligned}
 D &= 1016 \text{ mm} \\
 t &= 19 \text{ mm} \\
 E &= 210000 \text{ Mpa} \\
 A &= 595.1 \text{ cm}^2 \text{ (dari brosur)} \\
 I &= 740000 \text{ cm}^4 \text{ (dari brosur)} \\
 EA &= E \times A &= 12497349.82 \text{ kN} \\
 EI &= E \times I &= 1554000 \text{ kNm}^2 \\
 W &= BJ \times A &= 4.6713 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

6.2.3 Hasil Permodelan Eksisting



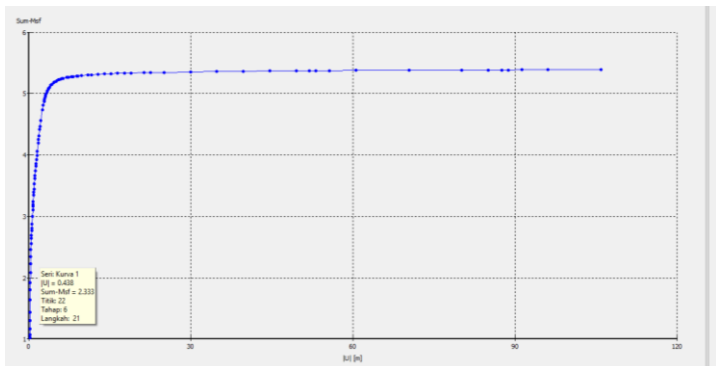
Gambar 5. 8 Permodelan Dermaga dengan Plaxis

Dari Gambar 5. 8 diatas menggunakan 2 jenis beban, yaitu beban merata yang terletak diatas lantai dermaga dan beban terpusat dengan arah horizontal, beban ini adalah beban benturan akibat kapal mendarat atau berlabuh.



Gambar 5. 9 Hasil Permodelan Plaxis Eksisting

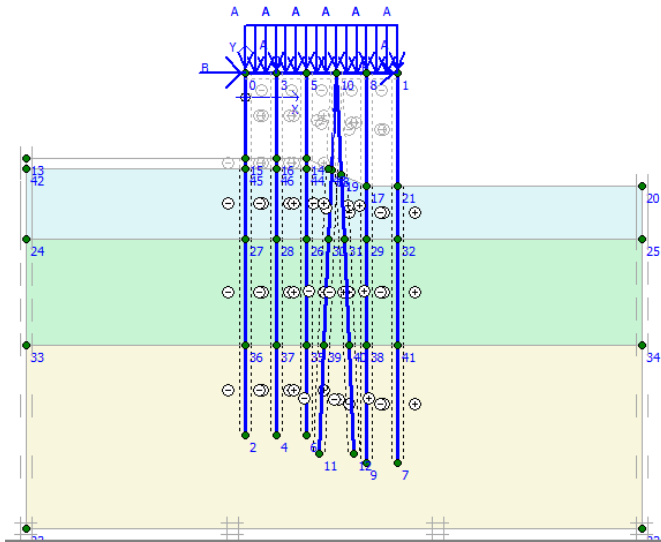
Dari Gambar 5. 9 dapat dilihat bahwa perpindahan total ekstrim yang terjadi akibat beban adalah sebesar 8.65 cm.



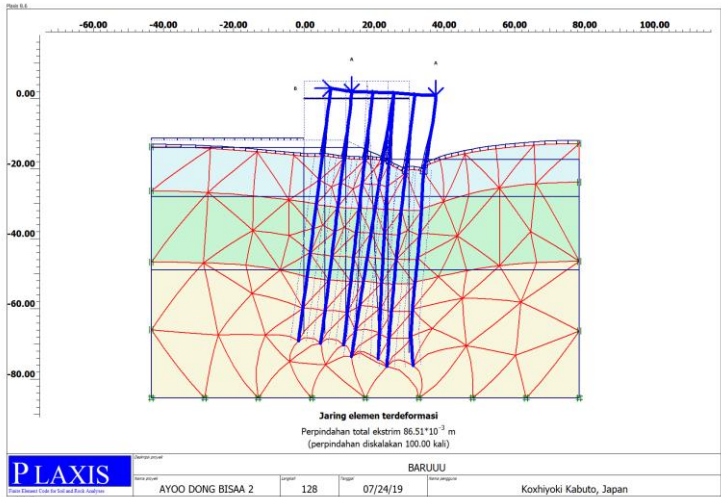
Gambar 5. 10 Hasil SF Eksisting

Dari Gambar 5. 10 dapat diketahui bahwa dengan perpindahan yang kurang lebih 8.65 cm *safety factor* yang terjadi yaitu 1.0.

6.2.4 Hasil Permodelan setelah dikeruk 2 m

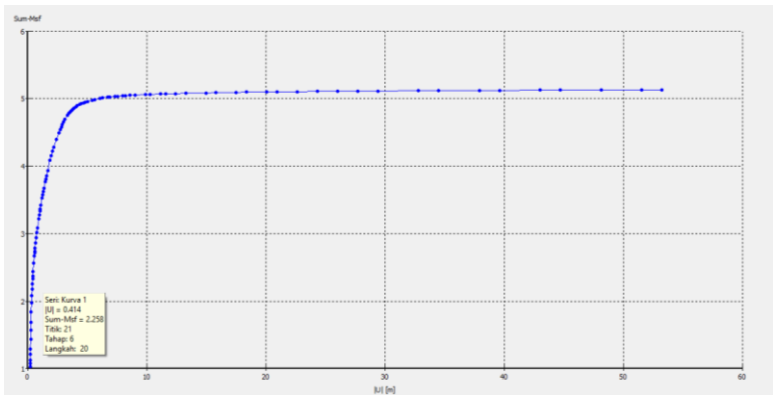


Gambar 5. 11 Permodelan Plaxis setelah dikeruk 2 m



Gambar 5. 12 Hasil Permodelan setelah dikeruk 2 m

Dari Gambar 5. 12 dapat dilihat bahwa perpindahan total ekstrim yang terjadi akibat beban adalah sebesar 9.63 cm.



Gambar 5. 13 Safety Factor setelah dikeruk 2 m

Dari Gambar 5. 13 dapat diketahui bahwa dengan perpindahan yang kurang lebih 9.63 cm *safety factor* yang terjadi yaitu antara 1.0

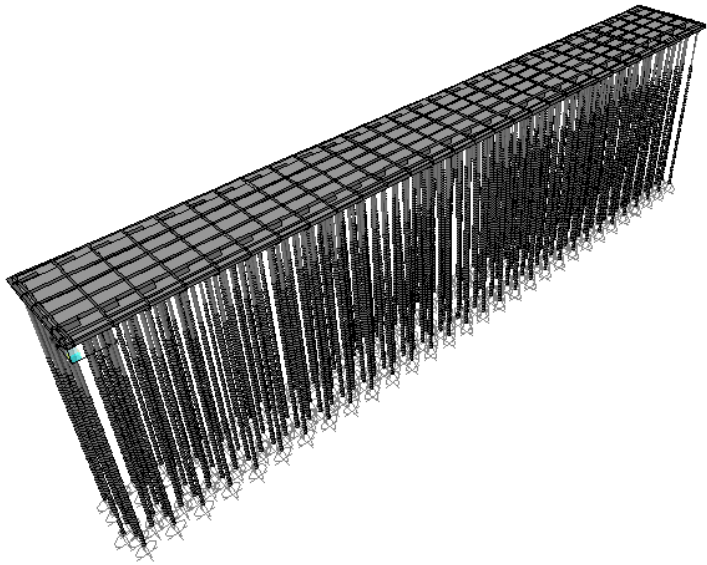
Dari hasil diatas menunjukkan bahwa yang terjadi pada kondisi eksisting dan kondisi setelah dikeruk 2 m angka keamanan yang didapat dari Plaxis lebih besar dari 1, ini menunjukkan bahwa kondisi dermaga adalah cukup aman.

6.3 Permodelan Dermaga menggunakan SAP2000

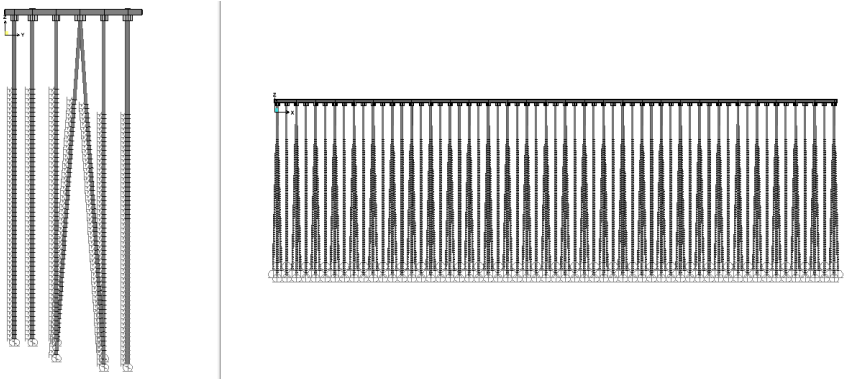
Untuk memperoleh besaran gaya-gaya dalam pada masing-masing komponen struktur pelat, balok, dan tiang pancang maupun reaksi-reaksi tumpuan struktur maka analisa struktur dilakukan dengan menggunakan program analisa struktur SAP2000.

6.3.1 Permodelan Struktur Dermaga

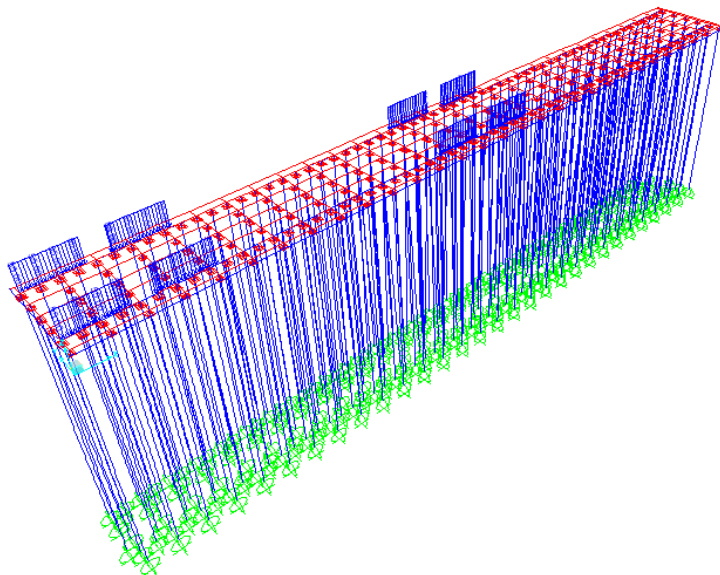
Permodelan struktur dermaga dalam tugas akhir ini menggunakan aplikasi SAP2000 dengan model 3D untuk mendapatkan gaya-gaya dalam yang bekerja pada struktur dermaga dan disajikan dalam bentuk gambar.



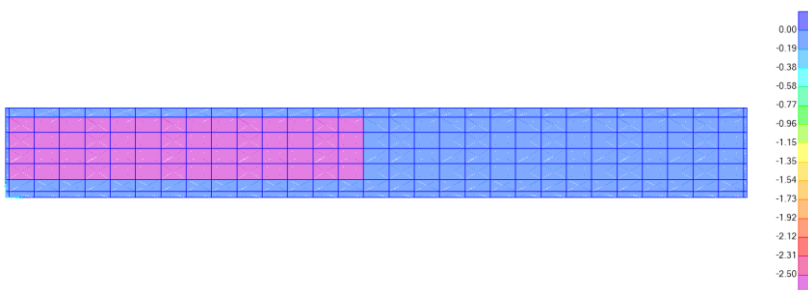
Gambar 6. 1 3D Undeformed Shape model struktur dermaga



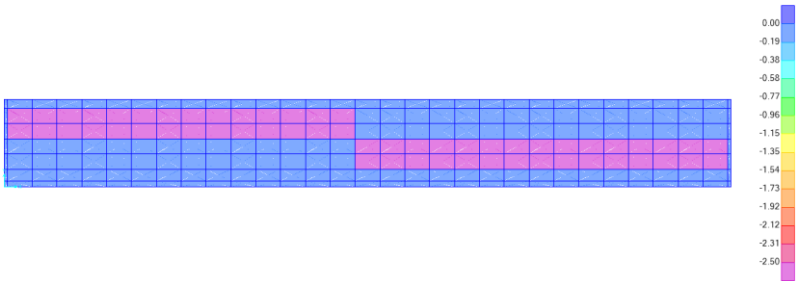
Gambar 6. 2 View melintang dan memanjang model struktur dermaga



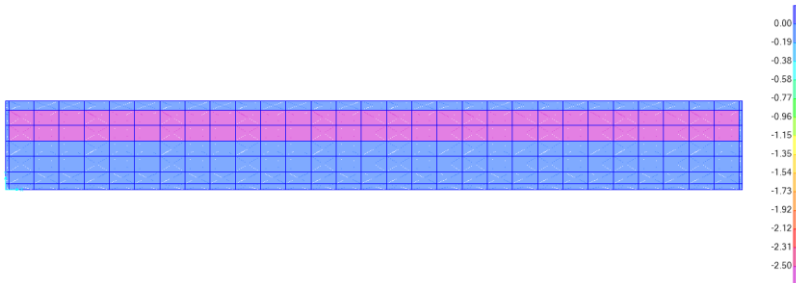
Gambar 6. 3 Beban GSU Crane sebesar 55 Ton/m pada permukaan lantai dermaga



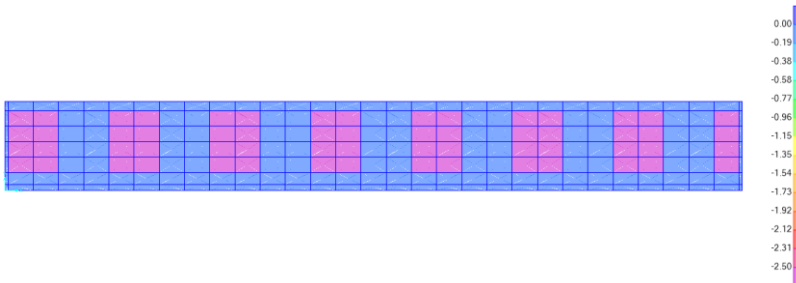
Gambar 6. 4 Beban Hidup Merata Tipe 1



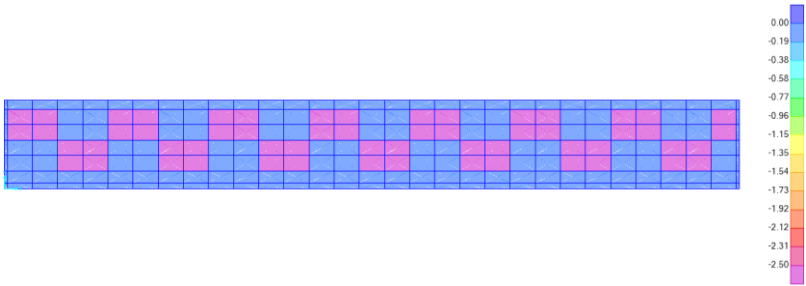
Gambar 6. 5 Beban Hidup Merataa Tipe 2



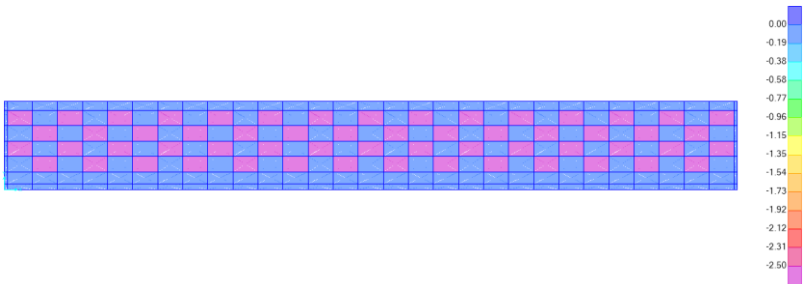
Gambar 6. 6 Beban Hidup Merata Tipe 3



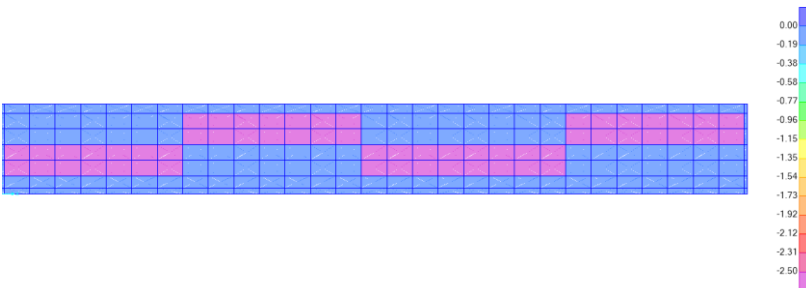
Gambar 6. 7 Beban Hidup Merata Tipe 4



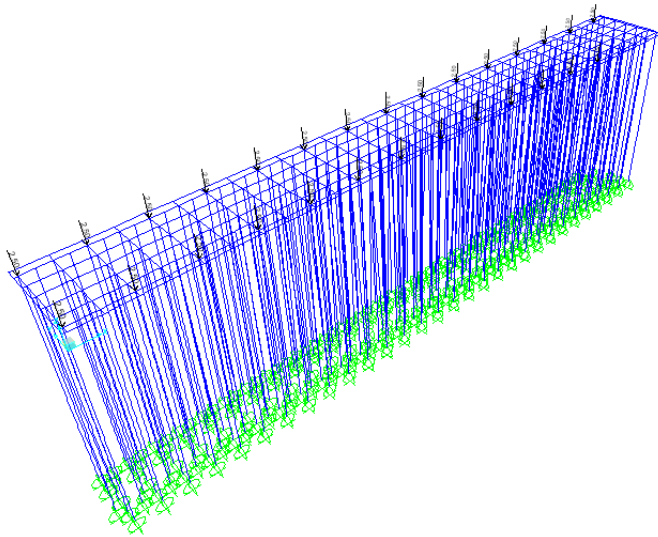
Gambar 6. 8 Beban Hidup Merata Tipe 5



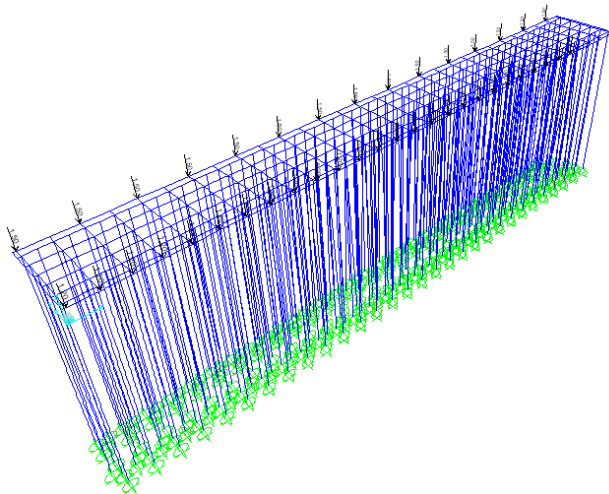
Gambar 6. 9 Beban Hidup Merata Tipe 6



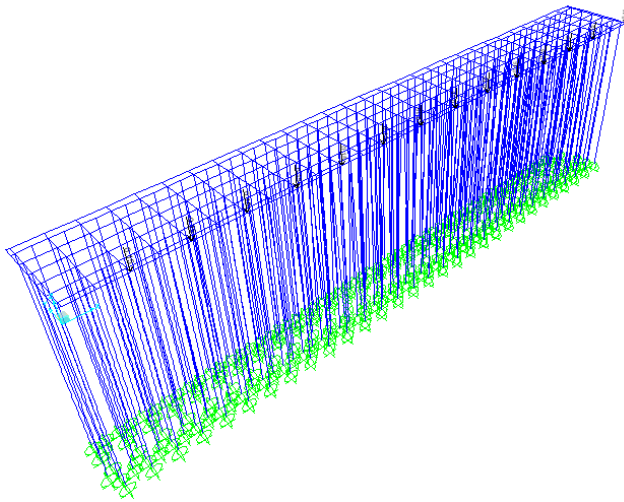
Gambar 6. 10 Beban Hidup Merata tipe 7



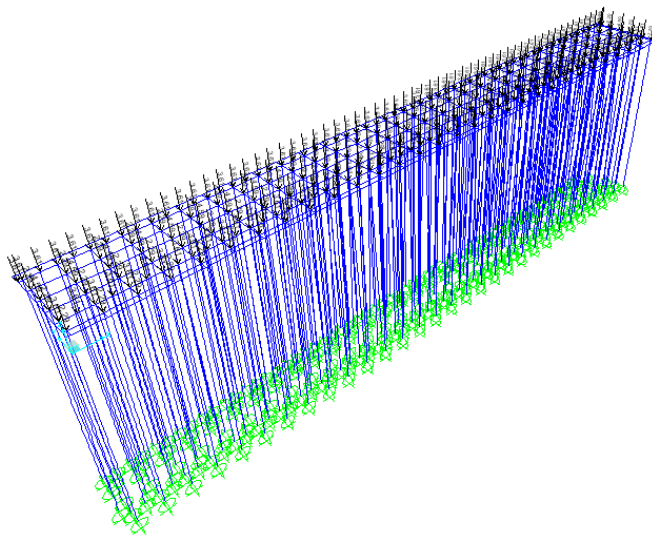
Gambar 6. 11 Beban Berat Sendiri Bollard sisi laut dan sisi darat



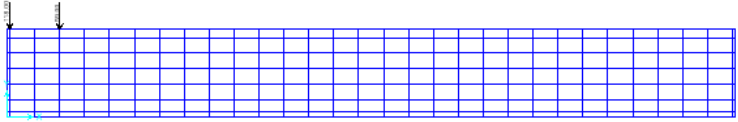
Gambar 6. 12 Beban berat sendiri Fender sisi laut dan sisi darat



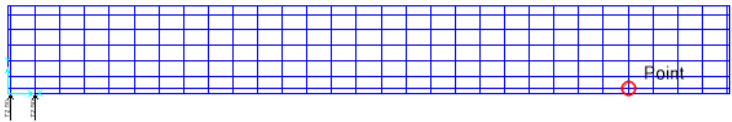
Gambar 6. 13 Beban Lightpole



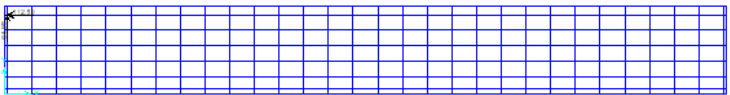
Gambar 6. 14 Beban Beton Pengisi Tiang Pancang



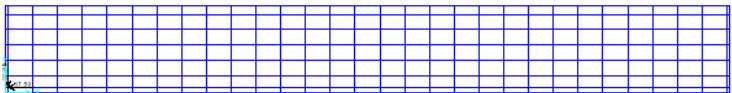
Gambar 6. 15 Permodelan beban reaksi fender sisi laut



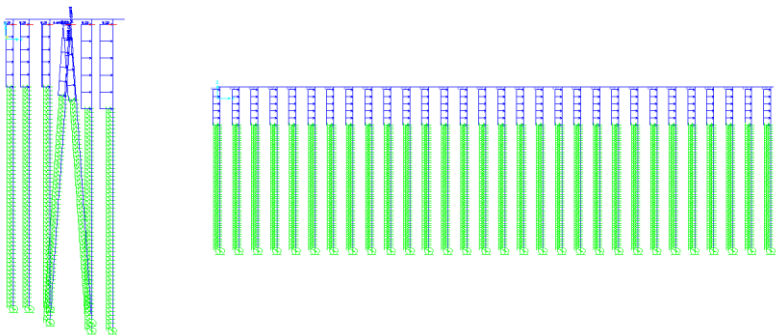
Gambar 6. 16 Permodelan reaksi fender sisi darat



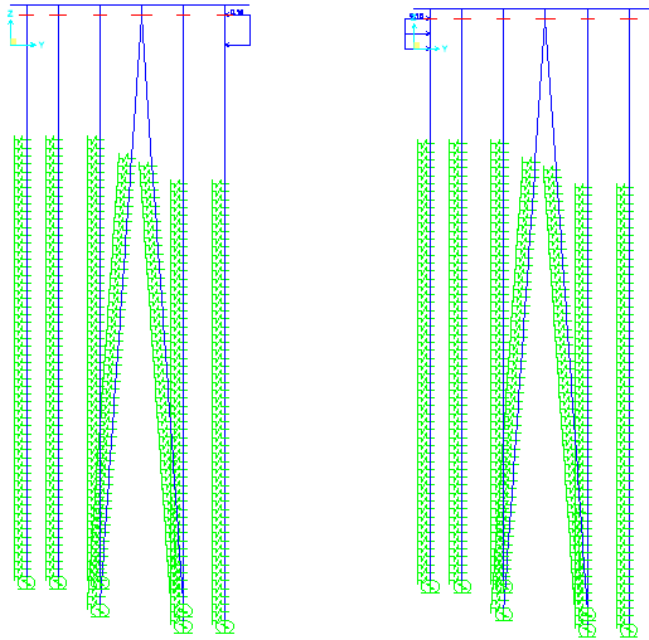
Gambar 6. 17 Permodelan Beban Mooring sisi Laut



Gambar 6. 18 Permodelan Beban sisi darat



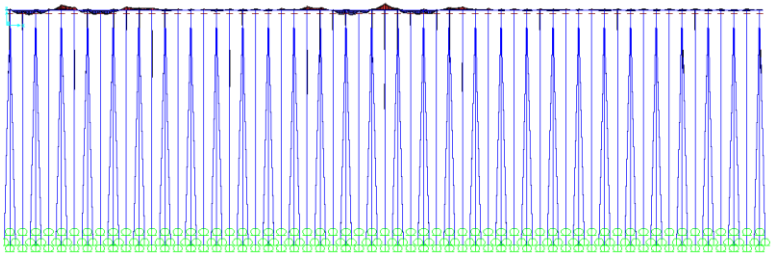
Gambar 6. 19 Permodelan Beban Arus Transversal dan Longitudinal



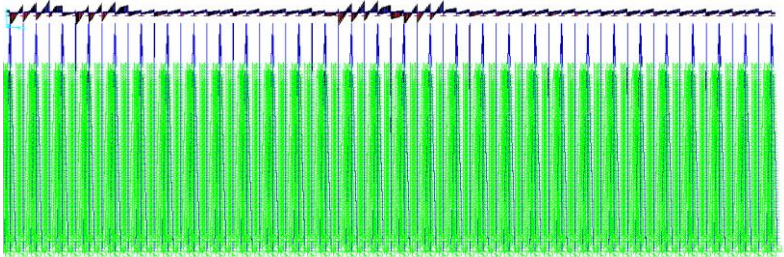
Gambar 6. 20 Permodelan beban angin sisi darat dan sisi laut dermaga

6.3.2 Hasil Analisa struktur Dermaga

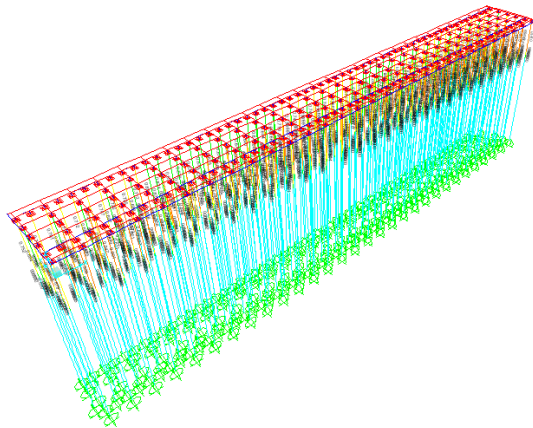
Dalam tugas akhir ini ditampilkan diagram gaya dari struktur dermaga hasil dari pembebanan struktur dermaga.



Gambar 6. 21 Diagram Momen Portal akibat kombinasi beban vertikal dan horizontal



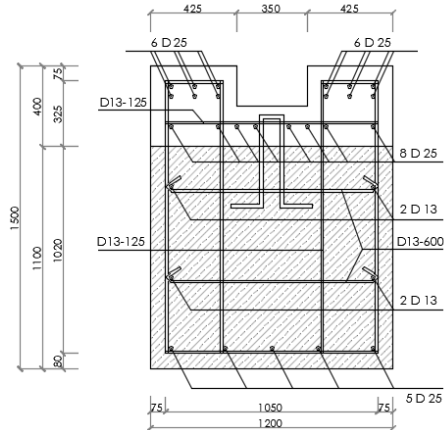
Gambar 6. 22 Gaya Geser akibat kombinasi beban vertikal dan horizontal



Gambar 6. 23 Stress Ratio Tiang Pancang Dermaga

6.3.3 Perhitungan Kapasitas Dermaga

6.3.3.1 Kapasitas Penampang Balok Crane GSU



Gambar 6. 24 Detail Tulangan Tumpuan Balok Crane GSU

Data Perencanaan :

Lebar (b)	= 1200	mm
Tinggi (h)	= 1500	mm
Selimit Beton	= 75	mm
Tinggi Efektif	= 1384.5	mm
ϕ lentur	= 0.90	
ϕ geser	= 0.75	
Tul. Lentur Tump	= 20 D 25	
Tul. Lentur Lap	= 16 D 25	
Tul. Geser Tump	= D 13 - 125	

$$\text{Tul. Geser Lap} = D 13 - 200$$

Mutu Beton :

$$f_c' = 35 \text{ Mpa}$$

$$E = 4700 \sqrt{f_c'} \\ = 27805.5$$

Mutu Baja :

$$F_y = 390 \text{ Mpa}$$

$$E_s = 210000 \text{ Mpa}$$

• **Perhitungan Kapasitas Tulangan Tumpuan**

Tulangan Lentur Pasang :

$$A_s = 20 D 25 \\ = 9817.477 \text{ mm}^2$$

Perhitungan Kapasitas Lentur Balok :

$$T = A_s \times F_y \\ = 9817.477 \times 390 \\ = 3828816.047 \text{ N}$$

$$a = \frac{T}{0.85 \times f_c' \times b} \\ = \frac{3828816.047}{0.85 \times 35 \times 1200} \\ = 107.25 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= A_s \times f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \\
 &= 9817.477 \times 390 \left(1384.5 - \frac{107.25}{2} \right) \\
 &= 5095676036 \text{ N.mm} \\
 &= 509.5676036 \text{ T.m} \\
 \varphi M_n &= \varphi \times M_n \\
 &= 0.9 \times 509.56 \text{ T.m} \\
 &= 458.610 \text{ T.m}
 \end{aligned}$$

- **Perhitungan Kapasitas Geser Tumpuan**

Tulangan Geser Pasang

$$\begin{aligned}
 A_v &= D 13 - 125 \\
 &= 530.93 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Perhitungan Kapasitas Geser Balok :

$$\begin{aligned}
 V_c &= 0.17 \lambda \sqrt{f_c'} b d \\
 &= 0.17 \times 1 \times 5.916 \times 1200 \times 1384.5 \\
 &= 1670925.742 \text{ N} \\
 &= 1670.925742 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_s &= \frac{A_v \times F_y \times d}{s} \\
 &= \frac{530.93 \times 390 \times 1384.5}{125} \\
 &= 2293422.83 \text{ N}
 \end{aligned}$$

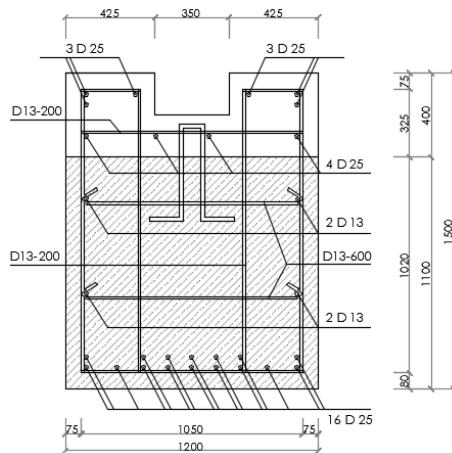
$$= 2293.42283 \text{ kN}$$

$$V_n = V_c + V_s$$

$$= 3964.35 \text{ kN}$$

$$\phi V_n = 0.75 \times V_n$$

$$= 297.326 \text{ T}$$



Gambar 6. 25 Detail Tulangan Lapangan Balok Crane GSU

- **Perhitungan Kapasitas Tulangan Lapangan**

Tulangan Lentur Pasang :

$$A_s = 16 \text{ D } 25$$

$$= 7853.981634 \text{ mm}^2$$

Perhitungan Kapasitas Lentur Balok :

$$\begin{aligned} T &= A_s \times F_y \\ &= 7853.981634 \times 390 \\ &= 3063052.837 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a &= \frac{T}{0.85 \times f_c' \times b} \\ &= \frac{3063052.837}{0.85 \times 35 \times 1200} \\ &= 85.8 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= A_s \times f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 7853.98 \times 390 \left(1384.5 - \frac{85.8}{2} \right) \\ &= 4109391994 \text{ N.mm} \\ &= 410.939 \text{ T.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi M_n &= \phi \times M_n \\ &= 0.9 \times 410.939 \text{ T.m} \\ &= 369.84 \text{ T.m} \end{aligned}$$

- **Perhitungan Kapasitas Geser Lapangan**

Tulangan Geser Pasang

$$\begin{aligned} A_v &= D 13 - 200 \\ &= 530.93 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Perhitungan Kapasitas Geser Balok :

$$\begin{aligned}
 V_c &= 0.17 \lambda \sqrt{f_c'} b d \\
 &= 0.17 \times 1 \times 5.916 \times 1200 \times 1384.5 \\
 &= 1670925.742 \text{ N} \\
 &= 1670.925742 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_s &= \frac{A_v \times F_y \times d}{s} \\
 &= \frac{530.93 \times 390 \times 1384.5}{200} \\
 &= 1433389 \text{ N} \\
 &= 1433.389269 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_n &= V_c + V_s \\
 &= 3104.315 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

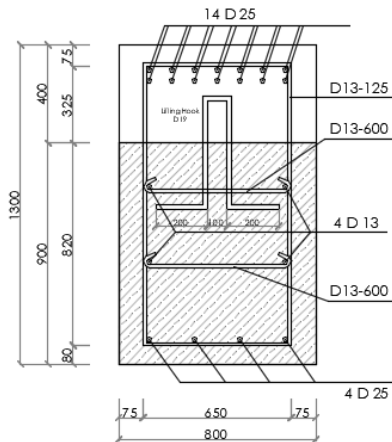
$$\begin{aligned}
 \phi V_n &= 0.75 \times V_n \\
 &= 232.8236 \text{ T}
 \end{aligned}$$

Dalam evaluasi tugas akhir ini, digunakan gaya dalam yang merupakan output dari SAP2000 yang bertujuan untuk membandingkan hasil output dari SAP2000 dan momen kapasitas penampang. Hasil gaya dalam disajikan dalam Tabel 6. 1 berikut:

Tabel 6. 1 Output SAP balok crane GSU

Gaya	Kapasitas	10.000 DWT	50.000 DWT	KET
Mu Tumpuan (T.m)	458.610	-449.341	-450.079	OK
Mu Lapangan (T.m)	369.84	342.524	342.264	OK
Vu Maks (T)	297.326	125.527	125.878	OK

6.3.3.2 Kapasitas Penampang Balok Memanjang Utama



Gambar 6. 26 Detail tulangan Tumpuan Balok memanjang

Data Perencanaan :

Lebar (b) = 800 mm

Tinggi (h) = 1300 mm

Selimit Beton = 80 mm

$$\text{Tinggi Efektif} = 1179.5 \text{ mm}$$

$$\phi \text{ lentur} = 0.90$$

$$\phi \text{ geser} = 0.75$$

$$\text{Tul. Lentur Tump} = 14 \text{ D } 25$$

$$\text{Tul. Lentur Lap} = 14 \text{ D } 25$$

$$\text{Tul. Geser Tump} = \text{D } 13 - 125$$

$$\text{Tul. Geser Lap} = \text{D } 13 - 200$$

Mutu Beton :

$$f_c' = 35 \text{ Mpa}$$

$$E = 4700 \sqrt{f_c'}$$

$$= 27805.5$$

Mutu Baja :

$$F_y = 390 \text{ Mpa}$$

$$E_s = 210000 \text{ Mpa}$$

• **Perhitungan Kapasitas Tulangan Tumpuan**

Tulangan Lentur Pasang :

$$A_s = 14 \text{ D } 25$$

$$= 6872.23 \text{ mm}^2$$

Perhitungan Kapasitas Lentur Balok :

$$T = A_s \times F_y$$

$$= 6872.23393 \times 390$$

$$= 2680171.233 \text{ N}$$

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{T}{0.85 \times f_c' \times b} \\
 &= 112.61223 \text{ mm} \\
 M_n &= A_s \times f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \\
 &= 6872.23 \times 390 \left(1179.5 - \frac{112.6123}{2} \right) \\
 &= 3010351930 \text{ N.mm} \\
 &= 301.035193 \text{ T.m} \\
 \phi M_n &= \phi \times M_n \\
 &= 0.9 \times 301.035193 \text{ T.m} \\
 &= 270.93167 \text{ T.m}
 \end{aligned}$$

- **Perhitungan Kapasitas Geser Tumpuan**

Tulangan Geser Pasang

$$\begin{aligned}
 A_v &= D 13 - 125 \\
 &= 265.4646 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Perhitungan Kapasitas Geser Balok :

$$\begin{aligned}
 V_c &= 0.17 \lambda \sqrt{f_c'} b d \\
 &= 0.17 \times 1 \times 5.916 \times 800 \times 1179.5 \\
 &= 949010.1902 \text{ N} \\
 &= 949.0101902 \text{ kN} \\
 V_s &= \frac{A_v \times F_y \times d}{s}
 \end{aligned}$$

$$= \frac{265.4 \times 390 \times 1179.5}{125}$$

$$= 976920.2701 \text{ N}$$

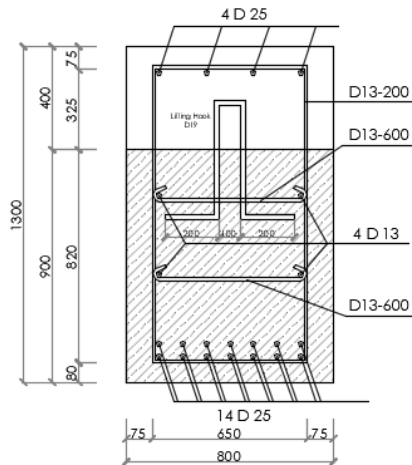
$$= 976.9202701 \text{ kN}$$

$$V_n = V_c + V_s$$

$$= 1925.93 \text{ kN}$$

$$\phi V_n = 0.75 \times V_n$$

$$= 144.4447845 \text{ T}$$



Gambar 6. 27 Detail Tulangan Lapangan Balok Memanjang

- **Perhitungan Kapasitas Tulangan Lapangan**

Tulangan Lentur Pasang :

$$A_s = 14 \text{ D } 25$$

$$= 6872.23393 \text{ mm}^2$$

Perhitungan Kapasitas Lentur Balok :

$$\begin{aligned} T &= A_s \times F_y \\ &= 6872.23393 \times 390 \\ &= 2680171.23 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a &= \frac{T}{0.85 \times f_c' \times b} \\ &= 112.61 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= A_s \times f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 6872.23393 \times 390 \left(1179.5 - \frac{112.6}{2} \right) \\ &= 3010351930 \text{ N.mm} \\ &= 301.035193 \text{ T.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi M_n &= \phi \times M_n \\ &= 0.9 \times 301.035193 \text{ T.m} \\ &= 270.9316737 \text{ T.m} \end{aligned}$$

- **Perhitungan Kapasitas Geser Lapangan**

Tulangan Geser Pasang

$$\begin{aligned} A_v &= D 13 - 200 \\ &= 265.46 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Perhitungan Kapasitas Geser Balok :

$$\begin{aligned} V_c &= 0.17 \lambda \sqrt{f_c'} b d \\ &= 949010.1902 \text{ N} \end{aligned}$$

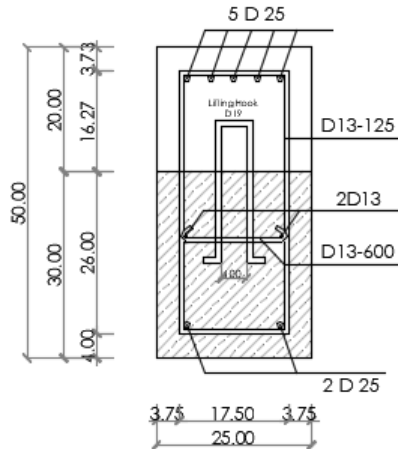
$$\begin{aligned}
 &= 949.0101902 \text{ kN} \\
 V_s &= \frac{A_v \times F_y \times d}{s} \\
 &= 610575.1688 \text{ N} \\
 &= 610.5751688 \text{ kN} \\
 V_n &= V_c + V_s \\
 &= 1559.585359 \text{ kN} \\
 \phi V_n &= 0.75 \times V_n \\
 &= 116.9689019 \text{ T}
 \end{aligned}$$

Dalam evaluasi tugas akhir ini, digunakan gaya dalam yang merupakan output dari SAP2000 yang bertujuan untuk membandingkan hasil output dari SAP2000 dan momen kapasitas penampang. Hasil gaya dalam disajikan dalam Tabel 6. 2 berikut:

Tabel 6. 2 Output SAP balok memanjang utama

Gaya	Kapasitas	10.000 DWT	50.000 DWT	KET
Mu Tumpuan (T.m)	270.931	-119.658	-152.456	OK
Mu Lapangan (T.m)	270.931	96.604	95.503	OK
Vu Maks (T)	144.444	22.392	70.25	OK

6.3.3.3 Kapasitas Penampang Balok Memanjang Tepi



Gambar 6. 28 Detail Tulangan Tumpuan Balok memanjang tepi

Data Perencanaan :

Lebar (b)	= 500	mm
Tinggi (h)	= 1000	mm
Selimut Beton	= 80	mm
Tinggi Efektif	= 879.5	mm
ϕ lentur	= 0.90	
ϕ geser	= 0.75	
Tul. Lentur Tump	= 5 D 25	
Tul. Lentur Lap	= 5 D 25	
Tul. Geser Tump	= D 13 - 125	
Tul. Geser Lap	= D 13 - 200	

Mutu Beton :

$$f_c' = 35 \text{ Mpa}$$

$$E = 4700 \sqrt{f_c'} \\ = 27805.5$$

Mutu Baja :

$$F_y = 390 \text{ Mpa}$$

$$E_s = 210000 \text{ Mpa}$$

- **Perhitungan Kapasitas Tulangan Tumpuan**

Tulangan Lentur Pasang :

$$A_s = 5 \text{ D } 25 \\ = 2454.369261 \text{ mm}^2$$

Perhitungan Kapasitas Lentur Balok :

$$T = A_s \times F_y \\ = 2454.369261 \times 390 \\ = 957204.0116 \text{ N}$$

$$a = \frac{T}{0.85 \times f_c' \times b} \\ = 64.35 \text{ mm}$$

$$M_n = A_s \times f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \\ = 2454.36926 \times 390 \left(879.5 - \frac{64.35}{2} \right) \\ = 811062961.2 \text{ N.mm}$$

$$= 81.10629612 \text{ T.m}$$

$$\varphi Mn = \varphi \times Mn$$

$$= 0.9 \times 81.10629612 \text{ T.m}$$

$$= 72.99566651 \text{ T.m}$$

- **Perhitungan Kapasitas Geser Tumpuan**

Tulangan Geser Pasang

$$Av = D 13 - 125$$

$$= 265.4646 \text{ mm}^2$$

Perhitungan Kapasitas Geser Balok :

$$Vc = 0.17 \lambda \sqrt{f'c'} b d$$

$$= 0.17 \times 1 \times 5.916 \times 800 \times 879.5$$

$$= 442271.3344 \text{ N}$$

$$= 442.2713344 \text{ kN}$$

$$Vs = \frac{Av \times Fy \times d}{s}$$

$$= 728445.424 \text{ N}$$

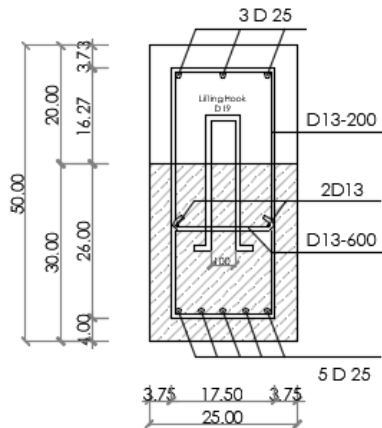
$$= 728.445424 \text{ kN}$$

$$Vn = Vc + Vs$$

$$= 1170.716758 \text{ kN}$$

$$\varphi Vn = 0.75 \times Vn$$

$$= 87.80375688 \text{ T}$$



Gambar 6. 29 Detail Penulangan Lapangan Balok memanjang tepi

- **Perhitungan Kapasitas Tulangan Lapangan**

Tulangan Lentur Pasang :

$$\begin{aligned} A_s &= 5 \text{ D } 25 \\ &= 2454.369261 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Perhitungan Kapasitas Lentur Balok :

$$\begin{aligned} T &= A_s \times F_y \\ &= 2454.3692613 \times 390 \\ &= 957204.0116 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a &= \frac{T}{0.85 \times f_c' \times b} \\ &= 64.34984952 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$M_n = A_s \times f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= 2454.369261 \times 390 \left(879.5 - \frac{64.4}{2} \right)$$

$$= 815848981.2 \text{ N.mm}$$

$$= 81.58489812 \text{ T.m}$$

$$\phi M_n = \phi \times M_n$$

$$= 0.9 \times 81.5848 \text{ T.m}$$

$$= 72.9956 \text{ T.m}$$

- **Perhitungan Kapasitas Geser Lapangan**

Tulangan Geser Pasang

$$A_v = D \ 13 - 200$$

$$= 265.46 \text{ mm}^2$$

Perhitungan Kapasitas Geser Balok :

$$V_c = 0.17 \lambda \sqrt{f'c'} b d$$

$$= 444785.6683 \text{ N}$$

$$= 444.7856683 \text{ kN}$$

$$V_s = \frac{A_v \times F_y \times d}{s}$$

$$= 457866.6696 \text{ N}$$

$$= 457.8666696 \text{ kN}$$

$$V_n = V_c + V_s$$

$$= 902.6523379 \text{ kN}$$

$$\phi V_n = 0.75 \times V_n$$

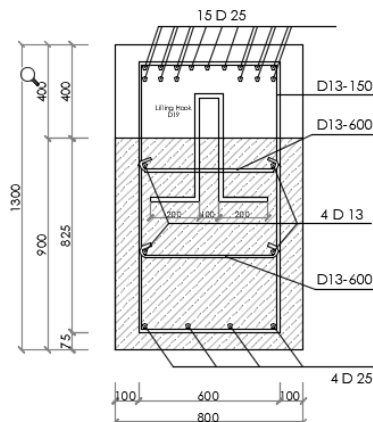
$$= 67.69892534 T$$

Dalam evaluasi tugas akhir ini, digunakan gaya dalam yang merupakan output dari SAP2000 yang bertujuan untuk membandingkan hasil output dari SAP2000 dan momen kapasitas penampang. Hasil gaya dalam disajikan dalam Tabel 6. 3 berikut:

Tabel 6. 3 Output SAP balok memanjang tepi

Gaya	Kapasitas	10.000 DWT	50.000 DWT	KET
Mu Tumpuan (T.m)	72.995	-43.849	-43.806	OK
Mu Lapangan (T.m)	72.995	38.935	38.929	OK
Vu Maks (T)	87.803	8.863	8.879	OK

6.3.3.4 Kapasitas Penampang Balok Melintang



Gambar 6. 30 Detail Tulangan Tumpuan Balok melintang

Data Perencanaan :

Lebar (b)	= 800	mm
Tinggi (h)	= 1300	mm
Selimit Beton	= 80	mm
Tinggi Efektif	= 1179.5	mm
ϕ lentur	= 0.90	
ϕ geser	= 0.75	
Tul. Lentur Tump	= 15 D 25	
Tul. Lentur Lap	= 15 D 25	
Tul. Geser Tump	= D 13 - 125	
Tul. Geser Lap	= D 13 - 200	

Mutu Beton :

f_c'	= 35	Mpa
E	= $4700 \sqrt{f_c'}$	
	= 27805.5	

Mutu Baja :

F_y	= 390	Mpa
E_s	= 210000	Mpa

- **Perhitungan Kapasitas Tulangan Tumpuan**

Tulangan Lentur Pasang :

$$A_s = 5 \text{ D } 25$$

$$= 7363.107782 \text{ mm}^2$$

Perhitungan Kapasitas Lentur Balok :

$$\begin{aligned} T &= A_s \times F_y \\ &= 7363.107782 \times 390 \\ &= 2871612.035 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a &= \frac{T}{0.85 \times f_c' \times b} \\ &= 120.6559679 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= A_s \times f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 7363.107782 \times 390 \left(1179.5 - \frac{120.6}{2} \right) \\ &= 3213827831 \text{ N.mm} \\ &= 321.3827831 \text{ T.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi M_n &= \phi \times M_n \\ &= 0.9 \times 321.3827831 \text{ T.m} \\ &= 289.2445047 \text{ T.m} \end{aligned}$$

- **Perhitungan Kapasitas Geser Tumpuan**

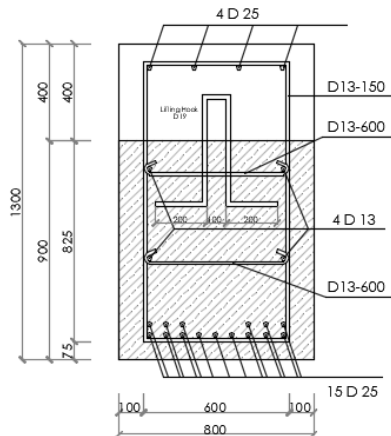
Tulangan Geser Pasang

$$\begin{aligned} A_v &= D 13 - 125 \\ &= 265.4646 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Perhitungan Kapasitas Geser Balok :

$$\begin{aligned} V_c &= 0.17 \lambda \sqrt{f_c'} b d \\ &= 0.17 \times 1 \times 5.916 \times 800 \times 1179.5 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 949010.1902 \text{ N} \\
 &= 949.0101902 \text{ kN} \\
 V_s &= \frac{A_v \times F_y \times d}{s} \\
 &= 814100.2251 \text{ N} \\
 &= 814.1002251 \text{ kN} \\
 V_n &= V_c + V_s \\
 &= 1763.110415 \text{ kN} \\
 \phi V_n &= 0.75 \times V_n \\
 &= 132.2332811 \text{ T}
 \end{aligned}$$



Gambar 6. 31 Detail Tulangan Lapangan Balok Melintang

- **Perhitungan Kapasitas Tulangan Lapangan**
Tulangan Lentur Pasang :

$$A_s = 5 \text{ D } 25$$

$$= 7363.107782 \text{ mm}^2$$

Perhitungan Kapasitas Lentur Balok :

$$\begin{aligned} T &= A_s \times F_y \\ &= 7363.107782 \times 390 \\ &= 2871612.035 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a &= \frac{T}{0.85 \times f_c' \times b} \\ &= 120.6559679 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= A_s \times f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 2871612.035 \times 390 \left(1179.5 - \frac{120.65}{2} \right) \\ &= 3228185891 \text{ N.mm} \\ &= 322.8185891 \text{ T.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi M_n &= \phi \times M_n \\ &= 0.9 \times 301.035193 \text{ T.m} \\ &= 290.5367302 \text{ T.m} \end{aligned}$$

• **Perhitungan Kapasitas Geser Lapangan**

Tulangan Geser Pasang

$$\begin{aligned} A_v &= D_{13} - 200 \\ &= 265.46 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Perhitungan Kapasitas Geser Balok :

$$V_c = 0.17 \lambda \sqrt{f_c'} b d$$

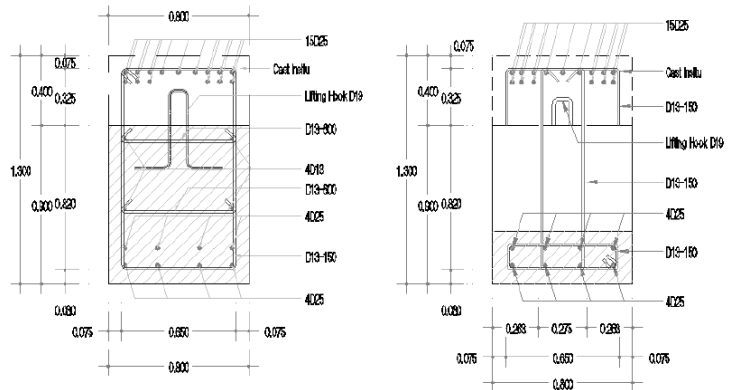
$$\begin{aligned}
 &= 953033.1244 \text{ N} \\
 &= 953.03312443 \text{ kN} \\
 V_s &= \frac{A_v \times F_y \times d}{s} \\
 &= 490530.7588 \text{ N} \\
 &= 490.5307588 \text{ kN} \\
 V_n &= V_c + V_s \\
 &= 1443.563883 \text{ kN} \\
 \phi V_n &= 0.75 \times V_n \\
 &= 108.2672912 \text{ T}
 \end{aligned}$$

Dalam evaluasi tugas akhir ini, digunakan gaya dalam yang merupakan output dari SAP2000 yang bertujuan untuk membandingkan hasil output dari SAP2000 dan momen kapasitas penampang. Hasil gaya dalam disajikan dalam Tabel 6. 4 berikut:

Tabel 6. 4 Output SAP balok melintang

Gaya	Kapasitas	10.000 DWT	50.000 DWT	KET
Mu Tumpuan (T.m)	289.244	-284.301	286.038	OK
Mu Lapangan (T.m)	290.536	277.699	288.318	OK
Vu Maks (T)	132.233	127.68	130.169	OK

6.3.3.5 Kapasitas Penampang Balok Melintang Konsol



Gambar 6. 32 Detail tulangan balok konsol

Data Perencanaan :

Lebar (b)	= 800	mm
Tinggi (h)	= 1300	mm
Selimit Beton	= 80	mm
Tinggi Efektif	= 1179.5	mm
ϕ lentur	= 0.90	
ϕ geser	= 0.75	
Tul. Lentur Tump	= 15 D 25	
Tul. Lentur Lap	= 15 D 25	
Tul. Geser Tump	= D 13 - 150	
Tul. Geser Lap	= D 13 - 200	

Mutu Beton :

$$f_c' = 35 \text{ Mpa}$$

$$E = 4700 \sqrt{f_c'}$$

$$= 27805.5$$

Mutu Baja :

$$F_y = 390 \text{ Mpa}$$

$$E_s = 210000 \text{ Mpa}$$

- **Perhitungan Kapasitas Tulangan Tumpuan**

Tulangan Lentur Pasang :

$$A_s = 15 \text{ D } 25$$

$$= 7363.107782 \text{ mm}^2$$

Perhitungan Kapasitas Lentur Balok :

$$T = A_s \times F_y$$

$$= 7363.107782 \times 390$$

$$= 2871612.035 \text{ N}$$

$$a = \frac{T}{0.85 \times f_c' \times b}$$

$$= 120.6559679 \text{ mm}$$

$$M_n = A_s \times f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= 7363.107782 \times 390 \left(1179.5 - \frac{120.6}{2} \right)$$

$$= 3213827831 \text{ N.mm}$$

$$= 321.3827831 \text{ T.m}$$

$$\phi Mn = \phi \times Mn$$

$$= 0.9 \times 321.3827831 \text{ T.m}$$

$$= 289.2445047 \text{ T.m}$$

- **Perhitungan Kapasitas Geser Tumpuan**

Tulangan Geser Pasang

$$Av = D 13 - 150$$

$$= 265.4646 \text{ mm}^2$$

Perhitungan Kapasitas Geser Balok :

$$Vc = 0.17 \lambda \sqrt{f'c'} b d$$

$$= 0.17 \times 1 \times 5.916 \times 800 \times 1179.5$$

$$= 949010.1902 \text{ N}$$

$$= 949.0101902 \text{ kN}$$

$$Vs = \frac{Av \times Fy \times d}{s}$$

$$= 814100.2251 \text{ N}$$

$$= 814.1002251 \text{ kN}$$

$$Vn = Vc + Vs$$

$$= 1763.110415 \text{ kN}$$

$$\phi Vn = 0.75 \times Vn$$

$$= 132.2332811 \text{ T}$$

- **Perhitungan Kapasitas Tulangan Lapangan**

Tulangan Lentur Pasang :

$$\begin{aligned} A_s &= 15 \text{ D } 25 \\ &= 7363.107782 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Perhitungan Kapasitas Lentur Balok :

$$\begin{aligned} T &= A_s \times F_y \\ &= 7363.107782 \times 390 \\ &= 2871612.035 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a &= \frac{T}{0.85 \times f_c' \times b} \\ &= 120.6559679 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= A_s \times f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 2871612.035 \times 390 \left(1179.5 - \frac{120.65}{2} \right) \\ &= 3228185891 \text{ N.mm} \\ &= 322.8185891 \text{ T.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi M_n &= \phi \times M_n \\ &= 0.9 \times 301.035193 \text{ T.m} \\ &= 290.5367302 \text{ T.m} \end{aligned}$$

- **Perhitungan Kapasitas Geser Lapangan**

Tulangan Geser Pasang

$$\begin{aligned} A_v &= D 13 - 150 \\ &= 265.46 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Perhitungan Kapasitas Geser Balok :

$$\begin{aligned} V_c &= 0.17 \lambda \sqrt{f_c'} b d \\ &= 953033.1244 \text{ N} \\ &= 953.03312443 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_s &= \frac{A_v \times F_y \times d}{s} \\ &= 817551.2646 \text{ N} \\ &= 817.5512646 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_n &= V_c + V_s \\ &= 1770.584389 \text{ kN} \end{aligned}$$

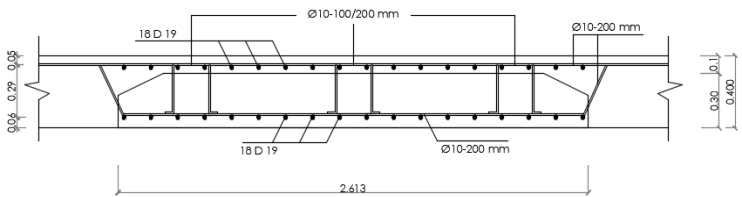
$$\begin{aligned} \phi V_n &= 0.75 \times V_n \\ &= 132.7938292 \text{ T} \end{aligned}$$

Dalam evaluasi tugas akhir ini, digunakan gaya dalam yang merupakan output dari SAP2000 yang bertujuan untuk membandingkan hasil output dari SAP2000 dan momen kapasitas penampang. Hasil gaya dalam disajikan dalam Tabel 6. 5 berikut:

Tabel 6. 5 Output SAP balok melintang konsol

Gaya	Kapasitas	10.000 DWT	50.000 DWT	KET
Mu Tumpuan (T.m)	289.244	-113.484	-113.692	OK
Mu Lapangan (T.m)	290.536	122.595	127.208	OK
Vu Maksimum (T)	132.793	11.763	11.854	OK

6.3.3.6 Kapasitas Penampang Pelat Lantai

**Gambar 6. 33 Detail Penulangan Pelat lantai**

Data Perencanaan :

Lebar (b)	= 2613	mm
Selimut Beton	= 60	mm
Tinggi Efektif	= 330.5	mm
ϕ lentur	= 0.90	
ϕ geser	= 0.75	
Tul. Lentur	= 18 D 19	
Tul. Geser	= D 13 - 150	

Mutu Beton :

$$f_c' = 35 \text{ Mpa}$$

$$E = 4700 \sqrt{f_c'}$$

$$= 27805.5$$

Mutu Baja :

$$F_y = 390 \text{ Mpa}$$

$$E_s = 210000 \text{ Mpa}$$

Perhitungan Kapasitas Lentur pelat :

$$T = A_s \times F_y$$

$$= 5103.517266 \times 390$$

$$= 1990371.734 \text{ N}$$

$$a = \frac{T}{0.85 \times f_c' \times b}$$

$$= 25.60399983 \text{ mm}$$

$$M_n = A_s \times f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= 5103.517266 \times 390 \left(330.5 - \frac{25.6}{2} \right)$$

$$= 632337119.2 \text{ N.mm}$$

$$= 63.23371192 \text{ T.m}$$

$$\phi M_n = \phi \times M_n$$

$$= 0.9 \times 63.23371192 \text{ T.m}$$

$$= 56.91034073 \text{ T.m}$$

Perhitungan Kapasitas Geser Pelat :

$$\begin{aligned} A_v &= \emptyset 10 - 200 \\ &= 157.0796327 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_c &= 0.17 \lambda \sqrt{f_c'} b d \\ &= 868547.985 \text{ N} \\ &= 868.547985 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_s &= \frac{A_v \times F_y \times d}{s} \\ &= 101233.8963 \text{ N} \\ &= 101.2338963 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_n &= V_c + V_s \\ &= 969.7818813 \text{ kN} \end{aligned}$$

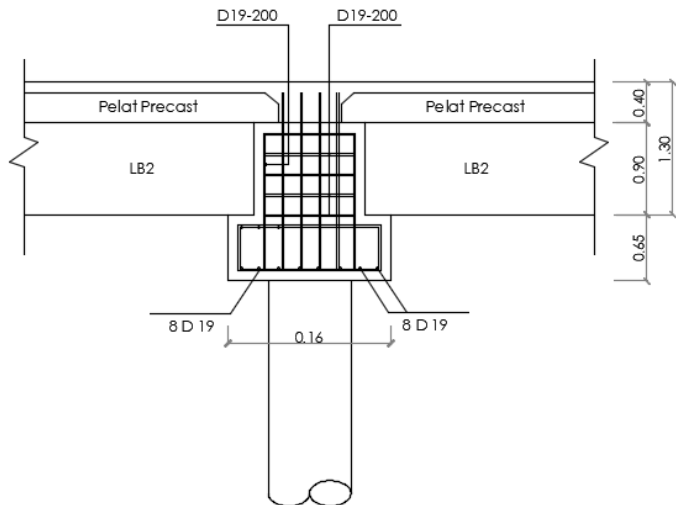
$$\begin{aligned} \phi V_n &= 0.75 \times V_n \\ &= 72.7336411 \text{ T} \end{aligned}$$

Dalam evaluasi tugas akhir ini, digunakan gaya dalam yang merupakan output dari SAP2000 yang bertujuan untuk membandingkan hasil output dari SAP2000 dan momen kapasitas penampang. Hasil gaya dalam disajikan dalam Tabel 6. 6 berikut:

Tabel 6. 6 Output SAP pelat lantai

Gaya	Kapasitas	10.000 DWT	50.000 DWT	KET
M11 (T.m)	56.9103	32.395	38.654	OK
M22 (T.m)	56.9103	34.379	33.626	OK

6.3.3.7 Kapasitas Penampang Pile Cap 1



Gambar 6. 34 Detail Tulangan Pile Cap 1

Data Perencanaan :

Lebar (b)	= 2000	mm
Selimut Beton	= 80	mm
Tinggi Efektif	= 89.5	mm
ϕ lentur	= 0.90	

$$\phi \text{ geser} = 0.75$$

$$\text{Tul. Lentur} = 10 \text{ D } 19$$

Mutu Beton :

$$f_c' = 35 \text{ Mpa}$$

$$E = 4700 \sqrt{f_c'}$$

$$= 27805.5$$

Mutu Baja :

$$F_y = 390 \text{ Mpa}$$

$$E_s = 210000 \text{ Mpa}$$

Perhitungan Kapasitas Lentur pelat :

$$T = A_s \times F_y$$

$$= 2835.28737 \times 390$$

$$= 1105762.074 \text{ N}$$

$$a = \frac{T}{0.85 \times f_c' \times b}$$

$$= 18.58423654 \text{ mm}$$

$$M_n = A_s \times f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= 2835.28737 \times 390 \left(89.5 - \frac{18.5}{2} \right)$$

$$= 88690833.67 \text{ N.mm}$$

$$= 8.869083367 \text{ T.m}$$

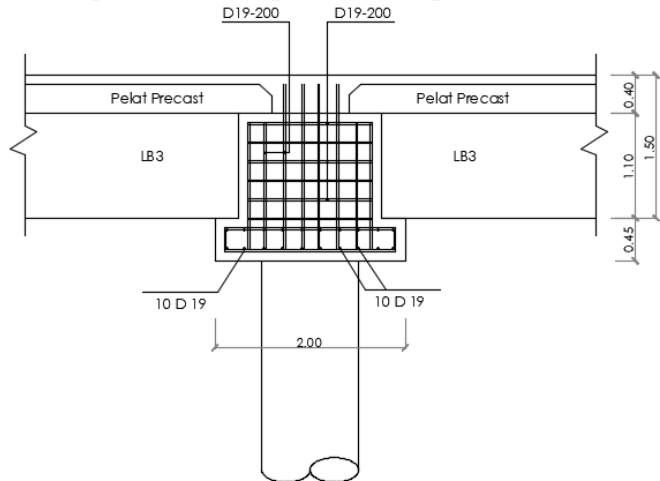
$$\begin{aligned}
 \phi M_n &= \phi \times M_n \\
 &= 0.9 \times 8.869083367 \text{ T.m} \\
 &= 7.98217503 \text{ T.m}
 \end{aligned}$$

Dalam evaluasi tugas akhir ini, digunakan gaya dalam yang merupakan output dari SAP2000 yang bertujuan untuk membandingkan hasil output dari SAP2000 dan momen kapasitas penampang. Hasil gaya dalam disajikan dalam Tabel 6. 7 berikut:

Tabel 6. 7 Output SAP pile cap 1

Gaya	Kapasitas	10.000 DWT	50.000 DWT	KET
M11 (T.m)	7.982	4.28	4.28	OK
M22 (T.m)	7.982	4.28	4.28	OK

6.3.3.8 Kapasitas Penampang Pile Cap 2



Gambar 6. 35 Detail Penulangan Pile Cap 2

Data Perencanaan :

Lebar (b)	= 1600	mm
Selimut Beton	= 80	mm
Tinggi Efektif	= 89.5	mm
ϕ lentur	= 0.90	
ϕ geser	= 0.75	
Tul. Lentur	= 8 D 19	

Mutu Beton :

f_c'	= 35	Mpa
E	= $4700 \sqrt{f_c'}$	
	= 27805.5	

Mutu Baja :

$$F_y = 390 \text{ Mpa}$$

$$E_s = 210000 \text{ Mpa}$$

Perhitungan Kapasitas Lentur pelat :

$$\begin{aligned} T &= A_s \times F_y \\ &= 2268.229896 \times 390 \\ &= 884609.6594 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a &= \frac{T}{0.85 \times f_c' \times b} \\ &= 18.58423654 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= A_s \times f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 2268.229896 \times 390 \left(89.5 - \frac{18.5}{2} \right) \\ &= 70952666.94 \text{ N.mm} \\ &= 7.095266694 \text{ T.m} \end{aligned}$$

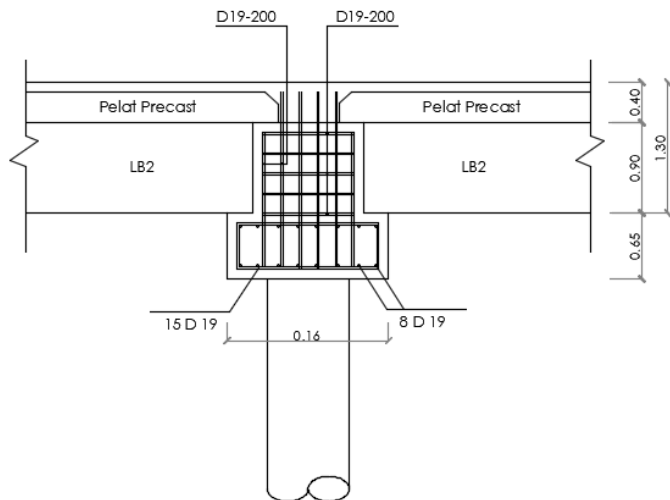
$$\begin{aligned} \phi M_n &= \phi \times M_n \\ &= 0.9 \times 7.095266694 \text{ T.m} \\ &= 6.385740024 \text{ T.m} \end{aligned}$$

Dalam evaluasi tugas akhir ini, digunakan gaya dalam yang merupakan output dari SAP2000 yang bertujuan untuk membandingkan hasil output dari SAP2000 dan momen kapasitas penampang. Hasil gaya dalam disajikan dalam Tabel 6. 8 berikut:

Tabel 6. 8 Output SAP pile cap 2

Gaya	Kapasitas	10.000 DWT	50.000 DWT	KET
M11 (T.m)	6.3857	3.67	3.67	OK
M22 (T.m)	6.3857	3.67	3.67	OK

6.3.3.9 Kapasitas Penampang Pile Cap 3



Gambar 6. 36 Detail Penulangan Pile Cap 3 arah X

Arah X

Data Perencanaan :

Lebar (b)	= 1600	mm
Selimut Beton	= 80	mm
Tinggi Efektif	= 89.5	mm
ϕ lentur	= 0.90	

$$\phi \text{ geser} = 0.75$$

$$\text{Tul. Lentur} = 8 \text{ D } 19$$

Mutu Beton :

$$f_c' = 35 \text{ Mpa}$$

$$E = 4700 \sqrt{f_c'}$$

$$= 27805.5$$

Mutu Baja :

$$F_y = 390 \text{ Mpa}$$

$$E_s = 210000 \text{ Mpa}$$

Perhitungan Kapasitas Lentur pelat :

$$T = A_s \times F_y$$

$$= 2268.229896 \times 390$$

$$= 884609.6594 \text{ N}$$

$$a = \frac{T}{0.85 \times f_c' \times b}$$

$$= 18.58423654 \text{ mm}$$

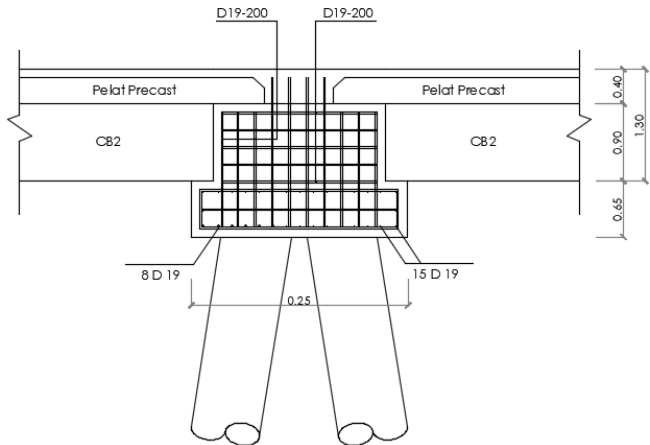
$$M_n = A_s \times f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= 2268.229896 \times 390 \left(89.5 - \frac{18.5}{2} \right)$$

$$= 70952666.94 \text{ N.mm}$$

$$= 7.095266694 \text{ T.m}$$

$$\begin{aligned}\phi M_n &= \phi \times M_n \\ &= 0.9 \times 7.095266694 \text{ T.m} \\ &= 6.385740024 \text{ T.m}\end{aligned}$$



Gambar 6. 37 Detail Penulangan Pile Cap 3 arah Y

Arah Y

Data Perencanaan :

Lebar (b)	= 2500	mm
Selimut Beton	= 80	mm
Tinggi Efektif	= 89.5	mm
ϕ lentur	= 0.90	
ϕ geser	= 0.75	
Tul. Lentur	= 15 D 19	

Mutu Beton :

$$f_c' = 35 \text{ Mpa}$$

$$E = 4700 \sqrt{f_c'}$$

$$= 27805.5$$

Mutu Baja :

$$F_y = 390 \text{ Mpa}$$

$$E_s = 210000 \text{ Mpa}$$

Perhitungan Kapasitas Lentur pelat :

$$T = A_s \times F_y$$

$$= 4252.931055 \times 390$$

$$= 1658643.111 \text{ N}$$

$$a = \frac{T}{0.85 \times f_c' \times b}$$

$$= 22.30108385 \text{ mm}$$

$$M_n = A_s \times f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= 129953788.9 \text{ N.mm}$$

$$= 12.99537889 \text{ T.m}$$

$$\phi M_n = \phi \times M_n$$

$$= 0.9 \times 12.99537889 \text{ T.m}$$

$$= 11.695841 \text{ T.m}$$

Dalam evaluasi tugas akhir ini, digunakan gaya dalam yang merupakan output dari SAP2000 yang bertujuan untuk membandingkan hasil output dari SAP2000 dan

momen kapasitas penampang. Hasil gaya dalam disajikan dalam Tabel 6. 9 berikut:

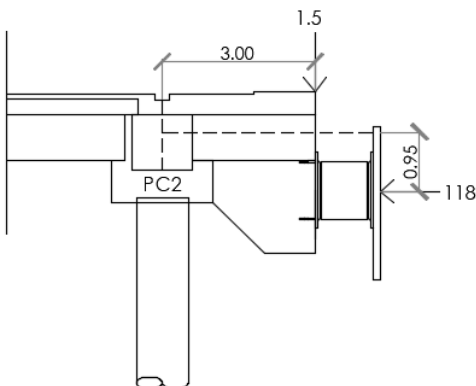
Tabel 6. 9 Output SAP pile cap 3

Gaya	Kapasitas	10.000 DWT	50.000 DWT	KET
M11 (T.m)	6.3857	2.743	2.743	OK
M22 (T.m)	11.695	5.27	5.27	OK

6.3.3.10 Stress Ratio Tiang Pancang Dermaga

Pondasi yang digunakan adalah tiang pancang steel pipe pile dengan diameter 1016 t=19 mm untuk menopang alat berat crane GSU dan diameter 812 t=16 mm. *Stress ratio* untuk tiang pancang akibat beban kapal 10.000 DWT dan 50.000 DWT dapat dilihat pada lampiran.

6.3.3.11 Perhitungan Balok Fender Sisi Laut Single Fender



Gambar 6. 38 Balok Fender Sisi Laut (Single Fender)

Data Perencanaan :

Lebar (b)	= 2000	mm
Selimit Beton	= 1550	mm
Tinggi Efektif	= 1450	mm
ϕ lentur	= 0.90	
ϕ geser	= 0.75	
Tul. Lentur	= 13 D 19	

Mutu Beton :

f_c'	= 35	Mpa
E	= $4700 \sqrt{f_c'}$	
	= 27805.5	

Mutu Baja :

F_y	= 390	Mpa
E_s	= 210000	Mpa

Perhitungan Momen dan Geser

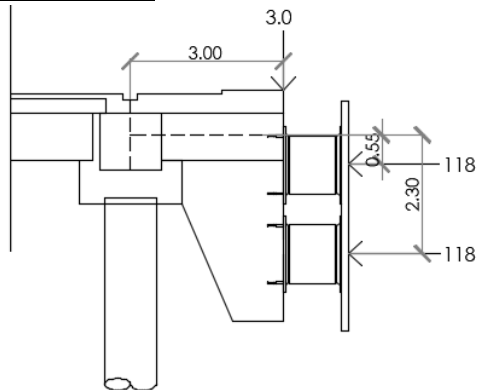
$$\begin{aligned} M_u &= (1.5 \times 3) + (118 \times 0.95) \\ &= 116.6 \text{ T.m} \\ V_u &= 1.5 + (7.9 \times 2.6 \times 2.4) \\ &= 50.796 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Perhitungan Kapasitas Lentur balok :

$$T = A_s \times F_y$$

$$\begin{aligned}
 &= 3685.87 \times 390 \\
 &= 1437489.3 \text{ N} \\
 a &= \frac{T}{0.85 \times f_c' \times b} \\
 &= 24.16 \text{ mm} \\
 Mn &= A_s \times f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \\
 &= 3685.87 \times 390 \left(1450 - \frac{24.16}{2} \right) \\
 &= 2067 \text{ kN.m} \\
 &= 206.7 \text{ T.m} \\
 \varphi Mn &= \varphi \times Mn \\
 &= 0.9 \times 206.7 \text{ T.m} \\
 &= 186.03 \text{ T.m (OK)}
 \end{aligned}$$

Double Fender



Gambar 6. 39 Balok Fender Sisi Laut (Double Fender)

Data Perencanaan :

Lebar (b)	= 2000	mm
Selimit Beton	= 1550	mm
Tinggi Efektif	= 1450	mm
ϕ lentur	= 0.90	
ϕ geser	= 0.75	
Tul. Lentur	= 39 D 19	

Mutu Beton :

f_c'	= 35	Mpa
E	= $4700 \sqrt{f_c'}$	
	= 27805.5	

Mutu Baja :

F_y	= 390	Mpa
E_s	= 210000	Mpa

Perhitungan Momen dan Geser

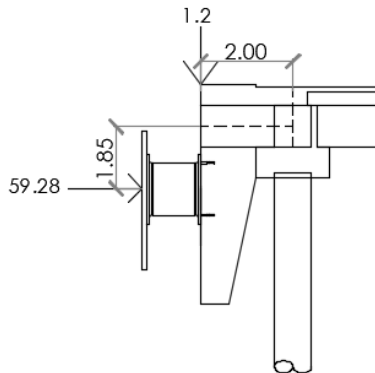
$$\begin{aligned} M_u &= (3 \times 3) + (118 \times 2.3) + (118 \times 0.55) \\ &= 345.3 \text{ T.m} \\ V_u &= 3 + (7.9 \times 2.6 \times 2.4) \\ &= 52.3 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Perhitungan Kapasitas Lentur balok :

$$T = A_s \times F_y$$

$$\begin{aligned}
 &= 11057.62 \times 390 \\
 &= 4312471.8 \text{ N} \\
 a &= \frac{T}{0.85 \times f_c' \times b} \\
 &= 72.48 \text{ mm} \\
 Mn &= A_s \times f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \\
 &= 11057.62 \times 390 \left(1450 - \frac{72.48}{2} \right) \\
 &= 6096.8 \text{ kN.m} \\
 &= 609.8 \text{ T.m} \\
 \phi Mn &= \phi \times Mn \\
 &= 0.9 \times 609.8 \text{ T.m} \\
 &= 548.82 \text{ T.m (OK)}
 \end{aligned}$$

6.3.3.12 Perhitungan Balok Fender Sisi Darat



Gambar 6. 40 Balok Fender Sisi Darat

Data Perencanaan :

Lebar (b)	= 2000	mm
Selimit Beton	= 1550	mm
Tinggi Efektif	= 1450	mm
ϕ lentur	= 0.90	
ϕ geser	= 0.75	
Tul. Lentur	= 26 D 19	

Mutu Beton :

f_c'	= 35	Mpa
E	= $4700 \sqrt{f_c'}$	
	= 27805.5	

Mutu Baja :

F_y	= 390	Mpa
E_s	= 210000	Mpa

Perhitungan Momen dan Geser

$$\begin{aligned} M_u &= (1.2 \times 2) + (59.28 \times 1.85) \\ &= 116.6 \text{ T.m} \\ V_u &= 1.2 + (3.25 \times 2.25 \times 2.4) \\ &= 18.75 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Perhitungan Kapasitas Lentur balok :

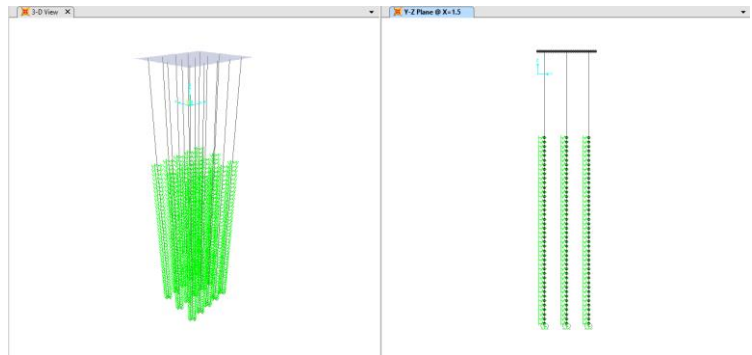
$$T = A_s \times F_y$$

$$\begin{aligned}
 &= 7371.75 \times 390 \\
 &= 2874982 \text{ N} \\
 a &= \frac{T}{0.85 \times f_c' \times b} \\
 &= 48.32 \text{ mm} \\
 Mn &= As \times f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \\
 &= 7371.75 \times 390 \left(1450 - \frac{48.32}{2} \right) \\
 &= 4099.26 \text{ kN.m} \\
 &= 409.92 \text{ T.m} \\
 \phi Mn &= \phi \times Mn \\
 &= 0.9 \times 409.92 \text{ T.m} \\
 &= 368.928 \text{ T.m (OK)}
 \end{aligned}$$

6.4 Permodelan *Mooring Dolphin* menggunakan SAP2000

Permodelan struktur dermaga dalam tugas akhir ini menggunakan aplikasi SAP2000 dengan model 3D untuk mendapatkan gaya-gaya dalam yang bekerja pada struktur *mooring dolphin* dan disajikan dalam bentuk gambar.

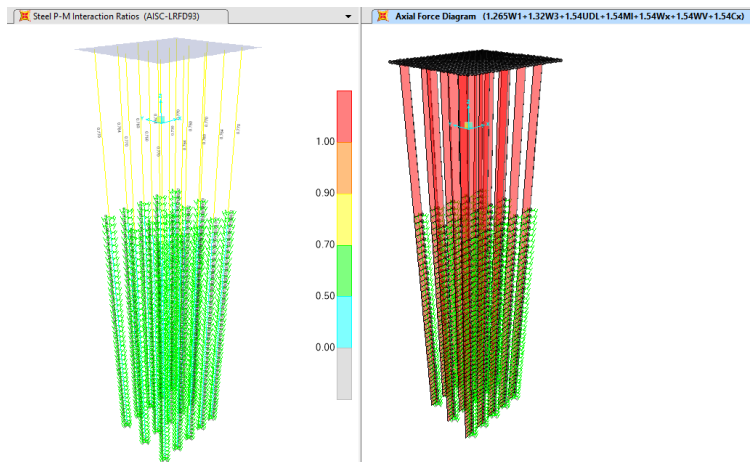
6.4.1 Model Struktur Mooring Dolphin



Gambar 6. 41 Permodelan Mooring Dolphin

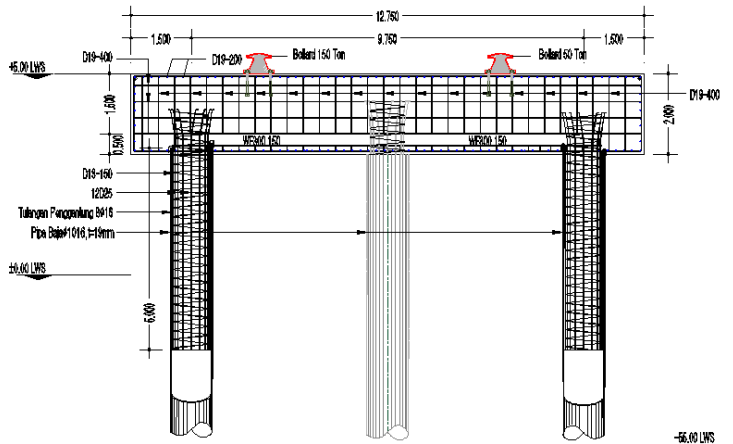
6.4.2 Hasil Analisa Struktur Dolphin

Dalam tugas akhir ini ditampilkan diagram gaya dari struktur dermaga hasil dari pembebanan struktur dermaga.



Gambar 6. 42 Stress Ratio dan gaya aksial mooring dolphin

6.4.3 Perhitungan Kapasitas Dolphin



Gambar 6. 43 Penulangan Mooring Dolphin

6.4.3.1. Perhitungan Kapasitas Poer Mooring Dolphin

Data Perencanaan :

Lebar (b)	= 1000	mm
Selimit Beton	= 60	mm
Tebal poer	= 2000	mm
Tinggi Efektif	= 1930.5	mm
ϕ lentur	= 0.90	
ϕ geser	= 0.75	
Tul. Lentur	= D 19 – 200	mm

Mutu Beton :

f_c'	= 35	Mpa
--------	------	-----

$$\begin{aligned}
 E &= 4700 \sqrt{f'c'} \\
 &= 27805.5
 \end{aligned}$$

Mutu Baja :

$$F_y = 390 \text{ Mpa}$$

$$E_s = 210000 \text{ Mpa}$$

Perhitungan Kapasitas Lentur pelat :

$$\begin{aligned}
 A_s &= D19 - 200 \text{ mm} \\
 &= 1417.643685 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T &= A_s \times F_y \\
 &= 1417.643685 \times 390 \\
 &= 552881.0371 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{T}{0.85 \times f'c' \times b} \\
 &= 18.58423654 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= A_s \times f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \\
 &= 1417.643685 \times 390 \left(1930.5 - \frac{18.5}{2} \right) \\
 &= 1062199406 \text{ N.mm} \\
 &= 106.2199406 \text{ T.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi M_n &= \phi \times M_n \\
 &= 0.9 \times 106.2199406 \text{ T.m}
 \end{aligned}$$

$$= 95.59794656 \text{ T.m}$$

Perhitungan Kapasitas Geser Poer :

$$\begin{aligned} A_v &= \emptyset 10 - 200 \\ &= 157.0796327 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_c &= 0.17 \lambda \sqrt{f_c'} b d \\ &= 1941568.644 \text{ N} \\ &= 1941.568644 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_s &= \frac{A_v \times F_y \times d}{s} \\ &= 591322.3502 \text{ N} \\ &= 591.3223502 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_n &= V_c + V_s \\ &= 2532.890994 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_n &= 0.75 \times V_n \\ &= 227.9601894 \text{ T} \end{aligned}$$

Dalam evaluasi tugas akhir ini, digunakan gaya dalam yang merupakan output dari SAP2000 yang bertujuan untuk membandingkan hasil output dari SAP2000 dan momen kapasitas penampang. Hasil gaya dalam disajikan dalam Tabel 6. 10 berikut:

Tabel 6. 10 Output SAP Mooring Dolphin

Gaya	Kapasitas	10.000 DWT	50.000 DWT	KET
M11 (T.m)	95.597	81.284	84.453	OK
M22 (T.m)	95.597	60.482	38.658	OK

6.4.3.2. Stress Ratio Tiang Pancang Mooring Dolphin

Pondasi yang digunakan adalah tiang pancang steel pipe pile dengan diameter 1016 t=19 mm. *Stress ratio* untuk tiang pancang akibat beban kapal 10.000 DWT dan 50.000 DWT dapat dilihat pada lampiran.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB VII PERKUATAN STRUKTUR

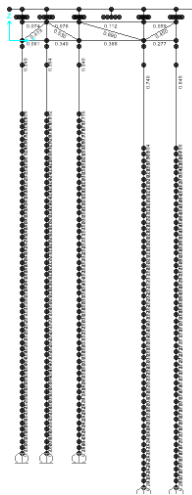
7.1 Gambaran Umum

Perkuatan struktur dibutuhkan saat elemen penampang tidak mampu memikul beban yang terjadi sehingga terjadi *overstress*. Tugas akhir ini membahas perkuatan struktur akibat tiang pancang yang tidak mampu menahan beban lateral akibat beban gempa.

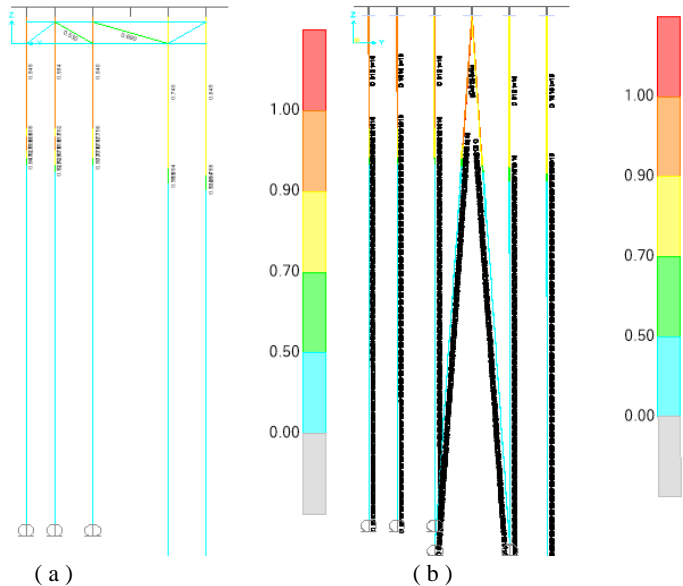
Perkuatan yang dilakukan yaitu dengan menambahkan *bracing* atau pengaku yang diharapkan dapat menahan beban lateral akibat beban gempa.

7.2 Permodelan Bracing

Permodelan Bracing dilakukan menggunakan software bantu SAP2000.



Gambar 6. 44 Permodelan Bracing



Gambar 6. 45 (a) Stress Ratio sesudah dibracing dan (b) Stress ratio sebelum di bracing

7.3 Perhitungan Sambungan Las

- Sambunngan Bracing D 559 mm.

Diameter Bracing (D_b) = 559 mm

Tebal Bracing (t_b) = 20 mm

Luas Bracing (A_b) = 245014.3 mm²

F_y bracing (F_{yb}) = 355 Mpa

P_u dari SAP = -204.829 Ton

$$\text{Tinggi Las} = 30 \text{ mm}$$

$$\text{Mutu Las} = 490 \text{ Mpa (E60xx)}$$

Perhitungan Sambungan Las

$$\begin{aligned} F_{nw} &= 0.6 \times F_{EXX} \\ &= 0.6 \times 490 \text{ Mpa} \\ &= 294 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{we} &= t \times L \\ &= 30 \text{ mm} \times 559 \text{ mm} \\ &= 16770 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Phi R_n &= 0.75 F_{nw} A_{we} \\ &= 0.75 \times 294 \times 16770 \\ &= 3697785 \text{ N} \\ &= 3697.785 \text{ kN} \end{aligned}$$

Cek :

Sambungan harus lebih kuat dari gaya yang terjadi

$$P_u < \phi R_n$$

$$2048.3 \text{ kN} < 3697.785 \text{ kN (OK)}$$

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB VIII

METODE PELAKSANAAN

8.1 Pekerjaan Pengerukan

8.1.1 Persiapan

Tujuan persiapan pekerjaan pengerukan yaitu sebagai perencanaan untuk mengadakan survei setelah ada keputusan untuk melakukan pengerukan. Survey yang dimaksud adalah survey lapangan yang bertujuan untuk memperoleh data teknik maupun non-teknik untuk keperluan perencanaan maupun pelaksanaan pengerukan.

8.1.2 Proses Pekerjaan Pengerukan

Pengerukan dilakukan dengan menggunakan alat trailing suction hopper dredger (kapal keruk hisap hopper tarik). Alat ini berfungsi mengambil tanah (sedimen) dasar laut yang nantinya akan dibuang ditempat laut yang lebih dalam.

Alat yang digunakan adalah kapal keruk tipe Trailing Suction Dredger. Dan untuk tugas akhir ini akan digunakan kapal keruk Bali II dari PT.Pengerukan Indonesia dengan kapasitas 5000 m³/jam seperti yang terlihat pada Gambar 8. 1.

TRAILING SUCTION HOPPER DREDGER **BALI II**



SHIP PARTICULARS :

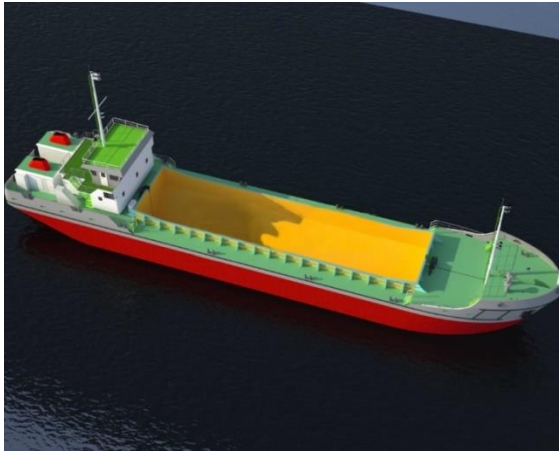
1. Name of ship	: Bali II	9. Depth to main deck	: 10.30 m
2. Class	: GL/KI	10. Draught max.	: 7.90 m
3. Description of ship	: Hopper Suction Dredger	11. Gross tonnage	: 6.603 ton
4. Capacity	: 5.000 m ³	12. Netto tonnage	: 1.981 ton
5. Full speed	: 12 - 13 knot	13. Main engine	: 3.000 kw
6. Length over all	: 124.40 m	14. Maker	: MAK
7. Length between perp.	: 115.100 m	15. Dredging depth	: 30 m
8. Breadth moulded	: 18.00 m	16. Ship yard	: Volswerft GMBH Stralsund Germany / 1993

Gambar 8. 1 Kapal Keruk TSHD Bali II

Alat keruk ini menggunakan prinsip kerja dengan cara menyeret pipa penghisap ketika bekerja, dan mengisi material yang diisap tersebut ke satu atau beberapa penampung (hopper) di dalam kapal.

8.1.3 Transportasi dan Pembuangan

Proses ini merupakan gerakan hasil keruk dari daerah yang dikeruk menuju tempat pembuangan. Proses ini dapat dilakukan oleh alat keruk itu sendiri ataupun oleh alat lain yang bukan bagian dari alat keruk utama.



Gambar 8. 2 Split Hopper Barge

Pembuangan hasil keruk dilakukan menggunakan *barge* seperti pada sebagai pengangkut material hasil pengerukan. Pembuangan material menggunakan barge dilakukan karena travel time alat keruk ber-hopper yang lama sehingga menjadi kurang efisien.

8.2 Pemasangan Bracing

8.2.1 Pemasangan *Scaffolding* atau Perancah

Scaffolding atau perancah adalah struktur sementara yang digunakan untuk menyangga manusia dan material.

8.2.2 Pemasangan Bracing

Bracing yang telah dirakit di darat dapat dipasang pada tiang pancang menggunakan alat sambung Las.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IX

KESIMPULAN

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan pada struktur dermaga, untuk bangunan atas (Pelat Lantai, Balok dan Pile Cap) dapat menahan beban kapal akibat beban eksisting dan beban setelah ditingkatkan, yaitu sebesar 50.000 DWT untuk sisi darat dan pergantian beban Gempa terbaru. Untuk Bollard dan Fender dilakukan pergantian karena dengan beban terbaru yaitu kapal dengan 50.000 DWT sudah tidak memenuhi spesifikasi.

Sedangkan untuk bangunan bawah yaitu struktur tiang pancang saat dievaluasi menggunakan beban eksisting tidak mampu menahan beban lateral gempa dengan menggunakan $R=1$. Dan pada saat struktur dermaga dievaluasi dengan menggunakan gempa terbaru juga tiang pancang tidak mampu menahan beban lateral (*overstressed*).

Perkuatan yang dilakukan untuk elemen tiang pancang yaitu dipasang bracing, karena tiang pancang mengalami *overstressed* karena tidak mampu menahan beban lateral akibat gempa. sehingga dipasang bracing yang berfungsi sebagai pengaku. Bracing yang digunakan yaitu D559 dengan tebal bracing 20 mm.

DAFTAR PUSTAKA

Marine Fender Design Manual, Bridgestone Tire, Co., Ltd.

Tokyo

Japan Port and Harbour Association. 2002. **Technical Standards and Commentaries for Port and Harbour Facilities in Japan**. Daicousa Printing. Japan.

Sosrodarsono, S., Nakazawa, K 2000. **Mekanika Tanah dan**

Teknik Pondasi. Jakarta:.PT Pradnya Paramita

Standard Design Criteria fo Port in Indonesia, 1984.

Maritime Development Programme Directorate
General of Sea Commonications, Jakarta

Peraturan perencanaan Teknik Jembatan Bridge Management System (BMS). 1992. Departemen

Pekerjaan Umum Dirjen Bina Marga.

Kramadibrata, Soedjono. **Perencanaan Pelabuhan**. Penerbit
ITB:2002

Triatmodjo, Bambang. **Pelabuhan**. Beta offset:2008

BIODATA PENULIS

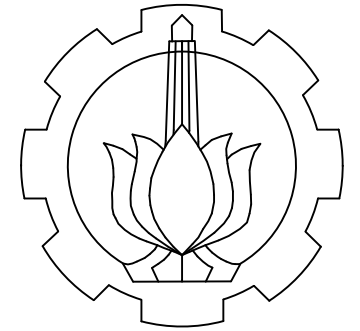
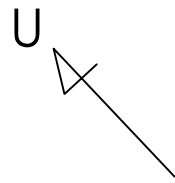


Raras Ari Kusumaningtyas,
Penulis dilahirkan di
Probolinggo pada tanggal 27
Desember 1996. Penulis adalah
anak pertama dari 2 bersaudara
dengan Ayah kelahiran
Banyuwangi dan Ibu dari
Malang.

Penulis menempuh pendidikan
formal di SDN Geluran III,
SMP Negeri 22 Surabaya, dan
SMA Negeri 15 Surabaya. Lalu penulis melanjutkan studi di
jurusan D4 Teknik Infrastruktur Sipil ITS dengan konsentrasi
Sarana dan Prasarana Transportasi.

Penulis memiliki pengalaman berorganisasi sebagai
STAFF JMAA divisi kemuslimahan.

Nama Gambar	Skala	No. Gambar
Tampak Atas Dermaga	1:100	1
Denah Balok Jetty	1:100	2
Denah Pile Cap Jetty	1:100	2
Denah Pelat Lantai	1:100	3
Potongan C-C	1:100	3
Potongan A-A	1:25	4
Potongan B-B	1:25	5
Potongan D-D	1:25	6
Detail Pelat Lantai S1	1:2	7
Detail Pelat Lantai S2	1:2	8
Detail Pelat Lantai S3	1:2	9
Detail Bollard	1:1	10
Detail Fender	1:2	11
Detail Pile Cap 3	1:5	12
Detail Pile Cap 1	1:5	13
Detail Pile Cap 2	1:5	14
Detail Tiang Pancang Ø812	1:5	15
Detail Tiang Pancang Ø1016	1:5	16
Detail Balok Melintang (CB2)	1:2	17
Detail Balok Memanjang (LB3)	1:2	18
Detail Balok Memanjang (LB2)	1:2	19
Detail Balok Tepi Memanjang (LB1)	1:2	20
Detail Melintang Balok Konsol	1:2	21
Denah Bracing	1:25	22-23
Detail Bracing	1:4	24-25
Denah Mooring Dolphin	1:10	26
Potongan Mooring Dolphin	1:5	27



DIV TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA
 2018

JUDUL

EVALUASI DAN PERKUATAN STRUKTUR
 DERMAGA TELUK LAMONG AKIBAT
 PENINGKATAN BOBOT KAPAL

DOSEN PEMBIMBING

R. BUYUNG ANUGRAHA, ST.,MT
 19740203 200212 1 002

MAHASISWA

RARAS ARI KUSUMANINGTYAS
 10111510000068

KETERANGAN

- LB1 = Balok Memanjang Tepi (0.5/1.0)
- LB2 = Balok Memanjang (0.8/1.3)
- LB3 = Balok Memanjang GSU (1.3/1.5)
- CB1 = Balok Melintang Tepi (0.8/1.3)
- CB2 = Balok Melintang (0.8/1.3)
- PC1 = Pile Cap (1.6 m x 1.6 m)
- PC2 = Pile Cap (2.0 m x 2.0 m)
- PC3 = Pile Cap (1.6 m x 2.5 m)

Satuan Gambar dalam m

NAMA GAMBAR

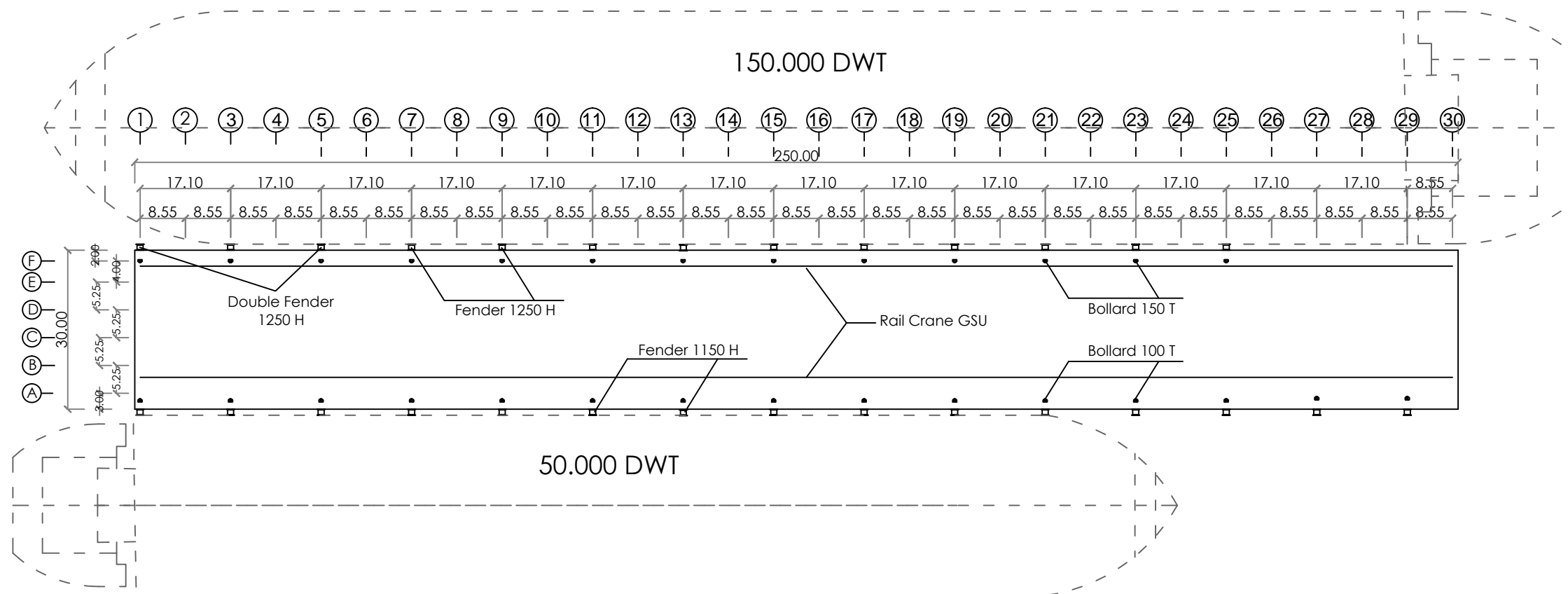
TAMPAK ATAS DERMAGA
 1 : 100

No.Gambar

Jumlah Gambar

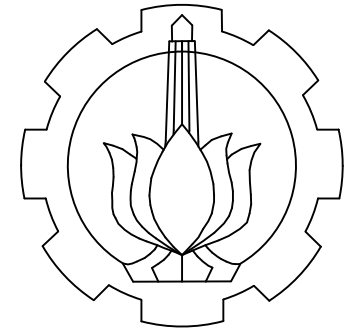
1

27



TAMPAK ATAS DERMAGA

Skala 1 : 100



DIV TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA
 2018

JUDUL

EVALUASI DAN PERKUATAN STRUKTUR
 DERMAGA TELUK LAMONG AKIBAT
 PENINGKATAN BOBOT KAPAL

DOSEN PEMBIMBING

R. BUYUNG ANUGRAHA, ST.,MT
 19740203 200212 1 002

MAHASISWA

RARAS ARI KUSUMANINGTYAS
 10111510000068

KETERANGAN

- LB1 = Balok Memanjang Tepi (0.5/1.0)
- LB2 = Balok Memanjang (0.8/1.3)
- LB3 = Balok Memanjang GSU (1.3/1.5)
- CB1 = Balok Melintang Tepi (0.8/1.3)
- CB2 = Balok Melintang (0.8/1.3)
- PC1 = Pile Cap (1.6 m x 1.6 m x 0.65 m)
- PC2 = Pile Cap (2.0 m x 2.0 m x 0.45 m)
- PC3 = Pile Cap (1.6 m x 2.5 m x 0.65)

Satuan Gambar dalam m

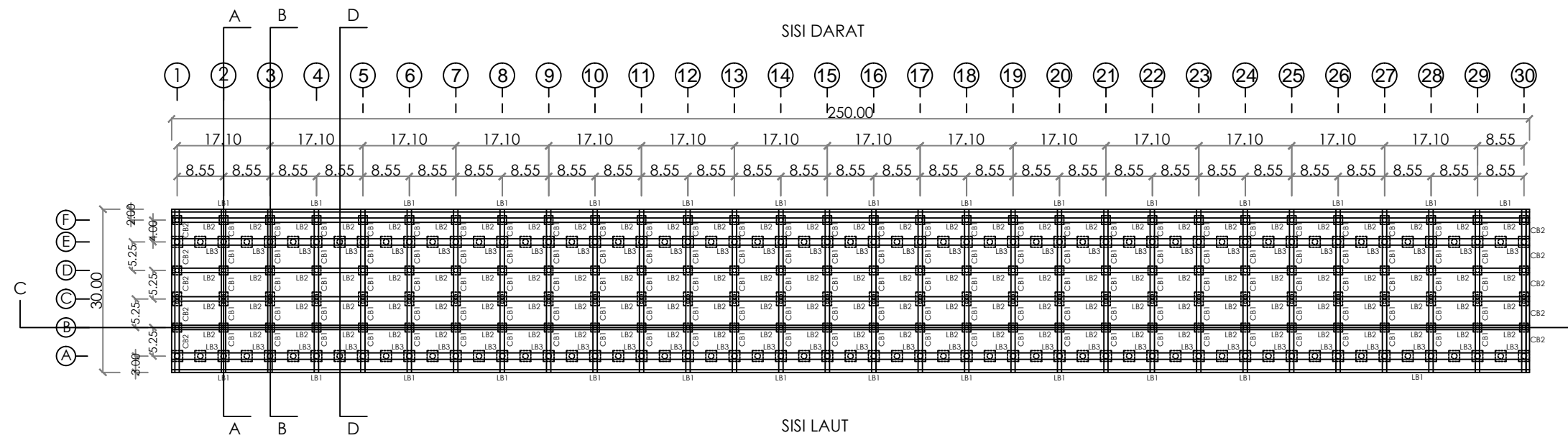
NAMA GAMBAR

DENAH BALOK DAN PILE CAP
 1 : 100

No.Gambar	Jumlah Gambar
2	27

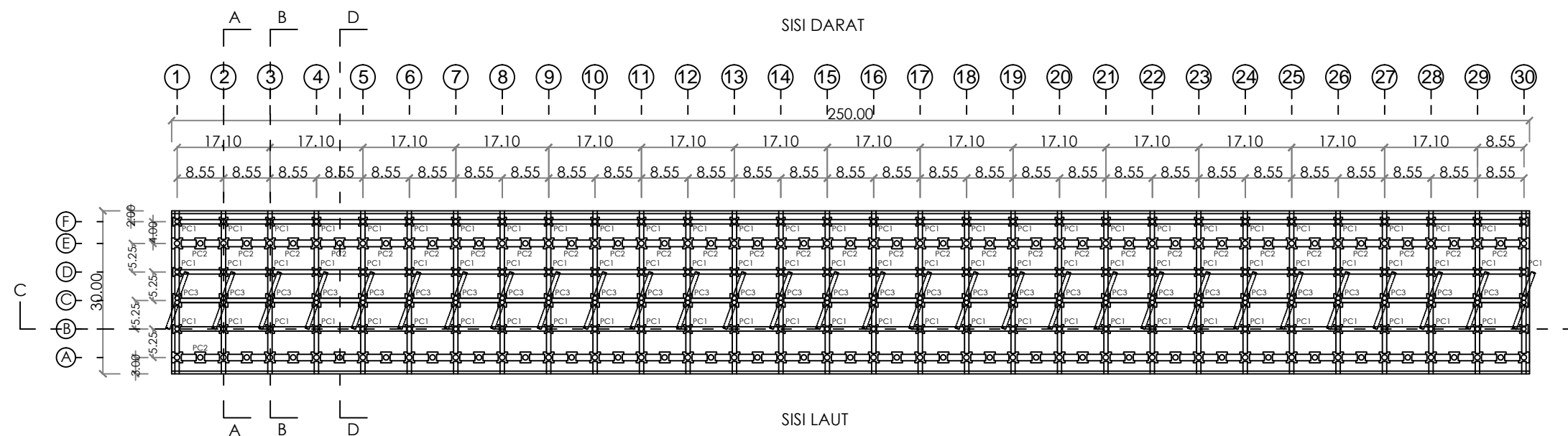
2

27



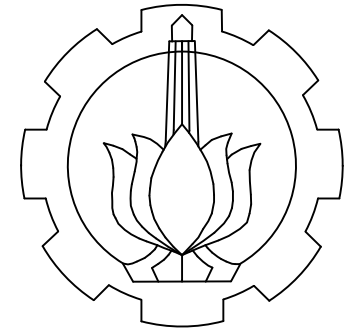
DENAH BALOK JETTY

Skala 1: 100



DENAH PILE CAP JETTY

Skala 1: 100



DIV TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA
 2018

JUDUL

EVALUASI DAN PERKUATAN STRUKTUR
 DERMAGA TELUK LAMONG AKIBAT
 PENINGKATAN BOBOT KAPAL

DOSEN PEMBIMBING

R. BUYUNG ANUGRAHA, ST.,MT
 19740203 200212 1 002

MAHASISWA

RARAS ARI KUSUMANINGTYAS
 10111510000068

KETERANGAN

S1 = 4350 mm x 2613 mm
 S2 = 4550 mm x 2613 mm
 S3 = 3100 mm x 2613 mm

Satuan Gambar dalam m

NAMA GAMBAR

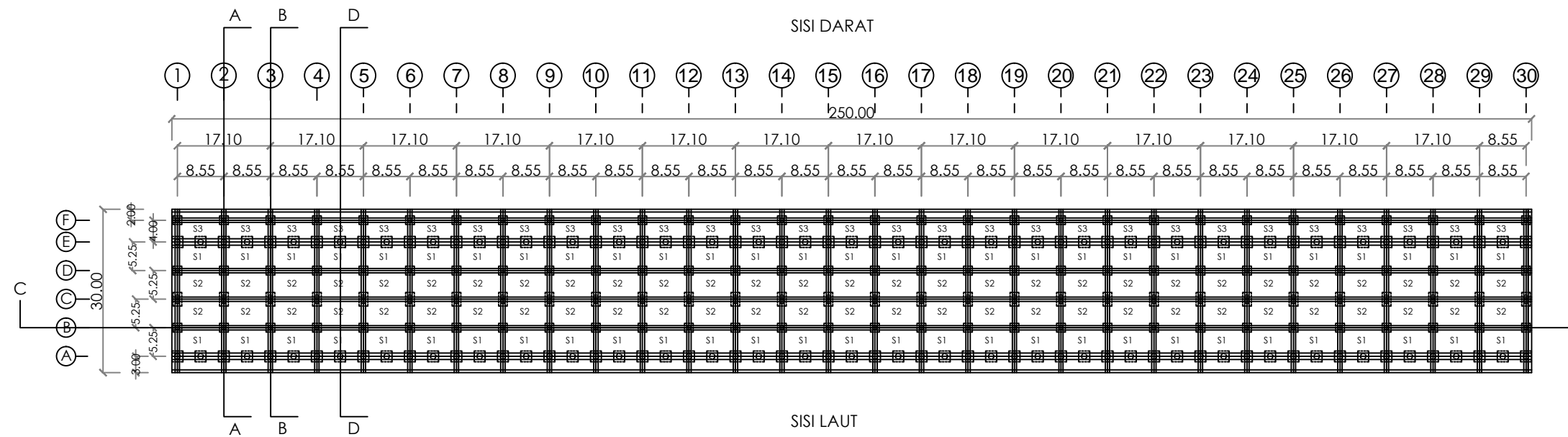
DENAH PELAT LANTAI DAN
 POTONGAN C-C
 1 : 100

No.Gambar

Jumlah Gambar

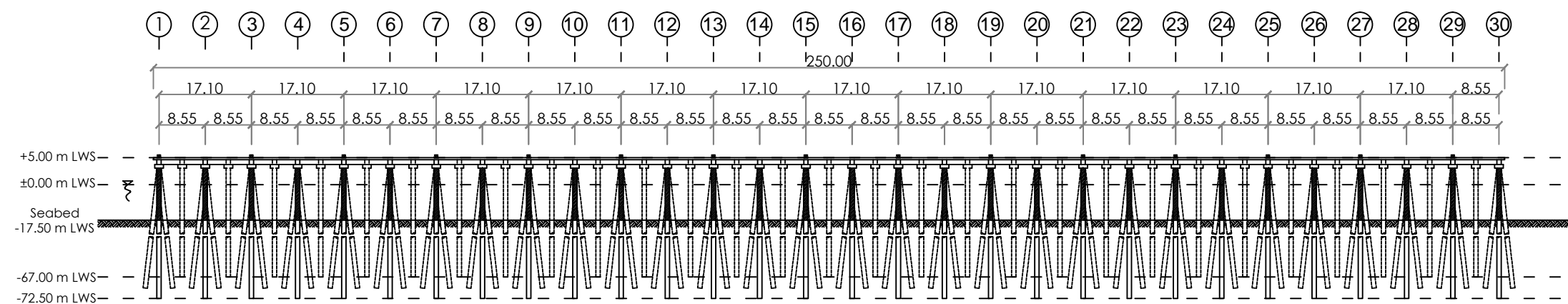
3

27



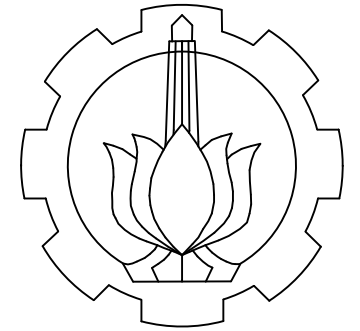
DENAH PELAT LANTAI JETTY

Skala 1: 100



POTONGAN C-C

Skala 1: 100



DIV TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA
 2018

JUDUL

EVALUASI DAN PERKUATAN STRUKTUR
 DERMAGA TELUK LAMONG AKIBAT
 PENINGKATAN BOBOT KAPAL

DOSEN PEMBIMBING

R. BUYUNG ANUGRAHA, ST.,MT
 19740203 200212 1 002

MAHASISWA

RARAS ARI KUSUMANINGTYAS
 10111510000068

KETERANGAN

Satuan Gambar dalam m

NAMA GAMBAR

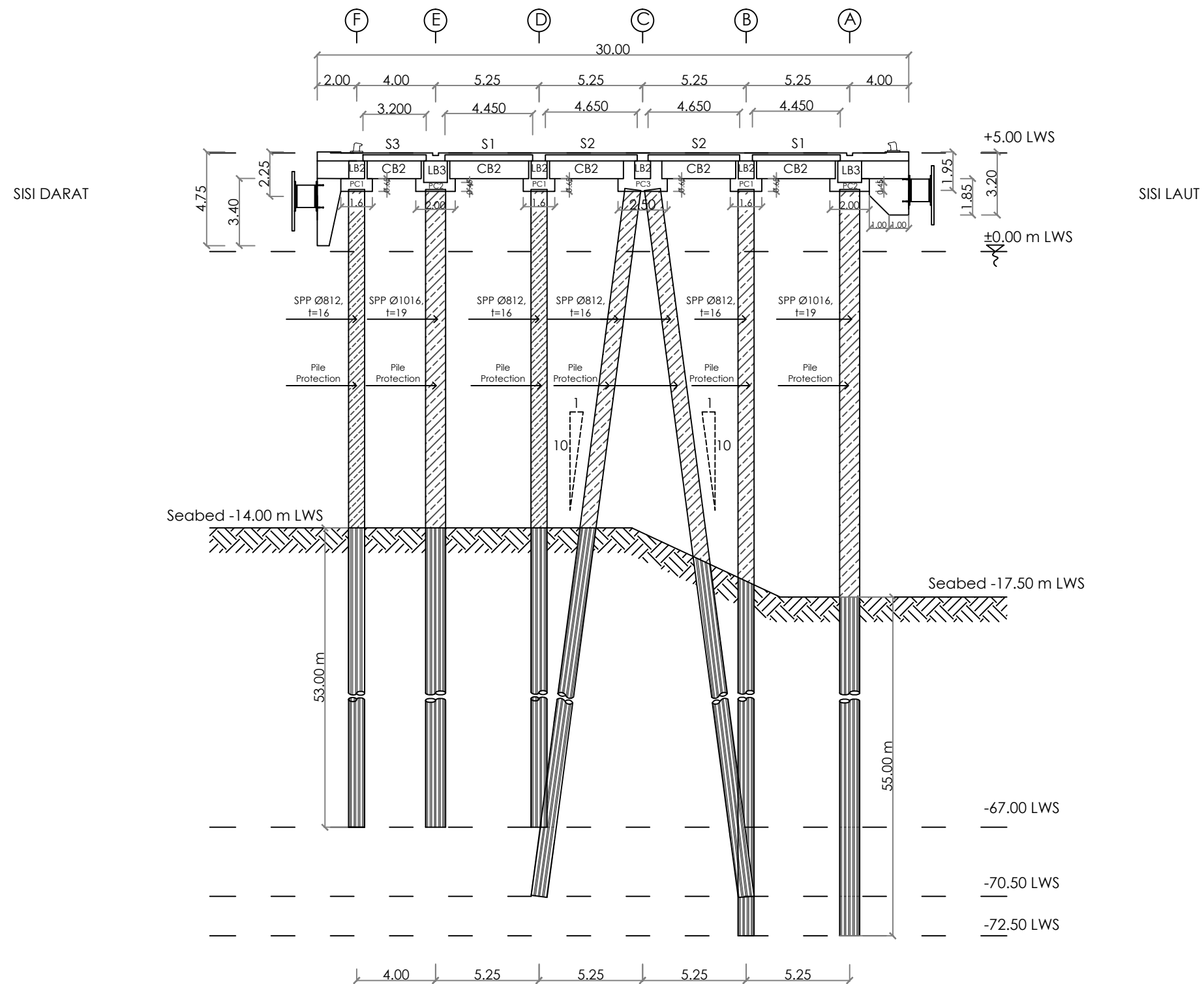
POTONGAN A-A
 1 : 25

No.Gambar

Jumlah Gambar

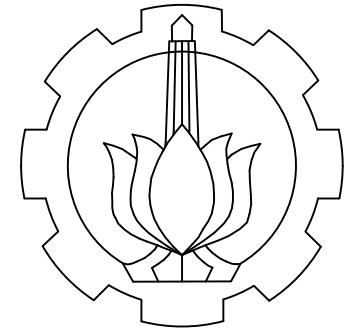
4

27



POTONGAN A-A

Skala 1: 25



DIV TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA
 2018

JUDUL

EVALUASI DAN PERKUATAN STRUKTUR
 DERMAGA TELUK LAMONG AKIBAT
 PENINGKATAN BOBOT KAPAL

DOSEN PEMBIMBING

R. BUYUNG ANUGRAHA, ST.,MT
 19740203 200212 1 002

MAHASISWA

RARAS ARI KUSUMANINGTYAS
 10111510000068

KETERANGAN

Satuan Gambar dalam m

NAMA GAMBAR

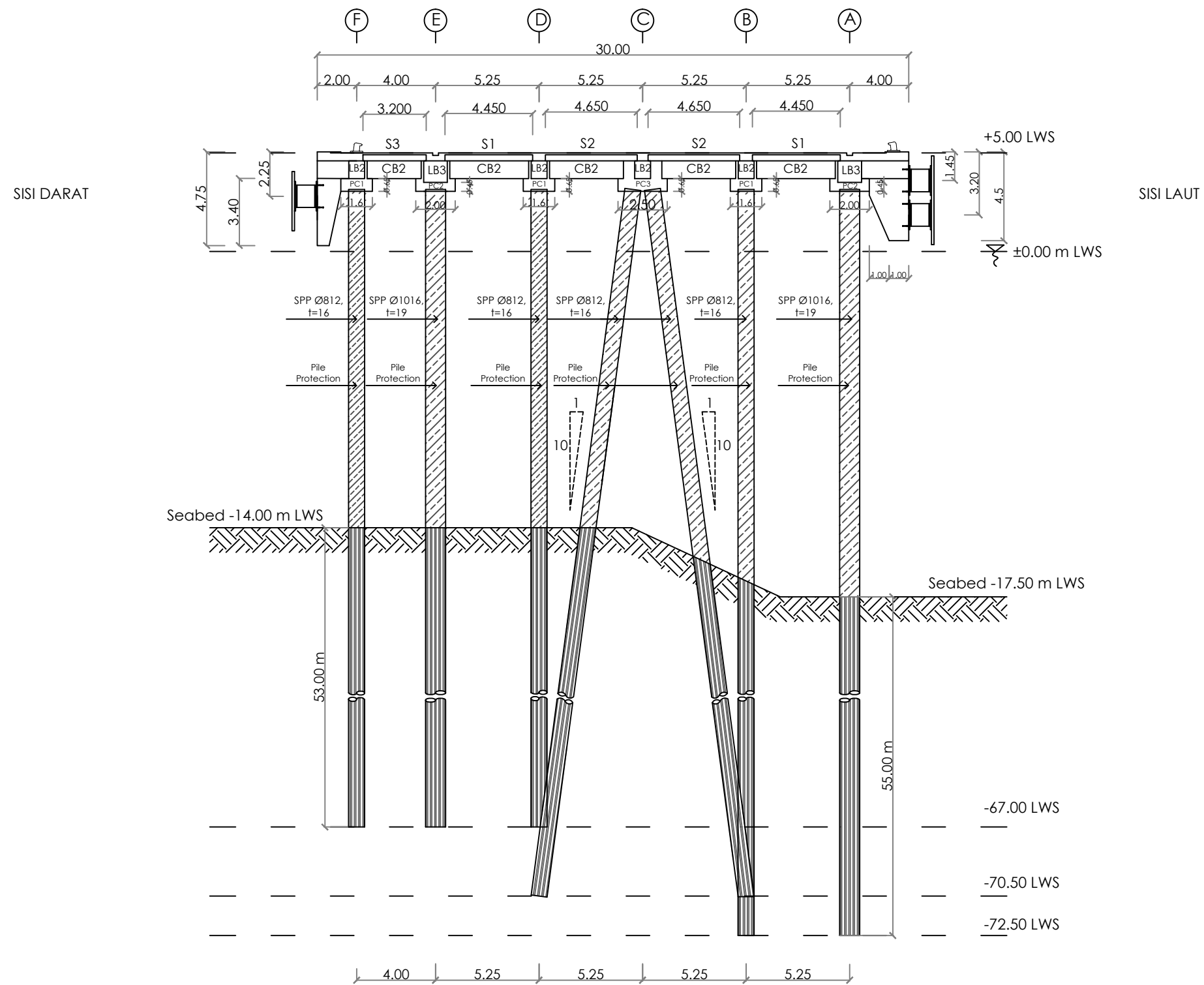
POTONGAN B-B
 1 : 25

No.Gambar

Jumlah Gambar

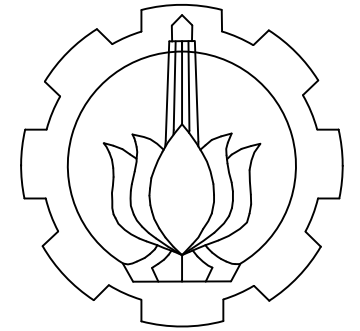
5

27



POTONGAN B-B

Skala 1: 25



DIV TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA
 2018

JUDUL

EVALUASI DAN PERKUATAN STRUKTUR
 DERMAGA TELUK LAMONG AKIBAT
 PENINGKATAN BOBOT KAPAL

DOSEN PEMBIMBING

R. BUYUNG ANUGRAHA, ST.,MT
 19740203 200212 1 002

MAHASISWA

RARAS ARI KUSUMANINGTYAS
 10111510000068

KETERANGAN

Satuan Gambar dalam m

NAMA GAMBAR

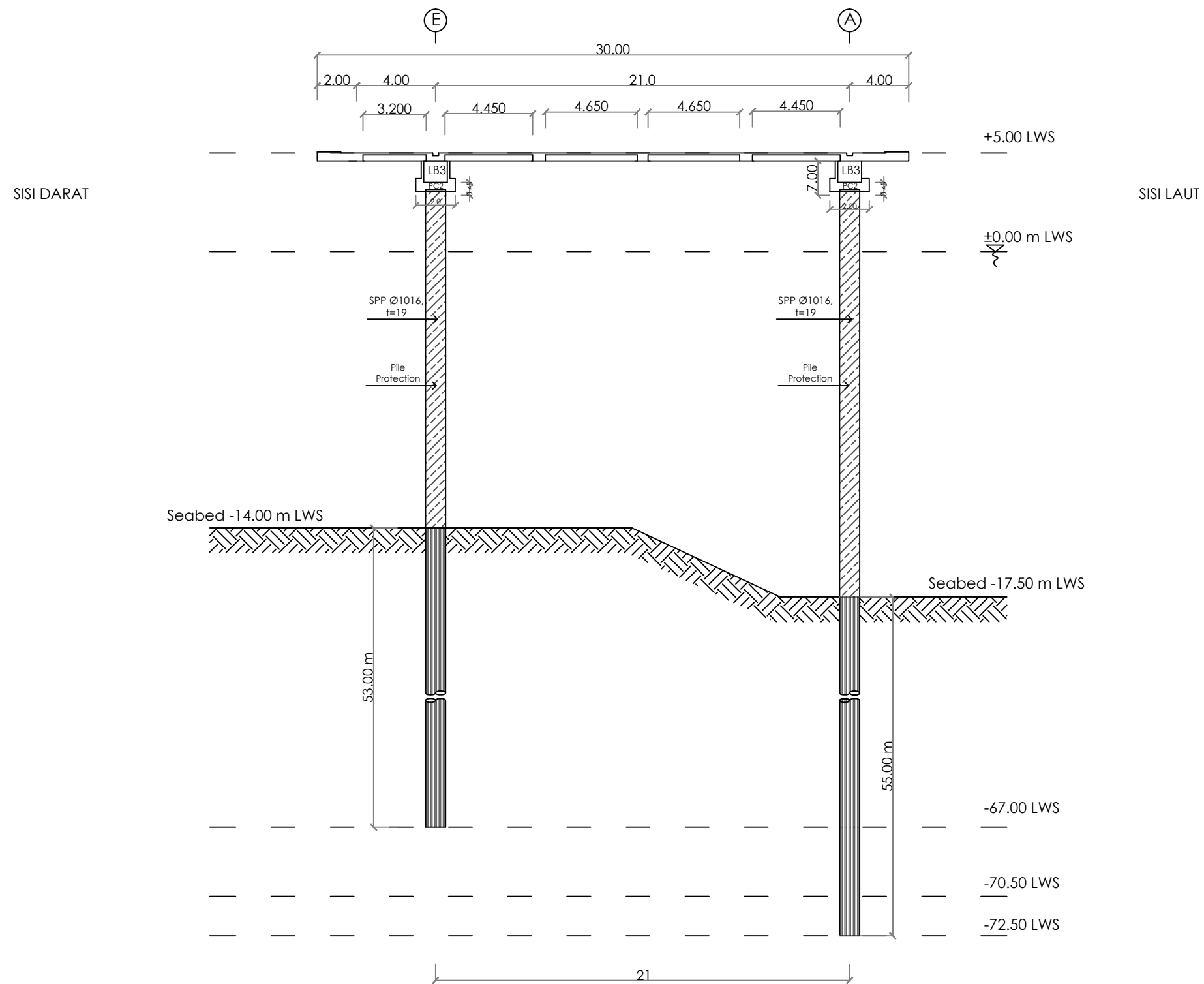
POTONGAN D-D
 1 : 25

No.Gambar

Jumlah Gambar

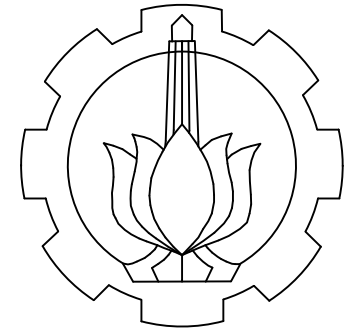
6

27



POTONGAN D-D

Skala 1: 25



DIV TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA
 2018

JUDUL

EVALUASI DAN PERKUATAN STRUKTUR
 DERMAGA TELUK LAMONG AKIBAT
 PENINGKATAN BOBOT KAPAL

DOSEN PEMBIMBING

R. BUYUNG ANUGRAHA, ST.,MT
 19740203 200212 1 002

MAHASISWA

RARAS ARI KUSUMANINGTYAS
 1011151000068

KETERANGAN

Satuan Gambar dalam mm

NAMA GAMBAR

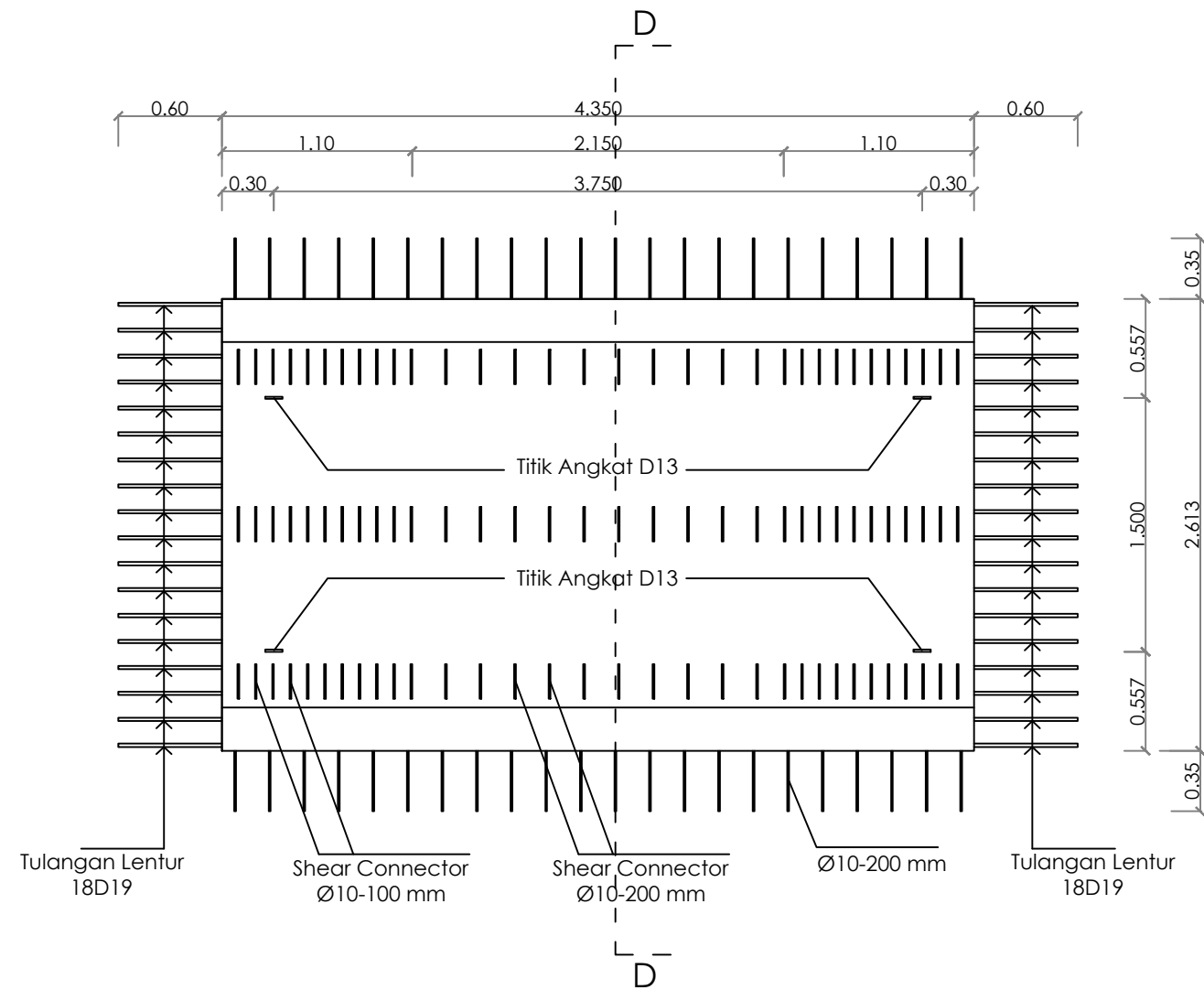
DETAIL PELAT LANTAI S1

No.Gambar

Jumlah Gambar

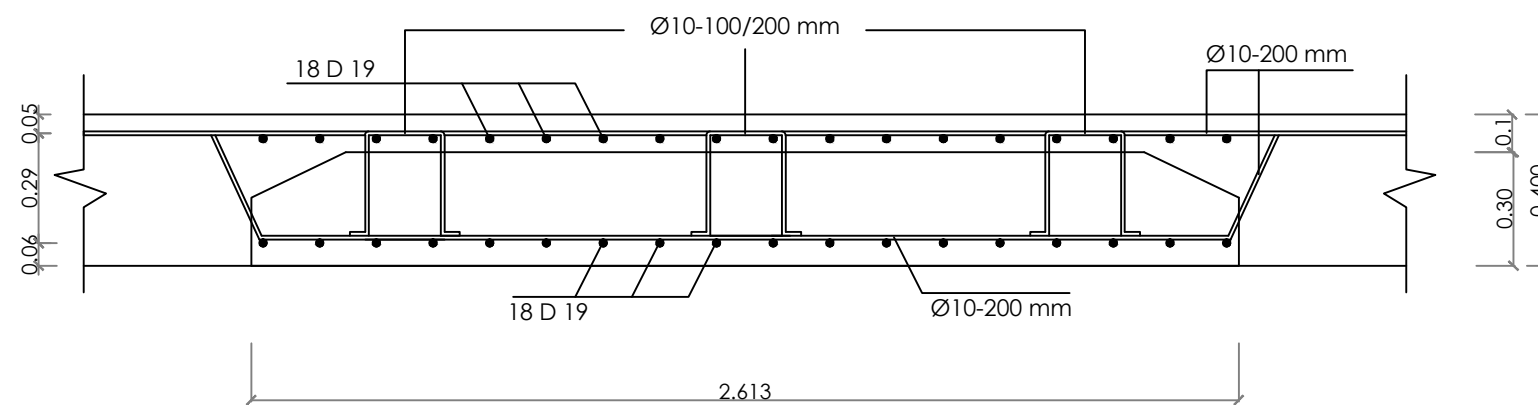
7

27



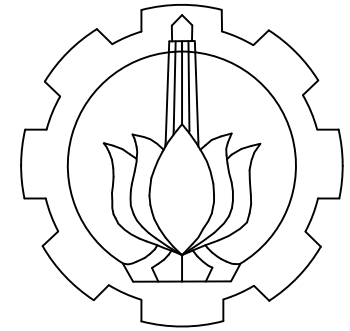
DETAIL PELAT LANTAI S1

Skala 1: 4



POTONGAN D-D

Skala 1: 2



DIV TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA
 2018

JUDUL

EVALUASI DAN PERKUATAN STRUKTUR
 DERMAGA TELUK LAMONG AKIBAT
 PENINGKATAN BOBOT KAPAL

DOSEN PEMBIMBING

R. BUYUNG ANUGRAHA, ST.,MT
 19740203 200212 1 002

MAHASISWA

RARAS ARI KUSUMANINGTYAS
 10111510000068

KETERANGAN

Satuan Gambar dalam mm

NAMA GAMBAR

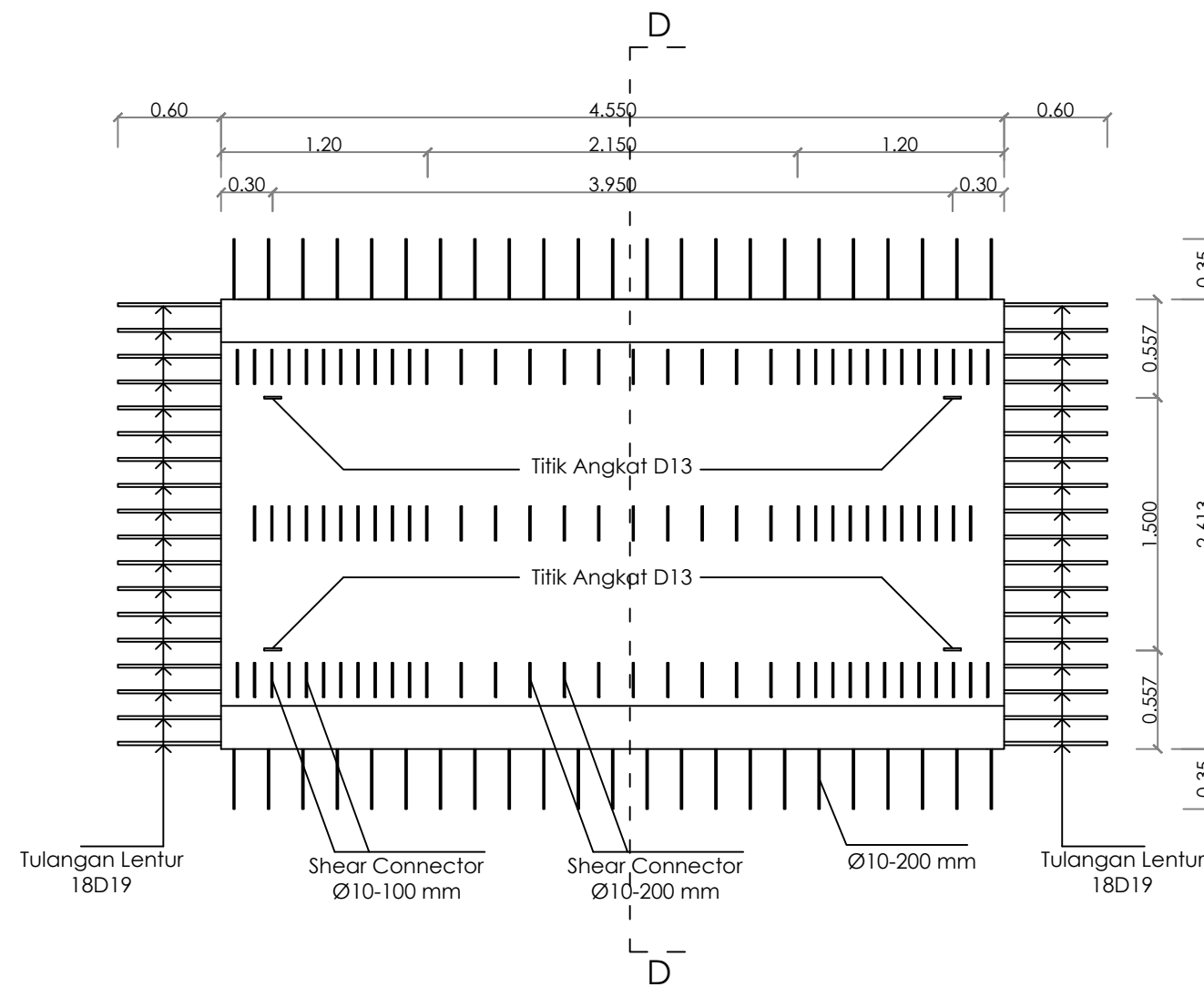
DETAIL PELAT LANTAI S2

No.Gambar

Jumlah Gambar

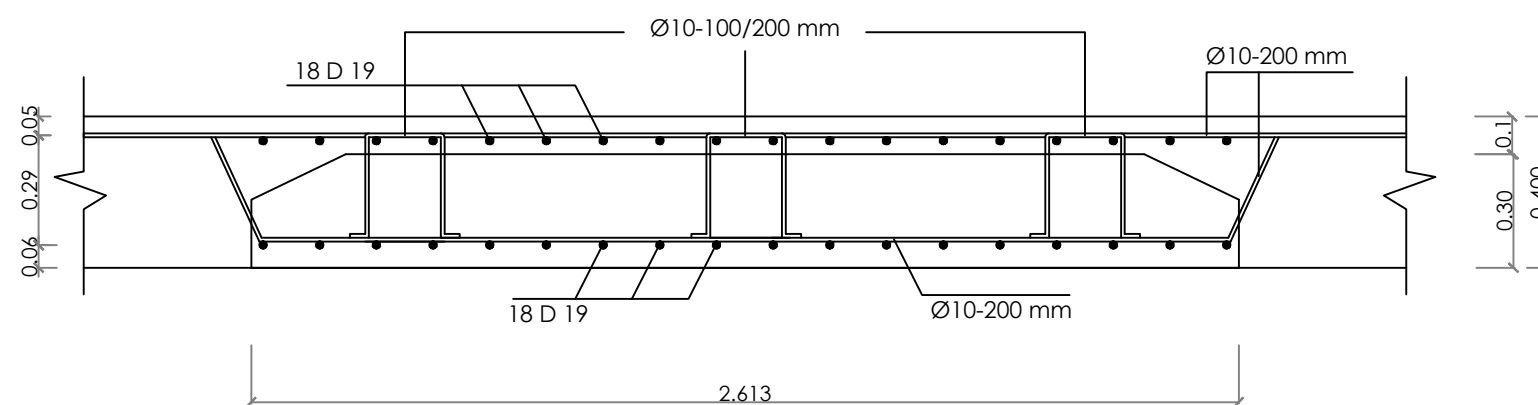
8

27



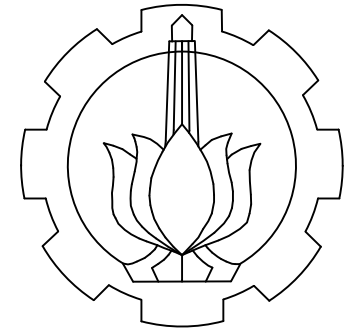
DETAIL PELAT LANTAI S2

Skala 1: 4



POTONGAN D-D

Skala 1: 2



DIV TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA
 2018

JUDUL

EVALUASI DAN PERKUATAN STRUKTUR
 DERMAGA TELUK LAMONG AKIBAT
 PENINGKATAN BOBOT KAPAL

DOSEN PEMBIMBING

R. BUYUNG ANUGRAHA, ST.,MT
 19740203 200212 1 002

MAHASISWA

RARAS ARI KUSUMANINGTYAS
 10111510000068

KETERANGAN

Satuan Gambar dalam mm

NAMA GAMBAR

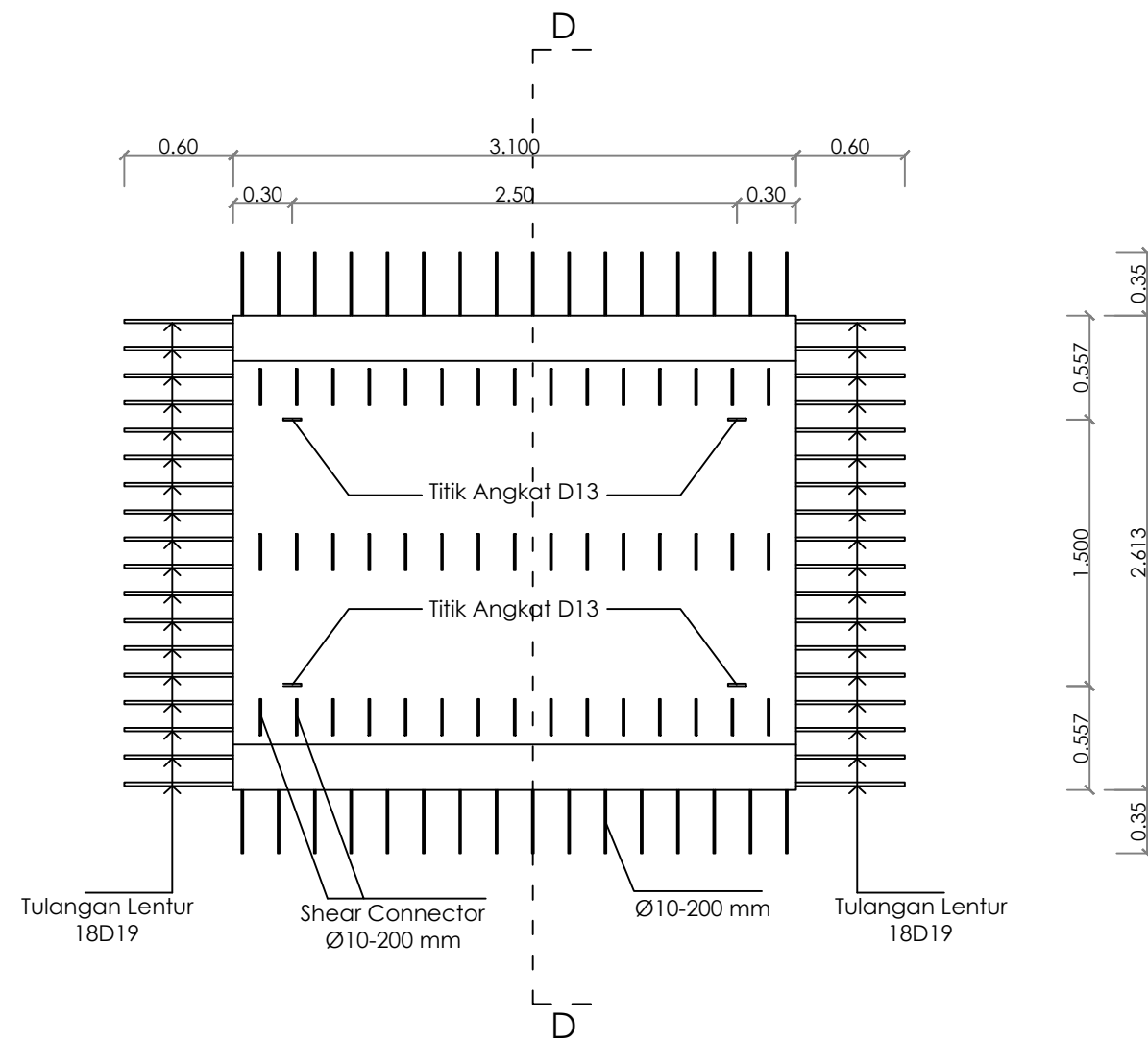
DETAIL PELAT LANTAI S3

No.Gambar

Jumlah Gambar

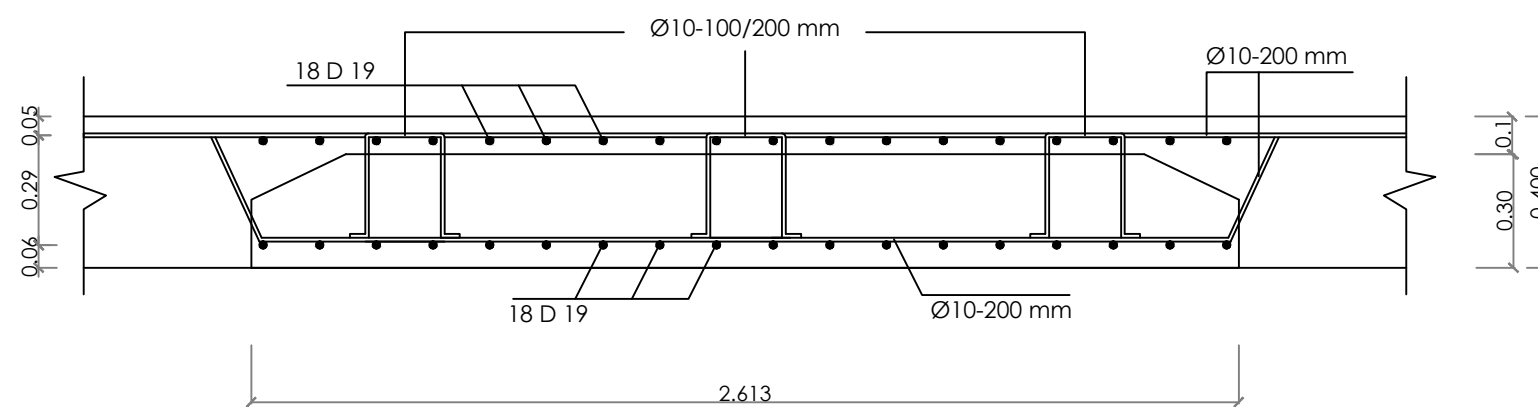
9

27



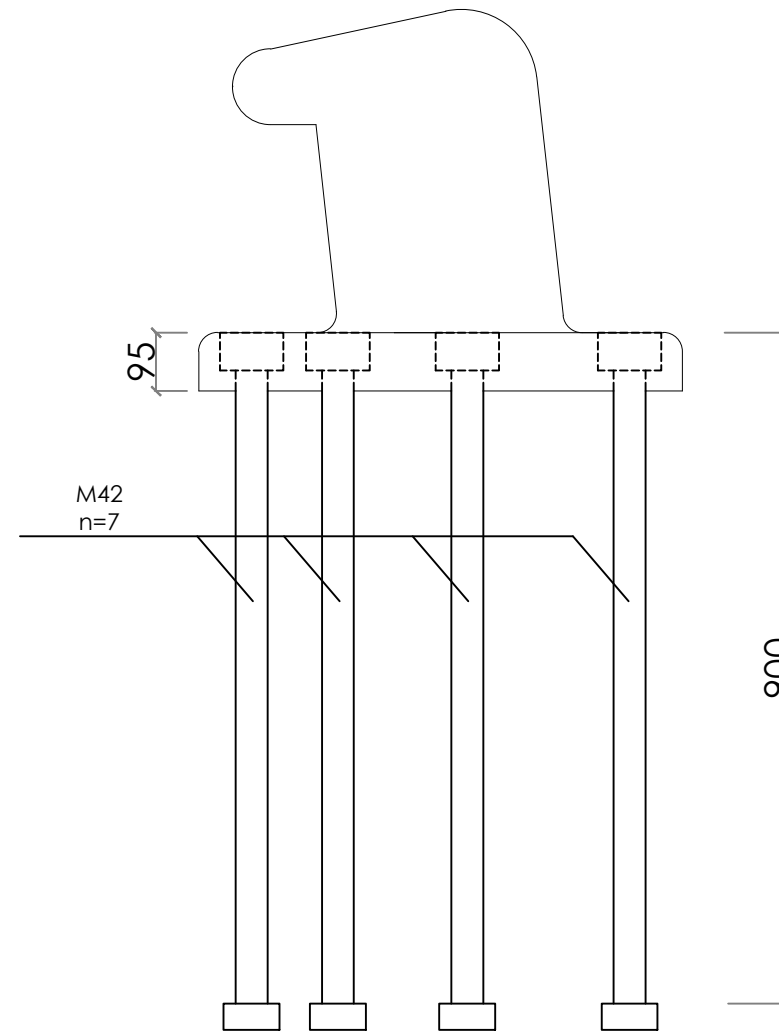
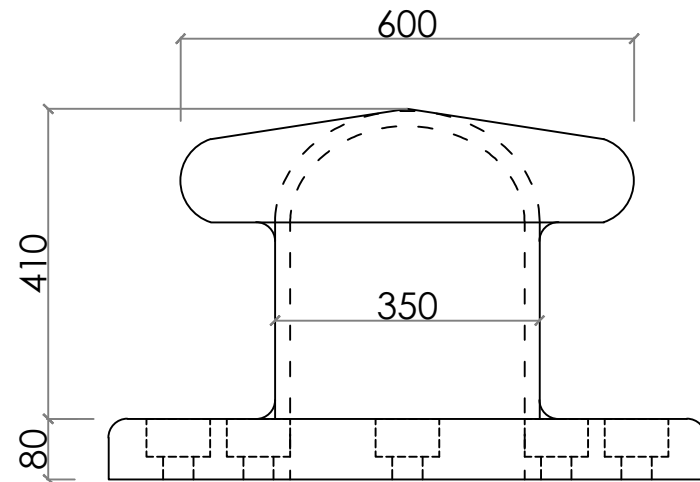
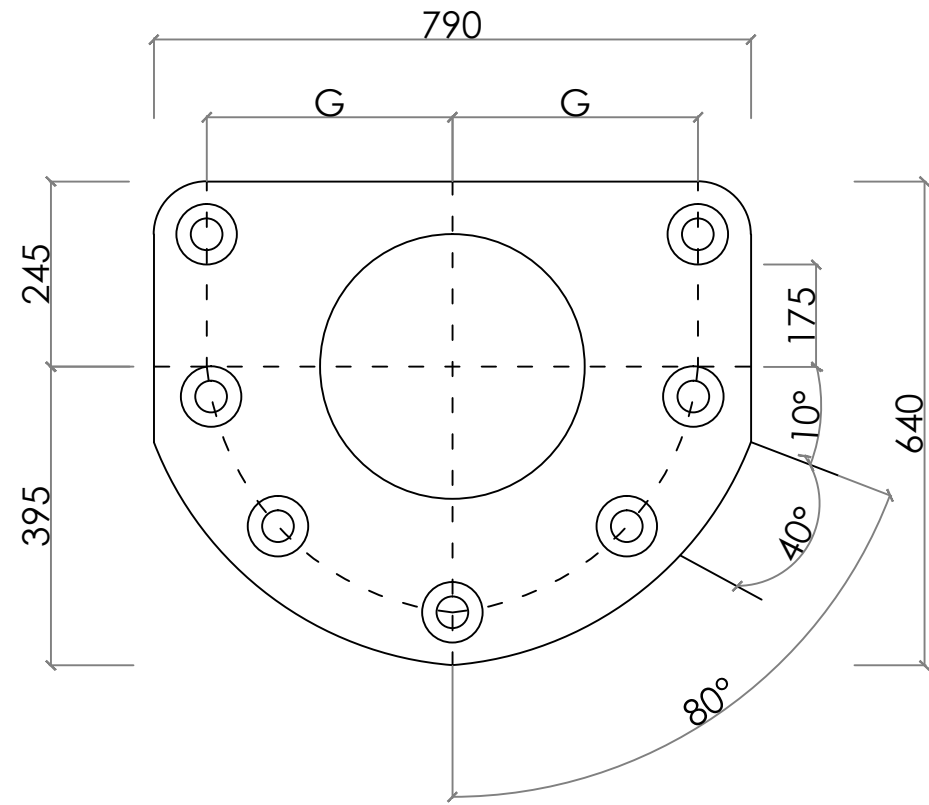
DETAIL PELAT LANTAI S3

Skala 1: 4



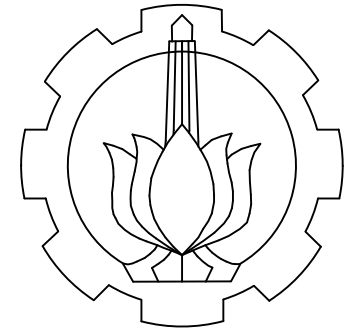
POTONGAN D-D

Skala 1: 2



DETAIL BOLLARD SISI DARAT

Skala 1: 1



DIV TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA
 2018

JUDUL

EVALUASI DAN PERKUATAN STRUKTUR
 DERMAGA TELUK LAMONG AKIBAT
 PENINGKATAN BOBOT KAPAL

DOSEN PEMBIMBING

R. BUYUNG ANUGRAHA, ST.,MT
 19740203 200212 1 002

MAHASISWA

RARAS ARI KUSUMANINGTYAS
 10111510000068

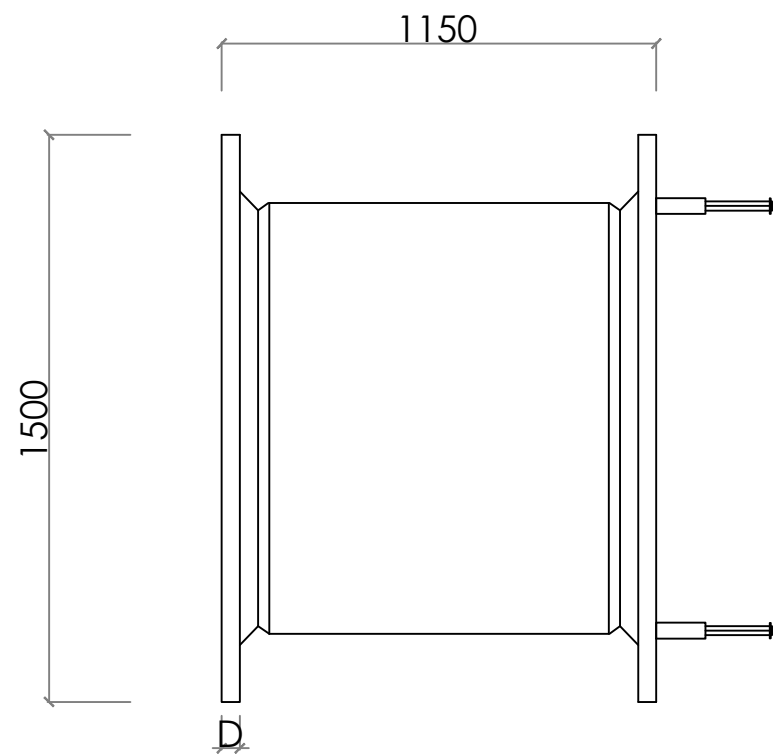
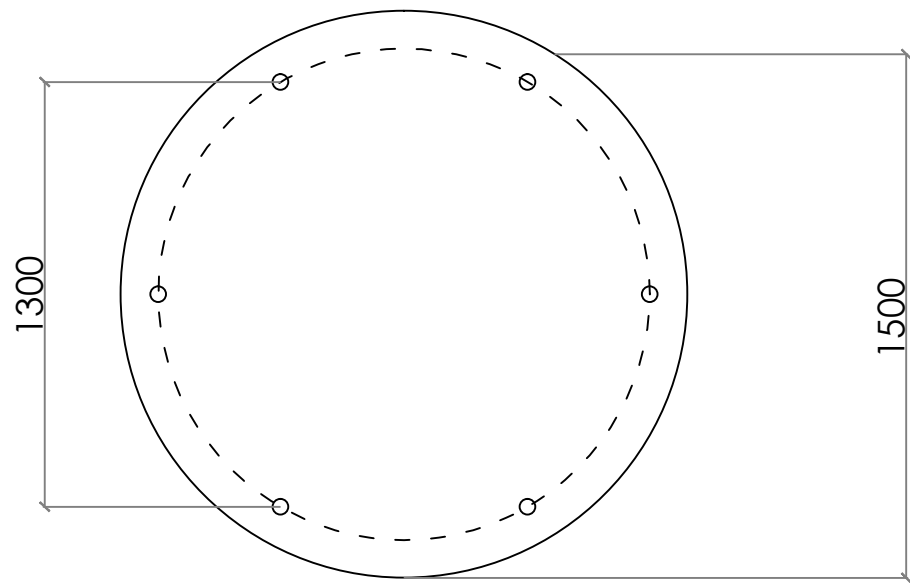
KETERANGAN

Satuan Gambar dalam mm

NAMA GAMBAR

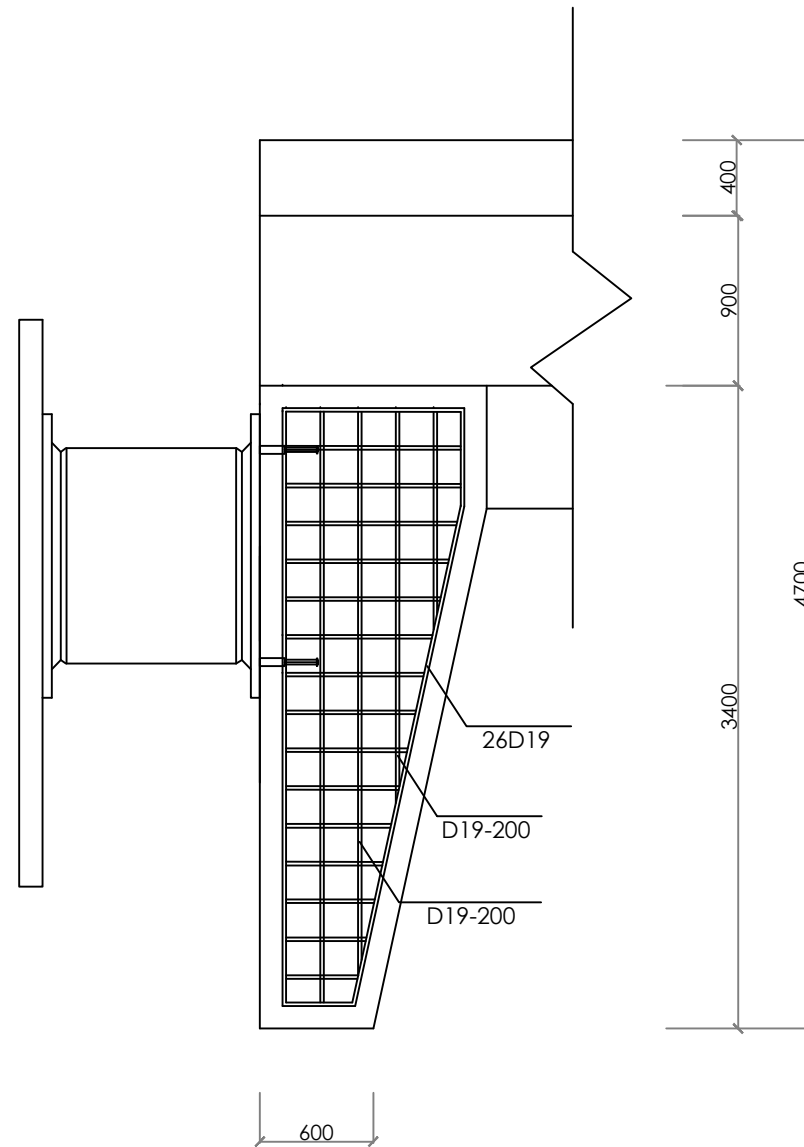
DETAIL BOLLARD
 1 : 10

No.Gambar	Jumlah Gambar
10	27



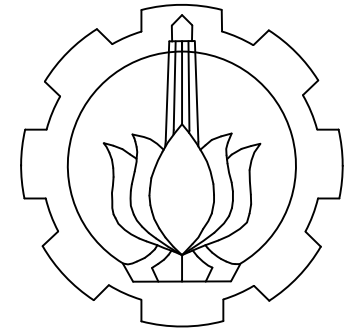
DETAIL FENDER SISI DARAT

Skala 1: 2



DETAIL PENULANGAN BALOK FENDER SISI DARAT

Skala 1: 4



DIV TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA
 2018

JUDUL

EVALUASI DAN PERKUATAN STRUKTUR
 DERMAGA TELUK LAMONG AKIBAT
 PENINGKATAN BOBOT KAPAL

DOSEN PEMBIMBING

R. BUYUNG ANUGRAHA, ST.,MT
 19740203 200212 1 002

MAHASISWA

RARAS ARI KUSUMANINGTYAS
 10111510000068

KETERANGAN

Satuan Gambar dalam mm

NAMA GAMBAR

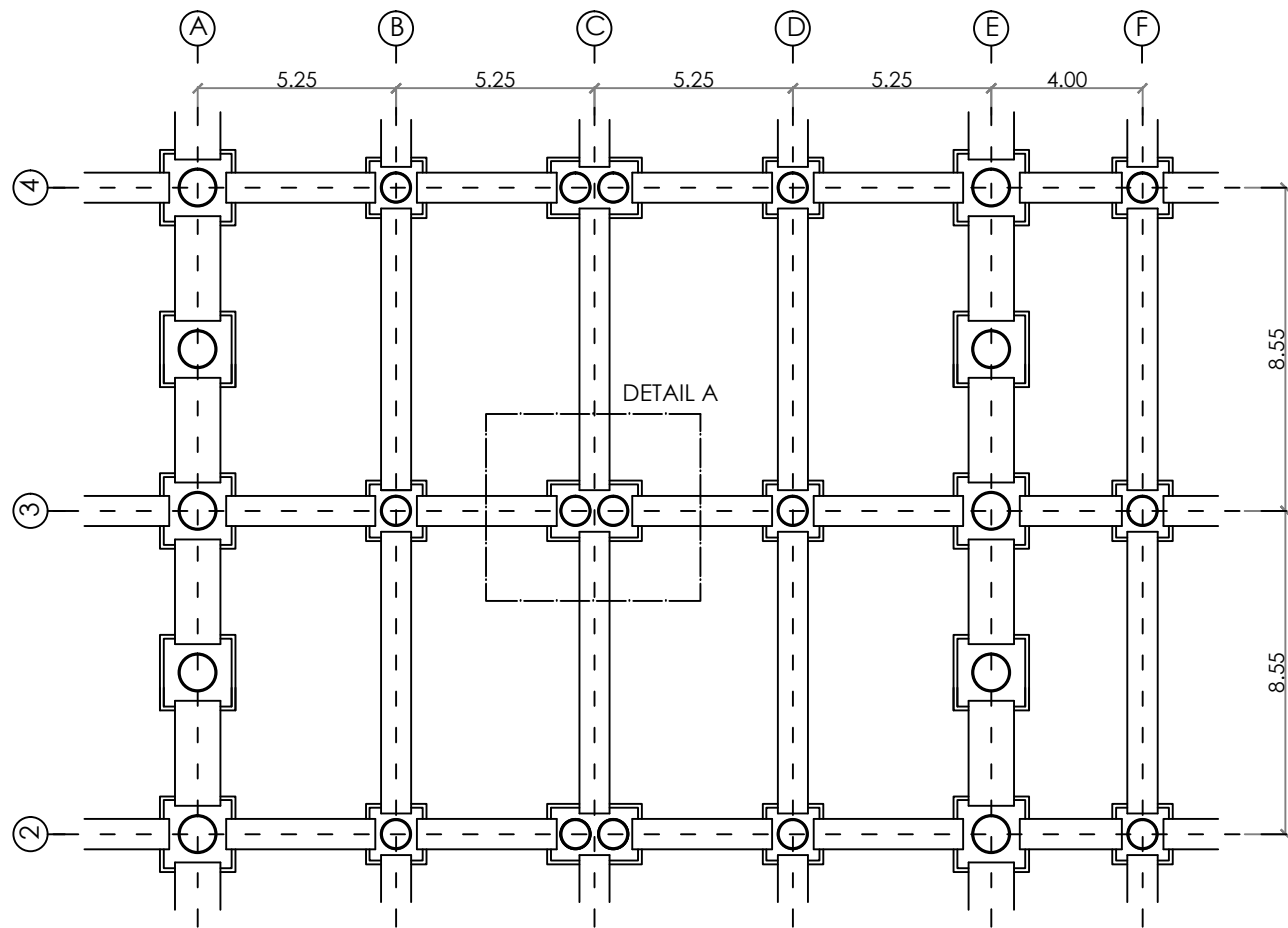
DETAIL FENDER

No.Gambar

Jumlah Gambar

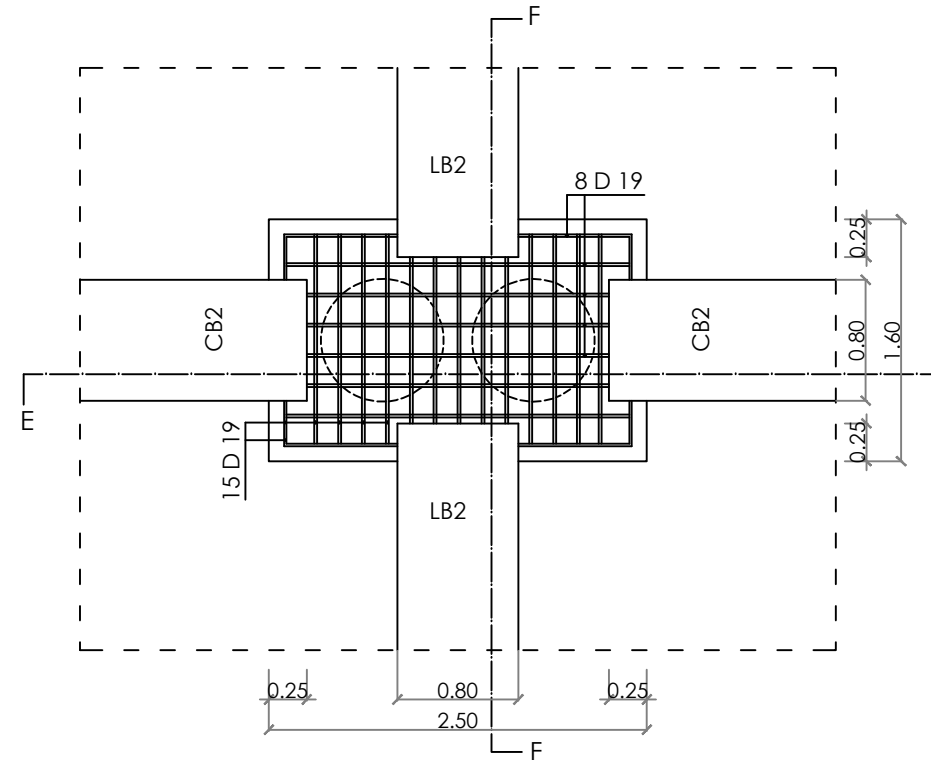
11

27



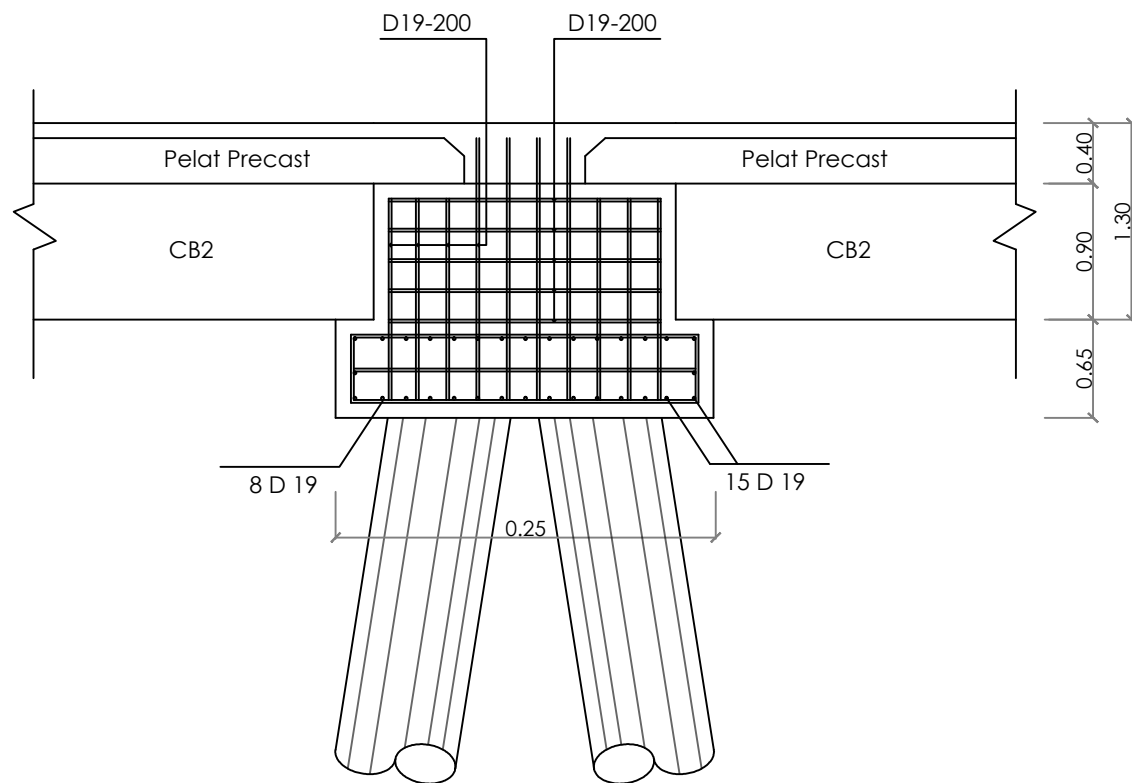
DENAH PILE CAP

Skala 1: 20



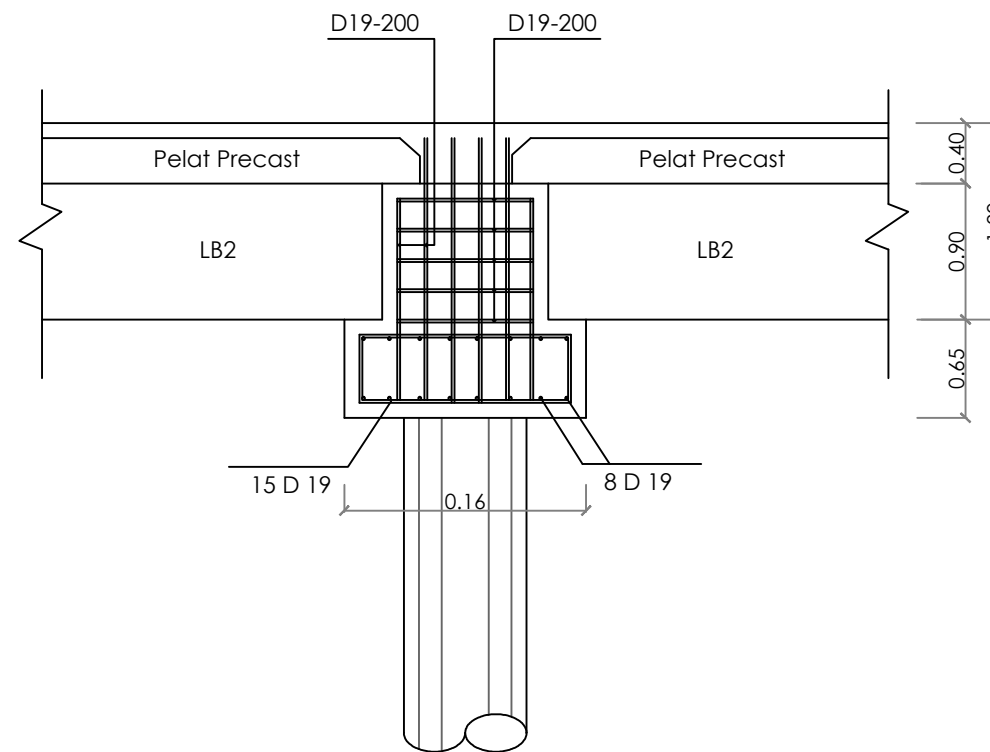
DETAIL PILE CAP A

Skala 1: 5



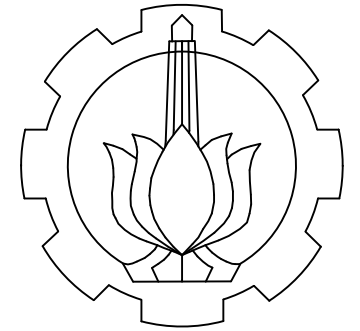
POTONGAN E-E

Skala 1: 5



POTONGAN F-F

Skala 1: 5



DIV TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018

JUDUL

EVALUASI DAN PERKUATAN STRUKTUR
DERMAGA TELUK LAMONG AKIBAT
PENINGKATAN BOBOT KAPAL

DOSEN PEMBIMBING

R. BUYUNG ANUGRAHA, ST.,MT
19740203 200212 1 002

MAHASISWA

RARAS ARI KUSUMANINGTYAS
10111510000068

KETERANGAN

Satuan Gambar dalam m

NAMA GAMBAR

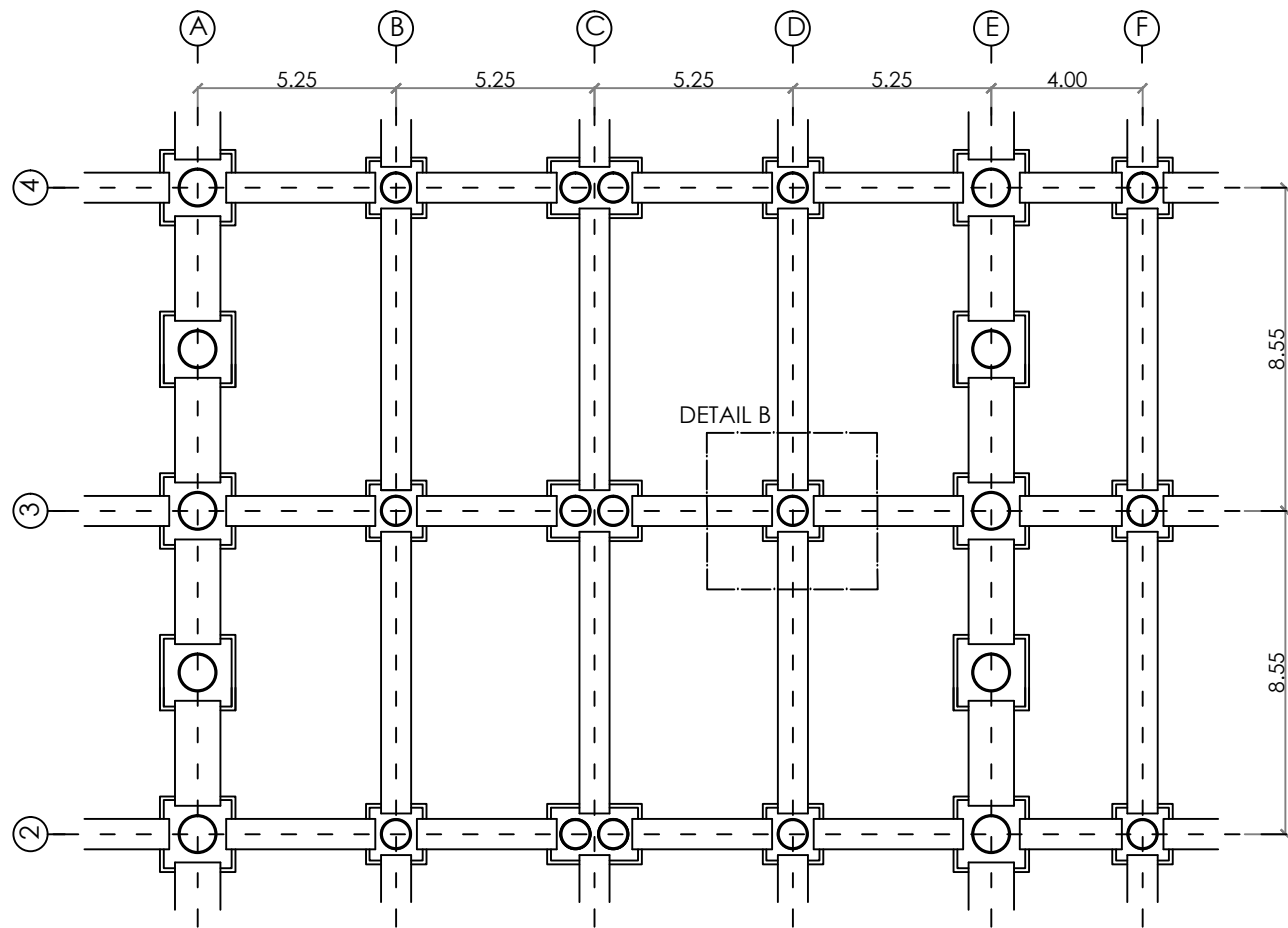
DETAIL PILE CAP 3

No.Gambar

Jumlah Gambar

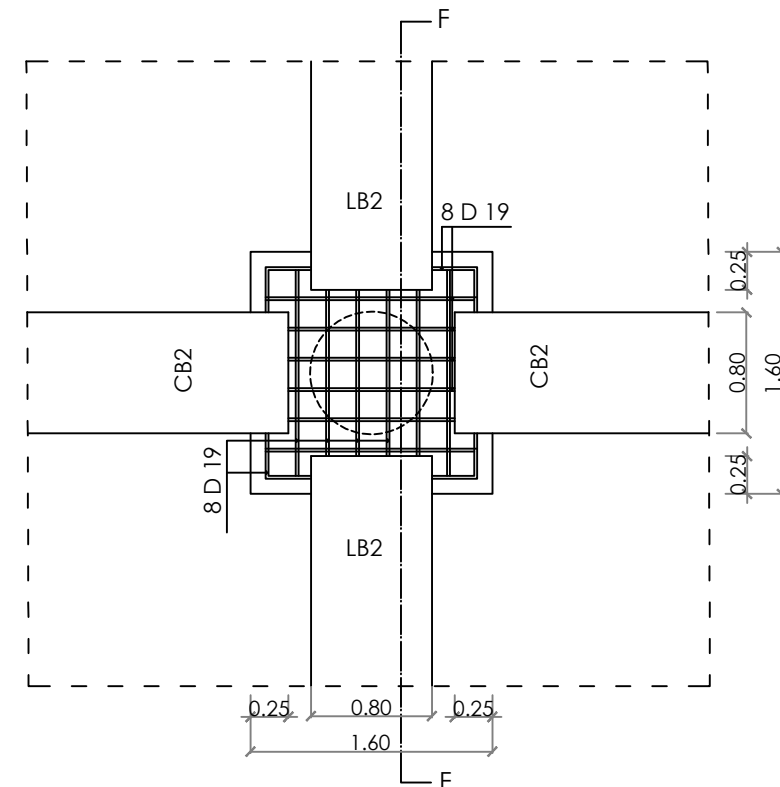
12

27



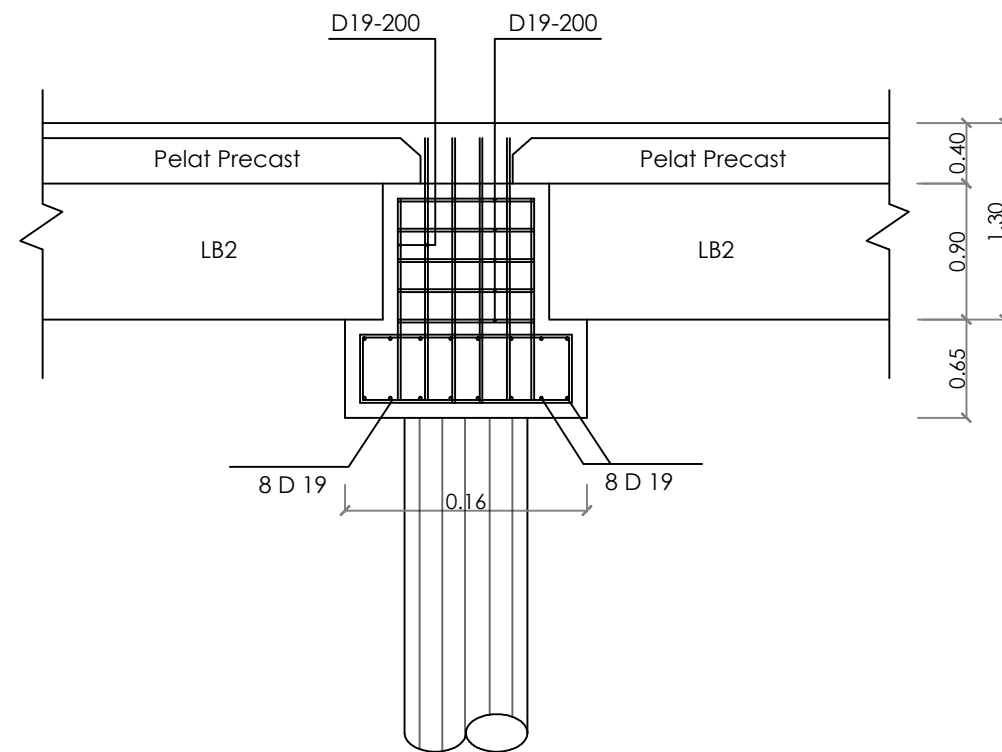
DENAH PILE CAP

Skala 1: 20



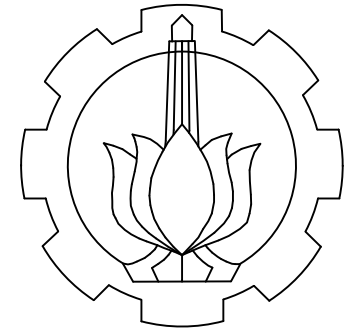
DETAIL PILE CAP B

Skala 1: 5



POTONGAN F-F

Skala 1: 5



DIV TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA
 2018

JUDUL

EVALUASI DAN PERKUATAN STRUKTUR
 DERMAGA TELUK LAMONG AKIBAT
 PENINGKATAN BOBOT KAPAL

DOSEN PEMBIMBING

R. BUYUNG ANUGRAHA, ST.,MT
 19740203 200212 1 002

MAHASISWA

RARAS ARI KUSUMANINGTYAS
 10111510000068

KETERANGAN

Satuan Gambar dalam m

NAMA GAMBAR

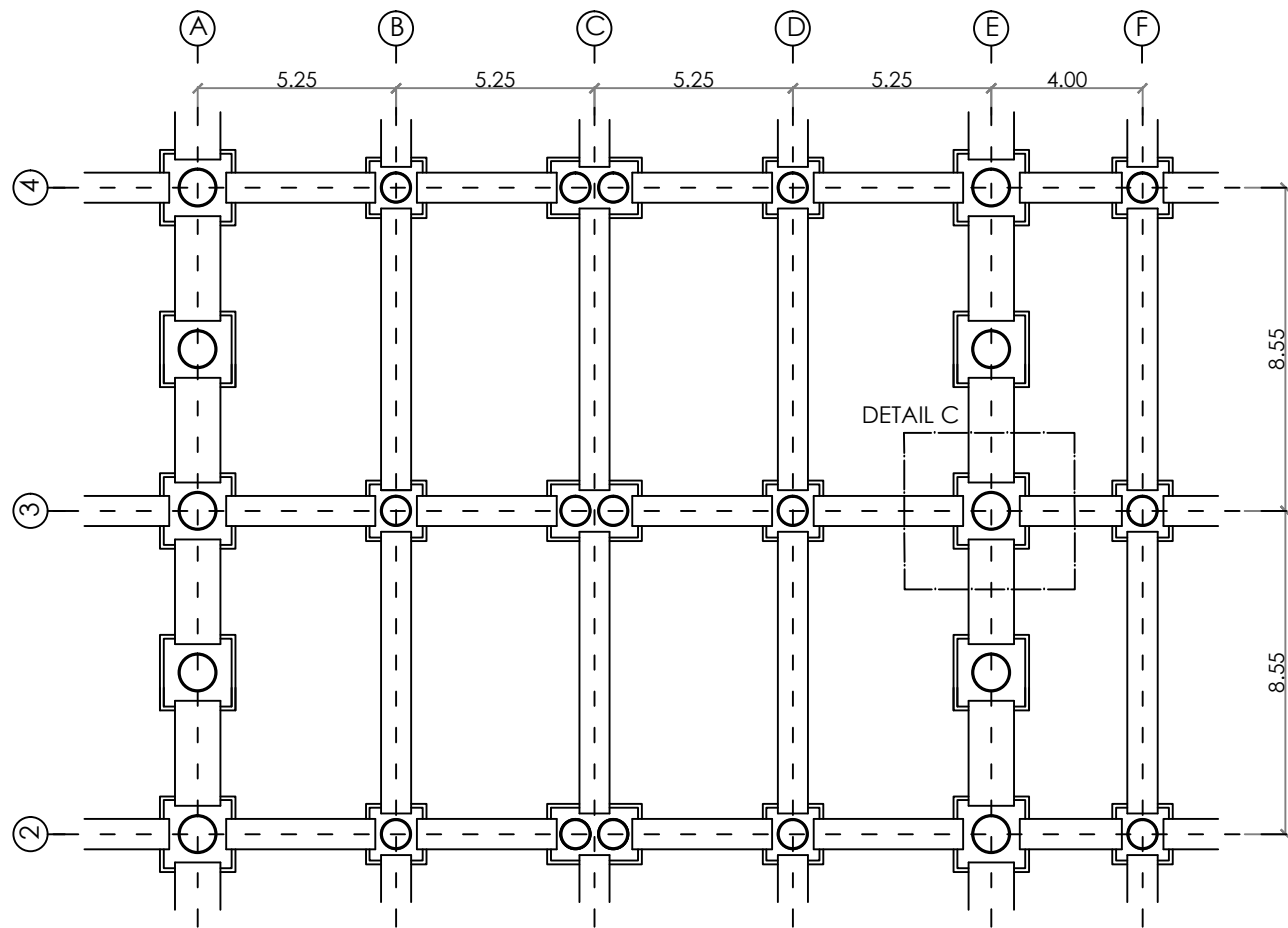
DETAIL PILE CAP 1

No.Gambar

Jumlah Gambar

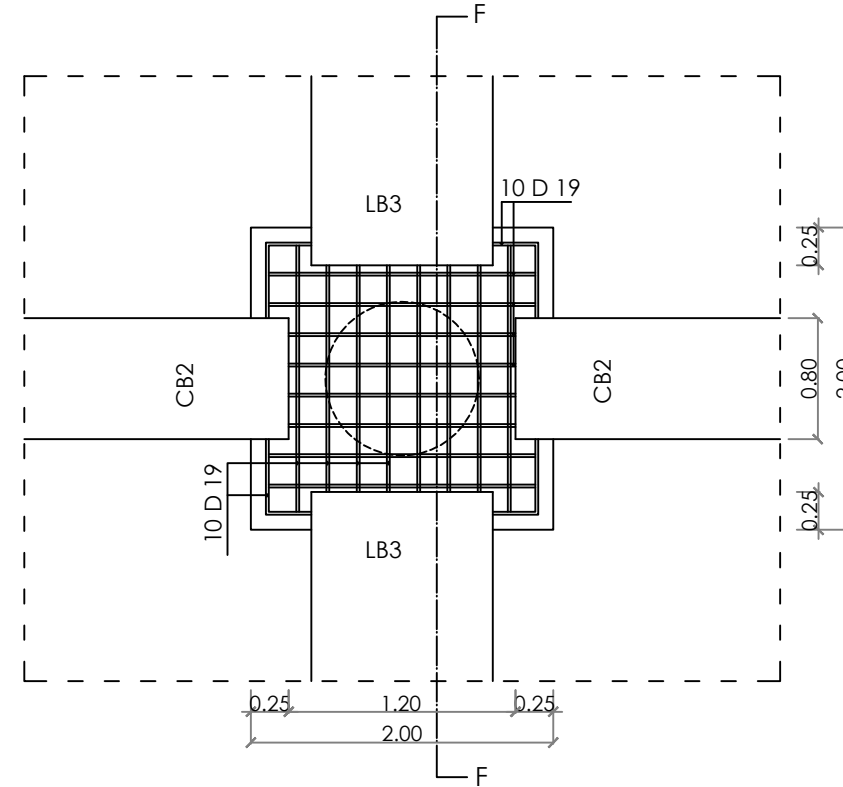
13

27



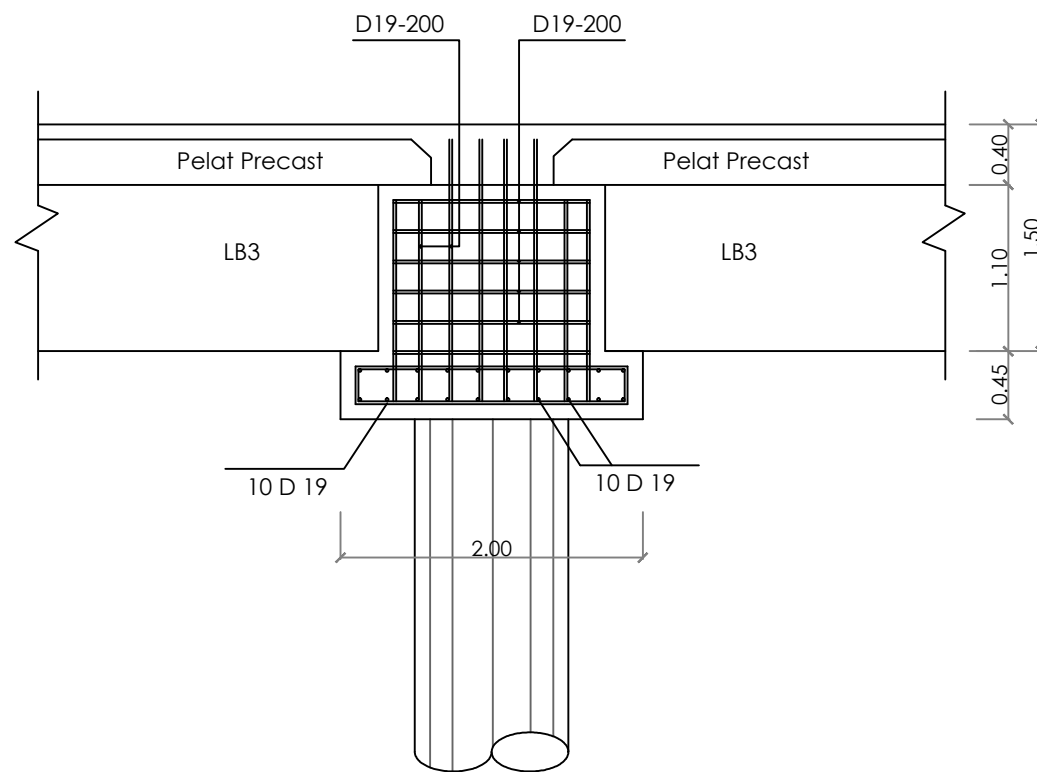
DENAH PILE CAP

Skala 1: 20



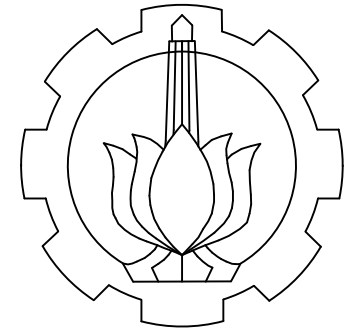
DETAIL PILE CAP C

Skala 1: 5



POTONGAN F-F

Skala 1: 5



DIV TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA
 2018

JUDUL

EVALUASI DAN PERKUATAN STRUKTUR
 DERMAGA TELUK LAMONG AKIBAT
 PENINGKATAN BOBOT KAPAL

DOSEN PEMBIMBING

R. BUYUNG ANUGRAHA, ST.,MT
 19740203 200212 1 002

MAHASISWA

RARAS ARI KUSUMANINGTYAS
 10111510000068

KETERANGAN

Satuan Gambar dalam m

NAMA GAMBAR

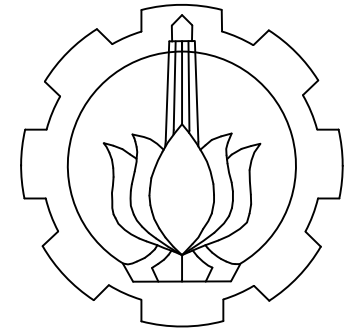
DETAIL PAILE CAP 2

No.Gambar

Jumlah Gambar

14

27



DIV TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA
 2018

JUDUL

EVALUASI DAN PERKUATAN STRUKTUR
 DERMAGA TELUK LAMONG AKIBAT
 PENINGKATAN BOBOT KAPAL

DOSEN PEMBIMBING

R. BUYUNG ANUGRAHA, ST.,MT
 19740203 200212 1 002

MAHASISWA

RARAS ARI KUSUMANINGTYAS
 10111510000068

KETERANGAN

Satuan Gambar dalam mm

NAMA GAMBAR

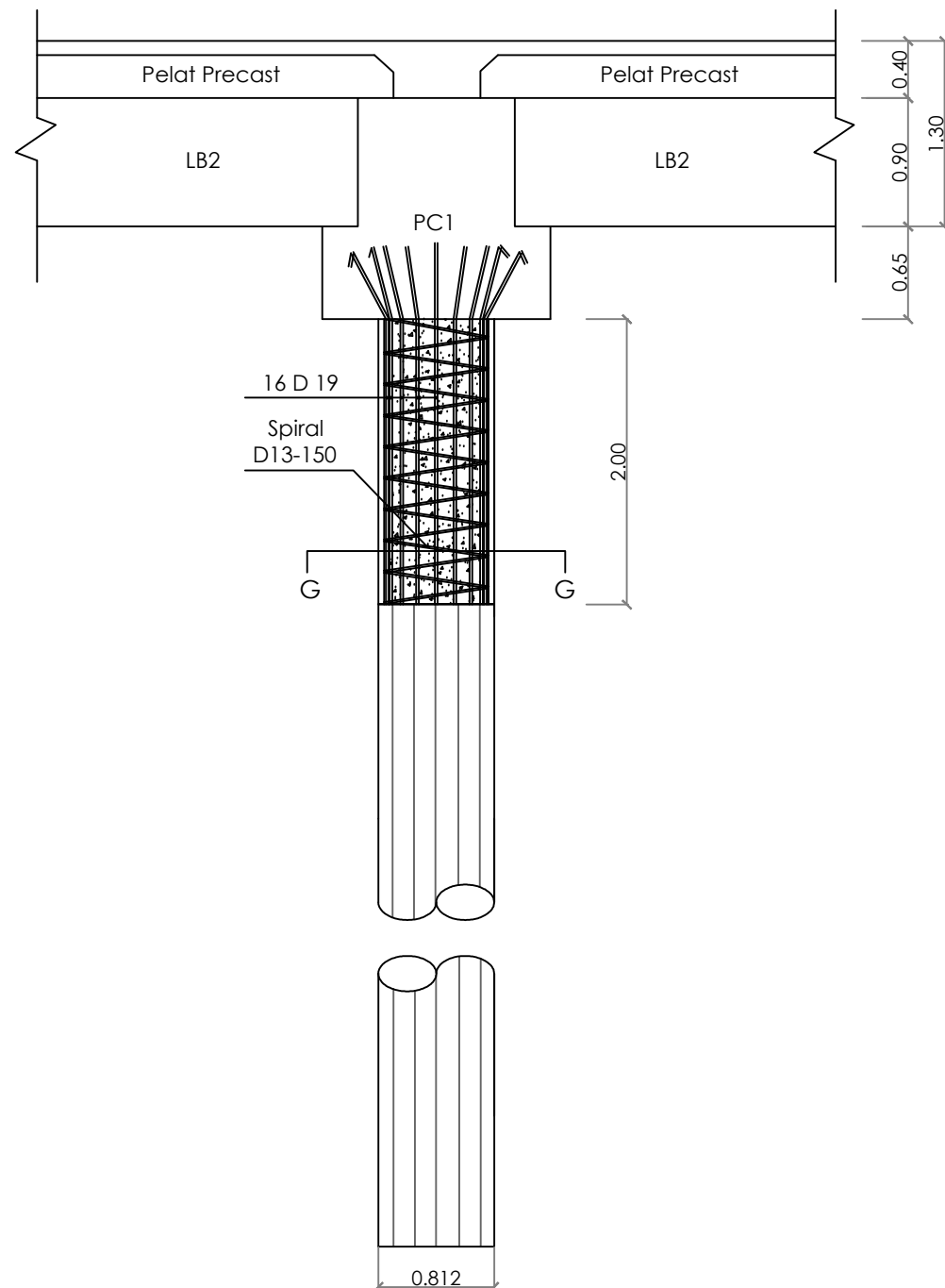
DETAIL TIANG PANCANG Ø812

No.Gambar

Jumlah Gambar

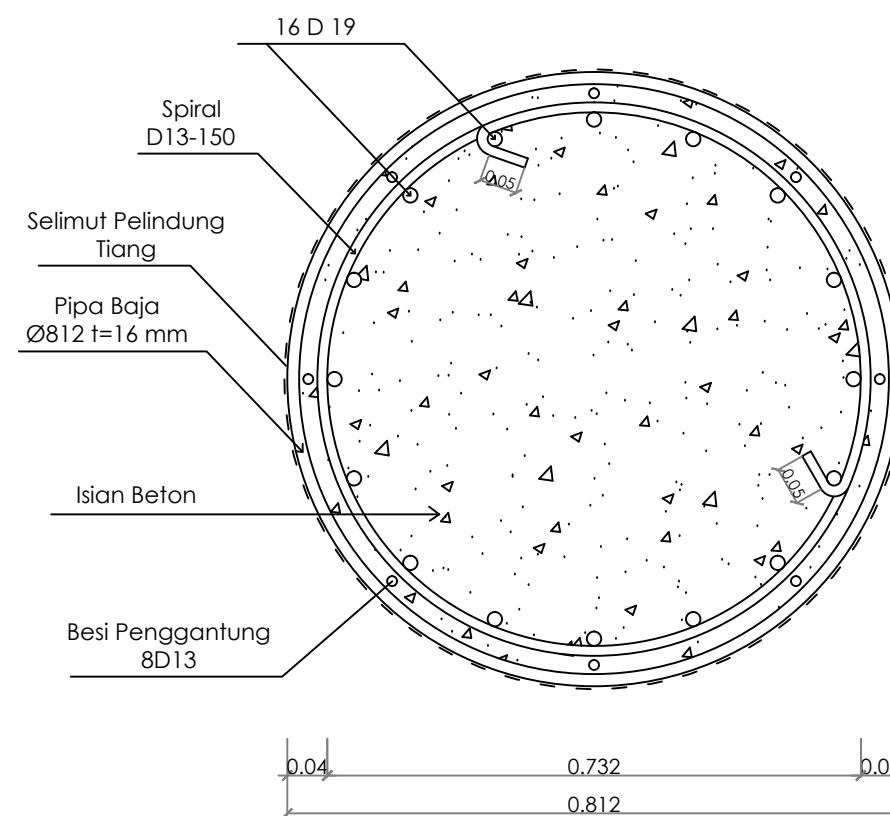
15

27



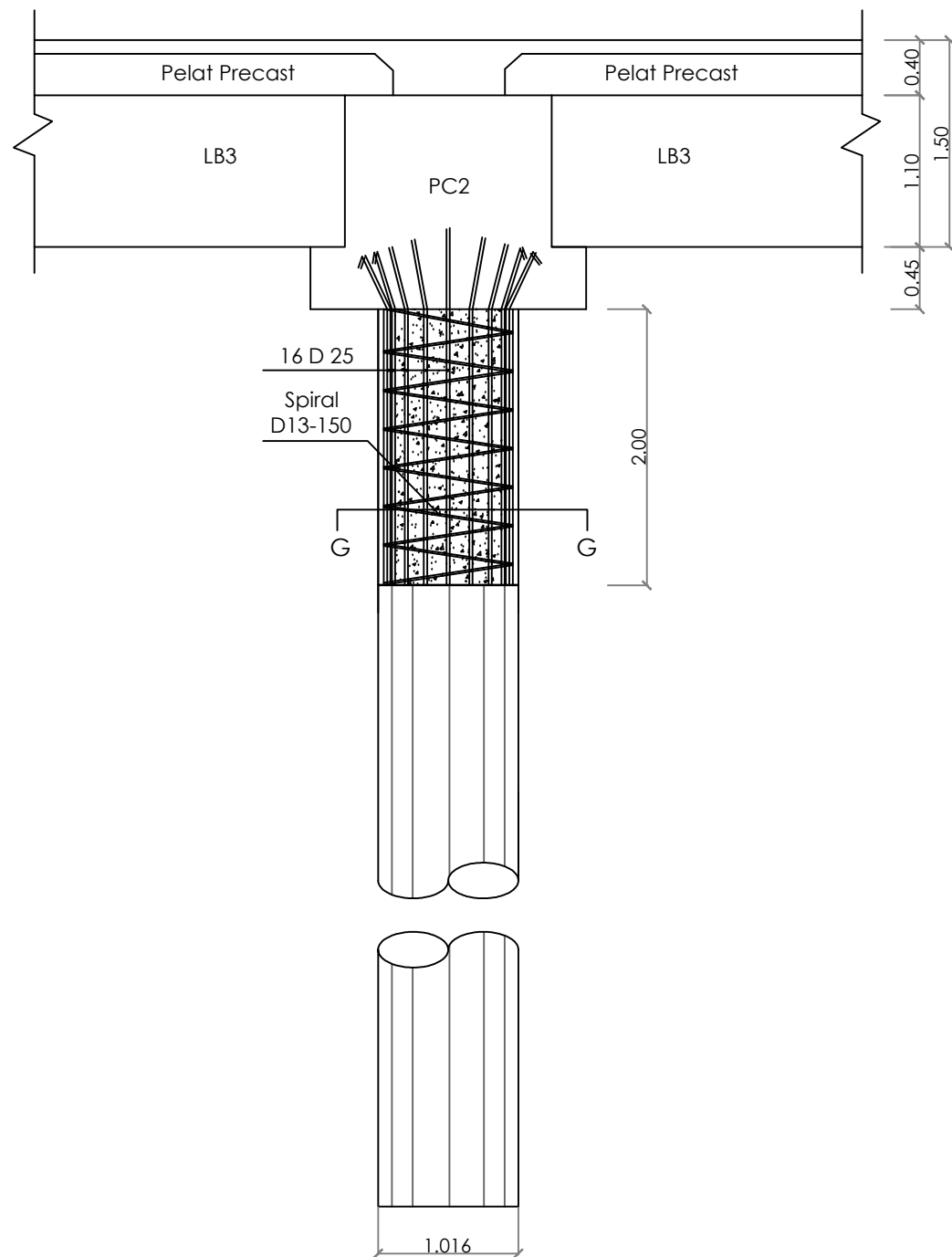
DETAIL TIANG PANCANG Ø812

Skala 1: 5



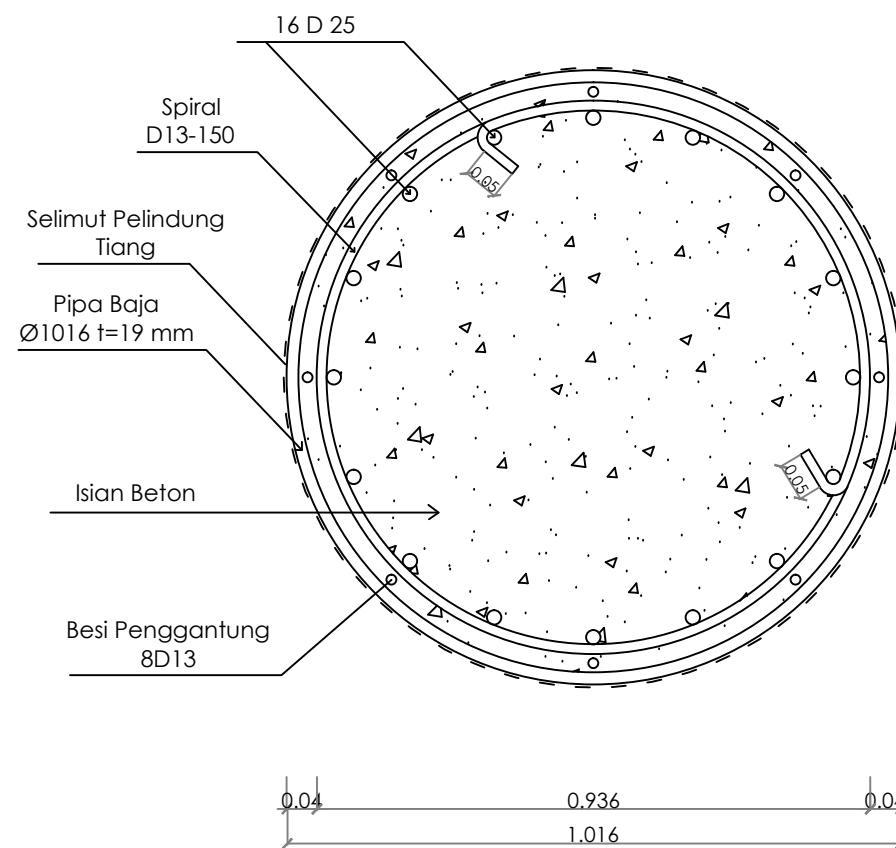
POTONGAN G-G

Skala 1: 1



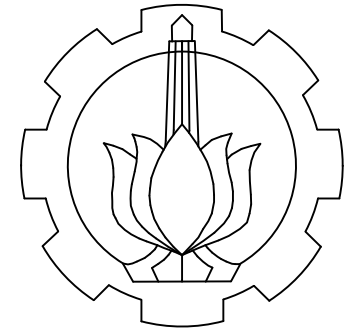
DETAIL TIANG PANCANG Ø1016

Skala 1: 5



POTONGAN G-G

Skala 1: 1



DIV TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA
 2018

JUDUL

EVALUASI DAN PERKUATAN STRUKTUR
 DERMAGA TELUK LAMONG AKIBAT
 PENINGKATAN BOBOT KAPAL

DOSEN PEMBIMBING

R. BUYUNG ANUGRAHA, ST.,MT
 19740203 200212 1 002

MAHASISWA

RARAS ARI KUSUMANINGTYAS
 1011151000068

KETERANGAN

Satuan Gambar dalam mm

NAMA GAMBAR

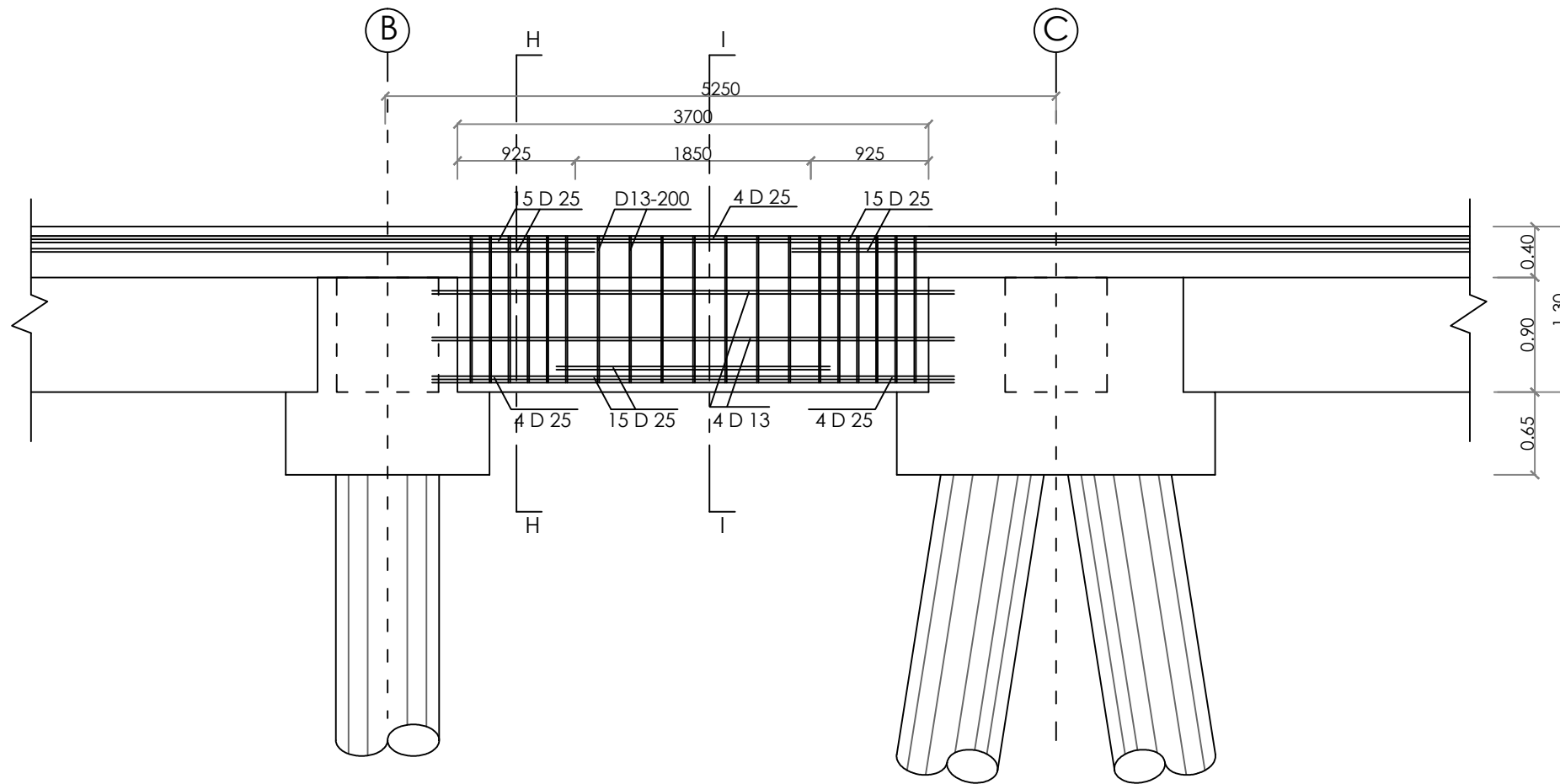
DETAIL TIANG PANCANG Ø1016

No.Gambar

Jumlah Gambar

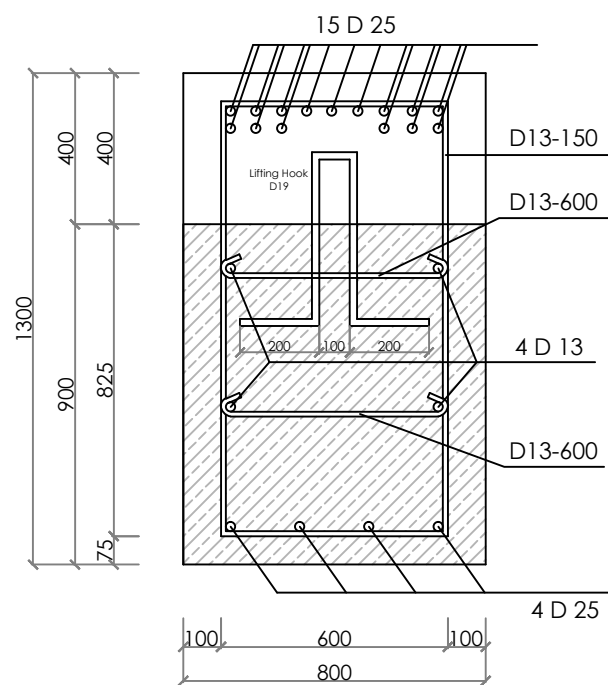
16

27



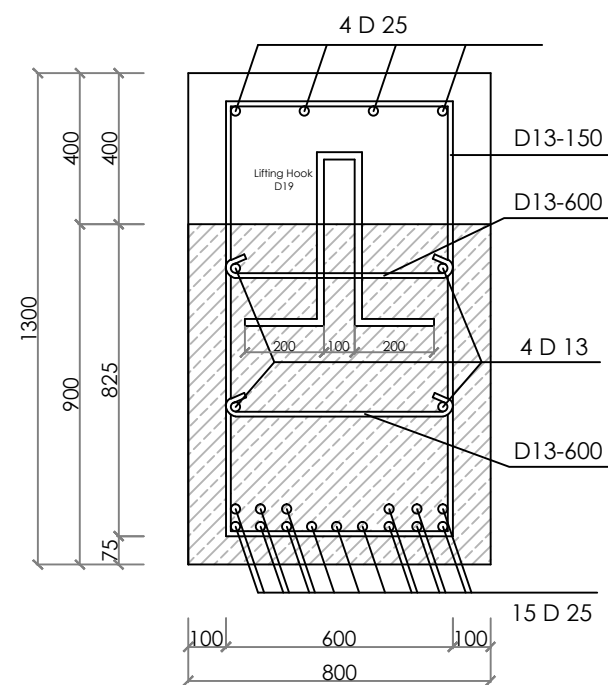
DETAIL BALOK MELINTANG (CB2)

Skala 1: 5



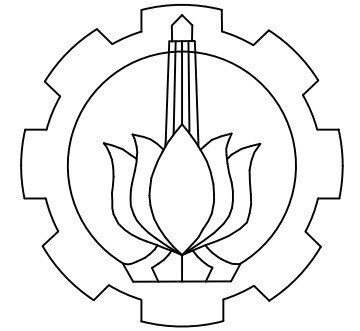
POTONGAN H

Skala 1: 2



POTONGAN I

Skala 1: 2



DIV TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA
 2018

JUDUL

EVALUASI DAN PERKUATAN STRUKTUR
 DERMAGA TELUK LAMONG AKIBAT
 PENINGKATAN BOBOT KAPAL

DOSEN PEMBIMBING

R. BUYUNG ANUGRAHA, ST.,MT
 19740203 200212 1 002

MAHASISWA

RARAS ARI KUSUMANINGTYAS
 10111510000068

KETERANGAN

Satuan Gambar dalam mm

NAMA GAMBAR

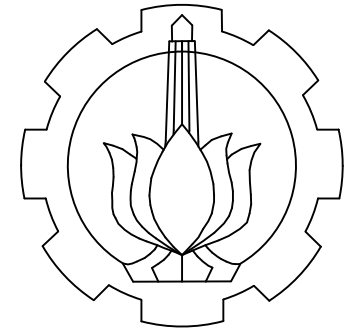
DETAIL BALOK MELINTANG (CB2)

No.Gambar

Jumlah Gambar

17

27



DIV TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA
 2018

JUDUL

EVALUASI DAN PERKUATAN STRUKTUR
 DERMAGA TELUK LAMONG AKIBAT
 PENINGKATAN BOBOT KAPAL

DOSEN PEMBIMBING

R. BUYUNG ANUGRAHA, ST.,MT
 19740203 200212 1 002

MAHASISWA

RARAS ARI KUSUMANINGTYAS
 10111510000068

KETERANGAN

Satuan Gambar dalam mm

NAMA GAMBAR

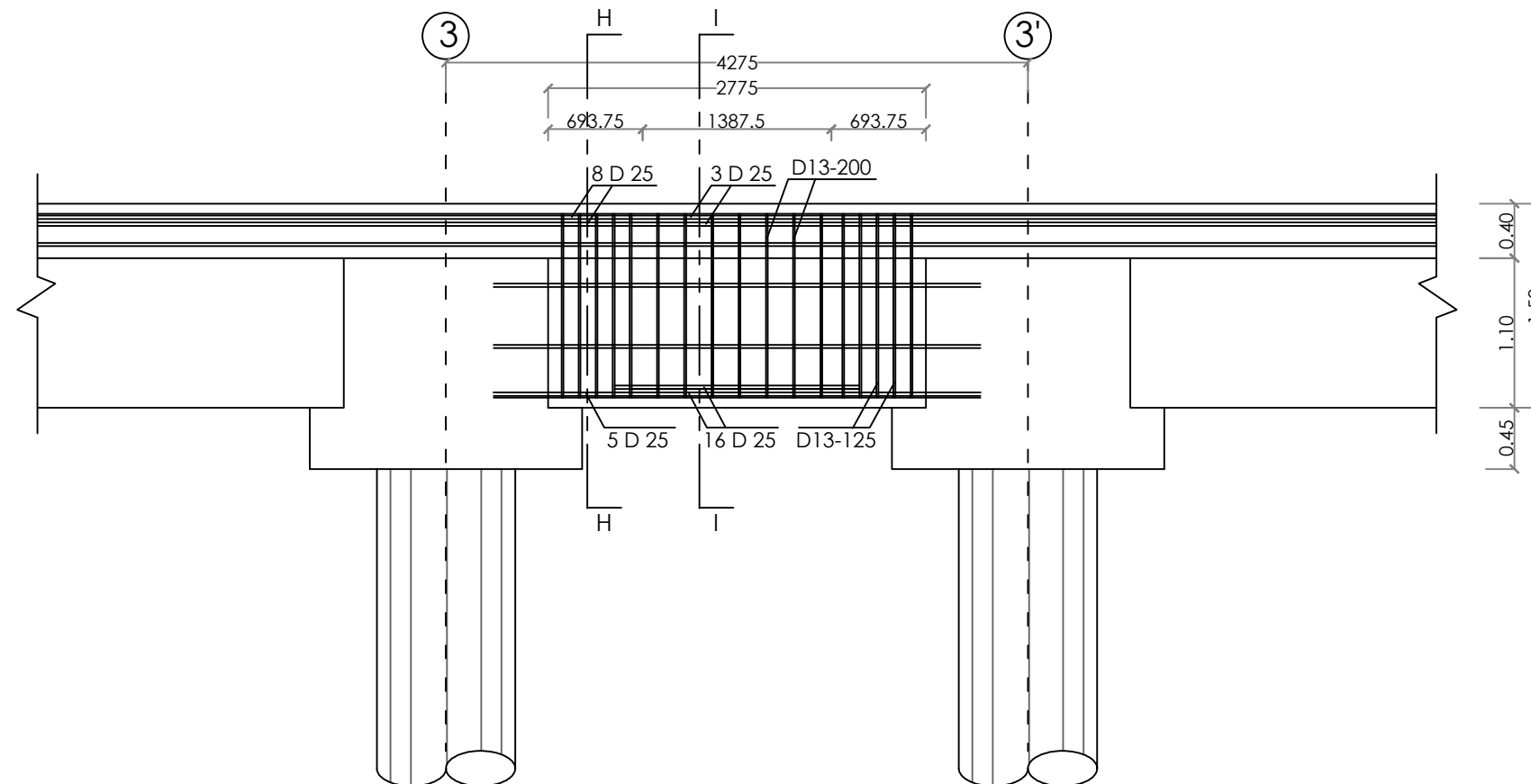
DETAIL BALOK MEMANJANG LB3

No.Gambar

18

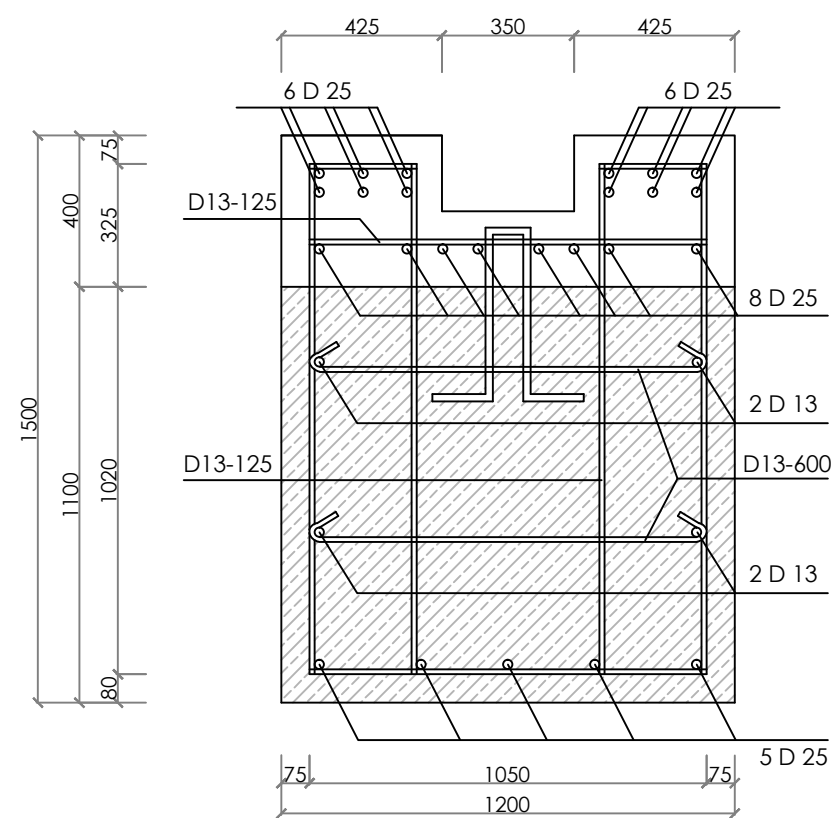
Jumlah Gambar

27



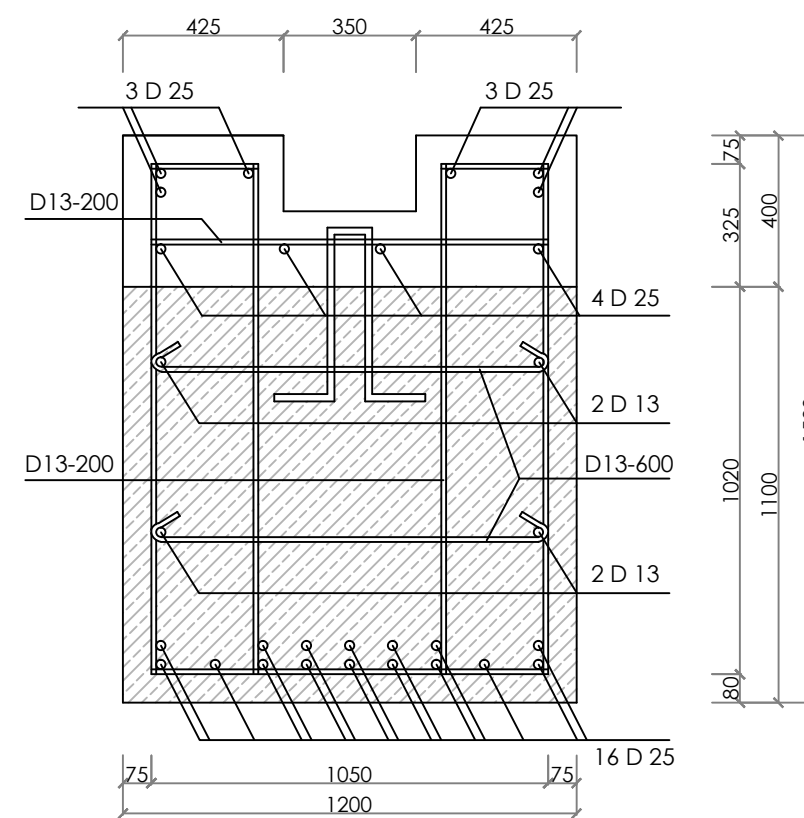
DETAIL BALOK ARAH MEMANJANG (LB3)

Skala 1: 5



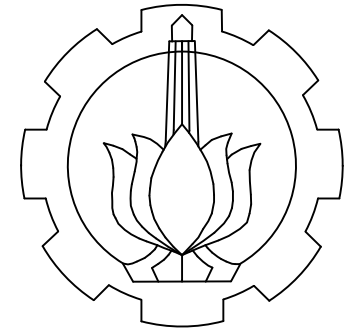
POTONGAN H

Skala 1: 2



POTONGAN I

Skala 1: 2



DIV TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA
 2018

JUDUL

EVALUASI DAN PERKUATAN STRUKTUR
 DERMAGA TELUK LAMONG AKIBAT
 PENINGKATAN BOBOT KAPAL

DOSEN PEMBIMBING

R. BUYUNG ANUGRAHA, ST.,MT
 19740203 200212 1 002

MAHASISWA

RARAS ARI KUSUMANINGTYAS
 10111510000068

KETERANGAN

Satuan Gambar dalam mm

NAMA GAMBAR

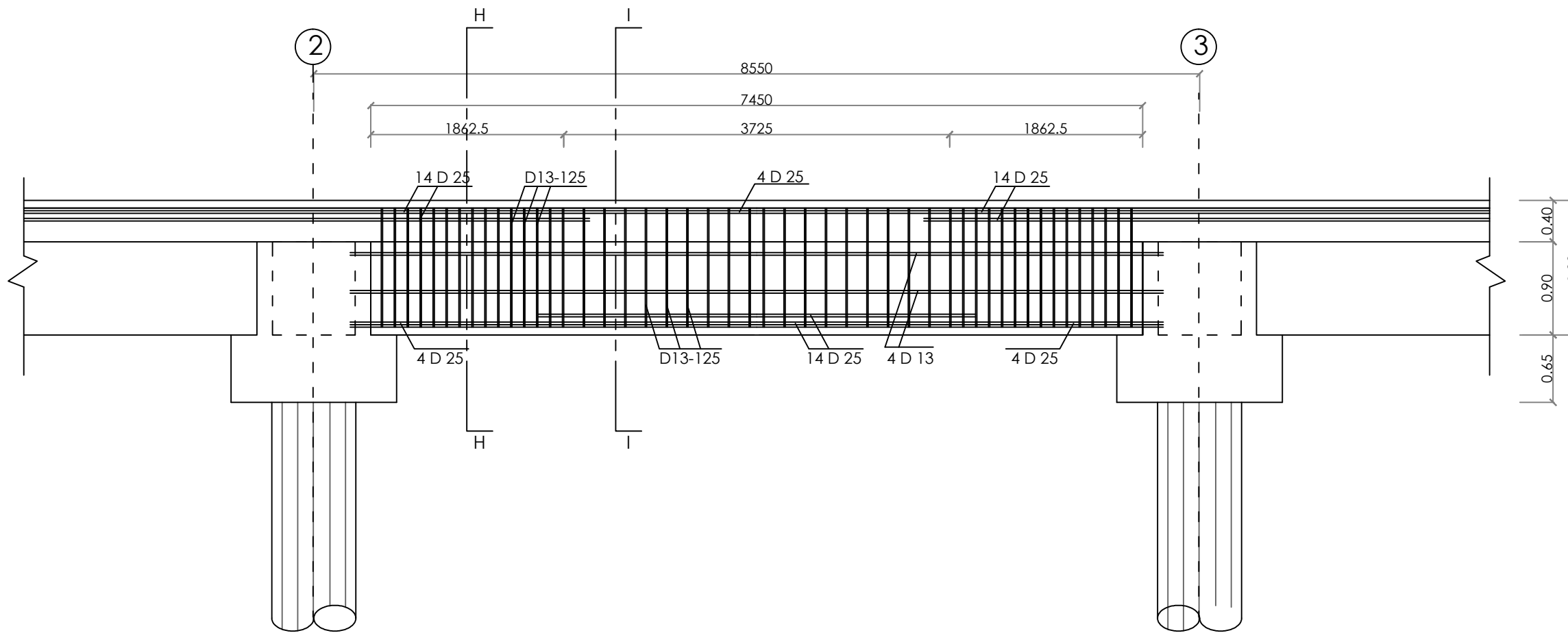
DETAIL BALOK MEMANJANG (LB2)

No.Gambar

Jumlah Gambar

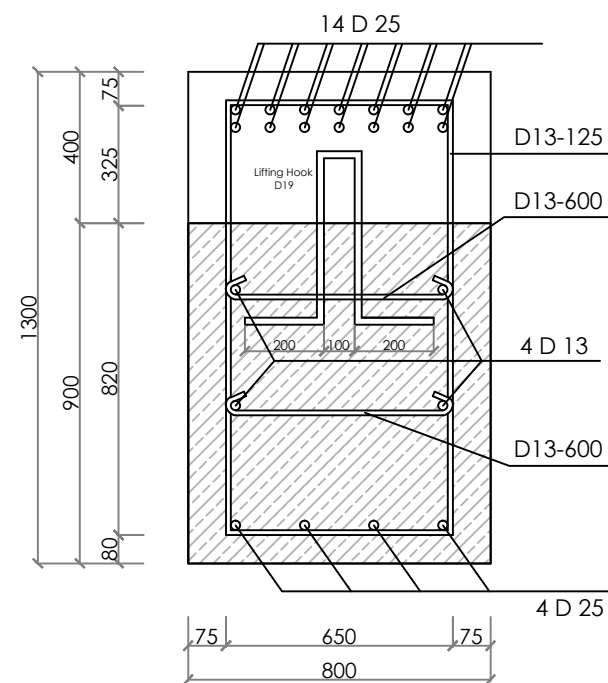
19

27



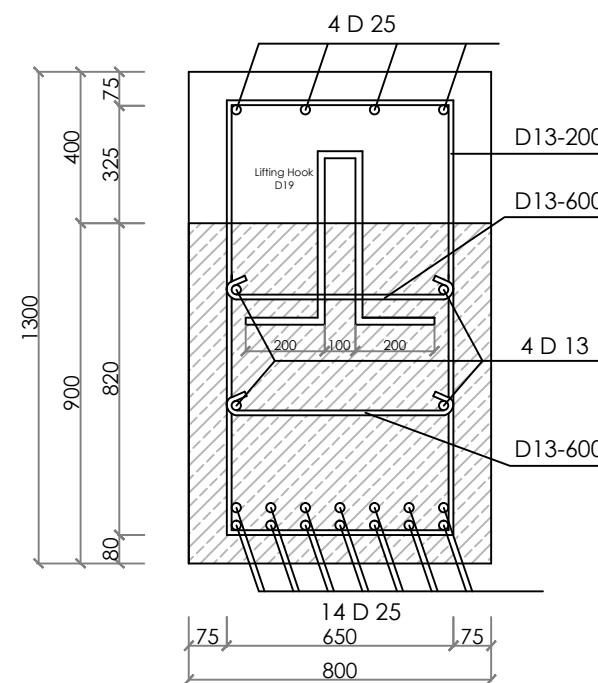
DETAIL BALOK ARAH MEMANJANG (LB2)

Skala 1: 5



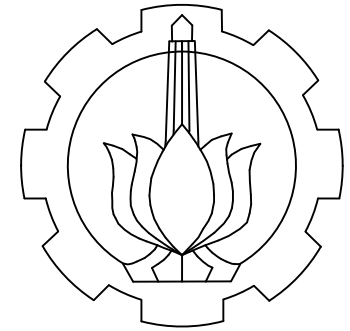
POTONGAN H

Skala 1: 2



POTONGAN I

Skala 1: 2



DIV TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA
 2018

JUDUL

EVALUASI DAN PERKUATAN STRUKTUR
 DERMAGA TELUK LAMONG AKIBAT
 PENINGKATAN BOBOT KAPAL

DOSEN PEMBIMBING

R. BUYUNG ANUGRAHA, ST.,MT
 19740203 200212 1 002

MAHASISWA

RARAS ARI KUSUMANINGTYAS
 10111510000068

KETERANGAN

Satuan Gambar dalam mm

NAMA GAMBAR

DETAIL BALOK TEPI MEMANJANG
 (LB1)

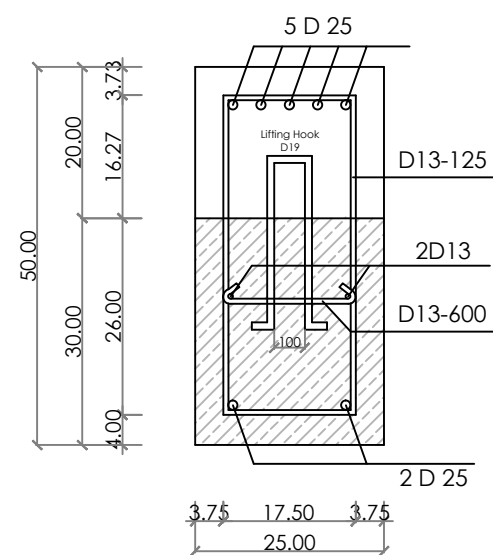
No.Gambar

Jumlah Gambar

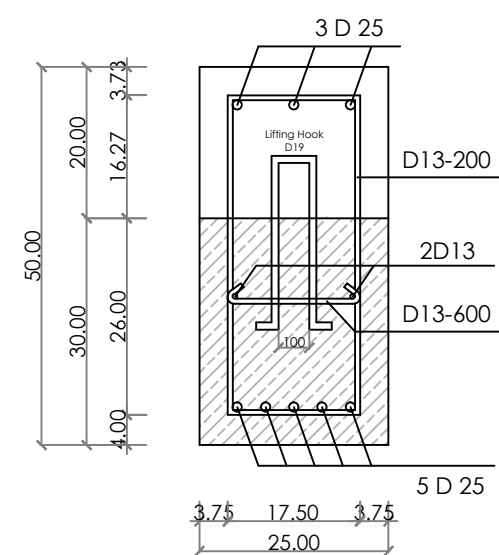
20

27

TUMPUAN

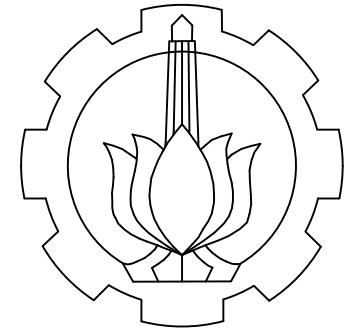


LAPANGAN



DETAIL BALOK TEPI ARAH MEMANJANG (LB1)

Skala 1: 2



DIV TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA
 2018

JUDUL

EVALUASI DAN PERKUATAN STRUKTUR
 DERMAGA TELUK LAMONG AKIBAT
 PENINGKATAN BOBOT KAPAL

DOSEN PEMBIMBING

R. BUYUNG ANUGRAHA, ST.,MT
 19740203 200212 1 002

MAHASISWA

RARAS ARI KUSUMANINGTYAS
 10111510000068

KETERANGAN

Satuan Gambar dalam mm

NAMA GAMBAR

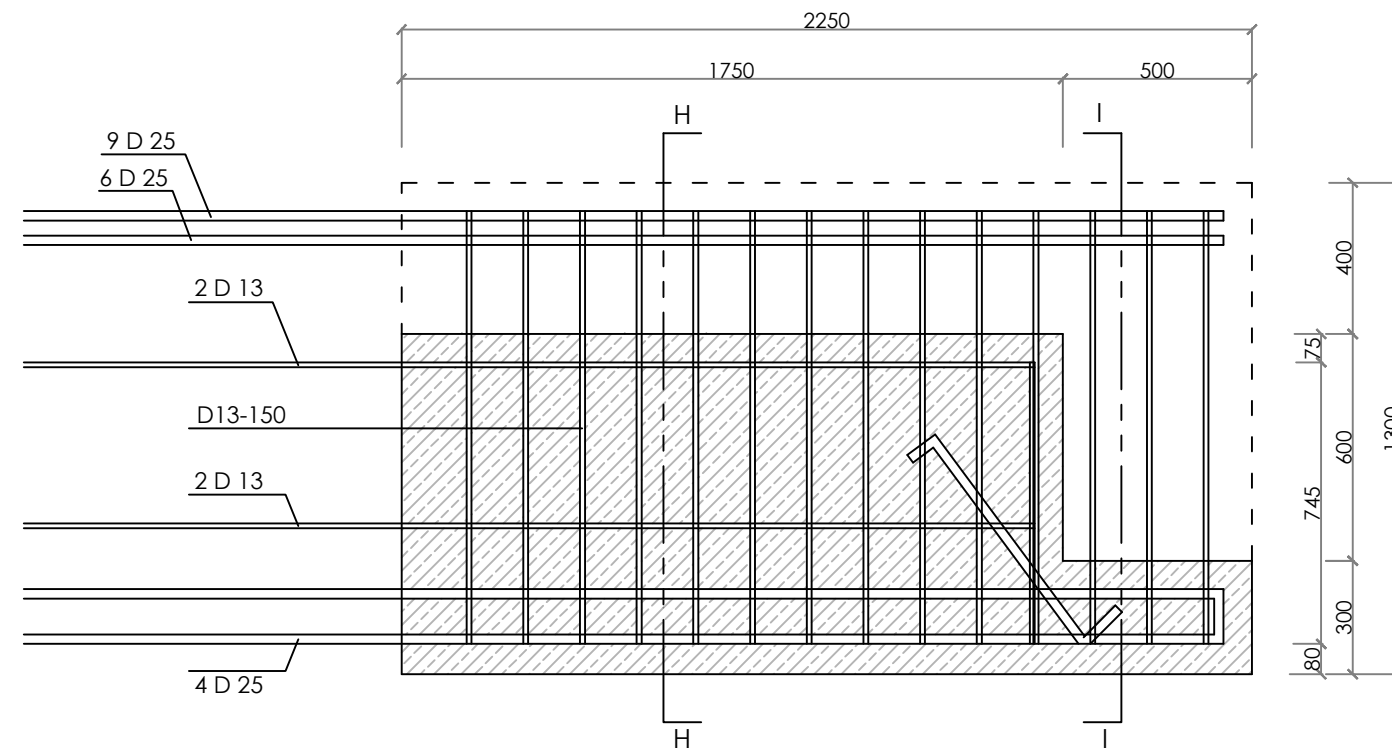
DETAIL BALOK KONSOL
 1 : 2

No.Gambar

Jumlah Gambar

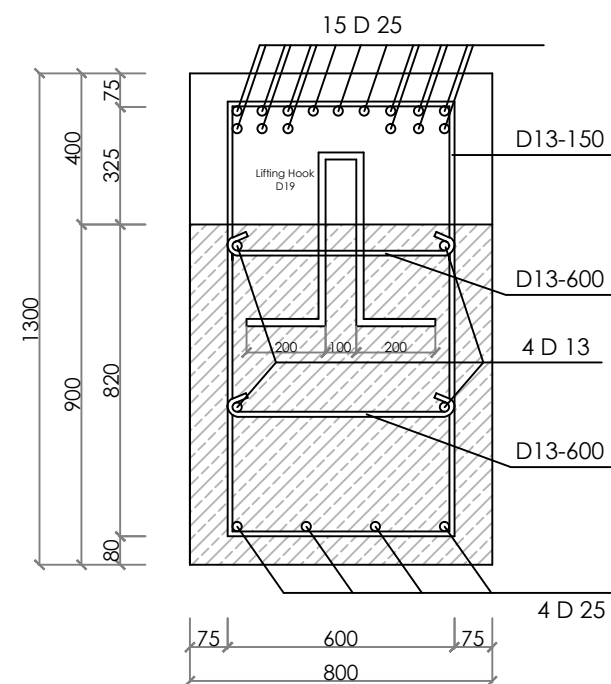
21

27



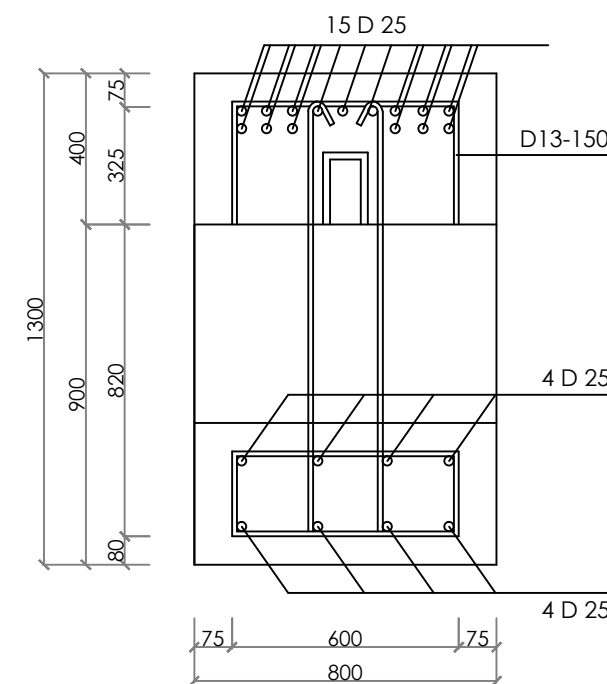
DETAIL BALOK MELINTANG (BALOK KONSOL)

Skala 1: 2



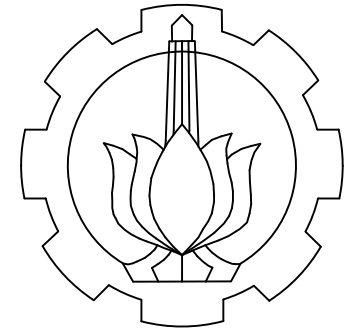
DETAIL H

Skala 1: 2



DETAIL I

Skala 1: 2



DIV TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA
 2018

JUDUL

EVALUASI DAN PERKUATAN STRUKTUR
 DERMAGA TELUK LAMONG AKIBAT
 PENINGKATAN BOBOT KAPAL

DOSEN PEMBIMBING

R. BUYUNG ANUGRAHA, ST.,MT
 19740203 200212 1 002

MAHASISWA

RARAS ARI KUSUMANINGTYAS
 10111510000068

KETERANGAN

Satuan Gambar dalam m

NAMA GAMBAR

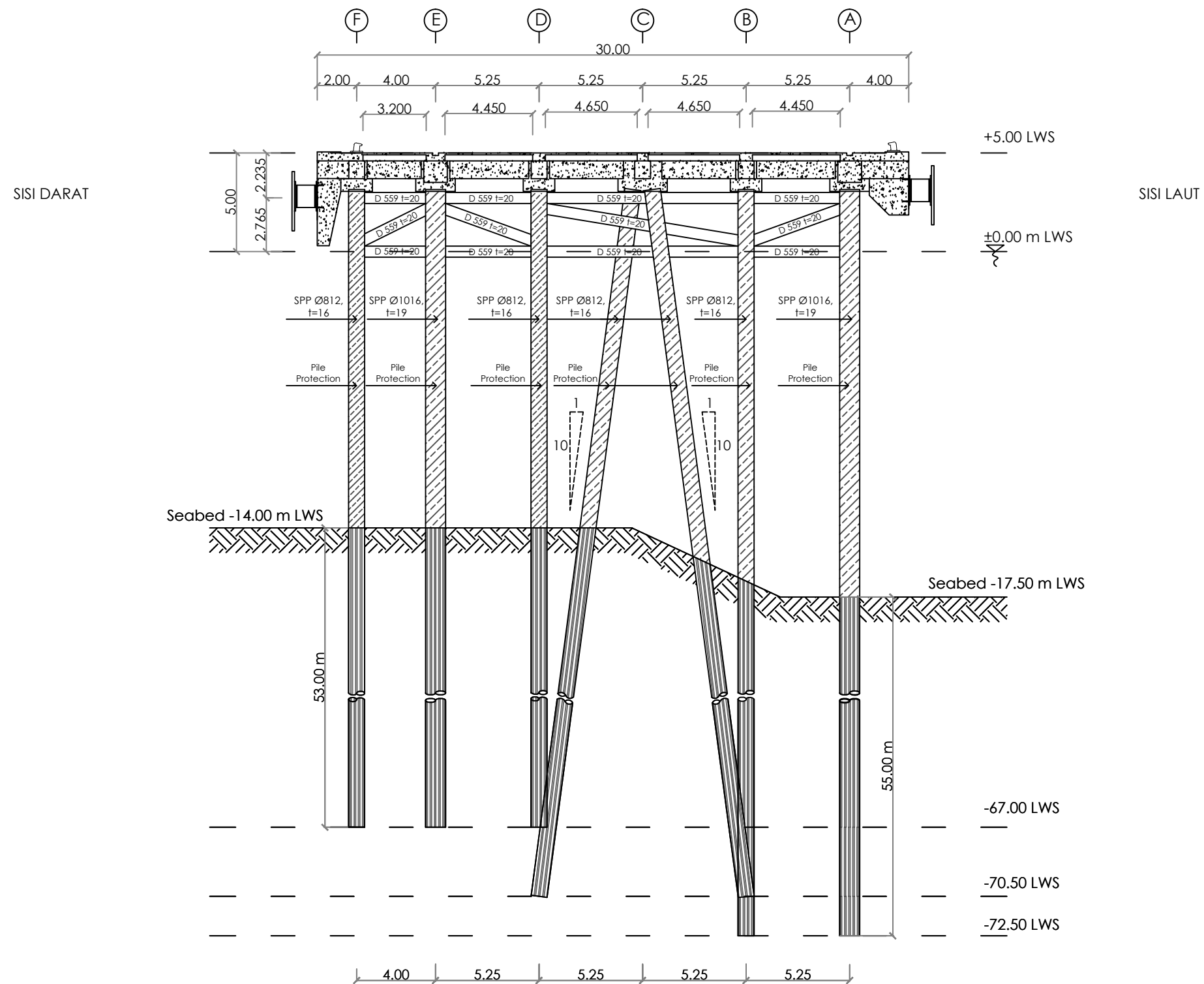
DENAH BRACING
 1 : 25

No.Gambar

Jumlah Gambar

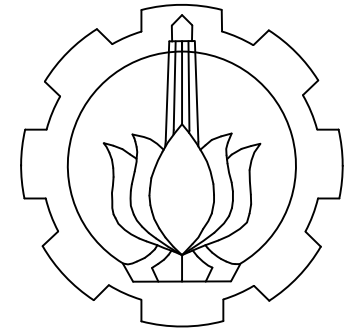
22

27



DENAH PERKUATAN BRACING

Skala 1: 25



DIV TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA
 2018

JUDUL

EVALUASI DAN PERKUATAN STRUKTUR
 DERMAGA TELUK LAMONG AKIBAT
 PENINGKATAN BOBOT KAPAL

DOSEN PEMBIMBING

R. BUYUNG ANUGRAHA, ST.,MT
 19740203 200212 1 002

MAHASISWA

RARAS ARI KUSUMANINGTYAS
 10111510000068

KETERANGAN

Satuan Gambar dalam m

NAMA GAMBAR

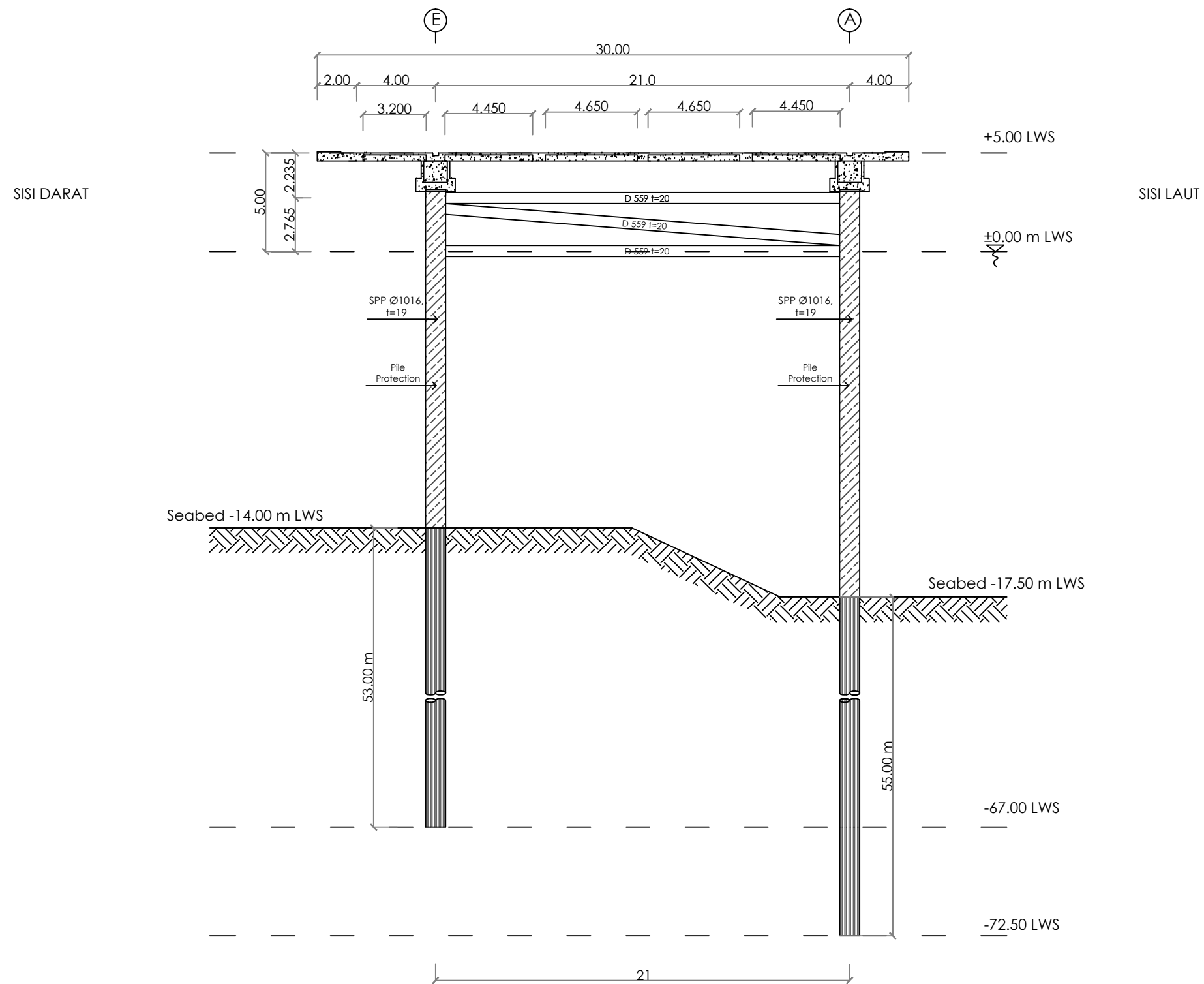
DENAH BRACING
 1 : 25

No.Gambar

Jumlah Gambar

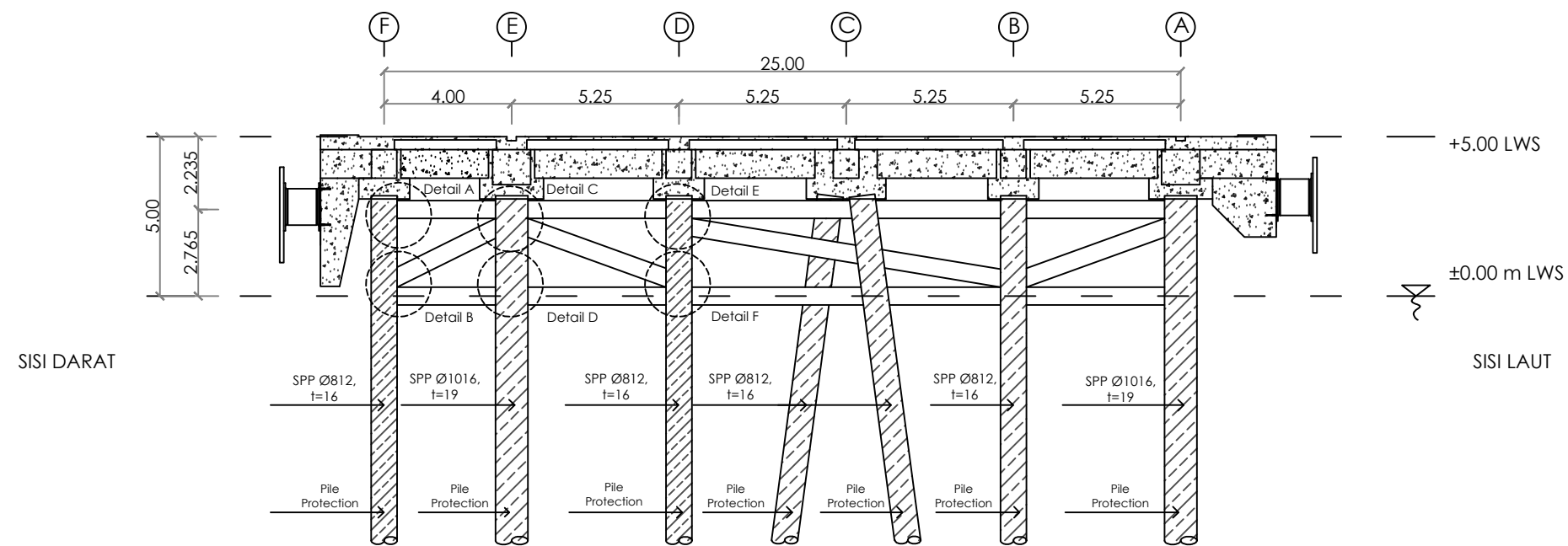
23

27



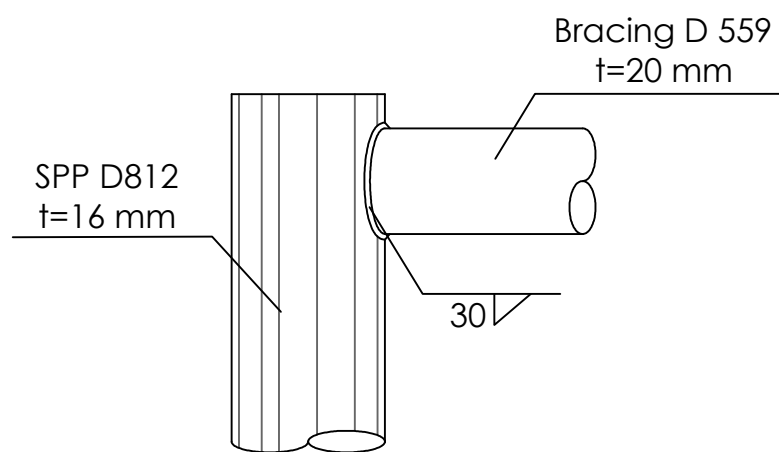
DENAH PERKUATAN BRACING

Skala 1: 25



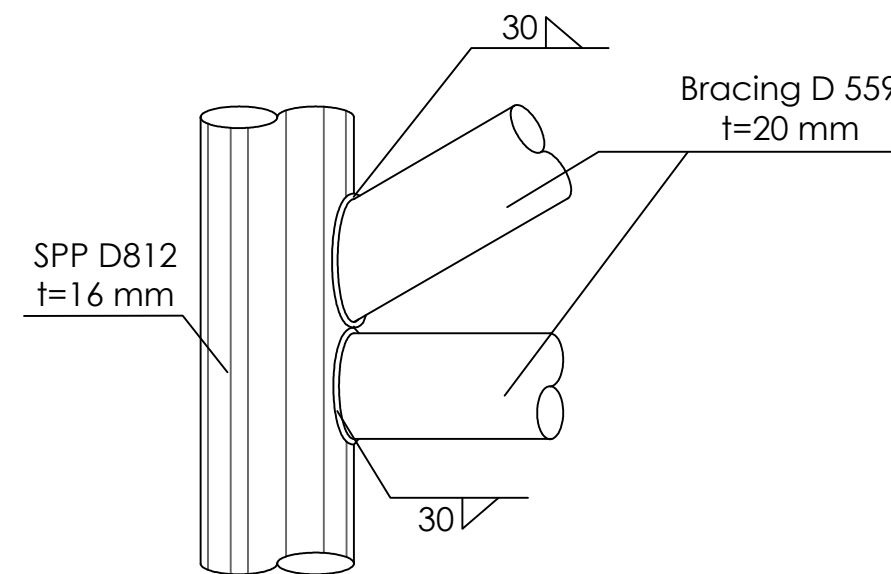
DENAH PERKUATAN BRACING

Skala 1: 20



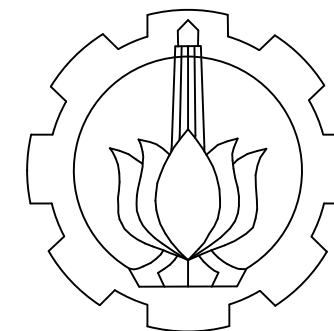
DETAIL A

Skala 1: 4



DETAIL B

Skala 1: 4



DIV TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA
 2018

JUDUL

EVALUASI DAN PERKUATAN STRUKTUR
 DERMAGA TELUK LAMONG AKIBAT
 PENINGKATAN BOBOT KAPAL

DOSEN PEMBIMBING

R. BUYUNG ANUGRAHA, ST.,MT
 19740203 200212 1 002

MAHASISWA

RARAS ARI KUSUMANINGTYAS
 10111510000068

KETERANGAN

Satuan Gambar dalam m

NAMA GAMBAR

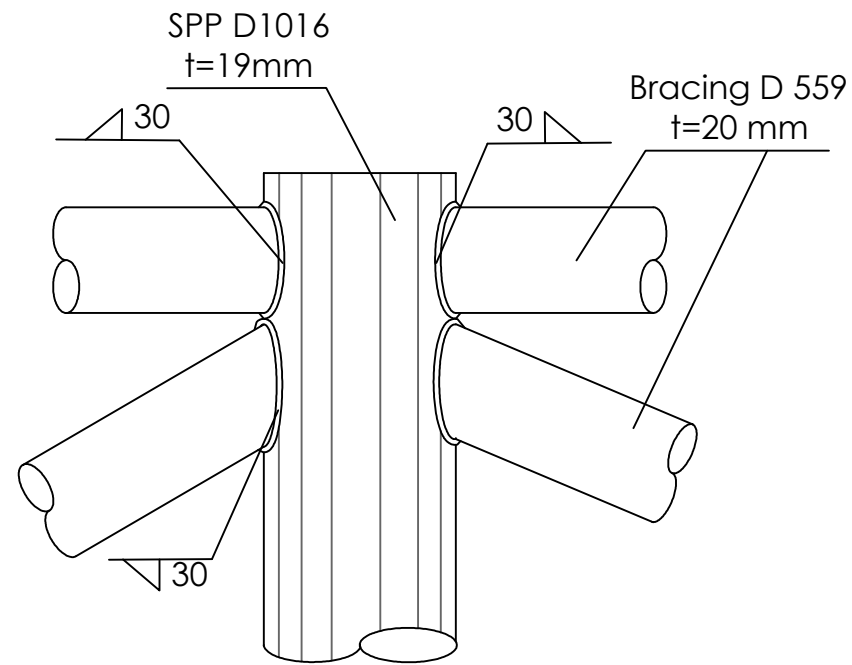
DENAH DAN DETAIL BRACING

No.Gambar

Jumlah Gambar

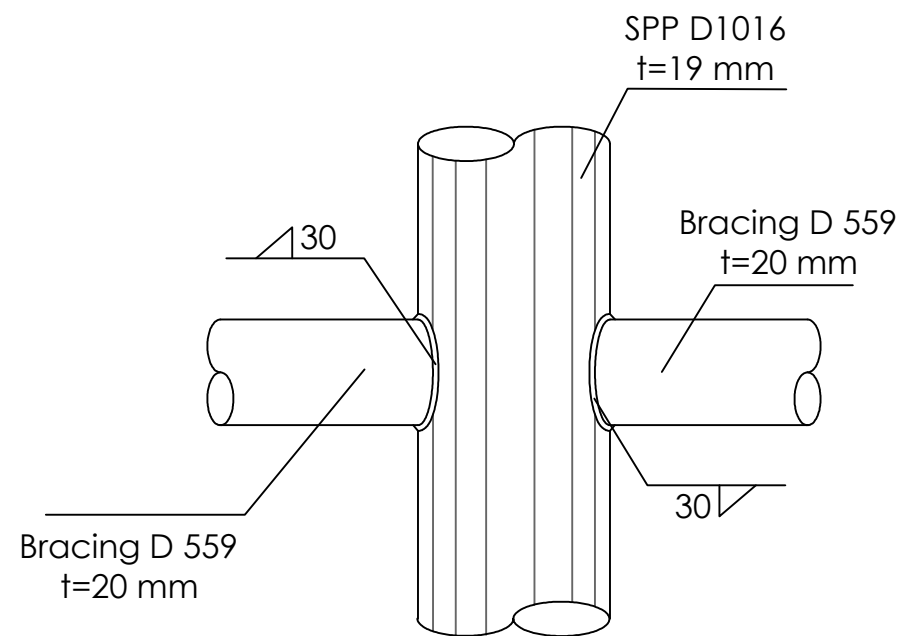
24

27



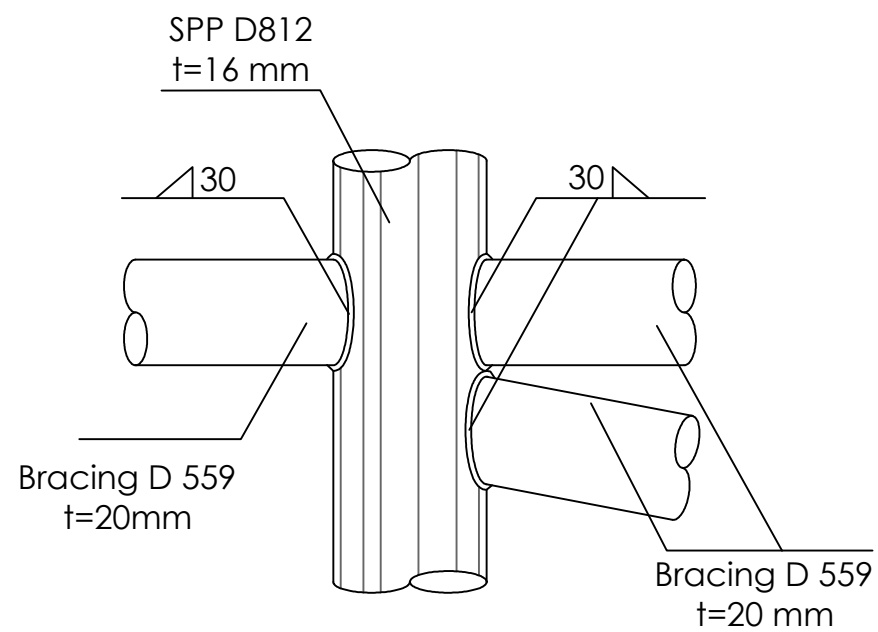
DETAIL C

Skala 1: 4



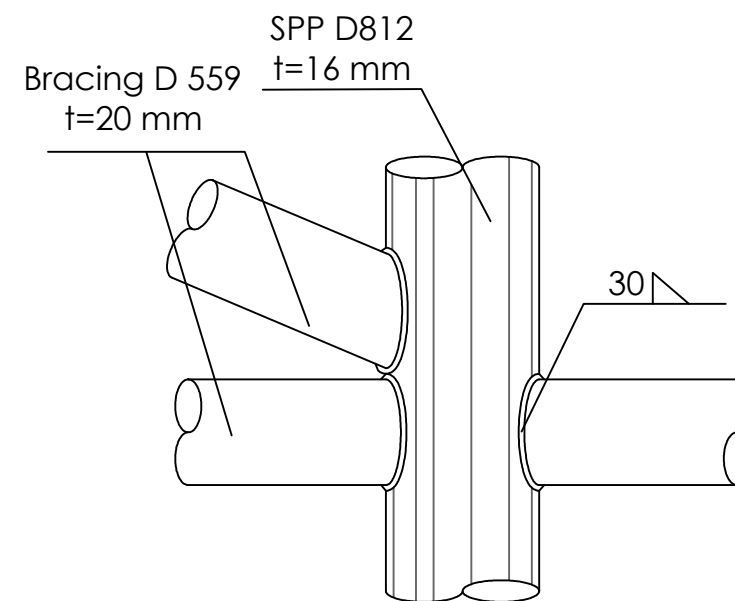
DETAIL D

Skala 1: 4



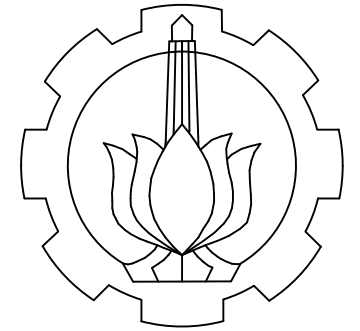
DETAIL E

Skala 1: 4



DETAIL F

Skala 1: 4



DIV TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018

JUDUL

EVALUASI DAN PERKUATAN STRUKTUR
DERMAGA TELUK LAMONG AKIBAT
PENINGKATAN BOBOT KAPAL

DOSEN PEMBIMBING

R. BUYUNG ANUGRAHA, ST.,MT
19740203 200212 1 002

MAHASISWA

RARAS ARI KUSUMANINGTYAS
1011151000068

KETERANGAN

Satuan Gambar dalam m

NAMA GAMBAR

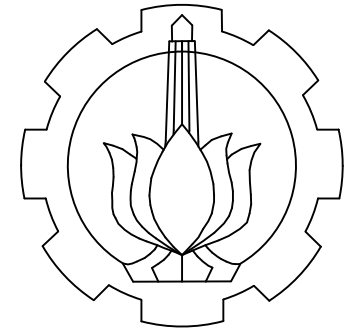
DETAIL BRACING
1 : 4

No.Gambar

Jumlah Gambar

25

27



DIV TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA
 2018

JUDUL

EVALUASI DAN PERKUATAN STRUKTUR
 DERMAGA TELUK LAMONG AKIBAT
 PENINGKATAN BOBOT KAPAL

DOSEN PEMBIMBING

R. BUYUNG ANUGRAHA, ST.,MT
 19740203 200212 1 002

MAHASISWA

RARAS ARI KUSUMANINGTYAS
 10111510000068

KETERANGAN

Satuan Gambar dalam m

NAMA GAMBAR

DENAH MOORING DOLPHIN
 1 : 10

No.Gambar

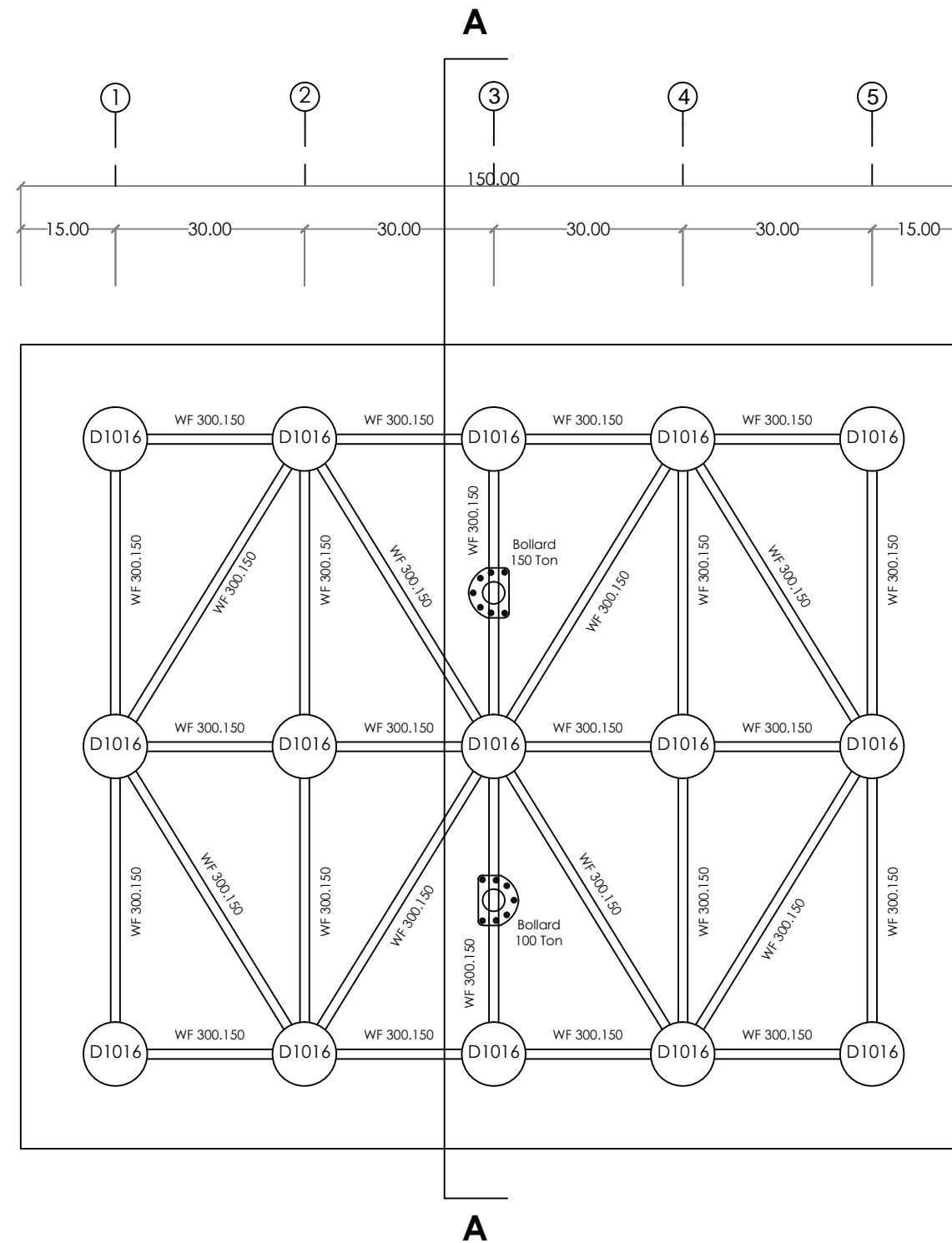
Jumlah Gambar

26

27

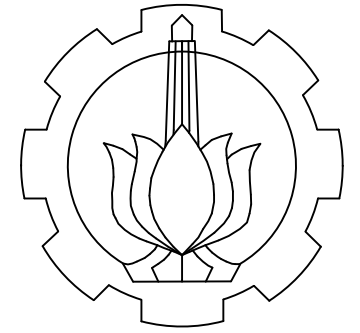
SISI DARAT

SISI LAUT



DENAH MOORING DOLPHIN

Skala 1: 10



DIV TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA
 2018

JUDUL

EVALUASI DAN PERKUATAN STRUKTUR
 DERMAGA TELUK LAMONG AKIBAT
 PENINGKATAN BOBOT KAPAL

DOSEN PEMBIMBING

R. BUYUNG ANUGRAHA, ST.,MT
 19740203 200212 1 002

MAHASISWA

RARAS ARI KUSUMANINGTYAS
 10111510000068

KETERANGAN

Satuan Gambar dalam m

NAMA GAMBAR

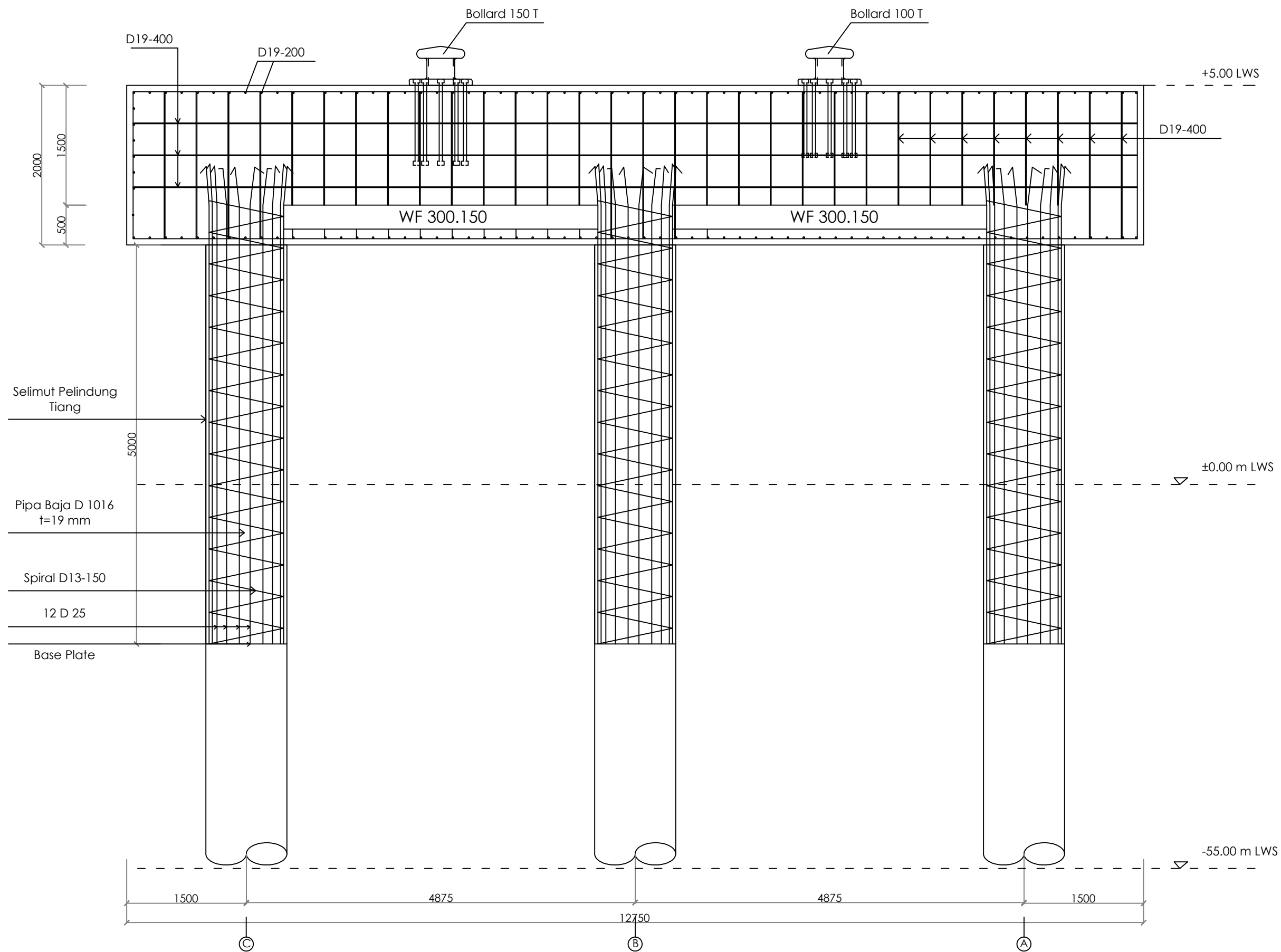
POTONGAN A-A
 1 : 5

No.Gambar

Jumlah Gambar

27

27



POTONGAN A-A

Skala 1: 5