



TUGAS AKHIR TERAPAN - RC 144542  
**MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR DERMAGA  
LAMONGAN OIL TANK TERMINAL KAPASITAS  
60.000 DWT DI KABUPATEN LAMONGAN**

DENI MAULANA  
NRP. 1011171500027

Dosen Pembimbing I  
Ir. AGUNG BUDIPRIYANTO, M. Eng., Ph. D  
NIP. 19620328 198803 1 001

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

PROGRAM STUDI DIPLOMA EMPAT TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2018





FINAL PROJECT APPLIED - RC 144542

# STRUCTURE DESIGN MODIFICATION OF OIL TANK TERMINAL FOR 60.000 DWT CAPACITY AT LAMONGAN PIER

DENI MAULANA  
NRP. 10111715000027

FINAL PROJECT SUPERVISOR I  
Ir. AGUNG BUDIPRIYANTO, M. Eng., Ph. D  
NIP. 19620328 198803 1 001

FINAL PROJECT SUPERVISOR II  
R. BUYUNG ANUGRAHA A., ST.MT  
NIP. 19740203 200212 1 002

BACHELOR PROGRAM  
CIVIL INFRASTRUCTURE ENGINEERING DEPARTMENT  
VOCATIONAL FACULTY  
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
SURABAYA 2018

## LEMBAR PENGESAHAN

**TUGAS AKHIR TERAPAN**  
**"MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR DERMAGA**  
**LAMONGAN OIL TANK TERMINAL KAPASITAS 60.000 DWT**  
**DI KABUPATEN LAMONGAN"**

**Tugas Akhir Terapan**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar  
Sarjana Terapan

Pada

Departemen Teknik Infrastruktur Sipil

Fakultas Vokasi

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya, Juli 2018

Oleh :

Mahasiswa



**Deni Maulana**

NRP : 10111715000027

Disetujui Oleh :

31 JUL 2018

Mengetahui,  
Dosen Pembimbing I

Mengetahui,  
Dosen Pembimbing II



**Ir. Agung Budipriyanto, M. Eng., Ph. D.** **R. Buyong Anugraha A., ST, MT**

NIP : 19620328 198803 1 001

NIP : 19720203 200212 1 002



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

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

Tanggal : 10/07/2018

<b>Judul Tugas Akhir Terapan</b>	Modifikasi Desain Struktur Dermaga "Lamongan Oil Tank Terminal" Kapasitas 60.000 DWT Kabupaten Lamongan		
<b>Nama Mahasiswa</b>	Deni Maulana	<b>NRP</b>	1011171500027
<b>Dosen Pembimbing 1</b>	Ir. Agung Budipriyanto, M.Eng Ph.D NIP 19620328 198803 1 001	<b>Tanda tangan</b>	
<b>Dosen Pembimbing 2</b>	R. Buyung Anugraha A, ST, MT. NIP 19740203 200212 1 002	<b>Tanda tangan</b>	

URAIAN REVISI	Dosen Penguji
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Import rd hull k.t.ema (gambar) ✓</li> <li>• Denda - gambar hull 2 ✓</li> <li>• PONT GAMBAR DIBERESATU ✓</li> <li>• BANJISA DIBUANG → POSISI DOLPHIN DIMANJUKAN ✓</li> <li>• LAMONGAN DIBERESATU ✓</li> <li>• Struktur diperbaiki ✓</li> <li>• DECKING → ANJAMA PRECAST DAN COR 425 MPAT ✓</li> <li>• PIA CEKIL DIGANTI CAST IN SITU ✓</li> <li>• CONCRETE JACKET ✓</li> <li>• HIR 730 CM ✓</li> </ul>	 Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS NIP 19600105 198603 1 003
<ul style="list-style-type: none"> <li>• POSISI DOLPHIN DIMANJUKAN 4 &amp; BERTU DOLPHIN ✓</li> <li>• STANDAR 2 DILIHAT MANKON ✓</li> <li>• BAWLIK PRECAST - DIPUTUS SAMA ✓</li> <li>• TANGKAI TANGK BAWLIK DIBUAT TERBUKA ✓</li> </ul>	 Ir. Chomaedhi, Ces Geo NIP 19550319 198403 1 001
<ul style="list-style-type: none"> <li>• KLASIFIKASI TANAH - GEMPA 41, 21 ✓</li> </ul>	NIP -
	NIP -

PERSETUJUAN HASIL REVISI			
<b>Dosen Penguji 1</b>	<b>Dosen Penguji 2</b>	<b>Dosen Penguji 3</b>	<b>Dosen Penguji 4</b>
Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS NIP 19600105 198603 1 003	Ir. Chomaedhi, Ces Geo NIP 19550319 198403 1 001	NIP -	R. BUYUNG ANUGRAHA A NIP -

<b>Persetujuan Dosen Pembimbing Untuk Penjiwaan Buku Laporan Tugas Akhir Terapan</b>	<b>Dosen Pembimbing 1</b>	<b>Dosen Pembimbing 2</b>
	Ir. Agung Budipriyanto, M.Eng Ph.D NIP 19620328 198803 1 001	R. Buyung Anugraha A, ST, MT. NIP 19740203 200212 1 002



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

FAKULTAS VOKASI

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116

Telp. 031-5947937 Fax. 031-5938025

http://www.its.ac.id

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1 Deni Maulana. 2  
 NRP : 1 10111715 000027. 2  
 Judul Tugas Akhir : Modifikasi Desain Struktur Dermaga Kapasitas  
 Landangan Oil Tank Terminal 60.000 DWT.  
 Kabupaten Lamongan, M. Eng. Ph.D.  
 Dosen Pembimbing : Ir. Agung Budipriyanto, ST, MT.  
 R. Buyung Anugrah, ST, MT.

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan
1	15-02-2018	- Trussle akses dipertahai lahan parkir. - Dihitung apakah cukup kekuatannya. - Dihitung pembebanan morring dan berthing terlebih dahulu.		<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> K  <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> K
2	07-03-2018	- Menggunakan pemasa- ngan fender bersebelahan. karena disesuaikan dengan tumbukan kapal ke fender (kapal penuh & kosong). - As bangunan (perbaikan dan lengkapi - Trussle diperpendek (jamban) - Dibuat jarak & bathimetri, - Trussle diperlebar - Buat perencanaan letak tambatan (mooring sesuai dengan teori) - Buat laporan dengan urutan sbb:		<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> K  <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> K

Kel.  
B = Lebih cepat dari jadwal  
C = Sesuai dengan jadwal  
K = Tertambat dari jadwal

1. Data kapal
2. Preliminary Design Dermaga
3. Beban yang bekerja.
4. Perencanaan Boulder dan fender.



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 DENI MALLANA 2  
 NRP : 10111715000027 2  
 Judul Tugas Akhir : MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR DERMAGA LAMONGAN OIL TANK TERMINAL KAPASITAS 60.000 DWT, DI KABUPATEN LAMONGAN.  
 Dosen Pembimbing : Ir. AGUNG BUDIPRIYANTO, M.Eng., Ph.D.  
 R. BUYUNG ANUBRAHA A. ST., MT.

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan
3.	3 Mei 2018.	- Platform kecil diperkecil - Balok plat, precast metode pelaksanaan - konfigurasi denah miring - Ditanyakan lagi t. pancang depan platform - AS.		<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> K
4.	18 Juli 2018	- Perbaiki gambar layout (pengurangan MD) - Tulisan dibuat jelas jangan miring-miring - Struktur Trestle dan Platform dermaga diperbaiki untuk pile cap.		<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> K
				<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> K

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



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 Deni Maulana 2  
 NRP : 1 10111715 000207 2  
 Judul Tugas Akhir : Modifikasi Desain Struktur Dermaga  
 Tanggapan Oil Tank Terminal Go.ow di T. Kab. Lamongan.  
 Dosen Pembimbing : Ir. Agung Budipriyanto, M.Eng., Ph.D., R. Buyung. A. ST. MT.

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan
1.	7 Juni 2018	- Input semua pembebanan ke dalam sap 2018. - Perbaikan permodelan mooring dolphin dari catwalk		B C K <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
		- Buat daftar tabel beban hidup beban mati		B C K <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
5.	5 Juni 2018	- Perbaikan permodelan layout dermaga - pembebanan		B C K <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
		Uyung simbul di cek daya ya fy		B C K <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
6.	7 Juni 2018	- Cek tegangan L pancung diameter tiang pancung struktur dolphin di cek - energi reaksi fender di cek lagi		B C K <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
8.	8 Juni 2018	- Perbaiki perhitungan pembebanan dan permodelan		B C K <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

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



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

FAKULTAS VOKASI

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116

Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025

<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1 DENI MAULANA. 2  
 NRP : 1 101171500027. 2  
 Judul Tugas Akhir : Modifikasi Desain Struktur Dermaga "Lamongan Oil Tank Terminal" Kapasitas 60.000 DWT Kabupaten Lamongan.  
 Dosen Pembimbing : Ir. Agung Budipriyanto, M. Eng., Ph.D. : R. Buyung A. ST, MT.

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
	23/2018	- Buat/urutan gambar BM mulai dari denah sampai dengan detail		B	C	K
		- Lakukan hal yang sama pada struktur Mosang Dolphin, platform Dermaga dan Trestle.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Sesuaikan laporan dengan perhitungan revisi yang sudah dilakukan.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	26/2018	- Perbaiki urutan gambar				
		- Perbaiki detail detail gambar pada penulangan pile cap dll.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

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



**PROYEK AKHIR**  
**MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR DERMAGA**  
**LAMONGAN OIL TANK TERMINAL KAPASITAS 60.000**  
**DWT**  
**KABUPATEN LAMONGAN**

Nama Mahasiswa : Deni Maulana  
NRP : 10111715000027  
Jurusan : D4 LJ Teknik Infrastruktur Sipil – Fak.  
Vokasi – ITS  
Dosen Pembimbing : Ir. Agung Budipriyanto, M. Eng., Ph. D  
: R. Buyung Anugraha, ST. MT

**ABSTRAK**

Dermaga Lamongan Oil Tank Terminal terletak di Lokasi Jl. Daendeles KM. 83,2 – Sedayu Lawas, Brondong, Lamongan dengan panjang trestle kurang lebih 2 km dan lebar trestle 8,5 m. Dermaga rencana dari proyek memiliki tiga terminal dengan kapasitas rencana paling besar yakni kapasitas 50.000 DWT di terminal 3.

Penulis memodifikasi dermaga tersebut dengan mengubah kapasitas kapal menjadi 60.000 DWT sehingga perlu ditambahkan trestle baru sepanjang 1,3 km menyesuaikan dengan draft kapal 60.000 DWT.

Dermaga Lamongan Oil Tank Terminal digunakan sebagai objek tugas akhir untuk dimodifikasi desain dermaga tersebut. Adapun peraturan perhitungan struktur menganut pada **Standard Design Criteria for Ports in Indonesia 1984, Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung SNI-03-2847-2013, Perencanaan Pelabuhan, Bambang Triatmojo, 2009. BMS vol 1 & 2 1992, RSNI Perancangan Jembatan terhadap Beban Gempa dll.**

*Kata Kunci : Dermaga, 60.000 DWT, Fender, Beton*

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

**THE FINAL PROJECT**  
**STRUCTURE DESIGN MODIFICATION OF QUAY**  
**LAMONGAN OIL TANK TERMINAL 60.000 DWT**  
**CAPACITY ON LAMONGAN DISTRICT**

Name : Deni Maulana  
Registration Number : 10111715000027  
Department : D-IV Fourth Diploma Civil  
Infrastructure Engineering – Vocational  
Faculty - ITS  
Supervisor : Ir. Agung Budipriyanto, M. Eng., Ph. D  
: R. Buyung Anugraha, ST. MT

**ABSTRACT**

*Lamongan Oil Tank Terminal Quay located in Daendels St. KM. 83,2 – Sedayu Lawas Village – Brondong – Lamongan District with 2 km total length and 8,5 width trestle. Quay project from project division has three terminals with the biggest capacity over 50.000 DWT on third terminal*

*The writers will make some modification by changing the capacity of 50.000 DWT vessel into 60.000 DWT vessel and as a result it has to add a new trestle with 1,3 km length more or less that adjust with the new draft of 60.000 DWT vessels.*

*Lamongan Oil Tank Terminal is used as a Final Project Assignment by made some modification of the design structure of the quay. Also the guide for structure calculation using from **Standard Design Criteria for Ports in Indonesia 1984, Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung SNI-03-2847-2013, Perencanaan Pelabuhan, Bambang Triatmojo, 2009. BMS vol 1 & 2 1992, RSNI Perancangan Jembatan terhadap Beban Gempa and so on.***

**Keyword : Quay, 60.000 DWT, Fender, Prestressed Concrete**

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kita panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Kuasa, yang telah menganugerahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Modifikasi Desain Struktur Dermaga *Lamongan Oil Tank Terminal* Kapasitas 60.000 DWT di Kabupaten Lamongan” dengan baik dan lancar. Tugas Akhir ini telah menjadi sebuah pelajaran dan pengalaman berharga bagi saya untuk meningkatkan kinerja saya ke depan.

Terwujudnya tugas akhir ini tidak terlepas dari bimbingan, serta bantuan dari semua pihak. Untuk itu, ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya patut saya berikan kepada :

1. Orang tua, yang selalu membantu, baik secara moral maupun material.
2. Ir. Agung Budipriyanto, M. Eng., Ph. D dan R. Buyung Anugraha, ST. MT selaku dosen pembimbing saya
3. Teman-teman mahasiswa dan semua pihak yang telah membantu & mendukung kami

Saya menyadari, bahwa dalam penulisan dan penyusunan tugas akhir ini tidak terlepas dari kesalahan-kesalahan. Oleh sebab itu, saya mengharapkan koreksi dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak.

Surabaya, Juli 2018

Penulis

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

## DAFTAR ISI

ABSTRAK .....	i
ABSTRACT .....	iii
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR TABEL .....	xvii
DAFTAR GRAFIK .....	xvii
DAFTAR NOTASI .....	xix
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penulisan .....	3
1.4 Batasan Masalah .....	3
1.5 Lokasi Studi .....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1 Tinjauan Umum .....	5
2.2 Dasar – dasar perencanaan.....	6
2.2.1 Pengertian Dermaga .....	7
2.2.2 Bentuk/Tipe Dermaga .....	8
2.2.3 Perencanaan Dimensi Dermaga.....	10
2.3 Perencanaan Layout Dermaga .....	13
2.3.1 Trestle .....	13
2.3.2 Platform .....	14
2.3.3 Berthing Dolphin .....	14
2.3.4 Mooring Dolphin .....	14

2.4	Penetapan Elevasi Dermaga dan Dimensi Elemen Struktur .....	15
2.4.1	Elevasi Dermaga .....	15
2.4.2	Dimensi Gelagar Rencana.....	16
2.4.3	Dimensi Tiang Pancang .....	17
2.5	Perencanaan Fender .....	18
2.5.1	Menghitung Energi Tumbukan Kapal.....	18
2.5.2	Pemilihan Tipe Fender .....	20
2.6	Perencanaan Bollard.....	22
2.6.1	Pemilihan Bollard .....	22
2.6.2	Sambungan Bollard.....	24
2.7	Pembebanan .....	25
2.7.1	Pembebanan pada Catwalk .....	25
2.7.2	Pembebanan pada Platform.....	26
2.7.3	Pembebanan pada Mooring Dolphin.....	32
2.7.4	Pembebanan pada Berthing Dolphin.....	33
2.7.5	Pembebanan pada Trestle.....	33
2.7.6	Kombinasi Pembebanan.....	35
2.7.7	Rincian Pembebanan.....	38
2.7	Perencanaan Struktur Catwalk.....	38
8.1.1	Kontrol Penampang.....	38
8.1.2	Kontrol Tekuk Lateral.....	39
8.1.3	Kontrol Lendutan Terjadi.....	39
8.1.4	Sambungan Balok Girder Catwalk.....	39
2.8	Analisa Struktur dan Penulangan .....	41
2.8.1	Penulangan pada plat.....	41

2.8.2	Kontrol Stabilitas Lendutan Plat .....	43
2.8.3	Penulangan pada Balok .....	43
2.8.4	Kontrol Stabilitas Balok .....	47
2.9	Perhitungan Struktur Bawah .....	48
2.9.1	Perhitungan Gaya Spring Vertikal .....	48
2.9.2	Perhitungan Gaya Spring Horizontal .....	48
<b>BAB III METODOLOGI PENULISAN .....</b>		<b>51</b>
3.1	Gambaran Umum .....	51
3.2	Pengumpulan Data .....	51
3.2.1	Data Pokok .....	51
3.3	Penentuan Spesifikasi Dermaga .....	52
3.4	Analisa dan Perencanaan Struktur .....	52
3.5	Kombinasi Pembebanan .....	53
3.6	Kontrol Design .....	57
3.7	Perhitungan Penulangan .....	57
3.8	Penggambaran Struktur .....	57
3.9	Penggambaran Struktur .....	57
3.10	Penulisan Laporan .....	58
3.11	<i>Flowchart</i> Kegiatan .....	59
<b>BAB IV KRITERIA DESIGN .....</b>		<b>61</b>
4.1	Data Yang Digunakan.....	61
4.1.1	Data Kapal .....	61
4.1.2	Data Bathymetri .....	62
4.1.3	Data Arus .....	63
4.1.4	Data Pasang Surut .....	64

4.1.5	Data Tanah	67
4.2	Kualitas Material	69
4.2.1	Beton	69
4.2.2	Baja Tulangan	69
4.2.3	Tiang Pondasi	70
4.3	Perencanaan Tata Letak dan Dimensi	70
4.3.1	Panjang Dermaga	70
4.3.2	Lebar Dermaga	70
4.3.3	Kedalaman Dermaga Rencana	70
4.3.4	Elevasi Lantai Dermaga	71
4.3.5	Dimensi Trestle	71
4.3.6	Dimensi Platform	71
4.3.7	Jarak Bentang Berthing Dolphin	71
4.3.8	Jarak Bentang Mooring Dolphin	72
<b>BAB V PRELIMINARY DESIGN</b>		<b>73</b>
5.1	Tebal Struktur Plat Dermaga	73
5.2	Tebal Struktur Plat Trestle	73
5.3	Preliminary Design Balok Memanjang	74
5.4	Preliminary Design Balok Melintang	74
<b>BAB VI PEMBEBANAN</b>		<b>75</b>
6.1	Beban Horizontal	75
8.1.5	Berthing Force	75
8.1.6	Mooring Force	80
8.1.7	Akibat Gempa	87
8.1.8	Arus	93

6.2	Beban Vertikal .....	95
8.1.9	Beban UDL (Uniform Distributed Load).....	95
8.1.10	Beban KEL (Knife Load).....	97
BAB VII ANALISA STRUKTUR.....		99
7.1	Gambaran Umum .....	99
7.2	Perencanaan Struktur Catwalk.....	99
7.2.2	Permodelan Catwalk .....	99
7.3	Pemodelan Struktur .....	111
7.2.3	Perencanaan Platform.....	111
7.2.4	Perencanaan Trestle.....	126
7.2.5	Perencanaan Berthing Dolphin.....	141
7.2.6	Perencanaan Mooring Dolphin.....	159
7.2.8	Perencanaan Struktur Balok Dermaga .....	174
7.2.9	Perencanaan Struktur Balok Trestle .....	187
7.2.10	Perencanaan Struktur Balok Platform .....	200
7.2.11	Penulangan Kolom Virtual.....	213
7.2.12	Pile Cap Tiang Tegak .....	221
7.2.13	Perencanaan Balok Fender .....	225
7.2.14	Perhitungan Daya Dukung Tanah .....	230
BAB VIII METODE PELAKSANAAN.....		233
8.1	Uraian Pelaksanaan Pemancangan Tiang Pancang.....	233
BAB XI KESIMPULAN.....		241
DAFTAR PUSTAKA.....		248

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Peta Layout Rencana Dermaga.....	4
Gambar 2. 1 Tampang Dermaga (Triatmojo: 2009).....	7
Gambar 2. 2 Wharf pelabuhan Tokyo (PCI, 1980) .....	8
Gambar 2. 3 Dermaga on pile dengan beton bertulang (Soedjono : 2002).....	9
Gambar 2. 4 Perencanaan panjang dermaga (Triatmodjo : 2009) .....	10
Gambar 2. 5 Perencanaan kedalaman dermaga (Soedjono : 2002) .....	12
Gambar 2. 6 Keterangan dimensi kapal (Bridgestone Marine Fender Design Manual) .....	12
Gambar 2. 7 Dimensi kapal Tanker (Bridgestone Marine Fender Design Manual) .....	13
Gambar 2. 8 Layout Standard Dermaga .....	15
Gambar 2. 9 Macam Tipe Fender ((sumber : Port Designer's Handbook Thoressen).....	21
Gambar 2. 10 Perbandingan P/Ef dari masing-masing fender ....	21
Gambar 2. 11 Grafik Koefisien Arus.....	24
Gambar 2. 12 Spesifikasi Marine Loading Arm (sumber : Emchowten Catalogue) .....	26
Gambar 2. 13 Spesifikasi beban sepeda motor.....	27
Gambar 2. 14 Peta percepatan puncak di batuan dasar (PGA) untuk probabilitas terlampaui 10% dalam 50 tahun .....	28
Gambar 2. 15 Peta respons spektra percepatan 0.2 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 10% dalam 50 tahun.....	29
Gambar 2. 16 Peta respons spektra percepatan 1 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 10% dalam 50 tahun.....	29
Gambar 2. 17 Peta percepatan puncak di batuan 14 dari 65 dasar (PGA) untuk probabilitas terlampaui 7 R % dalam 75 tahun .....	30
Gambar 2. 18 Peta respons spektra percepatan 0.2 det 15 dari 65 ik di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun .....	30

Gambar 2. 19 Peta respons spektra percepatan 1 detik 16 dari 65 di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun .....	31
Gambar 2. 20 Bentuk tipikal respon spektra di permukaan tanah .....	32
Gambar 2. 21 Momen akibat posisi titik angkat balok (PCI Design Handbook 7th Edition).... <b>Error! Bookmark not defined.</b>	
Gambar 4. 1 Peta Bathymetri Dermaga Lamongan Oil Tank Terminal .....	62
Gambar 4. 2 Data pengukuran kecepatan dan arah arus tahun 2009.....	63
Gambar 4. 3 Hasil pengukuran Arus di Sedayulawas 8-10 Nopember 2015 .....	64
Gambar 4. 4 Water Level Position .....	67
Gambar 4. 5 Boring profil (BH-2) Desa Sedayulawas, Dermaga Lamongan Oil Tank Terminal kedalaman 0,00 m – 20,00 m.....	68
Gambar 4. 6 Denah titik boring dan sondir Dermaga Lamongan Oil Tank Terminal .....	69
Gambar 6. 1 Spesifikasi SUC 2250 H 2000 mm (Bridgestone Marine Fender Design).....	79
Gambar 6. 2 Spesifikasi Bollard.....	83
Gambar 6. 3 Peta Gambar 6 SNI 2833 2013 dan Lokasi Perencanaan Dermaga .....	89
Gambar 6. 4 Beban UDL Tipe 1 pada Trestle.....	95
Gambar 6. 5 Beban UDL Tipe 2 pada Trestle.....	95
Gambar 6. 6 Beban UDL Tipe 3 pada Trestle.....	96
Gambar 6. 7 Beban UDL Tipe 4 pada Trestle.....	96
Gambar 6. 8 Beban UDL Tipe 5 pada Trestle.....	96
Gambar 6. 9 Beban UDL Tipe 6 pada Trestle.....	96
Gambar 6. 10 Beban UDL Tipe 7 pada Trestle.....	96
Gambar 6. 11 Faktor Beban Dinamis (FBD) untuk BGT, pembebanan Lajur “D”, sumber : SNI T-02-2005 .....	97
Gambar 7. 1 Permodelan Catwalk.....	100
Gambar 7. 2 Model rantai baja grating yang dipakai dengan tebal 25 cm.....	102

Gambar 7. 3 Beban lantai baja grating 12,5 kg/m <sup>2</sup> .....	102
Gambar 7. 4 Hasil momen maksimum untuk momen tekuk lateral .....	103
Gambar 7. 5 Permodelan sap2000 Platform .....	112
Gambar 7. 6 Momen kombinasi 1 (M11) Platform .....	112
Gambar 7. 7 Momen kombinasi (M11) Platform .....	113
Gambar 7. 8 Momen kombinasi 1 (M22) Platform .....	113
Gambar 7. 9 Momen kombinasi 1 (M22) Platform .....	113
Gambar 7. 10 Permodelan Trestle .....	127
Gambar 7. 11 Momen kombinasi 1 (M11) Plat Trestle .....	127
Gambar 7. 12 Momen kombinasi 1 (M22) Plat Trestle .....	128
Gambar 7. 13 Permodelan Berthing Dolphin .....	143
Gambar 7. 14 Momen Kombinasi 1 (M11) Berthing Dolphin ..	144
Gambar 7. 15 Momen Kombinasi 1 (M22) Berthing Dolphin ..	144
Gambar 7. 16 Momen Kombinasi 1 (Mmax) Berthing Dolphin	145
Gambar 7. 17 Momen Kombinasi 1 (Mmax) Berthing Dolphin (Range max) .....	145
Gambar 7. 18 Permodelan Mooring Dolphin .....	160
Gambar 7. 19 Momen Kombinasi 1 (M11) Mooring Dolphin ..	161
Gambar 7. 20 Momen Kombinasi 1 (M22) Mooring Dolphin ..	161
Gambar 7. 21 Momen Kombinasi 1 (Mmax) Mooring Dolphin	162

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Elevasi dermaga di atas HWS .....	11
Tabel 2. 2 Elevasi dermaga di atas HWS .....	15
Tabel 2. 3 Kebutuhan kapasitas bollard berdasarkan kapal rencana .....	22
Tabel 2. 4 Keterangan gambar peta percepatan batuan dasar dan spectra percepatan .....	31
Tabel 2. 5 Koefisien seret gaya angin pada jembatan .....	34
Tabel 6. 1 Tabel Grafik N-SPT Lamongan Oil Tank Terminal ..	88
Tabel 6. 2 Faktor amplifikasi untuk periode 0 detik dan 0,2 detik (FPGA/Fa) .....	90
Tabel 6. 3 Besarnya nilai faktor amplifikasi untuk periode 1 detik (Fv) .....	90
Tabel 6. 4 Tabel Spectra Acceleration.....	92
Tabel 7. 1 Spesifikasi lantai baja Grating.....	102
Tabel 7. 2 Tabel Kombinasi M11 (Kombinasi 1).....	128
Tabel 7. 3 Tabel momen pada berthing Dolphin .....	145
Tabel 7. 4 Tabel Rekapitulasi perhitungan Kv dan kH tiang diameter 1000 mm .....	231
Tabel 7. 5 Tabel Rekapitulasi perhitungan Kv dan kH tiang diameter 800 mm .....	232

## DAFTAR GRAFIK

Grafik 6. 1 Grafik Respon Spektrum.....	93
---	----

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

## DAFTAR NOTASI

Ab	= Luas penampang baut ( $\text{mm}^2$ )
Acp	= Luas yang dibatasi oleh keliling luar penampang beton, $\text{mm}^2$
An	= Luas bersih penampang ( $\text{mm}^2$ )
Atp	= Luas penampang tiang pancang ( $\text{mm}^2$ )
Al	= Luas total tulangan longitudinal penahan torsi ( $\text{mm}^2$ )
Ao	= Luas bruto yang dibatasi oleh lintasan aliran geser ( $\text{mm}^2$ )
Aoh	= Luas penampang yang dibatasi oleh garis as tulangan sengkang ( $\text{mm}^2$ )
As	= Luas tulangan tarik non prategang ( $\text{mm}^2$ )
At	= Luas satu kaki sengkang tertutup pada daerah sejarak s untuk menahan torsi ( $\text{mm}^2$ )
Av	= Luas tulangan geser pada daerah sejarak s atau Luas tulangan geser yang tegak lurus terhadap tulangan lentur tarik dalam suatu daerah sejarak s pada komponen struktur lentur tinggi ( $\text{mm}^2$ )
Aw	= Proyeksi bidang yang tertiuip angin ( $\text{m}^2$ )
b	= Lebar daerah tekan komponen struktur ( $\text{mm}^2$ )
B	= Luas penampang sisi kapal yang terendam kapal (m)
bw	= Lebar badan balok atau diameter penampang bulat (mm)
C	= Jarak dari serat tekan terluar ke garis netral (mm)
Cc	= Koefisien konfigurasi ( $\pm 0,8 - 1,0$ )
CH	= Koefisien hidrodinamik
CM	= Koefisien massa
Cr	= Koefisien eksentrisitas
Cs	= Koefisien kelunakan (0,9)
d	= Jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik (mm)
d'	= Jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tekan (mm)
db	= Diameter nominal batang tulangan, kawat atau strand prategang, diameter baut (mm)

D	= Beban mati atau momen dan gaya dalam yang berhubungan dengan beban mati
Ex	= Pengaruh beban gempa atau momen dan gaya dalam yang berhubungan dengan gempaX
E	= Energi tambat
EB	= Energi Berthing
Efender	= Energi ijin fender
Eo	= Modulus elastisitas tanah pondasi
Ey	= Pengaruh beban gempa atau momen dan gaya dalam yang berhubungan dengan gempaY
Ec	= Modulus elastisitas beton (MPa)
fc'	= Kuat tekan beton yang disyaratkan (MPa)
fci	= Kuat tekan beton pada umur tertentu (MPa)
fr	= Tegangan izin beton yang disyaratkan untuk beton precetak (MPa)
fu	= Kuat tekuk tulangan atau baja (MPa)
fv <sub>y</sub>	= Kuat leleh tulangan torsi longitudinal (MPa)
fy	= Kuat leleh yang disyaratkan untuk tulangan non prategang (MPa)
fys	= Kuat leleh tulangan sengkang torsi (MPa)
g	= Gaya grafitasi (9,81 m/s <sup>2</sup> )
h	= Tinggi total dari penampang
k	= Factor eksentrisitas
ko	= Modulus reaksi horizontal yang harganya konstan sepanjang tiang tertanam
kx,ky	= Koefisien reaksi tanah dibawah permukaan tanah dalam arah mendatar
li	= Panjang tiang yang ditinjau (m)
Ln	= Bentang bersih balok
Lp	= panjang dermaga
Loa	= panjang kapal yang ditambat
Lsf	= panjang penjangkaran baut bollard (mm)
Mu	= Momen terfaktor pada penampang (Nmm)
Mn	= Kekuatan momen nominal jika batang dibebani lentur saja (Nmm)

Mnx	= Kekuatan momen nominal terhadap sumbu x
Mny	= Kekuatan momen nominal terhadap sumbu y
N	= Nilai SPT
Nu	= Beban aksial terfaktor
Pcp	= keliling luar penampang beton (mm)
Ph	= Keliling dari garis as tulangan sengkang torsi
Pn	= Kuat beban aksial nominal pada eksentrisitas yang diberikan (N)
Po	= Kuat beban aksial nominal pada eksentrisitas nol
Pu	= Beban aksial terfaktor pada eksentrisitas yang diberikan (N)
Pa	= Tekanan angin
Rw	= Gaya akibat angin (kg)
Rf	= Gaya akibat arus (kg)
S	= Spasi tulangan geser atau torsi ke arah yang diberikan (N)
Tc	= Kuat momen torsi nominal yang disumbangkan beton
Tn	= Kuat momen torsi nominal (Nmm)
Ts	= Kuat momen torsi nominal yang disumbangkan oleh Tulangan tarik
Tu	= Momen torsi terfaktor pada penampang (Nmm)
V	= Kecepatan tmbat
Vc	= Kuat geser nominal yang disumbangkan oleh beton
Vn	= kecepatan transisi normal ke dermaga (m/s)
Vs	= Kuat geser nominal yang disumbangkan oleh tulangan geser (N)
Vu	= Gaya geser terfaktor pada penampang (N)
W	= Virtual Weight (long ton)
W1	= Berat yang dipindahkan kapal (ton)
W2	= Beban tambahan kapal (ton)
x	= Dimensi pendek bagian berbentuk persegi dari penampang
$\alpha$	= Rasio kekakuan lentur penampang balok terhadap kekakuan lentur dari plat dengan lebar yang dibatasi

secara lateral oleh garis panel yang bersebelahan pada tiap sisi balok

- $\alpha_m$  = Nilai rata - rata  $\alpha$  untuk semua balok tepi dari suatu panel
- $\beta$  = Rasio bentang dalam arah memanjang terhadap arah memendek dari plat dua arah
- $\gamma$  = berat jenis air laut (1,024 ton/m<sup>3</sup>)
- $\delta_s$  = Faktor pembesaran momen untuk rangka yang ditahan terhadap goyangan ke samping, untuk menggambarkan pengaruh penyimpangan lateral akibat beban lateral dan gravitas
- $\delta_{max}$  = Sudut kemiringan fender

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Indonesia sebagai Negara kepulauan mempunya lebih dari 13.000 pulau dan wilayah pantai sepanjang 80.000 km atau dua kali keliling dunia melalui khatulistiwa. Kegiatan pelayaran sangat diperlukan untuk menghubungkan antar pulau, pemberdayaan, sumberdaya kelautan, penjagaan wilayah laut, penelitian laut, dan sebagainya. Salah satu kegiatan pelayaran terpenting adalah pelayaran niaga, yang dapat dibedakan menjadi pelayaran lokal, pelayaran pantai, dan pelayaran samudra. Pada pelayaran lokal, pelayaran hanya bergerak dalam batas daerah tertentu di dalam suatu propinsi di Indonesia, atau dalam dua propinsi yang berbatasan. Sebagai contoh adalah pelayaran di wilayah kepulauan Riau, pelayaran antara pelabuhan Panjang di Propinsi Lampung dan Merak di Jawa Barat. Luas wilayah operasi pelayaran lokal tidak melebihi 200 mil. Kapal-kapal yang digunakan adalah kapal kecil dan biasanya kurang dari 200 DWT. Pelayaran pantai, yang juga disebut pelayaran antar pulau atau pelayaran Nusantara, mempunyai wilayah operasi di seluruh perairan Indonesia. Pelayaran Samudra adalah pelayaran yang beroperasi dalam perairan Internasional, dengan membawa barang barang ekspor impor dari satu Negara ke Negara lain. Selain ketiga jenis pelayaran tersebut, terdapat pelayaran rakyat sebagai usaha angkutan perairan. Pelayaran ini menggunakan kapal-kapal kecil. Wilayah operasinya adalah di seluruh perairan Indonesia.

Dermaga adalah suatu bangunan pelabuhan yang digunakan untuk merapat dan menambatkan kapal yang melakukan bongkar muat barang dan menaikkan-turunkan penumpang. Bentuk dan dimensi dermaga tergantung pada jenis dan ukuran kapal yang bertambat pada dermaga tersebut. Dermaga harus direncanakan sedemikian rupa sehingga kapal dapat merapat dan

bertambat serta melakukan kegiatan di pelabuhan dengan aman, cepat, dan lancar. Di belakang dermaga terdapat apron dan fasilitas jalan. Apron adalah daerah yang terletak antara sisi dermaga dan sisi depan gudang (pada terminal barang umum) atau container yard (pada terminal peti emas), dimana terdapat pengalihan kegiatan angkutan laut (kapal) ke kegiatan angkutan darat (kereta api, truk, dsb). Gudang transit atau container yard digunakan untuk menyimpan barang atau peti kemas sebelum bisa diangkut oleh kapal, atau setelah dibongkar dari kapal dan menunggu pengangkutan barang ke daerah yang dituju.

Dermaga *Lamongan Oil Tank Terminal* merupakan rencana proyek dermaga baru di Lamongan – Gresik yang nantinya diharapkan memiliki peran penting dalam bidang perekonomian khususnya dalam konteks perminyakan. Setiap tahunnya distributor minyak semakin meningkat. Hal ini mendorong pengguna jasa kepelabuhan memerlukan pelayanan lebih efektif guna menunjang permintaan klien yang juga meningkat. Untuk mencapai target tersebut maka direncanakan konstruksi Dermaga *Lamongan Oil Tank Terminal*.

Pada tugas akhir kali ini, penulis memodifikasi desain struktur dermaga *Lamongan Oil Tank Terminal* milik PT. NATPAC Graha Arthamas dengan menambah kapasitas kapal 60.000 DWT ke dalam perencanaannya. Perencanaan dermaga ini bertujuan untuk memperluas fasilitas dermaga minyak yang sudah ada.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas maka dapat dirumuskan masalah tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

- a. Bagaimana merencanakan struktur bangunan dermaga ?
- b. Bagaimana metode pelaksanaan dari perencanaan dermaga tersebut ?
- c. Bagaimana memperhitungkan perencanaan struktur dermaga tersebut ?

### **1.3 Tujuan Penulisan**

Berdasarkan perumusan masalah di atas, maka tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

- a. Memahami prosedur perhitungan dan gaya yang bekerja pada dermaga kapasitas 60.000 DWT
- b. Memahami prosedur perencanaan dan perhitungan gaya-gaya yang terjadi akibat beban yang terjadi pada dermaga
- c. Membandingkan hasil desain perencanaan perhitungan sebelum dimodifikasi dengan sesudah dimodifikasi untuk nantinya akan dicari efisiensi dan penghematan biaya yang diharapkan
- d. Mampu merencanakan dan mendesain setiap detail bangunan struktur pada dermaga

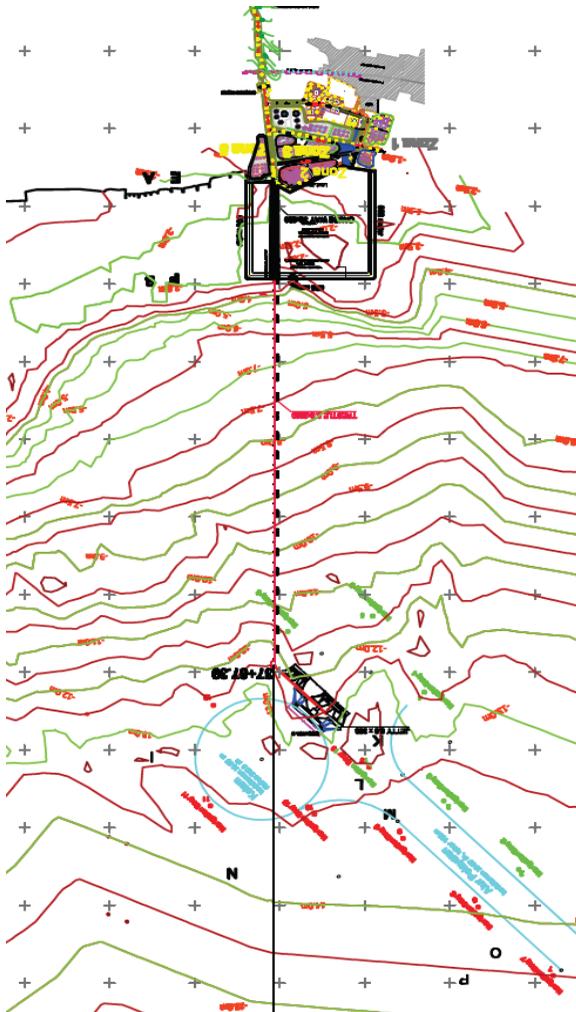
### **1.4 Batasan Masalah**

Adapun batasan masalah pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

- a. Tidak melakukan perhitungan rencana anggaran biaya
- b. Tidak melakukan perhitungan pipa saluran curah cair

### **1.5 Lokasi Studi**

Lokasi proyek Tugas akhir ini mengambil dari proyek PT. Natpac Arthamas yang berlokasi di Jl. Daendels KM. 83 Desa Sedayu Lawas, Kecamatan Brondong, Kabupaten Lamongan, Jawa Timur.



Gambar 1. 1 Peta Layout Rencana Dermag

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Tinjauan Umum**

Dermaga adalah suatu bangunan pelabuhan yang digunakan untuk merapat dan menambatkan kapal yang akan melakukan bongkar muat barang dan menaik-turunkan penumpang yang merupakan suatu struktur yang dibuat di laut yang menghubungkan bagian darat dan terdiri dari bangunan atas yang terbuat dari balok, pelat lantai dan tiang pancang yang mendukung bangunan di atasnya. Konstruksi dermaga diperlukan untuk menahan gaya-gaya akibat tumbukkan kapal dan beban selama bongkar muat. Dimensi dermaga didasarkan pada jenis dan ukuran kapal yang akan merapat dan bertambat pada dermaga tersebut. Dalam mempertimbangkan ukuran dermaga harus didasarkan pada ukuran-ukuran minimal sehingga kapal dapat bertambat dan meninggalkan dermaga maupun melakukan bongkar muat dengan aman, cepat dan lancar.

Dalam perencanaan struktur dermaga Lamongan Oil Tank Terminal, terdapat beberapa langkah yang harus dikerjakan. Tahap pertama yang akan dikerjakan meliputi penetapan dimensi dermaga dan dimensi elemen struktur. Dilanjutkan dengan tahap kedua yaitu perencanaan pembebanan. Pada tahap ketiga adalah penulangan elemen struktur dan tahap keempat adalah perhitungan daya dukung fondasi.

Pada tahap pertama meliputi penetapan panjang, lebar dan elevasi dermaga dengan acuan yang digunakan adalah *Standard Design Criteria for Ports in Indonesia 1984* dan **Desain Kriteria Perencanaan Pelabuhan, Direktorat Jendral Perhubungan Laut Direktorat Pelabuhan dan Pengerukan, 1984**. Dilanjutkan dengan perencanaan struktur elemen plat, balok, oper dan tiang

pancang yang menggunakan acuan **Panduan Perencanaan Teknik Jembatan BMS 1992**.

Pada tahap kedua yaitu perencanaan pembebanan meliputi beban Vertikal dan beban horizontal. Beban vertikal yang terjadi adalah beban mati dan beban hidup, sedangkan beban horizontal terdiri dari beban tumbukan kapal, beban tambat kapal dan beban gempa. Perencanaan pembebanan yang dilakukan menggunakan acuan *Standard Design Criteria for Ports in Indonesia 1984*, *Panduan Perencanaan Teknik Jembatan BMS 1992*, *Technical Standards for Ports and Harbour Facilities in Japan, 1980*, dan *Bridgestone Manua Fender Design*.

Tahap ketiga adalah penulangan elemen struktur di mana pada tahap ini digunakan acuan **Perencanaan Penulangan Berdasarkan Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971, SK SNI T-15-1991-03, dan Panduan Perencanaan Teknik Jembatan BMS 1992**. Dan pada tahap keempat adalah perhitungan daya dukung fondasi, dengan pembebanan yang diperoleh dari permodelan struktur yang telah dilakukan dan perhitungan daya dukung tiang pancang berdasarkan hasil analisa tanah.

## **2.2 Dasar – dasar perencanaan**

Pedoman atau dasar teori yang digunakan dalam perencanaan dermaga secara umum dari buku buku atau peraturan –peraturan di bawah ini, yaitu :

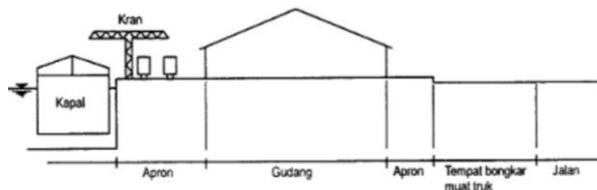
- a. Standart Design and Creteria for Port in Indonesia, (Communicatios, 1994), 1994
- b. Perencanaan Pelabuhan, Bambang Triatmodjo, 2009
- c. Perencanaan Pelabuhan, Suedjono Kramadibrata, 2002
- d. Rubber Fender, Kossan Rubber Industries Berhad, 2007
- e. Marine Fender Design Manual, Bridgestone
- f. SNI 03 – 2847 – 2002, Tata Cara Pelindungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung, 2002

- g. SNI 2833-2008, Standart Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Jembatan.
- h. RSNI T-02 2005, Standar Pembebanan Untuk Jembatan
- i. RSNI T-12-2004, Perencanaan Struktur Beton Untuk Jembatan
- j. RSNI 02 2388-2013, Perencanaan Jembatan Terhadap Beban Gempa
- k. Bridgestones manual fender design
- l. Standart Design Criteria for Port in Indonesia 1984
- m. Perencanaan Beton Bertulang Indonesia 1971

Berikut adalah teori-teori yang berkaitan dalam perencanaan Dermaga Lamongan Oil Tank Terminal.

### 2.2.1 Pengertian Dermaga

Dermaga adalah suatu bangunan pelabuhan yang digunakan untuk merapat dan menambatkan kapal yang melakukan bongkar muat barang dan menari-turunkan penumpang. (Triatmojo, Bambang : 2009). Dermaga memiliki dimensi dan bentuk rencana yang disesuaikan pada jenis kapal yang berlabuh, peruntukan dermaga atau fasilitas yang akan digunakan pada dermaga tersebut.



Gambar 2. 1 Tampang Dermaga (Triatmojo: 2009)

Dermaga juga dilengkapi dengan bangunan pelengkap seperti halnya pada gambar di atas yaitu terdiri dari apron, gudang penyimpanan, lapangan penimbunan, akses jalan bahkan terkadang dilengkapi oleh jalur rel kereta api. Apron sendiri adalah daerah di

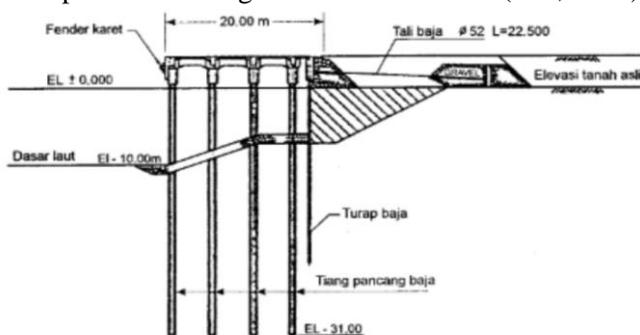
belakang muka dermaga atau daerah diantara sisi dermaga dan gudang (pada terminal barang umum atau countainer yard (pada terminal peti kemas) dan pada daerah ini lah terjadi proses bongkar muat dan alur perjalanan tuk pegngkut

### 2.2.2 Bentuk/Tipe Dermaga

Dilihat dari penampilan pada layout pelabuhan, betuk dermaga dapat dibagi menjadi :

#### a. Wharf

Dermaga yang paralel dengan garis pantai dan biasanya berhimpit dengan garis pantai. Wharf biasanya digunakan untuk pelabuhan barang potongan atau peti Gambar 2. 1 Tampang Dermaga (Triatmojo: 2009). 9 9 kemas dimana dibutuhkan suatu alaman terbuka yang cukup luas untuk menjamin kelancaran angkutan barang. Contoh Wharf kontruksi terbuka adalah pelabuhan Tokyo yang digunakan untuk melayani kapal barang umum dan peti kemas dengan bobot 30.000 dwt (PCI, 1990).



Gambar 2. 2 Wharf pelabuhan Tokyo (PCI, 1980)

#### b. Dermaga/Pier

Pier adalah dermaga serupa wharf (berada di garis pantai) yang berbentuk seperti jari dan dapat untuk merapat kapal pada ledua sisinya, sehingga bisa digunakan bersandar kapal dalam

jumlah lebih banyak untuk stu satuan pajang pantai. Perairan diantara dua pier yang berdampingan disebut slip.

#### c. Dolphin

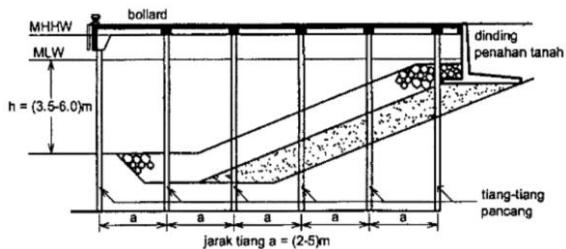
Struktur yang digunakan untuk bersandar di laut lepas. Dolphin ada dua jenis yaitu untuk menahan benturan (breasting Dolphin) di depan dermaga dan untuk mengikat kapal di gunakan dolphi penambat (mooring Dolphin).

#### d. Bentuk Gabungan

Apabila garis kedalaman laut yang hampir merata dan sejajar dengan garis pantai terletak agak menjorok ke arah laut, maka bentuk dermaga sebaiknya wharf yang dikombinasikan dengan jembatan penghubung (approach trestle). Pemilihan ini akan sangat mengurangi biaya pengerukan untuk menyediakan kolam pelabuhan.

#### e. Dermaga On Pile

Seperti namanya, dermaga on pile adalah dermaga yang menggunakan pondasi tiang sebagai kontruksi bangunan bawah sesuai dengan karakteristik dan kedalaman peruntukan. Jenis tiang pancang yang digunakan dapat berupa kayu (ulin) serta baja atau beton (bertulang/pratekan) jika diperlukan pondasi yang sangat dalam. Di Indonesia, penerapan dermaga tipe on pile dapat dijumpai hampir di semua pelabuhan.



Gambar 2. 3 Dermaga on pile dengan beton bertulang (Soedjono : 2002)

## 2.2.3 Perencanaan Dimensi Dermaga

### 2.2.3.1 Panjang Dermaga

Pada umumnya panjang dermaga adalah panjang kapal ditambah 10% dari panjang kapal pada ujung-ujungnya. Namun, ketentuan tersebut tidak sepenuhnya berlaku, karena dimensi dermaga dan perairan untuk tambat tergantung pada jenis, ukuran dan jumlah kapal yang akan dilayani serta ada faktor-faktor lain seperti pengaruh dari fasilitas pelabuhan atau alat bongkar muat yang akan digunakan. Dermaga peruntukan kapal pengangkut curah cair/kering yang alat bongkar muatnya cukup menggunakan media pipa cenderung memiliki ukuran dermaga yang lebih kecil.

Menurut International Maritime Organization (IMO) perencanaan panjang dermaga dapat dihitung dengan persamaan berikut :

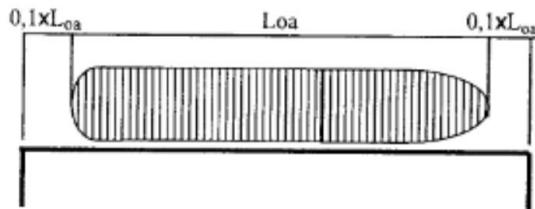
$$L_p = nL_{OG} + (n + 1) \times 10\% \times L_{OG}$$

dengan:

$L_p$  : panjang dermaga

$L_{oa}$  : panjang kapal yang ditambat

$n$  : jumlah kapal yang ditambat



Gambar 2. 4 Perencanaan panjang dermaga (Triatmodjo : 2009)

### 2.2.3.2 Lebar Dermaga

Lebar dermaga ditentukan berdasarkan kegunaan dari dermaga yang ditinjau dari jenis dan volume barang yang mungkin ditangani dermaga tersebut serta ruang gerak yang cukup agar peralatan bongkar muat dapat melakukan manuver dengan aman, leluasa, cepat dan lancar. Lebar dermaga (apron) biasanya berukuran antara 15 m – 25 m (Triatmodjo, Pelabuhan : 2009).

Pada bagian apron tersebut ditempatkan peralatan bongkar muat serta pengoperasian peralatan lainnya.

### 2.2.3.3 Elevasi Apron / Lantai Dermaga

Tinggi deck/lantai dermaga disesuaikan dengan kondisi muka air rencana dan pasang surut daerah setempat ditambah dengan angka kebebasan agar tidak terjadi limpasan (overtopping) pada saat terjadi gelombang. Berdasarkan Standard Design Criteria for Ports in Indonesia (1984), tabel 7.2. elevasi lantai dermaga ditentukan sebagai berikut :

Tabel 2. 1 Elevasi dermaga di atas HWS

	Pasang Surut $\geq 3$ meter	Pasang Surut < 3 meter
Dermaga untuk kapal – kapal yang memerlukan kedalaman air $\geq 4,5$	0,5 – 1,5 m	1,0 – 3,0 m
Dermaga untuk kapal – kapal yang memerlukan kedalaman air < 4,5 m	0,3 – 1,0 m	0,5 – 1,5 m

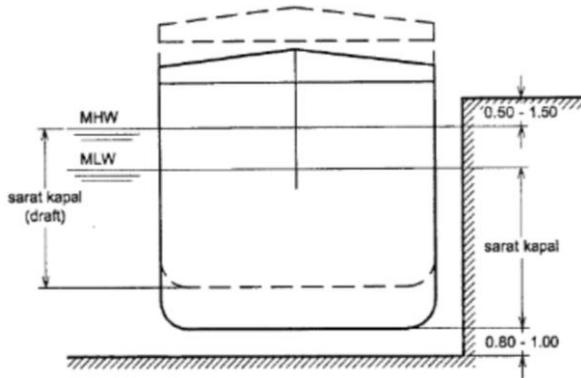
Berdasarkan ketentuan tabel tersebut, kedalaman air rencana yang dibutuhkan dalam menentukan elevasi apron dihitung dengan rumus:

$$(1,05 - 1,15) \times Full\ Draft$$

### 2.2.3.4 Kedalaman Dermaga

Dalam perencanaan kedalaman dermaga hal yang harus diperhatikan adalah ketinggian draf kapal maksimum serta kondisi pasang surut yang di aplikasikan pada data bathymetry yang ada ditambah dengan jarak aman. Jarak aman dalam perencanaan dermaga (clearance) sebesar 0,8 – 1 m dibawah lunas kapal. Jarak ini ditentukan berdasarkan ketentuan operasional pelabuhan (panambatan kapal dengan/tanpa kapal tunda) dan kontruksi

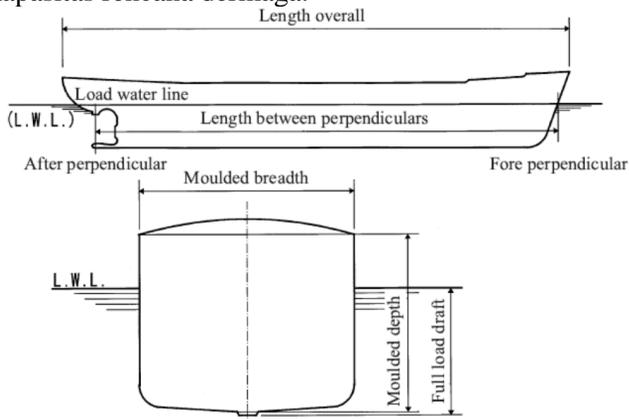
dermaga. Sedangkan untuk taraf dermaga ditentukan antara 0,5 – 1,5 m di atas MHWS sesuai dengan besar ukuran kapal.



Gambar 2. 5 Perencanaan kedalaman dermaga (Soedjono : 2002)

### 2.2.2.5 Karakteristik Kapal

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



Gambar 2. 6 Keterangan dimensi kapal (Bridgestone Marine Fender Design Manual)

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

Tanker								Berthing energy (ton-m)		
Dead weight tonnage	Loaded displacement tonnage	Length (m)	Width (m)	Depth (m)	Full draught (m)	Additional weight (ton)	Estimated weight (ton)	Berthing speed (at 0.1 m/s)	Berthing speed (at 0.15 m/s)	Berthing speed (at 0.2 m/s)
1,000	1,333	61	8.9	4.5	4.2	866	2,199	0.6	1.4	2.2
2,000	2,667	76	11.2	5.7	5.1	1,591	4,258	1.1	2.5	4.3
3,000	4,000	87	12.8	6.5	5.7	2,274	6,274	1.6	3.6	6.4
4,000	5,333	96	14.0	7.2	6.2	2,969	8,302	2.1	4.7	8.5
5,000	6,667	103	15.1	7.8	6.5	3,501	10,168	2.6	5.9	10.4
6,000	8,000	110	16.0	8.2	6.9	4,214	12,214	3.1	7.0	12.5
7,000	9,331	116	16.8	8.7	7.2	4,838	14,169	3.6	8.1	14.5
8,000	10,667	126	15.7	9.0	7.4	5,552	16,219	4.1	9.2	16.6
10,000	13,333	140	17.2	9.8	7.9	7,030	20,363	5.2	11.7	20.8
12,000	16,000	150	18.4	10.4	8.3	8,314	24,314	6.2	14.0	24.8
15,000	20,000	163	20.0	11.2	8.8	10,156	30,156	7.7	17.3	30.8
17,000	22,667	170	21.0	11.7	9.1	11,327	33,994	8.7	19.6	34.7
20,000	26,667	164	23.7	12.3	9.5	11,909	38,576	9.8	22.1	39.4
25,000	33,333	176	25.5	13.3	10.1	14,446	47,779	12.2	27.5	48.8
30,000	40,000	187	27.1	14.1	10.6	16,906	56,906	14.5	32.6	58.1
35,000	46,667	197	28.5	14.8	11.1	19,530	66,197	16.9	38.0	67.6
40,000	53,333	206	29.7	15.5	11.5	21,920	75,253	19.2	43.2	76.8
45,000	60,000	223	30.5	15.2	11.2	22,507	82,507	21.1	47.5	84.2
50,000	66,667	222	32.0	16.7	12.2	26,586	93,253	23.8	53.6	95.2
60,000	80,000	236	34.0	17.8	12.8	31,111	111,111	28.3	63.7	113.4
65,000	86,667	250	34.0	18.0	13.3	35,581	122,248	31.2	70.2	124.7
70,000	93,333	248	35.7	18.7	13.4	35,830	129,163	33.0	74.3	131.8
80,000	106,640	260	37.3	19.6	13.9	40,419	147,059	37.5	84.4	150.1
85,000	113,333	260	38.1	18.7	14.0	41,002	154,335	39.4	88.7	157.5
100,000	133,333	280	40.1	21.1	14.8	49,347	182,680	46.6	104.9	186.4
120,000	160,000	297	42.6	22.4	15.5	57,412	217,412	55.5	124.9	221.9
150,000	200,000	320	45.8	24.1	16.5	70,097	270,097	68.9	155.0	275.6
200,000	272,000	326	49.8	23.2	17.7	82,178	354,178	90.4	203.4	361.4
250,000	333,333	338	51.8	26.7	20.6	115,410	448,743	114.5	257.6	457.9

Gambar 2. 7 Dimensi kapal Tanker (Bridgestone Marine Fender Design Manual)

## 2.3 Perencanaan Layout Dermaga

### 2.3.1 Trestle

Trestle adalah bagian dari struktur jetty yang berfungsi untuk menghubungkan jetty dengan daratan apabila jetty terletak jauh dari tepi pantai. Panjang trestle ditentukan oleh panjang yang dibutuhkan untuk menghubungkan jetty sampai ke darat. Sedangkan lebar trestle ditentukan berdasarkan lalu lintas apa saja yang lewat di atasnya dan fasilitas yang akan dipasang di atasnya.

### 2.3.2 Platform

Platform adalah bagian dermaga berupa pelat sebagai tempat peralatan bongkar-muat seperti marine loading arm dan pipa untuk bongkar muat curah cair. Dimensi utama dari unloading platform ditentukan oleh jarak yang dibutuhkan marine loading arm. Jarak minimum antar marine loading arm adalah 3-4.5 m. dimensi umum dari loading platform biasanya 20 x 35 m<sup>2</sup>

### 2.3.3 Berthing Dolphin

Berthing Dolphin adalah tempat merapat kapal di mana pada breasting Dolphin terletak fender yang berfungsi sebagai penahan benturan kapal. Adapun perhitungan jarak bentang minimum antar berthing Dolphin, berdasarkan *Port Designer's Handbook Thoressen*, dihitung dengan rumus berikut :

Untuk dermaga dengan kapal berbagai tipe DWT :

$$As \text{ to } As = (0,25 - 0,4) \times LOA \quad \dots\dots\dots (2-1)$$

Untuk dermaga dengan kapal satu (1) tipe DWT :

$$As \text{ to } As = 0,3 \times LOA \quad \dots\dots\dots (2-2)$$

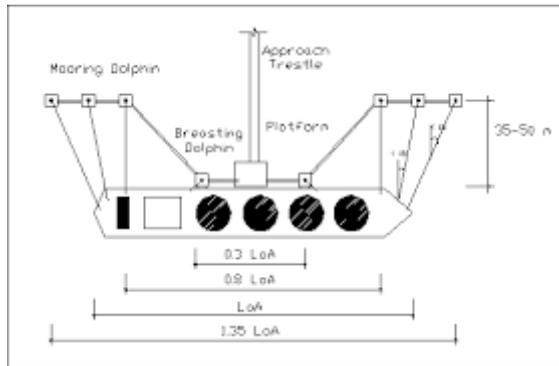
### 2.3.4 Mooring Dolphin

Mooring Dolphin adalah bagian struktur dermaga yang berfungsi untuk menahan gaya tarikan kapal. Pada mooring Dolphin dilengkapi dengan bollard yang berfungsi sebagai tempat mengikat tali yang bersambung ke kapal. Jarak antar mooring Dolphin ditentukan dengan ketentuan :

$$As \text{ to } As = (0,8 - 1,35) \times LOA \quad \dots\dots\dots (2-3)$$

Penempatan mooring Dolphin harus diatur sedemikian rupa sehingga sudut horizontal yang dibutuhkan oleh tali tidak melebihi

ketnetuan yang berlaku. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2.1 berikut.



Gambar 2. 8 Layout Standard Dermaga

## 2.4 Penetapan Elevasi Dermaga dan Dimensi Elemen Struktur

### 2.4.1 Elevasi Dermaga

Berdasarkan Desain Kriteria Perencanaan Pelabuhan, Direktorat Jenderal Perhubungan Laut Direktorat Pelabuhan dan Pengerukan, 1984, Halaman 5, ditentukan besarnya elevasi dermaga di atas HWS berdasarkan besarnya pasang surut air laut dan kedalaman air rencana sebagai berikut :

Tabel 2. 2 Elevasi dermaga di atas HWS

	Pasang surut $\geq 3$ meter	Pasang surut $< 3$ meter
Dermaga untuk kapal – kapal yang memerlukan kedalaman air $\geq 4,5$	0,5 – 1,5 m	1,0 – 3,0 m
Dermaga untuk kapal – kapal yang	0,3 – 1,0 m	0,5 – 1,5 m

memerlukan  
kedalaman air < 4,5  
m

### 2.4.2 Dimensi Gelagar Rencana

Pada sebuah dermaga, terdapat gelagar di bawah plat lantai yang terdiri dari balok melintang dan balok memanjang. Dalam perencanaan geagar tersebut digunakan acuan **Bridge Design Manual BMS part 3 section 5 hal. 5-4** yang menyebutkan bahwa tinggi efektif balok dengan kekakuan memadai direncanakan berdasarkan ketentuan berikut ini :

$$D \geq 165 + 0,06L \quad \dots\dots\dots (2-4)$$

Dengan :

D = tinggi gelagar

L = Panjang gelagar

Tinggi gelagar menerus adalah 90% dari tinggi bentang sederhana di atas.

#### Kontrol Kelangsingan Balok

Berdasarkan **Panduan Perencanaan Teknik Jembatan BMS 1992 pasal 6.5.8.2 hal 6-47**, kontrol kelangsingan minimum gelagar digunakan rumus sebagai berikut :

$$Lt \frac{Lt}{b_{eff}} \leq 240 \frac{b_{eff}}{D} \quad \dots\dots\dots (2-5)$$

$$Lt \frac{Lt}{b_{eff}} \leq 240 \frac{b_{eff}}{D} \quad \dots\dots\dots (2-6)$$

Dengan :

Lt = jarak antar balok melintang (mm)

$b_{\text{eff}}$  = Lebar balok (mm)

D = Tinggi total balok (mm)

### 2.4.3 Dimensi Tiang Pancang

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

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

Penentuan lokasi penjepitan

Panjang penjepitan (io) dihitung dengan rumus **L. Y. Chang** (*Technical Standards for Port and Harbour Facilities 12 in Japan* hal 142-144) sehingga diperoleh persamaan sebagai berikut :

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{kh \cdot B}{4 \cdot EI}} \quad \dots\dots\dots (2-7)$$

$$\ln 1 = \frac{1}{B} \left( \tan^{-1} \frac{1-\beta h}{1+\beta h} + \pi \right) \quad \dots\dots\dots (2-8)$$

$$\ln 1 = \frac{1}{B} \left( \tan^{-1} \frac{1-\beta h}{1+\beta h} \right) \quad \dots\dots\dots (2-9)$$

$$kh = 0,15 N$$

Dengan :

E = Modulus elastisitas tiang (kg/cm<sup>2</sup>)

$$= 2 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

I = Momen inersia tiang (cm<sup>4</sup>)

H = Tinggi pembebanan

kh = Modulus reaksi horizontal yang harganya konstan sepanjang tiang terbenam diperoleh dari Technocal Standards For Port dan Harbor Facilities di Japan 1980 hal 214.

D = Diameter tiang (cm)

Untuk memperhitungkan pengaruh teknik, baik selama pemancangan maupun saat memikul beban permanen, diambil persyaratan teknis menurut Technic Standards for Port and Harbour facilities in Japan 1980 yaitu sebagai berikut :

$$\frac{L}{D} \leq 60-70 \quad \dots\dots\dots (2-10)$$

Dengan :

L = Panjang tiang yang berpengaruh teknik (mm)

D = Panjang diameter tiang (mm)

## 2.5 Perencanaan Fender

Fender berfungsi sebagai penahan beban tumbukan kapal pada waktu merapat serta mengubah beban akibat tumbukan menjadi gaya reaksi yang mampu diterima oleh konstruksi dan kapal secara aman. Berikut adalah langkah-langkah dalam merencanakan fender.

### 2.5.1 Menghitung Energi Tumbukan Kapal

Energi tumbukan kapal dapat dihitung dengan rumus :

$$E_f = W_s \cdot \frac{v}{2 \cdot g} \cdot C_m \cdot C_e \cdot C_c \cdot C_s \quad \dots\dots\dots (2-11)$$

Dimana :

Ws = displacement tonnage (ton)

v = kecepatan sandar kapal (m/s)

$C_b$  = koefisien blok kapal, dihitung dengan :

$$C_b = \frac{W}{L_{pp} \cdot B \cdot d \cdot \rho} \quad \dots\dots\dots (2-12)$$

$B$  = lebar kapal (m)

$d$  = draft kapal (m)

$\rho$  = massa jenis air laut = 1,025 t/m<sup>3</sup>

$L_{pp}$  = length between perpendicular (m)

$$L_{pp} = 0,852 \times L_{oa} = 1,0201 \quad \dots\dots\dots (2-13)$$

$C_m$  = koefisien massa, dihitung dengan :

$$C_m = 1 + \frac{(\pi \cdot d)}{2 \cdot C_b \cdot B} \quad \dots\dots\dots (2-14)$$

$C_E$  = koefisien eksentrisitas, merupakan koefisien perbandingan antara energi yang tersisa akibat merapatnya kapal terhadap energi kinetik waktu kapal merapat.  $C_E$  dihitung dengan :

$$C_E = \frac{1}{1 + \left(\frac{l}{r}\right)^2} \quad \dots\dots\dots (2-15)$$

Dari rumus diatas, dibutuhkan harga  $l$  dan  $r$ , di mana :

$l$  = jarak terpendek antara centre of gravity (c.g) kapal sampai ke titik tumbuknya, yaitu sebesar :

$l = 4$  untuk kade, jetty

$l = \frac{1}{4} L_{oa}$  untuk Dolphin

$r$  = jari-jari perputaran dengan pusat c.g kapal. panjang jari-jari c.g sampai titik tumbuk.

$CC$  = Configuration Coefficient. Adalah koefisien untuk konfigurasi struktur tambatan dalam rangka memperhitungkan adanya efek bantalan air. Efek ini timbul karena adanya massa air yang terjepit antara posisi

kapal merapat dengan tambatan. Bila tambatan merupakan konstruksi solid (misalnya = kade) maka adanya efek bantalan akan mengurangi energy tumbukan, sedang pada konstruksi Open pier atau Jetty air tidak membentuk bantalan.

CC = 0,8 untuk kade, wharf

CC = 1 untuk jetty, open pier

CS = Softness Coefficient. Adalah koefisien untuk mengantisipasi pengaruh deformasi elastis terhadap badan kapal maupun konstruksi tambatan.

CS = 0,9 - 1,0

CS = 1,0 (kapal baja)

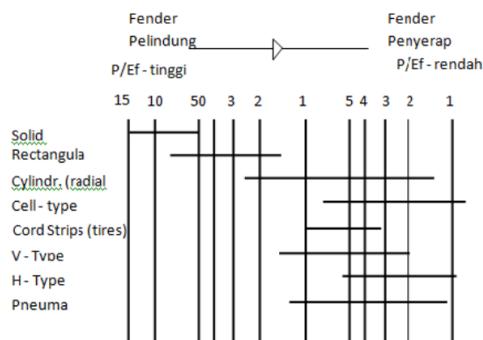
### **2.5.2 Pemilihan Tipe Fender**

Ada berbagai type bahan untuk fender diantaranya kayu, beton dan karet. Dari ketiga jenis bahan tersebut bahan karet memiliki kemampuan menyerap energi yang paling efektif, murah dan mudah dipasang. Gambar 2.2 berikut menunjukkan macam – macam bentuk fender.

Type	Fendershape	Sizes $D_0, H_0, H_1$ in mm	Reaction kN	Energy kJ/m	Performance curve
Cylindrical		150/1000 ↓ 2800/5800	80 ↓ 6 600	3 ↓ 5000	
Cell		400/350 ↓ 3000/2250	52 ↓ 5 800	8 ↓ 6 700	
V-type		250/1000 ↓ 1000/2000	150 ↓ 2 290	15 ↓ 940	
		200/1000 ↓ 1300/2500	150 ↓ 3 400	10 ↓ 1 500	
H-type		400/500 ↓ 2 500/4000	140 ↓ 6 900	22 ↓ 7 000	
Pneumatic		500/1000 ↓ 4500/12000	50 ↓ 8 500	4 ↓ 7 000	

Gambar 2. 9 Macam Tipe Fender ((sumber : Port Designer's Handbook Thoressen)

Perfomansi dari sebuah fender dapat dinyatakan dengan perbandingan P (gaya tekan beban radial) terhadap Ef (energi fender). Hal ini dapat digunakan sebagai acuan pengambilan keputusan penetapan bentuk fender yang akan digunakan. Gambar 2.3 berikut menunjukkan perbandingan P/Ef dari masing-masing type fender



Gambar 2. 10 Perbandingan P/Ef dari masing-masing fender

## 2.6 Perencanaan Bollard

Bollard merupakan fasilitas tambat pada suatu dermaga yang berfungsi sebagai tambatan kapal saat merapat di dermaga. Perencanaan bollard ini berkaitan dengan adanya gaya tarikan kapal yang harus disediakan agar dapat melayani kapal rencana.

### 2.6.1 Pemilihan Bollard

Pemilihan tipe bollard disesuaikan dengan gaya tambat kapal sesuai dengan ukurankapal rencana dan dibandingkan dengan gaya pada kapal akibat angin dan arus yang terjadi.

#### 2.6.1.1 Gaya Tambat

Kapal Berikut adalah Tabel 2.2 yang menunjukkan kebutuhan kapasitas bollard berdasarkan kapal rencana yang akan bertambat dan hubungannya dengan kapasitas bollard berdasarkan Standard Design Criteria for Ports in Indonesia tabel 5.2.

Tabel 2. 3 Kebutuhan kapasitas bollard berdasarkan kapal rencana

Gross Tonnage of Vessel (Ton)	Tractive force on bollard (Ton)
200-500	10
501-1000	15
1001-2000	15
2001-3000	25
3001-5000	25
5001-10000	35
10001-15000	50
15001-20000	50
20001-100000	75

#### 2.6.1.2 Gaya Akibat Angin

Gaya akibat angin pada badan kapal yang ada di atas air dihitung dengan rumus :

$$P_w = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot C \cdot V^2 \cdot (A \cdot \cos^2 \theta + B^2 \cdot \sin^2 \theta) \dots \dots \dots (2-16)$$

Dimana :

- Pw = gaya resultan akibat pengaruh angin (kg)
- $\rho$  = kepadatan udara = 0,123 kg.sec<sup>2</sup> /m<sup>4</sup>
- C = koefisien tekanan angin = 1,135
- V = kecepatan angin (m/s)
- A = luasan muka kapal di atas air
- B = luasan badan kapal di atas air
- $\theta$  = sudut arah datang angin terhadap sumbu memanjang kapal.

Gaya yang terjadi harus dihitung pada angin kondisi normal dan badai dengan disesuaikan pada arah datang angin pada sisi kapal yang menahan angin tersebut.

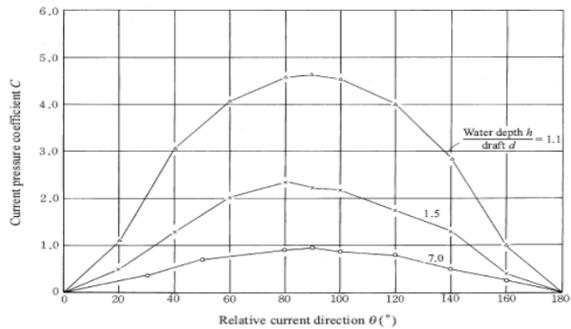
### 2.6.1.3 Gaya Akibat Arus

Tekanan arus pada badan kapal yang ada di bawah air dihitung dengan :

$$P_c = C_c \cdot \gamma_c \cdot A_c \frac{V_c}{2g} \quad \dots\dots\dots (2-14)$$

Dimana :

- P<sub>c</sub> = tekanan arus pada kapal (ton)
- $\gamma_c$  = berat jenis air laut = 1,025 t/m<sup>3</sup>
- A<sub>c</sub> = Luas kapal di bawah muka air (m<sup>2</sup>), dihitung pada empat kondisi, kapal penuh dan kapal kosong dengan masing-masing ditinjau sisi depan dan samping kapal
- V<sub>c</sub> = Kecepatan arus
- C<sub>c</sub> = koefisien tekanan arus. Berdasarkan *Technical Standarts And Commentaries For Port and Harbour Facilities in Japan*, koefisien arus dapat diketahui dari grafik yang ditunjukkan pada gambar 2.4 berikut



Gambar 2. 11 Grafik Koefisien Arus  
 Untuk arus tegak lurus kapal,  $C_c = 1,5$   
 Untuk arus sejajar kapal,  $C_c = 0,6$

### 2.6.2 Sambungan Bollard

Agar bollard bisa menyatu dengan struktur dermaga, maka digunakan sambungan baut - bollard. Adapun tahapan perencanaan sambungan baut meliputi perhitungan kontrol tegangan izin baut yang disyaratkan menurut **Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 pasal 8.2.1**, di mana :

- Tegangan geser izin :  
 $\tau_{izin} = 0,6.\sigma$  ..... (2-18)
- Tegangan tarik izin :  
 $\sigma_t = 0,7.\sigma$  ..... (2-19)
- Tegangan tumpu izin :  
 $\sigma_{tu} = 1,5.\sigma$  ..... (2-20)

Gaya tarik yang bekerja pada bollard disesuaikan dengan sudut tali yang terjadi.

$$T' = T.\sin\theta^\circ \text{ (ton)} \quad \dots\dots\dots (2-21)$$

$$T'' = T.\cos\theta^\circ \text{ (ton)} \quad \dots\dots\dots (2-22)$$

Kemudian dilakukan perhitungan kontrol kekuatan baut terhadap momen yang terjadi akibat gaya horizontal dan gaya vertikal.

- Kontrol kekuatan baut akibat gaya horizontal
  - $R_h = T'' / nb$  (jumlah baut) ..... (2-22)
  - $M = R_h \cdot h$  ..... (2-23)
- Kontrol kekuatan baut akibat gaya vertikal
  - $R_{v1} = T' / nb$  ..... (2-24)
  - $R_{v2} = M / 2a$  ..... (2-25)
  - $R_v = R_{v1} + R_{v2}$  ..... (2-26)

### Penjangkaran bollard

Penjangkaran bollard dilakukan dengan perhitungan kekuatan tiap baut anker terhadap  $R_h$  dan  $R_v$  yang terjadi.

$$T_b = \text{kekuatan tarik 1 baut} \\ = K.ank \times L.ank \times \sigma'b \quad \dots\dots\dots (2-27)$$

Dimana :

$K.ank$  = keliling baut

$L.ank$  = panjang anker

$\sigma'b$  = tegangan izin beton =  $0,48\sqrt{f'c}$

## **2.7 Pembebanan**

Pada struktur dermaga, beban-beban yang terjadi meliputi beban vertikal (Berat sendiri, beban lantai dan balok) serta beban horizontal (benturan kapal, tambatan kapal, gaya gempa, gaya gelombang). Dilakukan perhitungan menggunakan input aplikasi SAP 2000 untuk mengetahui gaya geser aksial (shear Force), momen dan torsi yang terjadi.

### **2.7.1 Pembebanan pada Catwalk**

Pada catwalk, beban yang terjadi hanyalah beban vertikal yang meliputi :

- a. Beban mati merata
  - Beban plat lantai baja
  - Berat profil WF sebagai balok memanjang dan melintang
- b. Beban hidup merata
  - Beban air hujan
- c. Beban hidup terpusat
  - Beban pejalan kaki

## 2.7.2 Pembebanan pada Platform

### 2.7.2.1 Beban Vertikal

- a. Beban mati merata
  1. • Berat sendiri lantai beton. Berdasarkan *Technical Standards and Commentaries for Port and Harbour Facilities in Japan 1991*, berat sendiri lantai beton adalah 2,5 t/m<sup>3</sup>
- b. Beban hidup merata
  - Beban air hujan, dihitung dengan asumsi ketebalan genangan air setinggi 5 cm.
- c. Beban mati terpusat
  - Beban marine loading arm (MLA) adalah bagian dari dermaga yang berfungsi sebagai pemompa minyak baik dari storage menuju kapal ataupun sebaliknya. Berat MLA disesuaikan dengan spesifikasi MLA yang di pakai dalam perencanaan.

TYPICAL DIMENSIONS, WEIGHTS AND OVERTURNING MOMENTS (without emergency release system)									
Arm Size	Riser Height	X	C	D	N	S	Flow Rate	Weight	Moment
	ft	ft	ft	ft	ft	ft	gal/min	lbs	Lb ft
4"	15	4	26	26	2	12	1,320	13,900	77,000
6"	15	4	26	26	2	12	2,640	14,200	78,500
8"	15	4	29.5	29.5	2.4	12	4,850	19,500	108,000
10"	20	6	33	33	3	17	7,500	26,700	172,000
12"	23	6	36	36	3.4	20	11,000	35,200	254,500
16"	23	6	36	36	4.3	20	17,500	50,000	375,000

2.

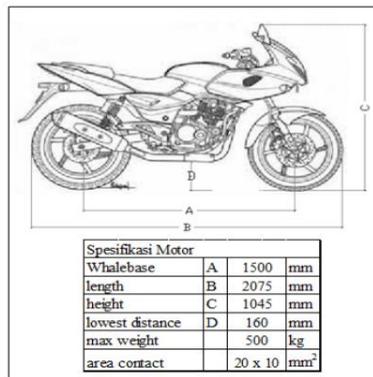
Gambar 2. 12 Spesifikasi Marine Loading Arm (sumber : Emchowten Catalogue)

3.

- 4.
- Beban monitoring house, Monitoring house merupakan bangunan sederhana yang berfungsi sebagai ruang monitoring bagi petugas dermaga. Beban monitoring house dihitung dengan kalkulasi langsung dari berat bahan struktur terhadap dimensi yang digunakan.
  - Beban rangkaian sistem perpipaan curah cair yang terdiri dari pipa, dudukan pipa, komponen pengikat dan penyangga, serta berat curah cair sendiri.

d. Beban mati terpusat

- Beban sepeda motor. Diambil luas kontak tiap roda 200 mm x 100 mm dengan spesifikasi yang dijelaskan pada gambar 2.5 berikut.



Gambar 2. 13 Spesifikasi beban sepeda motor

### 2.7.2.2 Beban Horizontal

- a. Beban gempa. Dalam perencanaan dermaga, pengaruh gempa diperhitungkan dengan tujuan agar dermaga tersebut mampu menahan gempa yang terjadi. Berdasarkan RSNI 2833-2013, beban gempa diambil sebagai gaya horizontal yang ditentukan berdasarkan perkalian antara koefisien respon elastik (Csm) dengan

berat struktur ekuivalen yang kemudian dimodifikasi dengan dengan faktor modifikasi respon (R). Adapun perhitungan beban gempa dilakukan sebagai berikut :

$$5. \quad EQ = Csm/R \times Wt$$

..... (2-28)

6. Dimana :

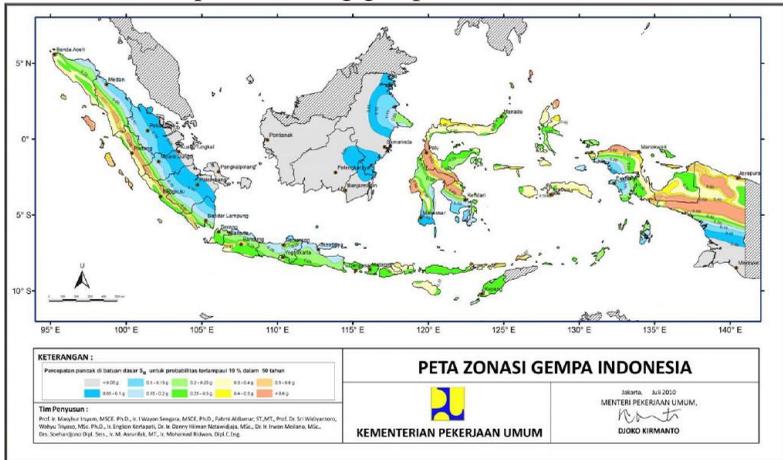
7. EQ = gaya gempa horizontal (kN)

8. Csm = koefisien respon gempa elastik pada moda getar ke-m

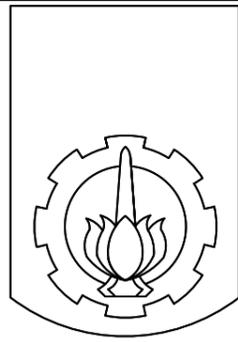
9. R = faktor modifikasi respon

10. Wt = berat total struktur (kN)

11. Koefisien respon elastik Csm diperoleh dari peta percepatan betuan dasar dan spektra percepatan sesuai dengan daerah gempa dan periode ulang gempa rencana.



Gambar 2. 14 Peta percepatan puncak di batuan dasar (PGA) untuk probabilitas terlampaui 10% dalam 50 tahun



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh  
Nopember

## GAMBAR PERENCANAAN TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR DERMAGA LAMONGAN  
OIL TANK TERMINAL KAPASITAS 60.000 DWT  
KABUPATEN LAMONGAN

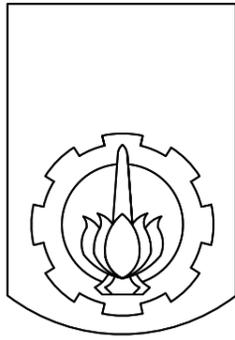
**DOSEN PEMBIMBING I**  
Ir. Agung Budipriyanto, M.Eng, Ph.D  
19620328198803 1 001

**DOSEN PEMBIMBING II**  
R. Buyung Anugraha A., ST., MT.  
19740203200212 1 002

Deni Maulana  
10111715000027

### DAFTAR GAMBAR

NO.	NAMA GAMBAR	HLM	HLM	
1.	LAYOUT BETHYMETRI DERMAGA EKSISTING	01	LAYOUT PLAN PILE CAP TRESTLE 3	22
2.	LAYOUT BETHYMETRI DERMAGA RENCANA	02	LAYOUT PLAN PEMBALOKAN TRESTLE 3	23
3.	LAYOUT TERMINAL DERMAGA RENCANA	03	LAYOUT STEEL PILE PIPE TRESTLE 3	24
4.	SIMULASI KAPAL KONDISI PASANG & SURUT	04	LAYOUT PLAN PENULANGAN PLAT LANTAI TRESTLE 3	25
5.	LAYOUT PLAN PILE CAP PLATFORM	05	TAMPAK DEPAN DAN SAMPING TRESTLE 3	26
6.	LAYOUT PLAN PEMBALOKAN PLATFORM & TRESTLE 1	06	POTONGAN PEMBALOKAN A-A TRESTLE 3	27
7.	LAYOUT PLAN STEEL PILE PIPE PLATFORM 7 TRESTLE 1	07	POTONGAN PEMBALOKAN B-B TRESTLE 3	28
8.	LAYOUT PLAN PENULANGAN PLAT LANTAI PLATFORM & TRESTLE 1	08	LAYOUT PLAN PEMBALOKAN PERALIHAN TRESTLE 2 KE TRESTLE 3	29
9.	TYPE PENULANGAN PLAT LANTAI PLATFORM & TRESTLE 1	09	LAYOUT PLAN MOORING DOLPIN & BERTHING DOLPIN	30
10.	TAMPAK DEPAN & SAMPING PLATFORM	10	LAYOUT PLAN TIANG PANCANG & DENAH PLAT BERTHING	31
11.	POTONGAN PEMBALOKAN A-A PLATFORM	11	LAYOUT PLAN TIANG PANCANG & DENAH PLAT MOORING	32
12.	POTONGAN PEMBALOKAN B-B PLATFORM	12	TAMPAK DEPAN & SAMPING BERTHING DAN DETAIL FENDER	33
13.	LAYOUT PLAN PILE CAP TRESTLE 2	13	TAMPAK DEPAN & SAMPING MOORING DOLPIN	34
14.	LAYOUT PLAN PEMBALOKAN TRESTLE 2	14	POTONGAN MOORING DOLPHIN	35
15.	LAYOUT STEEL PILE PIPE TRESTLE 2	15	POTONGAN BERTHING DOLPIN	36
16.	LAYOUT PLAN PENULANGAN PLAT LANTAI TRESTLE 2	16	LAYOUT PLAN PERPIPAAN MINYAK PLATFORM KE TRESTLE 1	37
17.	TAMPAK DEPAN DAN SAMPING TRESTLE 2	17	LAYOUT PLAN PERPIPAAN MINYAK TRESTLE 1,2,3	38
18.	POTONGAN PEMBALOKAN A-A ; B-B TRESTLE 2	18	DETAIL STRUKTUR CATWALK	39
19.	LAYOUT PLAN PILE CAP PERALIHAN TRESTLE 2 KE TRESTLE 3	19	DETAIL STRUKTUR CATWALK	40
20.	LAYOUT PLAN PEMBALOKAN PERALIHAN TRESTLE 2 KE TRESTLE 3	20	BAGAN DETAIL PEMBALOKAN	41
21.	LAYOUT PLAN STEEL PILE PIPE PERALIHAN TRESTLE 2 KE TRESTLE 3	21	BAGAN DETAIL PILE CAP	42



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh  
Nopember

## GAMBAR PERENCANAAN TUGAS AKHIR TERAPAN

MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR DERMAGA LAMONGAN  
OIL TANK TERMINAL KAPASITAS 60.000 DWT  
KABUPATEN LAMONGAN

### DOSEN PEMBIMBING I

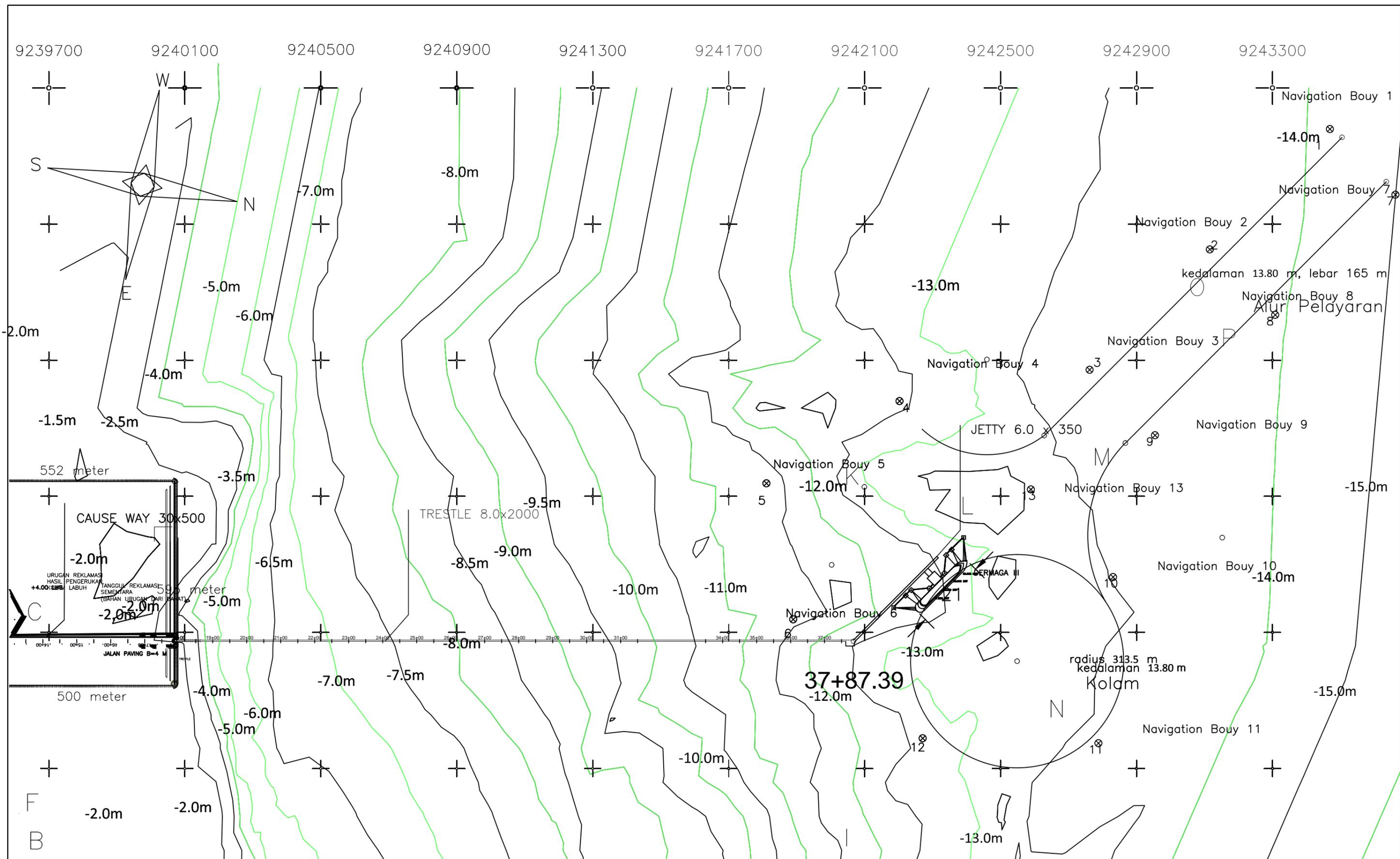
Ir. Agung Budipriyanto, M.Eng, Ph.D  
19620328198803 1 001

### DOSEN PEMBIMBING II

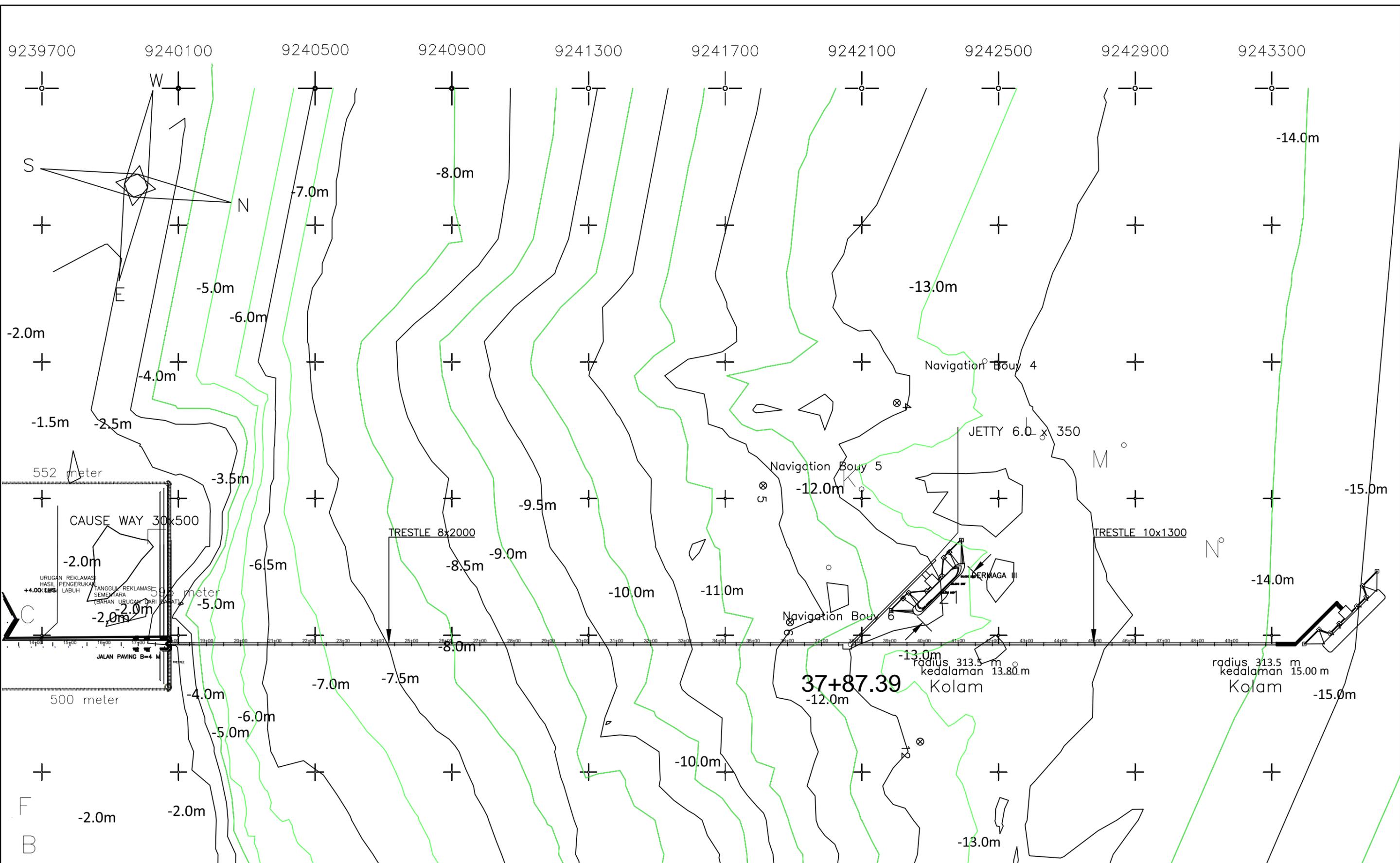
R. Buyung Anugraha A., ST., MT.  
19740203200212 1 002

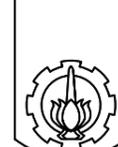
Deni Maulana  
10111715000027

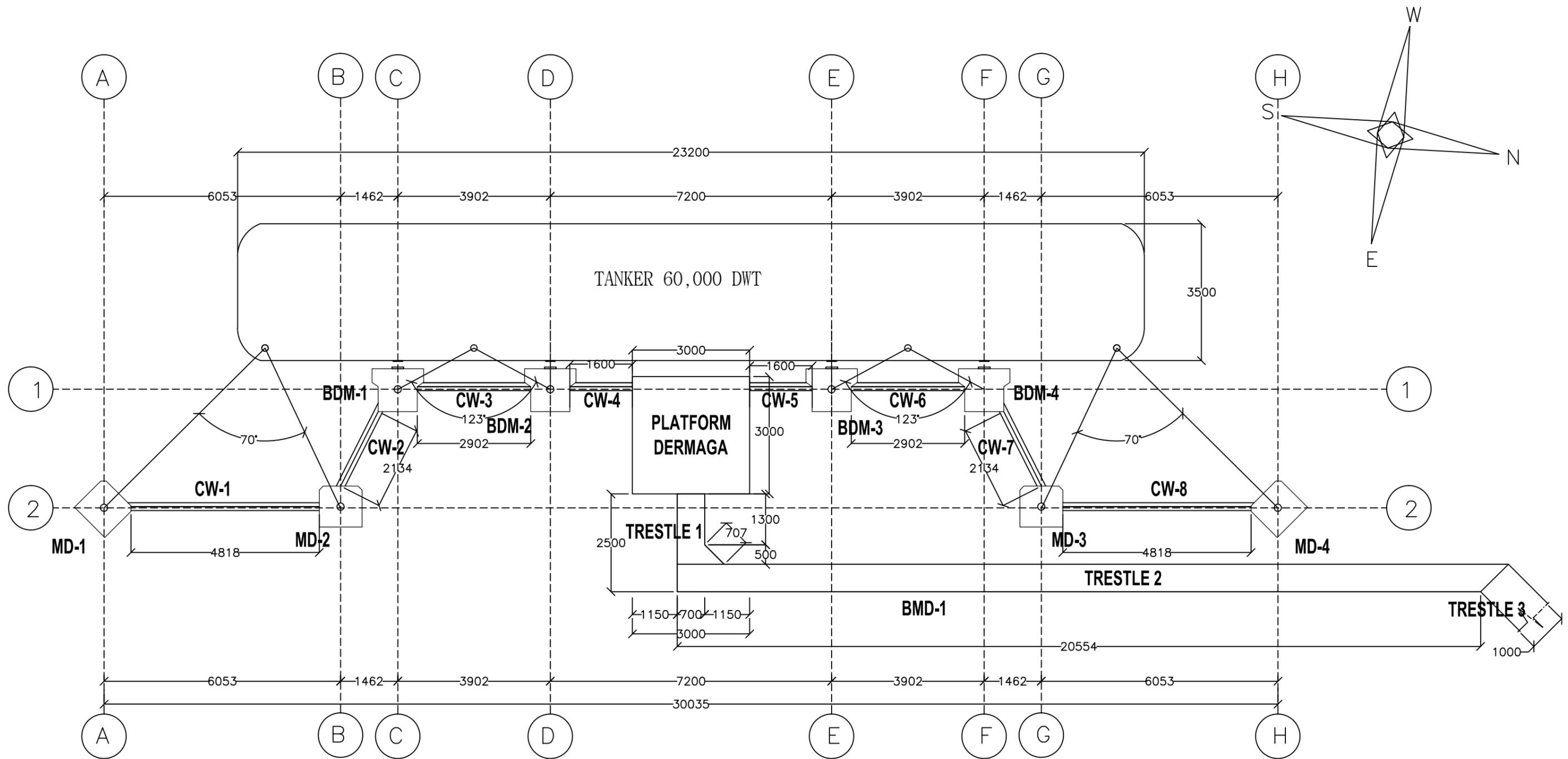
NO.	NAMA GAMBAR	HLM
22.	DETAIL FENDER	43
23.	DETAIL TIANG PANCANG BAJA Ø800 mm	44
24.	DETAIL TIANG PANCANG BAJA Ø1000 mm	45
25.	DETAIL BOLLARD MT-KAPASITAS 150 TON	46



JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN	NAMA GAMBAR	KETERANGAN KHUSUS	SKALA	DOSEN PEMBIMBING I	DOSEN PEMBIMBING II	NAMA MAHASISWA	NO.	JML
MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR DERMAGA "LAMONGAN OIL TANK TERMINAL" KAPASITAS 60.000 DWT KABUPATEN LAMONGAN	LAYOUT BATHYMETRI DERMAGA EKSISTING	SATUAN (cm)	1:10000	Ir. AGUNG BUDIPRIYANTO, M.Eng., Ph.D. 19620328198803 1 001	R. BUYUNG ANUGRAHA A. ST., MT. 19740203200212 1 002	DENI MAULANA 1011171500027	01	46



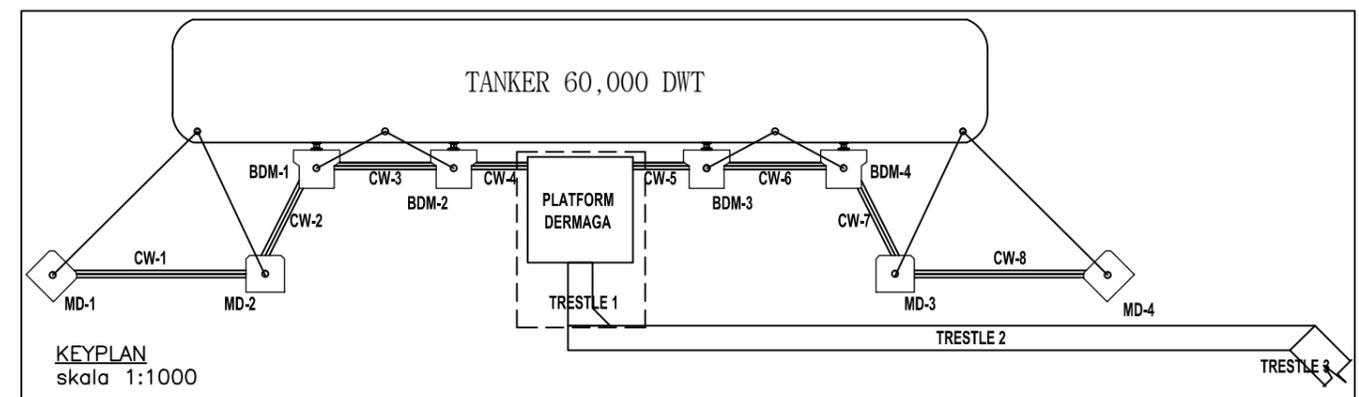
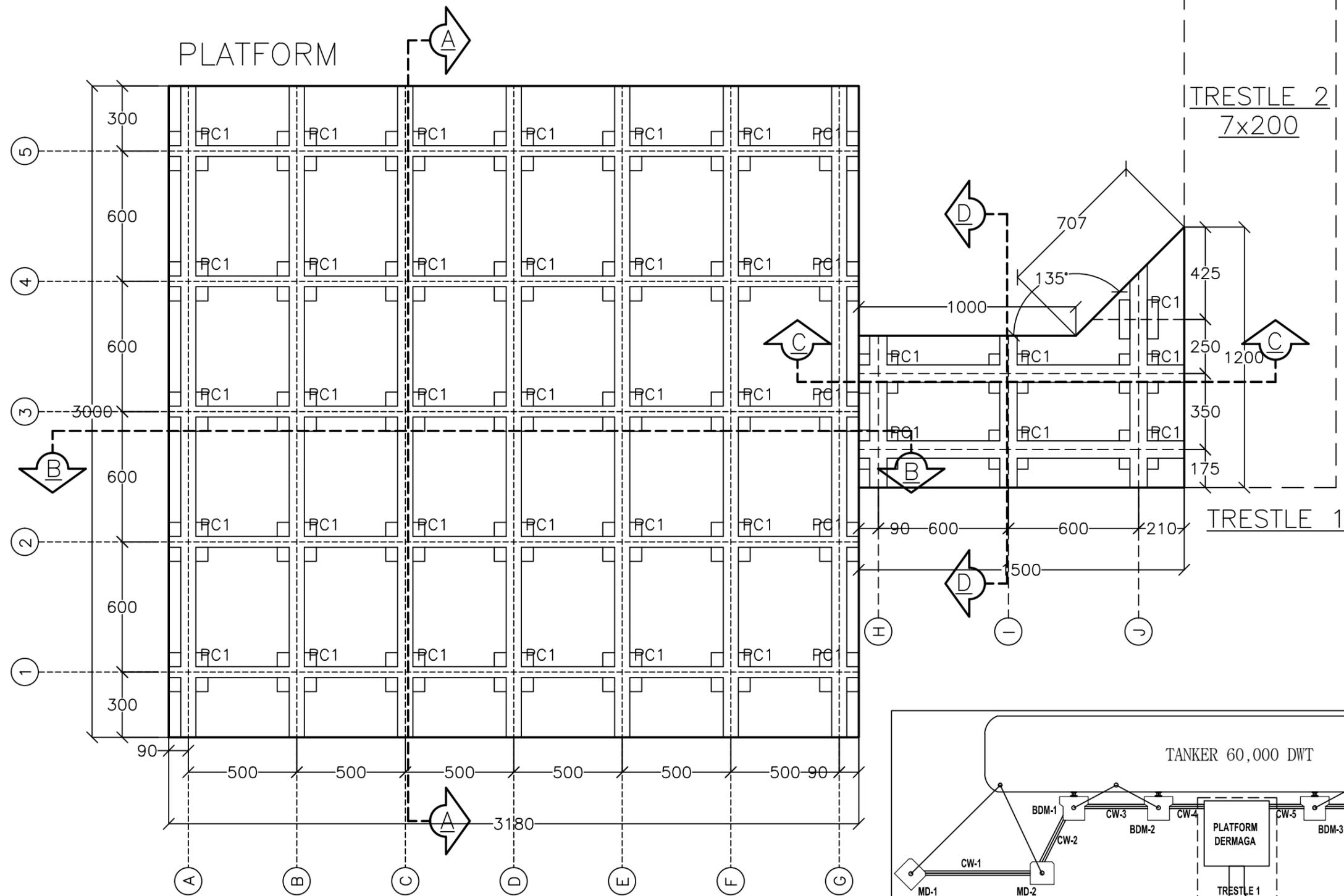
 <p>Institut Teknologi Sepuluh Nopember DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL FAKULTAS VOKASI INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER</p>	JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN	NAMA GAMBAR	KETERANGAN KHUSUS	SKALA	DOSEN PEMBIMBING I	DOSEN PEMBIMBING II	NAMA MAHASISWA	NO.	JML
	MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR DERMAGA "LAMONGAN OIL TANK TERMINAL" KAPASITAS 60.000 DWT KABUPATEN LAMONGAN	LAYOUT BATHYMETRI DERMAGA RENCANA	SATUAN (cm)	1 : 10000	Ir. AGUNG BUDIPRIYANTO, M.Eng., Ph.D. 19620328198803 1 001	R. BUYUNG ANUGRAHA A. ST., MT. 19740203200212 1 002	DENI MAULANA 1011171500027	02	46



LAYOUT TERMINAL DERMAGA RENCANA  
 skala 1 : 100

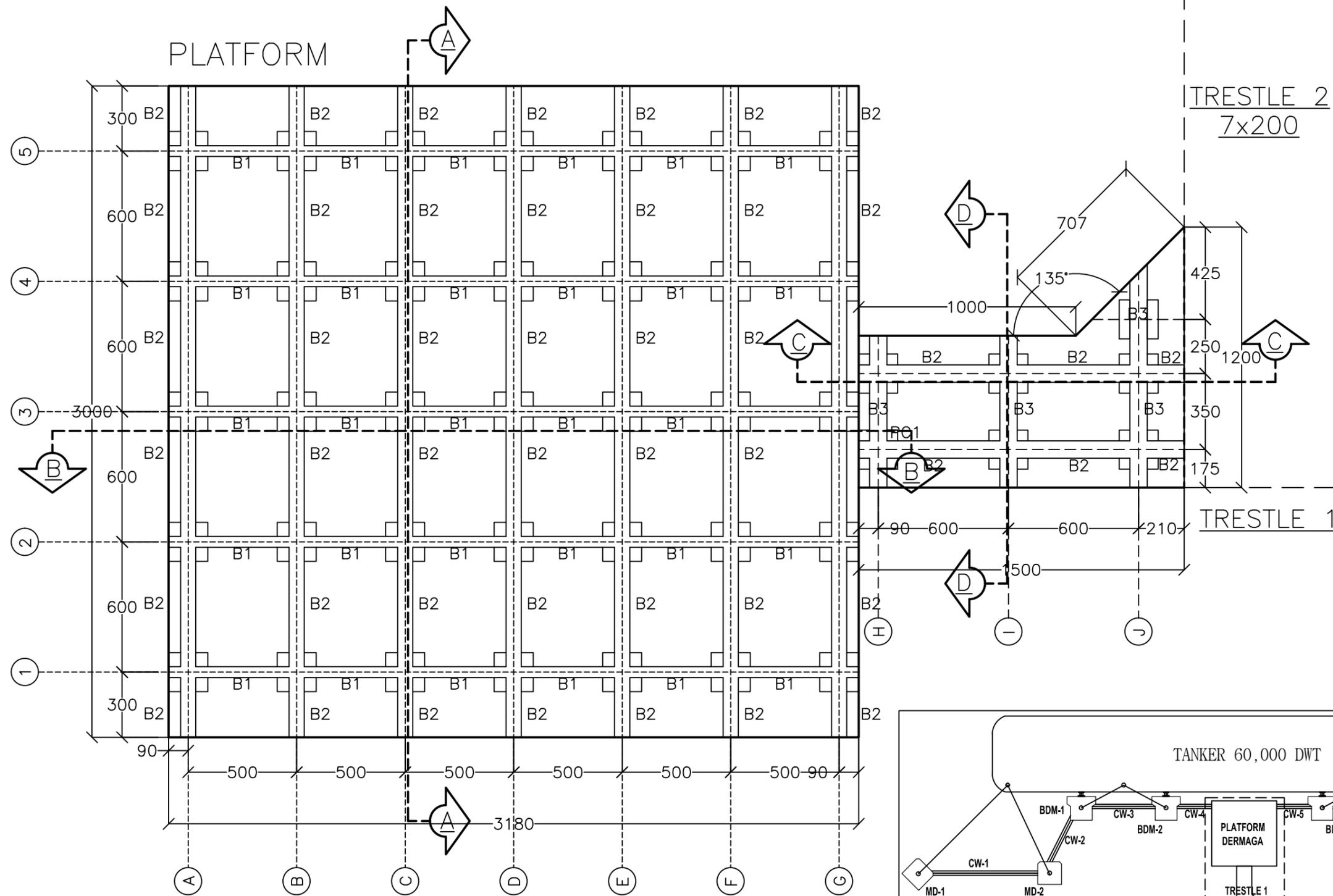
 Institut Teknologi Sepuluh Nopember DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL FAKULTAS VOKASI INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER	JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN	NAMA GAMBAR	KETERANGAN KHUSUS	SKALA	DOSEN PEMBIMBING I	DOSEN PEMBIMBING II	NAMA MAHASISWA	NO.	JML
	MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR DERMAGA LAMONGAN OIL TANK TERMINAL KAPASITAS 60.000 DWT KABUPATEN LAMONGAN	LAYOUT TERMINAL DERMAGA RENCANA	MD = MOORING DOLPINE BD = BERTHING DOLPINE BMD = BERTHING MOORING DOLPINE DWT = DEAD WEIGHT TONNAGE SATUAN (cm)	1:100	Ir. AGUNG BUDIPRIYANTO, M.Eng., Ph.D 19620328198803 1 001	R. BUYUNG ANUGRAHA A. ST., MT. 19740203200212 1 002	DENI MAULANA 10111715000027	03	46





LAYOUT PLAN PILECAP PLATFORM DERMAGA  
skala 1 : 200

 Institut Teknologi Sepuluh Nopember DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL FAKULTAS VOKASI INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER	JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN	NAMA GAMBAR	KETERANGAN KHUSUS	SKALA	DOSEN PEMBIMBING I	DOSEN PEMBIMBING II	NAMA MAHASISWA	NO.	JML
	MODIFIKASI DESAIN STRUKTUR DERMAGA LAMONGAN OIL TANK TERMINAL KAPASITAS 60.000 DWT KABUPATEN LAMONGAN	LAYOUT PLAN PILE CAP PLATFORM DERMAGA		SATUAN (cm)	1:200	Ir. AGUNG BUDIPRIYANTO, M.Eng., Ph.D 19620328198803 1 001	R. BUYUNG ANUGRAHA A. ST., MT. 19740203200212 1 002	DENI MAULANA 10111715000027	05



LAYOUT PLAN PEMBALOKAN PLATFORM DERMAGA  
skala 1 : 200

