



## **TUGAS AKHIR - RC 141501**

# **PERENCANAAN DERMAGA PUPUK NPK DI TERSUS PT. PUPUK KALIMANTAN TIMUR UNTUK KAPAL BULK CARRIER DENGAN KAPASITAS 10.000 DWT**

MUHAMMAD DWI NUGROHO  
NRP. 03111745000042

Dosen Pembimbing I  
Ir. Fuddoly, M.Sc

Dosen Pembimbing II  
Cahya Buana, ST., MT

**DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL**  
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumian  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2020



## **TUGAS AKHIR - RC 141501**

**PERENCANAAN DERMAGA PUPUK NPK DI  
TERSUS PT. PUPUK KALIMANTAN TIMUR UNTUK  
KAPAL BULK CARRIER DENGAN KAPASITAS  
10.000 DWT**

MUHAMMAD DWI NUGROHO  
NRP. 03111745000042

Dosen Pembimbing I  
Ir. Fuddoly, M.Sc

Dosen Pembimbing II  
Cahya Buana, ST., MT

**DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL**  
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumian  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2020



## **FINAL PROJECT - RC 141501**

# **PLANNING OF NPK FERTILIZER DOCKS IN PT. PUPUK KALIMANTAN TIMUR STREAM FOR BULK CARRIER SHIP WITH THE CAPACITY OF 10.000 DTW**

MUHAMMAD DWI NUGROHO  
NRP. 03111745000042

Supervisor I  
Ir. Fuddoly, M.Sc

Supervisor II  
Cahya Buana, ST., MT

DEPARTEMENT OF CIVIL ENGINEERING  
Faculty of Civil, Planning, and Geo Engineering  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya  
2020

**PERENCANAAN DERMAGA PUPUK NPK DI  
TERSUS PT. PUPUK KALIMANTAN TIMUR  
UNTUK KAPAL BULK CARRIER DENGAN  
KAPASITAS 10.000 DWT**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada

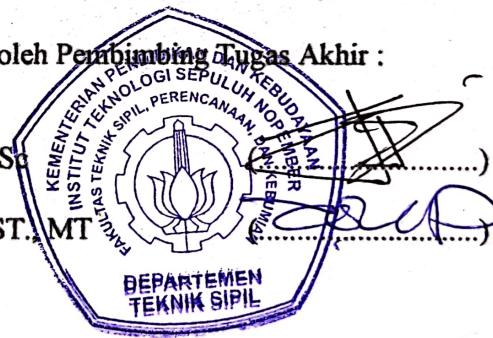
Program Studi S-1 Lintas Jalur Departemen Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumian  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**MUHAMMAD DWI NUGROHO**  
NRP. 03111745000042

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

1. Ir. Fuddoly, M.Sc
2. Cahya Buana, ST., MT



**SURABAYA  
JANUARI, 2020**

# **PERENCANAAN DERMAGA PUPUK NPK DI TERSUS PT. PUPUK KALIMANTAN TIMUR UNTUK KAPAL BULK CARRIER DENGAN KAPASITAS 10.000 DWT**

**Nama Mahasiswa : Muhammad Dwi Nugorho  
NRP : 03111745000042  
Jurusan : Teknik Sipil  
Dosen Pembimbing I : Ir. Fuddoly, M.Sc  
Dosen Pembimbing II : Cahya Buana, ST., MT**

## **Abstrak**

*Indonesia merupakan produsen pupuk terbesar di Asia dengan total aset pada tahun 2015 sebesar Rp. 93,13 triliun dan total kapasitas produksi pupuk mencapai 13,1 juta ton per-tahun. Hal ini sangat masuk akal mengingat indonesia merupakan negara agraria sehingga dalam prosesnya sangat membutuhkan pupuk yang akan memberikan nutrisi tambahan agar tanaman tumbuh subur. Untuk memenuhi penugasan Pemerintah kepada PT Pupuk Indonesia (Persero) yang merupakan pemilik saham dari PT. Pupuk Kalimantan Timur dalam pemenuhan suplai pupuk NPK bersubsidi di dalam negeri dan NPK non subsidi ke luar negeri.*

*Dengan adanya rencana pengembangan fasilitas di tersus PT. Pupuk Kaltim yaitu dengan membangun dermaga khusus pupuk NPK. Pengembangan ini diharapkan dapat membantu proses distribusi pupuk NPK dengan efektif, efisien, dan cepat. Dermaga yang direncanakan adalah dermaga jenis quadrant shiploader untuk kapasitas kapal 10.000 DWT. Perencanaan dermaga ini telah diwujudkan dalam bentuk rencana pengembangan dermaga. Namun untuk mewujudkan pembangunan tersebut diperlukan detail engineering desain yang meliputi sistem fender dan boulder, perencanaan trestle, pivot, loading platform, mooring dolphin, breasting dolphin, catwalk, pemancangan, dan detail penulangan. Selain detail engineering*

*desain, perlu ditinjau juga terhadap kedalaman air pada alur masuk tersus PT. Pupuk Kaltim. Untuk pengerjaan pembetonan pada tugas akhir ini direncanakan menggunakan beton konvensional atau cor in situ, namun dalam metode pelaksanaannya, pihak kontraktor dapat mengupayakan menggunakan sistem pracetak namun tetap mengacu pada desain yang telah direncanakan pada tugas akhir ini. Perencanaan dermaga tidak hanya mencakup perencanaan fasilitas laut serta perencanaan struktur dermaga saja. Selain itu perlu juga direncanakan terkait metode pelaksanaan pembangunan dana dalam perencanaan dermaga juga harus ditinjau terkait rencana anggaran biaya dari dermaga tersebut.*

*Dari hasil analisis perhitungan didapatkan kebutuhan dermaga dengan dimensi trestle sebesar  $4 \times 50 \text{ m}^2$ , pivot  $8 \times 14 \text{ m}^2$ , loading platform  $3 \times 82 \text{ m}^2$ , mooring dolphin  $3,8 \times 3,8 \text{ m}^2$ , breasting dolphin sebesar  $4,8 \times 4,8 \text{ m}^2$ . Rencana anggaran biaya untuk pembangunan dermaga ini adalah sebesar Rp.75.959.142.300*

**Kata Kunci : Trestle, Pivot, Loading Paltform, Mooring Dolphin, Breasting Dolphin, Caltwalk, Sistem Konvensional, Metode Pelaksanaan, Rencana Anggaran Biaya.**

# **PLANNING OF NPK FERTILIZER DIRECTION IN PT. PUPUK KALIMANTAN TIMUR STREAM FOR BULK CARRIER SHIP WITH CAPACITY OF 10.000 DWT**

<b>Name of Student</b>	<b>:</b> Muhammad Dwi Nugroho
<b>NRP</b>	<b>:</b> 03111745000042
<b>Major</b>	<b>:</b> Civil Engineering
<b>Supervisor I</b>	<b>:</b> Ir. Fuddoly, M.Sc
<b>Supervisor II</b>	<b>:</b> Cahya Buana, ST., MT

## ***Abstract***

*Indonesia is the largest fertilizer producer in Asia with the total assets of Rp. 93.13 trillion in 2015 and the total fertilizer production capacity reaches 13.1 million tons per year. This make sense because indonesia is an agrarian country, so in the process it requires the kind of fertilizer that will provide additional nutrients to the plants. To fullfill the government's assignmnet to PT. Pupuk Indonesia (Persero) which is the holding of PT. Pupuk Kaltim in fullfilling domestic subsidized NPK fertilizer supply and non-subsidized NPK abroad.*

*With the planned development of facilities at PT. Pupuk Kaltim is to build a special pier for NPK fertilizer. This development is expected to help the NPK fertilizer distribution process effectively, efficiently, and quickly. The planned is a quadrant shiploader type dock for 10,000 DWT vessel capacity. This pier planning has been realized in the form of a pier development plan. However, to realize this development, detailed engineering design is needed which includes fender and boulder systems, trestle planning, pivot, loading platforms, mooring dolphin, breasting dolphin, catwalk, piling, and reinforcement details. In addition to the detailed engineering design, it is also necessary to review the depth of the water in the PT. East Kalimantan Pupuk. Concrete work in this final project is planned to use conventional concrete or in situ*

*concrete, but in the method of implementation, the contractor can try to use a precast system but still refers to the design that has been planned in this final project. Pier planning does not only include planning sea facilities as well as pier structure planning. In addition, it is also necessary to plan related to the method of implementing the construction of funds in the pier planning.*

*From the calculation analysis results obtained the need for the pier with trestle dimensions of  $4 \times 50 \text{ m}^2$ , pivot  $8 \times 14 \text{ m}^2$ , loading platform  $3 \times 82 \text{ m}^2$ , mooring dolphin  $3.8 \times 3.8 \text{ m}^2$ , breasting dolphin at  $4.8 \times 4.8 \text{ m}^2$ . The planned budget for the construction of this pier is Rp. 75.959.142.300,-*

***Keywords: Trestle, Pivot, Loading Platform, Mooring Dolphin, Breasting Dolphin, Catwalk, Conventional System, Implementation Method, Budget Plan.***

## KATA PENGANTAR

Puji Syukur kepada kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik dan lancar. Tugas Akhir ini berjudul “Perencanaan dermaga pupuk NPK di Tersus PT. Pupuk Kalimantan Timur untuk Kapal Bulk Carrier Dengan Kapsitas 10.000 DWT”.

Tidak lupa saya mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu pekerjaan Tugas Akhir ini hingga dapat diselesaikan, antara lain kepada :

1. Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik.
2. Ir. Fuddoly, M.Sc dan Cahya Buana, ST., MT selaku dosen pembimbing bidang Pelabuhan Jurusan Teknik Sipil FTSLK ITS yang telah banyak membimbing saya dalam mengerjakan Tugas Akhir.
3. Ir. Dyah Iriani W dan Prof. Dr. Ir Herman Wahyudi selaku dosen penguji atas segala saran dan masukan terkait dengan Tugas Akhir saya ini.
4. Orang Tua saya yang selalu memberikan dukungan untuk dapat memberikan semangat dalam proses penggerjaan tugas akhir ini.
5. Teman – teman seperjuangan pelabuhan dan Lintas Jalur Teknik Sipil Angkatan 2017 yang telah memberikan dorongan dan motivasi selama Tugas Akhir berlangsung

Penulis menyadari bahwa dalam penggerjaan Tugas Akhir ini masih terdapat kekurangan dalam beberapa hal. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi siapapun yang membacanya.

Surabaya, Januari 2020  
Hormat saya,

Penulis

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR ISI

<b>Abstrak.....</b>	i
<b>Abstract .....</b>	iii
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	v
<b>DAFTAR ISI.....</b>	vii
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	xv
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	xxiii
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Permasalahan .....	4
1.4 Manfaat Hasil Perencanaan.....	4
1.5 Batasan Masalah .....	5
1.6 Lingkup Perencanaan.....	5
1.7 Lokasi Perencanaan.....	5
1.8 Metodologi .....	8
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	15
2.1 Umum.....	15
2.2 Muatan Curah Kering.....	16
2.3 Dermaga Curah Kering .....	18
2.3.1 Prinsip Perencanaan terminal curah kering.....	19
2.3.2 Kebutuhan Peralatan .....	19
2.3.3 Perencanaan Tata Letak Terminal.....	21

2.4 Data dan Analisis .....	24
2.4.1 Peta <i>Bathymetri</i> .....	24
2.4.2 Data Arus.....	24
2.4.3 Data Pasang Surut.....	25
2.4.4 Data Angin dan Gelombang .....	27
2.4.5 Data Tanah.....	31
2.4.6 Data Kapal .....	31
2.5 Evaluasi Layout.....	32
2.5.1 Evaluasi Layout Perairan.....	32
2.5.2 Evaluasi Layout Daratan .....	37
2.6 Perhitungan <i>Fender</i> dan <i>Bollard</i> .....	40
2.6.1 Fender .....	40
2.6.2 <i>Bollard</i> .....	41
2.7 Pembebanan .....	45
2.7.1 Beban Vertikal .....	45
2.7.2 Beban Horisontal .....	46
2.7.3 Beban Kapal .....	50
2.7.4 Kombinasi Pembebanan .....	50
2.8 Perhitungan Struktur Dermaga.....	51
2.8.1 Perhitungan Struktur <i>Catwalk</i> .....	52
2.8.2 Perhitungan Struktur Atas .....	53
2.8.3 Perhitungan Struktur Bawah.....	58
<b>BAB III PENGUMPULAN DAN ANALISA DATA .....</b>	<b>67</b>
3.1 Umum.....	67
3.2 Data <i>Bathymetri</i> .....	67

3.3 Pasang Surut.....	71
3.4 Data Arus .....	72
3.5 Data Angin .....	73
3.6 Gelombang .....	74
3.7 Data Tanah .....	77
<b>BAB IV KRITERIA DESAIN .....</b>	<b>85</b>
4.1 Peraturan yang Digunakan .....	87
4.2 Kapal Rencana .....	87
4.3 Data Alat .....	89
4.3.1 <i>Belt Conveyor</i> .....	89
4.3.2 <i>Quadrant Radial Shiploader</i> .....	90
4.4 Kualitas Bahan dan Material.....	92
4.4.1 Kualitas Beton .....	92
4.4.2 Kualitas Baja Tulangan .....	92
4.4.3 Kualitas Bahan Baja .....	93
4.4.4 Tiang Pancang .....	93
4.5 Perencanaan <i>Fender</i> .....	95
4.5.1 Perhitungan Energi <i>Fender</i> .....	95
4.5.2 Pemilihan Tipe <i>Fender</i> .....	100
4.5.3 Penentuan Reaksi <i>Fender</i> .....	108
4.6 Perencanaan <i>Bollard</i> .....	109
4.6.1 Gaya Tarik Akibat Bobot Kapal.....	110
4.6.2 Gaya Tarik Akibat Arus .....	110
4.6.3 Gaya Tarik Akibat Angin .....	111
4.6.4 Desain <i>Bollard</i> .....	112

4.7 Rel <i>Quadrant Shiploader</i> .....	113
<b>BAB V EVALUASI LAYOUT .....</b>	<b>115</b>
5.1 Umum.....	115
5.2 Proses Muat ( <i>Loading</i> ) .....	115
5.3 Evaluasi Layout Perairam .....	118
5.3.1 Layout Rencana Awal .....	118
5.3.2 Layout Perairan.....	118
5.3.3 Hasil Evaluasi Layout Perairan .....	122
5.4 Evaluasi Layout Daratan .....	124
5.4.1 Layout Rencana Awal .....	124
5.4.2 Evaluasi Layout Daratan .....	126
5.4.3 Hasil Evaluasi Layout Daratan .....	128
<b>BAB VI PERENCANAAN STRUKTUR DERMAGA .....</b>	<b>131</b>
6.1 Perencanaan <i>Trestle</i> .....	131
6.1.1 Umum .....	131
6.1.2 Perencanaan Layout <i>Trestle</i> .....	131
6.1.3 Pembebanan <i>Trestle</i> .....	132
6.1.4 Pemodelan Struktur SAP .....	137
6.1.5 Perencanaan Pelat .....	142
6.1.5 Perencanaan Balok .....	150
6.1.6 Perencanaan <i>Poer</i> .....	164
6.1.7 Perencanaan Pondasi .....	176
6.2 Perencanaan <i>Pivot</i> .....	184
6.2.1 Umum .....	184
6.2.2 Perencanaan Layout <i>Pivot</i> .....	185

6.2.3 Pembebanan <i>Pivot</i> .....	186
6.2.4 Pemodelan Struktur SAP.....	189
6.2.5 Perencanaan Pelat.....	195
6.2.6 Perencanaan Balok .....	203
6.2.7 Perencanaan <i>Poer</i> .....	217
6.2.8 Perencanaan Pondasi .....	229
6.3 Perencanaan <i>Loading Platform</i> .....	236
6.3.1 Umum.....	236
6.3.2 Perencanaan Layout <i>Loading Paltform</i> .....	236
6.3.3 Pembebanan <i>Loading Platform</i> .....	237
6.3.4 Pemodelan Struktur SAP.....	240
6.3.5 Perencanaan Pelat.....	247
6.3.6 Perencanaan Balok.....	253
6.3.7 Perencanaan <i>Poer</i> .....	263
6.3.8 Perencanaan Pondasi .....	269
6.4 Perencanaan <i>Mooring Dolphin</i> .....	275
6.4.1 Umum.....	275
6.4.2 Perencanaan Layout <i>Mooring Dolphin</i> .....	275
6.4.3 Pembebanan <i>Mooring Dolphin</i> .....	276
6.4.4 Pemodelan Struktur SAP .....	279
6.4.5 Perencanaan <i>Poer</i> .....	284
6.4.6 Perencanaan Pondasi.....	290
6.5 Perencanaan <i>Breasting Dolphin</i> .....	297
6.5.1 Umum .....	297
6.5.2 Perencanaan Layout <i>Breasting Dolphin</i> .....	297

6.5.3 Pembebanan <i>Breasting Dolphin</i> .....	298
6.5.4 Pemodelan Struktur SAP.....	301
6.5.5 Perencanaan <i>Poer</i> .....	305
6.5.6 Perencanaan <i>Plank Fender</i> .....	311
6.5.7 Perencanaan Pondasi .....	314
6.6 Perencanaan <i>Catwalk</i> .....	321
6.6.1 Umum .....	321
6.6.2 Perencanaan Balok Utama.....	321
6.6.3 Perencanaan Rangka Balok.....	329
<b>BAB VII METODE PELAKSANAAN.....</b>	<b>335</b>
7.1 Umum.....	335
7.2 Pekerjaan Persiapan.....	337
7.3 Pekerjaan <i>Trestle, Pivot, dan Loading Platform</i> .....	339
7.3.1 Pekerjaan Tiang Pancang.....	339
7.3.2 Pekerjaan Beton (Pengecoran).....	357
7.4 Pekerjaan <i>Mooring Dolphin</i> .....	371
7.4.1 Pekerjaan Tiang Pancang.....	371
7.4.2 Pekerjaan Beton.....	372
7.4.3 Pemasangan <i>Bollard</i> .....	374
7.5 Pekerjaan <i>Breasting Dolphin</i> .....	375
7.5.1 Pemancangan Tiang Pancang .....	376
7.5.2 Pekerjaan Beton.....	377
7.5.3 Pemasangan <i>Bollard</i> .....	381
7.5.4 Pemasangan <i>Fender</i> .....	381
7.6 Pemasangan <i>Catwalk</i> .....	382

7.6.1 Tahap Prakonstruksi .....	382
7.6.2 Tahap Konstruksi .....	382
7.6.3 Tahap Pasca Konstruksi .....	383
<b>BAB VIII RENCANA ANGGARAN BIAYA</b> .....	<b>385</b>
8.1 Umum.....	385
8.2 Harga Material dan Upah.....	385
8.3 Analisa Harga Satuan.....	389
8.4 Rencana Anggaran Biaya.....	396
8.5 Rekapitulasi Harga.....	410
<b>BAB IX KESIMPULAN</b> .....	<b>411</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	<b>417</b>
<b>LAMPIRAN</b> .....	<b>419</b>

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Area Distribusi Pupuk NPK Dalam Negeri .....	2
Gambar 1.2 Area Distribusi Pupuk NPK Luar negeri .....	2
Gambar 1.3 Lokasi Dermaga NPK di Tersus PT.Pupuk Kaltim Bontang, Provinsi Kaltim .....	6
Gambar 1.4 Daerah Pengembangan Dermaga NPK.....	6
Gambar 1.5 Rencana Pengembangan Dermaga Pupuk NPK Untuk Kapal <i>Bulk Carrier</i> Kapasitas 10.000 DWT ..	7
Gambar 1.6 Diagram Alir Perencanaan Dermaga NPK .....	9
Gambar 2.1 <i>Very Large Ore Carrier Valemax</i> .....	18
Gambar 2.2 Peralatan Bongkar/Muat Curah Kering .....	21
Gambar 2.3 <i>Radial Ship Loader</i> .....	22
Gambar 2.4 Contoh Struktur Balok <i>Quadrant</i> dan <i>Dolphin</i> .....	22
Gambar 2.5 <i>Linear Ship Loader</i> .....	23
Gambar 2.6 <i>Travelling Ship Loader</i> .....	23
Gambar 2.7 Tipe Pasang Surut.....	26
Gambar 2.8 Hubungan Kecepatan Angin di Laut Dan di Darat .	29
Gambar 2.9 Contoh Perhitungan <i>Fetch</i> Efektif .....	30
Gambar 2.10 Tipe Area Penjangkaran .....	32
Gambar 2.11 Elemen Lebar Alur .....	33
Gambar 2.12 Area Pengerukan Disekitar Dermaga .....	37
Gambar 2.13 Penempatan <i>Mooring Dolphin</i> .....	39
Gambar 2.14 Benturan Kapal Pada <i>Breasting Dolphin</i> .....	41
Gambar 2.15 Koefisein Gaya Angin .....	43
Gambar 2.16 Koefisien Gaya Arus .....	44
Gambar 2.17 Faktor Koreksi Kedalaman Air Untuk Gaya Arus .....	45
Gambar 2.18 Gempa Maksimum Yang Dipertimbangkan Risiko - Tertarget (MCER) untuk Ss .....	49
Gambar 2.19 Gempa Maksimum Yang Dipertimbangkan Risiko - Tertarget (MCER) untuk S1 .....	49
Gambar 2.20 Distribusi Beban Pelat .....	56
Gambar 2.21 Posisi Titik Jepit Tiang Pancang .....	62

Gambar 3.1 Peta <i>Bathymetri</i> Dermaga Pupuk NPK PT. Pupuk Kaltim.....	69
Gambar 3.2 Potongan 1-1' <i>Bathymetri</i> Perairan PT. Pupuk Kaltim.....	70
Gambar 3.3 Potongan 2-2' <i>Bathymetri</i> Perairan PT. Pupuk Kaltim.....	70
Gambar 3.4 Potongan 3-3' <i>Bathymetri</i> Perairan PT. Pupuk Kaltim.....	70
Gambar 3.5 Potongan 4-4' <i>Bathymetri</i> Perairan PT. Pupuk Kaltim.....	70
Gambar 3.6 Data Pasang Surut Perairan PT. Pupuk Kaltim.....	72
Gambar 3.7 Diagram <i>Windrose</i> Bontang (Januari 2008-Desember 2017) .....	74
Gambar 3.8 <i>Fetch</i> Arah Timur Laut (Skala 1 : 500) .....	75
Gambar 3.9 <i>Fetch</i> Arah Timur (Skala 1:500).....	75
Gambar 3.10 <i>Fetch</i> Arah Tenggara (Skala 1 : 500).....	76
Gambar 3.11 Lokasi Titik Penyelidikan Tanah.....	78
Gambar 3.12 Data Tanah BH 5 ( <i>Offshore</i> ).....	79
Gambar 3.13 Data Tanah BH 6 ( <i>Offshore</i> ).....	80
Gambar 3.14 Rekapitulasi Hasil Pengeboran .....	81
Gambar 3.15 Grafik Kedalaman-Daya Dukung Tanah Titik BH 5.....	84
Gambar 4.1 Kapal <i>Bulk Carrier</i> 10.000 DWT .....	88
Gambar 4.2 <i>Belt Conveyor</i> .....	90
Gambar 4.3 <i>Quadrant Radial Shiploader</i> .....	91
Gambar 4.4 Grafik Kecepatan Kapal Saat Merapat .....	96
Gambar 4.5 Kecepatan Kapal Saat Merapat.....	96
Gambar 4.6 Ilustrasi Koefisien Hidrodinamis .....	97
Gambar 4.7 Koefisien Bantalan.....	98
Gambar 4.8 Koefisien Eksentrisitas .....	99
Gambar 4.9 Koefisien Kehalusinan.....	99
Gambar 4.10 Bentuk ANP <i>Arch Fenders</i> .....	102
Gambar 4.11 Posisi Kapal Pada <i>Fender</i> Kondisi Pasang .....	103
Gambar 4.12 Posisi Kapal Pada <i>Fender</i> Kondisi Surut.....	104
Gambar 4.13 Mini <i>Bulk Carrier</i> 8000 DWT .....	105

Gambar 4.14 Posisi Kapal 8000 DWT Pada <i>Fender</i> Kondisi Pasang .....	106
Gambar 4.15 Posisi Kapal 8000 DWT Pada <i>Fender</i> Kondisi Surut .....	106
Gambar 4.16 Posisi Kapal 8000 DWT Pada Fender 1,5 m Kondisi Pasang .....	107
Gambar 4.17 Posisi Kapal 8000 DWT Pada Fender 1,5 m Kondisi Surut .....	108
Gambar 4.18 Grafik Hubungan Energi Dengan Reaksi .....	109
Gambar 4.19 Perencanaan Rel <i>Crane</i> .....	113
Gambar 5.1 Proses Muat Pupuk NPK .....	117
Gambar 5.2 Layout Perairan Dermaga Pupuk NPK.....	123
Gambar 5.3 Rencana Awal Layout Daratan.....	125
Gambar 5.4 Layout Struktur <i>Pivot</i> .....	128
Gambar 5.5 Layout Dan Dimensi <i>Trestle</i> .....	128
Gambar 5.6 Layout Daratan Dermaga .....	130
Gambar 6.1 Dimensi <i>Trestle</i> .....	132
Gambar 6.2 Layout Rencana Pembalokan .....	132
Gambar 6.3 Pemodelan <i>Belt Conveyor</i> .....	134
Gambar 6.4 Input Beban <i>Belt Conveyor</i> Pada Struktur.....	134
Gambar 6.5 Spektrum Gempa Bontang.....	136
Gambar 6.6 Pemodelan 3D <i>Trestle</i> .....	138
Gambar 6.7 Tampak Samping <i>Trestle</i> .....	139
Gambar 6.8 Tampak Depan <i>Trestle</i> .....	139
Gambar 6.9 Beban Pangkalan Dan Beban Hujan Pada <i>Trestle</i> .140	140
Gambar 6.10 Beban <i>Belt Conveyor</i> Pada <i>Trestle</i> .....	140
Gambar 6.11 Tipe Pelat <i>Trestle</i> .....	142
Gambar 6.12 Pelat Tipe 1 .....	143
Gambar 6.13 Tegangan Yang Terjadi Pada Pelat <i>Trestle</i> .....	149
Gambar 6.14 Sketsa Penulangan Balok Memanjang <i>Trestle</i> ....	157
Gambar 6.15 Sketsa Penulangan Balok Melintang <i>Trestle</i> .....	164
Gambar 6.16 Eksentrisitas <i>Poer</i> Tunggal.....	165
Gambar 6.17 Eksentrisitas <i>Poer</i> Ganda.....	171
Gambar 6.18 Grafik Kedalaman vs Daya Dukung Tanah.....	177

Gambar 6.19 Grafik Kedalaman vs Daya Dukung Tanah.....	178
Gambar 6.20 Properties Penampang Tiang Pancang Diameter 812,16 mm.....	183
Gambar 6.21 Dimensi <i>Pivot</i> .....	185
Gambar 6.22 Layout Rencana Pembalokan .....	186
Gambar 6.23 Pemodelan <i>Tower Shipping Conveyor</i> .....	187
Gambar 6.24 Spektrum Gempa Bontang.....	189
Gambar 6.25 Pemodelan 3D <i>Pivot</i> .....	191
Gambar 6.26 Tampak Samping <i>Pivot</i> .....	191
Gambar 6.27 Tampak Depan <i>Pivot</i> .....	192
Gambar 6.28 Beban Pangkalan dan Beban Hujan pada <i>Trestle</i> 192	
Gambar 6.29 Beban <i>Tower Shipping Conveyor</i> pada <i>Pivot</i> .....	193
Gambar 6.30 Beban Kaki <i>Quadrant Shiploader</i> .....	193
Gambar 6.31 Tipe Pelat <i>Pivot</i> .....	195
Gambar 6.32 Pelat Tipe 1 .....	196
Gambar 6.33 Tegangan Yang Terjadi Pada Pelat Pivot .....	202
Gambar 6.34 Sketsa Balok Memanjang <i>Pivot</i> .....	210
Gambar 6.35 Sketsa Balok Melintang <i>Pivot</i> .....	217
Gambar 6.36 Eksentrisitas <i>Poer</i> Tunggal.....	218
Gambar 6.37 Eksentrisitas <i>Poer</i> Ganda.....	224
Gambar 6.38 Grafik kedalaman vs daya dukung tanah.....	231
Gambar 6.39 Dimensi <i>Loading Platform</i> .....	237
Gambar 6.40 Layout Rencana Pembalokan .....	237
Gambar 6.41 Spektrum Gempa Bontang.....	239
Gambar 6.42 Pemodelan 3D <i>Loading Platform</i> .....	241
Gambar 6.43 Tampak Depan <i>Loading Platform</i> .....	242
Gambar 6.44 Tampak Samping <i>Loading Platform</i> .....	242
Gambar 6.45 Beban Pangkalan dan Beban Hujan pada <i>Loading Platform</i> .....	243
Gambar 6.46 Beban Garis <i>Quadrant Shiploader</i> .....	244
Gambar 6.47 Beban Rel .....	245
Gambar 6.48 Tipe Pelat <i>Loading Platform</i> .....	247
Gambar 6.49 Pelat Tipe 1 .....	248

Gambar 6.50 Tegangan Yang Terjadi Pada <i>Loading Platform</i> .....	253
Gambar 6.51 Sketsa Tulangan Memanjang 80/90 <i>Loading Platform</i> .....	260
Gambar 6.52 Eksentrisitas <i>Poer</i> .....	264
Gambar 6.53 Grafik Kedalaman vs Daya Dukung Tanah.....	270
Gambar 6.54 Layout <i>Mooring Dolphin</i> .....	276
Gambar 6.55 Tampak Samping Struktur <i>Mooring Dolphin</i> .....	276
Gambar 6.56 Proyeksi Sumbu Horisontal.....	277
Gambar 6.57 Proyeksi Sumbu Vertikal.....	278
Gambar 6.58 Spektrum Gempa Bontang.....	279
Gambar 6.59 Pemodelan 3D <i>Mooring Dolphin</i> .....	281
Gambar 6.60 Beban Pangkalan dan Beban Hujan Pada <i>Mooring Dolphin</i> .....	281
Gambar 6.61 Input Beban Gempa .....	282
Gambar 6.62 Input Beban <i>Bollard</i> .....	282
Gambar 6.63 Tegangan Yang Terjadi Pada .....	289
Gambar 6.64 Grafik kedalaman vs Daya Dukung Tanah.....	292
Gambar 6.65 Layout <i>Breasting Dolphin</i> .....	297
Gambar 6.66 Tampak Samping Struktur <i>Breasting Dolphin</i> .....	298
Gambar 6.67 Proyeksi Sumbu Horizontal.....	299
Gambar 6.68 Proyeksi Sumbu Vertikal.....	299
Gambar 6.69 Spektrum Gempa Bontang.....	300
Gambar 6.70 Pemodelan 3D <i>Breasting Dolphin</i> .....	302
Gambar 6.71 Beban Pangkalan dan Beban Hujan pada <i>Breasting Dolphin</i> .....	303
Gambar 6.72 Input Beban <i>Bollard</i> .....	303
Gambar 6.73 Input Beban Reaksi <i>Fender</i> .....	304
Gambar 6.74 Tegangan Yang Terjadi Pada <i>Breasting Dolphin</i>	311
Gambar 6.75 Ilustrasi Beban <i>Fender</i> .....	312
Gambar 6.76 Grafik kedalaman vs Daya Dukung Tanah.....	316
Gambar 6.77 Spesifikasi penampang CHS .....	321
Gambar 6.78 Multiplanar “K” Joints Pada Struktur <i>Catwalk</i> ...	322
Gambar 6.79 <i>Plat I Bar – Grating</i> .....	323

Gambar 6.80 Tampak 3D Struktur <i>Catwalk</i> .....	324
Gambar 6.81 Input Beban Hidup.....	325
Gambar 6.82 Input Beban Angin.....	325
Gambar 6.83 Spesifikasi Penampang CHS .....	329
Gambar 7.1 Diagram Alir Metode Pelaksanaan .....	336
Gambar 7.2 Lokasi Fasilitas Sementara .....	338
Gambar 7.3 Ilustrasi Penempatan Fasilitas Sementara.....	338
Gambar 7.4 Diagram Alir Pekerjaan Tiang Pancang .....	339
Gambar 7.5 Tiang Pancang Baja PT. Swarna Bajapasic.....	340
Gambar 7.6 Bevel Pada Ujung Tiang Pancang Yang disambung .....	340
Gambar 7.7 Tulangan Spiral Tiang Pancang.....	341
Gambar 7.8 Contoh <i>Barge</i> dengan <i>Crane</i> dan <i>Pile Ladder</i> .....	342
Gambar 7.9 Contoh <i>Power Pack Hammer</i> .....	342
Gambar 7.10 Spesifikasi <i>Hydraulic Hammer</i> dan <i>Power Pack</i> .342	
Gambar 7.11 (a) <i>Crane</i> ; (b) <i>Crane</i> ; (c) Kawat Las; (d) <i>Stopper D13</i> .....	343
Gambar 7.12 Peralatan APD .....	343
Gambar 7.13 Titik Pemasangan <i>Stopper</i> .....	344
Gambar 7.14 Proses Penggabungan Tiang Pancang.....	345
Gambar 7.15 Proses Pengelasan Tiang Pancang di Darat .....	345
Gambar 7.16 Pelapisan Bahan Anti Karat Pada Permukaan Las .....	346
Gambar 7.17 Mobilisasi Tiang Pancang.....	346
Gambar 7.18 Ponton Pancang dan Ponton <i>Crane</i> .....	347
Gambar 7.19 Ilustrasi Pemancangan .....	348
Gambar 7.20 Alur Pemancangan <i>Trestle</i> dan <i>Pivot</i> .....	349
Gambar 7.21 Alur Pemancangan <i>Loading Platform</i> .....	350
Gambar 7.22 Contoh Pencatatan <i>Pile Driving Record</i> .....	352
Gambar 7.23 Alat PDA .....	353
Gambar 7.24 Contoh Pemasangan <i>Strain Transducer</i> dan <i>Accelerometer</i> .....	353
Gambar 7.25 Contoh Proses Pencatatan Data Kalendering.....	354

Gambar 7.26 Hasil Pencatatan Kalendering.....	355
Gambar 7.27 (a) Alat Ukur Level; (b) <i>Blender/Cutting Torch</i> ; (c) Tabung Oksigen dan Tabung Asetilen.....	356
Gambar 7.28 Contoh Proses Pemotongan Tiang Pancang .....	356
Gambar 7.29 Diagram Alir Pekerjaan Beton .....	357
Gambar 7.30 Tulangan Deform.....	358
Gambar 7.31 Landasan Bekisting <i>Poer</i> .....	359
Gambar 7.32 Contoh Bekisting Untuk <i>Poer</i> .....	359
Gambar 7.33 <i>Concrete Vibrator</i> .....	360
Gambar 7.34 <i>Crane</i> dan <i>Barge</i> .....	360
Gambar 7.35 Penulangan Isian Tiang Pancang .....	361
Gambar 7.36 Proses Produksi Tulangan Tiang Pancang.....	362
Gambar 7.37 Pemasangan Perancah dan Beskiting <i>Poer</i> .....	363
Gambar 7.38 Ilustrasi Pemasangan Bekisting dan Perancah <i>Poer</i> .....	363
Gambar 7.39 Penulangan <i>Poer</i> .....	364
Gambar 7.40 Pekerjaan Pengecoran.....	365
Gambar 7.41 Pengecoran Beton K-350.....	365
Gambar 7.42 Pemasangan Balok <i>Precast</i> .....	366
Gambar 7.43 Ilustrasi Pemasangan Balok <i>Precast</i> .....	367
Gambar 7.44 Pemasangan Pelat <i>Precast</i> .....	367
Gambar 7.45 Ilustrasi Pemasangan Pelat <i>Precast</i> .....	368
Gambar 7.46 Pemasangan Tulangan Pelat .....	368
Gambar 7.47 Ilustrasi Pemasangan Tulangan Pelat .....	369
Gambar 7.48 Pengecoran <i>Overtopping</i> .....	369
Gambar 7.49 Ilustasi Pelat <i>Overtopping</i> .....	370
Gambar 7.50 Proses <i>Curing</i> Beton.....	370
Gambar 7.51 Pemancangan <i>Mooring Dolphin</i> .....	371
Gambar 7.52 Alur Pemancangan <i>Mooring Dolphin</i> .....	371
Gambar 7.53 Detail Beton Isian Tiang Pancang Pada <i>Mooring Dolphin</i> .....	372
Gambar 7.54 Pemasangan Perancah dan Bekisting <i>Mooring Dolphin</i> .....	372

Gambar 7.55 Ilustrasi Beksiting <i>Mooring Dolphin</i> .....	373
Gambar 7.56 Penulangan <i>Mooring Dophin</i> .....	373
Gambar 7.57 Pengecoran Beton K-350 <i>Mooring Dolphin</i> .....	374
Gambar 7.58 <i>Tee Bollard</i> .....	375
Gambar 7.59 Detail Pengangkuaran <i>Bollard</i> .....	375
Gambar 7.60 Pemancangan Tiang Pancang <i>Breasting Dolphin</i> .....	376
Gambar 7.61 Alur Pemancangan <i>Breasting Dolphin</i> .....	376
Gambar 7.62 Beton Isian Tiang Tiang Pancang Pada <i>Breasting Dolphin</i> .....	377
Gambar 7.63 Pemasangan Perancah dan Bekisting <i>Breasting Dolphin</i> .....	378
Gambar 7.64 Ilustrasi Pemasangan Bekisting <i>Breasting Dolphin</i> .....	378
Gambar 7.65 Penulangan <i>Breasting Dolphin</i> .....	379
Gambar 7.66 Pengecoran Beton K-350 <i>Breasting Dolphin</i> .....	380
Gambar 7.67 Pemasangan <i>Fender</i> .....	381
Gambar 7.68 Detail ANP Arch <i>Fender</i> .....	381
Gambar 7.69 Detail Struktur <i>Catwalk</i> .....	382
Gambar 7.70 Proses Pemasangan <i>Catwalk</i> .....	383

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Pengelompokan Kapal Curah Kering Berdasarkan Ukuran .....	17
Tabel 2.2 Jenis Peralatan di Terminal Curah Kering .....	20
Tabel 2.3 Tinggi Gelombang Ijin di Pelabuhan .....	31
Tabel 2.4 Kebutuhan Areal Penjangkaran.....	32
Tabel 2.5 <i>Basic Manoeuvering Lane</i> , $W_{BM}$ .....	33
Tabel 2.6 Lebar Tambahan Wi.....	34
Tabel 2.7 Lebar <i>Bank Clearance</i> , $W_{BG}$ ; $W_{BR}$ .....	35
Tabel 2.8 Kedalaman Alur Masuk .....	35
Tabel 2.9 <i>Safety factors</i> PIANC 2002 .....	41
Tabel 2.10 Gaya Tarik Kapal .....	42
Tabel 2.11 Koefisien Hambatan Angin.....	47
Tabel 2.12 Faktor Pembebatan .....	51
Tabel 2.13 Harga Koefisien $\omega_p$ , $C_3$ , $C_4$ dan $C_5$ .....	55
Tabel 2.14 <i>Base Coefficient</i> $\alpha$ ( <i>Decourt and Quaresma</i> , 1978) ..	59
Tabel 2.15 <i>Base Coefficient</i> $\beta$ ( <i>Decourt and Quaresma</i> , 1978) ..	59
Tabel 2.16 Batas Defleksi Operasional Untuk Struktur Maritim	61
Tabel 3.1 Frekuensi Kejadian Angin Per Bulan Selama 10 Tahun (2008-2017) .....	73
Tabel 3.2 Perhitungan <i>Fetch</i> Efektif .....	76
Tabel 4.1 Spesifikasi <i>Belt Conveyor</i> .....	90
Tabel 4. 2 Spesifikasi <i>Shiploader</i> .....	91
Tabel 4.3 Spesifikasi Tiang Pancang Baja .....	95
Tabel 4.5 Koefisien Hidrodinamis .....	97
Tabel 4.6 <i>Safety factor</i> (FS) .....	101
Tabel 4.7 Data Performa Tipe ANP <i>Arch Fender</i> (dalam kN, kNm) .....	102
Tabel 4.8 Dimensi ANP <i>Arch Fenders</i> .....	102
Tabel 4.9 Gaya Tarik Akibat Kapal .....	110
Tabel 4.10 Spesifikasi <i>Tee bollard</i> .....	112

Tabel 5.1 Layout Rencana Awal .....	118
Tabel 5.2 Rekapitulasi Layout Perairan .....	122
Tabel 5.3 Rekapitulasi Layout Daratan .....	129
Tabel 6.1 Berat Total Struktur <i>Belt Conveyor</i> .....	135
Tabel 6.2 Gaya-Gaya Dalam Struktur <i>Trestle</i> .....	141
Tabel 6.3 Koefisien X.....	143
Tabel 6.4 Momen Akibat Beban Mati dan Beban Hidup Merata.....	145
Tabel 6.5 Momen Pelat Rencana.....	145
Tabel 6.6 Rekapitulasi Penulangan Pelat Tipe 1 .....	149
Tabel 6.7 Rekapitulasi Gaya Dalam Pada Tiang Pancang .....	176
Tabel 6.8 Gaya-Gaya Dalam Struktur <i>Pivot</i> .....	194
Tabel 6.9 Koefisien X.....	197
Tabel 6.10 Momen Akibat Beban Mati dan Beban Hidup Merata.....	198
Tabel 6.11 Momen Pelat Rencana.....	199
Tabel 6.12 Rekapitulasi Penulangan Pelat Tipe 1 .....	202
Tabel 6.13 Rekapitulasi Gaya Dalam Pada Tiang Pancang .....	229
Tabel 6.14 Gaya-Gaya Dalam Struktur <i>Trestle</i> .....	246
Tabel 6.15 Koefisien X.....	248
Tabel 6.16 Momen Akibat Beban Mati dan Beban Hidup Merata.....	250
Tabel 6.17 Momen Pelat Rencana.....	250
Tabel 6.18 Rekapitulasi penulangan pelat <i>loading platform</i> Tipe 1 .....	252
Tabel 6.19 Rekapitulasi Penulangan Tulangan Lentur Balok <i>Loading Platform</i> .....	261
Tabel 6.20 Rekapitulasi Penulangan Tulangan Lentur Balok <i>Loading Platform</i> .....	262
Tabel 6.21 Rekapitulasi Gaya Dalam Pada Tiang Pancang .....	269
Tabel 6.22 Rekapitulasi Gaya Dalam Pada Tiang Pancang .....	290
Tabel 6.23 Rekapitulasi Gaya Dalam Pada Tiang Pancang .....	314

Tabel 6.24 Output Gaya Balok Utama .....	326
Tabel 6. 25 Output Gaya Balok Rangka <i>Catwalk</i> .....	330
Tabel 8.1 Daftar Upah Pekerja, Bahan dan Material.....	385
Tabel 8.2 Analisa Harga Satuan Pekerja .....	389
Tabel 8.3 Rencana Anggaran Biaya .....	397
Tabel 8.4 Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya .....	410

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar Belakang**

Indonesia merupakan produsen pupuk terbesar di Asia dengan total aset pada tahun 2015 sebesar Rp. 93,13 triliun dan total kapasitas produksi pupuk mencapai 13,1 juta ton per-tahun. Hal ini sangat masuk akal mengingat indonesia merupakan negara agraria sehingga dalam prosesnya sangat membutuhkan pupuk yang akan memberikan nutrisi tambahan agar tanaman tumbuh subur. Salah satu perusahaan yang memproduksi yaitu PT. Pupuk Kalimantan Timur yang memproduksi pupuk urea, NPK (Natrium, Posfor, Kalium), dan industri kimia lainnya. Perusahaan berlokasi di bontang, propinsi kalimantan timur dengan kepemilikan saham PT. Pupuk Indonesia (Persero) 99,99%.

Salah satu pupuk yang diproduksi oleh PT. Pupuk Kaltim adalah jenis pupuk NPK. Pupuk NPK adalah jenis pupuk yang memiliki kandungan hara yang lengkap. Pupuk ini termasuk dalam jenis pupuk majemuk karena kandungannya yang beraneka ragam. Sesuai dengan namanya, pupuk NPK memiliki kandungan utama yaitu N (Nitrogen) yang dapat membantu pertumbuhan vegetatif terutama daun, P (Posfor) yang dapat membantu pertumbuhan akar dan tunas, dan K (Kalium) yang dapat membantu proses pembungaan dan pembuahan. Oleh karena perannya yang sangat penting dalam dunia pertanian, maka diperlukan produksi yang sangat banyak untuk mendukung pengelolaan tumbuhan dalam bidang pertanian.

Untuk memenuhi penugasan Pemerintah kepada PT Pupuk Indonesia (Persero) yang merupakan pemilik saham dari PT. Pupuk Kalimantan Timur dalam pemenuhan suplai pupuk NPK bersubsidi di dalam negeri (Gambar 1.1) dan NPK non subsidi ke luar negeri (Gambar 1.2), Pupuk Kaltim menyiapkan stok pupuk NPK bersubsidi yang cukup untuk kebutuhan di masing-masing wilayah distribusi sesuai ketentuan Pemerintah yang secara berkala ditetapkan melalui Surat Keputusan Menteri Pertanian Republik

Indonesia dan juga menyuplai pupuk NPK non subsidi ke berbagai negara sekitar asia seperti malaysia, korea selatan, filipina, vietnam, dan negara eropa dan amerika utara.



Gambar 1.1 Area Distribusi Pupuk NPK Dalam Negeri  
(Sumber : [www.pupukkaltim.com](http://www.pupukkaltim.com))



Gambar 1.2 Area Distribusi Pupuk NPK Luar negeri  
(Sumber : [www.pupukkaltim.com](http://www.pupukkaltim.com))

Saat ini PT. Pupuk Kalimantan Timur memiliki 5 pabrik dimana jika dijumlahkan maka dari ke 5 pabrik tersebut akan memproduksi urea sekitar 3,435 juta ton per-tahun dan ammonia sekitar 2,74 juta ton per-tahun. Dengan produksi tersebut PT.

Pupuk Kalimantan Timur memiliki beberapa fasilitas pendukung yang akan membantu kelancaran loading dan unloading bahan pupuk yaitu empat dermaga yang dapat melayani kapal-kapal berukuran sampai dengan 20.000 DWT, keempat dermaga tersebut antara lain Dermaga I (Jetty Konstruksi), Dermaga II (Dermaga Urea dan Amoniak), Dermaga III (Dermaga *Quadrant Arm Loader*), dan Dermaga Tursina.

Oleh karena itu dengan terus banyaknya produksi dan distribusi yang dilakukan dan karena kondisi saat ini di Tersus (Terminal Untuk Kepentingan Khusus) PT. Pupuk Kaltim belum memiliki sarana khusus loading bahan baku pupuk NPK dan juga PT. Pupuk kaltim berencana meningkatkan produksi pupuk NPK dalam skala besar, sehingga diperlukan pembangunan dermaga NPK pada tersus PT. Pupuk Kaltim. Dalam penggunaannya, dermaga NPK diharapkan akan membantu proses loading pupuk jenis NPK di tersus PT. Pupuk Kaltim dalam skala yang besar.

Dalam perencanaan dermaga untuk loading pupuk NPK perlu dipertimbangkan berdasarkan karakteristik dari bahan pupuk (*Phosphate*). *Phosphate* adalah bahan baku utama industri pupuk. Sangat berdebu dan menyerap kelembapan dengan sangat cepat yang berarti sangat pekat dengan air. Faktor penyimpanan rata-rata adalah sebesar  $0,92 \text{ m}^3$  sampai  $1 \text{ m}^3$  per metrik ton dan semua pengiriman dalam bentuk konsentrat bubuk (Velsink, 1994). Dengan karakteristik pupuk tersebut, diperlukan suatu perencanaan sistem *loading* yang bisa menghindari air, lebih cepat dan mempermudah pekerjaan. Sehingga perlu menggunakan alat bantu loading bahan baku pupuk yaitu *ship loader* dan *belt conveyor* untuk dermaga NPK.

## 1.2 Perumusan Masalah

Dalam tugas akhir ini permasalahan utama yang akan diselesaikan adalah bagaimana merancang dermaga pupuk NPK di Tersus PT. Pupuk Kalimantan Timur untuk Kapal *Bulk Carrier* dengan Kapasitas 10.000 DWT. Adapun detail permasalahan yang akan dibahas adalah:

1. Diperlukan evaluasi *masterplan* dari layout perairan dan daratan yang sudah ada untuk kapal *bulk carrier* kapasitas 10.000 DWT.
2. Diperlukan *Detail Engineering Desain* (DED) untuk dermaga pupuk NPK yang memperhatikan nilai ekonomis dan kesesuaian terhadap operasional dermaga nantinya.
3. Metode kerja yang akan digunakan dalam pembangunan dermaga pupuk NPK untuk kapal *bulk carrier* kapasitas 10.000 DWT.
4. Perlu dilakukan perhitungan anggaran biaya yang dibutuhkan dalam pembangunan dermaga pupuk NPK untuk kapal *bulk carrier* kapasitas 10.000 DWT.

### 1.3 Tujuan Permasalahan

Dengan mengacu pada perumusan masalah yang telah diuraikan diatas maka tujuan tugas akhir yang ingin dicapai adalah:

1. Mampu mengevaluasi dan merencanakan desain layout perairan dan dermaga pupuk NPK untuk kapal *bulk carrier* 10.000 DWT.
2. Membuat perencanaan *Detail Engineering Desain* (DED) yang sesuai meliputi, sistem *fender* dan *bollard*, *Trestle*, *Pivot*, *loading platform*, *breastning dolphin*, *mooring dolphin*, dan *caltwalk* untuk dermaga pupuk NPK untuk kapal *bulk carrier* kapasitas 10.000 DWT
3. Melakukan perencanaan metode kerja pembangunan dermaga pupuk NPK untuk kapal *bulk carrier* kapasitas 10.000 DWT.
4. Melakukan perhitungan terkait anggaran biaya yang dibutuhkan dalam pembangunan dermaga pupuk NPK untuk kapal *bulk carrier* kapasitas 10.000 DWT.

### 1.4 Manfaat Hasil Perencanaan

Manfaat yang diperoleh dari tugas akhir ini adalah :

1. Untuk kepentingan akademis yaitu sebagai sarana pembelajaran dan refensi bagi mahasiswa dalam melakukan

- perencanaan dermaga pupuk NPK untuk kapal *bulk carrier* kapasitas 10.000 DWT.
2. Untuk pihak PT. Pupuk Kalimantan Timur yaitu sebagai refensi dalam perencanaan dermaga pupuk NPK untuk kapal *bulk carrier* kapasitas 10.000 DWT yang akan dibangun

### **1.5 Batasan Masalah**

Melihat kompleksnya permasalahan yang ada dilingkungan kerja pelabuhan maka perlu dilakukan pembatasan masalah sebagai berikut :

1. Tidak merencanakan Sarana Bantu Navigasi Pelayaran (SBNP)
2. Tidak menghitung *causeway*
3. Tidak menghitung analisa *dredging* atau penggerukan
4. Tidak merencanakan sistem elektrikal dan mekanikal

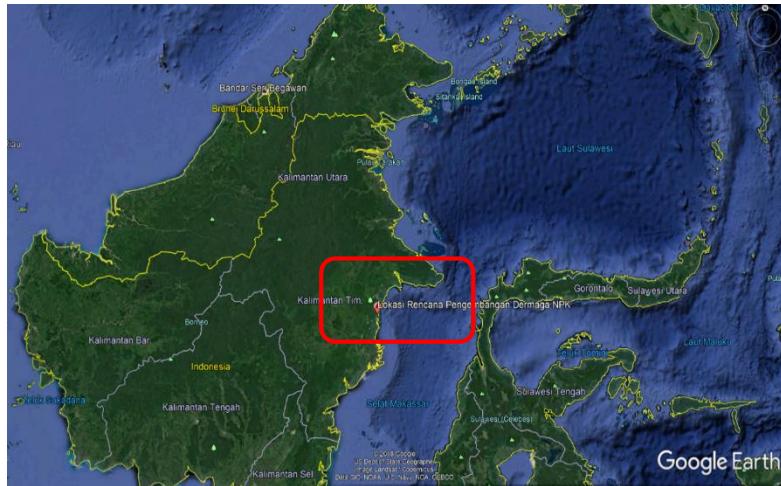
### **1.6 Lingkup Perencanaan**

Adapun lingkup perencanaan yang dilakukan pada tugas akhir ini meliputi :

1. Pengumpulan data dan analisa
2. Evaluasi layout perairan dan daratan dari dermaga
3. Perencanaan *Trestle*, *Pivot*, dan *Loading Platform*
4. Perencanaan *Mooring Dolphin* dan *Breasting Dolphin*
5. Perencanaan *Catwalk*
6. Perencanaan metode pelaksanaan dermaga
7. Perencanaan anggaran biaya

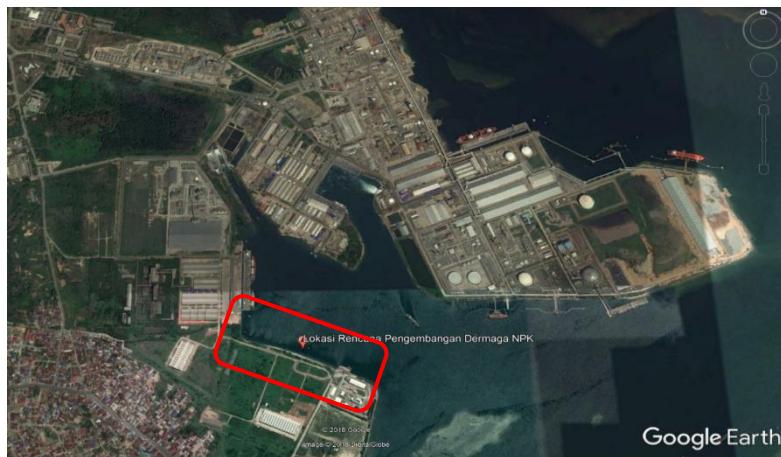
### **1.7 Lokasi Perencanaan**

Lokasi perencanaan dermaga NPK di tersus PT. Pupuk Kaltim untuk kapal *bulk carrier* kapasitas 10.000 DWT ini adalah di Bontang, Provinsi Kalimantan Timur. Lokasi perencanaan secara terperinci ditunjukkan oleh Gambar 1.3 dan Gambar 1.4. Sementara gambar rencana pengembangan dermaga dapat dilihat pada Gambar 1.5. Lokasi pengembangan berada pada koordinat Garis Lintang  $0^{\circ}10'18.87''\text{U}$  dan Garis Bujur  $117^{\circ}29'16.29''\text{T}$ .



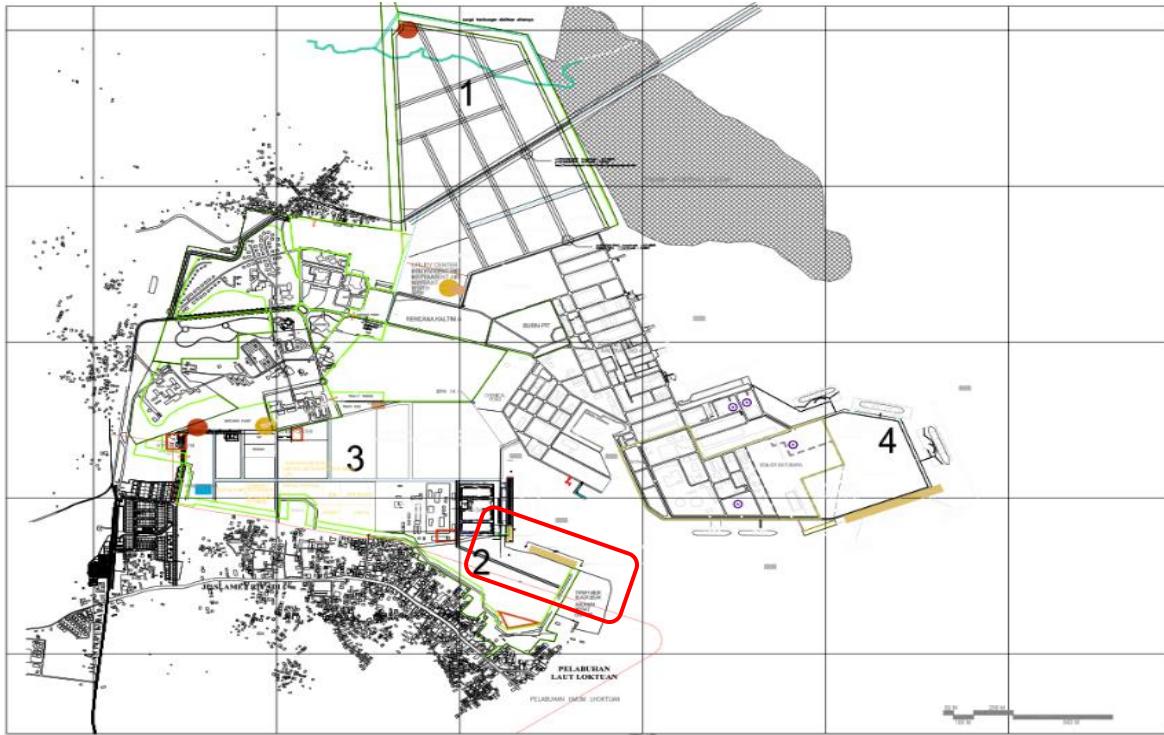
Gambar 1.3 Lokasi Dermaga NPK di Tersus PT.Pupuk Kaltim Bontang,  
Provinsi Kaltim

(Sumber : Google maps, 2019)



Gambar 1.4 Daerah Pengembangan Dermaga NPK

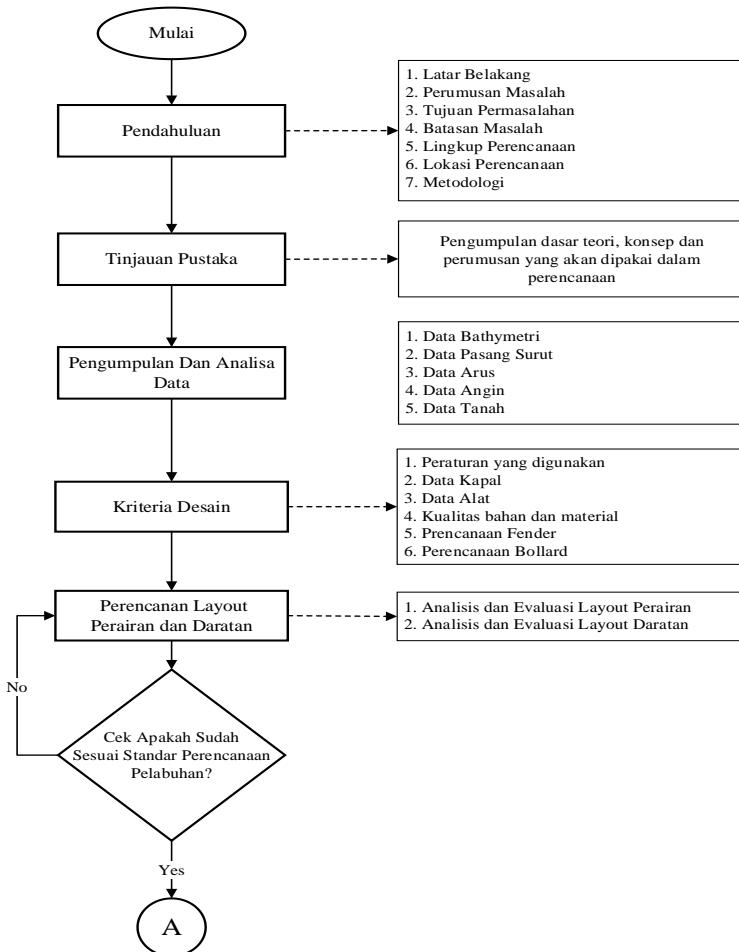
(Sumber : Google maps, 2019)

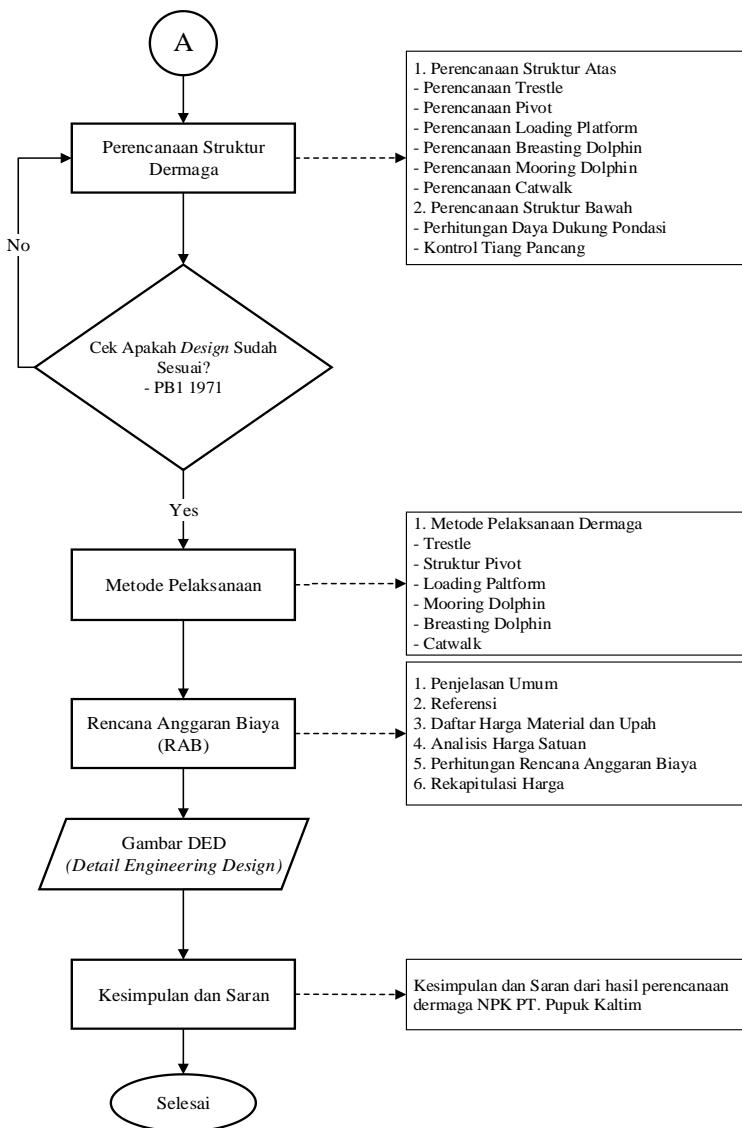


Gambar 1.5 Rencana Pengembangan Dermaga Pupuk NPK Untuk Kapal *Bulk Carrier* Kapasitas 10.000 DWT  
(Sumber : Laporan pengembangan PT. Pupuk Kaltim)

## 1.8 Metodologi

Langkah-langkah dalam perencanaan dermaga pupuk NPK di Tersus PT. Pupuk Kalimantan Timur dapat dilihat pada Gambar 1.6.





Gambar 1.6 Diagram Alir Perencanaan Dermaga NPK

Keterangan Diagram Alir Metodologi tersebut adalah sebagai berikut :

1. Pendahuluan

Menentukan latar belakang, perumusan masalah, tujuan, lingkup perencanaan, manfaat penelitian, dan lokasi perencanaan.

2. Tinjauan Pustaka

Tinjauan Pustaka merupakan tahap pengumpulan dasar teori, konsep dan perumusan yang akan dipakai dalam perencanaan.

3. Pengumpulan Data dan Analisis Data

Data yang digunakan untuk perencanaan adalah data sekunder, yaitu:

- Data *bathymetri*
- Data pasang surut
- Data arus
- Data angin dan Gelombang
- Data tanah
- Data kapal

Analisis data yang dilakukan meliputi :

- Analisis data *bathymetri*
- Analisis data pasang surut
- Analisis data arus
- Analisis data angin dan gelombang
- Analisis data tanah

4. Kriteria Desain

Pada kriteria desain dilakukan beberapa penentuan serta perhitungan terhadap perencanaan dermaga yang meliputi :

1. Peraturan yang digunakan : Acuan-acuan yang digunakan dalam perencanaan dermaga.
2. Data kapal : Kriteria kapal rencana harus ditentukan pada saat merencanakan dermaga untuk mengetahui jenis kapal dan dimensi panjang kapal yang berlabuh di dermaga yang akan direncanakan. Pada umumnya data kapal yang

digunakan adalah bobot kapal, panjang kapal (LOA), lebar kapal dan draft/sarat penuh kapal.

3. Data alat
  4. Kualitas bahan dan material : Menentukan kualitas dan bahan material yang akan digunakan dalam perencanaan.
  5. Perencanaan *fender*
  6. Perencanaan *bollard*
  7. Pembebaan : Perhitungan beban terdiri dari beban vertikal dan horisontal. Beban vertikal meliputi: beban mati dari berat sendiri, beban hidup terpusat dan beban hidup merata akibat muatan. Sedangkan beban horisontal meliputi gaya *fender*, gaya tarik *bollard*, gaya arus, tekanan angin dan beban gempa.
5. Perencanaan Layout Perairan dan Daratan
- Perencanaan Layout yang dilakukan adalah layout perairan dan daratan.
- Perencanaan Layout perairan yang dilakukan meliputi :
- a) Perencanaan Alur Masuk.
  - b) Perencanaan Kolam Putar.
  - c) Perencanaan Kolam Dermaga.
- Perencanaan Layout Daratan yang dilakukan meliputi :
- a) Panjang Dermaga
- Dalam perhitungan kebutuhan panjang dermaga perlu digunakan kapal rencana sesuai dengan fungsi dermaga dimana memperhatikan jenis kapal dan jumlah kapal yang bertambat pada dermaga rencana.
- b) Lebar Dermaga
- Lebar dermaga tidak ditentukan secara khusus, tetapi disesuaikan dengan ruang penggunaan peralatan operasional pelabuhan seperti lebar peralatan bongkar muat serta lebar yang dibutuhkan untuk manuver.
- c) Elevasi Dermaga
- Elevasi dermaga ditentukan dari kondisi pasang surut disekitar dermaga yang akan direncanakan.

## 6. Perencanaan Struktur

Perencanaan struktur dermaga meliputi struktur atas dan struktur dengan cara sebagai berikut:

### 1. Perhitungan awal

#### a) Desain awal konstruksi

Desain awal konstruksi adalah berupa desain dimensi masing-masing bagian struktur atas yaitu :

- *Catwalk* : perencanaan dimensi pelat, balok gelagar, balok melintang, dan sambungan
- *Loading platform* : perencanaan dimensi pelat, balok, poer dan tiang pancang.
- *Breasting Dolphin* : perencanaan dimensi poer dan tiang pancang.
- *Mooring Dolphin* : perencanaan dimensi poer dan tiang pancang.
- *Pivot* : perencanaan dimensi pelat, balok, poer dan tiang pancang.
- *Trestle* : perencanaan dimensi pelat, balok, poer dan tiang pancang

#### b) Analisis struktur

Analisis struktur bertujuan untuk mendapatkan output gaya-gaya dalam berupa gaya aksial, gaya geser dan momen. Analisa struktur menggunakan *software SAP2000 14*

#### c) Perencanaan Penulangan

Perencanaan menggunakan metode elastis cara ‘n’ dalam PBI’71 untuk penulangan pelat, balok, dan poer. Prinsip kerusakan dalam metode elastis ini adalah tulangan diharapkan akan leleh lebih dahulu sebelum beton retak, sehingga melindungi tulangan dari karat akibat keretakan yang terjadi.

#### d) Perencanaan Sub-struktur

Struktur dermaga yang akan direncanakan adalah dermaga open pile dan menggunakan tiang pancang sebagai penopang dari *upper struktur*.

## 7. Metode Pelaksanaan

Dari sekian banyak bidang yang harus diselesaikan, perlu juga direncanakan mengenai metode pelaksanaan yang akan digunakan dalam perencanaan pembangunan dermaga NPK. Adapun tahapan metode pelaksanaan pembangunan dermaga NPK ini adalah sebagai berikut:

1. Metode Pelaksanaan *Trestle*  
Pengadaaan alat dan bahan, pemancangan, penulangan, dan Pengecoran.
  2. Metode Pelaksanaan *Pivot*  
Pengadaaan alat dan bahan, pemancangan, penulangan, dan Pengecoran.
  3. Metode Pelaksanaan *Loading Platform*  
Pengadaaan alat dan bahan, pemancangan, penulangan, dan Pengecoran.
  4. Metode Pelaksanaan *Mooring Dolphin*  
Pengadaaan alat dan bahan, pemancangan, penulangan, dan Pengecoran.
  5. Metode Pelaksanaan *Breasting Dolphin*  
Pengadaaan alat dan bahan, pemancangan, penulangan, dan Pengecoran.
  6. Metode Pelaksanaan *Catwalk*  
Pengadaan alat dan bahan, pemasangan *catwalk*
- ## 8. Perhitungan RAB
- Analisis ini dilakukan sesuai dengan standar dan kebutuhan yang ada. Hal ini terutama perlu memperhatikan adanya pengaruh inflasi dan faktor risiko. Tahapan dari Analisis ini yaitu :
- a. Penjelasan umum
  - b. Referensi yang digunakan
  - c. Daftar Harga material dan upah
  - d. Perhitungan volume pekerjaan
  - e. Analisis harga satuan
  - f. Perhitungan rencana anggaran biaya
  - g. Rekapitulasi Harga

## 9. Kesimpulan Hasil Rencana

Menampilkan kesimpulan dari hasil perencanaan struktur dermaga curah kering untuk kapal *bulk carrier* kapasitas 10.000 DWT, penentuan metode pelaksanaan, dan perhitungan rencana anggaran biaya pembangunan dermaga NPK dalam tugas akhir ini.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Umum**

Menurut PP 61 Tahun 2009 Bab I Pasal 1 “pelabuhan adalah tempat yang terdiri atas daratan dan/atau perairan dengan batas-batas tertentu sebagai tempat kegiatan pemerintahan dan kegiatan perusahaan yang dipergunakan sebagai tempat kapal bersandar, naik turun penumpang, dan/atau tempat bongkar muat barang, berupa terminal dan tempat berlabuh kapal yang dilengkapi dengan fasilitas keselamatan dan keamanan pelayaran dan kegiatan penunjang pelabuhan serta sebagai tempat perpindahan intra dan antarmoda transportasi”.

Terminal adalah fasilitas pelabuhan yang terdiri atas kolam sandar dan tempat kapal bersandar atau tambat, tempat penumpukan, tempat menunggu dan naik turun penumpang dan/atau tempat bongkar muat barang. Berdasarkan kepemilikannya terdapat jenis terminal yang disebut terminal khusus yang terletak di luar DLKr (Daerah Lingkungan Kerja) dan DLKp (daerah lingkungan kepentingan) yang merupakan bagian dari pelabuhan terdekat untuk melayani kepentingan sendiri sesuai dengan usaha pokoknya.

Terdapat beragam cara mengkategorisasi dan klasifikasi kapal, untuk bidang Teknik Sipil yang paling penting berupa klasifikasi kapal berdasar pada jenis muatan.

penanganan muatannya atau kemasan muatan. Istilah dalam pengemasan komoditas yang dibongkar/muat di pelabuhan diterapkan baik pada pengelompokan jenis kapal cargo maupun pada fasilitas dermaga dan keseluruhan terminal. Jadi jenis kemasan muatan mempengaruhi tipe kapal yang digunakan untuk mengangkut dan selanjutnya mempengaruhi tipe terminal atau dermaga dan fasilitas lain yang dapat digunakan untuk bertambat kapal dan menangani bongkar/muat.

Berdasar standarisasi muatan di eropa selanjutnya menjadi standard Internasional mengacu pada “*Standard Goods*

*Nomenclature for Transport Statistics, NST 2007*" (OECD, 2010), maka secara singkat cargo dibedakan menjadi 3 type utama yaitu:

1. *Bulk* (Curah) dibedakan atas *liquid bulk* (Curah Cair) dan *dry bulk* (Curah Kering)
2. *Unitised cargo* (Muatan terikat termasuk kontainer dan Ro-Ro)
3. *General cargo* lain.

Selanjutnya terkait aplikasi kode secara Internasional maka tipe cargo dibedakan menjadi:

1. Code 0 *No cargo unit (liquid bulk goods)* atau muatan Curah Cair
2. Code 1 *No cargo unit (solid bulk goods)* atau muatan Curah Padat/ Kering
3. Code 2 *Large freight containers* (Muatan Petikemas besar)
4. Code 3 *Other freight containers* (Muatan Petikemas lain)
5. Code 4 *Palletized*
6. Code 5 *Pre-slung*
7. Code 6 *Mobile self-propelled units* (Satuan Bergerak sendiri)
8. Code 7 *Other mobile non self-propelled units* (Satuan tidak bergerak sendiri lainnya)
9. Code 8 (*Reserved*)/ (dicadangkan)
10. Code 9 *Other cargo types* (tipe muatan lain)

## 2.2 Muatan Curah Kering

Menurut Eurostat (2016) Curah kering mengacu pada barang padat tanpa dikemas yang bisa ditangani dan dikirim kapal memakai peralatan *grab*, *elevator*, *auger*, atau peralatan hisap/*suction*. Terdapat 4 tipe muatan curah kering yaitu Bijih besi/*Ore* dan besi rongsokan/scrap metal, Batu bara/*Coal*, produk pertanian seperti pupuk dan muatan curah kering lain. Pembagian ini akan menentukan kapal yang digunakan, tipe peralatan bongkar/muat, dan fasilitas penyimpanannya. Muatan bijih besi mendominasi lalu lintas muatan kapal curah di seluruh dunia.

Berdasar ketentuan UNECE, 2010 yang termasuk muatan curah mencakup bubuk halus, butiran (*granular particles*), besar, lembek (bukan bubur), berbutir kasar, padatan kering, sesuai

untuk penanganan dengan peralatan menerus mekanis, untuk pengiriman dengan instalasi tetap (bukan pipa) atau dituang langsung ke dalam palka atau ruang bersekat dalam kapal. Ukuran kapal curah kering dikelompokkan sebagaimana Tabel 2.1.

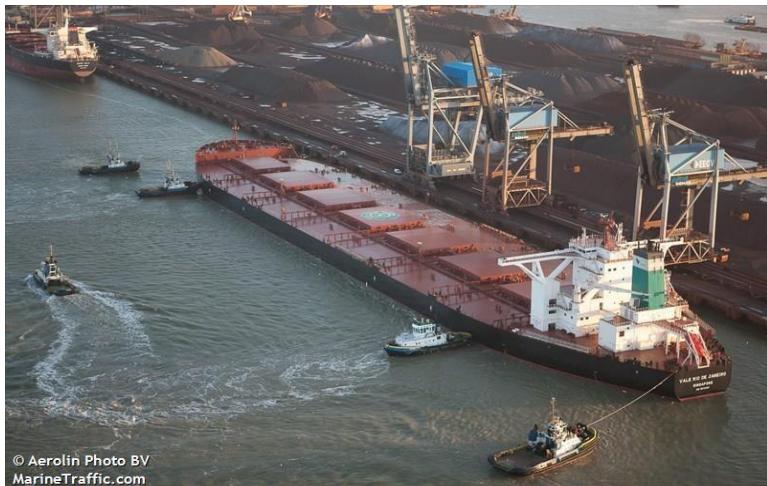
Tabel 2.1 Pengelompokan Kapal Curah Kering Berdasarkan Ukuran

Kategori	DWT	Jumlah Kapal	Volume Lalu Lintas
Handysize	10.000 – 35.000	34 %	18 %
Handymax	35.000 – 59.000	37 %	
Panamax	60.000 – 80.000	19 %	20 %
Capesize	80.000 Keatas	10 %	62 %

(Sumber : OCDI, 2002)

Sedangkan jenis kapal pengangkutnya dibedakan menjadi kapal Curah dengan kran, Kapal Kombinasi, kapal Curah *Gearless* (tanpa kran kapal), dan kapal menuang sendiri (*Self-dischargers*). Kapal Curah dengan Kran, banyak digunakan mengangkut bijih besi dan *phosphate* (Pupuk) dalam jumlah besar. Kapal curah ini memiliki sekat palka dan kran kapal bekerja mengisi atau menuang muatan tiap ruang dan seringkali peralatan perata muatan (*buldozer*) dimasukan kedalam palka. Transportasi bijih besi di Indonesia umumnya menggunakan tongkang tanpa mesin atau tongkang dengan mesin (*Self Propelled barge/ SPB*) ukuran maksimum 10.000 ton.

Untuk transportasi Internasional, ukuran kapal terbesar VLOC (*Very Large Ore Carrier*) yang beroperasi mulai 2011 mencapai sekitar 400.000 DWT dikenal sebagai Valemax digunakan untuk pengiriman bijih besi dari Brasil (Perusahaan Tambang Vale S.A.) ke Eropa dan Asia, lihat Gambar 2.1.



Gambar 2.1 *Very Large Ore Carrier Valemax*  
(Sumber : [www.marinetraffic.com](http://www.marinetraffic.com))

Spesifikasi:

Nama & Bendera	: Shandong Da De & Hongkong
GT & DWT	: 198980 & 402303 t
LOA x Lebar x Draft	: 362 m x 65,06 m x 11,8 m
Tahun Pembuatan	: 2011

### 2.3 Dermaga Curah Kering

Berdasar data UNCTAD (1985) pada tahun 2010, di seluruh dunia terdapat lalu lintas muatan curah kering sebesar 3,2 Miliar ton/tahun dan diantaranya terdapat 5 jenis muatan curah kering yang paling banyak diangkut mencakup:

- a. Bijih besi 984 juta ton/tahun
- b. *Coal* 904 juta ton/tahun
- c. Bulir (Jagung, gandum, beras, kedelai, dll) 343 juta ton/tahun
- d. *Bauxite* 64 juta ton/tahun
- e. *Phosphate* (Pupuk) 23 juta ton/tahun

Produk lain yang juga dikapalkan dan diangkut dalam berbagai jenis peralatan khusus diantaranya bijih mineral yang diproses (Konsentrat tembaga), sulfur, semen, pupuk, pasir dan agregat, kayu serpihan (*wood chips*).

Untuk indonesia jenis curah kering yang banyak diangkut berupa batu bara, semen (*Klinker*), pupuk, gula mentah (*raw sugar*), kedelai, jagung, beras dan beberapa mineral bahan tambang maupun bahan pangan lain. Berdasar kementerian perhubungan, 2010 data total bongkar muat tahun 2009 mencapai 560 juta ton dengan kenaikan rata-rata sekitar 19% tahun sejak 1999.

### **2.3.1 Prinsip Perencanaan terminal curah kering**

Hal-hal yang perlu ditetapkan sebelum perencanaan terminal curah kering meliputi :

- a. Setiap jenis komoditas memiliki karakteristik tersendiri yang membutuhkan penanganan berbeda-beda
- b. Proses penanganan muatan membutuhkan peralatan yang betipe sama tetapi tidak dapat digunakan secara bergantian antar komoditas. Misal grab untuk pupuk tidak dapat digunakan untuk klinker ataupun bahan pangan.
- c. Setiap jenis komoditas ditempatkan pada kelompok terminal tersendiri dan sebagian besar tidak dapat dicampur, misal: terminal curah kering batu bara, terminal curah kering phosphate (pupuk), terminal curah kering tepung terigu, dan sebagainya.
- d. Tata letak fasilitas dalam terminal juga berbeda-beda sesuai masing-masing jenis muatan curah.

### **2.3.2 Kebutuhan Peralatan**

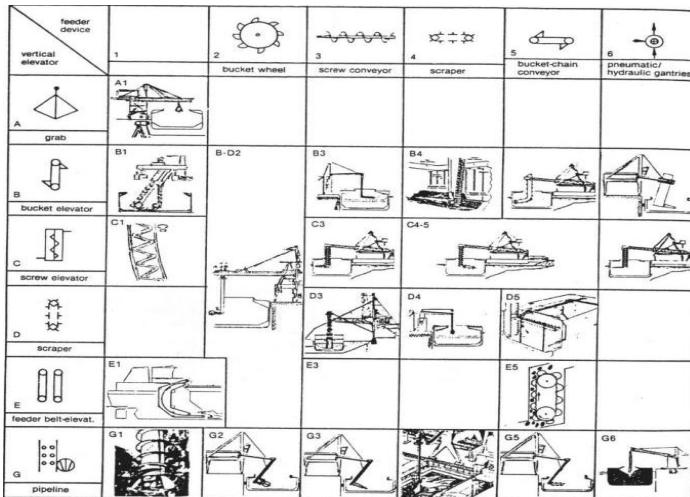
Menurut Velsink, P (1994), Dalam setiap proses bongkar atau muat di terminal curah kering membutuhkan peralatan dengan kombinasi penggunaan harus menghasilkan kapasitas yang seragam diantara alat-alat tersebut. Jenis peralatan dipilih berdasar kriteria kesesuaian dengan tipe muatan, kapasitas, perawatan, dan harganya.

Beberapa jenis peralatan dan posisi penempatannya disajikan dalam Tabel 2.2 Sistem pemindahannya dapat berlangsung kontinyu (menerus), atau diskontinyu (bertahap) dan tiap jenis peralatan disajikan berbagai pilihan. Bentuk masing-masing peralatan disajikan pada Gambar 2.2.

Tabel 2.2 Jenis Peralatan di Terminal Curah Kering

Kegiatan	Peralatan	Areal
Kapal ke dermaga dan sebaliknya	Utama : Ship to shore Crane (STS crane) Pelengkap: Grab, bucket, screw, scraper, conveyor, pia. Peralatan pelengkap diletakan vertikal, horizontal maupun pada kemiringan tertentu.	Dermaga
Dermaga ke Gudang/ Lapangan Penumpukan	Belt Conveyor, truk, dan pipa	Trestle, Causeway, dan jalan atau jalur conveyor
Lapangan Penumpukan	Conveyor, pipa, stracker crane, Reclaimer crane, dan buldozer	Areal Lapangan
Gudang	Pada Silo: Conveyor, dan pipa Pada Gudang : Stack crane, Reclaimer crane, dan buldozer	Silo, Gudang

(Sumber: Velsink, 1994)



Gambar 2.2 Peralatan Bongkar/Muat Curah Kering  
(Sumber : Velsink, 1994)

### 2.3.3 Perencanaan Tata Letak Terminal

Tata letak fasilitas dalam terminal dibahas mulai dari :

- Arah kapal merapat yaitu posisi dermaga
- Penghubung menuju areal penyimpanan, atau dikenal sebagai *horizontal transport*.
- Areal penyimpanan
- Areal pemindahan dari daratan ke kapal

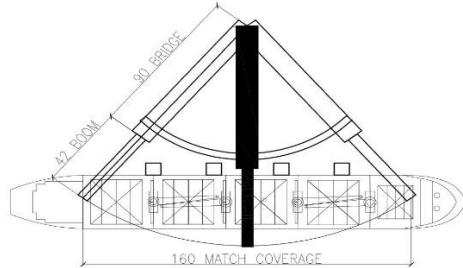
Proses ini perlu lebih dirincikan lagi sesuai kebutuhan masing-masing tipe muatan. Untuk loading curah kering biasanya menggunakan *belt conveyor* yang berfungsi meyalurkan muatan curah kering ke *radial ship loader* lalu dimuat di kapal.

Bentuk layout dermaga dipengaruhi jenis *Crane*. Terdapat beberapa bentuk *crane* yang dipasang menyesuaikan panjang jangkauan lengan yang dibutuhkan diantaranya:

- Radial ship loader/Quadrant ship loader*

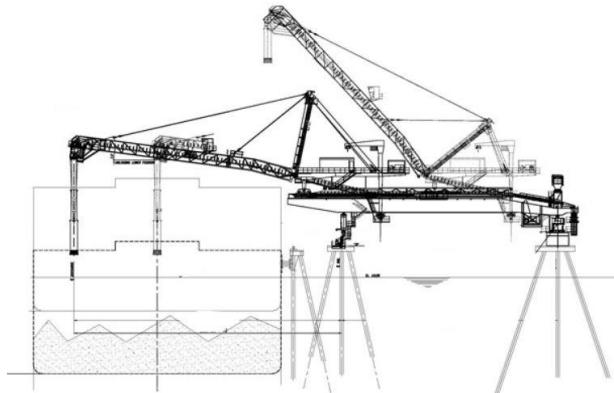
Ditandai dengan crane bertumpu pada satu kaki yang diam dan satu lengannya bergerak diatas balok berbentuk busur

lingkar atau radial dikenal sebagai balok *quadrant*. Lengan secara radial dan dilengkapi alat *telescopic* untuk mencapai semua ruang palka sehingga kapal tidak perlu digeser-geser. Jumlah balok 1 unit (*Radial Ship Loader*) Lihat Gambar 2.3 Bertumpu diatas sistem perletakan *dolphin*, lihat Gambar 2.4.



Gambar 2.3 *Radial Ship Loader*

Sumber : Velsink, 1994



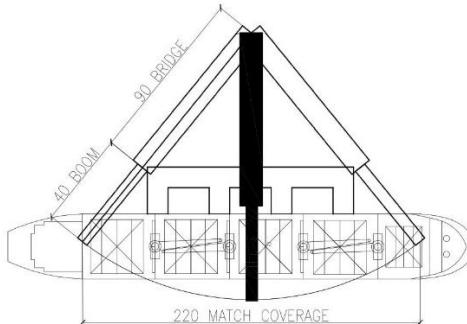
Gambar 2.4 Contoh Struktur Balok *Quadrant* dan *Dolphin*

Sumber : Velsink, 1994

## 2. *Linear Ship Loader*

Kondisinya hampir sama dengan *Radial crane* hanya bedanya pergerakan *bridge* membentuk garis lurus. Titik tumpu kaki *crane* yang diam dapat diujung lengan atau diletakkan pada jarak tertentu dari ujung. Lengan yang

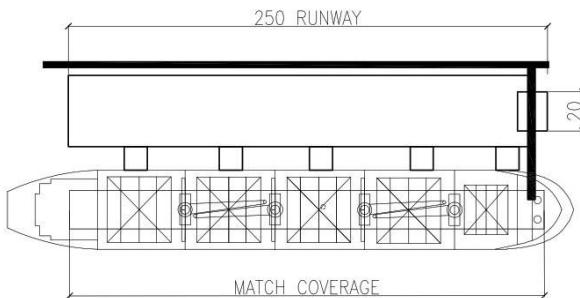
digunakan untuk mencapai palka dapat bergerak vertikal dan horizontal, lihat Gambar 2.5.



Gambar 2.5 *Linear Ship Loader*  
Sumber : Velsink, 1994

### 3. Travelling Ship Loader

Sistem ini sesuai untuk dermaga baik bentuk *jetty* maupun *wharf* dengan crane berjalan diatas dermaga lurus sepanjang kapal. Crane juga dapat dipasang pada dua sisi dermaga yang dilayani 2 jalur *belt conveyor* untuk mempercepat bongkar/muat. Bentuk dari *travelling ship loader* dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 *Travelling Ship Loader*  
Sumber : Velsink, 1994

Pada perencanaan tugas akhir ini lebih difokuskan pada penggunaan STS *Crane* tipe *radial ship loader*.

## 2.4 Data dan Analisis

Menurut Huang et al.,(2014) Dalam merencanakan suatu pelabuhan dapat menggunakan dua jenis data yaitu data primer atau data sekunder karena output dalam perencanaan yaitu DED (*Detail Engineering Design*) dibutuhkan data yang lengkap sebagai pendukung proses perencanaan. Data lapangan yang dibutuhkan untuk DED mencakup data hidrooseanografi, topografi, dan data tanah. Data hidrooseanografi meliputi data pasang surut, data arus, bathymetri, data angin dan gelombang.

### 2.4.1 Peta Bathymetri

Menurut Pipkin et al.,(1987), *bathymetri* berasal dari bahasa yunani yang berarti pengukuran dan pemetaan topografi di bawah laut melalui survei. Survei bathymetri dapat memberikan gambaran mengenai kondisi elevasi asli dari suatu kedalaman sebenarnya yang divisualisasikan menjadi peta bathymetri.

Peta *bathymetri* menunjukkan kontur kedalaman dasar laut diukur dari posisi 0.00 LWS, pada beberapa peta untuk keperluan tertentu digunakan patokan 0.00 m CD (*Chart Datum*= MSL). Dengan referensi LWS peta akan selalu menunjukkan kedalaman air minimum sehingga pembaca peta dapat mencari kedalaman air yang aman. Hasil dari peta bathymetri ini akan digunakan untuk :

- Mengetahui kedalaman tanah dasar laut untuk kemudian dapat digunakan untuk merencanakan kedalaman perairan yang aman bagi kapal rencana.
- Menentukan posisi yang tepat untuk lokasi dermaga dan fasilitas-fasilitas dermaga.
- Mengetahui daerah-daerah yang berbahaya untuk berlabuhnya kapal sehingga dapat diantisipasi dengan pemberian tanda.

### 2.4.2 Data Arus

Arus dapat terjadi oleh beberapa sebab meliputi adanya perbedaan perbedaan level muka air, perbedaan kerapatan/densitas

air dan juga perbedaan suhu air. Pada umumnya arus yang terjadi di sepanjang pantai merupakan arus yang terjadi akibat perbedaan muka air pasang surut satu lokasi dengan lokasi yang lain, sehingga kondisi pasang surut suatu lokasi sangat dipengaruhi oleh kondisi pasang surut lokasi tersebut itu pula (Thoressen, 2014).

Pada umumnya arus yang terjadi di sepanjang pantai disebabkan oleh perbedaan muka air pasang surut antara satu loasi dengan okasi yang lain, sehingga perilaku arus dipengaruhi pola pasang surut. Arus terjadi akibat adanya perubahan ketinggian permukaan air laut. Perubahan tersebut akan menyebabkan pergerakan air secara horisontal. Kegunaan data arus pada perencanaan pelabuhan untuk:

- Menghindari pengaruh tekanan arus berarah tegak lurus kapal, agar dapat bermanuver dengan cepat dan mudah, kecepatan arus maksimum = 3 knot.
- Evaluasi stabilitas garis atau morfologi pantai (erosi atau sedimentasi), untuk sungai, digunakan menghitung debit air, intrusi air laut, sedimentasi.

Pada umumnya yang dibutuhkan adalah mengetahui frekuensi arah dan kecepatan arus terhadap pola aliran pasang surut. Untuk itu data diolah dan ditampilkan bersama data pasang surut.

#### 2.4.3 Data Pasang Surut

Pasang surut adalah fluktuasi muka air laut sebagai fungsi waktu karena adanya gaya tarik benda-benda langit, terutama matahari dan bulan terhadap massa air laut di bumi. *Spring tide* merupakan rangkaian perubahan muka air pasang surut dengan perbedaan antara elevasi pasang dan surut relatif tinggi. *Neap tide* menghasilkan perbedaan antara elevasi pasang dan surut relatif rendah dan dengan rangkaian lama kejadian baik *s* maupun *spring tide* sekitar 4 sampai 6 hari. Siklus perputaran bulan mengelilingi bumi terjadi selama sekitar 30 hari tetapi siklus *spring* dan *neap tide* terjadi setiap 15 hari sekali.

Secara umum pasang surut di berbagai daerah dapat dibedakan empat tipe, yaitu pasang surut harian tunggal (*diurnal tide*), harian ganda (*semidiurnal tide*) dan dua jenis campuran. Pola pasang surut dapat dilihat pada Gambar 2.7.

a. Pasang surut harian ganda (*semi diurnal tide*)

Dalam satu hari terjadi dua kali air pasang dan dua kali air surut dengan ringgi yang hampir sama dan pasang surut terjadi secara berurutan secara teratur. Tipe pasang surut rata-rata adalah 12 jam 24 menit.

b. Pasang surut harian tunggal (*diurnal tide*)

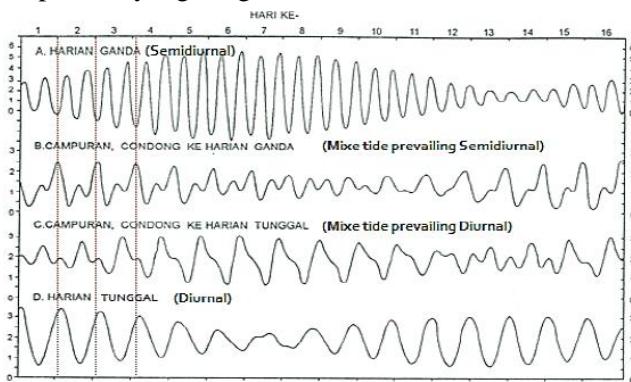
Dalam satu hari terjadi satu kali air pasang dan satu kali air surut dengan periode pasang surut adalah 24 jam 50 menit.

c. Pasang surut campuran condong ke harian ganda (*mixed tide prevailing semidiurnal tide*)

Dalam satu hari terjadi dua kali air pasang dan dua kali air surut, tetapi tinggi dan periodenya berbeda.

d. Pasang surut campuran condong ke harian tunggal (*mixed tide prevailing diurnal tide*)

Pada tipe ini, dalam satu hari terjadi satu kali air pasang dan satu kali air surut, tetapi kadang-kadang untuk sementara waktu terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dengan tinggi dan periode yang sangat berbeda.



Gambar 2.7 Tipe Pasang Surut  
(Sumber : Shore Manual Protection)

Mengingat elevasi di laut selalu berubah satiap saat, maka diperlukan suatu elevasi yang ditetapkan berdasar data pasang surut. Beberapa elevasi tersebut adalah sebagai berikut :

- a. Muka air tinggi (*high water level atau high water spring*, HWS), muka air tertinggi yang dicap
- b. Muka air rendah (*low water level atau low water spring*, LWS), kedudukan air terendah yang dicapai pada saat air surut dalam satu siklus pasang surut.
- c. Muka air laut rerata (*mean sea level*, MSL), adalah muka air rerata antara muka air tinggi rerata dan muka air rendah rerata. Elevasi ini digunakan sebagai referensi untuk elevasi di daratan.

Dalam perencanaan pelabuhan, data pasang surut digunakan untuk mengetahui elevasi tertinggi dan terendah. Pada umumnya elevasi tertinggi atau elevasi muka air pasang digunakan untuk menentukan tinggi dermaga atau *breakwater* dan penempatan fender. Sedangkan nilai elevasi terendah atau surut digunakan untuk menentukan alur pelayaran di perairan pelabuhan dan sebagai acuan untuk penetapan elevasi kontur tanah dan elevasi seluruh bangunan.

#### **2.4.4 Data Angin dan Gelombang**

Angin terjadi karena adanya perbedaan suhu dan tekanan yang ada disekitarnya. Angin mengalir dari tekanan tinggi menuju tekanan rendah atau dari suhu tinggi menuju suhu rendah ,oleh sebab itu terjadi angin laut dan angin darat. Angin merupakan unsur dominan yang membentuk gelombang. Angin yang bergesekan langsung dengan permukaan air laut menjadikan angin sebagai salah satu sebab terjadinya gelombang. Semakin besar kecepatan angin semakin besar pula tinggi gelombang yang terjadi. Komponen data angin mencakup distribusi arah dan kecepatan angin.

Data angin dapat diperoleh dari stasiun meteorologi terdekat dengan daerah yang akan direncanakan. Pada umumnya dibutuhkan data angin minimal 5 tahun untuk dapat mempelajari

pola angin yang menyebabkan tinggi gelombang maksimum yang terjadi tiap tahunnya.

Pada umumnya data angin yang diperoleh adalah data angin yang berasal dari darat, pada rumus-rumus pembangkitan gelombang data angin yang digunakan adalah data angin yang ada di atas permukaan laut. Oleh karena itu, data yang didapat dari pengukuran di darat ditransformasikan menjadi data angin di atas permukaan laut. Koreksi angin di darat dan di atas permukaan laut dapat menggunakan rumus berikut ini:

$$R_L = \frac{U_w}{U_L} \quad \dots (2.1)$$

Dimana :

$R_L$  = Faktor koreksi terhadap kecepatan angin di darat

$U_w$  = Kecepatan angin di atas permukaan laut (m/dt)

$U_L$  = kecepatan angin di atas daratan (m/dt)

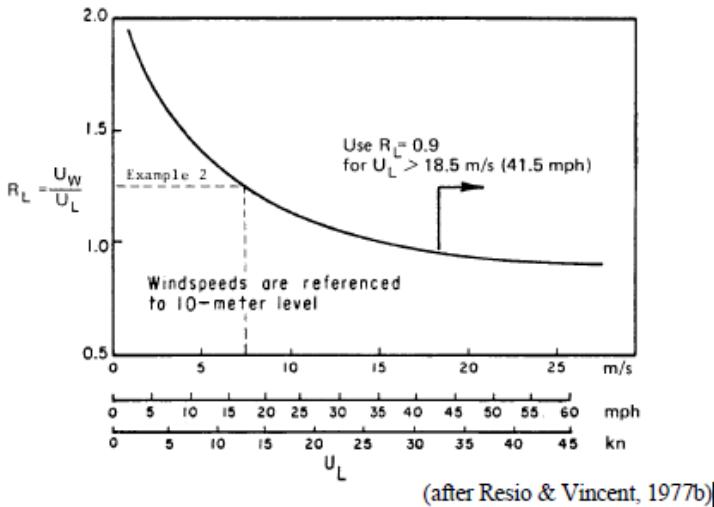
Dalam Perumusan dan grafik pembangkit gelombang mengandung variable  $U_A$ , dimana  $U_A$  adalah faktor tegangan angin yang dapat dihitung dari kecepatan angin (lihat Gambar 2.8). Setelah dilakukan berbagai konversi kecepatan angin, kecepatan angin dikonversikan pada faktor tegangan angin dengan rumus berikut :

$$U_A = 0,71 U^{1,23} \quad \dots (2.2)$$

Dimana :

$U$  = Kecepatan angin dalam m/det.

$U_A$  = Faktor tegangan angin (*wind stress factor*)



Gambar 2.8 Hubungan Kecepatan Angin Di Laut Dan Di Darat  
(Sumber : Shore Protection Manual, 1984)

Di dalam peramalan gelombang dari data angin yang diperoleh, terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan, yaitu kecepatan angin, arah angin, panjang daerah pembangkit gelombang (*fetch*) dan lama hembusan angin pada *fetch*. *Fetch* dibatasi oleh bentuk daratan yang mengelilingi laut. Di daerah pembentukan gelombang tidak hanya dibangkitkan dalam arah yang sama dengan arah angin tetapi juga dalam berbagai sudut terhadap arah angin. Contoh perhitungan *fetch* efektif ditunjukkan pada Gambar 2.9.

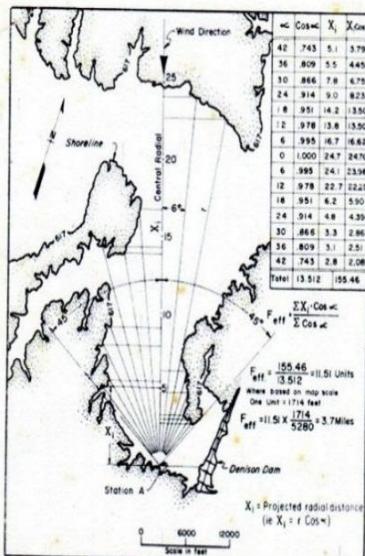
$$F_{eff} = \frac{\sum (X_i \cdot \cos \alpha_i)}{\sum \cos \alpha_i} \quad \dots (2.3)$$

Dimana :

$F_{eff}$  = *fetch* rerata efektif

$X_i$  = Panjang segmen *fetch* yang diukur dari titik observasi gelombang ke ujung akhir *fetch*

$\alpha_i$  = deviasi pada kedua sisi arah angin dengan menggunakan pertambahan  $6^\circ$  sampai sudut  $42^\circ$  pada kedua sisi dari arah angin.



Gambar 2.9 Contoh Perhitungan *Fetch* Efektif  
(Sumber : Shore Protection Manual, 1984)

Untuk Perhitungan tinggi gelombang dipakai rumus Shore Protection Manual, 1984

$$Hs_0 = 1,616 \times 10^{-2} U_A F^{1/2} \quad \dots(2.4)$$

$$T_0 = 6,238 \times 10^{-1} (U_A F)^{1/3} \quad \dots(2.5)$$

$$t = 8,93 \times 10^{-1} \left( \frac{F^2}{U_A} \right)^{1/3} \quad \dots(2.6)$$

Dimana :

$Hs_0$  = Tinggi gelombang significant (meter)

$T_0$  = Periode gelombang puncak (detik)

$F$  = Panjang fetch ( km )

$$\begin{aligned} U_A &= \text{Faktor tergangan angin ( } 9,8 \text{ m/s) } \\ t &= \text{Durasi (jam)} \end{aligned}$$

Namun, peramalan gelombang juga dapat dilakukan dengan pengolahan data secara langsung. Data pengukuran gelombang ini dapat menggunakan data dari BMKG yang dapat langsung diolah sehingga bisa langsung didapatkan tinggi gelombang rencana untuk perencanaan dermaga.

Pada umumnya tinggi gelombang kritis untuk bongkar muat ditentukan berdasarkan jenis kapal, kondisi bongkar muat, dan ukuran kapal (lihat Tabel 2.3).

Tabel 2.3 Tinggi Gelombang Ijin di Pelabuhan

Ship Size	Thershold wave height for cargo handling ( $H_{1/3}$ )
Small-sized ships	0,3 m
Medium – and Large sized vessels	0,5 m
Very Large Vessels	0,7 – 1,5 m

(Sumber :Technical Standart and Commentaries for Port and Harbour Facilities in Japan, Tabel C - 4.4.1)

#### 2.4.5 Data Tanah

Menurut Blake (1997), untuk mengetahui konsistensi komponen tanah bisa melewati pengujian insitu, dengan uji lapangan cone penetration test (CPT) dan standard penetration test (SPT). Pengujian standard penetration dilakukan dalam interval 2 atau 3 m, dimaksudkan untuk memperoleh nilai N dari lapisan-lapisan tanah bawah. Survey data tanah bertujuan untuk merencanakan struktur bagian bawah dermaga.

#### 2.4.6 Data Kapal

Dalam merancang dermaga, kita perlu mengetahui berbagai sifat dan fungsi kapal, karena dari data ini dapat kita ketahui ukuran-ukuran pokok kapal yang berguna bagi perencanaan untuk dapat menetapkan ukuran-ukuran teknis dermaga dan cara menangani bongkar/muat. Selain itu besarnya muatan pun menentukan bentuk teknis kapalnya.

## 2.5 Evaluasi Layout

Evaluasi layout meliputi evaluasi layout perairan dan daratan. Evaluasi layout perairan berupa kedalaman kebutuhan perairan yang dibutuhkan, lebar alur, kebutuhan kolam dermaga. Sedangkan evaluasi layout daratan berupa evaluasi layout *loading platform*, jarak *breasting dolphin* dan *mooring dolphin*, serta elevasi yang dibutuhkan.

### 2.5.1 Evaluasi Layout Perairan

#### a. Areal Penjangkaran (*Anchorage Area*)

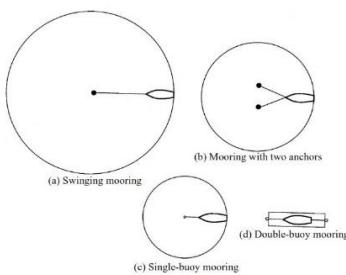
Areal penjangkaran adalah lokasi kapal menunggu sebelum dapat bertambat atau memasuki alur, baik karena menunggu cuaca membaik, atau karena dermaga dan alur yang akan digunakan masih terpakai, alasan karantina, atau oleh sebab yang lain. Kebutuhan areal penjangkaran dapat ditentukan dengan menggunakan perumusan seperti pada Tabel 2.4 Dengan D adalah kedalaman air.

Tabel 2.4 Kebutuhan Areal Penjangkaran

Purpose of The Use of The Basin	Anchorage method	Sea Bottom Material or Wind Speed	Radius
Offshore Waiting or Cargo Handling	Swinging Mooring	Good Anchoring	$L + 6D$
		Poor Anchoring	$L + 6D + 30 \text{ m}$
	Mooring with Two Anchors	Good Anchoring	$L + 4,5D$
		Poor Anchoring	$L + 4,5D + 25 \text{ m}$

Note: L= Length Overall of Target Vessel (m), D=Water Depth (m)

(Sumber : OCDI, 2002)



Gambar 2.10 Tipe Area Penjangkaran

(Sumber : OCDI, 2002)

### b. Alur Masuk (*Entrance Channel*)

Alur masuk (*entrance channel*) bermula dari mulut pealabuhan sampai kapal mulai berputar, dimana parameter-parameter yang diperlukan untuk penentuan alur masuk ini adalah lebar, kedalaman, tikungan, dan panjang alur masuk. Ada beberapa pertimbangan dalam mendesain yaitu keselamatan pelayaran, kemudahan kapal untuk bermanuver, dan sesuai dengan fasilitas lainnya yang terkait.

- **Lebar Alur Masuk,** Berdasarkan PIANC, 2014

$$W = W_{BM} + \sum W_i + W_{BR} + W_{BG} \quad \dots(2,7)$$

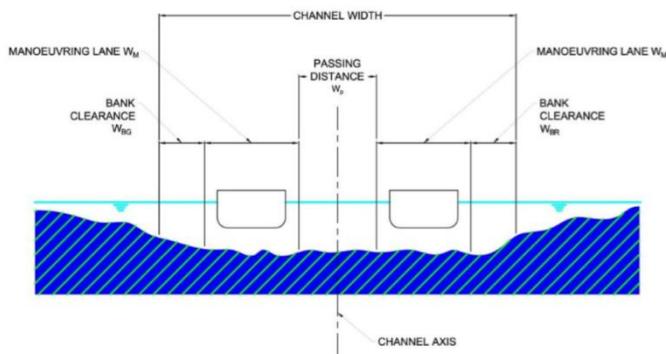
Dimana,

$W$  = lebar untuk satu jalur

$W_{BM}$  = lebar *basic maneuvering lane*

$W_i$  = lebar tambahan

$W_{BR}, W_{BG}$  = lebar bank clearance



Gambar 2.11 Elemen Lebar Alur  
(Sumber : PIANC, 2014)

Tabel 2.5 Basic Manoeuvering Lane,  $W_{BM}$

Ship Maneuverability	Good	Moderate	Poor
Basic Manoeuvering Lane, $W_{BM}$	1,3B	1,5B	1,8B

Secara umum kapal *tanker* dan *bulk carrier* memiliki kemampuan manuver kapal yang jelek (*poor*). Sedangkan kapal

*container, car carriers*, kapal RoRo, kapal LNG, dan kapal LPG memiliki kemampuan manuver kapal yang sedang (*moderate*). Kapal dengan *twin-propeller*, ferry, dan kapal pesiar memiliki kemampuan manuver yang bagus (*good*).

Tabel 2.6 Lebar Tambahan Wi

Width $W_i$	Vessel Speed	Outer Channel (open water)	Inner Channel (protected water)	
(a) Vessel speed $V_s$ (kts, with respect to the water)				
$V_s \geq 12$ kts	fast	0.1 B		
$8 \text{ kts} \leq V_s < 12$ kts	mod	0.0		
$5 \text{ kts} \leq V_s < 8$ kts	slow	0.0		
(b) Prevailing cross wind $V_{cw}$ (kts)				
- <b>mild</b> $V_{cw} < 15$ kts (< Beaufort 4)	fast	0.1 B		
	mod	0.2 B		
	slow	0.3 B		
- <b>moderate</b> $15 \text{ kts} \leq V_{cw} < 33$ kts (Beaufort 4 - Beaufort 7)	fast	0.3 B		
	mod	0.4 B		
	slow	0.6 B		
- <b>strong</b> $33 \text{ kts} \leq V_{cw} < 48$ kts (Beaufort 7 - Beaufort 9)	fast	0.5 B		
	mod	0.7 B		
	slow	1.1 B		
(c) Prevailing cross-current $V_{cc}$ (kts)				
- <b>negligible</b> $V_{cc} < 0.2$ kts	all	0.0	0.0	
- <b>low</b> $0.2 \text{ kts} \leq V_{cc} < 0.5$ kts	fast	0.2 B	0.1 B	
	mod	0.25 B	0.2 B	
	slow	0.3 B	0.3 B	
- <b>moderate</b> $0.5 \text{ kts} \leq V_{cc} < 1.5$ kts	fast	0.5 B	0.4 B	
	mod	0.7 B	0.6 B	
	slow	1.0 B	0.8 B	
- <b>strong</b> $1.5 \text{ kts} \leq V_{cc} < 2.0$ kts	fast	1.0 B	-	
	mod	1.2 B	-	
	slow	1.6 B	-	
(d) Prevailing longitudinal current $V_{lc}$ (kts)				
- <b>low</b> $V_{lc} < 1.5$ kts	all	0.0		
- <b>moderate</b> $1.5 \text{ kts} \leq V_{lc} < 3$ kts	fast	0.0		
	mod	0.1 B		
	slow	0.2 B		
- <b>strong</b> $V_{lc} \geq 3$ kts	fast	0.1 B		
	mod	0.2 B		
	slow	0.4 B		
(e) Beam and stern quartering wave height $H_s$ (m)				
- $H_s \leq 1$ m	all	0.0	0.0	
- $1 \text{ m} < H_s < 3$ m	all	~0.5 B	-	
- $H_s \geq 3$ m	all	~1.0 B	-	
(f) Aids to Navigation (AtoN)				
- <b>excellent</b>		0.0		
- <b>good</b>		0.2B		
- <b>moderate</b>		0.4 B		
(g) Bottom surface				
- if depth $h \geq 1.5 T$			0.0	
- if depth $h < 1.5 T$ then			0.1 B	
- smooth and soft			0.2 B	
- rough and hard				
(h) Depth of waterway $h$		$h \geq 1.5 T$ $1.5 T > h \geq 1.25 T$ $h < 1.25 T$	$0.0 B$ $0.1 B$ $0.2 B$	
			$h \geq 1.5 T$ $1.5 T > h \geq 1.15 T$ $h < 1.15 T$	$0.0 B$ $0.2 B$ $0.4 B$
(i) High cargo hazards			See explanation in box(i) overleaf	

(Sumber: PIANC, 2014)

Tabel 2.7 Lebar Bank Clearance,  $W_{BG}$  ;  $W_{BR}$ 

Width for bank clearance ( $W_{BR}$ and/or $W_{BG}$ )	Vessel Speed	Outer channel (open water)	Inner channel (protected water)
Gentle underwater channel slope (1:10 or less steep)	fast	0,2 B	0,2 B
	moderate	0,1 B	0,1 B
	slow	0,0 B	0,0 B
Sloping channel edges and shoals	fast	0,7 B	0,7 B
	moderate	0,5 B	0,5 B
	slow	0,3 B	0,3 B
Steep and hard embankments, structures	fast	1,3 B	1,3 B
	moderate	1,0 B	1,0 B
	slow	0,5 B	0,5 B

(Sumber : PIANC, 2014)

- **Kedalaman**, Berdasarkan PIANC, 2014

Tabel 2.8 Kedalaman Alur Masuk

Description	Vessel Sppeed	Wave Condition	Channel Bottom	Inner Channel	Outer Channel
Depth h	$\leq 10$ kts	None		1,1 Draft	
	10 – 15 kts			1,12 Draft	
				1,15 Draft	

(Sumber : PIANC, 2014)

- **Panjang (Stopping Distance)**

Panjang alur masuk direncanakan berdasarkan kemampuan kapal untuk menurunkan kecepatan dari kecepatan jelajah di laut atau kecepatan awal menjadi berhenti atau kecepatan nol dengan mesin tetap menyala. Berdasarkan *Port Designer's Handbook, 2014* didapatkan perumusan sebagai berikut.

$$L = (3 \sim 5) \times LOA, \text{ kapal kosong} \quad \dots(2.8)$$

$$L = (7 \sim 8) \times LOA, \text{ kapal penuh} \quad \dots(2.9)$$

### c. Kolam Putar

Kolam putar (*turning basin*), berada di ujung alur masuk atau dapat diletakkan di sepanjang alur bila alurnya panjang ( $> S_d$ ). Kapal diharapkan bermanuver pada kecepatan rendah (mendekati nol) atau dipandu. Berdasarkan *Technical Standards for Port and Harbour Facilities in Japan, 2002* (OCDI) hal 352 areal yang disediakan dibatasi dengan bentuk lingkaran berdiameter ( $D_b$ ). Kedalaman perairan dapat disamakan dengan alur masuk.

- $D_b = 3 \text{ LOA}$  (kapal bermanuver tanpa dipandu)
- $D_b = 2 \text{ LOA}$  (kapal bermanuver dengan dipandu)

### d. Kolam Dermaga

Kolam dermaga (basin), berada di depan jetty/dolphin dan luasan ini perlu ditentukan bila kedalaman perairan perlu dikeruk dan untuk menentukan jarak antar jetty yang saling berhadapan. Panjang kolam yang akan dikeruk adalah panjang jetty/dolphin ditambah area keselamatan kapal. Secara keseluruhan ukuran kolam sebagai berikut :

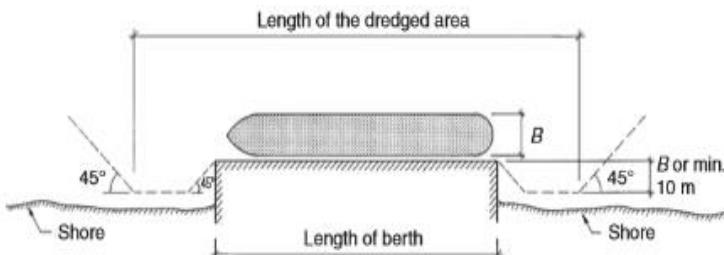
$$\begin{aligned} \text{Panjang} &= 1,25 * \text{LOA}, \text{ dibantu kapal pandu} \\ &= 1,50 * \text{LOA}, \text{ tanpa dibantu kapal pandu} \\ \text{Lebar} &= 4 * B + 50 \text{ m}, 1 \text{ jetty berhadapan} \\ &= 2 * B + 50 \text{ m}, > 1 \text{ jetty berhadapan} \\ &= 1,25 B, \text{ jetty bebas} \end{aligned}$$

### e. Kedalaman Perairan

Kedalaman perairan yang direncanakan harus lebih dalam dari draft penuh kapal terbesar, ditambah kedalaman untuk gerakan akibat gelombang dan angin maupun arus serta squad dan trim sebagai konsekuensi pergerakan kapal, serta untuk ketidakteraturan kedalaman perairan dan kondisi tanah dasar laut. Perhitungan kedalaman digunakan seperti pada Tabel 2.8.

### f. Pengerukan

Jika area berlabuh di depan dermaga harus dilakukan pengerukan, maka luasan area yang dikeruk dapat dilihat pada Gambar 2.12 Sesuai dengan kebutuhan pengerukan.



Gambar 2.12 Area Pengerukan Disekitar Dermaga  
(Sumber : Port Designer's Handbook, 2014)

### g. Elevasi Dermaga

Berdasarkan BS 5349-2:2010 elevasi permukaan dermaga minimal diambil 1,5 m di atas muka air pasang. Sehingga didapat elevasi dermaga sebagai berikut,

$$El = \text{Pasang Surut} + (0.5 - 1.5) \text{ m} \quad \dots (2.10)$$

#### 2.5.2 Evaluasi Layout Daratan

Evaluasi layout daratan untuk muatan curah pupuk NPK berupa dermaga *Quadrant Ship Loader* (QSL). Yaitu suatu struktur dermaga jetty atau trestle yang menjorok ke arah lautan yang berfungsi untuk mengurangi volume pengerukan. Evaluasi layout antara lain kebutuhan *loading platform*, *catwalk*, *breasting dolphin*, *mooring dolphin*, *trestle*, dan *pivot structure* untuk penopang *crane quadrant ship loader* agar sesuai dengan standar yang ditentukan.

##### 1. *Loading Paltform*

Struktur *loading platform* yaitu struktur berbentuk seperempat lingkaran yang menjadi jalannya roda *radial ship laoder* yang mengangkut pupuk NPK dari *belt conveyor* menuju ke kapal. Dimensi utama *laoding platform* ditentukan oleh lebar rel yang digunakan.

## 2. *Trestle*

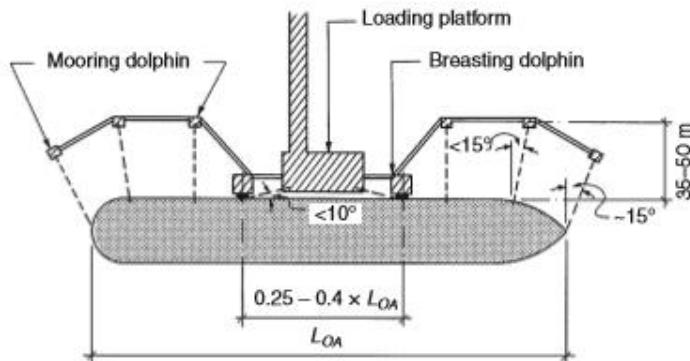
Struktur *trestle* berfungsi sebagai tempat diletakkannya *belt conveyor* sebagai proses loading pupuk NPK dari daratan menuju kapal. Panjang *trestle* tergantung dari kebutuhan kedalaman dermaga apakah sudah mencukupi untuk kapal bertambat pada dermaga.

## 3. *Mooring Dolphin*

*Mooring Dolphin* adalah bagian struktur dermaga batubara untuk menahan gaya tarikan kapal / mengikat kapal. *Mooring Dolphin* harus diempatkan berjarak 35 – 50 m dari centreline kapal terbesar. Penempatan *Mooring Dolphin* harus diatur sedemikian rupa sehingga sudut horizontal yang dibutuhkan oleh tali tidak melebihi ketentuan yang berlaku.

Penempatan *Mooring Dolphin* harus diatur sedemikian rupa sehingga sudut horizontal yang dibutuhkan oleh tali tidak melebihi ketentuan yang berlaku dan perlu diperhatikan juga fungsi penempatan tali pada kapal. Seperti yang dapat dilihat pada Gambar 2.13. terdapat lima fungsi tali untuk mengantisipasi gaya dari angin, arus, dan gelombang yang melawan kapal terhadap jetty:

1. *Stern line* (tali belakang yang dipasang di buritan belakang) untuk menahan kapal agar tidak bergerak mundur.
2. *After-breast lines* (tali melintang) untuk menahan kapal agar tidak bergerak menjauhi dermaga.
3. *Spring line* untuk menahan kapal agar tidak maju/mundur.
4. *Head line* (tali yang dipasang dihaluan kapal) untuk menahan kapal agar tidak mundur dan bergerak menjauhi dermaga.
5. *Forward-breast lines* (tali melintang) untuk menahan kapal agar tidak bergerak menjauhi dermaga.



Gambar 2.13 Penempatan *Mooring Dolphin*  
( Sumber: BS 6349-4:2014 Maritime works-Part 4)

#### 4. *Breasting Dolphin*

*Breasting Dolphin* adalah bagian struktur dermaga pupuk NPK untuk menyerap energi kinetik kapal yang bersandar, memegangi kapal, mengikat *surface line* kapal. *Breasting Dolphin* harus bersifat fleksibel karena harus mampu menyerap Energi kapal. Jarak antar *Breasting Dolphin* dapat ditentukan dengan menggunakan rumus:

$$S = 0.25 - 0.40 \text{ LOA Kapal} \quad \dots(2.11)$$

#### 5. *Pivot*

Struktur ini berfungsi sebagai penopang kaki *crane quadrant ship laoder* yang nantinya menyalurkan urea dari *belt conveyor* menuju kapal. Dimensi dari *pivot* menyesuaikan kebutuhan layout dermaga.

#### 6. *Catwalk*

*Catwalk* berfungsi sebagai akses penghubung antar komponen dermaga seperti penghubung antar *breasthing dolphin* atau penghubung antar mooring dolphin dan pengubung antara struktur dermaga lainnya. Panjang *catwalk* meyesuaikan kebutuhan layout dermaga.

#### 7. Ketentuan Perencanaan Layout Daratan

- *Mooring layout* harus simetri.

- Sudut vertikal *mooring line* pada bow dan stern tidak lebih dari 15°.
- Sudut horisontal *Breast mooring line* tidak lebih dari 150.
- Sudut vertikal *Spring mooring line* tidak lebih dari 100.
- *Mooring line* untuk gaya lateral tidak dikumpulkan pada bow dan stern saja.
- *loading platform* ditempatkan agak kebelakang agar tidak terkena tumbukan kapal.
- Jumlah *Mooring Dolphin* ditentukan dari jumlah *boulder* yang dibutuhkan.
- Jarak *Breasting Dolphin* tergantung dari selisih panjang antara kapal terbesar dan terkecil, apabila masih dalam range yang ditentukan boleh dipakai dua *Breasting Dolphin* saja.

## 2.6 Perhitungan *Fender* dan *Bollard*

### 2.6.1 Fender

Fender merupakan salah satu aksesoris pada jetty dan diletakkan di depan konstruksi dermaga yang berfungsi sebagai peredam energi tumbukan kapal yang berlabuh. Perencanaan fender sebaiknya dilakukan terlebih dahulu sebelum konstruksi dermaga dihitung. Yang harus dilakukan dalam perencanaan fender adalah : gaya horisontal yang harus mampu ditahan oleh bangunan dermaga, penentuan ukuran fender/pemilihan tipe fender berdasarkan gaya tersebut dan cara pemasangan fender baik arah vertikal maupun arah horizontal. Gaya pada fender ( $E_f$ ) dihitung dengan rumus :

$$E_f = \frac{C_H \cdot C_E \cdot C_C \cdot C_S \cdot (0,5 \cdot W_s \cdot v^2)}{g} [ton-m] \quad \dots (2.12)$$

Dimana :

$C_H$  = Koefisien massa hydrodinamis =  $1 + (2D/2)$

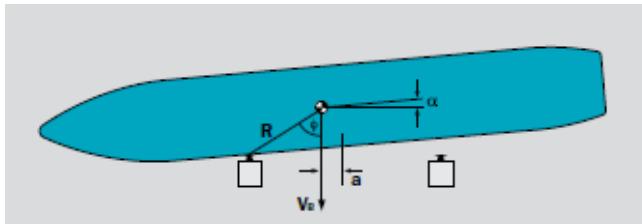
$C_E$  = Koefisien *eccentricity* =  $1 / (1 + (l/r)^2)$

$C_C$  = *Configuration Coefficient* = 1 untuk *jetty, open pier*.

$C_S$  = *Softness Coefficient*. = 1,0 (tidak ada deformasi).

$V$  = Kecepatan kapal waktu merapat

$W_s$  = Displacement Tonnage



Gambar 2.14 Benturan Kapal Pada Breasting Dolphin  
(Sumber : Design manual fender Trelleborg)

Energi tumbukan kapal yang diabsorbsi menjadi energy fender juga harus dikalikan dengan factor PIANC 2002 yang ditunjukkan pada Tabel 2.9.

Tabel 2.9 Safety factors PIANC 2002

Vessel Type	Size	Fs
Tanker, bulk, cargo	Largest	1,25
	Smallest	1,75
Container	Largest	1,25
	Smallest	
General Cargo		1,75
RoRo, Ferries		>2,0
Tugs, Workboats, etc		2,0

(Sumber : Design manual fender Trelleborg)

Pemasangan fender arah horisantal langsung ditempatkan pada breasting dolphin karena dermaga berupa fasilitas dolphin sedangkan pemasangan fender vertikal ditentukan dengan memperhatikan bahwa kapal rencana bisa mengenai sistem feender tersebut.

## 2.6.2 Bollard

Bollard merupakan konstruksi untuk mengikat kapal pada tambatan. Posisi pengikat boulder terdapat di sekitar ujung depan

(*bow*) dan di ujung belakang (*stern*). Gaya tarik boulder yang dipakai disesuaikan dengan bobot kapal sedangkan diameter boulder ditentukan dari gaya tarik tersebut. Gaya tarik boulder dapat dilihat pada Tabel 2.10.

Tabel 2.10 Gaya Tarik Kapal

Displacement	Approx. Bollard rating
Up to 2.000 tonnes	10 tonnes
2.000 – 10.000 tonnes	30 tonnes
10.000 – 20.000 tonnes	60 tonnes
20.000 – 50.000 tonnes	80 tonnes
50.000 – 100.000 tonnes	100 tones
100.000 – 200.000 tonnes	150 tonnes
Over 200.000 tonnes	200 tonnes

(Sumber : Trelleborg)

Gaya tarikan kapal harus dikontrol terhadap gaya akibat angin dan juga gaya akibat arus. Berikut adalah perumusan perhitungan gaya akibat angin dan juga gaya akibat arus.

- Gaya akibat angin

Gaya tarik angin pada kapal mengacu pada BS 6349-1:2000 dengan rumus sebagai berikut :

$$F_{TW} = C_{TW} \rho_A A_L V_w^2 \times 10^{-4} \quad \dots (2.13)$$

$$F_{LW} = C_{LW} \rho_A A_L V_w^2 \times 10^{-4} \quad \dots (2.14)$$

Dimana :

$F_{TW}$  = Gaya angin transversal (kN)

$F_{LW}$  = Gaya angin longitudinal (kN)

$C_{TW}$  = Koefisien gaya angin transversal (Gbr 2.15)

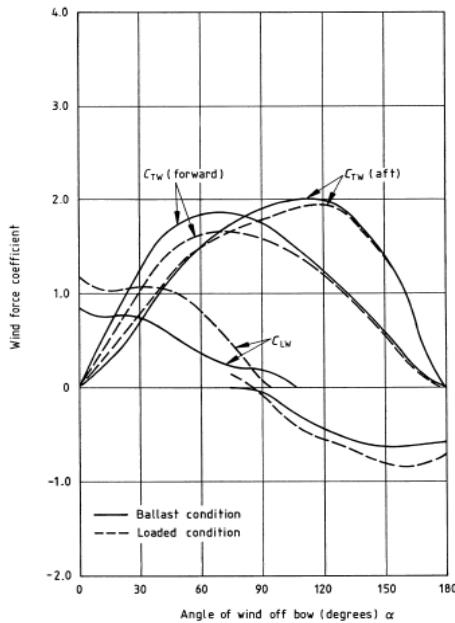
$C_{LW}$  = Koefisien gaya angin longitudinal ( Gbr 2.15)

$\rho_A$  =  $1,3096 \text{ kg/m}^3$  pada  $0^\circ$  hingga  $1,1703 \text{ kg/m}^3$  pada  $30^\circ$

$A_L$  = Daerah proyeksi longitudinal dari kapal di atas air (  $\text{m}^2$  )

$V_w$  = Desain kecepatan angin dalam m/s pada

ketinggian 10 m di atas permukaan air



Gambar 2.15 Koefisein Gaya Angin  
(Sumber : BS 6349-1:2000)

- Gaya akibat arus

Gaya tarik arus pada kapal mengacu pada BS 6349-1:2000 dengan rumus sebagai berikut :

$$F_{TC} = C_{TC} C_{CT} \rho_A L_{BP} d_m v_c^2 \times 10^{-4} \quad \dots (2.15)$$

$$F_{LC} = C_{LC} C_{CL} \rho_A L_{BP} d_m v_c^2 \times 10^{-4} \quad \dots (2.16)$$

Dimana :

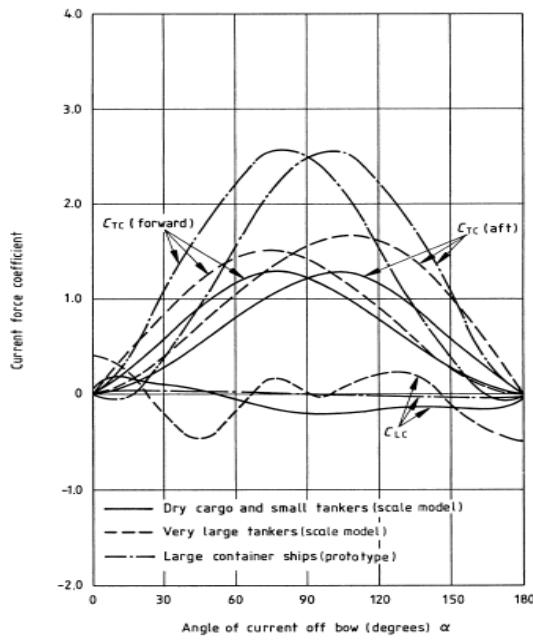
$F_{TC}$  = Gaya arus melintang (kN)

$F_{LC}$  = Gaya arus memanjang (kN)

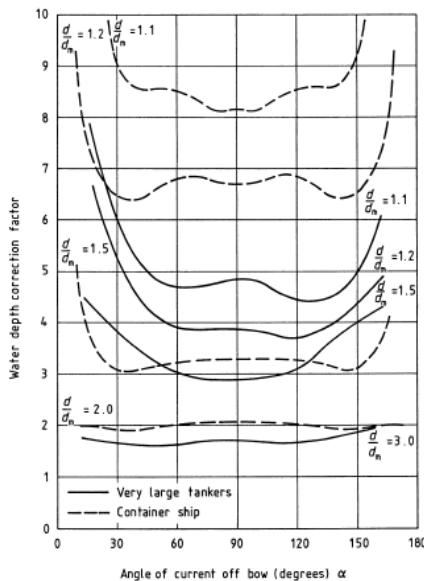
$C_{TC}$  = Koefisien gaya arus melintang (Gambar. 2.16)

$C_{LC}$  = Koefisien gaya arus memanjang(Gambar. 2.16)

- $C_{CL}$  = Faktor koreksi kedalaman untuk gaya tarik memanjang (Gambar. 2.17)  
 $C_{CT}$  = Faktor koreksi kedalaman untuk gaya tarik melintang (Gambar 2.17)  
 $\rho_A$  = Kerapatan massa air ( $1,025 \text{ kg/m}^3$ )  
 $L_{BP}$  = Panjang tegak lurus kapal (m)  
 $d_m$  = Draft rata – rata kapal (m)  
 $v_c$  = Kecepatan arus rata – rata (m/s)



Gambar 2.16 Koefisien Gaya Arus  
(Sumber : BS 6349-1:2000)



Gambar 2.17 Faktor Koreksi Kedalaman Air Untuk Gaya Arus  
(Sumber : BS 6349-1:2000)

## 2.7 Pembebanan

Pembebanan untuk pelabuhan akan diuraikan kedalam dua jenis yaitu beban vertikal dan beban horizontal.

### 2.7.1 Beban Vertikal

Beban vertikal dermaga berasal dari:

- Beban Mati

Beban mati adalah berat sendiri dari struktur yang secara permanen membebani selama waktu hidup konstruksi. Perhitungan beban ini tergantung dari berat volume dari jenis komponen-komponen tersebut. Komponen-komponen tersebut di antaranya beban pelat, balok, poer, boulder, fender dan tiang pancang.

- Beban Hidup Merata

Beban hidup merupakan beban akibat muatan yang dianggap merata membenai di atas dermaga yang ditentukan

berdasarkan beban muatan. Beban hidup terbagi rata bisa berupa beban pangkalan dan beban akibat air hujan.

- **Beban Hidup Terpusat**

Beban hidup terpusat yang terjadi pada struktur dermaga merupakan beban akibat alat yang besarnya ditentukan berdasarkan peralatan yang akan digunakan di atas dermaga tersebut dan harus diposisikan sedemikian rupa sehingga menghasilkan kondisi pembebahan yang paling kritis.

### **2.7.2 Beban Horisontal**

Beban horisontal dermaga berasal dari :

- **Beban Angin**

Perhitungan beban angin dilakukan pada sebagian struktur di atas muka air dengan kondisi maksimum desain kapal. Beban angin pada struktur dihitung pada saat pasang dan surut arah longitudinal dan transversal. Perlu diperhatikan juga pada saat kapal bermuatan dan pada saat kondisi kapal ballast. Perhitungan ini berdasarkan The Overseas Coastal Area Development Institute of Japan (OCDI), “Technical Standards and Commentaries for Port and Harbour Facilities in Japan”.

$$F_w = 0,5 \times \rho_a \times C_w \times V_w^2 \times A_w \quad \dots (2.17)$$

Dimana,  $F_w$  = Gaya drag angin ( N )

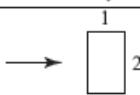
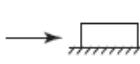
$\rho_a$  = Massa jenis (  $1,23 \text{ kg/m}^3$  )

$A_w$  = Area objek angin (  $\text{m}^2$  )

$V_w^2$  = Kecepatan angin ( m/s )

$C_w$  = Koefisien hambatan angin

Tabel 2.11 Koefisien Hambatan Angin

	Square cross-section	2.0
	"	1.6
	Rectangular cross-section (ratio of side lengths = 1:2)	2.3
	"	1.5
	" (when one face is in contact with the ground)	1.2
	Circular cross-section (smooth surface)	1.2

( Sumber : OCDI 2002, Tabel 8.2.1 )

- Beban Arus

Beban arus terjadi di sepanjang tiang yang berada di bawah muka air dan kecepatannya diasumsikan konstan. Beban arus yang bekerja pada tiang dihitung per-m panjang tiang di bawah muka air. Perhitungan ini berdasarkan The Overseas Coastal Area Development Institute of Japan (OCDI), "Technical Standards and Commentaries for Port and Harbour Facilities in Japan".

$$F_D = 0,5 \times C_D \times \rho_0 \times A \times U^2 \quad \dots (2.18)$$

Dimana,

$F_D$	= Gaya tarik akibat arus ( kN )
$C_D$	= Koefisien gaya tarik ( 1,2 )
$\rho$	= Massa jenis ( 1,025 t/m <sup>3</sup> )
$A$	= Area objek arus ( m <sup>2</sup> )
$U^2$	= Kecepatan aliran ( m/s )

- Beban Gempa

Beban gempa pada dermaga direncanakan dinamis menggunakan design spectrum response menurut standar kriteria desain untuk pelabuhan di Indonesia. Peraturan Perencanaan Tahan Gempa Indonesia mengacu ke SNI 1726-2002. Berikut merupakan persamaan dalam perhitungan beban gempa

$$V = Cs \times W_t \quad \dots (2.19)$$

Dimana,

$V$	= Geser dasar seismik
$Cs$	= Koefisien respons seismik
$W_t$	= Berat efektif seismik

Nilai  $Cs$  dihitung dengan menggunakan,

$$Cs = SDS / (R/I)$$

Perhitungan nilai  $Cs$  diikuti dengan perhitungan berikut :

- $SD_1 / (T / (R/I)) \geq Cs \geq 0,01$
- $SD_1 / (T / (R/I)) \geq Cs \geq 0,044 S_{DS} I$
- $SD_1 / (T / (R/I)) \geq Cs \geq 0,5 / (R/I)$

Dimana,

$SDS$	= Parameter respon spectral respons desain pada periode pendek
-------	--

$S_{D1}$	= Parameter respon spektral percepatan desain pada perioda 1,0 detik
----------	--

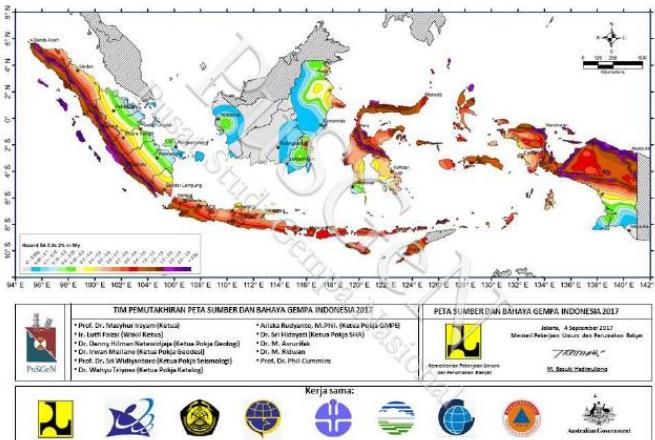
$S_S$	= Parameter respons spektral percepatan gempa MCRE <sub>R</sub> terpetakan untuk periода pendek
-------	---

$S_I$	= Parameter respons spektral percepatan gempa MCRE <sub>R</sub> terpetakan untuk perioda 1,0 detik
-------	--

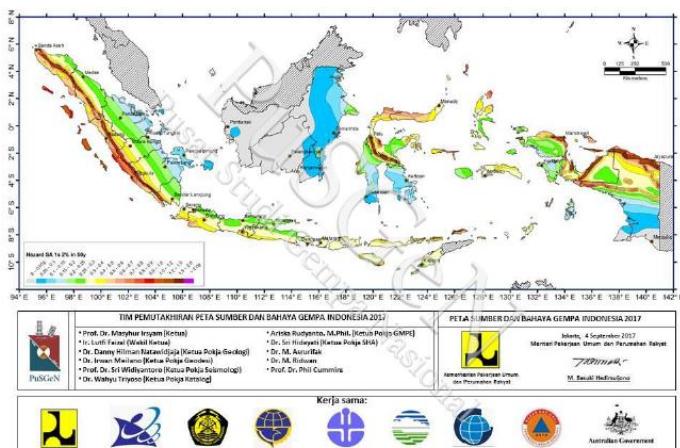
$I$	= Faktor keutamaan gempa
-----	--------------------------

$T$	= Peroda getar fundamental struktur
-----	-------------------------------------

Nilai S<sub>s</sub> dan S<sub>1</sub> dicari menggunakan Gambar 2.18 dan Gambar 2.19 dengan parameter lokasi zona gempa dan juga tipe struktur.



Gambar 2.18 Gempa Maksimum Yang Dipertimbangkan Risiko - Tertarget (MCER) untuk S<sub>s</sub>



Gambar 2.19 Gempa Maksimum Yang Dipertimbangkan Risiko - Tertarget (MCER) untuk S<sub>1</sub>

Perhitungan beban gempa selanjutnya akan menggunakan program bantu SAP 2000 v 14.

### 2.7.3 Beban Kapal

- Beban tumbukan kapal (*Fender*)

Beban tumbukan kapal berasal dari energi yang ditimbulkan ketika kapal merapat dan menabrak *Sistem fender*. Energi ini kemudian diabsorbsi dan ditransfer menjadi gaya horisontal tekan yang harus mampu dipikul oleh struktur dermaga. Gaya horisontal ini disebut gaya *fender* (lihat Subbab Fender).

- Beban tarikan kapal (*Bollard*)

Beban tarikan kapal berasal dari gaya tambatan yang bekerja pada kapal. Beban tarik ini akan ditahan oleh struktur boulder yang didisain untuk menahan gaya tarikan kapal, angin dan arus. (lihat Subbab *Bollard*).

### 2.7.4 Kombinasi Pembebanan

Kombinasi beban ini dilakukan untuk memperoleh kondisi pembebanan yang paling kritis pada struktur. Kombinasi pembebanan perlu memperhitungkan kemungkinan gaya-gaya yang menambah atau mengurangi efek dari beban-beban yang bekerja. Dimana faktor pembebanan berdasarkan BS 6349-6 2010 dapat dilihat pada Tabel 2.12.

Tabel 2.12 Faktor Pembebanan

Load	Limit state	Load case <sup>a</sup>		
		1	2	3
Dead: steel	ULS <sup>b</sup>	1.05	1.05	1.05
	SLS <sup>c</sup>	1.0	1.0	
Dead: concrete	ULS	1.15	1.15	1.15
	SLS	1.0	1.0	
Dead: superimposed	ULS	1.2	1.2	1.2
	SLS	1.0	1.0	
Imposed	ULS	1.4	1.2 <sup>d</sup>	1.2
	SLS	1.1	1.0	
Berthing or mooring loads from vessels	ULS	1.4	1.2 <sup>d</sup>	—
	SLS	1.1	1.0	
Environmental	ULS	1.4	1.2	1.2
	SLS	1.0	1.0	
Hydrostatic	ULS	1.1	1.0	1.0
	SLS	1.0	1.0	

<sup>a</sup> Load case 1 is normal loading (see 4.2.2.2);  
load case 2 is extreme loading (see 4.2.2.3);  
load case 3 is temporary loading during construction and transportation (see 4.2.2.4 and 4.2.2.5).  
<sup>b</sup> ULS is the ultimate limit state.  
<sup>c</sup> SLS is the serviceability limit state.  
<sup>d</sup> Loads from anchor leg moorings should be taken as the minimum breaking load of a wire or chain times 1.2 (see 4.2.1.3).

(Sumber : BS 6349-6 2010)

## 2.8 Perhitungan Struktur Dermaga

Kriteria struktur perencanaan dermaga yang telah dijelaskan pada poin di atas, maka dapat dilakukan perencanaan secara detail. Adapun prosedur perencanaannya adalah sebagai berikut :

1. Perencanaan layout untuk penentuan ukuran dermaga dan bentuk keseluruhan tata letak fasilitas lainnya. Dalam Tugas Akhir ini layout yang digunakan adalah layout yang diusulkan oleh perusahaan pemilik dan penulis hanya melakukan evaluasi untuk pengecekan ulang berdasarkan standar perencanaan yang berlaku. Penjelasan tentang evaluasi layout dapat dilihat pada penjelasan sebelumnya.

2. Penentuan layout struktur *dolphin*, posisi struktur *dolphin*, posisi tiang pancang dan aksesoris struktur *dolphin* seperti *fender* dan *bollard*.
3. Penentuan dimensi struktur *dolphin*
4. Penentuan beban yang bekerja pada struktur dolphin.
5. Perhitungan kekuatan struktur dan penulangan struktur.
6. Pengecekan terhadap stabilitas struktur secara keseluruhan terhadap beban-beban yang bekerja pada struktur itu sendiri dan kondisi tanah.
7. Pembuatan detail gambar dan spesifikasi bahan.

### 2.8.1 Perhitungan Struktur *Catwalk*

Struktur catwalk adalah salah satu fasilitas dari dermaga dolphin yang berfungsi sebagai penghubung antara dermaga (loading platform) dengan *breasting dolphin*, penghubung antara *mooring* dengan *breasting dolphin*, serta penghubung antar *mooring dolphin*.

Dalam tugas akhir ini direncanakan *catwalk* yang berupa jembatan rangka baja dengan rangka bawah dari profil pipa. Perhitungan struktur *catwalk* meliputi :

- Kontrol *buckling*

$$\lambda < \lambda_p \rightarrow \frac{D}{t} < \frac{9000}{f_y} \quad \text{untuk penampang kompak}$$

- Kontrol kelangsungan komponen

$$\lambda = \frac{l}{r}$$

- Kontrol momen

$$\text{Momen leleh} \quad M_y = S_x \times f_y \quad \dots(2.20)$$

$$\text{Momen plastis} \quad M_p = Z_x \times f_u \quad \dots(2.21)$$

$$\text{Kontrol} \quad M_p < 1,5 \times M_y$$

- Kontrol gaya tarik

$$\text{Kuat leleh} \quad \phi P_n = 0,9 \times A_g \times f_y \quad \dots(2.22)$$

$$\text{Kuat putus} \quad \phi P_n = 0,75 \times A_e \times f_u \quad \dots(2.23)$$

- Kontrol gaya tekan

$$\lambda_c = \frac{Kl}{rx\pi} \sqrt{\frac{fy}{E}} \quad \dots(2.24)$$

Untuk  $\lambda_c < 1,5$  maka  $F_{cr} = 0,685^{\lambda_c^2} \times fy$

$$P_n = 0,85 \times F_{cr} \times A_g \quad \dots(2.25)$$

- Kontrol gaya geser

$$V_n = 0,9 \times F_{cr} \times A_g / 2 \quad \dots(2.26)$$

- Kontrol tegangan bahan

$$\sigma_{aktual} = \frac{P}{A} + \frac{M}{Zx} \quad \dots(2.27)$$

## 2.8.2 Perhitungan Struktur Atas

Perencanaan bangunan atas meliputi perencanaan pelat, balok memanjang serta balok melintang dengan menggunakan program bantu SAP 2000 V14.0 dan penulangan memakai peraturan PBI 71 dengan alasan :

- Pada struktur di daerah pantai harus dihindari adanya retak agar tidak terjadi pengkaratan pada tulangan yang akan berakibat fatal pada kerusakan struktur
- Pada bangunan pelabuhan sering terjadi beban berlebih akibat beban luar baik berupa arus, gelombang, gempa dan lain-lain.

### 1. Pelat

#### • Momen Pelat

Pada perhitungan pelat diasumsikan terjepit penuh karena kekakuan balok dianggap jauh lebih besar dari kekakuan pelat sehingga pada tumpuan tidak terjadi perputaran. Menurut PBI 71 tabel 13.3.1 momen tumpuan dan momen lapangan menggunakan persamaan berikut:

$$M_l = 0,001 \cdot q \cdot l x^2 \cdot X \quad \dots(2.30)$$

$$M_t = -0,001 \cdot q \cdot l x^2 \cdot X \quad \dots(2.29)$$

Dimana :

- M<sub>l</sub> = momen lapangan pelat (tm)
- M<sub>t</sub> = momen tumpuan pelat (tm)
- q = beban terbagi rata pelat (t/m)
- l<sub>x</sub> = panjang bentang pendek pelat (m)
- X = koefisien dari Tabel 13.3.1 PBI 1971

### • Penulangan Pelat

Pada pelat dipakai tulangan rangkap dengan asumsi bahwa struktur adalah statis tertentu. Metode penulangan pelat meliputi :

- a. Menentukan besarnya momen Ultimate (M<sub>u</sub>) pada pelat
- b. Menentukan perbandingan antara luas tulangan tarik dengan tulangan tekan ( $\delta$ ). Pada pelat dianggap tidak memerlukan tulangan tekan sehingga  $\delta = 0$
- c. Menghitung nilai C<sub>a</sub> dengan persamaan:

$$C_a = \frac{h}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times \sigma'_a}}} \quad \dots(2.30)$$

Dimana :

- h = Tinggi manfaat penampang
- b = Lebar penampang ( pelat = 1000 mm)
- M = Momen ultimate
- n = Angka ekivalensi baja beton
- $\sigma'_a$  = Tegangan ijin baja (tbl 10.4.1 PBI'71)

- d. Mencari nilai  $\varphi$ ,  $\varphi'$ , dan  $\omega$  dari tabel

Dari "Tabel Perhitungan Lentur dengan Cara-n disesuaikan kepada peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 oleh Ir. Wiratman W" didapatkan nilai  $\varphi$  dan  $\omega$

- e. Mencari kebutuhan tulangan

$$A_s = \omega \times b \times h \quad \dots(2.32)$$

f. Kontrol retak

Berdasarkan PBI 1971 pasal 10.7.1b retak yang diijinkan 0,01 cm. Dengan menggunakan Tabel 10.7.1 PBI 1971 maka didapatkan koefisien-koefisien  $\omega_p$ ,  $C_3$ ,  $C_4$  dan  $C_5$  yang harus diambil dari Tabel 10.7.1, PBI 1971 (lihat Tabel 2.13).

Tabel 2.13 Harga Koefisien  $\omega_p$ ,  $C_3$ ,  $C_4$  dan  $C_5$

Uraian	$\omega_p$	$C_3$	$C_4$	$C_5$
Balok persegi dan balok T yang mengalami lentur murni	$\frac{A}{b \cdot h}$	1,5	0,04	7,5
Balok persegi dan balok T yang mengalami lentur dengan gaya normal tekan	$\frac{A}{b(h-y)}$	1,5	0,07	12
Bagian-bagian konstruksi yang mengalami tarik aksial	$\frac{A}{B}$	1,5	0,16	30

(Sumber : Tabel PBI 1971 )

Rumus untuk menghitung lebar retak :

$$W = \alpha \left( C_3 x d + C_4 \frac{dp}{\omega p} \right) \left( \sigma_a - \frac{C_5}{\omega p} \right) 10^{-6} \quad \dots(2.33)$$

Dimana:

$d$  = Tebal selimut beton (cm)

$dp$  = Diameter batang polos atau peng (cm)

$\sigma_a$  = Tegangan baja yang bekerja ditempat yang retak ( $\text{kg/cm}^2$ )

$A$  = Luas tulangan tarik ( $\text{cm}^2$ )

$B$  = Lebar balok (cm)

$h$  = Tinggi manfaat balok (cm)

$y$  = Jarak garis netral terhadap sisi yang tertekan (cm)

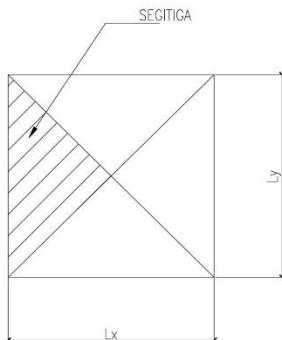
$Bt$  = Luas penampang beton yang tertarik ( $\text{cm}^2$ )

$\alpha$  = Koefisien yang bergantung pada jenis batang tulangan  
1.2 untuk batang polos dan 1 untuk batang yang  
diprofilkan

## 2. Balok dan Poer

- **Perhitungan beban pelat dan balok**

Distribusi beban pada pelat dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 2.20 Distribusi Beban Pelat

- beban pelat  $q$  ( $t/m^2$ )

$$P = \frac{1}{2} q lx \quad \dots(2.34)$$

- beban segitiga

$$q_{eq} = \frac{2}{3} P = \frac{1}{3} q lx \quad \dots(2.35)$$

- **Penulangan balok dan poer**

Penulangan balok dihitung dengan menggunakan perhitungan lentur "n". Untuk perhitungan tulangan, poer dianalisis sebagai balok jika perbandingan antara tebalpoer dan lebar poer  $> 0,4$ . Metode perhitungan tulangan utama balok dan poer seperti pada pelat yaitu :

- Menentukan besarnya momen ultimit ( $M_u$ ) yang bekerja pada balok dari hasil analisis SAP 2000.

- Menentukan perbandingan antar luas tulangan tarik dengan tulangan tekan ( $\delta$ ). Nilai  $\delta$  diambil mulai dari 0,2 ; 0,4 ; 0,6 ; 0,8 ; 1,0 ; 1,25 ; 1,67 sampai 2,50
- Menghitung nilai Ca :
- Mencari nilai  $\phi$ ,  $\phi'$ , dan  $\omega$  dari table
- Menghitung luas tulangan tarik dan tekan

$$A = \omega \times b \times h \quad \dots(2.36)$$

$$As' = \delta \times A \quad \dots(2.37)$$

Untuk balok dengan tinggi lebih dari 90 cm perlu dipasang tulangan samping sebesar minimum 10% dari tulangan tariknya ( PBI '71 Pasal.9.3(5) ).

#### • Kontrol terhadap retak

Metode perhitungan tulangan geser balok dan poer adalah sebagai berikut :

1. Menentukan besarnya gaya lintang yang bekerja pada tumpuan.
2. Menghitung tegangan beton ijin berdasarkan PBI '71 tabel 10.4.2 akibat geser oleh lentur dengan puntir, dengan tulangan geser :
3. Untuk pembebanan tetap:

$$\tau'_{bm-t} = 1.35\sqrt{\sigma'}bk$$

Untuk pembebanan sementara :

$$\tau'_{bm-s} = 2.12\sqrt{\sigma'}bk$$

Menghitung tegangan geser lentur beton akibat beban kerja di tengah-tengah tinggi penampang dengan rumus sebagai berikut :

$$\tau b = \frac{D}{b \times \frac{7}{8}h} \quad \dots(2.38)$$

Dimana : D = Gaya lintang (kN)

Diperlukan tulangan geser jika :

$$\tau_b < \tau'_{bt}$$

Untuk perhitungan tulangan geser lentur-puntir ini, tegangan geser puntir dapat dianggap seolah-olah memperbesar tegangan geser lentur pada seluruh lebar balok, yang besarnya dapat diambil menurut rumus sesuai PBI '71 Pasal 11.8.6 berikut ini:

$$\tau''_b = \frac{Mt}{b \times Ft} \quad \dots(2.39)$$

Dimana :

$Mt = T = \text{Momen Torsi akibat beban batas}$

$Ft = \text{luas penampang balok}$

Disyaratkan dalam PBI '71 Pasal 11.8.(4)

$$\tau_s \geq \tau_b + \tau_b''$$

Menghitung jarak tulangan sengkang:

$$as = \frac{As \times \overline{\sigma_a}}{\tau_s \times b} \quad \dots(2.40)$$

### 2.8.3 Perhitungan Struktur Bawah

- **Perhitungan Daya Dukung Pondasi (Luciano Decourt)**

Pada perhitungan daya dukung pondasi menggunakan metode *Luciano Decourt*

$$Q_L = \alpha \times N_p \times K \times A_p + \beta \times (N_s/3 + 1) \times A_s \quad \dots(2.41)$$

Dimana :

$N_p$  = Harga rata-rata SPT sekitar 4B diatas dan dibawah dasar tiang

$K$  = Koefisien karakteristik tanah

-  $12/m^2$  = untuk lempung

-  $20 t/m^2$  = untuk lanau berlempung

-  $25 t/m^2$  = untuk lanau berpasir

-  $40 t/m^2$  = untuk pasir

$A_p$  = Luas penampang dasar tiang ( $m^2$ )

$q_p$  = Tegangan ujung tiang ( $t/m^2$ )

$q_s$  = Tegangan akibat lekatan lateral ( $t/m^2$ )

$N_s$  = Harga N rata sepanjang tiang tertanam, dengan batasan :  $3 < N < 50$

$A_s$  = Luas selimut tiang yang terbenam ( $m^2$ )

Untuk nilai  $\alpha$  dan  $\beta$  dapat dilihat pada Tabel 2.14 dan 2.15 berikut :

Tabel 2.14 Base Coefficient  $\alpha$  (Decourt and Quaresma, 1978)

Soil/Pile	Driven Pile	Bored Pile	Bored Pile (Bentonite)	Continuous Hollow Auger	Root Piles	Injected Piles (High Pressure)
Clay	1,0	0,85	0,85	0,30*	0,85*	1,0*
Intermediate Soils	1,0	0,60	0,60	0,30*	0,60*	1,0*
Sands	1,0	0,50	0,50	0,30*	0,50*	1,0*

Tabel 2.15 Base Coefficient  $\beta$  (Decourt and Quaresma, 1978)

Soil/Pile	Driven Pile	Bored Pile	Bored Pile (Bentonite)	Continuous Hollow Auger	Root Piles	Injected Piles (High Pressure)
Clay	1,0	0,80	0,90*	1,0*	1,5*	3,0*
Intermediate Soils	1,0	0,65	0,75*	1,0*	1,5*	3,0*
Sands	1,0	0,50	0,60*	1,0*	1,5*	3,0*

#### • Perhitungan Daya Dukung Pondasi (OCDI)

Perhitungan daya dukung tiang pancang berdasarkan "Technical Standards And Commentaries For Port And Harbour Facilities In Japan (OCDI)", dengan persamaan sebagai berikut :

1. Persamaan untuk jenis tanah pasir

$$R_u = 300 N_p A_p + 2 N_s A_s \quad \dots(2.42)$$

Dimana :

$R_u$  = Kapasitas daya dukung ultimate tiang (kN)

$A_p$  = Luasan ujung tiang pancang ( $m^2$ )

$A_s$  = Jumlah luasan keliling tiang pancang ( $m^2$ )

$N_p$  = Nilai N-Spt di sekitar ujung tiang pancang

$N_s$  = Nilai N-Spt rata-rata untuk total panjang penetrasi tiang

Nilai  $N_p$  dihitung dengan persamaan

$$N_p = \frac{N1 + N2}{2} \quad \dots(2.43)$$

Dimana :

$N1$  = Nilai N-Spt pada tiap kedalaman

$N2$  = Nilai N-Spt rata-rata sekitar 4B Keatas

B = Diameter tiang pancang (m)

## 2. Persamaan untuk jenis tanah lempung

$$Ru = 8 \times c_p \times A_p + c_a \times A_s \quad \dots(2.44)$$

Dimana :

$c_p$  = Nilai kohesi pada ujung tiang ( $\text{kN/m}^2$ )

$c_a$  = Rata-rata lekatan sepanjang tiang pancang ( $\text{kN/m}^2$ )

Nilai lekatan dapat diasumsikan sebagai berikut:

$c_a = c$  :  $c \leq 100 \text{ kN/m}^2$

$c_a = 100 \text{ kN/m}^2$  :  $c > 100 \text{ kN/m}^2$

Untuk nilai safety factor dapat dilihat pada Tabel 2.16

Tabel 2. 16 Nilai Minimum Safety Factor

Kondisi Biasa		2,5
Saat Terjadi	Bearing Piles	1,5
Gempa	Friction Piles	2,0

### • Kontrol Defleksi

Kontrol defleksi bertujuan untuk melihat defleksi maksimum pada bangunan yang harus kurang dari defleksi izin. Untuk defleksi horisontal izin dapat dilihat pada Tabel 2.17.

Tabel 2.17 Batas Defleksi Operasional Untuk Struktur Maritim

Deflection Type	Structure Type	Deflection Limit	Additional Limit
Vertical deflections	Cantilever	Length/180	For petrochemical or similar pipelines, use Length/200
	Spanning beams	Span/200	Unless the beam supports special claddings or coatings Requiring a more restricted deflection control, For petrochemical or similar pipelines, use span/400
Horizontal deflection	Tops of piles bents or columns	Height/300 with a maximum of 100 mm	-
Dynamic effects (for motions in vertical or horizontal direction)	Generally	Refer to BS EN 1990:2002 + A1:2005, Annex A2	-

( Sumber : BS 6349-2:2010 )

- **Kontrol Tiang Pancang**

- Titik Jepit Tiang (*Point of fixity*)

Posisi titik jepit tiang (Gambar 2.21) dari permukaan tanah ( $Z_f$ ) untuk *normally consolidated clay* dan *granular soil* adalah  $1.8 T$ , di mana  $T$  adalah faktor kekakuan yang dihitung sebagai berikut:

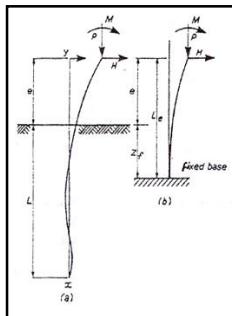
$$T = \sqrt[5]{\frac{EI}{nh}} \quad \dots(2.45)$$

Dimana :

$nh$  = Untuk cohesionless soil diperoleh dari Terzaghi, sedangkan untuk *normally consolidated clays* =  $350$  s/d  $700$   $\text{kN/m}^3$  dan soft organic silts =  $150$   $\text{kN/m}^3$ .

$E$  = Modulus elastisitas Young yang tergantung dari bahan tiang pancang

$I$  = Momen inersia dari penampang tiang pancang



Gambar 2.21 Posisi titik jepit tiang pancang  
(Sumber : *Daya Dukung Pondasi Dalam, Wahyudi*)

- Kontrol Kuat Bahan

Kontrol kekuatan bahan dilakukan dengan mengecek besarnya momen yang terjadi pada tiang pancang harus lebih kecil dari pada momen Crack bahan. Momen pada tiang pancang didapatkan dari perhitungan SAP sedangkan momen crack bahan didapatkan dari spesifikasi bahan oleh pabrik :

$$M_{\text{tiang pancang}} < M_{\text{crack}}$$

- Kontrol Lendutan

$$Y = \frac{H(e + Zf)^3}{12EI} \quad \dots(2.46)$$

Dimana :

$H$  = Lateral load (ton)

$e$  = Jarak lateral load dengan muka tanah (m)

$Zf$  = Posisi titik jepit tanah terhadap sebuah tiang

- Kontrol Tiang Pancang Berdiri Sendiri

Tiang pancang dicek kekuatannya pada saat berdiri sendiri, khususnya terhadap frekuensi gelombang ( $\omega$ ). Frekuensi tiang ( $\omega_t$ ) harus lebih besar dari frekuensi gelombang supaya tiang tidak

bergoyang dan patah. Frekuensi tiang pancang dihitung dengan rumus berikut ini :

$$\omega_t = 1,73 \sqrt{\frac{EI}{wl^2/g}} \quad \dots(2.47)$$

Dimana:

- $\omega_t$  = Frekuensi tiang
- w = Berat tiang pancang (kg)
- l = Tinggi tiang di atas tanah
- g = Gravitasi (m/s<sup>2</sup>)

Frekuensi gelombang dapat dihitung dengan rumus :

$$\omega = \frac{l}{T} \quad \dots(2.48)$$

Dimana:

- $\omega$  = Frekuensi gelombang
- T = Periode gelombang (s)

- Kontrol Kuat Tekuk

Untuk kontrol tekuk terhadap kelangsungan tiang dapat menggunakan rumus :

1) *Free headed conditions*

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI_{min}}{4(Z_f + e)^2} \quad \dots(2.49)$$

2) *Fixed and translating headed conditions*

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI_{min}}{(Z_f + e)^2} \quad \dots(2.50)$$

Dimana :

- $P_{cr}$  = Daya dukung tiang kritis
- e = Jarak lateral load (m)
- $Z_f$  = Posisi titik jepit tiang (m)
- $I_{min}$  = Momen Inersia minimum tiang (m<sup>4</sup>)

- Kontrol Terhadap Beban Lateral

$$\text{Free headed pile : } Hu = Mu / (e + Zf) \quad \dots(2.51)$$

$$\text{Fixed-headed pile : } Hu = 2 Mu / (e + Zf) \quad \dots(2.52)$$

- Perhitungan Kalendering

Perhitungan kalendering pada saat pemancangan tiang pancang berguna untuk mengetahui daya dukung dari tiang yang dipancang, dalam kata lain guna mengetahui kapan pemancangan dihentikan atau apakah kedalaman pemancangan sudah memenuhi. Final set adalah nilai penetrasi tiang pancang tiap pukulan yang bisa diperoleh dari hasil kalendering. Final set digunakan untuk menghitung daya dukung tiang pancang dengan menggunakan *Hilley Formula* yaitu :

$$Qu = \frac{\alpha \cdot W \cdot H}{S + 0,5 C} \times \frac{W + n^2 W_p}{W + W_p} \quad \dots(2.53)$$

Dimana :

$Qu$  = Daya dukung tiang (ton)

$\alpha$  = Efisiensi *hammer* yaitu :

= 2.5 untuk *hydraulic hammer*

= 1.0 untuk *diesel hammer* (Kobelco  $\alpha = 0.8$ )

= 0.75 untuk *drop hammer*

$W$  = Berat hammer ( $K25 = 2.5$  ton;  $K35 = 3.5$  ton)

$WP$  = Berat tiang pancang (ton)

$H$  = Tinggi jatuh *hammer* (1.9 m s/d 2 m untuk kondisi normal). Namun khusus untuk *diesel hammer*, nilai  $H$  dikalikan 2 (= 2  $H$ )

$n$  = Koefisien restitusi, dimana untuk :

- tiang kayu atau beton = 0.25

- tiang beton tanpa *cap* = 0.40

- tiang baja tanpa *cushion* = 0.55

$S$  = Final set atau penetrasi tiang pada pukulan terakhir (cm atau mm/blow).

Pengamatan biasanya dilakukan rata-rata di 3 set terakhir dengan 10 pukulan setiap setnya.

$C$  = Total kompresi sementara (mm)

$$= C_1 + C_2 + C_3$$

$C_1$  = Kompresi sementara dari *cushion* (*pile head & cap*) yang mana menurut BSP adalah :

- *Hard cushion* = 3 mm

- *Hard cushion + packing, soft cushion* = 5 mm

- *Soft cushion + packing* = 7 mm

$C_2$  = Kompresi sementara dari tiang, yang dapat dihitung dengan rumus 2.38

$$C_2 = \frac{Q_u \times L}{A_p \times E_{pile}} \quad \dots(2.53)$$

$C_3$  = Kompresi sementara dari tanah, di mana nilai nominal = 2.5 mm

Tanah keras (SPT > 50) : 0 – 1 mm

Tanah sedang (SPT 20 – 30) : 2 – 3 mm

Tanah lunak (SPT 10 – 20) : 4 – 5 mm

Adapun pemilihan tipe *hammer* harus didasarkan pada penetrasi per set selama pemancangan yaitu tidak kurang dari 5 mm (5 blows / 25 mm) dan *final set* kira-kira 2 mm (10 – 12 blows / 25 mm). Apabila selama 3 menit mencapai 25 blows per 25 mm, maka *hammer* harus segera dihentikan

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## **BAB III**

### **PENGUMPULAN DAN ANALISA DATA**

#### **3.1 Umum**

Sebelum melakukan perencanaan detail struktur dermaga batubara ini, terlebih dahulu dilakukan pengumpulan dan analisa data. Data-data yang digunakan merupakan data sekunder yang didapat dari berbagai sumber yang dari laporan pengembangan PT. Pupuk Kaltim sebelumnya. Data-data yang digunakan dalam perencanaan dermaga ini yaitu :

- Data Bathymetri
- Data Pasang Surut
- Data Arus
- Data Angin
- Data Tanah
- Data Kapal

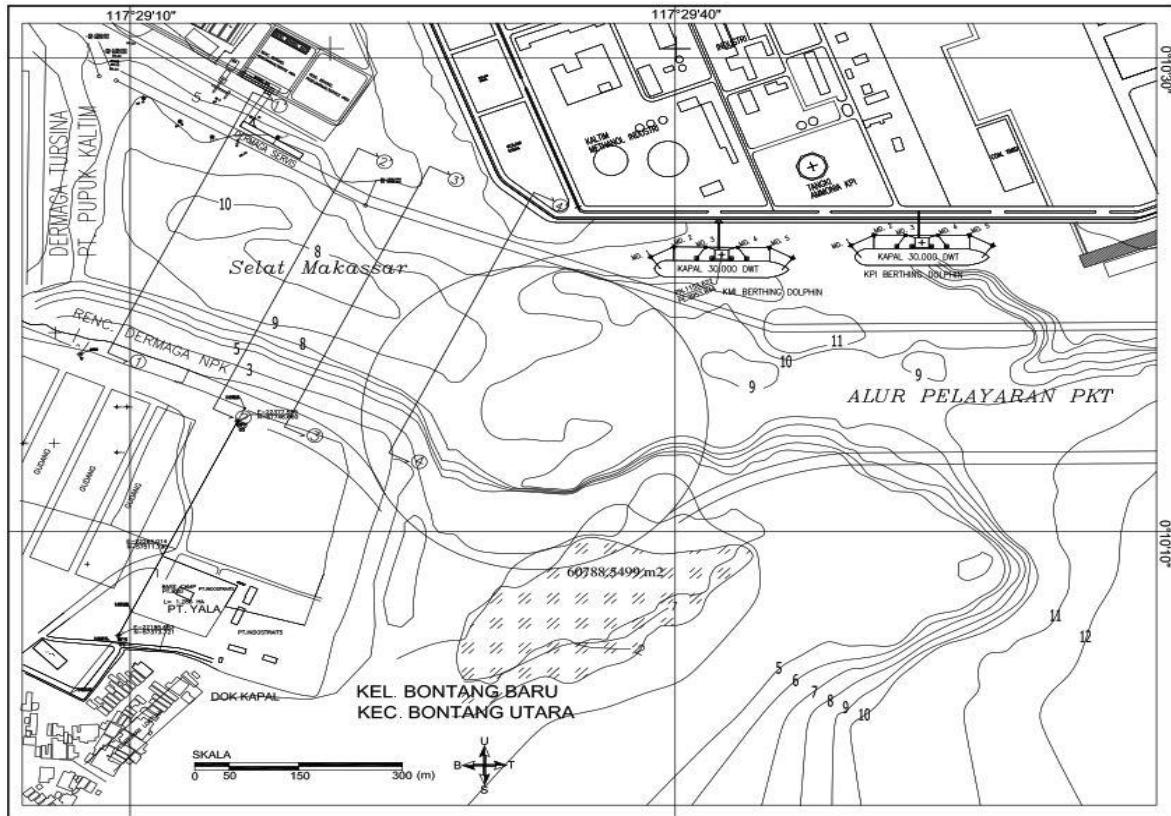
#### **3.2 Data *Bathymetri***

Data *bathymetri* didapatkan dari web pushidrosal yang di plot di autocad secara manual. Kegunaan dari peta bathymetri ini adalah:

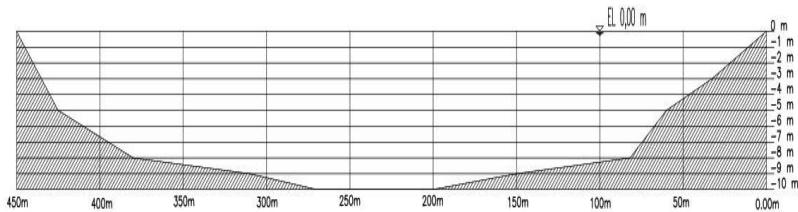
- Mengetahui kedalaman perairan dan bentuk kontur dasar laut sehingga dapat digunakan untuk merencanakan kedalaman perairan yang aman bagi kapal.
- Mengetahui volume penggerukan yang diperlukan pada saat pembuatan kolam pelabuhan.

Dari data yang didapat terlihat bahwa kondisi kedalaman di sekitar wilayah perairan di bagian timur bontang, kalimantan timur untuk bagian kolam dermaga memiliki kedalaman kontur sebesar - 9 mLWS yang berjarak 160 m dari tepi pantai (Potongan 1-1'), dan - 9 mLWS yang berjarak 120 m dari tepi pantai (Potongan 2-2'). Peta *bathymetri* secara keseluruhan dapat dilihat pada gambar 3.1. Potongan melintang pantai dapat dilihat pada Gambar 3.2, Gambar 3.3, Gambar 3.4, dan Gambar 3.5. Berdasarkan potongan bathymetri pada Gambar 3.2. menunjukkan bahwa kedalaman pada

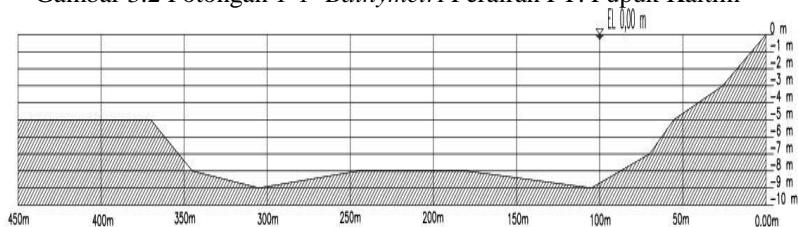
peta bathymetri ini sangat landai dan juga dapat dilihat pula bahwa kedalaman untuk rencana kolam dermaga kurang dari 1.1 Draft kapal atau sama dengan  $1.1 \times 7,5 = 8,25$  mLWS yang dibulatkan menjadi - 8,3 mLWS sehingga tidak diperlukan pengerukan di bagian kolam dermaga dan dermaga hanya membutuhkan trestle yang tidak begitu panjang. Selain itu slope alami dari peta bathymetri ini juga akan mempengaruhi pelaksanaan tiang pancang karena dengan kemiringan seperti itu akan menyulitkan dalam proses pelaksanaan di lapangan.



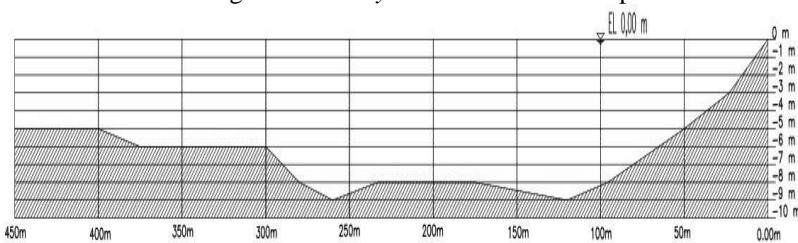
Gambar 3.1 Peta Bathimetri Dermaga Pupuk NPK PT. Pupuk Kaltim  
 (Sumber : Pushidrosal, 2019)



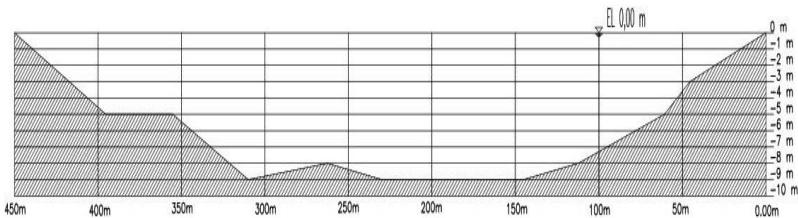
Gambar 3.2 Potongan 1-1' Bathymetri Perairan PT. Pupuk Kaltim



Gambar 3.3 Potongan 2-2' Bathymetri Perairan PT. Pupuk Kaltim



Gambar 3.4 Potongan 3-3' Bathymetri Perairan PT. Pupuk Kaltim



skala horisontal 1 : 2000

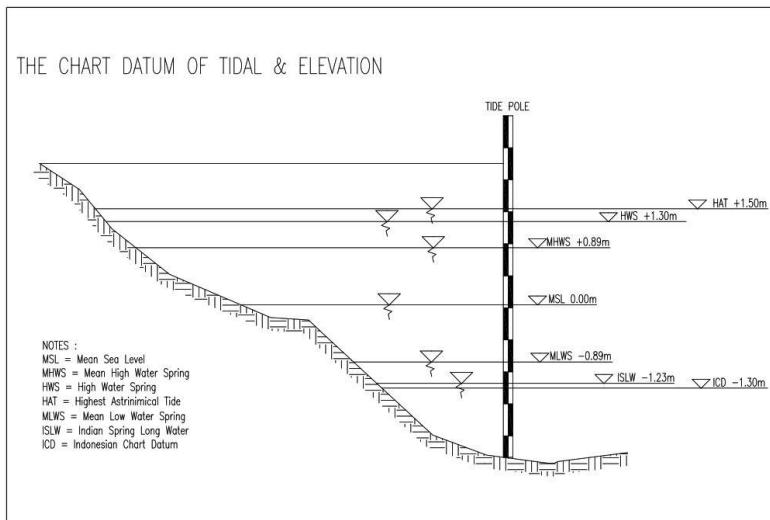
skala vertikal 1 : 400

Gambar 3.5 Potongan 4-4' Bathymetri Perairan PT. Pupuk Kaltim

### 3.3 Pasang Surut

Pasang surut pada prinsipnya terjadi karena pengaruh posisi bumi terhadap bulan dan matahari, sedang pengaruh bintang dan planet lain relalih lebih kecil. Pada saat bulan yang mengitari bumi pada garis orbitnya berada pada jarak yang paling dekat dengan bumi akan menimbulkan terjadinya air pasang (*High Water Spring = HWS*). Sebaliknya pada posisi terjauh menimbulkan air surut (*Low Water Spring = LWS*). Pada posisi bulan, bumi dan matahari pada garis lurus akan terjadi rangkaian pasang surut yang perbedaannya besar karena gaya tarik bulan dan matahari terhadap bumi saling memperkuat. Keadaan ini disebut *spring tide*. Sedang pada saat posisi bulan dan matahari membentuk sudut siku-siku terhadap bumi maka gaya tarik bulan dan bumi saling menurangi sehingga tinggi pasang surut kecil dibanding hari-hari lainnya. Keadaan ini disebut *neap tide*.

Data pasang surut dipergunakan untuk kebutuhan koreksi pada peta batimetri juga untuk mengetahui tipe pasang surut, muka surut terendah (*Mean Low Water Spring*) dan muka pasang tertinggi (*Mean High Water Spring*). Data pasang surut ini sebagai acuan untuk penetapan elevasi kontur tanah dan elevasi seluruh bangunan, sehingga kondisi kedalaman perairan dan elevasi posisi kering dari struktur dan wilayah darat dapat ditentukan.



Gambar 3.6 Data Pasang Surut Perairan PT. Pupuk Kaltim

Sumber : Laporan Pengembangan PT. Pupuk Kaltim

#### Hasil Analisa Data Pasang Surut

- Beda pasang surut sebesar 2,2 m diatas mLWS
- Elevasi HWS (*High Water Spring*) pada +1,30 m mLWS
- Elevasi MSL (*Mean Sea Level*) pada ± 0.00 mLWS
- Elevasi LWS (*Low Water Spring*) pada – 0.89 mLWS

### 3.4 Data Arus

Arus yang terjadi di sepanjang pantai biasanya merupakan arus akibat perbedaan muka air pasang surut antara satu lokasi dengan lokasi lain, sehingga arus dipengaruhi pola pasang surut. Beberapa kegunaan data arus adalah:

- Menghindari pengaruh tekanan arus berarah tegak lurus kapal (*cross currents*), agar dapat bermanuver dengan cepat dan mudah.
- Mengevaluasi kondisi stabilitas garis pantai, mengalami erosi atau sedimentasi.

Berdasar dokumen “Arus Lintas Indonesia (ARLINDO)” : kecepatan arus permukaan mencapai 2 knot di sekitar Bontang.

### 3.5 Data Angin

Komponen data angin mencakup distribusi arah dan kecepatan angin. Penyajian data angin diberikan dalam bentuk diagram *wind rose* agar karakteristik angin dapat dibaca dengan cepat dan mudah. Kegunaan data angin diantaranya adalah:

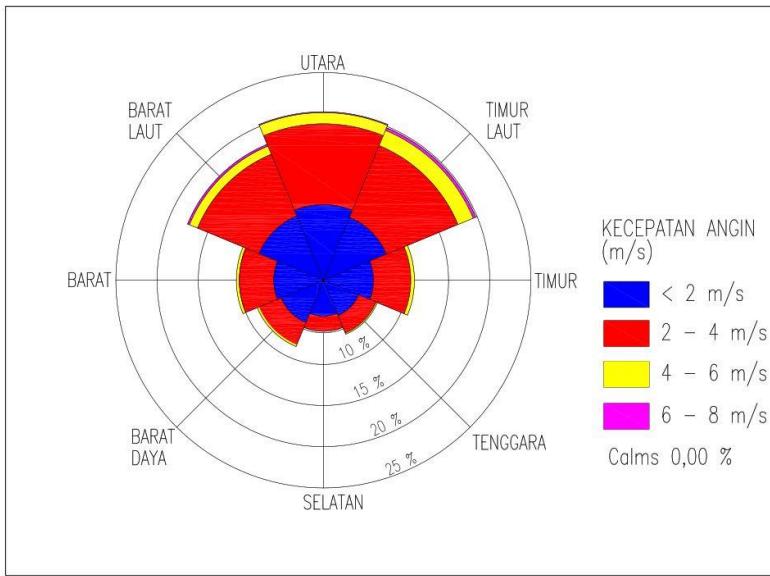
- Mengetahui distribusi arah dan kecepatan angin yang terjadi pada suatu daerah.
- Perencanaan beban horizontal yang bekerja pada badan kapal.

Data angin diambil berdasarkan data dari NOAA yang telah diolah untuk data angin dari tahun 2008 sampai 2017 pada daerah Bontang, Kalimantan Timur. Data angin tersebut diolah menjadi tabel frekuensi kejadian angin dan akan diperoleh data angin dalam bentuk *Windrose* seperti pada Gambar 3.7.

Tabel 3.1 Frekuensi Kejadian Angin Per Bulan Selama 10 Tahun (2008-2017)

Arah Angin	Frekuensi Distribusi Kecepatan Angin (%)						
	Kecepatan Angin (m/s)						Total
<2	2-4	4-6	6-8	8-10	>=10		
Utara	9,37	9,42	1,61	0,06	0,00	0,00	20,46
Timur laut	8,70	8,76	2,09	0,10	0,00	0,00	19,65
Timur	5,85	4,31	0,29	0,05	0,00	0,00	10,5
Tenggara	4,74	2,32	0,16	0,01	0,00	0,00	7,23
Selatan	4,39	1,99	0,11	0,00	0,00	0,00	6,38
Barat daya	5,20	2,95	0,21	0,01	0,00	0,00	8,37
Barat	6,63	3,37	0,27	0,00	0,00	0,00	10,27
Barat laut	8,83	7,71	0,65	0,03	0,00	0,00	17,22
Total	53,71	40,83	5,39	0,26	0,00	0,00	100

(sumber: Data NOAA yang telah diolah)



Gambar 3.7 Diagram *Windrose* Bontang (Januari 2008 – Desember 2017)

Dari diagram *Windrose* diatas diketahui bahwa angin dominan terjadi dari arah Timur Laut dengan presentase 21 %. Kecepatan angin tertinggi yang terjadi adalah 6-8 m/s.

### 3.6 Gelombang

Berdasarkan pengamatan visual, gelombang di lokasi perencanaan kecil. Hal ini dikarenakan lokasi perencanaan termasuk dalam perairan tertutup yang dikelilingi oleh pulau – pulau. Untuk membuktikan hal tersebut dianalisis tinggi gelombang dari data arah dan kecepatan angin.

Dilakukan analisis lebih dahulu di lokasi perencanaan dengan koordinat Garis Lintang  $0^{\circ}10'18.87''\text{U}$  dan Garis Bujur  $117^{\circ}29'16.29''\text{T}$ . Perhitungan dilakukan pada arah timur laut (Gambar 3.8), arah Timur (Gambar 39.) dan arah Tenggara (Gambar 3.10). Dipilihnya ketiga arah tersebut karena memiliki arah potensi gelombang yang paling panjang, dilihat dari lokasi

perairan PT. Pupuk Kaltim yang terlindung dan dikelilingi daratan pada arah barat, utara dan selatan. Sehingga didapatkan hasil perhitungan *fetch* efektif yang dapat dilihat pada Tabel 3.2



Gambar 3.8 Fetch Arah Timur Laut (Skala 1 : 500)



Gambar 3.9 Fetch Arah Timur (Skala 1:500)



Gambar 3.10 Fetch Arah Tenggara (Skala 1 : 500)

Tabel 3.2 Perhitungan Fetch Efektif

Sudut, $\alpha$	Cos $\alpha$	Xi			Xi, Cosa			
		T	TL	TG	T	TL	TG	
Kiri	45	0,707	584,162	507,952	2938,890	413,065	359,176	2078,109
	40	0,766	561,495	480,881	2448,240	430,130	368,376	1875,461
	35	0,819	547,240	428,525	2042,779	448,273	351,027	1673,347
	30	0,866	543,513	437,311	1825,862	470,696	378,722	1581,243
	25	0,906	602,659	429,462	1973,035	546,195	389,225	1788,177
	20	0,940	651,927	420,291	2021,468	612,611	394,944	1899,559
	15	0,966	816,553	424,335	0,000	788,730	409,876	0,000
	10	0,985	1251,684	642,507	0,000	1232,668	632,746	0,000
	5	0,996	3982,782	611,927	0,000	3967,626	609,598	0,000
Kanan	0	1,000	2943,572	578,543	0,000	2943,572	578,543	0,000
	5	0,996	2448,552	560,075	0,000	2439,235	557,944	0,000
	10	0,985	2053,299	541,570	0,000	2022,105	533,342	0,000
	15	0,966	1820,840	551,142	0,000	1758,796	532,362	0,000
	20	0,940	1955,448	609,629	0,000	1837,520	572,864	0,000
	25	0,906	2025,771	654,471	0,000	1835,972	593,152	0,000
	30	0,866	0,000	784,895	0,000	0,000	679,739	0,000
	35	0,819	0,000	1247,540	0,000	0,000	1021,925	0,000
	40	0,766	0,000	3991,661	0,000	0,000	3057,790	0,000
	45	0,707	0,000	2934,374	0,000	0,000	2074,916	0,000
Total		16,903	22789,497	16837,091	13250,274	21747,193	14096,268	10895,895
Fetch Efektif (m)					1286,625	833,975	644,632	

Dari peramalan *fetch* di atas didapatkan bahwa *fetch* efektif terbesar adalah 1,3 km yakni pada arah Timur. Hal ini

menunjukkan bahwa pada lokasi perencanaan termasuk dalam perairan tertutup yang dikelilingi oleh pulau-pulau.

Selanjutnya dilakukan peramalan gelombang dari data angin dan *fetch* sebagai pembangkit utama gelombang. Dari peramalan tersebut dapat diketahui:

1. Tipe gelombang

Tipe gelombang yang terjadi adalah *non fully developed waves*. Hal ini dikarenakan *fetch* yang relatif pendek karena dibatasi oleh kondisi geografis di sekitar lokasi perencanaan.

2. Tinggi gelombang

Tinggi gelombang (*non fully developed waves*) dapat dihitung menggunakan metode SBM dari *Shore Protection Manual* Vol. 1 seperti pada persamaan (2.5) – (2.7)

$$U = 8 \text{ m/s}$$

(diambil kecepatan angin maksimum yang terjadi tahun 2008-2017)

$$U_A = 0,71 \times U^{1,23}$$

$$\begin{aligned} U_A &= 0,71 \times 8^{1,23} \\ &= 9,16 \text{ m/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_{m0} &= 1,616 \times 10^{-2} \times U_A \times F^{1/2} \\ &= 1,616 \times 10^{-2} \times 9,16 \times 1,3^{1/2} \\ &= 0,17 \text{ m} \end{aligned}$$

3. Periode gelombang

$$T_0 = 6,238 \times 10^{-2} \times (U_A \times F)^{1/3}$$

$$\begin{aligned} T_0 &= 6,238 \times 10^{-2} \times (9,16 \times 1,3)^{1/3} \\ &= 0,14 \text{ s} \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas dapat diketahui bahwa kapal masih dapat beroperasi ( $H_{m0} = 0,17 \text{ m} < H \text{ ijin} = 0,3 \text{ m}$ ).

### 3.7 Data Tanah

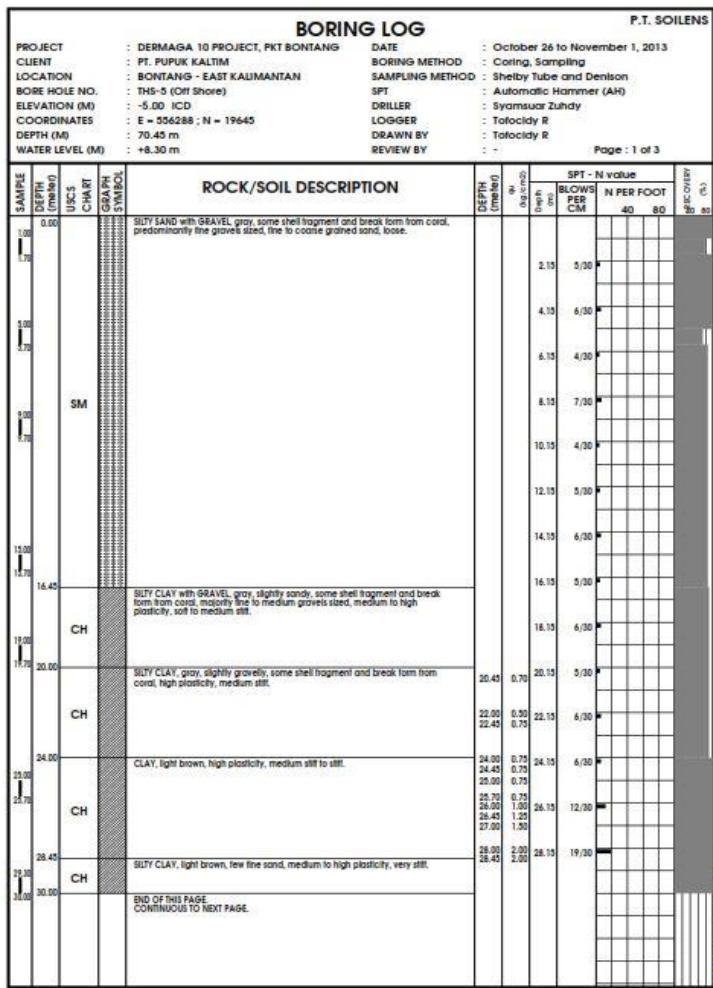
Data penyelidikan tanah sangat diperlukan khususnya untuk perencanaan struktur, baik untuk struktur bangunan bawah (tiang pancang), jalan atau areal terbuka lain. Untuk perencanaan struktur tiang pancang, analisa data tanah dilakukan untuk mendapatkan daya dukung ijin terhadap kedalaman tiang pancang.

Data Bor & Standard Penetration Test (SPT) sebanyak 2 titik, yaitu BH-5 dan BH-6 yang berada di lokasi *offshore* yang digunakan untuk input perhitungan daya dukung pondasi tiang seperti yang terlihat pada Gambar 3.11.

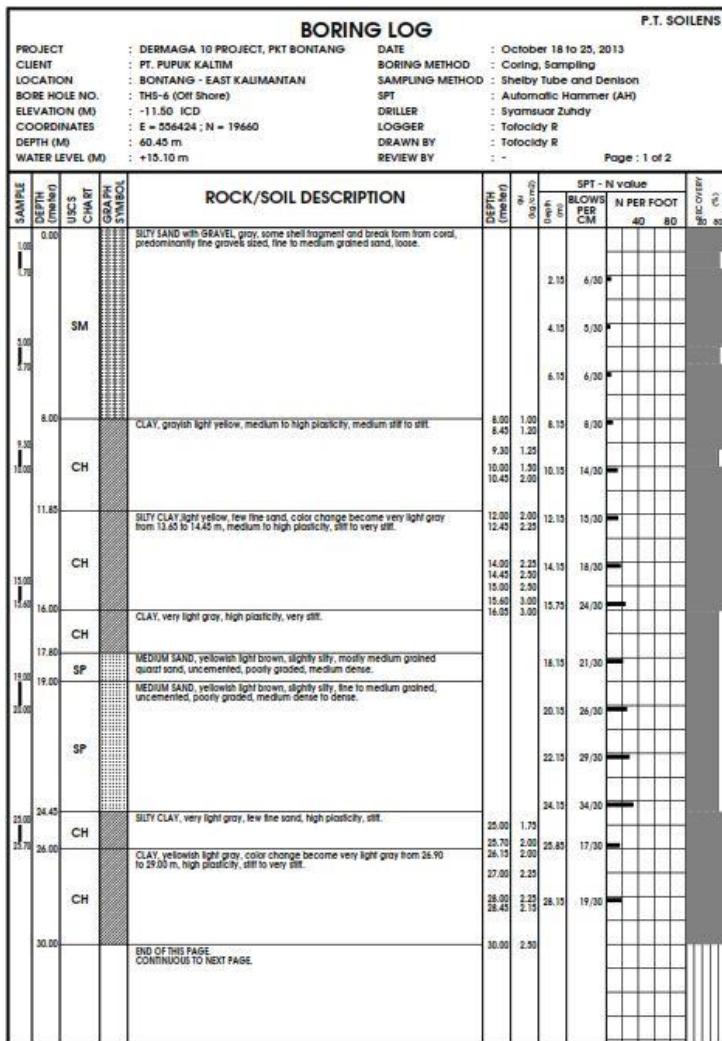


Gambar 3.11 Lokasi Titik Penyelidikan Tanah  
(Sumber : Laporan pengembangan PT. Pupuk Kaltim)

Berdasarkan hasil uji bor dan SPT pada 2 titik lokasi tersebut maka dapat diperoleh lapisan tanah dibawahnya seperti terlihat pada Gambar 3.12 dan Gambar 3.13.



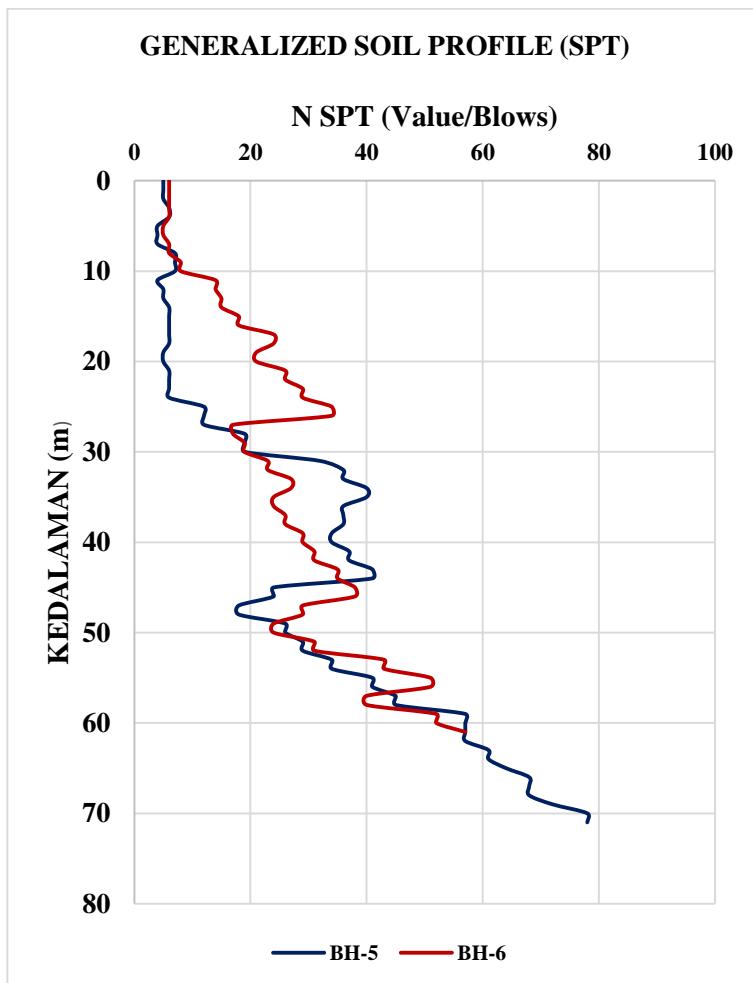
Gambar 3.12 Data Tanah BH 5 (*Offshore*)  
*(Sumber : Laporan pengembangan PT. Pupuk Kaltim)*

Gambar 3.13 Data Tanah BH 6 (*Offshore*)

(Sumber : Laporan pengembangan PT. Pupuk Kaltim)

Dari kedua hasil bor dan SPT yang dilakukan, diketahui bahwa lapisan tanah di lokasi dermaga di dominasi oleh tanah pasir

berlanau (*Silt Sand*). Nilai SPT rata-rata lapisan tanah dan korelasinya terhadap grafik daya dukung tanah dapat dilihat pada Gambar 3.14.



Gambar 3.14 Rekapitulasi Hasil Pengeboran

Perhitungan daya dukung tiang pancang dilakukan dengan dua metode yaitu menggunakan metode Luciano Decourt dan metode OCDI. Hal ini dilakukan untuk membandingkan kebutuhan kedalaman dari perencanaan kedalaman Tiang Pancang.

### 3. Metode *Luciano Decourt* (1982)

Perhitungan daya dukung tiang pancang menggunakan metode Luciano Decourt (1982), dalam Wahyudi, P.hD. (n.d.). *Daya Dukung Pondasi Dalam*. Surabaya: itspress.

Contoh perhitungan daya dukung tanah untuk 1 tiang pancang baja dengan data sebagai berikut :

- Tipe pondasi = *Steel Pipe Pile (Driven)*
- Diameter = 812,8 mm
- Lokasi = BH-5 (Offshore)
- Kedalaman = - 25 m (*dari seabed*)
- Nilai SPT (N) = 12 Pukulan
- Koreksi Nilai N-SPT Terhadap Muka Air  
Koreksi terhadap muka air tanah, untuk jenis tanah lempung, lanau dan pasir kasar. Khusus untuk tanah pasir halus, pasir berlanau, dan pasir berlampang yang berada dibawah muka air.  
Bila  $N > 15$

$$N_1 = 15 + \frac{1}{2}(N-15)$$

$$N_1 = 0,6 N$$

Contoh perhitungan pada kedalaman 25 m dengan nilai N adalah 12, karena nilai Nspt nya 12 maka tidak perlu dikoreksi karena jenis tanah lempung.

- Koreksi Nilai N-SPT Terhadap *Overburden Pressure*
- Daya dukung di ujung tiang (  $Q_p$  )

$$Q_p = \alpha \times \bar{N}_p' \times K \times A_p$$

Dimana :

$$\alpha = 1 \quad (\text{Driven Pile})$$

$$N = 12 \text{ Pukulan}$$

$$\begin{aligned} \bar{N}_p' &= \text{Harga rata - rata SPT koreksi disekitar } 4D \text{ keatas} \\ &\quad \text{dan } 4D \text{ kebawah dasar tiang} \\ &= (4,9+4,8+,8+9,4+9,3+9,2+8,6)/7 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 K &= 7,3 \text{ blows} \\
 K &= 40 \text{ t/m}^2 \quad (\text{pasir berlanau}) \\
 A_p &= 0,25 \times \pi \times D^2 \\
 &= 0,25 \times 3,14 \times 0,812^2 \\
 &= 0,5028 \text{ m}^2 \\
 Q_p &= 1 \times 7,3 \times 40 \times 0,5028 \\
 &= 147,3 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

- Daya dukung akibat gesekan tanah dengan tiang ( $Q_s$ )

$$Q_s = \beta \times \left( \frac{\bar{N}_s}{3} + 1 \right) \times A_s$$

Dimana :

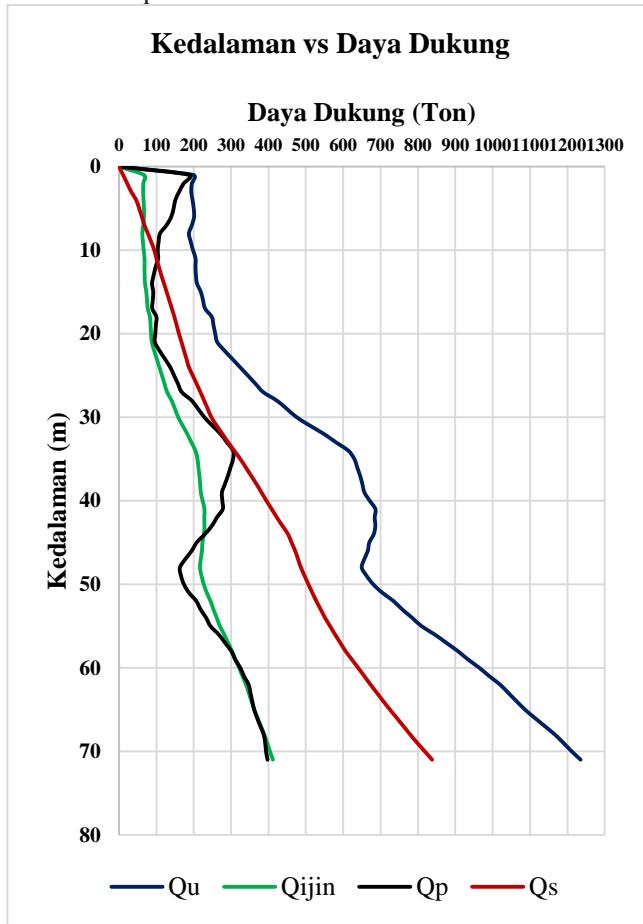
$$\begin{aligned}
 \beta &= 1 \quad (\text{Driven Pile}) \\
 &\quad \text{Harga rata - rata SPT sepanjang tiang} \\
 \bar{N}_s &= \text{tertanam} \\
 &\quad \text{yang telah dikoreksi dengan batasan } 3 \leq N \\
 &\quad \leq 50 \\
 &= 6,4 \text{ blows} \\
 A_s &= \pi \times D \times h \\
 &= 3,14 \times 0,8128 \times 25 \\
 &= 62,5 \text{ m}^2 \\
 Q_s &= 1 \times \left( \frac{6,4}{3} + 1 \right) \times 62,5 \\
 &= 197,4 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

- Daya dukung ultimate dan izin ( $Q_u$  dan  $Q_{ijin}$ )

$$\begin{aligned}
 Q_u &= Q_p + Q_s \\
 &= 147,3 + 197,4 \\
 &= 344,7 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{ijin} &= \frac{Q_u}{SF} \\
 &= \frac{344,7}{3} \\
 &= 114,9 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Untuk Data tanah pada BH 5, setiap kedalaman dihitung  $Q_u$  - nya kemudian diplot dalam grafik yang hasilnya terlihat pada Gambar 3.15. Perhitungan daya dukung di tiap kedalaman akan disajikan pada tabel di lampiran.



Gambar 3.15 Grafik Kedalaman-Daya Dukung Tanah Titik BH 5

#### 4. Metode OCDI (2002)

Perhitungan daya dukung tiang pancang menggunakan metode OCDI (2002). Contoh perhitungan daya dukung tanah untuk 1 tiang pancang baja dengan data sebagai berikut :

- Tipe pondasi = Steel Pipe Pile ( Driven )
- Diameter = 812,8 mm
- Lokasi = BH-5 ( Offshore )
- Kedalaman = - 25 m ( dari seabed )
- Nilai SPT (N) = 12 Pukulan

$$R_u = 300 N_p A_p + 2 N_s A_s$$

Dimana :

$$A_p = 0,503 \text{ m}^2$$

$$A_s = 62,5 \text{ m}^2$$

$$N_p = \frac{12+8}{2} = 10$$

$$N_s = 5,8$$

$$R_u = 300 \times 10 \times 0,503 + 2 \times 5,8 \times 62,5$$

$$R_u = 3308 \text{ kN}$$

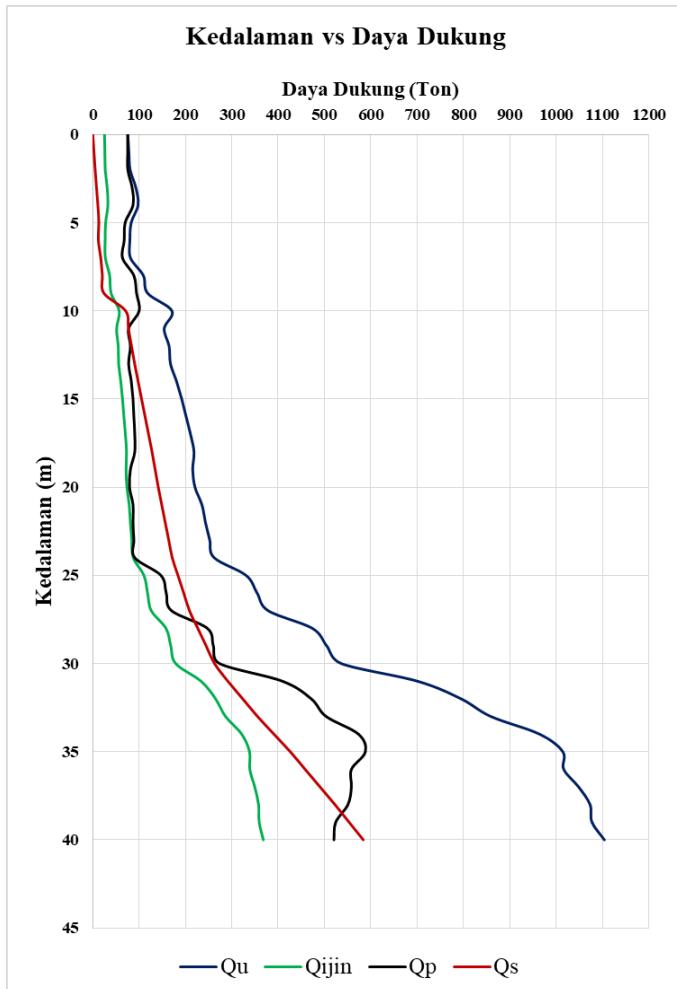
$$= 330,8 \text{ ton}$$

$$R_u \text{ Ijin} = \frac{R_u}{SF}$$

Berdasarkan OCDIT 4.1.1 Pasal 4.1.2 mengenai nilai minimum safety factor untuk kondisi biasa sebesar 2,5.

$$R_u \text{ Ijin} = \frac{330,8}{2,5} = 132,32 \text{ ton}$$

Untuk Data tanah pada BH 5, setiap kedalaman dihitung  $R_u$  - nya kemudian diplot dalam grafik yang hasilnya terlihat pada Gambar 3.16



Gambar 3. 16 Grafik Kedalaman – Daya Dukung Tanah Titik BH 5  
(Metode OCDI)

## BAB IV

### KRITERIA DESAIN

#### 4.1 Peraturan yang Digunakan

Dalam tugas akhir ini digunakan beberapa peraturan sebagai landasan perencanaan, diantaranya:

- *Technical Standard and Commentaries for Port and Harbor Facilities in Japan.* Digunakan dalam perhitungan fender dan boulder.
- Peraturan Beton Indonesia 1971. Digunakan untuk mengetahui gaya momen pada pelat dan beban-beban dari pelat yang mengenai balok, serta untuk perhitungan detail penulangan.
- SNI T - 02 - 2005 – Standar Pembebanan Untuk Jembatan Indonesia untuk pembebanan struktur *catwalk*.
- SNI 03 - 1726 - 2002 - Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung (1983). Digunakan dalam perhitungan gaya gempa dengan metode dinamis.
- SNI 03 - 1729 - 2002 - Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung. Digunakan dalam perhitungan *catwalk*.
- *Shore Protection Manual, Coastal Engineering Research Center Washington.*
- *Carl A Thoresen, Port Designer's Handbook: Recommendations and Guidelines.*
- *PIANC – Harbour Approach Guidelines Design*

#### 4.2 Kapal Rencana

Kapal yang akan bertambat pada dermaga NPK milik PT. Pupuk Kaltim di Bontang, Kalimantan Timur ini adalah kapal *Bulk Carrier* 10.000 DWT, untuk loading pupuk NPK seperti pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Kapal *Bulk Carrier* 10.000 DWT

Berdasarkan PIANC (2014). Diperoleh spesifikasi kapal *bulk carrier* sebagai berikut :

Type of vessel	: Used Bulk Carrier
GRT/NRT	: 6079/3290
DWT	: 10000 MT
Length	: 130 m
Breadth	: 18 m
Depth	: 10,3 m
Draft	: 7,5 m

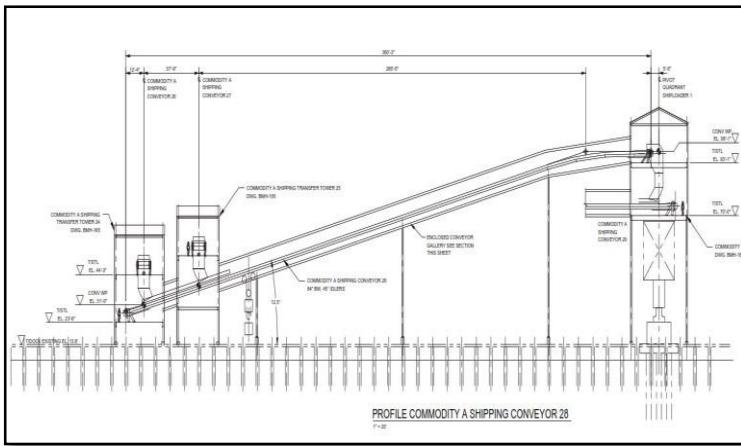
### 4.3 Data Alat

Sebelum merencanakan detail alat berat yang digunakan, harus diketahui pola operasional yang direncanakan. Dermaga pupuk NPK ini direncanakan bisa melakukan loading dari dermaga ke kapal dengan menggunakan *belt conveyor* dan *quadrant ship loader* yang langsung masuk ke kapal *bulk carrier*. Berikut merupakan spesifikasi dari *radial ship loader*.

#### 4.3.1 Belt Conveyor

Fasilitas *Belt Conveyor* digunakan untuk mengangkut pupuk NPK dari darat menuju ke *shiploader* (Gambar 4.2). *Belt Conveyor* yang digunakan adalah tipe Itaguai-RJ K7014 PC 100.





Gambar 4.2 Belt Conveyor

Sumber : [www.miningandconstruction.sandvik.com](http://www.miningandconstruction.sandvik.com)

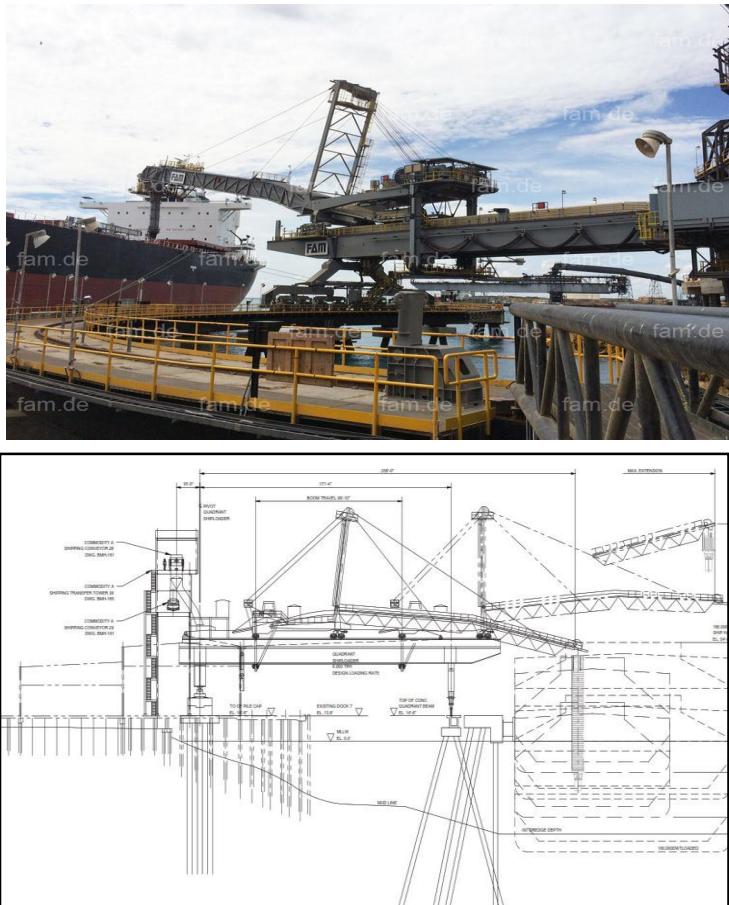
Tabel 4.1 Spesifikasi Belt Conveyor

<b>Material to be handled</b>	<b>NPK Fertilizer</b>
<i>Nominal Capacity</i>	5000 t/h
<i>Length</i>	5800 m
<i>Rail Gauge</i>	2 m
<i>Weight</i>	700 Kg/m

Sumber : [www.miningandconstruction.sandvik.com](http://www.miningandconstruction.sandvik.com)

#### 4.3.2 Quadrant Radial Shiploader

Fasilitas *shiploader* digunakan untuk loading Pupuk NPK dari *belt conveyor* ke kapal bulk carrier. *Shiploader* ini memiliki lengan teleskopik (dapat memanjang dan memendek) dan memiliki rel berbentuk *radial* (setangah lingkaran). *Shiploader* yang digunakan adalah tipe PL 400-2000/41,5+41.



Gambar 4.3 Quadrant Radial Shiploader  
*Sumber : [www.miningandconstruction.sandvik.com](http://www.miningandconstruction.sandvik.com)*

Tabel 4. 2 Spesifikasi *Shiploader*

<i>Material to be handled</i>	<i>NPK Fertilizer</i>
<i>Nominal Capacity</i>	5000 t/h
<i>Outreach seside</i>	40-150 m
<i>Belt Width</i>	1000-2800 mm

<i>Weight</i>	120 ton
<i>Rail Gauge</i>	1 m

Sumber : [www.miningandconstruction.sandvik.com](http://www.miningandconstruction.sandvik.com)

## 4.4 Kualitas Bahan dan Material

### 4.4.1 Kualitas Beton

Mutu beton yang diigunakan memiliki kuat tekan karakteristik (K) sebesar K 350. Berikut klasifikasi dari beton yang digunakan:

1. Kekuatan tekan karakteristik, K350  $\sigma'_{bk} = 350 \text{ kg/cm}^2$  (PBI 1971 Tabel 4.2.1)
2. Modulus tekan untuk pembebanan tetap  
 $E_b = 6400\sqrt{\sigma'_{bk}}$  (PBI 1971 Pasal 11.1.1)  
 $E_b = 6400\sqrt{350}$   
 $E_b = 119733,0364 \text{ kg/cm}^2 \approx 120000 \text{ kg/cm}^2$
3. Tegangan tekan beton akibat lentur dan atau gaya normal tekan  
 $\sigma'_b = 0,33 \times \sigma'_{bk}$  (PBI 1971 Tabel 10.4.2)  
 $\sigma'_b = 0,33 \times 350$   
 $\sigma'_b = 115,5 \text{ kg/cm}^2$
4. Berat jenis beton bertulang  
 $\gamma = 2400 \text{ kg/m}^3$
5. Tebal selimut beton untuk plat yang berbatasan langsung dengan laut = 7,0 cm (Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan BMS Bab 6.3.8.3)
6. Tebal selimut beton untuk beton yang berbatasan langsung dengan laut = 8,0 cm (Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan BMS Bab 6.3.8.3)

### 4.4.2 Kualitas Baja Tulangan

Mutu baja tulangan diambil kelas U-39 dengan spesifikasi sebagai berikut:

1. Tegangan leleh karakteristik (PBI 1971 Tabel 3.7.1)  
 $\sigma_{au} = 3900 \text{ kg/cm}^2$

2. Tegangan tarik/tekan yang diijinkan (PBI 1971 Tabel 10.4.1)  
 $\sigma_a = 2250 \text{ kg/cm}^2$
3. Kekuatan tarik/tekan baja rencana (PBI 1971 Tabel 10.4.3)  
 $\sigma'_{au} = 3390 \text{ kg/cm}^2$
4. Modulus elastisitas (PBI 1971 Pasal 10.9.1)<sup>2</sup>  
 $E_a = 2,1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$

#### 4.4.3 Kualitas Bahan Baja

Digunakan mutu baja BJ 50 dengan spesifikasi sebagai berikut:

1. Modulus elastisitas (PBI 1971 Pasal 10.9.1)  
 $E_a = 2,1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$
2. Tegangan putus minimum  
 $f_u = 500 \text{ MPa}$
3. Tegangan putus efektif  
 $f_{ue} = 1,15 \times f_u$   
 $f_{ue} = 1,15 \times 500$   
 $f_{ue} = 575 \text{ MPa}$
4. Tegangan leleh minimum  
 $f_y = 290 \text{ MPa}$
5. Tegangan leleh efektif  
 $f_{ye} = 1,15 \times f_y$   
 $f_{ye} = 1,15 \times 290$   
 $f_{ye} = 333,5 \text{ MPa}$
6. Berat jenis baja  
 $\gamma = 7850 \text{ kg/m}^3$

#### 4.4.4 Tiang Pancang

Pada konstruksi dermaga pupuk NPK ini digunakan pondasi tiang pancang baja dengan kelebihan dan kekurangan sebagai berikut :

- **Kelebihan**

- Pelaksanaannya lebih mudah dan kemungkinan kerusakan struktur tiang pancang akibat pengangkatan (lifting) serta pemindahan (mobilisasi) maupun retak di ujung tiang pada saat pemancangan menjadi lebih kecil karena tiang pancang baja memiliki elastisitas yang tinggi.
- Mempunyai berat yang jauh lebih kecil dibandingkan dengan *precast concrete pile* untuk dimensi yang sama sehingga kedalaman pancangan yang diperlukan untuk menahan design load yang sama akan lebih kecil dibanding jika menggunakan precast concrete pile.
- Penyambungan antar tiang pancang pada saat pemancangan lebih mudah yaitu dengan pengelasan.
- Biaya transportasinya lebih murah karena ditentukan melalui volume dan space.
- Nilai N-SPT maksimum yang dapat ditembus >50 pukulan.

- **Kekurangan**

- Mudah mengalami korosi.
- Biaya pemeliharaan mahal karena untuk mencegah terjadinya karat pada permukaan tiang perlu dilakukan coating, yaitu memberi lapisan anti karat pada permukaan tiang pancang, terutama pada bagian tiang pancang yang bersentuhan dengan air laut.

Spesifikasi tiang pancang pipa baja

Spesifikasi dapat dilihat pada Tabel 4.3

Tabel 4.3 Spesifikasi Tiang Pancang Baja

OUTSIDE DIAMETER		THICKNESS	WEIGHT	CROSS SECTIONAL WALL AREA $A$ ( $\text{cm}^2$ )	MODULUS OF INERTIA $I$ ( $\text{cm}^4$ )	MODULUS OF SECTION $Z$ ( $\text{cm}^3$ )	RADIUS OF GYRATION $i$ ( $\text{cm}$ )
Inch	mm	mm	Kg/m				
32	812,8	9,0	178,40	227,3	$184 \times 10^3$	$452 \times 10$	28,4
		12,0	236,97	301,9	$242 \times 10^3$	$596 \times 10$	28,3
		14,0	275,78	351,3	$280 \times 10^3$	$690 \times 10$	28,2
		16,0	314,39	400,5	$318 \times 10^3$	$782 \times 10$	28,2
36	914,4	12,0	267,04	340,2	$346 \times 10^3$	$758 \times 10$	31,9
		14,0	310,85	396,0	$401 \times 10^3$	$878 \times 10$	31,8
		16,0	354,47	451,6	$456 \times 10^3$	$997 \times 10$	31,8
		19,0	419,53	534,5	$536 \times 10^3$	$117 \times 10^2$	31,7
40	1016,0	12,0	297,10	378,5	$477 \times 10^3$	$939 \times 10$	35,5
		14,0	345,93	440,7	$553 \times 10^3$	$109 \times 10^2$	35,4
		16,0	394,56	502,7	$628 \times 10^3$	$124 \times 10^2$	35,4
		19,0	467,13	595,1	$740 \times 10^3$	$146 \times 10^2$	35,3
44	1117,6	12,0	327,17	416,8	$637 \times 10^3$	$114 \times 10^2$	39,1
		14,0	381,01	485,4	$739 \times 10^3$	$132 \times 10^2$	39,0
		16,0	434,65	553,7	$840 \times 10^3$	$150 \times 10^2$	39,0
		19,0	514,74	655,8	$990 \times 10^3$	$177 \times 10^2$	38,8
	1200	14,0	409,45	521,6	$917 \times 10^3$	$153 \times 10^2$	41,9
		16,0	467,16	595,1	$104 \times 10^4$	$174 \times 10^2$	41,9
		19,0	553,35	704,9	$123 \times 10^4$	$205 \times 10^2$	41,8
		22,0	639,09	814,2	$141 \times 10^4$	$235 \times 10^2$	41,7

(sumber: Katalog PT. Swarna Bajapacific)

## 4.5 Perencanaan Fender

### 4.5.1 Perhitungan Energi Fender

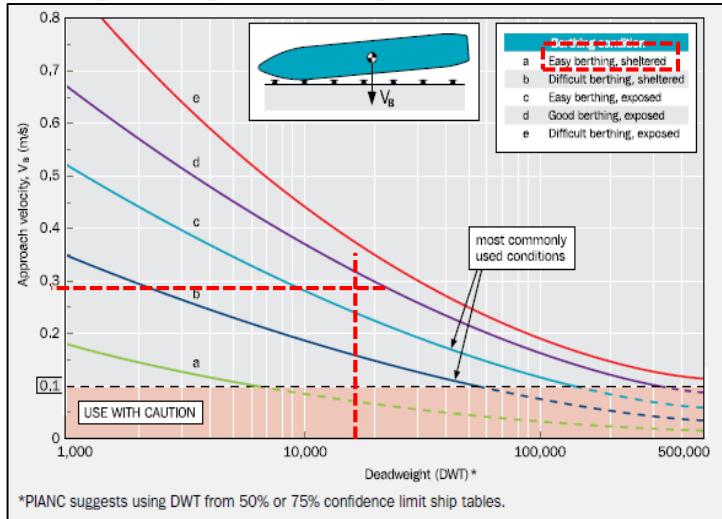
Perhitungan fender menggunakan perumusan energi kinetik dengan beban kapal *bulk carrier* 10.000 DWT. Metode perhitungan berdasarkan rumusan berikut:

$$E_N = 0,5 \times M_D \times V_B^2 \times C_M \times C_E \times C_C \times C_S$$

Dimana,

- $V_B$  = Kecepatan kapal saat merapat (m/s)
- $C_M$  = Koefisien massa hidrodinamis
- $C_C$  = Koefisien bantalan
- $C_S$  = Koefisien kehalusan
- $C_E$  = Koefisien eksentrisitas
- $M_D$  = *Displacement tonnage* (t)

- Kecepatan kapal saat merapat ( $V_B$ )



Gambar 4.4 Grafik Kecepatan Kapal Saat Merapat

(Sumber : Desain Manuar Fender, Trelleborg)

DWT	VELOCITY, $V_B$ (m/s)				
	a	b	c	d	e
1,000	0.179	0.343	0.517	0.669	0.865
2,000	0.151	0.296	0.445	0.577	0.726
3,000	0.136	0.269	0.404	0.524	0.649
4,000	0.125	0.250	0.374	0.487	0.597
5,000	0.117	0.236	0.352	0.459	0.558
10,000	0.094	0.192	0.287	0.377	0.448
20,000	0.074	0.153	0.228	0.303	0.355
30,000	0.064	0.133	0.198	0.264	0.308
40,000	0.057	0.119	0.178	0.239	0.279
50,000	0.052	0.110	0.164	0.221	0.258
100,000	0.039	0.083	0.126	0.171	0.201
200,000	0.028	0.062	0.095	0.131	0.158
300,000	0.022	0.052	0.080	0.111	0.137
400,000	0.019	0.045	0.071	0.099	0.124
500,000	0.017	0.041	0.064	0.090	0.115

Gambar 4.5 Kecepatan Kapal Saat Merapat

(Sumber : Desain Manuar Fender, Trelleborg)

Berdasarkan Gambar 4. dan Gambar 4. Didapat kecepatan kapal saat merapat yaitu  $V_B = 0,094$  m/s. Untuk minimal kecepatan kapal diambil  $V_B = 0,1$  m/s

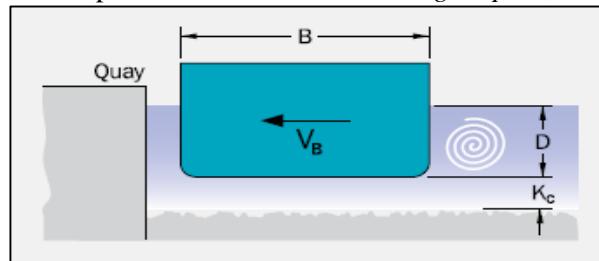
- ***Displacement tonnage (M<sub>D</sub>)***

Displacement tonnage (DT) dihitung berdasarkan rumusan berikut (OCDI),

$$\begin{aligned}\text{Log (DT)} &= 0,511 + 0,913 \log (\text{DWT}) \\ &= 0,511 + 0,913 \log (10.000) \\ \text{DT} &= 10^{0,511 + 0,913 \log (10.000)} \\ &= 14554,591 \quad \text{Ton} \\ &= 14554,6 \quad \text{Ton}\end{aligned}$$

- ***Koefisien massa hidrodinamis (C<sub>M</sub>)***

Berdasarkan Gambar 4.6 didapat CM untuk kapal bulk carrier, dimana h merupakan kedalaman di *breasting dolphin*, -9 m LWS.



Gambar 4.6 Ilustrasi Koefisien Hidrodinamis  
(Sumber : Desain Manuar Fender, Trelleborg)

Tabel 4.4 Koefisien Hidrodinamis

PIANC (2002)	SHIGERA UEDA (1981)	VASCO COSTA* (1964)
for $\frac{K_c}{D} \leq 0,1$	$C_M = 1,8$	
for $0,1 \leq \frac{K_c}{D} \leq 0,5$	$C_M = 1,875 - 0,75 \left[ \frac{K_c}{D} \right]$	$C_M = \frac{\pi \times D}{2 \times C_R \times B}$
for $\frac{K_c}{D} \geq 0,5$	$C_M = 1,5$	$C_M = 1 + \frac{2D}{B}$

\*valid where  $V_B \approx 0,08\text{m/s}$ ,  $K_c \approx 0,1D$

(Sumber : Desain Manuar Fender, Trelleborg)

$$\frac{K_C}{D} = \frac{h - D}{D}$$

$$= \frac{9}{7,5} - \frac{7,5}{7,5}$$

$$= 0,2 \rightarrow C_M = 1,725$$

### - Koefisien bantalan ( $C_C$ )

#### Berth Configuration Coefficient ( $C_C$ )

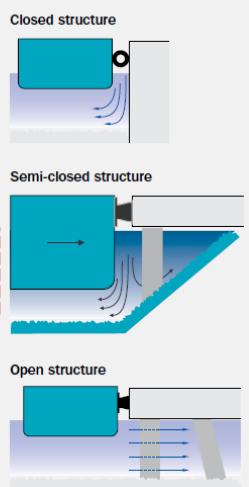
When ships berth at small angles against solid structures, the water between hull and quay acts as a cushion and dissipates a small part of the berthing energy. The extent to which this factor contributes will depend upon several factors:

- I Quay structure design
- I Under keel clearance
- I Velocity and angle of approach
- I Projection of fender
- I Vessel hull shape

PIANC recommends the following values:

$C_C = 1.0$	<ul style="list-style-type: none"> <li>I Open structures including berth corners</li> <li>I Berthing angles &gt; 5°</li> <li>I Very low berthing velocities</li> <li>I Large under keel clearance</li> </ul>
$C_C = 0.9$	<ul style="list-style-type: none"> <li>I Solid quay walls under parallel approach (berthing angles &lt; 5°) and under keel clearance less than 15% of the vessel draught</li> </ul>

Note: where the under keel clearance has already been considered for added mass ( $C_a$ ), the berth configuration coefficient  $C_C=1$  is usually assumed.

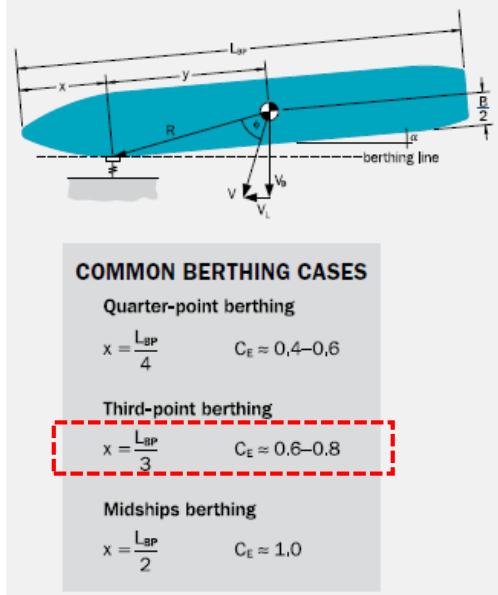


Gambar 4.7 Koefisien Bantalan

(Sumber : Desain Manuar Fender, Trelleborg)

Tipe konstruksi yang dipakai merupakan tipe terbuka, sehingga berdasarkan Gambar 4.7. dipakai  $C_C = 1$ .

- Koefisien eksentrisitas ( $C_E$ )



Gambar 4.8 Koefisien Eksentrisitas  
(Sumber : Desain Manuar Fender, Trelleborg)

Berdasarkan Gambar 4.8 dipakai nilai  $C_E = 0,7$ .

- Koefisien kehalusan ( $C_S$ )

**Softness Coefficient ( $C_S$ )**

Where fenders are hard relative to the flexibility of the ship hull, some of the berthing energy is absorbed by elastic deformation of the hull. In most cases this contribution is limited and ignored ( $C_S=1$ ). PIANC recommends the following values:

$C_S = 1,0$	Soft fenders ( $\delta_s > 150\text{mm}$ )
$C_S = 0,9$	Hard fenders ( $\delta_s \leq 150\text{mm}$ )

Gambar 4.9 Koefisien Kehalusan  
(Sumber : Desain Manuar Fender, Trelleborg)

Berdasarkan Gambar 4.9 dipakai nilai  $C_S = 1,00$

Jadi energi pada *fender* adalah

$$\begin{aligned}
 E_N &= 0,5 \times M_D \times V_B^2 \times C_M \times C_E \times C_C \times C_S \\
 &= 0,5 \times 14554,6 \times 0,1^2 \times 1,725 \times 0,7 \times 1,0 \times 1 \\
 &= 87,873 \text{ kN.m} \\
 &= 9.203 \text{ Ton.m}
 \end{aligned}$$

#### 4.5.2 Pemilihan Tipe Fender

Setelah perhitungan energi tumbukan yang timbul dapat ditentukan, selanjutnya dilakukan pemilihan tipe fender. Beberapa faktor yang perlu diperhatikan dalam pemilihan sistem fender :

1. Fender harus memiliki kemampuan penyerapan energi kinetis lebih besar dibanding energi kinetis yang terjadi akibat tumbukan kapal ke fender.
2. Gaya reaksi yang timbul sebagai sisa energi kinetis yang tidak terserap oleh fender dicari yang menghasilkan angka terkecil.
3. Tekanan yang timbul dari sistem fender tidak boleh melebihi kemampuan menahan tekanan dari lambung kapal atau badan kapal.
4. Harus diperhatikan juga harga dan biaya konstruksi serta biaya perawatan bagi fender maupun tambatannya

Setelah perhitungan energi tumbukan yang timbul dapat ditentukan, selanjutnya dilakukan pemilihan tipe fender yang spesifikasinya dapat dilihat pada Tabel 4. dan Tabel 4..

Untuk  $E_f$  yang ditimbulkan akibat tumbukan Kapal Bulk Carrier 10.000 DWT sebesar 5,26 tm. Pada fender,  $E_f$  akhir haruslah dikali dengan *safety factor*. Berdasarkan koefisien safety factor pada Tabel 4., nilai *safety factor* untuk kapal bulk carrier adalah 1,75 sehingga :

Tabel 4.5 Safety factor (FS)

PIANC Factors of Safety ( $F_s$ )		
VESSEL TYPE	SIZE	$F_s$
Tanker, bulk, cargo	Largest	1.25
	Smallest	1.75
Container	Largest	1.5
	Smallest	2.0
General cargo	–	1.75
RoRo, ferries	–	≥ 2.0
Tugs, workboats, etc	–	2.0

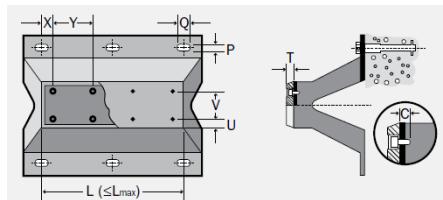
Source: PIANC 2002; Table 4.2.5.

(Sumber : Desain Manuar Fender, Trelleborg)

$$\begin{aligned}
 E_{AB} &= E_N \times F_s \\
 &= 87,873 \times 1,75 \\
 &= 153,78 \text{ kN.m} = 17,29 \text{ ton.m}
 \end{aligned}$$

Pemilihan fender didasarkan besar energi yang dapat diabsorbsi oleh fender tersebut ( $E_f$ ) dan harus lebih besar dari energi tumbukan kapal ( $E_f$ ). Pada perencanaan kali ini tipe fender yang digunakan adalah ANP Arch Fender (lihat Gambar 4.10). Dari katalog fender tipe ANP dipilih fender tipe ANP Arch Fender 800 E 1.0 dengan nilai  $E_f = 180,5 \text{ kNm} > E_{AB} = 153,78 \text{ kNm}$ , selain itu energi reaksi kapal juga harus diusahakan dapat diserap fender ketika kondisi fender berdeformasi. Berdasarkan perhitungan  $E_f$  diatas, data-data fender tipe ANP Arch Fender 800 E 1.0 sebagai berikut :

- Energi fender = 180,5 kN.m
- Reaksi fender = 536,9 kN
- Berat fender = 871 kg



Gambar 4.10 Bentuk ANP Arch Fenders  
(Sumber : Desain Manuar Fender, Trelleborg)

Tabel 4.6 Data Performa Tipe ANP Arch Fender (dalam kN, kNm)

800	CV	E	159.0	163.8	168.6
		R	473.0	487.2	501.4
	RPD	E <sub>R</sub>	180.5	185.9	191.4
		R <sub>R</sub>	536.9	553.0	569.1

(Sumber : Desain Manuar Fender, Trelleborg)

Tabel 4.7 Dimensi ANP Arch Fenders

	U	V	C	UHMW-PE Face Pads			Steel Frame		L	Anchors	
				X	Y	T	Bolt size	X			
ANP 150	49	0	20 – 30	60 – 70	330 – 410	30	M16	70 – 90	250 – 300	1000	6 No
ANP 200	65	0	30 – 45	60 – 70	330 – 410	30	M16	70 – 90	250 – 300	1500	8 No
ANP 250	45	73	30 – 45	70 – 85	330 – 410	30	M16	70 – 90	250 – 300	2000	10 No
ANP 300	50	95	30 – 45	70 – 85	330 – 410	40	M16	70 – 90	250 – 300	2500	12 No
ANP 400	60	140	30 – 50	70 – 85	330 – 410	40	M16	70 – 90	250 – 300	3000	14 No
ANP 500	65	195	30 – 50	70 – 85	330 – 410	50	M20	70 – 90	250 – 300	3500	16 No
ANP 600	65	260	35 – 60	70 – 85	330 – 410	50	M20	70 – 90	250 – 300		
ANP 800	70	380	50 – 70	70 – 85	330 – 410	60	M24	70 – 90	250 – 300		
ANP 1000	80	490	50 – 70	70 – 85	330 – 410	60	M24	70 – 90	250 – 300		

Larger bolts are required when connecting ANP fenders to steel panels.  
Refer TMS.

[Units: mm]

Non-standard lengths, profiles and bolting patterns are available on request.

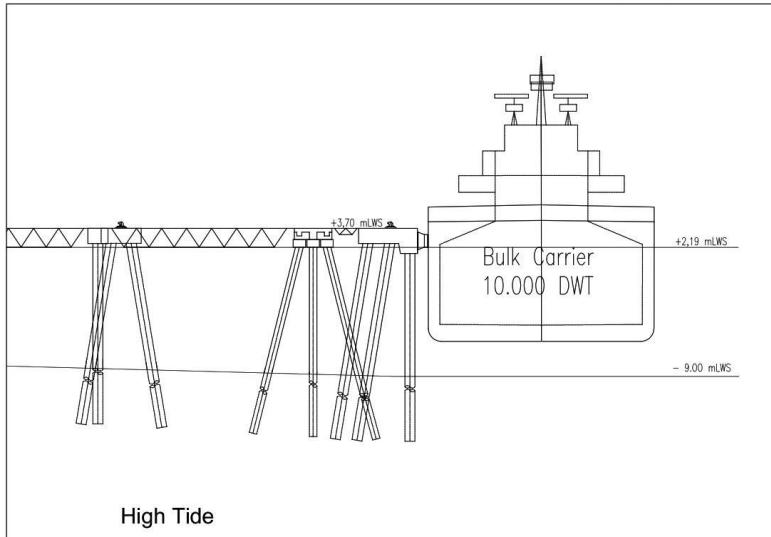
(Sumber : Desain Manuar Fender, Trelleborg)

Panjang fender harus mencukupi kebutuhan kapal saat kondisi kritis. Kondisi ketika air pasang dan kapal dalam kondisi ballast. Juga ketika kondisi air surut dan kapal dengan muatan penuh. Untuk memenuhi kondisi tersebut, maka direncanakan panjang fender 1 m. Dapat dilihat posisi kapal pada fender dalam kondisi pasang surut di *breasting dolphin*.

### Kontrol Kemampuan Fender :

1. Pada saat pasang *fender* terkena semua badan kapal (Gambar 4.11) sehingga :

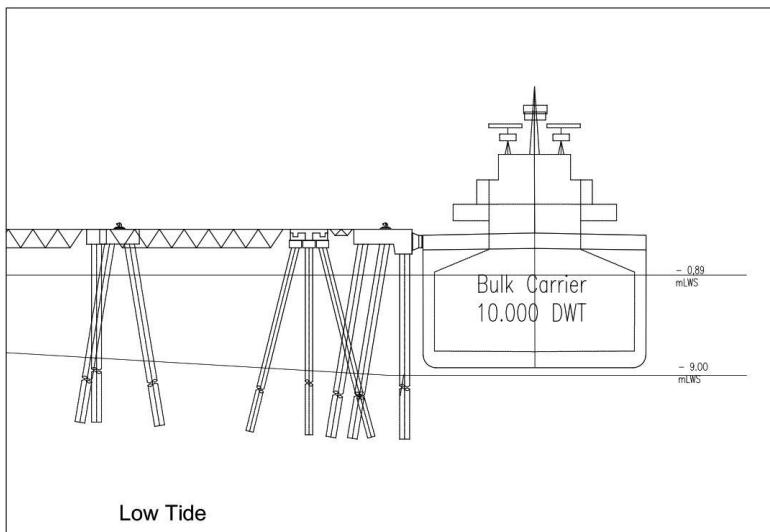
$$\begin{aligned} E_{\text{kapal}} &< E_{\text{fender}} \text{ saat pasang} \\ 153,78 \text{ kNm} &< 180,5 \text{ kNm/m} \times 1\text{m} \\ 153,78 \text{ kNm} &< 180,5 \text{ kNm} \quad \dots (\text{OK}) \end{aligned}$$



Gambar 4.11 Posisi Kapal Pada Fender Kondisi Pasang

2. Pada saat surut *fender* masih terkena semua badan kapal (Gambar 4.12)

$$\begin{aligned} E_{\text{kapal}} &< E_{\text{fender}} \text{ saat pasang} \\ 153,78 \text{ kNm/m} &< 180,5 \text{ kNm/m} \times 1\text{m} \\ 153,78 \text{ kN} &< 180,5 \text{ kN} \quad \dots (\text{OK}) \end{aligned}$$



Gambar 4.12 Posisi Kapal Pada *Fender* Kondisi Surut

Dalam perencanaan ini akan ditinjau kondisi jika kapal yang bertambat memiliki kapasitas dibawah 10.000 DWT. Contohnya kapal *bulk carrier* 8000 DWT (Gambar 4.13) dengan spesifikasi sebagai berikut :

LOA = 122,25 m

LBP = 117,10 m

B = 17 m

Draft = 6,3 m

H = 9 m



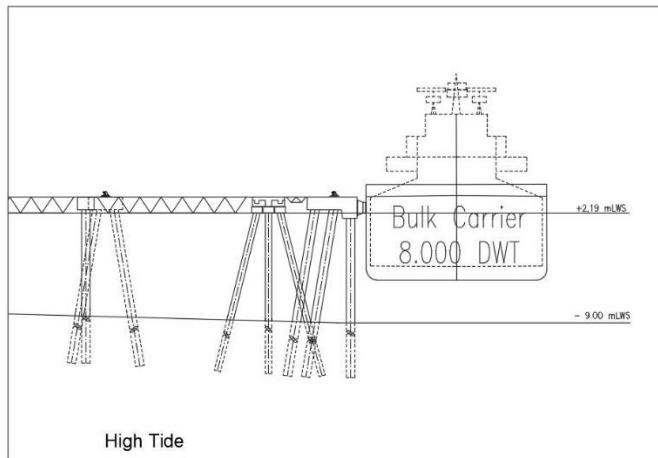
Gambar 4.13 Mini *Bulk Carrier* 8000 DWT

Dengan cara yang sama seperti pada perhitungan energi kapal untuk kapal 10,000 DWT. Kapal 8000 DWT memiliki energi kapal sebesar  $E_N = 62,339 \text{ kN.m}$  dan  $E_{AB} = 109,093 \text{ kN.m}$

#### Kontrol Kemampuan Fender :

1. Pada saat pasang fender terkena semua badan kapal (Gambar 4.14) sehingga :

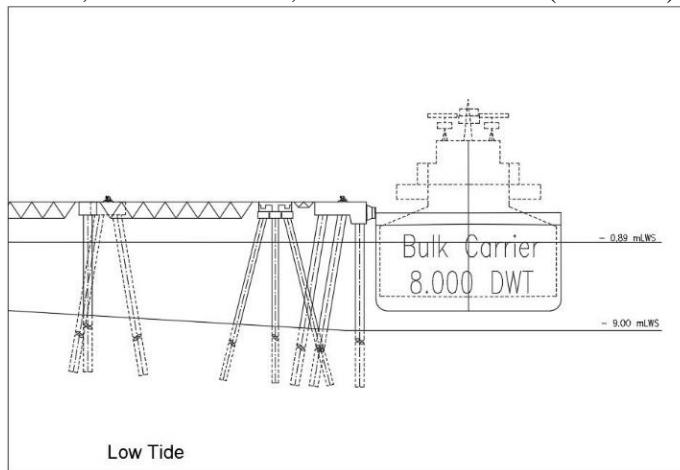
$$\begin{aligned} E_{\text{kapal}} &< E_{\text{fender saat pasang}} \\ 109,093 \text{ kNm} &< 180,5 \text{ kNm/m} \times 1\text{m} \\ 109,093 \text{ kNm} &< 180,5 \text{ kNm} \quad \dots (\text{OK}) \end{aligned}$$



Gambar 4.14 Posisi Kapal 8000 DWT Pada *Fender* Kondisi Pasang

2. Pada saat surut *fender* yang terkena hanya 0,5 panjang *fender* (Gambar 4.) sehingga :

$$\begin{aligned} E_{\text{kapal}} &< E_{\text{fender}} \text{ saat pasang} \\ 109,093 \text{ kNm} &< 180,5 \text{ kNm/m} \times 0,5 \text{m} \\ 109,093 \text{ kNm} &< 90,25 \text{ kNm} \quad \dots (\text{NOT OK}) \end{aligned}$$



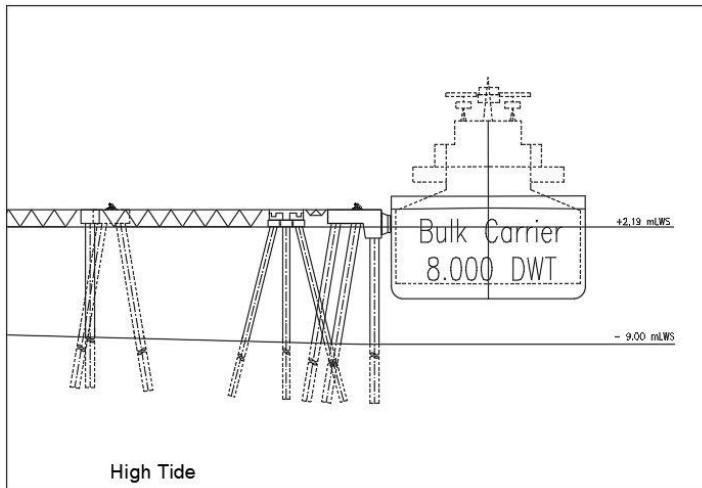
Gambar 4.15 Posisi Kapal 8000 DWT Pada *Fender* Kondisi Surut

Pada saat kondisi surut energi *fender* tidak kuat untuk menahan energi kapal, sehingga panjang *fender* harus ditambah menjadi 1,5 m sehingga energi fender menjadi  $E_f = 1,5 \text{ m} \times 180,5 \text{ kNm/m} = 270,75 \text{ kNm}$ .

#### Kontrol Kemampuan *Fender* :

1. Pada saat pasang *fender* terkena semua badan kapal (Gambar 4.16) sehingga :

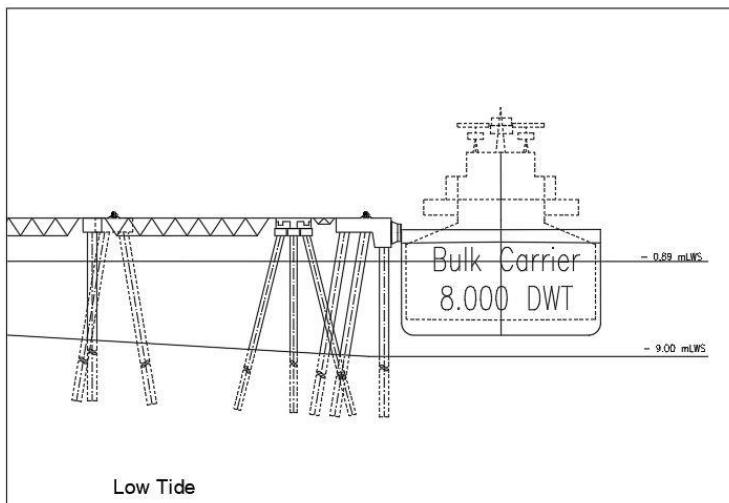
$$\begin{aligned} E_{\text{kapal}} &< E_{\text{fender}} \text{ saat pasang} \\ 109,093 \text{ kNm} &< 180,5 \text{ kNm/m} \times 1,5 \text{ m} \\ 109,093 \text{ kNm} &< 270,7 \text{ kNm} \quad \dots (\text{OK}) \end{aligned}$$



Gambar 4.16 Posisi Kapal 8000 DWT Pada Fender 1,5 m Kondisi Pasang

2. Pada saat surut panjang *fender* yang terkena tumbukan kapal adalah 1,2 m (Gambar 4.17) sehingga :

$$\begin{aligned} E_{\text{kapal}} &< E_{\text{fender}} \text{ saat pasang} \\ 109,093 \text{ kNm} &< 180,5 \text{ kNm/m} \times 1,2 \text{ m} \\ 109,093 \text{ kNm} &< 216,6 \text{ kNm} \quad \dots (\text{OK}) \end{aligned}$$



Gambar 4.17 Posisi Kapal 8000 DWT Pada Fender 1,5 m Kondisi Surut

Dengan panjang fender 1,5 m cukup untuk bertambat nya kapal 8000 DWT.

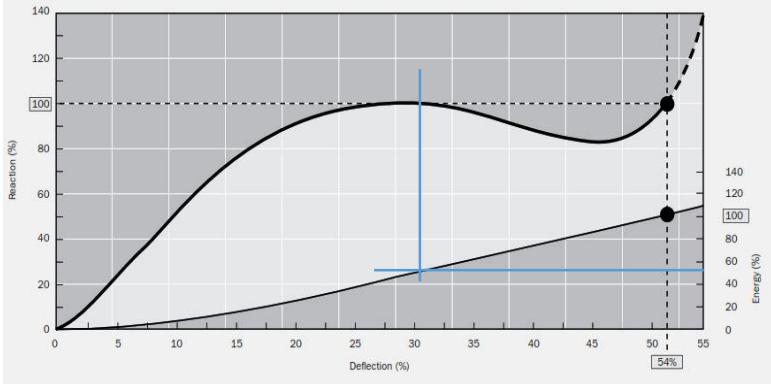
#### 4.5.3 Penentuan Reaksi Fender

Dalam menentukan gaya reaksi fender yang terjadi harus dicek terhadap penjang fender yang direncanakan. Untuk menentukan reaksi fender dapat dilihat dengan menggunakan grafik hubungan energi dengan reaksi.

$$Ei = \frac{E_{AB}}{Ef \times 1,5} \times 100\% = \frac{153,78}{180,5 \times 1,5} \times 100\% = 56,8\%$$

D. (%)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	<b>54</b>	57.5
E. (%)	0	1	6	13	23	34	46	58	70	81	91	<b>100</b>	110
R. (%)	0	23	49	71	87	96	100	98	92	84	84	<b>100</b>	139

Nominal rated deflection may vary at RPD. Refer to the Performance Tolerances table in the Fender Application Design Manual.



Gambar 4.18 Grafik Hubungan Energi Dengan Reaksi  
(Sumber : Desain Manuar Fender, Trelleborg)

Dari grafik diatas menunjukkan bahwa reaksi *fender* bekerja 56,8 % sehingga reaksi yang terjadi adalah :

$$\begin{aligned}
 R &= 536,9 \text{ kN/m} \times 1,5 \text{ m} \times 100 \% \\
 &= 805,35 \text{ kN} \\
 &= 80,54 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

#### 4.6 Perencanaan *Bollard*

Boulder merupakan konstruksi untuk mengikat kapal pada tambatan. *Bollard* perlu direncanakan agar mampu menahan beban tarikan kapal *bulk carrier* 10.000 DWT.

#### 4.6.1 Gaya Tarik Akibat Bobot Kapal

Tabel 4.8 Gaya Tarik Akibat Kapal

Displacement	Approx. bollard rating
Up to 2,000 tonnes	10 tonnes
2,000–10,000 tonnes	30 tonnes
10,000–20,000 tonnes	60 tonnes
20,000–50,000 tonnes	80 tonnes
50,000–100,000 tonnes	100 tonnes
100,000–200,000 tonnes	150 tonnes
over 200,000 tonnes	200 tonnes

(Sumber: Trelleborg)

Berdasarkan *displacement* kapal Tabel 4.9 gaya tarik akibat bobot kapal diambil sebesar :

$$H = 60,00 \text{ Ton}$$

#### 4.6.2 Gaya Tarik Akibat Arus

Arus yang bekerja pada bagian kapal yang terendam air juga akan menyebabkan terjadinya gaya pada kapal yang kemudian diteruskan pada dermaga dan alat penambat. Dalam perhitungan gaya arus ini diambil kondisi yang paling kritis yaitu tegak lurus ( $90^\circ$ ) terhadap sumbu memanjang kapal. Perhitungan tekanan arus adalah.

$$\begin{aligned}
 C_{TC} &= 1,2 \\
 C_{LC} &= 0,2 \\
 C_{CT} &= 4,9 \\
 C_{CL} &= 4,9 \\
 dm &= 9,2 \text{ m} \\
 d &= 7,5 \text{ m} \\
 dm/d &= 1,226 \\
 vc &= 1,028 \text{ m/s} \\
 Loa &= 130 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Jadi gaya tarikan akibat arus adalah

$$\begin{aligned}
 F_{CT} &= C_{TC} \times C_{CT} \times \rho \times L \times dm \times vc^2 \times 10^{-4} \\
 &= 1,2 \times 4,9 \times 1,025 \times 130 \times 7,5 \times 1,028^2 \times 10^{-4} \\
 &= 0,604 \text{ ton} \\
 F_{CL} &= C_{LC} \times C_{CL} \times \rho \times L \times dm \times vc^2 \times 10^{-4} \\
 &= 0,2 \times 4,9 \times 1,025 \times 130 \times 7,5 \times 1,028^2 \times 10^{-4} \\
 &= 0,10 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

#### 4.6.3 Gaya Tarik Akibat Angin

Gaya angin yang diperhitungkan di sini adalah gaya angin yang bekerja pada bagian kapal yang terletak di atas permukaan air ( tegak lurus dengan sumbu kapal dan sejajar sumbu kapal. Tinggi kapal di atas permukaan air dipengaruhi oleh kapal dalam keadaan saat penuh dan kosong. Bagian kapal yang terendam pada saat kapal kosong adalah sepertiga tinggi draft kapal. Gaya tekanan angin dapat dihitung :

$$\begin{aligned}
 C_{TW} &= 1,7 \\
 C_{LW} &= 0,2 \\
 AL &= 7,5 \times 130 \\
 &= 975 \text{ m}^2 \\
 V_w &= 8 \text{ m/s} \\
 \rho_A &= 1,3096 \text{ t/m}^3
 \end{aligned}$$

Jadi gaya tarikan akibat angin adalah :

$$\begin{aligned}
 F_{TW} &= C_{TW} \times \rho A \times A_L \times v_w \times 10^{-4} \\
 &= 1,7 \times 1,3096 \times 975 \times 8^2 \times 10^{-4} \\
 &= 13,89 \text{ ton} \\
 F_{LW} &= C_{LW} \times \rho A \times A_L \times v_w \times 10^{-4} \\
 &= 0,2 \times 1,3096 \times 975 \times 8^2 \times 10^{-4} \\
 &= 1,634 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Sehingga beban tambat untuk masing – masing arah adalah :

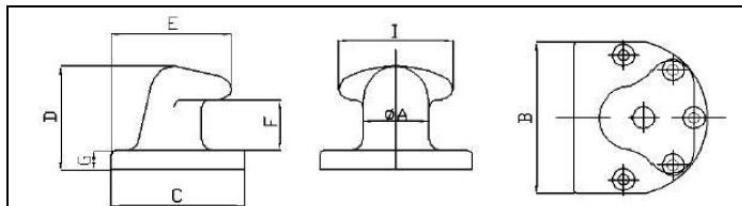
$$\begin{aligned}
 F_L &= F_{CL} + F_{LW} \\
 &= 0,1 + 1,634 \\
 &= 1,734 \text{ ton} \\
 F_T &= F_{CT} + F_{TW} \\
 &= 0,604 + 13,89
 \end{aligned}$$

$$= 14,494 \text{ ton}$$

#### 4.6.4 Desain Bollard

Dari ketiga gaya diatas dapat disimpulkan bahwa gaya yang paling menentukan terhadap penentuan boulder yang akan dipakai adalah gaya tarik akibat bobot kapal yaitu 60 ton. Setelah perhitungan gaya tarik yang timbul dapat ditentukan, selanjutnya dilakukan pemilihan tipe *bollard* yang spesifikasinya dapat dilihat pada Tabel 4.10 berikut.

Tabel 4.9 Spesifikasi Tee bollard

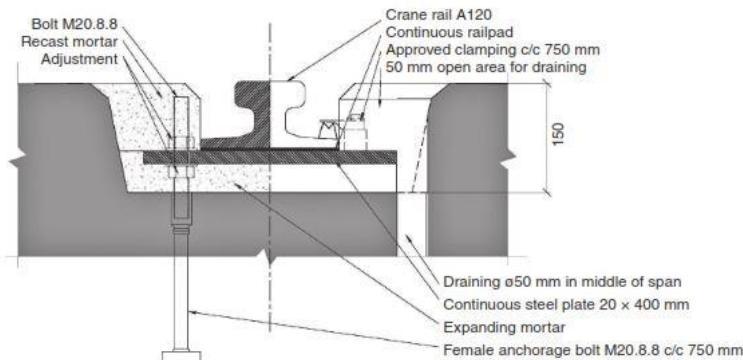


Capacity(T)	Type	A	B	C	D	E	F	G	I	No.Bolts
10	SBA10	160	350	310	240	290	127	45	250	5
15	SBA15	170	400	350	270	330	135	50	300	5
20	SBA20	190	484	410	290	360	145	50	360	5
30	SBA30	250	600	540	375	480	190	60	460	5
50	SBA50	300	600	651	480	570	245	75	600	5
60	SBA60	300	800	651	490	570	245	80	600	5
75	SBAT5	340	800	720	510	620	260	85	650	6
100	SBA100	370	1000	810	600	710	306	100	750	7
125	SBA125	375	1000	810	610	710	306	100	750	7
150	SBA150	430	1080	900	670	830	350	110	800	7
200	SBA200	460	1080	930	690	850	320	125	800	7

Untuk P yang ditimbulkan akibat gaya tarikan kapal sebesar 60 ton maka tipe *bollard* yang dipilih adalah tee boulder dengan kapasitas 60 ton.

#### 4.7 Rel *Quadrant Shiploader*

Gambar 4.19 berikut menunjukkan prinsip umum dalam merencanakan rel *crane* pada untuk crane jenis STS (*ship to shore*), *gantry crane*, atau *shiploader* pada permukaan dermaga. Berat dari rel adalah 60,34 Kg/m.



Gambar 4.19 Rel *Crane*  
(Sumber : Thoresen)

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## **BAB V**

### **EVALUASI LAYOUT**

#### **5.1 Umum**

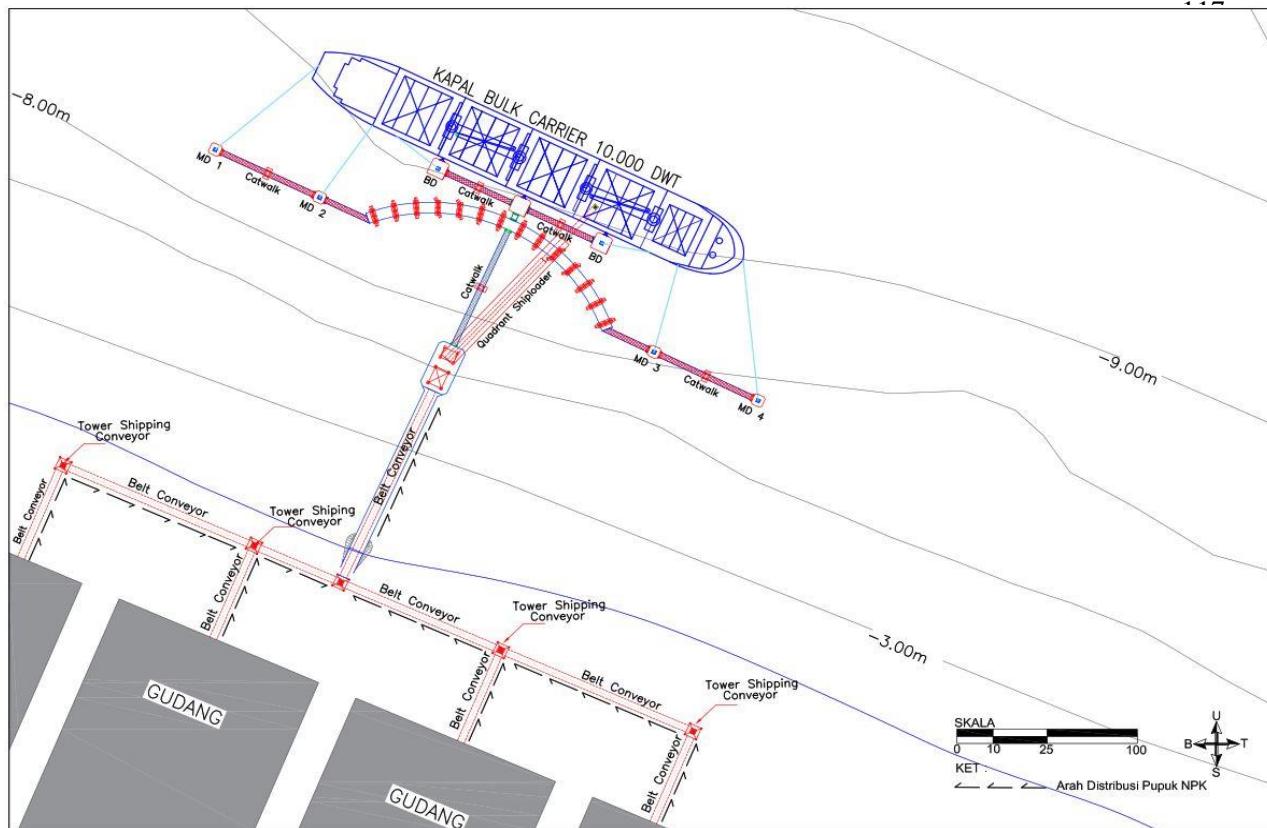
Perencanaan layout dermaga pupuk NPK ini harus direncanakan dengan tepat sesuai dengan kebutuhan. Dermaga sendiri harus memiliki dimensi yang cukup guna melayani keperluan bongkar muat kapal yang baik, seperti ketinggian elevasi dermaga untuk mengantisipasi terjadinya muka air pasang serta kedalaman dan jarak *dolphin* harus sesuai dengan standar. Oleh karena itu evaluasi layout sangat penting guna menentukan apakah perencanaan dermaga yang dilakukan sudah sesuai dengan standar yang ada.

#### **5.2 Proses Muat (*Loading*)**

Proses Loading melalui tahapan yang cukup panjang. Proses muat pupuk NPK menggunakan alat bantu *belt conveyor* dan *crane* tipe *quadrant shiploader*. Berikut adalah urutan muat pupuk NPK pada kapal *bulk carrier* 10.000 DWT :

5. Kapal *bulk carrier* menunggu di anchorage area menunggu persetujuan *Notice of Readiness* yang diserahkan pada pihak pengelola dermaga.
6. Dokumen kesiapan kapal diserahkan kembali pada kapal
7. Kapal tunda menjemput kapal *bulk carrier* dan mengarahkan kapal taker menuju ke arah dermaga.
8. Kapal *bulk carrier* berputar di depan dermaga dan memulai proses bertambat dengan memasang tali tambat ke dermaga.
9. Mesin Penggerak kapal dimatikan untuk keamanan proses muat pupuk NPK.
10. Pengecekan kesiapan proses muat pupuk NPK seperti kondisi *belt conveyor*, *crane quadrant shiploader*, dan kondisi belt conveyor harus dipastikan tertutup dan tidak mudah kemasukan air karena sifat dari pupuk yang sangat berdebu dan mudah menyerap kelembapan.

- 11.Pihak kapal dan dermaga yang terdiri dari operation departemen, loading master, ship captain, dan chiefinet bertemu untuk mendiskusikan kondisi kapal, kesiapan untuk melakukan proses loading, dan jumlah pupuk NPK yang akan dimuat. Jika semua telah disepakati maka proses muat pupuk NPK dapat dilakukan.
- 12.*Quardrant shiploader* diarahkan pada bagian palka kapal *bulk carrier*.
- 13.Muatan pupuk NPK mulai disalurkan ke kapal. Proses muat pupuk NPK dimulai dari storage dimana pupuk NPK di produksi, lalu pupuk dari setiap storage/gudang disalurkan ke *belt conveyor* dengan kecepatan sesuai kapasitas *belt*, dan terakhir ditransfer ke *quadrant ship laoder* untuk penyaluran pupuk NPK ke palka kapal *bulk carrier* seperti pada Gambar 5.1.



Gambar 5.1 Proses Muat Pupuk NPK

### 5.3 Evaluasi Layout Perairam

#### 5.3.1 Layout Rencana Awal

Berdasarkan masterplan yang didapat dari laporan pengembangan PT. Pupuk Kaltim diketahui layout perairan sebagai berikut (Tabel 5.1).

Tabel 5.1 Layout Rencana Awal

No.	Fasilitas Perairan	Ukuran	
1	Areal Penjangkaran	Radius	- m
		Jumlah	- buah
		Kedalaman	- mLWS
2	Alur Masuk	Lebar	200 m
		Stopping Distance	- m
		Kedalaman	-10.00 mLWS
		Jari-Jari Tikungan	- m
3	Kolam Putar	Diameter	500 m
		Kedalaman	- mLWS
4	Kolam Dermaga	Lebar	- m
		Panjang	- m
		Kedalaman	- m

(Sumber : Laporam Pengembangan PT. Pupuk Kaltim)

#### 5.3.2 Layout Perairan

##### a. Areal Penjangkaran (*Anchorage Area*)

Areal penjangkaran diasumsikan berada pada kondisi perairan dengan penjangkaran yang baik sehingga berdasarkan Tabel 2.2 didapat radius areal penjangkaran sebagai berikut,

$$R = L + 6D + 30 \text{ m}$$

$$R = 130 + (6 \times 17) + 30 \text{ m}$$

$$R = 262 \text{ m}$$

Berdasarkan KM 54 Tahun 2002, perairan untuk kebutuhan keselamatan pelayaran pada area penjangkaran perlu menyediakan,

1. Areal tempat labuh

$$A_1 = N_1 \times \pi \times R^2$$

$N_1$  = jumlah kapal yang ditampung sesuai dengan BOR 0,4  
maka kapal sejumlah 2 kapal

$$\begin{aligned} A_1 &= 2 \times 3,14 \times (262)^2 \\ &= 431.084 \text{ m}^2 \approx 431.000 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

2. Areal keperluan keadaan darurat

Area keperlaluhan darurat ini diletakkan di daerah terpencil karena faktor yang perlu dipertimbangkan seperti kecelakaan kapal dan kebakaran kapal.

$$\begin{aligned} A_2 &= 50\% \times A_1 \\ &= 0,5 \times 431.000 \text{ m}^2 \\ &= 215.500 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

3. Areal kapal menunggu

Area kapal menunggu diletakkan paling luar dari area penjangkaran.

$$A_3 = N_2 \times \pi \times R^2$$

$N_2$  = jumlah kapal yang bertambat pada dermaga

$$\begin{aligned} A_3 &= 1 \times 3,14 \times (262)^2 \\ &= 215.542 \text{ m}^2 \approx 215.000 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

#### a. Alur Masuk (*Entrance Channel*)

Diencanakan lebar untuk 1 jalur. Untuk menentukan lebar alur masuk, hal-hal yang harus diperhatikan adalah kemungkinan kapal akan berpapasan dengan kapal lain atau tidak. Dalam perencanaan ini, direncanakan kapal tidak berpapasan (*one way traffic*), hal ini dikarenakan pada tersus pupuk kaltim merupakan perairan yang terlindung. Ada beberapa elemen dalam menentukan lebar alur pelayaran, seperti pada persamaan di bab 2.

- Lebar basic maneuvering lane,  $W_{BM}$ , pada Tabel 2.6 Kapal bulk carrier termasuk poor dalam manuver, sehingga,  $W_{BM} = 1,8 B$
- Untuk menentukan lebar tambahan pada  $W_{BM}$ ,  $W_i$ , ada sembilan faktor (Tabel 2.6) yang harus diperhatikan. Pada poin (a) diketahui kecepatan kapal saat merapat  $V_B = 0,01$  m/s (*slow*) sehingga 0,0 B. Poin (b) diketahui kecepatan angin maksimum 6 – 8 m/dt (12 – 16 knots) sehingga masuk kedalam kategori *moderate* dengan kecepatan cepat, 0,3 B. Poin (c) tidak terjadi *cross-current* sehingga masuk ke dalam kategori *negligible*, 0,0 B. Poin (d) diketahui kecepatan rata-rata arus maksimum 0,1 – 0,2 m/dt (0,2 – 0,4 knots) sehingga masuk kedalam kategori *low*, 0,0 B. Poin (e) gelombang di areal tersus pupuk kaltim sangat kecil, maka  $H_s \leq 1$  m, 0,0 B. Poin (f) tersus pupuk kaltim masuk kedalam kategori *good* dikarenakan kondisi pelayaran dianggap memiliki sepasang lampu apung yang dilengkapi dengan radar dan lampu penunjuk jalur, 0,2 B. Poin (g) diketahui kedalaman alur pelayaran 17 m dan draught maksimum (T) kapal 7,5 m sehingga  $h < 1,5 T = 17 \text{ m} < 26 \text{ m}$ , 0,1 B. Poin (h) pada keterangan poin (g) didapat  $h \geq 1,5 T$ ,  $17 \text{ m} \geq 1,5 \times 7,5 = 9,375 \text{ m}$  pada perairan terlindungi, 0,0 B. Sehingga didapat,  $W_i = (0+0,3+0+0+0+0,2+0,1+0)B$

$$W_i = 0,6B$$

$$W_M = W_{BM} + W_i$$

$$W_M = 1,8B + 0,6B$$

$$W_M = 32,5 + 10,8$$

$$W_M = 43,3 \text{ m}$$

- Lebar bank clearance,  $W_{BG}$  ;  $W_{BR}$ , pada Tabel 2.6 Dengan kecepatan kapal saat merapat yang lambat dan kondisi tepi saluran miring berlumpur maka,

$$W_{BR/BG} = 0,3 B$$

$$W_{BR/BG} = 0,3 \times 18$$

$$W_{BR/BG} = 5,4 \text{ m}$$

Sehingga berdasarkan persamaan di bab 2 didapat.

$$W = W_{BM} + \sum Wi + W_{BR} + W_{BG}$$

$$W = W_M + 2W_{BR/BG}$$

$$W = 43,3 + (2 \times 5,4)$$

$$W = 54,1 \text{ m}$$

- Panjang *stopping distance* : Pada perencanaan ini kapal masuk kedalam alur pelayaran dalam keadaan kosong sehingga berdasarkan persamaan berikut didapat:

$$L = 5 \times LOA$$

$$L = 5 \times 130 \text{ m}$$

$$L = 650 \text{ m}$$

- Kedalaman ; Kecepatan kapal saat bertambat 0,01 m/s. Perairan pada tersu PT. Pupuk Kaltim ini berada pada periran terlindung sehingga berdasarkan Tabel 2.8 Digunakan  $h = 1,1$  Draft

$$h = 1,1 \times \text{Draft}$$

$$h = 1,1 \times 7,5 \text{ m}$$

$$h = 8,25 \text{ m} \approx 8,3 \text{ m}$$

### b. Kolam Putar (*Turning Basin*)

- Diameter : Kapal diharapkan dapat bermanuver dengan kecepatan rendah (mendekati nol) atau dipandu. Berdasarkan persamaan berikut:

$$D_b = 2 \times LOA$$

$$D_b = 2 \times 130 \text{ m}$$

$$D_b = 260 \text{ m}$$

- Kedalaman : diasumsikan kedalaman kolam putar sama dengan kedalaman pada alur masuk yaitu -8,3 mLWS

### c. Kolam Dermaga

- Panjang : Karena kecepatan kapal yang rendah maka diperlukan bantuan kapal pandu, sehingga panjang kolam dermaga,

$$L = 1,25 \times Loa$$

$$L = 1,25 \times 130 \text{ m}$$

$$L = 162,5 \text{ m} \approx 163 \text{ m}$$

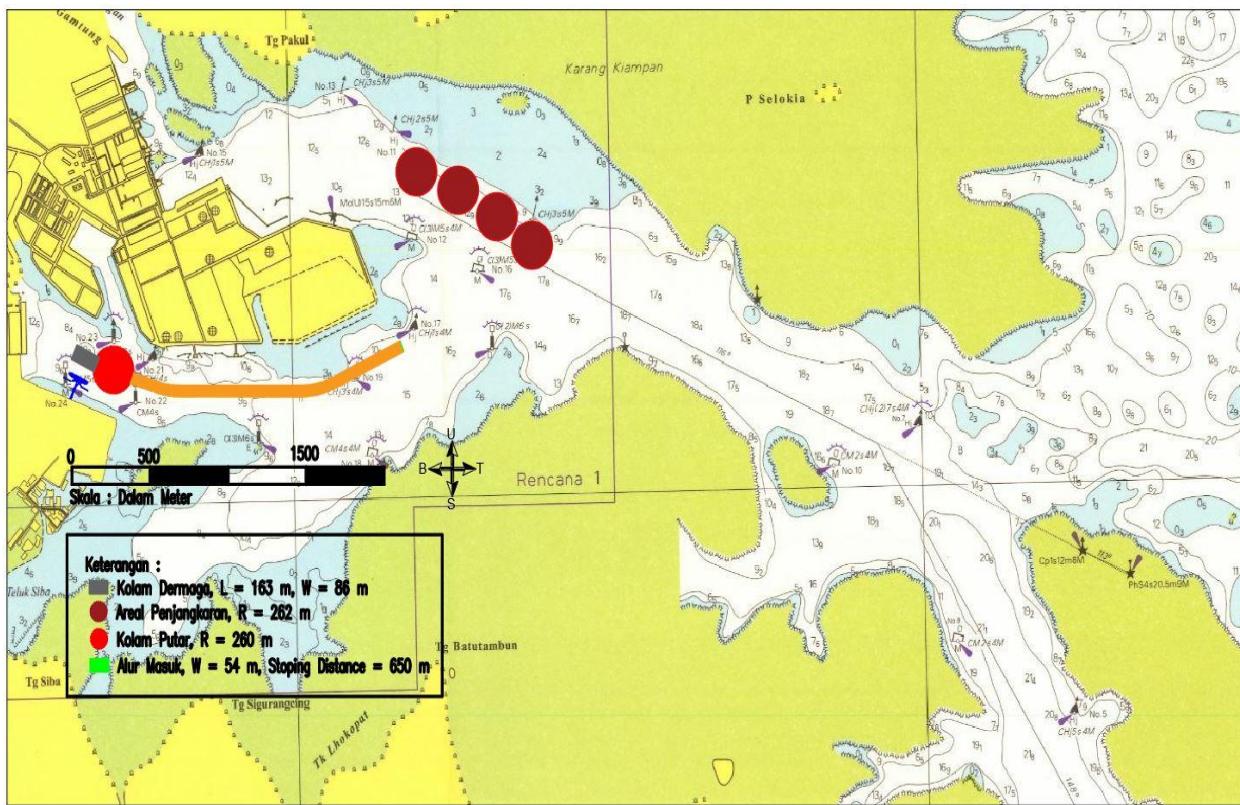
- Lebar : Posisi dermaga berhadapan dengan lebih dari 1 dermaga lain, sehingga lebar kolam dermaga,  
 $W = 2 \times B + 50 \text{ m}$   
 $W = 2 \times 18 \text{ m} + 50 \text{ m}$   
 $W = 86 \text{ m}$
- Kedalaman : Diasumsikan kedalaman areal berlabuh kapal sama dengan kedalaman pada alur masuk, -8,3 mLWS

### 5.3.3 Hasil Evaluasi Layout Perairan

Hasil evaluasi layout perairan disajikan pada Tabel 5.2 Dan Gambar 5.2.

Tabel 5.2 Rekapitulasi Layout Perairan

No.	Fasilitas Perairan	Rencana Awal	Evaluasi	Digunakan
1	Areal Penjangkarang	Radius	- m	262 m
		Jumlah	- buah	4 buah
		Kedalaman	- mLWS	-17,0 mLWS
2	Alur Masuk	Lebar	233 m	51,4 m
		Stopping Distance	- m	650 m
		Kedalaman	-8,30 mLWS	-8,30 mLWS
		Jari-Jari Tikungan	- m	560 m
3	Kolam Putar	Diameter	500 m	260 m
		Kedalaman	- mLWS	-8,30 mLWS
4	Kolam Dermga	Lebar	- m	86 m
		Panjang	- m	163 m
		Kedalaman	- m	-8,30 m



Gambar 5.2 Layout Perairan Dermaga Pupuk NPK

## 5.4 Evaluasi Layout Daratan

Evaluasi layout dermaga didasari oleh kapal yang akan bertambat dan pola operasional atau muat pupuk NPK ke kapal.

### 5.4.1 Layout Rencana Awal

Rencana awal layout daratan berdasarkan kapal *bulk carrier* 10.000 DWT ini adalah dermaga tipe wharf atau dermaga yang menempel langsung ke daratan. Adapun perhitungan elevasi, panjang dan lebar dermaga sebagai berikut:

- **Elevasi dermaga**

Elevasi dermaga dipengaruhi oleh besarnya beda pasang surut. Berdasarkan beda pasang surut, +2,20 mLWS, didapat elevasi dermaga minimum dengan rumus (Port Designer's Handbook, 2014)

$$\begin{aligned} El &= \text{Beda pasang surut} + (0,5 - 1,5) \\ &= +2,2 \text{ m} + 1,5 \\ &= +3,70 \text{ mLWS} \end{aligned}$$

Penambahan 1,5 m dikarenakan agar elevasi dermaga aman dari jangkauan gelombang dan kemudahan dalam pelaksanaan dermaga.

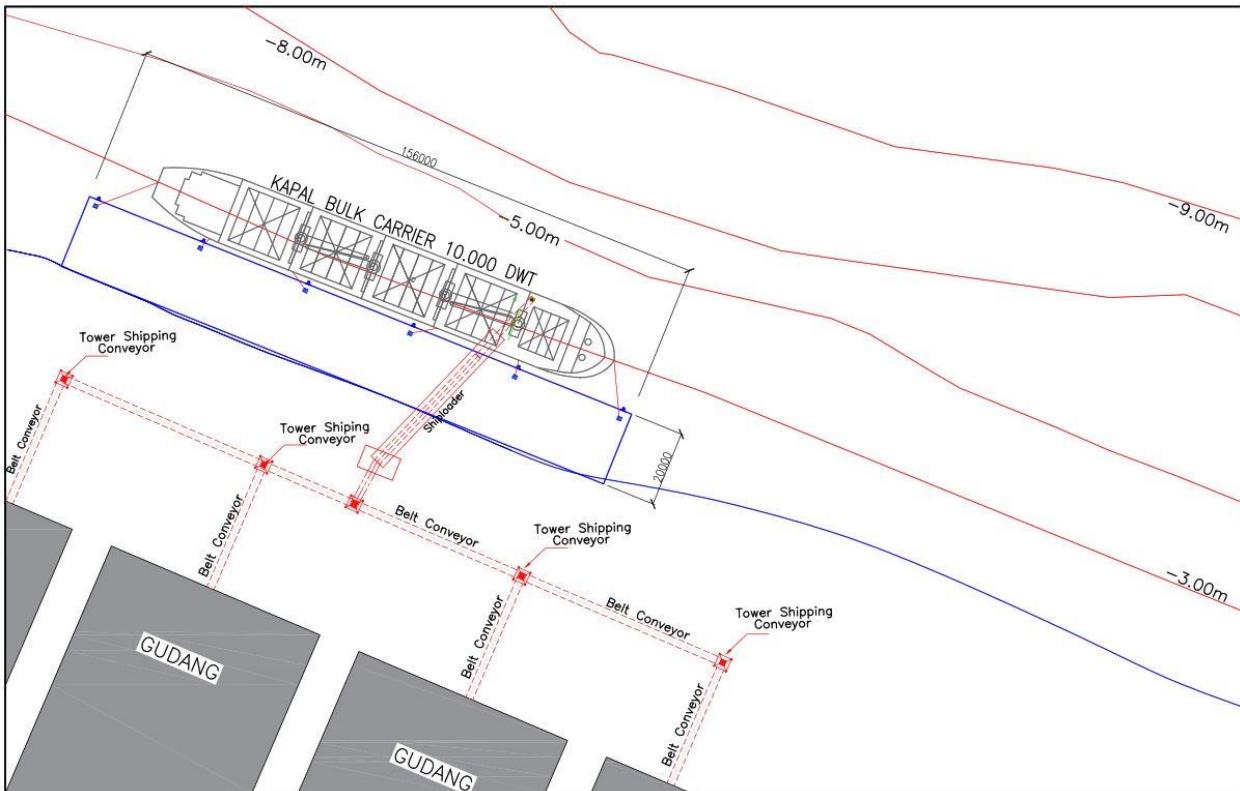
- **Panjang Dermaga**

$$\begin{aligned} Lp &= n \text{ LOA} + (n + 1) \times 10\% \times \text{LOA} \\ &= (1 \times 130) + (2 \times 0,1 \times 130) \\ &= 156 \text{ m} \end{aligned}$$

- **Lebar Dermaga**

Panjang dermaga menyesuaikan dengan alat berat apa saja yang akan digunakan untuk operasional dermaga, dalam hal ini direncanakan lebar dermaga 20 m.

Hasil rencana awal layout daratan dapat dilihat pada Gambar 5.3



Gambar 5.3 Rencana Awal Layout Daratan

### 5.4.2 Evaluasi Layout Daratan

Evaluasi layout didesain berdasarkan pola operasional yang dilaksanakan di lapangan. Dermaga pupuk NPK ini hanya dapat melakukan *loading* pupuk NPK dari daratan ke kapal menggunakan *belt conveyor* dan *crane* tipe *quadrant shiploader* sebagai alat bantu loading pupuk NPK.

Agar lebih ekonomis namun tetap mampu menahan kapal saat tambat, maka diperlukan struktur *breasting dolphin* yang berfungsi menahan kapal, struktur *mooring dolphin* untuk menahan tarikan kapal, struktur trestle untuk beban *belt conveyor*, struktur *loading platform* untuk menahan beban roda *quadrant shiploader*, dan struktur pivot sebagai penumpu kaki dari *radial shiploader*. Sehingga direncanakan jumlah bresating dolphin sebanyak 3 buah dan mooring dolphin sebanyak 4 buah mengikuti panjang kapal yang bertambat dengan posisi lebih masuk ke dermaga, dan untuk menghubungkan antar struktur tersebut dibutuhkan *catwalk* untuk memudahkan orang yang akan melakukan aktivitas di dermaga.

- ***Loading Platform***

Elevasi dermaga dipengaruhi oleh besarnya beda pasang surut. Berdasarkan beda pasang surut, +2,20 mLWS, didapat elevasi dermaga minimum dengan rumus (*Port Designer's Handbook, 2014*)

$$\begin{aligned} El &= \text{Beda pasang surut} + (0,5 - 1,5) \\ &= +2,2 \text{ m} + 1,5 \\ &= +3,70 \text{ mLWS} \end{aligned}$$

Dimensi utama dari *loading platform* berdasarkan pola operasional dari *crane quadrant shiploader*. Untuk lebar diambil 3 m karena jarak bebas dari saming rel minimal 1 m dan untuk akses orang melakukan aktivitas di dermaga. Untuk panjang nya diambil 82 m berdasarkan jangkauan dari crane *quadrant shiploader* untuk loading pupuk NPK ke *kapal bulk carrier*.

- ***Mooring Doplhin***

Penempatan mooring dolphin harus diatur sedemikian rupa sehingga sudut horizontal yang dibutuhkan oleh tali tidak melebihi ketentuan yang berlaku (*Port Designer's Handbook, 2014*). Dan juga sesuai dengan *bollard* yang ada pada kapal. Sehingga didapatkan jarak *outer mooring dolphin* 166,5 m, jarak inner mooring dolphin 102,5 m dan jarak vertikal kapal ke mooring dolphin sebesar 23 m.

- ***Breasting Dolphin***

Jarak *breasting dolphin* harus sesuai dengan aturan yang ada dan direncanakan sesuai dengan masterplan yang telah dibuat (*Port Designer's Handbook, 2014*) :

$$\begin{aligned}\text{Jarak BD} &= (0,25 \text{ s/d } 0,4) \times \text{LOA} \\ &= 0,25 \text{ s/d } 0,4 \times 130 \\ &= 32,5 \text{ m s/d } 52 \text{ m}\end{aligned}$$

- ***Catwalk***

Panjang *catwalk* berdasarkan hasil perencanaan *breasting dolphin* dan *mooring dolphin* didapatkan 4 panjang catwalk yang berbeda.

$$\text{Catwalk 1} = 9,7 \text{ m}$$

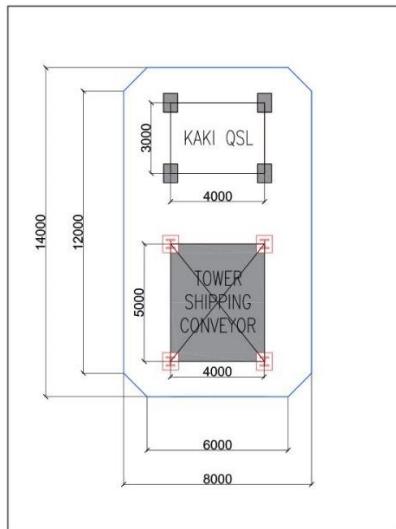
$$\text{Catwalk 2} = 12,7 \text{ m}$$

$$\text{Catwalk 3} = 13,7 \text{ m}$$

$$\text{Catwalk 4} = 17,7 \text{ m}$$

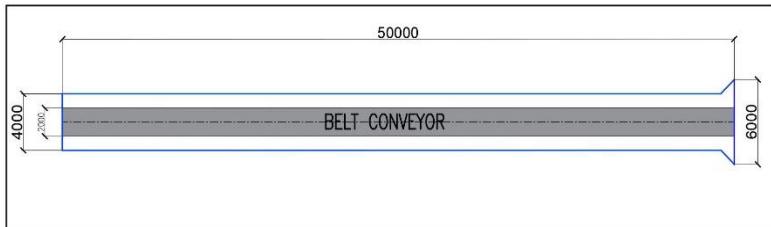
- ***Pivot***

Dimensi *pivot* disesuaikan dengan dimensi kaki *crane quadrant shiploader* dan *tower shipping conveyor* yang berdiri diatas struktur pivot (Gambar 5.4). sesuai sepsifikasi, dimensi dari kaki penumpu *quadrant shiploader* adalah 4 m x 3 m, dimensi *tower shipping conveyor* adalah 5 m x 4 m dan untuk lebar akses operasional dermaga disesuaikan dengan aktivitas apa saja yang akan melewati akses.

Gambar 5.4 Layout Struktur *Pivot*

- ***Trestle***

Dimensi *trestle* disesuaikan oleh lebar dari *belt conveyor* seperti pada Gambar 5.5. dan untuk panjang nya menyesuaikan kebutuhan layout.

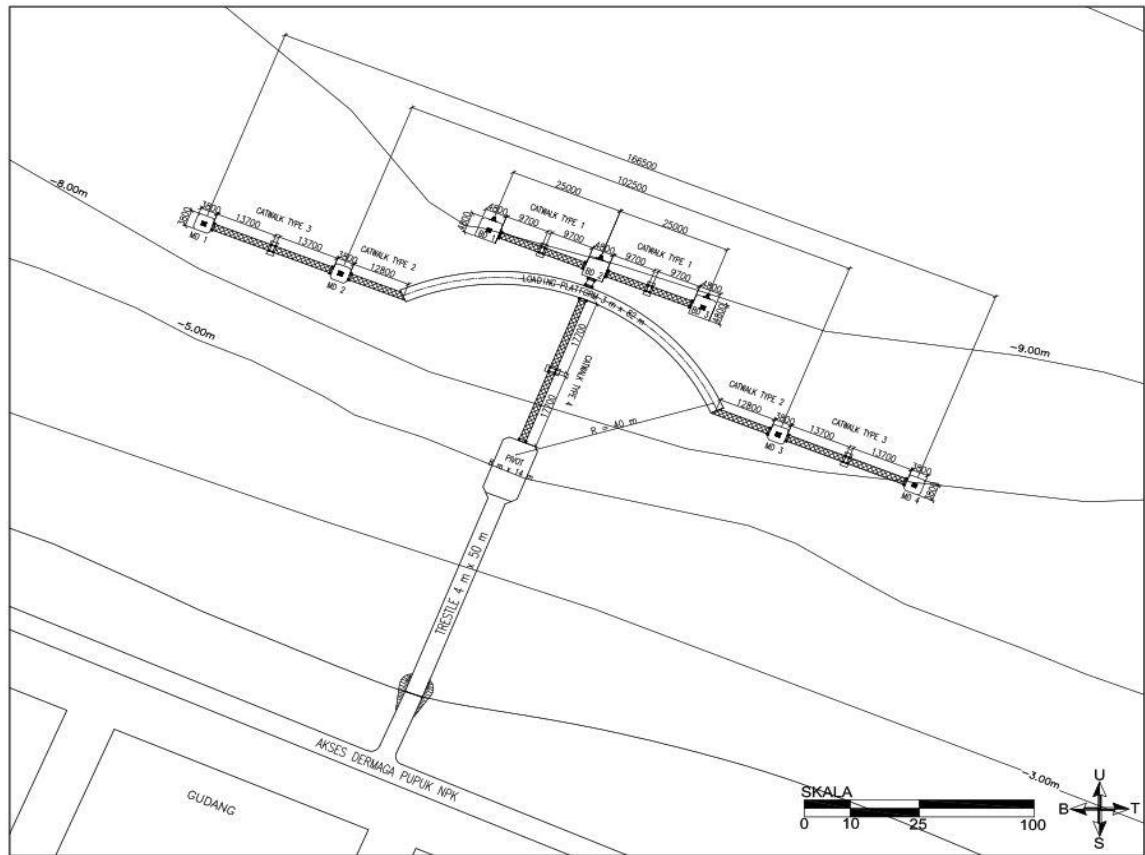
Gambar 5.5 Layout Dan Dimensi *Trestle*.

### 5.4.3 Hasil Evaluasi Layout Daratan

Data rekapitulasi layout dan gambar layout daratan dapat dilihat pada Tabel 5.3 Dan Gambar 5.6.

Tabel 5.3 Rekapitulasi Layout Daratan

No	Komponen		Dimensi
1.	Loading Paltform	Panjang Lebar Elevasi	82 m 3 m +3,70 m
2.	Mooring Dolphin	Jarak MD - MD (Inner) Jarak MD – MD (Outer) Panjang Lebar Tebal Elevasi	166,5 m 102,5 m 3,8 m 3,8 m 1 m +3,70 m
3.	Breasting Dolphin	Jarak BD-BD Panjang Lebar Tebal Elevasi	25 m 4,8 m 4,8 m 1 m +3,70 m
4.	Catwalk 1 Catwalk 2 Catwalk 3 Catwalk 4	Panjang Panjang Panjang Panjang	9,7 m 12,8 m 13,7 m 17,7 m
5.	Pivot	Panjang Lebar Elevasi	14 m 18 m +3,70 m
6.	Trestle	Panjang Lebar Elevasi	50 m 4 m +3,70 m



Gambar 5.6 Layout Daratan Dermaga

## **BAB VI**

### **PERENCANAAN STRUKTUR DERMAGA**

#### **6.1 Perencanaan *Trestle***

##### **6.1.1 Umum**

Trestle dalam perencanaan dermaga pupuk NPK ini adalah bagian dermaga yang berfungsi sebagai penyangga atau penghubung *belt conveyor* dari daratan ke *quadrant ship loader*.

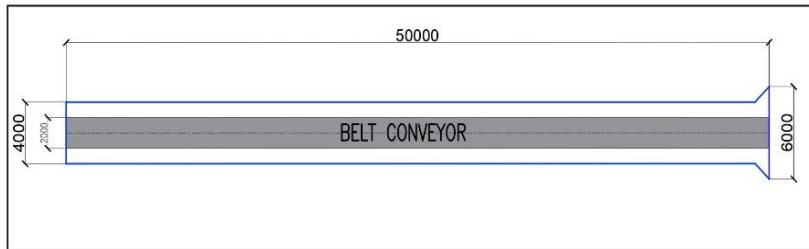
##### **6.1.2 Perencanaan Layout *Trestle***

Dimensi *trestle* disesuaikan dengan masterplan yang sudah direncanakan dengan lebar 4 m dan panjang 50 m. Diambil lebar 4 m karena lebar dari *belt conveyor* sendiri adalah 2 m, dan sisa 1 m samping kanan dan kiri untuk operasional dermaga atau akses untuk orang sedangkan panjang 50 m karena disesuaikan dengan kebutuhan kedalaman kapal *bulk carrier* 10.000 DWT yaitu sebesar -8,3 mLWS, sehingga diperlukan *trestle* sepanjang 50 m.

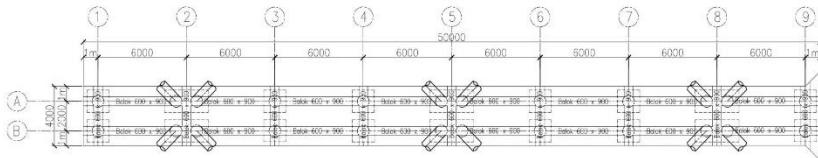
Berikut adalah perencanaan dimensi struktur *trestle* :

Pelat	: Tebal 0,3 m
Balok melintang	: 60/90
	Dengan panjang 2 m dan 1 m
Balok memanjang	: 60/90
	Dengan panjang 6 m dan 1 m
Pile cap tunggal	: 1,5 x 1,5 x 0,8 m
Pile cap ganda	: 1,5 x 3 x 0,8 m
Tiang pancang tegak	: Ø812,8
Tiang pancang miring	: Ø812,8
Dimensi	: 4 x 50 m <sup>2</sup>

Layout rencanan trestle dapat dilihat pada Gambar 6.1 Sementara layout rencana struktur dapat dilihat pada Gambar 6.2.



Gambar 6.1 Dimensi Trestle



Gambar 6.2 Layout Rencana Pembalokan

### 6.1.3 Pembebanan Trestle

Beban yang terjadi pada Trestle adalah :

#### a. Beban Vertikal

- **Beban Mati**

Beban mati merupakan beban sendiri konstruksi balok dengan berat jenis beton bertulang diambil sebesar  $2,9 \text{ t/m}^3$ . Untuk berat sendiri balok sudah terakumulasi secara otomatis oleh program SAP 2000 v14.0. Beban mati lainnya adalah berat *fender* dan *bollard*.

- **Beban Terpusat Poer**

$$\begin{aligned}
 - \text{Poer Tunggal} &= 1,5 \times 1,5 \times 0,8 \times 2,4 \\
 &= 4,32 \text{ ton} \\
 - \text{Poer Ganda} &= 3 \times 1,5 \times 0,8 \times 2,4 \\
 &= 8,64 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

- **Beban Catwalk**

Beban catwalk merupakan beban reaksi akibat catwalk yang menumpu pada balok. Beban catwalk diambil sebesar 3,80 ton

- **Beban Hidup**

- Beban pangkalan	= 1,5 ton/m <sup>2</sup>
- Beban hujan	= 0,05 x 1
	= 0,05 ton/m <sup>2</sup>
- Total beban hidup (qL)	= 1,55 ton/m <sup>2</sup>

- **Beban Belt Conveyor**

Berat *belt conveyor* perlu direncanakan berdasarkan densitas dari pupuk NPK, dan kapasitas dari belt conveyor itu sendiri.

Perencanaan berat belt conveyor

$$\text{Lebar Belt} = 2 \text{ m}$$

$$\text{Area cross section} = 1,64 \text{ m}^2$$

$$\text{Densitas pupuk NPK} = 0,4 \text{ t/m}^2$$

$$\text{Kapasitas belt} = 5000 \text{ t/m}$$

1. Kecepatan *Belt*

$$Q = 60 \times A \times v \times \gamma$$

$$v = \frac{Q}{A \times \gamma \times 60}$$

$$= \frac{5000 \text{ t/m}}{1,64 \times 0,4 \times 60}$$

$$= 127,2 \text{ m/menit} = 2,12 \text{ m/s}$$

2. Berat Material

$$W_m = \frac{1000 \times Q}{60 \times v}$$

$$= \frac{1000 \times 5000}{60 \times 127,2}$$

$$= 655,14 \text{ Kg/m}$$

3. Berat *Belt* ( $W_b$ )

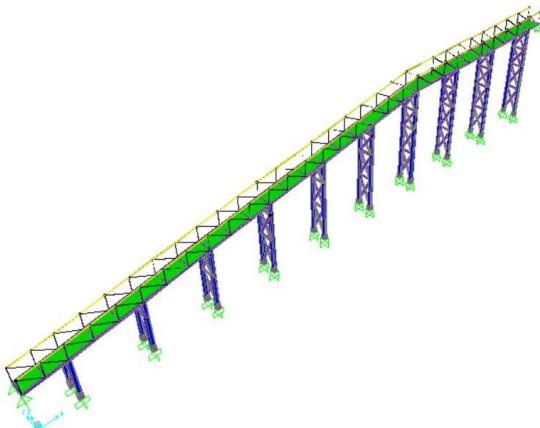
$$W_b = (W + 1,2) + \frac{\text{Lebar Belt}}{1000}$$

$$= (22 + 1,2) + \frac{2000}{1000}$$

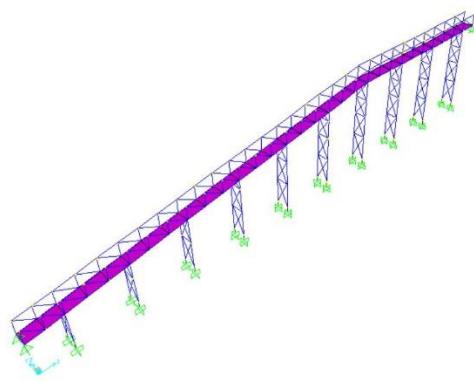
$$= 46,4 \text{ Kg/m}$$

Berat *belt conveyor* = 701,54 Kg/m

Setelah diketahui berat total *belt conveyor*, dilakukan pemodelan struktur dari *belt conveyor* (Gambar 6.) oleh program SAP2000 untuk mengetahui berat keseluruhan dari struktur *belt conveyor*. Berat *belt* sebesar 701,54 Kg/m yang telah dihitung sebelumnya diinput pada pemodelan (Gambar 6.3).



Gambar 6.3 Pemodelan *Belt Conveyor*



Gambar 6.4 Input Beban *Belt Conveyor* Pada Struktur

Didapat berat keseluruhan dari struktur *belt conveyor* sebesar 73,3 ton (Tabel 6.1).

Tabel 6. 1 Berat Total Struktur *Belt Conveyor*

<b>OutputCase Text</b>	<b>CaseType Text</b>	<b>GlobalFX Kgf</b>	<b>GlobalFY Kgf</b>	<b>GlobalFZ Kgf</b>
1D+0,5L	Combination	000000008984	000000001241	73338,01

### b. Beban Horisontal

#### • Beban Angin

Beban angin terjadi dari 2 arah longitudinal trestle dan transversal trestle dengan beban sebagai berikut :

#### Arah Longitudinal

- Kondisi air pasang

$$\begin{aligned}
 F_w &= 0,5 \times \rho_a \times C_{DW} \times V_w^2 \times A_w \\
 &= 0,5 \quad \times \quad 1,23 \quad \times \quad 1,5 \quad \times \quad 8^2 \quad \times \quad 4 \times 1,4 \\
 &= 330,6 \quad N \\
 &= 33,06 \quad kg
 \end{aligned}$$

- Kondisi air surut

$$\begin{aligned}
 F_w &= 0,5 \times \rho_a \times C_{DW} \times V_w^2 \times A_w \\
 &= 0,5 \quad \times \quad 1,23 \quad \times \quad 1,5 \quad \times \quad 8^2 \quad \times \quad 4 \times 3,6 \\
 &= 550,2 \quad N \\
 &= 85,02 \quad kg
 \end{aligned}$$

#### Arah Transversal

- Kondisi air pasang

$$\begin{aligned}
 F_w &= 0,5 \times \rho_a \times C_{DW} \times V_w^2 \times A_w \\
 &= 0,5 \quad \times \quad 1,23 \quad \times \quad 1,5 \quad \times \quad 8^2 \quad \times \quad 50 \times 1,4 \\
 &= 4133 \quad N \\
 &= 413,3 \quad kg
 \end{aligned}$$

- Kondisi air surut

$$F_w = 0,5 \times \rho_a \times C_{DW} \times V_w^2 \times A_w$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,5 \times 1,23 \times 1,5 \times 8^2 \times 50 \times 3,6 \\
 &= 10627 \text{ N} \\
 &= 1063 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

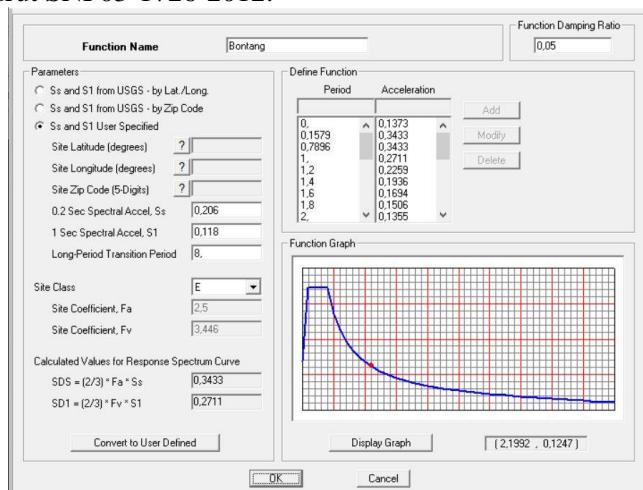
### • Beban Arus

$$\begin{aligned}
 F_D &= 0,5 \times C_D \times \rho \times A \times U^2 \\
 &= 0,5 \times 1,2 \times 1,025 \times 0,6382 \times 1^2 \\
 &= 0,3925 \text{ ton} \\
 &= 0,0387 \text{ t/m}
 \end{aligned}$$

Didapat beban arus pada tiang sebesar 0,0387 t/m'

### • Beban Gempa

Dengan menggunakan program bantu SAP 2000, perhitungan beban gempa dilakukan secara dinamis dengan menggunakan respon spektrum untuk daerah Bontang dengan Tanah sedang menurut SNI 03-1726-2012.



Gambar 6.5 Spektrum Gempa Bontang  
(Sumber : Peta Gempa Indonesia)

#### 6.1.4 Pemodelan Struktur SAP

Permodelan Struktur dilakukan dengan menggunakan program bantu SAP 2000. Permodelan struktur dilakukan untuk menentukan besarnya momen, gaya geser, dan reaksi yang terjadi pada balok dan pada perletakan. Permodelan pada SAP 200 dilakukan dengan permodelan tiga dimensi.

##### a. Pemodelan Struktur *Trestle*

- Perhitungan letak titik jepit tiang pancang ( $Z_f$ )

Tinggi struktur merupakan jarak dari titik jepit tiang pancang (point of fixity) ke elevasi dermaga. Perhitungan titik jepit tanah terhadap tiang pancang digunakan persamaan :

$$Z_f = 1,8 T \quad \rightarrow \quad T = \sqrt[5]{\frac{EI}{nh}}$$

Dimana :

$Z_f$	= Panjang titik jepit tiang pancang terukur dari seabed
$T$	= Faktor kekakuan tiang pancang
$E$	= Modulus elastisitas tiang pancang = $2.100.000 \text{ kg/cm}^2$
$I$	= Momen inersia tiang = $1/64 \times \pi \times d^4$ = $1/64 \times 3,14 \times (812,8^4 - (812,8 - 38)^4)$ = $317821,08 \text{ cm}^4$
$n_h$	= Koefisien modulus variasi tanah = $350 \text{ kN/m}^3$ = $0,035 \text{ kg/cm}^3$

Sehingga faktor kekakuan (T) dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned} T &= \sqrt[5]{\frac{EI}{nh}} \\ &= \sqrt[5]{\frac{2100000}{0,035} \times 317821,08} \\ &= 452,96724 \text{ cm} \end{aligned}$$

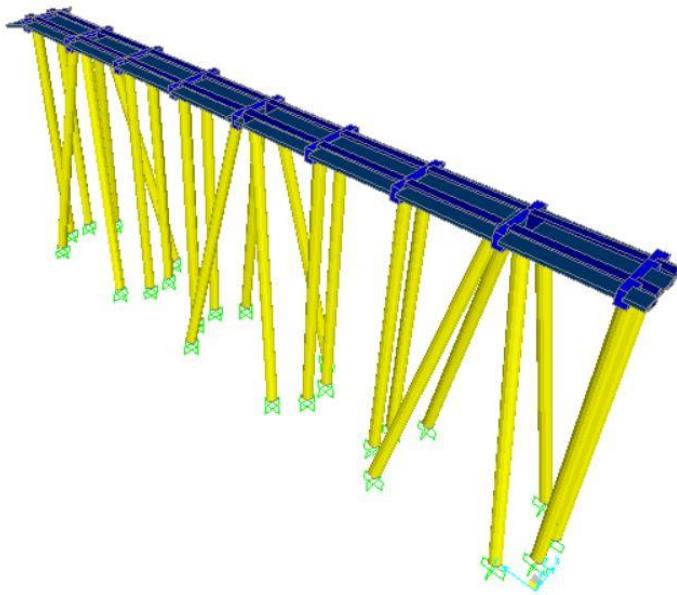
$$= 4,53 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} Zf &= 1,8 \times T \\ &= 1,8 \times 4,53 \\ &= 8,1534 \text{ m} \end{aligned}$$

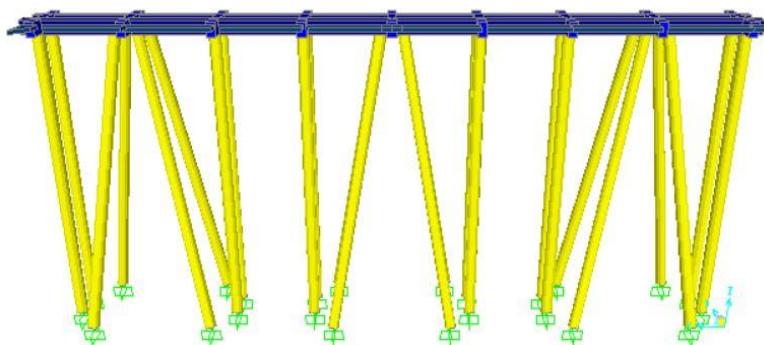
Sehingga tinggi struktur dermaga adalah

$$\begin{aligned} H_{\text{total}} &= \text{Elevasi dermaga} + \text{Jarak seabed ke LWS} + Zf \\ &= 3,7 + 4,7 + 8,15 \\ &= 16,55 \text{ m} \approx 17 \text{ m} \end{aligned}$$

- Pemodelan struktur *trestle* (Gambar 6.6)



Gambar 6.6 Pemodelan 3D *Trestle*

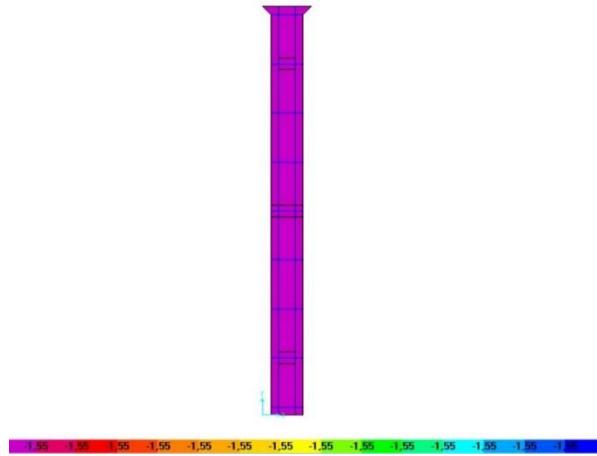


Gambar 6.7 Tampak Samping *Trestle*



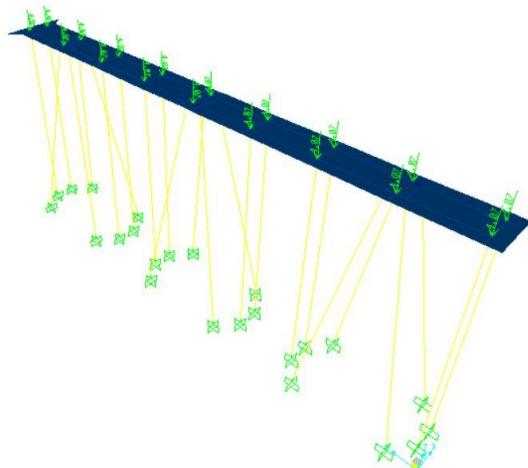
Gambar 6.8 Tampak Depan *Trestle*

- Input beban hidup pelat berupa beban hujan dan beban pangkalan (Gambar 6.9).



Gambar 6.9 Beban Pangkalan Dan Beban Hujan Pada *Trestle*

- Input Beban *Belt Conveyor* (Gambar 6.10)



Gambar 6.10 Beban *Belt Conveyor* Pada *Trestle*

### b. Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan yang direncanakan pada loading platform adalah sebagai berikut,

$$\text{COMB1} = \text{DL} + \text{LL}$$

$$\text{COMB2} = \text{DL} + \text{LL} + \text{SD}$$

$$\text{COMB3} = \text{DL} + \text{LL} + 0,3 \text{ QLx} + \text{Qly}$$

$$\text{COMB4} = \text{DL} + \text{LL} + \text{QLx} + 0,3 \text{ Qly}$$

Dimana :

DL = Beban mati (berat beton)

SD = Beban mati tambahan (*Belt Conveyor*)

LL = Beban hidup (bebani pangkalan dan beban hujan)

QLx = Beban gempa arah x

QLy = Beban gempa arah y

### c. Hasil Pemodelan

Dari perhitungan program bantu SAP didapat gaya dalam (Tabel 6.2) sebagai berikut

Tabel 6. 2 Gaya-Gaya Dalam Struktur *Trestle*

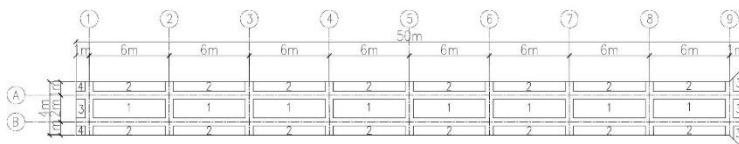
Struktur	Gaya	Kombinasi	Besar	Satuan
Balok Memanjang 60/90	P (tekan)	COMB4	-0,154	t
	P (tarik)	COMB4	0,219	t
	M3 (tump)	COMB4	19,654	tm
	M3 (lap)	COMB2	28,756	tm
	V2	COMB4	21,171	t
	T	COMB3	2,618	tm
	Deformasi	COMB2	0,294	mm
Balok Melintang 60/90	P (tekan)	COMB4	-0,166	t
	P (tarik)	COMB4	0,187	t
	M3 (tump)	COMB4	24,257	tm
	M3 (lap)	COMB2	11,752	tm

	V2	COMB4	20,445	t
	T	COMB3	1,058	tm
	Deformasi	COMB2	0,197	Mm
Tiang Pancang	P (tekan)	COMB4	-122,78	t
	P (tarik)	-	-	t
	M2	COMB4	43,421	tm
	M3	COMB2	37,273	tm
	V2	COMB4	21,171	t
	V3	COMB3	23,780	t
	Deformasi	COMB2	0,332	mm
	Displacement	U1	0,028	m

### 6.1.5 Perencanaan Pelat

#### a. Penentuan Tipe Pelat

Penentuan tipe pelat didasarkan pada ukuran pelat itu sendiri (Gambar 6.11). Beberapa tipe pelat dengan rasio  $l_y/l_x$  yang melebihi 2,5 (pelat 1 dan Pelat 2), perencanaan momen dan penulangannya digunakan penulangan praktis dengan mengikuti tulangan pelat didekatnya. Hal ini dikarenakan pelat-pelat tersebut memiliki rasio  $l_y/l_x > 2,5$  relatif lebih kecil dari pelat lainnya sehingga tidak begitu berpengaruh.



Gambar 6.11 Tipe Pelat Trestle

#### b. Pembebanan Pelat

Pada perencanaan pelat, beban-beban yang bekerja berupa beban mati dan beban hidup. Beban mati berasal dari berat sendiri pelat dan finishing, sedangkan beban hidup berasal dari beban

pangkalan, beban terpusat dari truck, serta beban air hujan yang tergenang di atas pelat.

- Beban Mati (DL)**

$$\begin{array}{rcl} \text{Beban plat lantai sendiri} & = & 0,2 \times 2900 = 580 \text{ kg/m}^2 \\ \text{Beban Finsihing} & = & 0,05 \times 2200 = 110 \text{ kg/m}^2 \\ & & \hline qD & = & 690 \text{ kg/m}^2 \end{array}$$

- Beban Hidup (LL)**

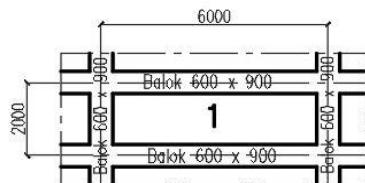
Beban Hidup Merata

$$\begin{array}{rcl} \text{Beban air hujan} & = & 0,05 \times 1000 = 50 \text{ kg/m}^2 \\ \text{Beban pangkalan} & & \hline \\ & & qL = 1550 \text{ kg/m}^2 \end{array}$$

### c. Perhitungan Momen Mamat

$$\begin{array}{rcl} Ly & = & 6 - 0,6 = 5,40 \text{ m} \\ Lx & = & 2 - 0,6 = 1,40 \text{ m} \end{array}$$

$$\frac{Ly}{Lx} = \frac{5,40}{1,40} = 3,9$$



Gambar 6.12 Pelat Tipe 1

Pelat direncanakan terjepit elastis dengan posisi balok pada keempat sisinya. Dari tabel 13.3.2 PBI 1971 dapat ditentukan koefisien X untuk pelat terjepit elastis pada keempat sisinya.

Tabel 6. 3 Koefisien X

Ly/Lx	Koefisien X			
	Mlx	Mly	Mtx	Mty
3,9	63	13	63	38

(Sumber : PBI 1971)

Besar momen yang terjadi pada pelat dihitung dengan menggunakan persamaan di bawah ini :

$$Ml = - Mt = 0,001 q l_x^2 X$$

- **Momen akibat beban mati ( qD )**

Momen lapangan

$$\begin{aligned} Mlx &= 0,001 && \times & 690 && \times & 1,96 && \times & 63 \\ &= 85,2 && & \text{kg.m} && & && & \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Mly &= 0,001 && \times & 690 && \times & 1,96 && \times & 13 \\ &= 17,58 && & \text{kg.m} && & && & \end{aligned}$$

Momen tumpuan

$$\begin{aligned} Mtx &= -0,001 && \times & 690 && \times & 1,96 && \times & 63 \\ &= -85,20 && & \text{kg.m} && & && & \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Mty &= -0,001 && \times & 690 && \times & 1,96 && \times & 38 \\ &= -51,39 && & \text{kg.m} && & && & \end{aligned}$$

- **Momen akibat beban hidup ( qL )**

Momen lapangan

$$\begin{aligned} Mlx &= 0,001 && \times & 1550 && \times & 1,96 && \times & 63 \\ &= 191,4 && & \text{kg.m} && & && & \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Mly &= 0,001 && \times & 1550 && \times & 1,96 && \times & 13 \\ &= 39,49 && & \text{kg.m} && & && & \end{aligned}$$

Momen tumpuan

$$\begin{aligned} Mtx &= -0,001 && \times & 1550 && \times & 1,96 && \times & 63 \\ &= -191,4 && & \text{kg.m} && & && & \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Mty &= -0,001 && \times & 3050 && \times & 1,96 && \times & 38 \\ &= -115,4 && & \text{kg.m} && & && & \end{aligned}$$

Hasil perhitungan momen pelat secara lengkap untuk masing-masing pelat disajikan dalam Tabel 6.4.

Tabel 6.4 Momen Akibat Beban Mati dan Beban Hidup Merata

Tipe Pelat	Lx	Ly	Ly/Lx	Koefisien X	Momen (kg.m)		
					Mati	Hidup	Total
1	1,4	5,4	3,9	Mlx	63	85,2012	191,394
	1,4	5,4	3,9	Mly	13	17,5812	39,494
	1,4	5,4	3,9	Mtx	63	-85,2012	-191,394
	1,4	5,4	3,9	Mty	38	-51,3912	-115,444
2	0,7	5,4	7,7	Mlx	54	18,2574	41,013
	0,7	5,4	7,7	Mly	19	6,4239	14,4305
	0,7	5,4	7,7	Mtx	54	-18,2574	-41,013
	0,7	5,4	7,7	Mty	56	-18,9336	-42,532
3	0,7	1,4	2,0	Mlx	85	28,7385	64,5575
	0,7	1,4	2,0	Mly	50	16,905	37,975
	0,7	1,4	2,0	Mtx	85	-28,7385	-64,5575
	0,7	1,4	2,0	Mty	50	-16,905	-37,975
4	0,7	0,7	1,0	Mlx	38	12,8478	28,861
	0,7	0,7	1,0	Mly	43	14,5383	32,6585
	0,7	0,7	1,0	Mtx	38	-12,8478	-28,861
	0,7	0,7	1,0	Mty	43	-14,5383	-32,6585

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Dari keempat tipe pelat diambil nilai momen yang paling maksimum hasil penjumlahan antara beban mati ditambah beban hidup merata yaitu pada pelat tipe 1 dengan tipe *one way slab*.

Beban Mati + Beban Hidup Merata

$$\begin{aligned}
 M_{lx} &= 0,0852 + 0,191 & = 0,408 \text{ ton.m} \\
 M_{ly} &= 0,0176 + 0,039 & = 0,0842 \text{ ton.m} \\
 M_{tx} &= -0,0852 - 0,191 & = -0,408 \text{ ton.m} \\
 M_{ty} &= -0,051 - 0,115 & = -0,246 \text{ ton.m}
 \end{aligned}$$

#### d. Penulangan Pelat

Momen pelat rencana yang terbesar akibat beban mati dan beban hidup merata dipakai dalam perhitungan penulangan, dapat dilihat pada Tabel 6.5 :

Tabel 6.5 Momen Pelat Rencana

Momen Pelat Rencana (ton.m)			
Mlx	Mly	Mtx	Mty
0,4085	0,0843	-0,4085	-0,246

Data Perencanaan :

$$\begin{aligned}
 \text{Tebal plat (t)} &= 20 \text{ cm} \\
 \text{Cover (d)} &= 7 \text{ cm} \\
 \text{hx} &= 20 - 8 - 1,3 - (1,3/2) \\
 &= 12,35 \text{ cm} \\
 \text{hy} &= 20 - 8 - 1,3 \\
 &= 11,7 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Mutu beton

$$\begin{aligned}
 \sigma'_{bk} &= 350 \text{ kg/cm}^2 (\text{K} - 350) \\
 \sigma'_b &= 115,5 \text{ kg/cm}^2 \\
 E_b &= 1,2 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Mutu baja

$$\begin{aligned}
 \sigma_{au} &= 3200 \text{ kg (U} - 32) \\
 E_a &= 2,1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2 \\
 \sigma_a = \sigma'_a &= 1850 \text{ kg/cm}^2 \text{ (akibat beban tetap)} \\
 \sigma_a = \sigma'_a &= 2650 \text{ kg/cm}^2 \text{ (akibat beban sementara)} \\
 \sigma_{au}^* &= 2780 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Diamter tulangan = 13 mm (Utama)

$$n = \frac{Ea}{Eb} = \frac{2100000}{120000} = 17,5$$

$$\phi_0 = \frac{\sigma_a}{n_x \sigma'_b} = \frac{1850}{17,5 \times 115,5} = 0,915$$

- Penulangan arah sumbu – x**

### Penulangan lapangan

$$\begin{aligned}
 M_{Ix} &= 0,4085 \text{ ton.m} \\
 &= 40847,184 \text{ kg.cm}
 \end{aligned}$$

Diasumsikan menggunakan beban tetap

$$Ca = \frac{hx}{\sqrt{\frac{n_x M}{b_x \sigma'_a}}} = \frac{12,35}{\sqrt{\frac{17,54 \times 40847,184}{100 \times 1850}}} = 5,76$$

Dengan melihat tabel Perhitungan Lentur Cara “n”, untuk Ca = 5,76 dengan  $\delta = 0$ , didapatkan :

$$\phi = 3,254 > \phi_0 = 0,913 \quad \text{OK}$$

$$\begin{aligned}100n\omega &= 3,242 \\ \omega &= 0,0018\end{aligned}$$

### **Luas tulangan yang dibutuhkan**

$$\begin{aligned}As &= \omega \times b \times h \\ &= 0,0018 \times 100 \times 11,35 \\ &= 2,097 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

Dipasang tulangan D13 – 200 ( As = 6,6335 cm<sup>2</sup> )

### **Kontrol retak**

Berdasarkan PBI 1971 pasal 10.7.1b retak yang diijinkan 0,01 cm. Dengan menggunakan tabel 10.7.1 PBI 1971 maka didapatkan : C<sub>3</sub> = 1,50 ; C<sub>4</sub> = 0,04 ; C<sub>5</sub> = 7,5

$$\omega_p = \frac{A}{bh} = \frac{6,6335}{100 \times 30} = 0,00221$$

$$dp = 12,8x\sqrt{1,578} = 16,08 \text{ mm} = 1,608 \text{ cm}$$

$$\sigma_a = \frac{\sigma_a}{\phi} = \frac{1850}{3,454} = 535,611$$

Maka besarnya lebar retak didapatkan :

$$\begin{aligned}W &= \alpha \left( C_3 \times d + C_4 \frac{dp}{\omega p} \right) \left( \sigma a - \frac{C_5}{\omega p} \right) 10^{-6} \\ &= 1 \left( 1,5 \times 7 + 0,04 \frac{1,608}{0,00221} \right) \left( 535,611 - \frac{7,5}{0,00221} \right) 10^{-6} \\ &= -0,113 \text{ cm} \leq 0,01 \text{ cm} \rightarrow OK\end{aligned}$$

### **Penulangan tumpuan**

$$\begin{aligned}M_{tx} &= 0,4085 \text{ ton.m} \\ &= 40847,184 \text{ kg.cm}\end{aligned}$$

Diasumsikan menggunakan beban tetap

$$Ca = \frac{hx}{\sqrt{\frac{nxM}{bx\sigma'a}}} = \frac{12,35}{\sqrt{\frac{17,54 \times 40847,184}{100 \times 1850}}} = 5,76$$

Dengan melihat tabel Perhitungan Lentur Cara "n", untuk Ca = 5,76 dengan  $\delta = 0$ , didapatkan :

$$\begin{array}{lll} \phi & = 3,254 & > \phi_0 = 0,913 \\ 100n\omega & = 3,242 & \\ \omega & = 0,0018 & \end{array} \quad \text{OK}$$

### Luas tulangan yang dibutuhkan

$$\begin{aligned} As &= \omega x b x h \\ &= 0,0018 \times 100 \times 11,35 \\ &= 2,097 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan D13 – 200 ( As = 6,6335 cm<sup>2</sup> )

### Kontrol retak

Berdasarkan PBI 1971 pasal 10.7.1b retak yang diijinkan 0,01 cm. Dengan menggunakan tabel 10.7.1 PBI 1971 maka didapatkan : C<sub>3</sub> = 1,50 ; C<sub>4</sub> = 0,04 ; C<sub>5</sub> = 7,5

$$\omega_p = \frac{A}{bh} = \frac{6,6335}{100 \times 30} = 0,00221$$

$$dp = 12,8 \times \sqrt{1,578} = 16,08 \text{ mm} = 1,608 \text{ cm}$$

$$\sigma_a = \frac{\sigma_a}{\phi} = \frac{1850}{3,454} = 535,611$$

Maka besarnya lebar retak didapatkan :

$$\begin{aligned} W &= \alpha \left( C_3 x d + C_4 \frac{dp}{\omega p} \right) \left( \sigma_a - \frac{C_5}{\omega p} \right) 10^{-6} \\ &= 1 \left( 1,5 \times 7 + 0,04 \frac{1,608}{0,00221} \right) \left( 535,611 - \frac{7,5}{0,00221} \right) 10^{-6} \\ &= -0,113 \text{ cm} \leq 0,01 \text{ cm} \rightarrow OK \end{aligned}$$

Karena pelat tipe 1 merupakan *one way slab*, sehingga penulangan hanya diberikan pada arah x saja. Namun pada pelaksanaannya perlu dipasang tulangan bagi pada arah yang

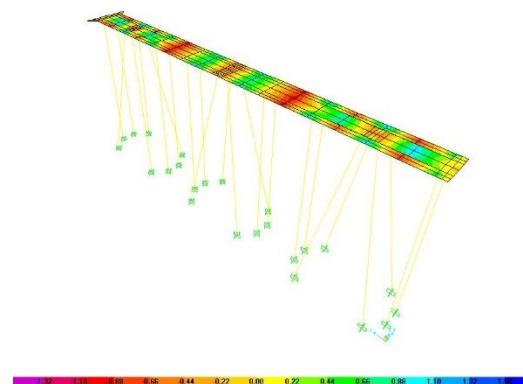
berlawanan atau arah y, sehingga dapat dipasang dengan tulangan D13-300. Rekapitulasi kebutuhan tulangan pelat untuk pelat tipe 1 dapat dilihat pada Tabel 6.6.

Tabel 6.6 Rekapitulasi Penulangan Pelat Tipe 1

Arah	M (t.m)	As perlu (cm <sup>2</sup> )	As pasang (cm <sup>2</sup> )	Pasang
M <sub>lx</sub>	0,408	2,097	6,633	D13-200
M <sub>ly</sub>	0,084			D13-300
M <sub>tx</sub>	-0,408	2,097	6,633	D13-200
M <sub>ty</sub>	-0,246			D13-300

### e. Cek Tegangan Pelat

Dari hasil analisis struktur dengan kombinasi beban mati+beban hidup+beban pangkal+beban alat berat yang dimodelkan dalam Gambar 6.13.



Gambar 6.13 Tegangan Yang Terjadi Pada Pelat *Trestle*

Pelat Lantai Dermaga, t = 20 cm

#### Tegangan ijin kondisi service

$$F_{allow} = 0,55 \times \sigma'_b$$

$$F_{allow} = 0,55 \times 115,5 \text{ Kg/cm}^2$$

$$F_{allow} = 63,525 \text{ Kg/cm}^2 = 6,23 \text{ MPa}$$

Berdasarkan output hasil running aplikasi SAP200, didapat nilai tegangan maksimum pelat sebesar 2,97 Mpa.

$$\sigma_{max} = 2,97 \text{ MPa} < F_{allow} = 6,23 \text{ MPa} \dots\dots \text{OK}$$

### 6.1.6 Perencanaan Balok

#### Perhitungan Tulangan Balok Memanjang

Data Perencanaaan :

$$\text{Tinggi (H)} = 90 \text{ cm}$$

$$\text{Lebar(b)} = 60 \text{ cm}$$

$$\text{Cover (d)} = 8 \text{ cm}$$

$$h = 90 - 8 - 1,3 - (2,2/2)$$

$$= 79,60 \text{ cm}$$

Mutu beton

$$\sigma'_{bk} = 350 \text{ kg/cm}^2 (K - 350)$$

$$\sigma'_b = 115,5 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_b = 1,2 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$$

Mutu baja

$$\sigma_{au} = 3200 \text{ kg (U - 32)}$$

$$E_a = 2,1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_a = \sigma'_a = 1850 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma^{*}_{au} = 2780 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Diamter tulangan} &= 22 \text{ mm ( Utama )} \\ &= 13 \text{ mm ( Geser )} \end{aligned}$$

$$n = \frac{E_a}{E_b} = \frac{2100000}{120000} = 17,5$$

$$\phi_0 = \frac{\sigma_a}{n \times \sigma'_b} = \frac{1850}{17,5 \times 115,5} = 0,915$$

Momen balok

Dalam perhitungan ini penulangan balok memanjang diambil berdasarkan gaya maksimum yang bekerja dari hasil SAP 2000 v.14. Lihat Tabel 6.

$$Mu = 28756,05 \text{ kg m (lapangan)}$$

$$= 19654,03 \text{ kg m (Tumpuan)}$$

### **Perhitungan tulangan tumpuan**

$$Mu = 19654,03 \text{ kg.m}$$

$$= 1965403 \text{ kg.cm}$$

$$Ca = \frac{h}{\sqrt{\frac{nxM}{bx\sigma_a}}} = \frac{79,60}{\sqrt{\frac{17,5 \times 1965403}{60 \times 1850}}} = 4,522$$

Dengan melihat tabel Perhitungan Lentur Cara “n”, untuk Ca = 4,522 dengan  $\delta = 0,4$ , didapatkan :

$$\phi = 2,724 > \phi_0 = 0,915 \quad \text{OK}$$

$$100n\omega = 5,317$$

$$\omega = 0,0030$$

### **Luas tulangan tarik**

$$As = \omega \times b \times h$$

$$= 0,0030 \times 60 \times 79,60$$

$$= 14,51 \text{ cm}^2$$

Dipasang tulangan 6D22 ( As = 22,796 cm<sup>2</sup> )

### **Luas tulangan tekan**

$$As' = \delta \times As$$

$$= 0,4 \times 22,796$$

$$= 9,119 \text{ cm}^2$$

Dipasang tulangan 3D22 ( As = 11,398 cm<sup>2</sup> )

### **Luas tulangan samping**

$$Asd = 10\% \times As$$

$$= 10\% \times 22,80$$

$$= 2,28 \text{ cm}^2$$

Dipasang tulangan 2D16 ( As = 4,019 cm<sup>2</sup> )

### Cek jarak tulangan

Tulangan direncanakan hanya terdiri dari 1 baris yang berisi 4 tulangan, sehingga jarak tulangan sebesar :

$$s = \frac{b - 2d - 2\phi - nD}{n-1}$$

$$= \frac{60 - 16 - 2,6 - 13,2}{5} = 5,64 \text{ cm} > 3,2 \text{ cm} \rightarrow OK$$

### Kontrol retak

Berdasarkan PBI 1971 pasal 10.7.1b retak yang diijinkan 0,01 cm. Dengan menggunakan tabel 10.7.1 PBI 1971 maka didapatkan :  $C_3 = 1,50$  ;  $C_4 = 0,04$  ;  $C_5 = 7,5$

$$\omega_p = \frac{A}{bh} = \frac{22,8}{60 \times 90} = 0,004$$

$$dp = 12,8x\sqrt{3,851} = 22,11 \text{ mm} = 2,211 \text{ cm}$$

$$\sigma_a = \frac{\sigma_a}{\phi} = \frac{1850}{2,724} = 679,1$$

Maka besarnya lebar retak didapatkan :

$$W = \alpha \left( C_3 x d + C_4 \frac{dp}{\omega p} \right) \left( \sigma_a - \frac{C_5}{\omega p} \right) 10^{-6}$$

$$= 1 \left( 1,5 \times 8 + 0,04 \frac{2,211}{0,004} \right) \left( 679,1 - \frac{7,5}{0,004} \right) 10^{-6}$$

$$= -0,036 \text{ cm} \leq 0,01 \text{ cm} \rightarrow OK$$

### Perhitungan tulangan lapangan

$$Mu = 28756,05 \text{ kg.m}$$

$$= 2875605 \text{ kg.cm}$$

$$Ca = \frac{h}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times \sigma' a}}} = \frac{79,60}{\sqrt{\frac{17,5 \times 28755605}{60 \times 1850}}} = 3,738$$

Dengan melihat tabel Perhitungan Lentur Cara "n", untuk  $Ca = 3,738$  dengan  $\delta = 0,4$ , didapatkan :

$$\begin{array}{lll} \phi & = 2,208 & > \phi_0 = 0,915 \\ 100n\omega & = 8,072 & \\ \omega & = 0,0046 & \end{array} \quad \text{OK}$$

### **Luas tulangan tarik**

$$\begin{array}{lll} As & = \omega \times b \times h \\ & = 0,0046 \times 60 \times 79,60 \\ & = 22,03 \text{ cm}^2 \end{array}$$

Dipasang tulangan 6D22 ( As = 22,79 cm<sup>2</sup> )

### **Luas tulangan tekan**

$$\begin{array}{lll} As' & = \delta \times As \\ & = 0,4 \times 22,8 \\ & = 6,08 \text{ cm}^2 \end{array}$$

Dipasang tulangan 3D22 ( As = 11,398 cm<sup>2</sup> )

### **Luas tulangan samping**

$$\begin{array}{lll} Asd & = 10\% \times As \\ & = 10\% \times 22,8 \\ & = 2,28 \text{ cm}^2 \end{array}$$

Dipasang tulangan 2D16 ( As = 4,02 cm<sup>2</sup> )

### **Cek jarak tulangan**

Tulangan direncanakan hanya terdiri dari 1 baris yang berisi 4 tulangan, sehingga jarak tulangan sebesar :

$$\begin{aligned} s &= \frac{b - 2d - 2\phi - nD}{n - 1} \\ &= \frac{60 - 16 - 2,6 - 13,2}{5} = 5,64 \text{ cm} > 3,2 \text{ cm} \rightarrow OK \end{aligned}$$

### **Kontrol retak**

Berdasarkan PBI 1971 pasal 10.7.1b retak yang diijinkan 0,01 cm. Dengan menggunakan tabel 10.7.1 PBI 1971 maka didapatkan : C<sub>3</sub> = 1,50 ; C<sub>4</sub> = 0,04 ; C<sub>5</sub> = 7,5

$$\omega_p = \frac{A}{bh} = \frac{22,8}{60 \times 90} = 0,004$$

$$dp = 12,8 \times \sqrt{3,851} = 22,11 \text{ mm} = 2,211 \text{ cm}$$

$$\sigma_a = \frac{\sigma_a}{\phi} = \frac{1850}{2,208} = 837,9$$

Maka besarnya lebar retak didapatkan :

$$\begin{aligned} W &= \alpha \left( C_3 x d + C_4 \frac{dp}{\omega p} \right) \left( \sigma a - \frac{C_5}{\omega p} \right) 10^{-6} \\ &= 1 \left( 1,5 \times 8 + 0,04 \frac{2,211}{0,004} \right) \left( 837,9 - \frac{7,5}{0,004} \right) 10^{-6} \\ &= -0,031 \text{ cm} \leq 0,01 \text{ cm} \rightarrow OK \end{aligned}$$

### Kontrol dimensi balok

$$V = 21171,03 \text{ kg}$$

$$T = 2618,2 \text{ kg.m}$$

$$\tau_b = \frac{V}{b \times \frac{7}{8} \times h} = \frac{21171,03}{60 \times \frac{7}{8} \times 90} = 4,481 \text{ kg/cm}^2$$

Untuk  $ht > b$

$$\psi = 3 + \frac{2,6}{0,45 + \frac{h}{b}} = 3 + \frac{2,6}{0,45 + \frac{90}{60}} = 4,33$$

Tegangan geser puntir beton pada penampang balok persegi di tengah – tengah tepi penampang yang vertikal (**PBI'71 Pasal 11.8.1**) :

$$\tau'_b = \frac{\psi x T}{b^2 \times h} = \frac{4,33 \times 261820}{60^2 \times 90} = 3,502 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau_b + \tau'_b = 4,481 + 3,502 = 7,982 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau_{bm} = 1,62 \sqrt{350} = 30,31 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau_b + \tau' < \tau_{bm} \rightarrow OK$$

Ukuran balok 60/90 sudah memenuhi syarat

### **Perhitungan tulangan geser (sengkang)**

Tegangan beton yang diijinkan berdasarkan PBI '71 tabel 10.4.2 akibat geser oleh lentur dengan puntir, dengan tulangan geser :

Untuk pembebanan tetap :

$$\begin{aligned}\tau'_{bm-t} &= 1,35\sqrt{350} \\ &= 25,26 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

Untuk pembebanan sementara

$$\begin{aligned}\tau'_{bm-s} &= 2,12\sqrt{350} \\ &= 39,66 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

### **Sengkang di tumpuan balok (1/4L)**

$$\tau_b = \frac{(2 - 0,3)}{2} \times 4,481 = 3,809 \text{ kg/cm}^2$$

Direncanakan sengkang

Diameter = 13 mm

As = 1,327 cm<sup>2</sup>

Untuk 2 kaki = 2,653 cm<sup>2</sup>

$$as < \frac{As \times \sigma_a}{\tau_b \times b} = \frac{2,653 \times 1850}{3,809 \times 60} = 21,48 \text{ cm}$$

Berdasarkan PBI Pasal 9.3(6) didapat ketentuan jarak sengkang sebagai berikut,

$$a_s < 30 \text{ cm}$$

$$a_s < \frac{2}{3}h_t = \frac{2}{3}90 = 60 \text{ cm}$$

Maka dipasang tulangan geser D13 – 150

### **Sengkang didaerah >1/4L dari ujung balok :**

$$\tau_b = \frac{(1,7 - 0,85)}{1,7} \times 3,809 = 1,904 \text{ kg/cm}^2$$

Direncanakan sengkang

Diameter = 13 mm

As = 1,327 cm<sup>2</sup>

Untuk 2 kaki = 2,653 cm<sup>2</sup>

$$as < \frac{As \times \sigma_a}{\tau_b \times b} = \frac{2,653 \times 1850}{1,904 \times 60} = 42,96 \text{ cm}$$

Maka dipasang tulangan geser D13 – 250

### Panjang penyaluran

Untuk tulangan tarik, berdasarkan PBI'71 Pasal 8.6.2 diambil nilai terbesar dari persamaan berikut :

$$Ld = 0,07 \frac{A \sigma'_{au}}{\sqrt{\sigma'_{bk}}} > 0,0065 d_p \sigma_{au}$$

As tulangan D22 = 3,799 cm<sup>2</sup>

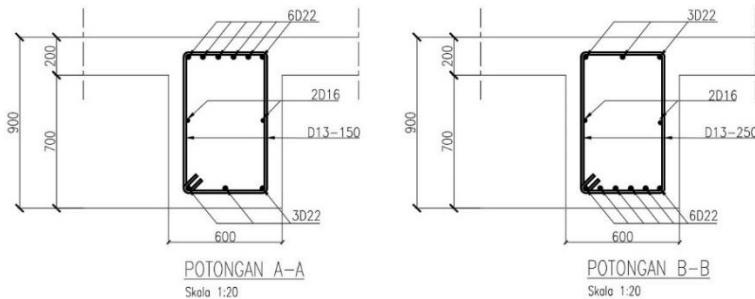
$$\begin{aligned} Ld &= 0,07 \frac{3,799 \times 3200}{\sqrt{350}} > 0,0065 \times 2,211 \times 3200 \\ &= 45,49 \text{ cm} < 45,98 \text{ cm} \end{aligned}$$

Maka panjang penyaluran dipakai 50 cm

Untuk tulangan tekan, berdasarkan PBI'71 Pasal 8.7.2 diambil nilai terbesar dari persamaan berikut :

$$\begin{aligned} Ld &= 0,09 \frac{D \sigma'_{au}}{\sqrt{\sigma'_{bk}}} > 0,005 d_p \sigma_{au} \\ &= 0,09 \frac{2,2 \times 3200}{\sqrt{350}} > 0,005 \times 2,211 \times 3200 \\ &= 33,87 \text{ cm} < 35,37 \text{ cm} \end{aligned}$$

Maka panjang penyaluran dipakai 40 cm



Gambar 6.14 Sketsa Penulangan Balok Memanjang *Trestle*

### Perhitungan Penulangan Balok Melintang

Data Perencanaan :

$$\begin{aligned}
 \text{Tinggi (H)} &= 90 \text{ cm} \\
 \text{Lebar (b)} &= 60 \text{ cm} \\
 \text{Cover (d)} &= 8 \text{ cm} \\
 h &= 90 - 8 - 1,3 - (2,2/2) \\
 &= 79,60 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Mutu beton

$$\begin{aligned}
 \sigma'_{bk} &= 350 \text{ kg/cm}^2 (K - 350) \\
 \sigma'_b &= 115,5 \text{ kg/cm}^2 \\
 E_b &= 1,2 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Mutu baja

$$\begin{aligned}
 \sigma_{au} &= 3200 \text{ kg (U - 32)} \\
 E_a &= 2,1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2 \\
 \sigma_a = \sigma'_a &= 1850 \text{ kg/cm}^2 \\
 \sigma_{au}^* &= 2780 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Diamter tulangan} &= 22 \text{ mm ( Utama )} \\
 &= 13 \text{ mm ( Geser ) }
 \end{aligned}$$

$$n = \frac{E_a}{E_b} = \frac{2100000}{120000} = 17,5$$

$$\phi_0 = \frac{\sigma_a}{n \times \sigma'_b} = \frac{1850}{17,5 \times 115,5} = 0,915$$

### Momen balok

Dalam perhitungan ini penulangan balok memanjang diambil berdasarkan gaya maksimum yang bekerja dari hasil SAP 2000 v.14. Lihat **Tabel 6**.

$$\begin{aligned} Mu &= 24257,02 \text{ kg.m (tumpuan)} \\ &= 11752,25 \text{ kg.m (lapangan)} \end{aligned}$$

### Perhitungan tulangan lapangan

$$Mu = 11752,25 \text{ kg.m}$$

$$= 1175225 \text{ kg.cm}$$

$$Ca = \frac{h}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times \sigma'_a}}} = \frac{79,60}{\sqrt{\frac{17,5 \times 1175225}{60 \times 1850}}} = 5,848$$

Dengan melihat tabel Perhitungan Lentur Cara “n”, untuk Ca = 5,848 dengan  $\delta = 0,4$ , didapatkan :

$$\phi = 3,642 > \phi_0 = 0,915 \quad \text{OK}$$

$$100n\omega = 3,128$$

$$\omega = 0,0018$$

### Luas tulangan tarik

$$\begin{aligned} As &= \omega \times b \times h \\ &= 0,0018 \times 60 \times 79,6 \\ &= 8,537 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan 4D22 ( As = 15,19 cm<sup>2</sup> )

### Luas tulangan tekan

$$\begin{aligned} As' &= \delta \times As \\ &= 0,4 \times 15,198 \\ &= 6,08 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan 2D22 ( As = 7,60 cm<sup>2</sup> )

### **Luas tulangan samping**

$$\begin{aligned} Asd &= 10\% \times As \\ &= 10\% \times 15,2 \\ &= 1,52 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan 2D16 (  $As = 4,02 \text{ cm}^2$  )

### **Cek jarak tulangan**

Tulangan direncanakan hanya terdiri dari 1 baris yang berisi 4 tulangan, sehingga jarak tulangan sebesar :

$$\begin{aligned} s &= \frac{b - 2d - 2\phi - nD}{n - 1} \\ &= \frac{60 - 16 - 2,6 - 13,2}{5} = 5,64 \text{ cm} > 3,2 \text{ cm} \rightarrow OK \end{aligned}$$

### **Kontrol retak**

Berdasarkan PBI 1971 pasal 10.7.1b retak yang diijinkan 0,01 cm. Dengan menggunakan tabel 10.7.1 PBI 1971 maka didapatkan :  $C_3 = 1,50$  ;  $C_4 = 0,04$  ;  $C_5 = 7,5$

$$\omega_p = \frac{A}{bh} = \frac{15,2}{60 \times 90} = 0,003$$

$$dp = 12,8 \sqrt{2,983} = 22,11 \text{ mm} = 2,211 \text{ cm}$$

$$\sigma_a = \frac{\sigma_u}{\phi} = \frac{1850}{3,642} = 507,96$$

Maka besarnya lebar retak didapatkan :

$$\begin{aligned} W &= \alpha \left( C_3 \times d + C_4 \frac{dp}{\omega_p} \right) \left( \sigma_a - \frac{C_5}{\omega_p} \right) 10^{-6} \\ &= 1 \left( 1,5 \times 8 + 0,04 \frac{2,211}{0,003} \right) \left( 507,96 - \frac{7,5}{0,0028} \right) 10^{-6} \\ &= -0,094 \text{ cm} \leq 0,01 \text{ cm} \rightarrow OK \end{aligned}$$

### **Perhitungan tulangan tumpuan**

$$Mu = 24257,02 \text{ kg.m}$$

$$= 2425702 \text{ kg.cm}$$

$$Ca = \frac{h}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times \sigma'_a}}} = \frac{79,60}{\sqrt{\frac{17,5 \times 2425702}{60 \times 1850}}} = 4,07$$

Dengan melihat tabel Perhitungan Lentur Cara “n”, untuk Ca = 4,072 dengan  $\delta = 0,4$ , didapatkan :

$$\phi = 2,438 > \phi_0 = 0,915 \quad \text{OK}$$

$$100n\omega = 6,642$$

$$\omega = 0,0038$$

### **Luas tulangan tarik**

$$\begin{aligned} As &= \omega \times b \times h \\ &= 0,0038 \times 60 \times 79,60 \\ &= 18,13 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan 6D22 ( As = 22,80 cm<sup>2</sup> )

### **Luas tulangan tekan**

$$\begin{aligned} As' &= \delta \times As \\ &= 0,4 \times 22,80 \\ &= 9,12 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan 3D22 ( As = 11,398 cm<sup>2</sup> )

### **Luas tulangan samping**

$$\begin{aligned} Asd &= 10\% \times As \\ &= 10\% \times 22,80 \\ &= 2,28 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan 2D16 ( As = 4,02 cm<sup>2</sup> )

### **Cek jarak tulangan**

Tulangan direncanakan hanya terdiri dari 1 baris yang berisi 4 tulangan, sehingga jarak tulangan sebesar :

$$s = \frac{b - 2d - 2\phi - nD}{n - 1}$$

$$= \frac{60 - 16 - 2,6 - 13,2}{5} = 5,64 \text{ cm} > 3,2 \text{ cm} \rightarrow OK$$

### Kontrol retak

Berdasarkan PBI 1971 pasal 10.7.1b retak yang diijinkan 0,01 cm.  
Dengan menggunakan tabel 10.7.1 PBI 1971 maka didapatkan :  $C_3 = 1,50$  ;  $C_4 = 0,04$  ;  $C_5 = 7,5$

$$\omega_p = \frac{A}{bh} = \frac{22,8}{60 \times 90} = 0,004$$

$$dp = 12,8 \times \sqrt{2,983} = 22,11 \text{ mm} = 2,211 \text{ cm}$$

$$\sigma_a = \frac{\sigma_a}{\phi} = \frac{1850}{2,438} = 758,82$$

Maka besarnya lebar retak didapatkan :

$$W = \alpha \left( C_3 x d + C_4 \frac{dp}{\omega_p} \right) \left( \sigma_a - \frac{C_5}{\omega_p} \right) 10^{-6}$$

$$= 1 \left( 1,5 \times 8 + 0,04 \frac{2,211}{0,004} \right) \left( 758,819 - \frac{7,5}{0,004} \right) 10^{-6}$$

$$= -0,034 \text{ cm} \leq 0,01 \text{ cm} \rightarrow OK$$

### Kontrol dimensi balok

$$V = 20445,42 \text{ kg}$$

$$T = 1058,82 \text{ kg.m}$$

$$\tau_b = \frac{V}{b \times \frac{7}{8} \times h} = \frac{20445,42}{60 \times \frac{7}{8} \times 90} = 4,327 \text{ kg/cm}^2$$

Untuk  $ht > b$

$$\psi = 3 + \frac{2,6}{0,45 + \frac{h}{b}} = 3 + \frac{2,6}{0,45 + \frac{90}{60}} = 4,33$$

Tegangan geser puntir beton pada penampang balok persegi di tengah – tengah tepi penampang yang vertikal (**PBI'71 Pasal 11.8.1**) :

$$\tau'_{b'} = \frac{\gamma x T}{b^2 x h} = \frac{4,33 \times 105882}{60^2 \times 90} = 1,416 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau_b + \tau'_{b'} = 4,327 + 1,416 = 5,743 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau_{bm} = 1,62\sqrt{350} = 30,31 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau_b + \tau' < \tau_{bm} \rightarrow OK$$

Ukuran balok 60/90 sudah memenuhi syarat

### **Perhitungan tulangan geser (sengkang)**

Tegangan beton yang diijinkan berdasarkan PBI '71 tabel 10.4.2 akibat geser oleh lentur dengan puntir, dengan tulangan geser :

Untuk pembebahan tetap :

$$\begin{aligned}\tau'_{bm-t} &= 1,35\sqrt{350} \\ &= 25,26 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

Untuk pembebahan sementara

$$\begin{aligned}\tau'_{bm-s} &= 2,12\sqrt{350} \\ &= 39,66 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

### **Sengkang di tumpuan balok (1/4L)**

$$\tau_b = \frac{(2 - 0,3)}{2} \times 4,327 = 3,678 \text{ kg/cm}^2$$

Direncanakan sengkang

Diameter = 13 mm

As = 1,327 cm<sup>2</sup>

Untuk 2 kaki = 2,653 cm<sup>2</sup>

$$as < \frac{As \times \sigma_a}{\tau_b \times b} = \frac{2,653 \times 1850}{3,467 \times 60} = 23,59 \text{ cm}$$

Maka dipasang tulangan geser D13 – 150

**Sengkang didaerah >1/4L dari ujung balok :**

$$\tau_b = \frac{(1,7 - 0,85)}{1,7} \times 3,678 = 1,839 \text{ kg/cm}^2$$

Direncanakan sengkang

Diameter = 13 mm

As = 1,327 cm<sup>2</sup>

Untuk 2 kaki = 2,653 cm<sup>2</sup>

$$as < \frac{As \times \sigma_a}{\tau_b \times b} = \frac{2,653 \times 1850}{1,839 \times 60} = 44,486 \text{ cm}$$

Maka dipasang tulangan geser D13 – 250

### Panjang penyaluran

Untuk tulangan tarik, berdasarkan PBI'71 Pasal 8.6.2 diambil nilai terbesar dari persamaan berikut :

$$Ld = 0,07 \frac{A \sigma'_{au}}{\sqrt{\sigma'_{bk}}} > 0,0065 d_p \sigma_{au}$$

As tulangan D22 = 3,799 cm<sup>2</sup>

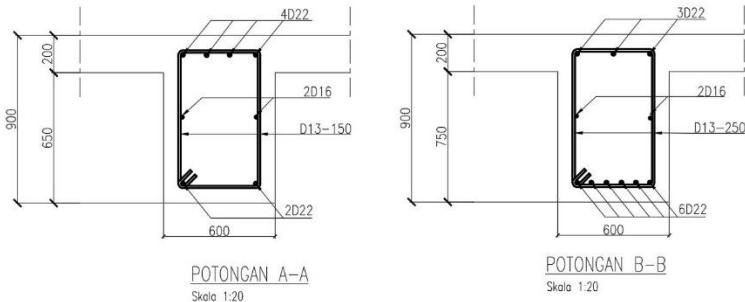
$$Ld = 0,07 \frac{3,799 \times 3200}{\sqrt{350}} > 0,0065 \times 2,211 \times 3200 \\ = 45,49 \text{ cm} > 45,98 \text{ cm}$$

Maka panjang penyaluran dipakai 50 cm

Untuk tulangan tekan, berdasarkan PBI'71 Pasal 8.7.2 diambil nilai terbesar dari persamaan berikut :

$$Ld = 0,09 \frac{D \sigma'_{au}}{\sqrt{\sigma'_{bk}}} > 0,005 d_p \sigma_{au} \\ = 0,09 \frac{2,2 \times 3200}{\sqrt{350}} < 0,005 \times 2,211 \times 3200 \\ = 33,87 \text{ cm} < 35,37 \text{ cm}$$

Maka panjang penyaluran dipakai 40 cm

Gambar 6.15 Sketsa Penulangan Balok Melintang *Trestle*

### 6.1.7 Perencanaan Poer

Struktur *poer* berfungsi sebagai penyambung antara ujung atas tiang pancang dengan balok memanjang maupun melintang. Pada perencanaan ini, adapun dimensi dan tipe *poer* adalah:

- Poer tunggal = 150 x 150 x 80 cm
- Poer ganda = 300 x 150 x 80 cm

#### a. Penulangan Poer Tunggal

Data Perencanaan :

Tinggi (H)	= 80 cm
Lebar (b)	= 150 cm
Panjang (l)	= 150 cm
Cover (d)	= 8 cm
hx	= $80 - 8 - (2,2/2)$ = 70,9 cm
hy	= $80 - 8 - 2,2 - (2,2/2)$ = 68,7 cm

Mutu beton

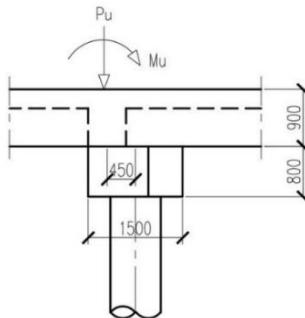
$$\begin{aligned}\sigma'_{bk} &= 350 \text{ kg/cm}^2 (K - 350) \\ \sigma'_b &= 115,5 \text{ kg/cm}^2 \\ E_b &= 1,2 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

Mutu baja

$$\begin{aligned}\sigma_{au} &= 3200 \text{ kg (U - 32)} \\ Ea &= 2,1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_a &= \sigma'_a & = 1850 \text{ kg/cm}^2 \\ \sigma_{au}^* & & = 2780 \text{ kg/cm}^2 \\ \text{Diameter tulangan} & & = 22 \text{ mm} \\ n &= \frac{Ea}{Eb} = \frac{2100000}{120000} = 17,5 \\ \phi_0 &= \frac{\sigma_a}{n \times \sigma'^b} = \frac{1850}{17,5 \times 115,5} = 0,915\end{aligned}$$

Dari perhitungan program SAP 2000 didapat gaya yang bekerja pada poer, kemudian dengan asumsi pelaksanaan yang sulit maka direncanakan terjadi eksentrisitas pada poer seperti terlihat pada Gambar 6.16.



Gambar 6.16 Eksentrisitas Poer Tunggal

### Gaya – gaya yang terjadi pada poer tunggal

$$\begin{aligned}P_u &= 122780,13 \text{ kg} \\ M_x &= 24257,02 \text{ kg.m} \\ M_y &= 19654,03 \text{ kg.m} \\ e &= 0,45 \text{ m} \\ M_x &= e \times P_u + M_x \\ &= 0,45 \times 122780,13 + 38422,87 \\ &= 79508,078 \text{ kg.m} \quad = 7950808 \text{ kg.cm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 My &= e \cdot x \cdot Pu + Mu \\
 &= 0,45 \cdot x 122780,13 + 19654,03 \\
 &= 74905,088 \text{ kg.m} \quad = 7490508,85 \text{ kg.cm}
 \end{aligned}$$

### Penulangan poer arah x

$$Ca = \frac{hx}{\sqrt{\frac{nxM}{bx\sigma'_a}}} = \frac{70,75}{\sqrt{\frac{17,5 \cdot x 7950807,9}{150 \cdot x 1850}}} = 3,159$$

Dengan melihat tabel Perhitungan Lentur Cara "n", untuk Ca = 3,159 dengan  $\delta = 1$ , didapatkan :

$$\phi = 2,102 \quad > \phi_0 = 0,915 \quad \text{OK}$$

$$100n\omega = 11,32$$

$$\omega = 0,0065$$

### Luas tulangan yang dibutuhkan

$$\begin{aligned}
 As &= \omega \cdot b \cdot h \\
 &= 0,0065 \cdot 150 \cdot x 70,75 \\
 &= 68,64 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan D25 – 100 ( As = 73,593 cm<sup>2</sup> )

### Luas tulangan samping

$$\begin{aligned}
 Asd &= 10\% \cdot As \\
 &= 10\% \cdot 73,594 \\
 &= 7,359 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan 2D25 ( As = 9,8125 cm<sup>2</sup> )

### Penulangan poer arah y

$$Ca = \frac{hy}{\sqrt{\frac{nxM}{bx\sigma'_a}}} = \frac{68,25}{\sqrt{\frac{17,5 \cdot x 7490508,9}{150 \cdot x 1850}}} = 3,140$$

Dengan melihat tabel Perhitungan Lentur Cara "n", untuk Ca = 3,140 dengan  $\delta = 1$ , didapatkan :

$$\phi = 2,143 \quad > \phi_0 = 0,915 \quad \text{OK}$$

$$\begin{aligned}100n\omega &= 10,63 \\ \omega &= 0,0062\end{aligned}$$

### **Luas tulangan yang dibutuhkan**

$$\begin{aligned}As &= \omega \times b \times h \\ &= 0,0062 \times 150 \times 68,25 \\ &= 63,355 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

Dipasang tulangan D25 – 100 ( As = 73,593 cm<sup>2</sup> )

### **Luas tulangan samping**

$$\begin{aligned}Asd &= 10\% \times As \\ &= 10\% \times 73,594 \\ &= 7,359 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

Dipasang tulangan 2D25 ( As = 9,813 cm<sup>2</sup> )

- **Kontrol Retak**

Berdasarkan PBI 1971 pasal 10.7.1b retak yang diijinkan 0,01 cm. Dengan menggunakan tabel 10.7.1 PBI 1971 maka didapatkan : C<sub>3</sub> = 1,50 ; C<sub>4</sub> = 0,04 ; C<sub>5</sub> = 7,5

$$\omega_p = \frac{A}{bh} = \frac{73,59}{150 \times 68,25} = 0,0072$$

$$dp = 12,8x\sqrt{2,983} = 22,11 \text{ mm} = 2,211 \text{ cm}$$

$$\sigma_a = \frac{\sigma_a}{\phi} = \frac{1850}{2,143} = 863,275$$

Maka besarnya lebar retak didapatkan :

$$\begin{aligned}W &= \alpha \left( C_3 \times d + C_4 \frac{dp}{\omega_p} \right) \left( \sigma_a - \frac{C_5}{\omega_p} \right) 10^{-6} \\ &= 1 \left( 1,5 \times 8 + 0,04 \frac{2,211}{0,0072} \right) \left( 863,275 - \frac{7,5}{0,0072} \right) 10^{-6} \\ &= -0,043 \text{ cm} \leq 0,01 \text{ cm} \rightarrow OK\end{aligned}$$

- **Kontrol Geser Spons**

$$\bar{\tau}_{bp} = \frac{P_{max}}{\pi(c + h_t)h_t} \leq \bar{\tau}_{bm}$$

Dimana:

$\tau_{bm}$  = tegangan aktual yang terjadi pada beton

$P_{max}$  = gaya aksial maksimum yang bekerja pada tiang  
pancang (122,78 t)

c = diameter tiang pancang (81,28 cm)

ht = tinggi total pile cap (80 cm)

$\tau_{bpm}$  = tegangan ijin beton

Sehingga tegangan geser pons akibat beban kerja adalah,

$$\bar{\tau}_{bpm} = 1,3 \sqrt{\sigma'_{bk}} = 1,3\sqrt{350} = 24,321 \text{ kg/cm}^2$$

$$\bar{\tau}_{bp} = \frac{122780}{\pi(81,28 + 80)80} \leq \bar{\tau}_{bpm}$$

$$\bar{\tau}_{bp} = 3,029 \text{ kg/cm}^2 \leq \bar{\tau}_{bpm} = 24,321 \text{ kg/cm}^2 \dots \text{OK}$$

Karena geser pons yang terjadi lebih kecil dari tegangan izin beton, maka pile cap dikatakan aman dari gaya pons.

- **Kontrol kekuatan tulangan terhadap gaya tarik pada sambungan antara pile-poer-balok**

Tulangan harus dicek kemampuannya dalam menahan gaya aksial (P) tekan sebesar yang terjadi pada tiang sebesar 122,78 ton. Beberapa hal yang harus dicek antara lain

- Kekuatan tarik dari tulangan yang berada didalam steel pipe pile (10D25, fy = 320 MPa) :

-  $P_{nt}$  (kekuatan tarik tulangan =  $A_s \cdot n \cdot f_y \cdot \emptyset$ )

- Dimana  $\emptyset = 0.8$  (SNI 2847 2002, 11.3.2,  $\emptyset$  untuk axial tension atau  $P_{tarik}$ )

-  $P_{nt} = 490,63 \times 10 \times 320 \times 0,8 = 1256000 \text{ N} = 125,6 \text{ ton}$

-  $P_{nt} > P_{tekan} = 125,6 \text{ ton} > 122,78 \text{ ton} \dots \text{OK}$

- Panjang penyaluran tulangan steel pipe pile ke dalam poer (10D25, L=600 mm)

$$- P_{tekan} = 122,78 \text{ ton} = 1227801,3 \text{ N}$$

$$- fr = 0,7\sqrt{fc'} = 0,7\sqrt{29,05} = 3,773$$

$$- L = \frac{P_{tension}}{n \times \pi \times D \times fr} < L_{pasang}$$

$$= \frac{1227801,3}{10 \times 3,14 \times 25 \times 3,773} = 414,56 \text{ mm} < 600 \text{ mm} \rightarrow OK$$

- Kekuatan tarik angker pada poer ke balok (10D25, fy = 320 MPa)

1.  $P_{nt}$  (kekuatan tarik tulangan = As . n . fy . Ø)

2. Dimana  $\Ø = 0,8$  (SNI 2847 2002, 11.3.2 , Ø untuk axial tension atau  $P_{tarik}$ )

3.  $P_{nt} = 490.625 \times 10 \times 320 \times 0,8 = 1256000 \text{ N} = 125,6 \text{ ton}$

4.  $P_{nt} > P_{tekan} = 125,6 \text{ ton} > 122,78 \text{ ton} \dots OK$

- Panjang penyaluran dari poer ke balok (10D25, L=600 mm)

- $P_{tekan} = 122,78 \text{ ton} = 1227801,3 \text{ N}$

- $fr = 0,7\sqrt{fc'} = 0,7\sqrt{29,05} = 3,773$

- $L = \frac{P_{tension}}{n \times \pi \times D \times fr} < L_{pasang}$

$$= \frac{1227801,3}{10 \times 3,14 \times 25 \times 3,773} = 414,56 \text{ mm} < 600 \text{ mm} \rightarrow OK$$

#### • Kontrol kemampuan beton pada tiang

Sambungan antara steel pile dan pile cap menggunakan beton mutu K350. Jadi, mutu beton yang digunakan harus dicek terhadap gaya tarik aktual yang terjadi. Tegangan beton yang diijinkan untuk menerima tarik pada pembebanan tetap beton K350 adalah :

$$\sigma_b = 0,48\sqrt{\sigma_{bk}} = 0,48\sqrt{350} = 8,98 \text{ kg/cm}^2$$

Tegangan tarik ijin diatas yang akan digunakan untuk mengontrol gaya tarik aksial pada beton.

$$\begin{aligned} As &= \pi \times D \times h \\ &= 3,14 \times 81,82 \times 100 \\ &= 25521,92 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{bi} &= \sigma_b \times As \\ &= 8,98 \times 25521,92 \\ &= 229186,27 \text{ kg} = 229,186 \text{ ton} > 122,78 \text{ ton ....OK} \end{aligned}$$

- Kontrol kekuatan tulangan dan beton pada sambungan antara pile-pilecap-balok dalam menerima gaya geser**

Gaya horisontal maksimum (*Shear Force*) pada tiang pancang 21,171 ton = 211710,3 N (*frame 73*). Beberapa hal yang perlu dikontrol antara lain :

- Tegangan geser beton dan pelat, serta kekuatan beton menerima gaya horisontal.

$$\begin{aligned} V_n &= n \times L \times D \times f_c' \\ &= 10 \times 600 \times 25 \times 29,05 \\ &= 4357500 \text{ N} > 211710,3 \text{ N.....OK} \end{aligned}$$

### b. Penulangan Poer Ganda

Data Perencanaan :

$$\begin{aligned} \text{Tinggi (H)} &= 80 \text{ cm} \\ \text{Lebar (b)} &= 150 \text{ cm} \\ \text{Panjang (l)} &= 300 \text{ cm} \\ \text{Cover (d)} &= 8 \text{ cm} \\ hy &= 80 - 8 - (2,5/2) \\ &= 70,75 \text{ cm} \\ hx &= 80 - 8 - 2,5 - (2,5/2) \\ &= 68,25 \text{ cm} \end{aligned}$$

Mutu beton

$$\begin{aligned} \sigma'_{bk} &= 350 \text{ kg/cm}^2 (K - 350) \\ \sigma'_b &= 115,5 \text{ kg/cm}^2 \\ E_b &= 1,2 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Mutu baja

$$\sigma_{au} = 3200 \text{ kg (U - 32)}$$

$$Ea = 2,1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_a = \sigma'_{a'} = 1850 \text{ kg/cm}^2$$

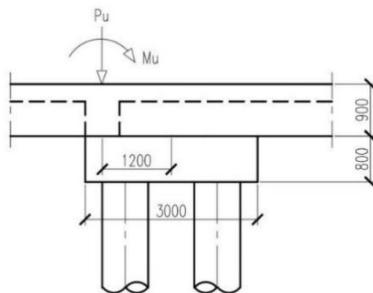
$$\sigma_{au}^* = 2780 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Diamter tulangan} = 25 \text{ mm}$$

$$n = \frac{Ea}{Eb} = \frac{2100000}{120000} = 17,5$$

$$\phi_0 = \frac{\sigma_a}{n \times \sigma'_{b'}} = \frac{1850}{17,5 \times 115,5} = 0,915$$

Dari perhitungan program SAP 2000 didapat gaya yang bekerja pada poer, kemudian dengan asumsi pelaksanaan yang sulit maka direncanakan terjadi eksentrisitas pada poer seperti terlihat pada Gambar 6.17.



Gambar 6.17 Eksentrisitas Poer Ganda

### Gaya – gaya yang terjadi pada poer ganda

$$P_u = 1227780,1 \text{ kg}$$

$$Mx = 24257,02 \text{ kg.m}$$

$$My = 19654,03 \text{ kg.m}$$

$$ex = 1,2 \text{ m}$$

$$ey = 0,45 \text{ m}$$

$$Mx = e \times P_u + Mx$$

$$= 1,2 \times 1227780,1 + 24257,02$$

$$= 171593,2 \text{ kg.m} \quad = 17159317,6 \text{ kg.cm}$$

$$\begin{aligned}
 My &= e \times Pu + My \\
 &= 0,45 \times 122780,1 + 19654,03 \\
 &= 74905,09 \text{ kg.m} \quad = 7490508,85 \text{ kg.cm}
 \end{aligned}$$

### Penulangan poer arah x

$$Ca = \frac{hx}{\sqrt{nxM}} = \frac{70,75}{\sqrt{\frac{17,5 \times 17159318}{300 \times 1850}}} = 3,042$$

Dengan melihat tabel Perhitungan Lentur Cara "n", untuk Ca = 3,042 dengan  $\delta = 1$ , didapatkan :

$$\begin{aligned}
 \phi &= 2,034 &> \phi_0 &= 0,915 && \text{OK} \\
 100n\omega &= 12,02 \\
 \omega &= 0,0069
 \end{aligned}$$

### Luas tulangan yang dibutuhkan

$$\begin{aligned}
 As &= \omega \times b \times h \\
 &= 0,0069 \times 300 \times 70,75 \\
 &= 145,8 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan D25 – 100 ( As = 147,19 cm<sup>2</sup> )

### Luas tulangan samping

$$\begin{aligned}
 Asd &= 10\% \times As \\
 &= 10\% \times 147,19 \\
 &= 14,718 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan 4D25 ( As = 19,625 cm<sup>2</sup> )

### Penulangan poer arah y

$$Ca = \frac{hy}{\sqrt{nxM}} = \frac{68,25}{\sqrt{\frac{17,5 \times 7490508,9}{150 \times 1850}}} = 3,140$$

Dengan melihat tabel Perhitungan Lentur Cara "n", untuk Ca = 3,140 dengan  $\delta = 1$ , didapatkan :

$$\phi = 2,105 > \phi_0 = 0,915 \quad \text{OK}$$

$$\begin{aligned}100n\omega &= 11,23 \\ \omega &= 0,0064\end{aligned}$$

### **Luas tulangan yang dibutuhkan**

$$\begin{aligned}As &= \omega \times b \times h \\ &= 0,0064 \times 150 \times 68,25 \\ &= 65,7 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

Dipasang tulangan D25 - 200 ( As = 73,593 cm<sup>2</sup> )

### **Luas tulangan samping**

$$\begin{aligned}Asd &= 10\% \times As \\ &= 10\% \times 73,59 \\ &= 7,359 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

Dipasang tulangan 2D25 ( As = 9,813 cm<sup>2</sup> )

- **Kontrol Retak**

Berdasarkan PBI 1971 pasal 10.7.1b retak yang diijinkan 0,01 cm. Dengan menggunakan tabel 10.7.1 PBI 1971 maka didapatkan : C<sub>3</sub> = 1,50 ; C<sub>4</sub> = 0,04 ; C<sub>5</sub> = 7,5

$$\alpha_p = \frac{A}{bh} = \frac{73,59}{150 \times 68,25} = 0,0072$$

$$dp = 12,8 \times \sqrt{2,983} = 22,11 \text{ mm} = 2,211 \text{ cm}$$

$$\sigma_a = \frac{\sigma_a}{\phi} = \frac{1850}{2,143} = 863,275$$

Maka besarnya lebar retak didapatkan :

$$\begin{aligned}W &= \alpha \left( C_3 \times d + C_4 \frac{dp}{\alpha p} \right) \left( \sigma_a - \frac{C_5}{\alpha p} \right) 10^{-6} \\ &= 1 \left( 1,5 \times 8 + 0,04 \frac{2,211}{0,0072} \right) \left( 863,275 - \frac{7,5}{0,0072} \right) 10^{-6} \\ &= -0,043 \text{ cm} \leq 0,01 \text{ cm} \rightarrow OK\end{aligned}$$

- **Kontrol Geser Spons**

$$\bar{\tau}_{bp} = \frac{P_{max}}{\pi(c + h_t)h_t} \leq \bar{\tau}_{bm}$$

Dimana:

$\tau_{bm}$  = tegangan aktual yang terjadi pada beton

$P_{max}$  = gaya aksial maksimum yang bekerja pada tiang  
pancang (122,78 t)

c = diameter tiang pancang (81,28 cm)

ht = tinggi total pile cap (80 cm)

$\tau_{bpm}$  = tegangan ijin beton

Sehingga tegangan geser pons akibat beban kerja adalah,

$$\bar{\tau}_{bpm} = 1,3 \sqrt{\sigma'_{bk}} = 1,3\sqrt{350} = 24,321 \text{ kg/cm}^2$$

$$\bar{\tau}_{bp} = \frac{122780}{\pi(81,28 + 80)80} \leq \bar{\tau}_{bpm}$$

$$\bar{\tau}_{bp} = 3,029 \text{ kg/cm}^2 \leq \bar{\tau}_{bpm} = 24,321 \text{ kg/cm}^2 \dots \text{OK}$$

Karena geser pons yang terjadi lebih kecil dari tegangan izin beton, maka pile cap dikatakan aman dari gaya pons.

- Kontrol kekuatan tulangan terhadap gaya tarik pada sambungan antara pile-poer-balok**

Tulangan harus dicek kemampuannya dalam menahan gaya aksial (P) tekan sebesar yang terjadi pada tiang sebesar 122,78 ton. Beberapa hal yang harus dicek antara lain

- Kekuatan tarik dari tulangan yang berada didalam steel pipe pile (10D25, fy = 320 MPa) :

$$P_{nt} (\text{kekuatan tarik tulangan} = A_s \cdot n \cdot f_y \cdot \emptyset)$$

Dimana  $\emptyset = 0.8$  (SNI 2847 2002, 11.3.2 ,  $\emptyset$  untuk axial tension atau  $P_{tarik}$ )

$$P_{nt} = 490,63 \times 10 \times 320 \times 0,8 = 1256000 \text{ N} = 125,6 \text{ ton}$$

$$P_{nt} > P_{tekan} = 125,6 \text{ ton} > 122,78 \text{ ton} \dots \text{OK}$$

- Panjang penyaluran tulangan steel pipe pile ke dalam poer (10D25, L=600 mm)

$$P_{tekan} = 122,78 \text{ ton} = 1227801,3 \text{ N}$$

$$fr = 0,7\sqrt{fc'} = 0,7\sqrt{29,05} = 3,773$$

$$\begin{aligned}
 L &= \frac{P_{tension}}{n \times \pi \times D \times fr} < L_{pasang} \\
 &= \frac{1227801,3}{10 \times 3,14 \times 25 \times 3,773} = 414,56 \text{ mm} < 600 \text{ mm} \rightarrow OK
 \end{aligned}$$

- Panjang penyaluran dari poer ke balok (10D25, L=600 mm)

$$P_{tekan} = 122,78 \text{ ton} = 1227801,3 \text{ N}$$

$$fr = 0,7\sqrt{fc'} = 0,7\sqrt{29,05} = 3,773$$

$$\begin{aligned}
 L &= \frac{P_{tension}}{n \times \pi \times D \times fr} < L_{pasang} \\
 &= \frac{1227801,3}{10 \times 3,14 \times 25 \times 3,773} = 414,56 \text{ mm} < 600 \text{ mm} \rightarrow OK
 \end{aligned}$$

- Kontrol kemampuan beton pada tiang**

Sambungan antara *steel pile* dan pile cap menggunakan beton mutu K350. Jadi, mutu beton yang digunakan harus dicek terhadap gaya tarik aktual yang terjadi. Tegangan beton yang diijinkan untuk menerima tarik pada pembebanan tetap beton K350 adalah :

$$\sigma_b = 0,48\sqrt{\sigma_{bk}} = 0,48\sqrt{350} = 8,98 \text{ kg/cm}^2$$

Tegangan tarik ijin diatas yang akan digunakan untuk mengontrol gaya tarik aksial pada beton.

$$\begin{aligned}
 As &= \pi \times D \times h \\
 &= 3,14 \times 81,82 \times 100 \\
 &= 25521,92 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \sigma_{bi} &= \sigma_b \times As \\
 &= 8,98 \times 25521,92 \\
 &= 229186,27 \text{ kg} = 229,186 \text{ ton} > 122,78 \text{ ton} ....OK
 \end{aligned}$$

- Kontrol kekuatan tulangan dan beton pada sambungan antara pile-pilecap-balok dalam menerima gaya geser**

Gaya horisontal maksimum (*Shear Force*) pada tiang pancang 21,171 ton = 211710,3 N (*frame 73*). Beberapa hal yang perlu dikontrol antara lain :

- Tegangan geser beton dan pelat, serta kekuatan beton menerima gaya horisontal.

$$\begin{aligned}
 V_n &= n \times L \times D \times f_c' \\
 &= 10 \times 600 \times 25 \times 29,05 \\
 &= 4357500 \text{ N} \quad > 211710,3 \text{ N.....OK}
 \end{aligned}$$

### 6.1.8 Perencanaan Pondasi

Pondasi yang digunakan untuk dermaga batubara di gorontalo ini adalah tiang pancang baja (*Steel Pipe Pile*). Berikut merupakan hasil gaya dalam pada tiang pancang baja :

Tabel 6.7 Rekapitulasi Gaya Dalam Pada Tiang Pancang

Frame	Beban	Kombinasi	Besar	Satuan
89	P (Tekan)	DD + LL + 1 Ex + 0,3 Ey	-122,78	Ton
102	P (Tarik)	-	-	Ton
65	V2	DD + LL + 1 Ex + 0,3 Ey	21,171	Ton
38	V3	DD + LL + 0,3 Ex + 1 Ey	23,778	Ton
106	M2	DD + LL + 1 Ex + 0,3 Ey	43,421	Ton.m
66	M3	DD + LL + SD	37,273	Ton.m
Joint 23	U	DD + LL + 1 Ex + 0,3 Ey	28,67	mm

(Sumber : Analisa SAP 2000 v.14)

#### • Data Spesifikasi Tiang Pancang

Spesifikasi tiang pancang baja PT. Swarna Bajapasic yang digunakan adalah sebagai berikut :

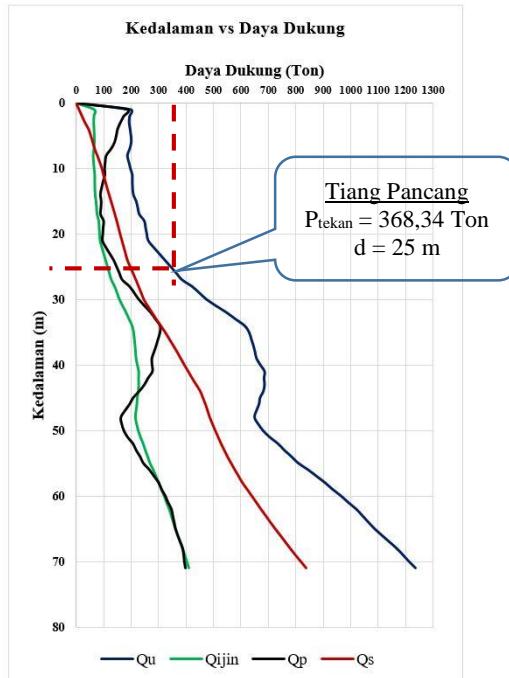
Diameter tiang	: 812,8 mm
Tebal tiang	: 16 mm
Luas penampang (A)	: 400,5 cm <sup>2</sup>
Berat (W)	: 314,39 kg/m
<i>Momen Inersia</i> (I)	: 318 x 10 <sup>3</sup> cm <sup>4</sup>
<i>Modulus of section</i> (Z)	: 782 x 10 cm <sup>3</sup>

*Point of fixty (Z<sub>f</sub>)* : 8,11 m  
 Jumlah titik : 24 titik

- **Perhitungan kebutuhan kedalaman tiang pancang**

Pada perencanaan struktur *trestle*, konfigurasi tiang pancang digunakan tiang pancang tegak dan miring. Hasil analisis gaya dalam yang terjadi pada tiang pancang dapat dilihat pada Gambar 6.18 dan Gambar 6.19.

### Metode Luciano Decourt (1982)



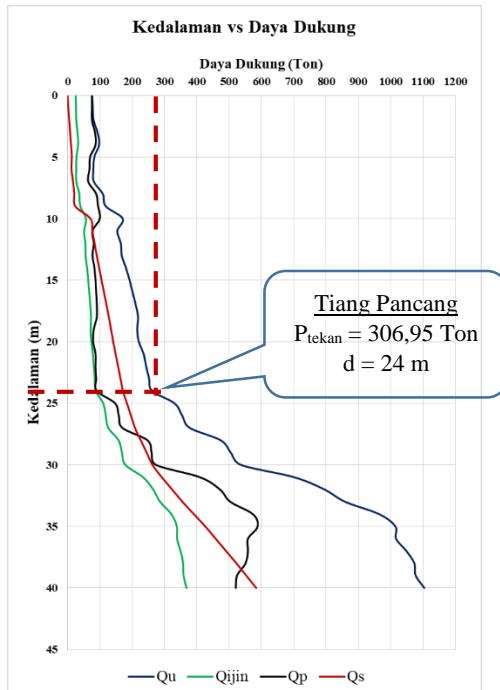
Gambar 6.18 Grafik kedalaman vs daya dukung tanah  
 (Metode Luciano Decourt)

Untuk tiang tekan :

$$Q_p = 122,78 \times 3 = 368,34 \text{ Ton}$$

Dengan gaya tekan tersebut maka dibutuhkan kedalaman tiang minimum sedalam -25 m di bawah seabed atau -29,8 mLWS.

### Metode OCDI (2002)



Gambar 6.19 Grafik kedalaman vs daya dukung tanah  
(Metode OCDI)

Untuk tiang tekan :

$$Q_p = 122,78 \times 2,5 = 306,95 \text{ Ton}$$

Dengan gaya tekan tersebut maka dibutuhkan kedalaman tiang minimum sedalam -24 m di bawah seabed atau -28,8 mLWS. Dari perbandingan kedua metode, didapat kedalaman tiang pancang paling dalam adalah -29,8 mLWS berdasarkan perhitungan

*Luciano Decourt.* Sehingga pada perhitungan selanjutnya digunakan metode *Luciano Decourt* (1982).

- **Kontrol defleksi**

Kontrol defleksi bertujuan untuk melihat defleksi maksimum pada bangunan yang harus kurang dari defleksi izin. Untuk defleksi horizontal izin dapat dilihat pada “*BS 6349-2:2010 tabel 1*” sebesar 100 mm

Defleksi yang terjadi	< defleksi izin
28,67 mm	< 100 mm ..... OK

- **Kontrol momen**

Kontrol momen bertujuan untuk mengecek apakah momen bahan tiang pancang lebih besar dari momen ultimate sehingga tiang pancang baja tidak mengalami retak atau leleh.

$$\begin{aligned}
 \text{Mu bahan} &= f_y \times S \\
 &= f_y \times 1,5 \times Z \\
 &= 2500 \times 1,5 \times 7820 \\
 &= 29325000 \text{ kg.cm} \\
 &= 293,25 \text{ ton.m}
 \end{aligned}$$

Cek, Mu aktual < Mu bahan

$$\begin{aligned}
 M_2 &= 43,421 \text{ ton.m} < 293,25 \text{ ton.m} \dots \text{OK} \\
 M_3 &= 37,273 \text{ ton.m} < 293,25 \text{ ton.m} \dots \text{OK}
 \end{aligned}$$

- **Daya dukung tiang akibat beban horisontal**

Beban yang dipikul oleh tiang pancang tidak hanya beban vertikal tetapi juga beban horizontal. Oleh karena itu perlu dilakukan pengecekan ketahanan tiang pancang terhadap beban horizontal. Gaya horizontal yang terjadi (hasil SAP 2000) harus lebih kecil dari gaya horizontal yang mampu dipikul bahan ( $H_u$ ).

*Fixed – headed pile :*

$$H_u = \frac{2Mu}{e + Zf}$$

Dimana :  $M_u$  = Momen ultimate bahan ( 293,25 t.m )  
 $e$  = Jarak antar lateral load yang bekerja

$$\begin{aligned}
 & \text{dengan muka tanah ( } 11 + 3 = 14 \text{ )} \\
 Zf &= \text{Titik jepit ( } 8,5 \text{ m )} \\
 Hu &= \frac{2 \times Mu}{e + Zf} = \frac{2 \times 293,25}{12,7 + 8,1} = 28,197 \text{ ton} \\
 \text{Hu yang terjadi} &: \\
 V2 = 19,84 \text{ ton} &< 28,197 \text{ ton.....OK} \\
 V3 = 23,78 \text{ ton} &< 28,197 \text{ ton.....OK}
 \end{aligned}$$

- **Kontrol kekuatan bahan**

Tegangan yang terjadi akibat beban aksial (P) dan momen (M) pada tiang yang didapat dari analisa SAP 2000 v.14 harus lebih kecil dari tegangan ijin tiang pancang (fy). Tegangan pada tiang pancang dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \sigma &= \frac{P}{A} \pm \frac{M}{W} \\
 &= \frac{122780}{0,04005} + \frac{37,273}{314,39} \\
 &= 3065668 \text{ kg} / \text{m}^2 \\
 &= 306,567 \text{ kg} / \text{cm}^2 < 2500 \text{ kg} / \text{cm}^2 \rightarrow OK
 \end{aligned}$$

- **Kontrol kuat tekuk**

$$\begin{aligned}
 P_{cr} &= \frac{\pi^2 x EI}{(Zf + e)^2} \\
 &= \frac{3,14^2 x 2100000 x 318000}{(850+1270)^2} \\
 &= 1521875 \text{ kg} \\
 &= 1521,875 \text{ ton} > 122,78 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

- **Kemampuan tiang berdiri sendiri**

Tiang pancang pada saat pelaksanaan harus dikontrol terhadap frekuensi gelombang. Sehingga tiang akan stabil walaupun pada saat berdiri sendiri.  $\omega$  gelombang diambil sebesar  $1/T$ . Adapun cara menghitung  $\omega$  tiang adalah dengan perumusan berikut :

$$\omega_t = 1,73 \sqrt{\frac{EI}{wi^3}} > \omega$$

Dimana,

$$E = 2100000 \text{ kg/cm}^2$$

$$I = 318000 \text{ cm}^4$$

$$w = \text{berat tiang (kg)}$$

$$= 314,4 \times 31,1$$

$$= 9777,5 \text{ kg}$$

$$i = 31,1 \text{ m}$$

$$g = 9,8 \text{ m}^2/\text{dt}$$

$$= 980 \text{ cm}^2/\text{dt}$$

$$\begin{aligned}\omega_t &= 1,73 \sqrt{\frac{EI}{wi^3}} > \omega \\ &= 1,73 \sqrt{\frac{2100000 \times 318000}{\frac{9777,5 \times 31,1^2}{980}}} = 2,581 \text{ s} > 0,14 \text{ s} \rightarrow OK\end{aligned}$$

Jadi dapat disimpulkan bahwa tiang pancang tegak dan tiang pancang miring stabil terhadap frekuensi gelombang dan bisa berdiri sendiri.

- **Kalendering**

Data dan asumsi awal perhitungan kalendering sebagai berikut :

$$H'_{\text{hemmer}} = 2,00 \text{ m} \text{ (*hydraulic hammer*)}$$

$$\emptyset_{\text{tiang}} = 81,28 \text{ cm}$$

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

$$Q_u = P_u \times SF = 122,78 \times 3 = 368,3 \text{ ton}$$

$$W = 10 \text{ ton}$$

$$\alpha = 1,732 \text{ (*hydraulic hammer*)}$$

$$L = 29,6 + 1,1 + 0,4 = 31,1 \text{ m}$$

$$W_p = W \times L$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,314 \times 31,1 = 9,777 \text{ ton} \\
 n_{\text{hammer}} &= 0,55 (\text{ hammer on steel pile without cushion }) \\
 S &= \text{set/pile penetration for last blow (cm)} \\
 C_1 &= 5 \text{ mm (Kompresi sementara dari cushion)} \\
 C_2 &= 10 \text{ mm (steel pipe pile)} \\
 C_3 &= 5 \text{ mm (soft ground SPT)} \\
 C &= C_1 + C_2 + C_3 \\
 &= 5 + 10 + 5 \\
 &= 20 \text{ mm} \quad = 0,02 \text{ m} \\
 Qu &= \frac{\alpha W H}{S + 0,5 C} \frac{W + n^2 W_p}{W + W_p} \\
 368,3 &= \frac{1,732 \times 10 \times 2}{S + 0,5 \times 0,02} \frac{10 + 0,303 \times 9,77}{10 + 9,77} \\
 368,3 &= \frac{34,64}{S + 0,01} 0,655 \\
 S &= 0,051 \text{ m} \\
 &= 51,61 \text{ mm} \rightarrow \text{Setting kelendering}
 \end{aligned}$$

Jadi setting kalendering yang digunakan sebesar 51,61 mm

- **Cek PMM Ratio**

Perhitungan kapasitas tiang pancang baja tambahan diameter 812 mm tebal 16 mm yang digunakan dalam perencanaan dermaga NPK adalah sebagai berikut:

Property Data			
Section Name	812_16		
Properties			
Cross-section (axial) area	400.1132	Section modulus about 3 axis	7808.5154
Torsional constant	634051.4	Section modulus about 2 axis	7808.5154
Moment of Inertia about 3 axis	317025.7	Plastic modulus about 3 axis	10139.221
Moment of Inertia about 2 axis	317025.7	Plastic modulus about 2 axis	10139.221
Shear area in 2 direction	200.1105	Radius of Gyration about 3 axis	28.1485
Shear area in 3 direction	200.1105	Radius of Gyration about 2 axis	28.1485

Gambar 6.20 Properties Penampang Tiang Pancang Diameter 812,16 mm

### Perhitungan momen penampang

$$L_K = K_C L = 0.85 \times 1600 = 1360 \text{ cm}$$

Dimana:

Kc = faktor tekuk

L = panjang batang

$$\lambda = \frac{L_k}{i} = \frac{1360}{28,14} = 48,33$$

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2} = 845,07 \text{ Mpa}$$

$$4,71 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 134,57$$

$$\lambda < 4,71 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \rightarrow F_{cr} = \left[ 0.658^{\frac{F_y}{F_e}} \right] F_y = 213,10 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} \emptyset P_n &= 0.85 A_g F_{cr} \\ &= 0.85 \times 400,11 \times 2131.0 \\ &= 724739 \text{ kg} = 724,74 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\varnothing M_{nx} &= \varnothing M_{ny} = 0.9 \times Z_x \times f_y \\ &= 0.9 \times 10139 \text{ cm}^3 \times 2400 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 21900240 \text{ kg.cm} = 219 \text{ ton.m}\end{aligned}$$

### **Kontrol Rasio**

Berdasarkan output SAP2000 didapat gaya-gaya dalam sebagai berikut

$$P_u = 122,78 \text{ ton}$$

$$M_{ux} = 37,27 \text{ tm}$$

$$M_{uy} = 43,42 \text{ tm}$$

$$\begin{aligned}\text{PMM ratio} &= \frac{Pu}{2\varphi Pn} + \left( \frac{M_{ux}}{\varphi M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\varphi M_{ny}} \right) \\ &= \frac{122,78}{2 \times 724,74} + \left( \frac{37,27}{219} + \frac{43,42}{219} \right) \\ &= 0,487 < 1 \dots \text{OK}\end{aligned}$$

- **Perlindungan korosi**

Korosi tiang diasumsikan terjadi sampai tiang ditumbuhki karang yaitu selama 10 tahun. Dengan asumsi tingkat korosi = 0,3 mm/tahun, maka untuk waktu perencanaan 10 tahun, tebal tiang yang digunakan adalah:  $16 - (0.3 \times 10) = 13 \text{ mm}$ . Metode perawatan digunakan dengan menyediakan alokasi tebal tiang yang akan terkorosi yaitu setebal 3 mm. Selain itu dapat digunakan juga lapisan HDPE yang akan melindungi tiang pancang.

## **6.2 Perencanaan Pivot**

### **6.2.1 Umum**

*Pivot* dalam perencanaan dermaga pupuk NPK ini adalah bagian dermaga yang berfungsi sebagai tempat bertumpunya kaki quadrant shiploader dan tower shiping conveyor.

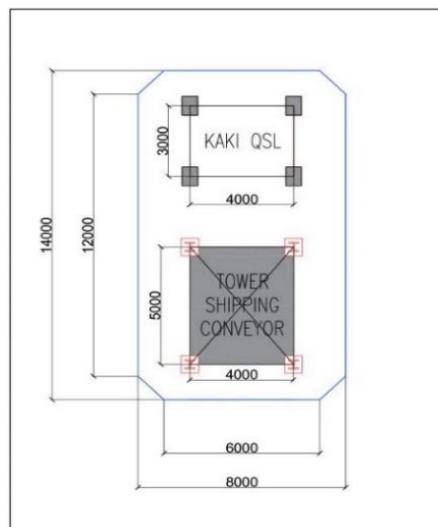
### 6.2.2 Perencanaan Layout Pivot

Dimensi *pivot* disesuaikan dengan masterplan yang sudah direncanakan dengan lebar 8 m dan panjang 14 m. Dimensi tersebut diambil berdasarkan dimensi dari kaki QSL dan dimensi *tower shiping conveyor*.

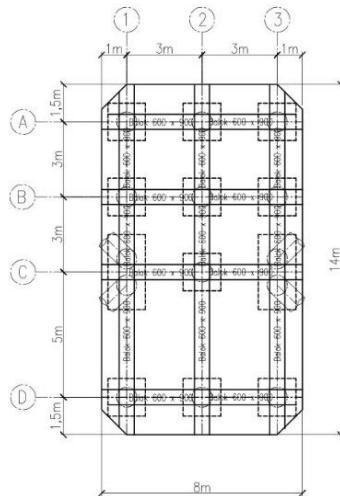
Berikut adalah perencanaan dimensi struktur pivot :

Pelat	: Tebal 0,3 m
Balok melintang	: 60/90 Dengan panjang 2 m dan 1 m
Balok memanjang	: 60/90 Dengan panjang 6 m dan 1 m
Pile cap tunggal	: 1,5 x 1,5 x 0,8 m
Tiang pancang tegak	: Ø812,8
Dimensi	: 8 x 14 m <sup>2</sup>

Layout rencanan *pivot* dapat dilihat pada Gambar 6.21 Sementara layout rencana struktur dapat dilihat pada Gambar 6.22



Gambar 6.21 Dimensi *Pivot*



Gambar 6.22 Layout Rencana Pembalokan

### 6.2.3 Pembebanan Pivot

Beban yang terjadi pada *pivot* adalah :

#### c. Beban Vertikal

- **Beban Mati**

Beban mati merupakan beban sendiri konsruksi balok dengan berat jenis beton bertulang diambil sebesar  $2,9 \text{ t/m}^3$ . Untuk berat sendiri balok sudah terakumulasi secara otomatis oleh program SAP 2000 v14.0. Beban mati lainnya adalah berat *fender* dan *bollard*.

- **Beban Terpusat Poer**

$$\begin{aligned} \text{- Poer Tunggal} &= 1,5 \times 1,5 \times 0,8 \times 2,4 \\ &= 4,32 \text{ ton} \end{aligned}$$

- **Beban Catwalk**

Beban *catwalk* merupakan beban reaksi akibat *catwalk* yang menumpu pada balok. Beban *catwalk* diambil sebesar 3,80 ton

- **Beban Hidup**

$$\begin{aligned} \text{- Beban pangkalan} &= 1,5 \text{ ton/m}^2 \\ \text{- Beban hujan} &= 0,05 \times 1 \end{aligned}$$

$$= 0,05 \text{ ton/m}^2$$

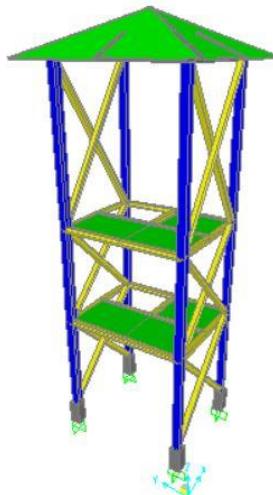
$$- \text{ Total beban hidup (qL)} = 1,55 \text{ ton/m}^2$$

- **Beban Kaki *Quadrant Shiploader***

Beban kaki QSL berdasarkan spesifikasi pada bab 4 sebesar 120 ton. Beban ini didistribusikan pada pelat lantai dan balok, luas dari kaki QSL ini sebesar 12 m<sup>2</sup>. Sehingga beban kaki QSL menjadi 10000 Kg/m<sup>2</sup>.

- **Beban Tower *Shiping Conveyor***

Berdasarkan hasil pemodelan SAP2000 didapat beban *tower shipping conveyor* sebesar 31,4 ton (Gambar 6.23).



OutputCase Text	CaseType Text	GlobalFX Tonf	GlobalFY Tonf	GlobalFZ Tonf
1 DL + 0,5 LL	Combination	5,269E-14	-1,307E-13	31,4963

Gambar 6.23 Pemodelan *Tower Shipping Conveyor*

#### d. Beban Horisontal

- **Beban Angin**

Beban angin terjadi dari 2 arah longitudinal pivot dan transversal pivot dengan beban sebagai berikut :

### Arah Longitudinal

- Kondisi air pasang

$$\begin{aligned}
 F_w &= 0,5 \times \rho_a \times C_{DW} \times V_w^2 \times A_w \\
 &= 0,5 \times 1,23 \times 1,5 \times 8^2 \times 8 \times 1,4 \\
 &= 661,2 \text{ N} \\
 &= 66,12 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Kondisi air surut

$$\begin{aligned}
 F_w &= 0,5 \times \rho_a \times C_{DW} \times V_w^2 \times A_w \\
 &= 0,5 \times 1,23 \times 1,5 \times 8^2 \times 8 \times 3,6 \\
 &= 1700 \text{ N} \\
 &= 170 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

### Arah Transversal

- Kondisi air pasang

$$\begin{aligned}
 F_w &= 0,5 \times \rho_a \times C_{DW} \times V_w^2 \times A_w \\
 &= 0,5 \times 1,23 \times 1,5 \times 8^2 \times 14 \times 1,4 \\
 &= 1157 \text{ N} \\
 &= 115,7 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Kondisi air surut

$$\begin{aligned}
 F_w &= 0,5 \times \rho_a \times C_{DW} \times V_w^2 \times A_w \\
 &= 0,5 \times 1,23 \times 1,5 \times 8^2 \times 14 \times 3,6 \\
 &= 2976 \text{ N} \\
 &= 297,6 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

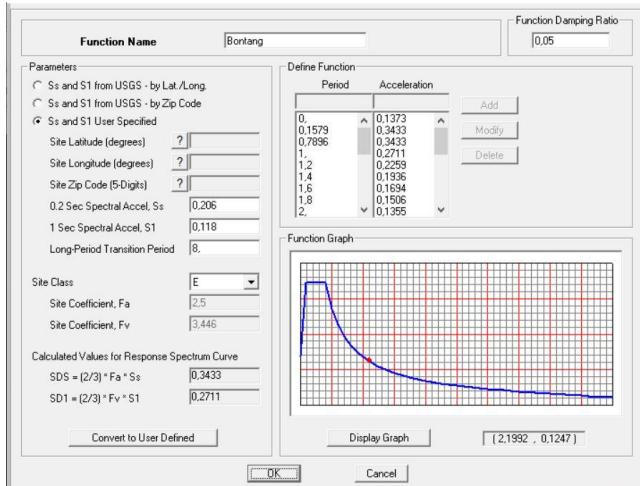
### • Beban Arus

$$\begin{aligned}
 F_D &= 0,5 \times C_D \times \rho \times A \times U^2 \\
 &= 0,5 \times 1,2 \times 1,025 \times 0,6382 \times 1^2 \\
 &= 0,3925 \text{ ton} \\
 &= 0,0387 \text{ t/m}
 \end{aligned}$$

Didapat beban arus pada tiang sebesar 0,0654 t/m'

- **Beban Gempa**

Dengan menggunakan program bantu SAP 2000, perhitungan beban gempa dilakukan secara dinamis dengan menggunakan respon spektrum untuk daerah Bontang dengan tanah lunak menurut SNI 03-1726-2012.



Gambar 6.24 Spektrum Gempa Bontang  
(Sumber : Peta Gempa Indonesia)

#### 6.2.4 Pemodelan Struktur SAP

Permodelan Struktur dilakukan dengan menggunakan program bantu SAP 2000. Permodelan struktur dilakukan untuk menentukan besarnya momen, gaya geser, dan reaksi yang terjadi pada balok dan pada perletakan. Permodelan pada SAP 200 dilakukan dengan permodelan tiga dimensi.

##### a. Pemodelan Struktur Pivot

- Perhitungan letak titik jepit tiang pancang ( $Z_f$ )

Tinggi struktur merupakan jarak dari titik jepit tiang pancang (point of fixity) ke elevasi dermaga. Perhitungan titik jepit tanah terhadap tiang pancang digunakan persamaan :

$$Z_f = 1,8 T \quad \rightarrow \quad T = \sqrt[5]{\frac{EI}{nh}}$$

Dimana :

- $Z_f$  = Panjang titik jepit tiang pancang terukur dari seabed
- $T$  = Faktor kekakuan tiang pancang
- $E$  = Modulus elastisitas tiang pancang  
=  $2.100.000 \text{ kg/cm}^2$
- $I$  = Momen inersia tiang  
=  $1/64 \times \pi \times d^4$   
=  $1/64 \times 3,14 \times (812,8^4 - (812,8 - 38)^4)$   
=  $317821,08 \text{ cm}^4$
- $n_h$  = Koefisien modulus variasi tanah  
=  $350 \text{ kN/m}^3$   
=  $0,035 \text{ kg/cm}^3$

Sehingga faktor kekakuan ( $T$ ) dapat dihitung sebagai berikut :

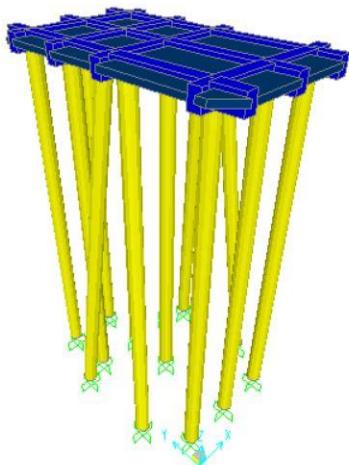
$$\begin{aligned} T &= \sqrt[5]{\frac{EI}{nh}} \\ &= \sqrt[5]{\frac{2100000}{0,035} \times 317821,08} \\ &= 452,96724 \text{ cm} \\ &= 4,53 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Zf &= 1,8 \times T \\ &= 1,8 \times 4,53 \\ &= 8,1534 \text{ m} \end{aligned}$$

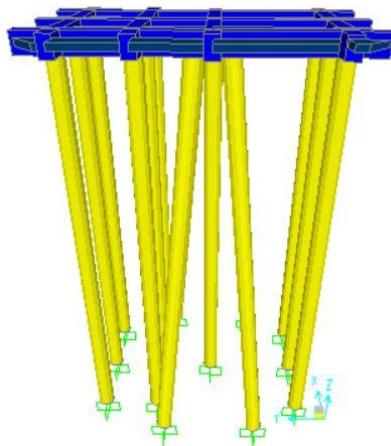
Sehingga tinggi struktur dermaga adalah

$$\begin{aligned} H_{\text{total}} &= \text{Elevasi dermaga} + \text{Jarak seabed ke LWS} + Zf \\ &= 3,7 + 5,8 + 8,15 \\ &= 17,65 \text{ m} \approx 18 \text{ m} \end{aligned}$$

- Pemodelan struktur *pivot* (Gambar 6.25)



Gambar 6.25 Pemodelan 3D *Pivot*

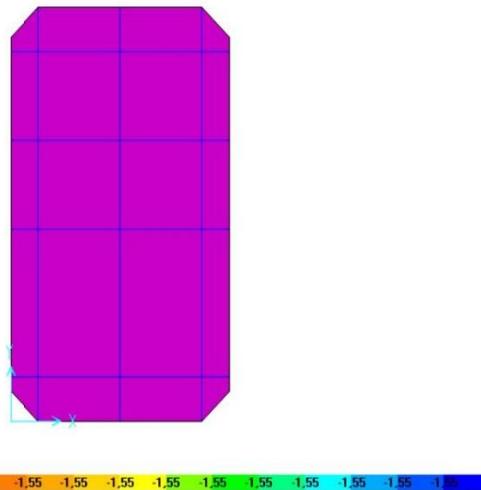


Gambar 6.26 Tampak Samping *Pivot*



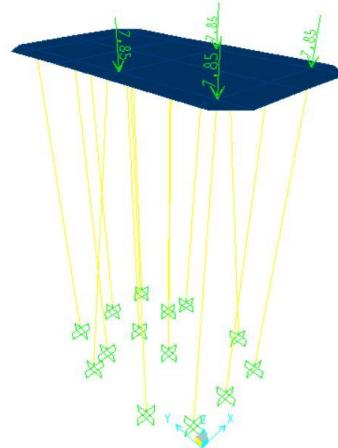
Gambar 6.27 Tampak Depan Pivot

- Input beban hidup pelat berupa beban hujan dan beban pangkalan (Gambar 6.28)



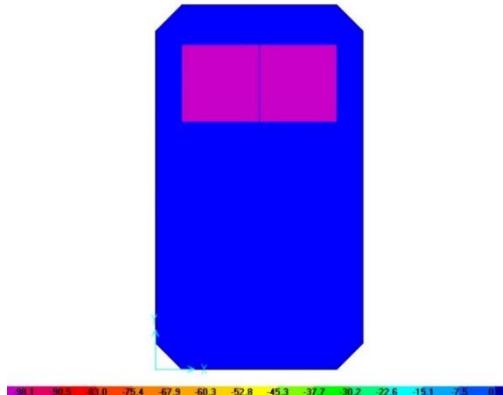
Gambar 6.28 Beban Pangkalan dan Beban Hujan pada Trestle

- Input Beban *Tower Shipping Conveyor* (Gambar 6.29)



Gambar 6.29 Beban *Tower Shipping Conveyor* pada *Pivot*

- Input Beban Kaki *Quadrant Shiploader*



Gambar 6.30 Beban Kaki *Quadrant Shiploader*

### b. Kombinasi Pembebatan

Kombinasi pembebatan yang direncanakan pada loading platform adalah sebagai berikut,

$$\text{COMB1} = \text{DL} + \text{LL}$$

$$\text{COMB2} = \text{DL} + \text{LL} + \text{SD}$$

$$\text{COMB3} = \text{DL} + \text{LL} + 0,3 \text{ QLx} + \text{Qly}$$

$$\text{COMB4} = \text{DL} + \text{LL} + \text{QLx} + 0,3 \text{ Qly}$$

Dimana :

DL = Beban mati (berat beton)

SD = Beban mati tambahan dan *Kaki Quadrant Shiploader (Belt Conveyor)*

LL = Beban hidup (beban pangkalan dan beban hujan)

QLx = Beban gempa arah x

QLy = Beban gempa arah y

### c. Hasil Pemodelan

Dari perhitungan program bantu SAP didapat gaya dalam (Tabel 6.8) sebagai berikut

Tabel 6.8 Gaya-Gaya Dalam Struktur Pivot

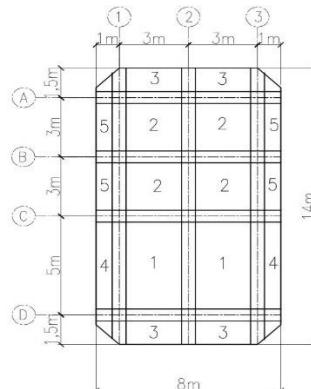
Struktur	Gaya	Kombinasi	Besar	Satuan
Balok Memanjang 60/90	P (tekan)	COMB4	-0,145	t
	P (tarik)	COMB4	0,223	t
	M3 (tump)	COMB4	27,423	tm
	M3 (lap)	COMB2	17,728	tm
	V2	COMB4	37,036	t
	T	COMB3	10,190	tm
	Deformasi	COMB2	0,287	mm
Balok Melintang 60/90	P (tekan)	COMB4	-0,012	t
	P (tarik)	COMB4	0,045	t
	M3 (tump)	COMB4	24,928	tm
	M3 (lap)	COMB2	19,832	tm
	V2	COMB4	16,784	t
	T	COMB3	2,291	tm

	Deformasi	COMB2	0,124	mm
Tiang Pancang	P (tekan)	COMB4	-138,228	t
	P (tarik)	COMB4	-	-
	M2	COMB4	56,225	tm
	M3	COMB2	74,639	tm
	V2	COMB4	21,372	t
	V3	COMB3	18,562	t
	Deformasi	COMB2	0,089	mm
Displacement	U1	COMB4	0,029	m

## 6.2.5 Perencanaan Pelat

### a. Penentuan Tipe Pelat

Penentuan tipe pelat didasarkan pada ukuran pelat itu sendiri (Gambar 6.28). Beberapa tipe pelat dengan rasio  $l_y/l_x$  yang melebihi 2,5 (pelat 4 dan Pelat 5), perencanaan momen dan penulangannya digunakan penulangan praktis dengan mengikuti tulangan pelat didekatnya. Hal ini dikarenakan pelat-pelat tersebut memiliki rasio  $l_y/l_x > 2,5$  relatif lebih kecil dari pelat lainnya sehingga tidak begitu berpengaruh.



Gambar 6.31 Tipe Pelat *Pivot*

### b. Pembebanan Pelat

Pada perencanaan pelat, beban-beban yang bekerja berupa beban mati dan beban hidup. Beban mati berasal dari berat sendiri pelat dan finishing, sedangkan beban hidup berasal dari beban pangkalan, beban terpusat dari truk, serta beban air hujan yang tergenang di atas pelat.

#### • Beban Mati (DL)

$$\begin{array}{rcl}
 \text{Beban plat lantai sendiri} & = & 0,2 \times 2900 = 580 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Beban Finishing} & = & 0,05 \times 2200 = 110 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Beban Kaki Quadrant} & = & 120000 = 10000 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Shiplaoder} & & \\
 \hline
 & & 12 \\
 & & \hline
 qD & = & 10690 \text{ kg/m}^2
 \end{array}$$

#### • Beban Hidup (LL)

##### Beban Hidup Merata

$$\begin{array}{rcl}
 \text{Beban air hujan} & = & 0,05 \times 1000 = 50 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Beban pangkalan} & = & 1500 \text{ kg/m}^2 \\
 \hline
 qL & = & 1550 \text{ kg/m}^2
 \end{array}$$

### c. Perhitungan Momen Pelat

$$Ly = 5 - 0,6 = 4,40 \text{ m}$$

$$Lx = 3 - 0,6 = 2,40 \text{ m}$$

$$Ly = 4,40$$

$$Lx = 2,40$$



Gambar 6. 32 Pelat Tipe 1

Pelat direncanakan terjepit elastis dengan posisi balok pada keempat sisinya. Dari tabel 13.3.2 PBI 1971 dapat ditentukan koefisien X untuk pelat terjepit elastis pada keempat sisinya.

Tabel 6.9 Koefisien X

Ly/Lx	Koefisien X			
	Mlx	Mly	Mtx	Mty
1,8	60	35	60	35

(Sumber : PBI 1971)

Besar momen yang terjadi pada pelat dihitung dengan menggunakan persamaan di bawah ini :

$$Ml = - Mt = 0,001 q l_x^2 X$$

#### - Momen akibat beban mati ( qD )

##### Momen lapangan

$$\begin{aligned} Mlx &= 0,001 \quad x \quad 10690 \quad x \quad 5,76 \quad x \quad 60 \\ &= 3694,46 \quad \text{kg.m} \\ Mly &= 0,001 \quad x \quad 10690 \quad x \quad 5,76 \quad x \quad 35 \\ &= 2155,10 \quad \text{kg.m} \end{aligned}$$

##### Momen tumpuan

$$\begin{aligned} Mtx &= -0,001 \quad x \quad 10690 \quad x \quad 5,76 \quad x \quad 63 \\ &= -3694,4 \quad \text{kg.m} \\ Mty &= -0,001 \quad x \quad 10690 \quad x \quad 5,76 \quad x \quad 35 \\ &= -2155,1 \quad \text{kg.m} \end{aligned}$$

#### - Momen akibat beban hidup ( qL )

##### Momen lapangan

$$\begin{aligned} Mlx &= 0,001 \quad x \quad 1550 \quad x \quad 5,76 \quad x \quad 60 \\ &= 535,68 \quad \text{kg.m} \\ Mly &= 0,001 \quad x \quad 1550 \quad x \quad 5,76 \quad x \quad 35 \\ &= 312,5 \quad \text{kg.m} \end{aligned}$$

##### Momen tumpuan

$$\begin{aligned} Mtx &= -0,001 \quad x \quad 1550 \quad x \quad 5,76 \quad x \quad 60 \\ &= -535,68 \quad \text{kg.m} \\ Mty &= -0,001 \quad x \quad 1550 \quad x \quad 5,76 \quad x \quad 35 \\ &= -312,5 \quad \text{kg.m} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan momen pelat secara lengkap untuk masing-masing pelat disajikan dalam Tabel 6.10

Tabel 6.10 Momen Akibat Beban Mati dan Beban Hidup Merata

Tipe Pelat	Lx	Ly	Ly/Lx	Koefisien X	Momen (kg.m)		
					Mati	Hidup	Total
1	2,4	4,4	1,8	Mlx	60	3694,464	535,68
	2,4	4,4	1,8	Mly	35	2155,104	312,48
	2,4	4,4	1,8	Mtx	60	-3694,464	-535,68
	2,4	4,4	1,8	Mty	35	-2155,104	-312,48
2	2,4	2,4	1,0	Mlx	36	2216,6784	321,408
	2,4	2,4	1,0	Mly	36	2216,6784	321,408
	2,4	2,4	1,0	Mtx	36	-2216,6784	-321,408
	2,4	2,4	1,0	Mty	36	-2216,6784	-321,408
3	1,2	2,4	2,0	Mlx	85	1308,456	189,72
	1,2	2,4	2,0	Mly	50	769,68	111,6
	1,2	2,4	2,0	Mtx	85	-1308,456	-189,72
	1,2	2,4	2,0	Mty	50	-769,68	-111,6
4	0,7	4,4	6,3	Mlx	54	282,8574	41,013
	0,7	4,4	6,3	Mly	19	99,5239	14,4305
	0,7	4,4	6,3	Mtx	54	-282,8574	-41,013
	0,7	4,4	6,3	Mty	56	-293,3336	-42,532
5	0,7	2,4	3,4	Mlx	54	282,8574	41,013
	0,7	2,4	3,4	Mly	19	99,5239	14,4305
	0,7	2,4	3,4	Mtx	54	-282,8574	-41,013
	0,7	2,4	3,4	Mty	56	-293,3336	-42,532

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Dari kelima tipe pelat diambil nilai momen yang paling maksimum hasil penjumlahan antara beban mati ditambah beban hidup merata yaitu pada pelat tipe 1 dengan tipe *two way slab*.

#### Beban Mati + Beban Hidup Merata

$$Mlx = 3,694 + 0,535 = 5,290 \text{ ton.m}$$

$$Mly = 2,155 + 0,312 = 3,086 \text{ ton.m}$$

$$Mtx = -3,694 - 0,536 = -5,290 \text{ ton.m}$$

$$Mty = -2,155 - 0,313 = -3,086 \text{ ton.m}$$

#### d. Penulangan Pelat

Momen pelat rencana yang terbesar akibat beban mati dan beban hidup merata dipakai dalam perhitungan penulangan, dapat dilihat pada Tabel 6.11 :

Tabel 6.11 Momen Pelat Rencana

Momen Pelat Rencana (ton.m)			
MIx	Mly	Mtx	Mty
5,290	3,086	-5,290	-3,086

Data Perencanaan :

$$\text{Tebal plat (t)} = 30 \text{ cm}$$

$$\text{Cover (d)} = 8 \text{ cm}$$

$$hx = 20 - 8 - 1,6 - (1,6/2)$$

$$= 21,2 \text{ cm}$$

$$hy = 20 - 8 - 1,6$$

$$= 20,4 \text{ cm}$$

Mutu beton

$$\sigma'_{bk} = 350 \text{ kg/cm}^2 (K - 350)$$

$$\sigma'_b = 115,5 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_b = 1,2 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$$

Mutu baja

$$\sigma_{au} = 3200 \text{ kg (U - 32)}$$

$$E_a = 2,1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_a = \sigma'_{a} = 1850 \text{ kg/cm}^2 \text{ (akibat beban tetap)}$$

$$\sigma_a = \sigma'_{a} = 2650 \text{ kg/cm}^2 \text{ (akibat beban sementara)}$$

$$\sigma^{*}_{au} = 2780 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Diamter tulangan} = 16 \text{ mm ( Utama)}$$

$$n = \frac{Ea}{Eb} = \frac{2100000}{120000} = 17,5$$

$$\phi_0 = \frac{\sigma_a}{nx\sigma'_{b}} = \frac{1850}{17,5 \times 115,5} = 0,915$$

- **Penulangan arah sumbu x**

- Penulangan lapangan**

$$Mlx = 5,2904 \text{ ton.m}$$

$$= 529044,48 \text{ kg.cm}$$

Diasumsikan menggunakan beban tetap

$$Ca = \frac{hx}{\sqrt{\frac{nxM}{bx\sigma'a}}} = \frac{21,2}{\sqrt{\frac{17,54 \times 529044,48}{100 \times 1850}}} = 2,993$$

Dengan melihat tabel Perhitungan Lentur Cara "n", untuk Ca = 2,933 dengan  $\delta = 0$ , didapatkan :

$$\begin{aligned} \phi &= 1,538 & > \phi_0 &= 0,913 & \text{OK} \\ 100n\omega &= 12,81 \\ \omega &= 0,0073 \end{aligned}$$

### Luas tulangan yang dibutuhkan

$$\begin{aligned} As &= \omega \times b \times h \\ &= 0,0073 \times 100 \times 21,2 \\ &= 15,483 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan D16 – 100 ( As = 20,096 cm<sup>2</sup> )

### Kontrol retak

Berdasarkan PBI 1971 pasal 10.7.1b retak yang diijinkan 0,01 cm. Dengan menggunakan tabel 10.7.1 PBI 1971 maka didapatkan : C<sub>3</sub> = 1,50 ; C<sub>4</sub> = 0,04 ; C<sub>5</sub> = 7,5

$$\omega_p = \frac{A}{bh} = \frac{20,096}{100 \times 30} = 0,0067$$

$$dp = 12,8 \times \sqrt{1,578} = 16,08 \text{ mm} = 1,608 \text{ cm}$$

$$\sigma_a = \frac{\sigma_a}{\phi} = \frac{1850}{1,538} = 1202,861$$

Maka besarnya lebar retak didapatkan :

$$\begin{aligned} W &= \alpha \left( C_3 \times d + C_4 \frac{dp}{\omega_p} \right) \left( \sigma_a - \frac{C_5}{\omega_p} \right) 10^{-6} \\ &= 1 \left( 1,5 \times 7 + 0,04 \frac{1,608}{0,0067} \right) \left( 1202,86 - \frac{7,5}{0,0067} \right) 10^{-6} \\ &= 0,001 \text{ cm} \leq 0,01 \text{ cm} \rightarrow OK \end{aligned}$$

- **Penulangan arah sumbu y**

### **Penulangan lapangan**

$$M_{ly} = 3,086 \text{ ton.m}$$

$$= 308609,28 \text{ kg.cm}$$

Diasumsikan menggunakan beban tetap

$$Ca = \frac{hy}{\sqrt{\frac{nxM}{bx\sigma'a}}} = \frac{20,4}{\sqrt{\frac{17,54 \times 308609,28}{100 \times 1850}}} = 3,771$$

Dengan melihat tabel Perhitungan Lentur Cara "n", untuk Ca

= 3,771 dengan  $\delta = 0$ , didapatkan :

$$\phi = 2,067 > \phi_o = 0,913 \quad \text{OK}$$

$$100n\omega = 7,884$$

$$\omega = 0,0045$$

### **Luas tulangan yang dibutuhkan**

$$As = \omega \times b \times h$$

$$= 0,0045 \times 100 \times 20,4$$

$$= 9,170 \text{ cm}^2$$

Dipasang tulangan D16 – 150 ( As = 13,397 cm<sup>2</sup> )

### **Kontrol retak**

Berdasarkan PBI 1971 pasal 10.7.1b retak yang diijinkan 0,01 cm. Dengan menggunakan tabel 10.7.1 PBI 1971 maka didapatkan : C<sub>3</sub> = 1,50 ; C<sub>4</sub> = 0,04 ; C<sub>5</sub> = 7,5

$$\omega_p = \frac{A}{bh} = \frac{13,397}{100 \times 30} = 0,0047$$

$$dp = 12,8 \times \sqrt{1,578} = 16,08 \text{ mm} = 1,608 \text{ cm}$$

$$\sigma_a = \frac{\sigma_a}{\phi} = \frac{1850}{2,067} = 895,016$$

Maka besarnya lebar retak didapatkan :

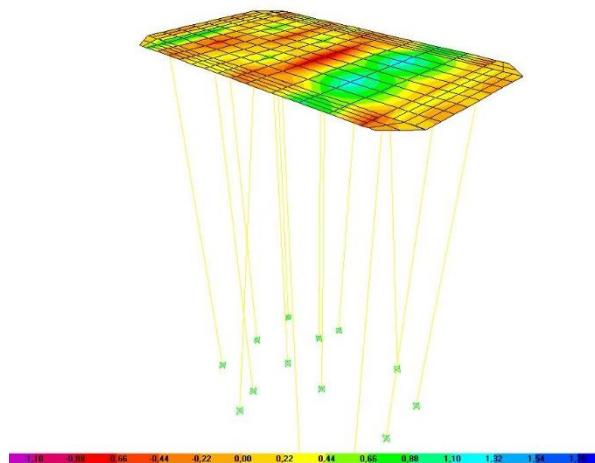
$$\begin{aligned}
 W &= \alpha \left( C_3 x d + C_4 \frac{dp}{op} \right) \left( \sigma a - \frac{C_5}{op} \right) 10^{-6} \\
 &= 1 \left( 1,5x7 + 0,04 \frac{1,608}{0,00446} \right) \left( 895,017 - \frac{7,5}{0,00446} \right) 10^{-6} \\
 &= -0,021 \text{ cm} \leq 0,01 \text{ cm} \rightarrow OK
 \end{aligned}$$

Tabel 6.12 Rekapitulasi penulangan pelat tipe 1

Arah	M (t.m)	As perlu (cm <sup>2</sup> )	As pasang (cm <sup>2</sup> )	Pasang
Mlx	5,290	15,386	20,096	D16-100
Mly	3,086	9,170	16,746	D16-150
Mtx	-5,290	15,386	20,096	D16-100
Mty	-3,086	9,170	16,746	D16-150

### e. Cek Tegangan Pelat

Dari hasil analisis struktur dengan kombinasi beban mati + beban hidup + beban pangkal + beban alat berat yang dimodelkan dalam Gambar 6.33.



Gambar 6.33 Tegangan Yang Terjadi Pada Pelat Pivot

Pelat Lantai Dermaga, t = 30 cm

### **Tegangan ijin kondisi service**

$$F_{allow} = 0,55 \times \sigma'_b$$

$$F_{allow} = 0,55 \times 115,5 \text{ Kg/cm}^2$$

$$F_{allow} = 63,525 \text{ Kg/cm}^2 = 6,23 \text{ MPa}$$

Berdasarkan output hasil running aplikasi SAP200, didapat nilai tegangan maksimum pelat sebesar 3,76 Mpa.

$$\sigma_{max} = 3,76 \text{ MPa} < F_{allow} = 6,23 \text{ MPa} \dots \dots \text{OK}$$

### **6.2.6 Perencanaan Balok**

#### **Perhitungan Tulangan Balok Memanjang**

Data Perencanaan :

$$\text{Tinggi (H)} = 90 \text{ cm}$$

$$\text{Lebar (b)} = 60 \text{ cm}$$

$$\text{Cover (d)} = 8 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} h &= 90 - 8 - 1,3 - (2,2 / 2) \\ &= 79,60 \text{ cm} \end{aligned}$$

Mutu beton

$$\sigma'_{bk} = 350 \text{ kg/cm}^2 (K - 350)$$

$$\sigma'_b = 115,5 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_b = 1,2 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$$

Mutu baja

$$\sigma_{au} = 3200 \text{ kg (U - 32)}$$

$$E_a = 2,1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_a = \sigma'_a = 1850 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma^{*}_{au} = 2780 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Diameter tulangan} = 22 \text{ mm ( Utama )}$$

$$= 13 \text{ mm ( Geser )}$$

$$n = \frac{E_a}{E_b} = \frac{2100000}{120000} = 17,5$$

$$\phi_0 = \frac{\sigma_a}{n \times \sigma'_b} = \frac{1850}{17,5 \times 115,5} = 0,915$$

Momen balok

Dalam perhitungan ini penulangan balok memanjang diambil berdasarkan gaya maksimum yang bekerja dari hasil SAP 2000 v.14. Lihat Tabel 6.

$$\begin{aligned} Mu &= 27423,23 \text{ kg m (Tumpuan)} \\ &= 17728,18 \text{ kg m (Lapangan)} \end{aligned}$$

### **Perhitungan tulangan lapangan**

$$Mu = 17728,18 \text{ kg.m}$$

$$= 1772818 \text{ kg.cm}$$

$$Ca = \frac{h}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times \sigma_a}}} = \frac{79,60}{\sqrt{\frac{17,5 \times 1772818}{60 \times 1850}}} = 4,761$$

Dengan melihat tabel Perhitungan Lentur Cara "n", untuk Ca = 4,761 dengan  $\delta = 0,4$ , didapatkan :

$$\phi = 2,901 > \phi_0 = 0,915 \quad \text{OK}$$

$$100n\omega = 4,967$$

$$\omega = 0,0028$$

### **Luas tulangan tarik**

$$As = \omega \times b \times h$$

$$= 0,0028 \times 60 \times 79,60$$

$$= 13,56 \text{ cm}^2$$

Dipasang tulangan 4D22 ( As = 15,197 cm<sup>2</sup> )

### **Luas tulangan tekan**

$$As' = \delta \times As$$

$$= 0,4 \times 15,2$$

$$= 6,079 \text{ cm}^2$$

Dipasang tulangan 2D22 ( As = 7,598 cm<sup>2</sup> )

### **Luas tulangan samping**

$$Asd = 10\% \times As$$

$$= 10\% \times 15,2$$

$$= 1,52 \text{ cm}^2$$

Dipasang tulangan 2D16 (  $A_s = 4,019 \text{ cm}^2$  )

### Cek jarak tulangan

Tulangan direncanakan hanya terdiri dari 1 baris yang berisi 4 tulangan, sehingga jarak tulangan sebesar :

$$s = \frac{b - 2d - 2\phi - nD}{n - 1}$$

$$= \frac{60 - 16 - 2,6 - 8,8}{4} = 8,15 \text{ cm} > 3,2 \text{ cm} \rightarrow OK$$

### Kontrol retak

Berdasarkan PBI 1971 pasal 10.7.1b retak yang diijinkan 0,01 cm. Dengan menggunakan tabel 10.7.1 PBI 1971 maka didapatkan :  $C_3 = 1,50$  ;  $C_4 = 0,04$  ;  $C_5 = 7,5$

$$\omega_p = \frac{A}{bh} = \frac{15,2}{60 \times 90} = 0,003$$

$$dp = 12,8 \sqrt{3,851} = 22,11 \text{ mm} = 2,211 \text{ cm}$$

$$\sigma_a = \frac{\sigma_a}{\phi} = \frac{1850}{2,901} = 637,7$$

Maka besarnya lebar retak didapatkan :

$$W = \alpha \left( C_3 x d + C_4 \frac{dp}{\omega p} \right) \left( \sigma_a - \frac{C_5}{\omega p} \right) 10^{-6}$$

$$= 1 \left( 1,5 \times 8 + 0,04 \frac{2,211}{0,003} \right) \left( 637,7 - \frac{7,5}{0,003} \right) 10^{-6}$$

$$= -0,088 \text{ cm} \leq 0,01 \text{ cm} \rightarrow OK$$

### Perhitungan tulangan tumpuan

$$Mu = 27423,23 \text{ kg.m}$$

$$= 2742323 \text{ kg.cm}$$

$$Ca = \frac{h}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times \sigma'_a}}} = \frac{79,60}{\sqrt{\frac{17,5 \times 2742323}{60 \times 1850}}} = 3,828$$

Dengan melihat tabel Perhitungan Lentur Cara “n”, untuk  $C_a = 3,828$  dengan  $\delta = 0,4$ , didapatkan :

$$\phi = 2,269 > \phi_0 = 0,915 \quad \text{OK}$$

$$100n\omega = 7,58$$

$$\omega = 0,0043$$

### **Luas tulangan tarik**

$$\begin{aligned} As &= \omega \times b \times h \\ &= 0,0043 \times 60 \times 79,60 \\ &= 20,69 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan 6D22 (  $As = 22,79 \text{ cm}^2$  )

### **Luas tulangan tekan**

$$\begin{aligned} As' &= \delta \times As \\ &= 0,4 \times 22,8 \\ &= 6,08 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan 3D22 (  $As = 11,398 \text{ cm}^2$  )

### **Luas tulangan samping**

$$\begin{aligned} Asd &= 10\% \times As \\ &= 10\% \times 22,8 \\ &= 2,28 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan 2D16 (  $As = 4,02 \text{ cm}^2$  )

### **Cek jarak tulangan**

Tulangan direncanakan hanya terdiri dari 1 baris yang berisi 4 tulangan, sehingga jarak tulangan sebesar :

$$\begin{aligned} s &= \frac{b - 2d - 2\phi - nD}{n - 1} \\ &= \frac{60 - 16 - 2,6 - 13,2}{5} = 5,64 \text{ cm} > 3,2 \text{ cm} \rightarrow OK \end{aligned}$$

### **Kontrol retak**

Berdasarkan PBI 1971 pasal 10.7.1b retak yang diijinkan 0,01 cm. Dengan menggunakan tabel 10.7.1 PBI 1971 maka didapatkan :  $C_3 = 1,50$  ;  $C_4 = 0,04$  ;  $C_5 = 7,5$

$$\omega_p = \frac{A}{bh} = \frac{22,8}{60 \times 90} = 0,004$$

$$dp = 12,8 \times \sqrt{3,851} = 22,11 \text{ mm} = 2,211 \text{ cm}$$

$$\sigma_a = \frac{\sigma_a}{\phi} = \frac{1850}{2,269} = 815,3$$

Maka besarnya lebar retak didapatkan :

$$\begin{aligned} W &= \alpha \left( C_3 x d + C_4 \frac{dp}{\omega p} \right) \left( \sigma a - \frac{C_5}{\omega p} \right) 10^{-6} \\ &= 1 \left( 1,5 \times 8 + 0,04 \frac{2,211}{0,004} \right) \left( 815,3 - \frac{7,5}{0,004} \right) 10^{-6} \\ &= -0,032 \text{ cm} \leq 0,01 \text{ cm} \rightarrow OK \end{aligned}$$

### Kontrol dimensi balok

$$V = 37036,6 \text{ kg}$$

$$T = 10190,61 \text{ kg.m}$$

$$\tau_b = \frac{V}{b \times \frac{7}{8} \times h} = \frac{37036,6}{60 \times \frac{7}{8} \times 90} = 7,838 \text{ kg/cm}^2$$

Untuk ht > b

$$\psi = 3 + \frac{2,6}{0,45 + \frac{h}{b}} = 3 + \frac{2,6}{0,45 + \frac{90}{60}} = 4,33$$

Tegangan geser puntir beton pada penampang balok persegi di tengah – tengah tepi penampang yang vertikal (PBI'71 Pasal 11.8.1) :

$$\tau'_b = \frac{\psi \times T}{b^2 \times h} = \frac{4,33 \times 1019061}{60^2 \times 90} = 13,63 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau_b + \tau'_b = 7,838 + 13,63 = 21,47 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau_{bm} = 1,62 \sqrt{350} = 30,31 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau_b + \tau' < \tau_{bm} \rightarrow OK$$

Ukuran balok 60/90 sudah memenuhi syarat

### Perhitungan tulangan geser (sengkang)

Tegangan beton yang diijinkan berdasarkan PBI '71 tabel 10.4.2 akibat geser oleh lentur dengan puntir, dengan tulangan geser :

Untuk pembebanan tetap :

$$\begin{aligned}\tau'_{bm-t} &= 1,35\sqrt{350} \\ &= 25,26 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

Untuk pembebanan sementara

$$\begin{aligned}\tau'_{bm-s} &= 2,12\sqrt{350} \\ &= 39,66 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

### Sengkang di tumpuan balok (1/4L)

$$\tau_b = \frac{(2 - 0,3)}{2} \times 7,838 = 6,663 \text{ kg/cm}^2$$

Direncanakan sengkang

Diameter = 16 mm

As = 2,010 cm<sup>2</sup>

Untuk 2 kaki = 4,019 cm<sup>2</sup>

$$as < \frac{As \times \sigma_a}{\tau_b \times b} = \frac{4,019 \times 1850}{6,663 \times 60} = 18,6 \text{ cm}$$

Berdasarkan PBI Pasal 9.3(6) didapat ketentuan jarak sengkang sebagai berikut,

$$a_s < 30 \text{ cm}$$

$$a_s < \frac{2}{3} h_t = \frac{2}{3} 90 = 60 \text{ cm}$$

Maka dipasang tulangan geser D16 – 150

### Sengkang didaerah >1/4L dari ujung balok :

$$\tau_b = \frac{(1,7 - 0,85)}{1,7} \times 6,663 = 3,331 \text{ kg/cm}^2$$

Direncanakan sengkang

Diameter = 16 mm

As = 2,0096 cm<sup>2</sup>

Untuk 2 kaki = 4,019 cm<sup>2</sup>

$$as < \frac{As \times \sigma_a}{\tau_b \times b} = \frac{4,019 \times 1850}{3,331 \times 60} = 37,2 \text{ cm}$$

Maka dipasang tulangan geser D16 – 200

### Panjang penyaluran

Untuk tulangan tarik, berdasarkan PBI'71 Pasal 8.6.2 diambil nilai terbesar dari persamaan berikut :

$$Ld = 0,07 \frac{A \sigma'_{au}}{\sqrt{\sigma'_{bk}}} > 0,0065 d_p \sigma_{au}$$

As tulangan D22 = 3,799 cm<sup>2</sup>

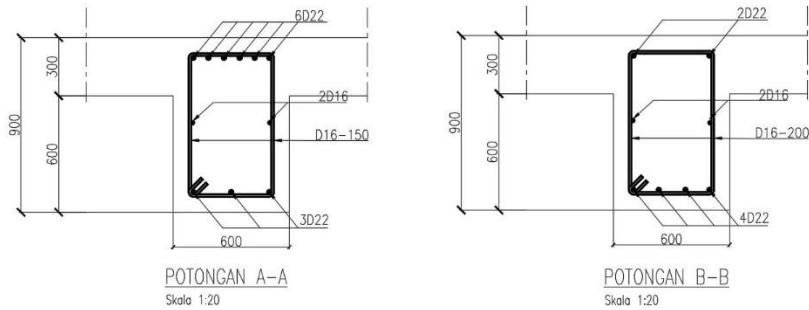
$$\begin{aligned} Ld &= 0,07 \frac{3,799 \times 3200}{\sqrt{350}} > 0,0065 \times 2,211 \times 3200 \\ &= 45,49 \text{ cm} < 45,98 \text{ cm} \end{aligned}$$

Maka panjang penyaluran dipakai 50 cm

Untuk tulangan tekan, berdasarkan PBI'71 Pasal 8.7.2 diambil nilai terbesar dari persamaan berikut :

$$\begin{aligned} Ld &= 0,09 \frac{D \sigma'_{au}}{\sqrt{\sigma'_{bk}}} > 0,005 d_p \sigma_{au} \\ &= 0,09 \frac{2,2 \times 3200}{\sqrt{350}} > 0,005 \times 2,211 \times 3200 \\ &= 33,87 \text{ cm} < 35,37 \text{ cm} \end{aligned}$$

Maka panjang penyaluran dipakai 40 cm



Gambar 6.34 Sketsa Balok Memanjang Pivot

### Perhitungan Penulangan Balok Melintang

Data Perencanaan :

$$\text{Tinggi (H)} = 90 \text{ cm}$$

$$\text{Lebar (b)} = 60 \text{ cm}$$

$$\text{Cover (d)} = 8 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} h &= 90 - 8 - 1,3 - (2,2/2) \\ &= 79,60 \text{ cm} \end{aligned}$$

Mutu beton

$$\sigma'_{bk} = 350 \text{ kg/cm}^2 (\text{K} - 350)$$

$$\sigma'_b = 115,5 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_b = 1,2 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$$

Mutu baja

$$\sigma_{au} = 3200 \text{ kg (U} - 32\text{)}$$

$$E_a = 2,1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_a = \sigma'_a = 1850 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{au}^* = 2780 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Diamter tulangan} &= 22 \text{ mm ( Utama )} \\ &= 13 \text{ mm ( Geser )} \end{aligned}$$

$$n = \frac{Ea}{Eb} = \frac{2100000}{120000} = 17,5$$

$$\phi_0 = \frac{\sigma_a}{n \times \sigma'_b} = \frac{1850}{17,5 \times 115,5} = 0,915$$

Momen balok

Dalam perhitungan ini penulangan balok memanjang diambil berdasarkan gaya maksimum yang bekerja dari hasil SAP 2000 v.14. Lihat **Tabel 6.**

$$\begin{aligned} Mu &= 24928,99 \text{ kg.m (tumpuan)} \\ &= 19832,11 \text{ kg.m (lapangan)} \end{aligned}$$

### Perhitungan tulangan lapangan

$$\begin{aligned} Mu &= 19832,11 \text{ kg.m} \\ &= 1983211 \text{ kg.cm} \\ Ca &= \frac{h}{\sqrt{\frac{nxM}{bx\sigma'_a}}} = \frac{79,60}{\sqrt{\frac{17,5 \times 1983211}{60 \times 1850}}} = 4,502 \end{aligned}$$

Dengan melihat tabel Perhitungan Lentur Cara “n”, untuk  $Ca = 4,502$  dengan  $\delta = 0,4$ , didapatkan :

$$\phi = 2,782 > \phi_0 = 0,915 \quad \text{OK}$$

$$100n\omega = 5,262$$

$$\omega = 0,0030$$

### Luas tulangan tarik

$$\begin{aligned} As &= \omega \times b \times h \\ &= 0,0030 \times 60 \times 79,6 \\ &= 14,36 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan 4D22 (  $As = 15,19 \text{ cm}^2$  )

### Luas tulangan tekan

$$\begin{aligned} As' &= \delta \times As \\ &= 0,4 \times 15,198 \\ &= 6,08 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan 2D22 (  $As = 7,60 \text{ cm}^2$  )

### Luas tulangan samping

$$\begin{aligned} Asd &= 10\% \times As \\ &= 10\% \times 15,2 \\ &= 1,52 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan 2D16 (  $As = 4,02 \text{ cm}^2$  )

### Cek jarak tulangan

Tulangan direncanakan hanya terdiri dari 1 baris yang berisi 4 tulangan, sehingga jarak tulangan sebesar :

$$\begin{aligned} s &= \frac{b - 2d - 2\phi - nD}{n - 1} \\ &= \frac{60 - 16 - 2,6 - 13,2}{5} = 5,64 \text{ cm} > 3,2 \text{ cm} \rightarrow OK \end{aligned}$$

### Kontrol retak

Berdasarkan PBI 1971 pasal 10.7.1b retak yang diijinkan 0,01 cm. Dengan menggunakan tabel 10.7.1 PBI 1971 maka didapatkan :  $C_3 = 1,50$  ;  $C_4 = 0,04$  ;  $C_5 = 7,5$

$$\omega_p = \frac{A}{bh} = \frac{15,2}{60 \times 90} = 0,003$$

$$dp = 12,8 \times \sqrt{2,983} = 22,11 \text{ mm} = 2,211 \text{ cm}$$

$$\sigma_a = \frac{\sigma_a}{\phi} = \frac{1850}{3,782} = 5664,98$$

Maka besarnya lebar retak didapatkan :

$$\begin{aligned} W &= \alpha \left( C_3 \times d + C_4 \frac{dp}{\omega_p} \right) \left( \sigma_a - \frac{C_5}{\omega_p} \right) 10^{-6} \\ &= 1 \left( 1,5 \times 8 + 0,04 \frac{2,211}{0,0028} \right) \left( 664,989 - \frac{7,5}{0,0028} \right) 10^{-6} \\ &= -0,087 \text{ cm} \leq 0,01 \text{ cm} \rightarrow OK \end{aligned}$$

### Perhitungan tulangan tumpuan

$$Mu = 24928,99 \text{ kg.m}$$

$$Ca = \frac{h}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times \sigma_a}}} = \frac{79,60}{\sqrt{\frac{17,5 \times 2492899}{60 \times 1850}}} = 4,015$$

Dengan melihat tabel Perhitungan Lentur Cara “n”, untuk Ca = 4,015 dengan  $\delta = 0,4$ , didapatkan :

$$\phi = 2,448 > \phi_0 = 0,915 \quad \text{OK}$$

$$100n\omega = 6,632$$

$$\omega = 0,0038$$

### **Luas tulangan tarik**

$$\begin{aligned} As &= \omega \times b \times h \\ &= 0,0038 \times 60 \times 79,60 \\ &= 18,13 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan 6D22 ( As = 22,80 cm<sup>2</sup> )

### **Luas tulangan tekan**

$$\begin{aligned} As' &= \delta \times As \\ &= 0,4 \times 22,80 \\ &= 9,12 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan 3D22 ( As = 11,398 cm<sup>2</sup> )

### **Luas tulangan samping**

$$\begin{aligned} Asd &= 10\% \times As \\ &= 10\% \times 22,80 \\ &= 2,28 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan 2D16 ( As = 4,02 cm<sup>2</sup> )

### **Cek jarak tulangan**

Tulangan direncanakan hanya terdiri dari 1 baris yang berisi 4 tulangan, sehingga jarak tulangan sebesar :

$$s = \frac{b - 2d - 2\phi - nD}{n-1}$$

$$= \frac{60 - 16 - 2,6 - 13,2}{5} = 5,64 \text{ cm} > 3,2 \text{ cm} \rightarrow OK$$

### Kontrol retak

Berdasarkan PBI 1971 pasal 10.7.1b retak yang diijinkan 0,01 cm. Dengan menggunakan tabel 10.7.1 PBI 1971 maka didapatkan :  $C_3 = 1,50$  ;  $C_4 = 0,04$  ;  $C_5 = 7,5$

$$\omega_p = \frac{A}{bh} = \frac{22,8}{60 \times 90} = 0,004$$

$$dp = 12,8x\sqrt{2,983} = 22,11 \text{ mm} = 2,211 \text{ cm}$$

$$\sigma_a = \frac{\sigma_a}{\phi} = \frac{1850}{2,448} = 755,719$$

Maka besarnya lebar retak didapatkan :

$$W = \alpha \left( C_3 x d + C_4 \frac{dp}{\omega_p} \right) \left( \sigma_a - \frac{C_5}{\omega_p} \right) 10^{-6}$$

$$= 1 \left( 1,5 \times 8 + 0,04 \frac{2,211}{0,004} \right) \left( 7585,719 - \frac{7,5}{0,004} \right) 10^{-6}$$

$$= -0,034 \text{ cm} \leq 0,01 \text{ cm} \rightarrow OK$$

### Kontrol dimensi balok

$$V = 15179,48 \text{ kg}$$

$$T = 2617,24 \text{ kg.m}$$

$$\tau_b = \frac{V}{b \times \frac{7}{8} x h} = \frac{15179,4}{60 \times \frac{7}{8} x 90} = 3,213 \text{ kg/cm}^2$$

Untuk  $ht > b$

$$\psi = 3 + \frac{2,6}{0,45 + \frac{h}{b}} = 3 + \frac{2,6}{0,45 + \frac{90}{60}} = 4,33$$

Tegangan geser puntir beton pada penampang balok persegi di tengah – tengah tepi penampang yang vertikal (**PBI'71 Pasal 11.8.1**) :

$$\tau'_b = \frac{\psi x T}{b^2 x h} = \frac{4,33 x 261724}{60^2 x 90} = 3,5 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau_b + \tau'_b = 3,213 + 3,5 = 6,713 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau_{bm} = 1,62\sqrt{350} = 30,31 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau_b + \tau' < \tau_{bm} \rightarrow OK$$

Ukuran balok 60/90 sudah memenuhi syarat

### **Perhitungan tulangan geser (sengkang)**

Tegangan beton yang diijinkan berdasarkan PBI '71 tabel 10.4.2 akibat geser oleh lentur dengan puntir, dengan tulangan geser :

Untuk pembebanan tetap :

$$\begin{aligned}\tau'_{bm-t} &= 1,35\sqrt{350} \\ &= 25,26 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

Untuk pembebanan sementara

$$\begin{aligned}\tau'_{bm-s} &= 2,12\sqrt{350} \\ &= 39,66 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

### **Sengkang di tumpuan balok (1/4L)**

$$\tau_b = \frac{(2-0,3)}{2} x 43,213 = 2,731 \text{ kg/cm}^2$$

Direncanakan sengkang

Diameter = 13 mm

As = 1,327 cm<sup>2</sup>

Untuk 2 kaki = 2,653 cm<sup>2</sup>

$$as < \frac{As \times \sigma_a}{\tau_b \times b} = \frac{2,653 \times 1850}{2,731 \times 60} = 29.96 \text{ cm}$$

Maka dipasang tulangan geser D13 – 150

**Sengkang didaerah >1/4L dari ujung balok :**

$$\tau_b = \frac{(1,7 - 0,85)}{1,7} \times 3,678 = 1,839 \text{ kg/cm}^2$$

Direncanakan sengkang

Diameter = 13 mm

As = 1,327 cm<sup>2</sup>

Untuk 2 kaki = 2,653 cm<sup>2</sup>

$$as < \frac{As \times \sigma_a}{\tau_b \times b} = \frac{2,653 \times 1850}{1,865 \times 60} = 59,92 \text{ cm}$$

Maka dipasang tulangan geser D13 – 250

### Panjang penyaluran

Untuk tulangan tarik, berdasarkan PBI'71 Pasal 8.6.2 diambil nilai terbesar dari persamaan berikut :

$$Ld = 0,07 \frac{A \sigma'_{au}}{\sqrt{\sigma'_{bk}}} > 0,0065 d_p \sigma_{au}$$

As tulangan D22 = 3,799 cm<sup>2</sup>

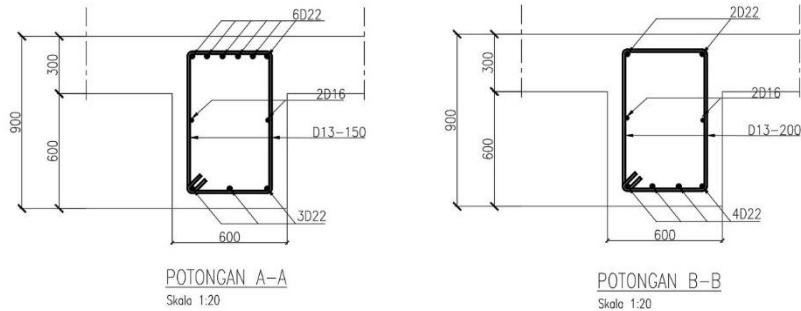
$$Ld = 0,07 \frac{3,799 \times 3200}{\sqrt{350}} > 0,0065 \times 2,211 \times 3200 \\ = 45,49 \text{ cm} > 45,98 \text{ cm}$$

Maka panjang penyaluran dipakai 50 cm

Untuk tulangan tekan, berdasarkan PBI'71 Pasal 8.7.2 diambil nilai terbesar dari persamaan berikut :

$$Ld = 0,09 \frac{D \sigma'_{au}}{\sqrt{\sigma'_{bk}}} > 0,005 d_p \sigma_{au} \\ = 0,09 \frac{2,2 \times 3200}{\sqrt{350}} < 0,005 \times 2,211 \times 3200 \\ = 33,87 \text{ cm} < 35,37 \text{ cm}$$

Maka panjang penyaluran dipakai 40 cm

Gambar 6.35 Sketsa Balok Melintang *Pivot*

### 6.2.7 Perencanaan Poer

Struktur poer berfungsi sebagai penyambung antara ujung atas tiang pancang dengan balok memanjang maupun melintang. Pada perencanaan ini, adapun dimensi dan tipe poer adalah:

- Poer tunggal = 150 x 150 x 80 cm
- Poer Ganda = 150 x 300 x 80 cm

#### a. Penulangan Poer Tunggal

Data Perencanaan :

$$\begin{aligned}
 \text{Tinggi (H)} &= 80 \text{ cm} \\
 \text{Lebar (b)} &= 150 \text{ cm} \\
 \text{Panjang (l)} &= 150 \text{ cm} \\
 \text{Cover (d)} &= 8 \text{ cm} \\
 \text{hx} &= 80 - 8 - (2,5/2) \\
 &= 70,75 \text{ cm} \\
 \text{hy} &= 80 - 8 - 2,5 - (2,5/2) \\
 &= 68,25 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Mutu beton

$$\begin{aligned}
 \sigma'_{bk} &= 350 \text{ kg/cm}^2 (K - 350) \\
 \sigma'_b &= 115,5 \text{ kg/cm}^2 \\
 E_b &= 1,2 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Mutu baja

$$\begin{aligned}
 \sigma_{au} &= 3200 \text{ kg (U - 32)} \\
 E_a &= 2,1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\sigma_a = \sigma'_a = 1850 \text{ kg/cm}^2$$

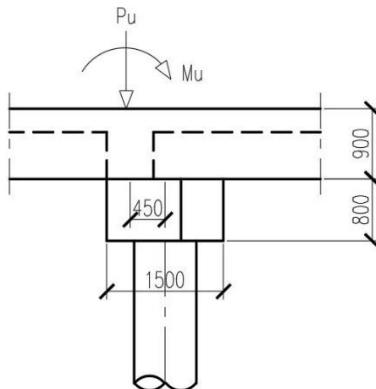
$$\sigma_{au}^* = 2780 \text{ kg/cm}^2$$

Diamter tulangan = 25 mm

$$n = \frac{Ea}{Eb} = \frac{2100000}{120000} = 17,5$$

$$\phi_0 = \frac{\sigma_a}{n \times \sigma' b} = \frac{1850}{17,5 \times 115,5} = 0,915$$

Dari perhitungan program SAP 2000 didapat gaya yang bekerja pada poer, kemudian dengan asumsi pelaksanaan yang sulit maka direncanakan terjadi eksentrisitas pada *poer* seperti terlihat pada Gambar 6.36.



Gambar 6.36 Eksentrisitas Poer Tunggal

#### Gaya – gaya yang terjadi pada *poer* tunggal

$$P_u = 138228 \text{ kg}$$

$$Mx = 24928,99 \text{ kg.m}$$

$$My = 27324,23 \text{ kg.m}$$

$$e = 0,45 \text{ m}$$

$$Mx = e \times P_u + Mx$$

$$= 0,45 \times 138228,8 + 24928,99$$

$$= 87131,59 \text{ kg.m} \quad = 8713159 \text{ kg.cm}$$

$$\begin{aligned}
 My &= e \times Pu + Mu \\
 &= 0,45 \times 138228 + 27324,23 \\
 &= 89625,83 \text{ kg.m} \quad = 8962583 \text{ kg.cm}
 \end{aligned}$$

### **Penulangan poer arah x**

$$Ca = \frac{hx}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times \sigma'_a}}} = \frac{70,75}{\sqrt{\frac{17,5 \times 8713159}{150 \times 1850}}} = 3,018$$

Dengan melihat tabel Perhitungan Lentur Cara “n”, untuk Ca = 3,018 dengan  $\delta = 1$ , didapatkan :

$$\phi = 2,042 > \phi_0 = 0,915 \quad \text{OK}$$

$$100n\omega = 11,32$$

$$\omega = 0,0065$$

### **Luas tulangan yang dibutuhkan**

$$\begin{aligned}
 As &= \omega \times b \times h \\
 &= 0,0065 \times 150 \times 70,75 \\
 &= 68,64 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan D25 – 100 ( As = 73,593 cm<sup>2</sup> )

### **Luas tulangan samping**

$$\begin{aligned}
 Asd &= 10\% \times As \\
 &= 10\% \times 73,593 \\
 &= 7,359 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan 2D25 ( As = 9,813 cm<sup>2</sup> )

### **Penulangan poer arah y**

$$Ca = \frac{hy}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times \sigma'_a}}} = \frac{68,25}{\sqrt{\frac{17,5 \times 8962583}{150 \times 1850}}} = 2,870$$

Dengan melihat tabel Perhitungan Lentur Cara “n”, untuk Ca = 2,870 dengan  $\delta = 1$ , didapatkan :

$$\phi = 1,952 > \phi_0 = 0,915 \quad \text{OK}$$

$$\begin{aligned}100n\omega &= 13,38 \\ \omega &= 0,0076\end{aligned}$$

### **Luas tulangan yang dibutuhkan**

$$\begin{aligned}As &= \omega \times b \times h \\ &= 0,0076 \times 150 \times 68,25 \\ &= 78,273 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

Dipasang tulangan D25 – 80 ( As = 91,992 cm<sup>2</sup> )

### **Luas tulangan samping**

$$\begin{aligned}Asd &= 10\% \times As \\ &= 10\% \times 91,992 \\ &= 9,919 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

Dipasang tulangan 4D25 ( As = 19,625 cm<sup>2</sup> )

- **Kontrol Retak**

Berdasarkan PBI 1971 pasal 10.7.1b retak yang diijinkan 0,01 cm. Dengan menggunakan tabel 10.7.1 PBI 1971 maka didapatkan C<sub>3</sub> = 1,50 ; C<sub>4</sub> = 0,04 ; C<sub>5</sub> = 7,5

$$\omega_p = \frac{A}{bh} = \frac{73,59}{150 \times 68,25} = 0,0072$$

$$dp = 12,8 \times \sqrt{2,983} = 22,11 \text{ mm} = 2,211 \text{ cm}$$

$$\sigma_a = \frac{\sigma_a}{\phi} = \frac{1850}{1,952} = 947,745$$

Maka besarnya lebar retak didapatkan :

$$\begin{aligned}W &= \alpha \left( C_3 \times d + C_4 \frac{dp}{\omega_p} \right) \left( \sigma_a - \frac{C_5}{\omega_p} \right) 10^{-6} \\ &= 1 \left( 1,5 \times 8 + 0,04 \frac{2,211}{0,0072} \right) \left( 947,745 - \frac{7,5}{0,0072} \right) 10^{-6} \\ &= -0,093 \text{ cm} \leq 0,01 \text{ cm} \rightarrow OK\end{aligned}$$

- **Kontrol Geser Spons**

$$\bar{\tau}_{bp} = \frac{P_{max}}{\pi(c + h_t)h_t} \leq \bar{\tau}_{bm}$$

Dimana:

$\tau_{bm}$  = tegangan aktual yang terjadi pada beton

$P_{max}$  = gaya aksial maksimum yang bekerja pada tiang  
pancang (138,228 t)

c = diameter tiang pancang (81,28 cm)

ht = tinggi total pile cap (80 cm)

$\tau_{bpm}$  = tegangan ijin beton

Sehingga tegangan geser pons akibat beban kerja adalah,

$$\bar{\tau}_{bpm} = 1,3 \sqrt{\sigma'_{bk}} = 1,3\sqrt{350} = 24,321 \text{ kg/cm}^2$$

$$133228$$

$$\bar{\tau}_{bp} = \frac{133228}{\pi(81,28 + 80)80} \leq \bar{\tau}_{bpm}$$

$$\bar{\tau}_{bp} = 3,286 \text{ kg/cm}^2 \leq \bar{\tau}_{bpm} = 24,321 \text{ kg/cm}^2 \dots \text{OK}$$

Karena geser pons yang terjadi lebih kecil dari tegangan izin beton, maka pile cap dikatakan aman dari gaya pons.

- **Kontrol kekuatan tulangan terhadap gaya tarik pada sambungan antara pile-poer-balok**

Tulangan harus dicek kemampuannya dalam menahan gaya aksial (P) tekan sebesar yang terjadi pada tiang sebesar 138,228 ton. Beberapa hal yang harus dicek antara lain

- Kekuatan tarik dari tulangan yang berada didalam steel pipe pile (8D29, fy = 350 MPa) :

$$P_{nt} (\text{kekuatan tarik tulangan} = A_s \cdot n \cdot f_y \cdot \emptyset)$$

Dimana  $\emptyset = 0.8$  (SNI 2847 2002, 11.3.2,  $\emptyset$  untuk axial tension atau  $P_{tarik}$ )

$$P_{nt} = 660,185 \times 8 \times 350 \times 0,8 = 1478814,4 \text{ N} = 147,88 \text{ ton}$$

$$P_{nt} > P_{tekan} = 147,88 \text{ ton} > 138,23 \text{ ton} \dots \text{OK}$$

- Panjang penyaluran tulangan *steel pipe pile* ke dalam poer (8D29, L=600 mm)

$$P_{\text{tekan}} = 138,23 \text{ ton} = 1382280 \text{ N}$$

$$fr = 0,7\sqrt{fc'} = 0,7\sqrt{29,05} = 3,773$$

$$L = \frac{P_{\text{tension}}}{n \times \pi \times D \times fr} < L_{\text{pasang}}$$

$$= \frac{1382280}{10 \times 3,14 \times 25 \times 3,773} = 583,39 \text{ mm} < 600 \text{ mm} \rightarrow OK$$

- Kekuatan tarik angker pada poer ke balok (10D25, fy = 350 MPa)

$$P_{\text{nt}} (\text{kekuatan tarik tulangan} = As \cdot n \cdot fy \cdot \emptyset)$$

Dimana  $\emptyset = 0,8$  (SNI 2847 2002, 11.3.2,  $\emptyset$  untuk axial tension atau  $P_{\text{tarik}}$ )

$$P_{\text{nt}} = 660,185 \times 8 \times 350 \times 0,8 = 1478814,4 \text{ N} = 147,88 \text{ ton}$$

$$P_{\text{nt}} > P_{\text{tekan}} = 147,88 \text{ ton} > 138,23 \text{ ton} \dots OK$$

- Panjang penyaluran dari poer ke balok (10D25, L=600 mm)

$$fr = 0,7\sqrt{fc'} = 0,7\sqrt{29,05} = 3,773$$

$$L = \frac{P_{\text{tension}}}{n \times \pi \times D \times fr} < L_{\text{pasang}}$$

$$= \frac{1382280}{10 \times 3,14 \times 25 \times 3,773} = 583,39 \text{ mm} < 600 \text{ mm} \rightarrow OK$$

- Kontrol kemampuan beton pada tiang**

Sambungan antara *steel pile* dan *poer* menggunakan beton mutu K350. Jadi, mutu beton yang digunakan harus dicek terhadap gaya tarik aktual yang terjadi. Tegangan beton yang diijinkan untuk menerima tarik pada pembebanan tetap beton K350 adalah :

$$\sigma_b = 0,48\sqrt{\sigma_{bk}} = 0,48\sqrt{350} = 8,98 \text{ kg/cm}^2$$

Tegangan tarik ijin diatas yang akan digunakan untuk mengontrol gaya tarik aksial pada beton.

$$\begin{aligned}
 As &= \pi \times D \times h \\
 &= 3,14 \times 81,82 \times 100 \\
 &= 25521,92 \text{ cm}^2 \\
 \sigma_{bi} &= \sigma_b \times As \\
 &= 8,98 \times 25521,92 \\
 &= 229186,27 \text{ kg} = 229,186 \text{ ton} > 138,23 \text{ ton ....OK}
 \end{aligned}$$

- Kontrol kekuatan tulangan dan beton pada sambungan antara pile-pilecap-balok dalam menerima gaya geser**  
Gaya horisontal maksimum (*Shear Force*) pada tiang pancang 15,179 ton = 151794 N. Yang perlu dikontrol antara lain:
  - Tegangan geser beton dan pelat, serta kekuatan beton menerima gaya horisontal.
$$\begin{aligned}
 Vn &= n \times L \times D \times f_c' \\
 &= 10 \times 600 \times 25 \times 29,05 \\
 &= 4357500 \text{ N} > 151794 \text{ N....OK}
 \end{aligned}$$

### b. Penulangan Poer Ganda

Data Perencanaan :

$$\begin{aligned}
 \text{Tinggi (H)} &= 80 \text{ cm} \\
 \text{Lebar (b)} &= 150 \text{ cm} \\
 \text{Panjang (l)} &= 300 \text{ cm} \\
 \text{Cover (d)} &= 8 \text{ cm} \\
 h_y &= 80 - 8 - (2,5/2) \\
 &= 70,75 \text{ cm} \\
 h_x &= 80 - 8 - 2,5 - (2,5/2) \\
 &= 68,25 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Mutu beton

$$\begin{aligned}
 \sigma'_{bk} &= 350 \text{ kg/cm}^2 (K - 350) \\
 \sigma'_b &= 115,5 \text{ kg/cm}^2 \\
 E_b &= 1,2 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Mutu baja

$$\begin{aligned}
 \sigma_{au} &= 3200 \text{ kg (U - 32)} \\
 E_a &= 2,1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\sigma_a = \sigma'_a = 1850 \text{ kg/cm}^2$$

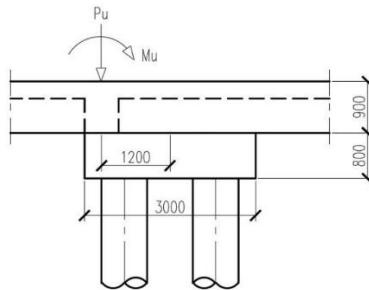
$$\sigma_{au}^* = 2780 \text{ kg/cm}^2$$

Diamter tulangan = 25 mm

$$n = \frac{Ea}{Eb} = \frac{2100000}{120000} = 17,5$$

$$\phi_0 = \frac{\sigma_a}{n \times \sigma'_b} = \frac{1850}{17,5 \times 115,5} = 0,915$$

Dari perhitungan program SAP 2000 didapat gaya yang bekerja pada poer, kemudian dengan asumsi pelaksanaan yang sulit maka direncanakan terjadi eksentrisitas pada poer seperti terlihat pada Gambar 6.37.



Gambar 6.37 Eksentrisitas Poer Ganda

### Gaya – gaya yang terjadi pada poer ganda

$$Pu = 138228 \text{ kg}$$

$$Mx = 24928,99 \text{ kg.m}$$

$$My = 27423,23 \text{ kg.m}$$

$$ex = 1,2 \text{ m}$$

$$ey = 0,45 \text{ m}$$

$$Mx = e \times Pu + Mx$$

$$= 1,2 \times 138228 + 24928,99$$

$$= 190802,59 \text{ kg.m} \quad = 19080259 \text{ kg.cm}$$

$$\begin{aligned}
 My &= e \times Pu + My \\
 &= 0,45 \times 138228 + 27423,23 \\
 &= 89625,83 \text{ kg.m} \quad = 8962583 \text{ kg.cm}
 \end{aligned}$$

### **Penulangan poer arah x**

$$Ca = \frac{hx}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times \sigma_a}}} = \frac{70,75}{\sqrt{\frac{17,5 \times 19080259}{300 \times 1850}}} = 2,884$$

Dengan melihat tabel Perhitungan Lentur Cara “n”, untuk Ca = 2,884 dengan  $\delta = 1$ , didapatkan :

$$\phi = 1,941 > \phi_0 = 0,915 \quad \text{OK}$$

$$100n\omega = 13,76$$

$$\omega = 0,0079$$

### **Luas tulangan yang dibutuhkan**

$$\begin{aligned}
 As &= \omega \times b \times h \\
 &= 0,0079 \times 300 \times 70,75 \\
 &= 166,9 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan D25 – 80 ( As = 184,98 cm<sup>2</sup> )

### **Luas tulangan samping**

$$\begin{aligned}
 Asd &= 10\% \times As \\
 &= 10\% \times 183,98 \\
 &= 18,398 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan 4D25 ( As = 19,625 cm<sup>2</sup> )

### **Penulangan poer arah y**

$$Ca = \frac{hy}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times \sigma_a}}} = \frac{68,25}{\sqrt{\frac{17,5 \times 8962583}{150 \times 1850}}} = 2,871$$

Dengan melihat tabel Perhitungan Lentur Cara “n”, untuk Ca = 2,871 dengan  $\delta = 1$ , didapatkan :

$$\begin{aligned}\phi &= 1,952 &> \phi_0 &= 0,915 && \text{OK} \\ 100n\omega &= 13,43 \\ \omega &= 0,0077\end{aligned}$$

### Luas tulangan yang dibutuhkan

$$\begin{aligned}As &= \omega \times b \times h \\ &= 0,0077 \times 150 \times 68,25 \\ &= 78,57 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

Dipasang tulangan D25 – 150 ( As = 98,125 cm<sup>2</sup> )

### Luas tulangan samping

$$\begin{aligned}Asd &= 10\% \times As \\ &= 10\% \times 98,13 \\ &= 9,813 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

Dipasang tulangan 2D25 ( As = 9,813 cm<sup>2</sup> )

### Kontrol Retak

Berdasarkan PBI 1971 pasal 10.7.1b retak yang diijinkan 0,01 cm. Dengan menggunakan tabel 10.7.1 PBI 1971 maka didapatkan : C<sub>3</sub> = 1,50 ; C<sub>4</sub> = 0,04 ; C<sub>5</sub> = 7,5

$$\omega_p = \frac{A}{bh} = \frac{73,59}{150 \times 68,25} = 0,0072$$

$$dp = 12,8x\sqrt{2,983} = 22,11 \text{ mm} = 2,211 \text{ cm}$$

$$\sigma_a = \frac{\sigma_a}{\phi} = \frac{1850}{1,952} = 947,745$$

Maka besarnya lebar retak didapatkan :

$$\begin{aligned}W &= \alpha \left( C_3 \times d + C_4 \frac{dp}{\omega_p} \right) \left( \sigma_a - \frac{C_5}{\omega_p} \right) 10^{-6} \\ &= 1 \left( 1,5 \times 8 + 0,04 \frac{2,211}{0,0072} \right) \left( 947,745 - \frac{7,5}{0,0072} \right) 10^{-6} \\ &= -0,093 \text{ cm} \leq 0,01 \text{ cm} \rightarrow OK\end{aligned}$$

- **Kontrol Geser Spons**

$$\bar{\tau}_{bp} = \frac{P_{max}}{\pi(c + h_t)h_t} \leq \bar{\tau}_{bm}$$

Dimana:

$\tau_{bm}$  = tegangan aktual yang terjadi pada beton

$P_{max}$  = gaya aksial maksimum yang bekerja pada tiang  
pancang (138,228 t)

c = diameter tiang pancang (81,28 cm)

ht = tinggi total pile cap (80 cm)

$\tau_{bpm}$  = tegangan ijin beton

Sehingga tegangan geser pons akibat beban kerja adalah,

$$\bar{\tau}_{bpm} = 1,3 \sqrt{\sigma'_{bk}} = 1,3\sqrt{350} = 24,321 \text{ kg/cm}^2$$

$$\bar{\tau}_{bp} = \frac{133228}{\pi(81,28 + 80)80} \leq \bar{\tau}_{bpm}$$

$$\bar{\tau}_{bp} = 3,286 \text{ kg/cm}^2 \leq \bar{\tau}_{bpm} = 24,321 \text{ kg/cm}^2 \dots \text{OK}$$

Karena geser pons yang terjadi lebih kecil dari tegangan izin beton, maka pile cap dikatakan aman dari gaya pons.

- **Kontrol kekuatan tulangan terhadap gaya tarik pada sambungan antara pile-poer-balok**

Tulangan harus dicek kemampuannya dalam menahan gaya aksial (P) tekan sebesar yang terjadi pada tiang sebesar 138,228 ton. Beberapa hal yang harus dicek antara lain

- Kekuatan tarik dari tulangan yang berada didalam steel pipe pile (8D29, fy = 350 MPa) :

$$P_{nt} (\text{kekuatan tarik tulangan} = A_s \cdot n \cdot f_y \cdot \emptyset)$$

Dimana  $\emptyset = 0.8$  (SNI 2847 2002, 11.3.2,  $\emptyset$  untuk axial tension atau  $P_{tarik}$ )

$$P_{nt} = 660,185 \times 8 \times 350 \times 0,8 = 1478814,4 \text{ N} = 147,88 \text{ ton}$$

$$P_{nt} > P_{tekan} = 147,88 \text{ ton} > 138,23 \text{ ton} \dots \text{OK}$$

- Panjang penyaluran tulangan steel pipe pile ke dalam poer (8D29, L=600 mm)

$$P_{tekan} = 138,23 \text{ ton} = 1382280 \text{ N}$$

$$fr = 0,7\sqrt{fc'} = 0,7\sqrt{29,05} = 3,773$$

$$L = \frac{P_{tension}}{n \times \pi \times D \times fr} < L_{pasang}$$

$$= \frac{1382280}{10 \times 3,14 \times 25 \times 3,773} = 583,39 \text{ mm} < 600 \text{ mm} \rightarrow OK$$

- Kekuatan tarik angker pada poer ke balok (10D25, fy = 350 MPa)

$$P_{nt} (\text{kekuatan tarik tulangan} = As \cdot n \cdot fy \cdot \emptyset)$$

Dimana  $\emptyset = 0,8$  (SNI 2847 2002, 11.3.2,  $\emptyset$  untuk axial tension atau  $P_{tarik}$ )

$$P_{nt} = 660,185 \times 8 \times 350 \times 0,8 = 1478814,4 \text{ N} = 147,88 \text{ ton}$$

$$P_{nt} > P_{tekan} = 147,88 \text{ ton} > 138,23 \text{ ton} \dots \text{OK}$$

- Panjang penyaluran dari poer ke balok (10D25, L=600 mm)

$$fr = 0,7\sqrt{fc'} = 0,7\sqrt{29,05} = 3,773$$

$$L = \frac{P_{tension}}{n \times \pi \times D \times fr} < L_{pasang}$$

$$= \frac{1382280}{10 \times 3,14 \times 25 \times 3,773} = 583,39 \text{ mm} < 600 \text{ mm} \rightarrow OK$$

#### • Kontrol kemampuan beton pada tiang

Sambungan antara steel pile dan pile cap menggunakan beton mutu K350. Jadi, mutu beton yang digunakan harus dicek terhadap gaya tarik aktual yang terjadi. Tegangan beton yang diijinkan untuk menerima tarik pada pembebanan tetap beton K350 adalah :

$$\sigma_b = 0,48\sqrt{\sigma_{bk}} = 0,48\sqrt{350} = 8,98 \text{ kg/cm}^2$$

Tegangan tarik ijin diatas yang akan digunakan untuk mengontrol gaya tarik aksial pada beton.

$$\begin{aligned} As &= \pi \times D \times h \\ &= 3,14 \times 81,82 \times 100 \\ &= 25521,92 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{bi} &= \sigma_b \times As \\ &= 8,98 \times 25521,92 \\ &= 229186,27 \text{ kg} = 229,186 \text{ ton} > 138,23 \text{ ton ....OK} \end{aligned}$$

- Kontrol kekuatan tulangan dan beton pada sambungan antara pile-pilecap-balok dalam menerima gaya geser**

Gaya horisontal maksimum (*Shear Force*) pada tiang pancang  $15,179 \text{ ton} = 151794 \text{ N}$ . Yang perlu dikontrol antara lain:

- Tegangan geser beton dan pelat, serta kekuatan beton menerima gaya horisontal.

$$\begin{aligned} Vn &= n \times L \times D \times f_c' \\ &= 10 \times 600 \times 25 \times 29,05 \\ &= 4357500 \text{ N} > 151794 \text{ N.....OK} \end{aligned}$$

### 6.2.8 Perencanaan Pondasi

Pondasi yang digunakan untuk dermaga batubara di gorontalo ini adalah tiang pancang baja (*Steel Pipe Pile*). Berikut merupakan hasil gaya dalam pada tiang pancang baja.

Tabel 6.13 Rekapitulasi gaya dalam pada tiang pancang

Frame	Beban	Kombinasi	Besar	Satuan
89	P (Tekan)	DD + LL + 1 Ex + 0,3 Ey	-138,228	Ton
101	P (Tarik)	DD + LL + 1 Ex + 0,3 Ey	-	Ton
73	V2	DD + LL + 1 Ex + 0,3 Ey	21,372	Ton
24	V3	DD + LL + 0,3 Ex + 1 Ey	18,562	Ton
54	M2	DD + LL + SD	56,225	Ton.m

108 Joint 45	M3 U	DD + LL + SD DD + LL +	74,639 28,67	Ton.m mm
-----------------	---------	---------------------------	-----------------	-------------

(Sumber : Analisa SAP 2000 v.14)

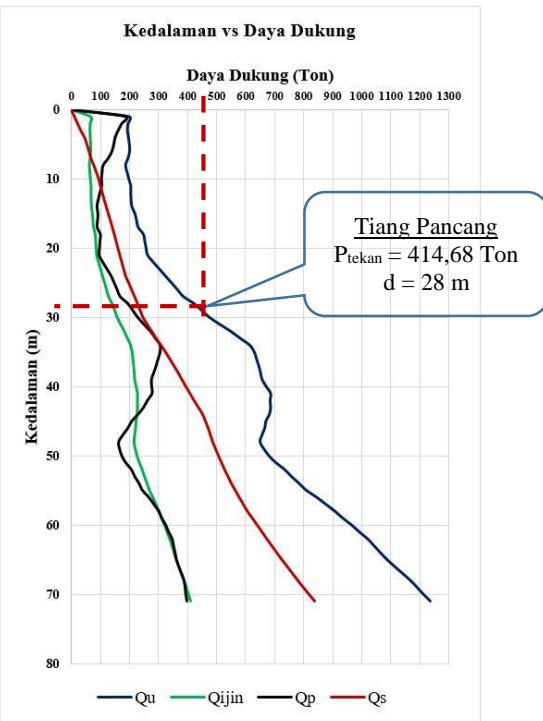
### • Data Spesifikasi Tiang Pancang

Spesifikasi tiang pancang baja PT. Swarma Bajapasic yang digunakan adalah sebagai berikut :

Diameter tiang	: 812,8 mm
Tebal tiang	: 16 mm
Luas penampang (A)	: 400,5 cm <sup>2</sup>
Berat (W)	: 314,39 kg/m
Momen Inersia (I)	: 318 x 10 <sup>3</sup> cm <sup>4</sup>
Modulus of section (Z)	: 782 x 10 cm <sup>3</sup>
Point of fifty (Zf)	: 8,15 m
Jumlah titik	: 14 titik

### • Perhitungan kebutuhan kedalaman tiang pancang

Pada perencanaan struktur *pivot*, konfigurasi tiang pancang digunakan tiang pancang tegak dan miring. Hasil analisi gaya dalam yang terjadi pada tiang pancang dapat dilihat pada Gambar 6.34. *Pivot* terletak pada zona tanah BH-6. sehingga data tanah yang digunakan adalah data tanah pada titik BH-6.



Gambar 6. 38 Grafik kedalaman vs daya dukung tanah  
Untuk tiang tekan :

$$Q_p = 138,228 \times 3 = 414,68 \text{ Ton}$$

Dengan gaya tekan tersebut maka dibutuhkan kedalaman tiang minimum sedalam -28 m di bawah seabed atau -33,8 mLWS.

- **Kontrol defleksi**

Kontrol defleksi bertujuan untuk melihat defleksi maksimum pada bangunan yang harus kurang dari defleksi izin. Untuk defleksi horisontal izin dapat dilihat pada “BS 6349-2:2010 tabel 1” sebesar 100 mm

Defleksi yang terjadi	< defleksi izin
28,67 mm	< 100 mm.....OK

- **Kontrol momen**

Kontrol momen bertujuan untuk mengecek apakah momen bahan tiang pancang lebih besar dari momen ultimate sehingga tiang pancang baja tidak mengalami retak atau leleh.

$$\begin{aligned} Mu \text{ bahan} &= fy \times S \\ &= fy \times 1,5 \times Z \\ &= 2500 \times 1,5 \times 7820 \\ &= 29325000 \text{ kg.cm} \\ &= 293,25 \text{ ton.m} \end{aligned}$$

Cek,  $Mu$  aktual <  $Mu$  bahan

$$\begin{aligned} M_2 &= 36,255 \text{ ton.m} < 293,25 \text{ ton.m....OK} \\ M_3 &= 24,639 \text{ ton.m} < 293,25 \text{ ton.m....OK} \end{aligned}$$

- **Daya dukung tiang akibat beban horisontal**

Beban yang dipikul oleh tiang pancang tidak hanya beban vertikal tetapi juga beban horizontal. Oleh karena itu perlu dilakukan pengecekan ketahanan tiang pancang terhadap beban horizontal. Gaya horizontal yang terjadi (hasil SAP 2000) harus lebih kecil dari gaya horizontal yang mampu dipikul bahan ( $H_u$ ).

Fixed – headed pile :

$$H_u = \frac{2Mu}{e + Zf}$$

Dimana :  $Mu$  = Momen ultimate bahan ( 293,25 t.m )

$e$  = Jarak antar lateral load yang bekerja dengan muka tanah (  $9 + 3,7 = 12,7$  )

$Zf$  = Titik jepit ( 8,5 m )

$$H_u = \frac{2xMu}{e + Zf} = \frac{2x293,25}{12,7 + 8,1} = 27,665 \text{ ton}$$

$H_u$  yang terjadi :

$$\begin{aligned} V_2 &= 21,37 \text{ ton} < 27,665 \text{ ton.....OK} \\ V_3 &= 18,56 \text{ ton} < 27,665 \text{ ton.....OK} \end{aligned}$$

- **Kontrol kekuatan bahan**

Tegangan yang terjadi akibat beban aksial (P) dan momen (M) pada tiang yang didapat dari analisa SAP 2000 v.14 harus lebih kecil dari tegangan ijin tiang pancang (fy). Tegangan pada tiang pancang dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{P}{A} \pm \frac{M}{W} \\ &= \frac{134228}{0,04005} + \frac{74,639}{314,39} \\ &= 3451510,8 \text{ kg/m}^2 \\ &= 345,15 \text{ kg/cm}^2 < 2500 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow OK\end{aligned}$$

- **Kontrol kuat tekuk**

$$\begin{aligned}P_{cr} &= \frac{\pi^2 x EI}{(Zf + e)^2} \\ &= \frac{3,14^2 x 2100000 x 318000}{(850+1270)^2} \\ &= 1464987,7 \text{ kg} \\ &= 1464,98 \text{ ton} > 134,228 \text{ ton}\end{aligned}$$

- **Kemampuan tiang berdiri sendiri**

Tiang pancang pada saat pelaksanaan harus dikontrol terhadap frekuensi gelombang. Sehingga tiang akan stabil walaupun pada saat berdiri sendiri.  $\omega$  gelombang diambil sebesar  $1/T$ . Adapun cara menghitung  $\omega$  tiang adalah dengan perumusan berikut :

$$\omega_t = 1,73 \sqrt{\frac{EI}{wi^3}} > \omega$$

Dimana,

$$\begin{aligned}E &= 2100000 \text{ kg/cm}^2 \\ I &= 318000 \text{ cm}^4 \\ w &= \text{berat tiang (kg)} \\ &= 314,4 \times 35,4\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 11129,4 \text{ kg} \\
 i &= 35,4 \text{ m} \\
 g &= 9,8 \text{ m}^2/\text{dt} \\
 &= 980 \text{ cm}^2/\text{dt}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \omega_i &= 1,73 \sqrt{\frac{EI}{wt^3}} > \omega \\
 &\sqrt{\frac{g}{\frac{2100000 \times 318000}{11129,4 \times 35,4^2}}} = 1,99 \text{ s} > 0,14 \text{ s} \rightarrow OK
 \end{aligned}$$

Jadi dapat disimpulkan bahwa tiang pancang tegak dan tiang pancang miring stabil terhadap frekuensi gelombang dan bisa berdiri sendiri.

### • Kalendering

Data dan asumsi awal perhitungan kalendering sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 H_{\text{hemmer}} &= 2,00 \text{ m (*hydraulic hammer*)} \\
 \varnothing_{\text{tiang}} &= 81,28 \text{ cm} \\
 t &= 16 \text{ mm} \\
 Q_u &= P_u \times S_F = 122,78 \times 3 = 368,3 \text{ ton} \\
 W &= 10 \text{ ton} \\
 \alpha &= 1,732 (\textit{hydraulic hammer}) \\
 L &= 33,8 + 1,1 + 0,5 = 35,4 \text{ m} \\
 W_p &= W \times L \\
 &= 0,314 \times 35,4 = 11,129 \text{ ton} \\
 n_{\text{hammer}} &= 0,55 (\textit{hemmer on steel pile without cushion}) \\
 S &= \text{set/pile penetration for last blow (cm)} \\
 C_1 &= 5 \text{ mm (Kompresi sementara dari cushion)} \\
 C_2 &= 10 \text{ mm (steel pipe pile)} \\
 C_3 &= 5 \text{ mm (soft ground SPT)} \\
 C &= C_1 + C_2 + C_3 \\
 &= 5 + 10 + 5 \\
 &= 20 \text{ mm} &= 0,02 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Qu &= \frac{\alpha W H}{S + 0,5 C} \frac{W + n^2 Wp}{W + Wp} \\
 368,3 &= \frac{1,732 \times 10 \times 2}{S + 0,5 \times 0,01} \frac{10 + 0,303 \times 11,12}{10 + 11,12} \\
 368,3 &= \frac{34,64}{S + 0,01} 0,632 \\
 S &= 0,04328m \\
 &= 42,84 \text{ mm} \rightarrow \text{Setting kelendering}
 \end{aligned}$$

Jadi setting kelendering yang digunakan sebesar 42,84 mm

- **Cek PMM Ratio**

Perhitungan momen penampang sama seperti pada perhitungan di struktur strestle

Berdasarkan hasil SAP didapatkan:

$P_u = 138,23 \text{ ton}$

$M_{ux} = 74,64 \text{ tm}$

$M_{uy} = 56,26 \text{ tm}$

$$\begin{aligned}
 \text{PMM ratio} &= \frac{P_u}{2\varphi P_n} + \left( \frac{M_{ux}}{\varphi M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\varphi M_{ny}} \right) \\
 &= \frac{138,23}{2 \times 724,74} + \left( \frac{74,64}{219} + \frac{56,26}{219} \right) \\
 &= 0,693 < 1 \dots \text{OK}
 \end{aligned}$$

- **Perlindungan korosi**

Korosi tiang diasumsikan terjadi sampai tiang ditumbuhki karang yaitu selama 10 tahun. Dengan asumsi tingkat korosi = 0,3 mm/tahun, maka untuk waktu perencanaan 10 tahun, tebal tiang yang digunakan adalah:  $16 - (0,3 \times 10) = 13 \text{ mm}$ . Metode perawatan digunakan dengan menyediakan alokasi tebal tiang yang akan terkorosi yaitu setebal 3 mm. Selain itu dapat digunakan juga lapisan HDPE yang akan melindungi tiang pancang.

### 6.3 Perencanaan *Loading Platform*

#### 6.3.1 Umum

*Loading platform* dalam perencanaan dermaga pupuk NPK ini adalah bagian dermaga yang berfungsi sebagai tempat rel dari *crane quadrant shiploader*.

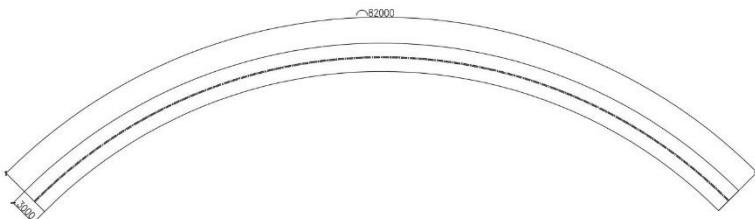
#### 6.3.2 Perencanaan Layout *Loading Paltform*

Dimensi *loading platform* disesuaikan dengan dimensi dari rel yang sudah direncanakan. Direncanakan bentuk dari laoding platform ini berbentuk radial karena menyesuaikan dengan alat berat yan digunakan yaitu quadrant shiploader. Dimensi dari laoding platform direncanakan dengan lebar 3 m, panjang 82 m dan jari-jari 40 m.

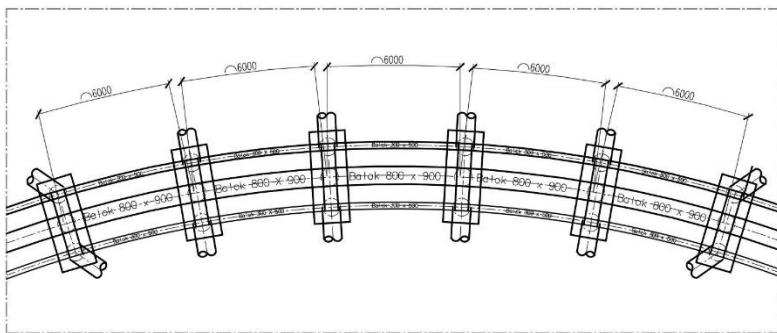
Berikut adalah perencanaan dimensi struktur loading platform :

Pelat	: Tebal 0,15 m
Balok melintang	: 60/90 Dengan panjang 3 m
Balok memanjang	: 80/90 Dengan panjang 6 m dan 1,8 m
Balok memanjang	: 30/50 Dengan panjnag 6 m dan 1,8 m
Pile cap 3 tiang	: 1,6 x 4,1 x 0,9 m
Tiang pancang tegak	: Ø812,8
Dimensi	: 3 x 82 m <sup>2</sup>

Layout rencanan loading platform dapat dilihat pada Gambar 6.39  
Sementara layout rencana struktur dapat dilihat pada Gambar 6.40.



Gambar 6.39 Dimensi *Loading Platform*



Gambar 6.40 Layout Rencana Pembalokan

### 6.3.3 Pembebanan *Loading Platform*

Beban yang terjadi pada *loading platform* adalah :

#### c. Beban Vertikal

- **Beban Mati**

Beban mati merupakan beban sendiri konsruksi balok dengan berat jenis beton bertulang diambil sebesar 2,9 t/m<sup>3</sup>. Untuk berat sendiri balok sudah terakumulasi secara otomatis oleh program SAP 2000 v14.0.

- **Beban Terpusat Poer**

$$\begin{aligned} - \text{Poer 3 Tiang} &= 1,6 \times 4,1 \times 0,9 \times 2,4 \\ &= 14,169 \text{ ton} \end{aligned}$$

- **Beban Catwalk**

Beban *catwalk* merupakan beban reaksi akibat *catwalk* yang menumpu pada balok. Beban *catwalk* diambil sebesar 3,80 ton

- **Beban Hidup**

- Beban pangkalan = 3 ton/m<sup>2</sup>
- Beban hujan = 0,05 x 1  
= 0,05 ton/m<sup>2</sup>
- Total beban hidup (qL) = 3,05 ton/m<sup>2</sup>

- **Beban Quadrant Shiploader**

Berdasarkan spesifikasi di bab 4, berat *quadrant shiploader* sebesar 120 ton berupa beban garis.

- **Beban Rel**

Berdasarkan sub bab 4.7 berat rel adalah 60,34 Kg/m

- **Beban Horisontal**

- **Beban Angin**

Beban angin terjadi dari 2 arah longitudinal *loading platform* dan transversal *loading platform* dengan beban sebagai berikut :

### **Arah Longitudinal**

- Kondisi air pasang

$$\begin{aligned}
 F_w &= 0,5 \times \rho_a \times C_{DW} \times V_w^2 \times A_w \\
 &= 0,5 \quad \times \quad 1,23 \quad \times \quad 1,5 \quad \times \quad 8^2 \quad \times \quad 82 \times 1,4 \\
 &= 6695 \quad N \\
 &= 669,5 \quad kg
 \end{aligned}$$

- Kondisi air surut

$$\begin{aligned}
 F_w &= 0,5 \times \rho_a \times C_{DW} \times V_w^2 \times A_w \\
 &= 0,5 \quad \times \quad 1,23 \quad \times \quad 1,5 \quad \times \quad 8^2 \quad \times \quad 82 \times 3,6 \\
 &= 17216 \quad N \\
 &= 1722 \quad kg
 \end{aligned}$$

### **Arah Transversal**

- Kondisi air pasang

$$\begin{aligned}
 F_w &= 0,5 \times \rho_a \times C_{DW} \times V_w^2 \times A_w \\
 &= 0,5 \quad \times \quad 1,23 \quad \times \quad 1,5 \quad \times \quad 8^2 \quad \times \quad 3 \times 1,4 \\
 &= 248 \quad N \\
 &= 24,8 \quad kg
 \end{aligned}$$

- Kondisi air surut

$$\begin{aligned}
 F_w &= 0,5 \times \rho_a \times C_{DW} \times V_w^2 \times A_w \\
 &= 0,5 \times 1,23 \times 1,5 \times 8^2 \times 3 \times 3,6 \\
 &= 637,6 \text{ N} \\
 &= 63,76 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

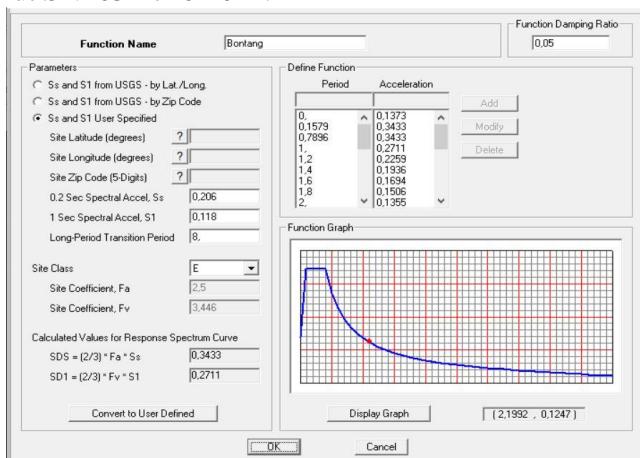
• Beban Arus

$$\begin{aligned}
 F_D &= 0,5 \times C_D \times \rho \times A \times U^2 \\
 &= 0,5 \times 1,2 \times 1,025 \times 0,6382 \times 1^2 \\
 &= 0,3925 \text{ ton} \\
 &= 0,0387 \text{ t/m}
 \end{aligned}$$

Didapat beban arus pada tiang sebesar 0,0654 t/m'

• Beban Gempa

Dengan menggunakan program bantu SAP 2000, perhitungan beban gempa dilakukan secara dinamis dengan menggunakan respon spektrum untuk daerah Bontang dengan Tanah sedang menurut SNI 03-1726-2012.



Gambar 6.41 Spektrum Gempa Bontang

(Sumber : Peta Gempa Indonesia)

### 6.3.4 Pemodelan Struktur SAP

Permodelan Struktur dilakukan dengan menggunakan program bantu SAP 2000. Permodelan struktur dilakukan untuk menentukan besarnya momen, gaya geser, dan reaksi yang terjadi pada balok dan pada perletakan. Permodelan pada SAP 200 dilakukan dengan permodelan tiga dimensi.

#### a. Pemodelan Struktur *Loading Platform*

- Perhitungan letak titik jepit tiang pancang ( $Z_f$ )

Tinggi struktur merupakan jarak dari titik jepit tiang pancang (*point of fixity*) ke elevasi dermaga. Perhitungan titik jepit tanah terhadap tiang pancang digunakan persamaan :

$$Z_f = 1,8 T \quad \rightarrow \quad T = \sqrt[5]{\frac{EI}{nh}}$$

Dimana :

$Z_f$  = Panjang titik jepit tiang pancang terukur dari seabed

$T$  = Faktor kekakuan tiang pancang

$E$  = Modulus elastisitas tiang pancang  
= 2.100.000 kg/cm<sup>2</sup>

$I$  = Momen inersia tiang  
=  $1/64 \times \pi \times d^4$   
=  $1/64 \times 3,14 \times (812,8^4 - (812,8 - 38)^4)$   
= 317821,08 cm<sup>4</sup>

$n_h$  = Koefisien modulus variasi tanah  
= 350 kN/m<sup>3</sup>  
= 0,035 kg/cm<sup>3</sup>

Sehingga faktor kekakuan ( $T$ ) dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned} T &= \sqrt[5]{\frac{EI}{nh}} \\ &= \sqrt[5]{\frac{2100000}{0,035} \times 317821,08} \\ &= 452,96724 \text{ cm} \end{aligned}$$

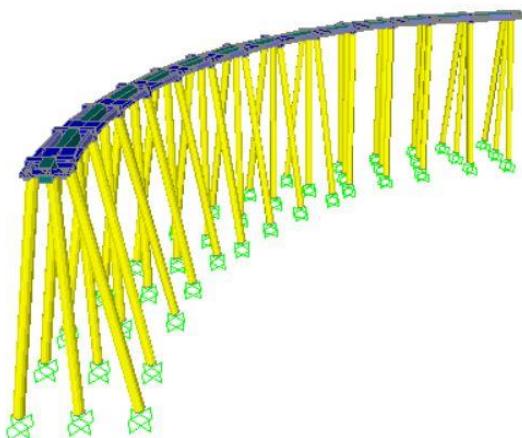
$$= 4,53 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} Zf &= 1,8 \times T \\ &= 1,8 \times 4,53 \\ &= 8,1534 \text{ m} \end{aligned}$$

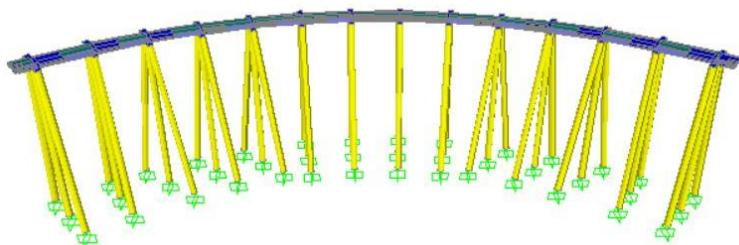
Sehingga tinggi struktur dermaga adalah

$$\begin{aligned} H_{\text{total}} &= \text{Elevasi dermaga} + \text{Jarak seabed ke LWS} + Zf \\ &= 3,7 + 9 + 8,15 \\ &= 20,85 \text{ m} \approx 21 \text{ m} \end{aligned}$$

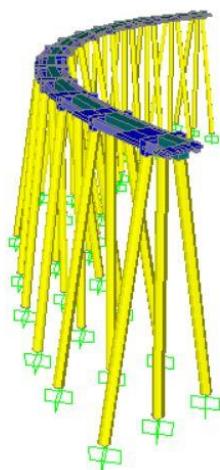
- Pemodelan struktur *loading platform* (Gambar 6.42)



Gambar 6.42 Pemodelan 3D *Loading Platform*

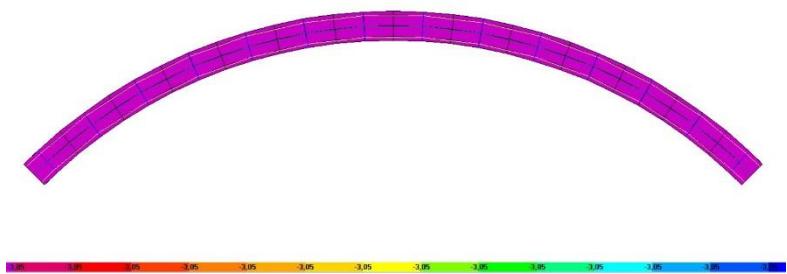


Gambar 6.43 Tampak Depan *Loading Platform*



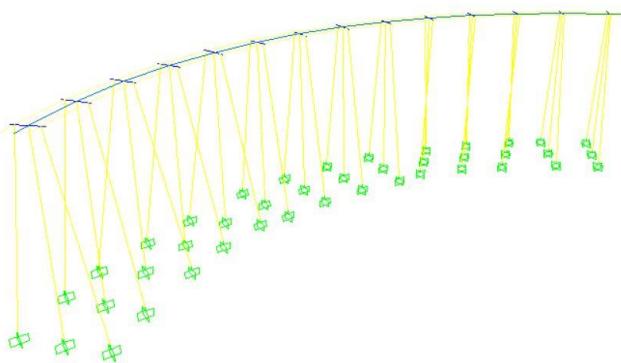
Gambar 6.44 Tampak Samping *Loading Platform*

- Input beban hidup pelat berupa beban hujan dan beban pangkalan (Gambar 6.45)



Gambar 6.45 Beban Pangkalan dan Beban Hujan pada *Loading Platform*

- Input Beban *Quadrant Shiploader* (Gambar 6.42)

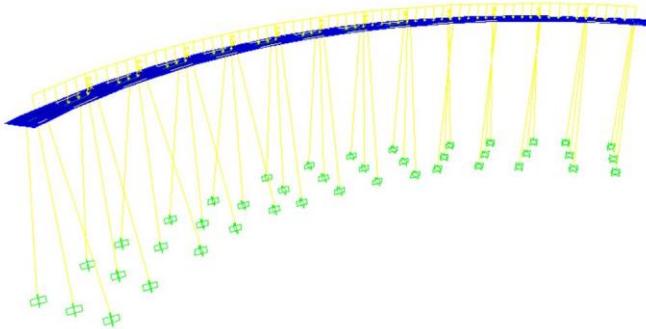


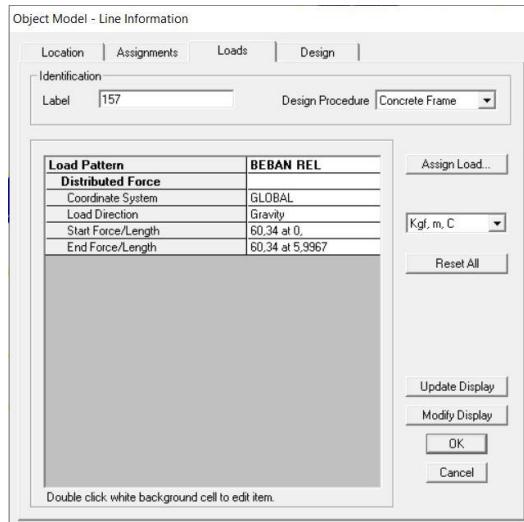
General Vehicle Data

Vehicle name [QSL]	Units [Tonf, m, C]							
Floating Axle Loads								
For Lane Moments [0.]	Value Width Type Axle Width							
For Other Responses [0.]	Value Width Type Axle Width							
<input type="checkbox"/> Double the Lane Moment Load when Calculating Negative Span Moments								
Usage								
<input checked="" type="checkbox"/> Lane Negative Moments at Supports	Min Dist Allowed From Axle Load							
<input checked="" type="checkbox"/> Interior Vertical Support Forces	Lane Exterior Edge [12.]							
<input checked="" type="checkbox"/> All other Responses	Lane Interior Edge [24.]							
Length Effects								
Axle	[None] <input style="border: none; padding: 0; margin-left: 10px;" type="button" value="Modify&gt;Show..."/>							
Uniform	[None] <input style="border: none; padding: 0; margin-left: 10px;" type="button" value="Modify&gt;Show..."/>							
Loads								
Load Length Type	Minimum Distance	Maximum Distance	Uniform Load	Uniform Width Type	Uniform Width	Axle Load	Axle Width Type	Axle Width
Fixed Length	[1.]	[0.]	Zero Width		[120]	One Point		
Fixed Length	[1.]	[0.]	Zero Width		[120]	One Point		
<input type="button" value="Add"/> <input type="button" value="Insert"/> <input type="button" value="Modify"/> <input type="button" value="Delete"/>								
<input type="checkbox"/> Vehicle Applies To Straddle (Adjacent) Lanes Only		Straddle Reduction Factor		<input type="text"/>				
<input type="checkbox"/> Vehicle Remains Fully In Lane (In Lane Longitudinal Direction)				<input type="button" value="OK"/>		<input type="button" value="Cancel"/>		

Gambar 6.46 Beban Garis Quadrant Shiploader

- Input Beban Rel





Gambar 6.47 Beban Rel

### b. Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan yang direncanakan pada loading platform adalah sebagai berikut,

$$\text{COMB1} = \text{DL} + \text{LL}$$

$$\text{COMB2} = \text{DL} + \text{LL} + \text{SD}$$

$$\text{COMB3} = \text{DL} + \text{LL} + 0,3 \text{ QLx} + \text{Qly}$$

$$\text{COMB4} = \text{DL} + \text{LL} + \text{QLx} + 0,3 \text{ Qly}$$

Dimana :

DL = Beban mati (berat beton)

SD = Beban mati tambahan (Beban Rel)

LL = Beban hidup (bebannya pangkalan dan beban hujan)

QLx = Beban gempa arah x

QLy = Beban gempa arah y

### c. Hasil Pemodelan

Dari perhitungan program bantu SAP didapat gaya dalam (Tabel 6.14) sebagai berikut

Tabel 6. 14 Gaya-Gaya Dalam Struktur Loading Platform

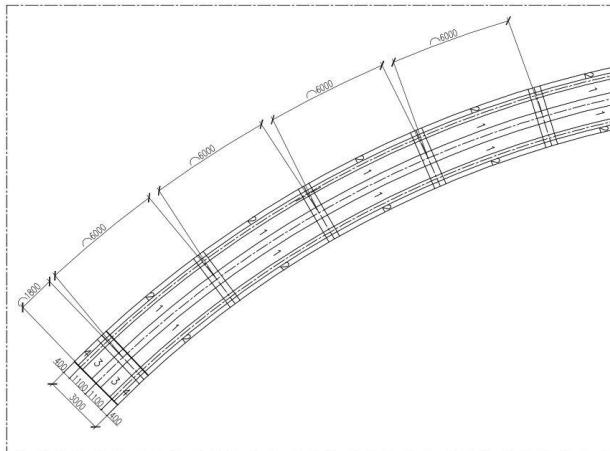
<b>Struktur</b>	<b>Gaya</b>	<b>Kombinasi</b>	<b>Besar</b>	<b>Satuan</b>
Balok Memanjang 80/90	P (tekan)	COMB4	-0,176	t
	P (tarik)	COMB4	0,143	t
	M3 (tump)	COMB4	72,573	tm
	M3 (lap)	COMB2	68,723	tm
	V2	COMB4	65,912	t
	T	COMB3	4,854	tm
	Deformasi	COMB2	0,657	mm
Balok Memanjang 30/50	P (tekan)	COMB4	-0,112	t
	P (tarik)	COMB4	0,078	t
	M3 (tump)	COMB4	8,587	tm
	M3 (lap)	COMB2	5,104	tm
	V2	COMB4	6,862	t
	T	COMB3	0,221	tm
	Deformasi	COMB2	0,224	mm
Balok Melintang 60/90	P (Tekan)	COMB4	-0,121	t
	P (Tarik)	COMB4	0,143	t
	M3 (Tump)	COMB4	26,756	tm
	M3 (Lap)	COMB2	34,141	tm
	V2	COMB4	43,469	t
	T	COMB4	10,658	tm
	Deformasi	COMB2	0,456	mm
Tiang Pancang	P (tekan)	COMB4	-126,370	t
	P (tarik)	COMB4	-	-
	M2	COMB4	63,421	tm

	M3	COMB2	57,273	tm
	V2	COMB4	32,956	t
	V3	COMB3	23,782	t
	Deformasi	COMB2	0,41	cm
Displacement	U1	COMB4		

### 6.3.5 Perencanaan Pelat

#### a. Penentuan Tipe Pelat

Penentuan tipe pelat didasarkan pada ukuran pelat itu sendiri (Gambar 6.48). Semua tipe pelat dengan rasio  $l_y/l_x$  yang melebihi 2,5. Perencanaan momen dan penulangannya digunakan penulangan praktis dengan mengikuti tulangan pelat didekatnya. Hal ini dikarenakan pelat-pelat tersebut memiliki rasio  $l_y/l_x > 2,5$  relatif lebih kecil dari pelat lainnya sehingga tidak begitu berpengaruh.



Gambar 6.48 Tipe Pelat *Loading Platform*

### b. Pembebanan Pelat

Pada perencanaan pelat, beban-beban yang bekerja berupa beban mati dan beban hidup. Beban mati berasal dari berat sendiri pelat dan finishing, sedangkan beban hidup berasal dari beban pangkalan, serta beban air hujan yang tergenang di atas pelat.

- **Beban Mati (DL)**

$$\begin{array}{rcl} \text{Beban plat lantai sendiri} & = & 0,15 \times 2900 = 435 \text{ kg/m}^2 \\ \text{Beban Finsihing} & = & 0,05 \times 2200 = 110 \text{ kg/m}^2 \\ \hline qD & = & 545 \text{ kg/m}^2 \end{array}$$

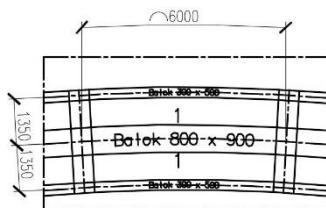
- **Beban Hidup (LL)**

Beban Hidup Merata

$$\begin{array}{rcl} \text{Beban air hujan} & = & 0,05 \times 1000 = 50 \text{ kg/m}^2 \\ \text{Beban pangkalan} & & = 3000 \text{ kg/m}^2 \\ \hline qL & = & 3050 \text{ kg/m}^2 \end{array}$$

### c. Perhitungan Momen Pelat

$$\begin{array}{rcl} Ly & = & 6 - 0,6 = 5,40 \text{ m} \\ Lx & = & 1,5 - 0,55 = 0,95 \text{ m} \\ \underline{Ly} & = & \underline{\frac{5,40}{}} \\ Lx & = & \underline{\frac{0,95}{}} = 5,68 \end{array}$$



Gambar 6.49 Pelat Tipe 1

Pelat direncanakan terjepit elastis dengan posisi balok pada keempat sisinya. Dari tabel 13.3.2 PBI 1971 dapat ditentukan koefisien X untuk pelat terjepit elastis pada keempat sisinya.

Tabel 6.15 Koefisien X

Ly/Lx	Koefisien X			
	Mlx	Mly	Mtx	Mty
8,3	63	13	63	58

(Sumber : PBI 1971)

Besar momen yang terjadi pada pelat dihitung dengan menggunakan persamaan di bawah ini :

$$Ml = - Mt = 0,001 q l_x^2 X$$

- **Momen akibat beban mati ( qD )**

Momen lapangan

$$\begin{aligned} Mlx &= 0,001 && \times 545 && \times 0,90 && \times 63 \\ &= 30,987 && \text{kg.m} && && \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Mly &= 0,001 && \times 545 && \times 0,90 && \times 13 \\ &= 6,394 && \text{kg.m} && && \end{aligned}$$

Momen tumpuan

$$\begin{aligned} Mtx &= -0,001 && \times 545 && \times 0,90 && \times 63 \\ &= -30,987 && \text{kg.m} && && \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Mty &= -0,001 && \times 545 && \times 0,90 && \times 38 \\ &= -18,690 && \text{kg.m} && && \end{aligned}$$

- **Momen akibat beban hidup ( qL )**

Momen lapangan

$$\begin{aligned} Mlx &= 0,001 && \times 3050 && \times 0,90 && \times 63 \\ &= 173,43 && \text{kg.m} && && \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Mly &= 0,001 && \times 3050 && \times 0,90 && \times 13 \\ &= 35,784 && \text{kg.m} && && \end{aligned}$$

Momen tumpuan

$$\begin{aligned} Mtx &= -0,001 && \times 3050 && \times 0,90 && \times 60 \\ &= -173,42 && \text{kg.m} && && \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Mty &= -0,001 && \times 3050 && \times 0,90 && \times 38 \\ &= -104,60 && \text{kg.m} && && \end{aligned}$$

Hasil perhitungan momen pelat secara lengkap untuk masing-masing pelat disajikan dalam Tabel 6.16.

Tabel 6.16 Momen Akibat Beban Mati dan Beban Hidup Merata

Tipe Pelat	Lx	Ly	Ly/Ix	Koefisien X	Momen (kg.m)		
					Mati	Hidup	Total
1	0,95	5,4	5,7	Mlx	63	30,9873	173,41538
	0,95	5,4	5,7	Mly	13	6,39421	35,784125
	0,95	5,4	5,7	Mtx	63	-30,9873	-173,4154
	0,95	5,4	5,7	Mty	38	-18,6908	-104,5998
2	0,95	1,5	1,6	Mlx	62	30,4955	170,66275
	0,95	1,5	1,6	Mly	35	17,2152	96,341875
	0,95	1,5	1,6	Mtx	62	-30,4955	-170,6628
	0,95	1,5	1,6	Mty	35	-17,2152	-96,34188

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Dari kelima tipe pelat diambil nilai momen yang paling maksimum hasil penjumlahan antara beban mati ditambah beban hidup merata yaitu pada pelat tipe 4 dengan tipe *two way slab*.

#### Beban Mati + Beban Hidup Merata

$$\begin{aligned}
 M_{lx} &= 0,0310 + 0,173 & = 0,315 \text{ ton.m} \\
 M_{ly} &= 0,0064 + 0,036 & = 0,064 \text{ ton.m} \\
 M_{tx} &= -0,0310 - 0,173 & = -0,315 \text{ ton.m} \\
 M_{ty} &= -0,0187 - 0,105 & = -0,189 \text{ ton.m}
 \end{aligned}$$

#### d. Penulangan Pelat

Momen pelat rencana yang terbesar akibat beban mati dan beban hidup merata dipakai dalam perhitungan penulangan, dapat dilihat pada Tabel 6.17 :

Tabel 6.17 Momen Pelat Rencana

Momen Pelat Rencana			
Mlx	Mly	Mtx	Mty
0,3146	0,064	-0,3146	-0,189

Data Perencanaan :

$$\begin{aligned}
 \text{Tebal plat (t)} &= 15 \text{ cm} \\
 \text{Cover (d)} &= 5 \text{ cm} \\
 h_x &= 15 - 5 - 1 - (1/2 \times 1) \\
 &= 9,5 \text{ cm} \\
 h_y &= 15 - 5 - 1 \\
 &= 9 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Mutu beton

$$\sigma'_{bk} = 350 \text{ kg/cm}^2 (K - 350)$$

$$\sigma'_b = 115,5 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_b = 1,2 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$$

Mutu baja

$$\sigma_{au} = 3200 \text{ kg (U - 32)}$$

$$E_a = 2,1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_a = \sigma'_a = 1850 \text{ kg/cm}^2 \text{ (akibat beban tetap)}$$

$$\sigma_a = \sigma'_a = 2650 \text{ kg/cm}^2 \text{ (akibat beban sementara)}$$

$$\sigma^{*}_{au} = 2780 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Diameter tulangan} = 10 \text{ mm ( Utama)}$$

$$n = \frac{Ea}{Eb} = \frac{2100000}{120000} = 17,5$$

$$\phi_0 = \frac{\sigma_a}{nx\sigma'_b} = \frac{1850}{17,5 \times 115,5} = 0,915$$

- Penulangan arah sumbu - x**

### Penulangan lapangan

$$\begin{aligned} M_{lx} &= 0,3146 \text{ ton.m} \\ &= 31464,94 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$

Diasumsikan menggunakan beban tetap

$$Ca = \frac{hx}{\sqrt{\frac{nxM}{bx\sigma'a}}} = \frac{9,5}{\sqrt{\frac{17,54 \times 31464,94}{100 \times 1850}}} = 5,50$$

Dengan melihat tabel Perhitungan Lentur Cara "n", untuk Ca = 5,50 dengan  $\delta = 0$ , didapatkan :

$$\phi = 3,274 > \phi_0 = 0,913 \quad \text{OK}$$

$$100n\omega = 3,574$$

$$\omega = 0,0020$$

### Luas tulangan yang dibutuhkan

$$\begin{aligned} As &= \omega \times b \times h \\ &= 0,0020 \times 100 \times 9,5 \end{aligned}$$

$$= 1,935 \text{ cm}^2$$

Dipasang tulangan D10 – 200 ( As = 3,925 cm<sup>2</sup> )

### Kontrol retak

Berdasarkan PBI 1971 pasal 10.7.1b retak yang diijinkan 0,01 cm. Dengan menggunakan tabel 10.7.1 PBI 1971 maka didapatkan : C<sub>3</sub> = 1,50 ; C<sub>4</sub> = 0,04 ; C<sub>5</sub> = 7,5

$$\omega_p = \frac{A}{bh} = \frac{3,925}{100 \times 15} = 0,0026$$

$$dp = 12,8 \times \sqrt{1,578} = 16,08 \text{ mm} = 1,608 \text{ cm}$$

$$\sigma_a = \frac{\sigma_a}{\phi} = \frac{1850}{3,274} = 565,058$$

Maka besarnya lebar retak didapatkan :

$$W = \alpha \left( C_3 x d + C_4 \frac{dp}{\omega_p} \right) \left( \sigma_a - \frac{C_5}{\omega_p} \right) 10^{-6}$$

$$= 1 \left( 1,5 \times 7 + 0,04 \frac{1,608}{0,0026} \right) \left( 565,058 - \frac{7,5}{0,0026} \right) 10^{-6}$$

$$= -0,081 \text{ cm} \leq 0,01 \text{ cm} \rightarrow OK$$

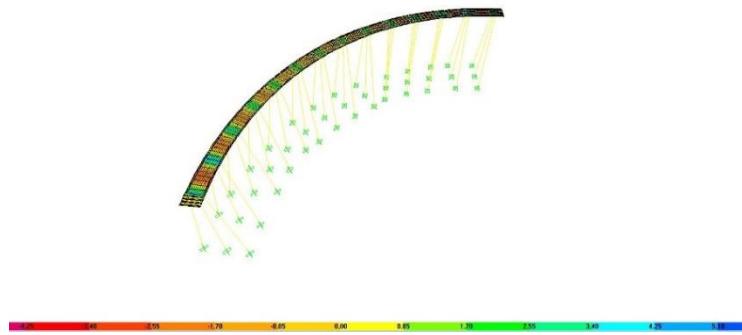
Penulangan pada pelat loading platform dengan jenis pelat satu arah, sehingga penulangan hanya diberikan pada arah x. Berikut hasil rekapitulasi pelat *loading platform*.

Tabel 6.18 Rekapitulasi penulangan pelat *loading platform* tipe 1

Arah	M (t.m)	As perlu (cm <sup>2</sup> )	As pasang (cm <sup>2</sup> )	Pasang
Mlx	0,315	1,936	3,925	D10-200
Mly	0,064			D10-300
Mtx	-0,315	1,936	3,925	D10-200
Mty	-0,189			D10-200

### e. Cek Tegangan Pelat

Dari hasil analisis struktur dengan kombinasi beban mati + beban hidup + beban pangkal + beban alat berat yang dimodelkan dalam Gambar 6.50.



Gambar 6.50 Tegangan Yang Terjadi Pada Loading Platform

Pelat Lantai Dermaga,  $t = 30 \text{ cm}$

#### Tegangan ijin kondisi service

$$F_{\text{allow}} = 0,55 \times \sigma'_b$$

$$F_{\text{allow}} = 0,55 \times 115,5 \text{ Kg/cm}^2$$

$$F_{\text{allow}} = 63,525 \text{ Kg/cm}^2 = 6,23 \text{ MPa}$$

Berdasarkan output hasil running aplikasi SAP200, didapat nilai tegangan maksimum pelat sebesar 6,03 Mpa.

$$\sigma_{\max} = 6,03 \text{ MPa} < F_{\text{allow}} = 6,23 \text{ MPa} \dots \text{OK}$$

### 6.3.6 Perencanaan Balok

#### Perhitungan Tulangan Balok Memanjang 80/90

Data Perencanaan :

$$\text{Tinggi (H)} = 90 \text{ cm}$$

$$\text{Lebar (b)} = 80 \text{ cm}$$

$$\text{Cover (d)} = 8 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} h &= 90 - 8 - 1,6 - (2,9/2) \\ &= 78,95 \text{ cm} \end{aligned}$$

Mutu beton

$$\sigma'_{bk} = 350 \text{ kg/cm}^2 (\text{K} - 350)$$

$$\sigma'_b = 115,5 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_b = 1,2 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$$

Mutu baja

$$\sigma_{au} = 3200 \text{ kg (U} - 32)$$

$$E_a = 2,1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_a = \sigma'_a = 1850 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma^{*}_{au} = 2780 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Diamter tulangan} &= 29 \text{ mm ( Utama)} \\ &= 16 \text{ mm ( Geser )} \end{aligned}$$

$$n = \frac{Ea}{Eb} = \frac{2100000}{120000} = 17,5$$

$$\phi_0 = \frac{\sigma_a}{nx\sigma'_b} = \frac{1850}{17,5 \times 115,5} = 0,915$$

Momen balok

Dalam perhitungan ini penulangan balok memanjang diambil berdasarkan gaya maksimum yang bekerja dari hasil SAP 2000 v.14. Lihat Tabel 6.

$$\begin{aligned} Mu &= 72573,62 \text{ kg m (Tumpuan)} \\ &= 68723,33 \text{ kg m (Lapangan)} \end{aligned}$$

### Perhitungan tulangan lapangan

$$Mu = 68723,44 \text{ kg.m}$$

$$= 6872344 \text{ kg.cm}$$

$$Ca = \frac{h}{\sqrt{\frac{nxM}{bx\sigma'_a}}} = \frac{78,95}{\sqrt{\frac{17,5 \times 6872344}{60 \times 1850}}} = 2,769$$

Dengan melihat tabel Perhitungan Lentur Cara "n", untuk Ca = 2,769 dengan  $\delta = 0,4$ , didapatkan :

$$\phi = 1,597 > \phi_0 = 0,915 \quad \text{OK}$$

$$100n\omega = 14,79$$

$$\omega = 0,0085$$

### **Luas tulangan tarik**

$$\begin{aligned} As &= \omega \times b \times h \\ &= 0,0085 \times 80 \times 78,95 \\ &= 53,379 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan 10D29( As = 66,0185 cm<sup>2</sup> )

### **Luas tulangan tekan**

$$\begin{aligned} As' &= \delta \times As \\ &= 0,4 \times 66,0185 \\ &= 26,407 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan 5D29 ( As = 33,01 cm<sup>2</sup> )

### **Luas tulangan samping**

$$\begin{aligned} Asd &= 10\% \times As \\ &= 10\% \times 66,018 \\ &= 6,602 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan 4D16 ( As = 8,0384 cm<sup>2</sup> )

### **Cek jarak tulangan**

Tulangan direncanakan hanya terdiri dari 1 baris yang berisi 4 tulangan, sehingga jarak tulangan sebesar :

$$\begin{aligned} s &= \frac{b - 2d - 2\phi - nD}{n - 1} \\ &= \frac{80 - 16 - 3,2 - 829}{9} = 3,5 \text{ cm} > 3,9 \text{ cm} \end{aligned}$$

Tulangan dipasaing 2 lapis karena spasi terlalu mendekati batas minimum.

### **Kontrol retak**

Berdasarkan PBI 1971 pasal 10.7.1b retak yang diijinkan 0,01 cm. Dengan menggunakan tabel 10.7.1 PBI 1971 maka didapatkan : C<sub>3</sub> = 1,50 ; C<sub>4</sub> = 0,04 ; C<sub>5</sub> = 7,5

$$\alpha_p = \frac{A}{bh} = \frac{66,0185}{80 \times 90} = 0,00917$$

$$dp = 12,8x\sqrt{3,851} = 22,11\text{ mm} = 2,211\text{ cm}$$

$$\sigma_a = \frac{\sigma_a}{\phi} = \frac{1850}{1,597} = 1158,42$$

Maka besarnya lebar retak didapatkan :

$$\begin{aligned} W &= \alpha \left( C_3 x d + C_4 \frac{dp}{\omega p} \right) \left( \sigma_a - \frac{C_5}{\omega p} \right) 10^{-6} \\ &= 1 \left( 1,5x8 + 0,04 \frac{2,211}{0,00917} \right) \left( 1158,42 - \frac{7,5}{0,00917} \right) 10^{-6} \\ &= 0,007\text{ cm} \leq 0,01\text{ cm} \rightarrow OK \end{aligned}$$

### Perhitungan tulangan tumpuan

$$\begin{aligned} Mu &= 72573,60 \text{ kg.m} \\ &= 7257360 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$

$$Ca = \frac{h}{\sqrt{\frac{n x M}{b x \sigma'_a}}} = \frac{78,95}{\sqrt{\frac{17,5 x 7257360}{80 x 1850}}} = 2,695$$

Dengan melihat tabel Perhitungan Lentur Cara "n", untuk Ca = 4,912 dengan  $\delta = 0,4$ , didapatkan :

$$\phi = 1,542 > \phi_o = 0,915 \quad OK$$

$$100n\omega = 15,82$$

$$\omega = 0,0090$$

### Luas tulangan tarik

$$\begin{aligned} As &= \omega x b x h \\ &= 0,0090 x 80 x 78,95 \\ &= 57,097 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan 10D29 ( As = 66,018 cm<sup>2</sup> )

### Luas tulangan tekan

$$\begin{aligned} As' &= \delta x As \\ &= 0,4 x 66,018 \\ &= 26,407 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan 5D29 ( As = 33,01 cm<sup>2</sup> )

### **Luas tulangan samping**

$$\begin{aligned} Asd &= 10\% \times As \\ &= 10\% \times 66,0185 \\ &= 6,609 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan 4D16 ( As = 8,038 cm<sup>2</sup> )

### **Cek jarak tulangan**

Tulangan direncanakan hanya terdiri dari 1 baris yang berisi 4 tulangan, sehingga jarak tulangan sebesar :

$$\begin{aligned} s &= \frac{b - 2d - 2\phi - nD}{n-1} \\ &= \frac{80 - 16 - 3,2 - 29}{9} = 3,5 \text{ cm} > 3,9 \text{ cm} \end{aligned}$$

Tulangan dipasang 2 lapis.

### **Kontrol retak**

Berdasarkan PBI 1971 pasal 10.7.1b retak yang diijinkan 0,01 cm.  
Dengan menggunakan tabel 10.7.1 PBI 1971 maka didapatkan : C<sub>3</sub> = 1,50 ; C<sub>4</sub> = 0,04 ; C<sub>5</sub> = 7,5

$$\omega_p = \frac{A}{bh} = \frac{66,018}{80 \times 90} = 0,0122$$

$$dp = 12,8 \times \sqrt{3,851} = 22,11 \text{ mm} = 2,211 \text{ cm}$$

$$\sigma_a = \frac{\sigma_a}{\phi} = \frac{1850}{1,542} = 1199,74$$

Maka besarnya lebar retak didapatkan :

$$\begin{aligned} W &= \alpha \left( C_3 \times d + C_4 \frac{dp}{\omega_p} \right) \left( \sigma_a - \frac{C_5}{\omega_p} \right) 10^{-6} \\ &= 1 \left( 1,5 \times 8 + 0,04 \frac{2,211}{0,012} \right) \left( 1199,74 - \frac{7,5}{0,012} \right) 10^{-6} \\ &= 0,009 \text{ cm} \leq 0,01 \text{ cm} \rightarrow OK \end{aligned}$$

**Kontrol dimensi balok**

$$V = 65912,4 \text{ kg}$$

$$T = 14854,87 \text{ kg.m}$$

$$\tau_b = \frac{V}{b \times \frac{7}{8} \times h} = \frac{65912,4}{80 \times \frac{7}{8} \times 90} = 10,462 \text{ kg/cm}^2$$

Untuk  $ht > b$

$$\psi = 3 + \frac{2,6}{0,45 + \frac{h}{b}} = 3 + \frac{2,6}{0,45 + \frac{90}{80}} = 4,651$$

Tegangan geser puntir beton pada penampang balok persegi di tengah – tengah tepi penampang yang vertikal (PBI'71 Pasal 11.8.1) :

$$\tau'_b = \frac{\psi \times T}{b^2 \times h} = \frac{4,651 \times 1485487}{80^2 \times 90} = 11,994 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau_b + \tau'_b = 10,462 + 11,994 = 22,456 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau_{bm} = 1,62\sqrt{350} = 30,31 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau_b + \tau' < \tau_{bm} \rightarrow OK$$

Ukuran balok 80/90 sudah memenuhi syarat

**Perhitungan tulangan geser (sengkang)**

Tegangan beton yang diijinkan berdasarkan PBI '71 tabel 10.4.2 akibat geser oleh lentur dengan puntir, dengan tulangan geser :

Untuk pembebahan tetap :

$$\tau'_{bm-t} = 1,35\sqrt{350}$$

$$= 25,26 \text{ kg/cm}^2$$

Untuk pembebahan sementara

$$\tau'_{bm-s} = 2,12\sqrt{350}$$

$$= 39,66 \text{ kg/cm}^2$$

### Sengkang di tumpuan balok (1/4L)

$$\tau_b = \frac{(2 - 0,3)}{2} \times 10,4623 = 8,893 \text{ kg/cm}^2$$

Direncanakan sengkang

Diameter = 16 mm

As = 2,010 cm<sup>2</sup>

Untuk 2 kaki = 4,019 cm<sup>2</sup>

$$as < \frac{As \times \sigma a}{\tau_b \times b} = \frac{4,019 \times 1850}{8,893 \times 80} = 10,45 \text{ cm}$$

Berdasarkan PBI Pasal 9.3(6) didapat ketentuan jarak sengkang sebagai berikut,

a<sub>s</sub> < 30 cm

$$a_s < \frac{2}{3} h_t = \frac{2}{3} 90 = 60 \text{ cm}$$

Maka dipasang tulangan geser D16 – 100

### Sengkang didaerah >1/4L dari ujung balok :

$$\tau_b = \frac{(1,7 - 0,85)}{1,7} \times 8,893 = 4,447 \text{ kg/cm}^2$$

Direncanakan sengkang

Diameter = 16 mm

As = 2,0096 cm<sup>2</sup>

Untuk 2 kaki = 4,019 cm<sup>2</sup>

$$as < \frac{As \times \sigma a}{\tau_b \times b} = \frac{4,019 \times 1850}{4,446 \times 80} = 20,92 \text{ cm}$$

Maka dipasang tulangan geser D16 – 200

### Panjang penyaluran

Untuk tulangan tarik, berdasarkan PBI'71 Pasal 8.6.2 diambil nilai terbesar dari persamaan berikut :

$$Ld = 0,07 \frac{A \sigma'_{au}}{\sqrt{\sigma'_{bk}}} > 0,0065 d_p \sigma_{au}$$

As tulangan D29 = 6,601 cm<sup>2</sup>

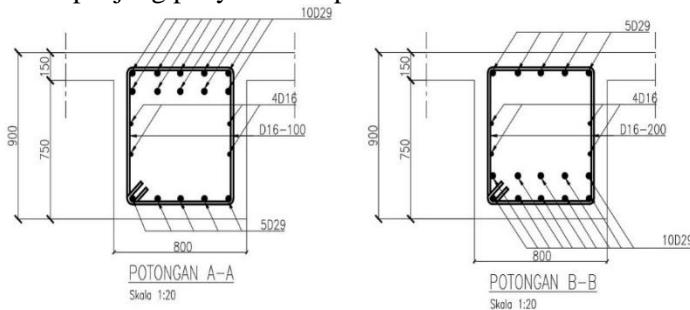
$$\begin{aligned} Ld &= 0,07 \frac{6,602 \times 3200}{\sqrt{350}} > 0,0065 \times 2,211 \times 3200 \\ &= 79,046 \text{ cm} > 45,98 \text{ cm} \end{aligned}$$

Maka panjang penyaluran dipakai 80 cm

Untuk tulangan tekan, berdasarkan PBI'71 Pasal 8.7.2 diambil nilai terbesar dari persamaan berikut :

$$\begin{aligned} Ld &= 0,09 \frac{D \sigma'_{au}}{\sqrt{\sigma'_{bk}}} > 0,005 d_p \sigma_{au} \\ &= 0,09 \frac{2,9 \times 3200}{\sqrt{350}} > 0,005 \times 2,211 \times 3200 \\ &= 44,643 \text{ cm} < 35,37 \text{ cm} \end{aligned}$$

Maka panjang penyaluran dipakai 50 cm



Gambar 6.51 Sketsa Tulangan Memanjang 80/90 *Loading Platform*

Tabel 6.19 Rekapitulasi Penulangan Tulangan Lentur Balok *Loading Platform*

Struktur	Posisi	Tulangan Lentur							Tulangan Tarik		
		Momen (M)	Ca	$\delta$	$\varphi$	100 n o	o	As Tul Tarik	As Pakai	Jumlah	
		(Kg.cm)						(cm <sup>2</sup> )	(cm <sup>2</sup> )	Tulangan	
Balok Memanjang 80/90	Tumpuan	7257360	2,70	0,4	1,542	15,820	0,0090	57,097	66,0185	10D29	
	Lapangan	6872344	2,77	0,4	1,597	14,790	0,0085	53,379	66,0185	10D29	
Balok Memanjang 30/50	Tumpuan	858770	2,62	0,4	1,500	16,670	0,0095	12,302	17,0031	6D19	
	Lapangan	510441	3,39	0,4	1,995	9,621	1,9950	7,100	11,3354	4D19	
Balok Memanjang 60/90	Tumpuan	2675605	4,36	0,4	2,636	5,773	0,0033	17,735	22,7964	6D22	
	Lapangan	3414185	3,86	0,4	2,292	7,423	0,0042	22,803	30,3952	8D22	

Struktur	Posisi	Tulangan Lentur					
		Tulangan Samping			Tulangan Tekan		
		As Tul Tarik (cm <sup>2</sup> )	As Pakai (cm <sup>2</sup> )	Jumlah Tulangan	As Tul Tarik (cm <sup>2</sup> )	As Pakai (cm <sup>2</sup> )	Jumlah Tulangan
Balok Memanjang 80/90	Tumpuan	6,60185	8,0384	4D16	26,407	33,009	5D29
	Lapangan	6,60185	8,0384	4D16	26,407	33,009	5D29
Balok Memanjang 30/50	Tumpuan	1,70031	2,6533	2D13	6,801	8,502	3D19
	Lapangan	1,13354	2,6533	2D13	4,534	5,668	2D19
Balok Memanjang 60/90	Tumpuan	2,27964	2,6533	2D13	9,119	11,398	3D22
	Lapangan	3,03952	5,3066	4D13	12,158	15,198	4D22

Tabel 6.20 Rekapitulasi Penulangan Tulangan Lentur Balok *Loading Platform*

Struktur	Kontrol Dimensi							
	Gaya Geser (V)	Torsi (T)	$\tau_b$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\psi$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\tau'b$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\tau_b + \tau'b$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\tau_{bm}$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	Cek Dimensi $\tau_b$ + $\tau'b <$ $\tau_{bm}$
	Kg	Kg.cm						
Balok Memanjang 80/90	65912,4	1485487	10,462	4,651	11,994	22,457	30,307	Ok
Balok Memanjang 30/50	6862,5	22149	1,452	4,333	0,296	1,749	30,307	Ok
Balok Memanjang 60/90	43469,4	1065821	9,200	4,333	14,255	23,455	30,307	Ok

Struktur	Posisi	Tulangan Geser		
		$\tau_b$	As Min (Cm)	Jarak Sengkang
Balok Memanjang 80/90	Tumpuan 1/4L	8,893	10,451	D16-100
	Tumpuan >1/4L	4,446	20,903	D16-200
Balok Memanjang 30/50	Tumpuan 1/4L	1,235	39,212	D10-200
	Tumpuan >1/4L	0,617	78,424	D10-300
Balok Memanjang 60/90	Tumpuan 1/4L	7,820	10,462	D13-100
	Tumpuan >1/4L	3,910	20,924	D13-200

### 6.3.7 Perencanaan Poer

Struktur *poer* berfungsi sebagai penyambung antara ujung atas tiang pancang dengan balok memanjang maupun melintang. Pada perencanaan ini, adapun dimensi dan tipe poer adalah:

- Poer Ganda 3 Tiang = 160 x 410 x 90 cm

#### a. Penulangan Poer

Data Perencanaan :

Tinggi (H)	= 80 cm
Lebar (b)	= 150 cm
Panjang (l)	= 300 cm
Cover (d)	= 8 cm
hy	= $80 - 8 - (2,5/2)$
	= 70,75 cm
hx	= $80 - 8 - 2,5 - (2,5/2)$
	= 68,25 cm

Mutu beton

$\sigma'_{bk}$	= 350 kg/cm <sup>2</sup> (K - 350)
$\sigma'_b$	= 115,5 kg/cm <sup>2</sup>
$E_b$	= $1,2 \times 10^5$ kg/cm <sup>2</sup>

Mutu baja

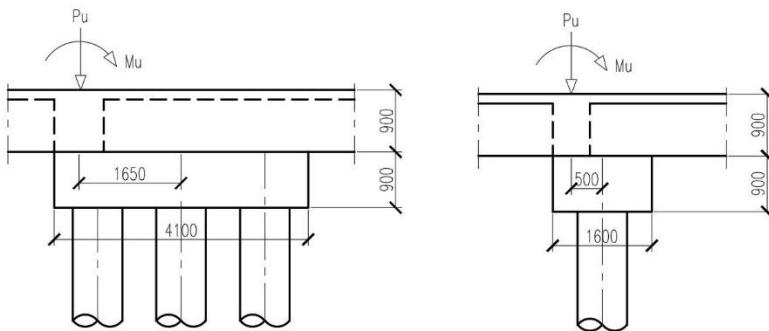
$\sigma_{au}$	= 3200 kg (U - 32)
$E_a$	= $2,1 \times 10^6$ kg/cm <sup>2</sup>
$\sigma_a = \sigma'_a$	= 1850 kg/cm <sup>2</sup>
$\sigma^*_{au}$	= 2780 kg/cm <sup>2</sup>

Diamter tulangan = 25 mm

$$n = \frac{E_a}{E_b} = \frac{2100000}{120000} = 17,5$$

$$\phi_0 = \frac{\sigma_a}{n \times \sigma'_b} = \frac{1850}{17,5 \times 115,5} = 0,915$$

Dari perhitungan program SAP 2000 didapat gaya yang bekerja pada poer, kemudian dengan asumsi pelaksanaan yang sulit maka direncanakan terjadi eksentrisitas pada *poer* seperti terlihat pada Gambar 6.52



Gambar 6.52 Eksentrisitas Poer

**Gaya-gaya yang terjadi pada poer**

$$P_u = 91379,25 \text{ kg}$$

$$M_x = 72573,62 \text{ kg.m}$$

$$M_y = 26756,05 \text{ kg.m}$$

$$ex = 1,65 \text{ m}$$

$$ey = 0,5 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} M_x &= e \cdot x \cdot P_u + M_x \\ &= 1,65 \cdot x 91379,25 + 72573,62 \end{aligned}$$

$$= 223334,513 \text{ kg.m} \quad = 22333451 \text{ kg.cm}$$

$$\begin{aligned} M_y &= e \cdot x \cdot P_u + M_y \\ &= 0,5 \cdot x 91379,25 + 26756 \\ &= 72441,175 \text{ kg.m} \quad = 7244117,5 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$

**Penulangan poer arah x**

$$Ca = \frac{hx}{\sqrt{\frac{nxM}{bx\sigma'_a}}} = \frac{80,75}{\sqrt{\frac{17,5 \cdot x 22333451,25}{410 \cdot x 1850}}} = 3,557$$

Dengan melihat tabel Perhitungan Lentur Cara “n”, untuk  $Ca = 3,557$  dengan  $\delta = 1$ , didapatkan :

$$\phi = 2,353 \quad > \phi_0 = 0,915 \quad \text{OK}$$

$$\begin{aligned}100n\omega &= 9,131 \\ \omega &= 0,0052\end{aligned}$$

### **Luas tulangan yang dibutuhkan**

$$\begin{aligned}As &= \omega \times b \times h \\ &= 0,0052 \times 410 \times 80,75 \\ &= 172,75 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

Dipasang tulangan D25 – 100 ( As = 201,156 cm<sup>2</sup> )

### **Luas tulangan samping**

$$\begin{aligned}Asd &= 10\% \times As \\ &= 10\% \times 201,156 \\ &= 20,116 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

Dipasang tulangan 6D25 ( As = 29,437 cm<sup>2</sup> )

### **Penulangan poer arah y**

$$Ca = \frac{hy}{\sqrt{\frac{nxM}{b \times \sigma_a}}} = \frac{78,25}{\sqrt{\frac{17,5 \times 7244117,5}{160 \times 1850}}} = 3,781$$

Dengan melihat tabel Perhitungan Lentur Cara “n”, untuk Ca = 3,781 dengan δ = 1, didapatkan :

$$\begin{aligned}\phi &= 3,781 &> \phi_0 &= 0,915 && \text{OK} \\ 100n\omega &= 7,832 \\ \omega &= 0,0045\end{aligned}$$

### **Luas tulangan yang dibutuhkan**

$$\begin{aligned}As &= \omega \times b \times h \\ &= 0,0045 \times 160 \times 78,25 \\ &= 56,032 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

Dipasang tulangan D25 – 200 ( As = 98,125 cm<sup>2</sup> )

### **Luas tulangan samping**

$$\begin{aligned}Asd &= 10\% \times As \\ &= 10\% \times 98,13\end{aligned}$$

$$= 9,813 \text{ cm}^2$$

Dipasang tulangan 2D25 ( As = 9,813 cm<sup>2</sup> )

- **Kontrol Retak**

Berdasarkan PBI 1971 pasal 10.7.1b retak yang diijinkan 0,01 cm. Dengan menggunakan tabel 10.7.1 PBI 1971 maka didapatkan:  
 $C_3 = 1,50$  ;  $C_4 = 0,04$  ;  $C_5 = 7,5$

$$\omega_p = \frac{A}{bh} = \frac{201,156}{410 \times 80,75} = 0,0061$$

$$dp = 12,8 \times \sqrt{2,983} = 22,11 \text{ mm} = 2,211 \text{ cm}$$

$$\sigma_a = \frac{\sigma_a}{\phi} = \frac{1850}{2,535} = 729,78$$

Maka besarnya lebar retak didapatkan :

$$\begin{aligned} W &= \alpha \left( C_3 \times d + C_4 \frac{dp}{\omega_p} \right) \left( \sigma_a - \frac{C_5}{\omega_p} \right) 10^{-6} \\ &= 1 \left( 1,5 \times 8 + 0,04 \frac{2,211}{0,0061} \right) \left( 729,78 - \frac{7,5}{0,0061} \right) 10^{-6} \\ &= -0,079 \text{ cm} \leq 0,01 \text{ cm} \rightarrow OK \end{aligned}$$

- **Kontrol Geser Spons**

$$\bar{\tau}_{bp} = \frac{P_{max}}{\pi(c + h_t)h_t} \leq \bar{\tau}_{bm}$$

Dimana:

$\tau_{bm}$  = tegangan aktual yang terjadi pada beton

$P_{max}$  = gaya aksial maksimum yang bekerja pada tiang pancang (126,37 t)

c = diameter tiang pancang (81,28 cm)

ht = tinggi total pile cap (90 cm)

$\tau_{bpm}$  = tegangan ijin beton

Sehingga tegangan geser pons akibat beban kerja adalah,

$$\bar{\tau}_{bpm} = 1,3 \sqrt{\sigma'_{bk}} = 1,3 \sqrt{350} = 24,321 \text{ kg/cm}^2$$

$$\bar{\tau}_{bp} = \frac{126370}{\pi(81,28 + 90)90} \leq \bar{\tau}_{bpm}$$

$$\bar{\tau}_{bp} = 2,609 \text{ kg/cm}^2 \leq \bar{\tau}_{bpm} = 24,321 \text{ kg/cm}^2 \dots \text{OK}$$

Karena geser pons yang terjadi lebih kecil dari tegangan izin beton, maka pile cap dikatakan aman dari gaya pons.

- Kontrol kekuatan tulangan terhadap gaya tarik pada sambungan antara pile-poer-balok**

Tulangan harus dicek kemampuannya dalam menahan gaya aksial (P) tekan sebesar yang terjadi pada tiang sebesar 126,370 ton. Beberapa hal yang harus dicek antara lain

- Kekuatan tarik dari tulangan yang berada didalam steel pipe pile (8D29, fy = 320 MPa) :

$$P_{nt} (\text{kekuatan tarik tulangan} = A_s \cdot n \cdot f_y \cdot \emptyset)$$

Dimana  $\emptyset = 0,8$  (SNI 2847 2002, 11.3.2 ,  $\emptyset$  untuk axial tension atau  $P_{tarik}$ )

$$P_{nt} = 660,185 \times 8 \times 320 \times 0,8 = 1256000 \text{ N} = 125,6 \text{ ton}$$

$$P_{nt} > P_{tekan} = 135,206 \text{ ton} > 126,37 \text{ ton} \dots \text{OK}$$

- Panjang penyaluran tulangan steel pipe pile ke dalam poer (8D29, L=600 mm)

$$P_{tekan} = 126,37 \text{ ton} = 1263700 \text{ N}$$

$$fr = 0,7\sqrt{fc'} = 0,7\sqrt{29,05} = 3,773$$

$$L = \frac{P_{tension}}{n \times \pi \times D \times fr} < L_{pasang}$$

$$= \frac{1263700}{8 \times 3,14 \times 29 \times 3,773} = 459,78 \text{ mm} < 600 \text{ mm} \rightarrow \text{OK}$$

- Kekuatan tarik angker pada poer ke balok (8D29, fy = 350 MPa)

- $P_{nt}$  (kekuatan tarik tulangan =  $A_s \cdot n \cdot f_y \cdot \emptyset$ )

- Dimana  $\phi = 0,8$  (SNI 2847 2002, 11.3.2 ,  $\phi$  untuk axial tension atau  $P_{tarik}$ )
- $P_{nt} = 660,185 \times 8 \times 320 \times 0,8 = 1256000 \text{ N} = 125,6 \text{ ton}$
- $P_{nt} > P_{tekan} = 135,206 \text{ ton} > 126,37 \text{ ton .... OK}$
- Panjang penyaluran dari poer ke balok (10D25, L=600 mm)

$$P_{tekan} = 126,37 \text{ ton} = 1263700 \text{ N}$$

$$fr = 0,7\sqrt{fc'} = 0,7\sqrt{29,05} = 3,773$$

$$L = \frac{P_{tension}}{n \times \pi \times D \times fr} < L_{pasang}$$

$$= \frac{1263700}{8 \times 3,14 \times 29 \times 3,773} = 459,78 \text{ mm} < 600 \text{ mm} \rightarrow OK$$

- **Kontrol kemampuan beton pada tiang**

Sambungan antara steel pile dan pile cap menggunakan beton mutu K350. Jadi, mutu beton yang digunakan harus dicek terhadap gaya tarik aktual yang terjadi. Tegangan beton yang diijinkan untuk menerima tarik pada pembebanan tetap beton K350 adalah :

$$\sigma_b = 0,48\sqrt{\sigma_{bk}} = 0,48\sqrt{350} = 8,98 \text{ kg/cm}^2$$

Tegangan tarik ijin diatas yang akan digunakan untuk mengontrol gaya tarik aksial pada beton.

$$\begin{aligned} As &= \pi \times D \times h \\ &= 3,14 \times 81,82 \times 100 \\ &= 25521,92 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{bi} &= \sigma_b \times As \\ &= 8,98 \times 25521,92 \\ &= 229186,27 \text{ kg} = 229,186 \text{ ton} > 13126,37 \text{ ton .... OK} \end{aligned}$$

- **Kontrol kekuatan tulangan dan beton pada sambungan antara pile-pilecap-balok dalam menerima gaya geser**  
Gaya horisontal maksimum (*Shear Force*) pada tiang pancang 65,9124 ton = 659124 N. Yang perlu dikontrol antara lain:

- Tegangan geser beton dan pelat, serta kekuatan beton menerima gaya horisontal.

$$\begin{aligned}
 V_n &= n \times L \times D \times f_c' \\
 &= 8 \times 600 \times 29 \times 29,05 \\
 &= 44043760 \text{ N} \quad > 659124 \text{ N.....OK}
 \end{aligned}$$

### 6.3.8 Perencanaan Pondasi

Pondasi yang digunakan untuk dermaga batubara di gorontalo ini adalah tiang pancang baja (*Steel Pipe Pile*). Berikut merupakan hasil gaya dalam pada tiang pancang baja :

Tabel 6. 21 Rekapitulasi gaya dalam pada tiang pancang

Frame	Beban	Kombinasi	Besar	Satuan
121	P (Tekan)	DD + LL + 1 Ex + 0,3 Ey	-126,37	Ton
89	P (Tarik)	DD + LL + 1 Ex + 0,3 Ey	-	Ton
112	V2	DD + LL + 1 Ex + 0,3 Ey	26,364	Ton
24	V3	DD + LL + 0,3 Ex + 1 Ey	23,782	Ton
78	M2	DD + LL + SD	63,421	Ton.m
47	M3	DD + LL + SD	57,273	Ton.m
Joint 46	U	DD + LL + 1 Ex + 0,3 Ey	18,36	mm

(Sumber : Analisa SAP 2000 v.14)

- **Data Spesifikasi Tiang Pancang**

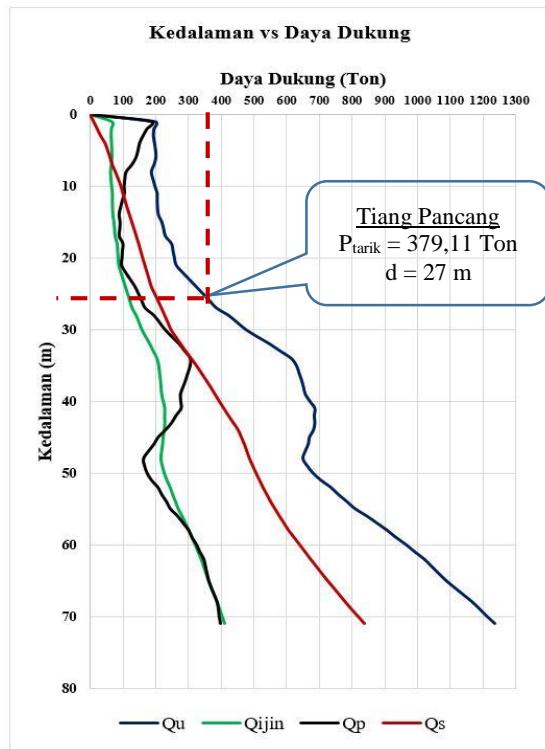
Spesifikasi tiang pancang baja PT. Swarma Bajapasific yang digunakan adalah sebagai berikut :

Diameter tiang	: 812,8 mm
Tebal tiang	: 16 mm
Luas penampang (A)	: 400,5 cm <sup>2</sup>
Berat (W)	: 314,39 kg/m
Momen Inersia (I)	: 318 x 10 <sup>3</sup> cm <sup>4</sup>
Modulus of section (Z)	: 782 x 10 cm <sup>3</sup>

Point of fifty (Zf) : 8,15 m  
 Jumlah titik : 52 titik

- Perhitungan kebutuhan kedalaman tiang pancang**

Pada perencanaan struktur trestle, konfigurasi tiang pancang digunakan tiang pancang tegak dan miring. Hasil analisis gaya dalam yang terjadi pada tiang pancang dapat dilihat pada Gambar 6.53 Loadingplatform terletak pada zona tanah BH-6. sehingga data tanah yang digunakan adalah data tanah pada titik BL-6.



Gambar 6.53 Grafik Kedalaman vs Daya Dukung Tanah

Untuk tiang tekan :

$$Q_p = 126,37 \times 3 = 379,11 \text{ Ton}$$

Dengan gaya tekan tersebut maka dibutuhkan kedalaman tiang minimum sedalam -27 m di bawah seabed atau -36 mLWS.

- **Kontrol defleksi**

Kontrol defleksi bertujuan untuk melihat defleksi maksimum pada bangunan yang harus kurang dari defleksi izin. Untuk defleksi horisontal izin dapat dilihat pada "BS 6349-2:2010 tabel 1" sebesar 100 mm

Defleksi yang terjadi	< defleksi izin
18,36 mm	< 100 mm.....OK

- **Kontrol momen**

Kontrol momen bertujuan untuk mengecek apakah momen bahan tiang pancang lebih besar dari momen ultimate sehingga tiang pancang baja tidak mengalami retak atau leleh.

$$\begin{aligned} Mu \text{ bahan} &= fy \times S \\ &= fy \times 1,5 \times Z \\ &= 2500 \times 1,5 \times 7820 \\ &= 29325000 \text{ kg.cm} \\ &= 293,25 \text{ ton.m} \end{aligned}$$

Cek,  $M_u$  aktual <  $M_u$  bahan

$$\begin{aligned} M_2 &= 33,42 \text{ ton.m} < 293,25 \text{ ton.m....OK} \\ M_3 &= 17,27 \text{ ton.m} < 293,25 \text{ ton.m....OK} \end{aligned}$$

- **Daya dukung tiang akibat beban horisontal**

Beban yang dipikul oleh tiang pancang tidak hanya beban vertikal tetapi juga beban horizontal. Oleh karena itu perlu dilakukan pengecekan ketahanan tiang pancang terhadap beban horizontal. Gaya horizontal yang terjadi (hasil SAP 2000) harus lebih kecil dari gaya horizontal yang mampu dipikul bahan ( $H_u$ ).

Fixed – headed pile :

$$H_u = \frac{2Mu}{e + Zf}$$

Dimana : Mu = Momen ultimate bahan ( 293,25 t.m )  
e = Jarak antar lateral load yang bekerja dengan muka tanah ( 9 + 3,7 = 12,7 )  
Zf = Titik jepit ( 8,5 m )

$$Hu = \frac{2xMu}{e+Zf} = \frac{2x293,25}{12,7+8,1} = 28,129 \text{ ton}$$

Hu yang terjadi :  
V = 23,78 ton < 28,129 ton.....OK

#### • Kontrol kekuatan bahan

Tegangan yang terjadi akibat beban aksial (P) dan momen (M) pada tiang yang didapat dari analisa SAP 2000 v.14 harus lebih kecil dari tegangan ijin tiang pancang (fy). Tegangan pada tiang pancang dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{P}{A} \pm \frac{M}{W} \\ &= \frac{126370}{0,04005} + \frac{57,273}{314,39} \\ &= 315306,05 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 315,53 \text{ kg/cm}^2 < 2500 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow OK\end{aligned}$$

#### • Kontrol kuat tekuk

$$\begin{aligned}P_{cr} &= \frac{\pi^2 x EI}{(Zf + e)^2} \\ &= \frac{3,14^2 x 2100000 x 318000}{(850+1270)^2} \\ &= 1514584,79 \text{ kg} \\ &= 1514,584 \text{ ton} > 126,37 \text{ ton}\end{aligned}$$

#### • Kemampuan tiang berdiri sendiri

Tiang pancang pada saat pelaksanaan harus dikontrol terhadap frekuensi gelombang. Sehingga tiang akan stabil walaupun pada

saat berdiri sendiri.  $\omega$  gelombang diambil sebesar  $1/T$ . Adapun cara menghitung  $\omega$  tiang adalah dengan perumusan berikut :

$$\omega_t = 1,73 \sqrt{\frac{EI}{wi^3}} > \omega$$

Dimana,  
E = 2100000

$\text{kg/cm}^2$

I = 318000  $\text{cm}^4$

w = berat tiang (kg)

$$= 314,4 \times 37,5$$

$$= 11790 \text{ kg}$$

i = 37,5 m

g = 9,8  $\text{m}^2/\text{dt}$

$$= 980 \text{ cm}^2/\text{dt}$$

$$\begin{aligned}\omega_t &= 1,73 \sqrt{\frac{EI}{wi^3}} > \omega \\ &= 1,73 \sqrt{\frac{2100000 \times 318000}{11789,625 \times 37,5^2}} = 1,76 s > 0,14 s \rightarrow OK\end{aligned}$$

Jadi dapat disimpulkan bahwa tiang pancang tegak dan tiang pancang miring stabil terhadap frekuensi gelombang dan bisa berdiri sendiri.

#### • Kalendering

Data dan asumsi awal perhitungan kalendering sebagai berikut:

H' hemmer = 2,00 m (*hydraulic hammer*)

$\emptyset$  tiang = 81,28 cm

t = 16 mm

Qu = Pu x SF = 122,78 x 3 = 368,3 ton

W = 10 ton

$\alpha$  = 1,732 (*hydraulic hammer*)

L = 36 + 1,1 + 0,4 = 37,5 m

$W_p$	= $W \times L$
	= $0,314 \times 37,5 = 11,79$ ton
$n_{\text{hammer}}$	= 0,55 ( <i>hemmer on steel pile without cushion</i> )
$S$	= set/pile penetration for last blow (cm)
$C_1$	= 5 mm ( <i>Kompresi sementara dari cushion</i> )
$C_2$	= 10 mm ( <i>steel pipe pile</i> )
$C_3$	= 5 mm ( <i>soft ground SPT</i> )
$C$	= $C_1 + C_2 + C_3$
	= $5 + 10 + 5$
	= 20 mm = 0,02 m

$$Qu = \frac{\alpha W H}{S + 0,5C} \frac{W + n^2 W_p}{W + W_p}$$

$$368,3 = \frac{1,732 \times 10 \times 2}{S + 0,5 \times 0,01} \frac{10 + 0,303 \times 11,79}{10 + 11,79}$$

$$368,3 = \frac{21,57}{S + 0,01} 0,632$$

$$S = 0,047m$$

$$= 46,89 \text{ mm} \rightarrow \text{Setting kelendering}$$

Jadi setting kelendering yang digunakan sebesar 46,89 mm

#### • Cek PMM Ratio

Berdasarkan hasil SAP didapatkan:

$P_u = 126,37$  ton

$M_{ux} = 63,42$  tm

$M_{uy} = 57,27$  tm

$$\begin{aligned} \text{PMM ratio} &= \frac{P_u}{2\varphi P_n} + \left( \frac{M_{ux}}{\varphi M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\varphi M_{ny}} \right) \\ &= \frac{126,37}{2 \times 724,74} + \left( \frac{63,42}{219} + \frac{57,27}{219} \right) \\ &= 0,638 < 1 \dots \text{OK} \end{aligned}$$

#### • Perlindungan korosi

Korosi tiang diasumsikan terjadi sampai tiang ditumbuhki karang yaitu selama 10 tahun. Dengan asumsi tingkat korosi = 0,3 mm/tahun, maka untuk waktu perencanaan 10 tahun, tebal tiang yang digunakan adalah:  $16 - (0.3 \times 10) = 13$  mm. Metode perawatan digunakan dengan menyediakan alokasi tebal tiang yang akan terkorosi yaitu setebal 3 mm. Selain itu dapat digunakan juga lapisan HDPE yang akan melindungi tiang pancang.

## 6.4 Perencanaan *Mooring Dolphin*

### 6.4.1 Umum

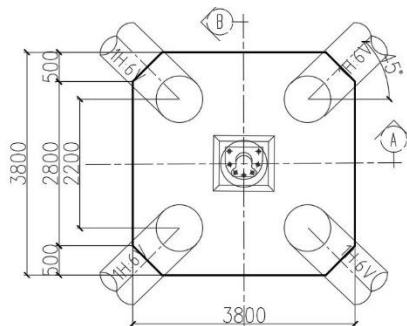
*Mooring dolphin* adalah struktur yang berfungis sebagai tempat dipasangnya bollard untuk mengikat tali kapal saat bertambat. Struktur *Mooring Dolphin* terdiri dari poer pada struktur atas dan tiang pancang pada struktur bawah. Struktur poer berfungsi sebagai penyambung antar ujung tiang pancang, sehingga sekaligus berfungsi sebagai balok dan pelat.

### 6.4.2 Perencanaan Layout *Mooring Dolphin*

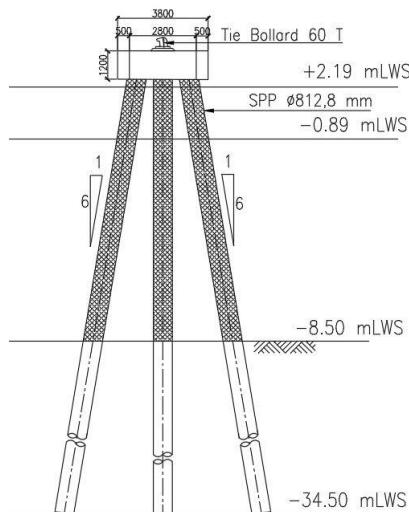
Pada struktur mooring dolphin diperlukan konfigurasi yang sesuai dengan gaya-gaya yang akan bekerja, supaya menghasilkan kinerja yang maksimal pada struktur. Dalam tugas akhir ini, *mooring dolphin* direncanakan dengan konfigurasi sebagai berikut:

- Jenis poer : Poer ganda, dengan 5 tiang
- Bentuk : persegi, dengan dimensi  $3,8 \times 3,8\text{ m}^2$
- Tebal : 1,2 m
- Kemiringan : 1 : 6

Layout *mooring dolphin* dapat dilihat pada Gambar 6.54.



Gambar 6.54 Layout Mooring Dolphin



Gambar 6.55 Tampak Samping Struktur Mooring Dolphin

### 6.4.3 Pembebanan Mooring Dolphin

#### a. Beban Vertikal

##### - Beban mati akibat berat sendiri struktur

Beban mati merupakan beban sendiri konsruksi balok dengan berat jenis beton bertulang diambil sebesar  $2,9 \text{ t/m}^3$ . Untuk berat sendiri balok sudah terakumulasi secara otomatis oleh program

SAP 2000 v14.0. Beban mati lainnya adalah berat *fender* dan *bollard*.

- **Berat bollard**

*Bollard* = 1 ton

- **Beban catwalk**

Beban *catwalk* merupakan beban reaksi akibat *catwalk* yang menumpu pada breasting dolphin. Beban catwalk diambil sebesar 3,80 ton.

- **Beban hidup**

Beban pangkalan	= 1,5 ton/m <sup>2</sup>
-----------------	--------------------------

Beban hujan	= 0,05 x 1
-------------	------------

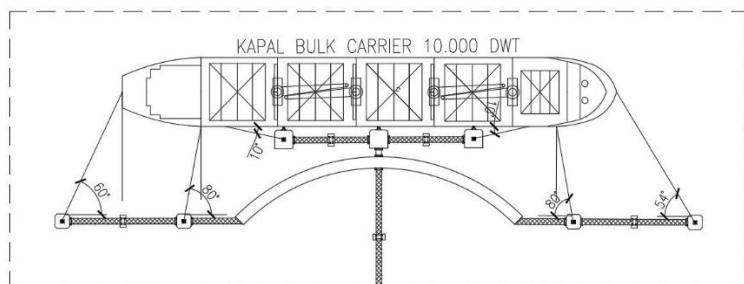
	= 0,05 ton/m <sup>2</sup>
--	---------------------------

Total beban hidup (qL)	= 1,55 ton/m <sup>2</sup>
------------------------	---------------------------

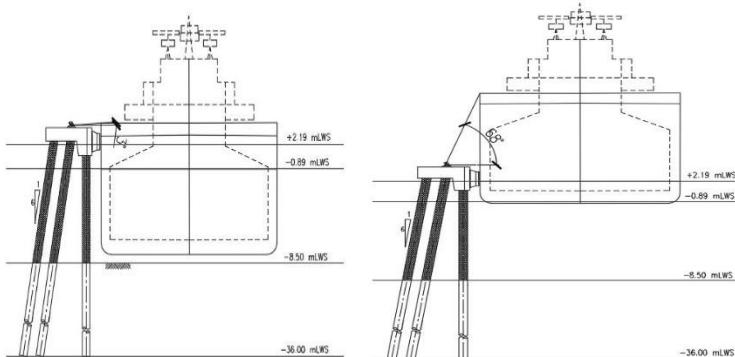
## b. Beban Horisontal

- **Beban tarikan kapal**

Gaya tarik kapal 60 ton. Gaya-gaya diuraikan dalam sumbu-x,y dan z. Sebelum diuraikan kedalam 3 sumbu, perlu diuraikan terlebih dahulu dalam sumbu vertikal dan sumbu horizontal. Untuk sudut vertikal terdapat 2 kondisi kapal yaitu saat kapal kondisi penuh dan kapal kondisi kosong.



Gambar 6.56 Proyeksi Sumbu Horizontal



Gambar 6.57 Proyeksi Sumbu Vertikal

### Penguraian gaya pada *mooring dolphin*

$$\text{Sumbu z : } 60 \times \sin 68^\circ = 55,631 \text{ ton}$$

$$\text{Sumbu x : } (60 \times \cos 3^\circ) \times \cos 60^\circ = 58,926 \text{ ton}$$

$$\text{Sumbu y : } (60 \times \cos 3^\circ) \times \sin 80^\circ = 59,001 \text{ ton}$$

#### - Beban angin

Beban angin terjadi dari 2 arah longitudinal dan transversal dengan beban sebagai berikut :

$$F_w \text{ longitudinal} = 0,081 \text{ ton}$$

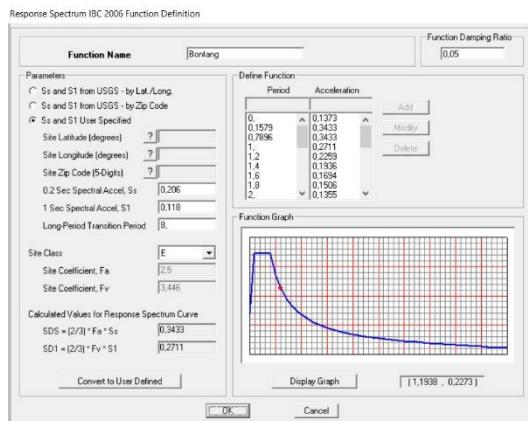
$$F_w \text{ transversal} = 0,081 \text{ ton}$$

#### - Beban arus

Beban arus berkerja pada tiang pancang dihitung per-m panjang tiang dibawah muka air dengan beban sebesar 0,0387 ton/m

#### - Beban gempa

Dengan menggunakan program bantu SAP 2000, perhitungan beban gempa dilakukan secara dinamis dengan menggunakan respon spektrum untuk daerah Bontang dengan Tanah sedang menurut SNI 03-1726-2012.



Gambar 6.58 Spektrum Gempa Bontang  
(Sumber : Peta Gempa Indonesia 2017)

#### 6.4.4 Pemodelan Struktur SAP

Permodelan Struktur dilakukan dengan menggunakan program bantu SAP 2000. Permodelan struktur dilakukan untuk menentukan besarnya momen, gaya geser, dan reaksi yang terjadi pada balok dan pada perletakan. Permodelan pada SAP 2000 dilakukan dengan permodelan tiga dimensi.

##### a. Pemodelan Struktur *Mooring Dolphin*

- Perhitungan letak titik jepit tiang pancang ( $Z_f$ )

Tinggi struktur merupakan jarak dari titik jepit tiang pancang (*point of fixity*) ke elevasi dermaga. Perhitungan titik jepit tanah terhadap tiang pancang digunakan persamaan :

$$Z_f = 1,8 T \quad \rightarrow \quad T = \sqrt[5]{\frac{EI}{nh}}$$

Dimana :

- $Z_f$  = Panjang titik jepit tiang pancang terukur dari seabed
- $T$  = Faktor kekakuan tiang pancang
- $E$  = Modulus elastisitas tiang pancang  
=  $2.100.000 \text{ kg/cm}^2$

$$\begin{aligned}
 I &= \text{Momen inersia tiang} \\
 &= 1/64 \times \pi \times d^4 \\
 &= 1/64 \times 3,14 \times (812,8^4 - (812,8 - 38)^4) \\
 &= 317821,08 \text{ cm}^4 \\
 n_h &= \text{Koefisien modulus variasi tanah} \\
 &= 350 \text{ kN/m}^3 \\
 &= 0,035 \text{ kg/cm}^3
 \end{aligned}$$

Sehingga faktor kekakuan (T) dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 T &= \sqrt{\frac{EI}{nh}} \\
 &= \sqrt{\frac{2100000}{0,035} \times 317821,08} \\
 &= 452,96724 \text{ cm} \\
 &= 4,53 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Zf &= 1,8 \times T \\
 &= 1,8 \times 4,53 \\
 &= 8,1534 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Sehingga tinggi struktur *mooring dolphin* adalah

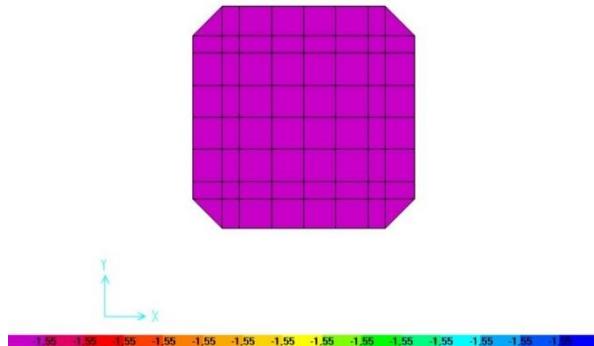
$$\begin{aligned}
 H_{\text{total}} &= \text{Elevasi dermaga} + \text{Jarak seabed ke LWS} + Zf \\
 &= 3,7 + 8,5 + 8,15 \\
 &= 20,35 \text{ m} \approx 21 \text{ m}
 \end{aligned}$$

- Pemodelan struktur *mooring dolphin* (Gambar 6.59)



Gambar 6.59 Pemodelan 3D *Mooring Dolphin*

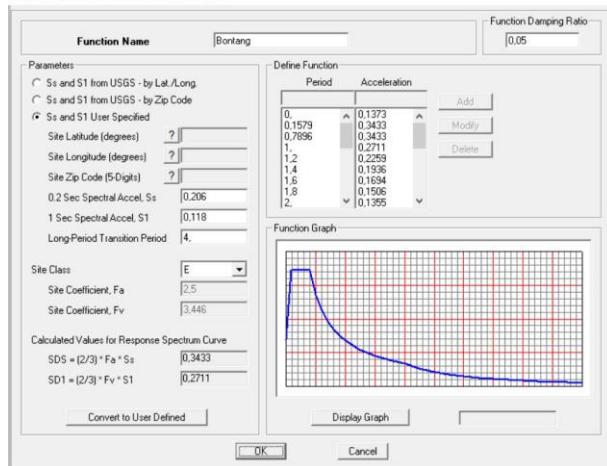
- Input beban hidup pelat berupa beban hujan dan beban pangkalan (Gambar 6.60)



Gambar 6.60 Beban Pangkalan dan Beban Hujan Pada *Mooring Dolphin*

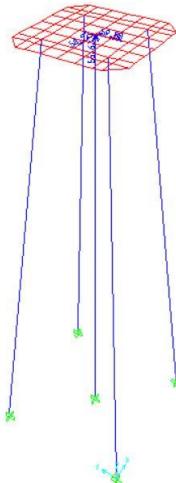
- Input Beban Gempa (Gambar 6.61)

Response Spectrum IBC 2006 Function Definition



Gambar 6.61 Input Beban Gempa

- Input Beban *Bollard*

Gambar 6.62 Input Beban *Bollard*

### b. Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan yang direncanakan pada *mooring dolphin* berdasarkan British Standard BS:6349-1:2000

$$\text{COMB1} = \text{DL} + \text{LL}$$

$$\text{COMB2} = \text{DL} + \text{LL} + \text{SD}$$

$$\text{COMB3} = \text{DL} + \text{LL} + \text{SD} + 1,1 \text{ B}$$

$$\text{COMB4} = \text{DL} + \text{LL} + \text{SD} + \text{QLx} + 0,3 \text{ QLy}$$

$$\text{COMB5} = \text{DL} + \text{LL} + \text{SD} + 0,3 \text{ QLx} + \text{Qly}$$

Dimana :

DL = Beban mati (berat beton)

SD = Beban mati tambahan (berat QRH dan catwalk)

LL = Beban hidup (bebani pangkalan dan beban hujan)

Hh = Beban aksi Bollard

QLx = Beban gempa arah x

QLy = Beban gempa arah y

### c. Hasil Permodelan

Dari perhitungan program bantu SAP 2000 didapat gaya dalam sebagai berikut:

Poer:

$$M_{11} = 65,98 \text{ Ton.m}$$

$$M_{22} = 55,58 \text{ Ton.m}$$

Tiang Pancang :

$$P(\text{tarik}) = 72,358 \text{ Ton}$$

$$P(\text{tekan}) = 100,88 \text{ Ton}$$

$$V_2 = 6,496 \text{ Ton}$$

$$V_3 = 5,487 \text{ Ton}$$

$$M_2 = 62,63 \text{ Ton.m}$$

$$M_3 = 66,12 \text{ Ton.m}$$

Defleksi = cm

#### 6.4.4 Perencanaan Poer

Perhitungan tulangan poer *mooring dolphin* dihitung seperti perhitungan tulangan pelat ( $\frac{h}{b} = \frac{120}{380} = 0,316 < 0,4$ ) dengan data perencanaan sebagai berikut:

Tinggi (H)	= 120 cm
Lebar (b)	= 320 cm
Panjang (l)	= 320 cm
Cover (d)	= 8 cm
hx	= $120 - 8 - (2,2/2)$ = 108,7 cm
hy	= $120 - 8 - 2,2 - (2,2/2)$ = 110,9 cm

#### Mutu beton

$\sigma'_{bk}$	= 350 kg/cm <sup>2</sup> (K - 350)
$\sigma'_b$	= 115,5 kg/cm <sup>2</sup>
$E_b$	= $1,2 \times 10^5$ kg/cm <sup>2</sup>

#### Mutu baja

$\sigma_{au}$	= 3200 kg (U - 32)
$E_a$	= $2,1 \times 10^6$ kg/cm <sup>2</sup>
$\sigma_a = \sigma'_a$	= 1850 kg/cm <sup>2</sup>
$\sigma_{au}^*$	= 2780 kg/cm <sup>2</sup>

Dari SAP 2000 v.14 untuk momen pelat didapatkan :

$$M_{slab1-1} = 65980 \text{ kg.m}$$

$$M_{slab2-2} = 55580 \text{ kg.m}$$

#### Penulangan arah X

$$M_x = 65980 \text{ kg.m}$$

$$= 6598000 \text{ kg.cm}$$

$$Ca = \frac{hx}{\sqrt{\frac{nxM}{bx\sigma'_a}}} = \frac{110,9}{\sqrt{\frac{17,5 \times 6598000}{100 \times 1850}}} = 4,439$$

Dengan melihat tabel Perhitungan Lentur Cara "n", untuk Ca = 6,46 dengan  $\delta = 1$ , didapatkan :

$$\begin{array}{lll} \phi & = 2,992 & > \phi_0 = 0,915 \\ 100n\omega & = 5,511 & \\ \omega & = 0,0031 & \end{array} \quad \text{OK}$$

### **Luas tulangan yang dibutuhkan**

$$\begin{array}{lll} As & = \omega \times b \times h \\ & = 0,015 \times 100 \times 110,9 \\ & = 34,923 \text{ cm}^2 \end{array}$$

Dipasang tulangan D22 – 100 ( As = 37,994 cm<sup>2</sup> )

### **Luas tulangan samping**

$$\begin{array}{lll} Asd & = 10\% \times As \\ & = 10\% \times 37,994 \\ & = 3,799 \text{ cm}^2 \end{array}$$

Dipasang tulangan 2D16 ( As = 4,019 cm<sup>2</sup> )

### **Kontrol retak**

Berdasarkan PBI 1971 pasal 10.7.1b retak yang diijinkan 0,01 cm.  
Dengan menggunakan tabel 10.7.1 PBI 1971 maka didapatkan : C<sub>3</sub> = 1,50 ; C<sub>4</sub> = 0,04 ; C<sub>5</sub> = 7,5

$$\omega_p = \frac{A}{bh} = \frac{37,99}{100 \times 120} = 0,003$$

$$dp = 12,8 \times \sqrt{3,851} = 25,12 \text{ mm} = 2,512 \text{ cm}$$

$$\sigma_a = \frac{\sigma_a}{\phi} = \frac{1850}{2,922} = 633,128$$

Maka besarnya lebar retak didapatkan :

$$\begin{aligned} W &= \alpha \left( C_3 \times d + C_4 \frac{dp}{\omega_p} \right) \left( \sigma_a - \frac{C_5}{\omega_p} \right) 10^{-6} \\ &= 1 \left( 1,5 \times 8 + 0,04 \frac{2,512}{0,003} \right) \left( 633,13 - \frac{7,5}{0,003} \right) 10^{-6} \\ &= -0,076 \text{ cm} \leq 0,01 \text{ cm} \rightarrow OK \end{aligned}$$

### **Penulangan arah Y**

$$M_x = 55580 \text{ kg.m}$$

$$= 5558000 \text{ kg.cm}$$

$$Ca = \frac{\frac{hy}{n \times M}}{\sqrt{\frac{b \times \sigma_a}{100 \times 1850}}} = \frac{108,7}{\sqrt{\frac{17,5 \times 5558000}{100 \times 1850}}} = 4,74$$

Dengan melihat tabel Perhitungan Lentur Cara "n", untuk  $Ca = 4,74$  dengan  $\delta = 1$ , didapatkan :

$$\phi = 3,122 > \phi_0 = 0,915 \quad \text{OK}$$

$$100n\omega = 4,752$$

$$\omega = 0,0027$$

### **Luas tulangan yang dibutuhkan**

$$As = \omega \times b \times h$$

$$= 0,0027 \times 100 \times 108,7$$

$$= 29,516 \text{ cm}^2$$

Dipasang tulangan D22 – 120 (  $As = 31,661 \text{ cm}^2$  )

### **Luas tulangan samping**

$$Asd = 10\% \times As$$

$$= 10\% \times 31,66$$

$$= 3,166 \text{ cm}^2$$

Dipasang tulangan 2D16 (  $As = 4,019 \text{ cm}^2$  )

### **Kontrol retak**

Berdasarkan PBI 1971 pasal 10.7.1b retak yang diijinkan 0,01 cm.

Dengan menggunakan tabel 10.7.1 PBI 1971 maka didapatkan :  $C_3 = 1,50$  ;  $C_4 = 0,04$  ;  $C_5 = 7,5$

$$\omega_p = \frac{A}{bh} = \frac{31,66}{100 \times 120} = 0,003$$

$$dp = 12,8 \times \sqrt{3,851} = 25,12 \text{ mm} = 2,512 \text{ cm}$$

$$\sigma_a = \frac{\sigma_a}{\phi} = \frac{1850}{3,122} = 592,57$$

Maka besarnya lebar retak didapatkan :

$$\begin{aligned}
 W &= \alpha \left( C_3 x d + C_4 \frac{dp}{\omega p} \right) \left( \sigma a - \frac{C_5}{\omega p} \right) 10^{-6} \\
 &= 1 \left( 1,5x8 + 0,04 \frac{2,512}{0,003} \right) \left( 406,1 - \frac{7,5}{0,003} \right) 10^{-6} \\
 &= -0,113 \text{ cm} \leq 0,01 \text{ cm} \rightarrow OK
 \end{aligned}$$

### Kontrol geser pons

Pada struktur *mooring dolphin*, kontrol geser pons perlu dikontrol karena pada struktur ini tidak ada balok, sehingga tiang pancang langsung menumpu pada poer dan kemungkinan besar terjadi plong pada poer tersebut. Tegangan geser pons ditentukan oleh rumus :

$$\tau_{bp} = \frac{P}{\pi \cdot (c + ht) \cdot ht} \leq \tau_{bm}$$

Dimana:

$P$  = gaya aksial pelat dari tiang pancang

$c$  = diameter tiang pancang

$ht$  = tinggi total pelat atau poer

$\tau_{bm}$  = tegangan ijin beton ( $0,65\sqrt{\sigma'}$  bk)

Sehingga:

$$\begin{aligned}
 \tau_{bp} &= \frac{72348}{3,14(81,28+120)120} < 0,65\sqrt{350} \\
 &= 1,059 \text{ kg/cm}^2 < 12,16 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

### Kontrol kekuatan tulangan terhadap gaya tarik pada sambungan antara poer dan tiang pancang

Tulangan harus dicek kemampuannya dalam menahan gaya aksial ( $P$ ) tekan sebesar yang terjadi pada tiang sebesar 100,88 ton. Beberapa hal yang harus dicek antara lain

- Kekuatan tarik dari tulangan yang berada didalam steel pipe pile (**10D25, fy = 320 MPa**):
  1.  $P_{nt}$  (kekuatan tarik tulangan =  $A_s \cdot n \cdot f_y \cdot \phi$ )
  2. Dimana  $\phi = 0,8$  (SNI 2847 2002, 11.3.2 ,  $\phi$  untuk axial tekan atau  $P_{tekan}$ )
  3.  $P_{nt} = 490,625 \times 10 \times 320 \times 0,8 = 1256000 \text{ N} = 125,6 \text{ ton}$
  4.  $P_{nt} > P_{tekan} = 125,6 \text{ ton} > 100,88 \text{ ton....OK}$
- Panjang penyaluran tulangan steel pipe pile ke dalam poer (**10D25, L=500 mm**)
  1.  $P_{tension} = 100,88 \text{ ton} = 1008800 \text{ N}$
  2.  $fr = 0,7\sqrt{fc'} = 0,7\sqrt{29,05} = 3,773$
  3.  $L = \frac{P_{tension}}{n \times \pi \times D \times fr} < L_{pasang}$   
 $= \frac{1008800}{10 \times 3,14 \times 25 \times 3,773} = 340,615 \text{ mm} < 600 \text{ mm} \rightarrow OK$

### Kontrol kemampuan beton pada pile menerima tarik

Sambungan antara steel pipe pile JIS A5525 STK41 dan pilecap menggunakan beton mutu K350. Jadi mutu beton yang digunakan harus dicek terhadap gaya tarik (*tension*) aktual yang terjadi. Tegangan beton yang diijinkan untuk menerima tarik pada pembebanan tetap beton K350 adalah :

$$\sigma_b = 0,48\sqrt{\sigma_{bk}} = 0,48\sqrt{350} = 8,98 \text{ kg/cm}^2$$

Tegangan tarik ijin diatas yang akan digunakan untuk mengontrol gaya tarik aksial pada beton.

$$\begin{aligned} As &= \pi \times D \times h \\ &= 3,14 \times 81,82 \times 100 \\ &= 12761 \text{ cm}^2 \\ \sigma_{bi} &= \sigma_b \times As \\ &= 8,98 \times 25522 \\ &= 229186 \text{ kg} = 225,186 \text{ ton} > 100,88 \text{ ton....OK} \end{aligned}$$

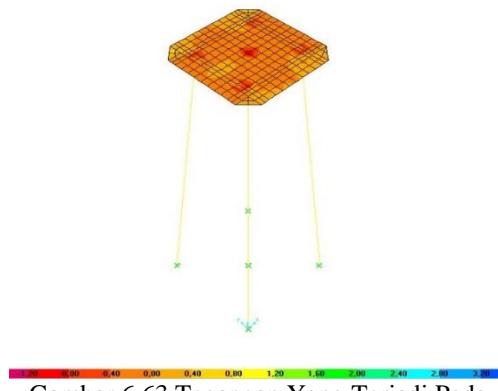
### **Kontrol kekuatan tulangan dan beton pada sambungan antara tiang pancang dan poer dalam menerima gaya geser**

Gaya horisontal maksimum (Shear Force) pada tiang pancang 6,496 ton (*frame 13*). Beberapa hal yang perlu dikontrol yaitu :

- Kekuatan tulangan didalam steel pipe pile (10D25,  $f_y = 320$  MPa )
    1.  $P_{nt}$  (kekuatan tarik tulangan =  $A_s \cdot n \cdot f_y \cdot \emptyset$ )
    2. Dimana  $\emptyset = 0,75$  (SNI 2847 2002, 11.3.2 ,  $\emptyset$  untuk shear force reduction)
    3.  $P_{nt} = 490,625 \times 10 \times 320 \times 0,75 = N = 91,185$  ton
    4.  $P_{nt} > V = 117,75$  ton  $> 6,496$  ton ....OK
  - Tegangan geser beton dan poer, serta kekuatan beton menerima gaya horisontal.
- $$V_n = n \times L \times D \times f_c'$$
- $$= 10 \times 500 \times 25 \times 29,05$$
- $$= 3631250 \text{ N} > 64960 \text{ N....OK}$$

### **Cek Tegangan Poer**

Dari hasil analisis struktur dengan kombinasi beban mati + beban hidup + beban pangkal + beban Tarikan Kapal yang dimodelkan dalam Gambar 6.63.



Gambar 6.63 Tegangan Yang Terjadi Pada

Pelat Lantai Dermaga,  $t = 30 \text{ cm}$

### Tegangan ijin kondisi service

$$F_{\text{allow}} = 0,55 \times \sigma'_b$$

$$F_{\text{allow}} = 0,55 \times 115,5 \text{ Kg/cm}^2$$

$$F_{\text{allow}} = 63,525 \text{ Kg/cm}^2 = 6,23 \text{ MPa}$$

Berdasarkan output hasil running aplikasi SAP200, didapat nilai tegangan maksimum pelat sebesar 3,28 Mpa.

$$\sigma_{\text{max}} = 3,28 \text{ MPa} < F_{\text{allow}} = 6,23 \text{ MPa} \dots\dots \text{OK}$$

### **6.4.5 Perencanaan Pondasi**

Pondasi yang digunakan untuk *mooring dolphin* ini adalah tiang pancang baja (*Steel Pipe Pile*). Berikut merupakan hasil gaya dalam pada tiang pancang baja :

Tabel 6. 22 Rekapitulasi gaya dalam pada tiang pancang

Frame	Beban	Kombinasi	Besar	Satuan
7	P (Tekan)	DD + LL + 1,1B	-100,88	Ton
11	P (Tarik)	DD + LL + 1,1B	72,348	Ton
12	V <sub>2</sub>	DD + LL + 1,1B	6,496	Ton
8	V <sub>3</sub>	DD + LL + 1,1B	5,487	Ton
16	M <sub>2</sub>	DD + LL + 1,1B	62,63	Ton.m
15	M <sub>3</sub>	DD + LL + 1,1B	66,12	Ton.m
Joint 5	U	DD + LL + 1,1B	14,56	mm

(Sumber : Analisa SAP 2000 v.14)

- Data Spesifikasi Tiang Pancang**

Spesifikasi tiang pancang baja PT. Swarna Bajapasic yang digunakan adalah sebagai berikut :

Diameter tiang : 812,8 mm

Tebal tiang : 16 mm

Modulus elastisitas (E) : 2.100.000 kg/cm<sup>2</sup>

Luas penampang (A) : 400,5 cm<sup>2</sup>

Berat (W) : 314,39 kg/m

Momen Inersia (I) : 318 x 10<sup>3</sup> cm<sup>4</sup>

Modulus of section (Z)	: $782 \times 10 \text{ cm}^3$
Point of fixty (Zf)	: 8,15 m
Jumlah titik	: 5 titik

- **Perhitungan kebutuhan kedalaman tiang pancang**

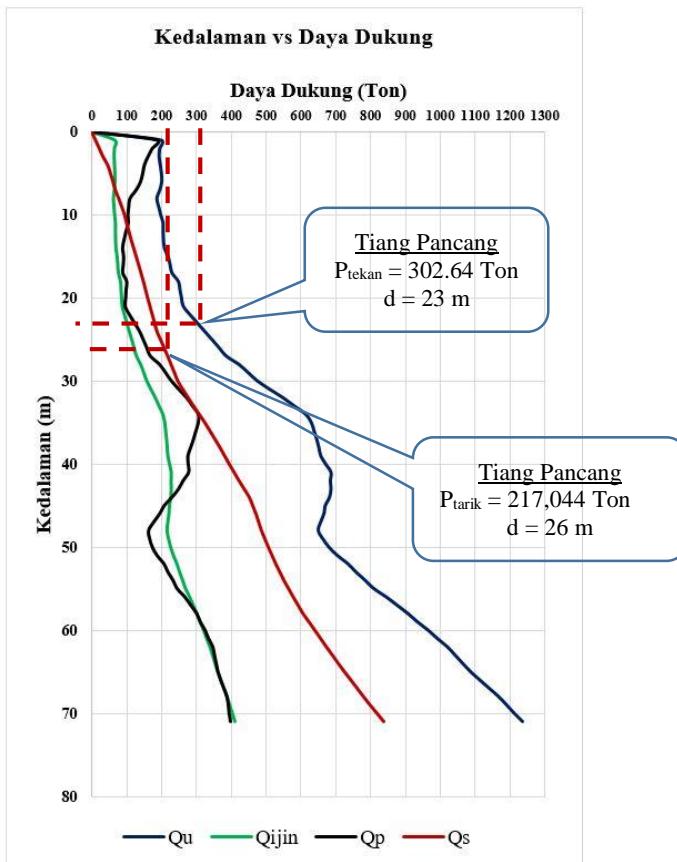
Pada perencanaan struktur *mooring dolphin*, konfigurasi tiang pancang digunakan tiang pancang miring dan 1 tiang tegak. Hasil analisa gaya dalam yang terjadi pada tiang pancang dapat dilihat pada Gambar 6.64 dimana dermaga terletak pada zona tanah BH 5. sehingga data tanah yang digunakan adalah data tanah pada titik BL 5.

$$\begin{aligned} Q_p &= SF \times P_{\text{tarik}} \\ &= 3 \times 72,348 \\ &= 217,04 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Dengan gaya tarik tersebut maka dibutuhkan kedalaman tiang minimum sedalam 23 m dibawah seabed atau – 31,4 m LWS

$$\begin{aligned} Q_p &= SF \times P_{\text{tekan}} \\ &= 3 \times 100,88 \\ &= 302,64 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Dengan gaya tekan tersebut maka dibutuhkan kedalaman tiang minimum sedalam 26 m dibawah seabed atau – 34,5 m LWS



Gambar 6.64 Grafik kedalaman vs Daya Dukung Tanah

- **Kontrol defleksi**

Kontrol defleksi bertujuan untuk melihat defleksi maksimum pada bangunan yang harus kurang dari defleksi izin. Untuk defleksi horisontal izin dapat dilihat pada "BS 6349-2:2010 tabel 1" sebesar 100 mm

Defleksi yang terjadi < defleksi izin  
14,56 mm < 100 mm.....OK

- **Kontrol momen**

Kontrol momen bertujuan untuk mengecek apakah momen bahan tiang pancang lebih besar dari momen ultimate sehingga tiang pancang baja tidak mengalami retak atau leleh.

$$\begin{aligned} Mu \text{ bahan} &= fy \times S \\ &= fy \times 1,5 \times Z \\ &= 2500 \times 1,5 \times 7820 \\ &= 29325000 \text{ kg.cm} \\ &= 293,25 \text{ ton.m} \end{aligned}$$

Cek,  $Mu$  aktual <  $Mu$  bahan

$$\begin{array}{lll} M2 & = 28,63 \text{ tm} & < 293,25 \text{ tm} \rightarrow \text{OK} \\ M3 & = 26,12 \text{ tm} & < 293,25 \text{ tm} \rightarrow \text{OK} \end{array}$$

- **Daya dukung tiang akibat beban horisontal**

Beban yang dipikul oleh tiang pancang tidak hanya beban vertikal tetapi juga beban horizontal. Oleh karena itu perlu dilakukan pengecekan ketahanan tiang pancang terhadap beban horizontal. Gaya horizontal yang terjadi (hasil SAP 2000) harus lebih kecil dari gaya horizontal yang mampu dipikul bahan ( $H_u$ ).

Fixed – headed pile :

$$H_u = \frac{2Mu}{e + Zf}$$

Dimana :	$Mu$	= Momen ultimate bahan ( 293,25 t.m )
	$e$	= Jarak antar lateral load yang bekerja dengan muka tanah ( $9 + 3,7 = 12,7$ )
	$Zf$	= Titik jepit ( 8,15 m )

$$H_u = \frac{2xMu}{e+Zf} = \frac{2x293,25}{12,7+8,15} = 28,129 \text{ ton}$$

$H_u$  yang terjadi :

$$\begin{array}{lll} V2 = 6,496 \text{ ton} & < 28,129 \text{ ton} & \dots\text{OK} \\ V3 = 5,487 \text{ ton} & < 28,129 \text{ ton} & \dots\text{OK} \end{array}$$

- **Kontrol kekuatan bahan**

Tegangan yang terjadi akibat beban aksial ( $P$ ) dan momen ( $M$ ) pada tiang yang didapat dari analisa SAP 2000 v.14 harus lebih kecil dari tegangan ijin tiang pancang ( $f_y$ ). Tegangan pada tiang pancang dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{P}{A} \pm \frac{M}{W} \\ &= \frac{100880}{0,04005} + \frac{66,12}{314,39} \\ &= 2518851,64 \text{ kg/m}^2 \\ &= 251,86 \text{ kg/cm}^2 < 2500 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow OK\end{aligned}$$

- **Kontrol kuat tekuk**

$$\begin{aligned}P_{cr} &= \frac{\pi^2 x EI}{(Zf+e)^2} \\ &= \frac{3,14^2 x 2100000 x 318000}{(815+1270)^2} \\ &= 1514584,79 \text{ kg} \\ &= 1514,58 \text{ ton} > 100,88 \text{ ton}\end{aligned}$$

- **Kemampuan tiang berdiri sendiri**

Tiang pancang pada saat pelaksanaan harus dikontrol terhadap frekuensi gelombang. Sehingga tiang akan stabil walaupun pada saat berdiri sendiri.  $\omega$  gelombang diambil sebesar  $1/T$ . Adapun cara menghitung  $\omega$  tiang adalah dengan perumusan berikut :

$$\omega_t = 1,73 \sqrt{\frac{EI}{wi^3}} > \omega$$

Dimana,

$$E = 2100000 \text{ kg/cm}^2$$

$$I = 318000 \text{ cm}^4$$

w = berat tiang (kg)

$$= 314,4 \times 34,98$$

$$= 10997,36 \text{ kg}$$

i = 34,88 m

g = 9,8 m<sup>2</sup>/dt

$$= 980 \text{ cm}^2/\text{dt}$$

$$\omega_t = 1,73 \sqrt{\frac{EI}{wi^3}} > \omega$$

$$= 1,73 \sqrt{\frac{2100000 \times 318000}{\frac{10997 \times 34,98^2}{980}}} = 2,039 \text{ s} > 0,14 \text{ s} \rightarrow OK$$

Jadi dapat disimpulkan bahwa tiang pancang tegak dan tiang pancang miring stabil terhadap frekuensi gelombang dan bisa berdiri sendiri.

- **Cek PMM Ratio**

Berdasarkan hasil SAP didapatkan:

Pu = 100,88 ton

Mux = 62,63 tm

Muy = 66,12 tm

$$\begin{aligned} \text{PMM ratio} &= \frac{Pu}{2\varphi Pn} + \left( \frac{Mux}{\varphi Mnx} + \frac{Muy}{\varphi Mny} \right) \\ &= \frac{100,88}{2 \times 724,74} + \left( \frac{62,63}{219} + \frac{66,12}{219} \right) \\ &= 0,657 < 1 \dots \text{OK} \end{aligned}$$

- **Kalendering**

Data dan asumsi awal perhitungan kalendering sebagai berikut :

H'hemmer = 2,00 m (*hydraulic hammer*)

$\emptyset_{\text{tiang}}$  = 81,28 cm

$t$	= 16 mm
$Q_u$	= $P_u \times SF = 100,9 \times 3 = 302,6$ ton
$W$	= 10 ton
$\alpha$	= 1,732 ( <i>hydraulic hammer</i> )
$L$	= 34,98 m
$W_p$	= $W \times L$
	= $0,314 \times 34,98 = 10,997$ ton
$n_{\text{hammer}}$	= 0,55 ( <i>hammer on steel pile without cushion</i> )
$S$	= set/pile penetration for last blow (cm)
$C_1$	= 5 mm ( <i>Kompresi sementara dari cushion</i> )
$C_2$	= 10 mm ( <i>steel pipe pile</i> )
$C_3$	= 5 mm ( <i>soft ground SPT</i> )
$C$	= $C_1 + C_2 + C_3$
	= $5 + 10 + 5$
	= 20 mm = 0,02 m
$Q_u$	= $\frac{\alpha W H}{S+0,5C} \frac{W+n^2 W_p}{W+W_p}$
302,6	= $\frac{1,732 \times 10 \times 2}{S+0,5 \times 0,01} \frac{10+0,55^2 \times 10,997}{10+10,997}$
302,6	= $\frac{21,985}{S+0,01} 0,635$
$S$	= $0,062m$
	= 62,64 mm → <i>Setting kelendering</i>

Jadi setting kelendering yang digunakan sebesar 62,64 mm

- **Perlindungan korosi**

Korosi tiang diasumsikan terjadi sampai tiang ditumbuhki karang yaitu selama 10 tahun. Dengan asumsi tingkat korosi = 0,3 mm/tahun, maka untuk waktu perencanaan 10 tahun, tebal tiang yang digunakan adalah:  $16 - (0,3 \times 10) = 13$  mm. Metode perawatan digunakan dengan menyediakan alokasi tebal tiang yang akan terkorosi yaitu setebal 3 mm. Selain itu dapat digunakan juga lapisan HDPE yang akan melindungi tiang pancang.

## 6.5 Perencanaan *Breasting Dolphin*

### 6.5.1 Umum

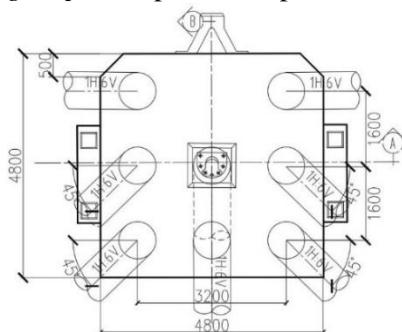
*Breasting dolphin* merupakan bagian dari dermaga yang berfungsi sebagai tempat sandaran kapal dan tempat diletakannya bollard sebagai pengikat tali kapal.

### 6.5.2 Perencanaan Layout *Breasting Dolphin*

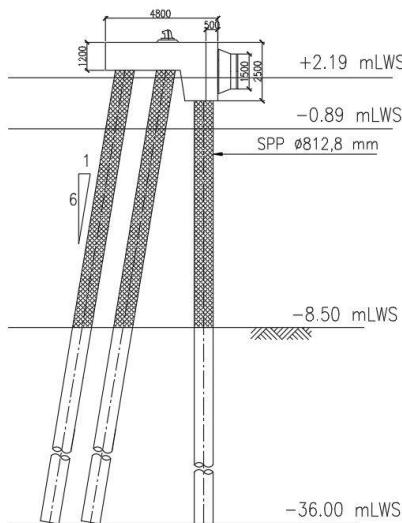
Pada struktur *breasting dolphin* diperlukan konfigurasi yang sesuai dengan gaya-gaya yang akan bekerja, supaya menghasilkan kinrja yang maksimal pada struktur. Dalam tugas akhir ini, *breasting dolphin* direncanakan dengan konfigurasi sebagai berikut:

- Jenis poer : Poer ganda, dengan 8 tiang
- Bentuk : persegi, dengan dimensi  $4,8 \times 4,8 \text{ m}^2$
- Tebal : 1,2 m
- Kemiringan : 1 : 6

Layout *breasting dolphin* dapat dilihat pada Gambar 6.65.



Gambar 6.65 Layout *Breasting Dolphin*



Gambar 6.66 Tampak Samping Struktur *Breasting Dolphin*

### 6.5.3 Pembebaan *Breasting Dolphin*

#### a. Beban Vertikal

##### - Beban mati akibat berat sendiri struktur

Beban mati merupakan beban sendiri konsruksi balok dengan berat jenis beton bertulang diambil sebesar  $2,9 \text{ t/m}^3$ . Untuk berat sendiri balok sudah terakumulasi secara otomatis oleh program SAP 2000 v14.0. Beban mati lainnya adalah berat fender dan bollard,

##### - Berat bollard

Bollard = 1 ton

Fender = 0,871 ton

##### - Beban catwalk

Beban catwalk merupakan beban reaksi akibat catwalk yang menumpu pada breasting dolphin. Beban catwalk diambil sebesar 3,80 ton

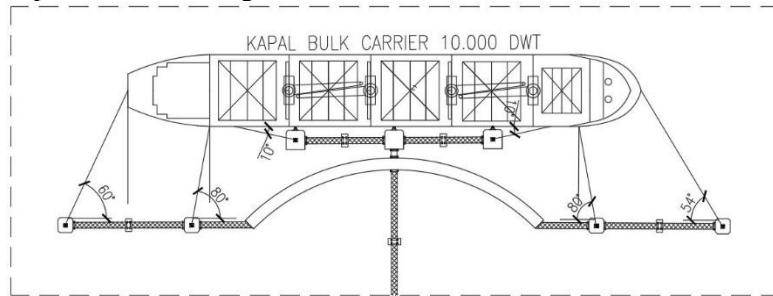
- **Beban hidup**

Beban pangkalan	= 1,5 ton/m <sup>2</sup>
Beban hujan	= 0,05 x 1
	= 0,05 ton/m <sup>2</sup>
Total beban hidup (qL)	= 1,55 ton/m <sup>2</sup>

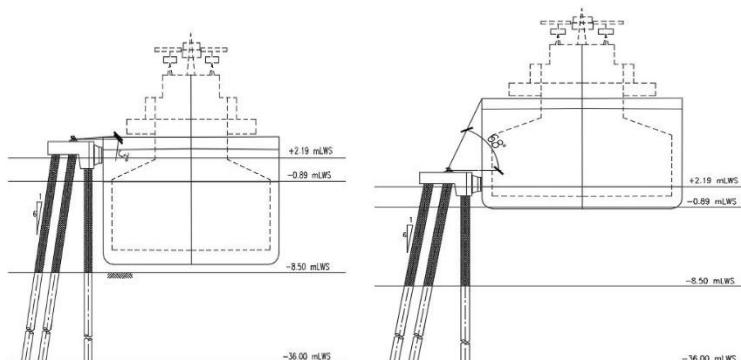
**b. Beban Horisontal**

- **Beban Tarikan kapal**

Gaya tarik kapal 60 ton. Gaya-gaya diuraikan dalam sumbu-x,y dan z. Sebelum diuraikan kedalam 3 sumbu, perlu diuraikan terlebih dahulu dalam sumbu vertikal dan sumbu horizontal. Untuk sudut vertikal terdapat 2 kondisi kapal yaitu saat kapal kondisi penuh dan kapal kondisi kosong.



Gambar 6.67 Proyeksi Sumbu Horizontal



Gambar 6.68 Proyeksi Sumbu Vertikal

Penguraian gaya pada *breasting dolphin*

$$\text{Sumbu z : } 60 \times \sin 68^\circ = 55,631 \text{ ton}$$

$$\text{Sumbu x : } (60 \times \cos 3^\circ) \times \cos 60^\circ = 58,926 \text{ ton}$$

$$\text{Sumbu y : } (60 \times \cos 3^\circ) \times \sin 80^\circ = 59,001 \text{ ton}$$

### - Beban Reaksi Fender

Beban reaksi fender berupa adanya tumbukan dari kapal terhadap fender sebesar 80,54 ton dan diidentifikasi sebagai beban hidup.

### - Beban angin

Beban angin terjadi dari 2 arah longitudinal dan transversal dengan beban sebagai berikut :

$$F_w \text{ longitudinal} = 0,102 \text{ ton}$$

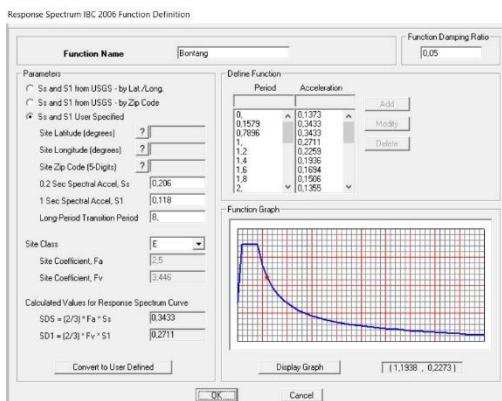
$$F_w \text{ transversal} = 0,102 \text{ ton}$$

### - Beban arus

Beban arus berkerja pada tiang pancang dihitung per - m panjang tiang dibawah muka air dengan beban sebesar 0,0387 ton/m

### - Beban gempa

Dengan menggunakan program bantu SAP 2000, perhitungan beban gempa dilakukan secara dinamis dengan menggunakan respon spektrum untuk daerah Bontang dengan Tanah sedang menurut SNI 03-1726-2012.



Gambar 6.69 Spektrum Gempa Bontang  
(Sumber : Peta Gempa Indonesia 2017)

#### 6.5.4 Pemodelan Struktur SAP

Permodelan Struktur dilakukan dengan menggunakan program bantu SAP 2000. Permodelan struktur dilakukan untuk menentukan besarnya momen, gaya geser, dan reaksi yang terjadi pada balok dan pada perletakan. Permodelan pada SAP 2000 dilakukan dengan permodelan tiga dimensi.

##### a. Pemodelan Struktur *Breasting Dolphin*

- Perhitungan letak titik jepit tiang pancang ( $Z_f$ )

Tinggi struktur merupakan jarak dari titik jepit tiang pancang (*point of fixity*) ke elevasi dermaga. Perhitungan titik jepit tanah terhadap tiang pancang digunakan persamaan :

$$Z_f = 1,8 T \quad \rightarrow \quad T = \sqrt[5]{\frac{EI}{nh}}$$

Dimana :

$Z_f$  = Panjang titik jepit tiang pancang terukur dari seabed

T = Faktor kekakuan tiang pancang

E = Modulus elastisitas tiang pancang  
= 2.100.000 kg/cm<sup>2</sup>

I = Momen inersia tiang  
= 1/64 x  $\pi$  x d<sup>4</sup>  
= 1/64 x 3,14 x (812,8<sup>4</sup> – (812,8 – 38)<sup>4</sup>)  
= 317821,08 cm<sup>4</sup>

n<sub>h</sub> = Koefisien modulus variasi tanah  
= 350 kN/m<sup>3</sup>  
= 0,035 kg/cm<sup>3</sup>

Sehingga faktor kekakuan (T) dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned} T &= \sqrt[5]{\frac{EI}{nh}} \\ &= \sqrt[5]{\frac{2100000}{0,035} \times 317821,08} \\ &= 452,967 \quad \text{cm} \end{aligned}$$

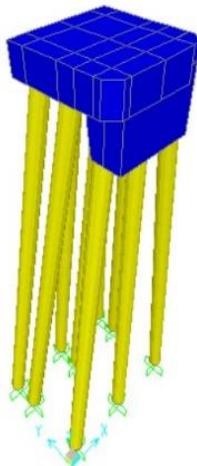
$$= 4,53 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} Zf &= 1,8 \times T \\ &= 1,8 \times 4,53 \\ &= 8,1534 \text{ m} \end{aligned}$$

Sehingga tinggi struktur *breasting dolphin* adalah

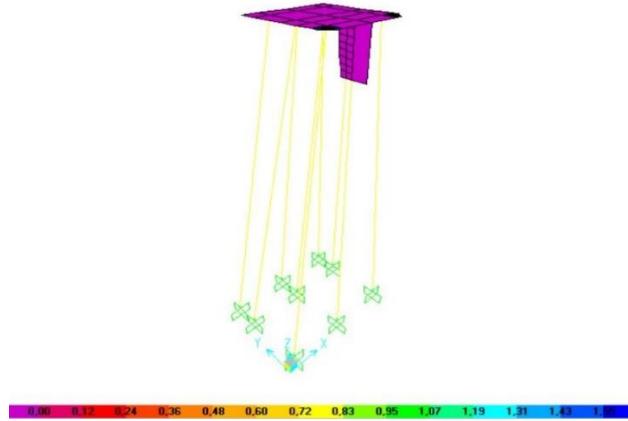
$$\begin{aligned} H_{\text{total}} &= \text{Elevasi dermaga} + \text{Jarak seabed ke LWS} + Zf \\ &= 3,7 + 9 + 8,15 \\ &= 20,85 \text{ m} \approx 21 \text{ m} \end{aligned}$$

- Pemodelan struktur *breasting dolphin* (Gambar 6.70)



Gambar 6.70 Pemodelan 3D *Breasting Dolphin*

- Input beban hidup pelat berupa beban hujan dan beban pangkalan (Gambar 6.65)



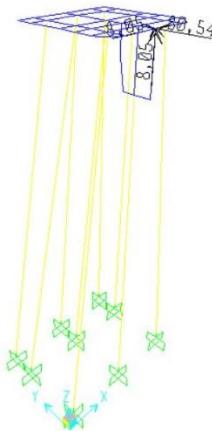
Gambar 6.71 Beban Pangkalan dan Beban Hujan pada *Breasting Dolphi*

- Input Beban *Bollard*



Gambar 6.72 Input Beban *Bollard*

- Input Beban Reaksi Fender



Gambar 6.73 Input Beban Reaksi Fender

### b. Kombinasi Pembebaan

Kombinasi pembebaan yang direncanakan pada *breasting dolphin* berdasarkan British Standard BS:6349-1:2000

$$\text{COMB1} = \text{DL} + \text{LL}$$

$$\text{COMB2} = \text{DL} + \text{LL} + \text{SD}$$

$$\text{COMB3} = \text{DL} + \text{LL} + \text{SD} + 1,1\text{B}$$

$$\text{COMB5} = \text{DL} + \text{LL} + \text{SD} + 1,1\text{F}$$

$$\text{COMB6} = \text{DL} + \text{LL} + \text{SD} + \text{QLx} + 0,3 \text{ QLy}$$

$$\text{COMB7} = \text{DL} + \text{LL} + \text{SD} + 0,3 \text{ QLx} + \text{Qly}$$

Dimana :

$\text{DL}$  = Beban mati (berat beton)

$\text{SD}$  = Beban mati tambahan (berat QRH dan catwalk)

$\text{LL}$  = Beban hidup (beban pangkalan dan beban hujan)

$\text{B}$  = Beban *Bollard*

$\text{F}$  = Gaya reaksi fender

$\text{QLx}$  = Beban gempa arah x

$\text{QLy}$  = Beban gempa arah y

### c. Hasil Permodelan

Dari perhitungan program bantu SAP 2000 didapat gaya dalam sebagai berikut:

Poer:

$$\begin{aligned} M_{11} &= 87,603 \text{ Ton.m} \\ M_{22} &= 124,065 \text{ Ton.m} \end{aligned}$$

Tiang Pancang :

$$\begin{aligned} P(\text{tarik}) &= 74,532 \text{ Ton} \\ P(\text{tekan}) &= 108,616 \text{ Ton} \\ V_2 &= 6,907 \text{ Ton} \\ V_3 &= 14,360 \text{ Ton} \\ M_2 &= 60,38 \text{ Ton.m} \\ M_3 &= 71,89 \text{ Ton.m} \\ \text{Defleksi} &= \text{cm} \end{aligned}$$

#### 6.5.5 Perencanaan Poer

Perhitungan tulangan poer *breasting dolphin* dihitung seperti perhitungan tulangan pelat  $\left(\frac{h}{b} = \frac{120}{480} = 0,25 < 0,4\right)$  dengan data perencanaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Tinggi (H)} &= 120 \text{ cm} \\ \text{Lebar (b)} &= 480 \text{ cm} \\ \text{Panjang (l)} &= 480 \text{ cm} \\ \text{Cover (d)} &= 8 \text{ cm} \\ h_x &= 120 - 8 - (2,9/2) \\ &= 107,7 \text{ cm} \\ h_y &= 120 - 8 - 2,2 - (2,9/2) \\ &= 110,6 \text{ cm} \end{aligned}$$

Mutu beton

$$\begin{aligned} \sigma'_{bk} &= 350 \text{ kg/cm}^2 (K - 350) \\ \sigma'_b &= 115,5 \text{ kg/cm}^2 \\ E_b &= 1,2 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Mutu baja

$$\sigma_{au} = 3200 \text{ kg (U - 32)}$$

$$\begin{aligned}
 E_a &= 2,1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2 \\
 \sigma_a = \sigma'_a &= 1850 \text{ kg/cm}^2 \\
 \sigma_{au}^* &= 2780 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Dari SAP 2000 v.14 untuk momen pelat didapatkan :

$$M_{slab1-1} = 87603 \text{ kg.m}$$

$$M_{slab2-2} = 124065 \text{ kg.m}$$

### **Penulangan arah X**

$$M_x = 87603 \text{ kg.m}$$

$$= 8760300 \text{ kg.cm}$$

$$Ca = \frac{hx}{\sqrt{\frac{nxM}{bx\sigma'_a}}} = \frac{110,9}{\sqrt{\frac{17,5 \times 8760300}{100 \times 1850}}} = 3,84$$

Dengan melihat tabel Perhitungan Lentur Cara "n", untuk Ca = 3,84 dengan  $\delta = 1$ , didapatkan :

$$\phi = 2,529 \quad > \phi_0 = 0,915 \quad \text{OK}$$

$$100n\omega = 7,436$$

$$\omega = 0,0042$$

### **Luas tulangan yang dibutuhkan**

$$\begin{aligned}
 A_s &= \omega \times b \times h \\
 &= 0,015 \times 100 \times 110,6 \\
 &= 46,97 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan D29 - 120 ( As = 55,015 cm<sup>2</sup> )

### **Luas tulangan samping**

$$\begin{aligned}
 A_{sd} &= 10\% \times A_s \\
 &= 10\% \times 55,015 \\
 &= 5,501 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan 2D19 ( As = 5,668 cm<sup>2</sup> )

### Kontrol retak

Berdasarkan PBI 1971 pasal 10.7.1b retak yang diijinkan 0,01 cm.  
Dengan menggunakan tabel 10.7.1 PBI 1971 maka didapatkan :  $C_3 = 1,50$  ;  $C_4 = 0,04$  ;  $C_5 = 7,5$

$$\omega_p = \frac{A}{bh} = \frac{55,02}{100 \times 120} = 0,005$$

$$dp = 12,8 \times \sqrt{3,851} = 25,12 \text{ mm} = 2,512 \text{ cm}$$

$$\sigma_a = \frac{\sigma_a}{\phi} = \frac{1850}{2,529} = 731,514$$

Maka besarnya lebar retak didapatkan :

$$\begin{aligned} W &= \alpha \left( C_3 x d + C_4 \frac{dp}{\omega p} \right) \left( \sigma_a - \frac{C_5}{\omega p} \right) 10^{-6} \\ &= 1 \left( 1,5 \times 8 + 0,04 \frac{2,512}{0,005} \right) \left( 731,5 - \frac{7,5}{0,005} \right) 10^{-6} \\ &= -0,031 \text{ cm} \leq 0,01 \text{ cm} \rightarrow OK \end{aligned}$$

### Penulangan arah Y

$$Mx = 124065 \text{ kg.m}$$

$$= 12406500 \text{ kg.cm}$$

$$Ca = \frac{hy}{\sqrt{\frac{nxM}{bx\sigma'_a}}} = \frac{107,65}{\sqrt{\frac{17,5 \times 12406500}{100 \times 1850}}} = 3,142$$

Dengan melihat tabel Perhitungan Lentur Cara "n", untuk  $Ca = 3,142$  dengan  $\delta = 1$ , didapatkan :

$$\phi = 2,125 > \phi_o = 0,915 \quad OK$$

$$100n\omega = 10,13$$

$$\omega = 0,0058$$

### Luas tulangan yang dibutuhkan

$$As = \omega \times b \times h$$

$$= 0,0058 \times 100 \times 108,7$$

$$= 62,31 \text{ cm}^2$$

Dipasang tulangan D29 – 100 (  $As = 66,018 \text{ cm}^2$  )

### Luas tulangan samping

$$\begin{aligned} Asd &= 10\% \times As \\ &= 10\% \times 66,018 \\ &= 6,6018 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan 4D19 ( As = 11,335 cm<sup>2</sup> )

### Kontrol retak

Berdasarkan PBI 1971 pasal 10.7.1b retak yang diijinkan 0,01 cm.  
Dengan menggunakan tabel 10.7.1 PBI 1971 maka didapatkan : C<sub>3</sub> = 1,50 ; C<sub>4</sub> = 0,04 ; C<sub>5</sub> = 7,5

$$\omega_p = \frac{A}{bh} = \frac{66,02}{100 \times 120} = 0,006$$

$$dp = 12,8 \times \sqrt{3,851} = 25,12 \text{ mm} = 2,512 \text{ cm}$$

$$\sigma_a = \frac{\sigma_u}{\phi} = \frac{1850}{2,125} = 879,588$$

Maka besarnya lebar retak didapatkan :

$$\begin{aligned} W &= \alpha \left( C_3 x d + C_4 \frac{dp}{\omega_p} \right) \left( \sigma_a - \frac{C_5}{\omega_p} \right) 10^{-6} \\ &= 1 \left( 1,5 \times 8 + 0,04 \frac{2,512}{0,006} \right) \left( 870,6 - \frac{7,5}{0,006} \right) 10^{-6} \\ &= -0,015 \text{ cm} \leq 0,01 \text{ cm} \rightarrow OK \end{aligned}$$

### Kontrol geser pons

Pada struktur *breasting dolphin*, kontrol geser pons perlu dikontrol karena pada struktur ini tidak ada balok, sehingga tiang pancang langsung menumpu pada poer dan kemungkinan besar terjadi plong pada poer tersebut. Tegangan geser pons ditentukan oleh rumus :

$$\tau_{bp} = \frac{P}{\pi \cdot (c + ht) \cdot ht} \leq \tau_{bm}$$

Dimana:

- P = gaya aksial pelat dari tiang pancang
- c = diameter tiang pancang

$$\begin{aligned} ht &= \text{tinggi total pelat atau poer} \\ \tau_{bm} &= \text{tegangan ijin beton } (0.65\sqrt{\sigma'} \cdot bk) \end{aligned}$$

Sehingga:

$$\begin{aligned} \tau_{bp} &= \frac{108616}{3,14(81,28+120)120} < 0,65\sqrt{350} \\ &= 1,908 \text{ kg/cm}^2 < 12,16 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

### Kontrol kekuatan tulangan terhadap gaya tarik pada sambungan antara poer dan tiang pancang

Tulangan harus dicek kemampuannya dalam menahan gaya aksial (P) tekan sebesar yang terjadi pada tiang sebesar 108,62 ton. Beberapa hal yang harus dicek antara lain

- Kekuatan tarik dari tulangan yang berada didalam steel pipe pile (**10D25, fy = 320 MPa**) :

$$P_{nt} (\text{kekuatan tarik tulangan}) = A_s \cdot n \cdot f_y \cdot \emptyset$$

Dimana  $\emptyset = 0.8$  (SNI 2847 2002, 11.3.2,  $\emptyset$  untuk axial tekan atau  $P_{tekan}$ )

$$P_{nt} = 490,625 \times 10 \times 320 \times 0,8 = 1256000 \text{ N} = 125,6 \text{ ton}$$

$$P_{nt} > P_{tekan} = 125,6 \text{ ton} > 108,62 \text{ ton} \dots \text{OK}$$

- Panjang penyaluran tulangan steel pipe pile ke dalam poer (**10D25, L=500 mm**)

$$P_{tension} = 108,62 = 1086160 \text{ N}$$

$$fr = 0,7\sqrt{fc'} = 0,7\sqrt{29,05} = 3,773$$

$$L = \frac{P_{tension}}{n \times \pi \times D \times fr} < L_{pasang}$$

$$= \frac{1086160}{10 \times 3,14 \times 25 \times 3,773} = 366,74 \text{ mm} < 600 \text{ mm} \rightarrow \text{OK}$$

### Kontrol kemampuan beton pada pile menerima tarik

Sambungan antara steel pipe pile JIS A5525 STK41 dan pilecap menggunakan beton mutu K350. Jadi mutu beton yang digunakan

harus dicek terhadap gaya tarik (*tension*) aktual yang terjadi. Tegangan beton yang diijinkan untuk menerima tarik pada pembebanan tetap beton K350 adalah :

$$\sigma_b = 0,48\sqrt{\sigma_{bk}} = 0,48\sqrt{350} = 8,98 \text{ kg/cm}^2$$

Tegangan tarik ijin diatas yang akan digunakan untuk mengontrol gaya tarik aksial pada beton.

$$\begin{aligned} As &= \pi \times D \times h \\ &= 3,14 \times 81,82 \times 100 \\ &= 25521,92 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{bi} &= \sigma_b \times As \\ &= 8,98 \times 25521,92 \\ &= 229186 \text{ kg} = 225,186 \text{ ton} > 108,62 \text{ ton....OK} \end{aligned}$$

### **Kontrol kekuatan tulangan dan beton pada sambungan antara tiang pancang dan poer dalam menerima gaya geser**

Gaya horisontal maksimum (Shear Force) pada tiang pancang 6,908 ton (*frame 36*) dan gaya horisontal akibat rekasi fender sebesar 80,54. Beberapa hal yang perlu dikontrol yaitu :

- Kekuatan tulangan didalam steel pipe pile (**10D25, fy = 320 MPa**)

$$P_{nt} (\text{kekuatan tarik tulangan} = As \cdot n \cdot fy \cdot \emptyset)$$

Dimana  $\emptyset = 0,75$  (SNI 2847 2002, 11.3.2,  $\emptyset$  untuk shear force reduction)

$$P_{nt} = 490,625 \times 10 \times 320 \times 0,75 = 1177500 \text{ N} = 177,75 \text{ ton}$$

$$P_{nt} > V_{tiang} = 117,75 \text{ ton} > 6,908 \text{ ton ....OK}$$

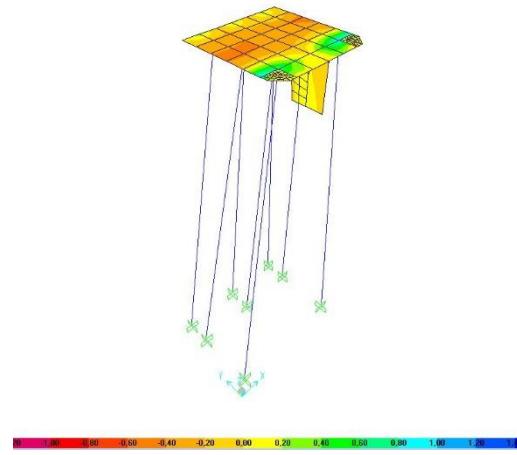
$$P_{nt} > V_{fender} = 117,75 \text{ ton} > 80,54 \text{ ton ....OK}$$

- Tegangan geser beton dan poer, serta kekuatan beton menerima gaya horisontal.

$$\begin{aligned} V_n &= n \times L \times D \times f_c' \\ &= 10 \times 600 \times 25 \times 29,05 \\ &= 4357500 \text{ N} > 805400 \text{ N....OK} \end{aligned}$$

### Cek Tegangan Pelat

Dari hasil analisis struktur dengan kombinasi beban mati + beban hidup + beban pangkal + beban Tarikan Kapal yang dimodelkan dalam Gambar 6.74



Gambar 674 Tegangan Yang Terjadi Pada *Breasting Dolphin*

Pelat Lantai Dermaga,  $t = 30 \text{ cm}$

#### Tegangan ijin kondisi service

$$F_{\text{allow}} = 0,55 \times \sigma'_b$$

$$F_{\text{allow}} = 0,55 \times 115,5 \text{ Kg/cm}^2$$

$$F_{\text{allow}} = 63,525 \text{ Kg/cm}^2 = 6,23 \text{ MPa}$$

Berdasarkan output hasil running aplikasi SAP200, didapat nilai tegangan maksimum pelat sebesar 5,39 Mpa.

$$\sigma_{\max} = 5,39 \text{ MPa} < F_{\text{allow}} = 6,23 \text{ MPa} \dots \text{OK}$$

#### 3.5.6 Perencanaan Plank Fender

Struktur *plank Fender* terletak di depan (*face line*) dermaga, struktur ini direncanakan sebagai plat kantilever yang menerima gaya horizontal terpusat akibat beban tumbukan kapal pada *fender*. Data Perencanaan :

$$\text{Tinggi (H)} = 120 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Lebar}(b) &= 380 \text{ cm} \\
 \text{Cover (d)} &= 7 \text{ cm} \\
 h &= 120 - 7 - 2,2 - (2,2/2) \\
 &= 108,7 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Mutu beton

$$\begin{aligned}
 \sigma'_{bk} &= 350 \text{ kg/cm}^2 (K - 350) \\
 \sigma'_b &= 115,5 \text{ kg/cm}^2 \\
 E_b &= 1,2 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Mutu baja

$$\begin{aligned}
 \sigma_{au} &= 3200 \text{ kg (U - 32)} \\
 E_a &= 2,1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2 \\
 \sigma_a = \sigma'_a &= 2650 \text{ kg/cm}^2 \\
 \sigma^{*}_{au} &= 2780 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

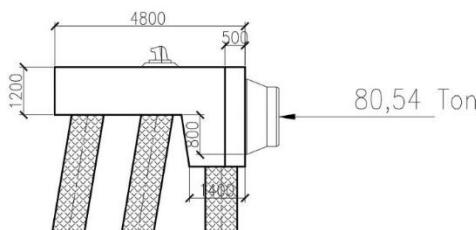
Diamter tulangan = 22 mm

$$n = \frac{E_a}{E_b} = \frac{2100000}{120000} = 17,5$$

$$\phi_0 = \frac{\sigma_a}{n \times \sigma'_b} = \frac{2650}{17,5 \times 115,5} = 1,311$$

### Momen Plank Fender

Penulangan plank fender dianalisa berdasarkan gaya fender 80,54 Ton yang bekerja sejarak 0,8 m dari ujung plank fender yang bertumpu pada struktur dermaga. Ilustrasi beban fender dapat dilihat pada Gambar 6.75.



Gambar 6.75 Ilustrasi Beban Fender

$$P \text{ tumbukan} = 80,54 \text{ t/m} \times 0,8 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 &= 64,43 \text{ ton} \\
 \text{Eksentrisitas} &= 0,8 \text{ m}/2 = 0,4 \text{ m} \\
 \text{Momen} &= 64,43 \times 0,4 \\
 &= 25,773 \text{ ton.m} \\
 &= 2577280 \text{ kg.cm}
 \end{aligned}$$

### **Penulangan arah Z**

$$Ca = \frac{hz}{\sqrt{\frac{nxM}{bx\sigma_a}}} = \frac{108,7}{\sqrt{\frac{17,5 \times 2577280}{100 \times 1850}}} = 6,962$$

Dengan melihat tabel Perhitungan Lentur Cara “n”, untuk  $Ca = 6,962$  dengan  $\delta = 1$ , didapatkan :

$$\begin{aligned}
 \phi &= 4,556 &> \phi_o &= 1,311 && \text{OK} \\
 100n\omega &= 2,189 \\
 \omega &= 0,0013
 \end{aligned}$$

### **Luas tulangan yang dibutuhkan**

$$\begin{aligned}
 As &= \omega \times b \times h \\
 &= 0,0013 \times 380 \times 108,7 \\
 &= 51,67 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan D22 – 200 ( $As = 72,189 \text{ cm}^2$ )

### **Kontrol retak**

Berdasarkan PBI 1971 pasal 10.7.1b retak yang diijinkan 0,01 cm.  
Dengan menggunakan tabel 10.7.1 PBI 1971 maka didapatkan :  $C_3 = 1,50$  ;  $C_4 = 0,04$  ;  $C_5 = 7,5$

$$\omega_p = \frac{A}{bh} = \frac{72,19}{100 \times 120} = 0,006$$

$$dp = 12,8 \times \sqrt{3,851} = 25,12 \text{ mm} = 2,512 \text{ cm}$$

$$\sigma_u = \frac{\sigma_a}{\phi} = \frac{1850}{4,556} = 406,058$$

Maka besarnya lebar retak didapatkan :

$$\begin{aligned}
 W &= \alpha \left( C_3 x d + C_4 \frac{dp}{\omega p} \right) \left( \sigma a - \frac{C_5}{\omega p} \right) 10^{-6} \\
 &= 1 \left( 1,5 \times 8 + 0,04 \frac{2,512}{0,006} \right) \left( 401,058 - \frac{7,5}{0,006} \right) 10^{-6} \\
 &= -0,023 \text{ cm} \leq 0,01 \text{ cm} \rightarrow OK
 \end{aligned}$$

### 3.5.7 Perencanaan Pondasi

Pondasi yang digunakan untuk breasting dolphin dermaga gorontalo ini adalah tiang pancang baja (*Steel Pipe Pile*). Berikut merupakan hasil gaya dalam pada tiang pancang baja :

Tabel 6.23 Rekapitulasi Gaya Dalam Pada Tiang Pancang

Frame	Beban	Kombinasi	Besar	Satuan
28	P (Tekan)	DD + LL + SD + B	-74,532	Ton
34	P (Tarik)	DD + LL + SD + B	108,616	Ton
21	V <sub>2</sub>	DD + LL + SD + F	6,91	Ton
24	V <sub>3</sub>	DD + LL + SD + F	14,36	Ton
36	M <sub>2</sub>	DD + LL + SD + Ex + 0,3 Ey	60,38	Ton.m
30	M <sub>3</sub>	DD + LL + SD + Ex + 0,3 Ey	71,89	Ton.m
Joint 48	U	DD + LL + SD + Ex + 0,3 Ey	23,87	mm

(Sumber : Analisa SAP 2000 v.14)

- **Data Spesifikasi Tiang Pancang**

Spesifikasi tiang pancang baja PT. Swarna Bajapasic yang digunakan adalah sebagai berikut :

Diameter tiang	: 812,8 mm
Tebal tiang	: 16 mm
Modulus elastisitas (E)	: 2.100.000 kg/cm <sup>2</sup>
Luas penampang (A)	: 400,5 cm <sup>2</sup>
Berat (W)	: 314,39 kg/m
Momen Inersia (I)	: 318 x 10 <sup>3</sup> cm <sup>4</sup>
Modulus of section (Z)	: 782 x 10 cm <sup>3</sup>
Point of fifty (Zf)	: 8,15 m
Jumlah titik	: 8 titik

- **Perhitungan kebutuhan kedalaman tiang pancang**

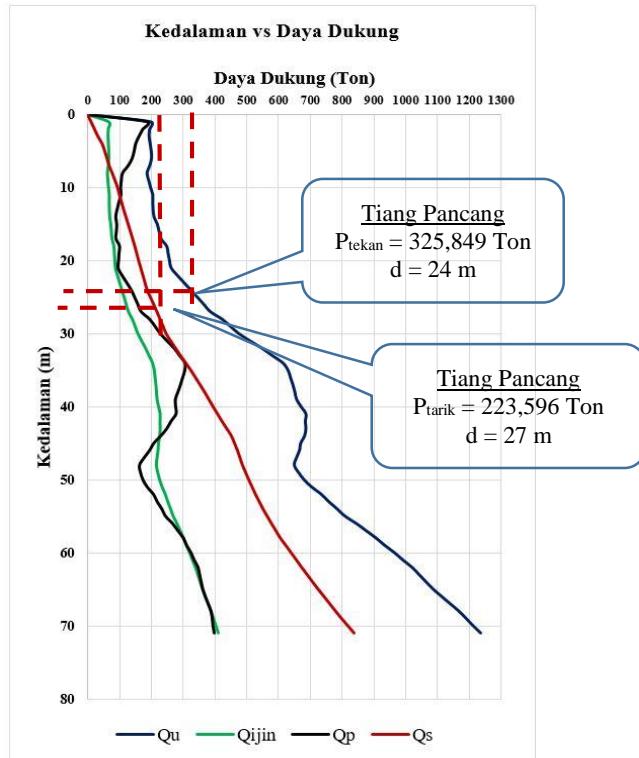
Pada perencanaan struktur breasting dolphin, konfigurasi tiang pancang digunakan tiang pancang miring dan 1 tiang tegak. Hasil analisa gaya dalam yang terjadi pada tiang pancang dapat dilihat pada Gambar 6.76 dimana dermaga terletak pada zona tanah BH 5. sehingga data tanah yang digunakan adalah data tanah pada titik BH 5.

$$\begin{aligned} Q_p &= SF \times P_{tarik} \\ &= 3 \times 78,43 \text{ Ton} \\ &= 235,299 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Dengan gaya tarik tersebut maka dibutuhkan kedalaman tiang minimum sedalam 24 m dibawah seabed atau -33 m LWS

$$\begin{aligned} Q_p &= SF \times P_{tekan} \\ &= 3 \times 108,616 \text{ Ton} \\ &= 325,848 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Dengan gaya taikan tersebut maka dibutuhkan kedalaman tiang minimum sedalam 27 m dibawah seabed atau -36 m LWS



Gambar 6.76 Grafik kedalaman vs Daya Dukung Tanah

- **Kontrol defleksi**

Kontrol defleksi bertujuan untuk melihat defleksi maksimum pada bangunan yang harus kurang dari defleksi izin. Untuk defleksi horisontal izin dapat dilihat pada “BS 6349-2:2010 tabel 1” sebesar 100 mm

Defleksi yang terjadi               $<$  defleksi izin  
 $23,87 \text{ mm}$                            $< 100 \text{ mm}.....\text{OK}$

- **Kontrol momen**

Kontrol momen bertujuan untuk mengecek apakah momen bahan tiang pancang lebih besar dari momen ultimate sehingga tiang pancang bisa tidak mengalami retak atau leleh.

$$\begin{aligned}
 \text{Mu bahan} &= f_y \times S \\
 &= f_y \times 1,5 \times Z \\
 &= 2500 \times 1,5 \times 7820 \\
 &= 29325000 \text{ kg.cm} \\
 &= 293,25 \text{ ton.m}
 \end{aligned}$$

Cek, Mu aktual < Mu bahan

$$\begin{aligned}
 M_2 &= 25,38 \text{ tm} &< 293,25 \text{ tm....OK} \\
 M_3 &= 31,89 \text{ tm} &< 293,25 \text{ tm....OK}
 \end{aligned}$$

- **Daya dukung tiang akibat beban horisontal**

Beban yang dipikul oleh tiang pancang tidak hanya beban vertikal tetapi juga beban horizontal. Oleh karena itu perlu dilakukan pengecekan ketahanan tiang pancang terhadap beban horizontal. Gaya horizontal yang terjadi (hasil SAP 2000) harus lebih kecil dari gaya horizontal yang mampu dipikul bahan ( $H_u$ ).

Fixed – headed pile :

$$H_u = \frac{2Mu}{e + Zf}$$

Dimana :	$M_u$	= Momen ultimate bahan ( 293,25 t.m )
	$e$	= Jarak antar lateral load yang bekerja dengan muka tanah ( $9 + 3,7 = 12,7$ )
	$Z_f$	= Titik jepit ( 8,15 m )

$$H_u = \frac{2 \times Mu}{e + Zf} = \frac{2 \times 293,25}{12,7 + 8,15} = 28,129 \text{ ton}$$

Hu yang terjadi :	:
$V_2 = 6,907 \text{ ton}$	< 28,129 ton ....OK
$V_3 = 8,360 \text{ ton}$	< 28,129 ton ....OK

- **Kontrol kekuatan bahan**

Tegangan yang terjadi akibat beban aksial ( $P$ ) dan momen ( $M$ ) pada tiang yang didapat dari analisa SAP 2000 v.14 harus lebih kecil dari tegangan ijin tiang pancang ( $f_y$ ).

Tegangan pada tiang pancang dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{P}{A} \pm \frac{M}{W} \\ &= \frac{108616}{0,04005} + \frac{60,28}{314,39} \\ &= 2712010,18 \text{ kg / m}^2 \\ &= 271,201 \text{ kg / cm}^2 < 2500 \text{ kg / cm}^2 \rightarrow OK\end{aligned}$$

- **Kontrol kuat tekuk**

$$\begin{aligned}P_{cr} &= \frac{\pi^2 x EI}{(Zf + e)^2} \\ &= \frac{3,14^2 x 2100000 x 318000}{(815+1270)^2} \\ &= 1514584,79 \text{ kg} \\ &= 1514,58 \text{ ton} > 100,88 \text{ ton}\end{aligned}$$

- **Kemampuan tiang berdiri sendiri**

Tiang pancang pada saat pelaksanaan harus dikontrol terhadap frekuensi gelombang. Sehingga tiang akan stabil walaupun pada saat berdiri sendiri.  $\omega$  gelombang diambil sebesar  $1/T$ . Adapun cara menghitung  $\omega$  tiang adalah dengan perumusan berikut :

$$\omega_t = 1,73 \sqrt{\frac{EI}{wi^3}} > \omega$$

Dimana,

$$E = 2100000 \text{ kg/cm}^2$$

$$I = 318000 \text{ cm}^4$$

$$w = \text{berat tiang (kg)}$$

$$= 314,4 \times 36,5 \text{ m}$$

$$= 11475 \text{ kg}$$

$$i = 36,5 \text{ m}$$

$$g = 9,8 \text{ m}^2/\text{dt}$$

$$= 980 \text{ cm}^2/\text{dt}$$

$$\omega_t = 1,73 \sqrt{\frac{EI}{wi^3}} > \omega$$

$$= 1,73 \sqrt{\frac{2100000 \times 318000}{\frac{11475 \times 36,5^2}{980}}} = 1,873 \text{ s} > 0,14 \text{ s} \rightarrow OK$$

Jadi Dapat disimpulkan bahwa tiang pancang tegak dan tiang pancang miring stabil terhadap frekuensi gelombang dan bisa berdiri sendiri.

- **Kalendering**

Data dan asumsi awal perhitungan kalendering sebagai berikut :

$$H'_{\text{hemmer}} = 2,00 \text{ m} (\textit{hydraulic hammer})$$

$$\varnothing_{\text{tiang}} = 81,28 \text{ cm}$$

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

$$Qu = Pu \times SF = 108,6 \times 3 = 325,8 \text{ ton}$$

$$W = 10 \text{ ton}$$

$$\alpha = 1,732 (\textit{hydraulic hammer})$$

$$L = 36,5 \text{ m}$$

$$W_p = W \times L$$

$$= 0,314 \times 36,5 = 11,475 \text{ ton}$$

$$n_{\text{hammer}} = 0,55 (\textit{hemmer on steel pile without cushion})$$

$$S = \text{set/pile penetration for last blow (cm)}$$

$$C_1 = 5 \text{ mm} (\text{Kompresi sementara dari cushion})$$

$$C_2 = 10 \text{ mm} (\text{steel pipe pile})$$

$$C_3 = 5 \text{ mm} (\text{soft ground SPT})$$

$$C = C_1 + C_2 + C_3$$

$$= 5 + 10 + 5$$

$$= 20 \text{ mm} = 0,02 \text{ m}$$

$$Q_u = \frac{\alpha W H}{S + 0,5C} \frac{W + n^2 W p}{W + W p}$$

$$325,8 = \frac{1,732 \times 10 \times 2}{S + 0,5 \times 0,01} \frac{10 + 0,55^2 \times 11,475}{10 + 11,475}$$

$$325,8 = \frac{21,729}{S + 0,01} 0,627$$

$$S = 0,0567 m$$

= 56,69 mm → Setting kelendering

Jadi setting kelendering yang digunakan sebesar 56,69 mm

- **Cek PMM Ratio**

Berdasarkan hasil SAP didapatkan:

$$P_u = 108,62 \text{ ton}$$

$$M_{ux} = 60,38 \text{ tm}$$

$$M_{uy} = 71,89 \text{ tm}$$

$$\begin{aligned} \text{PMM ratio} &= \frac{P_u}{2\varphi P_n} + \left( \frac{M_{ux}}{\varphi M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\varphi M_{ny}} \right) \\ &= \frac{108,62}{2 \times 724,74} + \left( \frac{60,38}{219} + \frac{71,89}{219} \right) \\ &= 0,678 < 1 \dots \text{OK} \end{aligned}$$

- **Perlindungan korosi**

Korosi tiang diasumsikan terjadi sampai tiang ditumbuhki karang yaitu selama 10 tahun. Dengan asumsi tingkat korosi = 0,3 mm/tahun, maka untuk waktu perencanaan 10 tahun, tebal tiang yang digunakan adalah:  $16 - (0,3 \times 10) = 13 \text{ mm}$ . Metode perawatan digunakan dengan menyediakan alokasi tebal tiang yang akan terkorosi yaitu setebal 3 mm. Selain itu dapat digunakan juga lapisan HDPE yang akan melindungi tiang pancang.

### 3.6 Perencanaan Catwalk

#### 6.6.1 Umum

Struktur *catwalk* berfungsi sebagai penghubung antara dermaga (loading platform) dengan *breasting dolphin* dan *mooring dolphin*. Dimensi catwalk yang direncanakan dalam tugas akhir ini adalah:

Panjang <i>Catwalk</i>	: 17,7 m
Lebar	: 1,5 m
Jarak antar balok melintang	: 1,6 m
Tinggi	: 1,5 m

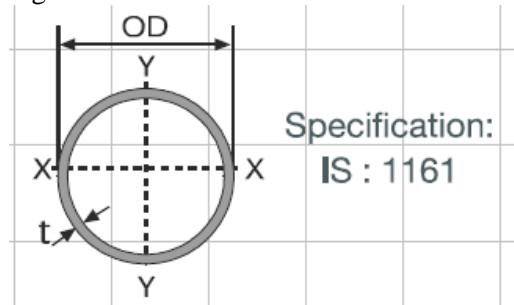
#### 6.6.2 Perencanaan Balok Utama

Direncanakan profil balok utama untuk catwalk terbuat dari Profil *Circular Hollow Section* (CHS), dengan pertimbangan:

- Fabrikasi Hollow Section mudah dibentuk sesuai permintaan.
- Penampang pipa bulat sehingga menjadi lebih estetis

##### a. Spesifikasi Balok Utama

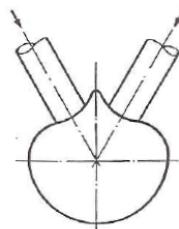
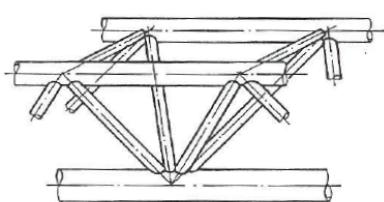
Profil *Circular hollow* yang direncanakan mempunyai spesifikasi sebagai berikut:



Gambar 6.77 Spesifikasi penampang CHS  
(Sumber : [www.tatastructura.com](http://www.tatastructura.com))

- *Material Type* = cold formed
- *Nominal Bore* (mm) = 200

• <i>Outside diameter (OD)</i>	= 219,1 mm
• <i>Wall thickness (t)</i>	= 10 mm
• <i>Young Modulus (E)</i>	= 2100000 kg/cm <sup>2</sup>
• <i>Section Modulus</i>	= 884,55 cm <sup>3</sup>
• <i>Area of Cross Section (A)</i>	= 65,72 cm <sup>2</sup>
• <i>Outer Surface Area (cm<sup>2</sup>/m)</i>	= 6886
• <i>Moment of Inertia (I)</i>	= 3599,89 cm <sup>4</sup>
• <i>Tensile Stress (fu)</i>	= 5000 kg/cm <sup>2</sup>
• <i>Yield Stress (fy)</i>	= 2900 kg/cm <sup>2</sup>
• <i>Length (L)</i>	= 2 meter
• <i>Radius of Gyration (r)</i>	= 7,4 cm



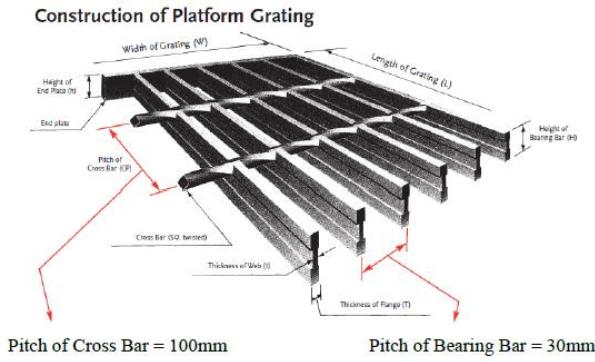
Gambar 6. 78 Multiplanar "K" Joints Pada Struktur Catwalk  
*(Sumber: Design Guide for Circular Hollow Section(CHS) joint under predominantly static loading, 2<sup>nd</sup> edition, 2008)*

### b. Pembebaan Balok Utama

Beban rencana yang berada pada balok utama terdiri dari beban mati dan hidup yang berasal dari :

- Pelat injakan

Pada elemen pelat direncakan pelat grating dengan spesifikasi seperti berikut :



Gambar 6.79 Plat I Bar – Grating

- <i>Grating Code</i>	= RG 2553/40/II B
- <i>Leght x Width</i>	= 2553 x 1500 mm
- <i>Loading bar size</i>	= 25x5x3 mm
- <i>Weight</i>	= 31,1 kg/m <sup>2</sup>
- <i>Jarak balok melintang</i>	= 2,0 m

- **Balok utama (*main Beam*)**

Balok utama menggunakan CHS dengan spesifikasi bahan seperti di atas. Beban dari elemen ini secara otomatis akan dihitung sendiri oleh program SAP.

- **Beban Hidup Rencana**

Selain berat sendiri, terdapat pula beban hidup sebesar 500 kg/m<sup>2</sup> untuk jembatan pejalan kaki yang ditempatkan pada sepanjang bentang catwalk.

- **Beban angin sebesar 30 Kg/m<sup>2</sup> yang bekerja pada satu sisi saja.**

### c. Kombinasi Pembebanan

Analisa struktur menggunakan program bantu SAP 2000 v14.0 dengan kombinasi beban berdasarkan SNI 03-2847-2002 sebagai berikut :

- 1.4 DL

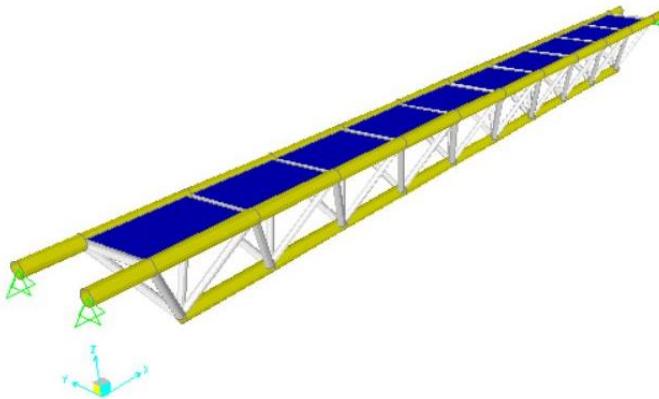
- $1.2 \text{ DL} + 1.6 \text{ LL}$
- $1.2 \text{ DL} + 1.0 \text{ LL} + 1.6 \text{ W}$
- $0.9 \text{ DL} + 1.6 \text{ W}$
- $1.2 \text{ DL} + 0.5 \text{ LL} + 1.0 \text{ Ex} + 0.3 \text{ Ey}$
- $1.2 \text{ DL} + 0.5 \text{ LL} + 0.3 \text{ Ex} + 1.0 \text{ Ey}$

Dimana:

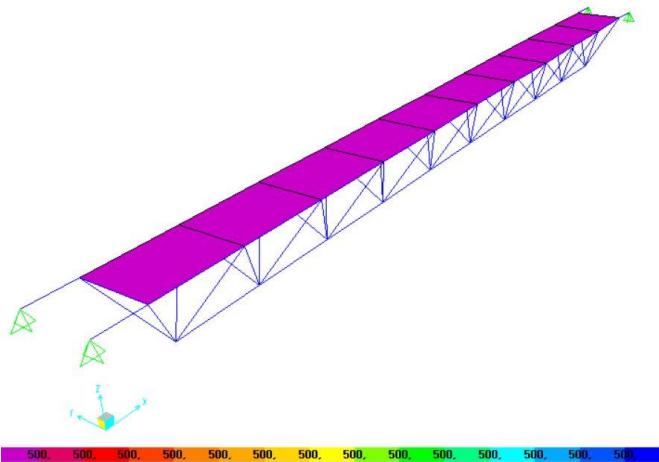
- DL = beban mati dan berat sendiri struktur  
 LL = beban hidup merata pada struktur  
 W = beban angin  
 Ex = beban gempa arah X  
 Ey = beban gempa arah Y

#### d. Permodelan Pada Struktur *Catwalk*

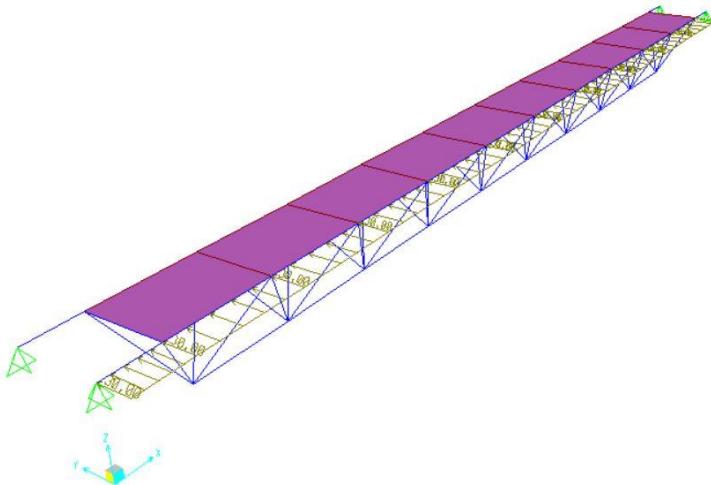
Pemodelan struktur *catwalk* pada program SAP 2000 v.14 dapat dilihat pada Gambar 6.80 sampai Gambar 6.82.



Gambar 6.80 Tampak 3D Struktur *Catwalk*



Gambar 6. 81 Input Beban Hidup



Gambar 6. 82 Input Beban Angin

Dari analisa struktur dengan program bantu SAP 2000 v.14 didapatkan gaya-gaya sebagai berikut :

Tabel 6. 24 Output Gaya Balok Utama

Frame	Beban	Kombinasi	Besar	Sat
56	P ( Tarik )	1,2DL + 1,6LL	31647,44	kg
23	P ( Tekan )	1,2DL + 1,6LL	2292,54	Kg
29	V	1,2DL + 1,6LL	4859,59	kg
26	M	1,2DL + 1,6LL	3867,87	kg.m
54	u	1,2DL + 1,6LL	2,54	mm

### e. Kontrol Perhitungan Struktur

- **Kontrol buckling**

$$\frac{D}{t} < \frac{9000}{f_y} \rightarrow \frac{219,1}{10} < \frac{9000}{290} \rightarrow 21,91 < 31,034$$

Karena  $\lambda < \lambda_p$ , maka penampang kompak

- **Kontrol kelangsingan komponen**

$$\lambda = \frac{l}{r} = \frac{200}{7,4} = 27,027 < 200 \text{ (OK)}$$

- **Kontrol momen**

$$\begin{aligned}
 Z_x &= \text{Modulus penampang plastis} \\
 &= D^2 t - 2Dt^2 + (4/3)t^3 \\
 &= (219,1^2 \times 10) - (2 \times 219,1 \times 10^2) + (4/3) \times 10^3 \\
 &= 437561,43 \text{ mm}^3 \\
 &= 437,56 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

$S_x$  = Modulus penampang elastis

$$\begin{aligned}
 &= (\pi/32/D) \times (D^4 - (D-2t)^4) \\
 &= (3,14/32/219,1) \times (219,1^4 - (219,1 - 20)^4) \\
 &= 328308,05 \text{ mm}^3
 \end{aligned}$$

$$= 328,31 \text{ cm}^3$$

Momen leleh

$$\begin{aligned} My &= S_x \times f_y \\ &= 328,31 \times 2900 \\ &= 952093,35 \text{ kg.cm} \\ &= 9520,93 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Momen plastis

$$\begin{aligned} Mp &= Z_x \times f_u \\ &= 437,56 \times 5000 \\ &= 1268928,2 \text{ kg.cm} \\ &= 1268,93 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Kontrol  $M_p < 1,5 M_y$  (*SNI 03-1729-2002 Pasal 8.2.1*)

$$\begin{aligned} M_p &< 1,5 M_y \\ 1268,93 &< 1,5 \times 9520,93 \\ 1268,93 &< 14281,4 \quad (\text{OK}) \\ M_u \text{ aktual} &< \varphi \times M_n \text{ profil} \\ 4476,75 &< 0,9 \times 9520,94 \\ 4476,75 &< 8568,84 \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

- **Kontrol gaya tarik**

Kuat leleh

$$\begin{aligned} \Phi P_n &= 0,9 \times A_g \times f_y \\ &= 0,9 \times 65,72 \times 2900 \\ &= 171529,2 \text{ kg} \quad (\text{menentukan}) \end{aligned}$$

Kuat putus

$$\begin{aligned} \Phi P_n &= 0,75 \times A_e \times f_u \\ &= 0,75 \times 65,72 \times 5000 \\ &= 246450 \text{ kg} \end{aligned}$$

Cek,  $\Phi P_n > P_{tarik}$

$$171529 \text{ kg} > 31647,44 \text{ kg} \quad (\text{OK})$$

– **Kontrol gaya tekan**

$$\begin{aligned}\lambda_c &= \frac{Kl}{rx\pi} \sqrt{\frac{fy}{E}} \\ &= \frac{200}{7,4 \times 3,14} \sqrt{\frac{2900}{2100000}} \\ &= 0,32\end{aligned}$$

Karena  $\lambda_c < 1,5$  maka  $F_{cr} = 0,685^{\lambda_c^2} \times fy$

$$\begin{aligned}F_{cr} &= 0,658^{0,32^2} \times 2900 \\ &= 2778,6 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P_n &= 0,85 \times F_{cr} \times A_g / 2 \\ &= 0,85 \times 2778,6 \times 65,72 / 2 \\ &= 82173,105 \text{ kg}\end{aligned}$$

$P_n > P \text{ aktual} \dots\dots\dots 82173,105 \text{ kg} > 4859,59 \text{ kg}$

– **Kontrol geser bahan**

$$\begin{aligned}V_n &= 0,9 \times F_{cr} \times A_g / 2 \\ &= 0,9 \times 2778,6 \times 32,86 \\ &= 82173,105 \text{ kg}\end{aligned}$$

$V_n > V \text{ aktual} \dots\dots\dots 82173,105 > 6907,42 \text{ (OK)}$

– **Kontrol tegangan bahan**

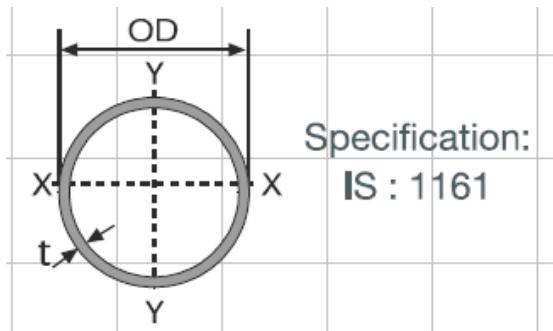
$$\begin{aligned}\sigma_{\text{aktual}} &= \frac{P}{A} + \frac{M}{Zx} \\ &= \frac{2292,54}{65,72} + \frac{386787}{437,56} \\ &= 918,844 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

Cek,  $\sigma_{ijin} > \sigma_{\text{aktual}}$  .....  $2900 > 918,844 \dots \text{OK}$

### 6.6.3 Perencanaan Rangka Balok

#### a. Spesifikasi Rangka Balok

Profil *Circular hollow* yang direncanakan mempunyai spesifikasi sebagai berikut:



Gambar 6.83 Spesifikasi Penampang CHS  
(Sumber : [www.tatastructura.com](http://www.tatastructura.com))

- *Material Type* = Coldformed
- *Nominal Bore (mm)* = 100
- *Outside diameter (OD)* = 114,3 mm
- *Wall thickness (t)* = 5,4 mm
- *Young Modulus (E)* = 2100000 kg/cm<sup>2</sup>
- *Section Modulus* = 48,0 cm<sup>3</sup>
- *Area of Cross Section (A)* = 18,5 cm<sup>2</sup>
- *Outer Surface Area (cm<sup>2</sup>/m)* = 3591
- *Moment of Inertia (I)* = 274,5 cm<sup>4</sup>
- *Tensile Stress (fu)* = 5000 kg/cm<sup>2</sup>
- *Yield Stress (fy)* = 2900 kg/cm<sup>2</sup>
- *Length (L)* = 2 meter
- *Radius of Gyration (r)* = 3,85 cm

### b. Kombinasi Pembebaan

Analisa struktur menggunakan program bantu SAP 2000 v14.0 dengan kombinasi beban berdasarkan SNI 03-2847-2002 sebagai berikut :

- 1.4 DL
- 1.2 DL + 1.6 LL
- 1.2 DL + 1.0 LL + 1.6 W
- 0.9 DL + 1.6 W
- 1.2 DL + 0.5 LL + 1.0 Ex + 0.3 Ey
- 1.2 DL + 0.5 LL + 0.3 Ex + 1.0 Ey

Dimana:

DL = beban mati dan berat sendiri struktur

LL = beban hidup merata pada struktur

W = beban angin

Ex = beban gempa arah X

Ey = beban gempa arah Y

Dari analisa struktur dengan program bantu SAP 2000 v.14 didapatkan gaya – gaya sebagai berikut :

Tabel 6.25 Output Gaya Balok Rangka *Catwalk*

Frame	Beban	Kombinasi	Besar	Sat
54	P ( Tarik )	1,2DL + 1,6LL	9052,57	kg
55	P ( Tekan )	1,2DL + 1,6LL	8463,41	Kg
65	V	1,2DL + 1,6LL	287,11	kg
65	M	1,2DL + 1,6LL	291,96	kg.m
Joint 64	u	1,2DL + 1,6LL	2,67	mm

### c. Kontrol Perhitungan Struktur

#### - Kontrol buckling

$$\frac{D}{t} < \frac{9000}{fy} \rightarrow \frac{114,3}{5,4} < \frac{9000}{290} \rightarrow 21,167 < 31,034$$

Karena  $\lambda < \lambda_p$ , maka penampang kompak

– **Kontrol kelangsungan komponen**

$$\lambda = \frac{l}{r} = \frac{200}{3,85} = 51,948 < 200 \text{ (OK)}$$

– **Kontrol momen**

$$\begin{aligned} Z_x &= \text{Modulus penampang plastis} \\ &= D^2 t - 2Dt^2 + (4/3)t^3 \\ &= (114,3^2 \times 5,4) - (2 \times 114,3 \times 5,4^2) + (4/3) \times 5,4^3 \\ &= 64092,22 \text{ mm}^3 \\ &= 64,092 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_x &= \text{Modulus penampang elastis} \\ &= (\pi/32/D) \times (D^4 - (D-2t)^4) \\ &= (3,14/32/114,3) \times (114,3^4 - (114,3 - 10,8)^4) \\ &= 48013,94 \text{ mm}^3 \\ &= 48,014 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Momen leleh

$$\begin{aligned} M_y &= S_x \times f_y \\ &= 48,014 \times 2900 \\ &= 139240,44 \text{ kg.cm} \\ &= 1392,40 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Momen plastis

$$\begin{aligned} M_p &= Z_x \times f_u \\ &= 64,092 \times 5000 \\ &= 185867,44 \text{ kg.cm} \\ &= 1858,67 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Kontrol  $M_p < 1,5 M_y$  ( SNI 03-1729-2002 Pasal 8.2.1 )

$$M_p < 1,5 M_y$$

$$1858,67 < 1,5 \times 1392,40$$

$$1858,67 < 2088,61 \quad (\text{OK})$$

$M_u \text{ aktual} < \varphi \times M_n \text{ profil}$

$$291,96 < 0,9 \times 1392,40$$

$$291,96 < 1253,16 \quad (\text{OK})$$

- **Kontrol gaya tarik**

Kuat leleh

$$\begin{aligned}\Phi P_n &= 0,9 \times A_g \times f_y \\ &= 0,9 \times 18,5 \times 2900 \\ &= 48285 \text{ kg} \quad (\text{menentukan})\end{aligned}$$

Kuat putus

$$\begin{aligned}\Phi P_n &= 0,75 \times A_e \times f_u \\ &= 0,75 \times 18,5 \times 5000 \\ &= 69375 \text{ kg}\end{aligned}$$

Cek,  $\Phi P_n > P_{tarik}$

$$48285 \text{ kg} > 9052,57 \text{ kg} \quad (\text{OK})$$

- **Kontrol gaya tekan**

$$\begin{aligned}\lambda_c &= \frac{Kl}{rx\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} \\ &= \frac{200}{3,85 \times 3,14} \sqrt{\frac{2900}{2100000}} \\ &= 0,61\end{aligned}$$

Karena  $\lambda_c < 1,5$  maka  $F_{cr} = 0,685^{\lambda_c^2} \times f_y$

$$\begin{aligned}F_{cr} &= 0,658^{0,61^2} \times 2900 \\ &= 2476,1 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P_n &= 0,85 \times F_{cr} \times A_g \\ &= 0,85 \times 2476,1 \times 18,5 \\ &= 38936,15 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$P_n > P_{\text{aktual}} \rightarrow 38936,15 \text{ kg} > 8463,41 \text{ kg}$$

- **Kontrol geser bahan**

$$\begin{aligned}V_n &= 0,9 \times F_{cr} \times A_g / 2 \\ &= 0,9 \times 2476,1 \times 9,25\end{aligned}$$

$$= 20613,257 \text{ kg}$$

$V_n > V_{\text{aktual}} \rightarrow 20613,257 > 287,11$

- **Kontrol tegangan bahan**

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{aktual}} &= \frac{P}{A} + \frac{M}{Zx} \\ &= \frac{8463,41}{18,5} + \frac{29196}{64,092} \\ &= 913,013 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

Cek,  $\sigma_{\text{ijin}} > \sigma_{\text{aktual}}$   $\rightarrow 2900 > 913,013 \rightarrow \text{OK}$

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## **BAB VII**

### **METODE PELAKSANAAN**

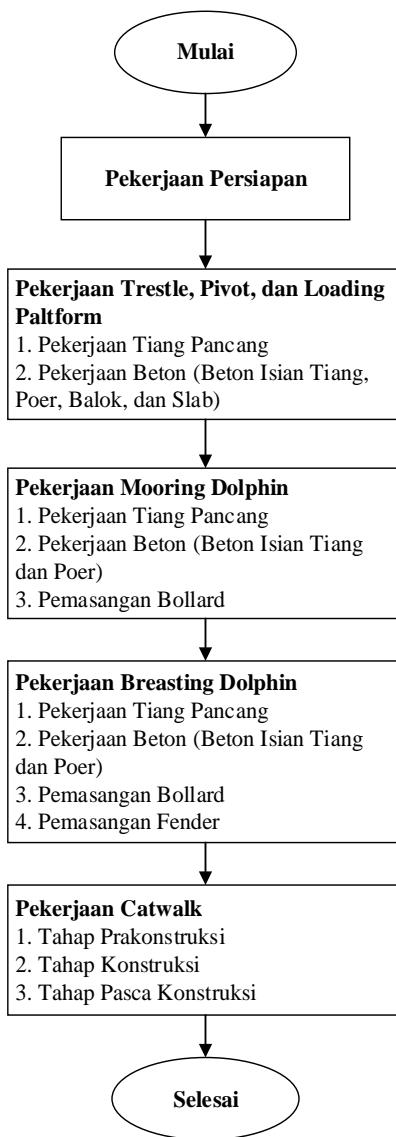
#### **7.1 Umum**

Setelah perencanaan mulai dari evaluasi layout dan struktur dermaga terpenuhi, maka perlu direncanakan metode pelaksanaan konstruksi secara umum dari hasil perencanaan pada bab-bab sebelumnya yang mana pada proses pekerjaan konstruksi tidak boleh mengganggu proses berjalannya kegiatan di sekitar lokasi pembangunan (PT. Pupuk Kalimantan Timur). Metode pelaksanaan ini sangat berpengaruh terhadap keberhasilan suatu proyek sehingga jika metode pelaksanaan direncanakan dengan matang maka pekerjaan akan selesai dalam waktu yang diinginkan dan memiliki nilai ekonomis yang tinggi.

Bab ini akan membahas mengenai metode pelaksanaan pekerjaan dermaga pupuk NPK. Berikut adalah point yang akan dibahas:

1. Pekerjaan Persiapan
2. Pekerjaan *Trestle, Pivot, dan Loading Platform*
3. Pekerjaan *Mooring Dolphin*
4. Pekerjaan *Breasting Dolphin*
5. Pekerjaan *Catwalk*

Diharapkan juga dengan adanya pembahasan mengenai metode pelaksanaan konstruksi ini, seluruh fasilitas pelabuhan yang dibangun dapat terwujud sesuai dengan kriteria-kriteria perencanaan sebelumnya. Adapun diagram alir metode pelaksanaan konstruksi fasilitas pelabuhan secara umum dapat dilihat pada Gambar 7.1.



Gambar 7.1 Diagram Alir Metode Pelaksanaan

Sesuai peraturan yang berlaku maka pembangunan fasilitas dalam lingkungan pelabuhan di Industri Pupuk harus mengacu pada:

- a. Peraturan Pemerintah No. 61 tahun 2009 tentang Kepelabuhanan
- b. Peraturan Pemerintah No. 5 tahun 2010 tentang kenavigasian
- c. Peraturan Menteri Perhubungan No. PM 51 tahun 2011 tentang Terminal Khusus dan Terminal Untuk Kepentingan Sendiri.

## **7.2 Pekerjaan Persiapan**

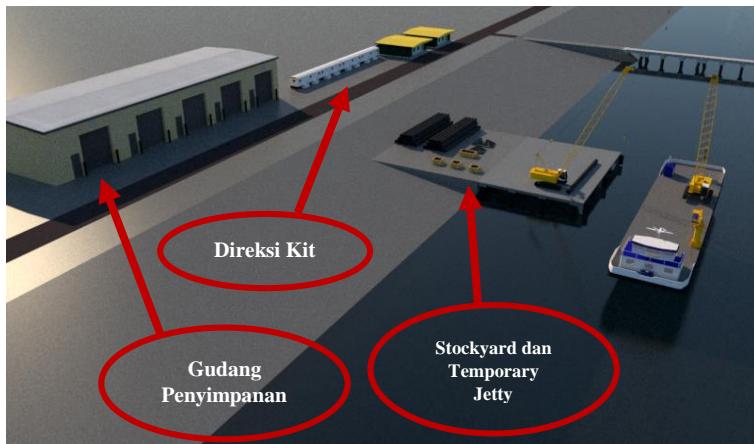
Terdapat beberapa pekerjaan yang harus dilakukan sebelum konstruksi dermaga benar-benar dapat dilaksanakan.

1. Persiapan perizinan yang meliputi izin penetapan lokasi, izin pembangunan, dan izin pengoprasian.
2. Pembersihan lahan di sekitar proyek dari hal-hal yang akan mengganggu jalannya pelaksanaan proyek
3. Mengatur lokasi proyek beserta fasilitas-fasilitas yang dibutuhkan sedemikian hingga agar konstruksi berjalan dengan lancar tanpa mengganggu operasional bongkar muat maupun konstruksi yang berlangsung. Fasilitas-fasilitas yang diperlukan antara lain :
  - a. Pembuatan pagar sementara di sekeliling lokasi kerja serta tanda-tanda pengaman, pos jaga dan lampu
  - b. Direksi kit, meliputi : kantor, mesh pekerja, dll
  - c. Gudang penyimpanan material dan alat yang tidak dapat terkena air seperti semen, pompa air, vibrator dll.
  - d. Workshop sebagai tempat untuk perakitan besi tulangan
  - e. *Stock Yard* sebagai tempat penumpukan sementara material sebelum digunakan di lokasi proyek
  - f. *Temporary Jetty* sebagai tempat berlabuh kapal ponton atau barge saat akan mengambil material dari darat ke laut.

Pada perencanaan kali ini, direksi kit, gudang penyimpanan, Stock yard, dan workshop didirikan di daratan terdekat, dapat dilihat pada Gambar 7.2 dan Gambar 7.3.



Gambar 7.2 Lokasi Fasilitas Sementara



Gambar 7.3 Ilustrasi Penempatan Fasilitas Sementara

4. Pengadaan material konstruksi seperti semen, besi, pasir, tiang pancang serta pengadaan alat berat seperti crane, pontoon, drop hammer untuk keperluan pemancangan tiang pancang, dll. Pengadaan material ini dilakukan pada malam hari agar tidak mengganggu operasional dermaga yang sudah ada karena dermaga lebih banyak digunakan di siang hari serta mengurangi

kemacetan lalu lintas di jalan akibat truk pengangkut material dan alat.

### 7.3 Pekerjaan *Trestle*, *Pivot*, dan *Loading Platform*

Pekerjaan pembangunan *trestle*, *pivot*, dan *loading platform* meliputi pekerjaan tiang pancang dan pekerjaan beton (poer, balok, dan slab).

#### 7.3.1 Pekerjaan Tiang Pancang

Diagram alir metode pekerjaan tiang pancang secara umum dapat dilihat pada Gambar 7.4.



Gambar 7.4 Diagram Alir Pekerjaan Tiang Pancang

### **Spesifikasi Pemancangan**

#### a. Tiang Pancang

Tiang pancang yang digunakan adalah tiang pancang baja dari PT. Swarna Bajapasific dengan diamater 812,8 mm. (Gambar 7.5). Tiang pancang ini berjenis pipa baja dengan ujung terbuka (Open ended pile pipe).



Gambar 7.5 Tiang Pancang Baja PT. Swarna Bajapasific

Pada ujung pile baja akan disambung dibuat permukaan miring (bevel) untuk pengelasan dengan sudut  $35^\circ$  (Lihat Gambar 7.6).



Gambar 7.6 Bevel Pada Ujung Tiang Pancang Yang disambung

Sambungan tiang pancang dan pile cap berupa stek tiang baja tulangan, agar tiang pancang dengan pile cap dapat menyatu maka tiang pancang diisi dengan beton bertulang setinggi 2 m sedemikian rupa sehingga beban-beban struktur atas dapat ditransfer oleh beton pengisi ke tiang pancang (Gambar 7.7). Pada bagian luar tiang pancang juga perlu dilapisi dengan selimut beton setebal 15 cm untuk membantu menyambungkan tiang pancang ke pile cap.



Gambar 7.7 Tulangan Spiral Tiang Pancang

#### b. Alat Pancang

Untuk Pemancangan di proyek ini dibutuhkan *barge* dan *crane* (lihat Gambar 7.8) yang mampu mengakomodir panjang tiang pancang di atas di atas elevasi seabed minimal 25 m dengan diameter sekitar 1 m. Digunakan juga pile driver dengan sistem *hydraulic hammer* yang dipasang di ujung atas pile ladder. Spesifikasi *hydraulic hammer* yang digunakan memiliki *strike energy* minimal 120 kNm, dan *ram weight* minimal 10 ton (lihat Gambar 7.9 dan Gambar 7.10).



Gambar 7.8 Contoh *Barge* dengan *Crane* dan *Pile Ladder*



Gambar 7.9 Contoh *Power Pack Hammer*

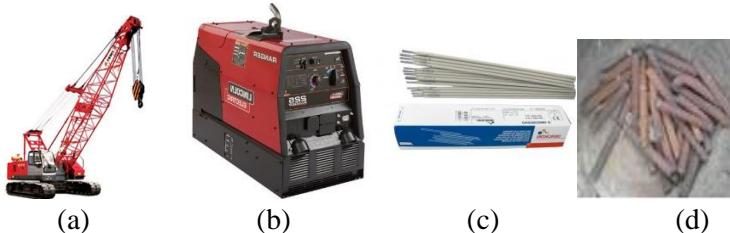
Hydraulic hammer	Model									
	Max. Strike Energy	Unit	HHP4	HHP5	HHP8	HHP10	HHP12	HHP14	HHP16	
	kN.m	kg	48	60	120	150	180	210	240	
	Max. Stroke of hammer	mm	1200	1200	1500	1500	1500	1500	1500	
	Strike frequency (max./min.)	bpm	90/36	90/36	90/36	90/36	90/36	90/36	90/30	
	Ram Weight	kg	4000	5000	8000	10000	12000	14000	16000	
	Lifting Hydraulic Cylinder	Single Lifting Hydraulic Cylinder								
	Height of hammer - A (w/o Pile cap)	mm	4820	5130	6595	7320	7460	7460	7520	
	Hammer weight (w/o pile cap)	kg	7000	8250	12900	16420	18100	21000	23650	
	Trip gear weight	kg	390	390	595	630	630	630	650	
Power pack	Hydraulic Hammer Model		HHP4	HHP5	HHP8	HHP10/HHP12	HHP13/HHP12	HHP14/HHP12	HHP16	
	Power Pack Model		P525		EP206		P406		P600	
	Power of diesel engine	Kw	182	194	239	—	—	269	298	336
	Power of electric motor	Kw	—	—	—	2542	9042	—	—	—
	Rated pressure	mpa	24	25	24	24	24	25	24	24
	Max. flow	L/min	260	280	346	377	493	388	520	520
	Power pack weight	kg	5000	6100	6250	4200	4500	6100	6200	6300

Gambar 7.10 Spesifikasi *Hydraulic Hammer* dan *Power Pack*

### **Joint Tiang Pancang di Darat**

a. Alat dan bahan

- *Crane* : digunakan crane dengan kapasitas 30 ton (lihat Gambar 7.11(a))
- *Welder generator* (lihat Gambar 7.11(b))
- Perlengkapan safety : helm las, helm proyek, sarung tangan, sepatu safety, penutup kepala (lihat Gambar 7.12)
- Tiang pancang ukuran : 12 m + 12 m. Maksimal joint tiang pancang adalah 25 m.
- Kawat las (*welding electrodes*) : RD 360 E7016 (diameter 4 mm), RD 360 E7016 (diameter 3.2 mm) (lihat Gambar 7.11(c))
- Besi penahan (stopper) D13 panjang 10 cm (lihat Gambar 7.11(d))



Gambar 7.11 (a) Crane; (b) Crane; (c) Kawat Las; (d) Stopper D13

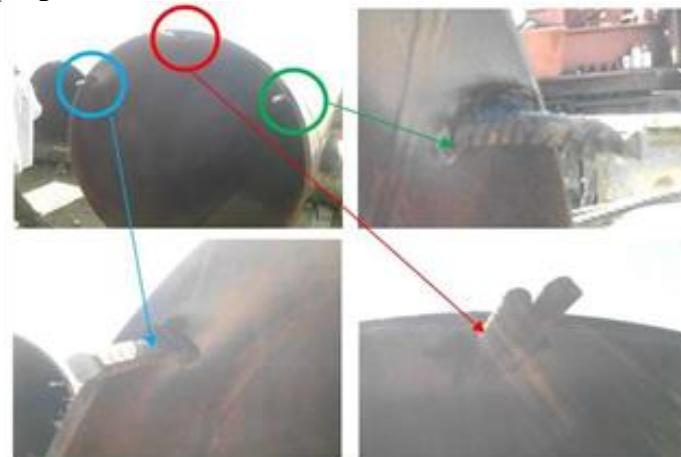


Gambar 7.12 Peralatan APD

b. Pemasangan Besi Penahan (*Stopper*)

Besi penahan (*stopper*) dipasang pada tiga titik kritis di bagian dalam permukaan atas pile sisi tengah, kiri, dan kanan (lihat Gambar 7.13). Sedangkan di bagian bawah sudah ditopang oleh

perletakan yang diletakkan di tepi kiri, tengah, dan kanan pile. Stopper menggunakan besi D13 dengan panjang 10 cm. Stopper dipasang agar tidak terjadi geser pada pile saat pengelasan.



Gambar 7.13 Titik Pemasangan Stopper

### c. Penyambungan Tiang Pancang

Proses penyambungan dimulai dengan melilitkan tali crane pada bahan pile PE, kemudian secara perlahan disambungkan ke pile non-PE. Penyambungan dilakukan pada bagina yang berbentuk miring (Bevel). Hal ini untuk membentuk sudut las yang diinginkan, serta berpengaruh dalam kekuatan las (Gambar 7.14). jika tidak memungkinkan penyambungan tiang pancang di area kerja maka disambung sebagian di darat hingga maksimum 24.



Gambar 7.14 Proses Penggabungan Tiang Pancang

Proses pengelasan tiang pancang terdapat 3 lapisan las yaitu lapisan route, lapisan filler, dan lapisan capping. Untuk lapisan route digunakan kawat las RD 360 E7016 (diameter 3.2 mm), sedangkan untuk lapisan filler dan lapisan capping digunakan kawat las RD 360 E7016, diameter 4 mm lihat (Gambar 7.15).



Gambar 7.15 Proses Pengelasan Tiang Pancang di Darat

Setelah pengelasan selesai dilakukan dengan baik maka dilakukan pelapisan bahan cat anti karat pada permukaan tiang pancang yang di las (lihat Gambar 7.16).



Gambar 7.16 Pelapisan Bahan Anti Karat Pada Permukaan Las

### **Mobilisasi Material Tiang Pancang**

Mobilisasi material tiang pancang di area stock yard direncanakan menggunakan bantuan kapal ponton atau tongkang dikarenakan jarak terjauh daratan ke tiang pancang breasting dolphin mencapai 100 m, sehingga dalam pelaksanaan ini diperlukan kapal pontoon lebih dari 1 untuk mengangkut material tiang pancang. Proses mobilisasi tiang pancang dari daratan ke lautan dengan bantuan kapal ponton dapat dilihat pada Gambar 7.17.



Gambar 7.17 Mobilisasi Tiang Pancang

## **Pemancangan Tiang**

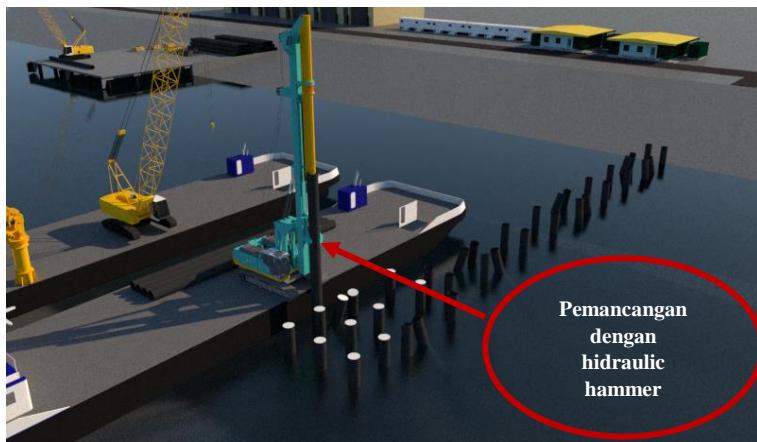
Pekerjaan pemancangan tiang pancang untuk substruktur pada pelaksanaan struktur ini dilaksanakan di wilayah perairan, sehingga pelaksanaan pemancangan harus menggunakan ponton sebagai alat angkut tiang pancang. Jumlah ponton yang harus disediakan minimal 2 buah, yaitu untuk mengangkut hammer dan stock pile dari tiang pancang.

Dalam pekerjaan pemancangan, tiang pancang baja yang dipakai memiliki diameter Ø816,8. Pemancangan dilakukan dengan 2 buah ponton, dimana 1 ponton untuk membawa *hydraulic hammer* dan ponton crane untuk mobilisasi tiang pancang dari areal penumpukan ke ponton pancang. Alat Teodolit dipergunakan untuk mengukur ketepatan posisi dan kemiringan tiang pada waktu proses pemancangan. Alat yang dipergunakan dalam pekerjaan pemancangan ini antara lain :

- 1 buah kapal pancang (*piling barge*)
- 1 buah kapal pontoon (lihat Gambar 7.18)
- 2 buah teodolit/waterpass



Gambar 7.18 Ponton Pancang dan Ponton Crane

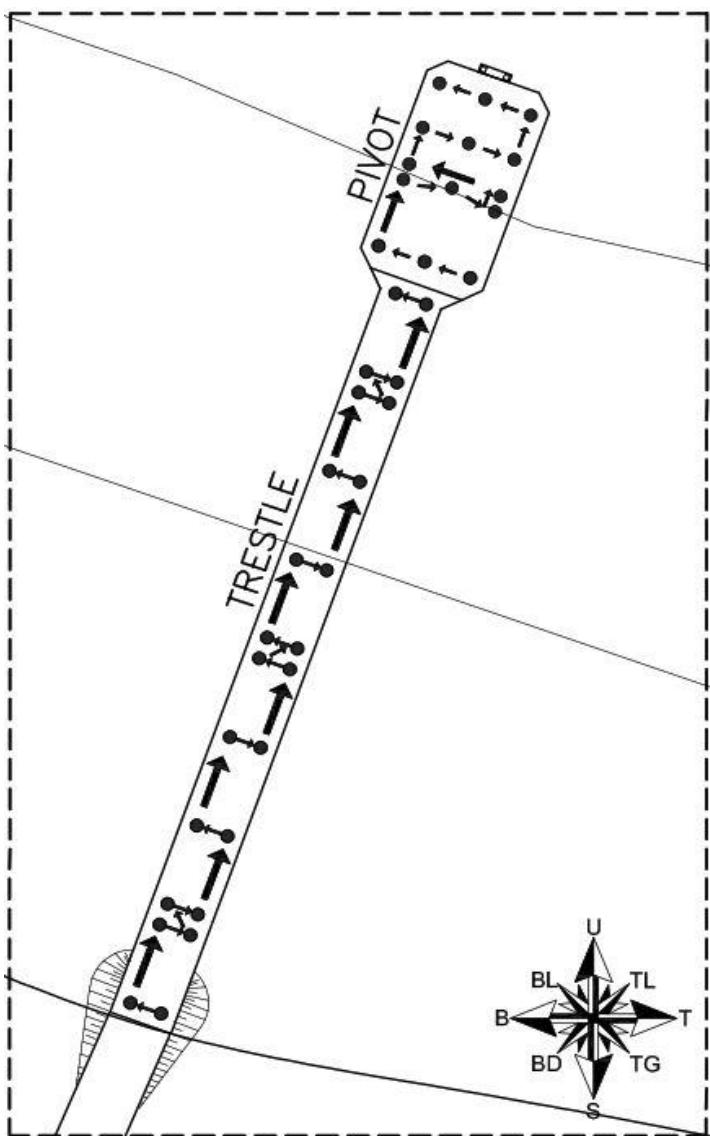


Pemancangan  
dengan  
hidraulic  
hammer

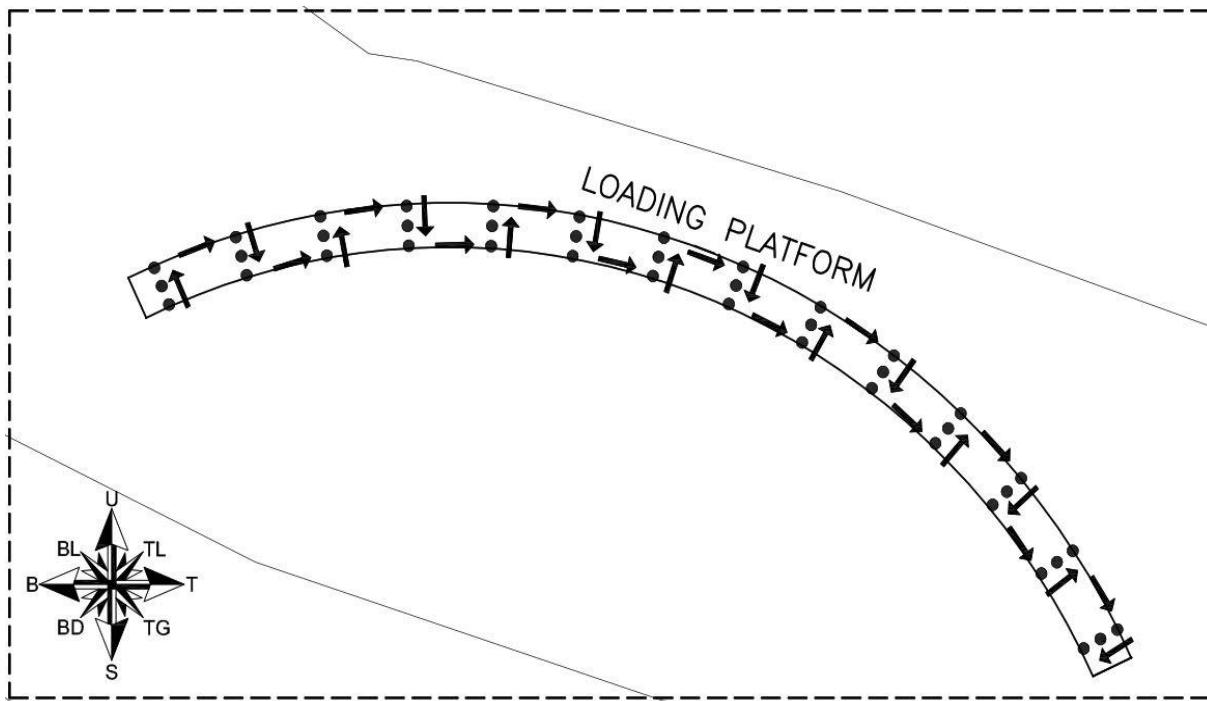
Gambar 7.19 Ilustrasi Pemancangan

#### Tahapan Pemancangan Tiang Pancang

1. Sebelum pemancangan tiang pancang pertama, perlu direncanakan urutan pemancangan atau alur pemancangan pada *trestle*, *pivot*, (Gambar 7.20) dan *loading platform* (Gambar 7.21). Alur pemancangan ini dapat membantu mempermudah mobilisasi dari kapal ponton dan kapal barge. Pemancangan dilakukan dari mulai sisi darat (barat daya) ke arah sisi laut (timur laut).
2. Pengiriman tiang pancang baja ke kapal pancang. Dilakukan pemberian garis ukuran untuk mempermudah penunjukkan kedalaman sebelum pemancangan. Pengiriman tiang pancang dilakukan dengan mengangkut tiang pancang dari lapangan penumpukan menggunakan crane ke kapal ponton.
3. Penentuan titik koordinat tiang pancang dengan *theodolite*.



Gambar 7. 20 Alur Pemancangan *Trestle* dan *Pivot*



Gambar 7.21 Alur Pemancangan *Loading Platform*

4. Pemancangan.
  - a. Tiang pancang dipasang pada alat pancang.
  - b. Penempatan tiang pancang dasar (yang sudah di las di darat), dengan bantuan *crane*, pada koordinat yang sudah ditentukan oleh surveyor.
  - c. Pengecekan koordinat tiang pancang dengan alat bantu theodolit. Jika pile belum berada di koordinat yang tepat maka pile digerakkan dengan menggunakan robot. Jika sudah tepat maka pile akan pegang oleh robot yang kemudian *crane* digunakan untuk mengangkat drop hammer.
  - d. Memasukkan tumpuan pada mulut pile. Tumpuan ini berfungsi sebagai penopang pile ketika di pancang.
  - e. Pemancangan dimulai dengan mengangkat dan menjatuhkan hammer secara terus-menerus ke atas tumpuan tiang yang sudah dipasang.
  - f. Apabila level tanah keras belum tercapai dan kepala tiang sudah mendekati muka air, pemancangan dihentikan sementara untuk dilakukan penyambungan tiang pancang dengan metode pengelasan kemudian dilanjutkan dengan pemancangan kembali sampai mencapai level tanah keras.
  - g. Untuk pemberhentian proses pemancangan pada sepuluh pukulan terakhir dilakukan kalendering, apabila  $S_{rencana} > S_{lapangan}$  maka pemancangan dapat dihentikan. Lalu cek apakah elevasi telah sesuai dengan perencanaan menggunakan waterpass.
5. Setelah semua tiang pancang terpasang dilakukan pemotongan tiang sesuai elevasi yang direncanakan. Panjang tiang pancang yang dipotong berbeda-beda tergantung kekerasan tanah di lokasi yang dipancang.
6. Untuk perlindungan dari karat, tiang pancang perlu dilakukan perlindungan dengan sarung beton pada daerah splash zone. Kurang lebih 2,8 m dari ujung atas tiang pancang sampai  $\pm 0,00$  LWS (tiang yang tidak terendam air pada saat surut). Dengan

tebal 100 mm. Contoh perlindungan dengan selimut beton dapat dilihat pada Gambar 7..

7. Pemasangan tulangan spiral tiang pancang dari ujung atas tiang pancang 1,5 m. Pada bagian bawah dari tulangan ini dipasang plat tebal 2 mm agar cor-coran tertahan.
8. Cor in-situ tahap 1 beton isian tiang pancang hingga kedalaman -1,00 mLWS.

### **Quality Control**

#### a. PDR (*Pile Driving Record*)

Pile Driving Record (PDR) merupakan pencatatan pada saat dilakukan pemancangan. Pencatatan meliputi spesifikasi alat pancang, data pemancangan, spesifikasi tiang pancang dan jumlah pukulan hammer tiap meternya (lihat Gambar 7.22). Pencatatan ini menunjukkan bahwasanya di hari tersebut telah dilakukan pemancangan.

The diagram illustrates a Pile Driving Record (PDR) form with several data sections and their connections to a main driving record table:

- Spesifikasi alat pancang di tongkang**: A section listing equipment specifications for the pile driver.
- ALAT PANCANG**: Includes items like Type/Hammer (Diesel Hammer DD63), Weight (ton), and Total Wt. Of Ram, W (ton).
- DATA PEMANCANGAN**: Includes items like Top Level, Cutting Level, Spade, Bottom Level, Penetration, Start Jam, and Finish Jam.
- PENGAMATAN DAN PERENCANAAN**: A section for observations and planning, including a table for **TIANG PANCANG (Casing)** (Steel Pile (SP)) with fields for Jenis Tiang, Ukarai Tiang, Panjang Tiang, Diketahui Tiang, and Tiang Nomor. It also includes a coordinate table for **I. Koordinat Tiang Reko** with columns for Actual, x=, y=, and z=.
- CATATAN**: A section for notes, including a **Final Set** table with fields for Run Stroke, Penetrasi Blow, and Rebound (K).
- Dari alat TS (surveyor)**: An arrow pointing from the surveyor's equipment to the PDR form.
- Dari data calendering**: An arrow pointing from the calendar data to the PDR form.
- DRIVING RECORD**: A table showing the relationship between penetration depth and total blows. The table has columns for Depth Penetrat, Blows, Total Blows, Depth Penetrat, Blows, and Total Blows.

DRIVING RECORD					
Depth Penetrat	Blows	Total Blows	Depth Penetrat	Blows	Total Blows
0.00		21.00			
1.00		22.00			
2.00		23.00			
3.00		24.00			
4.00		25.00			
5.00		26.00			
6.00		27.00			
7.00		28.00			
8.00		29.00			
9.00		30.00			
10.00		31.00			
11.00		32.00			
12.00		33.00			
13.00		34.00			
14.00		35.00			
15.00		36.00			
16.00		37.00			
17.00					
18.00					
19.00					
20.00					

Gambar 7.22 Contoh Pencatatan *Pile Driving Record*

#### b. PDA (*Pile Dynamic Analyzer*)

*Pile Dynamic Analyzer Test* merupakan sebuah test untuk mengukur kapasitas tiang tekan secara dinamik pada fondasi dalam baik itu tiang pancang atau tiang bor, integritas tiang, dan energi dari hammer. Alat PDA Test sendiri berupa komputer khusus yang telah dibuat untuk mampu mengukur variabel yang dibutuhkan dalam perhitungan dinamik tersebut

dengan menggunakan prinsip *wave mechanics* (Gambar 7.21). Kriteria pengetesan ini diatur dalam standard ASTM D-4945-89. PDA mengukur regangan dan akselerasi menggunakan *strain transducer* dan *accelerometer* yang dibaut di dekat bagian atas tiang (lihat Gambar 7.23).



Gambar 7.23 Alat PDA



Gambar 7.24 Contoh Pemasangan Strain Transducer dan Accelerometer

Yang terukur langsung dari alat PDA adalah sebagai berikut:

1. Kapasitas daya dukung tiang
2. Nilai kutuhan tiang
3. Penurunan /displacement tiang
4. Efisiensi dari transfer diberi pukulan palu/hammer terhadap tiang.

c. Calendering

- Alat dan bahan

Alat yang digunakan untuk pencatatan calendering ini adalah milimeter block dan marker (spidol).

- Cara kerja

- Dilakukan di sepuluh terakhir pukulan dengan persetujuan konsultan. Sepuluh pukulan terakhir dapat dilihat melalui Total Station.
- Kertas milimeter block ditempel pada tiang pancang.
- Marker dipegang dalam keadaan konstan.
- Kertas milimeter block akan bergerak naik dan turun sesuai dengan gerakan tiang pancang yang akan menghasilkan sebuah grafik (lihat Gambar 7.25).



Gambar 7.25 Contoh Proses Pencatatan Data Calendering

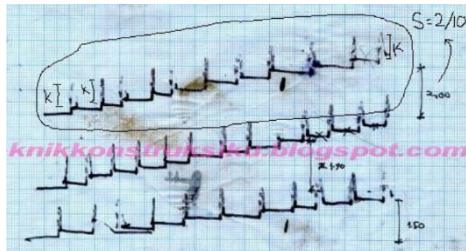
- Hasil Calendering

- Rebound (cm) :

Pemantulan kembali tiang pancang saat di pancang

- Penetrasi per 10 pukulan

Kedalaman tiang pancang yang tertanam di dalam tanah per 10 pukulan



Gambar 7.26 Hasil Pencatatan Calendering

### **COP (Cutting of Pile)**

#### a. Alat dan bahan

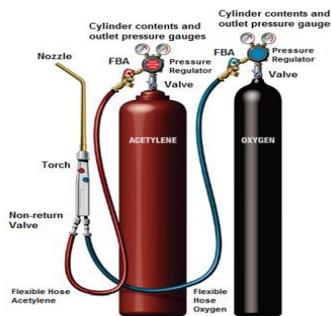
- Crane untuk menyanggah pile agar saat dipotong tidak bergerak serta untuk mengangkat dudukan orang yang memotong.
- Alat level untuk mengukur di elevasi dimana tiang pancang harus dipotong sesuai dengan perencanaan (lihat Gambar 7.27(a)).
- *Blender/cutting torch* merupakan tempat pencampuran gas asetilen dan oksigen yang kemudian dikeluarkan melalui nose tembaga (Gambar 7.27 (b)).
- Tabung asitelin sebagai bahan bakar api yang dibakar oleh gas oksigen. Sehingga dapat diatur panasnya api yang ingin dikeluarkan dengan mengatur komposisi asitelin dan oksigen (Lihat Gambar 7.27 (c)).



(a)



(b)



(c)

Gambar 7.27 (a) Alat Ukur Level; (b) Blender/Cutting Torch; (c)  
Tabung Oksigen dan Tabung Asetilen

b. Penentuan Titik Potong

Penentuan titik potong pada tiang pancang dengan menggunakan alat level.

c. Pemotongan Pile

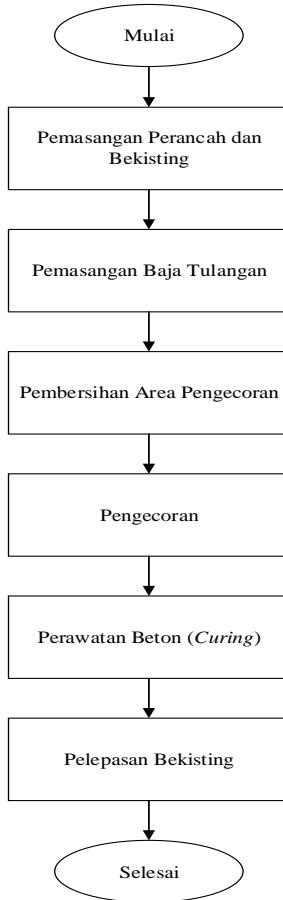
Pemotongan pile dengan menggunakan cutting torch api yang dihasilkan oleh *cutting torch* ini berasal dari gas asitelin yang merupakan bahan bakar dan oksigen. Selama proses pemotongan, tiang pancang dipegang oleh *crane* (Gambar 7.28).



Gambar 7.28 Contoh Proses Pemotongan Tiang Pancang

### 7.3.2 Pekerjaan Beton (Pengecoran)

Diagram alir metode pekerjaan beton secara umum dapat dilihat pada Gambar 7.29. Pekerjaan beton ini dilakukan untuk poer, balok, dan plat..



Gambar 7.29 Diagram Alir Pekerjaan Beton

**a. Alat dan Bahan****1. Air**

Kegunaan air dalam proses pekerjaan beton adalah pada proses pembuatan curing dan mebasahi lapisan pipa tiang pancang.

**2. Beton Readymix**

Beton yang doproduksi di batching plant yang diaduk dalam suatu mesin pengaduk stasioner atau dalam truk mixer. Beton yang digunakan dalam keadaan segar menggunakan truk mixer dengan kualitas dan spesifikasi yang ditentukan dalam perencanaan ini adalah K350.

**3. Tulangan**

Tulangan yang dipakai memiliki mutu dengan diameter sesuai dengan perhitungan pada Bab VI.



Gambar 7.30 Tulangan Deform

**4. Perancah**

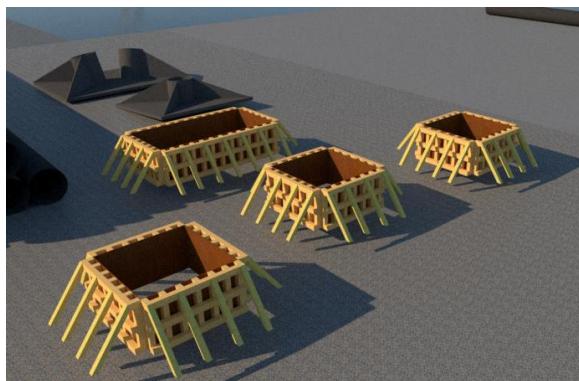
Perancah atau landasan untuk bekisting berupa sabuk pengikat yang dibaut dengan baut untuk tiap pengikatnya pada tiang pancang atau bisa disebut web flage steel jacketing dengan baja profil I (Gambar 7.31).



Gambar 7.31 Landasan Bekisting Poer

#### 5. Bekisting

Bekisting ini berupa papan kayu polywood 12 mm yang berfungsi sebagai vetakan pada saat pengecoran. Dipasang secara konvensional dan diikat oleh tie rod dan penyanga kayu (Gambar 7.32)



Gambar 7.32 Contoh Bekisting Untuk Poer

#### 6. Vibrator

Vibrator adalah alat yang berfungsi untuk meratakan dan memadatkan material beton sehingga tidak terjadi rongga pada beton pada saat bekisting dilepas. (Gambar 7.33).



Gambar 7.33 Concrete Vibrator

#### 7. *Crane dan Barge*

Crane sebagai alat pengangkut dan pemindah material. Saat digunakan untuk pekerjaan dari sisi laut, crane harus diangkat dengan menggunakan barge atau ponton (Gambar 7.34).

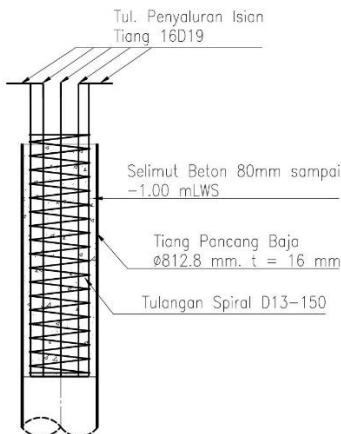


Gambar 7.34 *Crane dan Barge*

#### a. **Pekerjaan Beton Isian Tiang Pancang**

##### 1. Penulangan

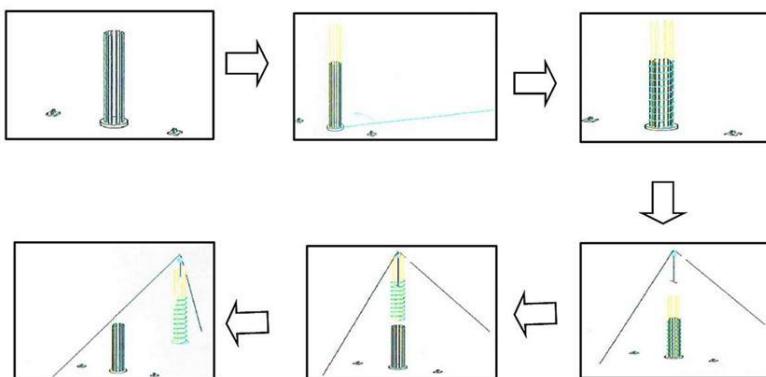
Perencanaan penulangan pada isian tiang pancang berupa baja 8D29 sebagai tulangan lentur, sipral D13-150 sebagai tulangan geser. Perencanaan tulangan isian tiang pancang seperti Gambar 7.35 berikut.



Gambar 7.35 Penulangan Isian Tiang Pancang

Tahapan produksi tulangan tiang pancang sebagai berikut (Lihat Gambar 7.36) :

- Persiapan cetakan pemberian. Dipakai cetakan tulangan agar setiap tulangan yang dibuat sama sesuai dengan perencanaan.
- Besi D29 sebanyak 8 buah dimasukkan diantara cetakan tulangan. Sedangkan besi D13 dibentuk spiral dengan menarik besi mengelilingi cetakan dan disusun dengan jarak 150.
- Proses pengikatan tulangan D29 dengan spiral menggunakan las.
- Persiapan alat angkat tulangan berupa tali dan besi.
- Alat bantu angkat dipasang ditulangan spiral dan tulangan D29 seperti pada Gambar 7.36 yang selanjutnya diangkat keluar dari cetakan pemberian.
- Tulangan isian diletakkan di stockyard untuk di las dengan pelat besi yang berbentuk bulat pangkal pemberian tulangan isian serta pengelasan besi penyambung.



Gambar 7.36 Proses Produksi Tulangan Tiang Pancang

## 2. Pemasangan Bekisting

Selai pengecoran untuk isian tiang pancang, dibutuhkan juga beton untuk selimut tiang pancang. Bekisting yang digunakan untuk pengecoran selimut tiang pancang dibentuk silinder sedemikian rupa sehingga agar dapat digunakan untuk pengecoran selimut tiang pancang.

## 3. Pengecoran

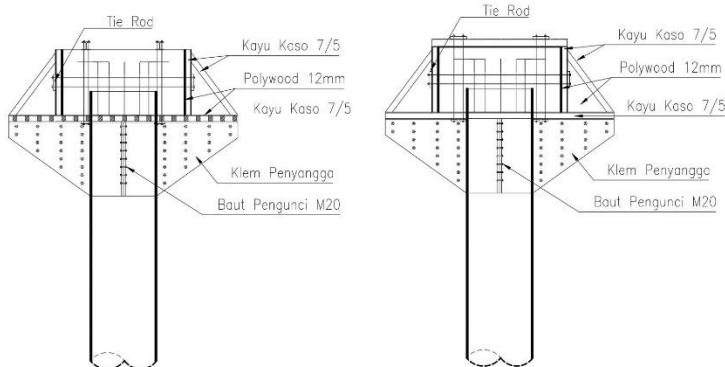
Pengecoran pada tiang pancang dilakukan dua tahap pengecoran insitu. Tahap pertama dilakukan pada dua meter dibawah cutting of pie sampai dengan elevasi pile cap, pengecoran ini dilaksanakan bersamaan dengan pengecoran pile cap *bottom*. Sedangkan tahap kedua dilaksanakan bersamaan dengan joint antar balok. Seluruh pekerjaan pengecoran pada semua bagian dermaga dilakukan saat muka air laut surut.

## b. Pekerjaan Beton Poer

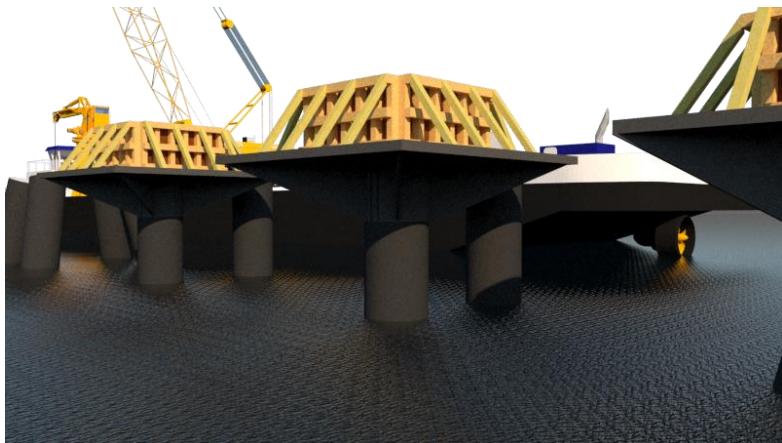
### 1. Pemasangan Perancah dan Beksiting

Pekerjaan pertama pada pelaksanaan pekerjaan poer adalah pemasangan perancah yaitu berupa klem penyangga dari profil baja I untuk menyangga beksiting diatasnya. Setelah perancah dipasang, lalu perakitan bekisting dapat dilakukan. Beksiting

yang dipasang berbahan papan *polywood* 12 mm dengan ditahan oleh kayu kaso 7/5 dan tie road seperti pada Gambar 7.37.



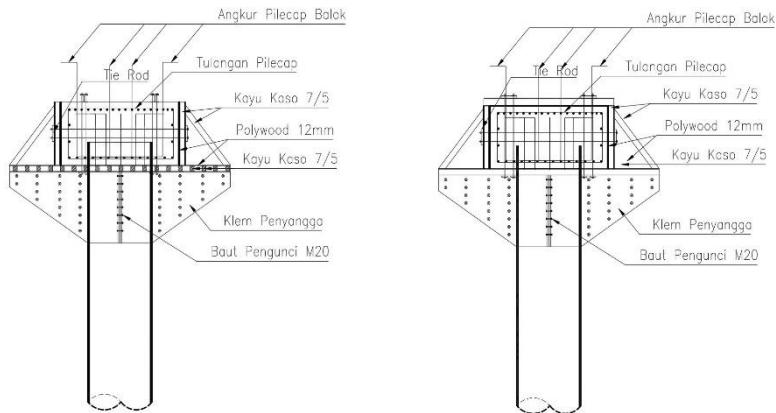
Gambar 7.37 Pemasangan Perancah dan Beskiting Poer



Gambar 7.38 Ilustrasi Pemasangan Bekisting dan Perancah Poer

## 2. Penulangan

Tulangan untuk poer dirangkai setelah bekisting bagian bawah dan perancah dipasang. Setelah tulangan dirangkai baru beskiting bagian samping dipasang (Gambar 7.39).



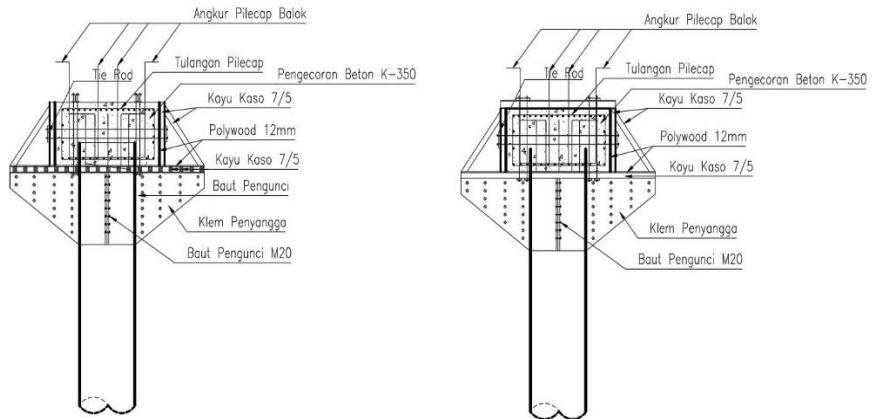
Gambar 7.39 Penulangan Poer

### 3. Pengecoran

Sebelum pengecoran yang baru dilakukan, permukaan yang akan disambung harus disiram dengan air semen 1 PC : 0,45 air, kemudian permukaan sambungan dilapisi dengan lem beton dan dicor kembali. Pekerjaan beton in situ menggunakan kapal tongkang, mixer concrete, dan concrete pump. Pengecoran ini harus dilakukan secara terus menerus dan hanya bisa berhenti di tempat tertentu yang dianggap aman dan telah direncanakan sebelumnya. Proses peralatan beton dibantu dengan alat *vibrator* untuk memudahkan pasta semen masuk mengisi rongga – rongga yang kosong pada bekisting. Apabila proses pengecoran akan dihentikan maka permukaan harus dibuat kasar agar hasil pengecoran yang baru dapat melekat dengan sempurna pada permukaan yang lama. Proses pengecoran dapat dilihat pada Gambar 7.40. Selama waktu pengerasan, beton harus dilindungi dengan air bersih atau ditutup dengan karung basah terus menerus selama paling tidak 10 hari setelah pengecoran. Pembongkaran bekisting beton tidak boleh dilakukan sebelum waktu pengerasan menurut PBI 1971 dipenuhi dan pembongkarannya dilakukan hati-hati agar jangan sampai merusak beton yang sudah mengeras.



Gambar 7. 40 Pekerjaan Pengecoran



Gambar 7.41 Pengecoran Beton K-350

#### 4. Perawatan Beton (*Curing*) dan Pembongkaran Bekisting

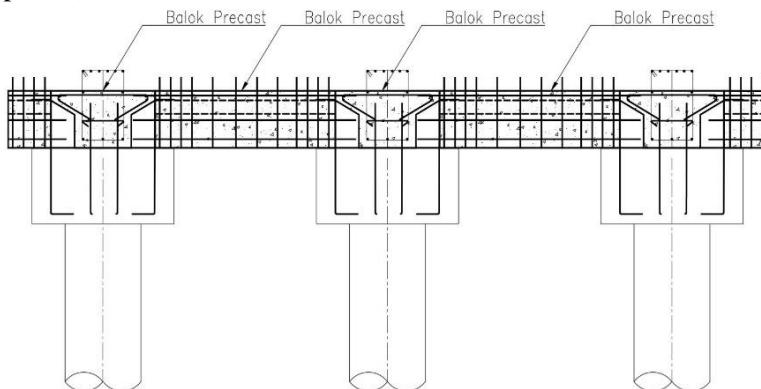
Selama waktu pengerasan, beton harus dilindungi dengan air bersih atau ditutup dengan karung basah terus menerus selama paling tidak 10 hari setelah pengecoran. Pembongkaran bekisting beton tidak boleh dilakukan sebelum waktu pengerasan menurut PBI 1971 dipenuhi dan pembongkarannya dilakukan hati-hati agar jangan sampai merusak beton yang sudah mengeras.

### c. Pekerjaan Beton Balok dan Pelat

Dalam tugas akhir ini direncanakan untuk metode pelaksanaan balok dan pelat menggunakan metode precast, namun hanya sekedar visualisasi atau ilustrasi proses pelaksanaan erection balok dan pelat saja tidak mencakup hitungan struktur *peracast* nya. Hal ini untuk mempermudah pelaksanaan karena di laut sangat sulit menggunakan pengecoran secara konvensional. Berikut tahapan-tahapan metode pelaksanaan balok dan pelat menggunakan metode *precast*.

#### 1. Pemasangan Balok *Precast*

Pemasangan balok precast dilaksanakan dengan cara *erection* menggunakan alat berat *crawler crane* dengan diletakan pada poer. (Lihat Gambar 7.42).



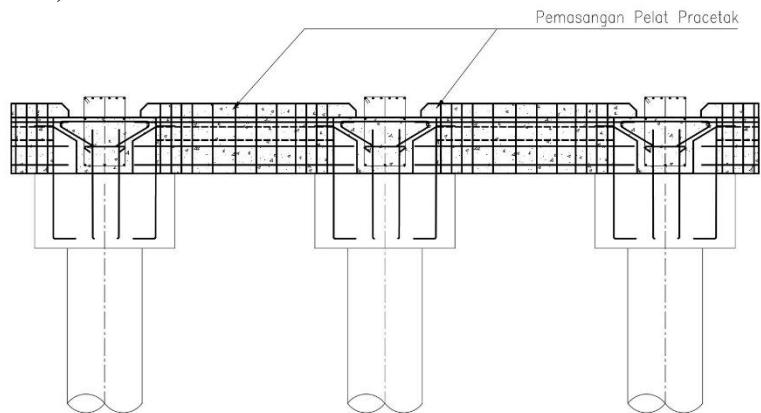
Gambar 7.42 Pemasangan Balok *Precast*



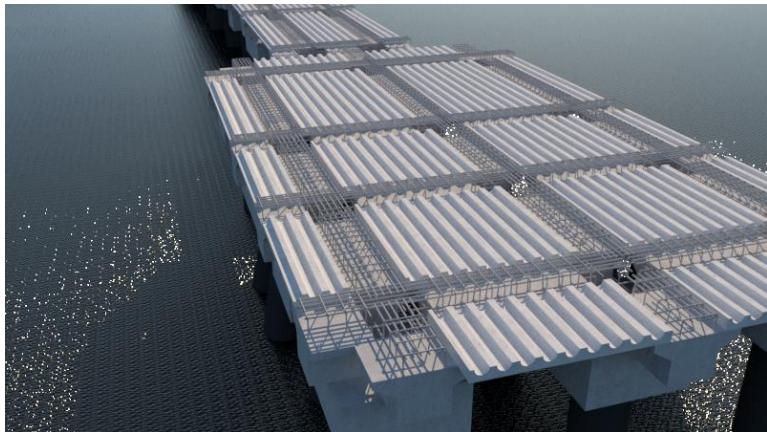
Gambar 7.43 Ilustrasi Pemasangan Balok Precast

## 2. Pemasangan Pelat *Precast*

Sama seperti balok *precast*, pemasangan pelat *precast* dilaksanakan dengan cara erection menggunakan alat berat *crawler crane* dengan diletakan pada poer. (Lihat Gambar 7.44).



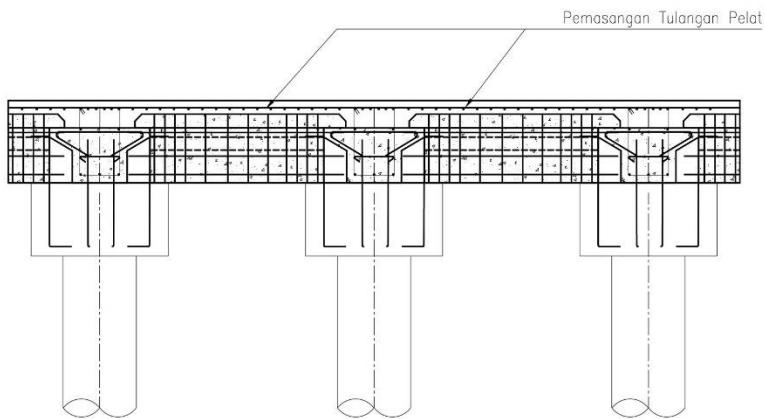
Gambar 7.44 Pemasangan Pelat *Precast*



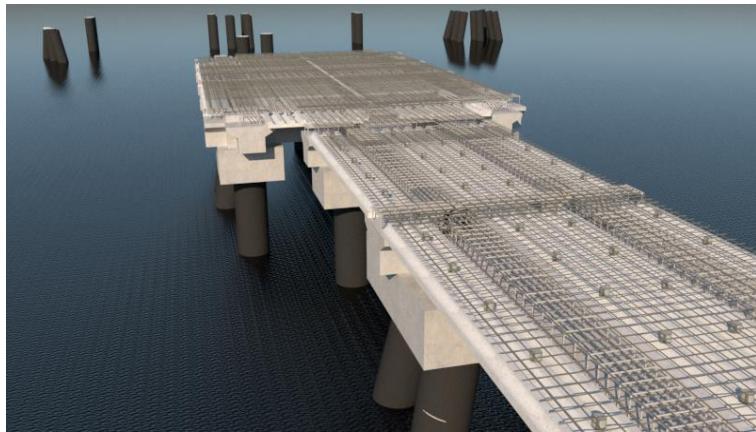
Gambar 7.45 Ilustrasi Pemasangan Pelat *Precast*

### 3. Pemasangan Tulangan Pelat

Pemasangan tulangan pelat atau *wiremesh* dilakukan diatas pelat pracetak dengan bantuan beton *decking* sebagai selimut beton. (Lihat Gambar 7.46).



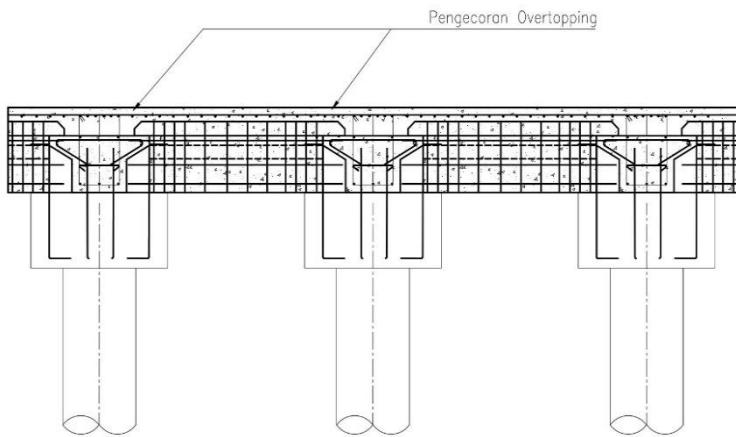
Gambar 7.46 Pemasangan Tulangan Pelat



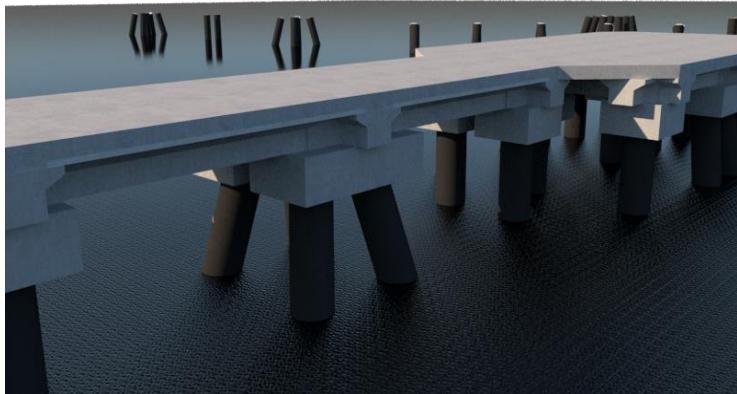
Gambar 7.47 Ilustrasi Pemasangan Tulangan Pelat

#### 4. Pengecoran *Overtopping*

Pengecoran *overtopping* dilakukan agar tebal pelat sesuai dengan perencanaan, karena pelat pracetak yang sebelumnya dipasang merupakan pelat *half slab* (Lihat Gambar 7.48)



Gambar 7.48 Pengecoran *Overtopping*



Gambar 7.49 Ilustasi Pelat *Overtopping*

##### 5. Perawatan Beton (*Curing*) dan Pembongkaran Bekisting

Selama waktu pengerasan, beton harus dilidungi dengan dibasahi air bersih atau ditutupi dengan karung basah berkala kurang lebih 10 hari agar tidak terjadi pengerasan yang terlalu cepat sehingga menimbulkan keretakan pada beton (Lihat Gambar 7.50). Menurut PB 1971 pembongkaran bekisting tidak boleh dilakukan sebelum waktu pengerasan dipenuhi dan pembongkarannya harus dilakukan secara hati-hati agar tidak merusak beton yang telah mengeras.



Gambar 7.50 Proses *Curing* Beton

## 7.4 Pekerjaan *Mooring Dolphin*

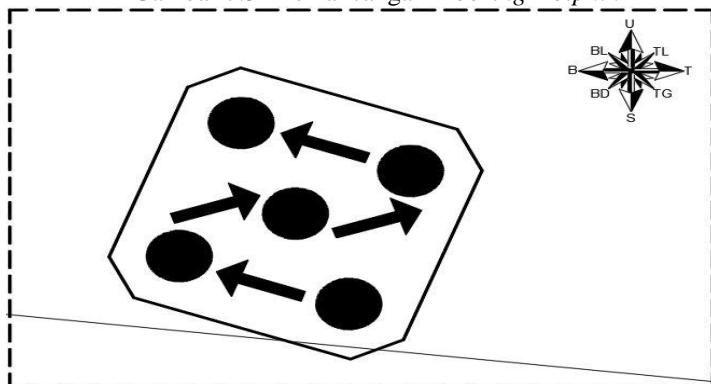
Pelaksanaan konstruksi *mooring dolphin* secara prinsip sama seperti pelaksanaan konstruksi *trestle*, *pivot*, dan *loading platform*. Langkah-langkah nya meliputi pekerjaan tiang pancang, pekerjaan beton (Beton isian tiang dan Poer), dan Pemasangan *bollard*.

### 7.4.1 Pekerjaan Tiang Pancang

Pekerjaan tiang pancang pada *mooring dolphin* sama seperti pekerjaan tiang pada *trestle*, *pivot*, dan *loading platform* pada sub bab seleumnya. Ilustrasi nya dapat dilihat pada Gambar 7.51. Untuk alur pemancangan dapat dilihat pada Gambar 7.52.



Gambar 7.51 Pemancangan *Mooring Dolphin*

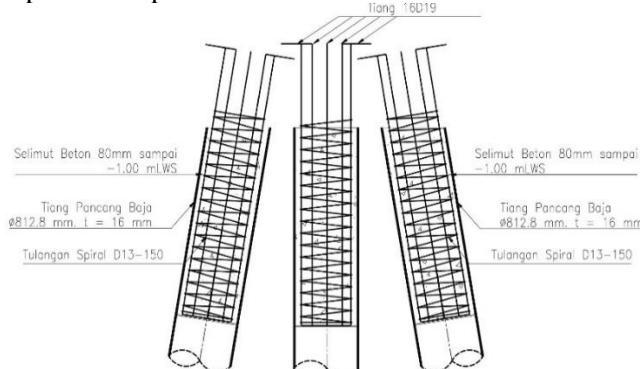


Gambar 7.52 Alur Pemancangan *Mooring Dolphin*

### 7.4.2 Pekerjaan Beton

#### a. Pekerjaan Beton Isian Tiang Pancang

Pelaksanaan beton isian tiang pancang mulai dari penulangan, pemasangan bekisting, dan pengcoran sama seperti pada pekerjaan *trestle*, *pivot*, dan *loading platform*. Detail tulangan dapat dilihat pada Gambar 7.53.

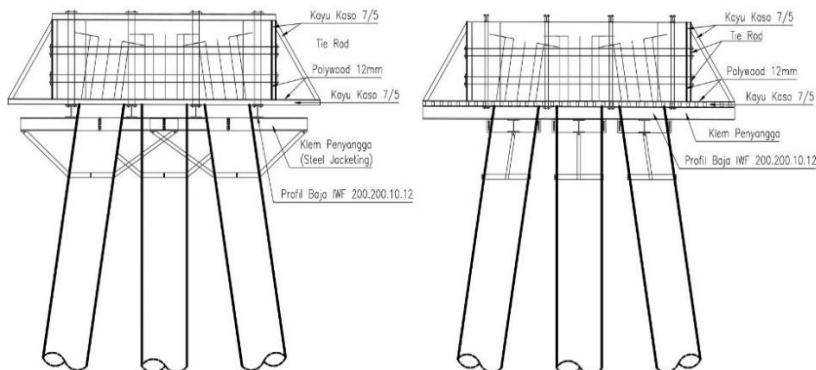


Gambar 7.53 Detail Beton Isian Tiang Pancang Pada *Mooring Dolphin*

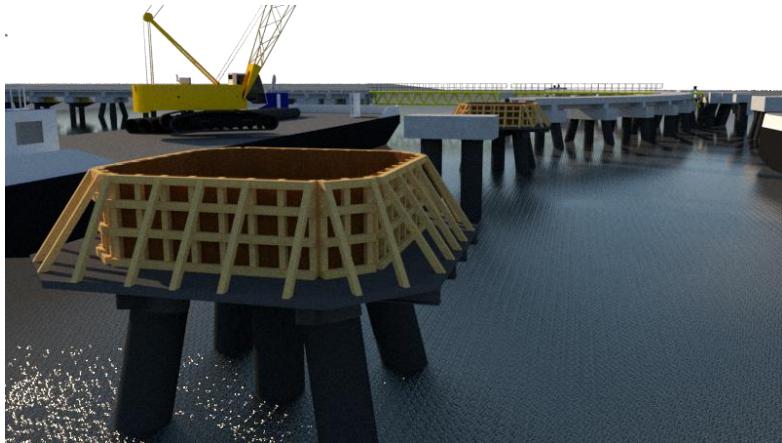
#### b. Pekerjaan Beton Poer

##### 1. Pemasangan Perancah dan Bekisting

Penjelasan mengenai pemasangan perancah dan beksiting dapat dilihat pada sub bab 7.3.2.



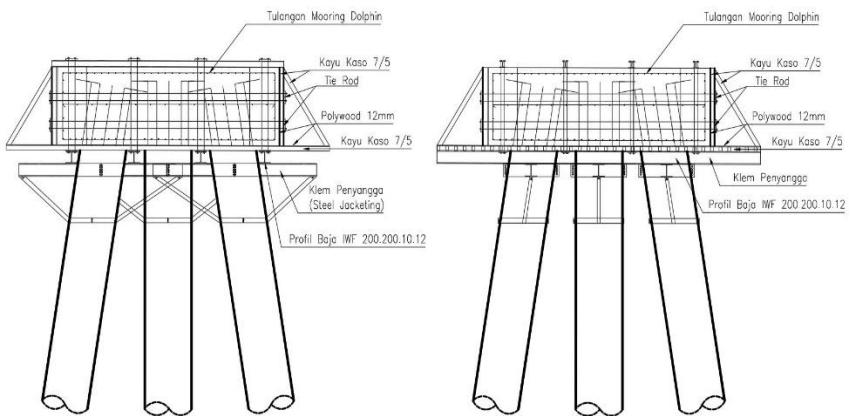
Gambar 7.54 Pemasangan Perancah dan Bekisting *Mooring Dolphin*



Gambar 7.55 Ilustrasi Beksiting Mooring Dolphin

## 2. Penulangan

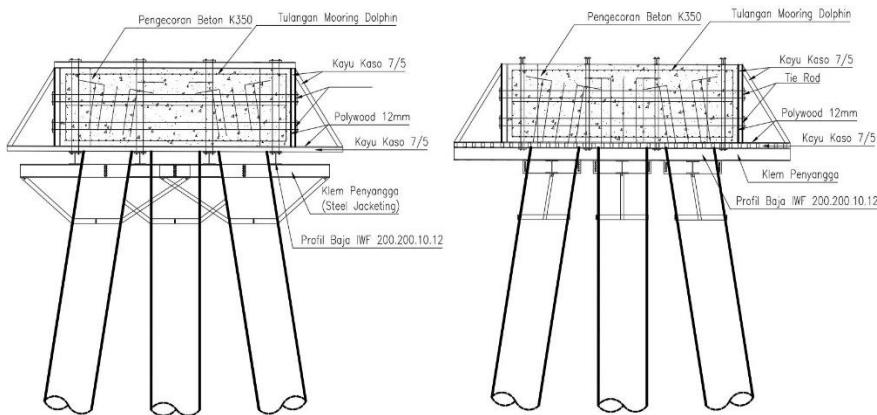
Penjelasan mengenai penulangan dapat dilihat pada sub bab 7.3.2.



Gambar 7.56 Penulangan Mooring Dophin

## 3. Pengecoran

Penjelasan mengenai pengecoran dapat dilihat pada sub bab 7.3.2.



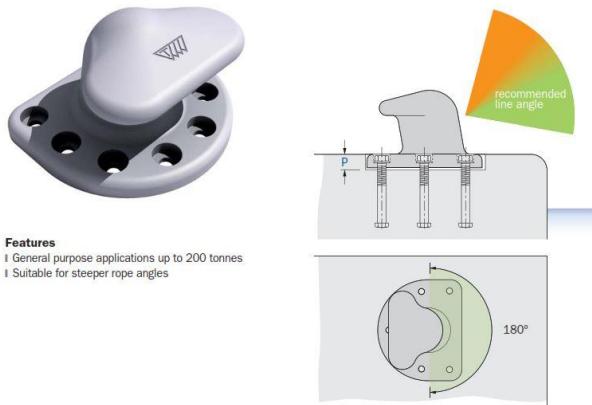
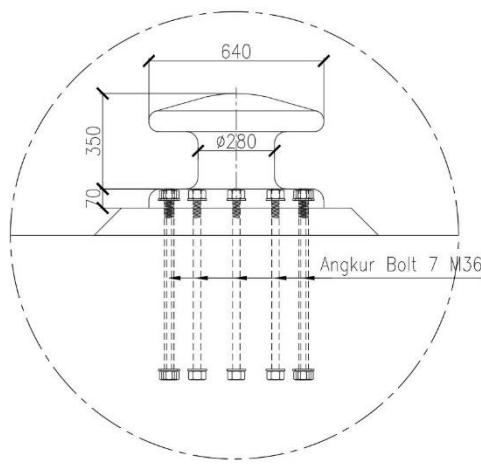
Gambar 7.57 Pengecoran Beton K-350 Mooring Dolphin

#### 4. Perawatan Beton (*Curing*) dan Pembongkaran bekisting

Perawatan Beton dan pembongkaran bekisting sama seperti seperti pada sub bab sebelumnya (Lihat sub bab 7.3.2)

#### 7.4.3 Pemasangan *Bollard*

Pada umumnya lubang angker beton memiliki toleransi antara 1 mm sampai dengan 3 mm sehingga pemasangan angker harus presisi agar bllard terpasang dengan tepat. Untuk memastikan posisi pemasangan angker bollard yang tepat maka digunakan bollard itu sendiri sebagai template yang dipasang setelah pengecoran baja isian bollard (*cast steel*). Pemasangan angker bollard yang sudah dipasang kuat, baru dilakukan pengecoran pelat. Bollard yang digunakan adalah tipe *Tee Bollard* Kapasitas 60 ton.

Gambar 7.58 *Tee Bollard*Gambar 7.59 Detail Pengangkuaran *Bollard*

## 7.5 Pekerjaan *Breasting Dolphin*

Pelaksanaan konstruksi *breasting dolphin* secara prinsip sama seperti pelaksanaan konstruksi *trestle*, *pivot*, dan *loading platform*. Langkah-langkah nya meliputi pekerjaan tiang pancang,

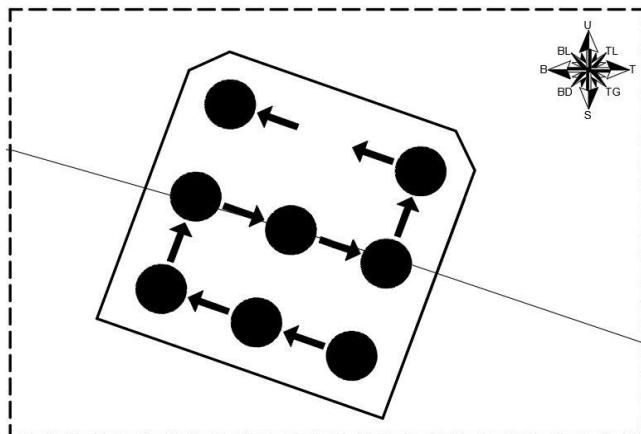
pekerjaan beton (Beton isian tiang dan Poer), pemasangan *bollard*, dan pemasangan *fender*.

### 7.5.1 Pemancangan Tiang Pancang

Pekerjaan tiang pancang pada *mooring dolphin* sama seperti pekerjaan tiang pada *trestle*, *pivot*, dan *loading platform* pada sub bab seleumnya. Ilustrasi nya dapat dilihat pada Gambar 7.60 dan untuk alur pemancangan dapat dilihat pada Gambar 7.61.



Gambar 7.60 Pemancangan Tiang Pancang *Breasting Dolphin*

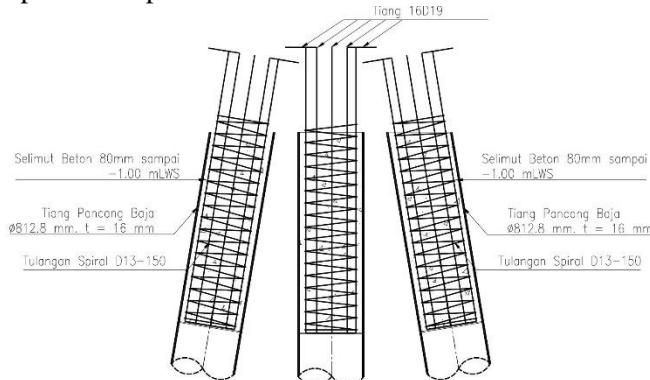


Gambar 7. 61 Alur Pemancangan *Breasting Dolphin*

## 7.5.2 Pekerjaan Beton

### a. Pekerjaan Beton Isian Tiang Pancang

Pelaksanaan beton isian tiang pancang mulai dari penulangan, pemasangan bekisting, dan pengcoran sama seperti pada pekerjaan *trestle*, *pivot*, dan *loading platform*. Detail tulangan dapat dilihat pada Gambar 7.62.

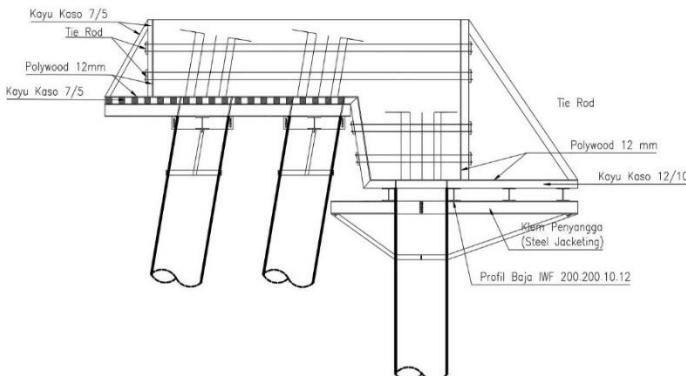


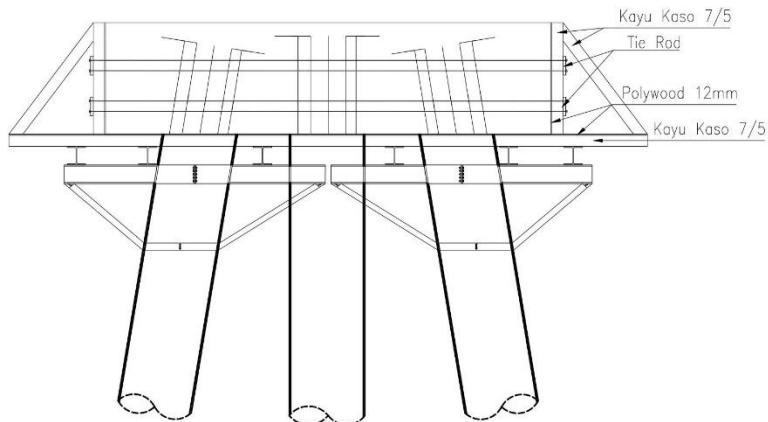
Gambar 7.62 Beton Isian Tiang Tiang Pancang Pada *Breasting Dolphin*

### b. Pekerjaan Beton Poer

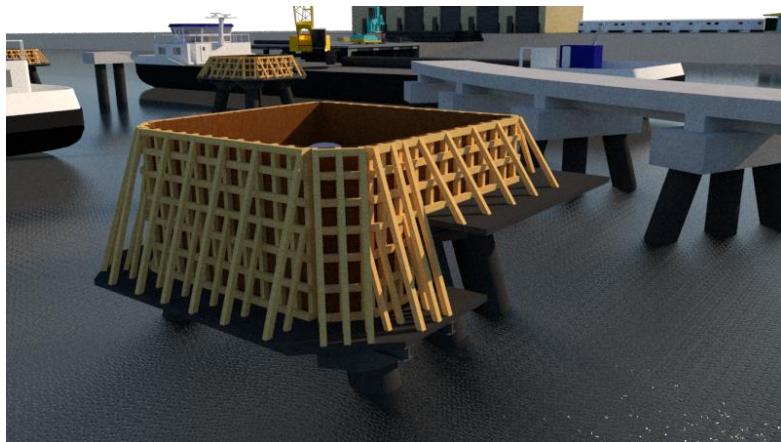
#### 1. Pemasangan Bekisting dan Perancah

Penjelasan mengenai pemasangan perancah dan beksiting dapat dilihat pada sub bab 7.3.2.





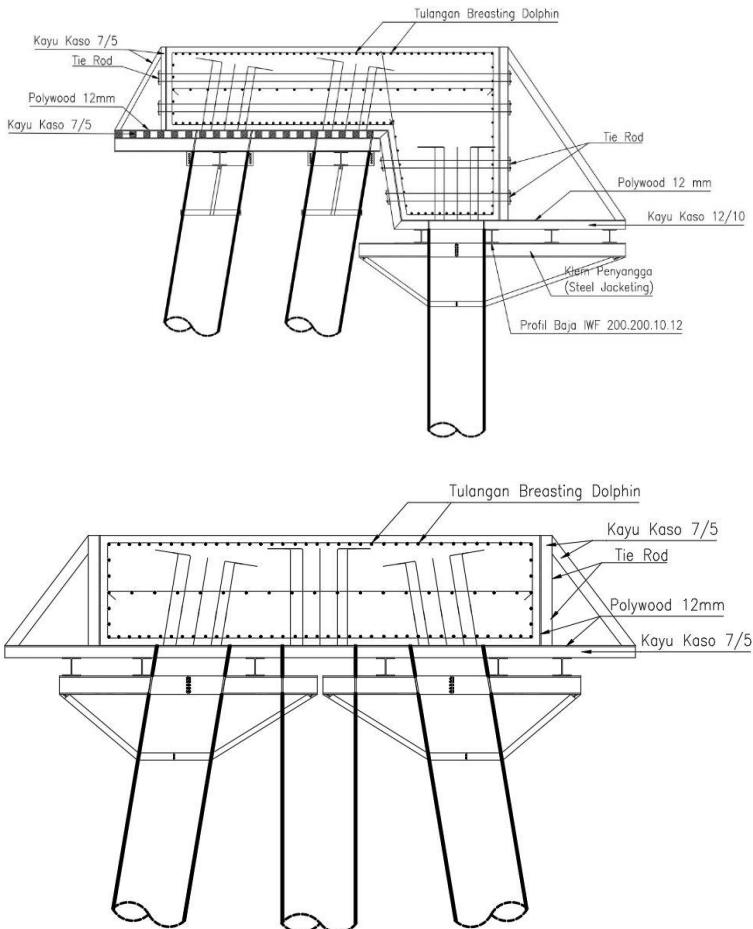
Gambar 7.63 Pemasangan Perancah dan Bekisting *Breasting Dolphin*



Gambar 7.64 Ilustrasi Pemasangan Bekisting *Breasting Dolphin*

## 2. Penulangan

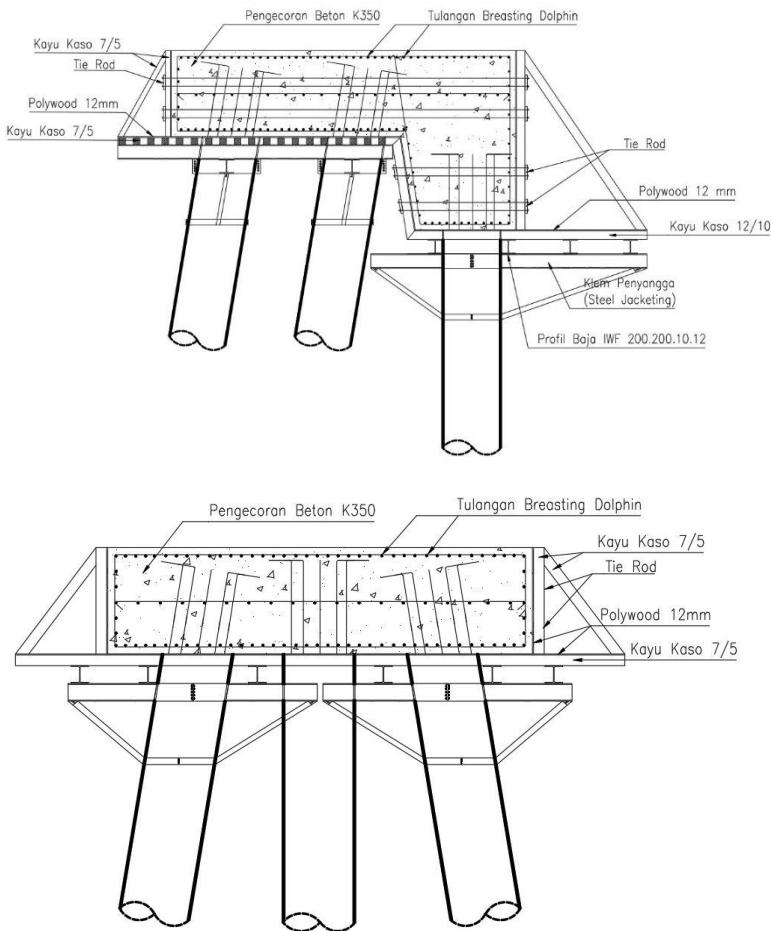
Penjelasan mengenai penulangan dapat dilihat pada sub bab 7.3.2.



Gambar 7.65 Penulangan *Breasting Dolphin*

### 3. Pengecoran

Penjelasan mengenai pengecoran dapat dilihat pada sub bab 7.3.2.



Gambar 7.66 Pengecoran Beton K-350 *Breasting Dolphin*

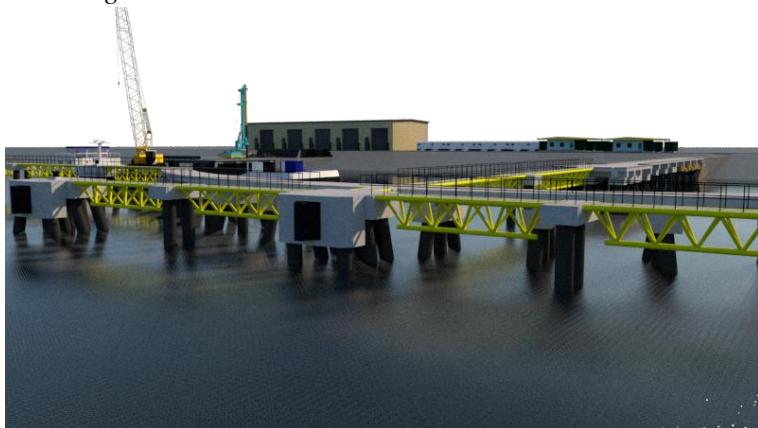
4. Perawatan Beton (*Curing*) dan Pembongkaran bekisting  
 Perawatan Beton dan pembongkaran bekisting sama seperti seperti pada sub bab sebelumnya (Lihat sub bab 7.3.2).

### 7.5.3 Pemasangan Bollard

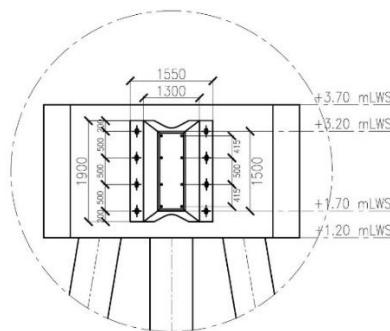
Lihat Subbab 7.4.3

### 7.5.4 Pemasangan Fender

Setelah pekerjaan pengcoran in-situ selesai dilanjutkan dengan pemasangan Fender. Selanjutnya, pemasangan fender dimulai dengan memasang fender pada angker yang telah tertanam pada plank fender *breasting dolphin* dengan menggunakan baut. Fender yang digunakan adalah fender karet tipe ANP-1000 merk *Trelleborg*.



Gambar 7.67 Pemasangan Fender



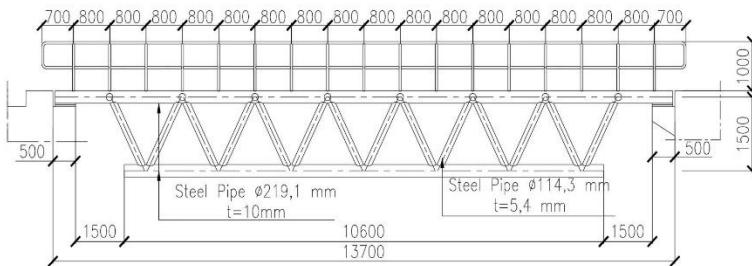
Gambar 7.68 Detail ANP Arch Fender

## 7.6 Pemasangan *Catwalk*

Dalam pelaksanaan struktur *catwalk*, perencanaan dibagi menjadi 3 tahap:

### 7.6.1 Tahap Prakonstruksi

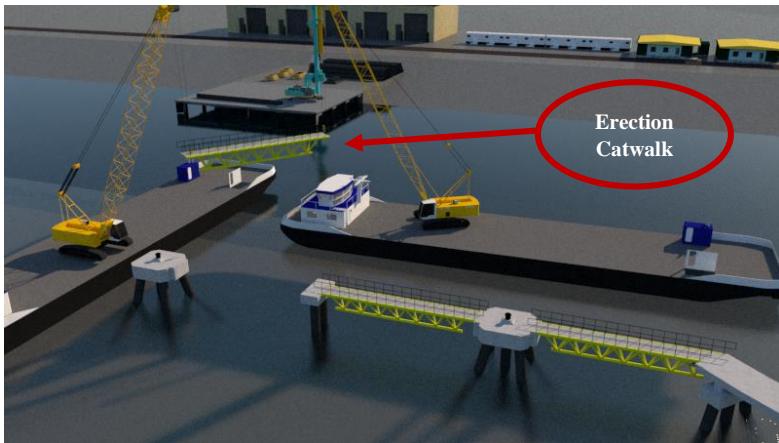
Tahap prakonstruksi dalam pelaksanaan struktur *catwalk* yaitu menyiapkan dudukan atau tempat perletakan dari *catwalk* itu sendiri. Dimana perletakan terbuat dari karet/elastomer yang dipasang di atas *Pivot*, *Loading platform*, *Mooring* dan *Breasting Dolphin*. Setelah dudukan selesai dibuat, didarat atau di bengkel fabrikasi sudah dirancang *catwalk* sesuai dengan bentang fasilitas.



Gambar 7.69 Detail Struktur *Catwalk*

### 7.6.2 Tahap Konstruksi

Pada tahap konstruksi ini dilakukan dengan bantuan ponton, *mobile crane* dan theodolit. Ponton berfungsi untuk membawa potongan *catwalk* yang telah dilas di darat dan *mobile crane* berfungsi untuk mengangkat potongan *catwalk* untuk diletakkan di perletakan. Dalam pemasangannya dibantu dengan teodolit agar lebih presisi.



Gambar 7.70 Proses Pemasangan *Catwalk*

### 7.6.3 Tahap Pasca Konstruksi

Pada tahap ini, yaitu setelah catwalk selesai dibangun, kemudian dipasang pelat baja atau grating untuk injakan kaki serta pegangan tangan pada *catwalk* nya.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## **BAB VIII**

### **RENCANA ANGGARAN BIAYA**

#### **4.1 Umum**

Rencana Anggaran Biaya (RAB) merupakan salah satu komponen penting dalam perencanaan sebuah proyek konstruksi. Hal ini dikarenakan RAB merupakan salah satu pertimbangan apakah suatu proyek dapat dilaksanakan atau tidak dengan biaya yang harus dikeluarkan. Dalam bab ini dijelaskan mengenai tata cara analisis biaya keseluruhan pembangunan dermaga pupuk NPK. Adapun prosedurnya adalah sebagai berikut :

1. Harga material dan upah
2. Analisis harga satuan
3. Rencana anggaran biaya
4. Rekapitulasi harga

#### **4.2 Harga Material dan Upah**

Harga material dan upah yang digunakan berasal dari HSPK (Harga Satuan Pokok Kegiatan) Kota Bontang tahun 2019. Untuk rincian daftar harga upah, bahan dan material serta alat telah disajikan pada Tabl 8.1.

Tabel 8.1 Daftar Upah Pekerja, Bahan dan Material

No.	Uraian	Sat.	Harga Satuan		Harga
A			Upah Pekerja		
1	Mandor	oh	Rp	120.000	Rp 150.000
2	Kepala Tukang	oh	Rp	120.000	Rp 150.000
3	Tukang	oh	Rp	110.000	Rp 130.000
4	Buruh Terampil/Pekerja	oh	Rp	90.000	Rp 100.000
5	Surveyor	oh	Rp	145.000	Rp 195.000
6	Pembantu Surveyor	oh	Rp	110.000	Rp 140.000

Lanjutan Tabel 8.1

No.	Uraian	Sat.	Harga Satuan		Harga
7	Operator/Driver	oh	Rp	110.000	Rp 140.000
8	Pembantu Operator/Asisten Surveyor	oh	Rp	80.000	Rp 100.000
9	Penyelam	oh	Rp	200.000	Rp 230.000
10	Penjaga/Satpam	oh	Rp	55.000	Rp 65.000
<b>B</b>	<b>Bahan dan Material</b>				
	<b>Bahan Semen</b>		Rp	192.000.000	Rp 218.370.400
1	Semen PC	zak	Rp	73.000	Rp 83.000
2	Beton Ready Mix K350	m <sup>3</sup>	Rp	900.000	Rp 1.023.600
	<b>Material Alam</b>				
1	Air Kerja	m <sup>3</sup>	Rp	40.000	Rp 40.000
2	Pasir Cor	m <sup>3</sup>	Rp	417.000	Rp 474.200
3	Sirtu	m <sup>3</sup>	Rp	234.604	Rp 266.800
4	Batu Pecah	m <sup>3</sup>	Rp	375.000	Rp 426.500
5	Papan Kayu Bekisting	m <sup>3</sup>	Rp	2.921.000	Rp 3.322.100
6	Kayu Meranti	m <sup>3</sup>	Rp	2.921.000	Rp 3.322.100
7	Kayu Perancah	m <sup>3</sup>	Rp	2.817.000	Rp 3.203.900
8	Papan Plywood 9 mm	lembar			Rp 135.000
	<b>Bahan Baja</b>				
2	Steel Pipe Pile (SPP) Ø 812,8 mm; t = 16 mm (on location)	m	Rp	11.256.075	Rp 11.256.075
3	Pelat Cincin Baja	kg	Rp	15.519	Rp 17.600
4	Besi Tulangan	kg	Rp	14.000	Rp 15.900
5	Kawat Ikat Beton	kg	Rp	23.000	Rp 26.100
6	Paku	kg	Rp	27.000	Rp 30.700

Lanjutan Tabel 8.1

No.	Uraian	Sat.	Harga Satuan	Harga
	<b>Bahan Aksesoris Dermaga</b>			
1	Tee Bollard	unit	Rp 40.200.000	Rp 40.200.000
2	Fender Karet Tipe ANP Arch 800	unit	Rp 120.000.000	Rp 125.000.000
3	Quadrant Shiploader	unit	Rp 4.500.000.000	Rp 4.500.000.000
	<b>Bahan Lain-Lain</b>			
1	Alat Pile Dynamic Analyzer	unit	Rp 3.500.000	Rp 3.500.000
2	Kawat Las	kg	Rp 29.200	Rp 33.200
3	Peralatan P3K	set	Rp 5.000.000	Rp 5.000.000
4	Tes Beton di Laboratorium	ls	Rp 30.000.000	Rp 30.000.000
5	Oli	liter	Rp 37.000	Rp 42.000
6	Solar	liter	Rp 11.000	Rp 12.500
7	Cat Anti Karat	liter		Rp 600.000
8	Safety Helmet	buah	Rp 120.000	Rp 120.000
9	Safety Shoes	buah	Rp 1.000.000	Rp 1.000.000
10	Safety Glasses	buah	Rp 120.000	Rp 120.000
11	Life Jacket	buah	Rp 250.000	Rp 250.000
12	Biaya ATK	bulan	Rp 2.500.000	Rp 2.500.000
13	Biaya Komputer dan Printer	bulan	Rp 1.800.000	Rp 1.800.000
14	Biaya Komunikasi	bulan	Rp 2.300.000	Rp 2.300.000
15	Biaya Operasional (listrik, air, kebersihan, dll)	bulan	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000
16	Direksi Keet 1 unit	bulan	Rp 20.000.000	Rp 20.000.000

Lanjutan Tabel 8.1

No.	Uraian	Sat.	Harga Satuan		Harga
17	Sewa Mess 1 unit	bulan	Rp 15.000.000		Rp 15.000.000
18	Workshop	bulan	Rp 7.500.000		Rp 7.500.000
C	<b>Peralatan</b>				
1	Alat Bantu	ls	Rp 4.956		Rp 5.600
2	Alat Bantu	bulan	Rp 738.508		Rp 839.900
3	Alat grouting	buah			Rp 578.500
4	Kuas	buah	Rp 19.000		Rp 21.600
5	Anchor Boat	jam	Rp 7.057.500		Rp 7.057.500
6	Concrete Mixer	jam	Rp 100.000		Rp 113.700
7	Dump Truck 8 ton	jam	Rp 423.000		Rp 481.000
8	Work Boat	jam	Rp 1.644.085		Rp 1.644.085
9	Alat Bantu Pemotong Baja	hari	Rp 350.000		Rp 398.000
10	Diesel Hammer	hari	Rp 2.393.594		Rp 2.722.300
11	Concrete Vibrator	hari	Rp 632.000		Rp 718.800
12	Concrete Pump	hari	Rp 271.627		Rp 308.900
13	Crane	hari	Rp 7.307.958		Rp 8.311.600
14	Excavator	hari	Rp 2.115.551		Rp 2.406.100
15	Generator Set	hari	Rp 4.312.000		Rp 4.904.200
16	Mesin Las	hari	Rp 1.048.000		Rp 1.191.900
17	Ponton Pancang	hari	Rp 6.648.873		Rp 7.562.000
18	Ponton Transport	hari	Rp 3.324.437		Rp 3.781.000
19	Theodolite	hari	Rp 485.489		Rp 552.100
20	Tugboat	hari	Rp 4.982.545		Rp 5.666.800
21	Waterpass	hari	Rp 346.270		Rp 393.800

Ket: oh = orang/hari, ls = lumpsum

### 4.3 Analisa Harga Satuan

Dalam analisa harga satuan pekerjaan, ditentukan harga satuan yang dihabiskan dalam pemenuhan setiap bagian pekerjaan perencanaan konstruksi. Analisa harga satuan pekerjaan dapat dilihat pada Tabel 8.2.

Tabel 8.2 Analisa Harga Satuan Pekerja

No.	Uraian	Koef.	Satuan	Harga Satuan	Jumlah
<b>I Pekerjaan Persiapan</b>					
<b>1</b>	(1 Ls) Penyiapan Lahan Pekerjaan dengan Alat Berat			Rp 55.000.000	
<b>2</b>	(1 Ls) Mobilisasi dan Demobilisasi			Rp 130.000.000	
<b>3</b>	(1 Ls) Stakeout dan Positioning			Rp 145.000.000	
<b>4</b>	(1 Ls) Fasilitas Sementara			Rp 675.000.000	
<b>5</b>	(1 Ls) Perlengkapan Keamanan dan Keselamatan Kerja			Rp 70.000.000	
<b>6</b>	(1 Ls) Administrasi, Dokumentasi, dan Komunikasi			Rp 85.000.000	
<b>II Pekerjaan Tiang Pancang</b>					
<b>1</b>	<b>(1 m) Pengadaan Tiang Pancang SPP Ø 812,8 mm; t = 14 mm</b>				
<b>Bahan:</b>					
	SPP Ø 812,8 mm; t = 14 mm (on location)	1,00	m	Rp 11.256.075	Rp 11.256.075,00
<b>Upah:</b>					
	Pekerja	0,01	jam	Rp 12.500	Rp 125,00
<b>Alat:</b>					
	Crane	0,01	Alat-jam	Rp 1.038.950	Rp 10.389,50
				<b>Total</b>	<b>Rp 11.266.590</b>
<b>2</b>	<b>(onjor) Pengangkutan Tiang Pancang ke Titik Pancang</b>				
<b>Alat:</b>					
	Ponton Transport	0,50	jam	Rp 3.781.000	Rp 1.890.500
	Work Boat	0,10	jam	Rp 1.644.085	Rp 164.408
	Anchor Boat	0,20	jam	Rp 7.057.500	Rp 1.411.500
	Crane	0,20	jam	Rp 1.038.950	Rp 207.790

Lanjutan Tabel 8.2

No.	Uraian	Koef.	Satuan	Harga Satuan	Jumlah
	<b>Upah:</b>				
	Mandor	0,50	oh	Rp 120.000	Rp 60.000
	Operator	0,50	oh	Rp 110.000	Rp 55.000
	Pekerja	2,00	oh	Rp 90.000	Rp 180.000
	<b>Biaya Pengangkatan (lonjor = 12 m)</b>			<b>Total</b>	<b>Rp 3.969.198,50</b>
	<b>Biaya Pengangkatan (m<sup>3</sup>)</b>			<b>Total</b>	<b>Rp 330.767</b>
<b>3</b>	<b>(m<sup>3</sup>) Pemancangan Tiang Tegak</b>				
	<b>Alat:</b>				
	Ponton Pancang	1,00	hari	Rp 7.562.000	Rp 7.562.000,00
	Ponton Transport	1,00	hari	Rp 3.781.000	Rp 3.781.000,00
	Anchor Boat	1,00	hari	Rp 7.057.500	Rp 7.057.500,00
	Work Boat	1,00	hari	Rp 1.644.085	Rp 1.644.084,96
	Generator Set	1,00	hari	Rp 4.904.200	Rp 4.904.200,00
	Alat bantu	1,00	unit	Rp 100.000	Rp 100.000,00
	<b>Upah:</b>				
	Mandor	1,00	oh	Rp 120.000	Rp 120.000,00
	Operator	8,00	oh	Rp 110.000	Rp 880.000,00
	Pembantu Operator	8,00	oh	Rp 80.000	Rp 640.000,00
	Penyelam	3,00	oh	Rp 200.000	Rp 600.000,00
	Pekerja	8,00	oh	Rp 90.000	Rp 720.000,00
	<b>Biaya Pemancangan per Hari</b>				<b>Rp 28.008.785</b>
	<b>Panjang Pemancangan per Hari</b>				
	Tiang Tegak	60,0	m		
	<b>Biaya Pemancangan per meter</b>				
	<b>Tiang Tegak</b>	1,00	m		<b>Rp 466.813,08</b>

Lanjutan Tabel 8.2

No.	Uraian	Koef.	Satuan	Harga Satuan	Jumlah
<b>4</b>	<b>(m') Pemancangan Tiang Miring</b>				
	<b>Alat:</b>				
	Ponton Pancang	1,00	hari	Rp 7.562.000	Rp 7.562.000,00
	Ponton Transport	1,00	hari	Rp 3.781.000	Rp 3.781.000,00
	Anchor Boat	1,00	hari	Rp 7.057.500	Rp 7.057.500,00
	Work Boat	1,00	hari	Rp 1.644.085	Rp 1.644.084,96
	Generator Set	1,00	hari	Rp 4.904.200	Rp 4.904.200,00
	Alat bantu	1,00	unit	Rp 100.000	Rp 100.000,00
	<b>Upah:</b>				
	Mandor	1,00	oh	Rp 120.000	Rp 120.000,00
	Operator	1,00	oh	Rp 110.000	Rp 110.000,00
	Pembantu Operator	4,00	oh	Rp 80.000	Rp 320.000,00
	Penyelam	1,00	oh	Rp 200.000	Rp 200.000,00
	Pekerja	5,00	oh	Rp 90.000	Rp 450.000,00
	<b>Biaya Pemancangan per Hari</b>				<b>Rp 26.248.785</b>
	Panjang Pemancangan per Hari				
	Tiang Miring	30,0	m		
	Biaya Pemancangan per meter				
	<b>Tiang Miring</b>	<b>1,00</b>	<b>m</b>		<b>Rp 874.959,50</b>
<b>5</b>	<b>(1 titik) Penyambungan Tiang Pancang Baja</b>				
	<b>Alat:</b>				
	Mesin Las	1,00	jam	Rp 148.988	Rp 148.987,50
	Kawat Las	1,00	kg	Rp 33.200	Rp 33.200,00
	<b>Upah:</b>				
	Mandor	0,02	oh	Rp 120.000	Rp 2.400,00
	Tukang Las	0,20	oh	Rp 110.000	Rp 22.000,00
	Pekerja	0,20	oh	Rp 90.000	Rp 18.000,00
				<b>Total</b>	<b>Rp 224.588</b>

Lanjutan Tabel 8.2

No.	Uraian	Koef.	Satuan	Harga Satuan	Jumlah
<b>6</b>	<b>(1 titik ) Pemotongan Tiang Pancang Baja</b>				
	<b>Alat:</b>				
	Alat Bantu Pemotongan Tiang	1,00	hari	Rp 398.000	Rp 398.000
	<b>Upah:</b>				
	Mandor	0,25	oh	Rp 120.000	Rp 30.000
	Tukang Las	0,50	oh	Rp 110.000	Rp 55.000
	Pekerja	1,00	oh	Rp 90.000	Rp 90.000
				<b>Total</b>	<b>Rp 573.000</b>
<b>7</b>	<b>(1 m<sup>2</sup>) Pengecatan Anti Korosi pada Las</b>				
	<b>Bahan:</b>				
	Cat Anti Karat	0,0279	liter	Rp 600.000	Rp 16.757
	Kuas	0,50	buah	Rp 21.600	Rp 10.800
	<b>Upah:</b>				
	Mandor	0,0080	oh	Rp 120.000	Rp 960
	Kepala tukang	0,0250	oh	Rp 120.000	Rp 3.000
	Tukang	0,2500	oh	Rp 110.000	Rp 27.500
	Pekerja	0,1500	oh	Rp 90.000	Rp 13.500
				<b>Total</b>	<b>Rp 72.517</b>
<b>8</b>	<b>(1 unit) Tes Pile Dynamic Analyzer</b>				
	<b>Bahan:</b>				
	Alat Pile Dynamic Analyzer	1,00	unit	Rp 3.500.000	Rp 3.500.000
	<b>Upah:</b>				
	Pekerja	1,00	oh	Rp 90.000	Rp 90.000
				<b>Total</b>	<b>Rp 3.600.000</b>

Lanjutan Tabel 8.2

<b>III</b>	<b>Pekerjaan Beton</b>				
	<b>No.</b>	<b>Uraian</b>	<b>Koef.</b>	<b>Satuan</b>	<b>Harga Satuan</b>
<b>1</b>	<b>(1 m<sup>2</sup>) Pemasangan Perancah</b>				
	<b>Bahan:</b>				
	Kayu Perancah	0,04	kg	Rp 1.939.448	Rp 77.578
	Pelat Cincin Baja	39,92	kg	Rp 17.600	Rp 702.592
	Kawat Las	0,25	kg	Rp 33.200	Rp 8.300
	Paku	1,00	kg	Rp 30.700	Rp 30.700
	<b>Alat:</b>				
	Mesin Las	1,00	hari	Rp 1.191.900	Rp 1.191.900
	<b>Upah:</b>				
	Mandor	0,01	oh	Rp 120.000	Rp 1.200
	Kepala Tukang	0,05	oh	Rp 120.000	Rp 6.000
	Tukang	2,00	oh	Rp 110.000	Rp 220.000
	Pekerja	0,50	oh	Rp 90.000	Rp 45.000
	<b>Pemakaian 1 kali</b>			<b>Total</b>	<b>Rp 2.283.270</b>
	<b>Pemakaian 2 kali</b>			<b>Total</b>	<b>Rp 1.141.634,96</b>
<b>2</b>	<b>(1 kg) Pembesian Ulir</b>				
	<b>Bahan:</b>				
	Besi Tulangan	1,05	kg	Rp 15.900	Rp 16.695
	Kawat Beton	0,015	kg	Rp 26.100	Rp 392
	<b>Alat:</b>				
	Alat Bantu	1,00	Ls	Rp 5.600	Rp 5.600
	<b>Upah:</b>				
	Mandor	0,0006	oh	Rp 120.000	Rp 72
	Kepala tukang	0,0010	oh	Rp 120.000	Rp 120
	Tukang	0,0098	oh	Rp 110.000	Rp 1.078
	Pekerja	0,0098	oh	Rp 90.000	Rp 882
				<b>Total</b>	<b>Rp 24.838,50</b>

Lanjutan Tabel 8.2

No.	Uraian	Koef.	Satuan	Harga Satuan	Jumlah
3	<b>(10 m2) Bekisting</b>				
	<b>Bahan:</b>				
	Papan Kayu Bekisting	0,0520	m3	Rp 2..184.800	Rp 113.610
	Papan Plywood 9 mm	4,00	bh	Rp 135.000	Rp 540.000
	Paku	4,00	kg	Rp 30.700	Rp 122.800
	<b>Upah:</b>				
	Mandor	0,10	oh	Rp 120.000	Rp 12.000
	Kepala tukang	0,50	oh	Rp 120.000	Rp 60.000
	Tukang	2,00	oh	Rp 110.000	Rp 220.000
	Pekerja	1,00	oh	Rp 90.000	Rp 90.000
	<b>Biaya 10 m2 Bekisting</b>			<b>Total</b>	<b>Rp 1.158.410</b>
	<b>Biaya 1 m2 Bekisting</b>			<b>Total</b>	<b>Rp 115.841</b>
4	<b>(1 m3) Pengcoran Beton Ready Mix K-350</b>				
	<b>Bahan:</b>				
	Beton Ready Mix K-350	1,00	m3	Rp 1.023.600	Rp 1.023.600
	<b>Alat:</b>				
	Concrete Pump	0,50	jam	Rp 308.900	Rp 154.450
	Concrete Vibrator	0,50	jam	Rp 718.800	Rp 359.400
	Anchor Boat	0,30	jam	Rp 7.057.500	Rp 2.117.250
	Ponton	0,50	jam	Rp 3.781.000	Rp 1.890.500
	Alat Bantu	0,50	Ls	Rp 5.600	Rp 2.800
	<b>Upah:</b>				
	Mandor	0,10	oh	Rp 120.000	Rp 12.000
	Kepala Tukang	0,50	oh	Rp 120.000	Rp 60.000
	Tukang	1,00	oh	Rp 110.000	Rp 110.000
	Pekerja	1,00	oh	Rp 90.000	Rp 90.000
				<b>Total</b>	<b>Rp 5.820.000</b>

Lanjutan Tabel 8.2

No.	Uraian	Koef.	Satuan	Harga Satuan	Jumlah
<b>5</b>	<b>(1 m3) Beton K350 Pengisi Tiang Pancang dan Selimut</b>				
	<b>Bahan:</b>				
	Beton Ready Mix K-350	1,02	m3	Rp 1.023.600	Rp 1.044.072
	Pembesian Tulangan Ulin	602,95	kg	Rp 24.839	Rp 14.976.244
	Concrete mixer	4,00	jam	Rp 113.700	Rp 454.800
	Pemasangan Perancah	0,33	m2	Rp 1.141.635	Rp 376.740
	Pemasangan Bekisting	1,00	m2	Rp 115.841	Rp 115.841
				<b>Total</b>	<b>Rp 16.967.697</b>
<b>IV</b>	<b>Pekerjaan Lain-Lain</b>				
<b>1</b>	<b>(1 set) Pengadaan dan Pemasangan Tee Bollard</b>				
	<b>Bahan:</b>				
	Tee Bollard 60 T	1,00	set	Rp 40.200.000	Rp 40.200.000
	<b>Alat:</b>				
	Crane	0,50	hari	Rp 8.311.600	Rp 4.155.800
	<b>Upah:</b>				
	Mandor	0,10	oh	Rp 130.000	Rp 12.000
	Operator	1,00	oh	Rp 110.000	Rp 110.000
	Tukang	0,50	oh	Rp 110.000	Rp 55.000
	Pekerja	2,00	oh	Rp 90.000	Rp 180.000
				<b>Total</b>	<b>Rp 44.712.800</b>
<b>2</b>	<b>(1 set) Pengadaan dan Pemasangan Fender</b>				
	<b>Bahan:</b>				
	Fender Karet Tipe ANP Arch 800	1,00	set	Rp 120.000.000	Rp 120.000.000
	<b>Alat:</b>				
	Crane	1,00	hari	Rp 8.311.600	Rp 8.311.600

Lanjutan Tabel 8.2

No.	Uraian	Koef.	Satuan	Harga Satuan	Jumlah
	<b>Upah:</b>				
	Mandor	0,10	oh	Rp 120.000	Rp 12.000
	Operator	1,00	oh	Rp 110.000	Rp 110.000
	Tukang	0,50	oh	Rp 110.000	Rp 55.000
	Pekerja	2,00	oh	Rp 90.000	Rp 180.000
				<b>Total</b>	<b>Rp 128.668.600</b>
<b>3</b>	<b>(1 m) Pemasangan Catwalk</b>				
	<b>Bahan :</b>				
	Profil CHS Ø254 mm, t = 12 mm	1,00	m'	Rp 5.550.331	Rp 5.550.331,00
	Profil CHS Ø152,4 mm, t = 7 mm	1,00	m'	Rp 3.253.553	Rp 3.253.553,00
	Pelat Grating	1,00	m <sup>3</sup>	Rp 5.085.000	Rp 5.085.000,00
	<b>Alat :</b>				
	Mesin Las	0,50	hari	Rp 1.191.900	Rp 595.950,00
	<b>Upah :</b>				
	Mandor	0,25	oh	Rp 120.000	Rp 30.000,00
	Tukang Las	1,00	oh	Rp 110.000	Rp 110.000,00
	Tukang	2,00	oh	Rp 110.000	Rp 220.000,00
				<b>Total</b>	<b>Rp 14.844.834</b>

#### 4.4 Rencana Anggaran Biaya

Dalam rencana anggaran biaya ini, tahapan tiap pekerjaan yang dihitung meliputi :

1. Pekerjaan Persiapan
  2. Pekerjaan *Mooring Dolphin*
  3. Pekerjaan *Breasting Dolphin*
  4. Pekerjaan *Trestle*
  5. Pekerjaan *Pivot*
  6. Pekerjaan *Loading Platform*
  7. Pekerjaan Dudukan *Catwalk* dan Pemasangan *Catwalk*
- Berikut rincian RAB disajikan pada Tabel 8.3.

Tabel 8.3 Rencana Anggaran Biaya

No.	Uraian Pekerjaan	Vol	Sat.	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
<b>I</b>	<b>PEKERJAAN PERSIAPAN</b>				
1	Pembersihan lahan pekerjaan dengan alat berat	1,00	Ls	Rp 55.000.000,00	Rp 55.000.000,00
2	Mobilisasi dan demobilisasi alat	1,00	Ls	Rp 130.000.000,00	Rp 130.000.000,00
3	Stakeout dan positioning	1,00	Ls	Rp 145.000.000,00	Rp 145.000.000,00
4	Fasilitas sementara	1,00	Ls	Rp 675.000.000,00	Rp 675.000.000,00
5	Perlengkapan keamanan dan keselamatan kerja	1,00	Ls	Rp 70.000.000,00	Rp 70.000.000,00
6	Administrasi, dokumentasi, dan komunikasi	1,00	Ls	Rp 85.000.000,00	Rp 85.000.000,00
<b>JUMLAH I</b>				<b>Rp 1.160.000.000,00</b>	
<b>II</b>	<b>PEKERJAAN MOORING DOLPHIN</b>				
1	Pemancangan SPP 812,8 mm, t = 16 mm				
	- Pengadaan tiang pancang baja	129,72	m'	Rp 11.266.577,00	Rp 1.461.500.368,44

Lanjutan Tabel 8.3

No.	Uraian Pekerjaan	Vol	Sat.	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
	- Pengangkatan tiang pancang ke titik pancang	129,72	m'	Rp 330.766,54	Rp 42.907.035,74
	- Pemancangan tiang tegak	37,50	m'	Rp 476.813,08	Rp 17.880.490,45
	- Pemancangan tiang miring	152,07	m'	Rp 882.292,83	Rp 134.169.318,12
	- Penyambungan tiang pancang baja	75,52	ttk	Rp 231.187,50	Rp 17.458.639,65
	- Pengecatan anti korosi pada las	8,44	m2	Rp 80.007,26	Rp 674.974,01
	- Pemotongan tiang pancang baja	5,00	ttk	Rp 600.500,00	Rp 3.002.500,00
	- Beton isian dan selimut tiang pancang	17,39	m3	Rp 33.052.038,45	Rp 574.798.153,85
2	Pekerjaan Poer				
	- Pemasangan perancah	32,68	m2	Rp 1.186.382,76	Rp 38.770.988,76
	- Pemasangan bekisting	32,68	m2	Rp 128.554,92	Rp 4.201.174,79
	- Pemasangan tulangan	1279,97	kg	Rp 24.838,50	Rp 31.792.512,49
	- Pengcoran	17,33	m3	Rp 5.820.000,00	Rp 100.848.960,00

Lanjutan Tabel 8.3

No.	Uraian Pekerjaan	Vol	Sat.	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
	3 Bollard Mooring				
	- Tee Bollard 60 T	1,00	unit	Rp 44.775.800,00	Rp 44.775.800,00
	<b>JUMLAH I MOORING DOLPHIN</b>				Rp 2.188.932.801,47
	<b>JUMLAH II (4 Mooring Dolphin)</b>				<b>Rp 8.755.731.205,86</b>
<b>III</b>	<b>PEKERJAAN BREASTING DOLPHIN</b>				
	1 Pemancangan SPP 812,8 mm, t = 16 mm				
	- Pengadaan tiang pancang baja	391,46	m'	Rp 11.266.577,50	Rp 4.407.822.919,71
	- Pengangkatan tiang pancang ke titik pancang	391,46	m'	Rp 334.933,21	Rp 129.405.793,97
	- Pemancangan tiang tegak	117,00	m'	Rp 466.813,08	Rp 54.617.130,67
	- Pemancangan tiang miring	374,46	m'	Rp 874.959,83	Rp 327.637.333,87
	- Penyambungan tiang pancang baja	59,31	ttk	Rp 224.587,50	Rp 13.319.583,71
	- Pengecetan anti korosi pada las	6,63	m2	Rp 72.517,26	Rp 480.460,90
	- Pemotongan tiang pancang baja	8,00	ttk	Rp 573.000,00	Rp 4.584.000,00
	- Beton isian dan selimut tiang pancang	27,83	m3	Rp 16.967.969,98	Rp 472.128.261,17

Lanjutan Tabel 8.3

No.	Uraian Pekerjaan	Vol	Sat.	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
2	Pekerjaan Poer				
	- Pemasangan perancah	46,08	m <sup>2</sup>	Rp 1.141.634,96	Rp 52.606.538,98
	- Pemasangan bekisting	46,08	m <sup>2</sup>	Rp 115.840,96	Rp 5.337.951,44
	- Pemasangan tulangan	2474,63	kg	Rp 24.838,50	Rp 61.466.212,57
	- Pengecoran	115,50	m <sup>3</sup>	Rp 5.820.000,00	Rp 672.210.000,00
3	Fender				
	- Fender karet tipe ANP Arch 800	1,00	unit	Rp 128.668.600,00	Rp 128.668.600,00
4	Bollard				
	- Tee Bollard 60 T	1,00	unit	Rp 44.712.800,00	Rp 44.712.800,00
<b>JUMLAH 1 BREASTING DOLPHIN</b>					Rp 6.374.997.586,99
<b>JUMLAH IV (3 Breasting Dolphin)</b>					<b>Rp 19.124.992.760,97</b>
<b>IV</b>	<b>PEKERJAAN TRESTLE</b>				
1	Pemancangan SPP 812,8 mm, t = 16 mm				
	- Pengadaan tiang pancang baja	690,12	m'	Rp 11.266.577,00	Rp 7.775.290.119,24

Lanjutan Tabel 8.3

No.	Uraian Pekerjaan	Vol	Sat.	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
	- Pengangkatan tiang pancang ke titik pancang	790,21	m'	Rp 330.766,54	Rp 261.375.788,28
	- Pemancangan tiang tegak	392,40	m'	Rp 466.813,08	Rp 183.177.453,64
	- Pemancangan tiang miring	397,81	m'	Rp 874.959,50	Rp 348.069.647,62
	- Penyambungan tiang pancang baja	65,85	ttk	Rp 224.587,50	Rp 14.789.317,01
	- Pengecatan anti korosi pada las	7,36	m2	Rp 72.517,26	Rp 533.476,78
	- Pemotongan tiang pancang baja	24,00	ttk	Rp 573.000,00	Rp 13.752.000,00
	- Beton isian dan selimut tiang pancang	83,48	m3	Rp 16.967.696,98	Rp 1.416.384.783,52
2	Pekerjaan Poer tunggal				
	- Pemasangan perancah	84,60	m2	Rp 1.141.634,96	Rp 96.582.317,67
	- Pemasangan bekisting	84,60	m2	Rp 115.840,96	Rp 9.800.145,22
	- Pemasangan tulangan	1336,22	kg	Rp 24.838,50	Rp 33.189.710,41
	- Pengecoran	54,00	m3	Rp 5.820.000,00	Rp 314.280.000,00
3	Pekerjaan Poer ganda				
	- Pemasangan perancah	140,40	m2	Rp 1.141.634,96	Rp 160.285.548,47
	- Pemasangan bekisting	140,40	m2	Rp 115.840,96	Rp 16.264.070,78

Lanjutan Tabel 8.3

No.	Uraian Pekerjaan	Vol	Sat.	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
	- Pemasangan tulangan	758,73	kg	Rp 24.838,50	Rp 18.845.783,66
	- Pengecoran	108,00	m3	Rp 5.820.000,00	Rp 628.560.000,00
4	Pekerjaan Balok Memanjang				
	- Pemasangan perancah	201,68	m2	Rp 1.141.634,96	Rp 230.244.938,85
	- Pemasangan bekisting	201,68	m2	Rp 115.840,96	Rp 23.362.804,81
	- Pemasangan tulangan	1911,12	kg	Rp 24.838,50	Rp 47.469.332,66
	- Pengecoran	60,00	m3	Rp 5.820.000,00	Rp 349.200.000,00
5	Pekerjaan Balok Melintang				
	- Pemasangan perancah	79,56	m2	Rp 1.141.634,96	Rp 90.828.477,46
	- Pemasangan bekisting	79,56	m2	Rp 115.840,96	Rp 9.216.306,78
	- Pemasangan tulangan	1063,02	kg	Rp 24.838,50	Rp 26.403.759,68
	- Pengecoran	21,60	m3	Rp 5.820.000,00	Rp 125.712.000,00

Lanjutan Tabel 8.3

No.	Uraian Pekerjaan	Vol	Sat.	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)	
	6 Pekerjaan Pelat					
	- Pemasangan perancah	221,60	m2	Rp 1.141.634,96	Rp 252.986.307,27	
	- Pemasangan bekisting	221,60	m2	Rp 115.840,96	Rp 25.670.356,74	
	- Pemasangan tulangan	2126,03	kg	Rp 115.840,96	Rp 52.807.519,35	
	- Pengecoran	21,60	m3	Rp 5.820.000,00	Rp 125.712.000,00	
	<b>JUMLAH V</b>				<b>Rp 12.650.793.965,89</b>	
<b>VI</b>	<b>PEKERJAAN PIVOT</b>					
	1 Pemancangan SPP 812,8 mm, t = 16 mm					
	- Pengadaan tiang pancang baja	417,57	m'	Rp 11.266.577,00	Rp 4.704.584.557,89	
	- Pengangkatan tiang pancang ke titik pancang	417,57	m'	Rp 330.766,54	Rp 138.118.184,66	
	- Pemancangan tiang tegak	368,00	m'	Rp 466.813,08	Rp 171.787.214,42	
	- Pemancangan tiang miring	149,23	m'	Rp 874.959,50	Rp 171.787.214,42	
	- Penyambungan tiang pancang baja	74,11	ttk	Rp 224.587,50	Rp 16.643.635,05	
	- Pengecetan anti korosi pada las	8,28	m2	Rp 72.517,26	Rp 600.365,30	

Lanjutan Tabel 8.3

No.	Uraian Pekerjaan	Vol	Sat.	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
	- Pemotongan tiang pancang baja	14,00	ttk	Rp 573.000,00	Rp 8.022.000,00
	- Beton isian dan selimut tiang pancang	52,17	m3	Rp 16.967.696,98	Rp 885.240.489,70
2	Pekerjaan Poer tunggal				
	- Pemasangan perancah	70,50	m2	Rp 1.141.634,96	Rp 80.485.264,72
	- Pemasangan bekisting	70,50	m2	Rp 115.840,96	Rp 8.166.787,68
	- Pemasangan tulangan	1293,07	kg	Rp 24.838,50	Rp 32.117.839,71
	- Pengecoran	18,00	m3	Rp 5.820.000,00	Rp 104.760.000,00
3	Pekerjaan Poer ganda				
	- Pemasangan perancah	46,80	m2	Rp 1.141.634,96	Rp 53.428.516,16
	- Pemasangan bekisting	46,80	m2	Rp 115.840,96	Rp 5.421.356,93
	- Pemasangan tulangan	758,73	kg	Rp 24.838,50	Rp 18.845.783,66
	- Pengecoran	14,40	m3	Rp 5.820.000,00	Rp 83.808.000,00
4	Pekerjaan Balok Memanjang				
	- Pemasangan perancah	77,76	m2	Rp 1.141.634,96	Rp 88.773.534,54
	- Pemasangan bekisting	77,76	m2	Rp 115.840,96	Rp 9.007.793,05

Lanjutan Tabel 8.3

No.	Uraian Pekerjaan	Vol	Sat.	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
	- Pemasangan tulangan	1200,99	kg	Rp 24.838,50	Rp 29.830.726,24
	- Pengecoran	90,00	m3	Rp 5.820.000,00	Rp 523.800.000,00
5	Pekerjaan Balok Melintang				
	- Pemasangan perancah	35,36	m2	Rp 1.141.634,96	Rp 40.368.212,21
	- Pemasangan bekisting	35,36	m2	Rp 115.840,96	Rp 4.096.136,35
	- Pemasangan tulangan	721,25	kg	Rp 24.838,50	Rp 17.914.771,44
	- Pengecoran	9,60	m3	Rp 5.820.000,00	Rp 55.872.000,00
6	Pekerjaan Pelat				
	- Pemasangan perancah	125,20	m2	Rp 1.141.634,96	Rp 142.932.697,07
	- Pemasangan bekisting	125,20	m2	Rp 115.840,96	Rp 14.503.288,19
	- Pemasangan tulangan	1105,13	kg	Rp 24.838,50	Rp 27.449.770,14
	- Pengecoran	40,00	m3	Rp 5.820.000,00	Rp 232.800.000,00
	<b>JUMLAH V</b>				<b>Rp 7.629.949.394,34</b>

Lanjutan Tabel 8.3

No.	Uraian Pekerjaan	Vol	Sat.	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
<b>VI</b>	<b>PEKERJAAN LOADING PLATFORM</b>				
1	Pemancangan SPP 812,8 mm, t = 16 mm				
	- Pengadaan tiang pancang baja	726,87	m'	Rp 11.266.577,00	Rp 8.189.336.823,99
	- Pengangkatan tiang pancang ke titik pancang	726,87	m'	Rp 330.766,54	Rp 240.424.275,90
	- Pemancangan tiang tegak	546,00	m'	Rp 466.813,08	Rp 254.879.943,14
	- Pemancangan tiang miring	807,06	m'	Rp 874.959,50	Rp 706.144.812,99
	- Penyambungan tiang pancang baja	78,54	ttk	Rp 224.587,50	Rp 17.638.634,97
	- Pengecatan anti korosi pada las	8,77	m2	Rp 72.517,26	Rp 636.256,71
	- Pemotongan tiang pancang baja	42,00	ttk	Rp 573.000,00	Rp 24.066.000,00
	- Beton isian dan selimut tiang pancang	146,08	m3	Rp 16.967.696,98	Rp 2.478.673.371,16
2	Pekerjaan Poer tunggal				
	- Pemasangan perancah	235,48	m2	Rp 1.141.634,96	Rp 268.832.200,52
	- Pemasangan bekisting	235,48	m2	Rp 115.840,96	Rp 27.278.229,26
	- Pemasangan tulangan	2729,90	kg	Rp 24.838,50	Rp 67.806.683,25
	- Pengecoran	82,66	m3	Rp 5.820.000,00	Rp 481.057.920,00

Lanjutan Tabel 8.3

No.	Uraian Pekerjaan	Vol	Sat.	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
3	Pekerjaan Balok Memanjang 800/900				
	- Pemasangan perancah	188,88	m2	Rp 1.141.634,96	Rp 215.632.011,36
	- Pemasangan bekisting	188,88	m2	Rp 115.840,96	Rp 21.880.040,52
	- Pemasangan tulangan	2842,72	kg	Rp 24.838,50	Rp 70.608.865,04
	- Pengecoran	65,60	m3	Rp 5.820.000,00	Rp 381.792.000,00
4	Pekerjaan Balok Memanjang 300/500				
	- Pemasangan perancah	163,62	m2	Rp 1.141.634,96	Rp 186.794.312,25
	- Pemasangan bekisting	163,62	m2	Rp 115.840,96	Rp 18.953.897,88
	- Pemasangan tulangan	1357,41	kg	Rp 24.838,50	Rp 33.715.933,28
	- Pengecoran	49,20	m3	Rp 5.820.000,00	Rp 286.344.000,00
5	Pekerjaan Balok Melintang 600/900				
	- Pemasangan perancah	98,55	m2	Rp 1.141.634,96	Rp 112.508.125,37
	- Pemasangan bekisting	98,55	m2	Rp 115.840,96	Rp 11.416.126,61
	- Pemasangan tulangan	1641,55	kg	Rp 24.838,50	Rp 40.773.567,15
	- Pengecoran	24,30	m3	Rp 5.820.000,00	Rp 141.426.000,00

Lanjutan Tabel 8.3

No.	Uraian Pekerjaan	Vol	Sat.	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
	6 Pekerjaan Pelat				
	- Pemasangan perancah	271,50	m2	Rp 1.141.634,96	Rp 309.953.891,80
	- Pemasangan bekisting	271,50	m2	Rp 115.840,96	Rp 31.450.820,64
	- Pemasangan tulangan	2515,69	kg	Rp 24.838,50	Rp 62.486.067,90
	- Pengecoran	36,90	m3	Rp 5.820.000,00	Rp 214.758.000,00
	7 Pekerjaan Alat Berat				
	- Quadrant Shiplaoder	1,00	Unit	Rp 4.500.000.000,00	Rp 4.500.000.000,00
	<b>JUMLAH V</b>				<b>Rp 14.897.268.811,68</b>
<b>VII</b>	<b>PEKERJAAN DUDUKAN CATWALK</b>				
	1 Pemancangan SPP 812,8 mm, t = 14 mm				
	- Pengadaan tiang pancang baja	28,00	m'	Rp 11.266.577,00	Rp 315.464.156,00
	- Pengangkatan tiang pancang ke titik pancang	28,00	m'	Rp 330.766,54	Rp 9.261.463,16
	- Pemancangan tiang tegak	28,00	m'	Rp 466.813,08	Rp 13.070.766,31
	- Penyambungan tiang pancang baja	36,00	ttk	Rp 224.587,50	Rp 8.085.150,00

Lanjutan Tabel 8.3

No.	Uraian Pekerjaan	Vol	Sat.	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
	- Pengecatan anti korosi pada las	0,18	m2	Rp 72.517,26	Rp 12.962,03
	- Pemotongan tiang pancang baja	2,00	ttk	Rp 573.000,00	Rp 1.146.000,00
	- Beton isian dan selimut tiang pancang	6,00	m3	Rp 16.967.696,98	Rp 101.783.224,40
2	Pekerjaan Poer				
	- Pemasangan perancah	12,34	m2	Rp 1.141.634,96	Rp 14.087.775,41
	- Pemasangan bekisting	12,34	m2	Rp 115.840,96	Rp 1.429.477,45
	- Pemasangan tulangan	342,15	kg	Rp 24.838,50	Rp 8.498.403,36
	- Pengecoran	6,14	m3	Rp 5.820.000,00	Rp 35.758.080,00
<b>JUMLAH 1 DUDUKAN CATWALK</b>					Rp 508.597.458,12
<b>JUMLAH III (4 Dudukan Catwalk)</b>					<b>Rp 2.542.987.290,59</b>
<b>VIII</b>	<b>PEKERJAAN CATWALK</b>				
1	Pemasangan catwalk	154,40	154,40	Rp 14.912.334,00	Rp 2.292.042.369,60
<b>JUMLAH VI</b>					<b>Rp 2.292.042.369,60</b>
<b>TOTAL (I+II+III+IV+V+VI+VII+VIII), BELUM PPN 10%</b>					<b>Rp 69.053.765.798,94</b>

#### 4.5 Rekapitulasi Harga

Rekapitulasi harga adalah hasil dari penjumlahan dari setiap pekerjaan dan ditambahkan Pajak Pertambahan Nilai sebesar 10 %. Berikut adalah rekapitulasi biaya pembangunan Dermaga Island Berth yang disajikan dalam Tabel 8.4.

Tabel 8.4 Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya

<b>REKAPITULAS BIAYA</b>			
<b>NO.</b>	<b>URAIAN PEKERJAAN</b>	<b>HARGA PEKERJAAN</b>	
I	PEKERJAAN PERSIAPAN	Rp	1.160.000.000,00
II	PEKERJAAN MOORING DOLPHIN	Rp	8.755.731.205,86
III	PEKERJAAN BREASTING DOLPHIN	Rp	19.124.992.760,97
IV	PEKERJAAN TRESTLE	Rp	12.650.793.965,89
V	PEKERJAAN PIVOT	Rp	7.629.949.394,34
VI	PEKERJAAN LOADING PLATFORM	Rp	14.897.268.811,68
VII	PEKERJAAN DUDUKAN CATWALK	Rp	2.542.987.290,59
VII	PEKERJAAN CATWALK	Rp	2.292.042.369,60
	<b>Total</b>	<b>Rp</b>	<b>69.053.765.798,94</b>
	<b>PPn 10%</b>	<b>Rp</b>	<b>6.905.376.579,89</b>
	<b>Jumlah Akhir</b>	<b>Rp</b>	<b>75.959.142.378,84</b>
	<b>Jumlah Akhir (dibulatkan)</b>	<b>Rp</b>	<b>75.959.142.300</b>

Terbilang : *Tujuh Puluh Lima Milyar Sembilan Ratus Lima Puluh Sembilan Juta Seratus Empat Puluh Dua Ribu Tiga Ratus Rupiah.*

## BAB IX

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa, perencanaan, serta evaluasi yang dilakukan pada bab-bab sebelumnya, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil evalusai (perairan dan daratan) dan perencanaan desain dermaga pupuk NPK:
  - a. Layout Perairan:
    - Areal penjangkaran  
 $R = 262 \text{ m}$   
 $n = 4 \text{ buah}$   
 $h = -17,0 \text{ mLWS}$ .
    - Alur masuk  
 $W = 51,4 \text{ m} (\text{one-way channel})$   
 $R = 560 \text{ m}$   
 $h = -8,30 \text{ mLWS}$
    - Kolam putar  
 $\text{Dia} = 500 \text{ m}$   
 $h = -8,30 \text{ mLWS}$
    - Kolam dermaga  
 $l = 86 \text{ m}$   
 $p = 163 \text{ m}$   
 $h = -8,3 \text{ mLWS}$
  - b. Layout Daratan :
    - Struktur dermaga yang direncanakan terdiri dari *trestle*, *pivot*, *loading platform*, *mooring dolphin*, *breasting dolphin*, dan *catwalk*.
    - *Trestle*
      - a. Dimensi Struktur :  $4 \times 50 \text{ m}$
      - b. Dimensi Balok Melintang :  $60 \times 90 \text{ cm}$

- c. Dimensi Balok Memanjang : 60 x 90 m
- d. Selimut Beton Pelat : 8 cm
- e. Tebal Pelat : 20 cm
- f. Mutu Beton : K-350
- g. Mutu Baja : U-39
- h. Tulangan Pelat : D13
- i. Tulangan Lentur : D22
- j. Tulangan Geser : D13
- k. Poer Tunggal : 150 x 150 x 80 cm
- l. Poer Ganda : 300 x 150 x 80 cm
- m. Tiang Pancang : Ø812,8 mm, t = 16 mm
- n. Kedalaman Tiang Pancang : -29,7 mLWS
- o. Panjang Tiang Tegak : 32,70 m
- p. Panjang Tiang Miring : 33,15 m

- *Pivot*

- a. Dimensi Struktur : 8 x 14 m
- b. Dimensi Balok Melintang : 60 x 90 cm
- c. Dimensi Balok Memanjang : 60 x 90 cm
- d. Selimut Beton Pelat : 8 cm
- e. Tebal Pelat : 30 cm
- f. Mutu Beton : K-350
- g. Mutu Baja : U-39
- h. Tulangan Pelat : D16
- i. Tulangan Lentur : D22
- j. Tulangan Geser : D16
- k. Poer Tunggal : 150 x 150 x 80 cm
- l. Poer Ganda : 300 x 150 x 80 cm
- m. Tiang Pancang : Ø812,8 mm, t = 16 mm
- n. Kedalaman Tiang Pancang : -33,8 mLWS
- o. Panjang Tiang Tegak : 36,80 m
- p. Panjang Tiang Miring : 37,31 m

- *Loading Platform*
  - a. Dimensi Struktur : 3 x 82 m
  - b. Dimensi Balok Melintang : 60 x 90 cm
  - c. Dimensi Balok Memanjang : 80 x 90 cm, 30 x 50 cm
  - d. Selimut Beton Pelat : 5 cm
  - e. Tebal Pelat : 15 cm
  - f. Mutu Beton : K-350
  - g. Mutu Baja : U-39
  - h. Tulangan Pelat : D10
  - i. Tulangan Lentur : D29
  - j. Tulangan Geser : D16
  - k. Poer Ganda 3 Tiang : 410 x 160 x 90 cm
  - l. Tiang Pancang : Ø812,8 mm, t = 16 mm
  - m. Kedalaman Tiang Pancang : -36,0 mLws
  - n. Panjang Tiang Tegak : 39,00 m
  - o. Panjang Tiang Miring : 39,54 m
  
- *Mooring Dolphin*
  - a. Dimensi Struktur : 3,8 x 3,8 m
  - b. Selimut Beton : 8 cm
  - c. Tebal Poer : 1,2 m
  - d. Mutu Beton : K-350
  - e. Mutu Baja : U-39
  - f. Tulangan Lentur : D29
  - g. Tiang Pancang : Ø812,8 mm, t = 16 mm
  - h. Kemiringan Tiang : 6 : 1
  - i. Kedalaman Tiang : -36,0 mLWS
  - j. Panjang Tiang Tegak : 37,50 m
  - k. Panjang Tiang Miring : 38,02 m
  - l. Bollard : 1 Unit Tee Bollard 60 T
  
- *Breasting Dolphin*
  - a. Dimensi Struktur : 4,8 x 4,8 m
  - b. Selimut Beton : 8 cm
  - c. Tebal Poer : 1,2 m

- |                         |                           |
|-------------------------|---------------------------|
| d. Mutu Beton           | : K-350                   |
| e. Mutu Baja            | : U-39                    |
| f. Tulangan Lentur      | : D29                     |
| g. Tiang Pancang        | : Ø812,8 mm, t = 16 mm    |
| h. Kemiringan Tiang     | : 6 : 1                   |
| i. Kedalaman Tiang      | : -36,0 mLWS              |
| j. Panjang Tiang Tegak  | : 39,00 m                 |
| k. Panjang Tiang Miring | : 39,50 m                 |
| l. Bollard              | : 1 Unit Tee Bollard 60 T |
| m. Fender               | : ANP Arch Fender 800     |
- Struktur *catwalk* direncanakan sebagai struktur baja *circular hollow section* dengan spesifikasi :
 

a. Bentang Struktur	: 9,7 m, 12,7 m, 13,7 m, 17,7 m
b. Dimensi Balok Memanjang	: CHS 200 mm
c. Dimensi Balok Melintang	: CHS 100 mm
d. Lebar Pelat Injakan	: 1,5 m
e. Pelat Injak	: I Bar Grating RG 2553
2. Untuk memudahkan pekerjaan, metode pelaksanaan dermaga pupuk NPK dimulai dari sisi darat ke sisi laut, atau dari barat daya ke timur laut. Adapun metode pelaksanaan dermaga NPK adalah sebagai berikut:
- a. Pekerjaan persiapan yang meliputi persiapan perizinan, pembersihan lahan sekitar proyek, mengatur lokasi serta fasilitas-fasilitas sementara yang dibutuhkan, dan pengadaan material konstruksi.
  - b. Pekerjaan *trestle*, *pivot*, dan *loading platform* terdiri dari pekerjaan pemancangan, poer, balok, pelat, dan pemasangan utilitas alat.
  - c. Pekerjaan *mooring dolphin* terdiri dari pekerjaan pemancangan, *poer*, dan *bollard*.
  - d. Pekerjaan *breasting dolphin* terdiri dari pekerjaan pemancangan, *poer*, *plank fender*, *fender*, dan *bollard*

- e. Pekerjaan *catwalk* terdiri dari tahap prakonstruksi, tahap konstruksi, dan tahap pasca konstruksi.
3. Rencana anggaran biaya yang diperlukan untuk pembangunan dermaga pupuk NPK di tersus PT. Pupuk Kaltim untuk kapal bulk carrier kapasitas 10.000 DWT sebesar : **Rp.75.959.142.300,-** (*Tujuh Puluh Lima Milyar Sembilan Ratus Lima Puluh Sembilan Juta Seratus Empat Puluh Dua Ribu Tiga Ratus Rupiah).*

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Standar Nasional Indonesia.2012.**SNI-03-1726-2012-Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung.**Bandung.
- Panitia Pembaharuan Peraturan Beton Bertulang Indonesia.1971. **Peraturan Beton Bertulang Indonesia.**Bandung: Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik.
- Wangsadinata, Wiratman.1971.**Perhitungan Lentur dengan Cara "n" Disesuaikan Kepada Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971.**Bandung: Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik.
- The Overseas Coastal Area Development Institute of Japan (OCDI).2002.**Technical Standards and Commentaries for Port and Harbour Facilities in Japan.**Japan: Daikousha Printing Co.,Ltd.
- PIANC – Harbour Approach Channels Design, 2014
- Thoresen, Carl A.2014.**Port Designer's Handbook Third Edition.**London:Thomas Telford.
- PIANC.2002.**Guidelines for design of Fender Systems.**Belgium: PIANC General Secretariat.
- PIANC.2014.**Harbour Approach Channels Design Guidelines.**Belgium: PIANC General Secretariat.

Wahyudi, Herman.2013.**Daya Dukung Pondasi Dalam.**  
Surabaya: ITS Press.

Widyastuti, Dyah Iriani.2017.**Perencanaan Pelabuhan.**  
Surabaya: Absolute Media.

## **LAMPIRAN**

# ARCH FENDERS

Arch fenders are simple and rugged, providing reliable and trouble-free service for a wide variety of berths even under the most severe conditions. The AN-fender is a traditional rubber faced unit whilst the ANP-fender can be fitted with either UHMW-PE face pads or connected to a steel panel.

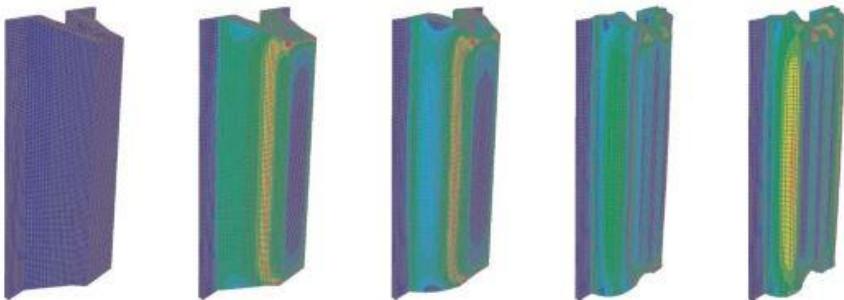
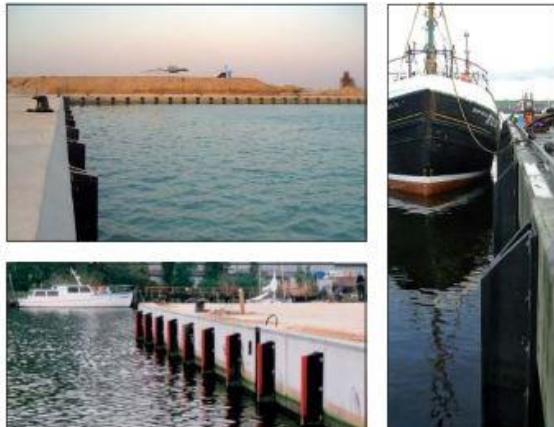


## Features

- | Simple one-piece design
- | Strong and hard wearing
- | Excellent shear performance
- | Large range of standard sizes

## Applications

- | RoRo berths
- | General cargo
- | Workboat harbours
- | Barge and tug berths

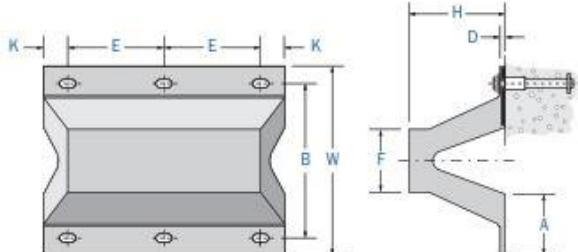


# ARCH FENDERS

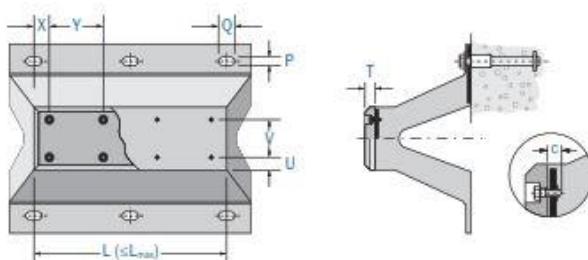
	L <sub>m</sub>	H	A	B	W	F	D	K	E	P + Q	Anchors	Weight AN ANP
AN/ANP 150	3000	150	108	240	326	98	16-20	50	500	20 x 40	M16	28 35
AN/ANP 200	3000	200	142	320	422	130	18-25	50	500	25 x 50	M20	48 62
AN/ANP 250	3500	250	164	400	500	163	20-30	62.5	500	28 x 56	M24	69 90
AN/ANP 300	3500	300	194	480	595	195	25-32	75	500	28 x 56	M24	107 128
AN/ANP 400	3500	400	266	640	808	260	25-32	100	500	35 x 70	M30	185 217
AN/ANP 500	3500	500	318	800	981	325	25-32	125	500	42 x 84	M36	278 352
AN/ANP 600	3000	600	373	960	1100	390	28-40	150	500	48 x 96	M42	411 488
AN/ANP 800	3000	800	499	1300	1550	520	41-50	200	500	54 x 108	M48	770 871
AN/ANP 1000	3000	1000	580	1550	1850	650	50-62	250	500	54 x 108	M48	1288 1390

[Units: mm, kg/m]

## AN Arch fender



## ANP Arch fender



	U	V	C	UHMW-PE face pads			Steel frame	
				X	Y	T	Bolt size	X
ANP 150	49	0	20-30	60-70	330-410	30	M16	70-90 250-300
ANP 200	65	0	30-45	60-70	330-410	30	M16	70-90 250-300
ANP 250	45	73	30-45	70-85	330-410	30	M16	70-90 250-300
ANP 300	50	95	30-45	70-85	330-410	40	M16	70-90 250-300
ANP 400	60	140	30-50	70-85	330-410	40	M16	70-90 250-300
ANP 500	65	195	30-50	70-85	330-410	50	M20	70-90 250-300
ANP 600	65	260	35-60	70-85	330-410	50	M20	70-90 250-300
ANP 800	70	380	50-70	70-85	330-410	60	M24	70-90 250-300
ANP 1000	80	490	50-70	70-85	330-410	60	M24	70-90 250-300

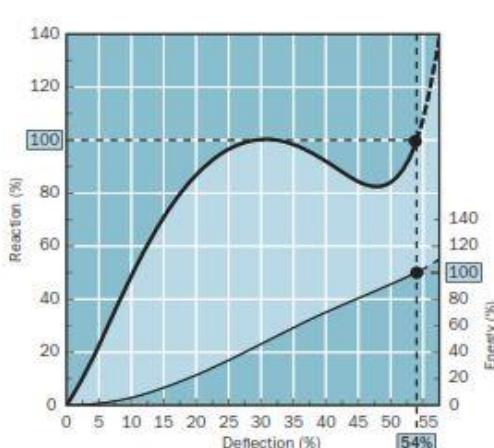
Larger bolts are required when connecting ANP fenders to steel panels. Refer to TMS.

[Units: mm]

L	Anchors
1000	6 No
1500	8 No
2000	10 No
2500	12 No
3000	14 No
3500	16 No

Non-standard lengths, profiles and bolting patterns are available on request.

# ANP FENDER



Rated Performance Data (RPD)\*

	E1.0	E1.5	E2.0	E2.5	E3.0
ANP 150	E <sub>d</sub> 5.6	E <sub>d</sub> 6.5	E <sub>d</sub> 7.3	E <sub>d</sub> 8.4	E <sub>d</sub> 9.5
	R <sub>d</sub> 88.8	R <sub>d</sub> 102	R <sub>d</sub> 115	R <sub>d</sub> 133	R <sub>d</sub> 150
ANP 200	E <sub>d</sub> 9.9	E <sub>d</sub> 11.4	E <sub>d</sub> 13	E <sub>d</sub> 14.9	E <sub>d</sub> 16.8
	R <sub>d</sub> 118	R <sub>d</sub> 136	R <sub>d</sub> 154	R <sub>d</sub> 177	R <sub>d</sub> 200
ANP 250	E <sub>d</sub> 15.6	E <sub>d</sub> 17.9	E <sub>d</sub> 20.2	E <sub>d</sub> 23.3	E <sub>d</sub> 26.3
	R <sub>d</sub> 148	R <sub>d</sub> 170	R <sub>d</sub> 192	R <sub>d</sub> 221	R <sub>d</sub> 250
ANP 300	E <sub>d</sub> 22.4	E <sub>d</sub> 25.8	E <sub>d</sub> 29.1	E <sub>d</sub> 33.5	E <sub>d</sub> 37.8
	R <sub>d</sub> 178	R <sub>d</sub> 205	R <sub>d</sub> 231	R <sub>d</sub> 266	R <sub>d</sub> 300
ANP 400	E <sub>d</sub> 39.8	E <sub>d</sub> 45.8	E <sub>d</sub> 51.7	E <sub>d</sub> 59.5	E <sub>d</sub> 67.2
	R <sub>d</sub> 237	R <sub>d</sub> 273	R <sub>d</sub> 308	R <sub>d</sub> 354	R <sub>d</sub> 400
ANP 500	E <sub>d</sub> 62.1	E <sub>d</sub> 71.5	E <sub>d</sub> 80.8	E <sub>d</sub> 92.9	E <sub>d</sub> 105
	R <sub>d</sub> 296	R <sub>d</sub> 341	R <sub>d</sub> 385	R <sub>d</sub> 443	R <sub>d</sub> 500
ANP 600	E <sub>d</sub> 89.3	E <sub>d</sub> 103	E <sub>d</sub> 116	E <sub>d</sub> 134	E <sub>d</sub> 151
	R <sub>d</sub> 355	R <sub>d</sub> 409	R <sub>d</sub> 462	R <sub>d</sub> 531	R <sub>d</sub> 600
ANP 800	E <sub>d</sub> 159	E <sub>d</sub> 183	E <sub>d</sub> 207	E <sub>d</sub> 238	E <sub>d</sub> 269
	R <sub>d</sub> 473	R <sub>d</sub> 544	R <sub>d</sub> 615	R <sub>d</sub> 708	R <sub>d</sub> 800
ANP 1000	E <sub>d</sub> 249	E <sub>d</sub> 280	E <sub>d</sub> 323	E <sub>d</sub> 372	E <sub>d</sub> 420
	R <sub>d</sub> 592	R <sub>d</sub> 681	R <sub>d</sub> 769	R <sub>d</sub> 885	R <sub>d</sub> 1000

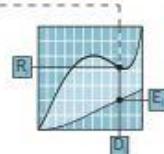
\*In Accordance with PIANC. [Units: kN, kNm]  
Performance per metre length.

## Intermediate deflections

D(%)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	<b>54</b>	57.5
E(%)	0	1	6	13	23	34	46	58	70	81	91	<b>100</b>	110
R(%)	0	23	49	71	87	96	100	98	92	84	84	<b>100</b>	139

Nominal rated deflection may vary at RPD. Refer to p12-35.

## example



## PIANC factors (from 3rd party witnessed Type Approval testing)

### Angle factor

Angle (°)	AF
0	<b>1.000</b>
3	0.945
5	0.905
8	0.840
10	0.794
15	0.660
20	0.529

### Temperature factor

Temperature (°C)	TF
-30	0.862
-20	0.926
-10	0.969
0	<b>1.000</b>
10	1.056
20	1.099
30	1.143
40	1.180
50	1.230

### Velocity factor

Time (seconds)	VF
1	1.000
2	1.003
3	1.002
4	1.001
5	1.000
6	1.000
8	1.000
>10	1.000

For steady state deceleration, the compression time is:

$$t \text{ (seconds)} = \frac{2d}{V_i}$$

d = fender deflection (mm)

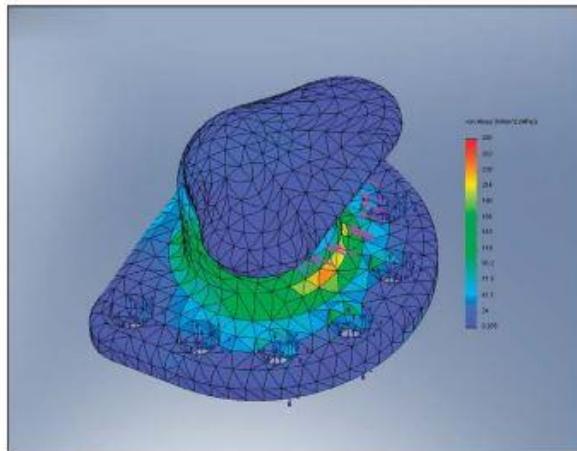
V<sub>i</sub> = Impact speed (mm/s)

If compression time t < 4s, please ask.  
Refer to page 1-2 for further information.

# BOLLARDS

Trelleborg bollards come in many popular shapes and sizes to suit most docks, jetties and wharves. Standard material is spheroidal graphite (commonly called SG or ductile iron) which is both strong and resistant to corrosion, meaning Trelleborg bollards enjoy a long and trouble free service life.

The shape of Trelleborg bollards has been refined with finite element techniques to optimize the geometry and anchor layout. Even at full working load, Trelleborg bollards remain highly stable and provide a safe and secure mooring.

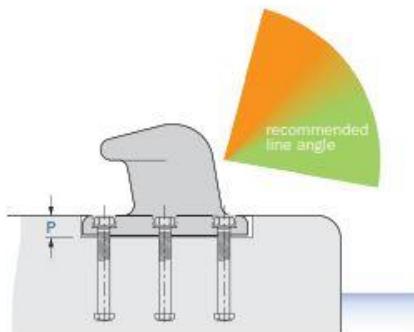


## Features

- I High quality SG iron as standard
- I Strong and durable designs
- I Very low maintenance
- I Large line angles possible
- I Standard and custom anchors available

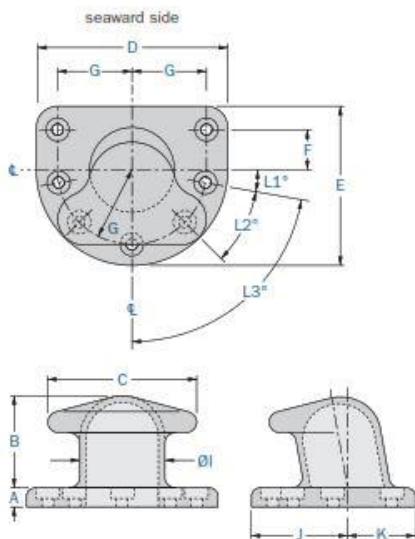
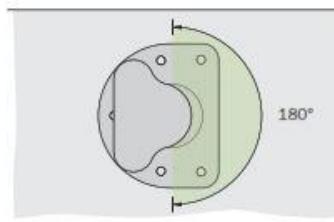


# TEE BOLLARDS



## Features

- I General purpose applications up to 200 tonnes
- I Suitable for steeper rope angles



Dimension	Bollard capacity (tonnes)						
	15	30	50	80	100	150	200
A	40	40	50	70	80	90	90
B	235	255	350	380	410	435	500
C	340	350	500	550	600	700	800
D	410	450	640	640	790	900	1000
E	335	375	540	550	640	750	850
F	80	100	150	160	175	200	225
G	155	175	250	250	325	350	375
ØI	160	200	260	280	350	400	450
J	205	225	320	320	395	450	500
K	130	150	220	230	245	300	350
L1°	30°	30°	30°	15°	10°	10°	0°
L2°	-	-	-	45°	40°	40°	36°
L3°	60°	60°	60°	N/A	80°	80°	72°
Bolts	M24	M30	M36	M42	M42	M48	M56
Bolt length	500	500	500	800	800	1000	1000
P*	55	55	65	85	95	105	105
Qty	5	5	5	6	7	7	8

\*P = bolt protrusion = recess depth

[Units: mm]

**TABEL PERHITUNGAN DAYA DUKUNG TIANG 800 mm**

	D luar (m)	D dalam (m)	A (m)	4D	4D
Dimensi Pile	0,8	0,68	0,502857143	3,2	3,2

Kedalaman (m)	N	L/P	Koreksi terhadap MAT			Koreksi terhadap overburden pressure			N2	2N1	N Correction	Np	Qp	Ns	As	Qs	QL	Qi(jn)
			N > 15 Sand	N > 15 Sand	N1	Y' sat	Y'	Po										
			Terzaghi & Peck	Bazaara	min [4] & [5]	ton/m <sup>3</sup>	ton/m <sup>3</sup>	ton/m <sup>2</sup>										
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]	[12]	[13]	[14]	[15]	[16]	[17]	[18]	[19]
0	5	P	5	5	5	1,76	0,76	0										
1	5	P	5	5	5	1,76	0,76	0,76	15,34	10	10,000	10,7	188,5	10,0	2,5	10,9	199,3	66,4
2	5	P	5	5	5	1,76	0,76	1,52	12,44	10	10,000	9,8	173,1	10,0	5,0	21,8	194,9	65,0
3	6	P	6	6	6	1,76	0,76	2,28	12,55	12	12,000	9,1	160,9	9,9	7,5	32,4	193,3	64,4
4	6	P	6	6	6	1,76	0,76	3,04	10,83	12	10,830	8,6	150,8	10,7	10,1	46,0	196,7	65,6
5	4	P	4	4	4	1,76	0,76	3,8	6,35	8	6,349	8,3	146,1	9,8	12,6	53,8	199,9	66,6
6	4	P	4	4	4	1,76	0,76	4,56	5,67	8	5,666	7,9	139,8	9,1	15,1	61,1	200,9	67,0
7	4	P	4	4	4	1,76	0,76	5,32	5,12	8	5,115	7,2	127,2	8,6	17,6	67,9	195,1	65,0
8	7	P	7	7	7	1,76	0,76	6,08	8,16	14	8,159	6,2	109,8	8,5	20,1	77,2	187,0	62,3
9	7	P	7	7	7	1,76	0,76	6,84	7,49	14	7,495	6,0	105,9	8,4	22,6	86,0	191,9	64,0
10	7	P	7	7	7	1,76	0,76	7,6	6,98	14	6,983	5,9	103,6	8,3	25,1	94,4	197,9	66,0
11	4	P	4	4	4	1,76	0,76	8,36	3,92	8	3,916	5,9	104,7	7,9	27,7	100,2	204,9	68,3
12	5	P	5	5	5	1,76	0,76	9,12	4,81	10	4,805	5,6	97,9	7,6	30,2	106,7	204,6	68,2
13	5	P	5	5	5	1,76	0,76	9,88	4,72	10	4,719	5,3	92,6	7,4	32,7	113,2	205,8	68,6
14	6	P	6	6	6	1,76	0,76	10,64	5,56	12	5,563	5,0	88,3	7,3	35,2	120,4	208,7	69,6
15	6	P	6	6	6	1,76	0,76	11,4	5,47	12	5,467	5,2	91,6	7,1	37,7	127,4	219,0	73,0
16	6	P	6	6	6	1,76	0,76	12,16	5,37	12	5,374	5,1	90,2	7,0	40,2	134,5	224,7	74,9
17	6	P	6	6	6	1,76	0,76	12,92	5,28	12	5,284	5,1	89,0	6,9	42,7	141,4	230,4	76,8
18	6	L	6	6	6	1,66	0,66	13,58	5,21	12	5,208	5,0	100,1	6,8	45,3	148,3	248,4	82,8
19	5	L	5	5	5	1,66	0,66	14,24	4,28	10	4,279	4,9	98,5	6,7	47,8	154,4	252,9	84,3
20	5	L	5	5	5	1,66	0,66	14,9	4,22	10	4,219	4,8	97,0	6,6	50,3	160,4	257,5	85,8
21	6	L	6	6	6	1,66	0,66	15,56	4,99	12	4,994	4,8	95,6	6,5	52,8	167,1	262,8	87,6
22	6	L	6	6	6	1,66	0,66	16,22	4,93	12	4,926	5,4	107,9	6,4	55,3	173,8	281,7	93,9
23	6	L	6	6	6	1,66	0,66	16,88	4,86	12	4,860	6,1	122,4	6,4	57,8	180,4	302,8	100,9
24	6	L	6	6	6	1,66	0,66	17,54	4,80	12	4,796	6,8	136,8	6,3	60,3	186,9	323,7	107,9
25	12	L	12	12	12	1,66	0,66	18,2	9,47	24	9,467	7,3	147,3	6,4	62,9	197,4	344,7	114,9
26	12	L	12	12	12	1,66	0,66	18,86	9,35	24	9,346	7,8	157,8	6,5	65,4	207,7	365,5	121,8
27	12	L	12	12	12	1,66	0,66	19,52	9,23	24	9,227	8,4	168,1	6,6	67,9	217,9	386,0	128,7
28	19	L	19	11,4	11,4	1,66	0,66	20,18	8,66	22,8	8,656	9,7	194,4	6,7	70,4	227,7	422,1	140,7
29	19	L	19	11,4	11,4	1,66	0,66	20,84	8,55	22,8	8,549	10,5	211,6	6,8	72,9	237,4	449,0	149,7
30	19	L	19	11,4	11,4	1,66	0,66	21,5	8,44	22,8	8,444	11,4	228,4	6,8	75,4	247,0	475,4	158,5
31	32	P	23,5	19,2	19,2	1,96	0,96	22,46	13,97	38,4	13,974	12,4	249,6	7,1	77,9	261,2	510,8	170,3
32	36	P	25,5	21,6	21,6	1,96	0,96	23,42	15,45	43,2	15,451	13,5	271,6	7,3	80,5	276,7	548,3	182,8
33	36	P	25,5	21,6	21,6	1,96	0,96	24,38	15,19	43,2	15,190	14,3	288,6	7,6	83,0	291,9	580,5	193,5
34	40	P	27,5	24	24	1,96	0,96	25,34	16,60	48	16,598	15,2	305,2	7,8	85,5	308,3	613,6	204,5
35	40	P	27,5	24	24	1,96	0,96	26,3	16,33	48	16,327	15,2	305,3	8,1	88,0	324,5	629,9	210,0
36	36	P	25,5	21,6	21,6	1,96	0,96	27,26	14,46	43,2	14,458	14,8	298,4	8,2	90,5	339,2	637,5	212,5
37	36	P	25,5	21,6	21,6	1,96	0,96	28,22	14,23	43,2	14,229	14,5	291,6	8,4	93,0	353,6	645,2	215,1
38	36	P	25,5	21,6	21,6	1,96	0,96	29,18	14,01	43,2	14,008	14,1	283,4	8,6	95,5	367,9	651,3	217,1
39	34	P	24,5	20,4	20,4	1,96	0,96	30,14	13,03	40,8	13,027	13,7	275,4	8,7	98,1	381,3	656,7	218,9
40	34	P	24,5	20,4	20,4	1,96	0,96	31,1	12,83	40,8	12,830	13,7	276,4	8,8	100,6	394,6	671,0	223,7
41	37	P	26	22,2	22,2	1,96	0,96	32,06	13,75	44,4	13,755	13,8	277,7	8,9	103,1	408,6	686,3	228,8
42	37	P	26	22,2	22,2	1,96	0,96	33,02	13,55	44,4	13,553	13,0	261,8	9,0	105,6	422,5	684,3	228,1
43	41	P	28	24,6	24,6	1,96	0,96	33,98	14,80	49,2	14,801	12,4	248,6	9,1	108,1	437,4	686,0	228,7
44	41	P	28	24,6	24,6	1,660	0,66	34,64	14,66	49,2	14,656	11,4	229,7	9,3	110,6	452,2	681,9	227,3
45	24	P	19,5	14,4	14,4	1,660	0,66	35,3	8,50	28,8	8,496	10,3	207,9	9,2	113,1	461,8	669,8	223,3
46	24	L	24	14,4	14,4	1,660	0,66	35,96	8,41	28,8	8,414	9,7	194,4	9,2	115,7	471,4	665,8	221,9
47	18	L	18	10,8	10,8	1,660	0,66	36,62	6,25	21,6	6,250	8,8	177,1	9,2	118,2	479,1	656,3	218,8
48	18	L	18	10,8	10,8	1,660	0,66	37,28	6,19	21,6	6,191	8,1	162,9	9,1	120,7	486,9	649,7	216,6
49	26	L	26	15,6	15,6	1,660	0,66	37,94	8,86	31,2	8,859	8,3	166,0	9,1	123,2	496,8	662,8	220,9
50	26	L	26	15,6	15,6	1,660	0,66	38,6	8,78	31,2	8,776	8,6	173,6	9,1	125,7	506,7	680,3	226,8

**TABEL PERHITUNGAN DAYA DUKUNG TIANG 800 mm METODE OCDI**

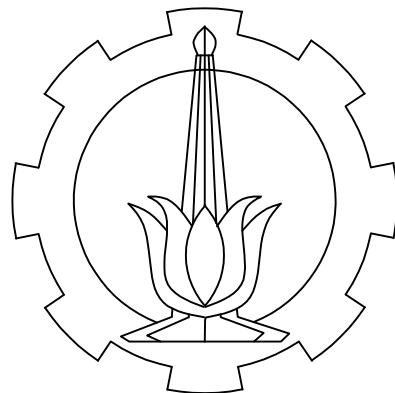
	D luar (m)	D dalam (m)	A (m <sup>2</sup> )	4 D	4 D
Dimensi Pile	0,8	0,68	0,503	3,2	3,20

Kedalaman (m)	N	L/P	<sup>c</sup> kN/m <sup>2</sup>	N1	N2	Np	Qp	Ns	As	Qs	QL	Qjin
[1]	[2]	[3]				[13]	[14]	[15]	[16]	[17]	[18]	[19]
0	5	Sand	0	5	1	3,13	47,14	5,0	0,0	0,0	47,1	15,7
1	5	Sand	0	5	3	3,75	56,57	5,0	2,5	2,5	59,1	19,7
2	5	Sand	0	5	4	4,38	66,00	5,0	5,0	5,0	71,0	23,7
3	6	Sand	0	6	5	5,63	84,86	5,3	7,5	7,9	92,8	30,9
4	6	Sand	0	6	6	5,75	86,74	5,4	10,1	10,9	97,6	32,5
5	4	Sand	0	4	5	4,63	69,77	5,2	12,6	13,0	82,8	27,6
6	4	Sand	0	4	5	4,50	67,89	4,0	15,1	12,1	80,0	26,7
7	4	Sand	0	4	5	4,25	64,11	4,9	17,6	17,2	81,3	27,1
8	7	Sand	0	7	5	5,88	88,63	5,1	20,1	20,6	109,2	36,4
9	7	Sand	0	7	6	6,25	94,29	5,3	22,6	24,0	118,3	39,4
10	7	Sand	0	7	6	6,63	99,94	5,5	25,1	70,9	170,8	56,9
11	4	Sand	0	4	6	5,13	77,31	5,3	27,7	76,8	154,1	51,4
12	5	Sand	0	5	6	5,38	81,09	5,3	30,2	83,6	164,6	54,9
13	5	Sand	0	5	5	5,13	77,31	5,3	32,7	90,3	167,6	55,9
14	6	Sand	0	6	5	5,50	82,97	5,3	35,2	97,8	180,7	60,2
15	6	Sand	0	6	6	5,75	86,74	5,4	37,7	105,3	192,0	64,0
16	6	Sand	0	6	6	5,88	88,63	5,4	40,2	112,8	201,4	67,1
17	6	Sand	0	6	6	6,00	90,51	5,4	42,7	120,3	210,8	70,3
18	6	Medium Sand	0	6	6	6,00	90,51	5,5	45,3	127,8	218,3	72,8
19	5	Medium Sand	0	5	6	5,38	81,09	5,5	47,8	134,6	215,6	71,9
20	5	Medium Sand	0	5	6	5,25	79,20	5,4	50,3	141,3	220,5	73,5
21	6	Medium Sand	0	6	6	5,75	86,74	5,5	52,8	148,8	235,5	78,5
22	6	Medium Sand	0	6	6	5,75	86,74	5,5	55,3	156,3	243,1	81,0
23	6	Medium Sand	0	6	6	5,88	88,63	5,5	57,8	163,8	252,5	84,2
24	6	Medium Sand	0	6	6	6,00	90,51	5,5	60,3	171,4	261,9	87,3
25	12	Medium Sand	0	12	8	9,75	147,09	5,8	62,9	183,7	330,8	110,3
26	12	Medium Sand	0	12	9	10,50	158,40	6,0	65,4	196,1	354,5	118,2
27	12	Medium Sand	0	12	11	11,25	169,71	6,2	67,9	208,5	378,2	126,1
28	19	Medium Sand	0	19	14	16,38	247,03	6,7	70,4	226,6	473,6	157,9
29	19	Medium Sand	0	19	16	17,25	260,23	7,1	72,9	244,7	504,9	168,3
30	19	Medium Sand	0	19	17	18,13	273,43	7,5	75,4	262,8	536,2	178,7
31	32	Silty Sand	0	32	22	27,13	409,20	8,2	77,9	291,5	700,7	233,6
32	36	Silty Sand	0	36	27	31,25	471,43	9,1	80,5	323,5	794,9	265,0
33	36	Silty Sand	0	36	31	33,38	503,49	9,9	83,0	355,5	859,0	286,3
34	40	Silty Sand	0	40	36	38,00	573,26	10,7	85,5	390,8	964,0	321,3
35	40	Silty Sand	0	40	38	39,00	588,34	11,5	88,0	426,1	1014,5	338,2
36	36	Silty Sand	0	36	38	37,00	558,17	12,2	90,5	458,3	1016,5	338,8
37	36	Silty Sand	0	36	38	37,00	558,17	12,8	93,0	490,4	1048,6	349,5
38	36	Silty Sand	0	36	37	36,50	550,63	13,4	95,5	522,6	1073,3	357,8
39	34	Silty Sand	0	34	36	34,75	524,23	13,9	98,1	553,2	1077,4	359,1
40	34	Silty Sand	0	34	35	34,50	520,46	14,4	100,6	583,8	1104,3	368,1
41	37	Silty Sand	0	37	35	36,13	544,97	15,0	103,1	616,9	1161,8	387,3
42	37	Silty Sand	0	37	36	36,25	546,86	15,5	105,6	650,0	1196,8	398,9
43	41	Silty Sand	0	41	37	39,13	590,23	16,0	108,1	686,4	1276,6	425,5
44	41	Silty Sand	0	41	39	40,00	603,43	16,6	110,6	722,8	1326,2	442,1
45	24	Silty Sand	0	24	36	29,88	450,69	16,8	113,1	745,3	1196,0	398,7
46	24	Clay	176	24	33	28,25	708,02	16,9	115,7	1156,6	1864,6	621,5
47	27	Clay	176	27	29	28,00	708,02	17,1	118,2	1181,7	1889,7	629,9
48	27	Clay	176	27	26	26,25	708,02	17,3	120,7	1206,9	1914,9	638,3
49	26	Clay	176	26	26	26,00	708,02	17,5	123,2	1232,0	1940,0	646,7
50	26	Clay	176	26	27	26,25	708,02	17,7	125,7	1257,1	1965,2	655,1

**Tabel Perbandingan Daya Dukung D 812,6 mm**

Kedalaman (m)	N		Qp (Ton)		Qs (Ton)		Qu (Ton)		Qjin (Ton)	
	BH 5	BH 6	BH 5 L. Decourt	BH 5 OCDI	BH 5 L. Decourt	BH 5 OCDI	BH 5 L. Decourt	BH 5 OCDI	BH 5 L. Decourt	BH 5 OCDI
0	5	6	184,80	47,14	0,00	0,00	184,80	47,14	61,60	15,71
1	5	6	188,45	56,57	10,90	2,51	199,35	59,09	66,45	19,70
2	5	6	173,11	66,00	21,79	5,03	194,90	71,03	64,97	23,68
3	6	6	160,88	84,86	32,42	7,92	193,30	92,78	64,43	30,93
4	6	6	150,76	86,74	45,95	10,86	196,71	97,60	65,57	32,53
5	4	5	146,13	69,77	53,79	12,99	199,92	82,76	66,64	27,59
6	4	5	139,83	67,89	61,05	12,07	200,88	79,95	66,96	26,65
7	4	6	127,21	64,11	67,85	17,16	195,07	81,27	65,02	27,09
8	7	6	109,83	88,63	77,20	20,56	187,03	109,19	62,34	36,40
9	7	8	105,95	94,29	86,00	23,99	191,95	118,27	63,98	39,42
10	7	8	103,57	99,94	94,37	70,86	197,93	170,80	65,98	56,93
11	4	14	104,69	77,31	100,16	76,83	204,86	154,14	68,29	51,38
12	5	14	97,93	81,09	106,70	83,55	204,63	164,64	68,21	54,88
13	5	15	92,59	77,31	113,17	90,27	205,77	167,59	68,59	55,86
14	6	15	88,32	82,97	120,35	97,78	208,67	180,75	69,56	60,25
15	6	18	91,57	86,74	127,45	105,29	219,02	192,03	73,01	64,01
16	6	18	90,25	88,63	134,46	112,80	224,71	201,43	74,90	67,14
17	6	24	88,99	90,51	141,41	120,31	230,40	210,83	76,80	70,28
18	6	24	100,07	90,51	148,29	127,83	248,36	218,35	82,79	72,78
19	5	21	98,52	81,09	154,39	134,56	252,90	215,64	84,30	71,88
20	5	21	97,04	79,20	160,44	141,28	257,48	220,48	85,83	73,49
21	6	26	95,64	86,74	167,14	148,80	262,78	235,54	87,59	78,51
22	6	26	107,88	86,74	173,78	156,32	281,66	243,07	93,89	81,02
23	6	29	122,44	88,63	180,37	163,85	302,80	252,48	100,93	84,16
24	6	29	136,83	90,51	186,90	171,37	323,73	261,89	107,91	87,30
25	12	34	147,35	147,09	197,35	183,74	344,70	330,82	114,90	110,27
26	12	34	157,76	158,40	207,70	196,11	365,46	354,51	121,82	118,17
27	12	17	168,06	169,71	217,95	208,51	386,00	378,22	128,67	126,07
28	19	17	194,43	247,03	227,71	226,57	422,14	473,60	140,71	157,87
29	19	19	211,62	260,23	237,39	244,67	449,02	504,90	149,67	168,30
30	19	19	228,41	273,43	246,98	262,78	475,40	536,21	158,47	178,74
31	32	23	249,59	409,20	261,21	291,47	510,80	700,67	170,27	233,56
32	36	23	271,63	471,43	276,67	323,45	548,31	794,88	182,77	264,96
33	36	27	288,61	503,49	291,92	355,48	580,53	858,96	193,51	286,32
34	40	27	305,24	573,26	308,34	390,79	613,58	964,05	204,53	321,35
35	40	24	305,33	588,34	324,54	426,15	629,87	1014,49	209,96	338,16
36	36	24	298,37	558,17	339,17	458,28	637,54	1016,45	212,51	338,82
37	36	26	291,59	558,17	353,61	490,44	645,20	1048,61	215,07	349,54
38	36	26	283,42	550,63	367,87	522,63	651,28	1073,26	217,09	357,75
39	34	29	275,45	524,23	381,30	553,21	656,75	1077,43	218,92	359,14
40	34	29	276,44	520,46	394,57	583,80	671,00	1104,26	223,67	368,09
41	37	31	277,66	544,97	408,61	616,88	686,27	1161,85	228,76	387,28
42	37	31	261,82	546,86	422,48	649,97	684,30	1196,83	228,10	398,94
43	41	35	248,57	590,23	437,40	686,36	685,97	1276,59	228,66	425,53
44	41	35	229,66	603,43	452,20	722,77	681,86	1326,20	227,29	442,07
45	24	38	207,93	450,69	461,83	745,27	669,76	1195,95	223,25	398,65
46	24	38	194,44	708,02	471,40	1156,57	665,83	1864,59	221,94	621,53
47	18	29	177,12	708,02	479,15	1181,71	656,27	1889,74	218,76	629,91
48	18	29	162,88	708,02	486,85	1206,86	649,73	1914,88	216,58	638,29
49	26	24	165,97	708,02	496,79	1232,00	662,76	1940,02	220,92	646,67
50	26	24	173,62	708,02	506,66	1257,14	680,28	1965,17	226,76	655,06

TUGAS AKHIR RC-141501  
PERENCANAAN DERMAGA PUPUK NPK DI TERSUS PT. PUPUK  
KALIMANTAN TIMUR UNTUK KAPAL BULK CARRIER DENGAN  
KAPASITAS 10.000 DWT



Nama Mahasiswa  
MUHAMMAD DWI NUGROHO (03111745000042)

Dosen Pembimbing  
1. Ir. FUDDOLY, M.Sc  
2. CAHYA BUANA, ST., MT

PROGRAM STUDI S-1 LINTAS JALUR  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERENCANAAN DAN KEBUMIAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2020

DRAWING LIST		REVISI
DRAWING NO.	DRAWING TITLE	
001	COVER	A
002	DRAWING TABLE OF CONTENT	A
003	GENERAL LAYOUT	A
004	MOORING SYSTEM BULK CARRIER 10.000 DWT	A
005	LAYOUT BELT CONVEYOR DAN QUADRANT SHIPLOADER	A
006	LAYOUT DERMAGA PUPUK NPK	A
007	LAYOUT DERMAGA PUPUK NPK	A
008	TAMPAK SAMPING DAN DEPAN	A
009	TAMPAK SAMPING KONDISI PASANG DAN SURUT	A
010	DETAIL TRESTLE	A
011	DENAH TIANG PANCANG	A
012	PENULANGAN PLAT TRESTLE	A
013	PENULANGAN BALOK MEMANJANG TRESTLE	A
014	PENULANGAN BALOK MELINTANG TRESTLE	A
015	PENULANGAN POER TRESTLE	A
016	PENULANGAN POER TRESTLE	A
017	DETAIL PIVOT	A
018	DENAH TIANG PANCANG	A
019	PENULANGAN PLAT PIVOT	A
020	PENULANGAN BALOK MEMANJANG PIVOT	A
021	PENULANGAN BALOK MELINTANG PIVOT	A
022	PENULANGAN POER TRESTLE	A
023	PENULANGAN POER TRESTLE	A
024	DETAIL LOADING PLATFORM	A
025	DENAH TIANG PANCANG	A
026	PENULANGAN PLAT LOADING PLATFORM	A
027	PENULANGAN BALOK MEMANJANG LOADING PLATFORM	A
028	PENULANGAN BALOK MEMANJANG LOADING PLATFORM	A
029	PENULANGAN BALOK MELINTANG LOADING PLATFORM	A
030	PENULANGAN POER LOADING PLATFORM	A
031	PENULANGAN POER LOADING PLATFORM	A
032	DETAIL MOORING DOLPHIN	A
033	PENULANGAN MOORING DOLPHIN	A
034	DETAIL BREASTING DOLPHIN	A
035	PENULANGAN BREASTING DOLPHIN	A
036	PENULANGAN BREASTING DOLPHIN	A
037	DETAIL SAMBUNGAN PILE	A
038	DETAIL FENDER	A
039	DETAIL BOLLARD	A
040	LAYOUT CATWALK	A
041	DETAIL CATWALK TIPE 1	A
042	DETAIL CATWALK TIPE 2	A
043	DETAIL CATWALK TIPE 3	A
044	DETAIL CATWALK TIPE 4	A
045	PENULANGAN DUDUKAN CATWALK	A
046	DETAIL DILATASI	A

LEGENDA DAN KETERANGAN

CATATAN

1. SEMUA DIMENSI DITULIS DALAM SATUAN MILIMETER KECUALI KETERANGAN LAIN
2. SEMUA LEVEL DALAM METER DI UKUR DARI LWS  $\pm 0.00$
3. MATERIAL BETON MENGGUNAKAN  $f'_c = 35 \text{ MPa}$
4. MATERIAL TIANG PANCANG HARUS MENGACU ASTM A252 GRADE 2 DENGAN TEGANGAN LELEH  $240 \text{ kg/cm}^2$
5. TIANG PANCANG DIPROTEKSI DENGAN COATING DAN HDPE
6. MUTU BAJA TULANGAN MENGACU PADA SNI D MENANDAKAN TULANGAN ULIR DENGAN  $f_y = 390 \text{ MPa}$
7. MENANDAKAN TULANGAN POLOS DENGAN  $f_y = 240 \text{ MPa}$
8. PROFIL BAJA HARUS MENGACU ASTM A36
9. SEMUA GAMBAR SESUAI DENGAN SPECIFIKASI



PERENCANAAN DERMAGA PUPUK NPK DI TERSUS PT.  
PUPUK KALTIM UNTUK KAPAL BULK CARRIER DENGAN  
KAPASITAS 10.000 DWT

Dosen Pembimbing :  
Ir. PUDDOLY, M.Sc  
CAHYA BUANA, S.I., MT

Mahasiswa :  
MUHAMMAD DWI NUGROHO  
03111645000042

Judul Gambar :  
DRAWING TABLE OF CONTENT

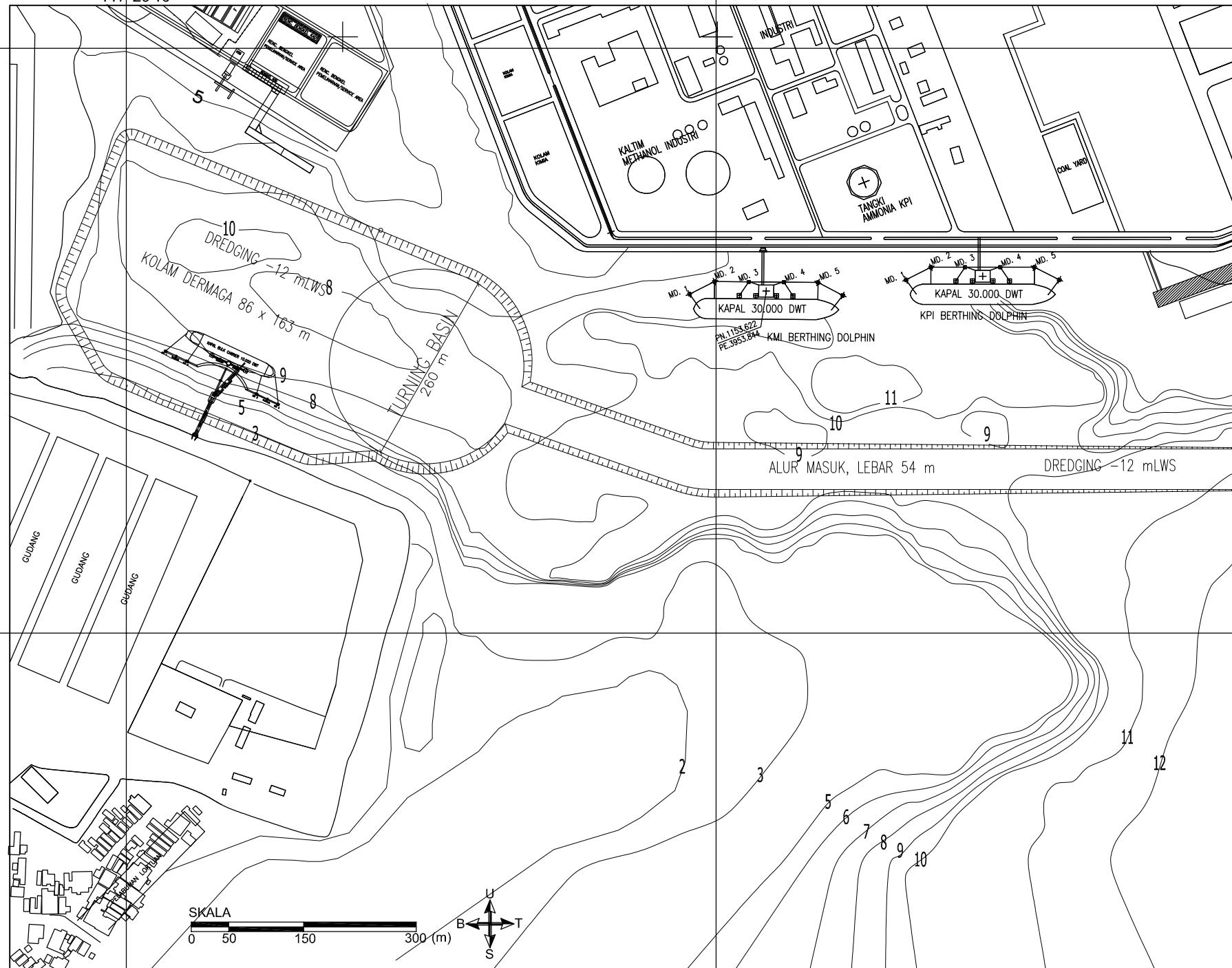
Nomor Drawing	Rev	Skala
002	A	-

117°29'10"

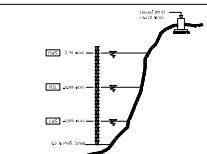
117°29'40"

0°10'30"

0°10'10"



## LEGENDA DAN KETERANGAN



## CATATAN

- SEMUA DIMENSI DITULIS DALAM SATUAN MILIMETER KECUALI KETERANGAN LAIN
- SEMUA LEVEL DALAM METER DI UKUR DARI LWS ±0.00
- MATERIAL BETON MENGGUNAKAN  $f'_c = 35 \text{ MPa}$
- MATERIAL TIANG PANCANG HARUS MENGACU ASTM A252 GRADE 2 DENGAN TEKANAN LELEH  $240 \text{ kg/cm}^2$
- TIANG PANCANG DIPROTEKSI DENGAN COATING DAN HDPE
- MUTU BAJA TULANGAN MENGACU PADA SNI D MENANDAKAN TULANGAN ULIR DENGAN  $f_y = 390 \text{ MPa}$  & MENANDAKAN TULANGAN POLOS DENGAN  $f_y = 240 \text{ MPa}$
- PROFIL BAJA HARUS MENGACU ASTM A36
- SEMUA GAMBAR SESUAI DENGAN SPECIFIKASI



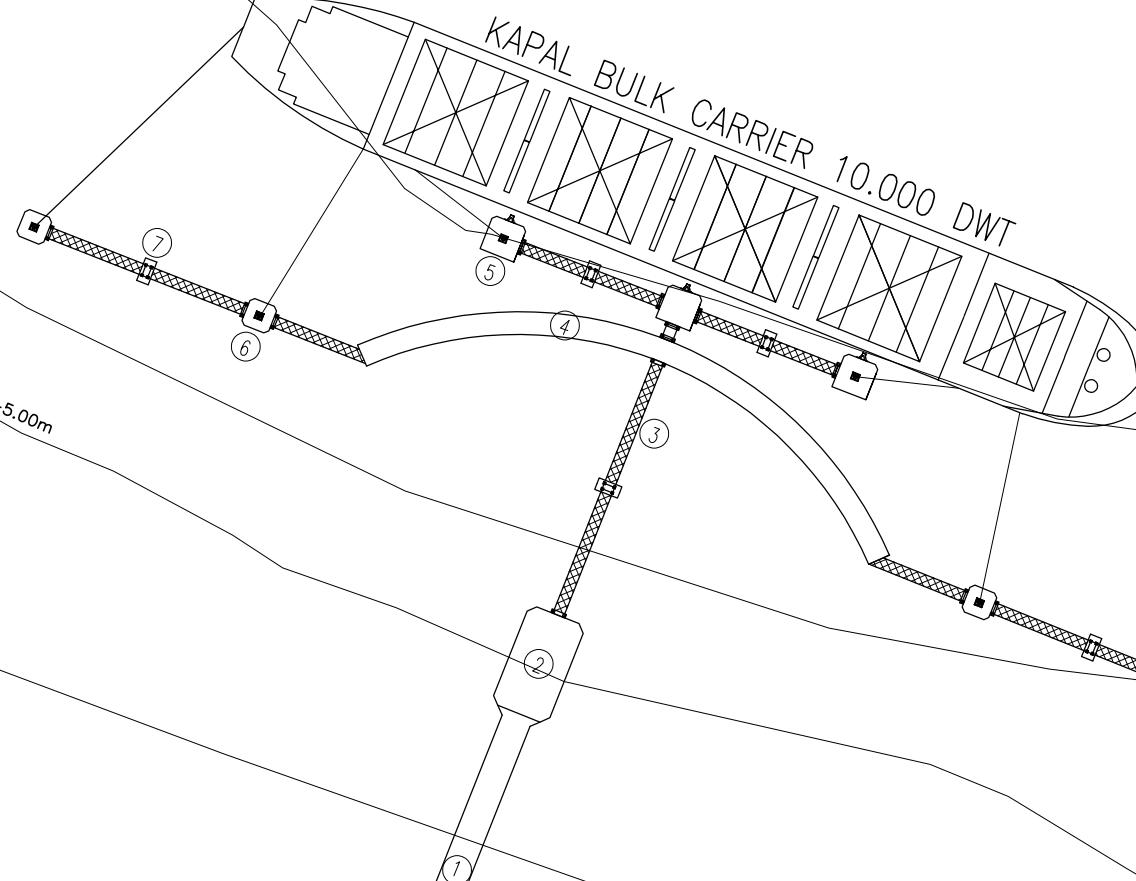
PERENCANAAN DERMAGA PUPUK NPK DI TERSUS PT. PUPUK KALTIM UNTUK KAPAL BULK CARRIER DENGAN KAPASITAS 10.000 DWT

Dosen Pembimbing :  
Ir. FUDDOLY, M.Sc  
CAHYA BUANA, S.T., MT

Mahasiswa :  
MUHAMMAD DWI NUGROHO  
0311164500042

Judul Gambar :  
**GENERAL LAYOUT**

Nomor Drawing	Rev	Skala
003	A	-



#### LEGENDA DAN KETERANGAN

1. TRESTLE
2. PIVOT
3. CATWALK
4. RADIAL LOADING PLATFORM
5. BREASTING DOLPHIN
6. MOORING DOLPHIN
7. DUDUKAN CATWALK

#### CATATAN

1. SEMUA DIMENSI DITULIS DALAM SATUAN MILIMETER KECUALI KETERANGAN LAIN
2. SEMUA LEVEL DALAM METER DI UKUR DARI LWS ±0.00
3. MATERIAL BETON MENGGUNAKAN  $f'_c = 35 \text{ MPa}$
4. MATERIAL TIANG PANCANG HARUS MENGACU ASTM A252 GRADE 2 DENGAN TEKANAN LELEH  $240 \text{ kg/cm}^2$
5. TIANG PANCANG DIPROTEKSI DENGAN COATING DAN HDPE
6. MUTU BAJA TULANGAN ULIR DENGAN  $f_y = 390 \text{ MPa}$   
D MENANDAKAN TULANGAN ULIR DENGAN  $f_y = 240 \text{ MPa}$
7. PROFIL BAJA HARUS MENGACU ASTM A36
8. SEMUA GAMBAR SESUAI DENGAN SPECIFIKASI



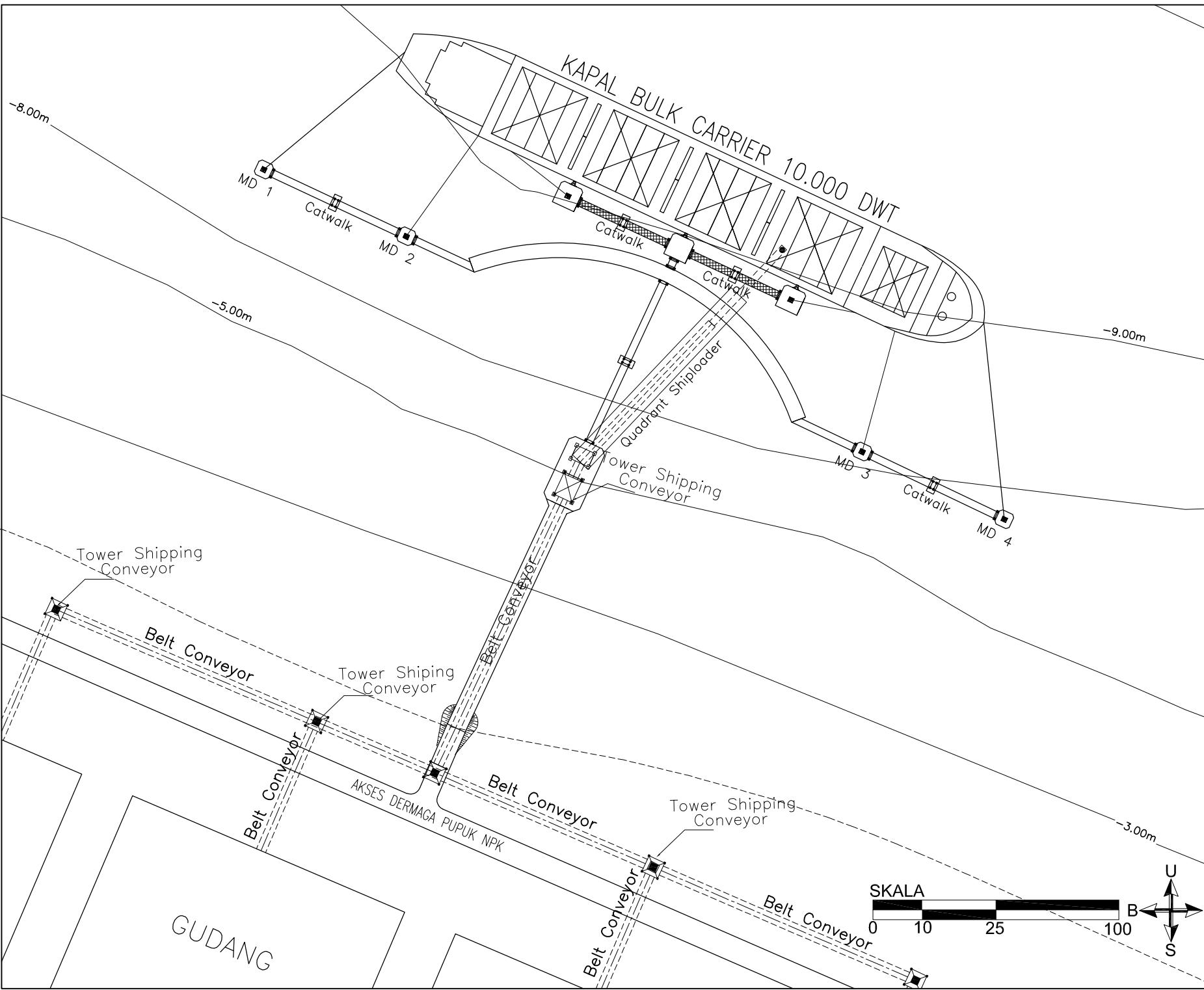
PERENCANAAN DERMAGA PUPUK NPK DI TERSUS PT.  
PUPUK KALTIM UNTUK KAPAL BULK CARRIER DENGAN  
KAPASITAS 10.000 DWT

Dosen Pembimbing :  
Ir. PUDDOLY, M.Sc  
CAHYA BUANA, ST., MT

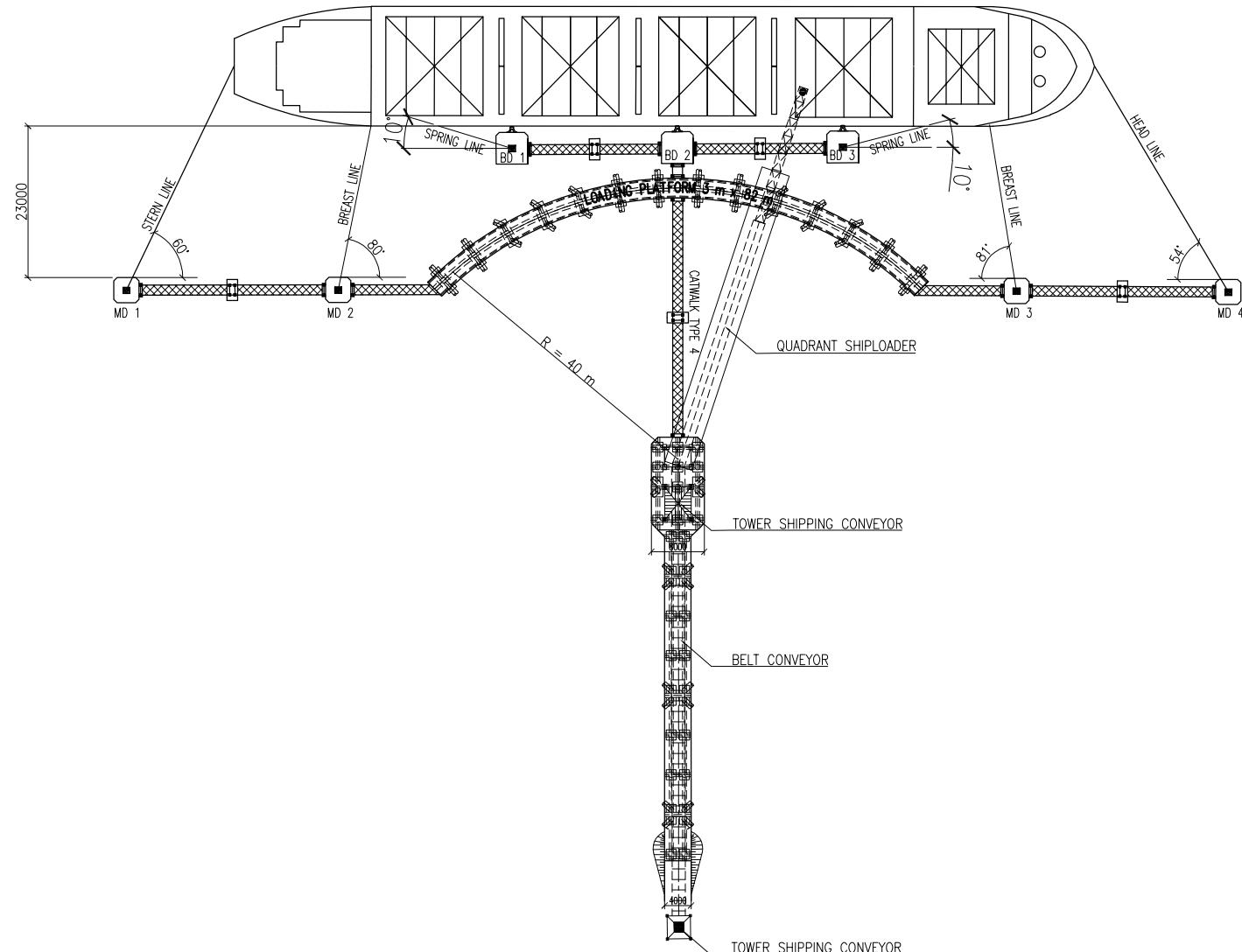
Mahasiswa :  
MUHAMMAD DWI NUGROHO  
03111645000028

Judul Gambar :  
MOORING SYSTEM BULK CARRIER  
10.000 DWT

Nomor Drawing	Rev	Skala
004	A	-



# KAPAL BULK CARRIER 10.000 DWT



LEGENDA DAN KETERANGAN

CATATAN

1. SEMUA DIMENSI DITULIS DALAM SATUAN MILIMETER KECUALI KETERANGAN LAIN
2. SEMUA LEVEL DALAM METER DI UKUR DARI LWS ±0.00
3. MATERIAL BETON MENGGUNAKAN  $f'_c = 35 \text{ MPa}$
4. MATERIAL TIANG PANCANG HARUS MENGACU ASTM A252 GRADE 2 DENGAN TEGANGAN LELEH  $240 \text{ kg/cm}^2$
5. TIANG PANCANG DIPROTEKSI DENGAN COATING DAN HDPE
6. MUTU BAJA TULANGAN MENGACU PADA SNI D MENANDAKAN TULANGAN ULIR DENGAN  $f_y = 390 \text{ MPa}$   
◊ MENANDAKAN TULANGAN POLOS DENGAN  $f_y = 240 \text{ MPa}$
7. PROFIL BAJA HARUS MENGACU ASTM A36
8. SEMUA GAMBAR SESUAI DENGAN SPECIFIKASI



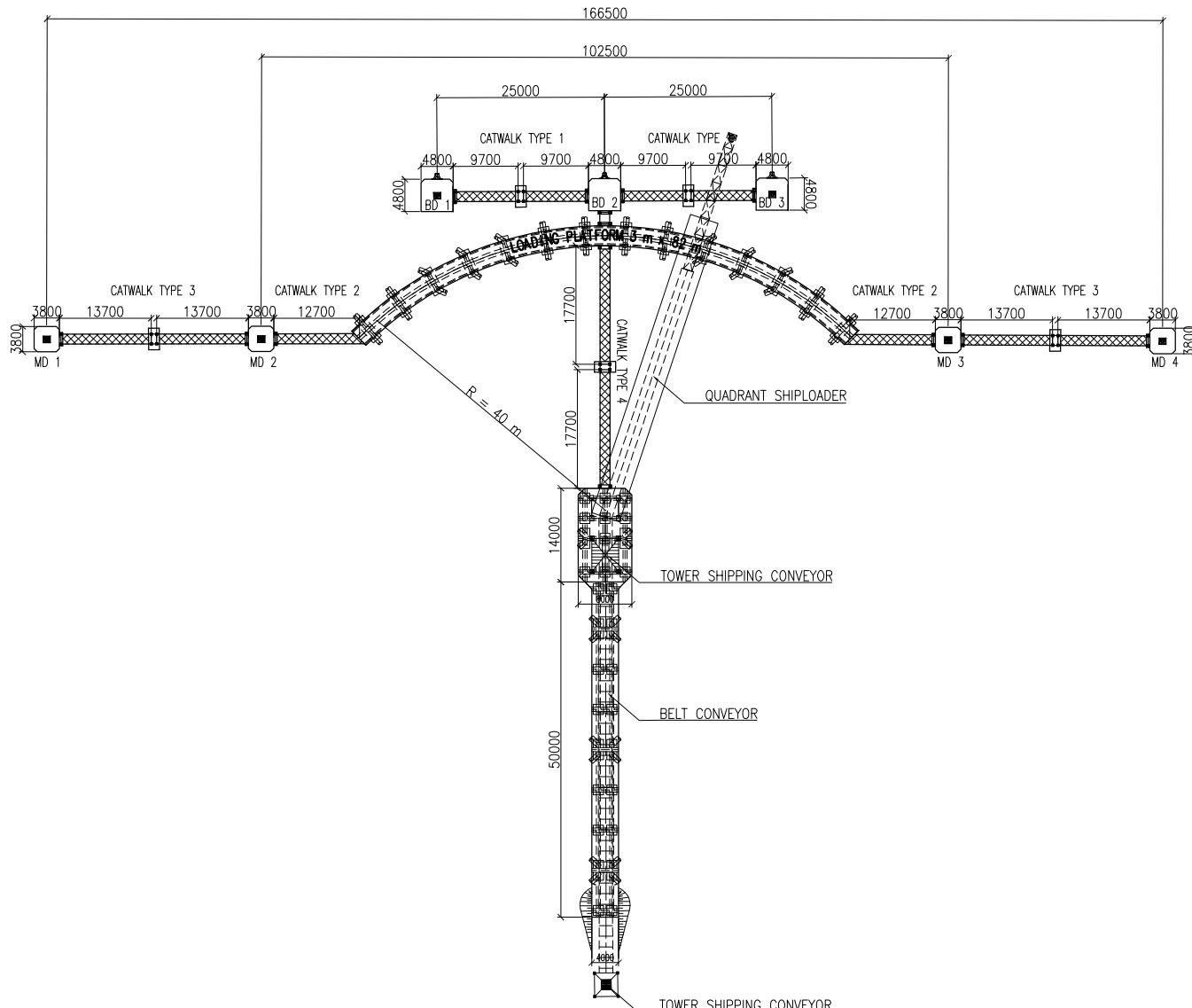
PERENCANAAN DERMAGA PUPUK NPK DI TERSUS PT.  
PUPUK KALTIM UNTUK KAPAL BULK CARRIER DENGAN  
KAPASITAS 10.000 DWT

Dosen Pembimbing :  
Ir. PUDDOLY, M.Sc  
CAHYA BUANA, ST., MT

Mahasiswa :  
MUHAMMAD DWI NUGROHO  
0311164500028

Judul Gambar :  
LAYOUT DERMAGA PUPUK NPK

Nomor Drawing	Rev	Skala
006	A	-



## LAYOUT DERMAGA PUPUK NPK

Skala 1:1000

### LEGENDA DAN KETERANGAN

### CATATAN

- SEMUA DIMENSI DITULIS DALAM SATUAN MILIMETER KECUALI KETERANGAN LAIN
- SEMUA LEVEL DALAM METER DI UKUR DARI LWS ± 0.00
- MATERIAL BETON MENGGUNAKAN  $f'_c = 35 \text{ MPa}$
- MATERIAL TIANG PANCANG HARUS MENGACU ASTM A252 GRADE 2 DENGAN TEGANGAN LELEH  $240 \text{ kg/cm}^2$
- TIANG PANCANG DIPROTEKSI DENGAN COATING DAN HDPE
- MUTU BAJA TULANGAN MENGACU PADA SNI D MENANDAKAN TULANGAN ULIR DENGAN  $f_y = 390 \text{ MPa}$  & MENANDAKAN TULANGAN POLOS DENGAN  $f_y = 240 \text{ MPa}$
- PROFIL BAJA HARUS MENGACU ASTM A36
- SEMUA GAMBAR SESUAI DENGAN SPECIFIKASI



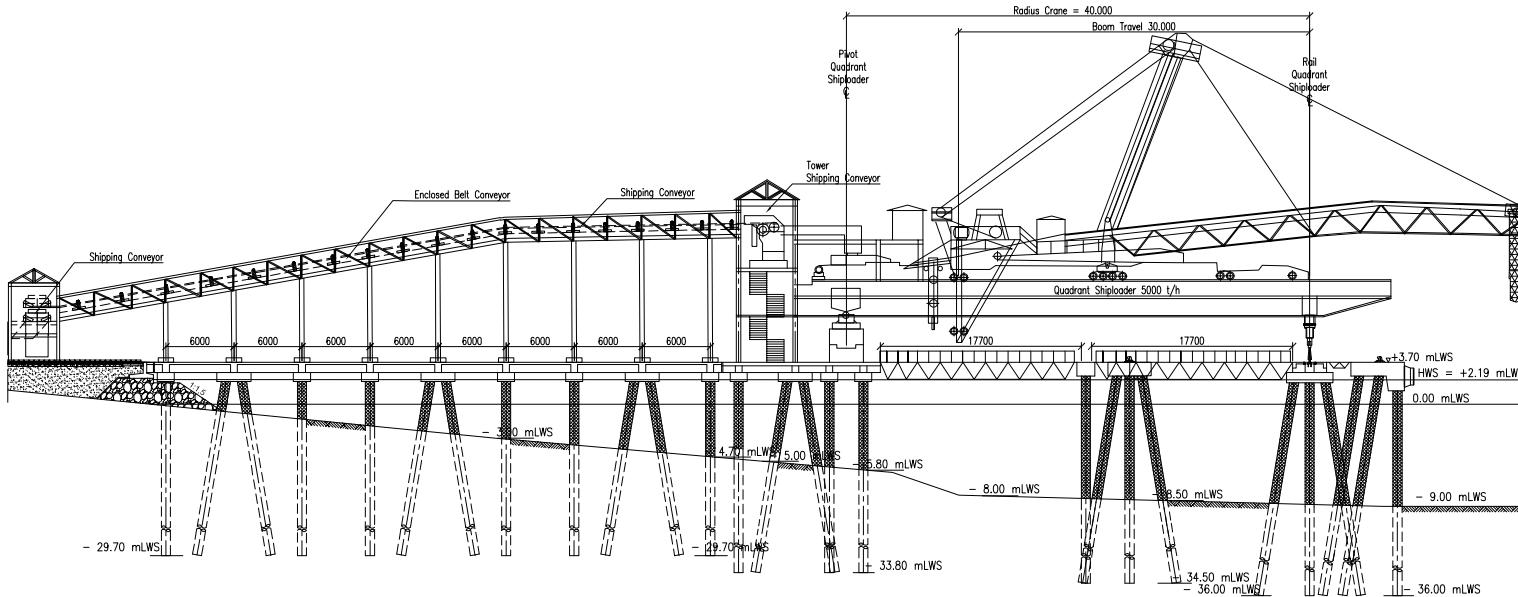
PERENCANAAN DERMAGA PUPUK NPK DI TERSUS PT.  
PUPUK KALTIM UNTUK KAPAL BULK CARRIER DENGAN  
KAPASITAS 10.000 DWT

Dosen Pembimbing :  
Ir. PUDDOLY, M.Sc  
CAHYA BUANA, ST., MT

Mahasiswa :  
MUHAMMAD DWI NUGROHO  
0311164500028

Judul Gambar :  
LAYOUT DERMAGA PUPUK NPK

Nomor Drawing	Rev	Skala
007	A	-



#### LEGENDA DAN KETERANGAN

#### CATATAN

1. SEMUA DIMENSI DITULIS DALAM SATUAN MILIMETER KECUALI KETERANGAN LAIN
2. SEMUA LEVEL DALAM METER DI UKUR DARI LWS ±0.00
3. MATERIAL BETON MENGGUNAKAN  $f'_c = 35 \text{ MPa}$
4. MATERIAL TIANG PANCANG HARUS MENGACU ASTM A252 GRADE 2 DENGAN TEGCAN LELEH  $240 \text{ kg/cm}^2$
5. TIANG PANCANG DIPROTEKSI DENGAN COATING DAN HDPE
6. MUTU BAJA TULANGAN MENGACU PADA SNI D MENANDAKAN TULANGAN ULR DENGAN  $f_y = 390 \text{ MPa}$
7. MENANDAKAN TULANGAN POLOS DENGAN  $f_y = 240 \text{ MPa}$
8. PROFIL BAJA HARUS MENGACU ASTM A36
9. SEMUA GAMBAR SESUAI DENGAN SPECIFIKASI

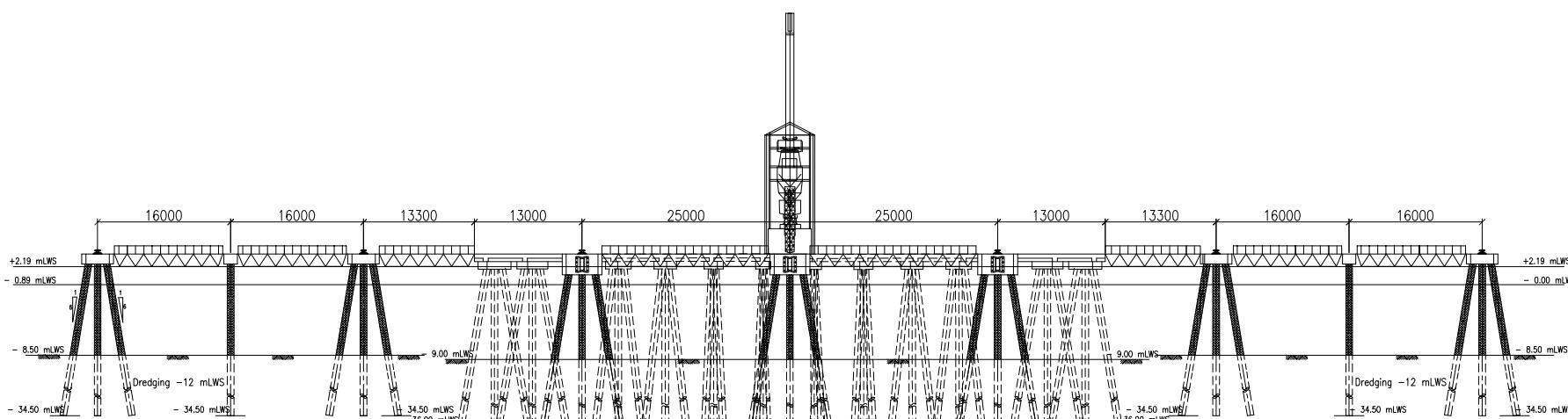


PERENCANAAN DERMAGA PUPUK NPK DI TERSUS PT.  
PUPUK KALTIM UNTUK KAPAL BULK CARRIER DENGAN  
KAPASITAS 10.000 DWT

Dosen Pembimbing :  
Ir. FUDDOLY, M.Sc  
CAHYA BUANA, ST., MT

Mahasiswa :  
MUHAMMAD DWI NUGROHO  
0311164500028

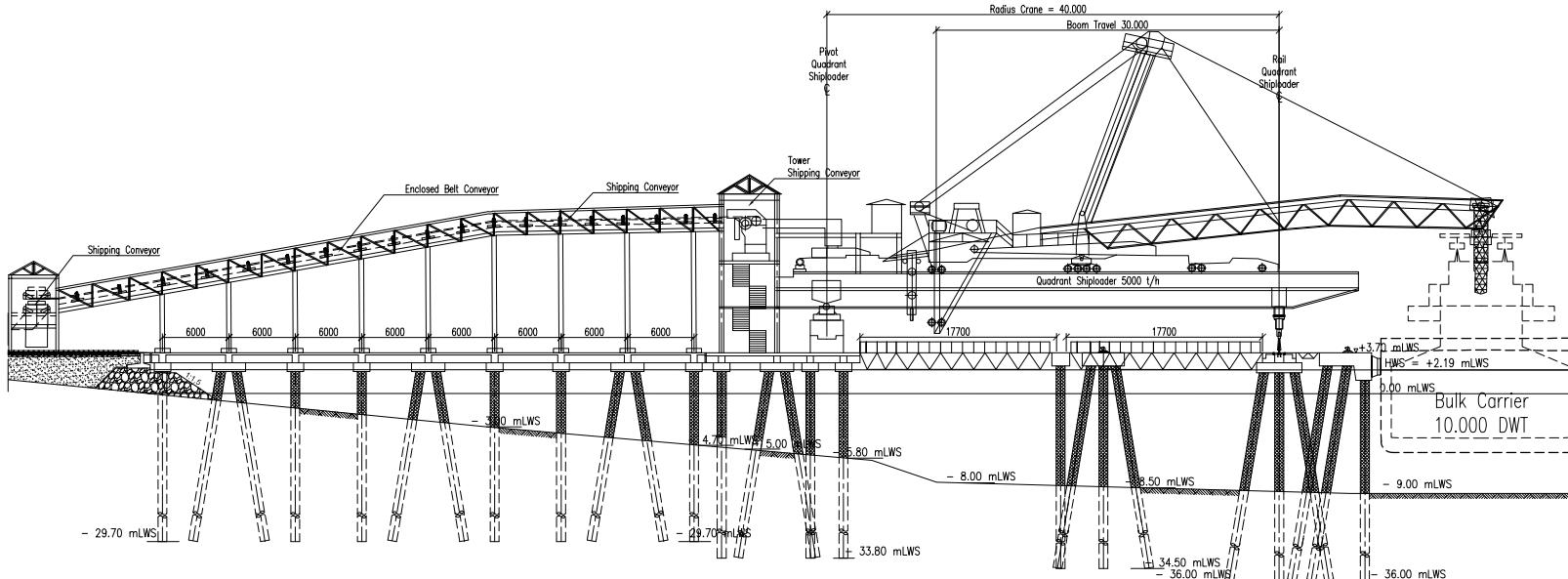
Judul Gambar :  
**TAMPAK SAMPING DAN DEPAN**



#### TAMPAK DEPAN

Skala 1:800

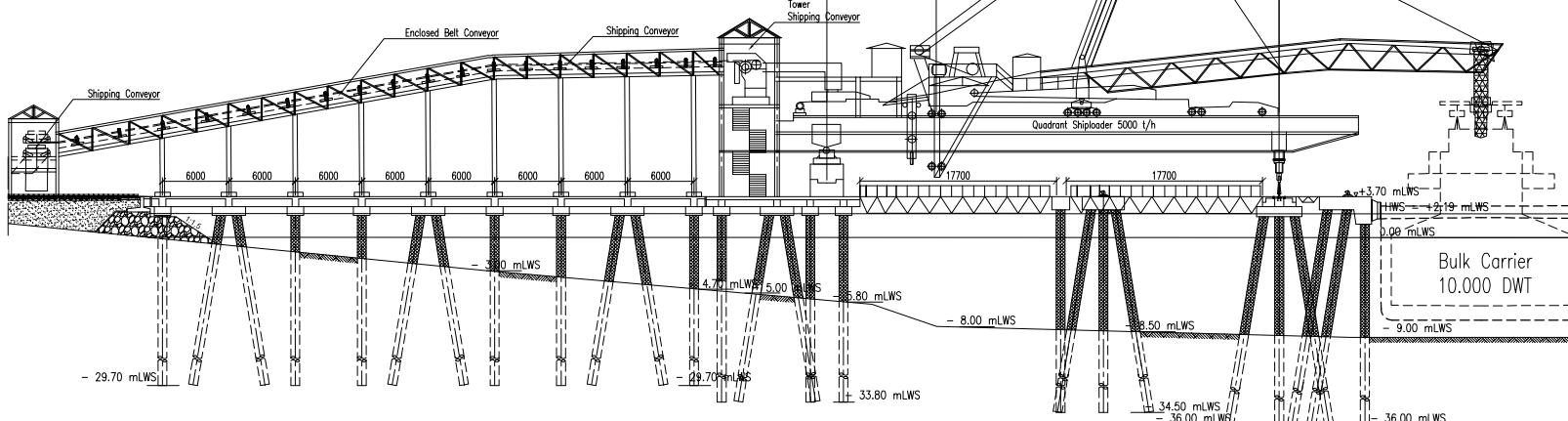
Nomor Drawing	Rev	Skala
008	A	-



#### LEGENDA DAN KETERANGAN

### TAMPAK SAMPING KAPAL KONDISI PASANG

Skala 1:650



### TAMPAK SAMPING KAPAL KONDISI SURUT

Skala 1:650

#### CATATAN

1. SEMUA DIMENSI DITULIS DALAM SATUAN MILIMETER KECUALI KETERANGAN LAIN
2. SEMUA LEVEL DALAM METER DI UKUR DARI LWS ± 0.00
3. MATERIAL BETON MENGGUNAKAN  $f'_c = 35 \text{ MPa}$
4. MATERIAL TIANG PANCANG HARUS MENGACU ASTM A252 GRADE 2 DENGAN TEGCAN LELEH  $240 \text{ kg/cm}^2$
5. TIANG PANCANG DIPROTEKSI DENGAN COATING DAN HDPE
6. MUTU BAJA TULANGAN MENGACU PADA SNI D MENANDAKAN TULANGAN ULR DENGAN  $f_y = 390 \text{ MPa}$
7. MENANDAKAN TULANGAN POLOS DENGAN  $f_y = 240 \text{ MPa}$
8. PROFIL BAJA HARUS MENGACU ASTM A36
9. SEMUA GAMBAR SESUAI DENGAN SPECIFIKASI



PERENCANAAN DERMAGA PUPUK NPK DI TERSUPTU PT.  
PUPUK KALTIM UNTUK KAPAL BULK CARRIER DENGAN  
KAPASITAS 10.000 DWT

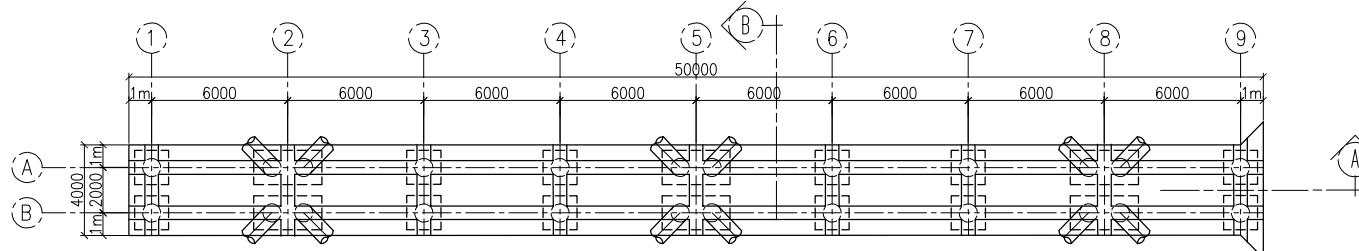
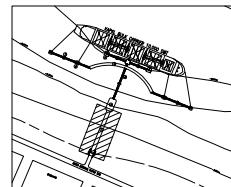
Dosen Pembimbing :  
Ir. FUDDOLY, M.Sc  
CAHYA BUANA, ST., MT

Mahasiswa :  
MUHAMMAD DWI NUGROHO  
0311164500028

Judul Gambar :  
TAMPAK SAMPING KONDISI PASANG  
DAN SURUT

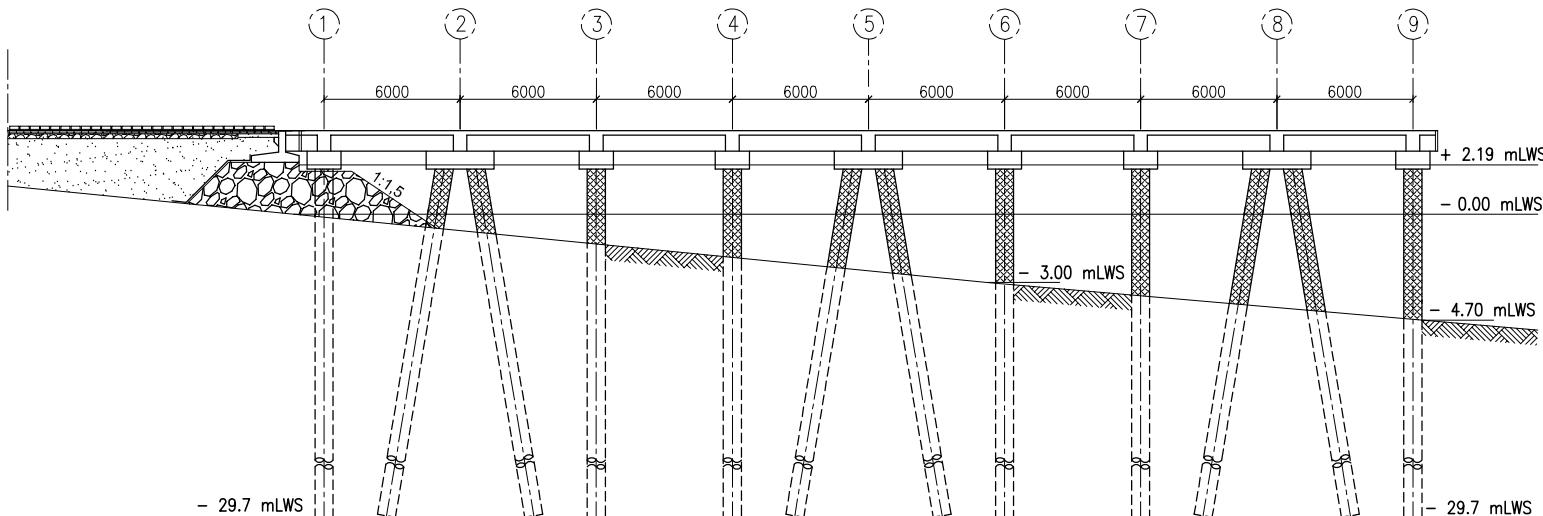
Nomor Drawing	Rev	Skala
009	A	-

## SITE PLAN



DENAH TRESTLE

Skala 1:300



## LEGENDA DAN KETERANGAN

## CATATAN

1. SEMUA DIMENSI DITULIS DALAM SATUAN MILIMETER KECUALI KETERANGAN LAIN
2. SEMUA LEVEL DALAM METER DI UKUR DARI LWS ±0.00
3. MATERIAL BETON MENGGUNAKAN  $f'_c = 35 \text{ MPa}$
4. MATERIAL TIANG PANCANG HARUS MENGACU ASTM A252 GRADE 2 DENGAN TEGCAN LELEH  $240 \text{ kg/cm}^2$
5. TIANG PANCANG DIPROTEKSI DENGAN COATING DAN HDPE
6. MUTU BAJA TULANGAN MENGACU PADA SNI D MENANDAKAN TULANGAN ULR DENGAN  $f_y = 390 \text{ MPa}$
7. MENANDAKAN TULANGAN POLOS DENGAN  $f_y = 240 \text{ MPa}$
8. PROFIL BAJA HARUS MENGACU ASTM A36
9. SEMUA GAMBAR SESUAI DENGAN SPECIFIKASI



PERENCANAAN DERMAGA PUPUK NPK DI TERSUS PT.  
PUPUK KALIMANTAN UNTUK KAPAL BULK CARRIER DENGAN  
KAPASITAS 10.000 DWT

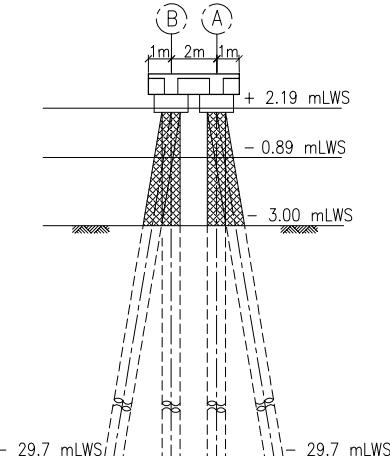
Dosen Pembimbing :  
Ir. FUDDOLY, M.Sc  
CAHYA BUANA, ST., MT

Mahasiswa :  
MUHAMMAD DWI NUGROHO  
0311164500028

Judul Gambar :  
DETAIL TRESTLE

POTONGAN A-A

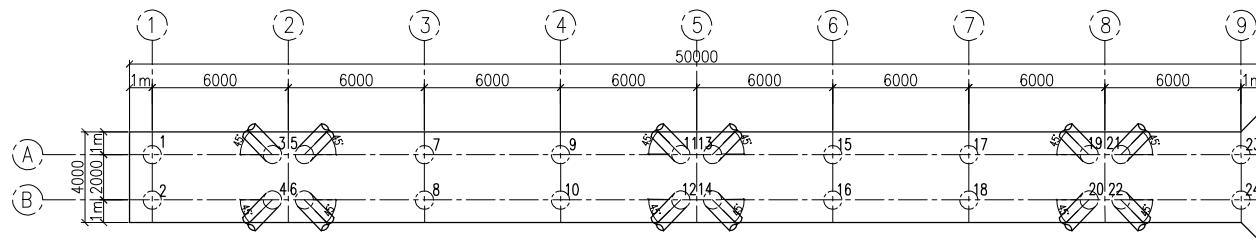
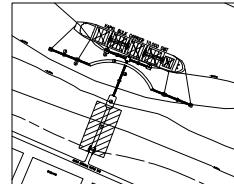
Skala 1:300



POTONGAN B-B

Skala 1:300

Nomor Drawing	Rev	Skala
010	A	-



## DENAH TIANG PANCANG

Skala 1:300

### LEGENDA DAN KETERANGAN

TABEL KOORDINAT

PILE NO	TYPE/ DIAMETER/THICK	PILE LENGTH (m)	BATTER	BOC LEVEL (m)	CUT OFF LEVEL (m)	COORDINATE	
						X	Y
01	SPP Ø812,8 t=16 mm	29.70	-	+2.000	+2.100	22832.273	57768.329
02	SPP Ø812,8 t=16 mm	29.70	-	+2.000	+2.100	22832.364	57768.287
03	SPP Ø812,8 t=16 mm	29.70	1H:6V	+2.000	+2.100	22832.384	57768.315
04	SPP Ø812,8 t=16 mm	29.70	1H:6V	+2.000	+2.100	22832.475	57768.311
05	SPP Ø812,8 t=16 mm	29.70	1H:6V	+2.000	+2.100	22832.414	57768.322
06	SPP Ø812,8 t=16 mm	29.70	1H:6V	+2.000	+2.100	22832.504	57768.318
07	SPP Ø812,8 t=16 mm	29.70	-	+2.000	+2.100	22832.525	57768.346
08	SPP Ø812,8 t=16 mm	29.70	-	+2.000	+2.100	22832.616	57768.341
09	SPP Ø812,8 t=16 mm	29.70	-	+2.000	+2.100	22832.651	57768.373
10	SPP Ø812,8 t=16 mm	29.70	-	+2.000	+2.100	22832.742	57768.369
11	SPP Ø812,8 t=16 mm	29.70	1H:6V	+2.000	+2.100	22832.762	57768.397
12	SPP Ø812,8 t=16 mm	29.70	1H:6V	+2.000	+2.100	22832.853	57768.393
13	SPP Ø812,8 t=16 mm	29.70	1H:6V	+2.000	+2.100	22832.791	57768.403
14	SPP Ø812,8 t=16 mm	29.70	1H:6V	+2.000	+2.100	22832.882	57768.399
15	SPP Ø812,8 t=16 mm	29.70	-	+2.000	+2.100	22832.903	57768.427
16	SPP Ø812,8 t=16 mm	29.70	-	+2.000	+2.100	22832.994	57768.423
17	SPP Ø812,8 t=16 mm	29.70	-	+2.000	+2.100	22833.029	57768.454
18	SPP Ø812,8 t=16 mm	29.70	-	+2.000	+2.100	22833.120	57768.450
19	SPP Ø812,8 t=16 mm	29.70	1H:6V	+2.000	+2.100	22833.140	57768.479
20	SPP Ø812,8 t=16 mm	29.70	1H:6V	+2.000	+2.100	22833.230	57768.475
21	SPP Ø812,8 t=16 mm	29.70	1H:6V	+2.000	+2.100	22833.169	57768.485
22	SPP Ø812,8 t=16 mm	29.70	1H:6V	+2.000	+2.100	22833.260	57768.481
23	SPP Ø812,8 t=16 mm	29.70	-	+2.000	+2.100	22833.280	57768.509
24	SPP Ø812,8 t=16 mm	29.70	-	+2.000	+2.100	22833.370	57768.505



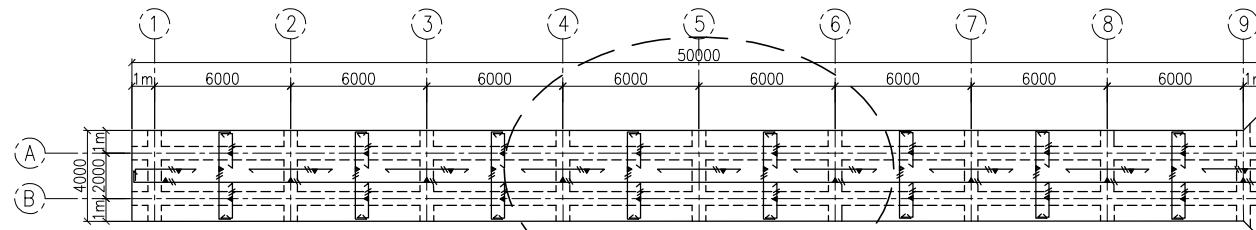
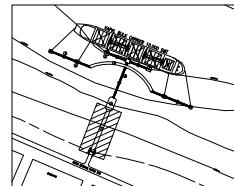
PERENCANAAN DERMAGA PUPUK NPK DI TERSUS PT.  
PUPUK KALTIM UNTUK KAPAL BULK CARRIER DENGAN  
KAPASITAS 10.000 DWT

Dosen Pembimbing :  
Ir. PUDDOLY, M.Sc  
CAHYA BUANA, S.I., MT

Mahasiswa :  
MUHAMMAD DWI NUGROHO  
0311164500028

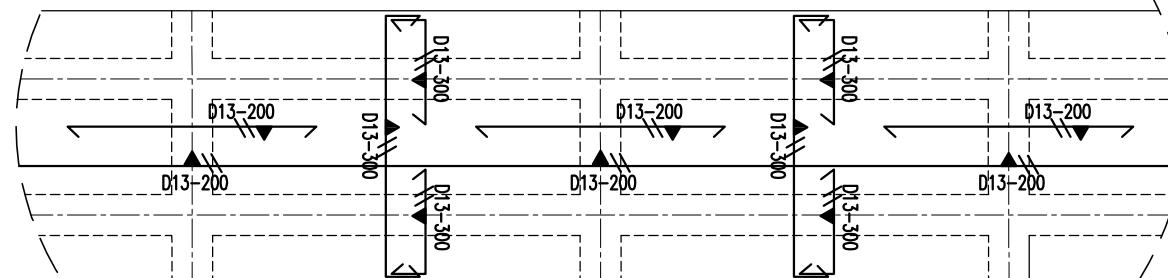
Judul Gambar :  
**DENAH TIANG PANCANG**

Nomor Drawing	Rev	Skala
011	A	-



### DENAH PENULANGAN

Skala 1:300



### DETAIL PENULANGAN

Skala 1:150

#### LEGENDA DAN KETERANGAN

#### CATATAN

1. SEMUA DIMENSI DITULIS DALAM SATUAN MILIMETER KECUALI KETERANGAN LAIN
2. SEMUA LEVEL DALAM METER DI UKUR DARI LWS ±0.00
3. MATERIAL BETON MENGGUNAKAN  $f'_c = 35 \text{ MPa}$
4. MATERIAL TIANG PANCANG HARUS MENGACU ASTM A252 GRADE 2 DENGAN TEGANGAN LELEH  $240 \text{ kg/cm}^2$
5. TIANG PANCANG DIPROTEKSI DENGAN COATING DAN HDPE
6. MUTU BAJA TULANGAN MENGACU PADA SNI D MENANDAKAN TULANGAN ULIR DENGAN  $f_y = 390 \text{ MPa}$
7. MENANDAKAN TULANGAN POLOS DENGAN  $f_y = 240 \text{ MPa}$
8. PROFIL BAJA HARUS MENGACU ASTM A36
9. SEMUA GAMBAR SESUAI DENGAN SPECIFIKASI



PERENCANAAN DERMAGA PUPUK NPK DI TERSUS PT.  
PUPUK KALTIM UNTUK KAPAL BULK CARRIER DENGAN  
KAPASITAS 10.000 DWT

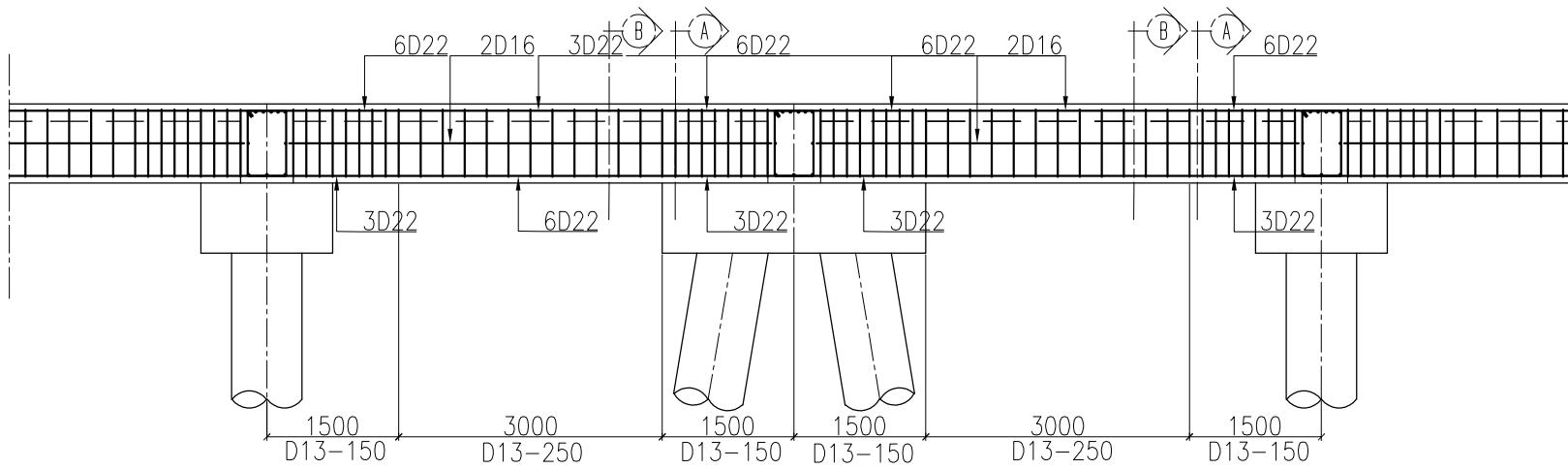
Dosen Pembimbing :  
Ir. FUDDOLY, M.Sc  
CAHYA BUANA, ST., MT

Mahasiswa :  
MUHAMMAD DWI NUGROHO  
03111645000028

Judul Gambar :

PENULANGAN PLAT TRESTLE

Nomor Drawing	Rev	Skala
012	A	-



LEGENDA DAN KETERANGAN

CATATAN

1. SEMUA DIMENSI DITULIS DALAM SATUAN MILIMETER KECUALI KETERANGAN LAIN
2. SEMUA LEVEL DALAM METER DI UKUR DARI LWS ±0.00
3. MATERIAL BETON MENGGUNAKAN  $f'_c = 35 \text{ MPa}$
4. MATERIAL TIANG PANCANG HARUS MENGACU ASTM A252 GRADE 2 DENGAN TEGANGAN LELEH  $240 \text{ kg/cm}^2$
5. TIANG PANCANG DIPROTEKSI DENGAN COATING DAN HDPE
6. MUTU BAJA TULANGAN MENGACU PADA SNI D MENANDAKAN TULANGAN ULIR DENGAN  $f_y = 390 \text{ MPa}$
7. PROFIL BAJA HARUS MENGACU ASTM A36
8. SEMUA GAMBAR SESUAI DENGAN SPECIFIKASI



PERENCANAAN DERMAGA PUPUK NPK DI TERSUS PT.  
PUPUK KALTIM UNTUK KAPAL BULK CARRIER DENGAN  
KAPASITAS 10.000 DWT

Dosen Pembimbing :  
Ir. FUDDOLY, M.Sc  
CAHYA BUANA, S.T., MT

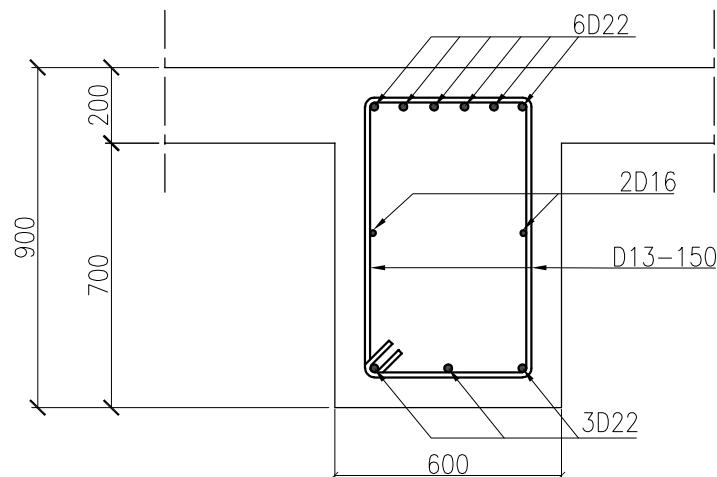
Mahasiswa :  
MUHAMMAD DWI NUGROHO  
0311164500028

Judul Gambar :  
PENULANGAN BALOK MEMANJANG  
TRESTLE

Nomor Drawing	Rev	Skala
013	A	-

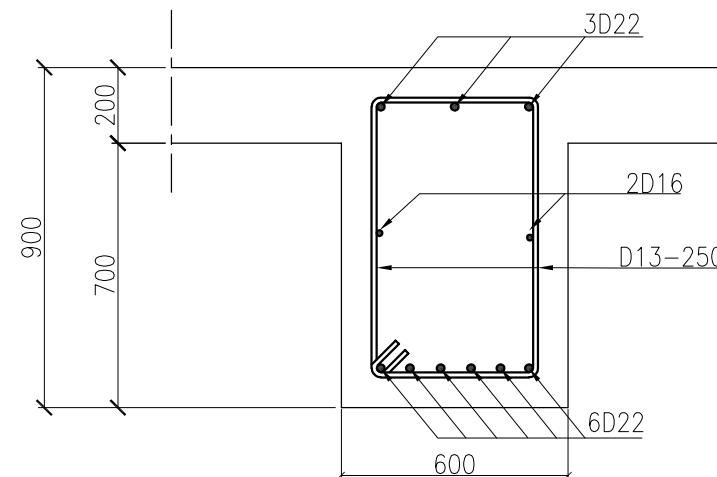
TAMPAK SAMPING

Skala 1:80



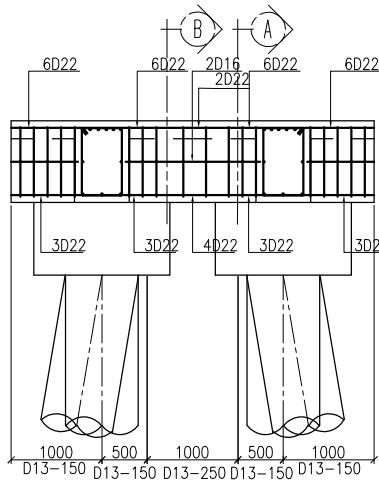
POTONGAN A-A

Skala 1:20



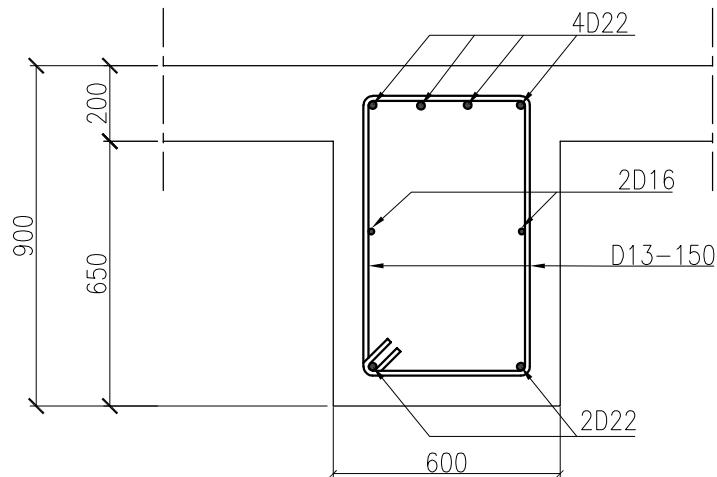
POTONGAN B-B

Skala 1:20



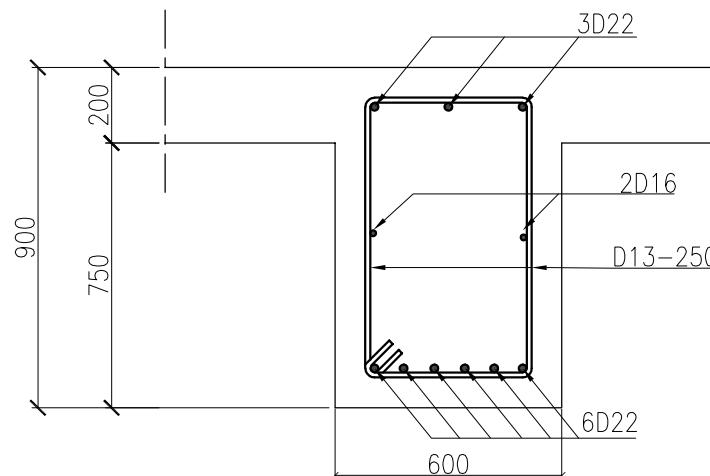
TAMPAK DEPAN

Skala 1:80



POTONGAN A-A

Skala 1:20



POTONGAN B-B

Skala 1:20

LEGENDA DAN KETERANGAN

CATATAN

1. SEMUA DIMENSI DITULIS DALAM SATUAN MILIMETER KECUALI KETERANGAN LAIN
2. SEMUA LEVEL DALAM METER DI UKUR DARI LWS ±0.00
3. MATERIAL BETON MENGGUNAKAN  $f'_c = 35 \text{ MPa}$
4. MATERIAL TIANG PANCANG HARUS MENGACU ASTM A252 GRADE 2 DENGAN TEGANGAN LELEH  $240 \text{ kg/cm}^2$
5. TIANG PANCANG DIPROTEKSI DENGAN COATING DAN HDPE
6. MUTU BAJA TULANGAN MENGACU PADA SNI D MENANDAKAN TULANGAN ULIR DENGAN  $f_y = 390 \text{ MPa}$
7. PROFIL BAJA HARUS MENGACU ASTM A36
8. SEMUA GAMBAR SESUAI DENGAN SPECIFIKASI



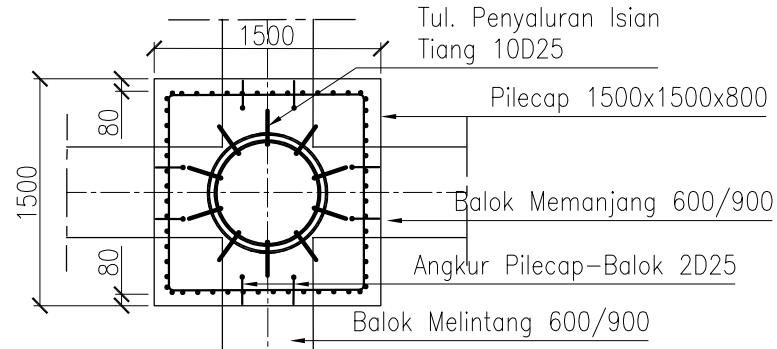
PERENCANAAN DERMAGA PUPUK NPK DI TERSUS PT.  
PUPUK KALTIM UNTUK KAPAL BULK CARRIER DENGAN  
KAPASITAS 10.000 DWT

Dosen Pembimbing :  
Ir. FUDDOLY, M.Sc  
CAHYA BUANA, S.T., MT

Mahasiswa :  
MUHAMMAD DWI NUGROHO  
0311164500028

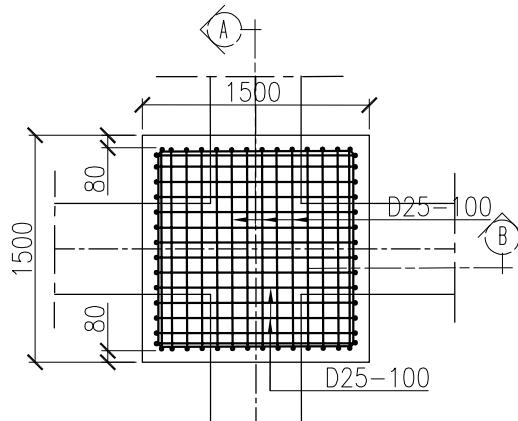
Judul Gambar :  
PENULANGAN BALOK MELINTANG  
TRESTLE

Nomor Drawing	Rev	Skala
014	A	-



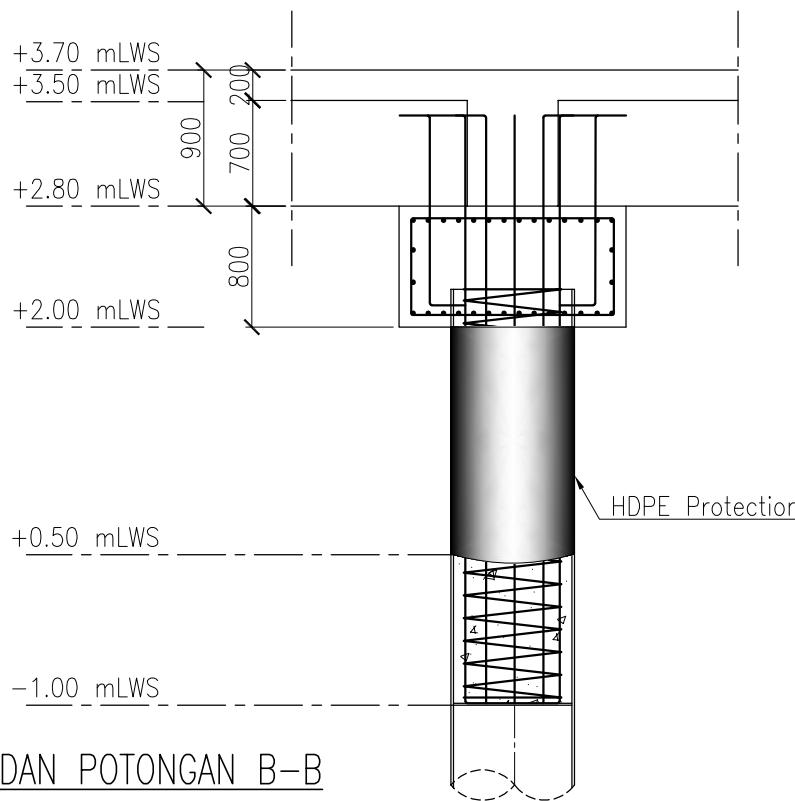
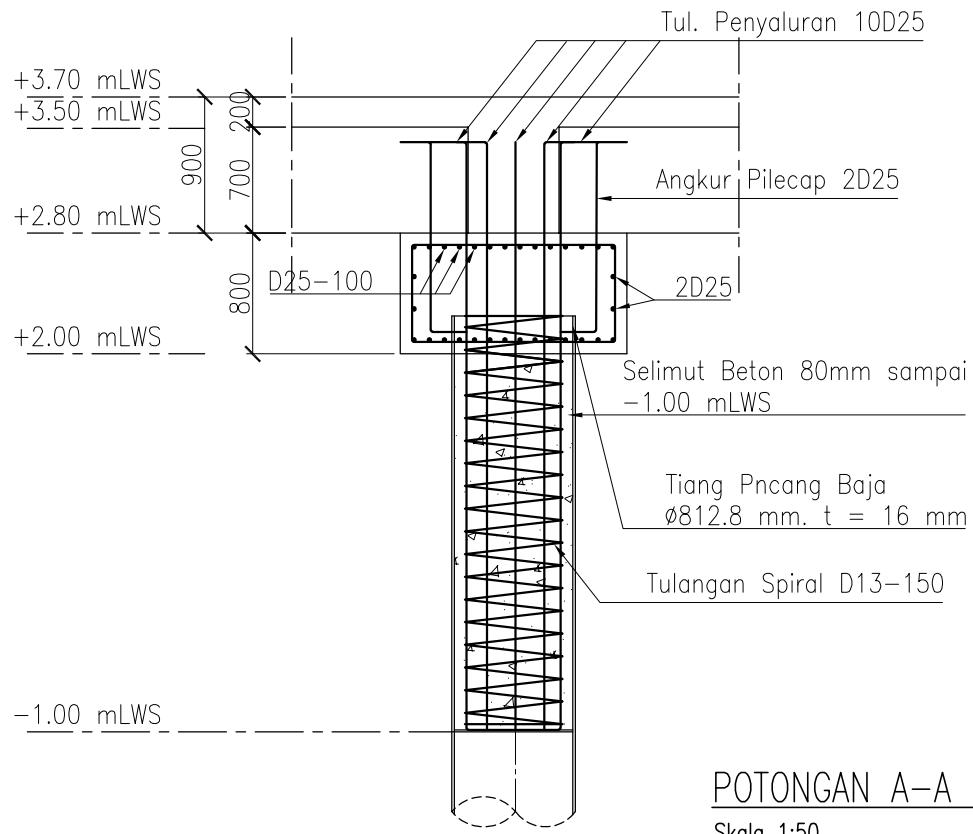
TAMPAK TENGAH PILECAP

Skala 1:50



TAMPAK ATAS PILECAP

Skala 1:50



LEGENDA DAN KETERANGAN

CATATAN

- SEMUA DIMENSI DITULIS DALAM SATUAN MILIMETER KECUALI KETERANGAN LAIN
- SEMUA LEVEL DALAM METER DI UKUR DARI LWS ±0.00
- MATERIAL BETON MENGGUNAKAN  $f'_c = 35 \text{ MPa}$
- MATERIAL TIANG PANCANG HARUS MENGACU ASTM A252 GRADE 2 DENGAN TEGANGAN LELEH  $240 \text{ kg/cm}^2$
- TIANG PANCANG DIPROTEKSI DENGAN COATING DAN HDPE
- MUTU BAJA TULANGAN MENGACU PADA SNI D MENANDAKAN TULANGAN ULIR DENGAN  $f_y = 390 \text{ MPa}$  & MENANDAKAN TULANGAN POLOS DENGAN  $f_y = 240 \text{ MPa}$
- PROFIL BAJA HARUS MENGACU ASTM A36
- SEMUA GAMBAR SESUAI DENGAN SPECIFIKASI



PERENCANAAN DERMAGA PUPUK NPK DI TERSUS PT.  
PUPUK KALTIM UNTUK KAPAL BULK CARRIER DENGAN  
KAPASITAS 10.000 DWT

Dosen Pembimbing :  
Ir. FUDDOLY, M.Sc  
CAHYA BUANA, ST., MT

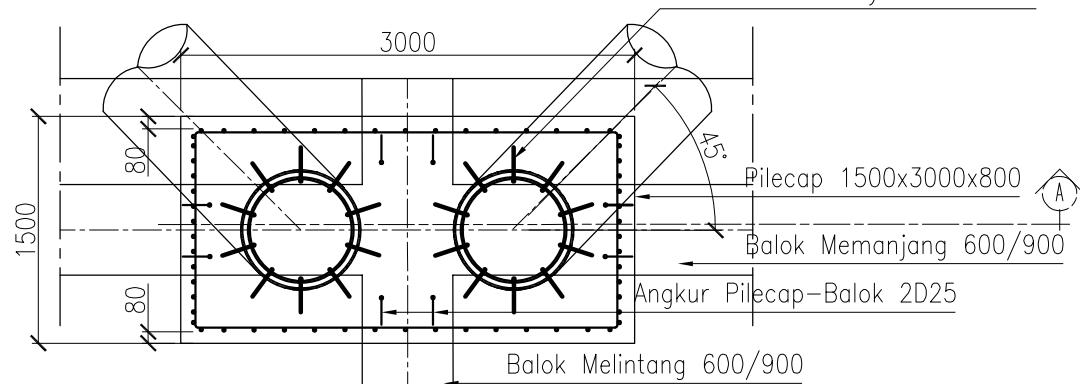
Mahasiswa :  
MUHAMMAD DWI NUGROHO  
031164500028

Judul Gambar :

PENULANGAN POER TRESTLE

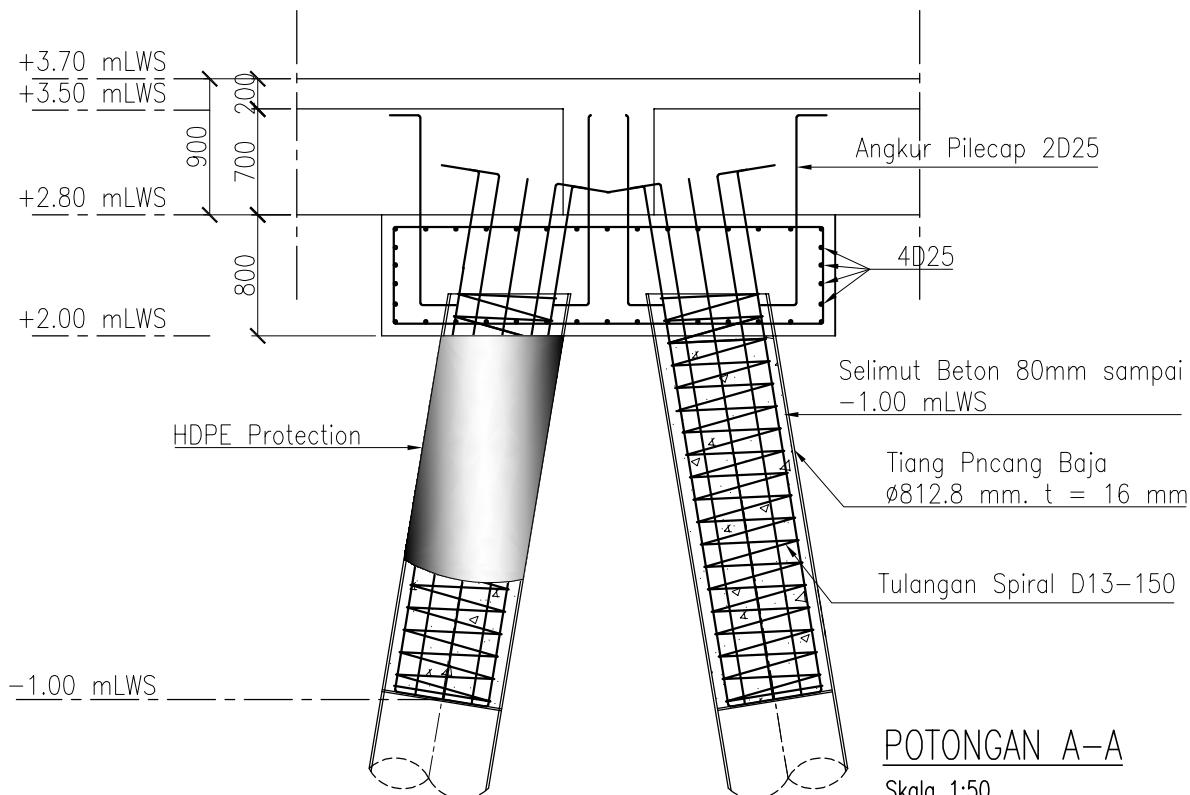
Nomor Drawing	Rev	Skala
015	A	-

Tul. Penyaluran 10D25

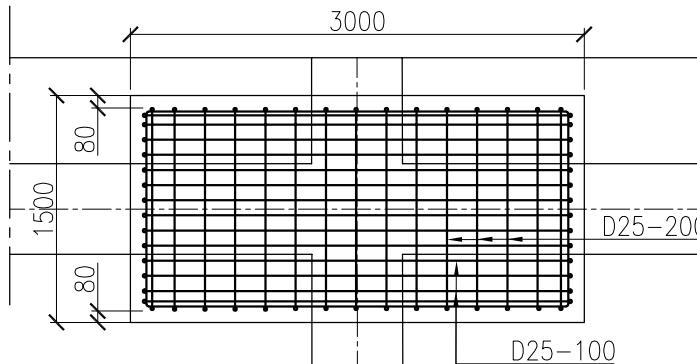


TAMPAK TENGAH PILECAP

Skala 1:50



3000



LEGENDA DAN KETERANGAN

CATATAN

1. SEMUA DIMENSI DITULIS DALAM SATUAN MILIMETER KECUALI KETERANGAN LAIN
2. SEMUA LEVEL DALAM METER DI UKUR DARI LWS ±0.00
3. MATERIAL BETON MENGGUNAKAN  $f'_c = 35 \text{ MPa}$
4. MATERIAL TIANG PANCANG HARUS MENGACU ASTM A252 GRADE 2 DENGAN TEGCAN LELEH 240 kg/cm<sup>2</sup>
5. TIANG PANCANG DIPROTEKSI DENGAN COATING DAN HDPE
6. MUTU BAJA TULANGAN MENGACU PADA SNI D MENANDAKAN TULANGAN ULIR DENGAN  $f_y = 390 \text{ MPa}$  & MENANDAKAN TULANGAN POLOS DENGAN  $f_y = 240 \text{ MPa}$
7. PROFIL BAJA HARUS MENGACU ASTM A36
8. SEMUA GAMBAR SESUAI DENGAN SPECIFIKASI



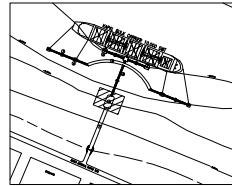
PERENCANAAN DERMAGA PUPUK NPK DI TERSUS PT.  
PUPUK KALTIM UNTUK KAPAL BULK CARRIER DENGAN  
KAPASITAS 10.000 DWT

Dosen Pembimbing :  
Ir. FUDDOLY, M.Sc  
CAHYA BUANA, ST., MT

Mahasiswa :  
MUHAMMAD DWI NUGROHO  
0311164500028

Judul Gambar :  
PENULANGAN POER TRESTLE

Nomor Drawing	Rev	Skala
016	A	-



## LEGENDA DAN KETERANGAN

## CATATAN

- SEMUA DIMENSI DITULIS DALAM SATUAN MILIMETER KECUALI KETERANGAN LAIN
- SEMUA LEVEL DALAM METER DI UKUR DARI LWS ±0.00
- MATERIAL BETON MENGGUNAKAN  $f'_c = 35 \text{ MPa}$
- MATERIAL TIANG PANCANG HARUS MENGACU ASTM A252 GRADE 2 DENGAN TEGANGAN LELEH  $240 \text{ kg/cm}^2$
- TIANG PANCANG DIPROTEKSI DENGAN COATING DAN HDPE
- MUTU BAJA TULANGAN MENGACU PADA SNI D MENANDAKAN TULANGAN ULIR DENGAN  $f_y = 390 \text{ MPa}$
- MENANDAKAN TULANGAN POLOS DENGAN  $f_y = 240 \text{ MPa}$
- PROFIL BAJA HARUS MENGACU ASTM A36
- SEMUA GAMBAR SESUAI DENGAN SPECIFIKASI



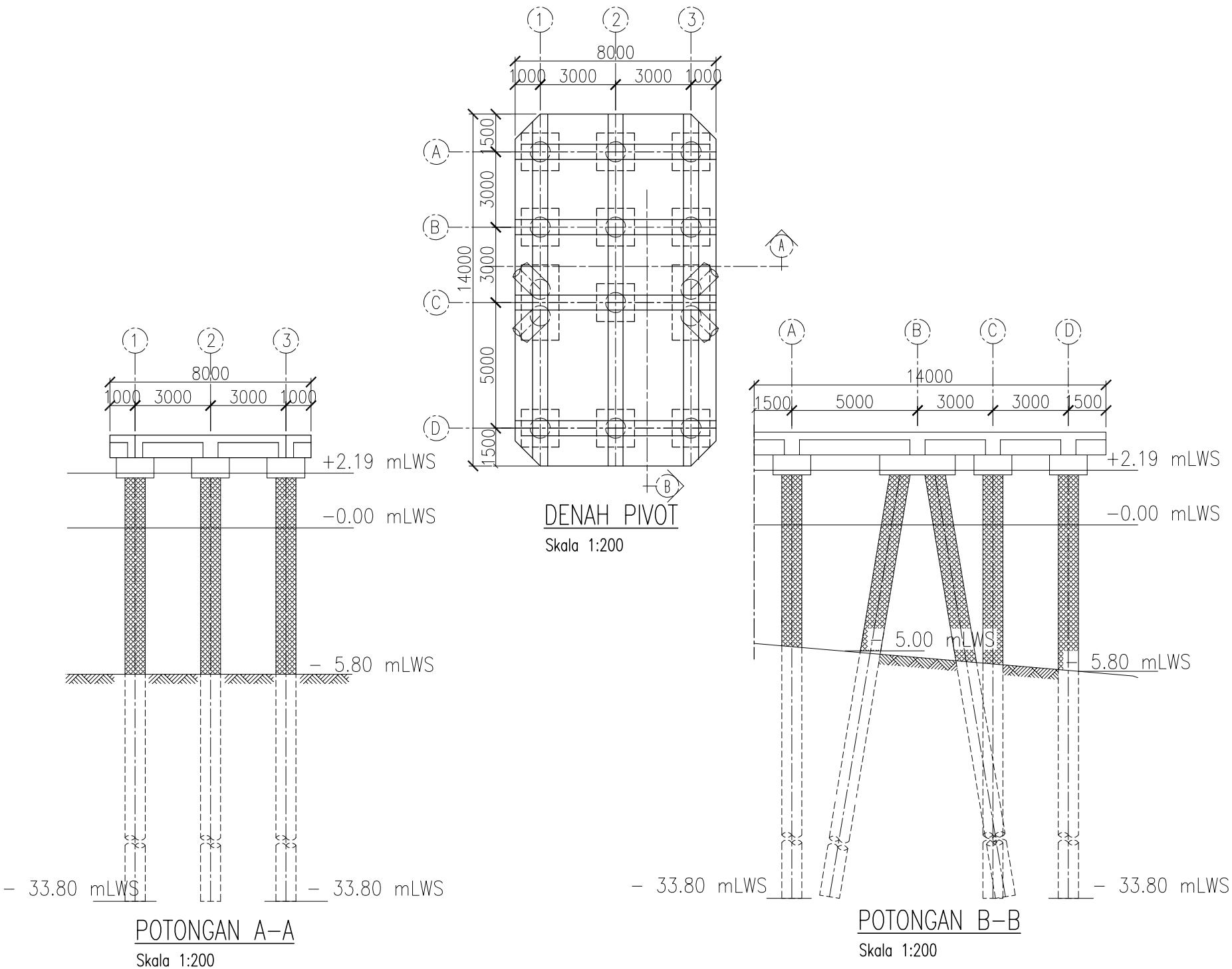
PERENCANAAN DERMAGA PUPUK NPK DI TERSUS PT.  
PUPUK KALTIM UNTUK KAPAL BULK CARRIER DENGAN  
KAPASITAS 10.000 DWT

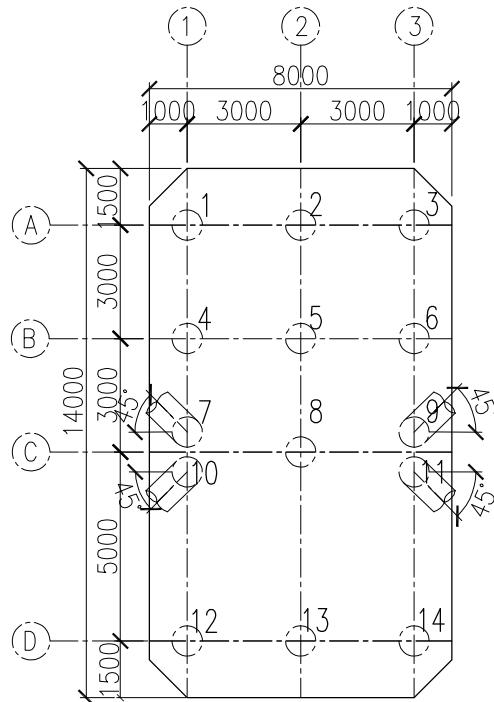
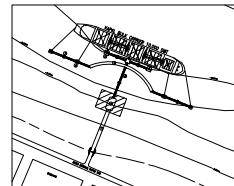
Dosen Pembimbing :  
Ir. PUDDOLY, M.Sc  
CAHYA BUANA, ST., MT

Mahasiswa :  
MUHAMMAD DWI NUGROHO  
0311164500028

Judul Gambar :  
**DETAIL PIVOT**

Nomor Drawing	Rev	Skala
017	A	-





TABEL KOORDINAT

PILE NO	TYPE/ DIAMETER/THICK	PILE LENGTH (m)	BATTER	BOC LEVEL (m)	CUT OFF LEVEL (m)	COORDINATE	
						X	Y
01	SPP Ø812,8 t=16 mm	33.80	-	+2.000	+2.100	22833.472	577683.574
02	SPP Ø812,8 t=16 mm	33.80	-	+2.000	+2.100	22833.608	577683.568
03	SPP Ø812,8 t=16 mm	33.80	-	+2.000	+2.100	22833.744	577683.562
04	SPP Ø812,8 t=16 mm	33.80	-	+2.000	+2.100	22833.409	577683.560
05	SPP Ø812,8 t=16 mm	33.80	-	+2.000	+2.100	22833.545	577683.555
06	SPP Ø812,8 t=16 mm	33.80	-	+2.000	+2.100	22833.682	577683.548
07	SPP Ø812,8 t=16 mm	33.80	1H:6V	+2.000	+2.100	22833.357	577683.556
08	SPP Ø812,8 t=16 mm	33.80	-	+2.000	+2.100	22833.482	577683.541
09	SPP Ø812,8 t=16 mm	33.80	1H:6V	+2.000	+2.100	22833.630	577683.537
10	SPP Ø812,8 t=16 mm	33.80	1H:6V	+2.000	+2.100	22833.335	577683.545
11	SPP Ø812,8 t=16 mm	33.80	-	+2.000	+2.100	22833.608	577683.532
12	SPP Ø812,8 t=16 mm	33.80	1H:6V	+2.000	+2.100	22833.241	577683.525
13	SPP Ø812,8 t=16 mm	33.80	-	+2.000	+2.100	22833.378	577683.518
14	SPP Ø812,8 t=16 mm	33.80	-	+2.000	+2.100	22833.514	577683.512

## LEGENDA DAN KETERANGAN

## CATATAN

- SEMUA DIMENSI DITULIS DALAM SATUAN MILIMETER KECUALI KETERANGAN LAIN
- SEMUA LEVEL DALAM METER DI UKUR DARI LWS ±0.00
- MATERIAL BETON MENGGUNAKAN  $f'_c = 35 \text{ MPa}$
- MATERIAL TIANG PANCANG HARUS MENGACU ASTM A252 GRADE 2 DENGAN TEGCAN LELEH  $240 \text{ kg/cm}^2$
- TIANG PANCANG DIPROTEKSI DENGAN COATING DAN HDPE
- MUTU BAJA TULANGAN MENGACU PADA SNI D MENANDAKAN TULANGAN ULIR DENGAN  $f_y = 390 \text{ MPa}$  & MENANDAKAN TULANGAN POLOS DENGAN  $f_y = 240 \text{ MPa}$
- PROFIL BAJA HARUS MENGACU ASTM A36
- SEMUA GAMBAR SESUAI DENGAN SPECIFIKASI



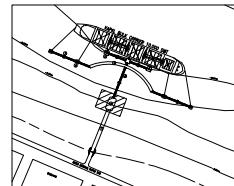
PERENCANAAN DERMAGA PUPUK NPK DI TERSUS PT. PUPUK KALTIM UNTUK KAPAL BULK CARRIER DENGAN KAPASITAS 10.000 DWT

Dosen Pembimbing :  
Ir. PUDDOLY, M.Sc  
CAHYA BUANA, ST., MT

Mahasiswa :  
MUHAMMAD DWI NUGROHO  
03111645000028

Judul Gambar :  
DENAH TIANG PANCANG

Nomor Drawing	Rev	Skala
018	A	-



## LEGENDA DAN KETERANGAN

## CATATAN

1. SEMUA DIMENSI DITULIS DALAM SATUAN MILIMETER KECUALI KETERANGAN LAIN
2. SEMUA LEVEL DALAM METER DI UKUR DARI LWS ±0.00
3. MATERIAL BETON MENGGUNAKAN  $f'_c = 35 \text{ MPa}$
4. MATERIAL TIANG PANCANG HARUS MENGACU ASTM A252 GRADE 2 DENGAN TEGANGAN LELEH  $240 \text{ kg/cm}^2$
5. TIANG PANCANG DIPROTEKSI DENGAN COATING DAN HDPE
6. MUTU BAJA TULANGAN MENGACU PADA SNI D MENANDAKAN TULANGAN ULIR DENGAN  $f_y = 390 \text{ MPa}$
7. MENANDAKAN TULANGAN POLOS DENGAN  $f_y = 240 \text{ MPa}$
8. PROFIL BAJA HARUS MENGACU ASTM A36
9. SEMUA GAMBAR SESUAI DENGAN SPECIFIKASI



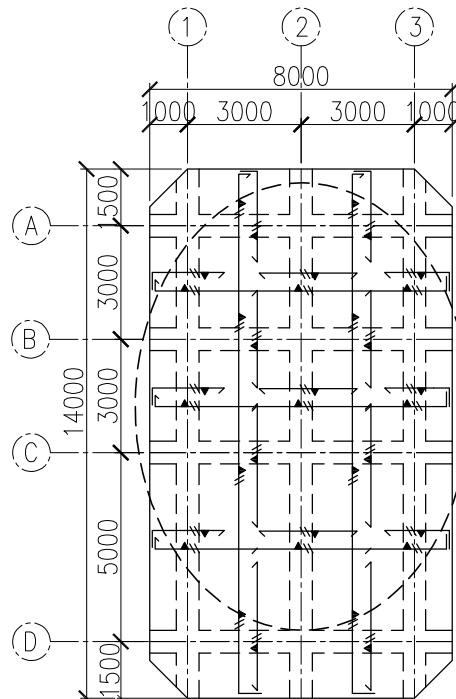
PERENCANAAN DERMAGA PUPUK NPK DI TERSUS PT.  
PUPUK KALTIM UNTUK KAPAL BULK CARRIER DENGAN  
KAPASITAS 10.000 DWT

Dosen Pembimbing :  
Ir. FUDDOLY, M.Sc  
CAHYA BUANA, ST., MT

Mahasiswa :  
MUHAMMAD DWI NUGROHO  
03111645000028

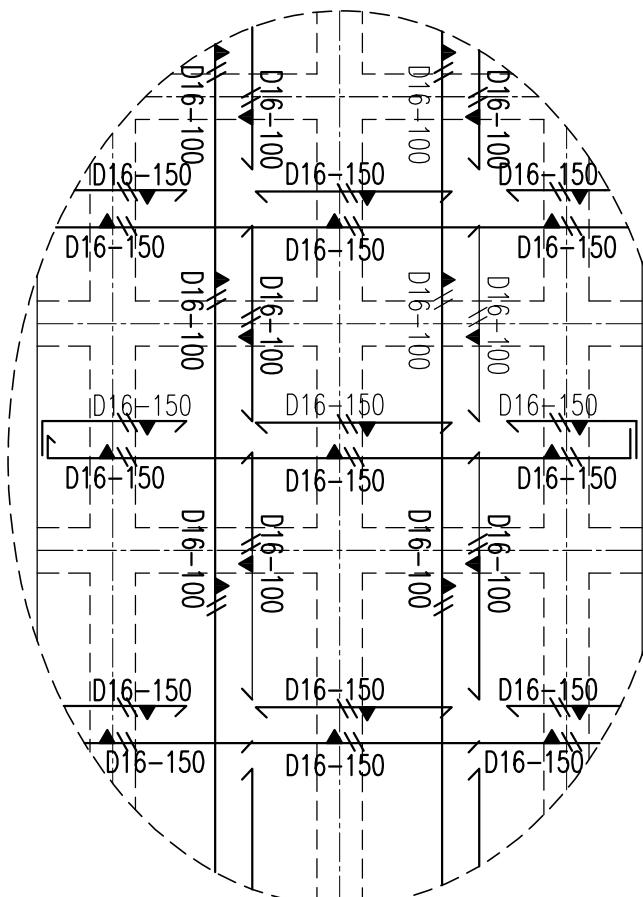
Judul Gambar :  
PENULANGAN PLAT PIVOT

Nomor Drawing	Rev	Skala
019	A	-



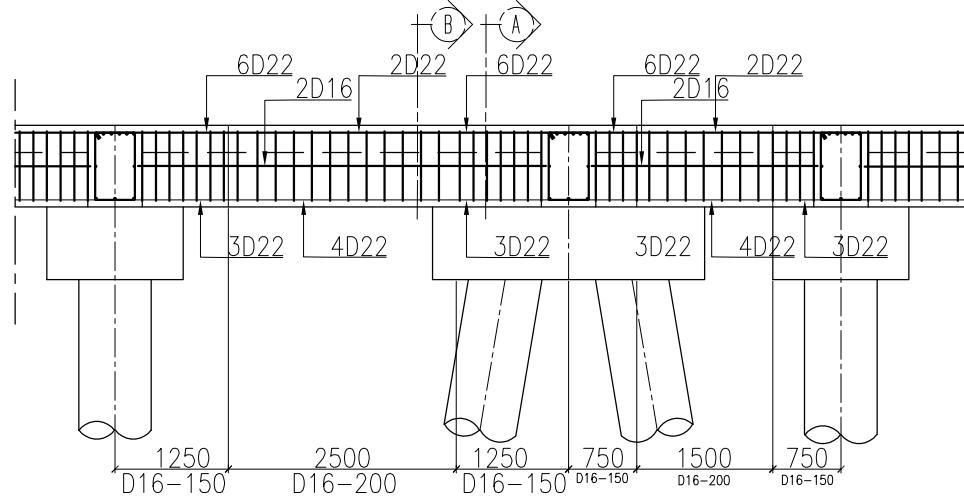
DENAH PENULANGAN

Skala 1:200



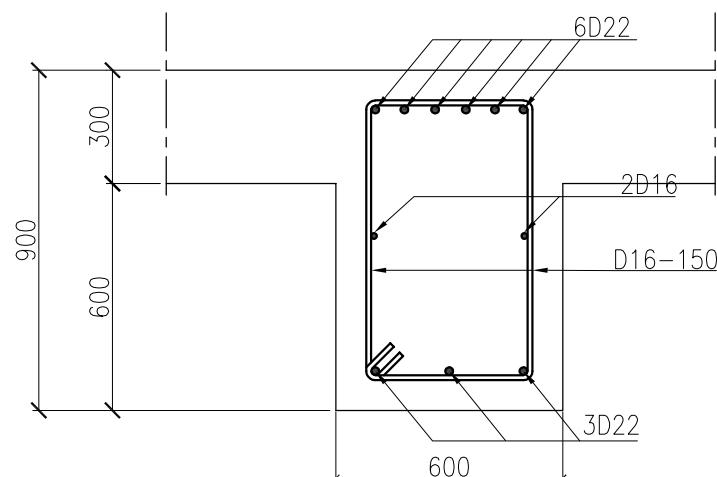
DETAIL PENULANGAN

Skala 1:100



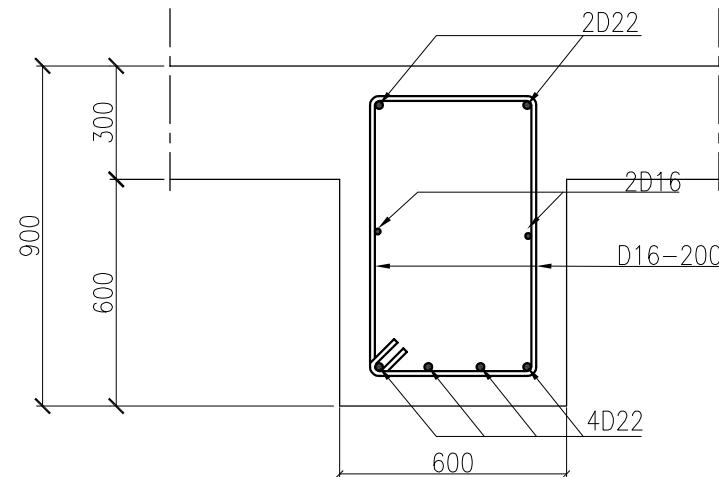
TAMPAK SAMPING

Skala 1:80



POTONGAN A-A

Skala 1:20



POTONGAN B-B

Skala 1:20

LEGENDA DAN KETERANGAN

CATATAN

1. SEMUA DIMENSI DITULIS DALAM SATUAN MILIMETER KECUALI KETERANGAN LAIN
2. SEMUA LEVEL DALAM METER DI UKUR DARI LWS  $\pm 0.00$
3. MATERIAL BETON MENGGUNAKAN  $f'_c = 35 \text{ MPa}$
4. MATERIAL TIANG PANCANG HARUS MENGACU ASTM A252 GRADE 2 DENGAN TEGANGAN LELEH  $240 \text{ kg/cm}^2$
5. TIANG PANCANG DIPROTEKSI DENGAN COATING DAN HDPE
6. MUTU BAJA TULANGAN MENGACU PADA SNI D MENANDAKAN TULANGAN ULIR DENGAN  $f_y = 390 \text{ MPa}$
7. MENANDAKAN TULANGAN POLOS DENGAN  $f_y = 240 \text{ MPa}$
8. PROFIL BAJA HARUS MENGACU ASTM A36
9. SEMUA GAMBAR SESUAI DENGAN SPECIFIKASI



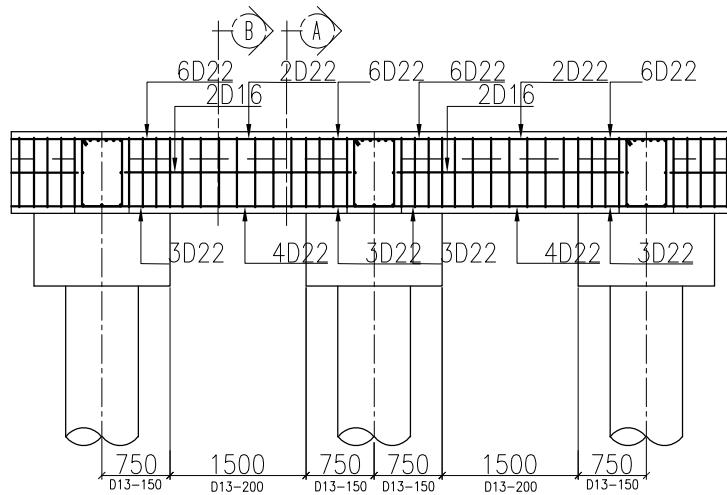
PERENCANAAN DERMAGA PUPUK NPK DI TERSUS PT.  
PUPUK KALIMANTAN UNTUK KAPAL BULK CARRIER DENGAN  
KAPASITAS 10.000 DWT

Dosen Pembimbing :  
Ir. FUDDOLY, M.Sc  
CAHYA BUANA, ST., MT

Mahasiswa :  
MUHAMMAD DWI NUGROHO  
031164500028

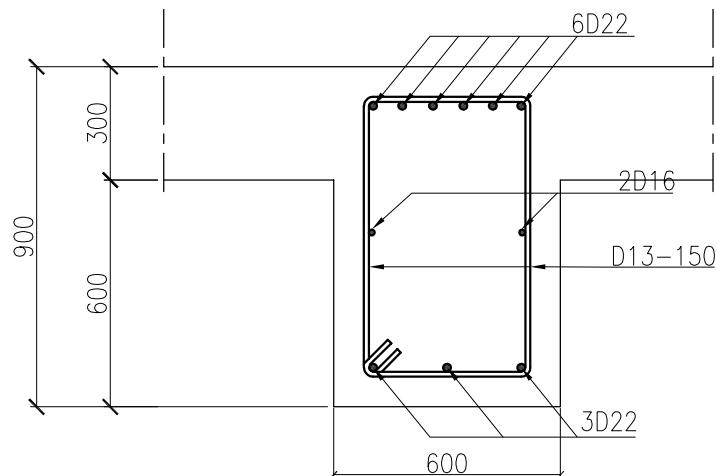
Judul Gambar :  
PENULANGAN BALOK MEMANJANG  
PIVOT

Nomor Drawing	Rev	Skala
020	A	-



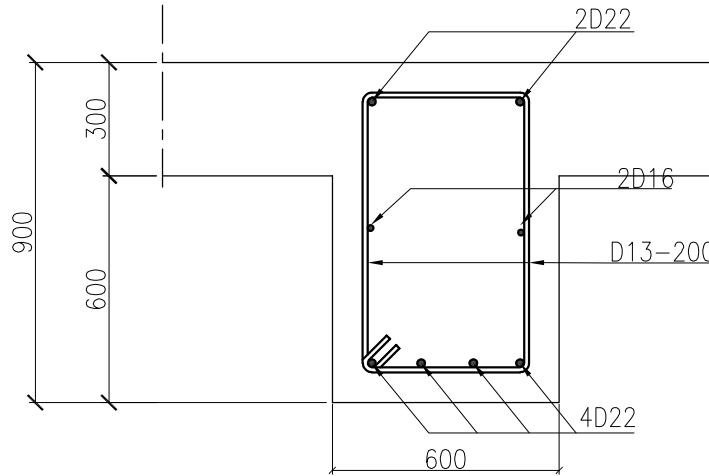
TAMPAK SAMPING

Skala 1:80



POTONGAN A-A

Skala 1:20



POTONGAN B-B

Skala 1:20

LEGENDA DAN KETERANGAN

CATATAN

1. SEMUA DIMENSI DITULIS DALAM SATUAN MILIMETER KECUALI KETERANGAN LAIN
2. SEMUA LEVEL DALAM METER DI UKUR DARI LWS  $\pm 0.00$
3. MATERIAL BETON MENGGUNAKAN  $f'_c = 35 \text{ MPa}$
4. MATERIAL TIANG PANCANG HARUS MENGACU ASTM A252 GRADE 2 DENGAN TEGANGAN LELEH  $240 \text{ kg/cm}^2$
5. TIANG PANCANG DIPROTEKSI DENGAN COATING DAN HDPE
6. MUTU BAJA TULANGAN MENGACU PADA SNI D MENANDAKAN TULANGAN ULIR DENGAN  $f_y = 390 \text{ MPa}$
7. MENANDAKAN TULANGAN POLOS DENGAN  $f_y = 240 \text{ MPa}$
8. PROFIL BAJA HARUS MENGACU ASTM A36
9. SEMUA GAMBAR SESUAI DENGAN SPECIFIKASI



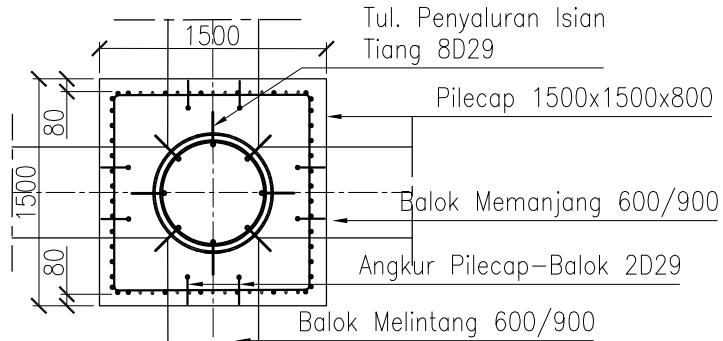
PERENCANAAN DERMAGA PUPUK NPK DI TERSUS PT.  
PUPUK KALTIM UNTUK KAPAL BULK CARRIER DENGAN  
KAPASITAS 10.000 DWT

Dosen Pembimbing :  
Ir. FUDDOLY, M.Sc  
CAHYA BUANA, ST., MT

Mahasiswa :  
MUHAMMAD DWI NUGROHO  
0311164500028

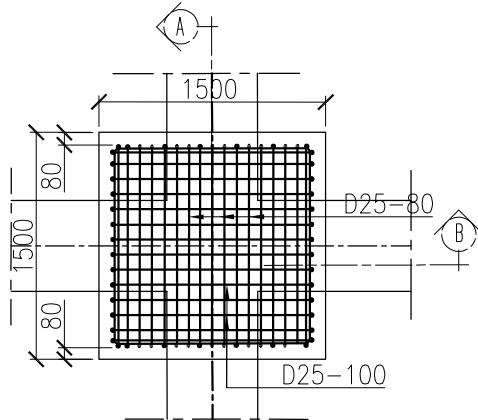
Judul Gambar :  
PENULANGAN BALOK MELINTANG  
PIVOT

Nomor Drawing	Rev	Skala
021	A	-



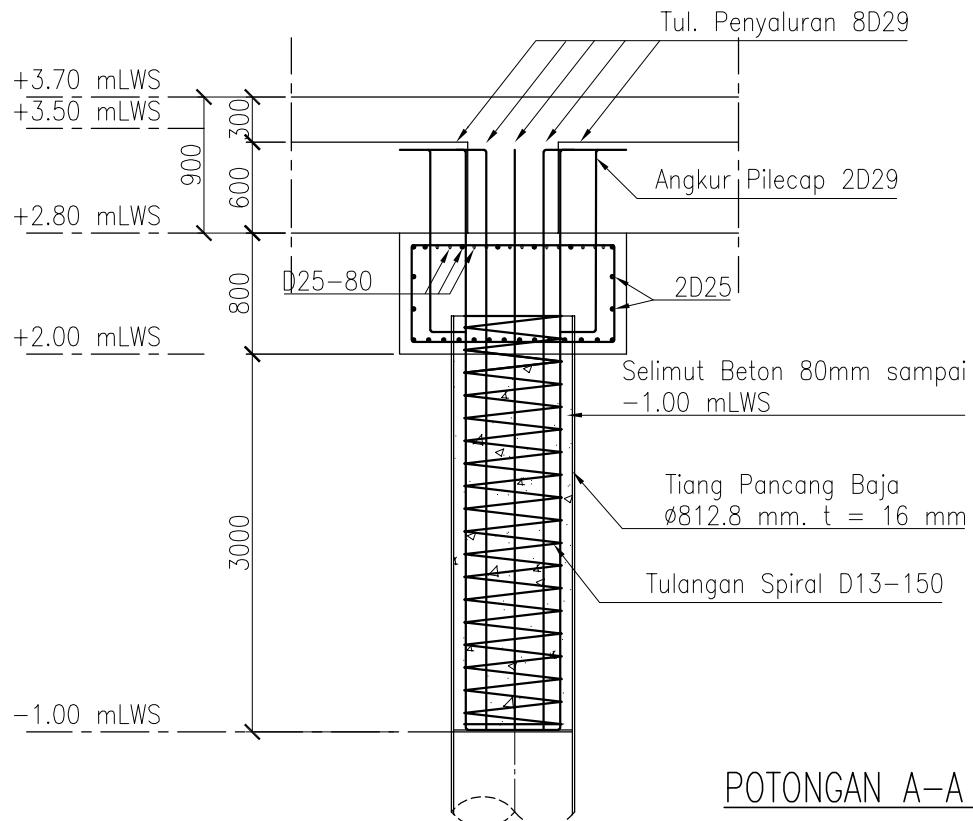
TAMPAK TENGAH PILECAP

Skala 1:50



TAMPAK ATAS PILECAP

Skala 1:50



POTONGAN A-A DAN POTONGAN B-B  
Skala 1:50

LEGENDA DAN KETERANGAN

CATATAN

- SEMUA DIMENSI DITULIS DALAM SATUAN MILIMETER KECUALI KETERANGAN LAIN
- SEMUA LEVEL DALAM METER DI UKUR DARI LWS ±0.00
- MATERIAL BETON MENGGUNAKAN  $f'_c = 35 \text{ MPa}$
- MATERIAL TIANG PANCANG HARUS MENGACU ASTM A252 GRADE 2 DENGAN TEGCAN LELEH  $240 \text{ kg/cm}^2$
- TIANG PANCANG DIPROTEKSI DENGAN COATING DAN HDPE
- MUTU BAJA TULANGAN MENGACU PADA SNI D MENANDAKAN TULANGAN ULIR DENGAN  $f_y = 390 \text{ MPa}$  & MENANDAKAN TULANGAN POLOS DENGAN  $f_y = 240 \text{ MPa}$
- PROFIL BAJA HARUS MENGACU ASTM A36
- SEMUA GAMBAR SESUAI DENGAN SPECIFIKASI



PERENCANAAN DERMAGA PUPUK NPK DI TERSPU PT. PUPUK KALTIM UNTUK KAPAL BULK CARRIER DENGAN KAPASITAS 10.000 DWT

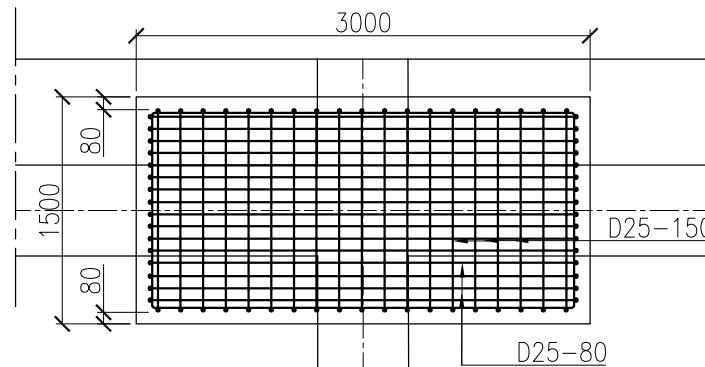
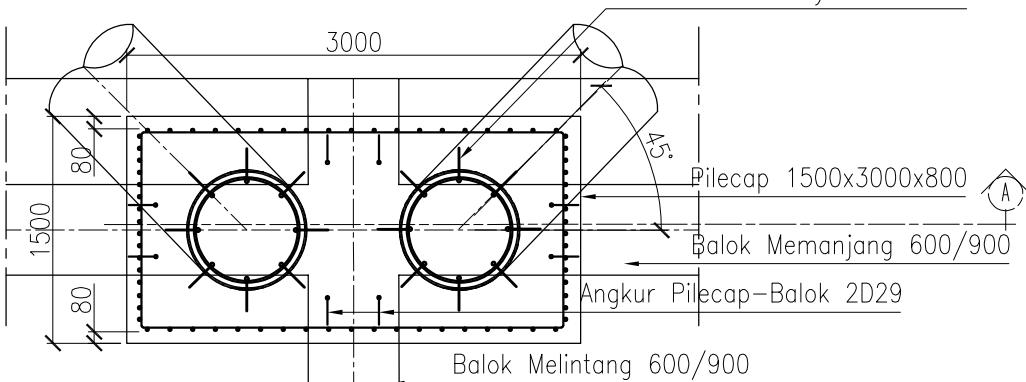
Dosen Pembimbing :  
Ir. FUDDOLY, M.Sc  
CAHYA BUANA, ST., MT

Mahasiswa :  
MUHAMMAD DWI NUGROHO  
0311164500028

Judul Gambar :  
PENULANGAN POER PIVOT

Nomor Drawing	Rev	Skala
022	A	-

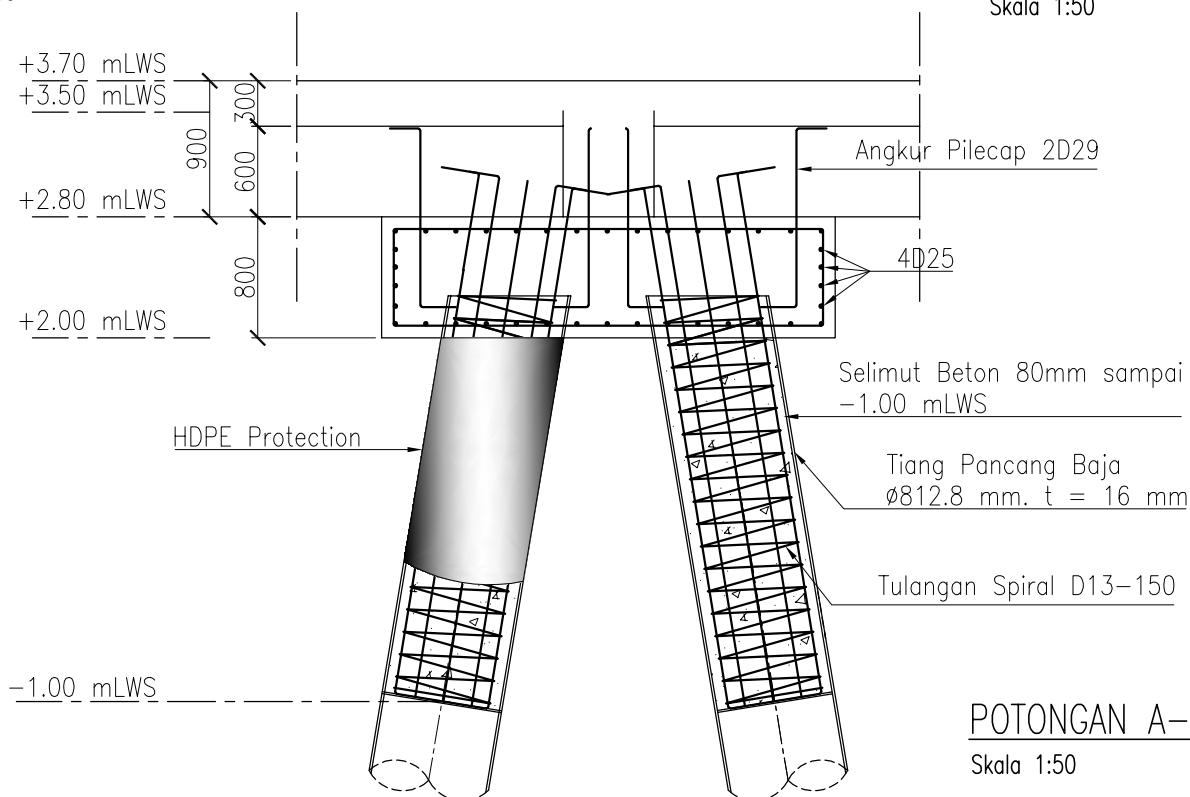
Tul. Penyaluran 8D29



LEGENDA DAN KETERANGAN

### TAMPAK TENGAH PILECAP

Skala 1:50



### TAMPAK ATAS PILECAP

Skala 1:50

### CATATAN

- SEMUA DIMENSI DITULIS DALAM SATUAN MILIMETER KECUALI KETERANGAN LAIN
- SEMUA LEVEL DALAM METER DI UKUR DARI LWS ±0.00
- MATERIAL BETON MENGGUNAKAN  $f'_c = 35 \text{ MPa}$
- MATERIAL TIANG PANCANG HARUS MENGACU ASTM A252 GRADE 2 DENGAN TEKANAN LELEH  $240 \text{ kg/cm}^2$
- TIANG PANCANG DIPROTEKSI DENGAN COATING DAN HDPE
- MUTU BAJA TULANGAN MENGACU PADA SNI D MENANDAKAN TULANGAN ULIR DENGAN  $f_y = 390 \text{ MPa}$  & MENANDAKAN TULANGAN POLOS DENGAN  $f_y = 240 \text{ MPa}$
- PROFIL BAJA HARUS MENGACU ASTM A36
- SEMUA GAMBAR SESUAI DENGAN SPECIFIKASI



PERENCANAAN DERMAGA PUPUK NPK DI TERSUS PT. PUPUK KALTIM UNTUK KAPAL BULK CARRIER DENGAN KAPASITAS 10.000 DWT

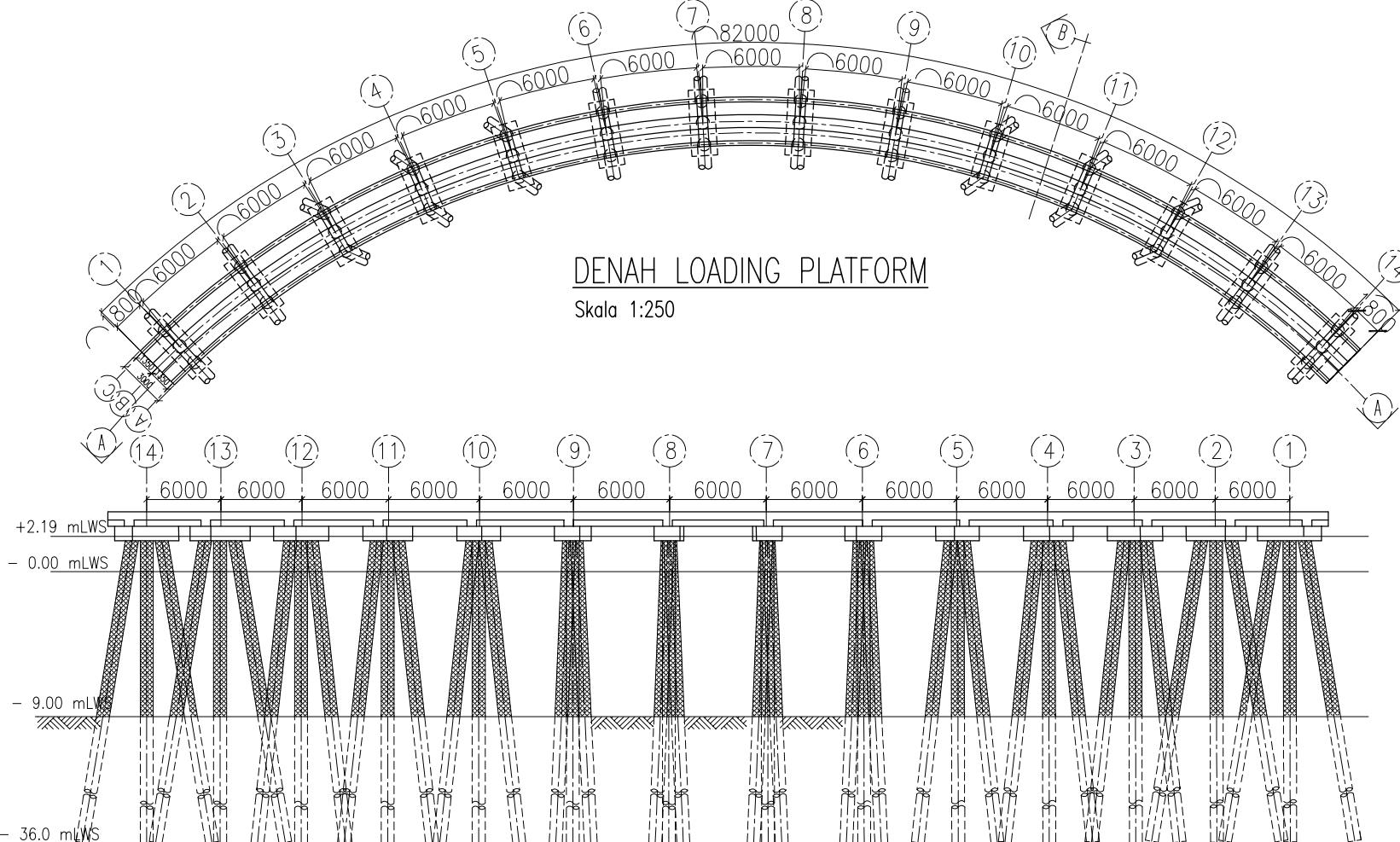
Dosen Pembimbing :  
Ir. FUDDOLY, M.Sc  
CAHYA BUANA, ST., MT

Mahasiswa :  
MUHAMMAD DWI NUGROHO  
0311164500028

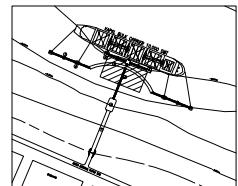
Judul Gambar :  
PENULANGAN POER PIVOT

Nomor Drawing	Rev	Skala
023	A	-

POTONGAN A-A  
Skala 1:50



SITE PLAN



LEGENDA DAN KETERANGAN

CATATAN

1. SEMUA DIMENSI DITULIS DALAM SATUAN MILIMETER KECUALI KETERANGAN LAIN
2. SEMUA LEVEL DALAM METER DI UKUR DARI LWS ± 0.00
3. MATERIAL BETON MENGGUNAKAN  $f'_c = 35 \text{ MPa}$
4. MATERIAL TIANG PANCANG HARUS MENGACU ASTM A252 GRADE 2 DENGAN TEGCAN LELEH  $240 \text{ kg/cm}^2$
5. TIANG PANCANG DIPROTEKSI DENGAN COATING DAN HDPE
6. MUTU BAJA TULANGAN MENGACU PADA SNI D MENANDAKAN TULANGAN ULIR DENGAN  $f_y = 390 \text{ MPa}$
7. MENANDAKAN TULANGAN POLOS DENGAN  $f_y = 240 \text{ MPa}$
8. PROFIL BAJA HARUS MENGACU ASTM A36
9. SEMUA GAMBAR SESUAI DENGAN SPECIFIKASI



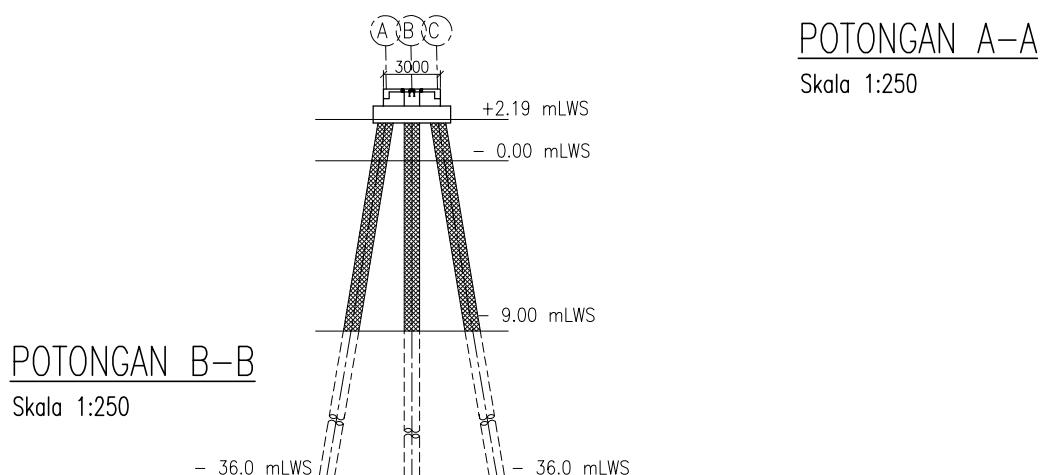
PERENCANAAN DERMAGA PUPUK NPK DI TERSUS PT.  
PUPUK KALIMANTAN UNTUK KAPAL BULK CARRIER DENGAN  
KAPASITAS 10.000 DWT

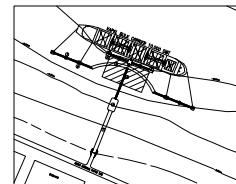
Dosen Pembimbing :  
Ir. FUDDOLY, M.Sc  
CAHYA BUANA, ST., MT

Mahasiswa :  
MUHAMMAD DWI NUGROHO  
0311164500028

Judul Gambar :  
**DETAIL LOADING PLATFORM**

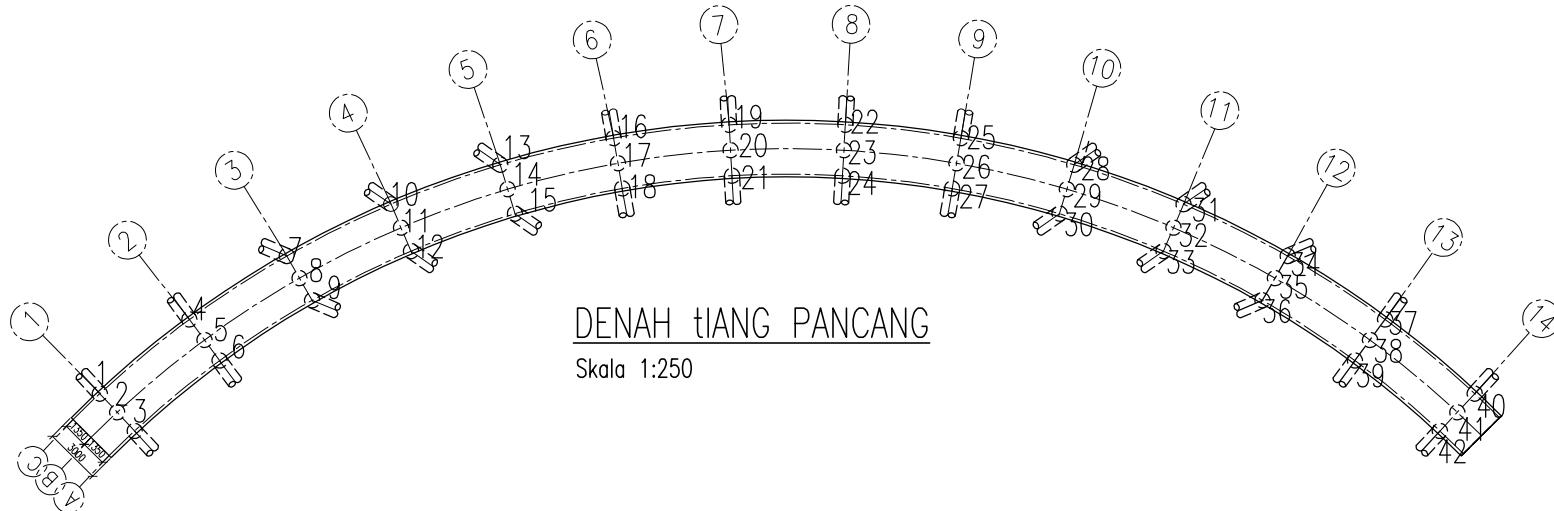
Nomor Drawing	Rev	Skala
024	A	-





## DENAH TIANG PANCANG

Skala 1:250



TABEL KOORDINAT

PILE NO	TYPE/ DIAMETER/THICK	PILE LENGTH (m)	BATTER	BOC LEVEL (m)	CUT OFF LEVEL (m)	COORDINATE	
						X	Y
01	SPP Ø812,8 t=16 mm	29.70	-	+2.000	+2.100	22832.511	577683.763
02	SPP Ø812,8 t=16 mm	29.70	-	+2.000	+2.100	22832.532	577683.757
03	SPP Ø812,8 t=16 mm	29.70	1H:6V	+2.000	+2.100	22832.553	577683.750
04	SPP Ø812,8 t=16 mm	29.70		+2.000	+2.100	22832.809	577683.771
05	SPP Ø812,8 t=16 mm	29.70		+2.000	+2.100	22832.822	577683.765
06	SPP Ø812,8 t=16 mm	29.70		+2.000	+2.100	22832.836	577683.758
07	SPP Ø812,8 t=16 mm	29.70	-	+2.000	+2.100	22833.113	577683.776
08	SPP Ø812,8 t=16 mm	29.70	-	+2.000	+2.100	22833.119	577683.769
09	SPP Ø812,8 t=16 mm	29.70	-	+2.000	+2.100	22833.125	577683.762
10	SPP Ø812,8 t=16 mm	29.70	-	+2.000	+2.100	22833.420	577683.776
11	SPP Ø812,8 t=16 mm	29.70		+2.000	+2.100	22833.418	577683.770
12	SPP Ø812,8 t=16 mm	29.70		+2.000	+2.100	22833.417	577683.763
13	SPP Ø812,8 t=16 mm	29.70		+2.000	+2.100	22833.427	577683.774
14	SPP Ø812,8 t=16 mm	29.70		+2.000	+2.100	22833.417	577683.767
15	SPP Ø812,8 t=16 mm	29.70	-	+2.000	+2.100	22833.707	577683.760
16	SPP Ø812,8 t=16 mm	29.70	-	+2.000	+2.100	22834.028	577683.768
17	SPP Ø812,8 t=16 mm	29.70	-	+2.000	+2.100	22834.011	577683.761
18	SPP Ø812,8 t=16 mm	29.70	-	+2.000	+2.100	22833.994	577683.755
19	SPP Ø812,8 t=16 mm	29.70		+2.000	+2.100	22834.320	577683.758
20	SPP Ø812,8 t=16 mm	29.70		+2.000	+2.100	22834.296	577683.752
21	SPP Ø812,8 t=16 mm	29.70		+2.000	+2.100	22834.270	577683.745
22	SPP Ø812,8 t=16 mm	29.70		+2.000	+2.100	22834.600	577683.745
23	SPP Ø812,8 t=16 mm	29.70	-	+2.000	+2.100	22834.568	577683.739
24	SPP Ø812,8 t=16 mm	29.70	-	+2.000	+2.100	22834.536	577683.733
25	SPP Ø812,8 t=16 mm	29.70		+2.000	+2.100	22834.866	577683.729

TABEL KOORDINAT

PILE NO	TYPE/ DIAMETER/THICK	PILE LENGTH (m)	BATTER	BOC LEVEL (m)	CUT OFF LEVEL (m)	COORDINATE	
						X	Y
26	SPP Ø812,8 t=16 mm	29.70	-	+2.000	+2.100	22834.824	577683.724
27	SPP Ø812,8 t=16 mm	29.70	-	+2.000	+2.100	22834.786	577683.718
28	SPP Ø812,8 t=16 mm	29.70	1H:6V	+2.000	+2.100	22835.105	577683.710
29	SPP Ø812,8 t=16 mm	29.70		+2.000	+2.100	22835.060	577683.705
30	SPP Ø812,8 t=16 mm	29.70		+2.000	+2.100	22835.015	577683.700
31	SPP Ø812,8 t=16 mm	29.70		+2.000	+2.100	22835.323	577683.689
32	SPP Ø812,8 t=16 mm	29.70	-	+2.000	+2.100	22835.273	577683.684
33	SPP Ø812,8 t=16 mm	29.70	-	+2.000	+2.100	22835.223	577683.679
34	SPP Ø812,8 t=16 mm	29.70	-	+2.000	+2.100	22835.516	577683.665
35	SPP Ø812,8 t=16 mm	29.70	-	+2.000	+2.100	22835.461	577683.661
36	SPP Ø812,8 t=16 mm	29.70		+2.000	+2.100	22835.406	577683.657
37	SPP Ø812,8 t=16 mm	29.70		+2.000	+2.100	22835.680	577683.638
38	SPP Ø812,8 t=16 mm	29.70		+2.000	+2.100	22835.620	577683.635
39	SPP Ø812,8 t=16 mm	29.70		+2.000	+2.100	22835.561	577683.632
40	SPP Ø812,8 t=16 mm	29.70	-	+2.000	+2.100	22835.812	577683.611
41	SPP Ø812,8 t=16 mm	29.70	-	+2.000	+2.100	22835.750	577683.608
42	SPP Ø812,8 t=16 mm	29.70	-	+2.000	+2.100	22835.687	577683.606

## CATATAN

- SEUMA DIMENSI DITULIS DALAM SATUAN MILIMETER KECUALI KETERANGAN LAIN
- SEUMA LEVEL DALAM METER DI UKUR DARI LWS ±0.00
- MATERIAL BETON MENGGUNAKAN  $f'_c = 35 \text{ MPa}$
- MATERIAL TIANG PANCANG HARUS MENGACU ASTM A252 GRADE 2 DENGAN TEGCAN LELEH  $240 \text{ kg/cm}^2$
- TIANG PANCANG DIPROTEKSI DENGAN COATING DAN HDPE
- MUTU BAJA TULANGAN ULIR DENGAN  $f_y = 390 \text{ MPa}$
- MENANDAKAN TULANGAN POLOS DENGAN  $f_y = 240 \text{ MPa}$
- PROFIL BAJA HARUS MENGACU ASTM A36
- SEMUA GAMBAR SESUAI DENGAN SPECIFIKASI



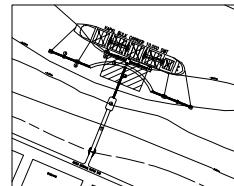
PERENCANAAN DERMAGA PUPUK NPK DI TERSUS PT.  
PUPUK KALTIM UNTUK KAPAL BULK CARRIER DENGAN  
KAPASITAS 10.000 DWT

Dosen Pembimbing :  
Ir. PUDDOLY, M.Sc  
CAHYA BUANA, S.T., MT

Mahasiswa :  
MUHAMMAD DWI NUGROHO  
0311164500028

Judul Gambar :  
DENAH TIANG PANCANG

Nomor Drawing	Rev	Skala
025	A	-



## LEGENDA DAN KETERANGAN

## CATATAN

1. SEMUA DIMENSI DITULIS DALAM SATUAN MILIMETER KECUALI KETERANGAN LAIN
2. SEMUA LEVEL DALAM METER DI UKUR DARI LWS ±0.00
3. MATERIAL BETON MENGGUNAKAN  $f'_c = 35 \text{ MPa}$
4. MATERIAL TIANG PANCANG HARUS MENGACU ASTM A252 GRADE 2 DENGAN TEKANAN LELEH  $240 \text{ kg/cm}^2$
5. TIANG PANCANG DIPROTEKSI DENGAN COATING DAN HDPE
6. MUTU BAJA TULANGAN MENGACU PADA SNI D MENANDAKAN TULANGAN ULIR DENGAN  $f_y = 390 \text{ MPa}$
7. MENANDAKAN TULANGAN POLOS DENGAN  $f_y = 240 \text{ MPa}$
8. PROFIL BAJA HARUS MENGACU ASTM A36
9. SEMUA GAMBAR SESUAI DENGAN SPECIFIKASI



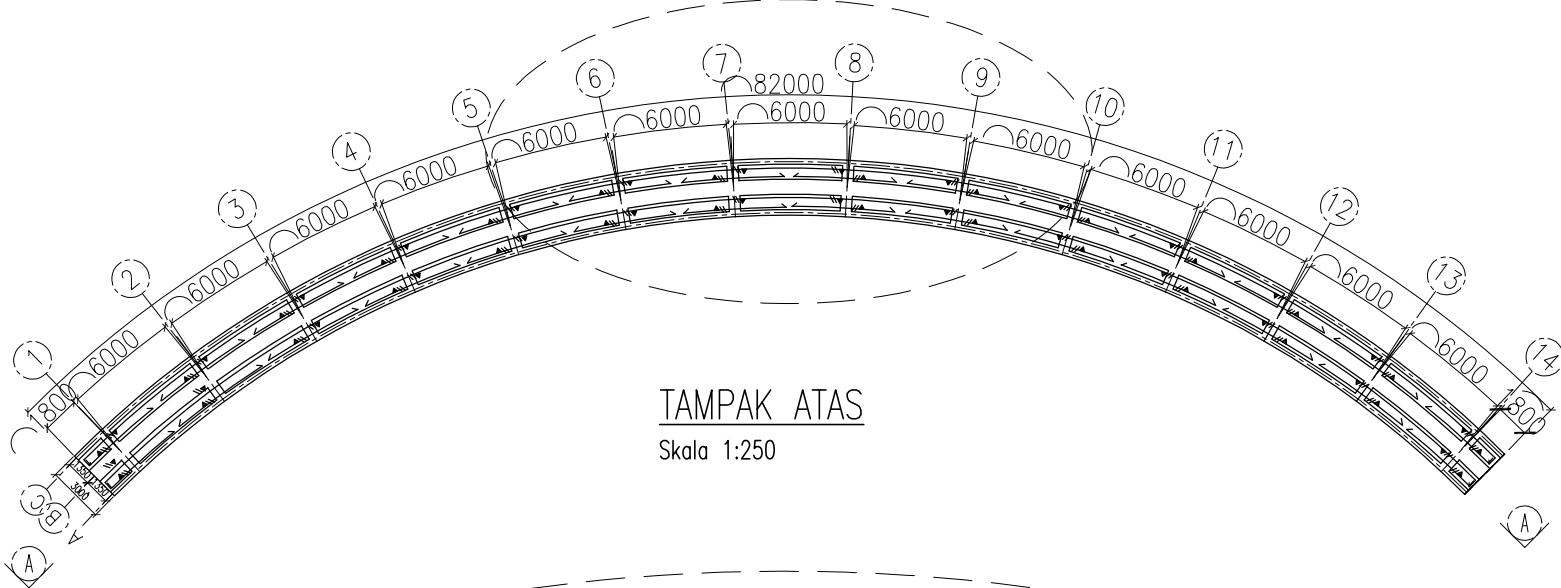
PERENCANAAN DERMAGA PUPUK NPK DI TERSU PT.  
PUPUK KALTIM UNTUK KAPAL BULK CARRIER DENGAN  
KAPASITAS 10.000 DWT

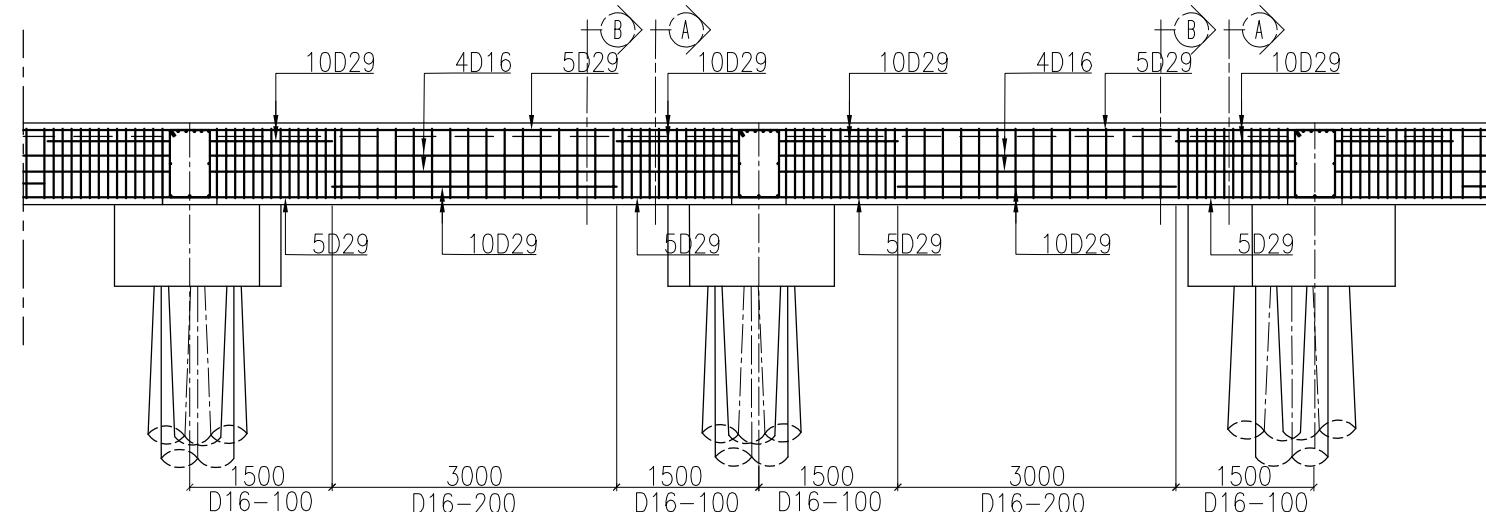
Dosen Pembimbing :  
Ir. FUDDOLY, M.Sc  
CAHYA BUANA, ST., MT

Mahasiswa :  
MUHAMMAD DWI NUGROHO  
0311164500028

Judul Gambar :  
PENULANGAN PLAT LOADING  
PLATFORM

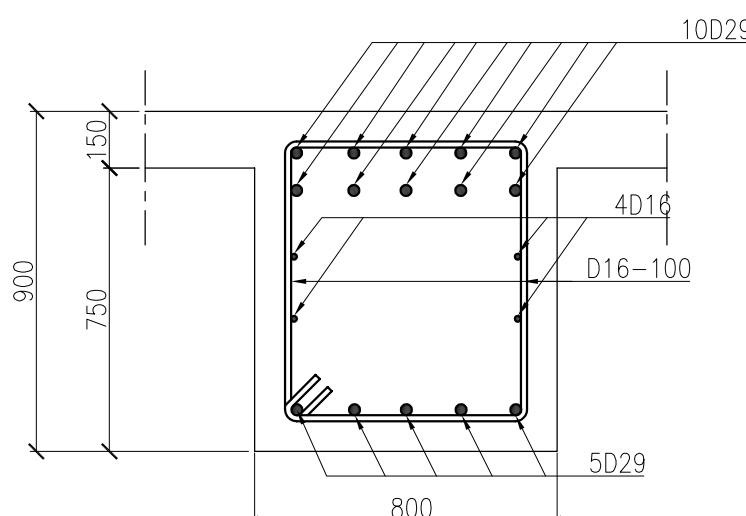
Nomor Drawing	Rev	Skala
026	A	-





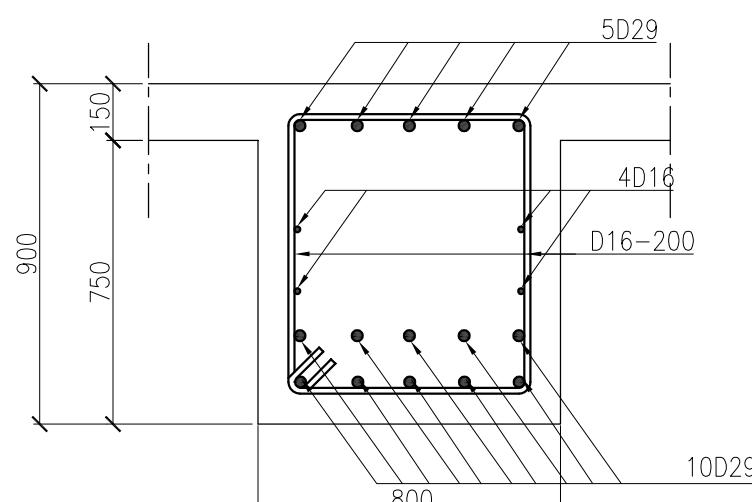
TAMPAK SAMPING

Skala 1:80



POTONGAN A-A

Skala 1:20



POTONGAN B-B

Skala 1:20

LEGENDA DAN KETERANGAN

CATATAN

1. SEMUA DIMENSI DITULIS DALAM SATUAN MILIMETER KECUALI KETERANGAN LAIN
2. SEMUA LEVEL DALAM METER DI UKUR DARI LWS ±0.00
3. MATERIAL BETON MENGGUNAKAN  $f'_c = 35 \text{ MPa}$
4. MATERIAL TIANG PANCANG HARUS MENGACU ASTM A252 GRADE 2 DENGAN TEGANGAN LELEH  $240 \text{ kg/cm}^2$
5. TIANG PANCANG DIPROTEKSI DENGAN COATING DAN HDPE
6. MUTU BAJA TULANGAN MENGACU PADA SNI D MENANDAKAN TULANGAN ULIR DENGAN  $f_y = 390 \text{ MPa}$
7. MENANDAKAN TULANGAN POLOS DENGAN  $f_y = 240 \text{ MPa}$
8. PROFIL BAJA HARUS MENGACU ASTM A36
9. SEMUA GAMBAR SESUAI DENGAN SPECIFIKASI



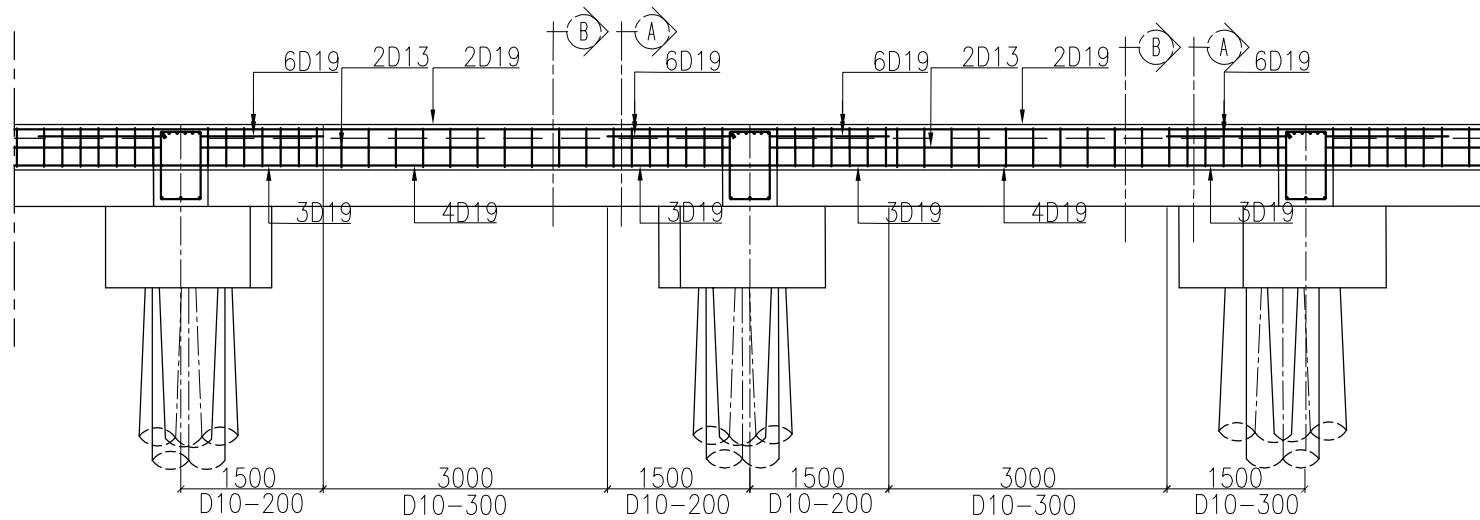
PERENCANAAN DERMAGA PUPUK NPK DI TERSUS PT.  
PUPUK KALTIM UNTUK KAPAL BULK CARRIER DENGAN  
KAPASITAS 10.000 DWT

Dosen Pembimbing :  
Ir. FUDDOLY, M.Sc  
CAHYA BUANA, ST., MT

Mahasiswa :  
MUHAMMAD DWI NUGROHO  
0311164500028

Judul Gambar :  
PENULANGAN BALOK MEMANJANG  
LOADING PLATFORM

Nomor Drawing	Rev	Skala
027	A	-



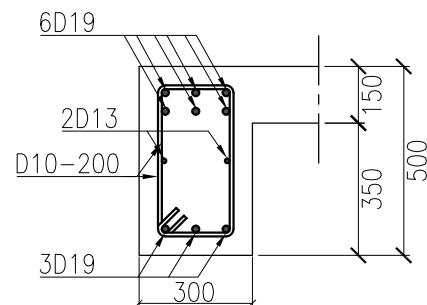
LEGENDA DAN KETERANGAN

CATATAN

1. SEMUA DIMENSI DITULIS DALAM SATUAN MILIMETER KECUALI KETERANGAN LAIN
2. SEMUA LEVEL DALAM METER DI UKUR DARI LWS  $\pm 0.00$
3. MATERIAL BETON MENGGUNAKAN  $f'_c = 35 \text{ MPa}$
4. MATERIAL TIANG PANCANG HARUS MENGACU ASTM A252 GRADE 2 DENGAN TEGCAN LELEH  $240 \text{ kg/cm}^2$
5. TIANG PANCANG DIPROTEKSI DENGAN COATING DAN HDPE
6. MUTU BAJA TULANGAN MENGACU PADA SNI D MENANDAKAN TULANGAN ULIR DENGAN  $f_y = 390 \text{ MPa}$
7. PROFIL BAJA HARUS MENGACU ASTM A36
8. SEMUA GAMBAR SESUAI DENGAN SPECIFIKASI

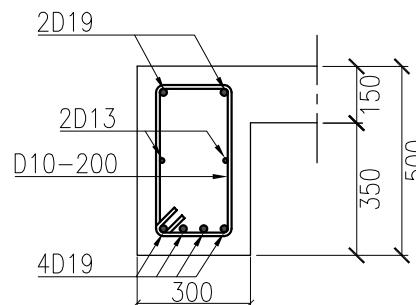
### TAMPAK SAMPING

Skala 1:80



POTONGAN A-A

Skala 1:20



POTONGAN B-B

Skala 1:20



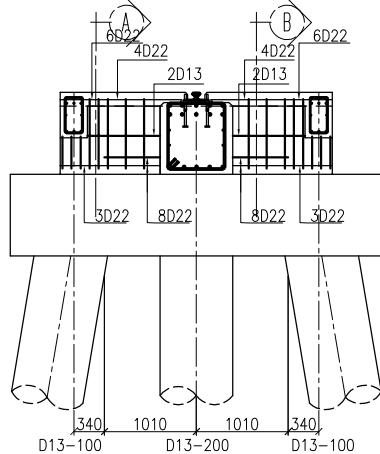
PERENCANAAN DERMAGA PUPUK NPK DI TERSUS PT.  
PUPUK KALTIM UNTUK KAPAL BULK CARRIER DENGAN  
KAPASITAS 10.000 DWT

Dosen Pembimbing :  
Ir. PUDDOLY, M.Sc  
CAHYA BUANA, ST., MT

Mahasiswa :  
MUHAMMAD DWI NUGROHO  
03111645000028

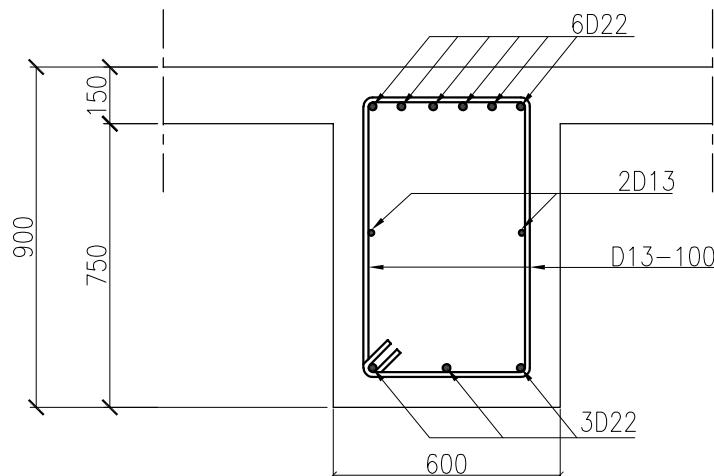
Judul Gambar :  
PENULANGAN BALOK MEMANJANG  
LOADING PLATFORM

Nomor Drawing	Rev	Skala
028	A	-



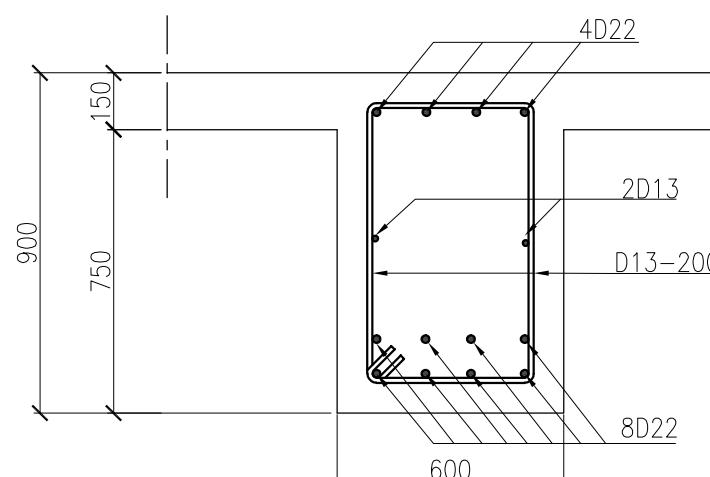
TAMPAK SAMPING

Skala 1:80



POTONGAN A-A

Skala 1:20



POTONGAN B-B

Skala 1:20

LEGENDA DAN KETERANGAN

CATATAN

1. SEMUA DIMENSI DITULIS DALAM SATUAN MILIMETER KECUALI KETERANGAN LAIN
2. SEMUA LEVEL DALAM METER DI UKUR DARI LWS  $\pm 0.00$
3. MATERIAL BETON MENGGUNAKAN  $f'_c = 35 \text{ MPa}$
4. MATERIAL TIANG PANCANG HARUS MENGACU ASTM A252 GRADE 2 DENGAN TEGANGAN LELEH  $240 \text{ kg/cm}^2$
5. TIANG PANCANG DIPROTEKSI DENGAN COATING DAN HDPE
6. MUTU BAJA TULANGAN MENGACU PADA SNI D MENANDAKAN TULANGAN ULR DENGAN  $f_y = 390 \text{ MPa}$
7. MENANDAKAN TULANGAN POLOS DENGAN  $f_y = 240 \text{ MPa}$
8. PROFIL BAJA HARUS MENGACU ASTM A36
9. SEMUA GAMBAR SESUAI DENGAN SPECIFIKASI



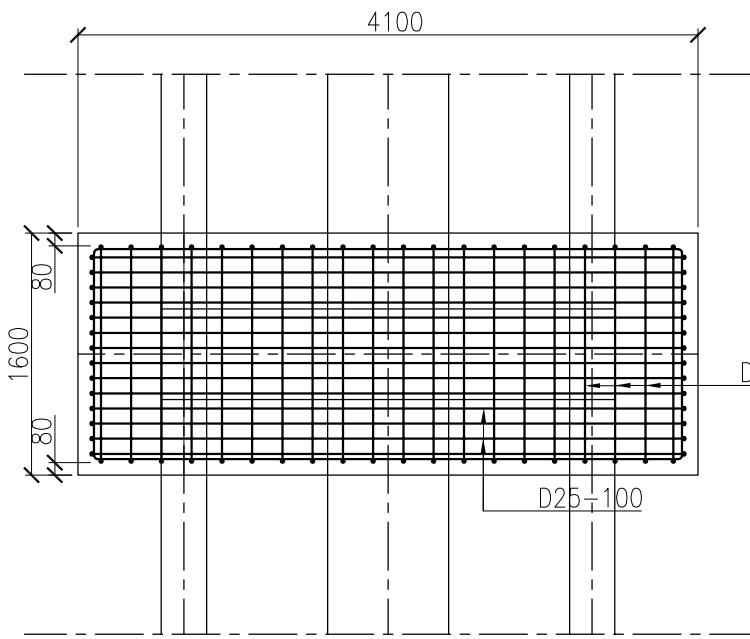
PERENCANAAN DERMAGA PUPUK NPK DI TERSUS PT.  
PUPUK KALTIM UNTUK KAPAL BULK CARRIER DENGAN  
KAPASITAS 10.000 DWT

Dosen Pembimbing :  
Ir. PUDDOLY, M.Sc  
CAHYA BUANA, ST., MT

Mahasiswa :  
MUHAMMAD DWI NUGROHO  
0311164500028

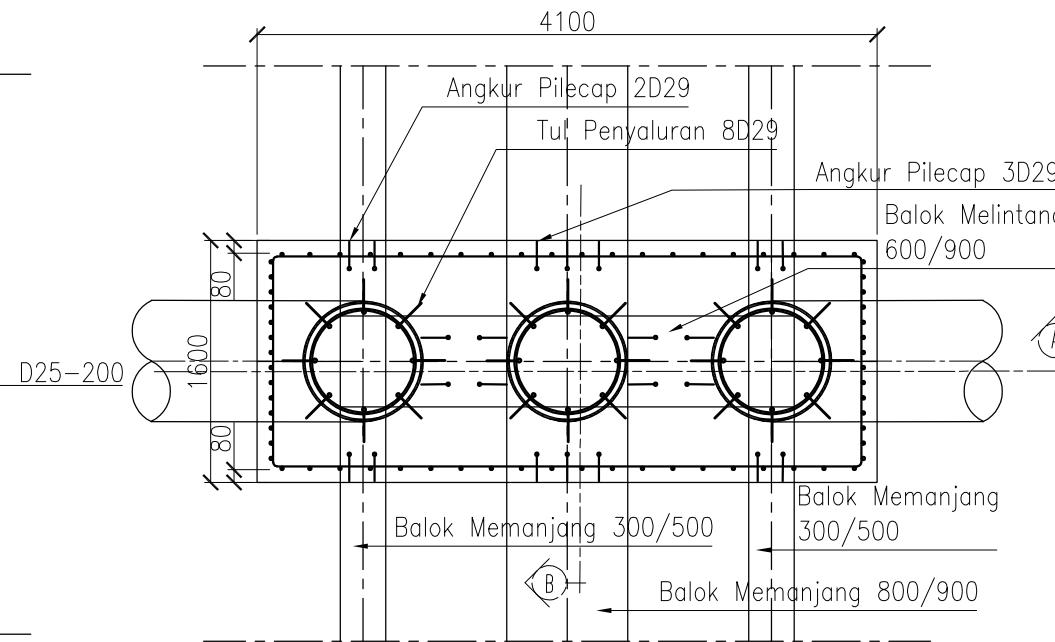
Judul Gambar :  
PENULANGAN BALOK MELINTANG  
LOADING PLATFORM

Nomor Drawing	Rev	Skala
029	A	-



TAMPAK ATAS PILECAP

Skala 1:50



TAMPAK TENGAH PILECAP

Skala 1:50

LEGENDA DAN KETERANGAN

CATATAN

- SEMUA DIMENSI DITULIS DALAM SATUAN MILIMETER KECUALI KETERANGAN LAIN
- SEMUA LEVEL DALAM METER DI UKUR DARI LWS ±0.00
- MATERIAL BETON MENGGUNAKAN  $f'_c = 35 \text{ MPa}$
- MATERIAL TIANG PANCANG HARUS MENGACU ASTM A252 GRADE 2 DENGAN TEKANAN LELEH  $240 \text{ kg/cm}^2$
- TIANG PANCANG DIPROTEKSI DENGAN COATING DAN HDPE
- MUTU BAJA TULANGAN MENGACU PADA SNI D MENANDAKAN TULANGAN UIIR DENGAN  $f_y = 390 \text{ MPa}$  & MENANDAKAN TULANGAN POLOS DENGAN  $f_y = 240 \text{ MPa}$
- PROFIL BAJA HARUS MENGACU ASTM A36
- SEMUA GAMBAR SESUAI DENGAN SPECIFIKASI



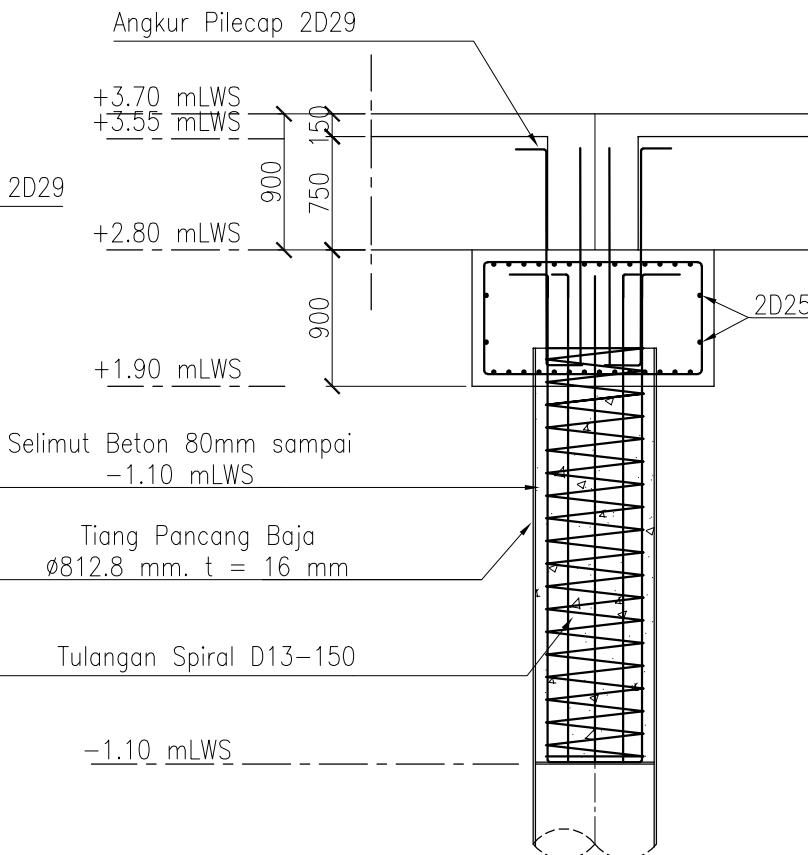
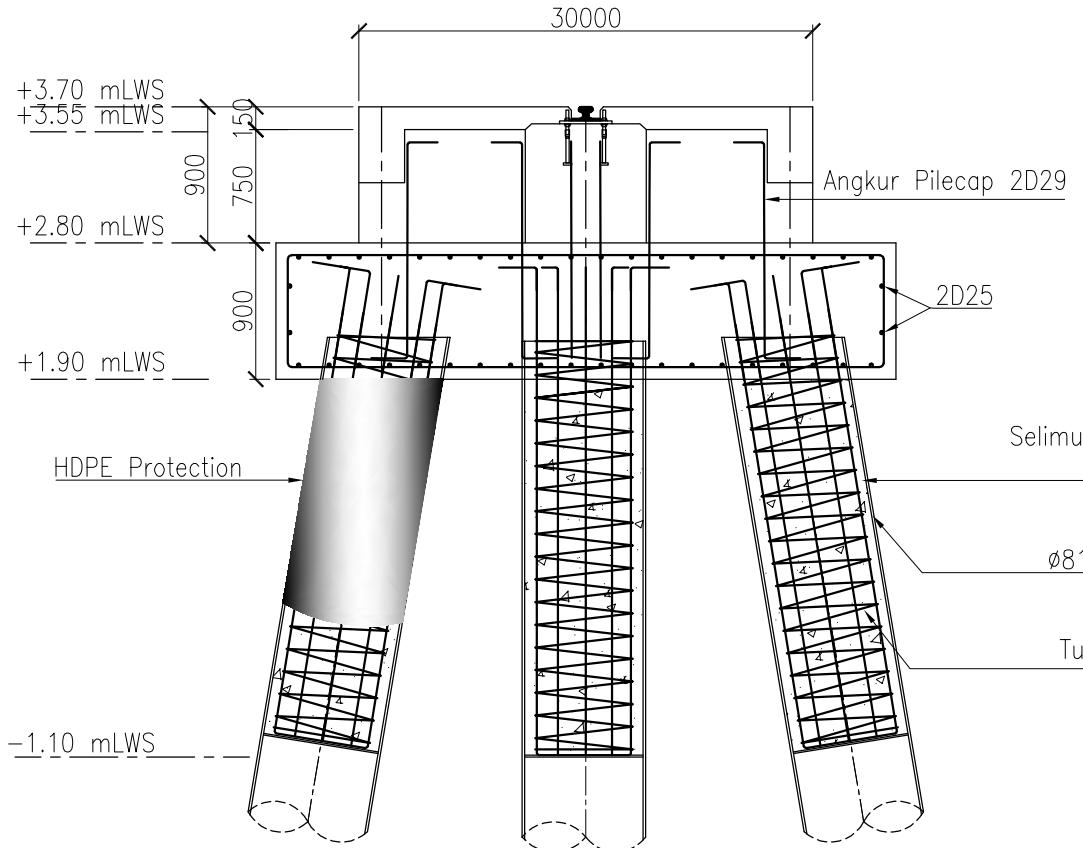
PERENCANAAN DERMAGA PUPUK NPK DI TERSU PT.  
PUPUK KALTIM UNTUK KAPAL BULK CARRIER DENGAN  
KAPASITAS 10.000 DWT

Dosen Pembimbing :  
Ir. FUDDOLY, M.Sc  
CAHYA BUANA, ST., MT

Mahasiswa :  
MUHAMMAD DWI NUGROHO  
03111645000028

Judul Gambar :  
PENULANGAN POER LOADING  
PLATFORM

Nomor Drawing	Rev	Skala
030	A	-



LEGENDA DAN KETERANGAN

CATATAN

1. SEMUA DIMENSI DITULIS DALAM SATUAN MILIMETER KECUALI KETERANGAN LAIN
2. SEMUA LEVEL DALAM METER DI UKUR DARI LWS ±0.00
3. MATERIAL BETON MENGGUNAKAN  $f'_c = 35 \text{ MPa}$
4. MATERIAL TIANG PANCANG HARUS MENGACU ASTM A252 GRADE 2 DENGAN TEKANAN LELEH  $240 \text{ kg/cm}^2$
5. TIANG PANCANG DIPROTEKSI DENGAN COATING DAN HDPE
6. MUTU BAJA TULANGAN MENGACU PADA SNI D MENANDAKAN TULANGAN ULIR DENGAN  $f_y = 390 \text{ MPa}$  & MENANDAKAN TULANGAN POLOS DENGAN  $f_y = 240 \text{ MPa}$
7. PROFIL BAJA HARUS MENGACU ASTM A36
8. SEMUA GAMBAR SESUAI DENGAN SPECIFIKASI



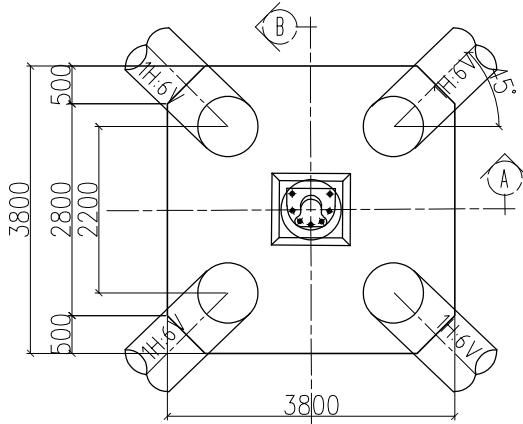
PERENCANAAN DERMAGA PUPUK NPK DI TERSUS PT.  
PUPUK KALTIM UNTUK KAPAL BULK CARRIER DENGAN  
KAPASITAS 10.000 DWT

Dosen Pembimbing :  
Ir. FUDDOLY, M.Sc  
CAHYA BUANA, ST., MT

Mahasiswa :  
MUHAMMAD DWI NUGROHO  
03111645000028

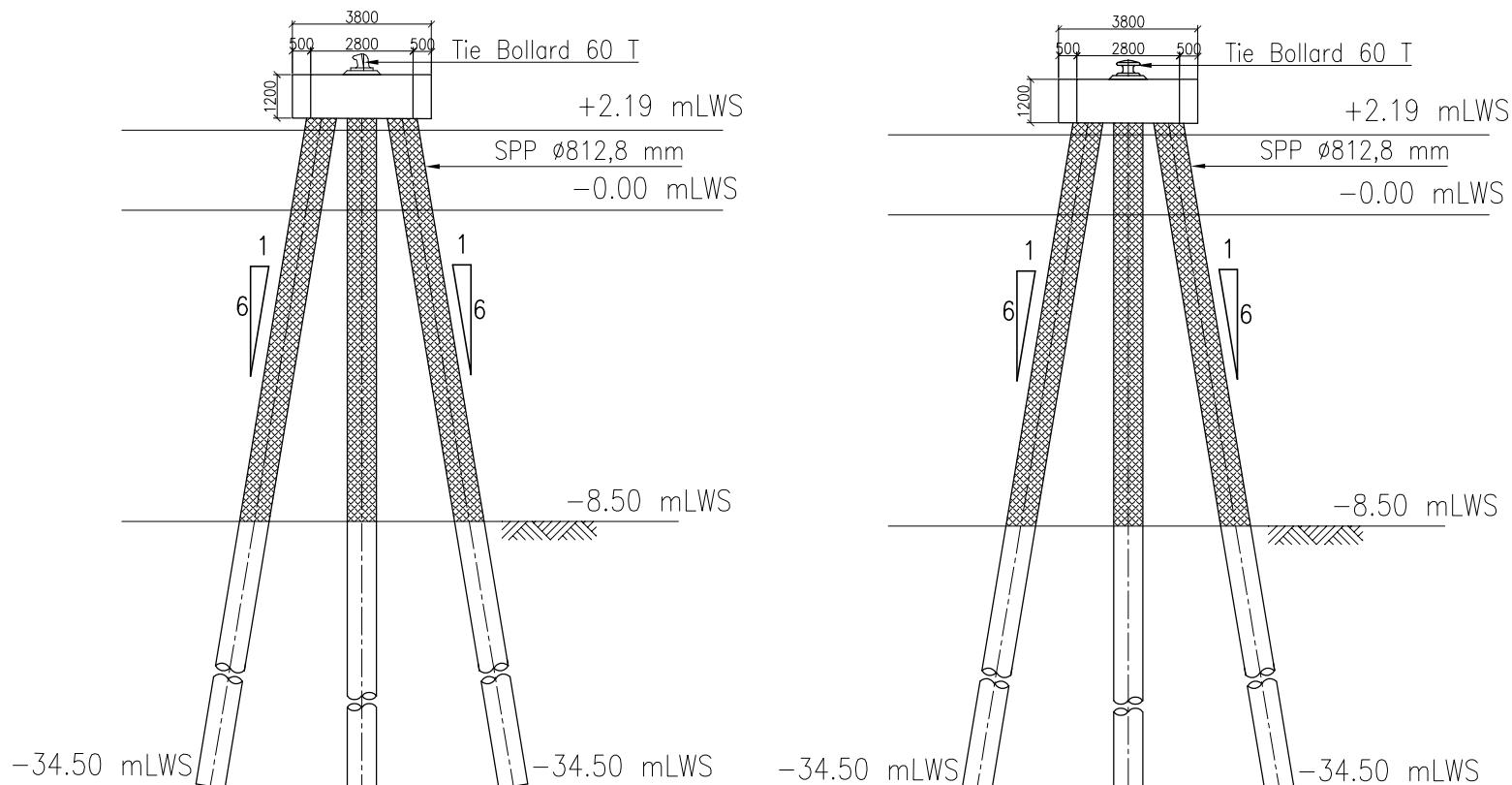
Judul Gambar :  
PENULANGAN POER LOADING  
PLATFORM

Nomor Drawing	Rev	Skala
031	A	-



## LAYOUT MOORING DOLPHIN

Skala 1:100



POTONGAN B-B

Skala 1:200

POTONGAN A-A

Skala 1:200

### LEGENDA DAN KETERANGAN

### CATATAN

1. SEMUA DIMENSI DITULIS DALAM SATUAN MILIMETER KECUALI KETERANGAN LAIN
2. SEMUA LEVEL DALAM METER DI UKUR DARI LWS ±0.00
3. MATERIAL BETON MENGGUNAKAN  $f'_c = 35 \text{ MPa}$
4. MATERIAL TIANG PANCANG HARUS MENGACU ASTM A252 GRADE 2 DENGAN TEGANGAN LELEH  $240 \text{ kg/cm}^2$
5. TIANG PANCANG DIPROTEKSI DENGAN COATING DAN HDPE
6. MUTU BAJA TULANGAN MENGACU PADA SNI D MENANDAKAN TULANGAN ULIR DENGAN  $f_y = 390 \text{ MPa}$  & MENANDAKAN TULANGAN POLOS DENGAN  $f_y = 240 \text{ MPa}$
7. PROFIL BAJA HARUS MENGACU ASTM A36
8. SEMUA GAMBAR SESUAI DENGAN SPECIFIKASI



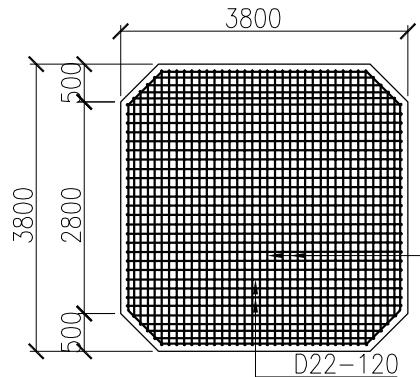
PERENCANAAN DERMAGA PUPUK NPK DI TERSUS PT.  
PUPUK KALTIM UNTUK KAPAL BULK CARRIER DENGAN  
KAPASITAS 10.000 DWT

Dosen Pembimbing :  
Ir. FUDDOLY, M.Sc  
CAHYA BUANA, S.T., MT

Mahasiswa :  
MUHAMMAD DWI NUGROHO  
0311164500028

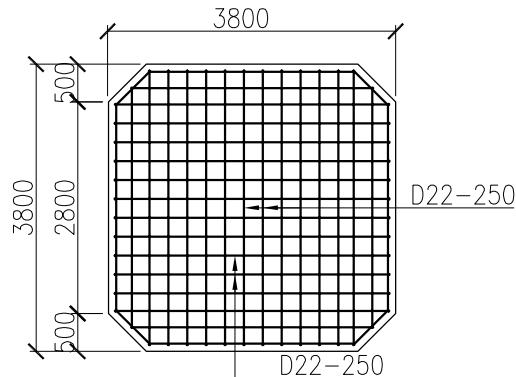
Judul Gambar :  
DETAIL MOORING DOLPHIN

Nomor Drawing	Rev	Skala
032	A	-



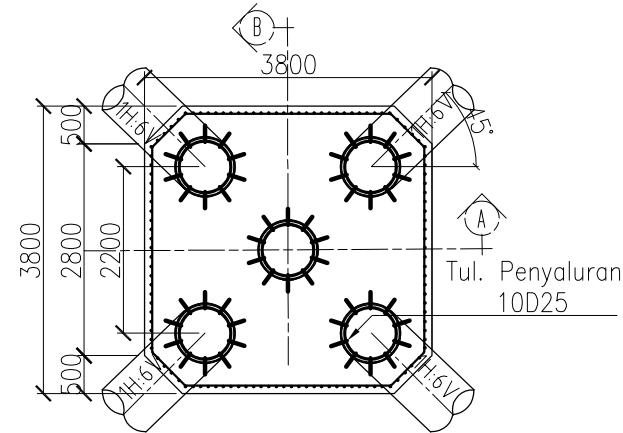
TAMPAK ATAS

Skala 1:100



TAMPAK TENGAH

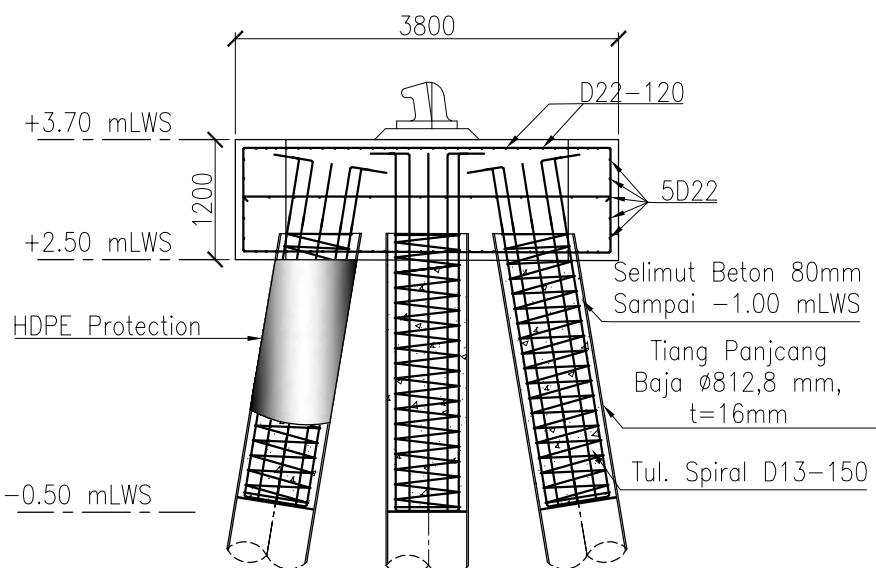
Skala 1:100



TAMPAK BAWAH

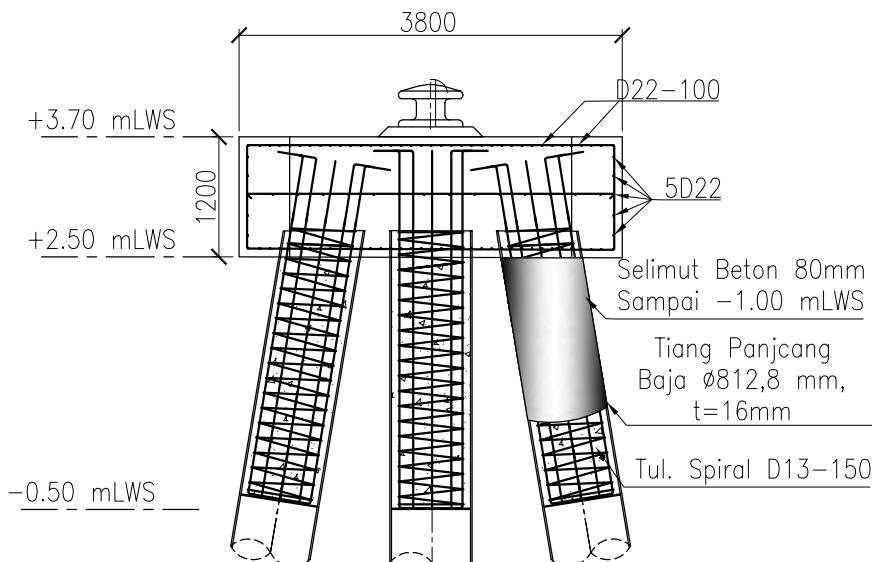
Skala 1:100

LEGENDA DAN KETERANGAN



POTONGAN B-B

Skala 1:75



POTONGAN A-A

Skala 1:75

CATATAN

1. SEMUA DIMENSI DITULIS DALAM SATUAN MILIMETER KECUALI KETERANGAN LAIN
2. SEMUA LEVEL DALAM METER DI UKUR DARI LWS ±0.00
3. MATERIAL BETON MENGGUNAKAN  $f'_c = 35 \text{ MPa}$
4. MATERIAL TIANG PANJANG HARUS MENGACU ASTM A252 GRADE 2 DENGAN TEGANGAN LELEH  $240 \text{ kg/cm}^2$
5. TIANG PANJANG DIPROTEKSI DENGAN COATING DAN HDPE
6. MUTU BAJA TULANGAN MENGACU PADA SNI D MENANDAKAN TULANGAN ULIR DENGAN  $f_y = 390 \text{ MPa}$  & MENANDAKAN TULANGAN POLOS DENGAN  $f_y = 240 \text{ MPa}$
7. PROFIL BAJA HARUS MENGACU ASTM A36
8. SEMUA GAMBAR SESUAI DENGAN SPECIFIKASI



PERENCANAAN DERMAGA PUPUK NPK DI TERSU PT.  
PUPUK KALTIM UNTUK KAPAL BULK CARRIER DENGAN  
KAPASITAS 10.000 DWT

Dosen Pembimbing :  
Ir. FUDDOLY, M.Sc  
CAHYA BUANA, ST., MT

Mahasiswa :  
MUHAMMAD DWI NUGROHO  
0311164500028

Judul Gambar :  
PENULANGAN MOORING DOLPHIN

Nomor Drawing	Rev	Skala
033	A	-

LEGENDA DAN KETERANGAN

CATATAN

- SEMUA DIMENSI DITULIS DALAM SATUAN MILIMETER KECUALI KETERANGAN LAIN
- SEMUA LEVEL DALAM METER DI UKUR DARI LWS ± 0.00
- MATERIAL BETON MENGGUNAKAN  $f'_c = 35 \text{ MPa}$
- MATERIAL TIANG PANCANG HARUS MENGACU ASTM A252 GRADE 2 DENGAN TEGANGAN LELEH  $240 \text{ kg/cm}^2$
- TIANG PANCANG DIPROTEKSI DENGAN COATING DAN HDPE
- MUTU BAJA TULANGAN MENGACU PADA SNI D MENANDAKAN TULANGAN ULIR DENGAN  $f_y = 390 \text{ MPa}$  & MENANDAKAN TULANGAN POLOS DENGAN  $f_y = 240 \text{ MPa}$
- PROFIL BAJA HARUS MENGACU ASTM A36
- SEMUA GAMBAR SESUAI DENGAN SPECIFIKASI



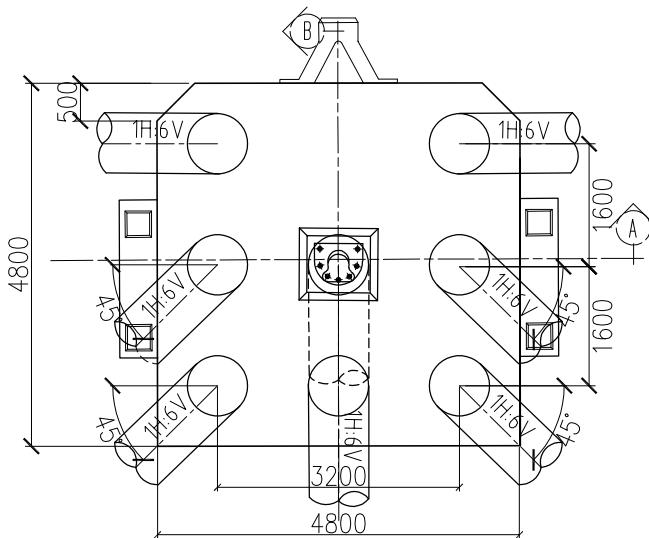
PERENCANAAN DERMAGA PUPUK NPK DI TERSUS PT.  
PUPUK KALTIM UNTUK KAPAL BULK CARRIER DENGAN  
KAPASITAS 10.000 DWT

Dosen Pembimbing :  
Ir. PUDDOLY, M.Sc  
CAHYA BUANA, ST., MT

Mahasiswa :  
MUHAMMAD DWI NUGROHO  
0311164500028

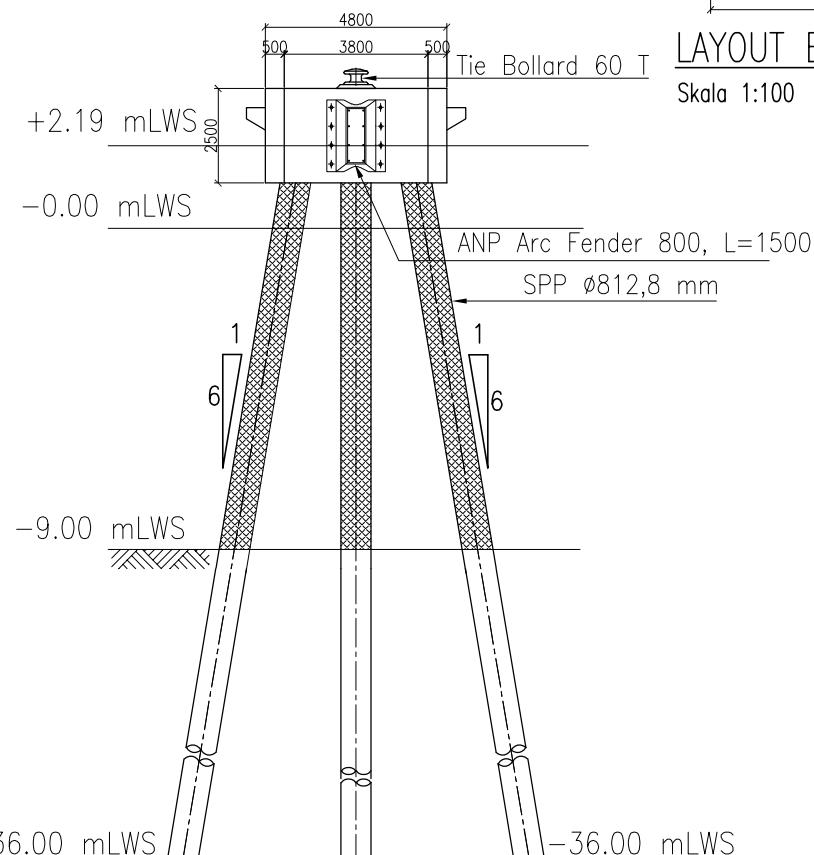
Judul Gambar :  
DETAIL BREASTING DOLPHIN

Nomor Drawing	Rev	Skala
034	A	-



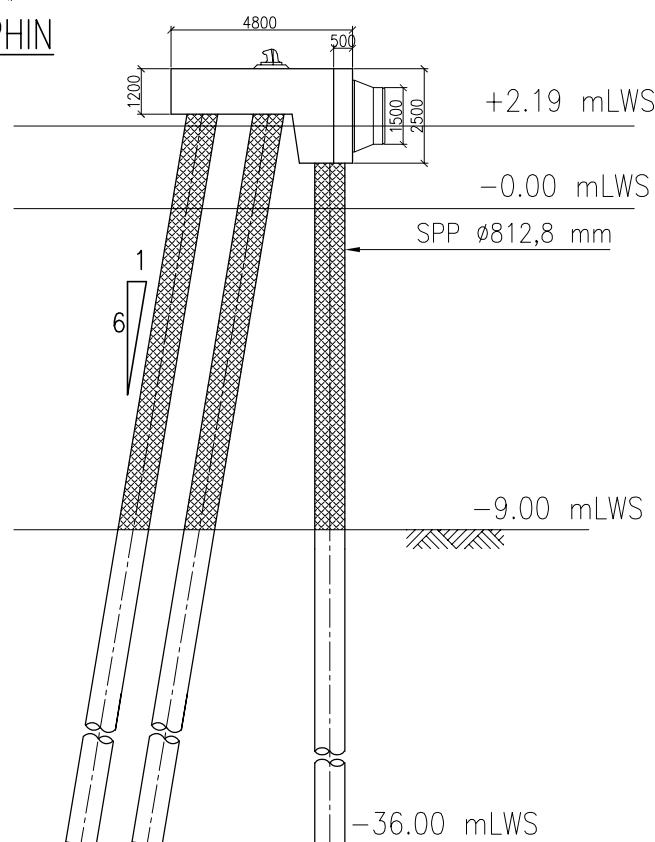
LAYOUT BREASTING DOLPHIN

Skala 1:100



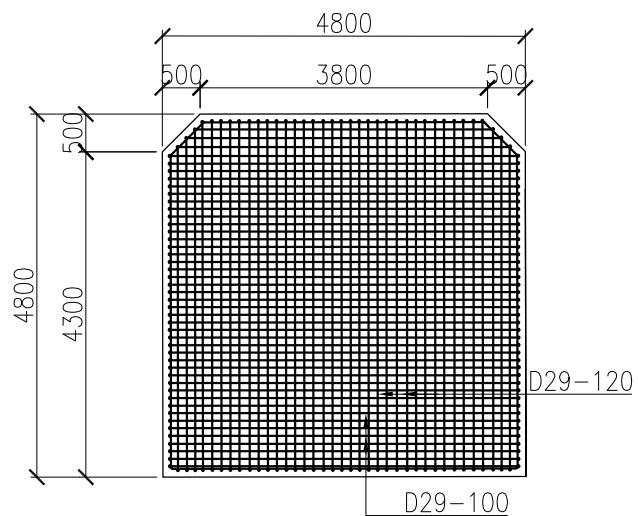
POTONGAN A-A

Skala 1:200



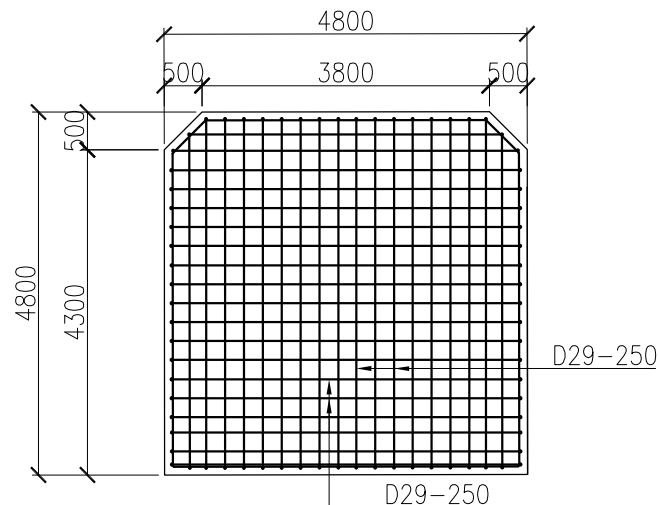
POTONGAN B-B

Skala 1:200



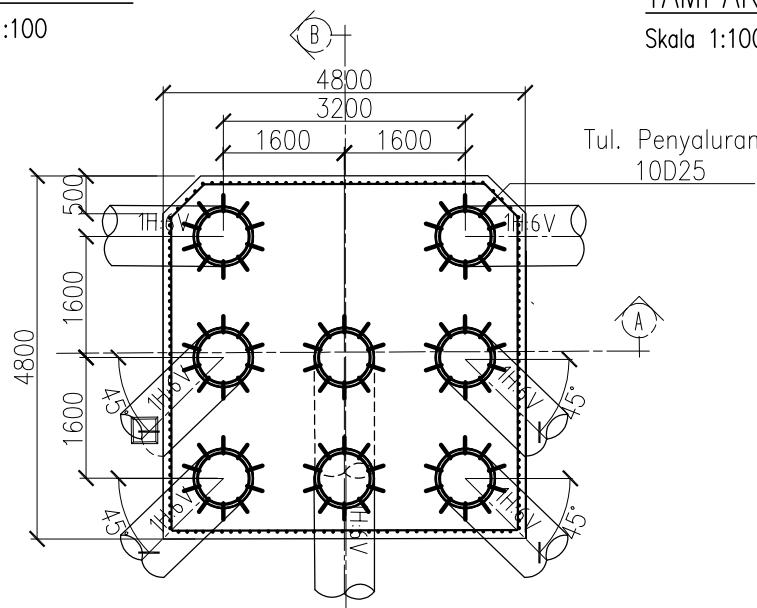
TAMPAK ATAS

Skala 1:100



TAMPAK TENGAH

Skala 1:100



TAMPAK BAWAH

Skala 1:100

LEGENDA DAN KETERANGAN

CATATAN

1. SEMUA DIMENSI DITULIS DALAM SATUAN MILIMETER KECUALI KETERANGAN LAIN
2. SEMUA LEVEL DALAM METER DI UKUR DARI LWS ±0.00
3. MATERIAL BETON MENGGUNAKAN  $f'_c = 35 \text{ MPa}$
4. MATERIAL TIANG PANCANG HARUS MENGACU ASTM A252 GRADE 2 DENGAN TEGANGAN LELEH  $240 \text{ kg/cm}^2$
5. TIANG PANCANG DIPROTEKSI DENGAN COATING DAN HDPE
6. MUTU BAJA TULANGAN MENGACU PADA SNI D MENANDAKAN TULANGAN ULIR DENGAN  $f_y = 390 \text{ MPa}$   
d MENANDAKAN TULANGAN POLOS DENGAN  $f_y = 240 \text{ MPa}$
7. PROFIL BAJA HARUS MENGACU ASTM A36
8. SEMUA GAMBAR SESUAI DENGAN SPECIFIKASI



PERENCANAAN DERMAGA PUPUK NPK DI TERSUS PT.  
PUPUK KALTIM UNTUK KAPAL BULK CARRIER DENGAN  
KAPASITAS 10.000 DWT

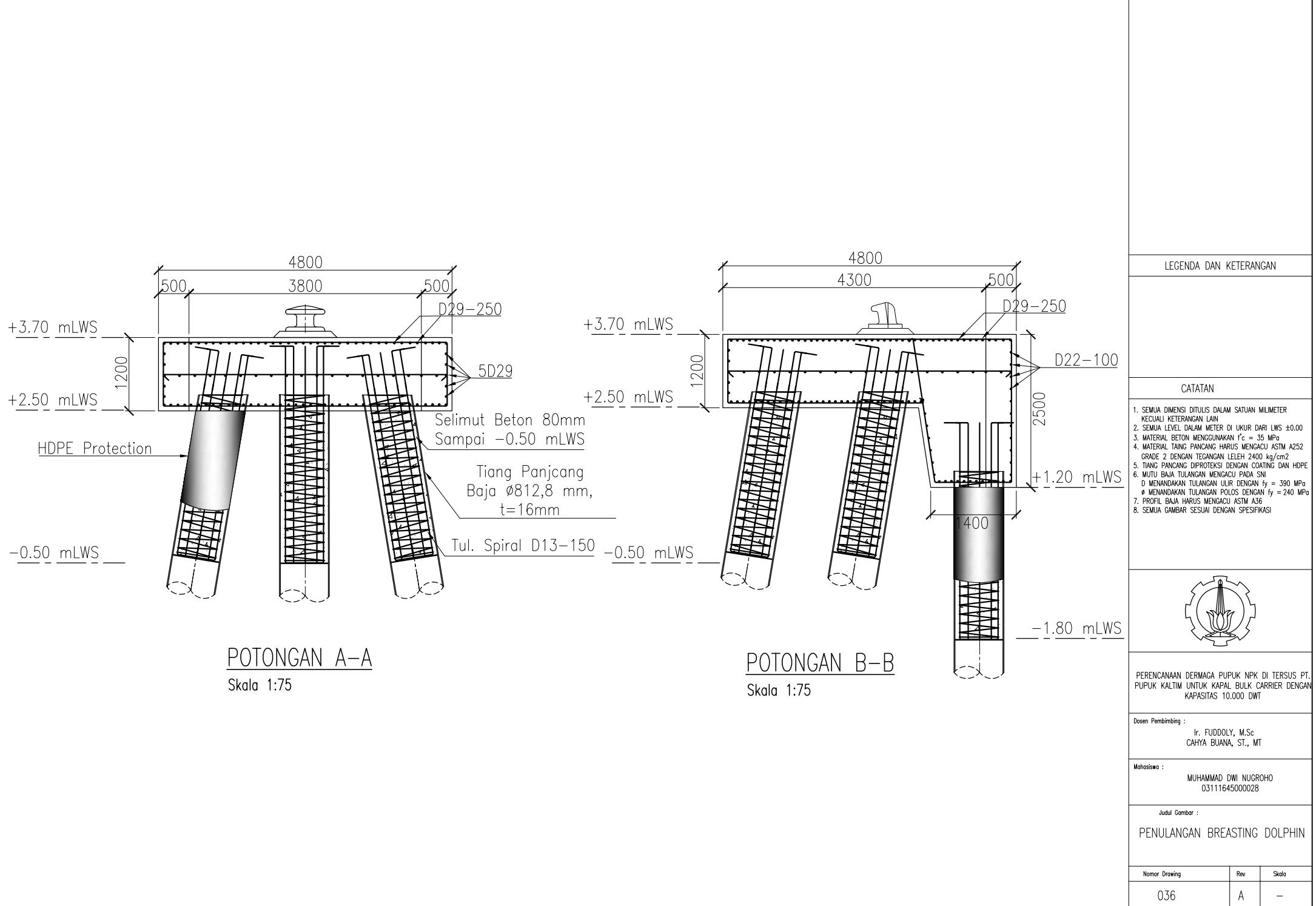
Dosen Pembimbing :  
Ir. PUDDOLY, M.Sc  
CAHYA BUANA, ST., MT

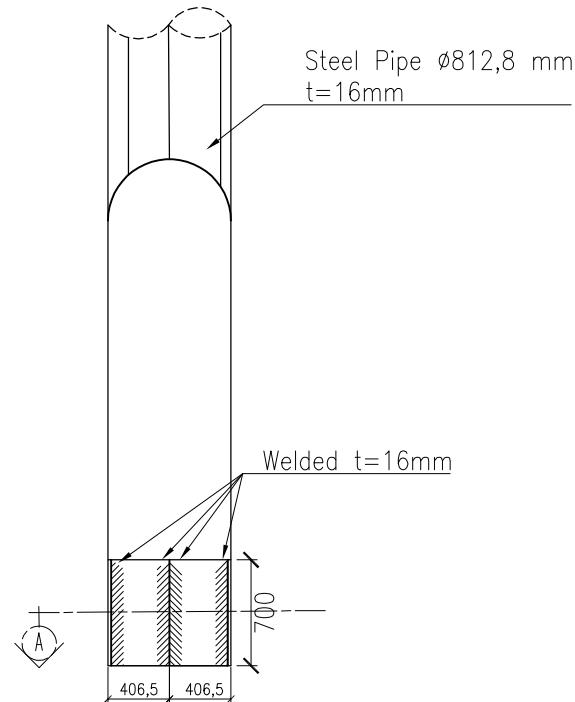
Mahasiswa :  
MUHAMMAD DWI NUGROHO  
0311164500028

Judul Gambar :

PENULANGAN BREASTING DOLPHIN

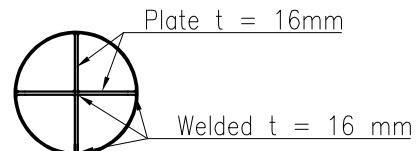
Nomor Drawing	Rev	Skala
035	A	-





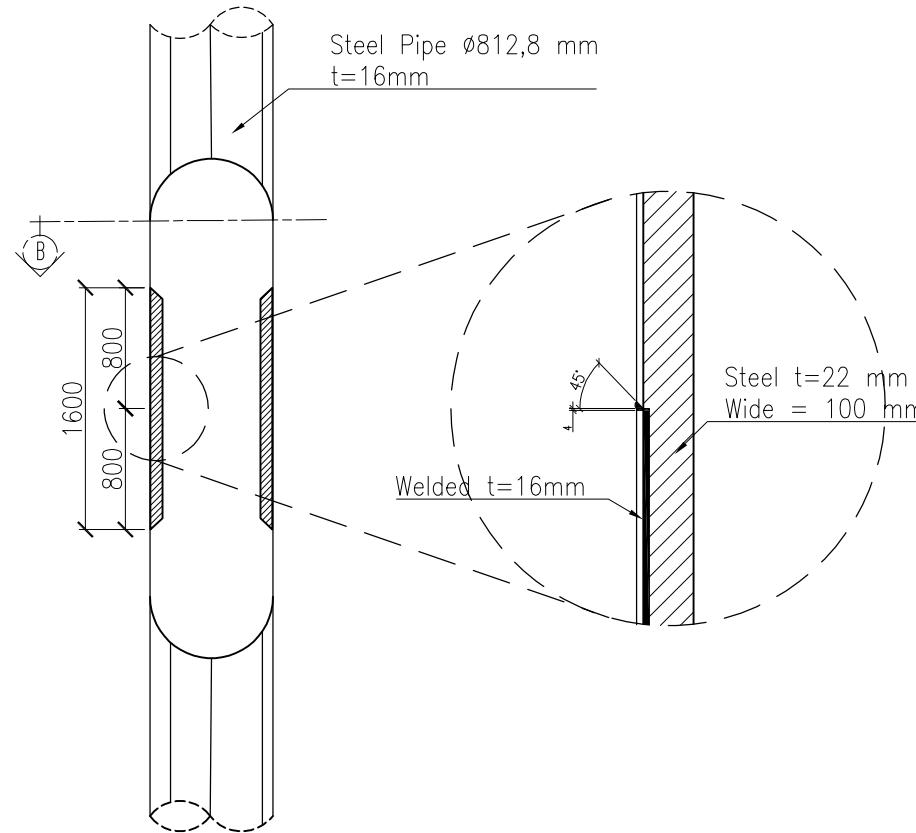
DETAIL SAMBUNGAN LAS

Skala 1:50



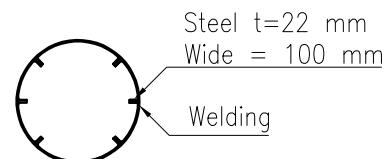
POTONGAN A-A

Skala 1:50



DETAIL SAMBUNGAN LAS

Skala 1:50



POTONGAN B-B

Skala 1:50

LEGENDA DAN KETERANGAN

CATATAN

1. SEMUA DIMENSI DITULIS DALAM SATUAN MILIMETER KECUALI KETERANGAN LAIN
2. SEMUA LEVEL DALAM METER DI UKUR DARI LWS ±0,00
3. MATERIAL BETON MENGGUNAKAN  $f'_c = 35 \text{ MPa}$
4. MATERIAL TIANG PANCANG HARUS MENGACU ASTM A252 GRADE 2 DENGAN TEGANGAN LELEH  $240 \text{ kg/cm}^2$
5. TIANG PANCANG DIPROTEKSI DENGAN COATING DAN HDPE
6. MUTU BAJA TULANGAN MENGACU PADA SNI D MENANDAKAN TULANGAN ULIR DENGAN  $f_y = 390 \text{ MPa}$  & MENANDAKAN TULANGAN POLOS DENGAN  $f_y = 240 \text{ MPa}$
7. PROFIL BAJA HARUS MENGACU ASTM A36
8. SEMUA GAMBAR SESUAI DENGAN SPECIFIKASI



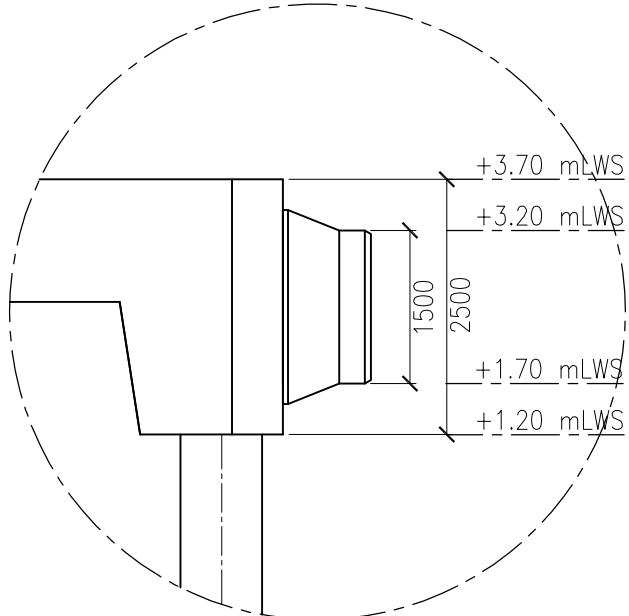
PERENCANAAN DERMAGA PUPUK NPK DI TERSUS PT.  
PUPUK KALTIM UNTUK KAPAL BULK CARRIER DENGAN  
KAPASITAS 10.000 DWT

Dosen Pembimbing :  
Ir. PUDDOLY, M.Sc  
CAHYA BUANA, ST., MT

Mahasiswa :  
MUHAMMAD DWI NUGROHO  
0311164500028

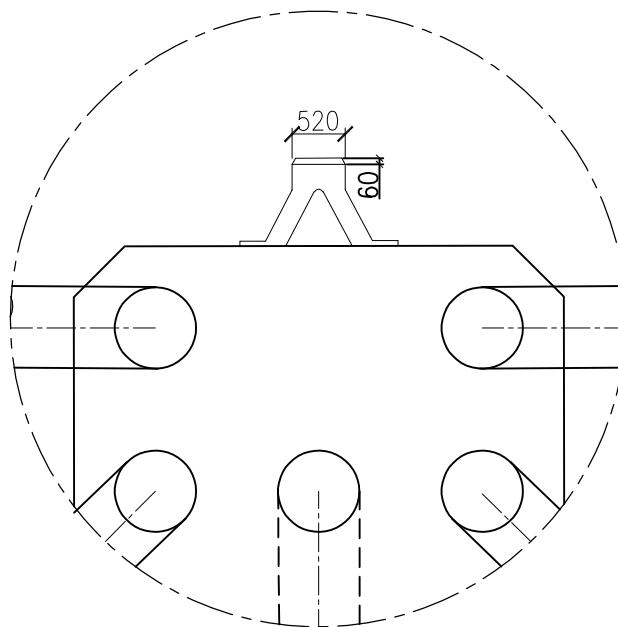
Judul Gambar :  
DETAIL SAMBUNGAN PILE

Nomor Drawing	Rev	Skala
037	A	-



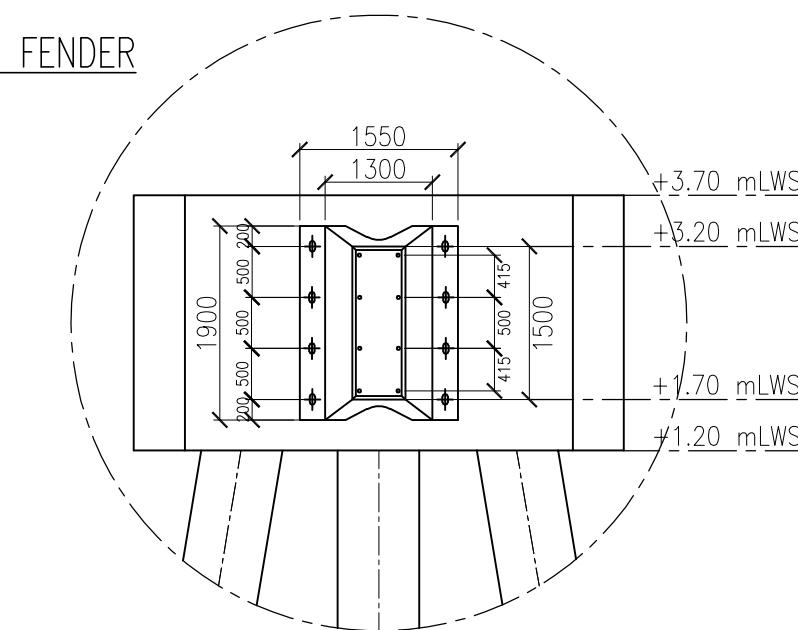
TAMPAK ATAS FENDER

Skala 1:75



TAMPAK SAMPING FENDER

Skala 1:75



TAMPAK DEPAN FENDER

Skala 1:75

LEGENDA DAN KETERANGAN

CATATAN

1. SEMUA DIMENSI DITULIS DALAM SATUAN MILIMETER KECUALI KETERANGAN LAIN
2. SEMUA LEVEL DALAM METER DI UKUR DARI LWS ±0.00
3. MATERIAL BETON MENGGUNAKAN  $f'_c = 35 \text{ MPa}$
4. MATERIAL TIANG PANCANG HARUS MENGACU ASTM A252 GRADE 2 DENGAN TEGANGAN LELEH  $240 \text{ kg/cm}^2$
5. TIANG PANCANG DIPROTEKSI DENGAN COATING DAN HDPE
6. MUTU BAJA TULANGAN MENGACU PADA SNI D MENANDAKAN TULANGAN ULIR DENGAN  $f_y = 390 \text{ MPa}$  & MENANDAKAN TULANGAN POLOS DENGAN  $f_y = 240 \text{ MPa}$
7. PROFIL BAJA HARUS MENGACU ASTM A36
8. SEMUA GAMBAR SESUAI DENGAN SPECIFIKASI



PERENCANAAN DERMAGA PUPUK NPK DI TERSUS PT.  
PUPUK KALTIM UNTUK KAPAL BULK CARRIER DENGAN  
KAPASITAS 10.000 DWT

Dosen Pembimbing :  
Ir. PUDDOLY, M.Sc  
CAHYA BUANA, ST., MT

Mahasiswa :  
MUHAMMAD DWI NUGROHO  
0311164500028

Judul Gambar :

DETAIL FENDER

Nomor Drawing	Rev	Skala
038	A	-

LEGENDA DAN KETERANGAN

CATATAN

1. SEMUA DIMENSI DITULIS DALAM SATUAN MILIMETER KECUALI KETERANGAN LAIN
2. SEMUA LEVEL DALAM METER DI UKUR DARI LWS ±0.00
3. MATERIAL BETON MENGGUNAKAN  $f'_c = 35 \text{ MPa}$
4. MATERIAL TIANG PANCANG HARUS MENGACU ASTM A252 GRADE 2 DENGAN TEGANGAN LELEH  $240 \text{ kg/cm}^2$
5. TIANG PANCANG DIPROTEKSI DENGAN COATING DAN HDPE
6. MUTU BAJA TULANGAN MENGACU PADA SNI D MENANDAKAN TULANGAN ULIR DENGAN  $f_y = 390 \text{ MPa}$
7. MENANDAKAN TULANGAN POLOS DENGAN  $f_y = 240 \text{ MPa}$
8. PROFIL BAJA HARUS MENGACU ASTM A36
9. SEMUA GAMBAR SESUAI DENGAN SPECIFIKASI



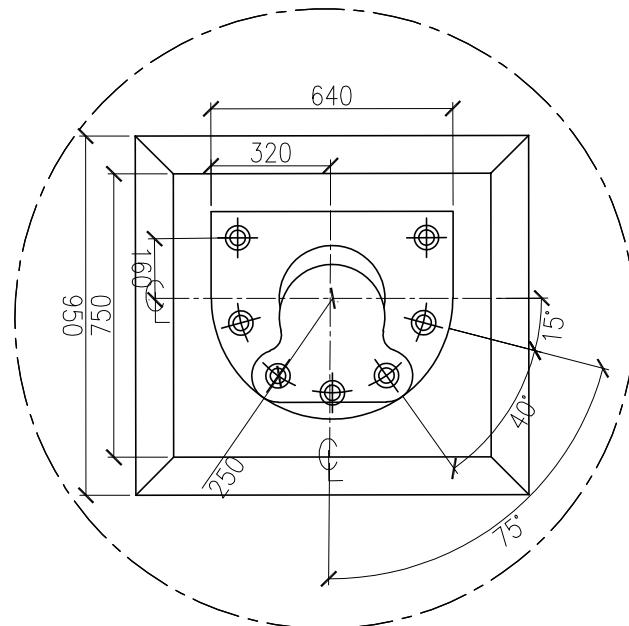
PERENCANAAN DERMAGA PUPUK NPK DI TERSUS PT.  
PUPUK KALTIM UNTUK KAPAL BULK CARRIER DENGAN  
KAPASITAS 10.000 DWT

Dosen Pembimbing :  
Ir. PUDDOLY, M.Sc  
CAHYA BUANA, ST., MT

Mahasiswa :  
MUHAMMAD DWI NUGROHO  
0311164500028

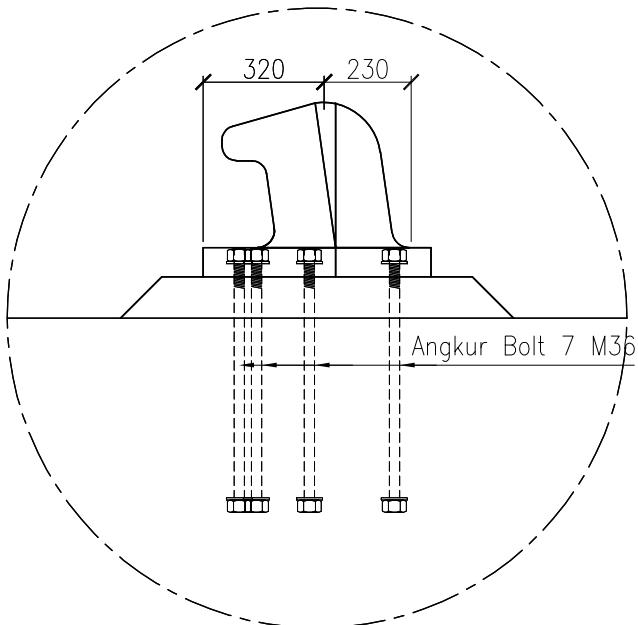
Judul Gambar :  
DETAIL BOLLARD

Nomor Drawing	Rev	Skala
039	A	-



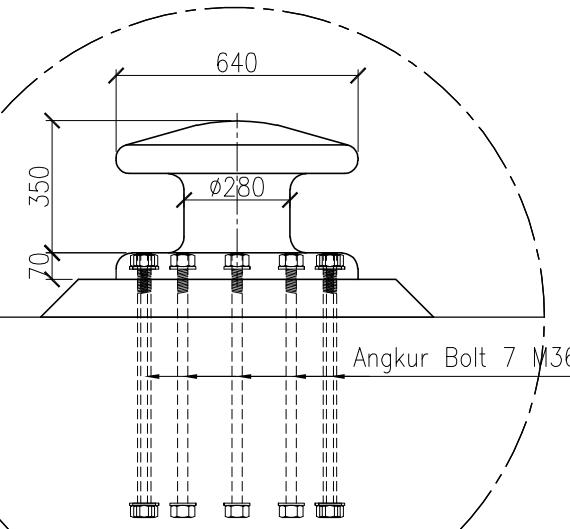
TAMPAK ATAS BOLLARD

Skala 1:20



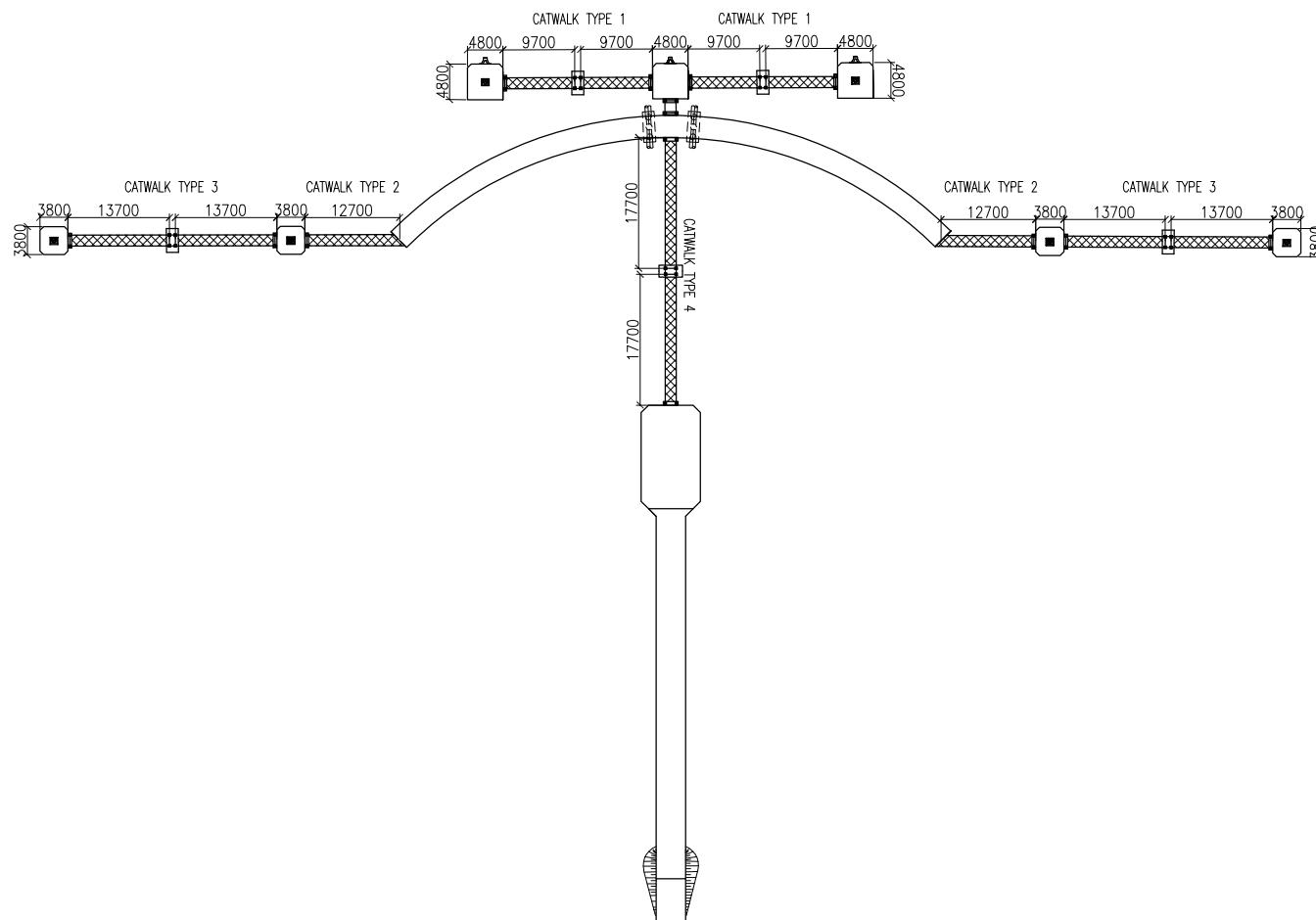
TAMPAK SAMPING BOLLARD

Skala 1:20



TAMPAK DEPAN BOLLARD

Skala 1:20



## LAYOUT CATWALK

Skala 1:1000

### LEGENDA DAN KETERANGAN

### CATATAN

1. SEMUA DIMENSI DITULIS DALAM SATUAN MILIMETER KECUALI KETERANGAN LAIN
2. SEMUA LEVEL DALAM METER DI UKUR DARI LWS  $\pm 0.00$
3. MATERIAL BETON MENGGUNAKAN  $f'_c = 35 \text{ MPa}$
4. MATERIAL TIANG PANCANG HARUS MENGACU ASTM A252 GRADE 2 DENGAN TEGANGAN LELEH  $240 \text{ kg/cm}^2$
5. TIANG PANCANG DIPROTEKSI DENGAN COATING DAN HDPE
6. MUTU BAJA TULANGAN MENGACU PADA SNI D MENANDAKAN TULANGAN ULIR DENGAN  $f_y = 390 \text{ MPa}$   
d MENANDAKAN TULANGAN POLOS DENGAN  $f_y = 240 \text{ MPa}$
7. PROFIL BAJA HARUS MENGACU ASTM A36
8. SEMUA GAMBAR SESUAI DENGAN SPECIFIKASI



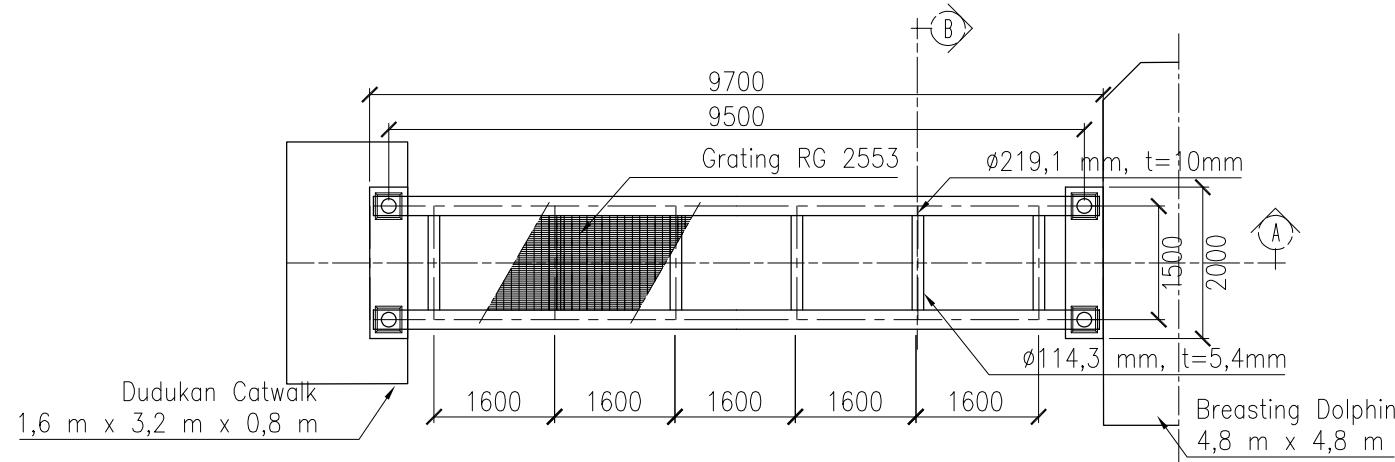
PERENCANAAN DERMAGA PUPUK NPK DI TERSUS PT.  
PUPUK KALTIM UNTUK KAPAL BULK CARRIER DENGAN  
KAPASITAS 10.000 DWT

Dosen Pembimbing :  
Ir. PUDDOLY, M.Sc  
CAHYA BUANA, ST., MT

Mahasiswa :  
MUHAMMAD DWI NUGROHO  
0311164500028

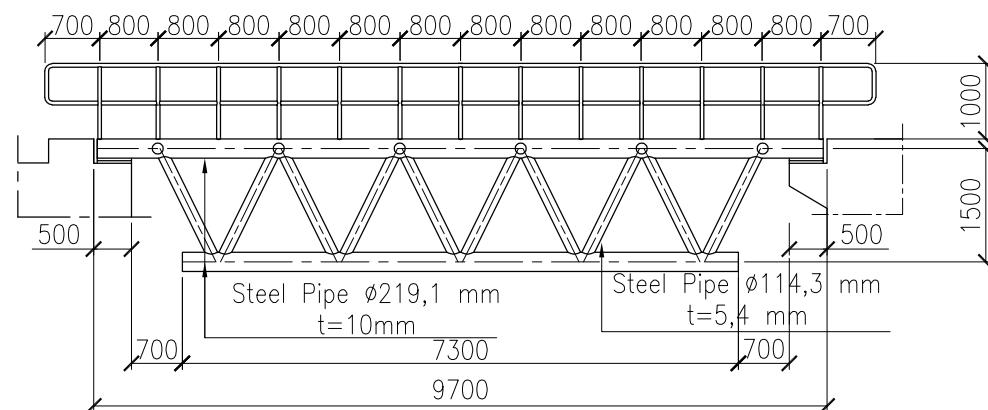
Judul Gambar :  
**LAYOUT CATWALK**

Nomor Drawing	Rev	Skala
040	A	-



DENAH CATWALK TIPE 1

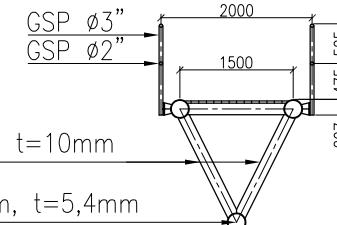
Skala 1:100



POTONGAN A-A

Skala 1:100

Steel Pipe Ø 219,1mm, t=10mm  
Steel Pipe Ø 114,3 mm, t=5,4mm



POTONGAN B-B

Skala 1:100

LEGENDA DAN KETERANGAN

CATATAN

1. SEMUA DIMENSI DITULIS DALAM SATUAN MILIMETER KECUALI KETERANGAN LAIN
2. SEMUA LEVEL DALAM METER DI UKUR DARI LWS ±0,00
3. MATERIAL BETON MENGGUNAKAN  $f'_c = 35 \text{ MPa}$
4. MATERIAL TIANG PANCANG HARUS MENGACU ASTM A252 GRADE 2 DENGAN TEGANGAN LELEH  $240 \text{ kg/cm}^2$
5. TIANG PANCANG DIPROTEKSI DENGAN COATING DAN HDPE
6. MUTU BAJA TULANGAN MENGACU PADA SNI D MENANDAKAN TULANGAN ULIR DENGAN  $f_y = 390 \text{ MPa}$
7. PROFIL BAJA HARUS MENGACU ASTM A36
8. SEMUA GAMBAR SESUAI DENGAN SPECIFIKASI



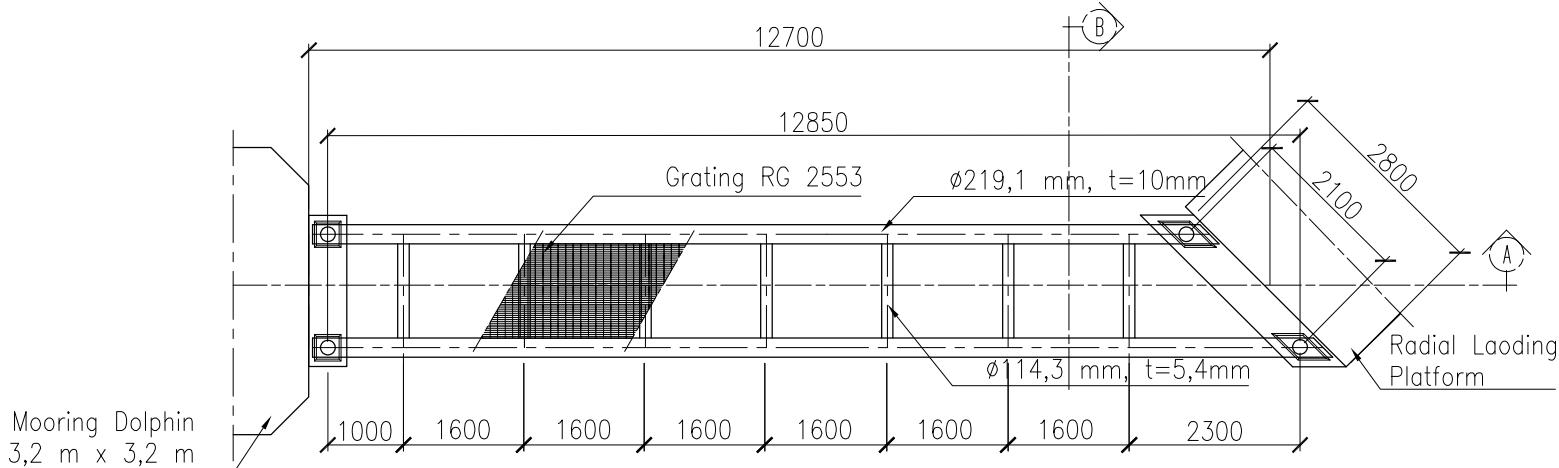
PERENCANAAN DERMAGA PUPUK NPK DI TERSU PT.  
PUPUK KALTIM UNTUK KAPAL BULK CARRIER DENGAN  
KAPASITAS 10.000 DWT

Dosen Pembimbing :  
Ir. PUDDOLY, M.Sc  
CAHYA BUANA, ST., MT

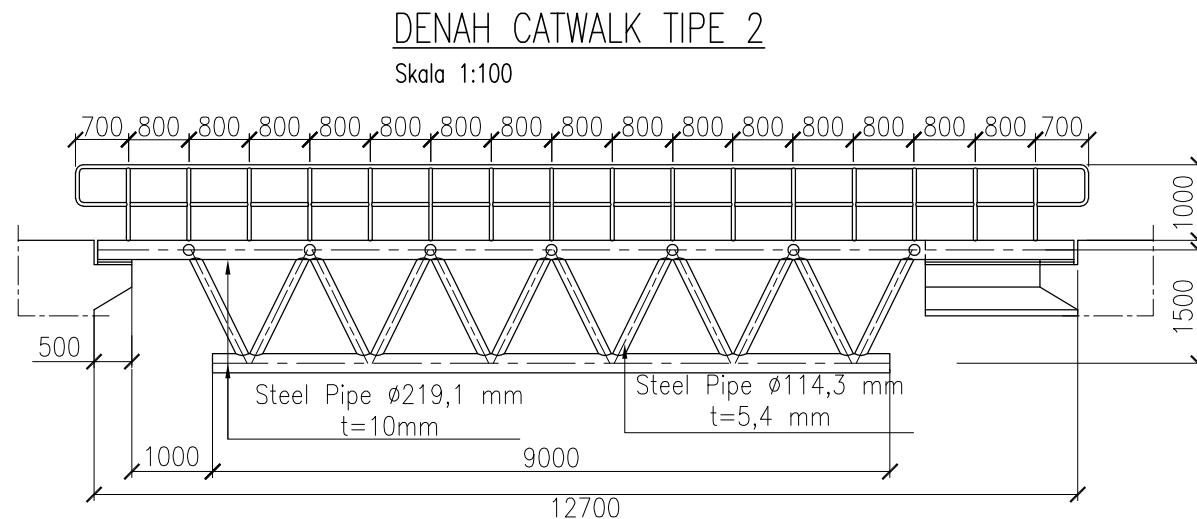
Mahasiswa :  
MUHAMMAD DWI NUGROHO  
0311164500028

Judul Gambar :  
**DETAIL CATWALK TIPE 1**

Nomor Drawing	Rev	Skala
041	A	-



LEGENDA DAN KETERANGAN



POTONGAN A-A

Skala 1:100



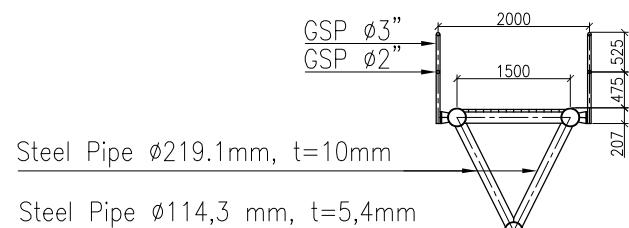
PERENCANAAN DERMAGA PUPUK NPK DI TERSUS PT.  
PUPUK KALIMANTAN UNTUK KAPAL BULK CARRIER DENGAN  
KAPASITAS 10.000 DWT

Dosen Pembimbing :  
Ir. FUDDOLY, M.Sc  
CAHYA BUANA, S.T., MT

Mahasiswa :  
MUHAMMAD DWI NUGROHO  
03111645000028

Judul Gambar :

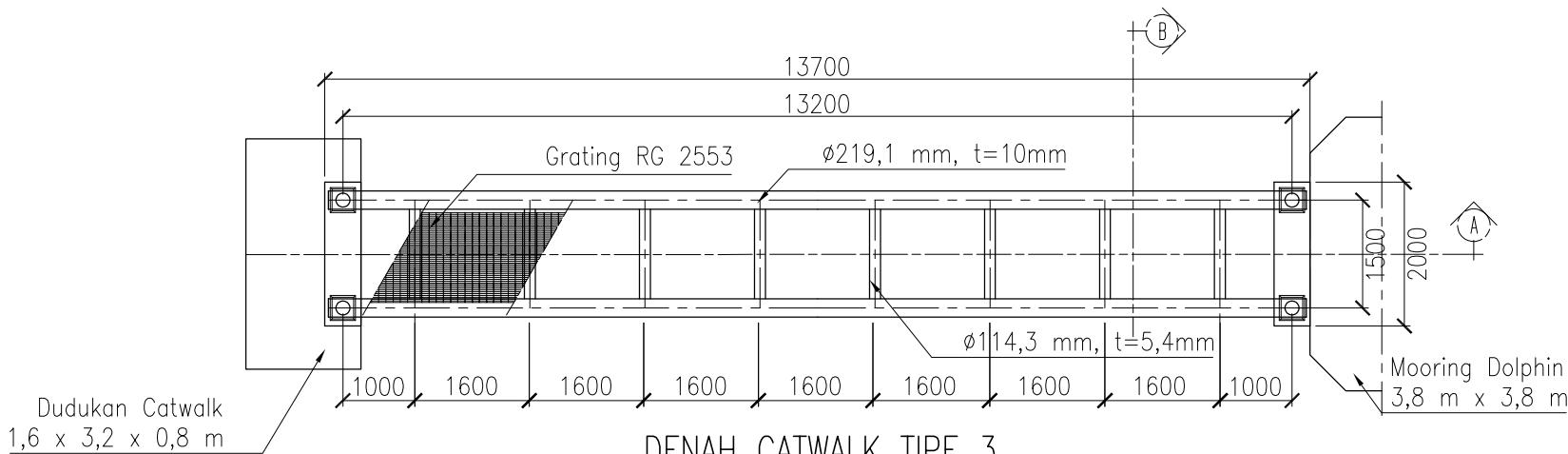
DETAIL CATWALK TIPE 2



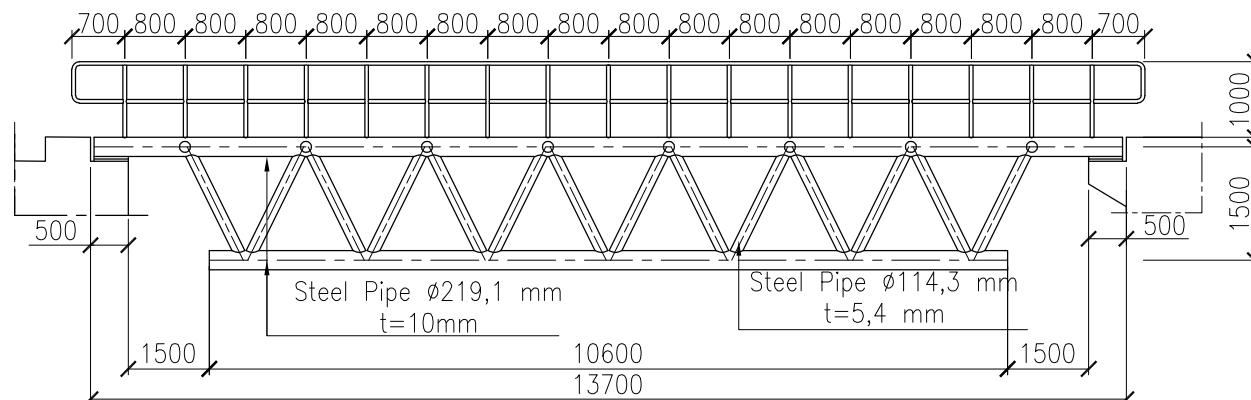
POTONGAN B-B

Skala 1:100

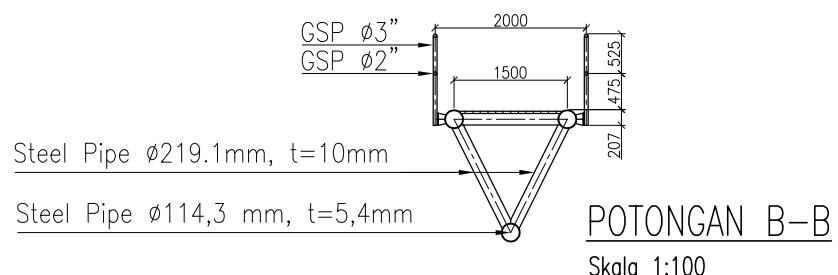
Nomor Drawing	Rev	Skala
042	A	-



Skala 1:100



Skala 1:100



Skala 1:100

LEGENDA DAN KETERANGAN

CATATAN

1. SEMUA DIMENSI DITULIS DALAM SATUAN MILIMETER KECUALI KETERANGAN LAIN
2. SEMUA LEVEL DALAM METER DI UKUR DARI LWS  $\pm 0,00$
3. MATERIAL BETON MENGGUNAKAN  $f'_c = 35 \text{ MPa}$
4. MATERIAL TIANG PANCANG HARUS MENGACU ASTM A252 GRADE 2 DENGAN TEGANGAN LELEH  $240 \text{ kg/cm}^2$
5. TIANG PANCANG DIPROTEKSI DENGAN COATING DAN HDPE
6. MUTU BAJA TULANGAN MENGACU PADA SNI D MENANDAKAN TULANGAN ULIR DENGAN  $f_y = 390 \text{ MPa}$
7. MENANDAKAN TULANGAN POLOS DENGAN  $f_y = 240 \text{ MPa}$
8. PROFIL BAJA HARUS MENGACU ASTM A36
9. SEMUA GAMBAR SESUAI DENGAN SPECIFIKASI



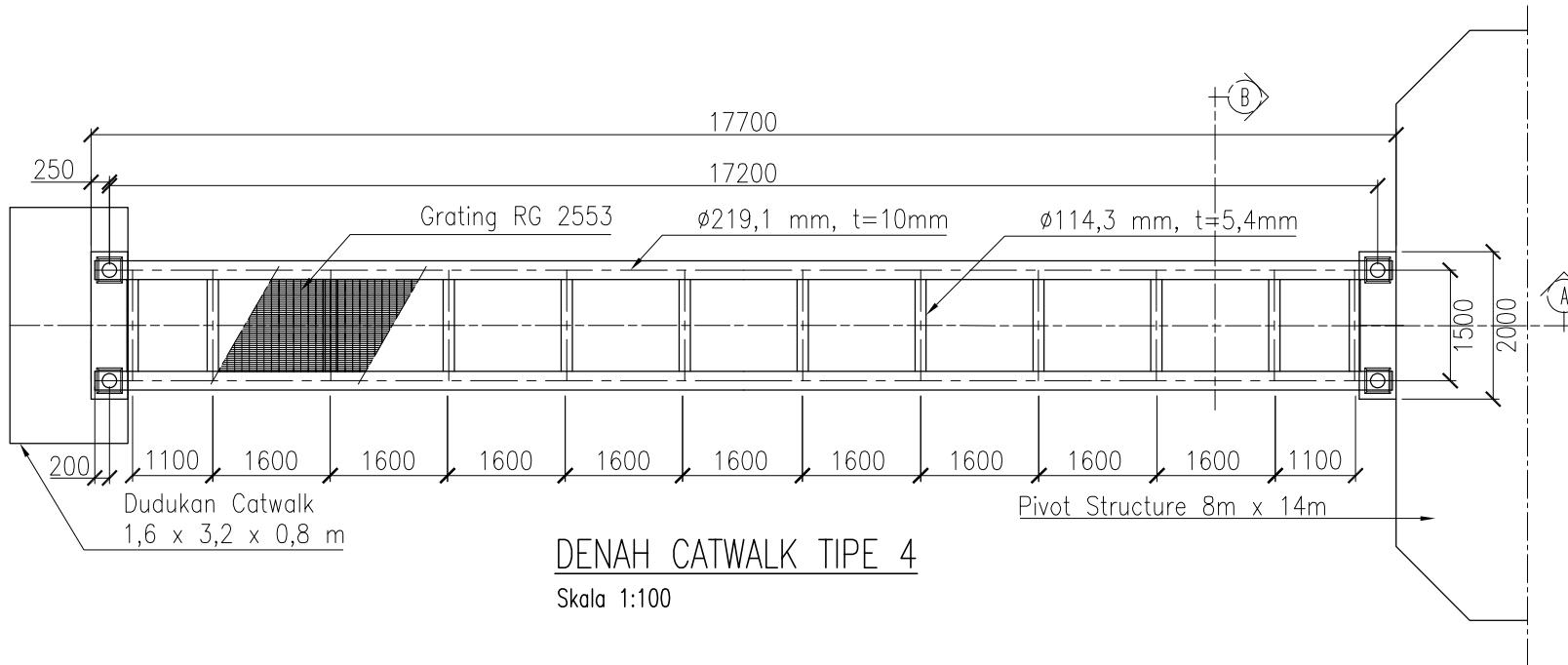
PERENCANAAN DERMAGA PUPUK NPK DI TERSUS PT.  
PUPUK KALTIM UNTUK KAPAL BULK CARRIER DENGAN  
KAPASITAS 10.000 DWT

Dosen Pembimbing :  
Ir. FUDDOLY, M.Sc  
CAHYA BUANA, ST., MT

Mahasiswa :  
MUHAMMAD DWI NUGROHO  
0311164500028

Judul Gambar :  
**DETAIL CATWALK TIPE 3**

Nomor Drawing	Rev	Skala
043	A	-



LEGENDA DAN KETERANGAN

CATATAN

- SEMUA DIMENSI DITULIS DALAM SATUAN MILIMETER KECUALI KETERANGAN LAIN
- SEMUA LEVEL DALAM METER DI UKUR DARI LWS  $\pm 0,00$
- MATERIAL BETON MENGGUNAKAN  $f'_c = 35 \text{ MPa}$
- MATERIAL TIANG PANCANG HARUS MENGACU ASTM A252 GRADE 2 DENGAN TEGANGAN LELEH  $240 \text{ kg/cm}^2$
- TIANG PANCANG DIPROTEKSI DENGAN COATING DAN HDPE
- MUTU BAJA TULANGAN MENGACU PADA SNI D MENANDAKAN TULANGAN ULIR DENGAN  $f_y = 390 \text{ MPa}$
- MENANDAKAN TULANGAN POLOS DENGAN  $f_y = 240 \text{ MPa}$
- PROFIL BAJA HARUS MENGACU ASTM A36
- SEMUA GAMBAR SESUAI DENGAN SPECIFIKASI



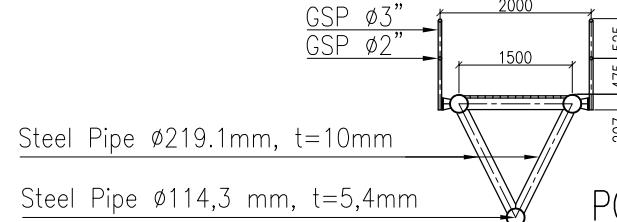
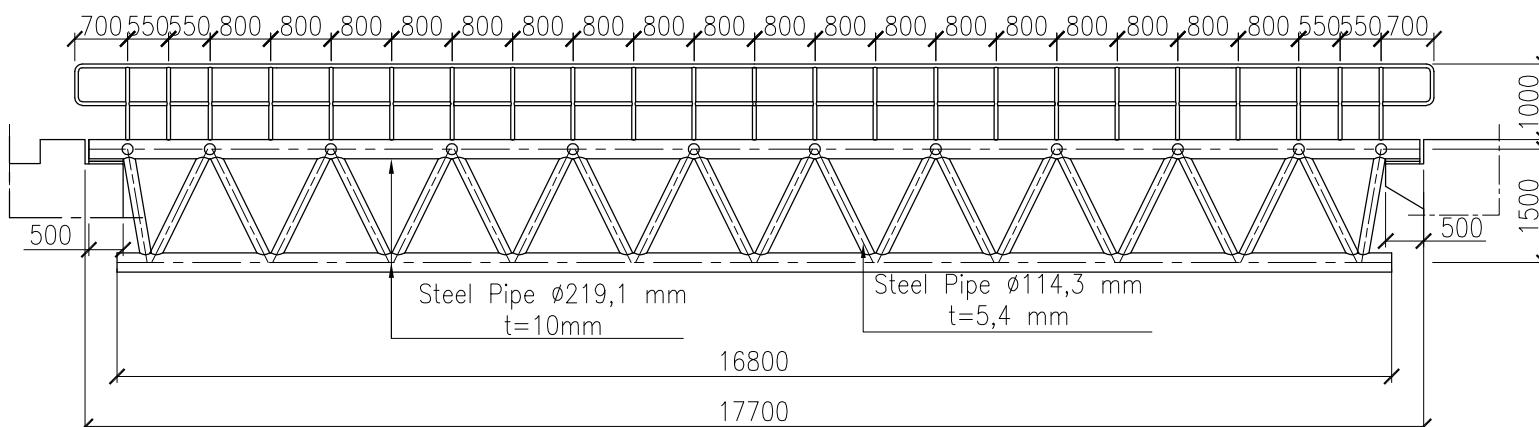
PERENCANAAN DERMAGA PUPUK NPK DI TERSUS PT.  
PUPUK KALTIM UNTUK KAPAL BULK CARRIER DENGAN  
KAPASITAS 10.000 DWT

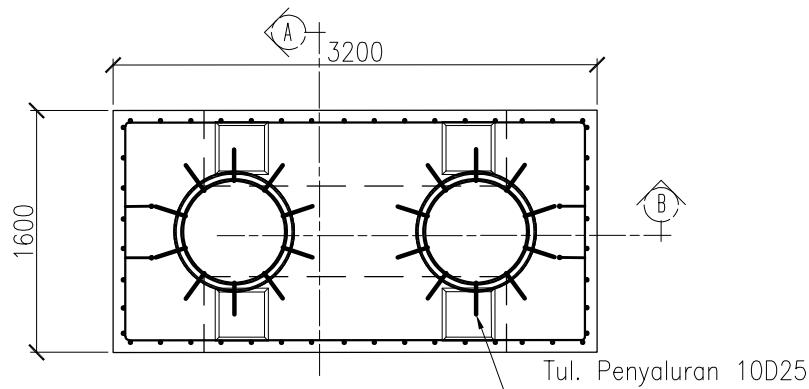
Dosen Pembimbing :  
Ir. PUDDOLY, M.Sc  
CAHYA BUANA, ST., MT

Mahasiswa :  
MUHAMMAD DWI NUGROHO  
0311164500028

Judul Gambar :  
**DETAIL CATWALK TIPE 4**

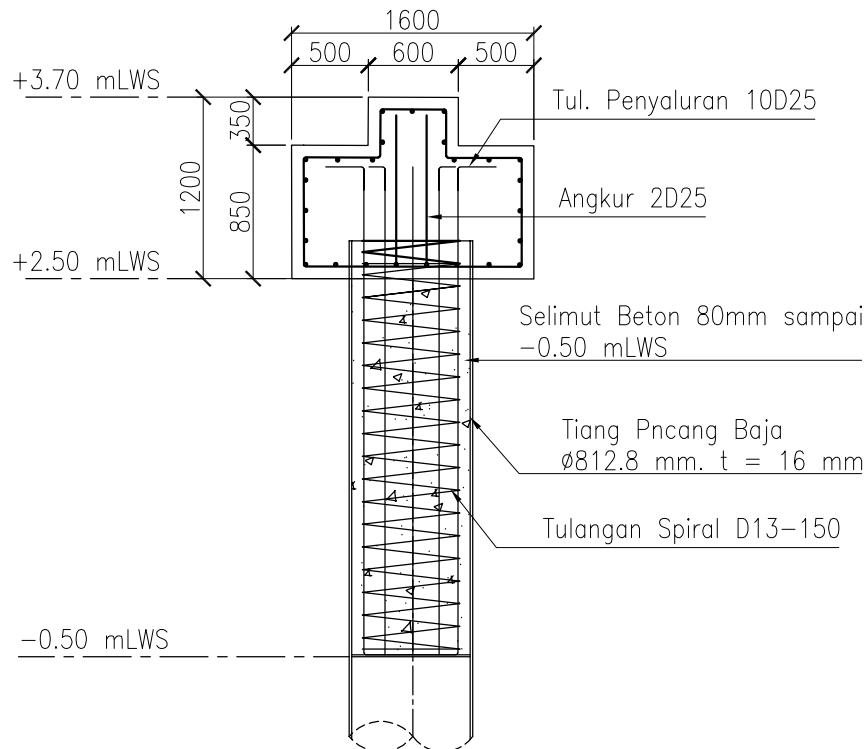
Nomor Drawing	Rev	Skala
044	A	-





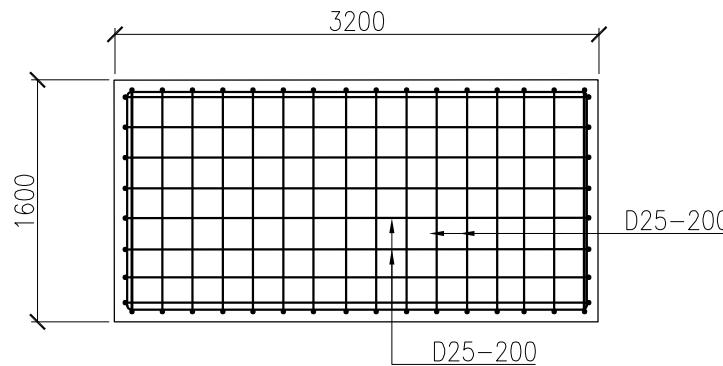
TAMPAK TENGAH

Skala 1:50



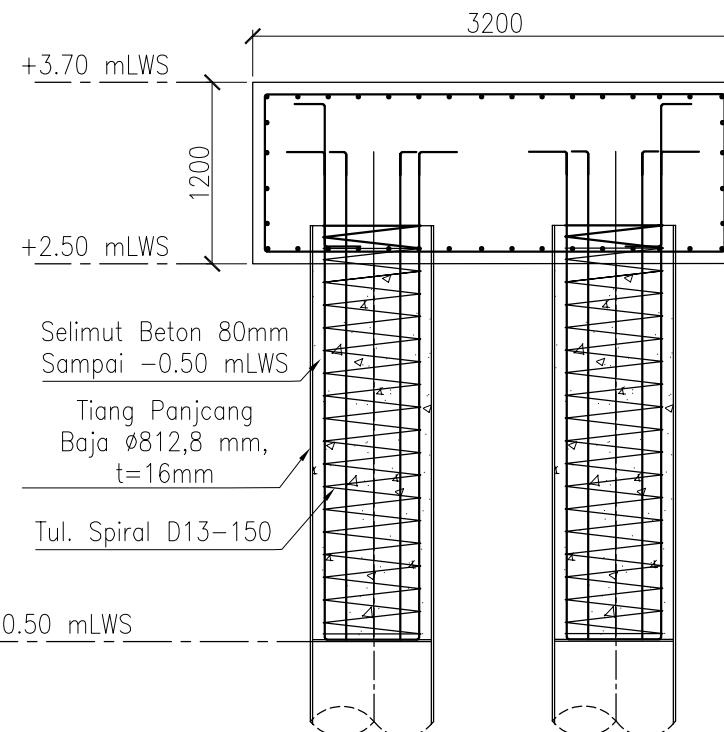
POTONGAN A-A

Skala 1:50



TAMPAK ATAS

Skala 1:50



POTONGAN B-B

Skala 1:50

LEGENDA DAN KETERANGAN

CATATAN

- SEMUA DIMENSI DITULIS DALAM SATUAN MILIMETER KECUALI KETERANGAN LAIN
- SEMUA LEVEL DALAM METER DI UKUR DARI LWS ±0.00
- MATERIAL BETON MENGGUNAKAN  $f'_c = 35 \text{ MPa}$
- MATERIAL TIANG PANCANG HARUS MENGACU ASTM A252 GRADE 2 DENGAN TEGANGAN LELEH  $240 \text{ kg/cm}^2$
- TIANG PANCANG DIPROTEKSI DENGAN COATING DAN HDPE
- MUTU BAJA TULANGAN MENGACU PADA SNI D MENANDAKAN TULANGAN ULIR DENGAN  $f_y = 390 \text{ MPa}$  & MENANDAKAN TULANGAN POLOS DENGAN  $f_y = 240 \text{ MPa}$
- PROFIL BAJA HARUS MENGACU ASTM A36
- SEMUA GAMBAR SESUAI DENGAN SPECIFIKASI



PERENCANAAN DERMAGA PUPUK NPK DI TERSUS PT.  
PUPUK KALTIM UNTUK KAPAL BULK CARRIER DENGAN  
KAPASITAS 10.000 DWT

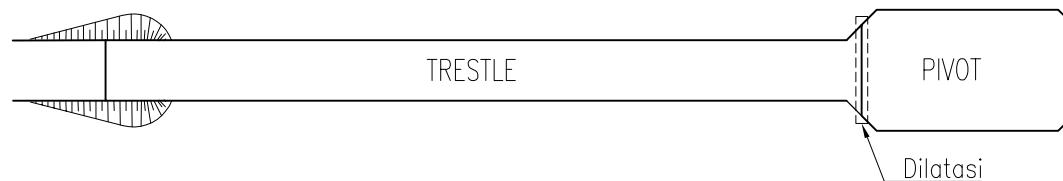
Dosen Pembimbing :  
Ir. FUDDOLY, M.Sc  
CAHYA BUANA, ST., MT

Mahasiswa :  
MUHAMMAD DWI NUGROHO  
0311164500028

Judul Gambar :

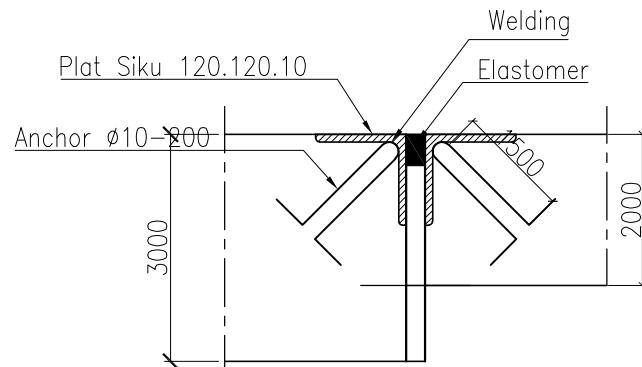
PENULANGAN DUDUKAN CATWALK

Nomor Drawing	Rev	Skala
045	A	-



### LAYOUT CATWALK

Skala 1:500



### DETAIL DILATASI

Skala 1:10

LEGENDA DAN KETERANGAN

### CATATAN

1. SEMUA DIMENSI DITULIS DALAM SATUAN MILIMETER KECUALI KETERANGAN LAIN
2. SEMUA LEVEL DALAM METER DI UKUR DARI LWS ±0.00
3. MATERIAL BETON MENGGUNAKAN  $f'_c = 35 \text{ MPa}$
4. MATERIAL TIANG PANCANG HARUS MENGACU ASTM A252 GRADE 2 DENGAN TEGANGAN LELEH  $240 \text{ kg/cm}^2$
5. TIANG PANCANG DIPROTEKSI DENGAN COATING DAN HDPE
6. MUTU BAJA TULANGAN MENGACU PADA SNI D MENANDAKAN TULANGAN ULIR DENGAN  $f_y = 390 \text{ MPa}$
7. MENANDAKAN TULANGAN POLOS DENGAN  $f_y = 240 \text{ MPa}$
8. PROFIL BAJA HARUS MENGACU ASTM A36
9. SEMUA GAMBAR SESUAI DENGAN SPECIFIKASI



PERENCANAAN DERMAGA PUPUK NPK DI TERSUS PT.  
PUPUK KALTIM UNTUK KAPAL BULK CARRIER DENGAN  
KAPASITAS 10.000 DWT

Dosen Pembimbing :  
Ir. PUDDOLY, M.Sc  
CAHYA BUANA, ST., MT

Mahasiswa :  
MUHAMMAD DWI NUGROHO  
03111645000028

Judul Gambar :  
**DETAIL DILATASI**

Nomor Drawing	Rev	Skala
046	A	-



PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS  
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil Lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 601111  
Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



NAMA PEMBIMBING	: Ir. Fuddoly . M.Sc
NAMA MAHASISWA	: Muhammad Dwi Nugroho
NRP	: 0311745000042
JUDUL TUGAS AKHIR	: Perencanaan Dermaga Puguk NPK dr tersw PT. Pupuk Kalimantan Untuk kapal Bulk Carrier dengan Kapasitas 10.000 DWT.
TANGGAL PROPOSAL	: 11 Januari 2019
NO. SP-MMTA	: 14638 / IT.2. VI.4.1 / PP. OF-0260 / 2019

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1	25/02/19	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cari Spesifikasi Radial ship loader</li> <li>- Perbaiki Potongan Batimetri</li> <li>- Data Kapal sesuaikan Trelliborg</li> <li>- Potongan dibuat full lungga selang saratan</li> <li>- Data Angin dan WNOAG</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- fixasi layout Saratan dan perairan</li> </ul>	
2	11/03/19	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Notasi pada Gambar pertama</li> <li>- potongan batimetri diukur tanda elevasi muka air</li> <li>- layout saratan harus tersambung <ul style="list-style-type: none"> <li>- DPT / Abutment</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Susun bat 4 dan 5 dr word</li> <li>- Mulai merancang Dimensi struktur</li> </ul>	

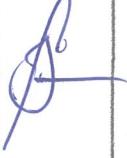


PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS  
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil Lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 601111  
Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



NAMA PEMBIMBING	: Ir. Fuddoly M.Sc
NAMA MAHASISWA	: Muhammad Dwi Nugroho
NRP	: 03111745000042
JUDUL TUGAS AKHIR	: Perencanaan Dermaga Pupuk NPK dr Tersus PT Pupuk Kalimantan untuk Kapal Bulk carrier dengan Kapasitas 10.000 DWT
TANGGAL PROPOSAL	: 11 Januari 2019
NO. SP-MMTA	: 14688 /IT. 7. VI. 4. 1/PP. 05. 02. 00 /2019

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
3	25/03/19	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sudut ikatan bollard dicantumkan di Gantung</li> <li>- lihat OCDI /PIANC</li> <li>- Gantung kapal terikat</li> <li>- Data Angin Ganti Daerah Kontang</li> <li>- Analisis perhitungan Gelombang</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hitung energi kapal</li> <li>• Hitung Fender dan bollard pada type V</li> <li>• Desain struktur</li> </ul>	
4	06/04/19	<p>Bab IV Evaluasi Layout</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Catwalk diagonal dihapus kan</li> <li>- Gantung dengan catwalk penghubung antara MD ke loading platform</li> <li>- lebar frettle dibuat 6 m</li> <li>- lihat detail ukuran parkir pada kapal Bulk carrier</li> <li>- brang gantung di ujung 3 loading platform ditambah</li> </ul>		



**PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS  
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)**

Jurusan Teknik Sipil Lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 601111  
Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



Form AK/TA-04  
rev01

NAMA PEMBIMBING	: Ir. Fuddoly, M.Sc
NAMA MAHASISWA	: Muhammad Dwi Nugroho
NRP	: D3111745000042
JUDUL TUGAS AKHIR	: Perencanaan Dermaga Pupuk NPK di Tersir PT. Pupuk Kalimantan Untuk kapal Bulk carrier Jungen kapasitas 10.000 DWT.
TANGGAL PROPOSAL	: 11. Januari 2019
NO. SP-MMTA	: 14630 /IT.2. VI.4. 1/ PP. 05. 02.00 / 2019

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
5	30/4/19	<p>Bab V Perencanaan Desain</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fender</li> <li>- kecepatan kapal min 0,1 m/s (beri keterangannya)</li> <li>- latar CF → pakai third point berthing</li> <li>- pakai fender ANP 6.10 800</li> <li>- Bollard OK !!</li> <li>- Cek kemampuan fender utk kapal yg lebih besar (8000 DWT)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gambar layout pengurukan</li> <li>- Gambar layout</li> <li>- Sambungan ke data tan</li> </ul>	
6.	10/5/19	<p>Bab VI perencanaan struktur</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Breastwing Dolphy</li> <li>- Cek tang paucang yg miring ke depan</li> <li>- latar catwalk perkecil menjadi 1,2 m</li> <li>- putar posisi paucang MD 90° utk pengurangan kemampuan TP</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- layoutkan</li> </ul>	



PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS  
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil Lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 601111  
Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



NAMA PEMBIMBING	: Ir. Fuddoly, M.Sc
NAMA MAHASISWA	: Muhammad Dwi Nugroho
NRP	: 03111745000642
JUDUL TUGAS AKHIR	: Perencanaan Dermaga Pupuk NPK di Tersus PT. Pupuk Kalimantan Untuk Kapal Bulk Carrier Dengan Kapasitas 10.000 DWT
TANGGAL PROPOSAL	: 11 Januari 2019
NO. SP-MMTA	: V1638 /IT.Z VI.4.1 /PR.05.02.00 /2019

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
7	14/5/19	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bab VI Perencanaan struktur</li> <li>- Urakan pembebaran bollard (trekkborg)</li> <li>- pembebaran Arus lilitat thoresen hal 66</li> <li>- Cari kombinasi pembebaran (British standard 6349).</li> </ul>	<p>perbaiki istung an struktur sesuai pembebaran yg telah di urakan</p>	
8.	22/5/19	<p>Bab VI Perencanaan struktur</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- tiang panjang dr pivot terlalu banyak</li> <li>- cek pemeliharaan kondisi service dan ultimate</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- susun word perencanaan struktur</li> </ul>	
9	5/7/19	<p>Bab VI Perencanaan struktur</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- beri penjelasan layout ketikuan</li> <li>- Bentang Bet conveyor dr buat per 6 m</li> <li>- struktur trekkle dan pivot untuk TP miting <math>45^\circ</math> dan 1:2</li> <li>- Tambah paer ganda</li> <li>- Fender</li> <li>Hitung BF utk 8000 DWT panjang cukup 1,5 m</li> <li>Keksi Fender ditarik ke</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- lanjutkan metode pelaksanaan, dilukat sketch up.</li> </ul>	

3 Arak,  $F_x$ ,  $F_y$  ( $10\% F_x$ ),  
 $F_z$  ( $10\% F_x$ ).



**PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS  
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)**

Jurusan Teknik Sipil Lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 601111

Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



Form AK/TA-04

rev01

<b>NAMA PEMBIMBING</b>	: Ir. Fuddoly. M.Sc
<b>NAMA MAHASISWA</b>	: Muhammad Dwi Nugroho
<b>NRP</b>	: 03111745000042
<b>JUDUL TUGAS AKHIR</b>	: Perencanaan Dermaga Pupuk NPF dr Tersus PT Pupuk Kalimantan untuk Kapal Bulk Carrier dengan Kapasitas 10.000 DWT.
<b>TANGGAL PROPOSAL</b>	: 11 Januari 2019
<b>NO. SP-MMTA</b>	: 14368 /IT. 2.VI. 4.1 / PP 05 .02.00 / 2019

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
10	01/01/19	<ul style="list-style-type: none"> <li>- gambaran kapal dan jarak vertikal (Gambar.6)</li> <li>- Gambaran kapal kondisi pasang dan surut (Sekolah Gambar 7).</li> <li>- perulangan elevasi LWS salah</li> <li>- Rgth kapal = <math>7,81 + 7,15</math>  <math>= 10,3</math></li> <li>- HOPE <math>\rightarrow</math> 1 m debawahi LWS</li> </ul>	lanjutkan persiapan laporan metode pelaksanaan dan RAB sehitung	
11	24/01/19	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bab VII Metpel</li> <li>- Berikan penjelasan umum yg dilas</li> <li>- urutan pelaksanaan perancangan</li> <li>- layout arah pemancahan</li> <li>- Ilustrasi posisi stokyard</li> <li>- Biton irian, tulangan utama parkir jadi D19</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- hitung RAB</li> <li>- fitur metode pelaksanaan</li> </ul>	



PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS  
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil Lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 601111  
Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



NAMA PEMBIMBING	: Ir Fudholi, MSc
NAMA MAHASISWA	: Muhammad Dwi Alugroho
NRP	: 03111795000042
JUDUL TUGAS AKHIR	: Perencanaan Dermaga Rupuk NPK di Tersus PT Pupuk Kalimantan Utara Capai Bulk Carrier dengan Kapasitas 10.000 DWT
TANGGAL PROPOSAL	: 11 Januari 2019
NO. SP-MMTA	: 14638 / IT.2 . VI.4.1 / PP OS. 02.00 / 2019

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
12	5/10/19	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Metode dan KAB</li> <li>- yg dilakukan pada metode harus ada pada KAB</li> <li>- jalaskan kondisi umum proyek (Temporary Jetty dan stock yard)</li> <li>- gambar ok !!</li> </ul>		
13	2/12/19	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cek Vol. dr KAB</li> <li>Harga tutulah lumahalay</li> <li>- Metode ok !!</li> </ul>	persiapkan PPT untuk sidang	
14	19/01/20	<ul style="list-style-type: none"> <li>- masukan perhitungan Pile Bearing OCPD, bandingkan dg Lucas Recount</li> <li>- pada lembar, jawabkan tan layot fingerubay</li> <li>- masukan tanda tangan PMM kaho</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rapihkan Laporan Akhir</li> <li>- lengkapi gambar</li> </ul>	



PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS  
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil Lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 601111  
Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



NAMA PEMBIMBING	: Cahya Buana, ST., MT
NAMA MAHASISWA	: Muhammad Dwi Nugroho
NRP	: 03111745000042
JUDUL TUGAS AKHIR	: Perencanaan Derajaga Pupuk NPK dr Tersus PT. Pupuk Kalimantan Utara Kapal Bulk carrier dengan Kapasitas 10.000 DWT
TANGGAL PROPOSAL	: 11 Januari 2019
NO. SP-MMTA	: 14638 / IT2. VI. 4.1 / PP.05-02.00 (2019)

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1	11/03/19	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bahmatri dr laporan dr beri dlm 1 halaman</li> <li>- Bagian potongan dr beri tanda yang perlu dr bukti</li> <li>- Pelajaran Matematika tentang Data &amp; (Arus &amp; Pasut)</li> <li>- pindah ke A5</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pelajaran pengolahan data Pasut &amp; Angin</li> </ul>	
2	4/04/19	<ul style="list-style-type: none"> <li>- pada perencanaan fender sisipkan flowchart perhitungan</li> <li>- contumkan sumber pada tabel dan diagram</li> <li>- jarak fender dr diagram seuaikan dengan perhitungan</li> </ul>		



Form AK/TA-04  
rev01

PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS  
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil Lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 601111  
Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



NAMA PEMBIMBING	: Cahya Buang S.T, M.T
NAMA MAHASISWA	: M. Dwi Nugroho
NRP	: 03111745000042
JUDUL TUGAS AKHIR	: Perencanaan Permaga Pupuk NPK di Tersiru PT Pupuk Kalimantan Untuk Kapal Bulk Carrier dengan kapasitas 10.000 DWT
TANGGAL PROPOSAL	: 11 Januari
NO. SP-MMTA	: 14638 / IT-2. VI . 4.1 / pp. 05.02.00 / 2019

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
3	12/07/19	<ul style="list-style-type: none"> <li>- penjelasan Anchorage Area</li> <li>- Isuuri 4 tapal menunggu</li> <li>- bandingkan dengan kondisi di PKT</li> <li>- penjelasan kondisi <del>untuk</del> layout</li> <li>- sesuaikan dengan kondisi layout PFT</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- lantukan metode pelaksanaan</li> </ul>	
4	28/08/19	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gambar</li> <li>- Tiang isian baton lebih dibuat detail pada palat kagungan bawah</li> <li>- Detail Dilataki</li> <li>- Detail Bearing pad</li> </ul>		

**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL, PERENCANAAN DAN KEBUMIAN**  
**PROGRAM SARJANA (S1) DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FTSPK – ITS**

**BERITA ACARA PENYELENGGARAAN UJIAN  
SEMINAR DAN LISAN  
TUGAS AKHIR**

Pada hari ini Senin tanggal 13 Januari 2020 jam 09:00 WIB telah diselenggarakan **UJIAN SEMINAR DAN LISAN TUGAS AKHIR** Program Sarjana (S1) Departemen Teknik Sipil FTSPK-ITS bagi mahasiswa:

NRP	Nama	Judul Tugas Akhir
03111745000042	Muhammad Dwi Nugroho	Perencanaan Dermaga Pupuk NPK di Tersus PT. Pupuk Kalimantan Timur untuk Kapal Bulk Carrier dengan Kapasitas 10.000 DWT

1. Dengan perbaikan/penyempurnaan yang harus dilakukan adalah :

- |   |   |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"><li>- Diformulasikan perhitungan "pile bearing" dari CC01</li><li>- Dimasukkan dokumentasi Masterplan</li><li>- Perhitungan pembebanan dikenali dg. British Standard.</li><li>- Pada TP1 bukan SNI konsisten dg. perhitungan sebelumnya</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>- cek perhitungan RAB</li><li>- cek perhitungan Plat/Balok (Ca sedikit ok → tpharusanya Balok)</li><li>- perbaiki gambar teknis gambar juri tebal/tipis</li><li>- cek gambar TP → seharusnya gambar tidak terlalu diperlengkap</li><li>- gambar TP. masuk ke pos min 15 cm.</li></ul> |
|---|---|

2. Rentang nilai dari hasil diskusi Tim Penguji Tugas Akhir adalah : A / AB / B / BC / C / D / E

3. Dengan hasil ujian (wajib dibacakan oleh Ketua Sidang di depan Peserta Ujian dan Penguji) :

- Lulus Tanpa Perbaikan       Mengulang Ujian Seminar dan Lisan  
 Lulus Dengan Perbaikan       Mengulang Ujian Lisan

Tim Penguji (Anggota)	Tanda Tangan
Ir. Fuddoly, MSc (Pembimbing 1) Cahya Buana, ST. MT (Pembimbing 2) Prof. Dr. Ir. Herman Wahyudi Ir. Dyah Iriani Widyastuti, MSc	

Surabaya, 13 Januari 2020

Mengetahui,  
Sekretaris Departemen  
Bidang Akademik dan Kemahasiswaan

**Data Iranata, ST. MT PhD**  
NIP 19800430 200501 1 002

Ketua Sidang

(.....)  
Nama terang

## **BIODATA PENULIS**

### **Muhammad Dwi Nugroho**



Penulis dilahirkan di Ciamis, 23 Desember 1994, merupakan anak kedua dari dua bersaudara, penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Anggraeni Bogor, SD Negeri 4 Maleber, SMP Negeri 2 Ciamis dan SMA Negeri 1 Ciamis. Penulis mengikuti seleksi penerimaan mahasiswa jalur SMB Politeknik Negeri Bandung (POLBAN) dan diterima di Jurusan Teknik Sipil, Program Studi Teknik Konstruksi Gedung pada tahun 2013. Penulis menempuh pendidikan di POLBAN

Selama 3 tahun dan lulus pada bulan agustus tahun 2016. Pada tahun 2017 penulis melanjutkan pendidikannya untuk mengambil Program Studi S1 Lintas Jalur Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumian Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) dan terdaftar dengan NRP 03111745000042. Apabila ingin berkorespondensi dengan penulis, dapat berkomunikasi via email ([dwinugroho540@gmail.com](mailto:dwinugroho540@gmail.com))