



TUGAS AKHIR - RC 141501

**PERENCANAAN DERMAGA BATUBARA UNTUK
TONGKANG 10.000 DWT DI TERSUS MOLOTABU,
KABUPATEN BONE BALONGO, PROVINSI
GORONTALO**

RIZAL DWI SAPUTRA
NRP. 3116 105 028

Dosen Pembimbing I
Ir. Fuddoly, M.Sc

Dosen Pembimbing II
Cahya Buana, ST., MT

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018



TUGAS AKHIR - RC 141501

**PERENCANAAN DERMAGA BATUBARA UNTUK
TONGKANG 10.000 DWT DI TERSUS MOLOTABU,
KABUPATEN BONE BALONGO, PROVINSI
GORONTALO**

RIZAL DWI SAPUTRA
NRP. 3116 105 028

Dosen Pembimbing I
Ir. Fuddoly, M.Sc

Dosen Pembimbing II
Cahya Buana, ST., MT

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018



FINAL PROJECT - RC 141501

**PLANNING OF COAL DIRECTIONS FOR 10.000 DWT
STREAM IN MOLOTABU, REGENCY OF BONE
BALONGO, GORONTALO PROVINCE**

RIZAL DWI SAPUTRA
NRP. 3116 105 028

Supervisor I
Ir. Fuddoly, M.Sc

Supervisor II
Cahya Buana, ST., MT

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
Faculty of Civil, Environmental, and Earth Engineering
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya
2018

**PERENCANAAN DERMAGA BATUBARA UNTUK
TONGKANG 10.000 DWT DI TERSUS MOLOTABU,
KABUPATEN BONE BALONGO, PROVINSI
GORONTALO**

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, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:
RIZAL DWI SAPUTRA
NRP. 3116 105 028

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

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



**SURABAYA
JULI, 2018**

PERENCANAAN DERMAGA BATUBARA UNTUK TONGKANG 10.000 DWT DI TERSUS MOLOTABU, KABUPATEN BONE BALONGO, PROVINSI GORONTALO

Nama Mahasiswa : Rizal Dwi Saputra
NRP : 3116 105 028
Jurusan : Teknik Sipil
Dosen Pembimbing I : Ir. Fuddoly, M.Sc
Dosen Pembimbing II : Cahya Buana, ST., MT

Abstrak

Indonesia merupakan penghasil batubara nomor delapan di dunia. Menurut Handbook of Energy and Economic Statistic of Indonesia 2014 yang diterbitkan oleh Pusdatin Kementerian ESDM pada tahun 2015, sumber daya batubara Indonesia adalah 120,5 miliar ton yang tersebar terutama di Kalimantan (64,2 miliar ton), Sumatera (55,9 miliar ton) dan daerah lainnya (0,4 miliar ton), namun cadangan batubara dilaporkan hanya 31,4 miliar ton (Kalimantan 18,1 miliar ton, Sumatera 13,3 miliar ton). Karena ketersediaannya yang sangat banyak, maka dalam Rencana Usaha Penyedia Tenaga Listrik (RUPTL) ini diasumsikan bahwa batubara selalu tersedia untuk pembangkit listrik.

Dengan adanya rencana pengembangan listrik diatas, maka PLTU Molotabu perlu mengadakan perluasan dermaganya. Perluasan dermaga ini harus dilakukan agar dapat melayani peningkatan arus bongkar batubara yang juga akan meningkatkan kapasitas produksi. Dermaga yang direncanakan adalah dermaga batubara untuk kapal tongkang dengan kapasitas 10.000 DWT. Perencanaan dermaga baru ini telah diwujudkan dalam bentuk gambar rencana pengembangan dermaga. Namun untuk mewujudkan pembangunan dermaga tersebut diperlukan detail engineering desain yang meliputi

sistem fender dan boulder, perencanaan jetty, mooring dolphin, breasting dolphin, catwalk, pemancangan dan detail penulangan. Selain detail engineering desain perlu juga ditinjau terhadap kedalaman air pada alur masuk pelabuhan PLTU Molotabu Gorontalo. Hal ini dikarenakan draft dari kapal 10.000 DWT berbeda dengan draft dari kapal lain. Untuk pengerjaan pembedakan upper structure dermaga yang mana pengerjaannya dilakukan di laut dengan tingkat kesulitan yang relatif tinggi dipilih sistem pracetak sebagai alternative pengganti sistem pembedakan secara cast in situ. Metode ini cukup efisien dan kualitas mutunya lebih terkontrol kesesuaiannya dengan perencanaan. 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 ketentuan Jetty sebesar 27 x 15 m², Breasting dolphin 4,8 x 4,8 m², Mooring Dolphin 3,2 x 3,2 m² dan Catwalk dengan panjang 10 meter dan 15 meter. Rencana anggaran biaya yang diperlukan untuk pembangunan dermaga ini adalah Rp.32.320.000.000,-

Kata Kunci : Jetty, Mooring Dolphin, Breasting Dolphin, Caltwalk, Sistem Pracetak, Metode Pelaksanaan, Rencana Anggaran Biaya.

PLANNING OF COAL DIRECTIONS FOR 10,000 DWT STREAM IN MOLOTABU, REGENCY OF BONE BALONGO, GORONTALO PROVINCE

Name of Student : Rizal Dwi Saputra
NRP : 3116 105 028
Major : Civil Engineering
Supervisor I : Ir. Fuddoly, M.Sc
Supervisor II : Cahya Buana, ST., MT

Abstract

Indonesia is the eighth largest coal producer in the world. According to the Handbook of Energy and Economic Statistics of Indonesia 2014 issued by Pusdatin Ministry of Energy and Mineral Resources in 2015, Indonesia's coal resources are 120.5 billion tons spread mainly in Kalimantan (64.2 billion tons), Sumatra (55.9 billion tons) and other areas (0.4 billion tons), but coal reserves were reported to be only 31.4 billion tons (Kalimantan 18.1 billion tons, Sumatra 13.3 billion tons). Due to its wide availability, it is assumed that in the Electric Power Supply Business Plan (RUPTL) it is assumed that coal is always available for power generation.

With the planned development of electricity above, the Molotabu power plant needs to expand its dermage. The expansion of this dock must be carried out in order to serve the increased unloading of coal which will also increase production capacity. The planned pier is a coal dock for barges with a capacity of 10,000 DWT. The planning of this new dock has been manifested in the form of a dock development plan drawing. However, to realize the construction of the dock required detailed engineering design that includes fender and boulder systems, jetty planning, mooring dolphin, breasting dolphin, catwalk, erection and detail of reinforcement. In addition to detailed design engineering, it is also necessary to review the water depth at the

Molotabu Gorontalo steam power plant entrance. This is because the draft of a 10,000 DWT vessel is different from that of other ships. For the construction of upper density structures where the process is carried out at sea with a relatively high degree of difficulty, a precast system is chosen as an alternative to a casting in situ casting system. This method is quite efficient and quality quality is more controlled in accordance with the planning. The planning of the pier includes not only the planning of the marine facilities and the planning of the dock structure only. In addition, it is also necessary to plan the implementation of the development of funds in the design of the pier should also be reviewed related to the budget plan of the dock.

. From the calculation results obtained dock needs with the provision of Jetty of 27 x 15 m², Breasting dolphin 4.8 x 4.8 m², Mooring Dolphin 3.2 x 3.2 m² and Catwalk with a length of 10 meters and 15 meters. The budget plan required for the construction of this dock is Rp.32.320.000.000, -

Keywords: Jetty, Mooring Dolphin, Breasting Dolphin, Catwalk, Precast System, Implementation Method, Budget Plan.

KATA PENGANTAR

Puji Syukur kepada kehadiran 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 batubara untuk Tongkang 10.000 DWT di Tersus Molotabu, Kab. Bone Balongo, Prov. Gorontalo”.

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. 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 pengerjaan tugas akhir ini.
5. Teman – teman seperjuangan pelabuhan dan Lintas Jalur Teknik Sipil Angkatan 2016 yang telah memberikan dorongan dan motivasi selama Tugas Akhir berlangsung

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

Surabaya, 16 Juli 2018
Hormat saya,

Penulis

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Permasalahan	3
1.4 Manfaat Hasil Perencanaan	4
1.5 Batasan Masalah.....	4
1.6 Lingkup Perencanaan	5
1.7 Lokasi Perencanaan.....	5
1.8 Metodologi	8
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	13
2.1 Umum.....	13
2.2 Data dan Analisis.....	13
2.2.1 Data Bathymetri	13
2.2.2 Data Arus.....	14
2.2.3 Data Pasang Surut	15
2.2.4 Data Angin dan Gelombang	17
2.2.5 Data Tanah	21
2.2.6 Data Kapal.....	22

2.3 Evaluasi Layout.....	22
2.3.1 Evaluasi Layout Perairan.....	22
2.3.2 Evaluasi Layout Daratan	25
2.4 Perhitungan Fender dan Bollard.....	26
2.4.1 Fender.....	26
2.4.2 Bollard.....	28
2.5 Kriteria Pembebanan	33
2.5.1 Beban Vertikal.....	33
2.5.2 Beban Horisontal.....	33
2.5.3 Beban Kapal	37
2.5.4 Kombinasi Pembebanan	38
2.6 Perhitungan Struktur Dermaga.....	39
2.6.1 Perhitungan Struktur Catwalk	39
2.6.2 Perhitungan Struktur Atas	41
2.6.3 Perhitungan Struktur Bawah	50
BAB III PENGUMPULAN DAN ANALISA DATA	57
3.1 Umum.....	57
3.2 Data Pasang Surut	57
3.3 Data Arus.....	59
3.4 Data Bathymetri	59
3.5 Data Angin	62
3.6 Data Tanah	65
3.7 Data Kapal.....	72
3.8 Data Alat Berat.....	73
BAB IV EVALUASI LAYOUT	75

4.1 Umum.....	75
4.2 Kondisi Eksisting	75
4.2 Evaluasi Layout Perairan.....	81
4.2.1 Alur Masuk (Entrance Channel).....	81
4.2.2 Kolam Putar (Turning Basin)	83
4.2.3 Kolam Dermaga (Basin).....	83
4.2.4 Hasil Evaluasi Layout Perairan	85
4.3 Evaluasi Layout Daratan	87
4.3.1 Layout daratan berdasarkan kapal	87
4.3.2 Layout daratan berdasarkan pola operasional	88
4.3.3 Hasil Evaluasi Layout Daratan.....	91
BAB V KRITERIA DESAIN.....	93
5.1 Peraturan yang Digunakan	93
5.2 Kualitas Bahan dan Material	94
5.2.1 Beton	94
5.2.2 Baja Tulangan.....	95
5.2.3 Tiang Pancang	95
5.2.4 Fender dan Bollard	96
5.3 Desain Dimensi Struktur	96
5.3.1 Dimensi Awal.....	96
5.3.2 Perhitungan Tinggi Struktur	97
5.4 Pembaban	99
5.4.1 Beban Vertikal.....	99
5.4.2 Beban Horisontal.....	102
5.4.3 Beban Kapal	107

5.5 Kombinasi Pembebanan	107
5.6 Perencanaan Fender.....	109
5.6.1 Perhitungan Energi Fender	109
5.6.2 Pemilihan Tipe Fender	114
5.6.3 Penentuan Reaksi Fender	119
5.6.4 Jarak Pemasangan Fender.....	120
5.7 Perencanaan Boulder.....	123
5.7.2 Gaya Tarik Akibat Arus	124
5.7.3 Gaya Tarik Akibat Angin	124
5.7.4 Desain Boulder	126
BAB VI PERENCANAAN STRUKTUR DERMAGA.....	127
6.1 Jetty	127
6.1.1 Umum.....	127
6.1.2 Perencanaan Pelat.....	128
6.1.3 Perencanaan Balok	146
6.1.4 Perencanaan Poer (Pile Cap)	175
6.1.5 Perencanaan Pondasi	189
6.2 Breasting Dolphin.....	196
6.2.1 Umum.....	196
6.2.2 Perhitungan Struktur.....	196
6.2.3 Perhitungan Pondasi	212
6.3 Mooring Dolphin.....	219
6.3.1 Umum.....	219
6.3.2 Perhitungan Struktur.....	219
6.2.3 Perhitungan Pondasi	232

6.4 Catwalk.....	240
6.4.1 Umum.....	240
6.4.2 Perencanaan Balok Utama.....	240
6.4.3 Perencanaan Rangka Balok.....	248
BAB VII PERENCANAAN BETON PRACETAK	253
7.1 Umum.....	253
7.2 Perencanaan Pelat Pracetak.....	260
7.3 Perencanaan Balok Pracetak	273
7.4 Perencanaan Plank Fender Pracetak.....	285
7.5 Perencanaan Poer Pracetak.....	286
7.5.1 Poer Tunggal Pracetak.....	286
7.5.1 Poer Ganda Pracetak	286
7.6 Perencanaan Breasting Dolphin Pracetak.....	288
7.7 Perencanaan Mooring Dolphin Pracetak.....	289
BAB VIII METODE PELAKSANAAN.....	289
8.1 Umum.....	289
8.2 Pekerjaan Persiapan Dermaga	290
8.3 Pelaksanaan Konstruksi Dermaga	291
8.3.1 Pemancangan Tiang	291
8.3.2 Fabrikasi Komponen Pracetak.....	295
8.3.3 Pemasangan Komponen Pracetak.....	296
8.3.4 Pemasangan Fender	302
8.3.5 Pemasangan Bollard.....	303
8.4 Pelaksanaan Kontruksi Breasting Dolphin.....	303
8.5 Pelaksanaan Konstruksi Mooring Dolphin.....	308

8.6 Pelaksanaan Konstruksi Catwalk	312
BAB IX RENCANA ANGGARAN BIAYA.....	315
9.1 Umum.....	315
9.2 Harga Material dan Upah	315
9.3 Analisa Harga Satuan	317
9.4 Rencana Anggaran Biaya	325
9.5 Rekapitulasi Harga	329
BAB X KESIMPULAN	331
DAFTAR PUSTAKA.....	335
BIODATA PENULIS.....	337

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Lokasi dermaga PLTU Molotabu, Gorontalo.....	6
Gambar 1. 2 Daerah pengembangan Dermaga Batubara	6
Gambar 1. 3 Rencana pengembangan Dermaga Batubara	7
Gambar 1. 4 Diagram Alir.....	9
Gambar 2. 1 Tipe pasang surut	16
Gambar 2. 2 Hubungan kecepatan angin di laut dan di darat.....	19
Gambar 2. 3 Contoh Perhitungan Fetch Efektif	20
Gambar 2. 4 Penempatan Mooring Dolphin.....	26
Gambar 2. 5 Benturan kapal pada breasting dolphin	27
Gambar 2. 6 Koefisien gaya angin	30
Gambar 2. 7 Koefisien gaya arus	31
Gambar 2. 8 Faktor koreksi kedalaman air untuk gaya arus	32
Gambar 2. 9 Gempa Maksimum untuk Ss.....	36
Gambar 2. 10 Gempa Maksimum untuk S1	37
Gambar 2. 11 Momen pengangkatan plat precast	44
Gambar 2. 12 Momen saat penumpukan plat precast.....	45
Gambar 2. 13 Momen saat pemasangan plat precast	46
Gambar 2. 14 Distribusi beban pelat	47
Gambar 2. 15 Posisi titik jepit tiang pancang.....	52
Gambar 3. 2 Data Pasang Surut PLTU Molotabu Gorontalo.....	58
Gambar 3. 3 Peta Bathymetri PLTU Molotabu, Gorontalo.....	60
Gambar 3. 4 Potongan A-A Bathymetri PLTU Molotabu	61
Gambar 3. 5 Potongan B-B Bathymetri PLTU Molotabu	61
Gambar 3. 6 Potongan C-C Bathymetri PLTU Molotabu	62
Gambar 3. 7 Diagram windrose (Jani 2007 – Des 2016)	64
Gambar 3. 8 Lokasi titik penyelidikan tanah.....	65
Gambar 3. 9 Data tanah BL1 (Offshore).....	66
Gambar 3. 10 Data tanah BL 2 (Offshore).....	67

Gambar 3. 11 Rekapitulasi hasil pengeboran.....	68
Gambar 3. 12 Grafik kedalaman - DDT titik BH – 2.....	71
Gambar 3. 13 Kapal Tongkang 10.000 DWT	72
Gambar 3. 14 Tampak samping dan depan excavator.....	73
Gambar 3. 15 Truck FUSO FM 517 HS	74
Gambar 4. 1 Lokasi rencana dermaga	76
Gambar 4. 2 Fetch arah selatan (Sumber : Google Earth).....	77
Gambar 4. 3 Fetch arah barat laut (Sumber : Google Earth).....	77
Gambar 4. 4 Fetch arah barat (Sumber : Google Earth).....	78
Gambar 4. 5 Layout Perairan	86
Gambar 4. 6 Jetty Alternatif 1	88
Gambar 4. 7 Jetty alternatif 2	89
Gambar 4. 8 Ilustrasi truck saat manuver	90
Gambar 5. 1 Tinggi struktur dermaga	98
Gambar 5. 2 Truck Fuso Kapasitas 14 Ton.....	100
Gambar 5. 3 Konfigurasi roda dan posisi beban truck	100
Gambar 5. 4 Gempa Maksimum untuk Ss.....	106
Gambar 5. 5 Gempa Maksimum untuk S1	106
Gambar 5. 6 Grafik kecepatan kapal saat merapat	109
Gambar 5. 7 Kecepatan kapal saat merapat.....	110
Gambar 5. 8 Ilustrasi koefisien hidrodinamis.....	111
Gambar 5. 9 Koefisien bantalan	112
Gambar 5. 10 Koefisien eksentrisitas.....	113
Gambar 5. 11 Koefisien kehalusan.....	114
Gambar 5. 12 Bentuk ANP Arch Fenders	116
Gambar 5. 13 Posisi kapal pada fender kondisi pasang	117
Gambar 5. 14 Posisi kapal pada fender kondisi surut	118
Gambar 5. 15 Grafik hubungan energi dengan reaksi.....	119
Gambar 5. 16 Picth fender.....	120
Gambar 5. 17 Intermediate defelctions	121
Gambar 5. 18 Jarak pemasangan fender.....	123

Gambar 5. 19 Spesifikasi tee bollard.....	126
Gambar 6. 1 Dimensi jetty	127
Gambar 6. 2 Tipe pelat jetty	128
Gambar 6. 3 Pelat tipe 1	129
Gambar 6. 4 Spektrum gempa gorontalo	148
Gambar 6. 5 Tampak Jetty 3D.....	149
Gambar 6. 6 Tampak Atas Jetty	150
Gambar 6. 7 Tampak Samping Jetty	150
Gambar 6. 8 Tampak Depan Jetty	151
Gambar 6. 9 Tampak Belakang Jetty	151
Gambar 6. 10 Input Beban Hidup pada SAP 2000 v.14.....	152
Gambar 6. 11 Input Beban Fender pada SAP 2000 v.14.....	152
Gambar 6. 12 Input Beban Truck apada SAP 2000 v.14	153
Gambar 6. 13 Sketsa tulangan lapangan balok memanjang	162
Gambar 6. 14 Sketsa tulangan tumpuan balok memanjang	162
Gambar 6. 15 Sketsa tulangan lapangan balok melintang.....	170
Gambar 6. 16 Sketsa tulangan tumpuan balok melintang	171
Gambar 6. 17 Eksentrisitas poer tunggal.....	176
Gambar 6. 18 Eksentrisitas poer ganda	183
Gambar 6. 19 Grafik kedalaman vs daya dukung tanah.....	190
Gambar 6. 20 Layout breasting dolphin	196
Gambar 6. 21 Tampak samping struktur breasting dolphin	197
Gambar 6. 22 Penguraian gaya pada breasting dolphin	198
Gambar 6. 23 Spektrum gempa gorontalo.....	199
Gambar 6. 24 Tampak 3D Breasting Dolphin.....	201
Gambar 6. 25 Input Beban Pangkalan.....	201
Gambar 6. 26 Input beban tumbukan kapal.....	202
Gambar 6. 27 Input Beban Tarik Bollard.....	202
Gambar 6. 28 Ilustrasi beban fender	210
Gambar 6. 29 Grafik kedalaman vs daya dukung tanah.....	213
Gambar 6. 30 Layout mooring dolphin	219

Gambar 6. 31 Tampak samping struktur mooring dolphin	220
Gambar 6. 32 Penguraian gaya pada mooring dolphin	221
Gambar 6. 33 Spektrum gempa gorontalo.....	222
Gambar 6. 34 Tampak 3D mooring dolphin	224
Gambar 6. 35 Input beban pangkalan moring dolphin	224
Gambar 6. 36 Input beban tarik bollard.....	225
Gambar 6. 37 Grafik kedalaman vs daya dukung tanah.....	234
Gambar 6. 38 Spesifikasi penampang CHS	240
Gambar 6. 39 Multiplanar “K” joints pada struktur catwalk ...	241
Gambar 6. 40 Plat I Bar – grating	242
Gambar 6. 41 Tampak 3D Struktur Catwalk.....	243
Gambar 6. 42 Input beban hidup	244
Gambar 6. 43 Input beban angin	244
Gambar 6. 44 Spesifikasi penampang CHS	248
Gambar 7. 1 Layout beton pracetak Jetty	253
Gambar 7. 2 Tampak samping pelat pracetak	254
Gambar 7. 3 Tampak samping balok pracetak	255
Gambar 7. 4 Tampak samping poer pracetak Jetty	255
Gambar 7. 5 Layout pracetak breasting dolphin	256
Gambar 7. 6 Tampak samping poer pracetak BD	256
Gambar 7. 7 Tampak samping plank fender BD.....	257
Gambar 7. 8 Layout pracetak mooring dolphin.....	257
Gambar 7. 9 Tampak samping poer pracetak MD	258
Gambar 7. 10 Working range crane	258
Gambar 7. 11 Ilustrasi radius putar crane.....	259
Gambar 7. 12 Jenis Pelat Pracetak	260
Gambar 7. 13 Pelat pracetak.....	261
Gambar 7. 14 Posisi Titik Angkat Pelat Pracetak	262
Gambar 7. 15 Tampak atas posisi titik pengangkatan	263
Gambar 7. 16 Ilustrasi pengangkatan pelat pracetak.....	263
Gambar 7. 17 Momen penumpukan pelat	266

Gambar 7. 18 Ilustrasi pelat pracetak saat konstruksi	269
Gambar 7. 19 Ilustrasi saat pengecoran overtopping	271
Gambar 7. 20 Penampang balok pracetak	273
Gambar 7. 21 Fixed spreader beam - model 20.....	274
Gambar 7. 22 Ilustrasi pengangkatan balok pracetak.....	275
Gambar 7. 23 Ilustrasi penumpukan balok pracetak	277
Gambar 7. 24 Ilustrasi pembebanan balok pracetak.....	280
Gambar 7. 25 Ilustrasi pengecoran overtopping.....	282
Gambar 7. 26 Plank fender pracetak	285
Gambar 7. 27 Poer Tunggal Pracetak.....	286
Gambar 7. 28 Poer ganda pracetak.....	287
Gambar 7. 29 Tampak samping poer ganda pracetak	287
Gambar 7. 30 Denah breasting dolphin pracetak	288
Gambar 7. 31 Tampak samping BD pracetak	289
Gambar 7. 32 Denah mooring dolphin pracetak	289
Gambar 7. 33 Tampak samping MD pracetak.....	290
Gambar 8. 1 Kapal pontoon	291
Gambar 8. 2 Kapal pancang	292
Gambar 8. 3 Pemancangan Tiang Pancang Baja.....	293
Gambar 8. 4 Tulangan Spiral Tiang Pancang.....	294
Gambar 8. 5 Pemasangan Klem baja.....	297
Gambar 8. 6 Pemasangan tulangan spiral	298
Gambar 8. 7 Pengecoran beton isi tiang.....	298
Gambar 8. 8 Pemasangan poer pracetak	299
Gambar 8. 9 Pemasangan balok pracetak.....	299
Gambar 8. 10 Pengecoran poer	300
Gambar 8. 11 Pemasangan pelat pracetak.....	300
Gambar 8. 12 Pengecoran overtopping	301
Gambar 8. 13 Pemasangan fender	302
Gambar 8. 14 Pemasangan bollard.....	303

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Tinggi gelombang ijin di pelabuhan.....	21
Tabel 2. 2 Safety factors PIANC 2002.....	28
Tabel 2. 3 Gaya tarik kapal	29
Tabel 2. 4 Koefisien hambatan angin.....	34
Tabel 2. 5 Harga koefisien μ , C3, C4 dan C5	43
Tabel 2. 6 Base coefficient (Decourt and Quaresma, 1978).....	50
Tabel 2. 7 Base coefficient (Decourt and Quaresma, 1978).....	51
Tabel 2. 8 Batas defleksi operasional untuk struktur maritim.....	51
Tabel 3. 1 Frekuensi kejadian angin di Gorontalo (2007-2016)..	63
Tabel 4. 1 Rekapitulasi perhitungan fetch efektif	79
Tabel 4. 2 Rekapitulasi tinggi gelombang 2007 - 2011.....	80
Tabel 4. 3 Kebutuhan Kedalaman (PIANC,2014).....	81
Tabel 4. 4 Rekapitulasi layout perairan	85
Tabel 4. 5 Rekapitulasi layout daratan	91
Tabel 5. 1 Koefisien hambatan angin.....	102
Tabel 5. 2 Koefisien hidrodinamis	111
Tabel 5. 3 Safety factor (FS)	115
Tabel 5. 4 Data performa tipe fender ANP Arch.....	116
Tabel 5. 5 Dimensi ANP Arch Fenders.....	116
Tabel 5. 6 Data performa fender lokal tipe V.....	118
Tabel 5. 7 Gaya tarik akibat kapal.....	123
Tabel 6. 1 Koefisien X	130
Tabel 6. 2 Momen akibat beban mati dan beban hidup merata.	131
Tabel 6. 3 Koefisien $a_1, a_2, a_3, \text{ dan } a_4$	133
Tabel 6. 4 Momen pelat rencana	139
Tabel 6. 5 Rekapitulasi penulangan pelat tipe 1	145
Tabel 6. 6 Output gaya – gaya balok memanjang	153
Tabel 6. 7 Output gaya - gaya balok melintang.....	154

Tabel 6. 8 Rekapitulasi gaya dalam pada tiang pancang.....	189
Tabel 6. 9 Rekapitulasi gaya dalam pada tiang pancang.....	212
Tabel 6. 10 Rekapitulasi gaya dalam pada tiang pancang.....	232
Tabel 6. 1 Output gaya balok utama.....	245
Tabel 6. 2 Output gaya balok rangka catwalk.....	249
Tabel 7. 1 Tipe dan ukuran pelat pracetak	254
Tabel 7. 2 Tipe dan ukuran balok pracetak	254
Tabel 7. 3 Tipe dan ukuran poer pracetak	255
Tabel 7. 4 Tabel kapasitas crane	259
Tabel 7. 5 Konversi umur beton.....	261
Tabel 9. 1 Daftar Upah Pekerja.....	315
Tabel 9. 2 Daftar Harga Material	316
Tabel 9. 3 Daftar Harga Sewa Peralatan	317
Tabel 9. 4 Analisa harga satuan.....	318
Tabel 9. 5 Rencana anggaran biaya perkerjaan persiapan.....	325
Tabel 9. 6 Rencana anggaran biaya perkerjaan jetty.....	325
Tabel 9. 7 Rencana anggaran biaya perkerjaan BD.....	326
Tabel 9. 8 Rencana anggaran biaya perkerjaan MD.....	327
Tabel 9. 9 Rencana anggaran biaya perkerjaan catwalk.....	328
Tabel 9. 10 Rencana anggaran biaya total dermaga	329

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan penghasil batubara nomor delapan di dunia. Menurut Handbook of Energy and Economic Statistic of Indonesia 2014 yang diterbitkan oleh Pusdatin Kementerian ESDM pada tahun 2015, sumber daya batubara Indonesia adalah 120,5 miliar ton yang tersebar terutama di Kalimantan (64,2 miliar ton), Sumatera (55,9 miliar ton) dan daerah lainnya (0,4 miliar ton), namun cadangan batubara dilaporkan hanya 31,4 miliar ton (Kalimantan 18,1 miliar ton, Sumatera 13,3 miliar ton). Karena ketersediaannya yang sangat banyak, maka dalam Rencana Usaha Penyedia Tenaga Listrik (RUPTL) ini diasumsikan bahwa batubara selalu tersedia untuk pembangkit listrik. Sekitar 22% dari batubara Indonesia berkualitas rendah (low rank) dengan kandungan panas kurang dari 5100 kkal/kg, sebagian besar (66%) berkualitas medium (antara 5100 dan 6100 kkal/kg) dan hanya sedikit (12%) yang berkualitas tinggi (6100–7100 kkal/kg). Walaupun cadangan batubara Indonesia tidak terlalu besar, namun tingkat produksi batubara sangat tinggi, yaitu mencapai 449 juta ton pada tahun 2013. Sebagian besar dari produksi batubara tersebut diekspor ke China, India, Jepang, Korea Selatan dan Taiwan dan negara lain. Produksi pada tahun-tahun mendatang diperkirakan akan meningkat sejalan dengan meningkatnya kebutuhan domestik dan semakin menariknya pasar batubara internasional. Jika tingkat produksi tahunan adalah 449 juta ton, maka seluruh cadangan batubara Indonesia yang 31 miliar ton diatas akan habis dalam waktu sekitar 70 tahun apabila tidak dilakukan eksplorasi baru. Untuk menjamin pasokan kebutuhan domestik yang terus meningkat, Pemerintah telah menerapkan kebijakan

Berdasarkan data diatas yang menunjukkan bahwa batubara selalu tersedia untuk pembangkit listrik dan juga konsep masterplan dari PLTU Molotabu, maka akan dilakukan pembangunan dermaga curah batubara sebagai prasarana transportasi yang memadai untuk bisa bongkar batubara lebih bersih dan punya produktivitas bongkar lebih tinggi. Selain itu juga dengan adanya pembangunan dermaga ini diharapkan kebutuhan listrik di daerah Gorontalo dan sekitarnya juga akan meningkat dan stabil. Perencanaan dermaga batubara direncanakan dapat ditambati oleh kapal tongkang pengangkut batubara (*bulk coal barge*) dengan kapasitas 10.000 DWT.

Untuk mewujudkan pembangunan dermaga tidaklah mudah. Tidak cukup hanya dengan gambar rencana pengembangan dermaga saja. Perlu adanya perencanaan terkait *Detail Engineering Design (DED)* yang meliputi sistem fender dan boluder, perencanaan *unloading platform, mooring dolphin, breasting dolphin, catwalk*, pemancangan tiang dan detail penulangan. Perlu adanya peninjauan terhadap alur pelayaran eksisting yang telah ada serta perencanaan alat-alat bongkar batubara yang akan mendukung operasional dermaga. Selain itu perlu diperhitungkan terkait rencana anggaran biaya pembangunan dermaga tersebut. Untuk pengerjaan pembetonan *upper structure* dermaga yang mana pengerjaannya dilakukan di laut dengan tingkat kesulitan yang relatif tinggi membutuhkan cara yang inovatif dan solutif untuk meningkatkan efisiensi kerja yang lebih tinggi tanpa mengurangi mutu yang telah direncanakan. Dengan kondisi seperti itu maka pemilihan metode beton pracetak merupakan salah satu alternatif untuk pengerjaan pembetonan *upper structure* dermaga. Metode ini cukup efisien dan kualitas mutunya lebih terkontrol kesesuaian dengan perencanaan. Pada prinsipnya penggunaan metode beton pracetak ini adalah memindahkan sebagian besar pekerjaan pembetonan yang dilakukan di laut menjadi di darat.

Dari latar belakang diatas, penulis merasa tertarik untuk melakukan perencanaan dermaga batubara untuk tongkang 10.000 DWT di Tersus Molotabu, Kabupaten Bone Balongo, Provinsi Gorontalo dan menjadikannya sebagai topik Tugas Akhir Penulis. Perencanaan yang akan dibuat oleh penulis didasarkan pada kebutuhan dari PLTU Molotabu kedepannya. Sehingga nantinya hasil perencanaan ini diharapkan dapat dijadikan referensi oleh PLTU Molotabu Gorontalo dalam membangun dermaga batubara untuk tongkang 10.000 DWT kedepannya.

1.2 Perumusan Masalah

Dalam tugas akhir ini permasalahan utama yang akan diselesaikan adalah bagaimana merancang dermaga batubara untuk tongkang 10.000 DWT di Tersus Molotabu, Kabupaten Bone Balongo, Provinsi Gorontalo. Adapun detail permasalahan yang akan dibahas adalah :

1. Diperlukan evaluasi masterplan dari layout perairan dan daratan yang sudah ada untuk kapal tongkang kapasitas 10.000 DWT
2. Diperlukan Detail Engineering Desain (DED) untuk dermaga batubara yang memperhatikan nilai ekonomis dan kesesuaian terhadap operasional dermaga nantinya
3. Metode kerja yang akan digunakan dalam pembangunan dermaga batubara untuk tongkang kapasitas 10.000 DWT
4. Perlu dilakukan perhitungan anggaran biaya yang dibutuhkan dalam pembangunan dermaga batubara untuk tongkang 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. Meninjau kembali dan memperbaiki layout rencana pembangunan dermaga batubara untuk tongkang kapasitas 10.000 DWT.
2. Membuat perencanaan Detail Engineering Desain (DED) yang sesuai meliputi layout pambalokan, sistem fender dan boulder, unloading platform, breasting dolphin, mooring dolphin, dan calwalk untuk dermaga batubara dengan kapasitas tongkang 10.000 DWT.
3. Melakukan perencanaan metode kerja untuk pembangunan dermaga batubara untuk tongkang kapasitas 10.000 DWT.
4. Melakukan perhitungan terkait anggaran biaya yang dibutuhkan dalam pembangunan dermaga batubara untuk tongkang 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 referensi bagi mahasiswa dalam melakukan perencanaan dermaga batubara untuk kapal tongkang kapasitas 10.000 DWT
2. Untuk pihak PLTU yaitu sebagai referensi dalam perencanaan dermaga batubara untuk kapal tongkang 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 pengerukan

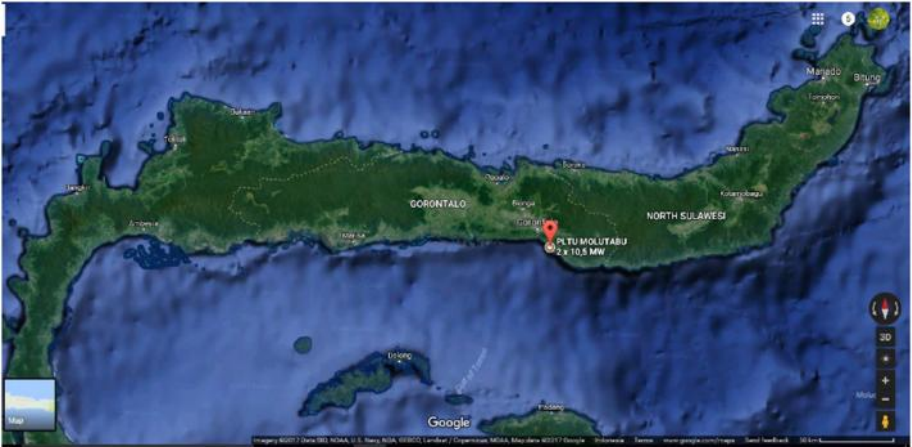
1.6 Lingkup Perencanaan

Adapun lingkup perencanaan yang dilakukan pada tugas akhir ini meliputi :

1. Pengumpulan data dan analisa
2. Evaluasi layout perairan dan daratan
3. Perencanaan Caltwalk
4. Perencanaan Jetty dengan sistem pracetak
5. Perencanaan Mooring Dolphin dan Breasting Dolphin
6. Perencanaan metode pelaksanaan dermaga
7. Perencanaan anggaran biaya

1.7 Lokasi Perencanaan

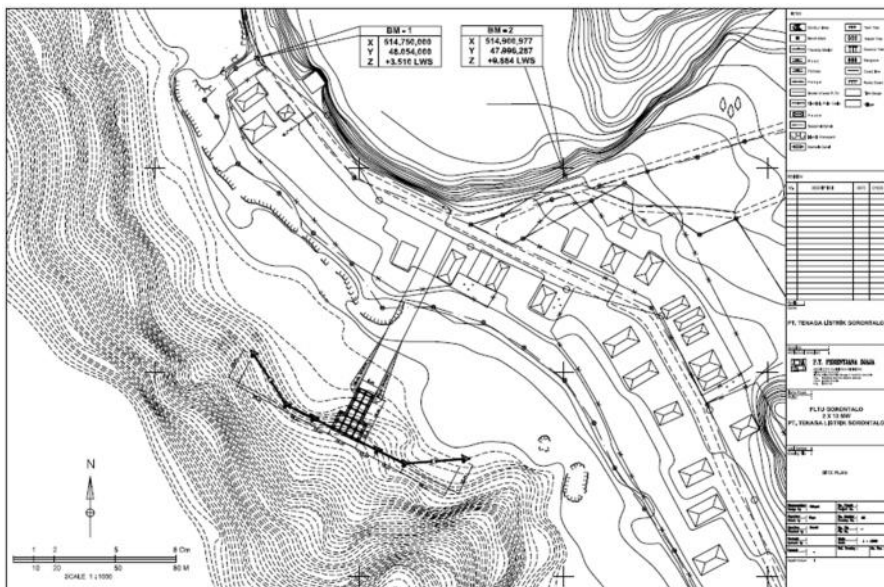
Lokasi perencanaan dermaga batubara untuk tongkang 10.000 DWT ini ada di PLTU Molotabu, Kabupaten Bone Balongo, Provinsi Gorontalo dengan koordinat $123^{\circ}8'4,66''$ E dan $0^{\circ}25'58,64''$ N. Lokasi perencanaan secara terperinci ditunjukkan oleh gambar 1.1 dan gambar 1.2. Sementara gambar rencana pengembangan dermaga dapat dilihat pada gambar 1.3



Gambar 1. 1 Lokasi dermaga PLTU Molotabu, Provinsi Gorontalo
(Sumber : Google maps, 2018)



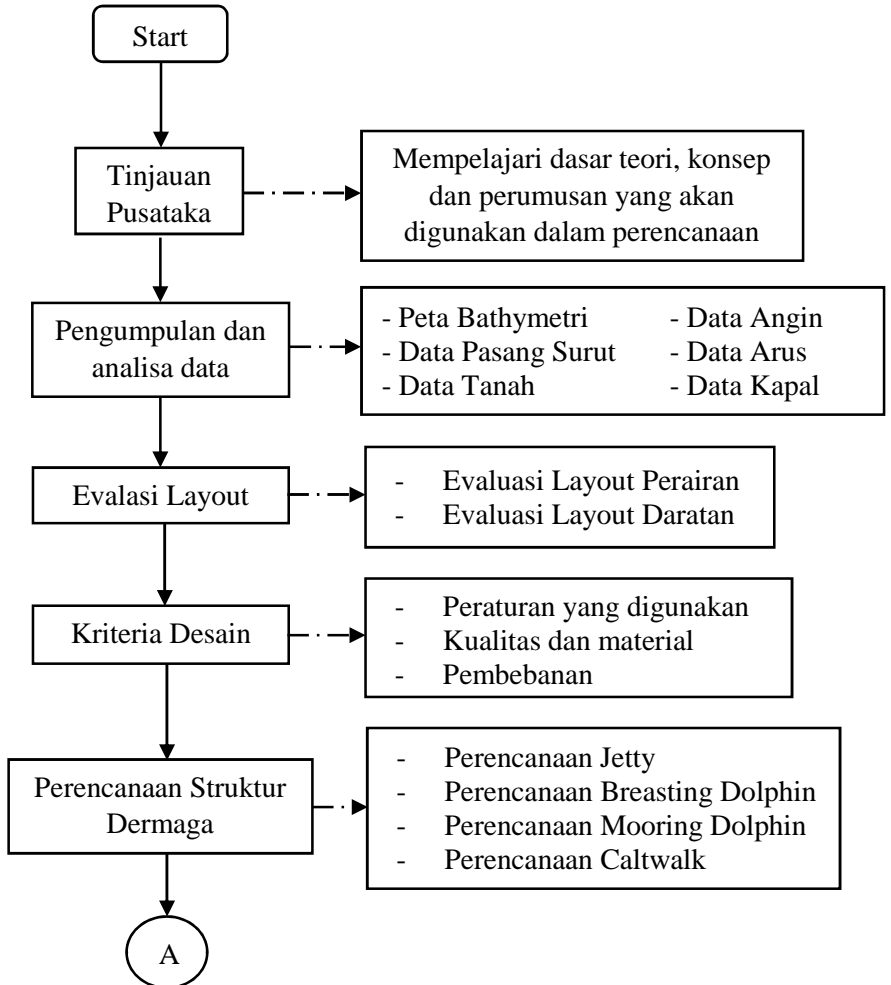
Gambar 1. 2 Daerah pengembangan Dermaga Batubara
(Sumber : Google maps, 2018)

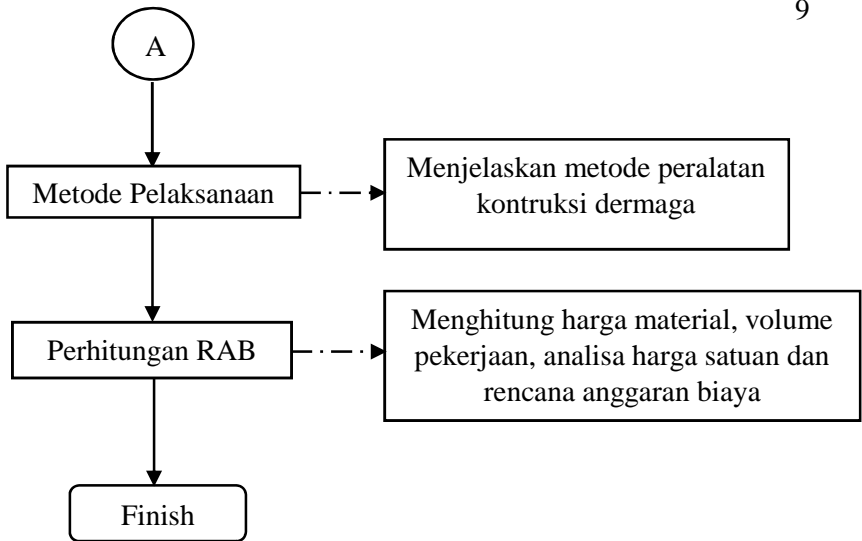


Gambar 1. 3 Rencana pengembangan Dermaga Batubara untuk Kapal
Tongkang 10.000 DWT
(Sumber : Laporan pengembangan PLTU Molotabu)

1.8 Metodologi

Langkah – langkah dalam perencanaan dermaga batubara di gorontalo tersaji pada **gambar 1.5**.





Gambar 1. 4 Diagram Alir

Keterangan Diagram Alir Metodologi tersebut adalah sebagai berikut :

1. Pendahuluan
Mempelajari tentang latar belakang , tujuan dan lingkup 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 angin
 - Data tanah

Analisis data yang dilakukan meliputi :

- Analisis data bathymetri
- Analisis data pasang surut
- Analisis data angin
- Analisis data tanah

4. Kriteria Desain

Merupakan tahap penentuan kriteria desain yang terdiri dari penentuan standard yang dipakai, kualitas dan mutu material serta pembebanan.

5. Evaluasi Layout Perairan dan Daratan

Evaluasi Layout yang dilakukan adalah evaluasi layout yang meliputi evaluasi layout perairan dan daratan. Evaluasi Layout perairan yang dilakukan meliputi :

- a) Perencanaan Alur Masuk.
- b) Perencanaan Kolam Putar.
- c) Perencanaan Kolam Jetty.

Evaluasi Layout Daratan yang dilakukan meliputi :

- a) Evaluasi layout dermaga batubara untuk tongkang 10.000 DWT

6. Perencanaan Struktur

Perencanaan struktur meliputi perencanaan :

- a) Catwalk : perencanaan dimensi pelat, balok gelagar, balok melintang, dan sambungan
- b) Unloading platform : perencanaan dimensi pelat, balok, poer dan tiang pancang.
- c) Bresting Dolphin : perencanaan dimensi poer dan tiang pancang.
- d) Mooring Dolphin : perencanaan dimensi poer dan tiang pancang.

7. Perencanaan Metode Pelaksanaan

Dari sekian banyak bidang yang harus diselesaikan, perlu juga direncanakan mengenai metode pelaksanaan yang akan digunakan. Adapun metode-metode yang direncanakan adalah metode pelaksanaan struktur dermaga dan lapangan penumpukan ini yaitu untuk pelaksanaan pemancangan, *erection* poer, balok melintang dan memanjang serta pengecoran pelat lantai dan lain-lain.

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) Harga material dan upah
- b) Perhitungan volume pekerjaan
- c) Analisis harga satuan
- d) Perhitungan rencana anggaran biaya

9. Kesimpulan Hasil Rencana

Menampilkan kesimpulan dari hasil perencanaan struktur dermaga batubara tongkang 10.000 DWT, penentuan metode pelaksanaan, dan perhitungan rencana anggaran biaya pembangunan dermaga batubara dalam tugas akhir ini.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

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 perusahaah 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”.

2.2 Data dan Analisis

2.2.1 Data Bathymetri

Peta Bathymetri berfungsi untuk mengetahui kedalaman kontur dasar laut yang diukur dari posisi 0.00 m LWS . 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.

2.2.2 Data Arus

Arus dapat terjadi oleh beberapa sebab meliputi adanya perbedaan muka tanah dibawah air, 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.

Data arus ini dalam perencanaan pelabuhan digunakan untuk menghindari pengaruh tekanan arus yang arahnya tegak lurus terhadap kapal (cross current) sehingga kapal dapat melakukan manuver dengan mudah dan aman, selain itu data arus ini juga dapat difungsikan dalam perencanaan fender dan gaya horizontal yang mempengaruhi stabilitas dari struktur dermaga. Sedangkan pada pelabuhan yang berada di sungai, data arus digunakan untuk menghitung debit air, intrusi laut, sediment transport arah membeloknya delta sungai dan sebagainya.

Salah satu metode untuk mendapatkan kecepatan arus adalah dengan menggunakan alat currentmeter. Pengambilan data dilakukan sedikitnya di tiga titik secara bersamaan agar poala arus yang ada dapat terwakili. Setiap pengukuran dilakukan dalam tiga pengamatan, yaitu pada kedalaman 0,2d, 0,6d dan 0,8d dimana d adalah kedalaman perairan pada posisi pengukuran.

Analisis data yang dilakukan untuk mengetahui kecepatan dan arah arus maksimum yang terjadi. Analisis data ini bertujuan untuk mengetahui tekanan arus serta kelayakannya untuk kapal berlabuh. Dalam perencanaan disyaratkan kecepatan maksimum dalam Thoressen Handbook Standard halaman 65 yaitu arus maksimum sebesar 3 knot atau 1,5 m/s pada 0° dan 180°.

2.2.3 Data Pasang Surut

Pasang surut adalah fluktuasi muka air laut sebagai fungsi waktu karena adanya gaya tarik benda-benda di langit, terutama matahari dan bulan terhadap massa air laut di bumi. Meskipun massa matahari jauh lebih besar daripada bulan, namun pengaruh gaya tarik bulan terhadap bumi lebih besar daripada matahari. Hal ini dikarenakan jarak bumi ke bulan lebih dekat daripada jarak bumi ke matahari dengan gaya tarik bulan yang mempengaruhi besar pasang surut adalah 2,2 kali lebih besar daripada gaya tarik matahari terhadap bumi.

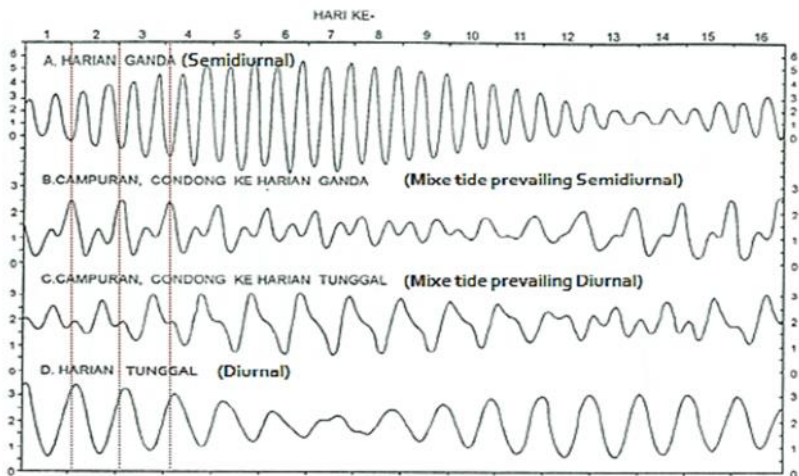
Pengetahuan pasang surut sangat penting di dalam perencanaan pelabuhan. Elevasi muka air tertinggi (pasang) dan terendah (surut) sangat penting untuk merencanakan bangunan-bangunan pelabuhan. Sebagai contoh, elevasi puncak bangunan pemecah gelombang dan dermaga yang ditentukan oleh elevasi muka air pasang, sementara untuk kedalaman alur pelayaran / pelabuhan ditentukan oleh muka air surut. Tinggi pasang surut adalah jarak vertikal antara air tertinggi (puncak air pasang) dan air terendah (lembah air surut) yang berurutan. Periode pasang surut adalah waktu yang diperlukan dari posisi muka air pada muka air rerata ke posisi yang sama berikutnya. Periode pasang surut bisa 12 jam 25 menit atau 24 jam 50 menit, yang tergantung pada tipe pasang surut. Periode pada muka air naik disebut pasang, sedang pada saat air turun disebut surut. Variasi muka air menimbulkan arus yang disebut dengan arus pasang surut yang mengangkut massa air dalam jumlah sangat besar.

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 2.1.

a. Pasang surut harian ganda (semi diurnal tide)

Dalam satu hari terjadi dua kali air pasang dan dua kali air surut dengan tinggi 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. 1 Tipe pasang surut
 (Sumber : Bambang Triatmodjo)

Dalam penentuan jenis pasang surut dapat menggunakan metode Admiralty. Terdapat sekitar 12 konstituen dan yang terpenting ada 4 konstituen yaitu M2, S2, K1 and O1 terutama

untuk menentukan bilangan F (formzaal) sebagai penentu type pasang surut dimana $F = (K1 + O1)/(M2 + S2)$ dimana :

- $F = 0.00 - 0.25$: semidiurnal tides
- $F = 0.25 - 1.50$: mixed, dominantly semidiurnal tides
- $F = 1.50 - 3.00$: mixed, dominantly diurnal tides
- $F > 3.00$: diurnal tides

Mengingat elevasi di laut selalu berubah setiap 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 dicapai
- 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 referansi untuk elevasi di daratan.

2.2.4 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)

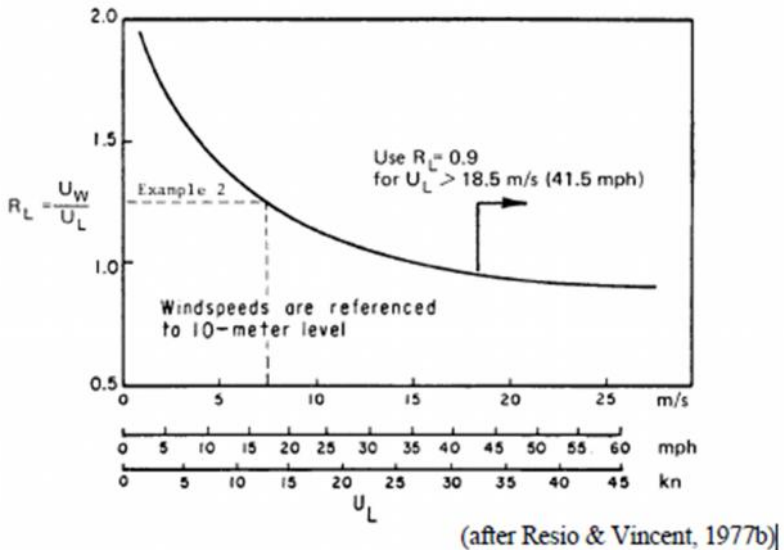
Dalam Perumusan dan grafik pembangkit gelombang mengandung variable U_A , dimana U_A adalah faktor tegangan angin yang dapat dihitung dari kecepatan angina (lihat **gambar 2.2**). Setelah dilakukan berbagai konversi kecepatan angin , kecepatan angin dikonversikan pada faktor tegangan angin dengan rumus 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. 2 Hubungan kecepatan angin di laut dan di darat
(Sumber : *Shore Protection Manual*, 1984)

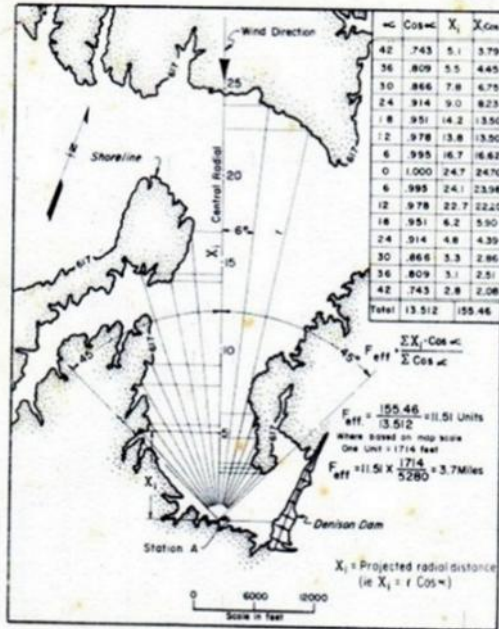
Di dalam peramalan gelombang dari data angin yang diperoleh, terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan, yaitu kecepatan angin , arah angin , panjang daerah pembangkit gelombang (fetch) dan lama hembusan angin pada fetch. Fetch dibatasi oleh bentuk daratan yang mengelilingi laut. Di daerah pembentukan 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 2.3**

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

Dimana :

F_{eff} = fetch rerata efektif

- X_i = Panjang segmen fetch yang diukur dari titik observasi gelombang ke ujung akhir fetch
- i = deviasi pada kedua sisi arah angin dengan menggunakan pertambahan 6° sampai sudut 42° pada kedua sisi dari arah angin.



Gambar 2. 3 Contoh Perhitungan Fetch Efektif
 (Sumber : Shore Protection Manual, 1984)

Untuk Perhitungan tinggi gelombang dipakai rumus Shore Protection Manual, 1984

$$H_{S_0} = 1,616 \times 10^{-2} U_A F^{1/2} \quad \dots(2.4)$$

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

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

Dimana :

H_{S_0} = Tinggi gelombang significant (meter)

T_0 = Periode gelombang puncak (detik)

F = Panjang fetch (km)

U_A = Faktor terganggan angin (9,8 m/s)

t = Durasi (jam)

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 2.1)

Tabel 2. 1 Tinggi gelombang ijin di pelabuhan

Ship size	Threshold 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*)

2.2.5 Data Tanah

Survey data tanah bertujuan untuk merencanakan struktur bagian bawah dermaga. Beberapa pengambilan data tanah yang dilakukan adalah dengan pengeboran dengan mesin bor. Kedudukan titik bor dilakukan dengan bantuan alat teodolit. Kemudian contoh dari hasil pemboran ini disajikan dalam bentuk *booring log*. Uji penetrasi standar (SPT) dilakukan dalam interval

2 atau 3 m, dimaksudkan untuk memperoleh nilai N dari lapisan-lapisan tanah bawah.

2.2.6 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

2.3 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 *Jetty*, jarak *breasting dolphin* dan *mooring dolphin*, serta elevasi yang dibutuhkan.

2.3.1 Evaluasi Layout Perairan

a. Alur Masuk

Perhitungan Alur masuk dimulai mulut alur sampai kapal mulai berputar, dimana parameter-parameter yang diperlukan untuk penentuan alur masuk ini adalah kedalaman alur masuk, lebar dan panjang alur masuk. Berdasarkan *Technical Standards for Port and Harbour Facilities in Japan, 2002* (OCDI) hal 347 lebar alur minimum dan maksimum yang disarankan untuk *One-way channel* berturut-turut adalah 0,5 LOA dan 1,0 LOA.

Untuk kedalaman alur masuk dapat ditentukan berdasarkan **tabel 2.2** berikut :

Tabel 2.2 Kedalaman Perairan

Penentuan draft kapal	Keterangan
1,15 draft kapal	Perairan tenang
1,2 draft kapal	Perairan terbuka bergelombang

(Sumber : *Technical Standards for Port and Harbour Facilities in Japan, 1991*)

Untuk panjang alur masuk dapat di tentukan berdasarkan **tabel 2.3** berikut :

Tabel 2.3 Panjang Alur

Lokasi	Ukuran	Keterangan
Panjang alur (stopping distance)	7 * LOA	± 10.000 DWT, 16 knots
	18 * LOA	± 200.000 DWT, 16 knots
	1 * LOA	± 10.000 DWT, 5 knots
	3 * LOA	± 200.000 DWT, 5 knots
	5 * LOA	Kapal ballast/kosong

(Sumber : *Keputusan Menteri Perhubungan No. 54 tahun 2002*)

b. 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)

- $Db = 2 \text{ LOA}$ (kapal bermanuver dengan dipandu)

c. 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 :

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

Kedalaman Perairan, pada prinsipnya harus lebih dalam dari draft penuh kapal terbesar, ditambah alokasi untuk gerakan osilasi akibat gelombang dan angin maupun arus serta squat dan trim sebagai konsekuensi pergerakan kapal, ditambah lagi alokasi untuk ketidakteraturan kedalaman perairan dan kondisi tanah dasar laut. Untuk kemudahan penentuan dalam menentukan kedalaman perairan dapat digunakan aturan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Perairan Tenang} &= 1,1 * \text{draft kapal} \\ \text{Perairan terbuka} &= 1,2 * \text{draft kapal} \end{aligned}$$

d. Elevasi Dermaga

Elevasi Jetty dihitung pada saat air pasang dengan perumusan :

$$El = \text{HWS} + (0.5 - 1.5) \text{ m}$$

2.3.2 Evaluasi Layout Daratan

Evaluasi layout daratan berupa evaluasi Jetty, Mooring Dolphin, Breasting Dolphin dan Catwalk agar sesuai dengan standart yang ada

a. Jetty

Jetty adalah bagian dermaga berupa pelat sebagai tempat peralatan bongkar batu bara seperti *dump truck*, *excavator dll*. Dimensi utama dari *Jetty* ditentukan oleh jumlah truck serta manuver yang dibutuhkan serta mengikuti dari pengembangan yang dilakukan oleh pihak owner

b. Mooring Dolphin

Mooring Dolphin adalah bagian struktur dermaga batubara untuk menahan gaya tarikan kapal / mengikat kapal. *Mooring Dolphin* harus ditempatkan 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. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2.4.

c. Breasting Dolphin

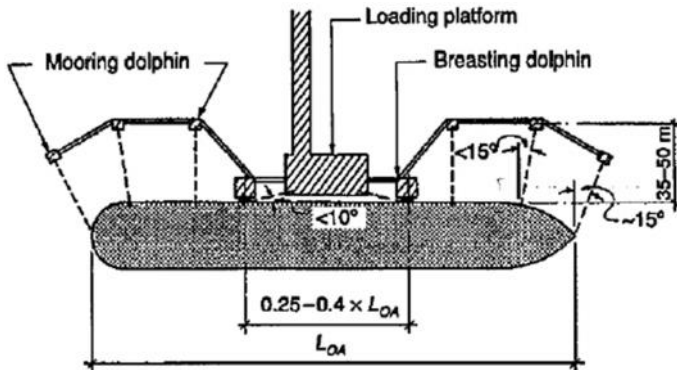
Breasting Dolphin adalah bagian struktur dermaga batubara untuk menyerap energi kinetic kapal yang bersandar, memegang kapal, mengikat *surface line* kapal. *Breasting Dolphin* harus bersifat fleksibel karena harus mampu menyerap Energi kapal. Jarak antar *Breasting Dolphin* dapat ditentukan dengan menggunakan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

- Outter = 0.25 – 0.40 LOA Kapal terbesar
- Inner = 0.25 – 0.40 LOA Kapal terkecil

d. Ketentuan Perencanaan Layout Daratan

- Mooring layout harus simetri.
- Sudut vertikal mooring line pada bow dan stern tidak lebih dari 15°.
- Sudut horizontal Breast mooring line tidak lebih dari 150.
- Sudut vertical Spring mooring line tidak lebih dari 100.

- Mooring line untuk gaya lateral tidak dikumpulkan pada bow dan stern saja.
- Unloading 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.



Gambar 2. 4 Penempatan Mooring Dolphin
(Sumber: Thoressen Port Designer's Handbook : Recommendation and Guidelines Fig.4.29)

2.4 Perhitungan Fender dan Bollard

2.4.1 Fender

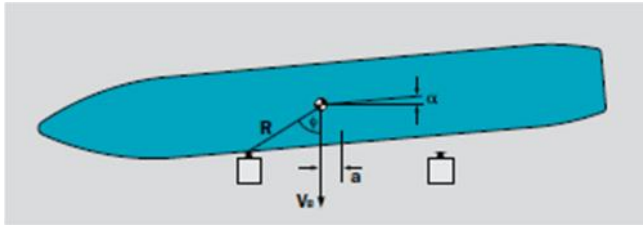
Fender merupakan salah satu aksesoris pada jetty dan diletakkan di depan konstruksi dermaga yang berfungsi sebagai peredam energi tumbukan kapal yang berlabuh. Perencanaan fender sebaiknya dilakukan terlebih dahulu sebelum konstruksi dermaga dihitung. Yang harus dilakukan dalam perencanaan fender adalah : 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 :

$$E_f = \frac{C_H \cdot C_E \cdot C_C \cdot C_S \cdot (0,5 \cdot W_S \cdot v^2)}{g} [\text{ton} - m] \quad \dots (2.7)$$

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 Tonage



Gambar 2. 5 Benturan kapal pada breasting dolphin
(Sumber : *Design manual fender Trelleborg*)

Energi tumbukan kapal yang diabsorpsi menjadi energy fender juga harus dikalikan dengan factor PIANC 2002 yang ditunjukkan pada Tabel 2.2

Tabel 2. 2 Safety factors PIANC 2002

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 : 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 fender tersebut.

2.4.2 Bollard

Boulder 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 2.3**

Tabel 2. 3 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 tonnes
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 :

$$F_{TW} = C_{TW} A A_L V_W^2 \times 10^{-4} \quad \dots (2.8)$$

$$F_{LW} = C_{LW} A A_L V_W^2 \times 10^{-4} \quad \dots (2.9)$$

Dimana :

F_{TW} = Gaya angin transversal (kN)

F_{LW} = Gaya angin longitudinal (kN)

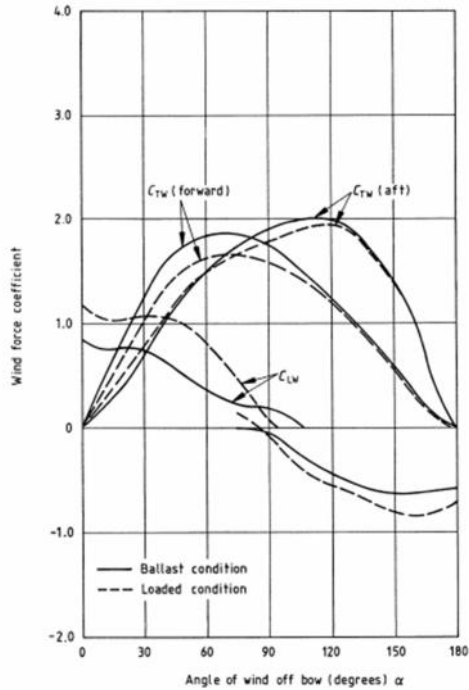
C_{TW} = Koefisien gaya angin transversal (Gbr 2.6)

C_{LW} = Koefisien gaya angin longitudinal (Gbr 2.6)

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

A_L = Daerah proyeksi longitudinal dari kapal di atas air (m^2)

V_W = Desain kecepatan angin dalam m/s pada ketinggian 10 m di atas permukaan air



Gambar 2. 6 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 :

$$F_{TC} = C_{TC} C_{CT} A L_{BP} d_m V_c^2 \times 10^{-4} \quad \dots (2.10)$$

$$F_{LC} = C_{LC} C_{CL} A L_{BP} d_m V_c^2 \times 10^{-4} \quad \dots (2.11)$$

Dimana :

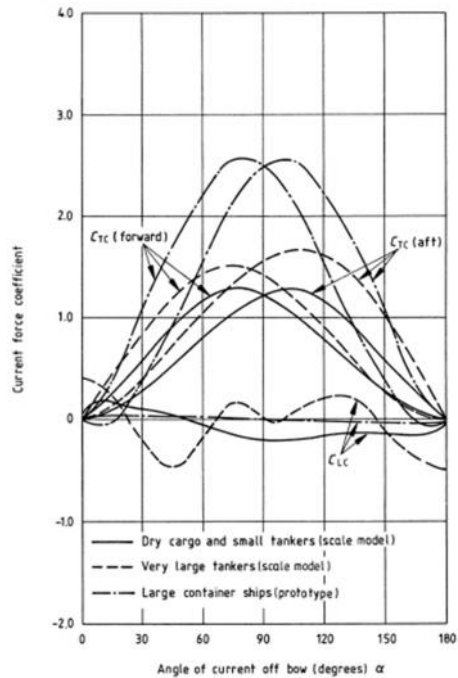
F_{TC} = Gaya arus melintang (kN)

F_{LC} = Gaya arus memanjang (kN)

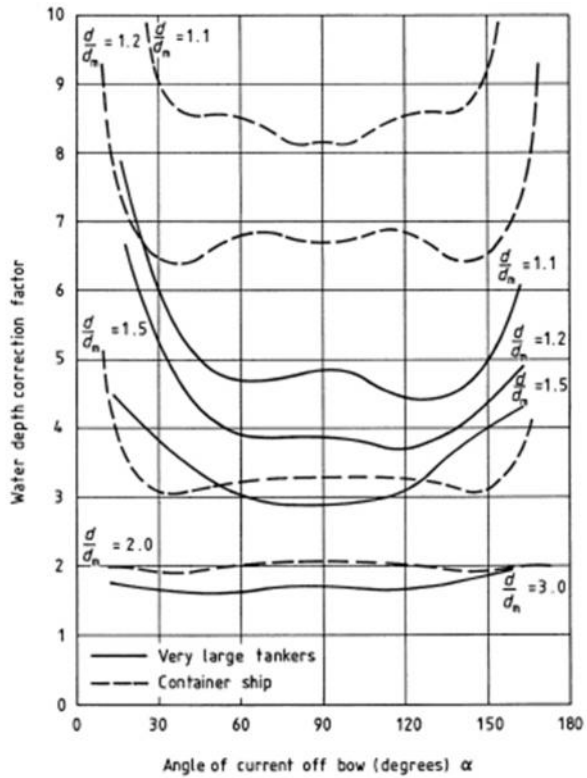
C_{TC} = Koefisien gaya arus melintang (Gbr. 2.7)

C_{LC} = Koefisien gaya arus memanjang (Gbr. 2.7)

- C_{CL} = Faktor koreksi kedalaman untuk gaya tarik memanjang (Gambar. 2.8)
 C_{CT} = Faktor koreksi kedalaman untuk gaya tarik melintang (Gambar 2.8)
 A = Kerapatan massa air ($1,025 \text{ kg/m}^3$)
 L_{BP} = Panjang tegak lurus kapal (m)
 d_m = Draf rata – rata kapal (m)
 vc = Kecepatan arus rata – rata (m/s)



Gambar 2. 7 Koefisien gaya arus
(Sumber : BS 6349-1:2000)



Gambar 2. 8 Faktor koreksi kedalaman air untuk gaya arus
(Sumber : BS 6349-1:2000)

2.5 Kriteria Pembebanan

2.5.1 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 pembebanan yang paling kritis.

2.5.2 Beban Horisontal

Beban horisontal dermaga berasal dari :



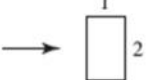
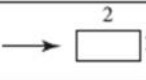
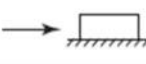

- **Beban Angin**

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”.

$$F_W = 0,5 \times \rho_a \times C_W \times V_W^2 \times A_W \quad \dots (2.12)$$

Dimana, F_W = Gaya drag angin (N)
 ρ_a = Massa jenis ($1,23 \text{ kg/m}^3$)
 A_w = Area objek angin (m^2)
 V_W^2 = Kecepatan angin (m/s)
 C_W = Koefisien hambatan angin

Tabel 2. 4 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".

$$F_D = 0,5 \times C_D \times \rho \times A \times U^2 \quad \dots (2.13)$$

Dimana,	F_D	= Gaya tarik akibat arus (kN)
	C_D	= Koefisien gaya tarik (1,2)
		= Massa jenis (1,025 t/m ³)
	A	= Area objek arus (m ²)
	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

$$V = C_s \times W_t \quad \dots (2.14)$$

Dimana,	V	= Geser dasar seismik
	C_s	= Koefisien respons seismik
	W_t	= Berat efektif seismik

Nilai C_s dihitung dengan menggunakan,

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

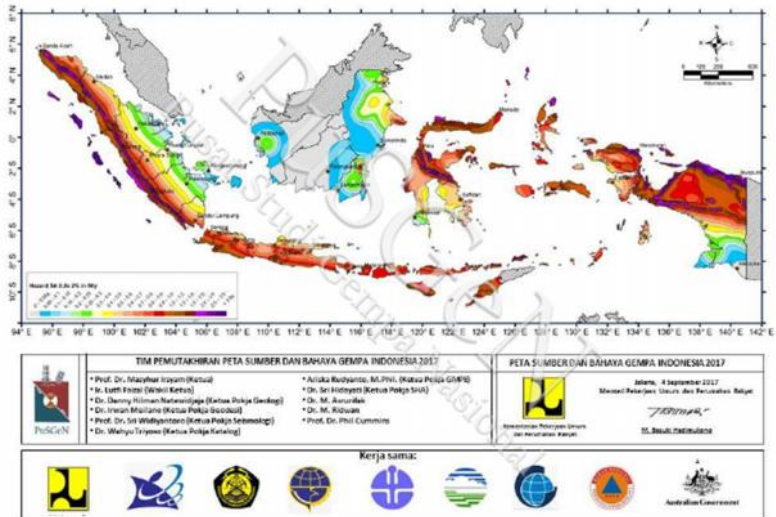
Perhitungan nilai C_s diikuti dengan perhitungan berikut :

- $SD1 / (T / (R/I)) \quad C_s \quad 0,01$
- $SD1 / (T / (R/I)) \quad C_s \quad 0,044 S_{DS} I$
- $SD1 / (T / (R/I)) \quad C_s \quad 0,5 / (R/I)$

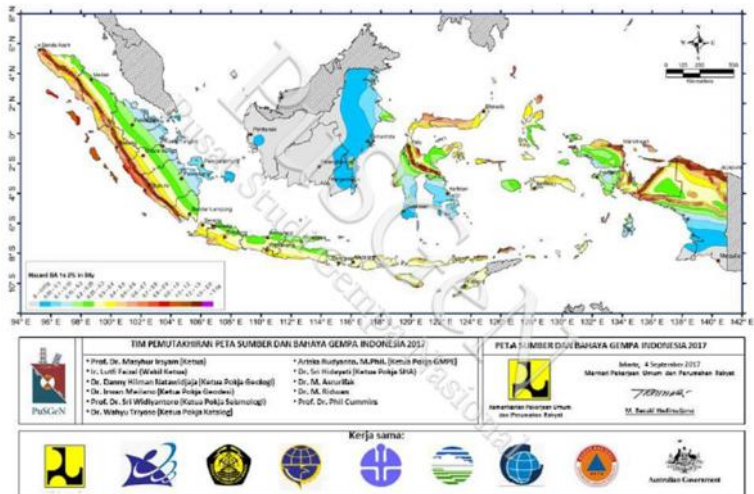
Dimana,	SDS	= Parameter respon spectral respons desain pada periode pendek
	S_{D1}	= Parameter respon spektral percepatan desain pada perioda 1,0 detik

- S_S = Parameter respons spektral percepatan gempa $MCRE_R$ terpetakan untuk perioda pendek
 S_1 = Parameter respons spektral percepatan gempa $MCRE_R$ terpetakan untuk perioda 1,0 detik
 I = Faktor keutamaan gempa
 T = Peroda getar fundamental struktur

Nilai S_S dan S_1 dicari menggunakan **Gambar 5.3** dan **Gambar 5.4** dengan parameter lokasi zona gempa dan juga tipe struktur.



Gambar 2. 9 Gempa Maksimum yang Dipertimbangkan Risiko - Tertarget ($MCRE_R$) untuk S_s



Gambar 2. 10 Gempa Maksimum yang Dipertimbangkan Risiko - Tertarget (MCEER) untuk S1

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

2.5.3 Beban Kapal

- Beban tumbukan kapal (Fender)

Beban tumbukan kapal berasal dari energi yang ditimbulkan ketika kapal merapat dan menabrak *Sistem fender*. Energi ini kemudian diabsorpsi 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 Boulder).

2.5.4 Kombinasi Pembebanan

Perencanaan struktur dilakukan berdasarkan beban – beban yang optimal yang terjadi pada struktur tersebut. Untuk mendapatkan optimasi dari beban yang terjadi maka di buat beberapa alternatif kombinasi dalam analisa struktur. Berikut ini kombinasi pembebanan dermaga.

1. Struktur Catwalk (*SNI 03 – 2847 – 2002*)
 - 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

2. Jetty (*DEP 35.00.10 Gen*)
 - 1A Normal = 1,0DL + 1,0LL + 1,1F
 - 2E Extreme = 1,0DL + 1,0LL + 1,0Ex + 0,3Ey
 - 2E Extreme = 1,0DL + 1,0LL + 0,3Ex + 1,0Ey

3. Breasting Dolphin (*DEP 35.00.10 Gen*)
 - 1A Normal = 1,0DL + 1,0LL + 1,1F
 - 1B Normal = 1,0DL + 1,0LL + 1,1B
 - 2E Extreme = 1,0DL + 1,0LL + 1,0Ex + 0,3Ey
 - 2E Extreme = 1,0DL + 1,0LL + 0,3Ex + 1,0Ey

4. Mooring Dolphin (*DEP 35.00.10 Gen*)
 - 1B Normal = 1,0DL + 1,0LL + 1,1B
 - 2E Extreme = 1,0DL + 1,0LL + 1,0Ex + 0,3Ey
 - 2E Extreme = 1,0DL + 1,0LL + 0,3Ex + 1,0Ey

Dimana :

DL = Dead Load

LL = Live Load (pangkalan, truck, angin, arus)

F	= Beban Tumbukan Kapal
B	= Beban Tarikan kapal
Ex	= Beban Gempa Arah x
Ey	= Beban Gempa Arah y

2.6 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 boulder.
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.

2.6.1 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 kelangsingan komponen

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

- Kontrol momen

$$\begin{aligned} \text{Momen leleh} & \rightarrow M_y = S_x \times f_y \\ \text{Momen plastis} & \rightarrow M_p = Z_x \times f_u \\ \text{Kontrol} & \rightarrow M_p < 1,5 \times M_y \end{aligned}$$

- Kontrol gaya tarik

$$\begin{aligned} \text{Kuat leleh} & \rightarrow P_n = 0,9 \times A_g \times f_y \\ \text{Kuat putus} & \rightarrow P_n = 0,75 \times A_e \times f_u \end{aligned}$$

- Kontrol gaya tekan

$$\lambda_c = \frac{Kl}{r_x f} \sqrt{\frac{f_y}{E}}$$

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

$$P_n = 0,85 \times F_{cr} \times A_g$$

- Kontrol gaya geser

$$V_n = 0,9 \times F_{cr} \times A_g / 2$$

- Kontrol tegangan bahan

$$\dagger_{\text{aktual}} = \frac{P}{A} + \frac{M}{Z_x}$$

2.6.2 Perhitungan Struktur Atas dengan Sistem Pracetak

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:

$$Ml = 0,001.q.lx^2.X$$

$$Mt = -0,001.q.lx^2.X$$

Dimana :

Ml = momen lapangan pelat (tm)

Mt = momen tumpuan pelat (tm)

q = beban terbagi rata pelat (t/m)

lx = panjang bentang pendek pelat (m)

X = koefisien dari tabel 13.3.1

– Penulangan Pelat

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

- a. Menentukan besarnya momen Ultimate (M_u) pada pelat
- b. Menentukan perbandingan antara luas tulangan tarik dengan tulangan tekan (ρ). Pada pelat dianggap tidak memerlukan tulangan tekan sehingga $\rho' = 0$
- c. Menghitung nilai C_a dengan persamaan:

$$C_a = \frac{h}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times \rho' \times a}}}$$

Dimana :

- h = Tinggi manfaat penampang
 - b = Lebar penampang (pelat = 1000 mm)
 - M = Momen ultimate
 - n = Angka ekivalensi baja beton
 - ρ'_a = Tegangan ijin baja (tbl 10.4.1 PBI'71)
- d. Mencari nilai ρ , ρ' , dan ρ_{min} dari tabel
 Dari “Tabel Perhitungan Lentur dengan Cara-n disesuaikan kepada peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 oleh Ir. Wiratman W” didapatkan nilai ρ dan ρ_{min}
 - e. Mencari kebutuhan tulangan
 $A_s = \rho \times b \times h$
 - f. Kontrol retak
 Berdasarkan PBI 1971 pasal 10.7.1b retak yang diijinkan 0,01 cm. Dengan menggunakan T_{hh} tabel 10.7.1 PBI 1971 maka didapatkan koefisien - koefisien ρ_p , C3, C4 dan C5 yang harus diambil dari Tabel 10.7.1, PBI 1971 (lihat **Tabel 2.5**)

Tabel 2. 5 Harga koefisien ω_p , C₃, C₄ dan C₅

Uraian	ω_p	C ₃	C ₄	C ₅
Balok persegi dan balok T yang mengalami lentur murni	$\frac{A}{b \cdot h}$	1,50	0,04	7,5
Balok persegi dan balok T yang mengalami lentur dengan gaya normal tekan	$\frac{A}{b(h-y)}$	1,50	0,07	12
Bagian-bagian konstruksi yang mengalami tarik aksial	$\frac{A}{B_t}$	1,50	0,16	30

(Sumber : tabel PBI 1971)

Rumus untuk menghitung lebar retak :

$$W = r \left(C_3 \cdot x d + C_4 \frac{dp}{\bar{S}_p} \right) \left(1 + \frac{C_5}{\bar{S}_p} \right) 10^{-6}$$

Dimana:

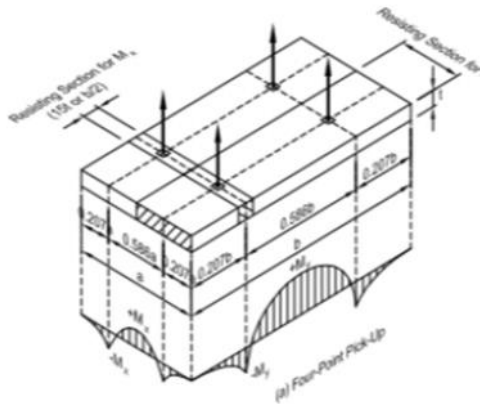
- d = Tebal selimut beton (cm)
- dp = Diameter batang polos atau pengenal (cm)
- a = Tegangan baja yang bekerja ditempat yang retak (kg/cm²)
- A = Luas tulangan tarik (cm²)
- B = Lebar balok (cm)
- h = Tinggi manfaat balok (cm)
- y = Jarak garis netral terhadap sisi yang tertekan (cm)
- Bt = Luas penampang beton yang tertarik (cm²)
- = Koefisien yang bergantung pada jenis batang tulangan (1.2 untuk batang polos dan 1 untuk batang yang diprofilkan

– Penulangan Pelat

a. Kontrol saat pengangkatan (Beton umur 3 hari)

Kontrol pengangkatan pelat terhadap momen-momen yang terjadi dihitung berdasarkan *PCI Design Hand Book Precast and Prestressed Concrete 6th edition Gambar 5.3.1.2*. Momen pengangkatan pelat precast dapat dilihat pada Gambar 2.10.

1) Hitung momen maksimum saat pengangkatan



Gambar 2. 11 Momen pengangkatan plat precast
(Sumber : *PCI Design Hand Book Precast and Prestressed Concrete 6th edition*)

Empat titik angkat

Maksimum Momen (pendekatan) :

$$+ M_x = - M_x = 0,0054 w a^2 b$$

$$+ M_y = - M_y = 0,0027 w a b^2$$

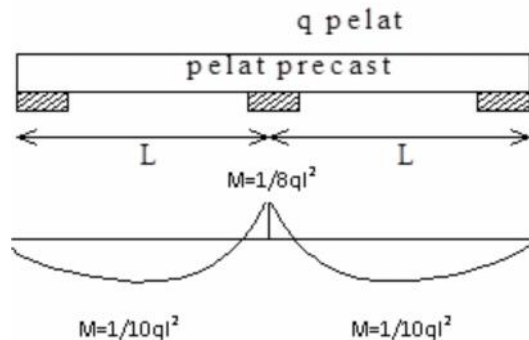
2) Hitung tegangan yang terjadi

$$= \frac{M}{W}$$

Dimana :

- σ = Tegangan yang terjadi (kg/cm^2)
 M = Momen yang bekerja saat pengangkatan (kg.cm)
 W = Momen lembam (cm^3)

- b. Kontrol penumpukan (Saat beton berumur 3 hari)
 Kontrol Penumpukan Pelat diperlukan untuk mengetahui berapa jumlah pelat precast yang mungkin dapat ditumpuk dilapangan sebelum dilakukan pemasangan di lapangan. Momen saat penumpukan pelat dapat dilihat pada Gambar 2.12



Gambar 2. 12 Momen saat penumpukan plat precast

Kontrol penumpukan pelat dilakukan dengan tahapan sebagai berikut :

- 1) Hitung konversi beton saat berumur 3 hari, berdasarkan PBI 1971 tabel 2.8
- 2) Hitung momen lembam (W)
- 3) Hitung tegangan yang terjadi ()
- 4) Kontrol tegangan yang terjadi

- 5) Kontrol jumlah penumpukan pelat
- c. Kontrol pemasangan dan pengecoran (Beton berumur 7 hari)



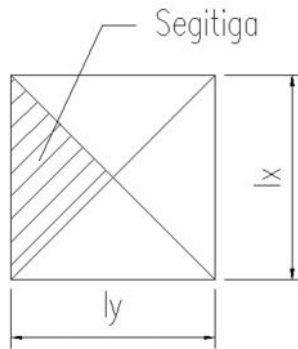
Gambar 2. 13 Momen saat pemasangan plat precast

- 1) Hitung konversi beton saat berumur 7 hari, berdasarkan PBI 1971 tabel 2.8.
 - 2) Hitung momen lembam (Gambar 2.12)
 - 3) Hitung tegangan yang terjadi ()
 - 4) Kontrol tegangan yang terjadi
 - 5) Kontrol jumlah penumpukan pelat
- d. Kontrol saat monolith (Beton berumur 28 hari)
 Pada prinsipnya langkah perhitungan kontrol pelat saat menahan beton basah adalah sama dengan kontrol pelat sebelumnya, yaitu :
- 1) Hitung konversi beton saat berumur 28 hari, berdasarkan PBI 1971 tabel 2.8
 - 2) Hitung momen lembam (W)
 - 3) Hitung tegangan yang terjadi ()
 - 4) Kontrol tegangan yang terjadi
 - 5) Kontrol lendutan

2. Balok dan Poer

- Perhitungan beban pelat dan balok

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



Gambar 2. 14 Distribusi beban pelat

- beban pelat q (t/m^2)

$$P = \frac{1}{2} q l x$$

- beban segitiga

$$q_{eq} = \frac{2}{3} P = \frac{1}{3} q l x$$

– Penulangan balok dan poer

Penulangan balok dihitung dengan menggunakan perhitungan lentur “n”. Untuk perhitungan tulangan, poer dianalisis sebagai balok jika perbandingan antara tebal poer 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 (). Nilai diambil mulai dari 0,2 ; 0,4 ; 0,6 ; 0,8 ; 1,0 ; 1,25 ; 1,67 sampai 2,50
- Menghitung nilai C_a :
- Mencari nilai ρ , ρ' , dan ρ_{min} dari tabel
- Menghitung luas tulangan tarik dan tekan

$$A = \rho \times b \times h$$

$$A_s' = \rho' \times b \times h$$

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 :

$$\rho_{bm-t} = 1.35 \rho_{bk}$$
 - 4. Untuk pembebanan sementara :

$$\rho_{bm-s} = 2.12 \rho_{bk}$$

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

$$\tau_b = \frac{D}{b \times \frac{7}{8} h}$$

Dimana : $D =$ Gaya lintang (kN)

Diperlukan tulangan geser jika :

$$\dagger_b < \dagger'_{bt}$$

- 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:

$$\dagger''_b = \frac{Mt}{b \times Ft}$$

Dimana :

$Mt = T =$ Momen Torsi akibat beban batas

$Ft =$ luas penampang balok

Disyaratkan dalam PBI '71 Pasal 11.8.(4)

$$s_b + b''$$

Menghitung jarak tulangan sengkang:

$$as = \frac{As \times \overline{\dagger}_a}{\dagger_s \times b}$$

2.6.3 Perhitungan Struktur Bawah

– Perhitungan Daya Dukung Pondasi

Pada perhitungan daya dukung pondasi menggunakan metode *Luciano Decourt*

$$Q_L = N_p \times K \times A_p + (N_s/3 + 1) \times A_s$$

Dimana :

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

K = Koefisien karakteristik tanah

- 12 t/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 K dan q_s dapat dilihat pada Tabel 2.6 dan 2.7 berikut :

Tabel 2. 6 Base coefficient (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. 7 Base coefficient (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*

– 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 dibawah ini :

Tabel 2. 8 Batas defleksi operasional untuk struktur maritim

Deflection type	Structure type	Deflection limit	Additional comment
Vertical deflections	Cantilevers	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 piled 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 2.15) 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:

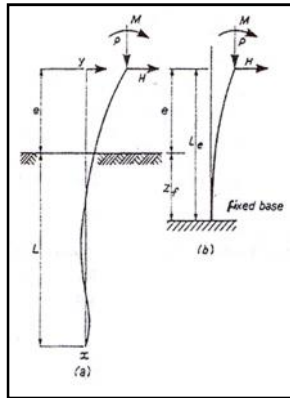
$$T = \sqrt[5]{\frac{EI}{nh}}$$

Dimana :

nh = Untuk cohesionless soil diperoleh dari Terzaghi, sedangkan untuk normally consolidated clays = 350 s/d 700 kN/m³ dan soft organic silts = 150 kN/m³.

E = Modulus elastisitas Young yang tergantung dari bahan tiang pancang

I = Momen inersia dari penampang tiang pancang



Gambar 2. 15 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

$$Y = \frac{H(e + Z_f)^3}{12 EI}$$

Dimana :

H = Lateral load (ton)

e = Jarak lateral load dengan muka tanah (m)

Z_f = Posisi titik jepit tanah terhadap sebuah tiang

- Kontrol Tiang Pancang Berdiri Sendiri

Tiang pancang dicek kekuatannya pada saat berdiri sendiri, khususnya terhadap frekuensi gelombang (). Frekuensi tiang (t) harus lebih besar dari frekuensi gelombang supaya tiang tidak bergoyang dan patah. Frekuensi tiang pancang dihitung dengan rumus berikut ini :

$$t = 1,73 \sqrt{\frac{EI}{wl^2/g}}$$

Dimana:

t = Frekuensi tiang

w = Berat tiang pancang (kg)

l = Tinggi tiang di atas tanah

g = Gravitasi (m/s²)

Frekuensi gelombang dapat dihitung dengan rumus :

$$= \frac{1}{T}$$

Dimana:

= Frekuensi gelombang

T = Periode gelombang (s)

- Kontrol Kuat Tekuk
Untuk kontrol tekuk terhadap kelangsingan tiang dapat menggunakan rumus :

- 1) Free headed conditions

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

- 2) Fixed and translating headed conditions

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

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 (m⁴)

- Kontrol Terhadap Beban Lateral
Free headed pile : $H_u = Mu / (e + Z_f)$
Fixed-headed pile : $H_u = 2 Mu / (e + Z_f)$

- 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 :

$$Qu = \frac{. W . H}{S + 0,5 C} x \frac{W + n^2 Wp}{W + Wp}$$

Dimana :

- Qu = Daya dukung tiang (ton)
 = Efisiensi *hammer* yaitu :
 = 2.5 untuk *hydraulic hammer*
 = 1.0 untuk *diesel hammer* (Kobelco = 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)
 = $C_1 + C_2 + C_3$
 C₁ = 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
 C₂ = Kompresi sementara dari tiang, yang dapat dihitung dengan perumusan berikut

$$C_2 = \frac{Q_u \times L}{A_p \times E_{pile}}$$

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.

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 telah melakukan survey di Gorontalo sebelumnya. Data-data yang digunakan dalam perencanaan dermaga ini yaitu :

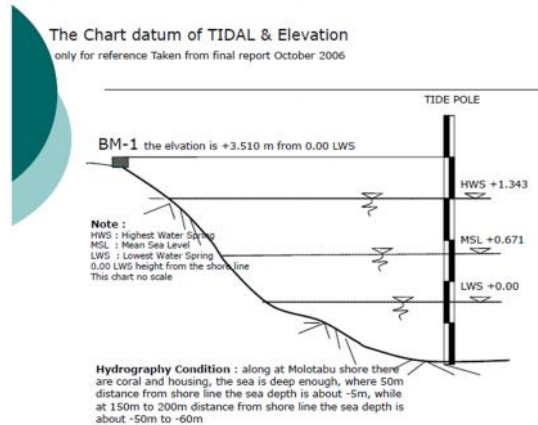
- Data Pasang Surut
- Data Arus
- Data Bathymetri
- Data Angin
- Data Tanah
- Data Kapal
- Data Alat Berat

3.2 Data Pasang Surut

Pasang surut pada prinsipnya terjadi karena pengaruh posisi bumi terhadap bulan dan matahari, sedang pengaruh bintang dan planet lain relatif 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 saat 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 maka gaya

tarik bulan dan bumi saling mengurangi sehingga tinggi pasang surut kecil dibanding hari-hari lainnya. Keadaan ini disebut *neap tide*.

Data pasang surut dipergunakan untuk kebutuhan koreksi pada peta bathymetri 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. 1 Data Pasang Surut PLTU Molotabu, Provinsi Gorontalo
(Sumber : Laporan pengembangan PLTU Gorontalo)

Dari data diatas dapat ditentukan bahwa :

- Beda pasang surut sebesar 1,343 m diatas mLWS
- Elevasi *High Water Spring* (HWS) pada + 1,343 mLWS
- Elevasi Mean Sea Level (MSL) pada + 0,671 mLWS
- Elevasi Low Water Spring (LWS) pada \pm 0,00 mLWS

3.3 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 buku: Port designer's handbook: recommendations and guidelines oleh Carl A. Thoresen, halaman 65, pada kecepatan arus tegak lurus dermaga (*cross current*) lebih dari 1,5 m/detik akan menyulitkan kapal bertambat. Dalam hal ini orientasi Jetty tidak boleh tegak lurus arah arus dengan kecepatan > 1,5 m/detik. Dari hasil pengamatan arus disekitar lokasi diperoleh kecepatan arus maksimum yang tercatat 0,5 m/s.

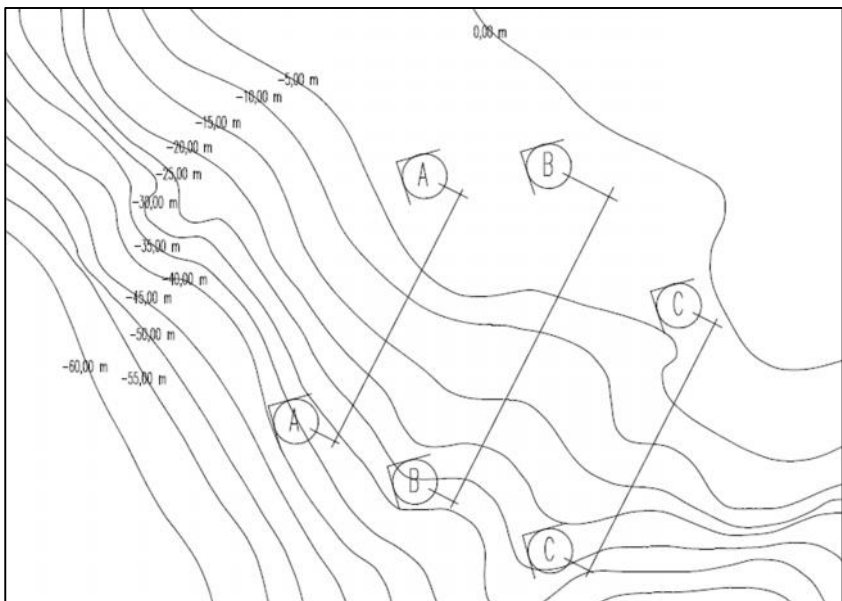
3.4 Data Bathymetri

Data bathymetri didapatkan dari survey lapangan yang telah dilakukan. Kegunaan dari peta bathymetri ini adalah:

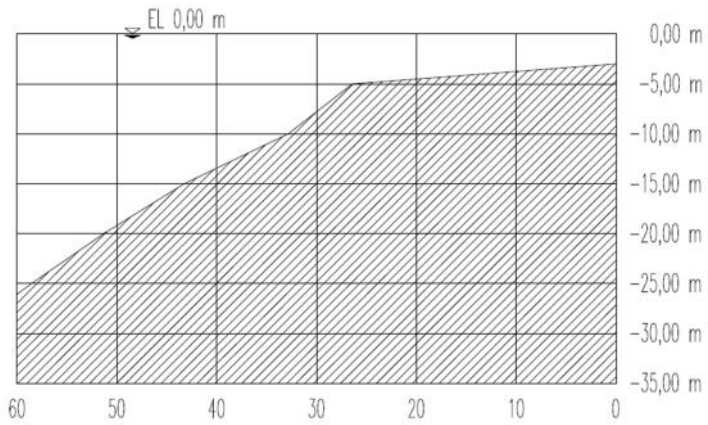
- Mengetahui kedalaman perairan dan bentuk kontur dasar laut sehingga dapat digunakan untuk merencanakan kedalaman perairan yang aman bagi kapal.
- Mengetahui volume pengerukan yang diperlukan pada saat pembuatan kolam pelabuhan.

Dari data yang didapat terlihat bahwa kondisi kedalaman di sekitar wilayah perairan Selatan Bone Balongo, Provinsi Gorontalo untuk bagian kolam dermaga memiliki kedalaman kontur sebesar – 10 mLWS yang berjarak 30 m dari tepi pantai (Potongan A – A'), - 10 mLWS yang berjarak 30 m dari tepi pantai (Potongan B – B') dan – 10 mLWS yang berjarak 40 m

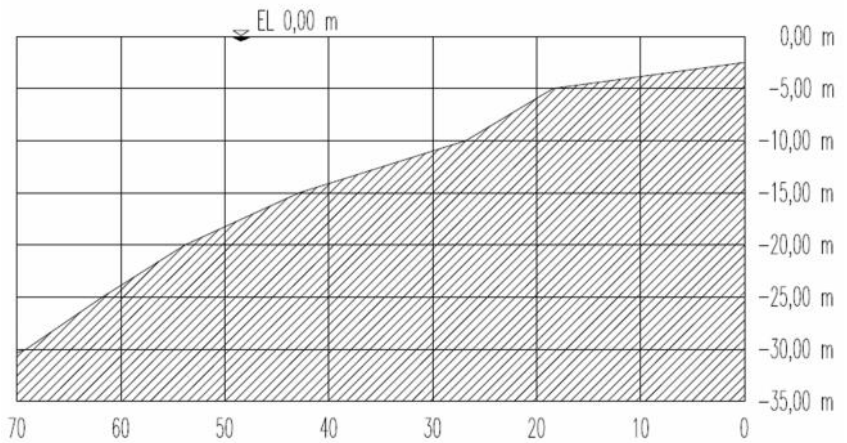
dari tepi pantai (Potongan C – C'). Peta bathymetri secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 3.1 serta potongan melintang pantai dapat dilihat pada Gambar 3.2. Berdasarkan potongan bathymetri pada Gambar 3.2, menunjukkan bahwa kedalaman pada peta bathymetri ini sangat curam dan juga dapat dilihat pula bahwa kedalaman untuk rencana kolam dermaga kurang dari 1.2 Draft kapal atau sama dengan $1.2 \times 4,88 = 5,856$ mLWS yang dibulatkan menjadi -6 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.



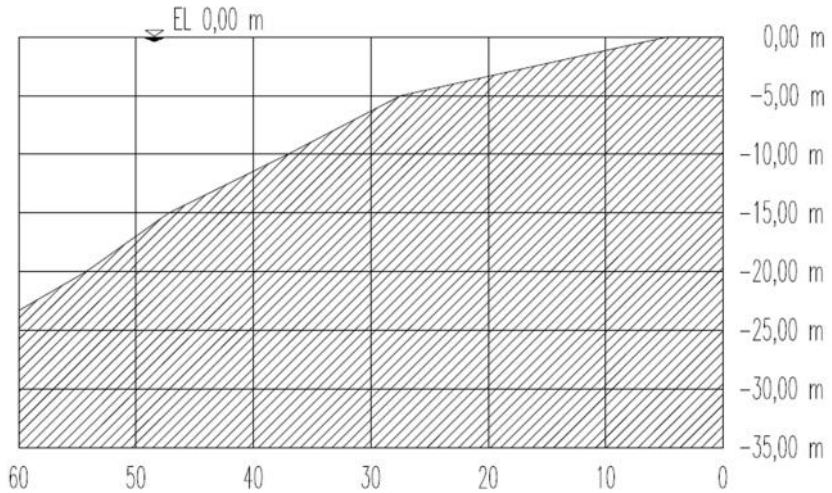
Gambar 3. 2 Peta Bathymetri PLTU Molotabu, Provinsi Gorontalo
(Sumber : Laporan pengembangan PLTU Gorontalo)



Gambar 3. 3 Potongan A-A Bathymetri PLTU Molotabu



Gambar 3. 4 Potongan B-B Bathymetri PLTU Molotabu



Gambar 3. 5 Potongan C-C Bathymetri PLTU Molotabu

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 BMKG untuk data angin dari Januari 2007 – Desember 2016 dengan koordinat $123^{\circ}8'4,66''$ E dan $0^{\circ}25'58,64''$ N. Data angin tersebut diolah menjadi tabel frekuensi kejadian angin dan akan diperoleh data angin dalam bentuk windrose seperti gambar 3.6

Tabel 3. 1 Frekuensi kejadian angin di Gorontalo (2007-2016)

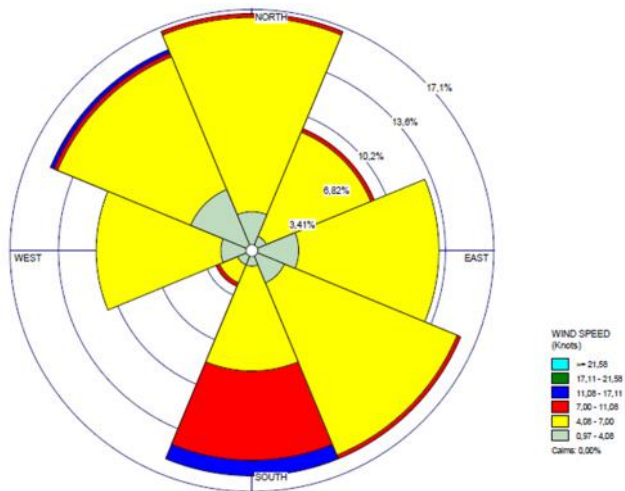
Kecepatan (Knot)	Arah Angin								Jumlah
	U	TL	T	TG	S	BD	B	BL	
0 - 5	504	261	387	441	198	81	351	477	2700
6 - 10	45	45	45	81	315	9	9	18	567
11 - 15	0	0	0	0	27	0	0	9	36
< 15	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Jumlah	549	306	432	522	540	90	360	504	3303

(Sumber : BMKG Gorontalo 2017)

Tabel 3. 2 Frekuensi kejadian angin dalam persen

Kecepatan (Knot)	ARAH ANGIN								JML
	U	TL	T	TG	S	BD	B	BL	
0 - 5	15,26	7,90	11,72	13,35	5,99	2,45	10,63	14,44	81,74
6 - 10	1,36	1,36	1,36	2,45	9,54	0,27	0,27	0,54	17,17
11 - 15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,82	0,00	0,00	0,27	1,09
< 15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Jumlah	16,62	9,26	13,08	15,80	16,35	2,72	10,90	15,26	100,00

(Sumber : BMKG Gorontalo 2017)



Gambar 3. 6 Diagram windrose (Januari 2007 – Desember 2016)
(Sumber : BMKG Gorontalo)

Dari diagram windrose diatas diketahui bahwa angin dominan terjadi dari arah Utara dengan presentase 16,62 %. Kecepatan angin tertinggi yang terjadi adalah 0 – 5 Knots

3.6 Data Tanah

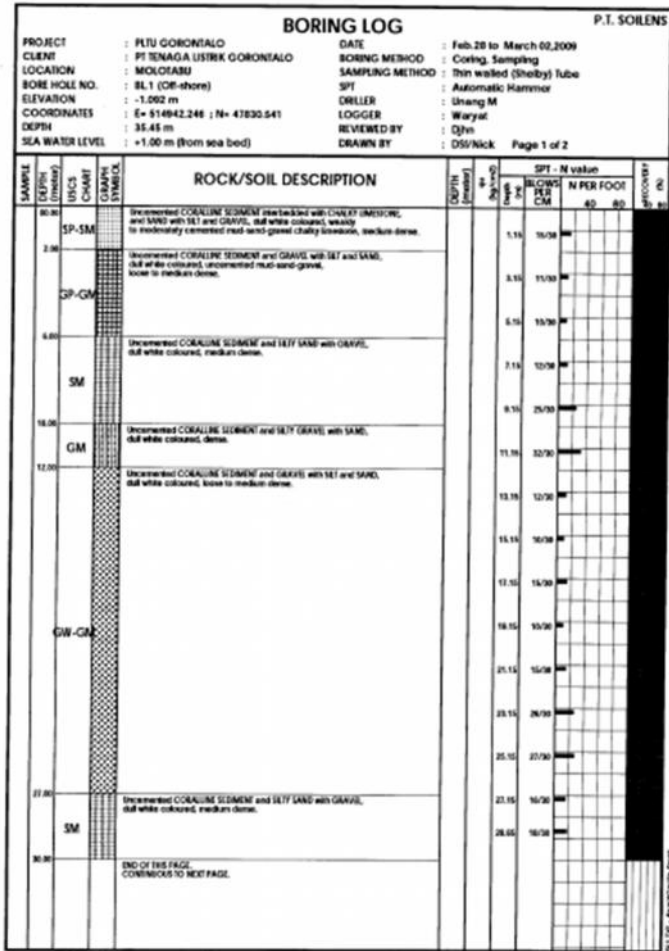
Data penyelidikan tanah sangat diperlukan khususnya untuk perencanaan struktur, baik untuk struktur bangunan bawah (tiang pancang), jalan atau areal terbuka lain. Untuk perencanaan struktur tiang pancang, analisa data tanah dilakukan untuk mendapatkan daya dukung ijin terhadap kedalaman tiang pancang.

Data Bor & Standard Penetration Test (SPT) sebanyak 2 titik, yaitu BL-1 dan BL-2 yang berada di lokasi offshore yang digunakan untuk input perhitungan daya dukung pondasi tiang seperti yang terlihat pada Gambar 3. 10.

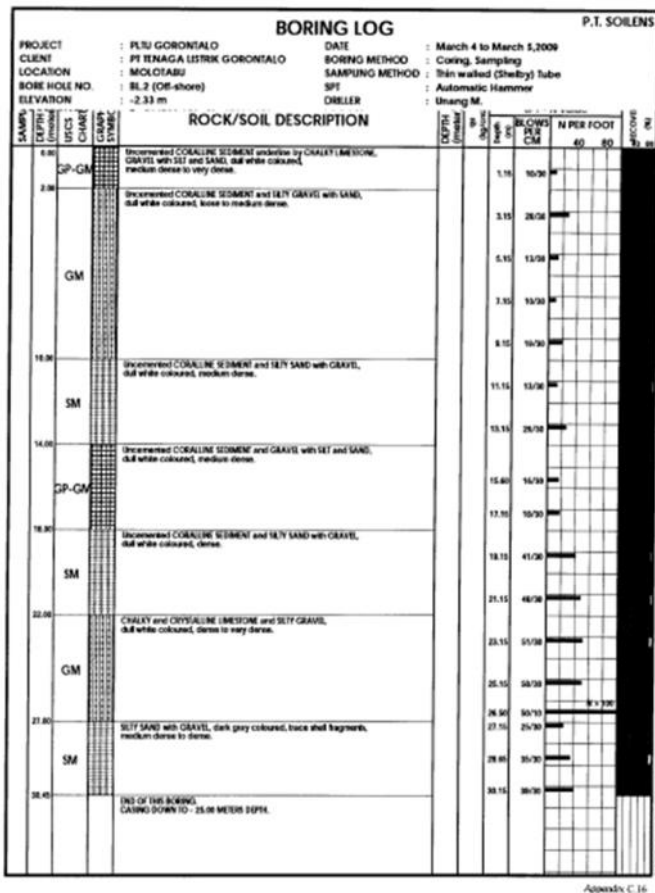


Gambar 3. 7 Lokasi titik penyelidikan tanah
(Sumber : Laporan pengembangan PLTU Gorontalo)

Berdasarkan hasil uji bor dan SPT pada 2 titik lokasi tersebut maka dapat diperoleh lapisan tanah dibawahnya seperti terlihat pada Gambar 3. 11 dan Gambar 3. 12.

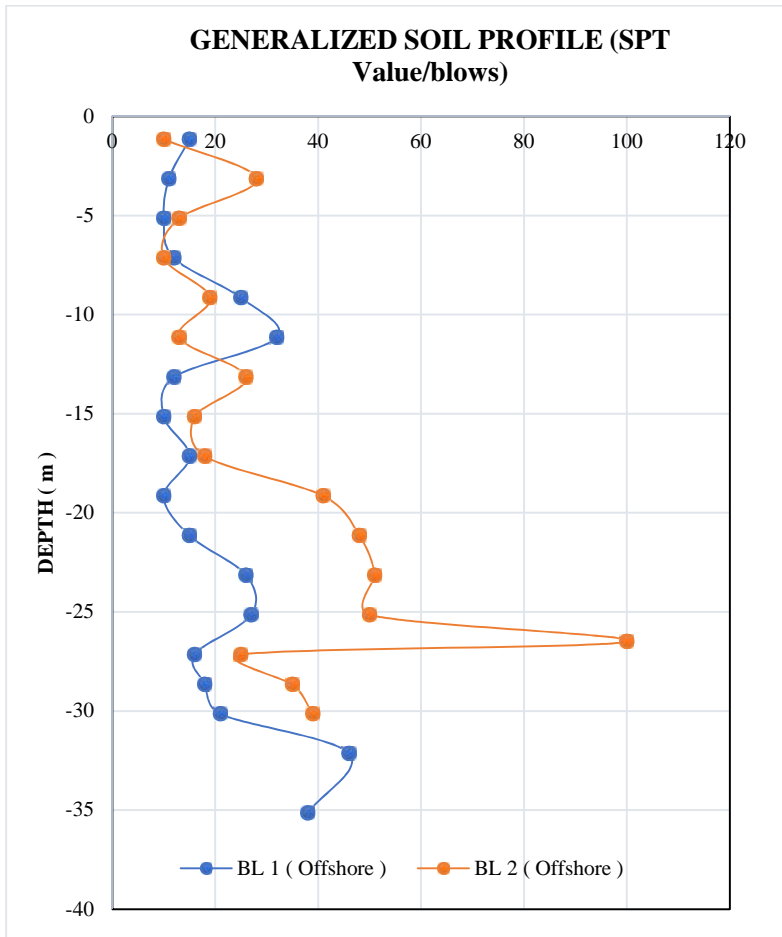


Gambar 3. 8 Data tanah BL1 (Offshore)
 (Sumber : Laporan pengembangan PLTU Gorontalo)



Gambar 3. 9 Data tanah BL 2 (Offshore)
(Sumber : Laporan pengembangan PLTU Gorontalo)

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 3.10 dan gambar 3.11



Gambar 3. 10 Rekapitulasi hasil pengeboran
(Sumber : Hasil perhitungan)

Perhitungan daya dukung tiang pancang menggunakan metode Luciano Decourt (1982), dalam Wahyudi, P. D. (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 = BL - 2 (Offshore)
- Kedalaman = - 9,15 m (*dari seabed*)

1. Daya dukung di ujung tiang (Q_p)

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

Dimana :

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

$$N = 19 \quad \text{Pukulan}$$

$$N' = 15 + 0,5 (N - 15) \quad (\text{terendam air})$$

$$= 15 + 0,5 (19 - 15)$$

$$= 17 \quad \text{blows}$$

$$\bar{N}_p' = \text{Harga rata - rata SPT koreksi disekitar } 4D \text{ keatas dan } 4D \text{ kebawah dasar tiang}$$

$$= (10 + 17 + 13) / 3$$

$$= 13,33 \quad \text{blows}$$

$$K = 35 \quad \text{t/m}^2 \quad (\text{pasir berlanau})$$

$$A_p = 0,25 \times \pi \times D^2$$

$$= 0,25 \times \pi \times 3,14 \times 0,6606$$

$$= 0,5186 \quad \text{m}^2$$

$$Q_p = 1 \times 13,33 \times 35 \times 0,5186$$

$$= 242,02 \quad \text{ton}$$

2. Daya dukung akibat gesekan tanah dengan tiang (Q_s)

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

Dimana :

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

$$\begin{aligned} N_s &= \text{Harga rata - rata SPT sepanjang tiang tertanam} \\ &\quad \text{yang telah dikoreksi dengan batasan } 3 \leq N \leq 50 \\ &= (10 + 21,5 + 13 + 10 + 17)/5 \\ &= 14,3 \quad \text{blows} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s &= \pi \times D \times h \\ &= 3,14 \times 0,8128 \times 9,15 \\ &= 23,353 \quad \text{m}^2 \end{aligned}$$

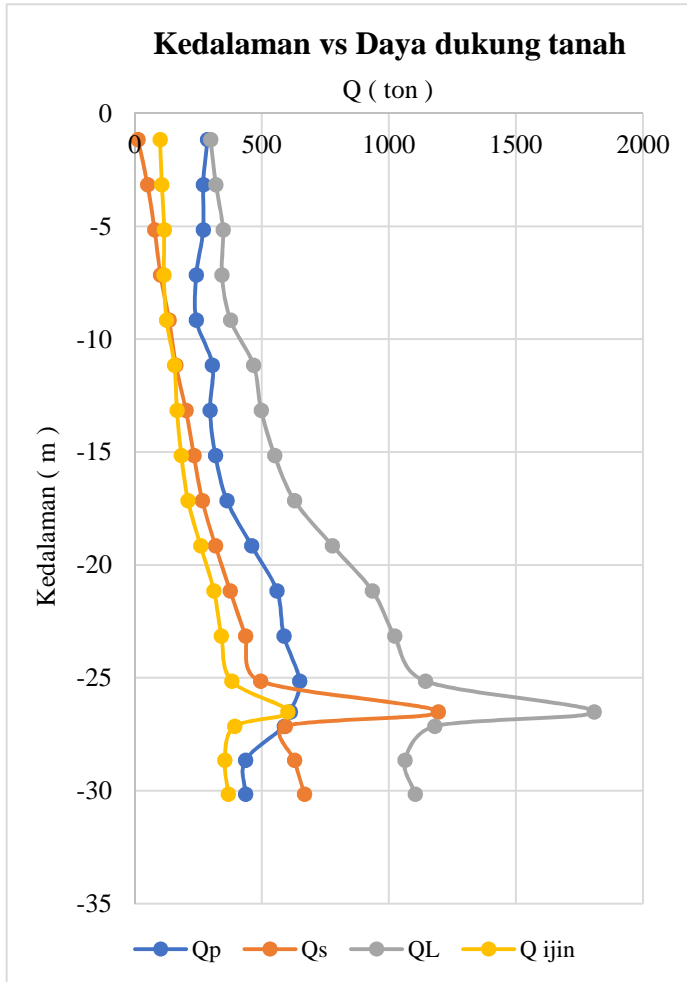
$$\begin{aligned} Q_s &= 1 \times \left(\frac{14,3}{3} + 1 \right) \times 23,353 \\ &= 134,67 \quad \text{ton} \end{aligned}$$

3. Daya dukung ultimate dan izin (Q_u dan Q_{ijin})

$$\begin{aligned} Q_u &= Q_p + Q_s \\ &= 242,02 + 134,67 \\ &= 376,68 \quad \text{ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{ijin}} &= \frac{Q_u}{SF} \\ &= \frac{376,68}{3} \\ &= 125,56 \quad \text{ton} \end{aligned}$$

Untuk Data tanah pada BL-02, setiap kedalaman dihitung Q_u - nya kemudian diplot dalam grafik yang hasilnya terlihat pada gambar 3.11



Gambar 3. 11 Grafik kedalaman - daya dukung tanah titik BH – 2
(Sumber : Hasil perhitungan)

3.7 Data Kapal

Kapal yang mampu bertambat pada dermaga batubara milik Perusahaan Listrik Tenaga Uap di Molotabu Gorontalo ini adalah kapal barge atau tongkang pengangkut batubara dengan type Deep – Sea Single Deck Dry Cargo Vessel yang berkapasitas 10.000 DWT. Adapun spesifikasi kapal tersebut dapat dilihat sebagai berikut :

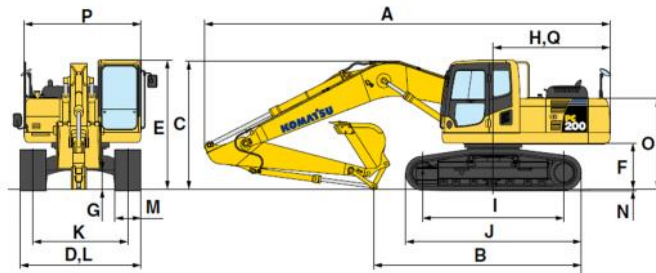
Type of vessel	: Deep Sea Single Deck Dry Cargo
GRT/NRT	: 8484/4003
DWT	: 10000 MT
Length	: 96,56 m
Breadth	: 27,43 m
Depth	: 6,1 m
Draft	: 4,88 m
Cargo hold capacity	: 12000 m ³
Hatch opening	: 38,3 m x 15,5 m x 2 m



Gambar 3. 12 Kapal Tongkang 10.000 DWT
(Sumber : Laporan pengembangan PLTU Gorontalo)

3.8 Data Alat Berat

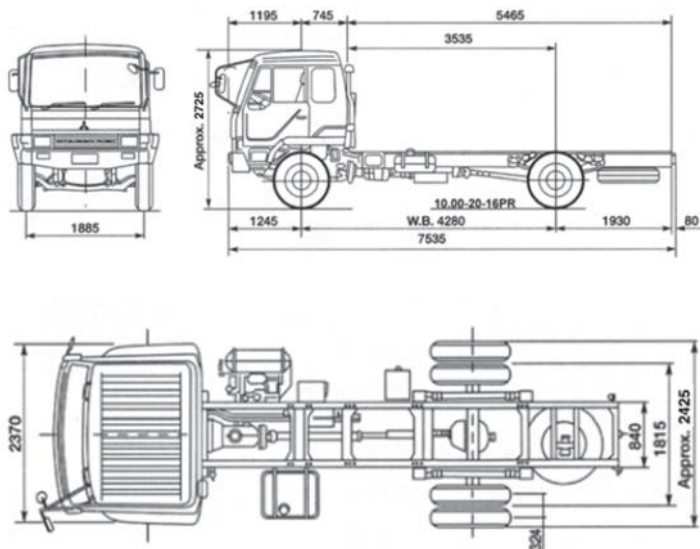
Sebelum merencanakan detail alat berat yang digunakan, harus diketahui pola operasional yang direncanakan. Dermaga batubara ini direncanakan hanya bisa melakukan loading dari kapal ke darat dengan menggunakan excavator yang langsung masuk ke kapal tongkang. Berikut merupakan spesifikasi dari excavator



Gambar 3. 13 Tampak samping dan depan excavator
(Sumber : Brosur Excavator Komatsu PC 200-8)

Arm Length	1840 mm 6'0"	2410 mm 7'11"	2925 mm 9'7"
A Overall length	9480 mm 31'1"	9495 mm 31'2"	9425 mm 30'11"
B Length on ground (transport): PC200-8 PC200LC-8	6270 mm 20'7" 6455 mm 21'2"	5700 mm 18'8" 5885 mm 19'4"	4815 mm 15'10" 5000 mm 16'5"
C Overall height (to top of boom)	2985 mm 9'10"	3190 mm 10'6"	2970 mm 9'9"

	PC200-8	PC200LC-8
D Overall width	2800 mm 9'2"	3080 mm 10'1"
E Overall height (to top of cab)	3040 mm 10'0"	3040 mm 10'0"
F Ground clearance, counterweight	1085 mm 3'7"	1085 mm 3'7"
G Ground clearance (minimum)	440 mm 1'5"	440 mm 1'5"
H Tail swing radius	2750 mm 9'0"	2750 mm 9'0"
I Track length on ground	3275 mm 10'9"	3655 mm 12'0"
J Track length	4070 mm 13'4"	4450 mm 14'7"
K Track gauge	2200 mm 7'3"	2380 mm 7'10"
L Width of crawler	2800 mm 9'2"	3080 mm 10'1"
M Shoe width	600 mm 24"	700 mm 28"
N Grouser height	26 mm 1.0"	26 mm 1.0"
O Machine cab height	2095 mm 6'10"	2095 mm 6'10"
P Machine cab width	2710 mm 8'11"	2710 mm 8'11"
Q Distance, swing center to rear end	2710 mm 8'11"	2710 mm 8'11"



Gambar 3. 14 Truck FUSO FM 517 HS
(Sumber : Brosur Truck FUSO)

DIMENSI		
	Satuan	
Jarak Sumbu Roda	mm	4,280
Panjang Keseluruhan	mm	7,535
Lebar Keseluruhan	mm	2,425
Tinggi Keseluruhan	mm	2,725
Jarak roda depan kiri-kanan	mm	1,885
Jarak roda belakang kiri-kanan	mm	1,815
BERAT		
Berat chassis termasuk kabin	kg	4,725
Depan	kg	2,470
Belakang	kg	1,805
Max G,V,W	kg	14,030
Depan	kg	4,830
Belakang	kg	9,200
KEMAMPUAN		
Kecepatan Maksimum	km/jam	96
Daya tanjak dengan Max G,V,W	%	44
Radius putar minimum	m	7.9

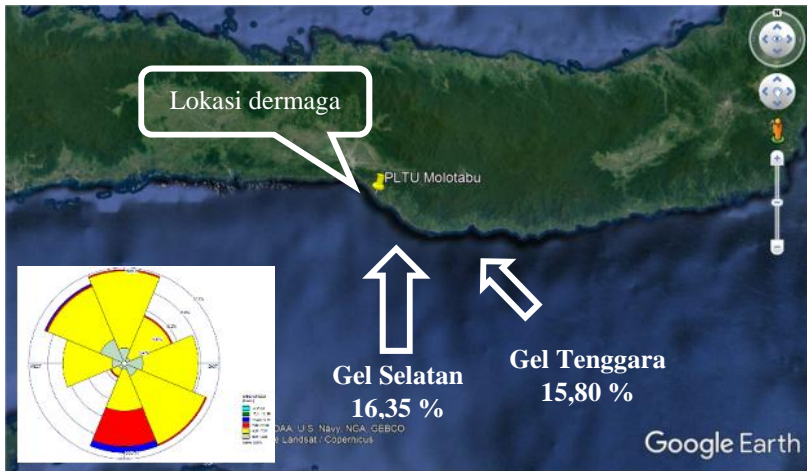
BAB IV EVALUASI LAYOUT

4.1 Umum

Perencanaan layout suatu dermaga atau pelabuhan perlu direncanakan dengan seksama. Dimulai dari kondisi eksisting dari data yang ada, perencanaan tata letak dermaga harus efektif dan efisien dengan mempertimbangkan arah gelombang dan arus yang terjadi. Evaluasi layout perairan dilakukan supaya kapal yang akan datang ke dermaga bisa bertambat sesuai dengan kebutuhan perairan kapal tersebut. Evaluasi layout daratan direncanakan berdasarkan pola operasional atau bongkar kapal tongkang batu bara untuk mendapatkan desain yang efektif dan efisien.

4.2 Kondisi Eksisting

Dermaga curah batubara ini berada di pantai selatan kabupaten bone balongo yang memiliki kontur perairan yang bervariasi. Pada lokasi yang ditentukan dalam perencanaan, dermaga ini berada di perairan yang cukup curam yaitu pada kedalaman -6 m berada sejauh 40 m dari bibir pantai. Sedangkan kebutuhan kedalaman perairan untuk kapal tongkang 10.000 DWT minimal -5,856 m. Oleh sebab itu dibutuhkan trestle yang tidak begitu panjang menuju dermaga serta causeway sebagai pengganti trestle karena pada proses pemancangan tiang akan sulit jika dilakukan pada kedalaman yang relatif rendah.

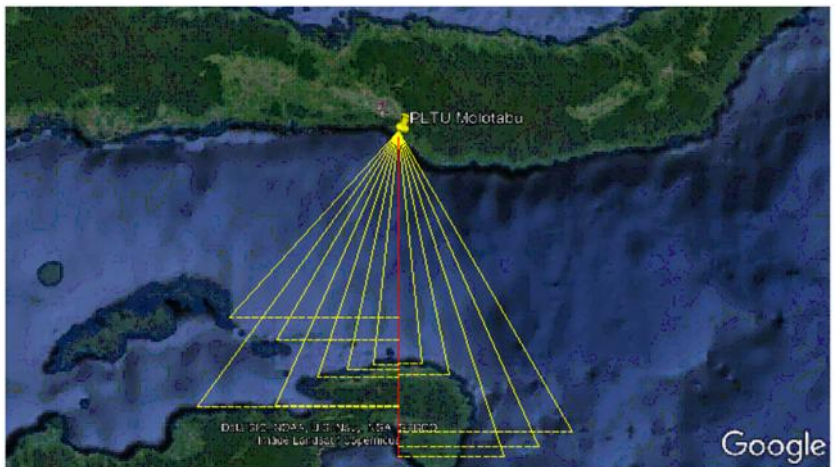


Gambar 4. 1 Lokasi rencana dermaga

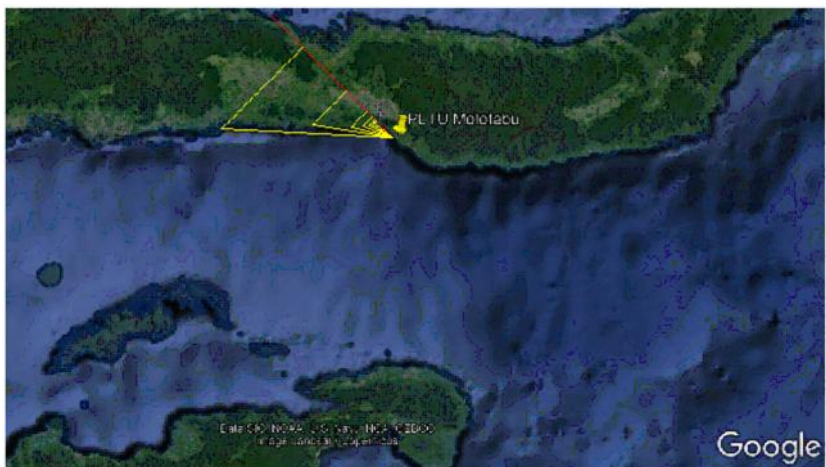
Adapun arah angin dominan berturut – turut berasal dari selatan dan tenggara sehingga menyebabkan gelombang tertinggi dari arah selatan, disusul dari arah tenggara. Dalam perencanaan sedapat mungkin referensi arah dermaga mengacu pada arah gelombang tertinggi agar kapal tidak mendapat gangguan dari gelombang secara tegak lurus saat proses bertambat.

Gelombang merupakan salah satu faktor penting dalam perencanaan pelabuhan. Untuk perairan tidak terlindung biasanya memiliki karakteristik gelombang yang besar. Perhitungan tinggi gelombang diperoleh dari analisis data angin yang diperoleh dari BMKG dan panjang fetch efektif kemudian di refraksi sesuai kedalaman dermaga yang dibutuhkan.

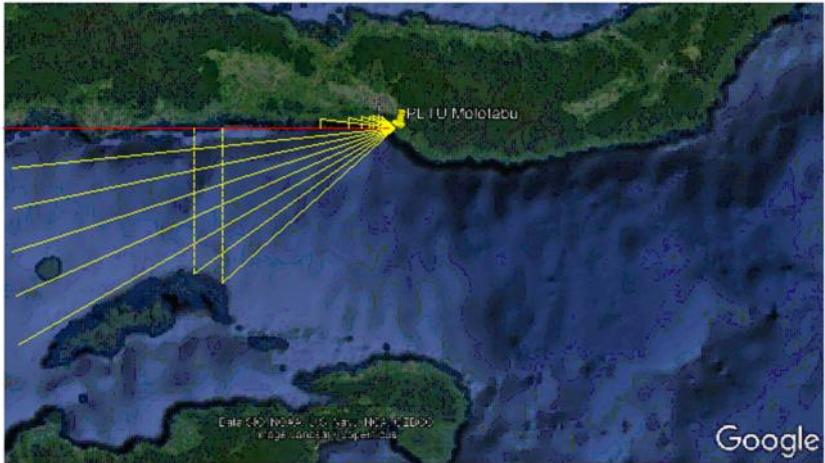
Fetch yang diambil adalah fetch dengan arah dominan dari diagram windrose yaitu arah selatan, arah barat laut dan arah barat. Lokasi dan panjang fetch dapat dilihat pada gambar 4.2, gambar 4.3 dan gambar 4.4.



Gambar 4. 2 Fetch arah selatan
(Sumber : Google Earth)



Gambar 4. 3 Fetch arah barat laut
(Sumber : Google Earth)



Gambar 4. 4 Fetch arah barat
(Sumber : Google Earth)

Tabel 4. 1 Rekapitulasi perhitungan fetch efektif

SUDUT ,		Cos	Xi			Xi . Cos		
			S	BL	B	S	BL	B
KIRI	42	0,743	90518	0	5974	67268	0	4439,55
	36	0,809	133793	0	8163	108241	0	6604,01
	30	0,866	101448	0	10522	87857	0	9112,32
	24	0,914	133198	0	12628	121682	0	11536,3
	18	0,951	119480	0	15960	113632	0	15178,9
	12	0,978	116023	0	22202	113488	0	21716,8
	6	0,995	113108	0	36051	112488	0	35853,5
	0	1,000	111030	9542	88390	111030	9542	88390
KANAN	6	0,995	112716	11196	200000	112099	11135	198904
	12	0,978	118218	11682	200000	115635	11427	195630
	18	0,951	200000	12437	200000	190211	11828	190211
	24	0,914	200000	14439	200000	182709	13191	182709
	30	0,866	200000	18126	200000	173205	15698	173205
	36	0,809	3243	32182	97898	2624	26036	79201,1
	42	0,743	2170	62313	84304	1613	46308	62650,1
TOTAL		13,511	1754945	171917	1382092	1613781	145163	1275342
Fecth Efektif (m)						119443	10744	94393,4

Dari perhitungan panjang fetch diatas didapatkan bawah fetch efektif terbesar adalah 119,443 km yakni arah selatan. Dari data fetch tersebut didapatkan tinggi gelombang perbulan untuk data 2007 – 2016 adalah seperti ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel 4. 2 Rekapitulasi tinggi gelombang 2007 - 2011

Bulan	Tinggi gelombang (H)									
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Januari	1,094	0,762	0,667	1,256	0,667	0,667	0,667	0,845	0,762	0,845
Februari	0,667	0,577	0,762	1,256	0,667	0,667	0,762	1,044	0,667	0,762
Maret	0,845	0,577	0,577	1,308	0,667	0,762	0,968	0,845	0,577	0,762
April	0,667	0,577	0,667	1,094	0,667	0,762	0,577	0,762	0,667	0,667
Mei	0,762	0,845	0,577	1,044	0,968	0,762	0,762	0,968	0,845	0,762
Juni	0,762	1,044	1,094	1,044	0,968	0,968	0,667	0,762	0,968	0,577
Juli	1,256	0,968	1,044	1,308	1,044	1,044	1,094	1,094	1,094	0,968
Agustus	0,968	1,094	1,308	1,308	1,094	0,968	1,044	1,044	0,968	0,845
September	1,094	0,845	0,968	1,044	0,845	0,845	0,845	1,48	1,256	0,762
Oktober	0,845	0,762	0,845	1,48	0,845	0,845	0,845	0,968	0,845	0,577
November	0,667	0,667	0,762	1,044	0,667	0,667	0,577	0,577	0,667	1,48
Desember	0,667	0,577	0,845	1,48	0,577	0,762	0,667	0,577	0,762	0,968

Berdasarkan analisa gelombang diatas diperoleh tinggi gelombang yang bervariasi sehingga dermaga tidak bisa beroperasi penuh selama satu tahun. Dermaga ini harus mempertimbangkan tinggi gelombang yang terjadi untuk bisa melakukan bongkar (unloading) batubara dengan batas maksimal 0,8 m untuk kapal tongkang 10.000 DWT.

4.2 Evaluasi Layout Perairan

Suatu dermaga harus memiliki dimensi yang cukup dalam melayani kapal yang akan bersandar. Dalam tugas akhir ini misalnya, pada dermaga batubara untuk kapal tongkang 10.000 DWT di PLTU Molotabu, Provinsi Gorontalo harus direncanakan elevasi dermaganya terutama pada bagian jetty yang harus sesuai dengan tinggi kapal rencana yaitu kapal 10.000 DWT.

4.2.1 Alur Masuk (Entrance Channel)

a) Kedalaman Nominal Alur Masuk (Entrance Channel)

Tabel 4. 3 Kebutuhan Kedalaman (PIANC,2014)

Description	Vessel Speed	Wave Conditions	Channel Bottom	Inner Channel	Outer Channel
<i>Ship Related Factors F_s</i>					
Depth h	≤ 10 kts	None		1.10 T	
	10 - 15 kts			1.12 T	
	> 15 kts			1.15 T	
	All	Low swell ($H_s < 1$ m)			1.15 T to 1.2 T
		Moderate swell (1 m $< H_s < 2$ m)			1.2 T to 1.3 T
		Heavy swell ($H_s > 2$ m)			1.3 T to 1.4 T
	<i>Add for Channel Bottom Type</i>				
All	All	Mud	None	None	
		Sand/clay	0.4 m	0.5 m	
		Rock/coral	0.6 m	1.0 m	
<i>Air Draught Clearance (ADC)</i>					
ADC	All	All		0.05 H_{st}	0.05 H_{st} + 0.4 T

Sesuai data kapal rencana, dermaga batubara PLTU Molotabu, Gorontalo direncanakan melayani kapal pengangkut batubara atau kapal tongkang dengan kapasitas 10.000 DWT yang memiliki draft sebesar 4,88 meter. Kedalaman minimum perairan untuk perairan tenang dapat diambil sebesar 1,2 draft kapal rencana. Sehingga kedalaman minimum yang diperlukan adalah :

$$D = 1,2 \text{ Draft Maksimum Kapal}$$

$$D = 1,2 \times 4,88 \text{ m}$$

$$D = 5,856 \text{ m} \sim 6,00 \text{ m}$$

Jadi kedalaman perairan pada alur masuk yang dibutuhkan kapal tongkang 10.000 DWT agar dapat melintas di perairan ini adalah -6,00 mLWS.

b) Panjang Alur Masuk (Entrance Channel)

Panjang alur masuk direncanakan berdasar kemampuan kapal untuk menurunkan kecepatan dari kecepatan jelajah di laut atau kecepatan awal menjadi berhenti atau kecepatan nol dengan mesin tetap menyala. Panjang jarak berhenti ini dikenal dengan stopping distance (S_d) dan menjadi faktor utama penentuan panjang alur. Besarnya S_d ditentukan berdasar hasil penelitian di laboratorium pemodelan atau kolam pemodelan. Hasil penelitian menunjukkan adanya variasi jarak henti antara berbagai ukuran kapal dan kecepatan awal, lihat Tabel 2.4 Bab II.

Untuk kapal tanker tongkang 10.000 DWT yang akan bertambat ke dermaga dengan kecepatan angin dominan disekitar dermaga adalah 4 – 7 Knots maka panjang alur yang ditetapkan :

$$L = 1 \times LOA$$

$$L = 1 \times 96,56 \text{ m}$$

$$L = 96,56 \text{ m} \sim 100,00 \text{ m}$$

Jadi panjang alur yang dibutuhkan sepanjang 100,00 m. Panjang alur harus disesuaikan dengan kedalaman nominal yang dibutuhkan kapal ketika memasuki alur masuk.

c) Lebar Alur Masuk (Entrance Channel)

Berdasarkan *Technical Standards for Port and Harbour Facilities in Japan, 2002* (OCDI) lebar alur minimum dan maksimum yang disarankan untuk *One-way channel* berturut-turut adalah 0,5 LOA dan 1,0 LOA. Jadi lebar minimum yang diperlukan adalah :

$$W = 0,5 \times LOA$$

$$= 0,5 \times 96,56 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 &= 47,78 \text{ m} \\
 W &= 1,0 \times \text{LOA} \\
 &= 1,0 \times 96,56 \text{ m} \\
 &= 96,56 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Jadi lebar alur masuk yang diambil yang paling maksimum yaitu 97,00 m. Lebar alur masuk juga harus disesuaikan dengan kedalaman nominal yang dibutuhkan kapal ketika memasuki alur masuk.

4.2.2 Kolam Putar (Turning Basin)

Kolam putar (turning basin), berada di ujung alur masuk atau dapat diletakkan di sepanjang alur bila alurnya panjang ($> S_d$) atau di depan kolam Dermaga. Kapal diharapkan bermanuver pada kecepatan rendah (mendekati nol) atau dipandu. Areal yang disediakan dibatasi dengan bentuk lingkaran berdiameter (D_b). Kedalaman perairan dapat disamakan dengan alur masuk yaitu - 20.00 mLWS. Kolam Putar berdiameter 2 x LOA dengan bantuan tugboat. Maka diameter kolam putar yang ditetapkan :

$$D_b = 2 \times \text{LOA}$$

$$D_b = 2 \times 96,56 \text{ m}$$

$$D_b = 193,12 \text{ m} \sim 200 \text{ m}$$

Jadi area kolam putar (turning basin) memiliki kedalaman -6.00 mLws dengan diameter sebesar 200 meter.

4.2.3 Kolam Dermaga (Basin)

Kolam Dermaga (basin), berada di depan Dermaga dan luasan ini perlu ditentukan bila kedalaman perairan perlu dikeruk atau bila tidak diinginkan adanya pengerukan, dapat ditentukan lokasi kolam Dermaga yang tepat untuk menghindari adanya pekerjaan pengerukan.

a) Kedalaman Nominal Kolam Dermaga (Basin)

Sesuai data kapal rencana, dermaga batubara PLTU Molotabu, Gorontalo direncanakan melayani kapal pengangkut batubara atau kapal tongkang dengan kapasitas 10.000 DWT yang memiliki draft sebesar 4,88 meter. Kedalaman minimum kolam dermaga untuk perairan tenang dapat diambil sebesar 1.15 draft kapal rencana. Sehingga kedalaman minimum yang diperlukan adalah:

$$D = 1,15 \times 4,88 \text{ m}$$

$$D = 5,612 \text{ m} \sim 6,00 \text{ m}$$

Jadi kedalaman perairan pada kolam dermaga yang dibutuhkan kapal tongkang 10.000 DWT agar dapat bertambat adalah -6,00 mLWS.

b) Luasan Kolam Dermaga (Basin)

Panjang kolam dermaga tergantung panjang kapal yang akan bertambat pada dermaga ini. Untuk kapal yang dibantu kapal pandu panjang kolam dermaga direncanakan 1.25 LOA. Maka panjang kolam dermaga yang ditetapkan:

$$P = 1.25 \times \text{LOA}$$

$$P = 1.25 \times 95,56 \text{ m}$$

$$P = 119,45 \text{ m} \sim 120 \text{ m}$$

Lebar kolam dermaga tergantung lebar kapal yang akan bertambat pada dermaga ini. Untuk dermaga bebas (tidak berhadapan/ hanya ada 1 dermaga) lebar dermaga sebesar 1.25 B. Maka lebar kolam dermaga yang ditetapkan:

$$L = 1.25 \times B$$

$$L = 1.25 \times 27,43$$

$$L = 34,288 \text{ m} \sim 35 \text{ m}$$

Jadi luasan kolam dermaga yang dibutuhkan sebesar

$$A = P \times L$$

$$A = 120 \text{ m} \times 35 \text{ m}$$

$$A = 4200 \text{ m}^2$$

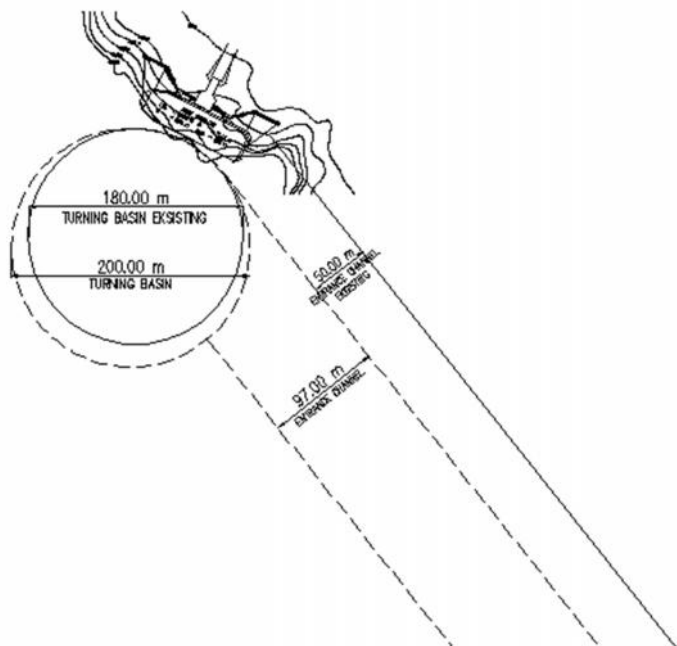
4.2.4 Hasil Evaluasi Layout Perairan

Data rekapitulasi layout dan gambar layout perencanaan bisa dilihat pada tabel 4.5 dan gambar 4.2

Tabel 4. 4 Rekapitulasi layout perairan

Kebutuhan Fasilitas Perairan	Uraian	Dimensi (m)	Ket
Alur Masuk (Entrance Channel)	Kedalaman Panjang Lebar	d = - 6,00 m LWS P = 100 m L = 97 m	Diperlebar dari lebar eksisting 50 m
Kolam Putar (Turning Basin)	Kedalaman Diameter	d = - 6,00 m LWS Db = 200 m	Diperbesar dari diameter eksisting 180 m
Kolam Dermaga (Basin)	Kedalaman Panjang Lebar	d = - 6,00 m LWS P = 120 m L = 35 m	-

Berdasarkan hasil evaluasi fasilitas perairan diatas, didapatkan layout fasilitas perairan seperti Gambar 4.5 berikut :



Gambar 4. 5 Layout Perairan

4.3 Evaluasi Layout Daratan

Evaluasi layout daratan didasari oleh kapal yang akan bertambat dan pola operasional atau bongkar batubara dari kapal ke lapangan penumpukan. Adapun evaluasi panjang, lebar, dan elevasi dermaga batubara akan dijelaskan sebagai berikut.

4.3.1 Layout daratan berdasarkan kapal

Evaluasi layout daratan berdasarkan kapal tongkang 10.000 DWT dengan data sebagai berikut :

$$\text{LOA} = 96,56 \text{ m}$$

$$\text{B} = 27,43 \text{ m}$$

$$\text{D} = 6,1 \text{ m}$$

$$\text{Draft} = 4,88 \text{ m}$$

- Elevasi dermaga

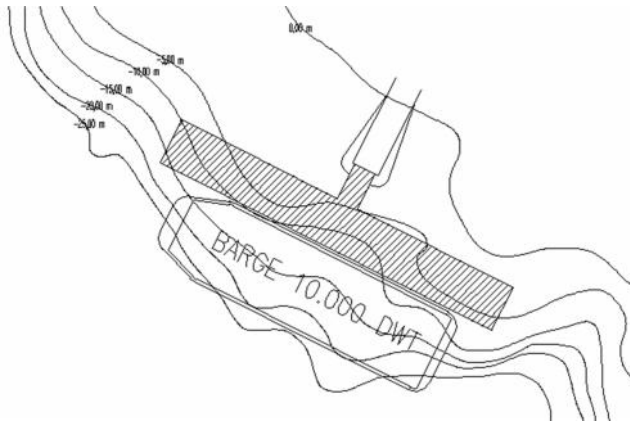
Elevasi dermaga dipengaruhi oleh besarnya beda pasang surut. Berdasarkan beda pasang surut, +1,34 mLWS, didapat elevasi dermaga minimum dengan rumus (Port Designer's Handbook, 2014)

$$\begin{aligned} \text{El} &= \text{Beda pasang surut} + (0,5 - 1,5) \\ &= +1,34 + 1,5 \\ &= +2,84 \text{ m LWS} \\ &= +3,00 \text{ m LWS} \end{aligned}$$

Penambahan 1,5 m dikarenakan dermaga terletak di perairan terbuka dan fluktuasi muka air sering terjadi akibat gelombang. Sehingga elevasi dermaga diambil **+3.00 mLWS**

- Panjang dermaga

$$\begin{aligned} L_p &= n \text{ LOA} + (n + 1) \times 10\% \times \text{LOA} \\ &= (1 \times 96,56) + (2 \times 0,1 \times 96,56) \\ &= 115,87 \text{ m} \sim 116 \text{ m} \end{aligned}$$

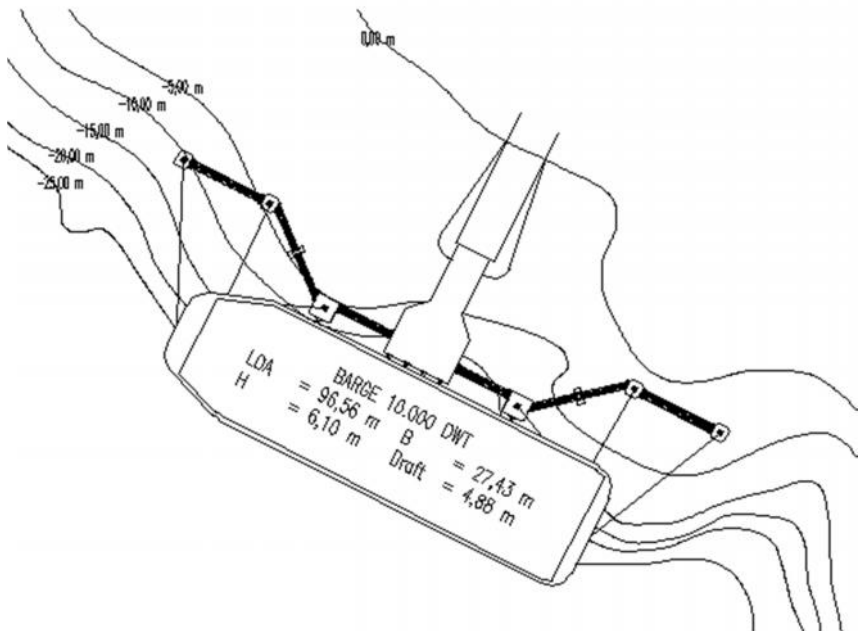


Gambar 4. 6 Jetty Alternatif 1

4.3.2 Layout daratan berdasarkan pola operasional

Evaluasi layout di desain berdasarkan pola operasional yang dilaksanakan di lapangan. Dermaga batubara ini hanya bisa melakukan loading dari kapal ke darat dengan menggunakan excavator yang langsung masuk ke kapal dan truck yang berfungsi sebagai alat bantu transportasi dari kapal menuju ke lapangan penumpukan batubara.

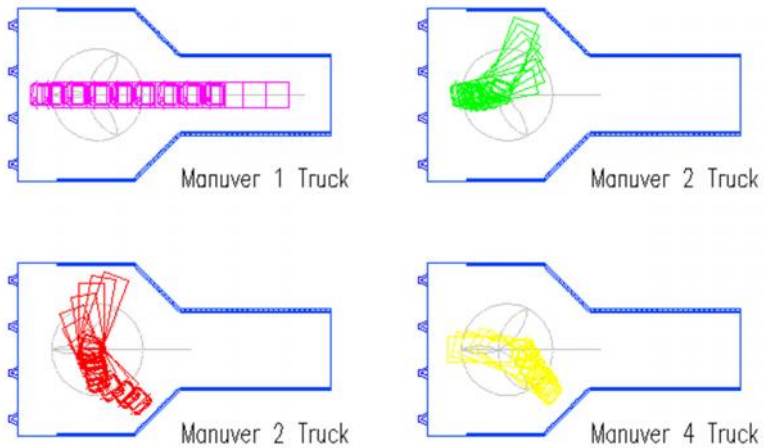
Agar lebih ekonomis namun tetap mampu menahan kapal saat tambat, maka diperlukan struktur breasting dolphin yang berfungsi menahan kapal dan struktur mooring dolphin untuk menahan gaya tarik kapal. Pada dermaga ini unloading platform difungsikan juga untuk bisa menahan gaya tumbukan kapal, maka jumlah breasting dolphin direncanakan 2 buah, sedangkan jumlah mooring dolphin direncanakan 4 buah mengikuti panjang kapal yang bertambat dengan posisi lebih masuk ke dalam dermaga dan untuk menghubungkan antar struktur tersebut dibutuhkan calwalk untuk memudahkan orang yang akan beraktivitas di dermaga.



Gambar 4. 7 Jetty alternatif 2

- **Jetty**

Dimensi Jetty disesuaikan dengan masterplan yang sudah ada dengan lebar trestle direncanakan 7 m untuk 1 jalur kendaraan. Sedangkan Jetty direncanakan dengan lebar 15 m untuk memudahkan truck bila bermanuver di atas dermaga. Perencanaan struktur trestle dijadikan satu dengan jetty, karena jetty difungsikan sebagai tumbukan kapal. Dan untuk memudahkan olah gerak truk pada saat masuk dan keluar dermaga, maka, ada lebar peralihan dari jetty menuju trestle sepanjang 4 m horizontal.



Gambar 4. 8 Ilustrasi truck saat manuver

- **Breasting Dolphin**

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

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak BD} &= (0,25 \text{ s/d } 0,4) \times \text{LOA} \\
 &= 0,25 \text{ s/d } 0,4 \times 96,56 \\
 &= 24,14 \text{ m s/d } 38,62 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Karena jetty difungsikan juga sebagai tumbukan kapal maka direncanakan point berthingnya 10 m untuk jarak terdekat dan 35 m untuk jarak terjauh, dengan demikian hampir separuh badan tongkang pada saat bertambat terlayani dengan fender.

- **Mooring Dolphin**

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 antar mooring dolphin **20 m** dan jarak vertikal kapal ke mooring dolphin sebesar **15 m**.

- **Catwalk**

Panjang catwalk berdasarkan hasil perencanaan breasting dolphin dan mooring dolphin didapatkan 3 panjang catwalk yang berbeda.

Catwalk 1 = **16,8 m**

Catwalk 2 = **10,0 m**

Catwalk 3 = **12,6 m**

4.3.3 Hasil Evaluasi Layout Daratan

Data rekapitulasi layout dan gambar layout perencanaan bisa dilihat pada tabel dan gambar

Tabel 4. 5 Rekapitulasi layout daratan

NO	KOMPONEN		DIMENSI	
1	Jetty	Panjang	27	m
		Lebar	15	m
		Elevasi	+ 3,00	m LWS
2	Breasting Dolphin	Jarak BD-BD	45	m
		Panjang	4,8	m
		Lebar	4,8	m
		Tebal	1,2	m
		Elevasi	+ 3,00	m LWS

3	Mooring Dolphin	Jarak MD-MD	20	m
		Jarak MD-BD	20	m
		Panjang	3,2	m
		Lebar	3,2	m
		Tebal	1,2	m
		Elevasi	+ 3,00	m LWS
4	Catwalk 1	Panjang	16,8	m
	Catwalk 2	Panjang	10,0	m
	Catwalk 3	Panjang	12,6	m

BAB V

KRITERIA DESAIN

5.1 Peraturan yang Digunakan

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

- Technical Standart 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.
- PCI Design Handbook Precast and Prestressed Concrete (6th Edition). Digunakan dalam kontrol perhitungan precast concrete.
- Shore Protection Manual, Coastal Engineering Research Center Washington.
- Carl A Thoresen, Port Designer's Handbook: Recommendations and Guidelines.

5.2 Kualitas Bahan dan Material

5.2.1 Beton

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

- Kuat tekan beton karakteristik, $f_{bk} = 350 \text{ kg/cm}^2$
- Modulus tekan beton untuk beban tetap

$$\begin{aligned} E_b &= 6400 \times f_{bk} \\ &= 6400 \times 350 \\ &= 2240000 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

- Angka ekuivalensi (*PBI 1971 Pasal 11.1.3*)

$$\begin{aligned} n &= \frac{E_a}{E_b} \\ &= \frac{2100000}{2240000} \\ &= 0,9375 \end{aligned}$$

- Tegangan beton akibat lentur (*PBI 1971 Tabel 10.2.1*)

$$\begin{aligned} f_b &= 0,33 \times f_{bk} \\ &= 0,33 \times 350 \\ &= 115,5 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

- Tebal selimut beton (decking) diambil dengan ketentuan berikut ini:
 - Tebal decking untuk pelat 7.0 cm
 - Tebal decking untuk balok 8.0 cm

5.2.2 Baja Tulangan

Mutu baja tulangan diambil kelas U – 32 dengan spesifikasi sebagai berikut :

- Tegangan leleh karakteristik, f_{yk} = 3200 kg/cm²
- Tegangan tarik/tekan yang diijinkan, f_{td} = 1850 kg/cm²
- Tegangan tarik/tekan baja rencana, f_{td} = 2780 kg/cm²
- Modulus elastisitas baja, E_s = 210000 MPa

5.2.3 Tiang Pancang

Tiang pancang yang digunakan pada perencanaan ini adalah tiang pancang baja. Pertimbangannya adalah panjang tidak seperti konstruksi di darat, tiang pancang yang dibutuhkan dalam konstruksi dermaga sangatlah panjang. Sedangkan tiang pancang beton tidak bisa terlalu panjang karena beresiko patah saat pengangkatan. Selain itu, penyambungan tiang pancang pada tiang pancang beton lebih sulit dan membutuhkan alat khusus daripada tiang pancang baja. Banyaknya sambungan tiang pancang beton dapat menyebabkan resiko miring lebih besar lalu retak. Sedangkan tiang pancang baja lebih mudah disambung dan memiliki resiko miring lebih kecil dengan cara pengelasan yang lebih mudah.

Spesifikasi tiang pancang baja PT. SWARNA BAJAPACIFIC yang digunakan adalah sebagai berikut :

Diameter tiang	: 812,8 mm
Tebal tiang	: 16 mm
Modulus elastisitas (E)	: 2.100.000 kg/cm ²
Luas penampang	: 400,5 cm ²
Berat	: 314,39 kg/m
Momen Inersia	: 318 x 10 ³ cm ⁴

5.2.4 Fender dan Bollard

A. Fender

Spesifikasi fender yang digunakan pada perencanaan ini adalah sebagai berikut :

- Merk : Trelleborg
- Tipe fender : *ANP Arch Fender*
- Material : Styrene Butadiene Rubber (SBR)
- Umur fender : 15-30 tahun

B. Bollard

Spesifikasi bollard yang digunakan pada perencanaan ini adalah sebagai berikut :

- Merk bollard : DOCKSIDE BOLLARD
- Tipe Bollard : BR-Type
- Kode produk : AE-1010
- Material bollard : Baja

5.3 Desain Dimensi Struktur

5.3.1 Dimensi Awal

Struktur dermaga terdiri atas bebarapa komponen antara lain balok, plat dermaga, pile cap (Poer), dan tiang pancang. Berikut ini adalah dimensi awal struktur dermaga :

- Panjang dermaga : 15 m
- Lebar dermaga : 15 m
- Tebal Pelat : 300 mm
- Balok Melintang : 600 x 900 mm
- Balok Memanjang : 600 x 900 mm
- Tebal Poer : 1000 mm
- Poer tiang ganda : 3200 x 1600 x 1000 mm
- Poer tiang tunggal : 1600 x 1600 x 1000 mm
- Steel Pipe Pile JIS A 5525
 - Diameter Tiang Pancang Baja : 812,8 mm
 - Tebal : 16 mm

5.3.2 Perhitungan Tinggi Struktur

Tinggi struktur merupakan jarak dari titik jepit tiang pancang (point of fixity) ke elevasi dermaga (lihat **Gambar 5.1**). 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/cm²

I = Momen inersia tiang
= $\frac{1}{64} \times d^4$
= $\frac{1}{64} \times 3,14 \times (812,8^4 - (812,8 - 38)^4)$
= 317821,08 cm⁴

nh = Koefisien modulus variasi tanah
= 350 kN/m³
= 0,035 kg/cm³

Sehingga faktor kekakuan (T) dapat dihitung sebagai berikut :

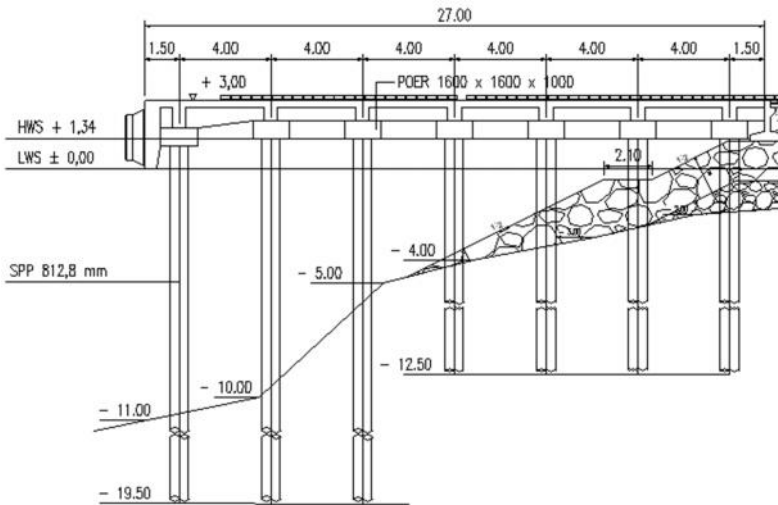
$$\begin{aligned} T &= \sqrt[5]{\frac{EI}{nh}} \\ &= \sqrt[5]{\frac{2100000 \times 317821,08}{0,035}} \\ &= 452,96724 \text{ cm} \\ &= 4,53 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_f &= 1,8 \times T \\ &= 1,8 \times 4,53 \end{aligned}$$

$$= 8,1534 \text{ m}$$

Sehingga tinggi struktur dermaga adalah

$$\begin{aligned} H_{\text{total}} &= \text{Elevasi dermaga} + \text{Jarak seabed ke LWS} + Z_f \\ &= 3,00 + 11 + 8,15 \\ &= 22,15 \text{ m} \quad 22,50 \text{ m} \end{aligned}$$



Gambar 5. 1 Tinggi struktur dermaga

5.4 Pembaban

5.4.1 Beban Vertikal

1. Beban Mati (Dead Load)

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, bollard, dan beban beton pengisi tiang pancang.

2. Beban Hidup (Live Load)

Beban hidup adalah semua beban yang bergerak termasuk manusia, truk, material sementara yang di tempatkan di atas dermaga. Beban hidup dapat berupa beban terbagi rata maupun beban terpusat.

- Beban Hidup Merata :

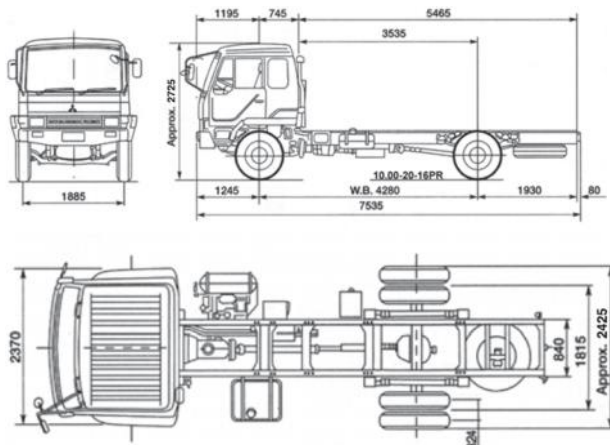
$$\begin{aligned} \text{Beban pangkalan} &= 3,00 \text{ ton/m}^2 \\ \text{Beban air hujan (5 cm)} \\ = 0,05 \text{ m} \times 1 \text{ t/m}^3 &= \underline{0,05 \text{ ton/m}^2} \\ \text{qL} &= 3,05 \text{ ton/m}^2 \end{aligned}$$

- Beban Hidup Terpusat

Beban titik yang bekerja di dermaga yang diakibatkan oleh tekakan roda dari peralatan bongkar. Peralatan yang digunakan adalah sebagai berikut :

Beban truck

Jarak antara dermaga dengan lapangan penumpukan relatif jauh sehingga memerlukan truck untuk mengangkut batubara dari jetty ke lapangan penumpukan. Konfigurasi beban pada roda truck dapat dilihat pada gambar 5.2

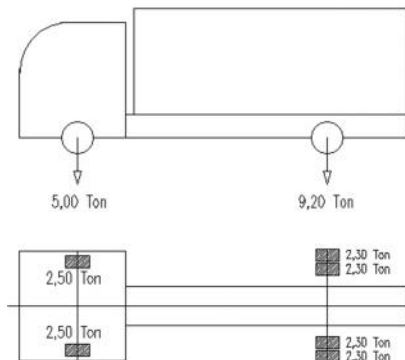


Gambar 5. 2 Truck Fuso Kapasitas 14 Ton

Model : FM 517 HS

Beban :

- Depan : 5000 kg
- Belakang : 9200 kg



Gambar 5. 3 Konfigurasi roda dan posisi beban truck

3. Beban Uplift

Untuk pelat horisontal yang terletak di dekat permukaan air yang tenang, gaya gelombang benturan dapat bertindak di bagian bawah pelat (gaya gelombang ini selanjutnya disebut sebagai pengangkatan), tergantung pada kondisi gelombang dan bentuk struktural pelat. Ito dan Takeda telah melakukan pengujian model skala dari dermaga bertumpuk terbuka (tipe terbuka) untuk mendapatkan akting pengangkatan. Nilai-nilai puncak ini diberikan kira-kira oleh persamaan berikut (Pers. 5.5.4 OCIDI)

$$P = \rho g (8H - 4,5s)$$

Dimana :

P = Nilai puncak intensitas angkat (kN/m^2)

ρ = kepadatan air laut ($1,03 \text{ t/m}^3$)

g = Percepatan gravitasi ($9,81 \text{ m/s}^2$)

H = Tinggi gelombang insiden (m)

= 1,50 m

s = Jarak dari permukaan air ke bawah struktur (m)

= 2,10 m

$$P = 1,03 \times 9,81 \times ((8 \times 1,5) - (4,5 \times 2,1))$$

$$= 25,76 \text{ kN/m}^2$$

5.4.2 Beban Horizontal

1. Beban Angin


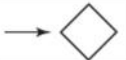


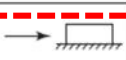
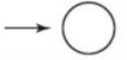
Perhitungan beban angin dilakukan pada sebagian struktur di atas muka air dengan kondisi maksimum desain kapal. Beban angin pada struktur dihitung pada saat pasang dan surut arah longitudinal dan transversal. Perlu diperhatikan juga pada saat kapal bermuatan dan pada saat kondisi kapal ballast. Perhitungan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

$$F_w = 0,5 \times a \times C_w \times V_w^2 \times A_w$$

Dimana,

- F_w = Gaya drag angin (N)
- a = Massa jenis (1,23 kg/m³)
- A_w = Area objek angin (m²)
- V_w^2 = Kecepatan angin (m/s)
- C_w = Koefisien hambatan angin

Tabel 5. 1 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)

Arah Longitudinal

- Kondisi air pasang

$$\begin{aligned}
 F_w &= 0,5 \times \rho_a \times C_{DW} \times V_w^2 \times A_w \\
 &= 0,5 \times 1,23 \times 1,5 \times 6^2 \times 15 \times 1,66 \\
 &= 826,93 \text{ N} \\
 &= 82,693 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Kondisi air surut

$$\begin{aligned}
 F_w &= 0,5 \times \rho_a \times C_{DW} \times V_w^2 \times A_w \\
 &= 0,5 \times 1,23 \times 1,5 \times 6^2 \times 15 \times 3 \\
 &= 1494,5 \text{ N} \\
 &= 149,45 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Arah Transversal

- Kondisi air pasang

$$\begin{aligned}
 F_w &= 0,5 \times \rho_a \times C_{DW} \times V_w^2 \times A_w \\
 &= 0,5 \times 1,23 \times 1,5 \times 6^2 \times 27 \times 1,66 \\
 &= 1488,5 \text{ N} \\
 &= 148,85 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Kondisi air surut

$$\begin{aligned}
 F_w &= 0,5 \times \rho_a \times C_{DW} \times V_w^2 \times A_w \\
 &= 0,5 \times 1,23 \times 1,5 \times 6^2 \times 27 \times 3 \\
 &= 2690 \text{ N} \\
 &= 269 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

2. 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".

$$F_D = 0,5 \times C_D \times \rho \times A \times U^2$$

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

Dari hasil pengamatan arus disekitar lokasi diperoleh arus maksimum yang tercatat sebesar 0,5 m/s. Sehingga beban arus per tiang adalah

$$\begin{aligned} F_D &= 0,5 \times C_D \times \rho \times A \times U^2 \\ &= 0,5 \quad \times \quad 1,2 \quad \times \quad 1,025 \quad \times \quad 0,8128 \quad \times \quad 0,5^2 \\ &= 0,125 \quad \text{kN/m} \end{aligned}$$

Didapat beban arus pada tiang sebesar 0,125 kN/m'

3. 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

$$V = C_s \times W_t$$

Dimana, V = Geser dasar seismik
 C_s = Koefisien respons seismik
 W_t = Berat efektif seismik

Nilai C_s dihitung dengan menggunakan,

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

Perhitungan nilai C_s diikuti dengan perhitungan berikut :

- $SD1 / (T / (R/I)) \quad C_s \quad 0,01$
- $SD1 / (T / (R/I)) \quad C_s \quad 0,044 S_{DS} I$
- $SD1 / (T / (R/I)) \quad C_s \quad 0,5 / (R/I)$

Dimana, SDS = Parameter respon spectral respons desain pada periode pendek

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

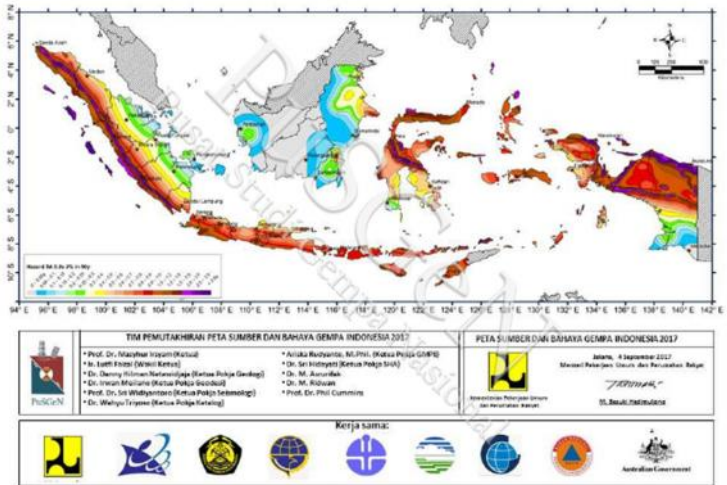
S_S = Parameter respons spektral percepatan gempa $MCRE_R$ terpetakan untuk perioda pendek

S_1 = Parameter respons spektral percepatan gempa $MCRE_R$ terpetakan untuk perioda 1,0 detik

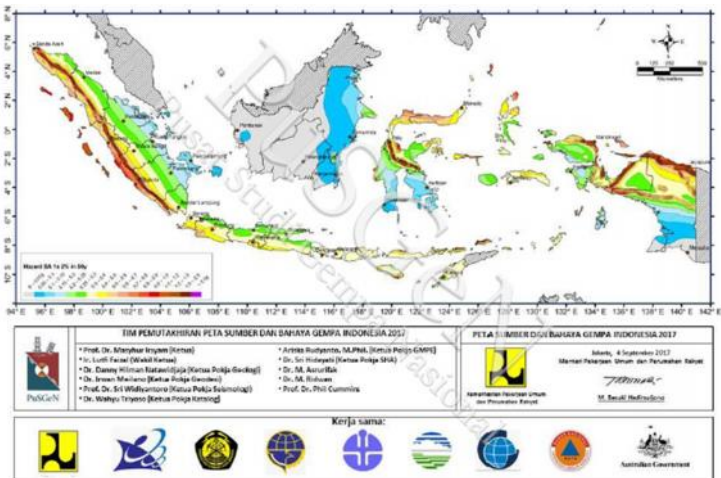
I = Faktor keutamaan gempa

T = Peroda getar fundamental struktur

Nilai S_S dan S_1 dicari menggunakan **Gambar 5.3** dan **Gambar 5.4** dengan parameter lokasi zona gempa dan juga tipe struktur.



Gambar 5. 4 Gempa Maksimum yang Dipertimbangkan Risiko - Tertarget (MCER) untuk Ss



Gambar 5. 5 Gempa Maksimum yang Dipertimbangkan Risiko- Tertarget (MCER) untuk S1

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

5.4.3 Beban Kapal

1. Beban Tumbukan kapal (Fender)

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

2. Beban tarikan kapal (Boulder)

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 Boulder).

5.5 Kombinasi Pembebanan

Perencanaan struktur dilakukan berdasarkan beban – beban yang optimal yang terjadi pada struktur tersebut. Untuk mendapatkan optimasi dari beban yang terjadi maka di buat beberapa alternatif kombinasi dalam analisa struktur. Berikut ini kombinasi pembebanan dermaga.

1. Struktur Catwalk (SNI 03 – 2847 – 2002)

- 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

2. Jetty (*DEP 35.00.10 Gen*)

- 1A Normal = $1,0DL + 1,0LL + 1,1F$
- 2E Extreme = $1,0DL + 1,0LL + 1,0Ex + 0,3Ey$
- 2E Extreme = $1,0DL + 1,0LL + 0,3Ex + 1,0Ey$

3. Breasting Dolphin (*DEP 35.00.10 Gen*)

- 1A Normal = $1,0DL + 1,0LL + 1,1F$
- 1B Normal = $1,0DL + 1,0LL + 1,1B$
- 2E Extreme = $1,0DL + 1,0LL + 1,0Ex + 0,3Ey$
- 2E Extreme = $1,0DL + 1,0LL + 0,3Ex + 1,0Ey$

4. Mooring Dolphin (*DEP 35.00.10 Gen*)

- 1B Normal = $1,0DL + 1,0LL + 1,1B$
- 2E Extreme = $1,0DL + 1,0LL + 1,0Ex + 0,3Ey$
- 2E Extreme = $1,0DL + 1,0LL + 0,3Ex + 1,0Ey$

Dimana :

DL = Dead Load

LL = Live Load (pangkalan, truck, angin, arus)

F = Beban Tumbukan Kapal

B = Beban Tarikan kapal

Ex = Beban Gempa Arah x

Ey = Beban Gempa Arah y

5.6 Perencanaan Fender

5.6.1 Perhitungan Energi Fender

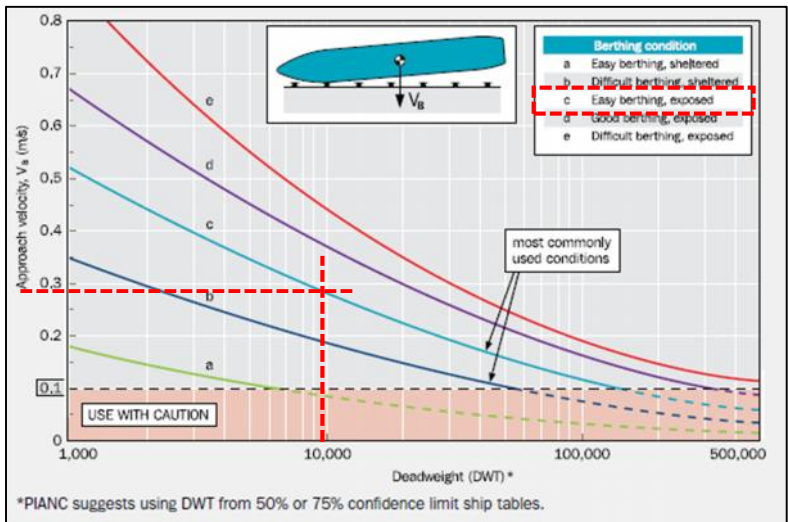
Perhitungan fender menggunakan perumusan energi kinetik dengan beban kapal tongkang 10.000 DWT. Metode perhitungan berdasarkan rumusan berikut

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

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 5. 6 Grafik kecepatan kapal saat merapat

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 5. 7 Kecepatan kapal saat merapat

Berdasarkan Gambar 5. 6 dan Gambar 5. 7 di atas, didapat kecepatan yang cukup besar yaitu $V_B = 0,287$ m/s. Karena pola tambat tongkang adalah dengan bantuan tugboat, maka kecepatan tambatnya bisa dikontrol dan sangat rendah. Dalam hal ini kecepatan tambat tongkang yang diperhitungkan adalah 0,13 m/s (*OCDI Pasal 2.1Part II Hal 17*).

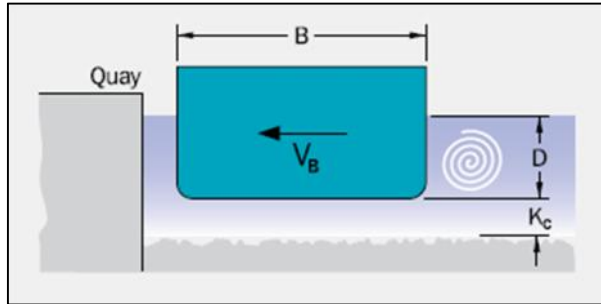
- Displacement tonnage (M_D)

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

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

- Koefisien massa hidrodinamis (C_M)

Berdasarkan Gambar 5. 8 didapat C_M untuk kapal kargo, dimana h merupakan kedalaman di breasting dolphin, -7 m LWS.



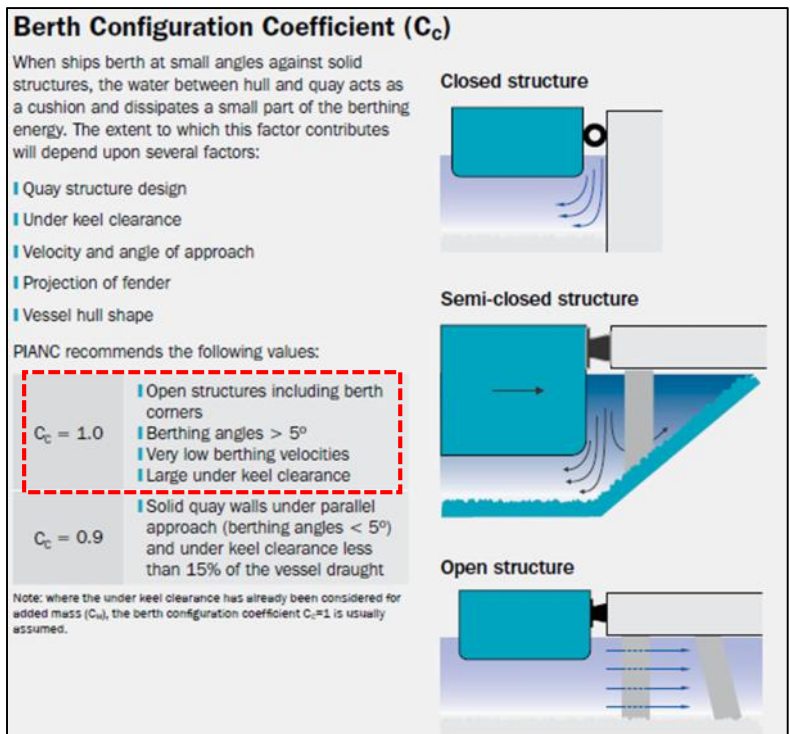
Gambar 5. 8 Ilustrasi koefisien hidrodinamis

Tabel 5. 2 Koefisien hidrodinamis

PIANC (2002)	SHIGERA UEDA (1981)	VASCO COSTA* (1964)
for $\frac{K_c}{D} \leq 0,1$ $C_M = 1,8$		
for $0,1 \leq \frac{K_c}{D} \leq 0,5$ $C_M = 1,875 - 0,75 \left[\frac{K_c}{D} \right]$	$C_M = \frac{\pi \times D}{2 \times C_B \times B}$	$C_M = 1 + \frac{2D}{B}$
for $\frac{K_c}{D} \geq 0,5$ $C_M = 1,5$		
*valid where $V_B \geq 0,08\text{m/s}$, $K_c \geq 0,1D$		

$$\begin{aligned} \frac{K_C}{D} &= \frac{h - D}{D} \\ &= \frac{(7 + 1,34) - 4,88}{4,88} \\ &= 0,709 \quad \rightarrow \quad C_M = 1,5 \end{aligned}$$

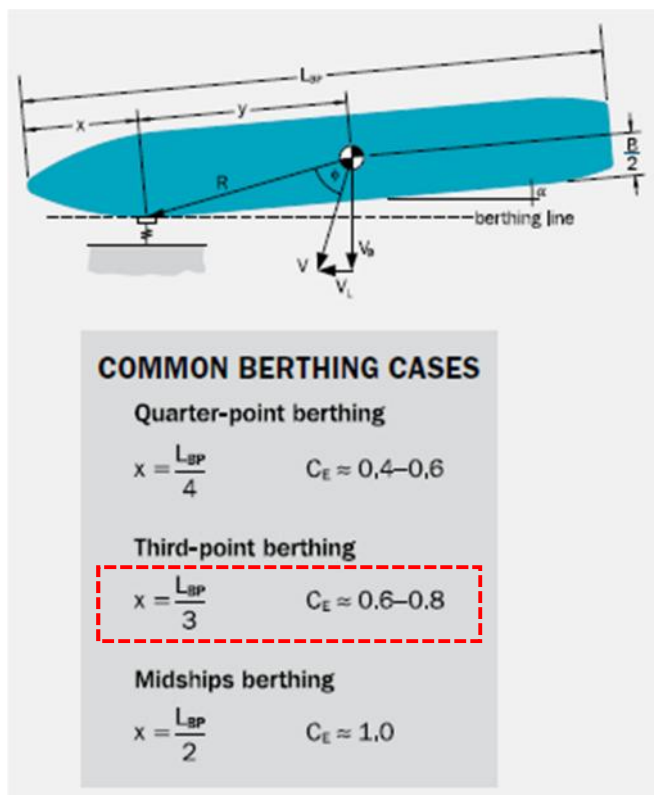
- Koefisien bantalan (C_c)



Gambar 5. 9 Koefisien bantalan

Tipe konstruksi yang dipakai merupakan tipe terbuka, sehingga berdasarkan Gambar 5. 9 dipakai $C_c = 1$.

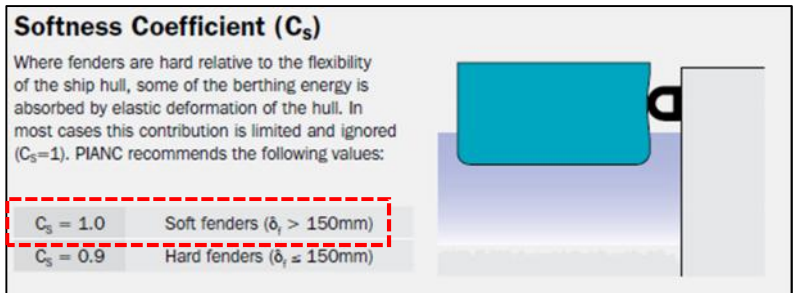
- Koefisien eksentrisitas (C_E)



Gambar 5. 10 Koefisien eksentrisitas

Berdasarkan Gambar 5. 10 dipakai nilai $C_E = 0,7$.

- Koefisien kehalusan (C_s)



Gambar 5. 11 Koefisien kehalusan

Berdasarkan Gambar 5. 11 dipakai nilai $C_s = 1,00$

Jadi energi pada fender adalah

$$\begin{aligned}
 E_N &= 0,5 \times M_D \times V_B^2 \times C_M \times C_E \times C_C \times C_s \\
 &= 0,5 \times 14554,6 \times 0,13^2 \times 1,5 \times 0,7 \times 1,0 \times 0,9 \\
 &= 129,136 \text{ kN.m} \\
 &= 12,914 \text{ Ton.m}
 \end{aligned}$$

5.6.2 Pemilihan Tipe Fender

Setelah perhitungan energi tumbukan yang timbul dapat ditentukan, selanjutnya dilakukan pemilihan type 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 5.4 dan Tabel 5.5.

Untuk E_f yang ditimbulkan akibat tumbukan Kapal Tongkang 10.000 DWT sebesar 12,914 tm. Pada fender, E_f akhir haruslah dikali dengan *safety factor*. Berdasarkan koefisien *safety factor* pada Tabel 5.3, nilai *safety factor* untuk kapal tongkang dengan bantuan tugboat adalah 2,0 sehingga :

Tabel 5. 3 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

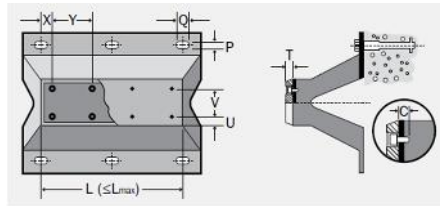
Source: PIANC 2002; Table 4.2.5.

$$\begin{aligned}
 E_{AB} &= E_N \times F_S \\
 &= 129,136 \times 2,00 \\
 &= 258,3 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

Pemilihan fender didasarkan besar energi yang dapat diabsorpsi oleh fender tersebut (E_r) dan harus lebih besar dari energi tumbukan kapal (E_f). Pada perencanaan kali ini tipe fender yang digunakan adalah ANP Arch Fender (lihat Gambar 5.12). Dari katalog fender tipe ANP dipilih fender tipe ANP Arch Fender 1000 E 1.2 dengan nilai $E_r = 295,5 \text{ kNm} > E_{AB} = 258,3 \text{ kNm}$, selain itu energi reaksi kapal juga harus diusahakan dapat diserap fender ketika kondisi fender berdeformasi. Berdasarkan

perhitungan Ef diatas, data-data fender tipe ANP Arch Fender 1000 E 1.2 sebagai berikut :

- Energi fender = 295,5 kN.m
- Reaksi fender = 702,9 kN
- Berat fender = 1390 kg



Gambar 5. 12 Bentuk ANP Arch Fenders

Tabel 5. 4 Data performa tipe fender ANP Arch (dalam kN, kNm)

1000	CV	E	249.0	256.4	263.8	271.2
		R	592.0	609.8	627.6	645.4
	RPD	E_R	278.9	287.2	295.5	303.7
		R_R	663.0	683.0	702.9	722.8

Tabel 5. 5 Dimensi ANP Arch Fenders

	U	V	C	UHMW-PE Face Pads				Steel Frame		L	Anchors
				X	Y	T	Bolt size	X	Y		
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]

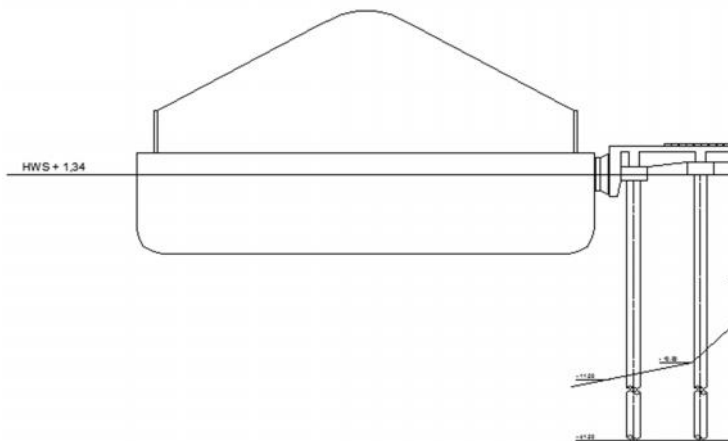
Non-standard lengths, profiles and bolting patterns are available on request.

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 2 m (Gambar 2. 15). Dapat dilihat posisi kapal pada fender dalam kondisi pasang surut di breasting dolphin (Gambar 2. 16) dan jetty (Gambar 2. 17).

Kontrol kemampuan fender :

1. Pada saat pasang fender terkena semua badan kapal (gambar 5.14) sehingga :

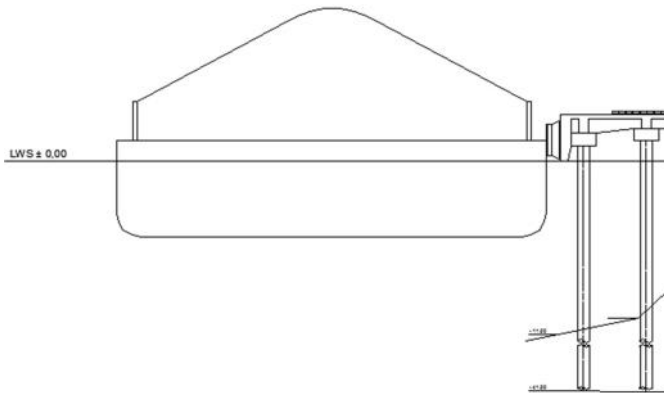
E kapal	<	E fender saat pasang	
258,3 kN	<	295,5 kN/m x 1 m	
258,3 kN	<	295,5 kN	... (OK)



Gambar 5. 13 Posisi kapal pada fender kondisi pasang

2. Pada saat surut fender terkena sebagian badan kapal (gambar 5.15) sehingga :

E kapal	<	E fender saat surut	
258,3 kN	<	295,5 kN/m x 0,93 m	
258,3 kN	<	273,34 kN	... (OK)



Gambar 5. 14 Posisi kapal pada fender kondisi surut

Pemilihan fender harus di cek terhadap fender lokal. Berdasarkan fender dari produk PT. Kemenangan untuk tipe V fender dengan ukuran KVF 1000 H energi fender hanya 25 ton.m. Dari kebutuhan energi abnormal kapal dibutuhkan energi sebesar 25,83 ton sehingga fender lokal tidak memenuhi syarat yang dibutuhkan. Apabila kondisi kapal saat surut fender yang terkena kapal hanya 0,93 m sehingga energi fender akan berkurang dan tidak memenuhi syarat ijin.

Tabel 5. 6 Data performa fender lokal tipe V

Per One Meter Length and at 45% Deflection				
Compound Grade Size	CA		CB	
	R.F. (ton)	E.A. (ton-m)	R.F. (ton)	E.A. (ton-m)
KVF 200 H	15.35	1.0	12.60	0.75
KVF 250 H	19.52	1.6	15.30	1.18
KVF 300 H	23.07	2.2	17.48	1.60
KVF 400 H	30.37	4.0	24.12	3.00
KVF 500 H	38.40	6.2	30.01	4.60
KVF 600 H	45.59	9.0	34.30	6.50
KVF 800 H	60.74	16.0	48.17	12.00
KVF1000 H	75.96	25.0	60.29	18.00

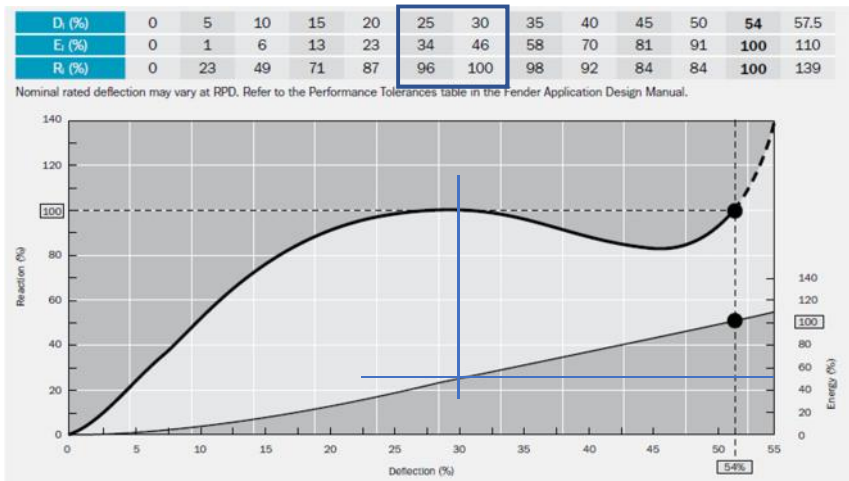
Tolerance ± 10%

(Sumber : Brosur fender PT. Kemenangan)

5.6.3 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.

$$E_i = \frac{E_{AB}}{E_f \times 2} \times 100\% = \frac{258,3}{295,5 \times 2} \times 100\% = 43,70\%$$



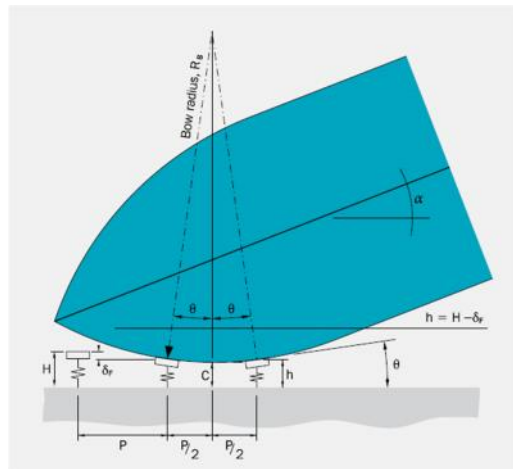
Gambar 5. 15 Grafik hubungan energi dengan reaksi

Dari grafik diatas menunjukkan bahwa reaksi fender bekerja 100% sehingga reaksi yang terjadi adalah :

$$\begin{aligned} R &= 702,9 \text{ kN/m} \times 2 \text{ m} \times 100\% \\ &= 1405,8 \text{ kN} \\ &= 140,6 \text{ Ton} \end{aligned}$$

5.6.4 Jarak Pemasangan Fender

Jarak pemasangan fender perlu diperhatikan, jika terlalu jauh dapat menyebabkan kapal membentur struktur. Jarak antara kapal dengan dermaga (C) perlu diperhatikan. Perhitungan jarak pemasangan fender harus memenuhi kriteria perumusan pada Gambar 5. 17.



Gambar 5. 16 Pict h fender

$$P < 2 \times (R_B^2 - (R_B - h + C)^2)$$

Dimana, R_B = Bow Radius
 h = Panjang fender setelah tertekan
 C = Jarak bersih antara kapal dan dermaga

$$R_B = 0,5 \times (LOA^2/8B)$$

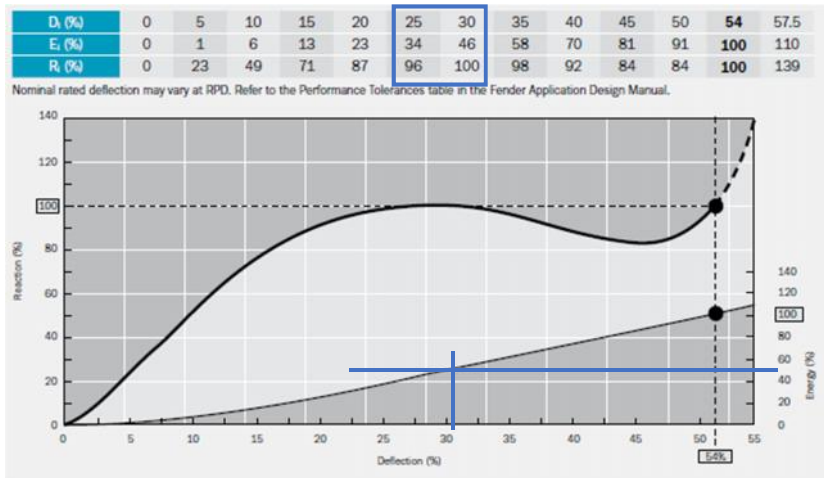
Dimana, LOA = Panjang kapal total
 B = Lebar kapal

- Bow Radius (R_B)

$$\begin{aligned} R_B &= \frac{1}{2} \times \left(\frac{LOA^2}{8 \times B} \right) \\ &= \frac{1}{2} \times \left(\frac{95,56^2}{8 \times 27,43} \right) \\ &= \frac{1}{2} \times \left(\frac{9131,71}{219,44} \right) \\ &= 20,807 \text{ m} \end{aligned}$$

- Panjang fender setelah tertekan (h)

$$E_i = \frac{E_{AB}}{E_R \times 2} \times 100 = \frac{258,3}{295,5 \times 2} \times 100 = 43,70 \%$$



Gambar 5. 17 Intermediate defelctions

Berdasarkan Gambar 5. 17 didapat besar defleksi pada saat energi 43,70 % adalah

$$\begin{array}{rcl}
 \text{Di (\%)} & - & 25 \\
 \hline
 & & 30 & - & 25 \\
 \text{Di (\%)} & - & 25 \\
 \hline
 & & 5 & = & 12 \\
 12 & \text{Di (\%)} & - & 300 & = & 48,504 \\
 & & 12 & \text{Di (\%)} & = & 348,50 \\
 & & & \text{Di (\%)} & = & 29,04 \quad \%
 \end{array}$$

$$\begin{aligned}
 h &= (100\% - 29,04\%) \times 1000 \\
 &= 709,58 \quad \text{mm} \\
 &= 0,71 \quad \text{m}
 \end{aligned}$$

- Jarak antara kapal dan dermaga (C)

$$\begin{aligned}
 C &= 10\% \times h \\
 &= 10\% \times 0,71 \\
 &= 0,071 \quad \text{m} \\
 &= 0,07 \quad \text{m}
 \end{aligned}$$

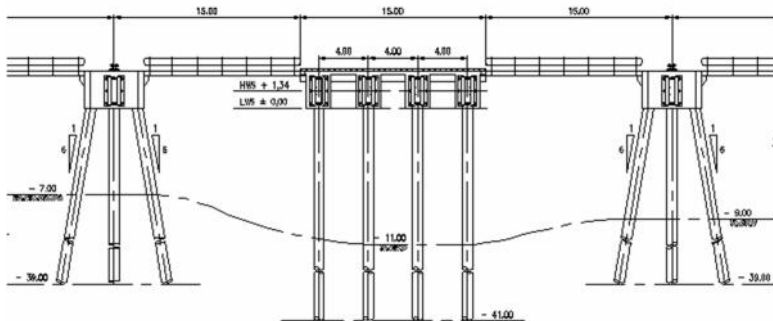
- Picth fender (P)

Direncanakan $P = 4 \text{ m}$

$$\begin{aligned}
 P &= 2 \times (R_B^2 - (R_B - h + C)^2) \\
 &= 2 \times (20,807^2 - (20,807 - 0,71 + 0,07)^2) \\
 &= 2 \times (432,93 - 406,76) \\
 &= 2 \times 5,115 \\
 &= 10,231 \quad \text{m}
 \end{aligned}$$

Maka $4 \text{ m} \quad 10,231 \text{ m} \dots$ (OK)

Sehingga fender diletakkan pada portal balok tiap jarak 4 m, arah horizontal untuk jetty (Gambar 5. 18).



Gambar 5. 18 Jarak pemasangan fender

5.7 Perencanaan Boulder

Boulder merupakan konstruksi untuk mengikat kapal pada tambatan. Boulder perlu direncanakan agar mampu menahan beban tarikan kapal tongkang 10.000 DWT.

5.6.1 Gaya Tarik Akibat Bobot Kapal

Tabel 5. 7 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

Berdasarkan displacement kapal tabel 5.7 gaya tarik akibat bobot kapal diambil sebesar :

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

5.7.2 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°) terhadap sumbu memanjang kapal. Perhitungan tekanan arus adalah

$$\begin{aligned}
 C_{TC} &= 1,4 \\
 C_{LC} &= 0,1 \\
 C_{CT} &= 2,1 \\
 C_{CL} &= 1,9 \\
 dm &= 4,88 \text{ m} \\
 d &= 11 \text{ m} \\
 dm/d &= 2,254 \\
 vc &= 0,5 \text{ m/s} \\
 Loa &= 96,56 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Jadi gaya tarikan akibat arus adalah

$$\begin{aligned}
 F_{CT} &= C_{TC} \times C_{CT} \times L \times dm \times vc^2 \times 10^{-4} \\
 &= 1,4 \times 2,1 \times 1025 \times 95,56 \times 4,88 \times 0,5^2 \times 10^{-4} \\
 &= 35,13 \text{ kN} = 3,51 \text{ ton} \\
 F_{CL} &= C_{LC} \times C_{CL} \times L \times dm \times vc^2 \times 10^{-4} \\
 &= 0,1 \times 1,9 \times 1025 \times 95,56 \times 4,88 \times 0,5^2 \times 10^{-4} \\
 &= 2,27 \text{ kN} = 0,3 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

5.7.3 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 :

$$\begin{aligned}
 CTW &= 1,8 \\
 CLW &= 0,2 \\
 AL &= 4,47 \times 95,56 \\
 &= 427,2 \text{ m}^2 \\
 V_w &= 25 \text{ m/s} \\
 A &= 1,23 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

Jadi gaya tarikan akibat angin adalah :

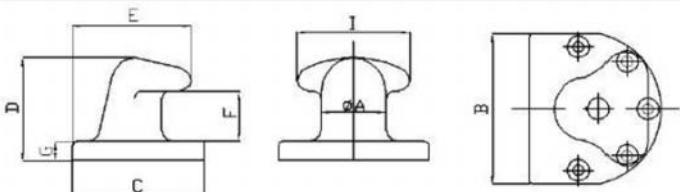
$$\begin{aligned}
 F_{TW} &= C_{TW} \times A \times A_L \times v_w \times 10^{-4} \\
 &= 1,8 \times 1,23 \times 427,2 \times 25^2 \times 10^{-4} \\
 &= 59,11 \text{ kN} \quad = 5,91 \text{ ton} \\
 F_{LW} &= C_{LW} \times A \times A_L \times v_w \times 10^{-4} \\
 &= 0,2 \times 1,23 \times 427,2 \times 25^2 \times 10^{-4} \\
 &= 6,567 \text{ kN} \quad = 0,65 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Sehingga beban tambat untuk masing – masing arah adalah :

$$\begin{aligned}
 F_L &= F_{CL} + F_{LW} \\
 &= 0,3 + 0,65 \\
 &= 0,95 \text{ ton} \\
 F_T &= F_{CT} + F_{TW} \\
 &= 3,51 + 5,91 \\
 &= 9,42 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

5.7.4 Desain Boulder

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 type boulder yang spesifikasinya dapat dilihat pada tabel berikut



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	SBA75	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

Gambar 5. 19 Spesifikasi tee bollard

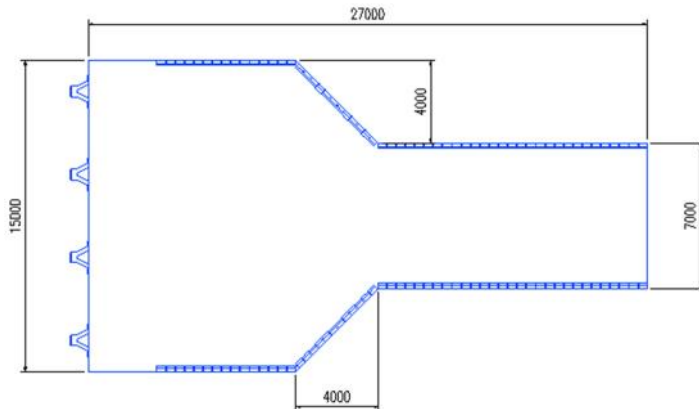
Untuk P yang ditimbulkan akibat gaya tarikan kapal sebesar 60 ton maka tipe boluder yang dipilih adalah tee boulder dengan kapasitas 60 ton

BAB VI PERENCANAAN STRUKTUR DERMAGA

6.1 Jetty

6.1.1 Umum

Struktur jetty adalah bagian struktur yang berfungsi untuk tempat bongkar batubara dan area tempat truck bila bermanuver. Dimensi Jetty disesuaikan dengan masterplan yang sudah ada dengan lebar trestle direncanakan 7 m untuk 1 jalur kendaraan. Sedangkan Jetty direncanakan dengan lebar 15 m untuk memudahkan truck bila bermanuver di atas dermaga. Perencanaan struktur trestle dijadikan satu dengan jetty, karena jetty difungsikan sebagai tumbukan kapal. Dan untuk memudahkan olah gerak truk pada saat masuk dan keluar dermaga, maka, ada lebar peralihan dari jetty menuju trestle sepanjang 4 m horizontal. Gambar 6.1 menunjukkan pola gerak truck pada saat putar balik di atas jetty.

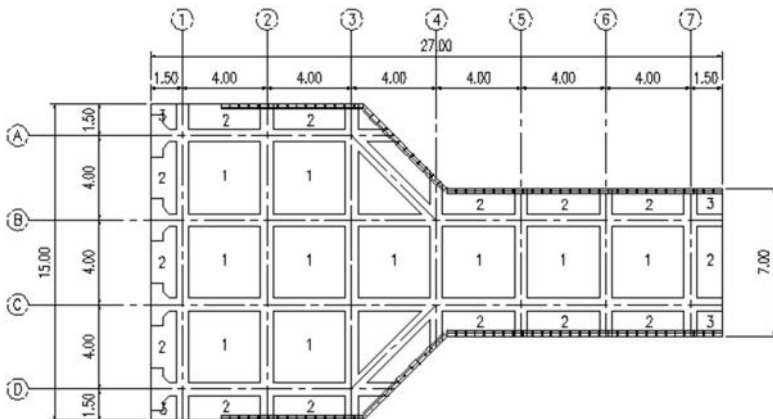


Gambar 6. 1 Dimensi jetty

6.1.2 Perencanaan Pelat

6.1.2.1 Penentuan Tipe Pelat

Penentuan tipe pelat didasarkan pada ukuran pelat itu sendiri (gambar 6.2). Beberapa tipe pelat dengan rasio l_y/l_x yang melebihi 2,5 (pelat II, III, dan IV), 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. 2 Tipe pelat jetty

6.1.2.2 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)**

$$\begin{array}{rcl} \text{Beban plat lantai sendiri} & = & 0,3 \times 2900 = 870 \text{ kg/m}^2 \\ \text{qD} & = & 870 \text{ kg/m}^2 \end{array}$$

- **Beban Hidup (LL)**

- Beban Hidup Merata

$$\begin{array}{rcl} \text{Beban air hujan} & = & 0,05 \times 1000 = 50 \text{ kg/m}^2 \\ \text{Beban pangkalan} & & = 3000 \text{ kg/m}^2 \\ \text{qL} & = & 3050 \text{ kg/m}^2 \end{array}$$

- Beban Hidup Terpusat

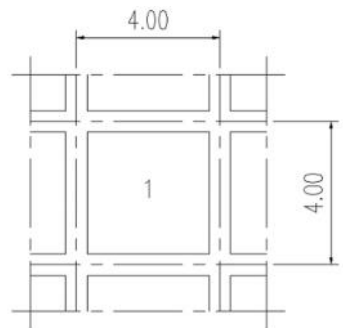
$$\text{Beban truck} = 2500 \text{ kg}$$

6.1.2.3 Perhitungan Momen Pelat

$$L_y = 4 - 0,6 = 3,40 \text{ m}$$

$$L_x = 4 - 0,6 = 3,40 \text{ m}$$

$$\frac{L_y}{L_x} = \frac{3,40}{3,40} = 1,00$$



Gambar 6. 3 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. 1 Koefisien X

Ly/Lx	Koefisien X			
	Mlx	Mly	Mtx	Mty
1,00	36	36	36	36

(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

$$\begin{aligned} Mlx &= 0,001 \times 980 \times 11,56 \times 36 \\ &= 407,8 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Mly &= 0,001 \times 980 \times 11,56 \times 36 \\ &= 407,8 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Momen tumpuan

$$\begin{aligned} Mtx &= - 0,001 \times 980 \times 11,56 \times 36 \\ &= - 407,8 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Mty &= - 0,001 \times 980 \times 11,56 \times 36 \\ &= - 407,8 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

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

Momen lapangan

$$\begin{aligned} Mlx &= 0,001 \times 3050 \times 11,56 \times 36 \\ &= 1269 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Mly &= 0,001 \times 3050 \times 11,56 \times 36 \\ &= 1269 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Momen tumpuan

$$\begin{aligned} Mtx &= - 0,001 \times 3050 \times 11,56 \times 36 \\ &= - 1269 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Mty &= - 0,001 \times 3050 \times 11,56 \times 36 \\ &= - 1269 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$= - 1269 \text{ kg.m}$$

Hasil perhitungan momen pelat secara lengkap untuk masing-masing pelat disajikan dalam Tabel 6.2

Tabel 6. 2 Momen akibat beban mati dan beban hidup merata

Tipe Pelat	Lx	Ly	Ly/lx	Koefisien X		Momen (kg.m)		
						Mati	Hidup	Total
1	3,4	3,4	1,0	Mlx	36	407,8	1269	1677
	3,4	3,4	1,0	Mly	36	407,8	1269	1677
	3,4	3,4	1,0	Mtx	36	-408	-1269	-1677
	3,4	3,4	1,0	Mty	36	-408	-1269	-1677
2	3,4	1,2	2,8	Mlx	54	76,2	237,2	313,4
	3,4	1,2	2,8	Mly	19	26,81	83,45	110,3
	3,4	1,2	2,8	Mtx	54	-76,2	-237	-313
	3,4	1,2	2,8	Mty	56	-79	-246	-325
3	1,2	1,2	1,0	Mlx	48	67,74	210,8	278,6
	1,2	1,2	1,0	Mly	48	67,74	210,8	278,6
	1,2	1,2	1,0	Mtx	48	-67,7	-211	-279
	1,2	1,2	1,0	Mty	48	-67,7	-211	-279

(Sumber : Hasil perhitungan)

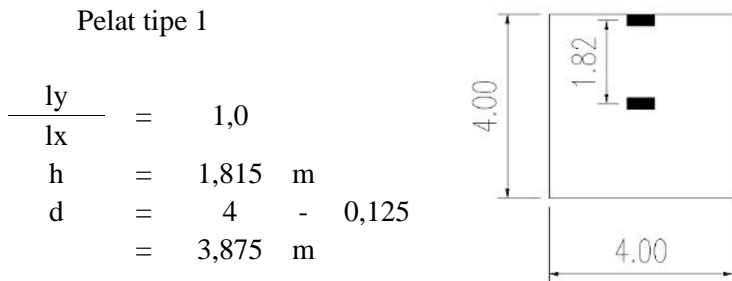
– **Momen akibat beban hidup truck (Pt)**

Besarnya momen akibat beban terpusat truk yang bergerak harus didasarkan pada momen maksimum yang didapat. Dari konfigurasi beban roda truk tersebut diambil yang terbesar yaitu pada roda belakang sebesar 9200 kg. Dengan jarak antar roda 1,815 m dan area kontak tiap roda seluas 25 cm x 60 cm. Untuk perhitungan momen ini dibagi 2 kombinasi pembebanan yaitu kombinasi I dan II.

- **Kombinasi Pembebanan Truck I**

Dalam kombinasi ini momen maksimum terjadi saat salah satu roda kendaraan berada pada tepi pelat 1 dan roda lainnya berada disebaliknya. Pada kondisi ini harga momen jepit berkurang, karena beban tidak berbatasan langsung dengan tepi yang bersangkutan. Pengurangan momen tersebut sebesar $(h/d)^2 Mt$. Untuk perhitungan momen pada kondisi ini hanya untuk tumpuan saja.

Posisi roda truck arah melintang pelat



Perhitungan momen menggunakan perumusan sebagai berikut :

$$M = \frac{a_1 \cdot \frac{b_x}{L_x} + a_2 \cdot \frac{b_y}{L_y} + a_3}{\frac{b_x}{L_x} + \frac{b_y}{L_y} + a_4} \cdot W$$

Dengan perbandingan $ly/lx = 1$ maka dari tabel IV "Konstruksi Beton Indonesia" oleh Ir. Sutami didapat koefisien momen seperti tertera pada **Tabel 6.5.2** berikut.

Tabel 6. 3 Koefisien a1,a2,a3,dan a4

	Mlx	Mly	Mtx	Mty
a1	-0,062	-0,017	0,062	0,136
a2	-0,017	-0,062	0,136	0,062
a3	0,13	0,13	-0,355	-0,355
a4	0,39	0,39	1,065	1,065

(Sumber : Konstruksi Beton Indonesia)

$b_x = 0,25$ m ; $b_y = 0,6$ m ; $W = 9,2$ Ton

Besar lebar pembesian untuk beban tersebut :

$$s_{lx} = \left(0,4 - c_2 + 0,4 \frac{b_x}{l_x} + 0,2 \frac{b_y}{l_y} - 0,3 \frac{b_x \cdot b_y}{l_x \cdot l_y} \right) l_x$$

$$s_{ly} = \left(0,4 - c_1 + 0,2 \frac{b_x}{l_x} + 0,4 \frac{b_y}{l_y} - 0,3 \frac{b_x \cdot b_y}{l_x \cdot l_y} \right) l_y$$

$$s_{tx} = \left(0,4 - c_2 + 0,1 \frac{b_x}{l_x} + 0,1 \frac{b_y}{l_y} - 0,1 \frac{b_x \cdot b_y}{l_x \cdot l_y} \right) l_x$$

$$s_{ty} = \left(0,4 - c_1 + 0,1 \frac{b_x}{l_x} + 0,1 \frac{b_y}{l_y} - 0,1 \frac{b_x \cdot b_y}{l_x \cdot l_y} \right) l_y$$

Dengan :
 $c_1 = 0,1$
 $c_2 = 0,1$
 (semua sisi terjepit)

Momen lapangan :

$$M_{lx} = \frac{-0,062 \frac{0,25}{3,4} + (-0,017) \frac{0,6}{3,4} + 0,13}{\frac{0,25}{3,4} + \frac{0,6}{3,4} + 0,39} 9,2$$

$$= 1,76 \text{ ton.m}$$

$$\begin{aligned}
 Mly &= \frac{-0,017 \frac{0,25}{3,4} + (-0,062) \frac{0,6}{3,4} + 0,13}{\frac{0,25}{3,4} + \frac{0,6}{3,4} + 0,39} \cdot 9,2 \\
 &= 1,694 \text{ ton.m}
 \end{aligned}$$

Besarnya lebar pembesian untuk beban ini adalah :

$$\begin{aligned}
 Slx &= \left(0,4 - 0,1 + 0,4 \frac{0,25}{3,4} + 0,2 \frac{0,6}{3,4} - 0,3 \frac{0,25 \times 0,6}{3,4 \times 3,4} \right) 3,4 \\
 &= 1,227
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Sly &= \left(0,4 - 0,1 + 0,2 \frac{0,25}{3,4} + 0,4 \frac{0,6}{3,4} - 0,3 \frac{0,25 \times 0,6}{3,4 \times 3,4} \right) 3,4 \\
 &= 1,297
 \end{aligned}$$

$$Mlx \text{ max} = \frac{Mlx}{Slx} = \frac{1,76}{1,227} = 1,435 \text{ ton.m}$$

$$Mly \text{ max} = \frac{Mly}{Sly} = \frac{1,694}{1,297} = 1,306 \text{ ton.m}$$

Momen tumpuan :

$$\begin{aligned}
 Mtx &= \frac{-0,062 \frac{0,25}{3,4} + 0,136 \frac{0,6}{3,4} + (-0,36)}{\frac{0,25}{3,4} + \frac{0,6}{3,4} + 1,065} \cdot 9,2 \\
 &= -2,28 \text{ ton.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Mtx &= -2,28 \left(1 - \left(\frac{1,815}{3,875} \right)^2 \right) \\
 &= -1,78 \text{ ton.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{ty} &= \frac{0,136 \frac{0,25}{3,4} + 0,062 \frac{0,6}{3,4} + (-0,36)}{\frac{0,25}{3,4} + \frac{0,6}{3,4} + 1,065} \cdot 9,2 \\
 &= -2,34 \text{ ton.m}
 \end{aligned}$$

Besarnya lebar pembesian untuk beban ini adalah :

$$\begin{aligned}
 S_{tx} &= \left(0,4 - 0,1 + 0,1 \frac{0,25}{3,4} + 0,1 \frac{0,6}{3,4} - 0,1 \frac{0,25 \times 0,6}{3,4 \times 3,4} \right) 3,4 \\
 &= 1,101
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_{ty} &= \left(0,4 - 0,1 + 0,1 \frac{0,25}{3,4} + 0,4 \frac{0,6}{3,4} - 0,3 \frac{0,25 \times 0,6}{3,4 \times 3,4} \right) 3,4 \\
 &= 1,101
 \end{aligned}$$

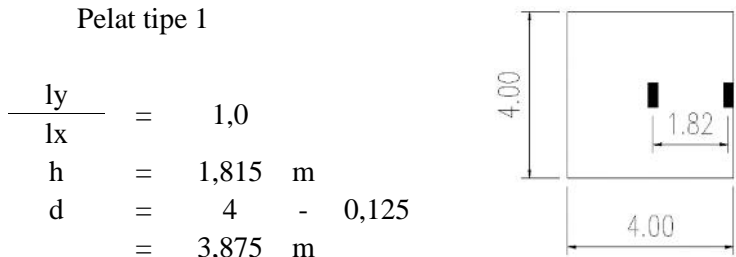
$$M_{tx \text{ max}} = \frac{M_{tx}}{S_{tx}} = \frac{-1,78}{1,101} = -1,62 \text{ ton.m}$$

$$M_{ty \text{ max}} = \frac{M_{ty}}{S_{ty}} = \frac{-2,34}{1,101} = -2,12 \text{ ton.m}$$

- **Kombinasi Pembebanan Truck II**

Dalam kombinasi ini momen maksimum terjadi saat roda lainnya berada disebaliknya. Pada kondisi ini harga momen jepit berkurang, karena beban tidak berbatasan langsung dengan tepi yang bersangkutan. Pengurangan momen tersebut sebesar $(h/d)^2 Mt$. Untuk perhitungan momen pada kondisi ini hanya untuk tumpuan saja.

Posisi roda truck arah memanjang pelat



$b_x = 0,6 \text{ m} ; b_y = 0,25 \text{ m} ; W = 9,2 \text{ Ton}$

Momen lapangan :

$$M_{lx} = \frac{-0,062 \frac{0,6}{3,4} + (-0,017) \frac{0,25}{3,4} + 0,13}{\frac{0,6}{3,4} + \frac{0,25}{3,4} + 0,39} 9,2$$

$$= 1,694 \text{ ton.m}$$

$$M_{ly} = \frac{-0,017 \frac{0,6}{3,4} + (-0,062) \frac{0,25}{3,4} + 0,13}{\frac{0,6}{3,4} + \frac{0,25}{3,4} + 0,39} 9,2$$

$$= 1,76 \text{ ton.m}$$

Besarnya lebar pembesian untuk beban ini adalah :

$$S_{lx} = \left(0,4 - 0,1 + 0,4 \frac{0,6}{3,4} + 0,2 \frac{0,25}{3,4} - 0,3 \frac{0,25 \times 0,6}{3,4 \times 3,4} \right) 3,4$$

$$= 1,297$$

$$S_{ly} = \left(0,4 - 0,1 + 0,2 \frac{0,6}{3,4} + 0,4 \frac{0,25}{3,4} - 0,3 \frac{0,25 \times 0,6}{3,4 \times 3,4} \right) 3,4$$

$$= 1,227$$

$$M_{lx} \max = \frac{M_{lx}}{S_{lx}} = \frac{1,694}{1,297} = 1,306 \text{ ton.m}$$

$$M_{ly} \max = \frac{M_{ly}}{S_{ly}} = \frac{1,76}{1,227} = 1,435 \text{ ton.m}$$

Momen tumpuan :

$$\begin{aligned} M_{tx} &= \frac{0,062 \frac{0,6}{3,4} + 0,136 \frac{0,25}{3,4} + (-0,36)}{\frac{0,6}{3,4} + \frac{0,25}{3,4} + 1,065} 9,2 \\ &= -2,34 \text{ ton.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{ty} &= \frac{0,136 \frac{0,6}{3,4} + 0,062 \frac{0,25}{3,4} + (-0,36)}{\frac{0,6}{3,4} + \frac{0,25}{3,4} + 1,065} 9,2 \\ &= -2,28 \text{ ton.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{ty} &= -2,28 \left(1 - \left(\frac{1,815}{3,875} \right)^2 \right) \\ &= -1,78 \text{ ton.m} \end{aligned}$$

Besarnya lebar pembesian untuk beban ini adalah :

$$\begin{aligned} S_{tx} &= \left(0,4 - 0,1 + 0,1 \frac{0,6}{3,4} + 0,1 \frac{0,25}{3,4} - 0,1 \frac{0,25 \times 0,6}{3,4 \times 3,4} \right) 3,4 \\ &= 1,101 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{ty} &= \left(0,4 - 0,1 + 0,1 \frac{0,6}{3,4} + 0,4 \frac{0,25}{3,4} - 0,3 \frac{0,25 \times 0,6}{3,4 \times 3,4} \right) 3,4 \\ &= 1,101 \end{aligned}$$

$$M_{tx} \max = \frac{M_{tx}}{S_{tx}} = \frac{-2,34}{1,101} = -2,12 \text{ ton.m}$$

$$M_{ty} \max = \frac{M_{ty}}{S_{ty}} = \frac{-1,78}{1,101} = -1,62 \text{ ton.m}$$

Resume Momen dari kedua kombinasi :

Kombinasi I

$$M_{lx} \max = \mathbf{1,435} \text{ ton.m}$$

$$M_{ly} \max = \mathbf{1,306} \text{ ton.m}$$

$$M_{tx} \max = \mathbf{-1,62} \text{ ton.m}$$

$$M_{ty} \max = \mathbf{-2,12} \text{ ton.m}$$

Kombinasi II

$$M_{lx} \max = \mathbf{1,306} \text{ ton.m}$$

$$M_{ly} \max = \mathbf{1,435} \text{ ton.m}$$

$$M_{tx} \max = \mathbf{-2,12} \text{ ton.m}$$

$$M_{ty} \max = \mathbf{-1,62} \text{ ton.m}$$

Dari kedua variasi posisi kombinasi tersebut diambil nilai masing-masing yang terbesar :

$$M_{lx} \max = \mathbf{1,435} \text{ ton.m}$$

$$M_{ly} \max = \mathbf{1,435} \text{ ton.m}$$

$$M_{tx} \max = \mathbf{-2,12} \text{ ton.m}$$

$$M_{ty} \max = \mathbf{-2,12} \text{ ton.m}$$

Dari semua momen akibat beban pelat yaitu beban mati, beban hidup merata dan beban terpusat truk dikombinasikan dengan kombinasi sebagai berikut :

1. Beban Mati + Beban Hidup Merata

$$M_{lx} = 0,408 + 1,269 = 1,677 \text{ ton.m}$$

$$M_{ly} = 0,408 + 1,269 = 1,677 \text{ ton.m}$$

$$M_{tx} = -0,41 - 1,27 = -1,68 \text{ ton.m}$$

$$M_{ty} = -0,41 - 1,27 = -1,68 \text{ ton.m}$$

2. Beban Mati + Beban Terpusat Truk (M_1)

$$M_{lx} = 0,408 + 1,435 = 1,843 \text{ ton.m}$$

$$M_{ly} = 0,408 + 1,435 = 1,843 \text{ ton.m}$$

$$M_{tx} = -0,41 - 2,12 = -2,53 \text{ ton.m}$$

$$M_{ty} = -0,41 - 2,12 = -2,53 \text{ ton.m}$$

Sehingga diperoleh momen akhir sebesar :

$$M_{lx} = 1,843 \text{ ton.m}$$

$$M_{ly} = 1,843 \text{ ton.m}$$

$$M_{tx} = -2,53 \text{ ton.m}$$

$$M_{ty} = -2,53 \text{ ton.m}$$

6.1.2.4 Penulangan Pelat

Momen pelat rencana yang terbesar akibat beban truck dan dipakai dalam perhitungan penulangan, dapat dilihat pada tabel 6.4 :

Tabel 6. 4 Momen pelat rencana

Momen Pelat Rencana			
M_{lx}	M_{ly}	M_{tx}	M_{ty}
1,843	1,843	-2,53	-2,53

Data Perencanaan :

$$\text{Tebal plat (t)} = 30 \text{ cm}$$

$$\text{Cover (d)} = 8 \text{ cm}$$

$$h_x = 30 - 8 - 1,3 - (1,3/2) = 21,35 \text{ cm}$$

$$h_y = 30 - 8 - 1,3 = 20,4 \text{ cm}$$

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

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

$$\text{Diameter tulangan} = 16 \text{ mm (Utama)}$$

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{Ea}{Eb} = \frac{2100000}{120000} = 17,5 \\
 w_0 &= \frac{\dagger_a}{nx \dagger'_b} = \frac{1850}{17,5 \times 115,5} = 0,915
 \end{aligned}$$

- **Penulangan arah sumbu – x**

Penulangan lapangan

$$\begin{aligned}
 Mlx &= \mathbf{1,8426 \text{ ton.m}} \\
 &= \mathbf{184258 \text{ kg.cm}}
 \end{aligned}$$

Diasumsikan menggunakan beban tetap

$$Ca = \frac{hx}{\sqrt{\frac{nxM}{bx \dagger'_a}}} = \frac{21,35}{\sqrt{\frac{17,54 \times 184258}{100 \times 1850}}} = 5,108$$

Dengan melihat tabel Perhitungan Lentur Cara “n”, untuk Ca = 5,108 dengan $\delta = 0$, didapatkan :

$$\begin{aligned}
 w &= 3,132 > w_0 = 0,915 && \text{OK} \\
 100n\omega &= 3,863 \\
 \omega &= 0,0022
 \end{aligned}$$

Luas tulangan yang dibutuhkan

$$\begin{aligned}
 A_s &= \omega \times b \times h \\
 &= 0,0022 \times 100 \times 22,2 \\
 &= 4,89 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan D13 – 150 ($A_s = 8,844 \text{ cm}^2$)

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 : $C_3 = 1,50$; $C_4 = 0,04$; $C_5 = 7,5$

$$\check{S}_p = \frac{A}{bh} = \frac{10,05}{100 \times 30} = 0,003$$

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

$$\dagger_a = \frac{\dagger_a}{w} = \frac{1850}{3,132} = 590,7$$

Maka besarnya lebar retak didapatkan :

$$\begin{aligned}
 W &= r \left(C_3 \times d + C_4 \frac{dp}{\check{S}_p} \right) \left(\dagger_a - \frac{C_5}{\check{S}_p} \right) 10^{-6} \\
 &= 1 \left(1,5 \times 7 + 0,04 \frac{1,608}{0,003} \right) \left(590,7 - \frac{7,5}{0,003} \right) 10^{-6} \\
 &= -0,05 \text{ cm} \leq 0,01 \text{ cm} \rightarrow OK
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Mly &= \mathbf{1,8426 \quad ton.m} \\
 &= \mathbf{184258 \quad kg.cm}
 \end{aligned}$$

$$Ca = \frac{hy}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times \dagger_a}}} = \frac{20,4}{\sqrt{\frac{17,54 \times 184258}{100 \times 1850}}} = 5,12$$

Dengan melihat tabel Perhitungan Lentur Cara “n”, untuk Ca = 5, 12 dengan $\delta = 0$, didapatkan :

$$\begin{aligned} W &= 3,000 > W_0 = 0,915 && \text{OK} \\ 100n\omega &= 4,167 \\ \omega &= 0,0024 \end{aligned}$$

Luas tulangan yang dibutuhkan

$$\begin{aligned} A_s &= \omega \times b \times h \\ &= 0,0024 \times 100 \times 20,4 \\ &= 4,847 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan D13 – 150 ($A_s = 8,844 \text{ cm}^2$)

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 : $C_3 = 1,50$; $C_4 = 0,04$; $C_5 = 7,5$

$$\check{S}_p = \frac{A}{bh} = \frac{10,05}{100 \times 30} = 0,003$$

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

$$\dagger_a = \frac{\dagger_a}{W} = \frac{1850}{3,000} = 616,7$$

Maka besarnya lebar retak didapatkan :

$$\begin{aligned} W &= r \left(C_3 \times d + C_4 \frac{dp}{\check{S}_p} \right) \left(\dagger_a - \frac{C_5}{\check{S}_p} \right) 10^{-6} \\ &= 1 \left(1,5 \times 7 + 0,04 \frac{1,608}{0,003} \right) \left(616,7 - \frac{7,5}{0,003} \right) 10^{-6} \\ &= -0,05 \text{ cm} \leq 0,01 \text{ cm} \rightarrow \text{OK} \end{aligned}$$

Penulangan tumpuan

$$\begin{aligned} \text{Mtx} &= 2,531 \text{ ton.m} \\ &= 253137,5 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$

$$Ca = \frac{hx}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times \tau_a}}} = \frac{22,2}{\sqrt{\frac{17,54 \times 253137,5}{100 \times 1850}}} = 4,532$$

Dengan melihat tabel Perhitungan Lentur Cara “n”, untuk Ca = 4,532 dengan $\delta = 0$, didapatkan :

$$\begin{aligned} w &= 2,571 > w_0 = 0,915 && \text{OK} \\ 100n\omega &= 5,444 \\ \omega &= 0,0031 \end{aligned}$$

Luas tulangan yang dibutuhkan

$$\begin{aligned} A_s &= \omega \times b \times h \\ &= 0,0031 \times 100 \times 22,2 \\ &= 6,891 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan D13 – 150 ($A_s = 8,844 \text{ cm}^2$)

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 : $C_3 = 1,50$; $C_4 = 0,04$; $C_5 = 7,5$

$$\check{S}_p = \frac{A}{bh} = \frac{10,05}{100 \times 30} = 0,003$$

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

$$\tau_a = \frac{\tau_a}{w} = \frac{1850}{2,571} = 719,6$$

Maka besarnya lebar retak didapatkan :

$$\begin{aligned}
 W &= r \left(C_3 x d + C_4 \frac{dp}{\xi_p} \right) \left(\uparrow a - \frac{C_5}{\xi_p} \right) 10^{-6} \\
 &= 1 \left(1,5 x 7 + 0,04 \frac{1,608}{0,003} \right) \left(719,6 - \frac{7,5}{0,003} \right) 10^{-6} \\
 &= -0,02 \text{ cm} \leq 0,01 \text{ cm} \rightarrow OK
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{ty} &= 2,531 \text{ ton.m} \\
 &= 253137,5 \text{ kg.cm}
 \end{aligned}$$

$$Ca = \frac{hy}{\sqrt{\frac{n x M}{b x \uparrow a}}} = \frac{21,4}{\sqrt{\frac{17,54 x 253137,5}{100 x 1850}}} = 4,368$$

Dengan melihat tabel Perhitungan Lentur Cara “n”, untuk Ca = 4,368 dengan $\delta = 0$, didapatkan :

$$\begin{aligned}
 w &= 2,472 > w_0 = 0,915 \quad OK \\
 100n\omega &= 5,874 \\
 \omega &= 0,0033
 \end{aligned}$$

Luas tulangan yang dibutuhkan

$$\begin{aligned}
 A_s &= \omega x b x h \\
 &= 0,0033 x 100 x 21,4 \\
 &= 7,435 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan D13 – 150 ($A_s = 8,844 \text{ cm}^2$)

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 : $C_3 = 1,50$; $C_4 = 0,04$; $C_5 = 7,5$

$$\bar{S}_p = \frac{A}{bh} = \frac{10,05}{100 \times 30} = 0,003$$

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

$$t_a = \frac{t_a}{w} = \frac{1850}{2,472} = 748,4$$

Maka besarnya lebar retak didapatkan :

$$\begin{aligned} W &= r \left(C_3 \times d + C_4 \frac{dp}{\bar{S}_p} \right) \left(t_a - \frac{C_5}{\bar{S}_p} \right) 10^{-6} \\ &= 1 \left(1,5 \times 7 + 0,04 \frac{1,608}{0,003} \right) \left(748,4 - \frac{7,5}{0,003} \right) 10^{-6} \\ &= -0,022 \text{ cm} \leq 0,01 \text{ cm} \rightarrow OK \end{aligned}$$

Tabel 6. 5 Rekapitulasi penulangan pelat tipe 1

Arah	M	As perlu	As pasang	Pasang
Mlx	1,843	4,890	8,844	13 - 150
Mly	1,843	4,847	8,844	13 - 150
Mtx	-2,531	6,891	8,844	13 - 150
Mty	-2,531	7,435	8,844	13 - 150

6.1.3 Perencanaan Balok

6.1.3.1 Pembebanan Pada Struktur Jetty

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**

- Poer Tunggal = $1,6 \times 1,6 \times 0,8 \times 2,4$
= 4,915 ton

- Poer Ganda = $3,2 \times 1,6 \times 0,8 \times 2,4$
= 9,83 ton

- **Beban Plank Fender dan Fender**

- Berat Plank Fender = $2 \times 3 \times 0,7 \times 2,4$
= 10,08 ton

- Berat Fender = $1,39 \text{ ton/m} \times 2 \text{ m}$
= 2,78 ton

- Total berat = $10,08 + 2,78$
= 12,86 ton

- **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^2

- Beban hujan = $0,05 \times 1$

- = $0,05 \text{ ton/m}^2$

- Total beban hidup (qL) = $3,05 \text{ ton/m}^2$

- **Beban Truck**

Dari konfigurasi beban roda truk tersebut diambil yang terbesar yaitu pada roda belakang sebesar 9,20 ton dengan jarak antar roda 1,2 m dan area kontak tiap roda seluas 25 cm x 60 cm

- **Beban Uplift**

Beban uplift terjadi dari gelombang yang berada di bawah pelat dermaga yang diambil sebesar 2,576 t/m²

b. Beban Horizontal

- **Beban Reaksi Fender**

Beban reaksi fender berupa adanya tumbukan dari kapal terhadap fender sebesar 69,8 ton dan diidentifikasi sebagai beban hidup

- **Beban Angin**

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

Fw longitudinal = 1,49 ton

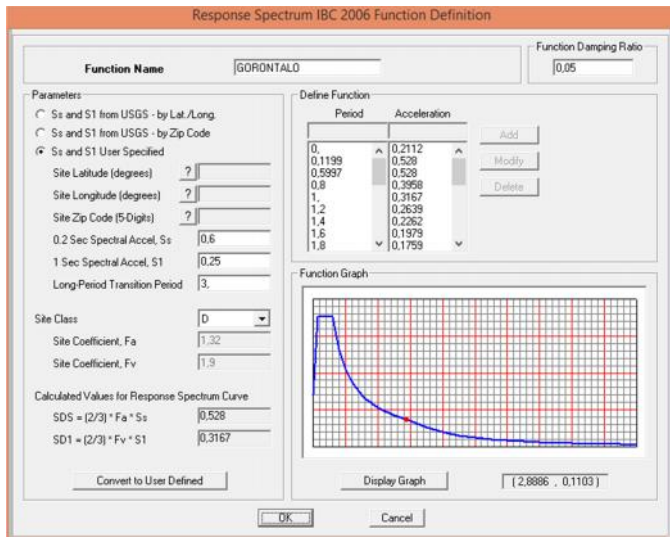
Fw transversal = 2,69 ton

- **Beban Arus**

Beban arus berkerja pada tiang pancang dihitung per – m panjang tiang dibawah muka air dengan beban sebesar 0,0125 ton/m

- **Beban Gempa**

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



Gambar 6. 4 Spektrum gempa gorontalo
(Sumber : Peta Gempa Indonesia 2017)

6.1.3.2 Kombinasi Pembebanan

Analisa struktur menggunakan program bantu SAP 2000 v14.0 dengan kombinasi beban berdasarkan DEP 35.00.10 Gen sebagai berikut :

- 1A Normal = 1,0DL + 1,0LL + 1,1F
- 2E Extreme = 1,0DL + 1,0LL + 1,0Ex + 0.3Ey
- 2E Extreme = 1,0DL + 1,0LL + 0,3Ex + 1,0Ey

Dimana :

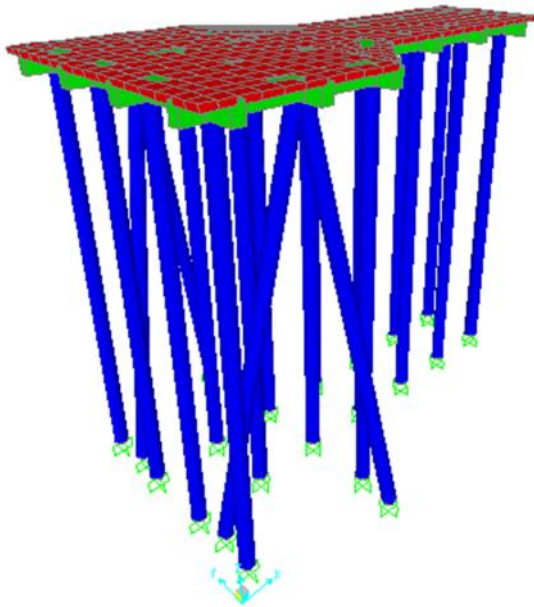
- DL = Dead Load
- LL = Live Load (pangkalan, truck, angin, arus)
- F = Beban Fender (tumbukan kapal)
- Ex = Beban Gempa Arah x
- Ey = Beban Gempa Arah y

Tinggi struktur

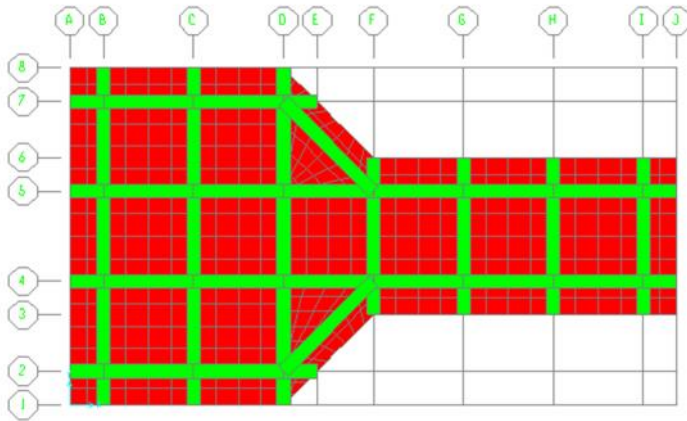
Tinggi stuktur diambil dari titik jepit tiang (point of fixity) ke elevasi tertinggi dari struktur dermaga (pelat lantai). Dari perhitungan tinggi struktur pada Bab 5.3.2 didapatkan tinggi seluruh struktur (dermaga) = $H_t = 22,5$ m..

6.1.3.3 Permodelan Pada Struktur Jetty

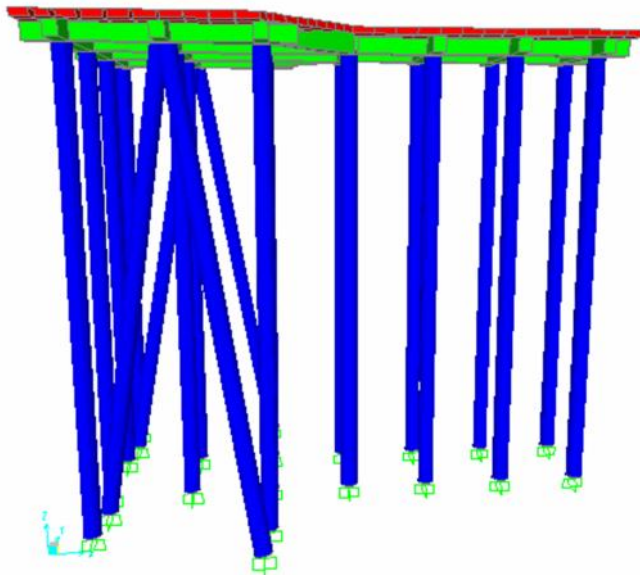
Pemodelan struktur jetty pada program SAP 2000 dapat dilihat pada Gambar 6.5 sampai Gambar 6.12.



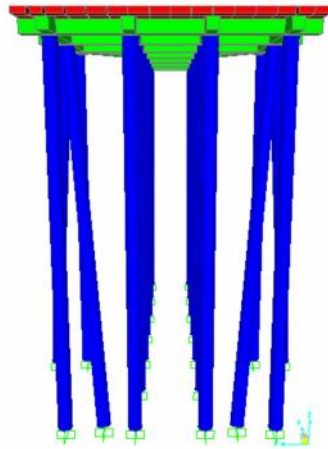
Gambar 6. 5 Tampak Jetty 3D



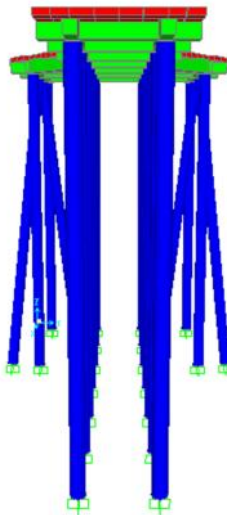
Gambar 6. 6 Tampak Atas Jetty



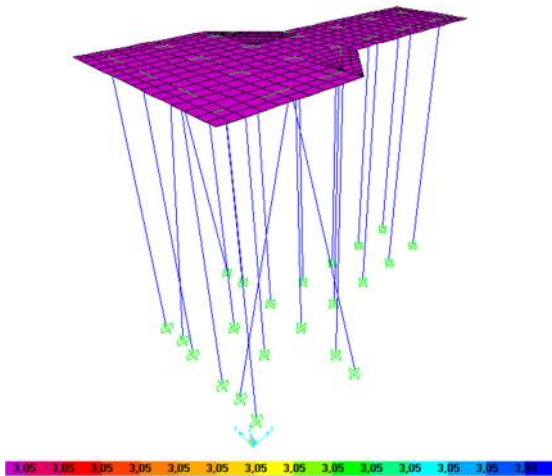
Gambar 6. 7 Tampak Samping Jetty



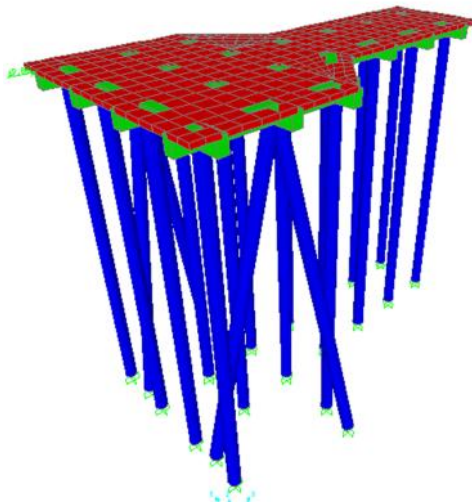
Gambar 6. 8 Tampak Depan Jetty



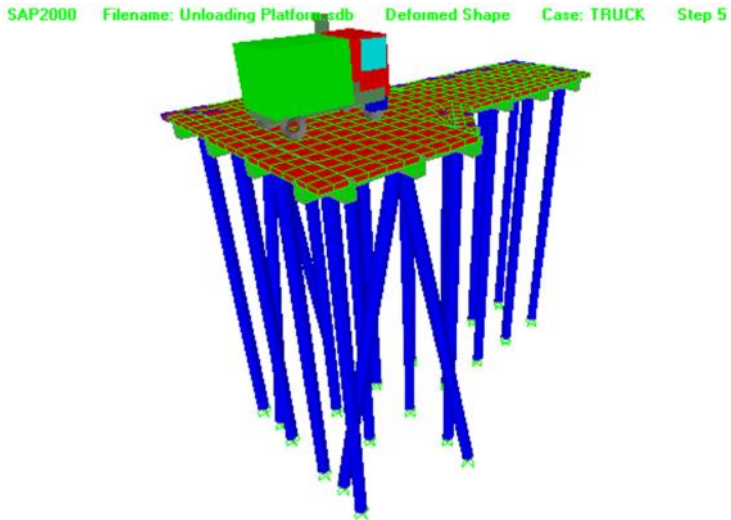
Gambar 6. 9 Tampak Belakang Jetty



Gambar 6. 10 Input Beban Hidup pada SAP 2000 v.14



Gambar 6. 11 Input Beban Fender pada SAP 2000 v.14



Gambar 6. 12 Input Beban Truck apada SAP 2000 v.14

Hasil output gaya – gaya dalam pada jetty dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 6. 6 Output gaya – gaya balok memanjang

Frame	Beban	Kombinasi	Besar	Sat
62	M tump	DD + LL + 1,1F	16653,80	kg.m
61	M lap	DD + LL + 1,1F	22943,03	kg.m
62	V maks	DD + LL + 1,1F	14990,35	kg
69	Torsi	DD + LL + 1,1F	1661,66	kg.m

(Sumber : SAP 2000 v.14)

Tabel 6. 7 Output gaya - gaya balok melintang

Frame	Beban	Kombinasi	Besar	Sat
59	M tump	DD + LL + 1,1F	22581,90	kg.m
59	M lap	DD + LL + 1,1F	14147,89	kg.m
59	V maks	DD + LL + 1,1F	19274,94	kg
47	Torsi	DD + LL + 1,1F	2077,57	kg.m

(Sumber : SAP 2000 v.14)

6.1.3.4 Penulangan Balok Memanjang

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

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

Mutu baja

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

$$\begin{aligned} \text{Diamter tulangan} &= 22 \text{ mm (Utama)} \\ &= 13 \text{ mm (Geser)} \end{aligned}$$

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

$$w_0 = \frac{t_a}{nx t'_b} = \frac{1850}{17,5 \times 115,5} = 0,915$$

Momen balok

Dalam perhitungan ini penulangan balok memanjang diambil berdasarkan gaya maksimum yang bekerja dari hasil SAP 2000 v.14. Lihat **tabel 6.6**

$$\begin{aligned} Mu &= 16653,80 \text{ kg m (tumpuan)} \\ &= 22943,03 \text{ kg m (lapangan)} \end{aligned}$$

Perhitungan tulangan lapangan

$$\begin{aligned} Mu &= 22943,03 \text{ kg.m} \\ &= 2294303 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$

$$Ca = \frac{h}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times t'_a}}} = \frac{79,60}{\sqrt{\frac{17,5 \times 2294303}{60 \times 1850}}} = 4,185$$

Dengan melihat tabel Perhitungan Lentur Cara “n”, untuk $Ca = 4,185$ dengan $\delta = 0,4$, didapatkan :

$$w = 2,509 > w_0 = 0,915 \quad \text{OK}$$

$$100n\omega = 6,336$$

$$\omega = 0,0036$$

Luas tulangan tarik

$$\begin{aligned} As &= \omega \times b \times h \\ &= 0,0036 \times 60 \times 79,60 \\ &= 17,29 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan 6D22 ($As = 22,796 \text{ cm}^2$)

Luas tulangan tekan

$$\begin{aligned} A_s' &= \delta \times A_s \\ &= 0,4 \times 22,796 \\ &= 15,20 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan 4D22 ($A_s = 15,20 \text{ cm}^2$)

Luas tulangan samping

$$\begin{aligned} A_{sd} &= 10\% \times A_s \\ &= 10\% \times 22,80 \\ &= 2,28 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

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 :

$$\begin{aligned} s &= \frac{b - 2d - 2W - nD}{n - 1} \\ &= \frac{60 - 16 - 2,6 - 8,8}{3} = 10,87 \text{ cm} > 3,2 \text{ cm} \rightarrow OK \end{aligned}$$

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 : $C_3 = 1,50$; $C_4 = 0,04$; $C_5 = 7,5$

$$\check{S}_p = \frac{A}{bh} = \frac{22,8}{60 \times 90} = 0,004$$

$$dp = 12,8 \times \sqrt{3,851} = 22,11 \text{ mm} = 2,211 \text{ cm}$$

$$\dagger_a = \frac{\dagger_a}{w} = \frac{1850}{2,509} = 737,3$$

Maka besarnya lebar retak didapatkan :

$$\begin{aligned}
 W &= r \left(C_3 x d + C_4 \frac{dp}{S_p} \right) \left(\dagger a - \frac{C_5}{S_p} \right) 10^{-6} \\
 &= 1 \left(1,5x8 + 0,04 \frac{2,211}{0,004} \right) \left(737,3 - \frac{7,5}{0,004} \right) 10^{-6} \\
 &= -0,034 \text{ cm} \leq 0,01 \text{ cm} \rightarrow OK
 \end{aligned}$$

Perhitungan tulangan tumpuan

$$\begin{aligned}
 Mu &= 16653,80 \text{ kg.m} \\
 &= 1665380 \text{ kg.cm}
 \end{aligned}$$

$$Ca = \frac{h}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times \dagger ' a}}} = \frac{79,60}{\sqrt{\frac{17,5 \times 1665380}{60 \times 1850}}} = 4,912$$

Dengan melihat tabel Perhitungan Lentur Cara “n”, untuk Ca = 4,912 dengan $\delta = 0,4$, didapatkan :

$$\begin{aligned}
 w &= 2,922 > w_0 = 0,915 && OK \\
 100n\omega &= 4,760 \\
 \omega &= 0,0027
 \end{aligned}$$

Luas tulangan tarik

$$\begin{aligned}
 As &= \omega \times b \times h \\
 &= 0,0027 \times 60 \times 79,60 \\
 &= 12,99 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan 4D22 (As = 15,20 cm²)

Luas tulangan tekan

$$\begin{aligned}
 As' &= \delta \times As \\
 &= 0,4 \times 15,20 \\
 &= 6,08 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan 2D22 ($A_s = 7,60 \text{ cm}^2$)

Luas tulangan samping

$$\begin{aligned} A_{sd} &= 10\% \times A_s \\ &= 10\% \times 15,20 \\ &= 1,52 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan 2D16 ($A_s = 4,02 \text{ cm}^2$)

Cek jarak tulangan

Tulangan direncanakan hanya terdiri dari 1 baris yang berisi 4 tulangan, sehingga jarak tulangan sebesar :

$$\begin{aligned} s &= \frac{b - 2d - 2w - nD}{n - 1} \\ &= \frac{60 - 16 - 2,6 - 8,8}{3} = 10,87 \text{ cm} > 3,2 \text{ cm} \rightarrow OK \end{aligned}$$

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 : $C_3 = 1,50$; $C_4 = 0,04$; $C_5 = 7,5$

$$\check{S}_p = \frac{A}{bh} = \frac{15,2}{60 \times 90} = 0,003$$

$$dp = 12,8 \times \sqrt{3,851} = 22,11 \text{ mm} = 2,211 \text{ cm}$$

$$\dagger_a = \frac{\dagger_a}{w} = \frac{1850}{2,922} = 633,1$$

Maka besarnya lebar retak didapatkan :

$$\begin{aligned}
 W &= \gamma \left(C_3 x d + C_4 \frac{dp}{S_p} \right) \left(\dagger a - \frac{C_5}{S_p} \right) 10^{-6} \\
 &= 1 \left(1,5x8 + 0,04 \frac{2,211}{0,003} \right) \left(633,1 - \frac{7,5}{0,003} \right) 10^{-6} \\
 &= 0,088 \text{ cm} \leq 0,01 \text{ cm} \rightarrow OK
 \end{aligned}$$

Kontrol dimensi balok

$$V = 14990,35 \text{ kg}$$

$$T = 1661,66 \text{ kg.m}$$

$$\dagger_b = \frac{V}{b x \frac{7}{8} x h} = \frac{14990,35}{60x \frac{7}{8} x 90} = 3,173 \text{ kg} / \text{cm}^2$$

Untuk $ht > b$

$$\mathbb{E} = 3 + \frac{2,6}{0,45 + \frac{h}{b}} = 3 + \frac{2,6}{0,45 + \frac{90}{60}} = 4,33$$

Tegangan geser puntir beton pada penampang balok persegi di tengah – tengah tepi penampang yang vertikal (**PBI'71 Pasal 11.8.1**) :

$$\dagger'_b = \frac{\mathbb{E} x T}{b^2 x h} = \frac{4,33 x 166166}{60^2 x 90} = 2,222 \text{ kg} / \text{cm}^2$$

$$\dagger_b + \dagger'_b = 3,173 + 2,222 = 5,395 \text{ kg} / \text{cm}^2$$

$$\dagger_{bm} = 1,62\sqrt{350} = 30,31 \text{ kg} / \text{cm}^2$$

$$\dagger_b + \dagger'_b < \dagger_{bm} \rightarrow OK$$

Ukuran balok 60/90 sudah memenuhi syarat

Perhitungan tulangan geser (seengkang)

Tegangan beton yang diijinkan berdasarkan PBI '71 tabel 10.4.2 akibat geser oleh lentur dengan puntir, dengan tulangan geser :

Untuk pembebanan tetap :

$$\begin{aligned} \dagger'_{bm-t} &= 1,35\sqrt{350} \\ &= 25,26 \text{ kg} / \text{cm}^2 \end{aligned}$$

Untuk pembebanan sementara

$$\begin{aligned} \dagger'_{bm-s} &= 2,12\sqrt{350} \\ &= 39,66 \text{ kg} / \text{cm}^2 \end{aligned}$$

Sengkang di tumpuan balok (1/4L)

$$\dagger_b = \frac{(2-0,3)}{2} \times 3,173 = 2,697 \text{ kg} / \text{cm}^2$$

Direncanakan sengkang

Diameter = 13 mm

As = 1,327 cm²

Untuk 2 kaki = 2,653 cm²

$$as < \frac{As \times \dagger_a}{\dagger_b \times b} = \frac{2,653 \times 1850}{2,697 \times 60} = 30,34 \text{ cm}$$

Maka dipasang tulangan geser D13 – 100

Sengkang didaerah >1/4L dari ujung balok :

$$\dagger_b = \frac{(1,7-0,85)}{1,7} \times 3,697 = 1,348 \text{ kg} / \text{cm}^2$$

Direncanakan sengkang

Diameter = 13 mm

As = 1,327 cm²

Untuk 2 kaki = 2,653 cm²

$$as < \frac{As \uparrow a}{\uparrow_b \times b} = \frac{2,653 \times 1850}{1,348 \times 60} = 60,67 \text{ cm}$$

Maka dipasang tulangan geser D13 – 200

Panjang penyaluran

Untuk tulangan tarik, berdasarkan PBI'71 Pasal 8.6.2 diambil nilai terbesar dari persamaan berikut :

$$Ld = 0,07 \frac{A \uparrow'_{au}}{\sqrt{\uparrow'_{bk}}} > 0,0065 d_p \uparrow'_{au}$$

As tulangan D22 = 3,799 cm²

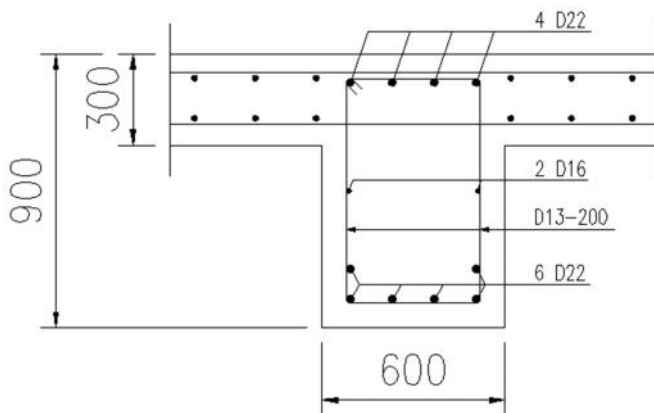
$$\begin{aligned} Ld &= 0,07 \frac{3,799 \times 3200}{\sqrt{350}} > 0,0065 \times 2,211 \times 3200 \\ &= 45,49 \text{ cm} < 45,98 \text{ cm} \end{aligned}$$

Maka panjang penyaluran dipakai 50 cm

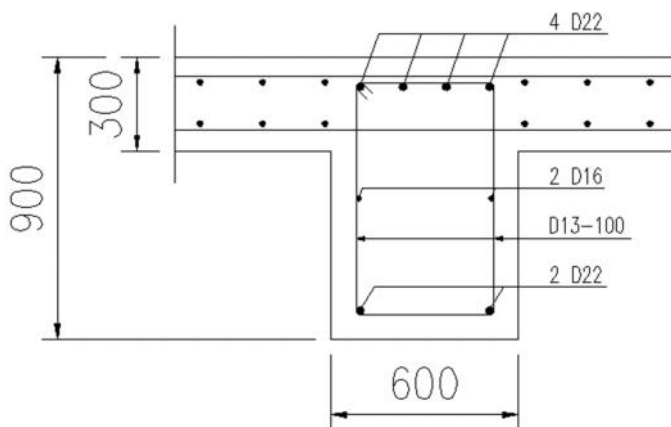
Untuk tulangan tekan, berdasarkan PBI'71 Pasal 8.7.2 diambil nilai terbesar dari persamaan berikut :

$$\begin{aligned} Ld &= 0,09 \frac{D \uparrow'_{au}}{\sqrt{\uparrow'_{bk}}} > 0,005 d_p \uparrow'_{au} \\ &= 0,09 \frac{2,2 \times 3200}{\sqrt{350}} > 0,005 \times 2,211 \times 3200 \\ &= 33,87 \text{ cm} < 35,37 \text{ cm} \end{aligned}$$

Maka panjang penyaluran dipakai 40 cm



Gambar 6. 13 Sketsa tulangan lapangan balok memanjang



Gambar 6. 14 Sketsa tulangan tumpuan balok memanjang

6.1.3.5 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

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

Mutu baja

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

$$\begin{aligned} \text{Diamter tulangan} &= 22 \text{ mm (Utama)} \\ &= 13 \text{ mm (Geser)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n &= \frac{Ea}{Eb} = \frac{2100000}{120000} = 17,5 \\ w_0 &= \frac{\dagger_a}{n \times \dagger'_b} = \frac{1850}{17,5 \times 115,5} = 0,915 \end{aligned}$$

Momen balok

Dalam perhitungan ini penulangan balok memanjang diambil berdasarkan gaya maksimum yang bekerja dari hasil SAP 2000 v.14. Lihat **Tabel 6.7**

$$\begin{aligned} Mu &= 22581,90 \text{ kg.m (tumpuan)} \\ &= 14147,89 \text{ kg.m (lapangan)} \end{aligned}$$

Perhitungan tulangan lapangan

$$\begin{aligned} Mu &= 14147,89 \text{ kg.m} \\ &= 1414789 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$

$$Ca = \frac{h}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times t' \times a}}} = \frac{79,60}{\sqrt{\frac{17,5 \times 1414789}{60 \times 1850}}} = 5,330$$

Dengan melihat tabel Perhitungan Lentur Cara “n”, untuk $Ca = 5,330$ dengan $\delta = 0,4$, didapatkan :

$$w = 3,225 > w_0 = 0,915 \quad \text{OK}$$

$$100n\omega = 3,884$$

$$\omega = 0,0022$$

Luas tulangan tarik

$$\begin{aligned} As &= \omega \times b \times h \\ &= 0,0022 \times 60 \times 79,6 \\ &= 10,60 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan 4D22 ($As = 15,20 \text{ cm}^2$)

Luas tulangan tekan

$$\begin{aligned} As' &= \delta \times As \\ &= 0,4 \times 15,2 \\ &= 6,08 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

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 :

$$s = \frac{b - 2d - 2W - nD}{n - 1}$$

$$= \frac{60 - 16 - 2,6 - 8,8}{3} = 10,87 \text{ cm} > 3,2 \text{ cm} \rightarrow OK$$

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 : $C_3 = 1,50$; $C_4 = 0,04$; $C_5 = 7,5$

$$\check{S}_p = \frac{A}{bh} = \frac{15,2}{60 \times 90} = 0,003$$

$$dp = 12,8 \times \sqrt{2,983} = 22,11 \text{ mm} = 2,211 \text{ cm}$$

$$\dagger_a = \frac{\dagger_a}{W} = \frac{1850}{2,774} = 573,6$$

Maka besarnya lebar retak didapatkan :

$$W = r \left(C_3 \times d + C_4 \frac{dp}{\check{S}_p} \right) \left(\dagger_a - \frac{C_5}{\check{S}_p} \right) 10^{-6}$$

$$= 1 \left(1,5 \times 8 + 0,04 \frac{2,211}{0,003} \right) \left(573,6 - \frac{7,5}{0,003} \right) 10^{-6}$$

$$= -0,091 \text{ cm} \leq 0,01 \text{ cm} \rightarrow OK$$

Perhitungan tulangan lapangan

$$Mu = 22581,90 \text{ kg.m}$$

$$= 2258190 \text{ kg.cm}$$

$$Ca = \frac{h}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times f' \times a}}} = \frac{79,60}{\sqrt{\frac{17,5 \times 225190}{60 \times 1850}}} = 4,219$$

Dengan melihat tabel Perhitungan Lentur Cara “n”, untuk $Ca = 4,219$ dengan $\delta = 0,4$, didapatkan :

$$w = 2,571 > w_0 = 0,915 \quad \text{OK}$$

$$100n\omega = 6,049$$

$$\omega = 0,0035$$

Luas tulangan tarik

$$\begin{aligned} A_s &= \omega \times b \times h \\ &= 0,0035 \times 60 \times 79,60 \\ &= 16,51 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan 6D22 ($A_s = 22,80 \text{ cm}^2$)

Luas tulangan tekan

$$\begin{aligned} A_s' &= \delta \times A_s \\ &= 0,4 \times 22,80 \\ &= 9,12 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan 4D22 ($A_s = 15,20 \text{ cm}^2$)

Luas tulangan samping

$$\begin{aligned} A_{sd} &= 10\% \times A_s \\ &= 10\% \times 22,80 \\ &= 2,28 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan 2D16 ($A_s = 4,02 \text{ cm}^2$)

Cek jarak tulangan

Tulangan direncanakan hanya terdiri dari 1 baris yang berisi 4 tulangan, sehingga jarak tulangan sebesar :

$$s = \frac{b - 2d - 2w - nD}{n - 1}$$

$$= \frac{60 - 16 - 2,6 - 8,8}{3} = 10,87 \text{ cm} > 3,2 \text{ cm} \rightarrow OK$$

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 : $C_3 = 1,50$; $C_4 = 0,04$; $C_5 = 7,5$

$$\tilde{S}_p = \frac{A}{bh} = \frac{22,8}{60 \times 90} = 0,004$$

$$dp = 12,8x\sqrt{2,983} = 22,11 \text{ mm} = 2,211 \text{ cm}$$

$$\dagger_a = \frac{\dagger_a}{w} = \frac{1850}{2,571} = 719,6$$

Maka besarnya lebar retak didapatkan :

$$W = r \left(C_3 x d + C_4 \frac{dp}{\tilde{S}_p} \right) \left(\dagger_a - \frac{C_5}{\tilde{S}_p} \right) 10^{-6}$$

$$= 1 \left(1,5x8 + 0,04 \frac{2,211}{0,004} \right) \left(719,6 - \frac{7,5}{0,004} \right) 10^{-6}$$

$$= -0,035 \text{ cm} \leq 0,01 \text{ cm} \rightarrow OK$$

Kontrol dimensi balok

$$V = 19274,94 \text{ kg}$$

$$T = 2077,57 \text{ kg.m}$$

$$\dagger_b = \frac{V}{b x \frac{7}{8} x h} = \frac{19274,94}{60x\frac{7}{8}x90} = 4,079 \text{ kg / cm}^2$$

Untuk $ht > b$

$$\xi = 3 + \frac{2,6}{0,45 + \frac{h}{b}} = 3 + \frac{2,6}{0,45 + \frac{90}{60}} = 4,33$$

Tegangan geser puntir beton pada penampang balok persegi di tengah – tengah tepi penampang yang vertikal (**PBI'71 Pasal 11.8.1**) :

$$\tau'_b = \frac{\xi \times T}{b^2 \times h} = \frac{4,33 \times 207757}{60^2 \times 90} = 2,779 \text{ kg} / \text{cm}^2$$

$$\tau_b + \tau'_b = 4,079 + 2,779 = 6,858 \text{ kg} / \text{cm}^2$$

$$\tau_{bm} = 1,62\sqrt{350} = 30,31 \text{ kg} / \text{cm}^2$$

$$\tau_b + \tau'_b < \tau_{bm} \rightarrow OK$$

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 :

$$\begin{aligned} \tau'_{bm-t} &= 1,35\sqrt{350} \\ &= 25,26 \text{ kg} / \text{cm}^2 \end{aligned}$$

Untuk pembebanan sementara

$$\begin{aligned} \tau'_{bm-s} &= 2,12\sqrt{350} \\ &= 39,66 \text{ kg} / \text{cm}^2 \end{aligned}$$

Sengkang di tumpuan balok (1/4L)

$$\tau_b = \frac{(2-0,3)}{2} \times 4,079 = 3,467 \text{ kg} / \text{cm}^2$$

Direncanakan sengkang

Diameter = 13 mm

As = 1,327 cm²

Untuk 2 kaki = 2,653 cm²

$$as < \frac{As \times a}{f_b \times b} = \frac{2,653 \times 1850}{3,467 \times 60} = 23,59 \text{ cm}$$

Maka dipasang tulangan geser D13 – 100

Sengkang didaerah $>1/4L$ dari ujung balok :

$$f_b = \frac{(1,7 - 0,85)}{1,7} \times 3,467 = 1,734 \text{ kg / cm}^2$$

Direncanakan sengkang

Diameter = 13 mm

As = 1,327 cm²

Untuk 2 kaki = 2,653 cm²

$$as < \frac{As \times a}{f_b \times b} = \frac{2,653 \times 1850}{1,734 \times 60} = 47,19 \text{ cm}$$

Maka dipasang tulangan geser D13 – 200

Panjang penyaluran

Untuk tulangan tarik, berdasarkan PBI'71 Pasal 8.6.2 diambil nilai terbesar dari persamaan berikut :

$$Ld = 0,07 \frac{A \times f'_{au}}{\sqrt{f'_{bk}}} > 0,0065 d_p \times f'_{au}$$

As tulangan D22 = 3,799 cm²

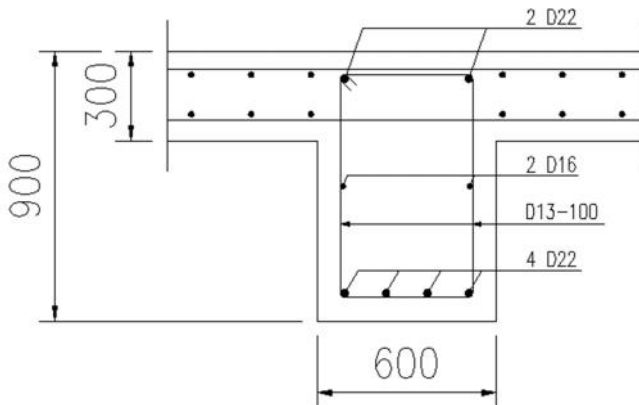
$$\begin{aligned}
 Ld &= 0,07 \frac{3,799 \times 3200}{\sqrt{350}} > 0,0065 \times 2,211 \times 3200 \\
 &= 45,49 \text{ cm} > 45,98 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Maka panjang penyaluran dipakai 50 cm

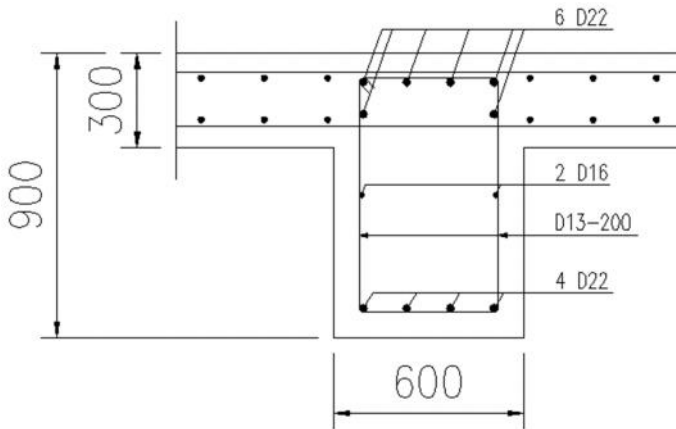
Untuk tulangan tekan, berdasarkan PBI'71 Pasal 8.7.2 diambil nilai terbesar dari persamaan berikut :

$$\begin{aligned}
 Ld &= 0,09 \frac{D \uparrow'_{au}}{\sqrt{\uparrow'_{bk}}} > 0,005 d_p \uparrow'_{au} \\
 &= 0,09 \frac{2,2 \times 3200}{\sqrt{350}} < 0,005 \times 2,211 \times 3200 \\
 &= 33,87 \text{ cm} < 35,37 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Maka panjang penyaluran dipakai 50 cm



Gambar 6. 15 Sketsa tulangan lapangan balok melintang



Gambar 6. 16 Sketsa tulangan tumpuan balok melintang

6.1.3.6 Penulangan Plank Fender

Struktur plank Fender terletak di depan (face line) dermaga, struktur ini direncanakan sebagai plat kantilever yang menerima gaya horisontal terpusat akibat beban tumbukan kapal pada fender.

Data Perencanaan :

Tinggi (H)	= 70 cm
Lebar(b)	= 200 cm
Cover (d)	= 7 cm
h	= 70 - 7 - 2,2 - (2,2/2)
	= 59,7 cm

Mutu beton

σ'_{bk}	= 350 kg/cm ² (K - 350)
σ'_b	= 115,5 kg/cm ²
E_b	= 1,2 x 10 ⁵ kg/cm ²

Mutu baja

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

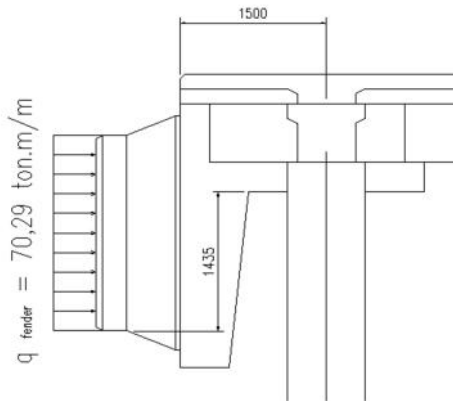
$$\text{Diameter tulangan} = 29 \text{ mm (Utama)}$$

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

$$w_0 = \frac{\dagger_a}{n \times \dagger'_b} = \frac{1850}{17,5 \times 115,5} = 0,915$$

Momen Plank Fender

Penulangan plank fender dianalisa berdasarkan gaya fender 70,29 Ton.m/m yang bekerja sejarak 1,435 m dari ujung plank fender yang bertumpu pada struktur dermaga. Ilustrasi beban fender dapat dilihat pada gambar



Gambar 6. 17 Ilustrasi beban fender pada jetty

$$\begin{aligned}P \text{ tumbukan} &= 70,29 \text{ Ton/m} \times 1,435 \text{ m} \\ &= 100,9 \text{ Ton} = 100866,2 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Eksentrisitas} &= 1,435 \text{ m} / 2 \\ &= 0,718 \text{ m} = 71,75 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M &= P_{\text{Fender}} \times e \\ &= 100866,2 \text{ kg} \times 71,75 \text{ cm} \\ &= 7237146 \text{ kg m}\end{aligned}$$

$$Ca = \frac{h}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times \dagger_a}}} = \frac{59,70}{\sqrt{\frac{17,5 \times 7237146}{200 \times 1850}}} = 3,227$$

Dengan melihat tabel Perhitungan Lentur Cara “n”, untuk $Ca = 3,227$ dengan $\delta = 1$, didapatkan :

$$\begin{aligned}w &= 2,175 > w_0 = 0,915 && \text{OK} \\ 100n\omega &= 10,56 \\ \omega &= 0,0060\end{aligned}$$

Luas tulangan yang dibutuhkan

$$\begin{aligned}As &= \omega \times b \times h \\ &= 0,0060 \times 200 \times 59,7 \\ &= 72,05 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

Dipasang tulangan D22 - 100 ($As = 75,988 \text{ cm}^2$)

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 : $C_3 = 1,50$; $C_4 = 0,04$; $C_5 = 7,5$

$$\check{S}_p = \frac{A}{bh} = \frac{75,99}{200 \times 70} = 0,005$$

$$dp = 12,8 \times \sqrt{5,18} = 29,14 \text{ mm} = 2,914 \text{ cm}$$

$$\dagger_a = \frac{\dagger_a}{w} = \frac{1850}{2,175} = 850,6$$

Maka besarnya lebar retak didapatkan :

$$\begin{aligned}
 W &= r \left(C_3 x d + C_4 \frac{dp}{S_p} \right) \left(\dagger a - \frac{C_5}{S_p} \right) 10^{-6} \\
 &= 1 \left(1,5x7 + 0,04 \frac{2,211}{0,005} \right) \left(850,6 - \frac{7,5}{0,005} \right) 10^{-6} \\
 &= -0,014 \text{ cm} \leq 0,01 \text{ cm} \rightarrow OK
 \end{aligned}$$

Panjang penyaluran

Untuk tulangan tarik, berdasarkan PBI'71 Pasal 8.6.2 diambil nilai terbesar dari persamaan berikut :

$$Ld = 0,07 \frac{A \dagger'_{au}}{\sqrt{\dagger'_{bk}}} > 0,0065 d_p \dagger_{au}$$

As tulangan D22 = 3,799 cm²

$$\begin{aligned}
 Ld &= 0,07 \frac{3,899 x 3200}{\sqrt{350}} > 0,0065 x 2,211 x 3200 \\
 &= 45,49 \text{ cm} < 45,98 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Maka panjang penyaluran dipakai 50 cm

Untuk tulangan tekan, berdasarkan PBI'71 Pasal 8.7.2 diambil nilai terbesar dari persamaan berikut :

$$\begin{aligned}
 Ld &= 0,09 \frac{D \dagger'_{au}}{\sqrt{\dagger'_{bk}}} > 0,005 d_p \dagger_{au} \\
 &= 0,09 \frac{2,2 x 3200}{\sqrt{350}} > 0,005 x 2,211 x 3200 \\
 &= 33,87 \text{ cm} < 35,37 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Maka panjang penyaluran dipakai 50 cm

6.1.4 Perencanaan Poer (Pile Cap)

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 = 160 x 160 x 80 cm
- Poer ganda = 320 x 160 x 80 cm

6.1.4.1 Penulangan poer tunggal

Data Perencanaan :

Tinggi (H)	= 80 cm
Lebar (b)	= 160 cm
Panjang (l)	= 160 cm
Cover (d)	= 8 cm
hx	= 80 – 8 – (2,5/2)
	= 70,75 cm
hy	= 80 – 8 – 2,5 – (2,5/2)
	= 68,25 cm

Mutu beton

σ'_{bk}	= 350 kg/cm ² (K – 350)
σ'_b	= 115,5 kg/cm ²
E_b	= 1,2 x 10 ⁵ kg/cm ²

Mutu baja

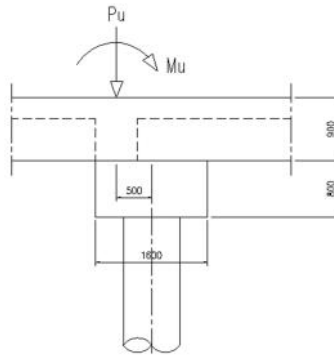
σ_{au}	= 3200 kg (U – 32)
E_a	= 2,1 x 10 ⁶ kg/cm ²
$\sigma_a = \sigma'_a$	= 1850 kg/cm ²
σ^*_{au}	= 2780 kg/cm ²

Diamter tulangan = 25 mm

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

$$w_0 = \frac{t_a}{n \times t'_b} = \frac{1850}{17,5 \times 115,5} = 0,915$$

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 dibawah



Gambar 6. 18 Eksentrisitas poer tunggal

Gaya – gaya yang terjadi pada poer tunggal

$$Pu = 64057,3 \text{ kg}$$

$$Mx = 43072,66 \text{ kg.m}$$

$$My = 31835,27 \text{ kg.m}$$

$$e = 0,5 \text{ m}$$

$$Mx = e \times Pu + Mx$$

$$= 0,5 \times 64057,3 + 43072,66$$

$$= 75101,32 \text{ kg.m} \quad = 7510131 \text{ kg.cm}$$

$$\begin{aligned}
 M_y &= e \times Pu + Mu \\
 &= 0,5 \times 64057,3 + 31835,27 \\
 &= 63863,92 \text{ kg.m} \qquad = 6386392 \text{ kg.cm}
 \end{aligned}$$

Penulangan poer arah x

$$Ca = \frac{hx}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times t' \times a}}} = \frac{70,75}{\sqrt{\frac{17,5 \times 7510131}{160 \times 1850}}} = 3,358$$

Dengan melihat tabel Perhitungan Lentur Cara “n”, untuk $Ca = 3,358$ dengan $\delta = 1$, didapatkan :

$$w = 2,226 > w_0 = 0,915 \quad \text{OK}$$

$$100n\omega = 10,01$$

$$\omega = 0,0057$$

Luas tulangan yang dibutuhkan

$$\begin{aligned}
 A_s &= \omega \times b \times h \\
 &= 0,0057 \times 160 \times 70,75 \\
 &= 64,75 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan D25 – 100 ($A_s = 78,50 \text{ cm}^2$)

Luas tulangan samping

$$\begin{aligned}
 A_{sd} &= 10\% \times A_s \\
 &= 10\% \times 78,50 \\
 &= 7,85 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan 2D25 ($A_s = 9,81 \text{ cm}^2$)

Penulangan poer arah y

$$Ca = \frac{hy}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times t' \times a}}} = \frac{68,25}{\sqrt{\frac{17,5 \times 6386392}{160 \times 1850}}} = 3,512$$

Dengan melihat tabel Perhitungan Lentur Cara “n”, untuk Ca = 3,512 dengan $\delta = 1$, didapatkan :

$$w = 2,233 > w_0 = 0,915 \quad \text{OK}$$

$$100n\omega = 9,000$$

$$\omega = 0,0051$$

Luas tulangan yang dibutuhkan

$$\begin{aligned} As &= \omega \times b \times h \\ &= 0,0051 \times 160 \times 68,25 \\ &= 56,16 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan D25 – 100 ($As = 78,50 \text{ cm}^2$)

Luas tulangan samping

$$\begin{aligned} Asd &= 10\% \times As \\ &= 10\% \times 78,50 \\ &= 7,85 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan 2D25 ($As = 9,81 \text{ cm}^2$)

Kontrol kekuatan tulangan terhadap gaya tarik pada sambungan antara pile-poer-balok

Tulangan harus dicek kemampuannya dalam menahan gaya aksial (P) tarik sebesar yang terjadi pada tiang sebesar 17,48 ton. Beberapa hal yang harus dicek antara lain

- Kekuatan tarik dari tulangan yang berada didalam steel pipe pile (**6D19, $f_y = 320 \text{ MPa}$**) :
 1. P_{nt} (kekuatan tarik tulangan = $As \cdot n \cdot f_y \cdot \emptyset$)

2. Dimana $\emptyset = 0.8$ (SNI 2847 2002, 11.3.2 , \emptyset untuk axial tension atau P_{tarik})
 3. $P_{nt} = 283,4 \times 6 \times 320 \times 0,8 = 435279,4 \text{ N} = 43,53 \text{ ton}$
 4. $P_{nt} > P_{tension} = 43,53 \text{ ton} > 17,48 \text{ ton} \rightarrow \mathbf{OK}$
- Panjang penyaluran tulangan steel pipe pile ke dalam poer (**6D19, L=600 mm**)
1. P tension = 17,48 ton = 174849 N
 2. $fr = 0,7\sqrt{fc'} = 0,7\sqrt{29,05} = 3,773$
 3.
$$L = \frac{P_{tension}}{n \times f \times D \times fr} < L_{pasang}$$

$$= \frac{174849}{6 \times 3,14 \times 19 \times 3,773} = 129,47 \text{ mm} < 600 \text{ mm} \rightarrow \mathbf{OK}$$
- Kekuatan tarik angker pada poer ke balok (**6D19, fy = 320 MPa**)
1. P_{nt} (kekuatan tarik tulangan = $A_s \cdot n \cdot f_y \cdot \emptyset$)
 2. Dimana $\emptyset = 0.8$ (SNI 2847 2002, 11.3.2 , \emptyset untuk axial tension atau P_{tarik})
 3. $P_{nt} = 283,4 \times 6 \times 320 \times 0,8 = 435279 \text{ N} = 43,53 \text{ ton}$
 4. $P_{nt} > P_{tension} = 43,53 \text{ ton} > 17,48 \text{ ton} \rightarrow \mathbf{OK}$
- Panjang penyaluran angker poer ke balok (**6D19, L=600 mm**)
1. P tension = 17,48 ton = 174849 N
 2. $fr = 0,7\sqrt{fc'} = 0,7\sqrt{29,05} = 3,773$
 3.
$$L = \frac{P_{tension}}{n \times f \times D \times fr} < L_{pasang}$$

$$= \frac{174849}{6 \times 3,14 \times 19 \times 3,773} = 129,47 \text{ mm} < 600 \text{ mm} \rightarrow \mathbf{OK}$$

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 :

$$f_b = 0,48\sqrt{f_{bk}} = 0,48\sqrt{350} = 8,98 \text{ kg / cm}^2$$

Tegangan tarik ijin diatas yang akan digunakan untuk mengontrol gaya tarik aksial pada beton.

$$\begin{aligned} A_s &= x D x h \\ &= 3,14 x 81,82 x 50 \\ &= 12761 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_i &= b x A_s \\ &= 8,98 x 12761 \\ &= 114593,1 \text{ kg} = 114,59 \text{ ton} > 17,48 \text{ ton} \rightarrow \text{OK} \end{aligned}$$

Kontrol kekuatan tulangan dan beton pada sambungan antara pile-pilecap-balok dalam menerima gaya geser

Gaya horisontal maksimum (Shear Force) pada tiang pancang 2,761 ton = 2761 N (*frame 73*). Beberapa hal yang perlu dikontrol antara lain :

- Kekuatan tulangan didalam steel pipe pile (**6D19, $f_y = 320$ 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. $P_{nt} = 283,4 x 6 x 320 x 0,75 = 408074,4 \text{ N} = 40,81 \text{ ton}$
 4. $P_{nt} > P_{tension} = 40,81 \text{ ton} > 2,76 \text{ ton} \rightarrow \text{OK}$

- Tegangan geser beton dan pelat, serta kekuatan beton menerima gaya horisontal.

$$\begin{aligned}
 V_n &= n \times L \times D \times f_c' \\
 &= 6 \times 600 \times 19 \times 29,05 \\
 &= 1987020 \text{ N} > 27610 \text{ N} \quad \rightarrow \text{OK}
 \end{aligned}$$

- Kekuatan tulangan angker dari poer ke balok (6D19, $f_y = 320 \text{ MPa}$)

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. $P_{nt} = 238,4 \times 6 \times 320 \times 0,75 = 408074,4 \text{ N} = 40,81 \text{ ton}$
4. $P_{nt} > P_{tension} = 40,81 \text{ ton} > 2,76 \text{ ton} \rightarrow \text{OK}$

6.1.4.2 Penulangan poer ganda

Data Perencanaan :

Tinggi (H)	= 80 cm
Lebar (b)	= 160 cm
Panjang (l)	= 320 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

σ'_{bk}	= 350 kg/cm ² (K – 350)
σ'_b	= 115,5 kg/cm ²
E_b	= 1,2 x 10 ⁵ kg/cm ²

Mutu baja

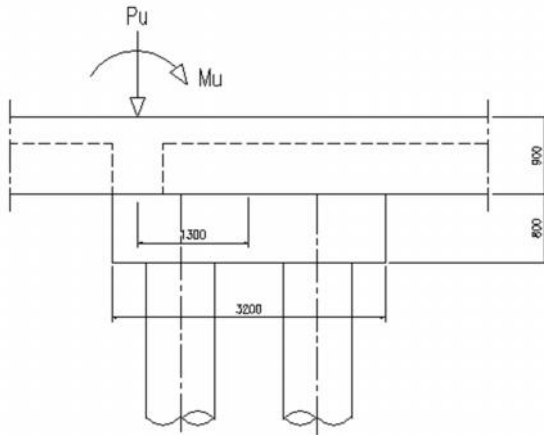
σ_{au}	= 3200 kg (U – 32)
E_a	= 2,1 x 10 ⁶ kg/cm ²
$\sigma_a = \sigma'_a$	= 1850 kg/cm ²
σ^*_{au}	= 2780 kg/cm ²

Diamter tulangan = 25 mm

$$n = \frac{E_a}{E_b} = \frac{2100000}{120000} = 17,5$$

$$w_0 = \frac{\dagger_a}{n \times \dagger'_b} = \frac{1850}{17,5 \times 115,5} = 0,915$$

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 dibawah



Gambar 6. 19 Eksentrisitas poer ganda

Gaya – gaya yang terjadi pada poer ganda

$$P_u = 264911,1 \text{ kg}$$

$$M_x = 27272,9 \text{ kg.m}$$

$$M_y = 23421,1 \text{ kg.m}$$

$$e_x = 1,3 \text{ m}$$

$$e_y = 0,5 \text{ m}$$

$$M_x = e_x \times P_u + M_x$$

$$= 1,3 \times 264911,1 + 27272,9$$

$$= 371657,3 \text{ kg.m} \quad = 37165733 \text{ kg.cm}$$

$$M_y = e_y \times P_u + M_y$$

$$= 0,5 \times 264911,1 + 23421,1$$

$$= 155876,7 \text{ kg.m} \quad = 15587665 \text{ kg.cm}$$

Penulangan poer arah x

$$Ca = \frac{hx}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times t' \times a}}} = \frac{70,75}{\sqrt{\frac{17,5 \times 37165733}{320 \times 1850}}} = 2,135$$

Dengan melihat tabel Perhitungan Lentur Cara “n”, untuk Ca = 2,135 dengan $\delta = 1$, didapatkan :

$$w = 1,564 > w_0 = 0,915 \quad \text{OK}$$

$$100n\omega = 23,77$$

$$\omega = 0,0136$$

Luas tulangan yang dibutuhkan

$$\begin{aligned} As &= \omega \times b \times h \\ &= 0,0136 \times 160 \times 70,75 \\ &= 153,8 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan D25 – 100 (As = 157,00 cm²)

Luas tulangan samping

$$\begin{aligned} Asd &= 10\% \times As \\ &= 10\% \times 157,00 \\ &= 15,7 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan 4D25 (As = 19,62 cm²)

Penulangan poer arah y

$$Ca = \frac{hy}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times t' \times a}}} = \frac{68,25}{\sqrt{\frac{17,5 \times 15587665}{160 \times 1850}}} = 2,248$$

Dengan melihat tabel Perhitungan Lentur Cara “n”, untuk $C_a = 2,248$ dengan $\delta = 1$, didapatkan :

$$W = 1,703 > W_0 = 0,915 \quad \text{OK}$$

$$100n\omega = 19,01$$

$$\omega = 0,0109$$

Luas tulangan yang dibutuhkan

$$\begin{aligned} A_s &= \omega \times b \times h \\ &= 0,0109 \times 160 \times 68,25 \\ &= 118,6 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan D25 – 100 ($A_s = 157 \text{ cm}^2$)

Luas tulangan samping

$$\begin{aligned} A_{sd} &= 10\% \times A_s \\ &= 10\% \times 157 \\ &= 15,7 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan 4D25 ($A_s = 19,62 \text{ cm}^2$)

Kontrol kekuatan tulangan terhadap gaya tarik pada sambungan antara pile-poer-balok

Tulangan harus dicek kemampuannya dalam menahan gaya aksial (P) tarik sebesar yang terjadi pada tiang miring poer ganda sebesar 206,47 ton. Bebarapa hal yang harus dicek antara lain

- Kekuatan tarik dari tulangan yang berada didalam steel pipe pile (**12D29, $f_y = 390 \text{ MPa}$**) :
 1. P_{nt} (kekuatan tarik tulangan = $A_s \cdot n \cdot f_y \cdot \emptyset$)
 2. Dimana $\emptyset = 0.8$ (SNI 2847 2002, 11.3.2 , \emptyset untuk axial tension atau P_{tarik})
 3. $P_{nt} = 660,2 \times 12 \times 390 \times 0,8 = 2471733 \text{ N} = 247,17 \text{ ton}$
 4. $P_{nt} > P_{tension} = 247,17 \text{ ton} > 206,47 \text{ ton} \rightarrow \text{OK}$

- Panjang penyaluran tulangan steel pipe pile ke dalam poer (**12D29, L=600 mm**)
 1. P tension = 206,47 ton = 2064676 N
 2. $fr = 0,7\sqrt{fc'} = 0,7\sqrt{29,05} = 3,773$
 3.
$$L = \frac{P_{tension}}{n \times f \times D \times fr} < L_{pasang}$$

$$= \frac{2064676}{12 \times 3,14 \times 29 \times 3,773} = 500,81 \text{ mm} < 600 \text{ mm} \rightarrow OK$$

- Kekuatan tarik angker pada poer ke balok (**12D29, fy = 390 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} = 660,2 x 12 x 390 x 0,8 = 2471733 N = 247,17 ton
 4. P_{nt} > P_{tension} = 247,17 ton > 206,47 ton → **OK**

- Panjang penyaluran angker poer ke balok (**12D29, L=600 mm**)
 1. P tension = 206,47 ton = 2064676 N
 2. $fr = 0,7\sqrt{fc'} = 0,7\sqrt{29,05} = 3,773$
 3.
$$L = \frac{P_{tension}}{n \times f \times D \times fr} < L_{pasang}$$

$$= \frac{2064676}{12 \times 3,14 \times 29 \times 3,773} = 500,81 \text{ mm} < 600 \text{ mm} \rightarrow OK$$

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 :

$$f_b = 0,48\sqrt{f_{bk}} = 0,48\sqrt{350} = 8,98 \text{ kg / cm}^2$$

Tegangan tarik ijin diatas yang akan digunakan untuk mengontrol gaya tarik aksial pada beton.

$$\begin{aligned} A_s &= x D \times h \\ &= 3,14 \times 81,82 \times 100 \\ &= 25522 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_i &= b \times A_s \\ &= 8,98 \times 25522 \\ &= 229186,3 \text{ kg} = 229,19 \text{ ton} > 206,57 \text{ ton} \rightarrow \text{OK} \end{aligned}$$

Kontrol kekuatan tulangan dan beton pada sambungan antara pile-pilecap-balok dalam menerima gaya geser

Gaya horisontal maksimum (Shear Force) pada tiang pancang 2,822 ton = 28220 N (*frame 116*). Beberapa hal yang perlu dikontrol antara lain :

- Kekuatan tulangan didalam steel pipe pile (**12D29, $f_y = 390 \text{ MPa}$**)
 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. $P_{nt} = 660,2 \times 12 \times 390 \times 0,75 = 2317249 \text{ N} = 231,73 \text{ ton}$
 4. $P_{nt} > P_{tension} = 231,73 \text{ ton} > 2,822 \text{ ton} \rightarrow \text{OK}$
- Tegangan geser beton dan pelat, serta kekuatan beton menerima gaya horisontal.

$$\begin{aligned} V_n &= n \times L \times D \times f_c' \\ &= 12 \times 600 \times 29 \times 29,05 \\ &= 6065640 \text{ N} > 28220 \text{ N} \rightarrow \text{OK} \end{aligned}$$

- Kekuatan tulangan angker dari poer ke balok (12D29, $f_y = 390 \text{ MPa}$)
 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. $P_{nt} = 660,2 \times 12 \times 390 \times 0,75 = 2317249 \text{ N} = 231,72 \text{ ton}$
 4. $P_{nt} > P_{tension} = 231,72 \text{ ton} > 2,822 \text{ ton} \rightarrow \mathbf{OK}$

6.1.5 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. 8 Rekapitulasi gaya dalam pada tiang pancang

Frame	Beban	Kombinasi	Besar	Satuan
116	P (Tekan)	DD + LL + 1,1F	264,91	Ton
118	P (Tarik)	DD + LL + 1,1F	206,47	Ton
73	V2	DD + LL + 1,1F	2,82	Ton
38	V3	DD + LL + 1,1F	1,97	Ton
106	M2	DD + LL + 1,1F	23,421	Ton.m
66	M3	DD + LL + 1,1F	27,273	Ton.m
Joint 70	U	DD + LL + 1,1F	38,82	mm

(Sumber : Analisa SAP 2000 v.14)

➤ Data Spesifikasi Tiang Pancang

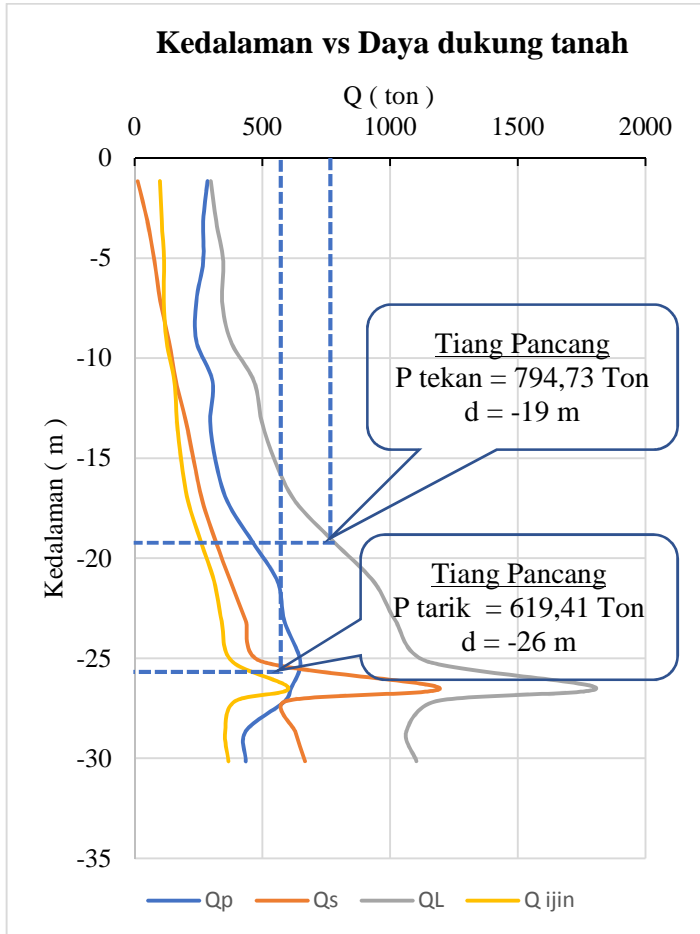
Spesifikasi tiang pancang baja PT. SWARNA BAJAPACIFIC yang digunakan adalah sebagai berikut :

Diameter tiang	: 812,8 mm
Tebal tiang	: 16 mm
Luas penampang (A)	: 400,5 cm ²
Berat (W)	: 314,39 kg/m
Momen Inersia (I)	: 318 x 10 ³ cm ⁴
Modulus of section (Z)	: 782 x 10 cm ³
Point of fixty (Zf)	: 8,15 m
Jumlah titik	: 23 titik

➤ Perhitungan kebutuhan kedalaman tiang pancang

Pada perencanaan struktur Jetty, konfigurasi tiang pancang digunakan tiang pancang tegak dan miring. Hasil analisi gaya dalam yang terjadi pada tiang pancang dapat

dilihat pada Gambar 6.20. Jetty terletak pada zona tanah BL – 2. sehingga data tanah yang digunakan adalah data tanah pada titik BL – 2.



Gambar 6. 20 Grafik kedalaman vs daya dukung tanah

Untuk tiang tekan :

$$Q_p = 264,91 \times 3 = 794,73 \text{ Ton}$$

Dengan gaya tekan tersebut maka dibutuhkan kedalaman tiang minimum sedalam -19 m di bawah seabed atau - 30 mLWS.

Untuk tiang tarik :

$$Q_p = 206,47 \times 3 = 619,41 \text{ Ton}$$

Dengan gaya tekan tersebut maka dibutuhkan kedalaman tiang minimum sedalam -26 m di bawah seabed atau - 37 mLWS.

Untuk menentukan kedalaman pondasi pada jetty diambil kedalaman yang paling dalam dari kedua analisa diatas yaitu sebesar -26 m dibawah seabed atau -37 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	
38,82 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, M_u aktual < M_u bahan

$$M2 = 23,421 \text{ tm} < 293,25 \text{ tm} \rightarrow \text{OK}$$

$$M3 = 27,273 \text{ tm} < 293,25 \text{ tm} \rightarrow \text{OK}$$

➤ **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 :

$$H_u = \frac{2M_u}{e + Z_f}$$

Dimana : M_u = Momen ultimate bahan (293,25 t.m)

e = Jarak antar lateral load yang bekerja dengan muka tanah (11 + 3 = 14)

Z_f = Titik jepit (8,5 m)

$$H_u = \frac{2 \times M_u}{e + Z_f} = \frac{2 \times 293,25}{14 + 8,5} = 26,07 \text{ ton}$$

H_u yang terjadi :

$$V2 = 2,82 \text{ ton} < 26,07 \text{ ton} \rightarrow \text{OK}$$

$$V3 = 1,97 \text{ ton} < 26,07 \text{ ton} \rightarrow \text{OK}$$

➤ **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 :

$$\begin{aligned}
 \dagger &= \frac{P}{A} \pm \frac{M}{W} \\
 &= \frac{264911,1}{0,04005} + \frac{27,273}{314,39} \\
 &= 6614510 \text{ kg} / \text{m}^2 \\
 &= 661,451 \text{ kg} / \text{cm}^2 < 2500 \text{ kg} / \text{cm}^2 \rightarrow \text{OK}
 \end{aligned}$$

➤ **Kontrol kuat tekuk**

$$\begin{aligned}
 P_{cr} &= \frac{f^2 \times EI}{(Zf + e)^2} \\
 &= \frac{3,14^2 \times 2100000 \times 318000}{(850 + 1400)^2} \\
 &= 1300591 \text{ kg} \\
 &= 1300,59 \text{ ton} > 264,91 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

➤ **Kemampuan tiang berdiri sendiri**

Tiang pancang pada saat pelaksanaan harus dikontrol terhadap frekuensi gelombang. Sehingga tiang akan stabil walaupun pada saat berdiri sendiri. gelombang diambil sebesar $1/T$. Adapun cara menghitung tiang adalah dengan perumusan berikut :

$$\check{S}_t = 1,73 \sqrt{\frac{EI}{wi^3}} > \check{S}$$

Dimana,

$$E = 2100000 \text{ kg/cm}^2$$

$$I = 318000 \text{ cm}^4$$

$$w = \text{berat tiang (kg)}$$

$$= 314,4 \times 38,8$$

$$\begin{aligned}
 &= 7797 \text{ kg} \\
 i &= 38,88 \text{ m} \\
 g &= 9,8 \text{ m}^2/\text{dt} \\
 &= 980 \text{ cm}^2/\text{dt}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \check{S}_t &= 1,73 \sqrt{\frac{EI}{\frac{wi^3}{g}}} > \check{S} \\
 &= 1,73 \sqrt{\frac{2100000 \times 318000}{\frac{12198 \times 38,8^2}{980}}} = 1,658 \text{ s} > 0,154 \text{ s} \rightarrow OK
 \end{aligned}$$

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 :

$$\begin{aligned}
 H_{\text{hemmer}} &= 2,00 \text{ m (hydraulic hammer)} \\
 \emptyset_{\text{tiang}} &= 81,28 \text{ cm} \\
 t &= 16 \text{ mm} \\
 Q_u &= P_u \times SF = 264,9 \times 3 = 794,7 \text{ ton} \\
 W &= 10 \text{ ton} \\
 &= 1,732 \text{ (hydraulic hammer)} \\
 L &= 27 + 3 - 1,2 = 38,8 \text{ m} \\
 W_p &= W \times L \\
 &= 0,314 \times 38,8 = 12,2 \text{ ton} \\
 n_{\text{hammer}} &= 0,55 \text{ (hemmer on steel pile without cushion)} \\
 S &= \text{set/pile penetration for last blow (cm)} \\
 C_1 &= 5 \text{ mm (Kompresi sementara dari cushion)} \\
 C_2 &= 10 \text{ mm (steel pipe pile)} \\
 C_3 &= 5 \text{ mm (soft ground SPT)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C &= C_1 + C_2 + C_3 \\
 &= 5 + 10 + 5 \\
 &= 20 \text{ mm} = 0,02 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Qu &= \frac{r W H}{S + 0,5 C} \frac{W + n^2 Wp}{W + Wp} \\
 794,7 &= \frac{1,732 \times 10 \times 2}{S + 0,5 \times 0,02} \frac{10 + 0,303 \times 12,2}{10 + 12,2} \\
 794,7 &= \frac{34,64}{S + 0,01} 0,617 \\
 S &= 0,017 \text{ m} \\
 &= 16,88 \text{ mm} \rightarrow \textit{Setting kelendering}
 \end{aligned}$$

Jadi setting kelendering yang digunakan sebesar 16,88 mm

➤ **Perlindungan korosi**

Korosi tiang diasumsikan terjadi sampai tiang ditumbuhi 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 Breasting Dolphin

6.2.1 Umum

Breasting Dolpin merupakan bagian dari dermaga yang berfungsi sebagai tempat sandaran kapal. Sebelum menghitung struktur ini, maka terlebih dahulu harus menentukan gaya – gaya yang bekerja, yaitu gaya akibat berat sendiri, reaksi fender, dan beban Gempa.

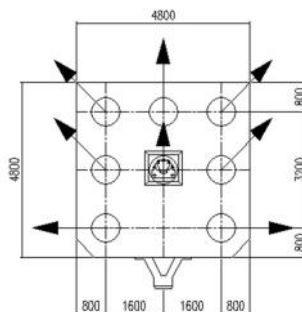
6.2.2 Perhitungan Struktur

6.2.2.1 Konfigurasi Tiang Pancang dan Poer

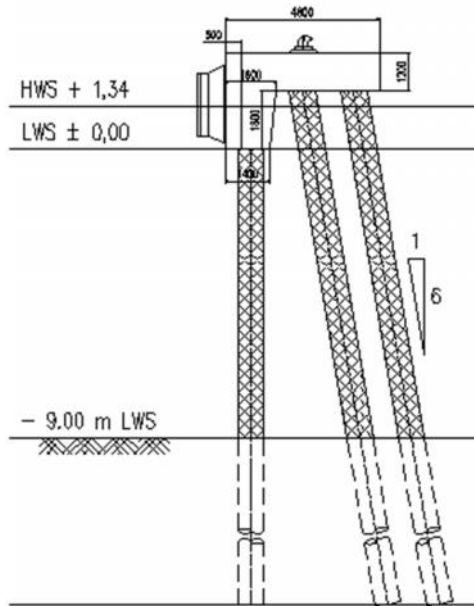
Pada struktur breasting dolphin diperlukan konfigurasi yang sesuai dengan gaya-gaya yang akan bekerja, supaya menghasilkan kinerja yang maksimal pada struktur. Dalam tugas akhir ini, breasting dolphin direncanakan dengan konfigurasi sebagai berikut :

- Jenis poer : Poer ganda, dengan 8 tiang
- Bentuk : persegi, dengan dimensi 4,8 x 4,8 m²
- Tebal : 1,2 m
- Kemiringan : 1 : 6

Layout Breasting dolphin dapat dilihat pada **gambar 6.21**.



Gambar 6. 21 Layout breasting dolphin



Gambar 6. 22 Tampak samping struktur breasting dolphin

6.2.2.2 Pembebanan Struktur

a. Beban Vertikal

- **Beban mati akibat berat sendiri struktur**

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,

- **Berat bollard dan berat fender**

- Bollard = 1 ton
- Fender = 2,78 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/m²

Beban hujan = 0,05 x 1

= 0,05 ton/m²

Total beban hidup (qL) = 1,55 ton/m²

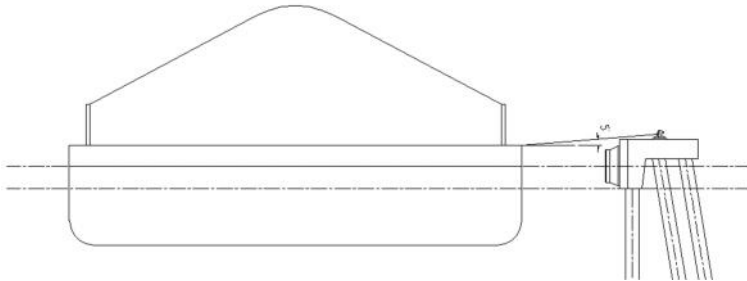
b. Beban Horizontal

- **Beban reaksi fender**

Beban reaksi fender berupa adanya tumbukan dari kapal terhadap fender sebesar 140,6 ton dan diidentifikasi sebagai beban hidup

- **Beban tarikan kapal**

Gaya tarik kapal 60 ton. Gaya-gaya diuraikan dalam sumbu-x dan y, membentuk sudut 30⁰, sehingga gaya yang dihasilkan masing-masing sebesar :



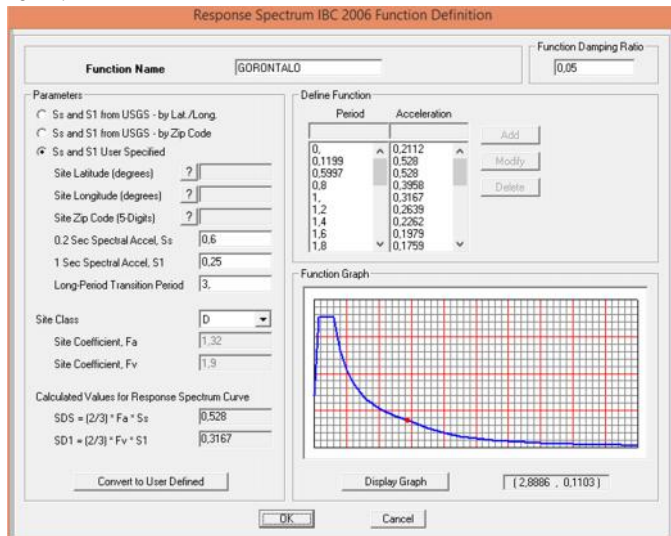
Gambar 6. 23 Penguraian gaya pada breasting dolphin

$$\text{Sumbu } z : 60 \times \sin 5^\circ = 5,229 \text{ ton}$$

$$\text{Sumbu } x : (60 \times \cos 5^\circ) \times \sin 30^\circ = 29,89 \text{ ton}$$

$$\text{Sumbu } y : (60 \times \cos 5^\circ) \times \cos 30^\circ = 51,76 \text{ ton}$$

- **Beban angin**
Beban angin terjadi dari 2 arah longitudinal dan transversal dengan beban sebagai berikut :
Fw longitudinal = 1,49 ton
Fw transversal = 2,69 ton
- **Beban arus**
Beban arus berkerja pada tiang pancang dihitung per – m panjang tiang dibawah muka air dengan beban sebesar 0,0125 ton/m
- **Beban gempa**
Dengan menggunakan program bantu SAP 2000, perhitungan beban gempa dilakukan secara dinamis dengan menggunakan respon spektrum untuk daerah Gorontalo dengan Tanah sedang menurut SNI 03-1726-2012.



Gambar 6. 24 Spektrum gempa gorontalo
(Sumber : Peta Gempa Indonesia 2017)

6.2.2.3 Kombinasi Pembebanan

Analisa struktur menggunakan program bantu SAP 2000 v14.0 dengan kombinasi beban berdasarkan DEP 35.00.10 Gen sebagai berikut :

- 1A Normal = $1,0DL + 1,0LL + 1,1F$
- 1B Normal = $1,0DL + 1,0LL + 1,1B$
- 2E Extreme = $1,0DL + 1,0LL + 1,0Ex + 0,3Ey$
- 2E Extreme = $1,0DL + 1,0LL + 0,3Ex + 1,0Ey$

Dimana :

DL = Dead Load

LL = Live Load (pangkalan, truck, angin, arus)

F = Beban Fender (tumbukan kapal)

B = Beban Tarikan kapal

Ex = Beban Gempa Arah x

Ey = Beban Gempa Arah y

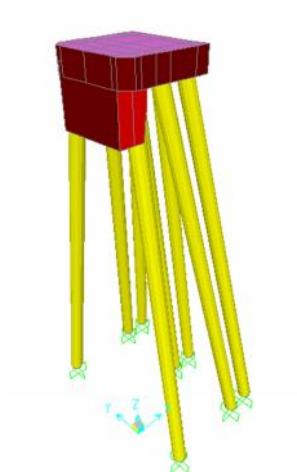
Tinggi Struktur

Tinggi struktur diambil dari titik jepit tiang (point of fixity) ke elevasi tertinggi dari struktur dermaga (pelat lantai). Dari perhitungan tinggi struktur pada Bab 5.3.2 didapatkan :

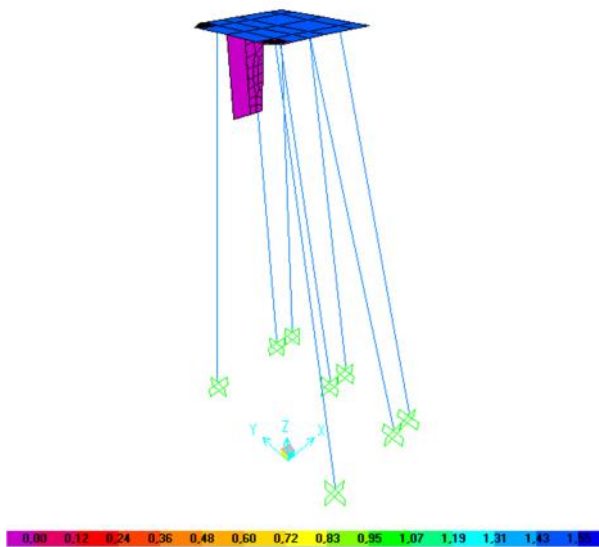
- Point of virtual fixity (Z_f) = 8,15 m
- Tinggi struktur = 11,00 m (*diatas seabed*)
- Tinggi struktur dari Z_f = 18,15 m

6.2.2.4 Permodelan Pada Struktur Breasting Dolphin

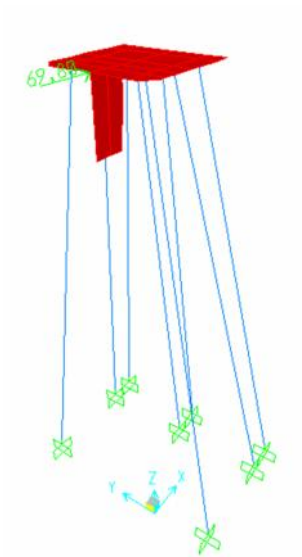
Pemodelan struktur breasting dolphin pada program SAP 2000 v.14 dapat dilihat pada Gambar 6.24 sampai Gambar 6.27



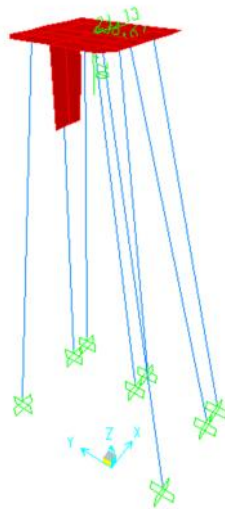
Gambar 6. 25 Tampak 3D Breasting Dolphin



Gambar 6. 26 Input Beban Pangkalan



Gambar 6. 27 Input beban tumbukan kapal



Gambar 6. 28 Input Beban Tarik Bollard

6.2.2.5 Penulangan Poer

Data Perencanaan :

$$\begin{aligned}
 \text{Tinggi (H)} &= 120 \text{ cm} \\
 \text{Lebar (b)} &= 480 \text{ cm} \\
 \text{Panjang (l)} &= 480 \text{ cm} \\
 \text{Cover (d)} &= 8 \text{ cm} \\
 hx &= 120 - 8 - (2,5/2) \\
 &= 110,8 \text{ cm} \\
 hy &= 120 - 8 - 2,5 - (2,5/2) \\
 &= 108,3 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

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

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

Dari SAP 2000 v.14 untuk momen pelat didapatkan :

$$M_{\text{slab1-1}} = 126121,74 \text{ kg.m (1,0DD + 1,0LL + 1,1F)}$$

$$M_{\text{slab2-2}} = 62237,89 \text{ kg.m (1,0DD + 1,0LL + 1,1F)}$$

Penulangan arah X

$$\begin{aligned}
 M_x &= 126121,74 \text{ kg.m} \\
 &= 12612174 \text{ kg.cm}
 \end{aligned}$$

$$Ca = \frac{hx}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times \sigma'_a}}} = \frac{110,75}{\sqrt{\frac{17,5 \times 12612174}{100 \times 2650}}} = 3,838$$

Dengan melihat tabel Perhitungan Lentur Cara “n”, untuk $C_a = 3,838$ dengan $\delta = 1$, didapatkan :

$$W = 2,571 > W_0 = 1,311 \quad \text{OK}$$

$$100n\omega = 7,259$$

$$\omega = 0,0041$$

Luas tulangan yang dibutuhkan

$$\begin{aligned} A_s &= \omega \times b \times h \\ &= 0,0041 \times 100 \times 110,75 \\ &= 45,94 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan D25 – 100 ($A_s = 49,06 \text{ cm}^2$)

Luas tulangan samping

$$\begin{aligned} A_{sd} &= 10\% \times A_s \\ &= 10\% \times 49,06 \\ &= 4,91 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan 2D25 ($A_s = 9,81 \text{ cm}^2$)

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 : $C_3 = 1,50$; $C_4 = 0,04$; $C_5 = 7,5$

$$\check{S}_p = \frac{A}{bh} = \frac{49,06}{100 \times 120} = 0,004$$

$$dp = 12,8 \times \sqrt{3,851} = 25,12 \text{ mm} = 2,512 \text{ cm}$$

$$\dagger_a = \frac{\dagger_a}{w} = \frac{2650}{2,571} = 1031$$

Maka besarnya lebar retak didapatkan :

$$\begin{aligned}
 W &= r \left(C_3 x d + C_4 \frac{dp}{S_p} \right) \left(\dagger a - \frac{C_5}{S_p} \right) 10^{-6} \\
 &= 1 \left(1,5 \times 8 + 0,04 \frac{2,512}{0,004} \right) \left(1031 - \frac{7,5}{0,004} \right) 10^{-6} \\
 &= -0,029 \text{ cm} \leq 0,01 \text{ cm} \rightarrow \text{OK}
 \end{aligned}$$

Penulangan arah Y

$$\begin{aligned}
 M_x &= 62237,98 \text{ kg.m} \\
 &= 6223798 \text{ kg.cm}
 \end{aligned}$$

$$Ca = \frac{hy}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times \dagger 'a}}} = \frac{108,25}{\sqrt{\frac{17,5 \times 6223798}{100 \times 2650}}} = 5,34$$

Dengan melihat tabel Perhitungan Lentur Cara “n”, untuk $Ca = 5,34$ dengan $\delta = 1$, didapatkan :

$$\begin{aligned}
 w &= 4,444 > w_0 = 1,311 && \text{OK} \\
 100n\omega &= 3,894 \\
 \omega &= 0,0022
 \end{aligned}$$

Luas tulangan yang dibutuhkan

$$\begin{aligned}
 A_s &= \omega \times b \times h \\
 &= 0,0022 \times 100 \times 108,3 \\
 &= 24,09 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan D25 – 200 ($A_s = 24,53 \text{ cm}^2$)

Luas tulangan samping

$$\begin{aligned}
 A_{sd} &= 10\% \times A_s \\
 &= 10\% \times 24,53 \\
 &= 2,45 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan 2D25 ($A_s = 9,81 \text{ cm}^2$)

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 : $C_3 = 1,50$; $C_4 = 0,04$; $C_5 = 7,5$

$$\check{S}_p = \frac{A}{bh} = \frac{24,53}{100 \times 120} = 0,002$$

$$dp = 12,8 \times \sqrt{3,851} = 25,12 \text{ mm} = 2,512 \text{ cm}$$

$$\dagger_a = \frac{\dagger_a}{w} = \frac{2650}{3,444} = 769,5$$

Maka besarnya lebar retak didapatkan :

$$\begin{aligned} W &= r \left(C_3 \times d + C_4 \frac{dp}{\check{S}_p} \right) \left(\dagger_a - \frac{C_5}{\check{S}_p} \right) 10^{-6} \\ &= 1 \left(1,5 \times 8 + 0,04 \frac{2,512}{0,002} \right) \left(769,5 - \frac{7,5}{0,002} \right) 10^{-6} \\ &= -0,177 \text{ cm} \leq 0,01 \text{ cm} \rightarrow OK \end{aligned}$$

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 :

$$\dagger_{bp} = \frac{P}{f \cdot (c + ht) \cdot ht} \leq \dagger_{bm}$$

Dimana:

- P = gaya aksial pelat dari tiang pancang
- c = diameter tiang pancang
- ht = tinggi total pelat atau poer

τ_{bm} = tegangan ijin beton ($0.65\sqrt{\sigma'_{bk}}$)

Sehingga:

$$\begin{aligned} \ddagger_{bp} &= \frac{243210,15}{3,14(81,28+120)120} < 0,65\sqrt{350} \\ &= 3,207 \text{ kg} / \text{cm}^2 < 12,16 \text{ kg} / \text{cm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol kekuatan tulangan terhadap gaya tarik pada sambungan antara poer dan tiang pancang

Tulangan harus dicek kemampuannya dalam menahan gaya aksial (P) tarik sebesar yang terjadi pada tiang sebesar 243,21 ton. Beberapa hal yang harus dicek antara lain

- Kekuatan tarik dari tulangan yang berada didalam steel pipe pile (**12D29, $f_y = 390 \text{ MPa}$**) :
 1. P_{nt} (kekuatan tarik tulangan = $A_s \cdot n \cdot f_y \cdot \emptyset$)
 2. Dimana $\emptyset = 0.8$ (SNI 2847 2002, 11.3.2 , \emptyset untuk axial tension atau P_{tarik})
 3. $P_{nt} = 660,2 \times 12 \times 390 \times 0,8 = 2471732 \text{ N} = 247,17 \text{ ton}$
 4. $P_{nt} > P_{tension} = 247,17 \text{ ton} > 243,21 \text{ ton} \rightarrow \text{OK}$

- Panjang penyaluran tulangan steel pipe pile ke dalam poer (**12D29, $L=600 \text{ mm}$**)
 1. $P \text{ tension} = 243,21 \text{ ton} = 2432101,5 \text{ N}$
 2. $fr = 0,7\sqrt{f'c} = 0,7\sqrt{29,05} = 3,773$
 3. $L = \frac{P_{tension}}{n \times f \times D \times fr} < L_{pasang}$
 $= \frac{2432101,5}{12 \times 3,14 \times 29 \times 3,773} = 589,93 \text{ mm} < 600 \text{ mm} \rightarrow \text{OK}$

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 :

$$f_b = 0,48\sqrt{f_{bk}} = 0,48\sqrt{350} = 8,98 \text{ kg/cm}^2$$

Tegangan tarik ijin diatas yang akan digunakan untuk mengontrol gaya tarik aksial pada beton.

$$\begin{aligned} A_s &= x D x h \\ &= 3,14 x 81,82 x 100 \\ &= 30626 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_i &= b x A_s \\ &= 8,98 x 30626 \\ &= 275023,53 \text{ kg} = 275,02 \text{ ton} > 243,21 \text{ ton} \rightarrow \text{OK} \end{aligned}$$

Kontrol kekuatan tulangan dan beton pada sambungan antara tiang pancang dan poer dalam menerima gaya geser

Gaya horisontal maksimum (Shear Force) pada tiang pancang 9,025 ton (*frame 36*) dan asumsi terkritik dari reaksi fender = 140,58 ton langsung ke pile. Beberapa hal yang perlu dikontrol antara lain :

- Kekuatan tulangan didalam steel pipe pile (*12D22, fy = 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. $P_{nt} = 660,2 x 12 x 390 x 0,75 = 2317249 \text{ N} = 231,72 \text{ ton}$
 4. $P_{nt} > P_{tension} = 231,72 \text{ ton} > 140,58 \text{ ton} \rightarrow \text{OK}$
- Tegangan geser beton dan poer, serta kekuatan beton menerima gaya horisontal.

$$V_n = n x L x D x f_c'$$

$$\begin{aligned}
 &= 12 \times 600 \times 29 \times 29,05 \\
 &= 6065640 \text{ N} > 1405800 \text{ N} \rightarrow \mathbf{OK}
 \end{aligned}$$

6.2.2.6 Perencanaan Plank Fender

Struktur plank Fender terletak di depan (face line) dermaga, struktur ini direncanakan sebagai plat kantilever yang menerima gaya horisontal terpusat akibat beban tumbukan kapal pada fender.

Data Perencanaan :

$$\begin{aligned}
 \text{Tinggi (H)} &= 150 \text{ cm} \\
 \text{Lebar(b)} &= 380 \text{ cm} \\
 \text{Cover (d)} &= 7 \text{ cm} \\
 h &= 150 - 7 - 2,5 - (2,5/2) \\
 &= 139,25 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

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

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

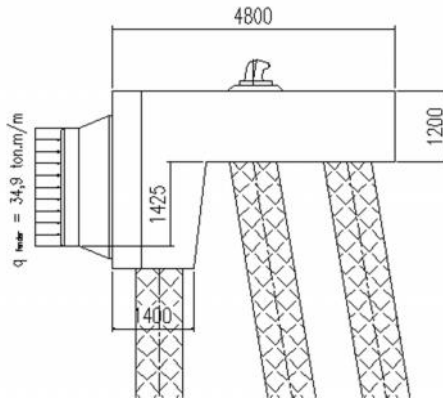
$$\text{Diamter tulangan} = 25 \text{ mm}$$

$$n = \frac{E_a}{E_b} = \frac{2100000}{120000} = 17,5$$

$$w_0 = \frac{t_a}{n \times t'_b} = \frac{2650}{17,5 \times 115,5} = 1,311$$

Momen Plank Fender

Penulangan plank fender dianalisa berdasarkan gaya fender 69,8 Ton yang bekerja sejarak 1,425 m dari ujung plank fender yang bertumpu pada struktur dermaga. Ilustrasi beban fender dapat dilihat pada gambar



Gambar 6. 29 Ilustrasi beban fender

$$\begin{aligned} P \text{ tumbukan} &= 70,29 \text{ t/m} \times 1,425 \text{ m} \\ &= 100,2 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\text{Eksentrisitas} = 1,425 \text{ m} / 2 = 0,7125 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen} &= 100,2 \times 0,7125 \\ &= 71,37 \text{ ton.m} \\ &= 7136631,6 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$

Penulangan arah Z

$$Ca = \frac{hz}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times t'_a}}} = \frac{139,25}{\sqrt{\frac{17,5 \times 7136631,6}{100 \times 2650}}} = 6,414$$

Dengan melihat tabel Perhitungan Lentur Cara “n”, untuk $C_a = 6,414$ dengan $\delta = 1$, didapatkan :

$$\begin{aligned} W &= 4,128 > W_0 &= 1,311 & \text{OK} \\ 100n\omega &= 2,678 \\ \omega &= 0,0015 \end{aligned}$$

Luas tulangan yang dibutuhkan

$$\begin{aligned} A_s &= \omega \times b \times h \\ &= 0,0015 \times 380 \times 139,25 \\ &= 80,98 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan D25 – 200 ($A_s = 93,22 \text{ cm}^2$)

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 : $C_3 = 1,50$; $C_4 = 0,04$; $C_5 = 7,5$

$$\check{S}_p = \frac{A}{bh} = \frac{93,22}{100 \times 150} = 0,006$$

$$dp = 12,8 \times \sqrt{3,851} = 25,12 \text{ mm} = 2,512 \text{ cm}$$

$$\dagger_a = \frac{\dagger_a}{w} = \frac{2650}{4,128} = 642$$

Maka besarnya lebar retak didapatkan :

$$\begin{aligned} W &= r \left(C_3 \times d + C_4 \frac{dp}{\check{S}_p} \right) \left(\dagger_a - \frac{C_5}{\check{S}_p} \right) 10^{-6} \\ &= 1 \left(1,5 \times 8 + 0,04 \frac{2,512}{0,006} \right) \left(642 - \frac{7,5}{0,006} \right) 10^{-6} \\ &= -0,015 \text{ cm} \leq 0,01 \text{ cm} \rightarrow \text{OK} \end{aligned}$$

6.2.3 Perhitungan 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. 9 Rekapitulasi gaya dalam pada tiang pancang

Frame	Beban	Kombinasi	Besar	Satuan
32	P (Tekan)	DD + LL + 1,1F	163,59	Ton
52	P (Tarik)	DD + LL + 1,1F	243,21	Ton
39	V2	DD + LL + 1,1F	2,744	Ton
36	V3	DD + LL + 1,1F	9,025	Ton
36	M2	DD + LL + 1,1F	110,30	Ton.m
39	M3	DD + LL + 1,1F	107,76	Ton.m
Joint 59	U	DD + LL + 1,1F	47,43	mm

(Sumber : Analisa SAP 2000 v.14)

➤ Data Spesifikasi Tiang Pancang

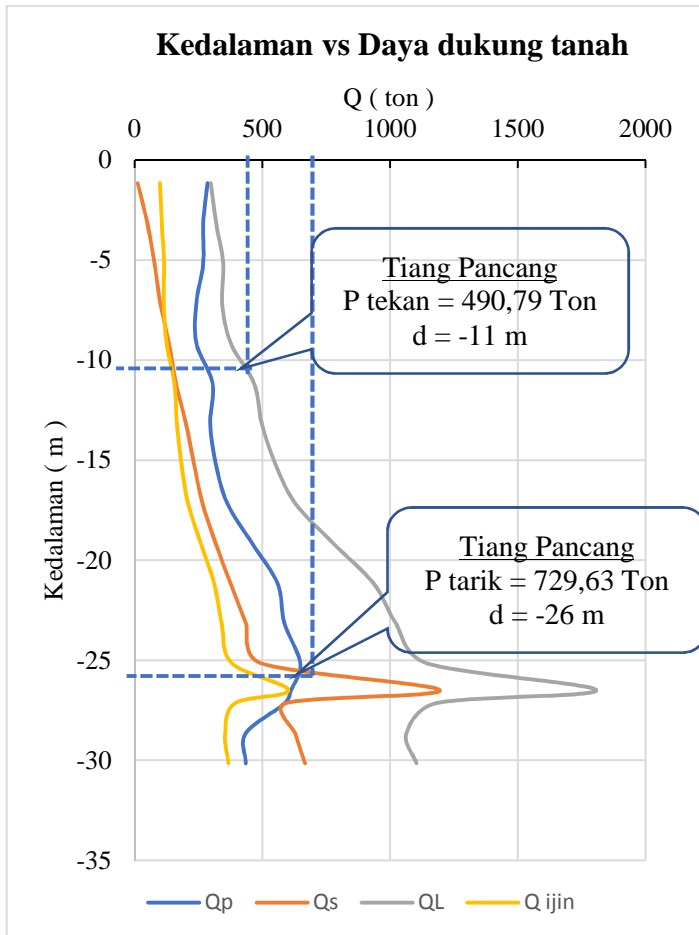
Spesifikasi tiang pancang baja PT. SWARNA BAJAPACIFIC yang digunakan adalah sebagai berikut :

Diameter tiang	: 812,8 mm
Tebal tiang	: 16 mm
Modulus elastisitas (E)	: 2.100.000 kg/cm ²
Luas penampang (A)	: 400,5 cm ²
Berat (W)	: 314,39 kg/m
Momen Inersia (I)	: 318 x 10 ³ cm ⁴
Modulus of section (Z)	: 782 x 10 cm ³
Point of fixty (Zf)	: 8,15 m

➤ Perhitungan kebutuhan kedalaman tiang pancang

Pada perencanaan struktur Breasting dolphin, konfigurasi tiang pancang digunakan tiang pancang tegak dan miring. Hasil analisi gaya dalam yang terjadi pada tiang

pancang dapat dilihat pada Gambar 6.30 Jetty terletak pada zona tanah BL – 2. sehingga data tanah yang digunakan adalah data tanah pada titik BL – 2.



Gambar 6. 30 Grafik kedalaman vs daya dukung tanah

Untuk tiang tekan :

$$Q_p = 163,60 \times 3 = 490,80 \text{ Ton}$$

Dengan gaya tekan tersebut maka dibutuhkan kedalaman tiang minimum sedalam -11 m di bawah seabed atau - 19 mLWS.

Untuk tiang tarik :

$$Q_p = 243,21 \times 3 = 729,63 \text{ Ton}$$

Dengan gaya tekan tersebut maka dibutuhkan kedalaman tiang minimum sedalam -26 m di bawah seabed atau - 35 mLWS.

Untuk menentukan kedalaman pondasi pada jetty diambil kedalaman yang paling dalam dari kedua analisa diatas yaitu sebesar -26 m dibawah seabed atau -35 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

$$\begin{array}{ll} \text{Defleksi yang terjadi} & < \text{defleksi izin} \\ 47,43 \text{ mm} & < 100 \text{ mm} \quad \rightarrow \text{OK} \end{array}$$

➤ **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

$$\begin{aligned} M2 &= 110,296 \text{ tm} < 293,25 \text{ tm} && \rightarrow \text{OK} \\ M3 &= 107,764 \text{ tm} < 293,25 \text{ tm} && \rightarrow \text{OK} \end{aligned}$$

➤ **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 :

$$H_u = \frac{2Mu}{e + Z_f}$$

Dimana : M_u = Momen ultimate bahan (293,25 t.m)
 e = Jarak antar lateral load yang bekerja dengan muka tanah (9 + 3 = 12)
 Z_f = Titik jepit (8,5 m)

$$H_u = \frac{2 \times Mu}{e + Z_f} = \frac{2 \times 293,25}{12 + 8,5} = 28,61 \text{ ton}$$

H_u yang terjadi :

$$V2 = 2,744 \text{ ton} < 28,61 \text{ ton} \quad \rightarrow \text{OK}$$

$$V3 = 9,025 \text{ ton} < 28,61 \text{ ton} \quad \rightarrow \text{OK}$$

➤ **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 :

$$\begin{aligned}
 \dagger &= \frac{P}{A} \pm \frac{M}{W} \\
 &= \frac{243210,15}{0,04005} + \frac{110,296}{314,39} \\
 &= 6072663,3 \text{ kg} / \text{m}^2 \\
 &= 607,27 \text{ kg} / \text{cm}^2 < 2500 \text{ kg} / \text{cm}^2 \rightarrow \text{OK}
 \end{aligned}$$

➤ **Kontrol kuat tekuk**

$$\begin{aligned}
 P_{cr} &= \frac{f^2 \times EI}{(Zf + e)^2} \\
 &= \frac{3,14^2 \times 2100000 \times 318000}{(850 + 1200)^2} \\
 &= 1566743,8 \text{ kg} \\
 &= 1566,74 \text{ ton} > 114,82 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

➤ **Kemampuan tiang berdiri sendiri**

Tiang pancang pada saat pelaksanaan harus dikontrol terhadap frekuensi gelombang. Sehingga tiang akan stabil walaupun pada saat berdiri sendiri. gelombang diambil sebesar $1/T$. Adapun cara menghitung tiang adalah dengan perumusan berikut :

$$\check{S}_t = 1,73 \sqrt{\frac{EI}{wi^3}} > \check{S}$$

Dimana,

$$E = 2100000 \text{ kg/cm}^2$$

$$I = 318000 \text{ cm}^4$$

$$w = \text{berat tiang (kg)}$$

$$\begin{aligned}
 &= 314,4 \times 37,3 \\
 &= 11727 \text{ kg} \\
 i &= 37,3 \text{ m} \\
 g &= 9,8 \text{ m}^2/\text{dt} \\
 &= 980 \text{ cm}^2/\text{dt}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \check{S}_t &= 1,73 \sqrt{\frac{EI}{\frac{wi^3}{g}}} > \check{S} \\
 &= 1,73 \sqrt{\frac{2100000 \times 318000}{\frac{11727 \times 37,3^2}{980}}} = 1,794 \text{ s} > 0,154 \text{ s} \rightarrow OK
 \end{aligned}$$

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 :

$$\begin{aligned}
 H_{\text{hemmer}}^* &= 2,00 \text{ m (hydraulic hammer)} \\
 \emptyset_{\text{tiang}} &= 81,28 \text{ cm} \\
 t &= 16 \text{ mm} \\
 Qu &= Pu \times SF = 243,2 \times 3 = 729,6 \text{ ton} \\
 W &= 10 \text{ ton} \\
 &= 1,732 \text{ (hydraulic hammer)} \\
 L &= 19 + 3 - 0,7 = 21,3 \text{ m} \\
 Wp &= W \times L \\
 &= 0,314 \times 21,3 = 6,697 \text{ ton} \\
 n_{\text{hammer}} &= 0,55 \text{ (hammer on steel pile without cushion)} \\
 S &= \text{set/pile penetration for last blow (cm)} \\
 C_1 &= 5 \text{ mm (Kompresi sementara dari cushion)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_2 &= 10 \text{ mm (steel pipe pile)} \\ C_3 &= 5 \text{ mm (soft ground SPT)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C &= C_1 + C_2 + C_3 \\ &= 5 + 10 + 5 \\ &= 20 \text{ mm} \quad = 0,02 \text{ m} \end{aligned}$$

$$Qu = \frac{r W H}{S + 0,5 C} \frac{W + n^2 Wp}{W + Wp}$$

$$729,6 = \frac{1,732 \times 10 \times 2}{S + 0,5 \times 0,02} \frac{10 + 0,55^2 \times 11,73}{10 + 11,73}$$

$$729,6 = \frac{34,64}{S + 0,01} 0,624$$

$$\begin{aligned} S &= 0,02 \text{ m} \\ &= 19,6 \text{ mm} \quad \rightarrow \text{Setting kelendering} \end{aligned}$$

Jadi setting kelendering yang digunakan sebesar 19,6 mm

➤ **Perlindungan korosi**

Korosi tiang diasumsikan terjadi sampai tiang ditumbuhi 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 Mooring Dolphin

6.3.1 Umum

Mooring dolphin berfungsi sebagai tempat tambatan kapal sehingga diperlukan pendefinisian beban-beban yang bekerja serta pendetailan yang baik. 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.

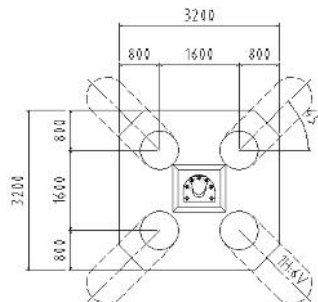
6.3.2 Perhitungan Struktur

6.3.2.1 Konfigurasi Tiang Pancang dan Poer

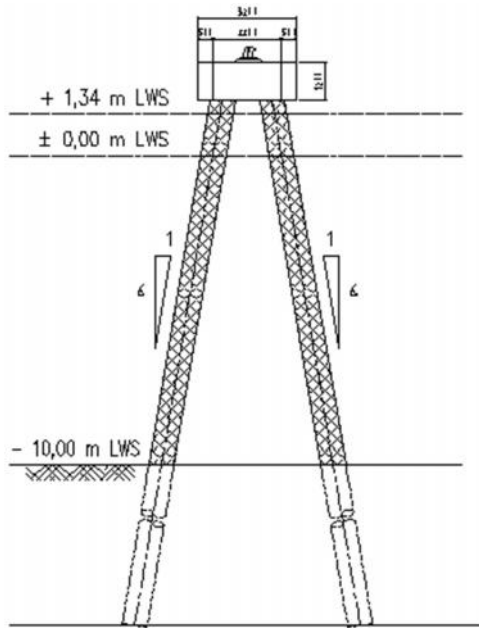
Pada struktur mooring dolphin diperlukan konfigurasi yang sesuai dengan gaya-gaya yang akan bekerja, supaya menghasilkan kinerja yang maksimal pada struktur. Dalam tugas akhir ini, breasting dolphin direncanakan dengan konfigurasi sebagai berikut :

- Jenis poer : Poer ganda, dengan 4 tiang
- Bentuk : persegi, dengan dimensi 3,2 x 3,2 m²
- Tebal : 1,2 m
- Kemiringan : 1 : 6

Layout mooring dolphin dapat dilihat pada **gambar 6.31**.



Gambar 6. 31 Layoin mooring dolphin



Gambar 6. 32 Tampak samping struktur mooring dolphin

6.3.2.2 Pembebanan Struktur

a. Beban Vertikal

- **Beban mati akibat berat sendiri struktur**

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,

- **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/m²

Beban hujan = 0,05 x 1

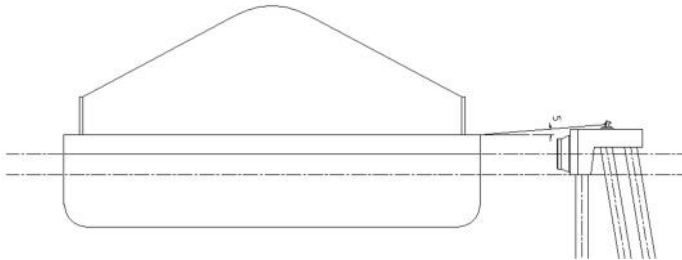
= 0,05 ton/m²

Total beban hidup (qL) = 1,55 ton/m²

b. Beban Horisontal

- **Beban tarikan kapal**

Gaya tarik kapal 60 ton. Gaya-gaya diuraikan dalam sumbu-x dan y, membentuk sudut 30⁰, sehingga gaya yang dihasilkan masing-masing sebesar :



Gambar 6. 33 Penguraian gaya pada mooring dolphin

$$\text{Sumbu } z : 60 \times \sin 5^\circ = 5,23 \text{ ton}$$

$$\text{Sumbu } x : (60 \times \cos 5^\circ) \times \sin 30^\circ = 51,76 \text{ ton}$$

$$\text{Sumbu } y : (60 \times \cos 5^\circ) \times \cos 30^\circ = 28,89 \text{ ton}$$

- **Beban angin**

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

$$\text{Fw longitudinal} = 0,032 \text{ ton}$$

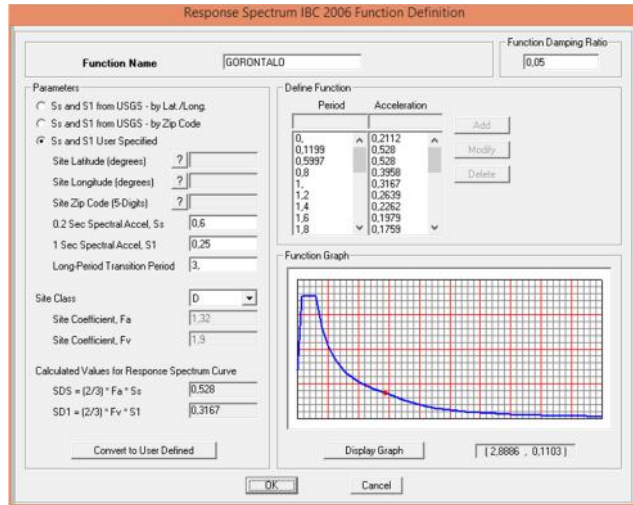
$$\text{Fw transversal} = 0,032 \text{ ton}$$

- **Beban arus**

Beban arus berkerja pada tiang pancang dihitung per – m panjang tiang dibawah muka air dengan beban sebesar 0,0125 ton/m

- **Beban gempa**

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



Gambar 6. 34 Spektrum gempa gorontalo
(Sumber : Peta Gempa Indonesia 2017)

6.3.2.3 Kombinasi Pembebanan

Analisa struktur menggunakan program bantu SAP 2000 v14.0 dengan kombinasi beban berdasarkan DEP 35.00.10 Gen sebagai berikut :

- 1B Normal = $1,0DL + 1,0LL + 1,1B$
- 2E Extreme = $1,0DL + 1,0LL + 1,0Ex + 0,3Ey$
- 2E Extreme = $1,0DL + 1,0LL + 0,3Ex + 1,0Ey$

Dimana :

- DL = Dead Load
- LL = Live Load (pangkalan, truck, angin, arus)
- B = Beban Tarikan kapal
- Ex = Beban Gempa Arah x
- Ey = Beban Gempa Arah y

Tinggi Struktur

Tinggi struktur diambil dari titik jepit tiang (point of fixity) ke elevasi tertinggi dari struktur dermaga (pelat lantai). Dari perhitungan tinggi struktur pada Bab 5.3.2 didapatkan :

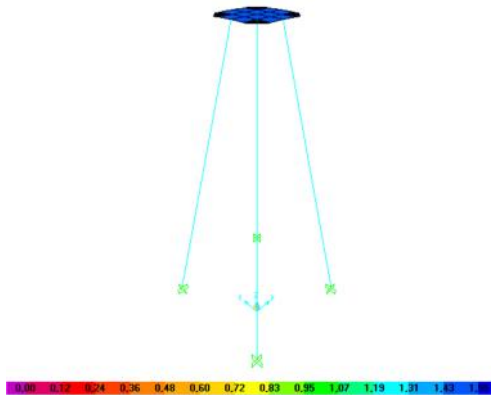
- Point of virtual fixity (Z_f) = 8,15 m
- Tinggi struktur = 10,00 m (*diatas seabed*)
- Tinggi struktur dari Z_f = 19,15 m

6.3.2.4 Permodelan Pada Struktur Mooring Dolphin

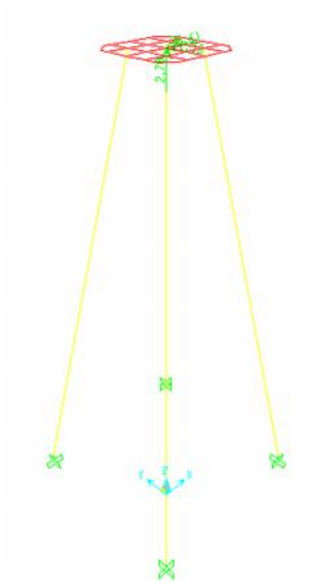
Pemodelan struktur mooring dolphin pada program SAP 2000 v.14 dapat dilihat pada Gambar 6.35 sampai Gambar 6.37



Gambar 6. 35 Tampak 3D mooring dolphin



Gambar 6. 36 Input beban pangkalan moring dolphin



Gambar 6. 37 Input beban tarik bollard

6.3.2.5 Penulangan Poer

Data Perencanaan :

$$\text{Tinggi (H)} = 120 \text{ cm}$$

$$\text{Lebar (b)} = 320 \text{ cm}$$

$$\text{Panjang (l)} = 320 \text{ cm}$$

$$\text{Cover (d)} = 8 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} h_x &= 120 - 8 - (2,5/2) \\ &= 110,75 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h_y &= 120 - 8 - 2,5 - (2,5/2) \\ &= 108,25 \text{ cm} \end{aligned}$$

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

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

Dari SAP 2000 v.14 untuk momen pelat didapatkan :

$$M_{\text{slab1-1}} = 31163,69 \text{ kg.m (1,0DD + 1,0LL + 1,1B)}$$

$$M_{\text{slab2-2}} = 25156,36 \text{ kg.m (1,0DD + 1,0LL + 1,1B)}$$

Penulangan arah X

$$\begin{aligned}M_x &= 31163,69 \text{ kg.m} \\ &= 3116369 \text{ kg.cm}\end{aligned}$$

$$Ca = \frac{hx}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times f'_a}}} = \frac{110,75}{\sqrt{\frac{17,5 \times 3116369}{100 \times 1850}}} = 6,45$$

Dengan melihat tabel Perhitungan Lentur Cara “n”, untuk $Ca = 6,46$ dengan $\delta = 1$, didapatkan :

$$w = 4,128 > w_0 = 0,915 \quad \text{OK}$$

$$100n\omega = 2,678$$

$$\omega = 0,0015$$

Luas tulangan yang dibutuhkan

$$\begin{aligned}A_s &= \omega \times b \times h \\ &= 0,015 \times 100 \times 110,75 \\ &= 16,95 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

Dipasang tulangan D25 – 200 ($A_s = 24,53 \text{ cm}^2$)

Luas tulangan samping

$$\begin{aligned} \text{Asd} &= 10\% \times \text{As} \\ &= 10\% \times 24,53 \\ &= 2,45 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan 2D25 (As = 9,81 cm²)

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 : C₃ = 1,50 ; C₄ = 0,04 ; C₅ = 7,5

$$\check{S}_p = \frac{A}{bh} = \frac{24,53}{100 \times 120} = 0,002$$

$$dp = 12,8 \times \sqrt{3,851} = 25,12 \text{ mm} = 2,512 \text{ cm}$$

$$\dagger_a = \frac{\dagger_a}{w} = \frac{1850}{4,128} = 448,2$$

Maka besarnya lebar retak didapatkan :

$$\begin{aligned} W &= r \left(C_3 \times d + C_4 \frac{dp}{\check{S}_p} \right) \left(\dagger_a - \frac{C_5}{\check{S}_p} \right) 10^{-6} \\ &= 1 \left(1,5 \times 8 + 0,04 \frac{2,512}{0,002} \right) \left(448,2 - \frac{7,5}{0,002} \right) 10^{-6} \\ &= -0,197 \text{ cm} \leq 0,01 \text{ cm} \rightarrow \text{OK} \end{aligned}$$

Penulangan arah Y

$$\begin{aligned} \text{Mx} &= 25156,36 \text{ kg.m} \\ &= 2515636 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$

$$C_a = \frac{hy}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times \dagger'_a}}} = \frac{108,25}{\sqrt{\frac{17,5 \times 2515636}{100 \times 1850}}} = 7,017$$

Dengan melihat tabel Perhitungan Lentur Cara “n”, untuk $C_a = 7,017$ dengan $\delta = 1$, didapatkan :

$$W = 4,556 > W_0 = 0,915 \quad \text{OK}$$

$$100n\omega = 2,189$$

$$\omega = 0,0013$$

Luas tulangan yang dibutuhkan

$$\begin{aligned} A_s &= \omega \times b \times h \\ &= 0,0013 \times 100 \times 108,25 \\ &= 13,54 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan D25 – 200 ($A_s = 24,53 \text{ cm}^2$)

Luas tulangan samping

$$\begin{aligned} A_{sd} &= 10\% \times A_s \\ &= 10\% \times 24,53 \\ &= 2,54 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan 2D25 ($A_s = 7,60 \text{ cm}^2$)

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 : $C_3 = 1,50$; $C_4 = 0,04$; $C_5 = 7,5$

$$\check{S}_p = \frac{A}{bh} = \frac{24,53}{100 \times 120} = 0,002$$

$$dp = 12,8 \times \sqrt{3,851} = 25,12 \text{ mm} = 2,512 \text{ cm}$$

$$\dagger_a = \frac{\dagger_a}{w} = \frac{1850}{4,556} = 406,1$$

Maka besarnya lebar retak didapatkan :

$$\begin{aligned}
 W &= r \left(C_3 \times d + C_4 \frac{dp}{\tilde{S}_p} \right) \left(\dagger a - \frac{C_5}{\tilde{S}_p} \right) 10^{-6} \\
 &= 1 \left(1,5 \times 8 + 0,04 \frac{2,512}{0,002} \right) \left(406,1 - \frac{7,5}{0,002} \right) 10^{-6} \\
 &= -0,200 \text{ cm} \leq 0,01 \text{ cm} \rightarrow OK
 \end{aligned}$$

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 :

$$\dagger_{bp} = \frac{P}{f \cdot (c + ht) \cdot ht} \leq \dagger_{bm}$$

Dimana:

- P = gaya aksial pelat dari tiang pancang
- c = diameter tiang pancang
- ht = tinggi total pelat atau poer
- τ_{bm} = tegangan ijin beton ($0,65\sqrt{\sigma'_{bk}}$)

Sehingga:

$$\begin{aligned}
 \dagger_{bp} &= \frac{81573,9}{3,14(81,28 + 120)120} < 0,65\sqrt{350} \\
 &= 1,076 \text{ kg} / \text{cm}^2 < 12,16 \text{ kg} / \text{cm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol kekuatan tulangan terhadap gaya tarik pada sambungan antara poer dan tiang pancang

Tulangan harus dicek kemampuannya dalam menahan gaya aksial (P) tarik sebesar yang terjadi pada tiang sebesar 81,574 ton. Bebarapa hal yang harus dicek antara lain

- Kekuatan tarik dari tulangan yang berada didalam steel pipe pile (**10D22, $f_y = 320 \text{ MPa}$**) :
 1. P_{nt} (kekuatan tarik tulangan = $A_s \cdot n \cdot f_y \cdot \emptyset$)
 2. Dimana $\emptyset = 0.8$ (SNI 2847 2002, 11.3.2 , \emptyset untuk axial tension atau P_{tarik})
 3. $P_{nt} = 379,9 \times 10 \times 320 \times 0,8 = 972646,4 \text{ N} = 97,264 \text{ ton}$
 4. $P_{nt} > P_{tension} = 97,264 \text{ ton} > 81,574 \text{ ton} \rightarrow \text{OK}$

- Panjang penyaluran tulangan steel pipe pile ke dalam poer (**10D22, $L=500 \text{ mm}$**)
 1. $P_{tension} = 81,574 \text{ ton} = 815739 \text{ N}$
 2. $fr = 0,7\sqrt{f_c'} = 0,7\sqrt{29,05} = 3,773$
 3.
$$L = \frac{P_{tension}}{n \times f \times D \times fr} < L_{pasang}$$

$$= \frac{815739}{10 \times 3,14 \times 22 \times 3,773} = 312,99 \text{ mm} < 600 \text{ mm} \rightarrow \text{OK}$$

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 :

$$\dagger_b = 0,48\sqrt{\dagger_{bk}} = 0,48\sqrt{350} = 8,98 \text{ kg} / \text{cm}^2$$

Tegangan tarik ijin diatas yang akan digunakan untuk mengontrol gaya tarik aksial pada beton.

$$\begin{aligned} A_s &= x \cdot D \cdot h \\ &= 3,14 \times 81,82 \times 50 \\ &= 12761 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 b_i &= b \times A_s \\
 &= 8,98 \times 12761 \\
 &= 114593,14 \text{ kg} = 114,59 \text{ ton} > 81,574 \text{ ton} \rightarrow \text{OK}
 \end{aligned}$$

Kontrol kekuatan tulangan dan beton pada sambungan antara tiang pancang dan poer dalam menerima gaya geser

Gaya horisontal maksimum (Shear Force) pada tiang pancang 3,778 ton (*frame 13*). Beberapa hal yang perlu dikontrol yaitu :

- Kekuatan tulangan didalam steel pipe pile (**10D22, $f_y = 320$ 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. $P_{nt} = 379,9 \times 10 \times 320 \times 0,75 = 911856 \text{ N} = 91,185 \text{ ton}$
 4. $P_{nt} > P_{tension} = 91,185 \text{ ton} > 3,778 \text{ ton} \rightarrow \text{OK}$

- Tegangan geser beton dan poer, serta kekuatan beton menerima gaya horisontal.

$$\begin{aligned}
 V_n &= n \times L \times D \times f_c' \\
 &= 10 \times 500 \times 22 \times 29,05 \\
 &= 3195500 \text{ N} > 37786 \text{ N} \rightarrow \text{OK}
 \end{aligned}$$

6.2.3 Perhitungan 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. 10 Rekapitulasi gaya dalam pada tiang pancang

Frame	Beban	Kombinasi	Besar	Satuan
9	P (Tekan)	DD + LL + 1,1B	46,165	Ton
13	P (Tarik)	DD + LL + 1,1B	81,574	Ton
13	V2	DD + LL + 1,1B	3,778	Ton
17	V3	DD + LL + 1,1B	3,165	Ton
17	M2	DD + LL + 1,1B	33,502	Ton.m
13	M3	DD + LL + 1,1B	35,960	Ton.m
Joint 3	U	DD + LL + 1,1B	11,87	mm

(Sumber : Analisa SAP 2000 v.14)

➤ Data Spesifikasi Tiang Pancang

Spesifikasi tiang pancang baja PT. SWARNA BAJAPACIFIC yang digunakan adalah sebagai berikut :

Diameter tiang	: 812,8 mm
Tebal tiang	: 16 mm
Modulus elastisitas (E)	: 2.100.000 kg/cm ²
Luas penampang (A)	: 400,5 cm ²
Berat (W)	: 314,39 kg/m
Momen Inersia (I)	: 318 x 10 ³ cm ⁴
Modulus of section (Z)	: 782 x 10 cm ³
Point of fixty (Zf)	: 8,15 m
Jumlah titik	: 4 titik

➤ **Perhitungan kebutuhan kedalaman tiang pancang**

Pada perencanaan struktur mooring dolphin, konfigurasi tiang pancang digunakan tiang pancang miring. Hasil analisa gaya dalam yang terjadi pada tiang pancang dapat dilihat pada Gambar 6.38 Jetty terletak pada zona tanah BL – 2. sehingga data tanah yang digunakan adalah data tanah pada titik BL – 2.

Mooring dolphin sisi utara :

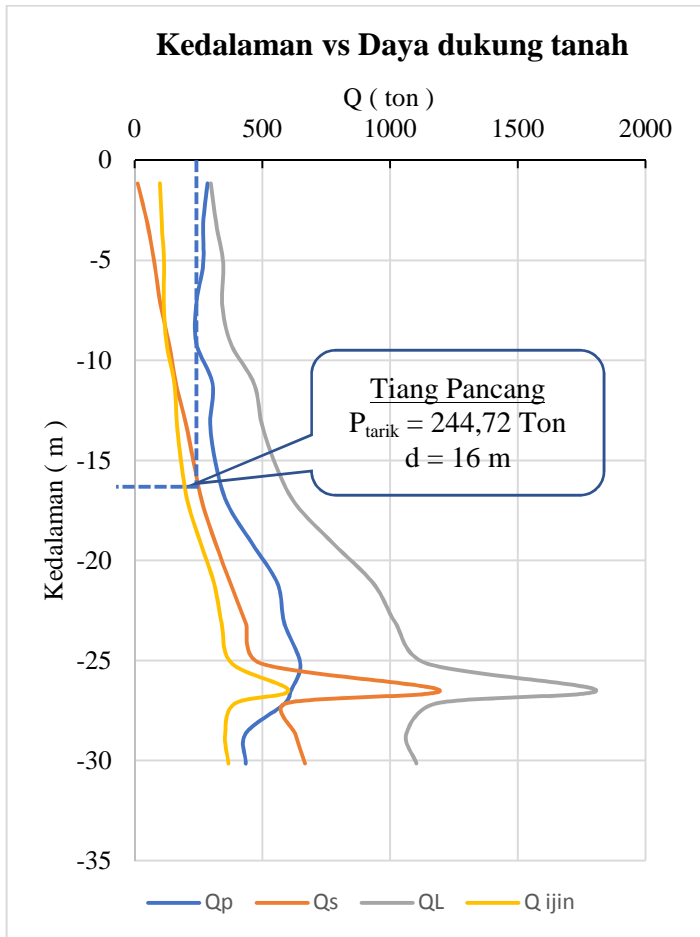
$$\begin{aligned} Q_p &= SF \times P \text{ tarik} \\ &= 3 \times 81,574 \\ &= 244,722 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Dengan gaya tarik tersebut maka dibutuhkan kedalaman tiang minimum sedalam 16 m dibawah seabed atau – 26 m LWS

Mooring dolphin sisi selatan :

$$\begin{aligned} Q_p &= SF \times P \text{ tarik} \\ &= 3 \times 81,574 \\ &= 244,722 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Dengan gaya tarik tersebut maka dibutuhkan kedalaman tiang minimum sedalam 16 m dibawah seabed atau – 20 m LWS



Gambar 6. 38 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
 11,87 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

$$M2 = 33,502 \text{ tm} < 293,25 \text{ tm} \rightarrow \text{OK}$$

$$M3 = 35,960 \text{ tm} < 293,25 \text{ tm} \rightarrow \text{OK}$$

➤ **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 :

$$H_u = \frac{2Mu}{e + Z_f}$$

Dimana : Mu = Momen ultimate bahan (293,25 t.m)
 e = Jarak antar lateral load yang bekerja dengan muka tanah (10 + 3,5 = 13,5)
 Z_f = Titik jepit (8,5 m)

$$H_u = \frac{2 \times Mu}{e + Z_f} = \frac{2 \times 293,25}{13,5 + 8,5} = 26,66 \text{ ton}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Hu yang terjadi} & : \\
 V2 = 3,778 \text{ ton} & < 27,93 \text{ ton} & \rightarrow \text{OK} \\
 V3 = 3,165 \text{ ton} & < 27,93 \text{ ton} & \rightarrow \text{OK}
 \end{aligned}$$

➤ **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 (f_y). Tegangan pada tiang pancang dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \dagger & = \frac{P}{A} \pm \frac{M}{W} \\
 & = \frac{81573,9}{0,04005} + \frac{35,96}{314,39} \\
 & = 2036801,6 \text{ kg} / \text{m}^2 \\
 & = 203,68 \text{ kg} / \text{cm}^2 < 2500 \text{ kg} / \text{cm}^2 \rightarrow \text{OK}
 \end{aligned}$$

➤ **Kontrol kuat tekuk**

$$\begin{aligned}
 P_{cr} & = \frac{f^2 \times EI}{(Zf + e)^2} \\
 & = \frac{3,14^2 \times 2100000 \times 318000}{(850 + 1350)^2} \\
 & = 1360380,3 \text{ kg} \\
 & = 1360,38 \text{ ton} > 81,574 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

➤ **Kemampuan tiang berdiri sendiri**

Tiang pancang pada saat pelaksanaan harus dikontrol terhadap frekuensi gelombang. Sehingga tiang akan stabil walaupun pada saat berdiri sendiri. gelombang diambil

sebesar $1/T$. Adapun cara menghitung tiang adalah dengan perumusan berikut :

$$\check{S}_t = 1,73 \sqrt{\frac{EI}{\frac{wi^3}{g}}} > \check{S}$$

Dimana,

$$E = 2100000 \text{ kg/cm}^2$$

$$I = 318000 \text{ cm}^4$$

$$w = \text{berat tiang (kg)}$$

$$= 314,4 \times 21,8$$

$$= 6539 \text{ kg}$$

$$i = 28,3 \text{ m}$$

$$g = 9,8 \text{ m}^2/\text{dt}$$

$$= 980 \text{ cm}^2/\text{dt}$$

$$\begin{aligned} \check{S}_t &= 1,73 \sqrt{\frac{EI}{\frac{wi^3}{g}}} > \check{S} \\ &= 1,73 \sqrt{\frac{2100000 \times 318000}{\frac{8897 \times 28,3^2}{980}}} = 3,117 \text{ s} > 0,154 \text{ s} \rightarrow OK \end{aligned}$$

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 :

$$H^?_{\text{hemmer}} = 2,00 \text{ m (hydraulic hammer)}$$

$$\check{O}_{\text{tiang}} = 81,28 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 t &= 16 \text{ mm} \\
 Q_u &= P_u \times SF = 81,57 \times 3 = 244,7 \text{ ton} \\
 W &= 10 \text{ ton} \\
 &= 1,732 \text{ (hydraulic hammer)} \\
 L &= 26 + 3 - 0,7 = 28,3 \text{ m} \\
 W_p &= W \times L \\
 &= 0,314 \times 28,3 = 8,897 \text{ ton} \\
 n_{\text{hammer}} &= 0,55 \text{ (hammer on steel pile without cushion)} \\
 S &= \text{set/pile penetration for last blow (cm)} \\
 C_1 &= 5 \text{ mm (Kompresi sementara dari cushion)} \\
 C_2 &= 10 \text{ mm (steel pipe pile)} \\
 C_3 &= 5 \text{ mm (soft ground SPT)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C &= C_1 + C_2 + C_3 \\
 &= 5 + 10 + 5 \\
 &= 20 \text{ mm} = 0,02 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$Q_u = \frac{r \ W \ H}{S + 0,5 \ C} \frac{W + n^2 \ W_p}{W + W_p}$$

$$244,7 = \frac{1,732 \times 10 \times 2}{S + 0,5 \times 0,02} \frac{10 + 0,55^2 \times 8,897}{10 + 8,897}$$

$$244,7 = \frac{34,64}{S + 0,01} \ 0,672$$

$$\begin{aligned}
 S &= 0,085 \text{ m} \\
 &= 85,06 \text{ mm} \quad \rightarrow \text{Setting kelendering}
 \end{aligned}$$

Jadi setting kelendering yang digunakan sebesar 85,06 mm

➤ **Perlindungan korosi**

Korosi tiang diasumsikan terjadi sampai tiang ditumbuhi 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 Catwalk

6.4.1 Umum

Struktur catwalk berfungsi sebagai penghubung antara dermaga (unloading platform) dengan Breasting dolphin. Dimensi catwalk yang direncanakan dalam tugas akhir ini adalah:

Panjang Catwalk	: 16,8 m
Lebar	: 1,5 m
Jarak antar balok melintang	: 2 m
Tinggi	: 1,5 m

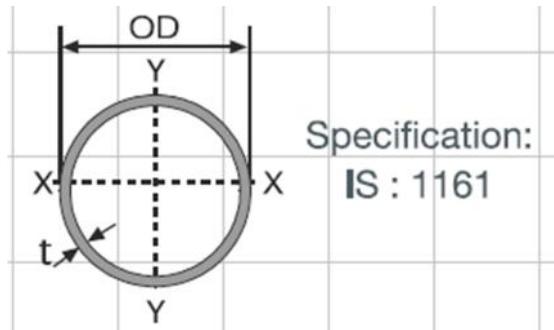
6.4.2 Perencanaan Balok Utama

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 estetik

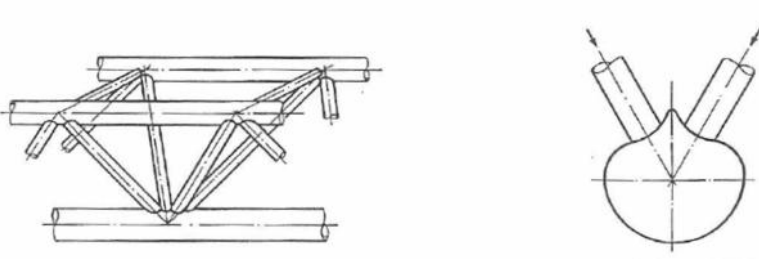
6.4.2.1 Spesifikasi Balok Utama

Profil Circular hollow yang direncanakan mempunyai spesifikasi sebagai berikut:



Gambar 6. 39 Spesifikasi penampang CHS
(Sumber : www.tatastructura.com)

- Material Type = coldformed
- Nominal Bore (mm) = 200
- Outside diameter (OD) = 219,1 mm
- Wall thickness (t) = 10 mm
- Young Modulus (E) = 2100000 kg/cm²
- Section Modulus = 884,55 cm³
- Area of Cross Section (A) = 65,72 cm²
- Outer Surface Area (cm²/m) = 6886
- Moment of Inertia (I) = 3599,89 cm⁴
- Tensile Stress (fu) = 5000 kg/cm²
- Yield Stress (fy) = 2900 kg/cm²
- Length (L) = 2 meter
- Radius of Gyration (r) = 7,4 cm



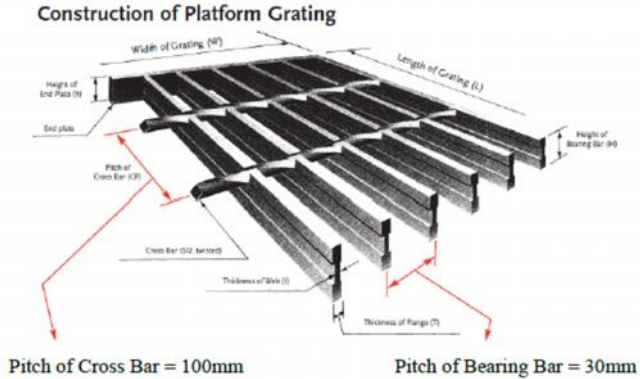
Gambar 6. 40 Multiplanar “K” joints pada struktur catwalk
 (Sumber: *Design Guide for Circular Hollow Section(CHS) joint under predominantly static loading, 2nd edition, 2008*)

6.4.2.2 Pembebanan Balok Utama

Beban rencana yang berada pada balok utama terdiri dari beban mati dan hidup yang berasal dari :

- Pelat injakan

Pada elemen pelat direncanakan pelat grating dengan spesifikasi seperti berikut :



Gambar 6. 41 Plat I Bar – grating

- | | |
|-------------------------|--------------------------|
| - Grating Code | = RG 2553/40/II B |
| - Leght x Width | = 2553 x 1500 mm |
| - Loading bar size | = 25x5x3 mm |
| - Weight | = 31,1 kg/m ² |
| - Jarak balok melintang | = 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 5 kg/m² yang ditempatkan pada sepanjang bentang catwalk.
- Beban angin sebesar 40 kg/m² yang bekerja pada satu sisi saja.

6.4.2.3 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 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

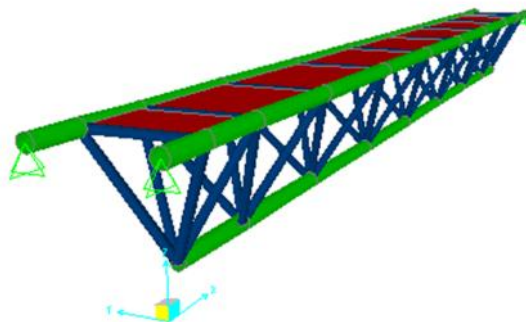
W = beban angin

Ex = beban gempa arah X

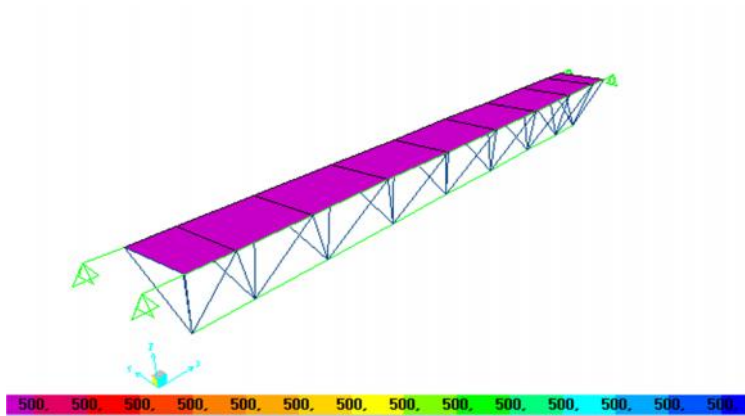
Ey = beban gempa arah Y

6.4.2.4 Permodelan Pada Struktur Catwalk

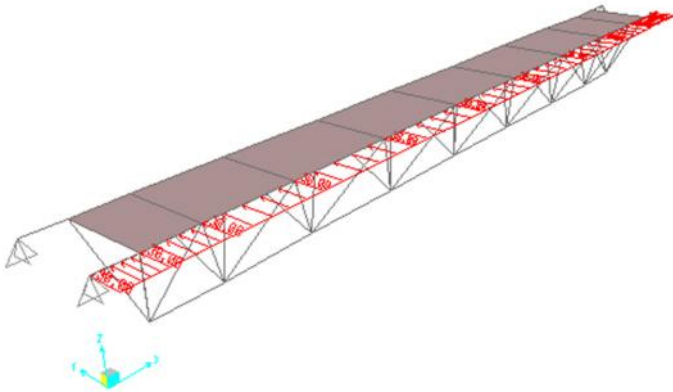
Pemodelan struktur mooring dolphin pada program SAP 2000 v.14 dapat dilihat pada Gambar 6.42 sampai Gambar 6.43



Gambar 6. 42 Tampak 3D Struktur Catwalk



Gambar 6. 43 Input beban hidup



Gambar 6. 44 Input beban angin

Dari analisa struktur dengan program bantu SAP 2000 v.14 didapatkan gaya – gaya sebagai berikut :

Tabel 6. 11 Output gaya balok utama

Frame	Beban	Kombinasi	Besar	Sat
57	P (Tarik)	1,2DL + 1,6LL	39081,91	kg
31	P (Tekan)	1,2DL + 1,6LL	5089,77	Kg
26	V	1,2DL + 1,6LL	6907,42	kg
26	M	1,2DL + 1,6LL	4476,75	kg.m
64	u	1,2DL + 1,6LL	3,14	mm

6.4.2.5 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**

$$\lambda = \frac{l}{r} = \frac{200}{7,4} = 27,027 < 200 \quad (OK)$$

– **Kontrol momen**

Z_x = Modulus penampang plastis

$$\begin{aligned} &= D^2t - 2Dt^2 + (4/3)t^3 \\ &= (219,1^2 \times 10) - (2 \times 219,1 \times 10^2) + (4/3) \times 10^3 \\ &= 437561,43 \text{ mm}^3 \\ &= 437,56 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

S_x = Modulus penampang elastis

$$\begin{aligned} &= (1/32/D) \times (D^4 - (D-2t)^4) \\ &= (3,14/32/219,1) \times (219,1^4 - (219,1 - 20)^4) \\ &= 328308,05 \text{ mm}^3 \\ &= 328,31 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Momen leleh

$$\begin{aligned} M_y &= S_x \times f_y \\ &= 328,31 \times 2900 \\ &= 952093,35 \text{ kg.cm} \\ &= 9520,93 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Momen plastis

$$\begin{aligned} M_p &= Z_x \times f_u \\ &= 437,56 \times 5000 \\ &= 1268928,2 \text{ kg.cm} \\ &= 1268,93 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Kontrol $M_p < 1,5 M_y$ (SNI 03-1729-2002 Pasal 8.2.1)

$$\begin{aligned} M_p &< 1,5 M_y \\ 1268,93 &< 1,5 \times 9520,93 \\ 1268,93 &< 14281,4 \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

M_u aktual $< x M_n$ profil

$$\begin{aligned} 4476,75 &< 0,9 \times 9520,94 \\ 4476,75 &< 8568,84 \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

– **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

$$\begin{aligned} \Phi P_n &= 0,75 \times A_e \times f_u \\ &= 0,75 \times 65,72 \times 5000 \\ &= 246450 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Cek, } \Phi P_n &> P_{\text{tarik}} \\ 171529 \text{ kg} &> 39081,91 \text{ kg} \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

– **Kontrol gaya tekan**

$$\begin{aligned} \rho_c &= \frac{Kl}{rxf} \sqrt{\frac{f_y}{E}} \\ &= \frac{200}{7,4 \times 3,14} \sqrt{\frac{2900}{2100000}} \\ &= 0,32 \end{aligned}$$

Karena $\rho_c < 1,5$ maka $F_{cr} = 0,685 \rho_c^2 \times f_y$

$$\begin{aligned} F_{cr} &= 0,658^{0,32^2} \times 2900 \\ &= 2778,6 \text{ kg / cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_n &= 0,85 \times F_{cr} \times A_g \\ &= 0,85 \times 2778,6 \times 65,72 \\ &= 155215,87 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$P_n > P_{\text{aktual}} \quad \rightarrow \quad 155215,87 \text{ kg} > 5089,77 \text{ kg}$$

– **Kontrol geser bahan**

$$\begin{aligned} V_n &= 0,9 \times F_{cr} \times A_g / 2 \\ &= 0,9 \times 2778,6 \times 32,86 \\ &= 82173,105 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$V_n > V_{\text{aktual}} \quad \rightarrow \quad 82173,105 > 6907,42 \text{ (OK)}$$

– **Kontrol tegangan bahan**

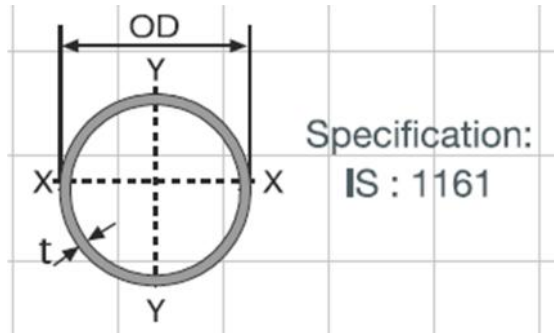
$$\begin{aligned} \dagger_{\text{aktual}} &= \frac{P}{A} + \frac{M}{Z_x} \\ &= \frac{5089,77}{65,72} + \frac{447675}{437,56} \\ &= 1100,6 \text{ kg / cm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Cek, ijin} > \text{aktual} \quad \rightarrow \quad 2900 > 1100,6 \quad \rightarrow \quad \text{OK}$$

6.4.3 Perencanaan Rangka Balok

6.4.3.1 Spesifikasi Rangka Balok

Profil Circular hollow yang direncanakan mempunyai spesifikasi sebagai berikut:



Gambar 6. 45 Spesifikasi penampang CHS
(Sumber : 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/cm²
- Section Modulus = 48,0 cm³
- Area of Cross Section (A) = 18,5 cm²
- Outer Surface Area (cm²/m) = 3591
- Moment of Inertia (I) = 274,5 cm⁴
- Tensile Stress (fu) = 5000 kg/cm²
- Yield Stress (fy) = 2900 kg/cm²
- Length (L) = 2 meter
- Radius of Gyration (r) = 3,85 cm

6.2.3.2 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 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. 12 Output gaya balok rangka catwalk

Frame	Beban	Kombinasi	Besar	Sat
62	P (Tarik)	1,2DL + 1,6LL	12394,36	kg
63	P (Tekan)	1,2DL + 1,6LL	11741,76	Kg
62	V	1,2DL + 1,6LL	314,42	kg
62	M	1,2DL + 1,6LL	338,59	kg.m
Joint 64	u	1,2DL + 1,6LL	3,14	mm

6.2.3.3 Kontrol Perhitungan Struktur

– **Kontrol buckling**

$$\frac{D}{t} < \frac{9000}{f_y} \rightarrow \frac{114,3}{5,4} < \frac{9000}{290} \rightarrow 21,167 < 31,034$$

Karena $< p$, maka penampang kompak

– **Kontrol kelangsingan komponen**

$$\lambda = \frac{l}{r} = \frac{200}{3,85} = 51,948 < 200 \text{ (OK)}$$

– **Kontrol momen**

Z_x = Modulus penampang plastis

$$\begin{aligned} &= D^2t - 2Dt^2 + (4/3)t^3 \\ &= (114,3^2 \times 5,4) - (2 \times 114,3 \times 5,4^2) + (4/3) \times 5,4^3 \\ &= 64092,22 \text{ mm}^3 \\ &= 64,092 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

S_x = Modulus penampang elastis

$$\begin{aligned} &= (1/32/D) \times (D^4 - (D-2t)^4) \\ &= (3,14/32/114,3) \times (114,3^4 - (114,3 - 10,8)^4) \\ &= 48013,94 \text{ mm}^3 \\ &= 48,014 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

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)

$$M_p < 1,5 M_y$$

$$1858,67 < 1,5 \times 1392,40$$

$$1858,67 < 2088,61 \quad (\text{OK})$$

Mu aktual $< x M_n$ profil

$$338,59 < 0,9 \times 1392,40$$

$$338,59 < 1253,16 \quad (\text{OK})$$

– **Kontrol gaya tarik**

Kuat leleh

$$\Phi P_n = 0,9 \times A_g \times f_y$$

$$= 0,9 \times 18,5 \times 2900$$

$$= 48285 \text{ kg} \quad (\text{menentukan})$$

Kuat putus

$$\Phi P_n = 0,75 \times A_e \times f_u$$

$$= 0,75 \times 18,5 \times 5000$$

$$= 69375 \text{ kg}$$

$$\text{Cek, } \Phi P_n > P_{\text{tarik}}$$

$$48285 \text{ kg} > 12394,36 \text{ kg} \quad (\text{OK})$$

– **Kontrol gaya tekan**

$$\lambda_c = \frac{Kl}{rxf} \sqrt{\frac{f_y}{E}}$$

$$= \frac{200}{3,85 \times 3,14} \sqrt{\frac{2900}{2100000}}$$

$$= 0,61$$

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

$$\begin{aligned} Fcr &= 0,658^{0,61^2} \times 2900 \\ &= 2476,1 \text{ kg / cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Pn &= 0,85 \times Fcr \times Ag \\ &= 0,85 \times 2476,1 \times 18,5 \\ &= 38936,15 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$Pn > P \text{ aktual} \quad \rightarrow \quad 38936,15 \text{ kg} > 11741,76 \text{ kg}$$

– Kontrol geser bahan

$$\begin{aligned} Vn &= 0,9 \times Fcr \times Ag/2 \\ &= 0,9 \times 2476,1 \times 9,25 \\ &= 20613,257 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$Vn > V \text{ aktual} \quad \rightarrow \quad 20613,257 > 314,42$$

– Kontrol tegangan bahan

$$\begin{aligned} \dagger_{\text{aktual}} &= \frac{P}{A} + \frac{M}{Zx} \\ &= \frac{11741,76}{18,5} + \frac{33859}{64,092} \\ &= 1162,97 \text{ kg / cm}^2 \end{aligned}$$

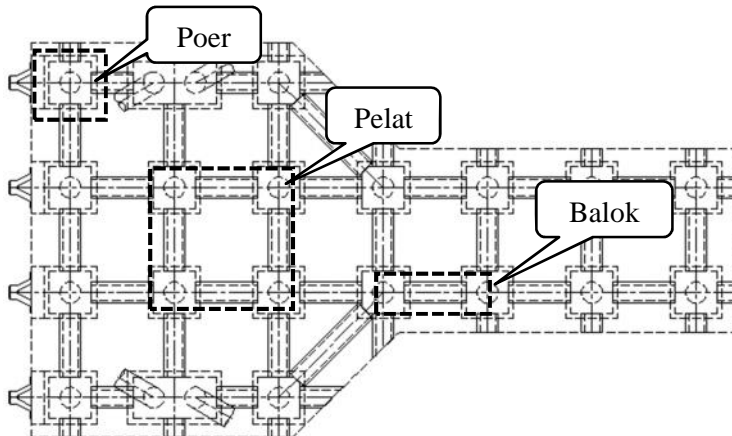
$$\text{Cek, ijin} > \text{aktual} \quad \rightarrow \quad 2900 > 1162,97 \quad \rightarrow \quad \text{OK}$$

BAB VII PERENCANAAN BETON PRACETAK

7.1 Umum

Beton pracetak menurut SNI 2847- 2013 adalah elemen struktur yang dicetak di tempat lain dari posisi akhirnya dalam struktur. Kelebihan dari sistem pracetak ini antara lain waktu konstruksi relatif singkat sehingga biaya dapat direduksi, proses produksi tidak tergantung cuaca, hemat bekisting, kualitas beton terkontrol dan cocok untuk daerah zona gempa rendah dan tipe bangunan tipikal. Secara umum, prosedur perencanaan komponen pracetak dilakukan dengan cara :

1. Menentukan kapasitas crane yang dibutuhkan dalam pemasangan komponen pracetak di lokasi proyek
2. Merencanakan dimensi komponen pracetak sesuai dengan kapasitas angkat crane
3. Kontrol kebutuhan tulangan terhadap tulangan yang terpasang (ditambah kontrol momen pada saat pengangkatan).



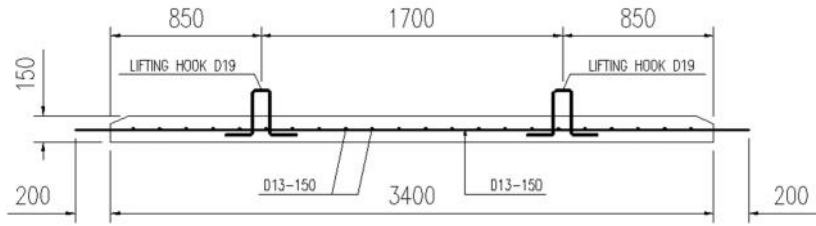
Gambar 7. 1 Layout beton pracetak Jetty

Dari layout diatas komponen pracetak pada jetty terdiri dari beberapa bagian yaitu :

1. Pelat Pracetak tebal 15 cm

Tabel 7. 1 Tipe dan ukuran pelat pracetak

Type	Ukuran	Jumlah
A	3,40 x 3,40 m ²	10
B	3,40 x 1,20 m ²	13
C	1,20 x 1,20 m ²	6
D	1,70 x 3,40 m ²	2

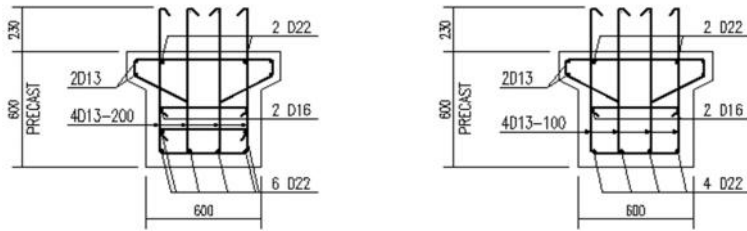


Gambar 7. 2 Tampak samping pelat pracetak

2. Balok Pracetak

Tabel 7. 2 Tipe dan ukuran balok pracetak

TIPE BALOK	DIMENSI		JUMLAH
	PRECAST BxT1xL	TOPPING BxT2xL	
B.1	600x900x2400	600x300x2400	27
B.2	600x900x1600	600x300x1600	4
B.3	600x900x700	600x300x700	18

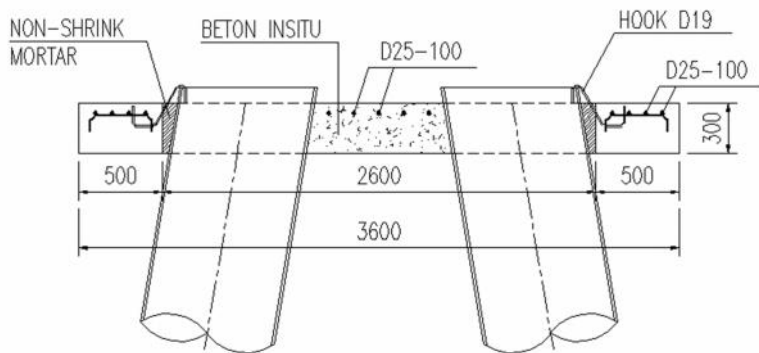


Gambar 7. 3 Tampak samping balok pracetak

3. Poer Pracetak

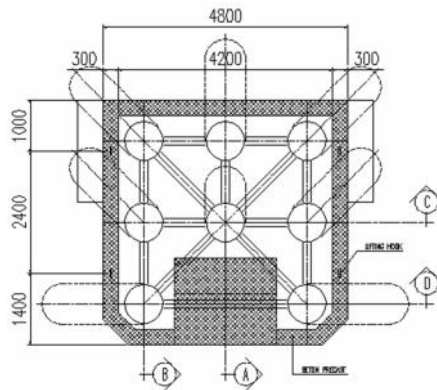
Tabel 7. 3 Tipe dan ukuran poer pracetak

Type	Ukuran	Jumlah
A	1,00 x 2,50 m ²	4
B	2,00 x 3,60 m ²	2
C	2,00 x 2,00 m ²	14



Gambar 7. 4 Tampak samping poer pracetak Jetty

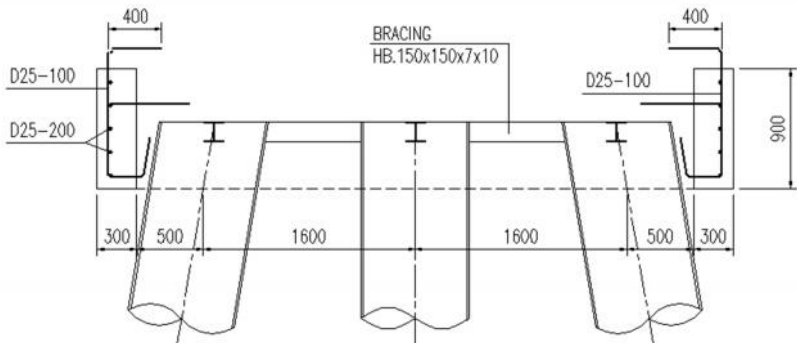
Breasting Dolphin



Gambar 7. 5 Layout pracetak breasting dolphin

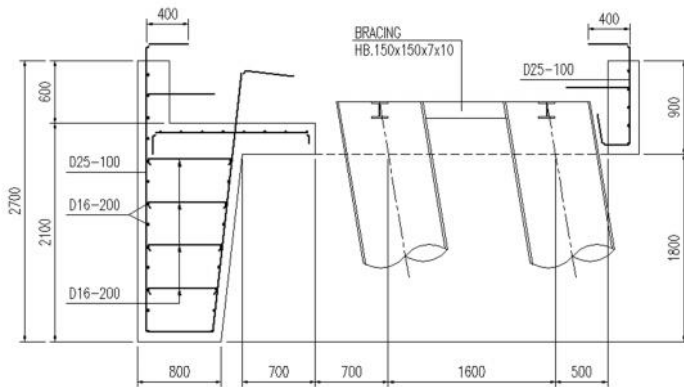
Dari layout di atas komponen pracetak pada breasting dolphin terdiri dari beberapa bagian yaitu :

1. Poer pracetak



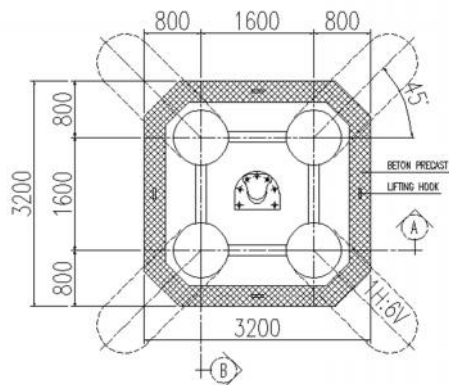
Gambar 7. 6 Tampak samping poer pracetak BD

2. Plank Fender



Gambar 7. 7 Tampak samping plank fender BD

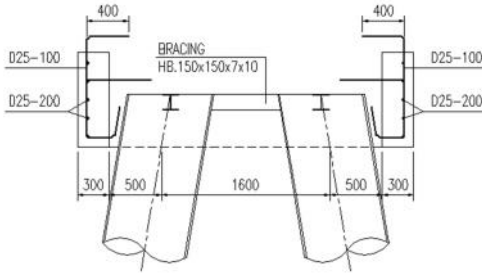
Mooring Dolphin



Gambar 7. 8 Layout pracetak mooring dolphin

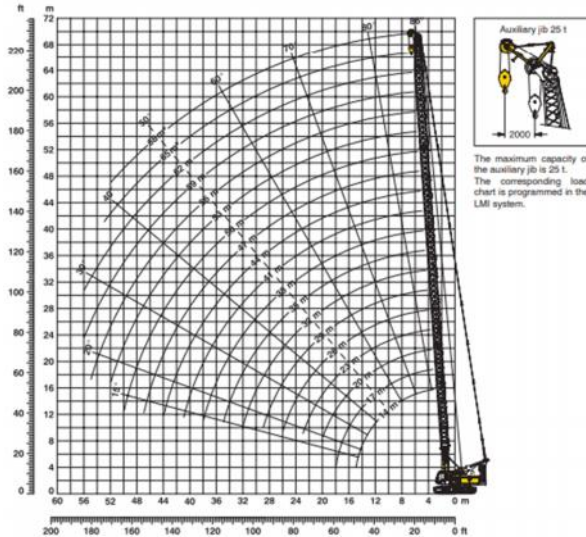
Dari layout di atas komponen pracetak pada mooring dolphin terdiri dari :

1. Poer pracetak

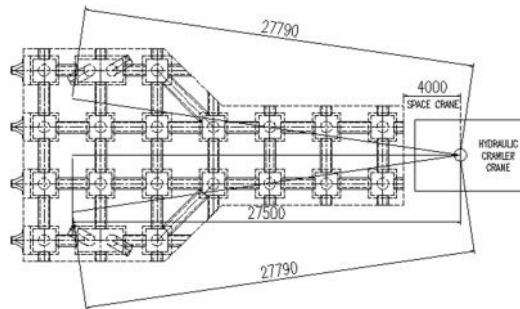


Gambar 7. 9 Tampak samping poer pracetak MD

Direncanakan beton pracetak diangkat menggunakan hydraulic crawler crane type HS 855 HD dengan kapasitas crane 25 ton.



Gambar 7. 10 Working range crane



Gambar 7. 11 Ilustrasi radius putar crane

Dari gambar diatas dapat diperoleh bahwa jarak titik terjauh dari pracetak dari titik pusat crane sejauh 28 m dan kapasitas angkat sebesar 5,03 ton, maka untuk menentukan kapasitas crane yang dipakai dapat dilihat pada tabel berikut

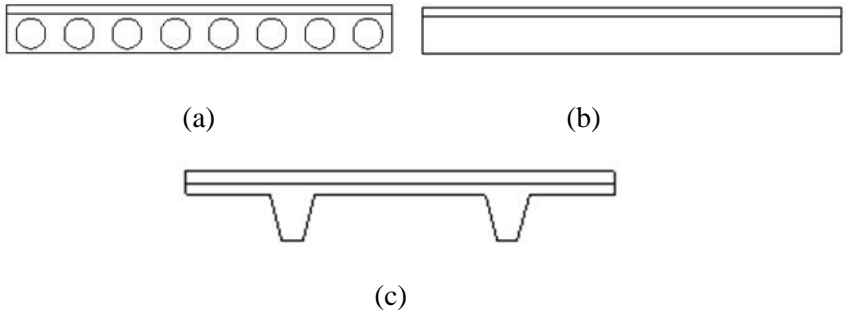
Tabel 7. 4 Tabel kapasitas crane

Capacities in metric tons for boom lengths (11 m – 62 m) – with 250 kN winches 26.3 t counterweight																						
Radius (m)	Boom length (m)													Radius (m)								
	11	14	17	20	23	26	29	32	35	38	41	44	47		50	53	56	59	62			
3.6			90.0																3			
4	84.3	80.1	83.7	77.9															4			
5	72.4	68.0	64.0	60.5	57.2	54.3	51.6												5			
6	57.2	54.3	51.7	49.2	47.0	44.9	43.0	41.1											6			
7	46.8	45.1	43.2	41.4	39.7	38.2	36.7	35.3	34.2	32.9	31.7	30.4	29.2	24.9					7			
8	38.3	38.5	37.1	35.6	34.3	33.1	31.9	30.8	29.9	28.9	27.9	27.0	26.2	24.8	20.9				8			
9	32.3	32.5	32.4	31.2	30.2	29.1	28.1	27.2	26.5	25.7	24.9	24.1	23.4	22.6	20.5	18.3	15.4	13.4	9			
10	27.8	28.0	28.1	27.7	26.8	25.9	25.1	24.3	23.8	23.0	22.5	21.8	21.3	20.6	19.6	17.5	14.9	13.2	10			
11	24.3	24.5	24.6	24.6	24.1	23.3	22.7	22.0	21.6	21.0	20.3	19.7	19.3	18.7	18.2	16.9	14.3	12.6	11			
12	21.6	21.9	21.9	21.9	21.9	21.3	20.6	20.0	19.7	19.1	18.5	18.0	17.6	17.1	16.6	16.1	13.8	12.1	12			
13		19.6	19.7	19.6	19.6	19.4	18.9	18.3	18.0	17.5	17.0	16.5	16.2	15.7	15.3	14.8	13.2	11.6	13			
14		17.6	17.8	17.7	17.7	17.6	17.3	16.8	16.6	16.1	15.6	15.2	14.9	14.5	14.1	13.6	12.7	11.1	14			
16			14.8	14.8	14.7	14.6	14.6	14.4	14.2	13.8	13.4	13.0	12.8	12.4	12.1	11.7	11.5	10.4	16			
18				12.5	12.5	12.4	12.3	12.2	12.3	12.0	11.6	11.3	11.1	10.8	10.5	10.1	9.9	9.6	18			
20					10.7	10.7	10.7	10.6	10.5	10.6	10.5	10.2	9.9	9.8	9.4	9.1	8.8	8.7	8.4	20		
22						9.3	9.3	9.2	9.1	9.2	9.1	9.0	8.7	8.6	8.3	8.0	7.8	7.6	7.3	22		
24							8.1	8.0	7.9	8.1	7.9	7.8	7.7	7.7	7.4	7.1	6.8	6.7	6.5	24		
26								7.1	7.1	7.0	7.1	7.0	6.9	6.7	6.8	6.3	6.0	6.0	5.7	26		
28									6.3	6.2	6.3	6.2	6.1	5.9	6.0	5.9	5.6	5.4	5.3	28		
30										5.5	5.6	5.5	5.4	5.2	5.3	5.2	5.0	4.8	4.7	4.5	30	
32											4.8	5.0	4.9	4.8	4.6	4.7	4.6	4.4	4.2	4.2	3.9	32

Sehingga didapat dengan panjang boom 32 m , maka kapasitas crane saat mencapai titik terjauh sebesar 6,2 ton.

7.2 Perencanaan Pelat Pracetak

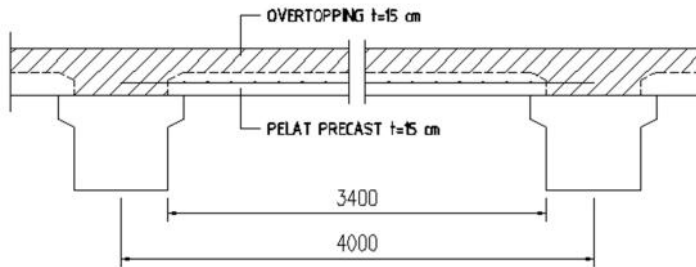
Terdapat 3 jenis pelat pracetak yang biasa diproduksi di pasaran yaitu pelat pracetak berlubang, pelat pracetak tidak berlubang dan plat pracetak T (lihat **Gambar 7.1**). Pada perencanaan kali ini menggunakan jenis pelat pracetak tidak berlubang. Keuntungan dari penggunaan pelat ini adalah mudah dalam fabrikasi dan tidak memakan banyak tempat pada saat penumpukan.



Gambar 7. 12 Jenis Pelat Pracetak, (a) Pelat Pracetak Berlubang, (b) Pelat Pracetak Tidak Berlubang, dan (c) Pelat Pracetak T

Pada perencanaan pracetak kali ini direncanakan pelat pracetak tidak berlubang . Pelat pracetak harus kuat pada saat pengangkatan dari cetakan ke lokasi penumpukan, pada saat ditumpuk, diangkat menuju ke lapangan untuk dipasang serta dibebani oleh beban cor overtopping.

Dalam perhitungan ini pelat yang ditinjau adalah pelat tipe 1. Pelat pracetak direncanakan memiliki tebal 15 cm sehingga untuk mencapai tebal yang direncanakan perlu dilakukan cor in-situ (overtopping) setebal 15cm (lihat **Gambar 7.2**).



Gambar 7. 13 Pelat pracetak

Tebal pelat rencana	= 300 mm
Tebal pelat pracetak	= 150 mm
Selimit beton	= 80 mm
Diameter tulangan	= 13 mm
h_x	= $150 - 80 - \frac{1}{2} 13$
	= 63,5 mm
h_y	= $150 - 80 - \frac{1}{2} 13 - 13$
	= 50,5 mm

Kontrol yang dilakukan pada pelat pracetak ini dilakukan pada saat umur beton belum mencapai kuat tekan yang direncanakan sehingga untuk mendapatkan kuat beton pada umur tertentu, kuat beton rencana perlu dikalikan dengan faktor konversi kuat tekan berdasarkan umur beton berdasarkan PBI 1971 tabel 4.1.4. (lihat **Tabel 7.1**).

Tabel 7. 5 Konversi umur beton

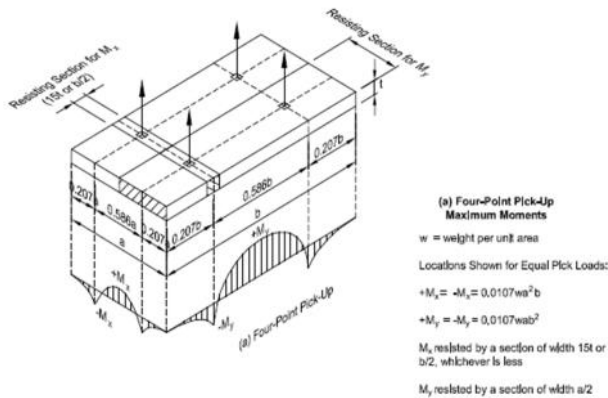
Umur beton (hari)	3	7	14	21	28	90	365
Semen Portland biasa	0,40	0,65	0,88	0,95	1,00	1,20	1,35
Semen Portland dengan kekuatan awal yang tinggi	0,55	0,75	0,90	0,95	1,00	1,15	1,20

a. Kontrol Kemampuan angkat crane

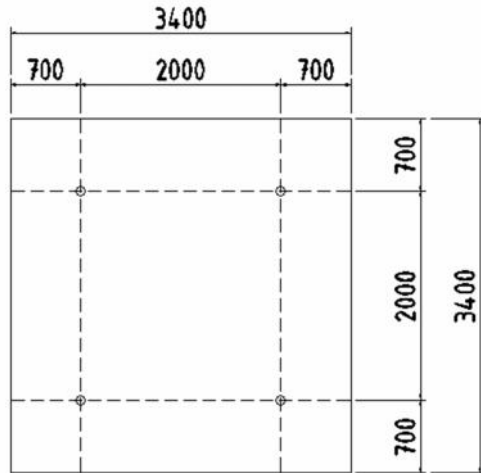
$$\begin{aligned} \text{Berat pelat pracetak} &= 3,4 \times 3,4 \times 0,15 \times 2,9 \\ &= 5,03 \text{ ton} < 6 \text{ ton (OK)} \end{aligned}$$

b. Kontrol pengangkatan dari cetakan ke lokasi penumpukan (Beton umur 3 hari)

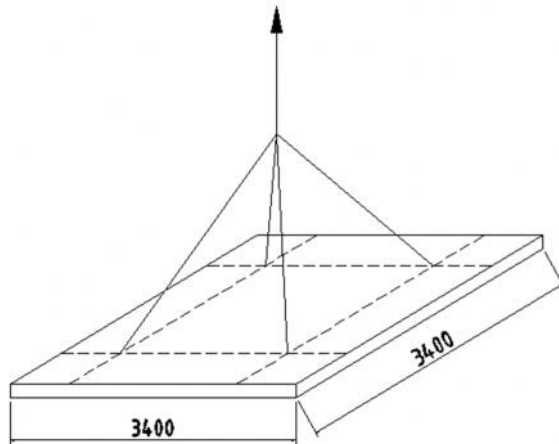
Setelah pekerjaan fabrikasi komponen pracetak selesai, plat pracetak direncanakan sudah dapat diangkat menggunakan crawler crane untuk diletakkan di lapangan penumpukan setelah umur 3 hari. Direncanakan plat pracetak diangkat pada 4 titik (lihat **Gambar 7.12**, **gambar 7.13** dan **Gambar 7.14**)



Gambar 7. 14 Posisi Titik Angkat Pelat Pracetak
(Sumber : PCI Design Handbook Precast & Prestressed Concrete)



Gambar 7. 15 Tampak atas posisi titik pengangkatan



Gambar 7. 16 Ilustrasi pengangkatan pelat pracetak

Mutu beton saat umur 3 hari

$$\begin{aligned}\sigma'_{bk} &= 0,55 \times 350 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 192,5 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma'_b &= 0,33 \times \sigma'_{bk} \\ &= 63,53 \text{ kg/cm}^2 \\ E_b &= 6400 \times \sigma'_{bk} \\ &= 88796,396 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

$$n = \frac{E_a}{E_b} = \frac{2100000}{88796,396} = 23,65$$

$$w_0 = \frac{\dagger_a}{n \times \dagger'_b} = \frac{1850}{23,65 \times 63,53} = 1,231$$

$$\text{As pasang} = 8,844 \text{ cm}^2$$

Kontrol momen

$$\begin{aligned}\text{Berat sendiri pelat (q)} &= 0,15 \times 2,4 \\ &= 0,36 \text{ ton/m}^2\end{aligned}$$

Momen maksimum saat pengangkatan :

$$\begin{aligned}+ M_x = - M_x &= 0,0107 w a^2 b \\ &= 0,0107 \times 0,36 \times 3,4^2 \times 3,4 \\ &= 0,151 \text{ ton.m} \\ &= 151,4 \text{ kg.m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}+ M_y = - M_y &= 0,0107 w b^2 a \\ &= 0,0107 \times 0,36 \times 3,4^2 \times 3,4 \\ &= 0,151 \text{ ton.m} \\ &= 151,4 \text{ kg.m}\end{aligned}$$

Kontrol tulangan pracetak

Momen pada saat pengangkatan harus ditambahkan dengan faktor kejut sebesar 1,2 dikarenakan saat pengangkatan kondisi tidak selamanya mulus. Faktor kejut 1,2 diperoleh dari PCI Design Precast Tabel 5.3.3.1.

$$M_x = M_y = 151,4 \times 1,2$$

$$= 181,7 \text{ kg.m}$$

Arah x

$$Ca = \frac{hx}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times t^3}}} = \frac{6,35}{\sqrt{\frac{23,65 \times 18167,881}{100 \times 1850}}} = 4,167$$

Dengan melihat tabel Perhitungan Lentur Cara “n”, untuk Ca = 4,167 dengan $\delta = 0$, didapatkan :

$$\begin{aligned} w &= 2,333 > w_0 = 1,231 && \text{OK} \\ 100n\omega &= 6,429 \\ \omega &= 0,0027 \end{aligned}$$

Luas tulangan yang dibutuhkan

$$\begin{aligned} As &= \omega \times b \times h \\ &= 0,0027 \times 100 \times 6,35 \\ &= 1,726 \text{ cm}^2 < As \text{ pasang} = 8,444 \text{ cm}^2 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

Arah y :

$$Ca = \frac{hy}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times t^3}}} = \frac{5,05}{\sqrt{\frac{23,65 \times 18167,881}{100 \times 1850}}} = 3,314$$

Dengan melihat tabel Perhitungan Lentur Cara “n”, untuk Ca = 3,314 dengan $\delta = 0$, didapatkan :

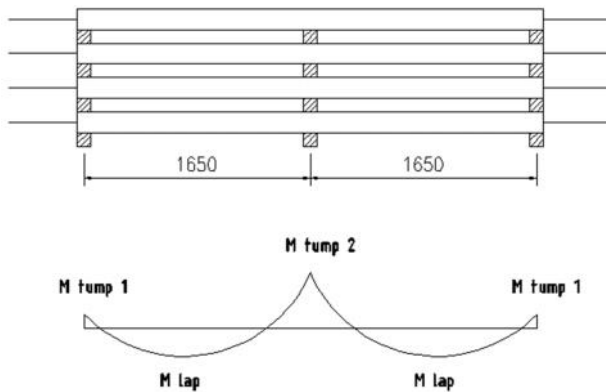
$$\begin{aligned} w &= 1,755 > w_0 = 1,231 && \text{OK} \\ 100n\omega &= 10,34 \\ \omega &= 0,0044 \end{aligned}$$

Luas tulangan yang dibutuhkan

$$\begin{aligned} As &= \omega \times b \times h \\ &= 0,0044 \times 100 \times 5,05 \\ &= 2,208 \text{ cm}^2 < As \text{ pasang} = 8,444 \text{ cm}^2 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

c. Kontrol penumpukan (Beton umur 3 hari)

Pelat pracetak diasumsikan sebagai balok dengan lebar 1 meter. Untuk penumpukan beban ditambahkan dengan faktor kejut sebesar 1,2 dikarenakan saat penumpukan kondisi tidak selamanya mulus. Faktor kejut 1,2 diperoleh dari PCI Design Precast and Prestressed Concrete Table 5.3.3.1. Perhitungan momen didasarkan pada rencana penumpukan seperti pada Gambar 7.7 sebagai berikut :



Gambar 7. 17 Momen penumpukan pelat

$$q = 0,15 \times 1 \times 2,4 \times 4 \text{ tumpuk}$$

$$= 1,440 \text{ ton/m}$$

$$M \text{ tump 1} = 1/30 \times q \times L^2$$

$$= 0,033 \times 1400 \times 1,65^2$$

$$= 130,7 \text{ kg.m}$$

$$M \text{ tump 2} = 1/10 \times q \times L^2$$

$$= 0,1 \times 1440 \times 1,65^2$$

$$= 392 \text{ kg.m}$$

$$M \text{ tump 2} = 1/10 \times q \times L^2$$

$$= 0,1 \times 1440 \times 1,652$$

$$= 392 \text{ kg.m}$$

Kontrol tulangan pracetak

$$M = 392 \times 1,2$$

$$= 470,4 \text{ kg.m}$$

$$Ca = \frac{hx}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times t' \times a}}} = \frac{6,35}{\sqrt{\frac{23,65 \times 47044,8}{100 \times 1850}}} = 2,589$$

Dengan melihat tabel Perhitungan Lentur Cara “n”, untuk Ca = 2,589 dengan $\delta = 0$, didapatkan :

$$w = 1,262 > w_0 = 1,231 \quad \text{OK}$$

$$100n\omega = 17,51$$

$$\omega = 0,0074$$

Luas tulangan yang dibutuhkan

$$As = \omega \times b \times h$$

$$= 0,0074 \times 100 \times 6,35$$

$$= 4,701 \text{ cm}^2 < As \text{ pasang} = 8,444 \text{ cm}^2 \text{ (OK)}$$

d. Kontrol pengangkatan dari lokasi penumpukan untuk dipasang (Beton umur 7 hari)

Setelah pekerjaan fabrikasi komponen pracetak selesai, pelat pracetak direncanakan diangkat dari lokasi penumpukan menggunakan crawler crane untuk dipasang setelah pelat pracetak berumur 7 hari.

$$\sigma'_{bk} = 0,75 \times 350 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 262,5 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma'_b = 0,33 \times \sigma'_{bk}$$

$$= 86,63 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_b = 6400 \times \sigma'_{bk}$$

$$= 103691,85 \text{ kg/cm}^2$$

$$n = \frac{Ea}{Eb} = \frac{2100000}{103691,85} = 20,25$$

$$w_0 = \frac{\dagger_a}{nx\dagger'_b} = \frac{1850}{20,25 \times 86,63} = 1,055$$

$$\text{As pasang} = 8,844 \text{ cm}^2$$

Kontrol tulangan pracetak

$$\begin{aligned} M_x = M_y &= 151,4 \times 1,2 \\ &= 181,7 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Arah x :

$$Ca = \frac{hx}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times \dagger'_a}}} = \frac{6,35}{\sqrt{\frac{20,25 \times 18167,881}{100 \times 1850}}} = 4,503$$

Dengan melihat tabel Perhitungan Lentur Cara “n”, untuk Ca = 4,503 dengan $\delta = 0$, didapatkan :

$$w = 2,460 > w_0 = 1,055 \quad \text{OK}$$

$$100n\omega = 5,874$$

$$\omega = 0,0029$$

Luas tulangan yang dibutuhkan

$$\text{As} = \omega \times b \times h$$

$$= 0,0029 \times 100 \times 6,35$$

$$= 1,842 \text{ cm}^2 < \text{As pasang} = 8,444 \text{ cm}^2 \quad (\text{OK})$$

Arah y :

$$Ca = \frac{hy}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times \dagger'_a}}} = \frac{5,05}{\sqrt{\frac{20,25 \times 18167,881}{100 \times 1850}}} = 3,581$$

Dengan melihat tabel Perhitungan Lentur Cara “n”, untuk $C_a = 3,851$ dengan $\delta = 0$, didapatkan :

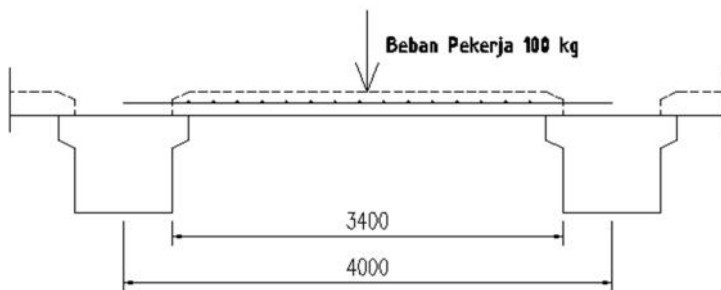
$$\begin{aligned} W &= 1,849 > W_0 = 1,055 && \text{OK} \\ 100n\omega &= 9,492 \\ \omega &= 0,0047 \end{aligned}$$

Luas tulangan yang dibutuhkan

$$\begin{aligned} A_s &= \omega \times b \times h \\ &= 0,0047 \times 100 \times 5,05 \\ &= 2,367 \text{ cm}^2 < A_s \text{ pasang} = 8,444 \text{ cm}^2 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

e. Kontrol pada saat konstruksi penulangan pelat (Beton umur 7 hari)

Setelah pelat pracetak dipasang, dilakukan penulangan tekan. Diasumsikan pekerjaan ini menambah beban 2 pekerja dengan kondisi kritis pekerja berdiri di tengah bentang plat dengan beban 1 pekerja $P = 100 \text{ kg}$.



Gambar 7. 18 Ilustrasi pelat pracetak saat konstruksi penulangan

$$\begin{aligned} q &= 0,15 \times 1 \times 2,4 \\ &= 0,36 \text{ ton/m} \\ &= 360 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P &= 100 \times 2 \\
 &= 200 \text{ kg} \\
 M &= (1/8 \times q \times L^2) + (1/4 \times P \times L) \\
 &= (1/8 \times 360 \times 3,4^2) + (1/4 \times 200 \times 3,4) \\
 &= 690,2 \text{ kg.m} \\
 &= 69020 \text{ kg.cm}
 \end{aligned}$$

Kontrol tulangan pracetak

$$Ca = \frac{h}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times t' \times a}}} = \frac{6,35}{\sqrt{\frac{20,25 \times 69020}{100 \times 1850}}} = 2,31$$

Dengan melihat tabel Perhitungan Lentur Cara “n”, untuk Ca = 2,31 dengan $\delta = 0$, didapatkan :

$$\begin{aligned}
 w &= 1,083 > w_0 = 1,055 && \text{OK} \\
 100n\omega &= 22,15 \\
 \omega &= 0,0109
 \end{aligned}$$

Luas tulangan yang dibutuhkan

$$\begin{aligned}
 A_s &= \omega \times b \times h \\
 &= 0,0109 \times 100 \times 6,35 \\
 &= 6,945 \text{ cm}^2 < A_s \text{ pasang} = 8,444 \text{ cm}^2 \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

f. Kontrol pada saat pengecoran overtopping (Beton umur 14 hari)

Setelah pelat pracetak dilakukan penulangan tekan, dilanjutkan dengan pengecoran overtopping setebal 15 cm. Diasumsikan pekerjaan ini juga menambah beban 2 pekerja.

$$\begin{aligned}
 \sigma'_{bk} &= 0,90 \times 350 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 315 \text{ kg/cm}^2 \\
 \sigma'_b &= 0,33 \times \sigma'_{bk} \\
 &= 104 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

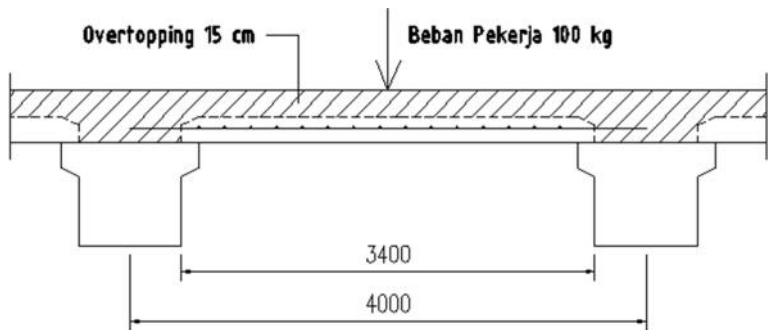
$$E_b = 6400 \times \sigma'_{bk}$$

$$= 113588,73 \text{ kg/cm}^2$$

$$n = \frac{Ea}{Eb} = \frac{2100000}{113588,73} = 18,49$$

$$w_0 = \frac{\dagger_a}{n \times \dagger'_b} = \frac{1850}{18,49 \times 104} = 0,963$$

$$\text{As pasang} = 8,844 \text{ cm}^2$$



Gambar 7. 19 Ilustrasi saat pengecoran overtopping

$$q = 0,15 \times 1 \times 2,4$$

$$= 0,36 \text{ ton/m}$$

$$= 360 \text{ kg/m}$$

$$P = 100 \times 2$$

$$= 200 \text{ kg}$$

$$M = (1/8 \times q \times L^2) + (1/4 \times P \times L)$$

$$= (1/8 \times 360 \times 3,4^2) + (1/4 \times 200 \times 3,4)$$

$$= 690,2 \text{ kg.m}$$

$$= 69020 \text{ kg.cm}$$

Kontrol tulangan pracetak

$$Ca = \frac{h}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times t'_a}}} = \frac{6,35}{\sqrt{\frac{18,49 \times 69020}{100 \times 1850}}} = 2,42$$

Dengan melihat tabel Perhitungan Lentur Cara “n”, untuk Ca = 2,42 dengan $\delta = 0$, didapatkan :

$$\begin{aligned} w &= 1,146 > w_0 = 0,963 && \text{OK} \\ 100n\omega &= 20,33 \\ \omega &= 0,0110 \end{aligned}$$

Luas tulangan yang dibutuhkan

$$\begin{aligned} As &= \omega \times b \times h \\ &= 0,0110 \times 100 \times 6,35 \\ &= 6,983 \text{ cm}^2 < As \text{ pasang} = 8,444 \text{ cm}^2 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

g. 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 : $C_3 = 1,50$; $C_4 = 0,16$; $C_5 = 30$

$$\tilde{S}_p = \frac{A}{bt} = \frac{8,844}{6,35 \times 100} = 0,014$$

$$dp = 12,8 \times \sqrt{1,041} = 13,06 \text{ mm} = 1,306 \text{ cm}$$

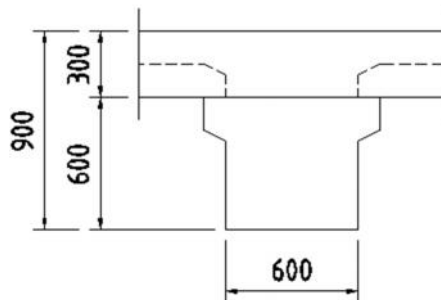
$$t_a = \frac{t'_a}{w} = \frac{1850}{1,146} = 1614$$

Maka besarnya lebar retak didapatkan :

$$\begin{aligned} W &= r \left(C_3 \times d + C_4 \frac{dp}{\tilde{S}_p} \right) \left(t_a - \frac{C_5}{\tilde{S}_p} \right) 10^{-6} \\ &= 1 \left(1,5 \times 8 + 0,16 \frac{1,306}{0,014} \right) \left(1614 - \frac{30}{0,014} \right) 10^{-6} \\ &= -0,015 \text{ cm} \leq 0,01 \text{ cm} \rightarrow \text{OK} \end{aligned}$$

7.3 Perencanaan Balok Pracetak

Balok pracetak didesain dengan dimensi 0,6 x 0,6 m dengan mempertimbangkan berat satu segmen ketika diangkat oleh crane dan penambahan kantilever kanan kiri untuk dudukan pelat pracetak. Pada perencanaan pracetak kali ini direncanakan balok pracetak diangkat pada saat umur 3 hari untuk ditumpuk di lokasi penumpukan, saat ditumpuk pada umur 3 hari, saat diangkat untuk dipasang dan diberi penulangan balok pada umur 7 hari serta kuat dibebani plat pracetak serta konstruksi penulangannya pada umur 14 hari beton serta dibebani cor overtopping pada umur 21 hari. Cara perhitungan yang dilakukan pada semua jenis balok adalah sama. Contoh yang diberikan adalah balok melintang untuk bentang 4,0 m. (lihat gambar 7.10)



Gambar 7. 20 Penampang balok pracetak

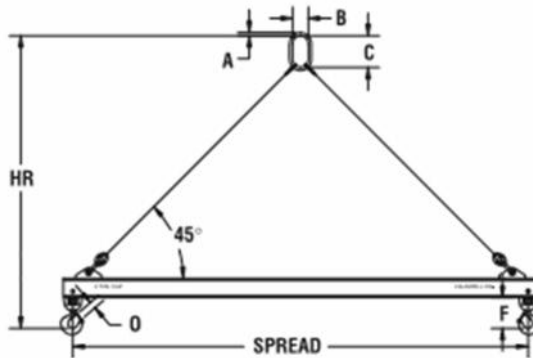
Panjang balok	= 340 cm
Tinggi balok rencana	= 90 cm
Tinggi balok pracetak	= 60 cm
Lebar balok pracetak	= 60 cm
Cover	= 8 cm
Diameter tul lentur	= 2,2 cm
Diameter tul geser	= 1,6 cm
h	$= 60 - 8 - 1,6 - (0,5 \times 2,2)$
	$= 49,23 \text{ cm}$

a. Kontrol kemampuan angkat crane

$$\begin{aligned} \text{Berat balok pracetak} &= 0,395 \times 3,4 \times 2,9 \\ &= 3,89 \text{ ton} < 6 \text{ ton (OK)} \end{aligned}$$

b. Kontrol pengangkatan dari cetakan ke lokasi penumpukan (Beton umur 3 hari)

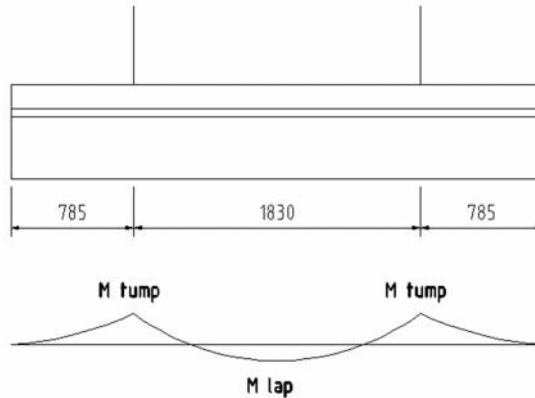
Setelah pekerjaan fabrikasi komponen pracetak selesai, balok pracetak direncanakan sudah dapat diangkat menggunakan crawler crane untuk diletakkan di lapangan penumpukan setelah umur 3 hari. Direncanakan balok pracetak diangkat pada 2 titik dengan jarak sesuai dengan type spreader yang akan dipakai. Dalam perencanaan ini digunakan fixed spreader beam – model 20 seperti gambar 7.10 dengan spesifikasi berikut :



Gambar 7. 21 Fixed spreader beam - model 20
(Sumber : American Rigger Supply, Inc)

Capacity	: 10 ton
Head room	: 64 inchi
Weight	: 156 lbs
Outside spreader	: 6 in (1,83 m)

Berdasarkan spesifikasi spreader, maka direncanakan jarak titik angkat adalah 1,83 m. Momen Balok saat pengangkatan dihitung dengan menggunakan mekanika teknik sederhana dengan hasil seperti pada Gambar 7.11 sebagai berikut :



Gambar 7. 22 Ilustrasi pengangkatan balok pracetak

$$\begin{aligned} q &= 0,395 \times 2,4 \\ &= 0,984 \text{ ton/m} \\ &= 984 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R &= (q \times l)/2 \\ &= (984 \times 3,4)/2 \\ &= 1611,6 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{\text{tump}} &= q \times 0,785 \times (0,785 \times 0,5) \\ &= 984 \times 0,785 \times 0,5 \times 0,785 \\ &= 292,1 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{\text{lap}} &= (R \times 1,83 \times 0,5) + (q \times 1,7 \times 0,5 \times 1,7) \\ &= (1611,6 \times 1,83 \times 0,5) + (984 \times 1,7 \times 0,5 \times 1,7) \\ &= 104,8 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Mutu beton saat umur 3 hari

$$\begin{aligned}\sigma'_{bk} &= 0,55 \times 350 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 192,5 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma'_b &= 0,33 \times \sigma'_{bk} \\ &= 63,53 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}E_b &= 6400 \times \sigma'_{bk} \\ &= 88796,396 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

$$n = \frac{Ea}{Eb} = \frac{2100000}{88796,396} = 23,65$$

$$w_0 = \frac{\dagger_a}{nx\dagger'_b} = \frac{1850}{23,65 \times 63,53} = 1,231$$

$$\text{As pasang} = 15,20 \text{ cm}^2 \text{ (4 D22)}$$

Kontrol tulangan pracetak

Momen pada saat pengangkatan harus ditambahkan dengan faktor kejut sebesar 1,2 dikarenakan saat pengangkatan kondisi tidak selamanya mulus. Faktor kejut 1,2 diperoleh dari PCI Design Precast Tabel 5.3.3.1.

$$\begin{aligned}M_x = M_y &= 292,1 \times 1,2 \\ &= 350,5 \text{ kg.m}\end{aligned}$$

$$Ca = \frac{h}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times \dagger'_a}}} = \frac{49,3}{\sqrt{\frac{23,65 \times 35050,87}{60 \times 1850}}} = 18,04$$

Dengan melihat tabel Perhitungan Lentur Cara “n”, untuk Ca = 18,04 dengan $\delta = 0,4$, didapatkan :

$$w = 8,091 > w_0 = 1,231 \quad \text{OK}$$

$$100n\omega = 0,683$$

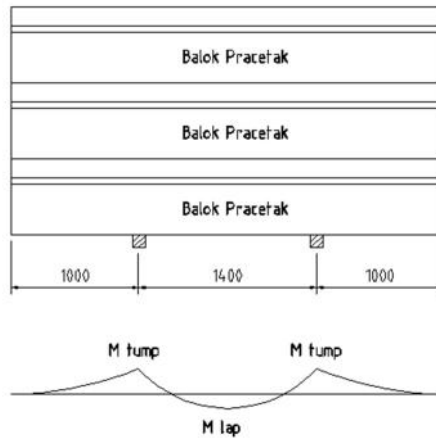
$$\omega = 0,0003$$

Luas tulangan yang dibutuhkan

$$\begin{aligned} A_s &= \omega \times b \times h \\ &= 0,0003 \times 60 \times 49,3 \\ &= 0,854 \text{ cm}^2 < A_s \text{ pasang} = 15,20 \text{ cm}^2 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

c. Kontrol penumpukan (Beton umur 3 hari)

Perhitungan Momen penumpukan menggunakan ilmu mekanika teknik sederhana (lihat ilustrasi **Gambar 7.11**). Direncanakan balok pracetak ditumpuk hingga 3 tumpukan diatas balok kayu



Gambar 7. 23 Ilustrasi penumpukan balok pracetak

$$\begin{aligned} q &= 0,395 \times 2,4 \\ &= 0,984 \text{ ton/m} \\ &= 984 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q \text{ untuk 3 tumpuk balok} &= 3 \times q \\ &= 3 \times 984 \\ &= 2844 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R &= (q \times l) / 2 \\ &= (2844 \times 3,4) / 2 \\ &= 4835 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{\text{tump}} &= q \times l \times 0,5 \\
 &= 4835 \times 1 \times 0,5 \\
 &= 1422 \text{ kg.m} \\
 M_{\text{lap}} &= (R \times 1,4 \times 0,5) + (q \times 1,7 \times 0,5 \times 1,7) \\
 &= (4835 \times 1,4 \times 0,5) + (2844 \times 1,7 \times 0,5 \times 1,7) \\
 &= 725,2 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

Kontrol tulangan pracetak

Momen pada saat pengangkatan harus ditambahkan dengan faktor kejut sebesar 1,2 dikarenakan saat pengangkatan kondisi tidak selamanya mulus. Faktor kejut 1,2 diperoleh dari PCI Design Precast Tabel 5.3.3.1.

$$\begin{aligned}
 M_x = M_y &= 1422 \times 1,2 \\
 &= 1706 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

$$Ca = \frac{h}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times t' \times a}}} = \frac{49,3}{\sqrt{\frac{23,65 \times 170640}{60 \times 1850}}} = 8,176$$

Dengan melihat tabel Perhitungan Lentur Cara “n”, untuk $Ca = 8,176$ dengan $\delta = 0,4$, didapatkan :

$$\begin{aligned}
 w &= 5,25 > w_0 = 1,231 && \text{OK} \\
 100n\omega &= 1,569 \\
 \omega &= 0,0007
 \end{aligned}$$

Luas tulangan yang dibutuhkan

$$\begin{aligned}
 A_s &= \omega \times b \times h \\
 &= 0,0007 \times 60 \times 49,3 \\
 &= 1,962 \text{ cm}^2 < A_s \text{ pasang} = 15,20 \text{ cm}^2 \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

d. Kontrol pengangkatan dari lokasi penumpukan untuk dipasang (Beton umur 7 hari)

Setelah pekerjaan fabrikasi komponen pracetak selesai, balok pracetak direncanakan diangkat dari lokasi penumpukan

menggunakan crawler crane untuk dipasang setelah balok pracetak berumur 7 hari.

$$\begin{aligned}\sigma'_{bk} &= 0,75 \times 350 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 262,5 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma'_b &= 0,33 \times \sigma'_{bk} \\ &= 86,63 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}E_b &= 6400 \times \sigma'_{bk} \\ &= 103691,85 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

$$n = \frac{Ea}{Eb} = \frac{2100000}{103691,85} = 20,25$$

$$w_0 = \frac{t_a}{n \times t'_b} = \frac{1850}{20,25 \times 86,63} = 1,055$$

As pasang = 15,20 cm² (4 D22)

Kontrol tulangan pracetak

$$\begin{aligned}M_x = M_y &= 151,4 \times 1,2 \\ &= 181,7 \text{ kg.m}\end{aligned}$$

$$Ca = \frac{h}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times t'_a}}} = \frac{49,3}{\sqrt{\frac{20,25 \times 35050,88}{60 \times 1850}}} = 19,49$$

Dengan melihat tabel Perhitungan Lentur Cara “n”, untuk Ca = 19,49 dengan δ = 0,4 didapatkan :

$$w = 8,091 > w_0 = 1,055 \quad \text{OK}$$

$$100n\omega = 0,683$$

$$\omega = 0,0003$$

Luas tulangan yang dibutuhkan

$$As = \omega \times b \times h$$

$$= 0,0003 \times 60 \times 49,3$$

$$= 1,663 \text{ cm}^2 < As \text{ pasang} = 15,20 \text{ cm}^2 \quad (\text{OK})$$

e. Kontrol pada saat dibebani pelat dan konstruksi penulangan (Beton umur 14 hari)

Setelah balok pracetak dipasang, balok akan dibebani dengan pelat pracetak dan dipasang tulangan tekan. Diasumsikan pekerjaan ini menambah beban 2 pekerja dengan kondisi kritis pekerja berdiri di tengah bentang plat dengan beban 1 pekerja $P = 100$ kg.

$$\begin{aligned}\sigma'_{bk} &= 0,90 \times 350 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 315 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

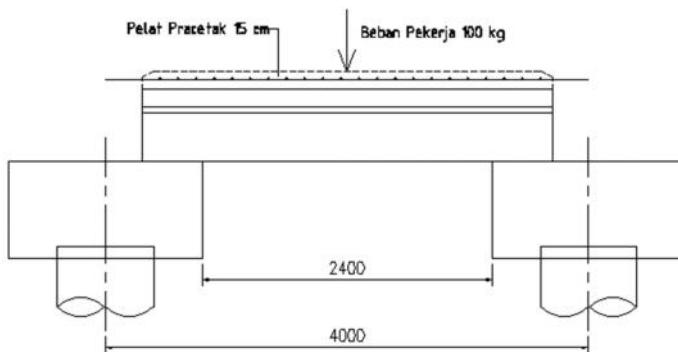
$$\begin{aligned}\sigma'_b &= 0,33 \times \sigma'_{bk} \\ &= 104 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}E_b &= 6400 \times \sigma'_{bk} \\ &= 113588,73 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

$$n = \frac{Ea}{Eb} = \frac{2100000}{113588,73} = 18,49$$

$$w_0 = \frac{\uparrow_a}{nx \uparrow'_b} = \frac{1850}{18,49 \times 104} = 0,963$$

$$\text{As pasang} = 15,20 \text{ cm}^2 \text{ (4 D22)}$$



Gambar 7. 24 Ilustrasi pembebanan balok pracetak saat dibebani pelat pracetak dan tulangan tekan

$$\begin{aligned}
 q &= 0,395 \times 3,4 \times 2,4 & q \text{ plat} &= 0,15 \times 3,4 \times 2,4 \\
 &= 3,223 \text{ ton/m} & &= 1,224 \text{ ton/m} \\
 &= 3223 \text{ kg/m} & &= 1224 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P &= 100 \times 2 \\
 &= 200 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M &= (1/8 \times q \times L^2) + (1/4 \times P \times L) \\
 &= (1/8 \times 4447 \times 2,4^2) + (1/4 \times 200 \times 2,4) \\
 &= 3321,984 \text{ kg.m} \\
 &= 332198,4 \text{ kg.cm}
 \end{aligned}$$

Kontrol tulangan pracetak

$$Ca = \frac{h}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times f'c}}} = \frac{49,3}{\sqrt{\frac{18,49 \times 332198,4}{60 \times 1850}}} = 6,628$$

Dengan melihat tabel Perhitungan Lentur Cara “n”, untuk Ca = 6,628 dengan $\delta = 0,4$ didapatkan :

$$\begin{aligned}
 w &= 4,128 > w_0 = 0,963 && \text{OK} \\
 100n\omega &= 2,479 \\
 \omega &= 0,0013
 \end{aligned}$$

Luas tulangan yang dibutuhkan

$$\begin{aligned}
 As &= \omega \times b \times h \\
 &= 0,0013 \times 60 \times 49,3 \\
 &= 3,966 \text{ cm}^2 < As \text{ pasang} = 15,20 \text{ cm}^2 \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

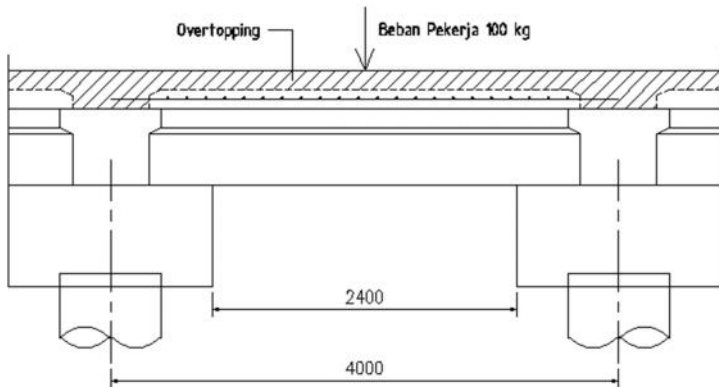
f. Kontrol pada saat pengecoran overtopping (Beton umur 21 hari)

Setelah pelat pracetak dilakukan penulangan tekan, dilanjutkan dengan pengecoran overtopping setebal 15 cm. Diasumsikan pekerjaan ini juga menambah beban 2 pekerja.

$$\sigma'_{bk} = 0,95 \times 350 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned}
 &= 332,5 \text{ kg/cm}^2 \\
 \sigma'_b &= 0,33 \times \sigma'_{bk} \\
 &= 109,7 \text{ kg/cm}^2 \\
 E_b &= 6400 \times \sigma'_{bk} \\
 &= 116701,33 \text{ kg/cm}^2 \\
 n &= \frac{Ea}{Eb} = \frac{2100000}{116701,33} = 17,99 \\
 w_0 &= \frac{\dagger_a}{n \times \dagger'_b} = \frac{1850}{17,99 \times 109,7} = 0,937
 \end{aligned}$$

As pasang = 15,20 cm² (4 D22)



Gambar 7. 25 Ilustrasi pengecoran overtopping

$$\begin{aligned}
 q &= 0,3 \times 0,6 \times 2,4 & q \text{ plat + balok} &= 2448 + 3223 \\
 &= 0,432 \text{ ton/m} & &= 5671 \text{ kg/m} \\
 &= 432 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P &= 100 \times 2 \\
 &= 200 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$M = (1/8 \times q \times L^2) + (1/4 \times P \times L)$$

$$\begin{aligned}
 &= (1/8 \times 6103 \times 2,4^2) + (1/4 \times 200 \times 2,4) \\
 &= 4514,304 \text{ kg.m} \\
 &= 451430,4 \text{ kg.cm}
 \end{aligned}$$

Kontrol tulangan pracetak

$$Ca = \frac{h}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times \dagger_a}}} = \frac{49,3}{\sqrt{\frac{17,99 \times 451430,4}{60 \times 1850}}} = 5,763$$

Dengan melihat tabel Perhitungan Lentur Cara “n”, untuk Ca = 5,763 dengan $\delta = 0,4$ didapatkan :

$$\begin{aligned}
 w &= 3,545 > w_0 &= 0,937 & \text{OK} \\
 100n\omega &= 3,306 \\
 \omega &= 0,0018
 \end{aligned}$$

Luas tulangan yang dibutuhkan

$$\begin{aligned}
 As &= \omega \times b \times h \\
 &= 0,0018 \times 60 \times 49,3 \\
 &= 5,434 \text{ cm}^2 < As \text{ pasang} = 15,20 \text{ cm}^2 \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

g. 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 : $C_3 = 1,50$; $C_4 = 0,16$; $C_5 = 30$

$$\bar{S}_p = \frac{A}{bt} = \frac{15,2}{60 \times 49,3} = 0,005$$

$$dp = 12,8 \times \sqrt{2,983} = 22,11 \text{ mm} = 2,211 \text{ cm}$$

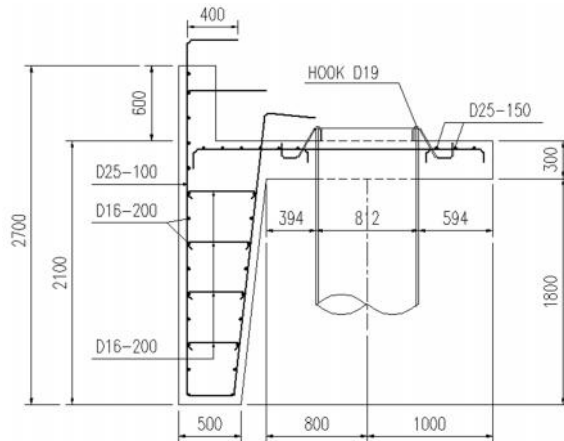
$$\dagger_a = \frac{\dagger_a}{w} = \frac{1850}{3,545} = 521,9$$

Maka besarnya lebar retak didapatkan :

$$\begin{aligned} W &= r \left(C_3 x d + C_4 \frac{dp}{\tilde{S}_p} \right) \left(t a - \frac{C_5}{\tilde{S}_p} \right) 10^{-6} \\ &= 1 \left(1,5x8 + 0,16 \frac{2,211}{0,005} \right) \left(521,9 - \frac{30}{0,005} \right) 10^{-6} \\ &= -0,43 \text{ cm} \leq 0,01 \text{ cm} \rightarrow OK \end{aligned}$$

7.4 Perencanaan Plank Fender Pracetak

Pada perencanaan pracetak kali ini direncanakan plank fender dengan dimensi seperti gambar 7.17.



Gambar 7. 26 Plank fender pracetak

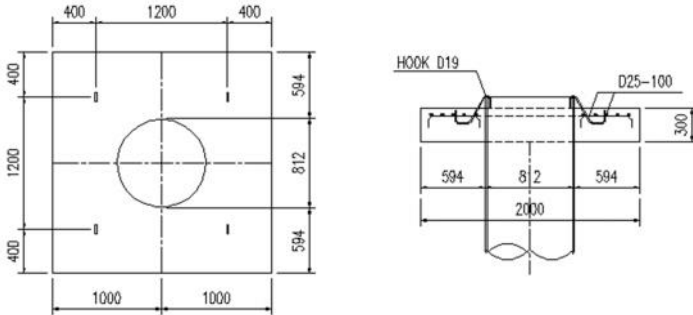
Perhitungan plank fender disamakan dengan perhitungan balok pracetak dengan 2 titik angkat. Dari perhitungan kontrol balok pracetak didapatkan :

- a. Kontrol kemampuan crane : OK
- b. Kontrol Pengangkatan (3 hari) : OK
- c. Kontrol Penumpukan (3 hari) : OK
- d. Kontrol pengangkatan dari lapangan penumpukan dan penulangan plank fender (7 hari) : OK
- e. Kontrol pengecoran overtopping (21 hari) : OK
- f. Kontrol lendutan : OK
- g. Kontrol Retak : OK

7.5 Perencanaan Poer Pracetak

7.5.1 Poer Tunggal Pracetak

Pada perencanaan pracetak kali ini direncanakan poer pracetak dengan dimensi penampang seperti pada gambar 7.18.



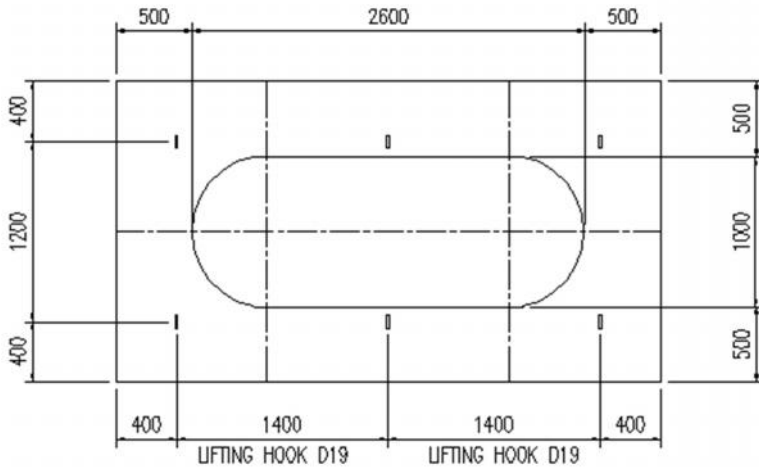
Gambar 7. 27 Poer Tunggal Pracetak

Perhitungan poer disamakan dengan perhitungan pelat pracetak dengan 4 titik angkat. Dari perhitungan kontrol pelat pracetak didapatkan :

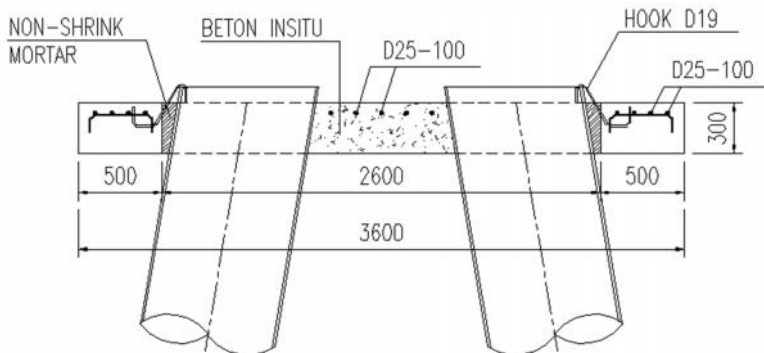
- a. Kontrol kemampuan crane : OK
- b. Kontrol Pengangkatan (3 hari) : OK
- c. Kontrol Penumpukan (3 hari) : OK
- d. Kontrol pengangkatan dari lapangan penumpukan dan penulangan poer (7 hari) : OK
- e. Kontrol pengecoran overtopping (21 hari) : OK
- f. Kontrol lendutan : OK
- g. Kontrol Retak : OK

7.5.1 Poer Ganda Pracetak

Pada perencanaan pracetak kali ini direncanakan poer ganda pracetak dengan dimensi penampang seperti pada gambar 7.17 dan 7.18.



Gambar 7. 28 Poer ganda pracetak



Gambar 7. 29 Tampak samping poer ganda pracetak

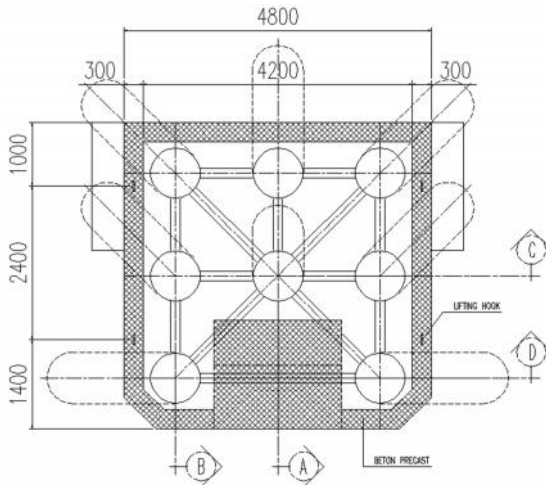
Perhitungan poer disamakan dengan perhitungan pelat pracetak dengan 6 titik angkat. Dari perhitungan kontrol pelat pracetak didapatkan :

- a. Kontrol kemampuan crane : OK
- b. Kontrol Pengangkatan (3 hari) : OK
- c. Kontrol Penumpukan (3 hari) : OK

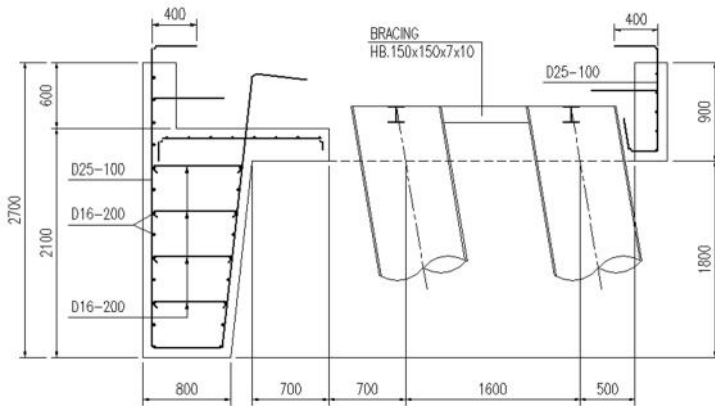
- d. Kontrol pengangkatan dari lapangan penumpukan dan penulangan poer (7 hari) : OK
- e. Kontrol pengecoran overtopping (21 hari) : OK
- f. Kontrol lendutan : OK
- g. Kontrol Retak : OK

7.6 Perencanaan Breasting Dolphin Pracetak

Pada perencanaan ini komponen pracetak pada breasting dolphin adalah poer melingkar supaya tidak perlu bekesting untuk sisi samping struktur dan plank fender yang dibuat pracetak untuk sisi depan breasting dolphin (lihat gambar 7.28 dan 7.29)



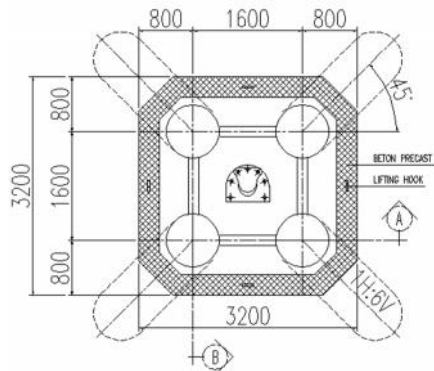
Gambar 7. 30 Denah breasting dolphin pracetak



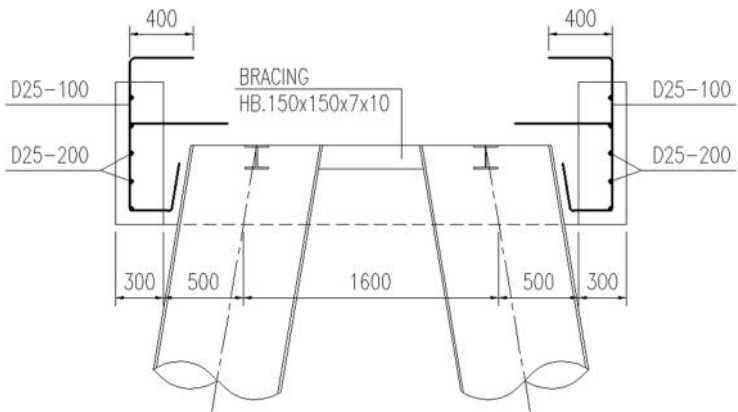
Gambar 7. 31 Tampak samping BD pracetak

7.7 Perencanaan Mooring Dolphin Pracetak

Pada perencanaan ini komponen pracetak pada mooring dolphin adalah poer melingkar supaya tidak perlu bekesting untuk sisi samping (lihat gambar 7.30 dan 7.31)



Gambar 7. 32 Denah mooring dolphin pracetak



Gambar 7. 33 Tampak samping MD pracetak

BAB VIII

METODE PELAKSANAAN

8.1 Umum

Metode pelaksanaan konstruksi pada tugas akhir ini adalah metode pracetak dengan keuntungan dan kerugian sebagai berikut.

Keuntungan :

- Kecepatan pelaksanaan konstruksi di lapangan lebih cepat karena fabrikasi beton pracetak dilakukan di dalam proyek namun pada waktu yang bersamaan dengan kegiatan konstruksi lainnya
- Kontrol terhadap mutu beton lebih terjaga karena dikerjakan baik di ruang tertutup maupun pabrik yang tidak akan terpengaruh dengan kondisi cuaca pada saat pengecoran
- Lokasi proyek lebih bersih dan rapi karena pengecoran komponen pracetak dilakukan di luar proyek atau di dalam proyek namun di luar daerah konstruksi

Kerugian :

- Perlu perhitungan kontrol tambahan pada elemen pracetak
- Dibutuhkan pelaksana yang berpengalaman dan alat yang memadai

Berikut merupakan tahapan pelaksanaan konstruksi dermaga pada tugas akhir ini :

1. Pekerjaan Persiapan
 - Pembersihan lahan
 - Pengaturan lokasi proyek
 - Pengadaan material dan alat berat
2. Pelaksanaan Konstruksi Dermaga
 - Pemancangan tiang pancang
 - Fabrikasi komponen pracetak
 - Pemasangan komponen pracetak
 - Pemasangan fender

- Pemasangan bollard
 - 3. Pelaksanaan Konstruksi Breasting Dolphin
 - Pemancangan tiang pancang
 - Fabrikasi komponen pracetak
 - Pemasangan komponen pracetak
 - Pemasangan fender
 - Pemasangan bollard
 - 4. Pelaksanaan Konstruksi Mooring Dolphin
 - Pemancangan tiang pancang
 - Fabrikasi komponen pracetak
 - Pemasangan komponen pracetak
 - Pemasangan fender
- Pelaksanaan Konstruksi Catwalk
- Tahap prakonstruksi
 - Tahap konstruksi
 - Tahap pasca konstruksi

8.2 Pekerjaan Persiapan Dermaga

Terdapat beberapa pekerjaan yang harus dilakukan sebelum konstruksi dermaga benar-benar dapat dilaksanakan.

1. Pembersihan lahan di sekitar proyek dari hal-hal yang akan mengganggu jalannya pelaksanaan proyek
2. 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 : tempat untuk perakitan besi tulangan serta fabrikasi komponen pracetak dan penyimpanan komponen pracetak.

- e. Lapangan penumpukan sebagai tempat penumpukan sementara komponen pracetak setelah difabrikasi dan penumpukan material
3. 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.

8.3 Pelaksanaan Konstruksi Dermaga

8.3.1 Pemancangan Tiang

Pekerjaan pertama pada konstruksi dermaga adalah pemancangan. Pemancangan pada konstruksi kali ini direncanakan menggunakan metode *hydraulic hammer*. Tiang pancang yang digunakan adalah tiang pancang pipa baja diameter 812,8 mm dengan tebal 16 mm. Alat yang dipergunakan dalam pekerjaan pemancangan ini antara lain :

- 1 buah kapal pancang (*piling barge*)
- 1 buah kapal pontoon (lihat **Gambar 8.1**)
- 2 buah teodolit/waterpass



Gambar 8. 1 Kapal pontoon

Tahapan pemancangan adalah sebagai berikut :

1. Menandai posisi tanah yang akan dipancang
2. Pengiriman tiang pancang baja ke lokasi proyek
3. Menyiapkan alat pancang dan stok tiang pancang. Stok tiang pancang disiapkan bersama alat pancang pada kapal pancang. Untuk mempercepat pekerjaan pemancangan, kapal pontoon digunakan untuk mentransfer stok tiang pancang dari lapangan penumpukan menuju kapal pancang (lihat **Gambar 8.3**).



Gambar 8. 2 Kapal pancang

4. Pemancangan.
 - a. Tiang pancang dipasang pada alat pancang
 - b. Tiang pancang dipasang helmet
 - c. Tiang yang sudah siap dipancang, sebelumnya diperiksa dengan teodolit untuk menentukan ketepatan titik serta kelurusan/kemiringan tiang.

- d. Pemancangan dimulai dengan mengangkat dan menjatuhkan hammer secara terus-menerus ke atas helmet tiang yang sudah dipasang.
- e. 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. Berdasarkan data tanah dan perencanaan, kedalaman tiang pancang adalah -61.00 mLWs
- f. Pemancangan dapat dihentikan bila pada kurang lebih 3 set terakhir penurunan telah menunjukkan penurunan $< 2,9\text{cm}$. Lalu cek apakah elevasi telah sesuai dengan perencanaan menggunakan waterpass

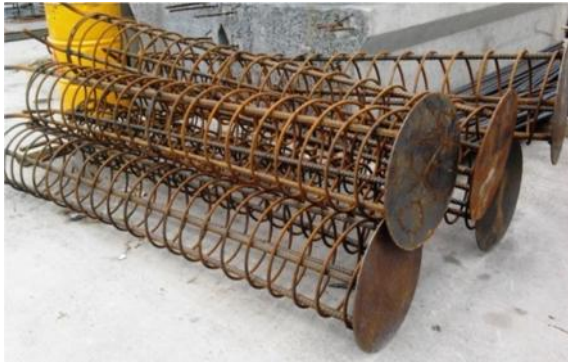


Gambar 8. 3 Pemancangan Tiang Pancang Baja

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 mengoleskan coaltar atau

sarung beton kurang lebih 1m dari ujung atas tiang pancang sampai 0.00 LWS (tiang yang tidak terendam air pada saat surut).

7. Pemasangan cincin tiang pancang.
8. Pemasangan tulangan spiral tiang pancang dari ujung atas tiang pancang $\pm 1.50\text{m}$ (lihat **Gambar 8.4**)
9. Cor in-situ tahap 1 beton isian tiang pancang dari ujung tiang pancang sedalam 1,5m.



Gambar 8. 4 Tulangan Spiral Tiang Pancang

10. Di atas cincin tiang pancang, dipasang lantai kerja sementara sekaligus sebagai tempat meletakkan poer pracetak.

8.3.2 Fabrikasi Komponen Pracetak

Fabrikasi atau pembuatan komponen pracetak dikerjakan bersamaan dengan pekerjaan pemancangan untuk menghemat waktu. Pekerjaan ini memerlukan ruang yang cukup dalam pelaksanaan fabrikasi dan tempat penumpukannya (*stock yard*). Direncanakan terdapat workshop sebagai tempat fabrikasi komponen pracetak.

Komponen pracetak yang difabrikasi antara lain :

- a. Plat tebal 15 cm

Ukuran :

A	$3,40 \times 3,40 \text{ m}^2$: 10 buah
B	$3,40 \times 1,20 \text{ m}^2$: 13 buah
C	$1,20 \times 1,20 \text{ m}^2$: 6 buah
D	$1,70 \times 3,40 \text{ m}^2$: 2 buah
- b. Balok memanjang

Ukuran :

1.	3,40 m	: 16 buah
2.	1,20 m	: 6 buah
- c. Balok melintang

Ukuran :

1.	3,40 m	: 13 buah
2.	1,20 m	: 14 buah
- d. Plank Fender

Ukuran $0,70 \times 2,00 \times 3,00 \text{ m}^3$: 4 buah
- e. Poer

Ukuran :

1.	$1,60 \times 1,60 \times 0,80$ (poer tunggal)	: 18 buah
2.	$3,20 \times 1,20 \times 0,80$ (poer ganda)	: 2 buah

Tahapan pekerjaan fabrikasi ini antara lain :

1. Menyiapkan material seperti pasir, kerikil, semen dan air sebagai bahan pembuatan beton
2. Mempersiapkan bekisting yang dapat dipergunakan berulang-ulang mengingat banyaknya komponen pracetak yang dibutuhkan dan untuk menghemat biaya konstruksi. Bekisting ini dibuat dengan beberapa jenis ukuran

penampang yang berbeda dengan panjang bekisting yang dapat diatur/diubah tergantung kebutuhan. Pada perencanaan kali ini dibutuhkan 5 jenis ukuran penampang bekisting untuk balok melintang/memanjang, balok fender, poer dan plat. Selanjutnya memasang perkuatan bekisting agar komponen tercetak dengan baik tanpa lendutan baik ke samping maupun bawah.

3. Setelah bekisting siap, permukaan bekisting diolesi pelumas agar setelah beton kering, beton dapat dilepas dengan mudah dari cetakan.
4. Memasang tulangan dengan diameter dan jarak sesuai perencanaan tanpa melupakan panjang penyaluran dan tulangan tambahan untuk tempat mobile crane mengangkat.
5. Beton dicor ke dalam bekisting dan digetarkan dengan menggunakan vibrator.
6. Komponen yang sudah kering (berumur 3 hari) dilakukan curing agar tidak terjadi retak akibat susut pada beton
7. Komponen pracetak yang sudah cukup kuat betonnya diangkat menggunakan crawler crane, ditandai dengan sistem kode agar tidak tertukar dengan komponen lain, kemudian ditumpuk di *stock yard* yang sudah disediakan untuk siap diangkat ke lapangan
8. Untuk cetakan selanjutnya, bekisting harus dibersihkan dari sisa-sisa beton terlebih dahulu.

8.3.3 Pemasangan Komponen Pracetak

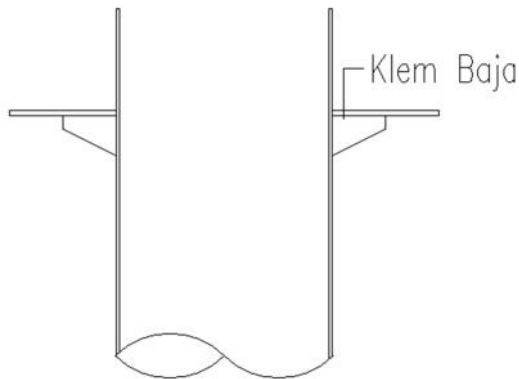
Pemasangan komponen pracetak dilakukan menggunakan *crawler crane*. Pemasangan ini dilakukan dari arah laut dengan menggunakan kapal pontoon sehingga *overtopping/* pengecoran *top in-situ* dapat dilakukan dalam sekali pelaksanaan.

Pemasangan komponen pracetak dimulai dari instalasi poer. Komponen poer yang berlubang dipasang pada ujung tiang pancang yang telah diberi lantai kerja sementara sebelumnya. Kemudian, dilakukan penulangan tambahan pada poer, pemasangan bekisting samping, pengecoran in-situ tahap 2 untuk beton isi poer pracetak

Setelah poer cukup umur untuk dibebani, pemasangan komponen pracetak yang kedua adalah balok pracetak U-shell baik balok memanjang, balok melintang maupun balok crane dimana balok bertumpu pada poer. Kemudian, dilakukan cor insitu tahap 3 untuk isian balok pracetak. Pemasangan komponen pracetak selanjutnya adalah pelat pracetak. Pelat ini dipasang dengan bertumpu pada balok.

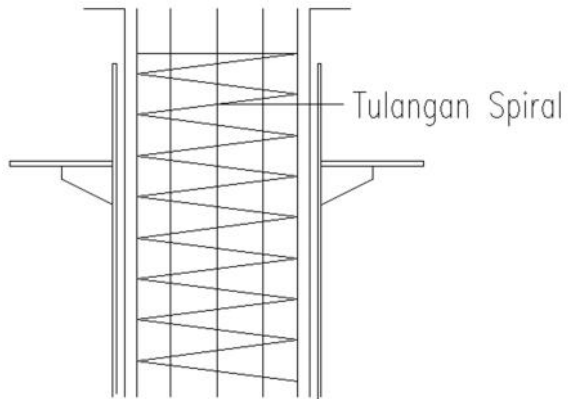
Tinggi balok dan pelat pracetak yang dipasang belum memenuhi tinggi balok dan pelat sesuai perencanaan sampai sebelum dilakukan pengecoran *overtopping*. Pengecoran berhenti bila beton cor telah setinggi 15 cm dari permukaan atas pelat. Sehingga, didapatkan dimensi tinggi balok sesuai perencanaan dan tebal pelat 30 cm. Berikut tahapan metode konstruksi sistem pracetak secara umum :

1. Pemasangan cincin tiang pancang sebagai tumpuan lantai kerja sementara serta tempat pemasangan poer pracetak



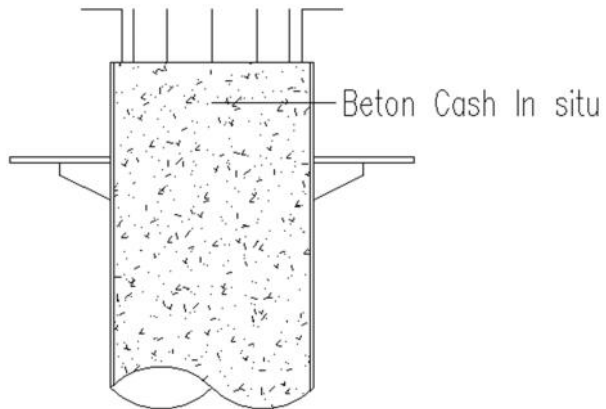
Gambar 8. 5 Pemasangan Klem baja

2. Pemasangan tulangan spiral ke tiang pancang



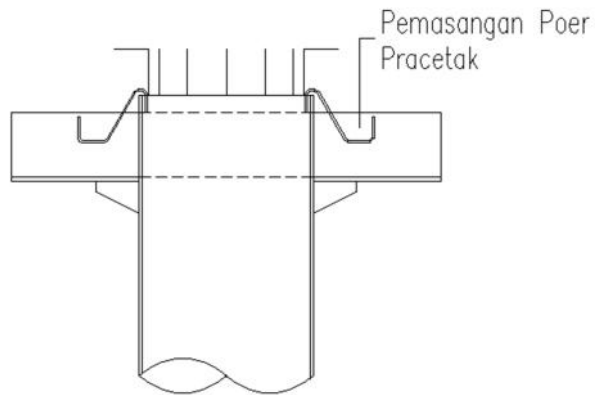
Gambar 8. 6 Pemasngan tulangan spiral

3. Cor in-situ 1 isian tiang pancang



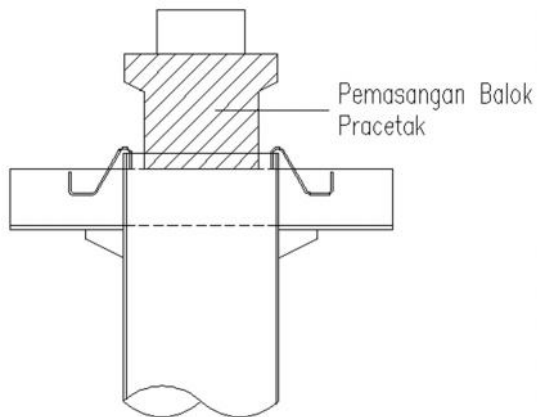
Gambar 8. 7 Pengecoran beton isi tiang

4. Pemasangan poer pracetak serta penulangan tambahan



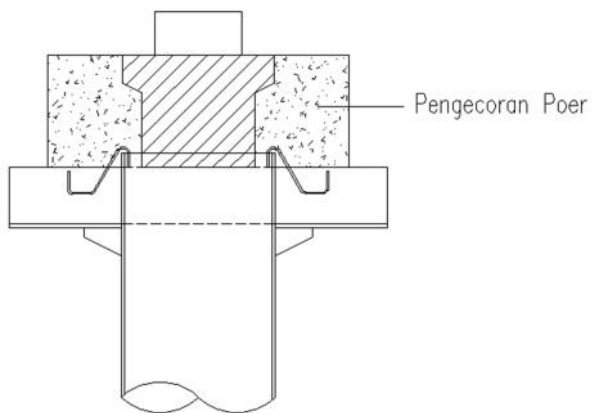
Gambar 8. 8 Pemasangan poer pracetak

5. Pemasangan komponen balok pracetak (balok memanjang, balok melintang) serta penulangan tambahan balok



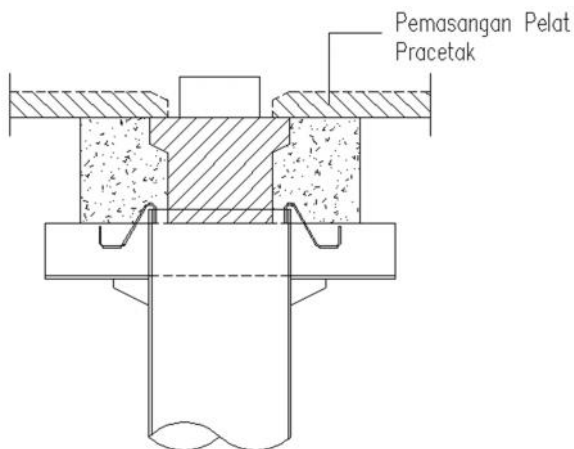
Gambar 8. 9 Pemasangan balok pracetak

6. Cor in-situ 2 Poer



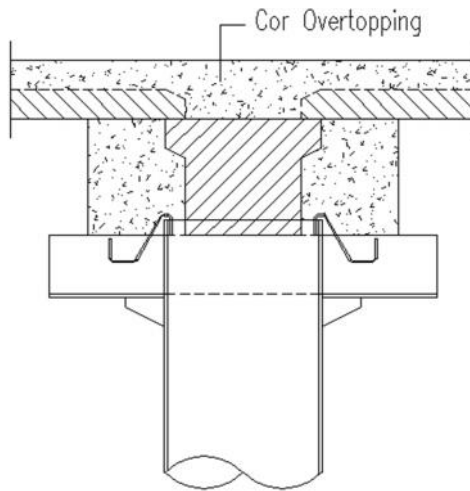
Gambar 8. 10 Pengecoran poer

7. Pemasangan pelat pracetak tebal 15 cm yang bertumpu pada sayap balok pracetak serta penulangan tambahan pelat



Gambar 8. 11 Pemasangan pelat pracetak

8. Pengecoran *overtopping* pelat dan balok setebal 15cm dari permukaan pelat pracetak



Gambar 8. 12 Pengecoran overtopping

8.3.4 Pemasangan Fender

Setelah pekerjaan pengecoran in-situ selesai dilanjutkan dengan pemasangan balok fender pracetak. Selanjutnya, pemasangan fender dimulai dengan memasang fender pada angker yang telah tertanam pada balok fender dengan menggunakan baut. Fender yang digunakan adalah fender karet Type ANP-1000 merk *Trelleborg*.



Gambar 8. 13 Pemasangan fender

8.3.5 Pemasangan Bollard

Pada umumnya lubang angker beton memiliki toleransi antara 1 mm sampai dengan 3 mm sehingga pemasangan angker harus presisi agar bollard 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 Type *Tee Bollard* Kapasitas 60 ton



Gambar 8. 14 Pemasangan bollard

8.4 Pelaksanaan Kontruksi Breasting Dolphin

Pelaksanaan konstruksi breasting dolphin sama dengan jetty. Berikut merupakan langkah – langkah pelaksanaan breasting dolphin :

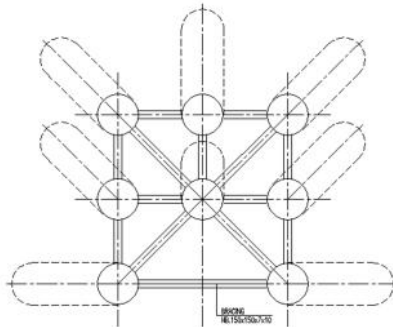
1. Pemancangan tiang (lihat subbab 8.3.1)
2. Fabrikasi komponen pracetak
Komponen pracetak yang difabrikasi antara lain :

- Poer melingkar tebal 0,3 m
Ukuran 4,80 x 4,80 m² = 2 buah
- Plank fender tebal 0,8 m
Ukuran 2,70 x 2,00 m² = 2 buah

3. Pemasangan komponen pracetak

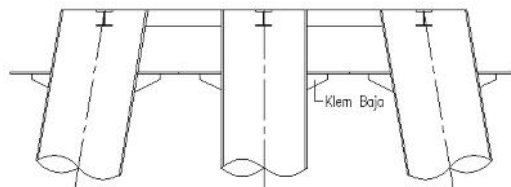
Berikut tahapan metode konstruksi sistem pracetak secara umum :

- Pemasangan profil baja HB.150x150x7x10 sebagai pengaku tiang supaya tidak sulit dalam pelaksanaan



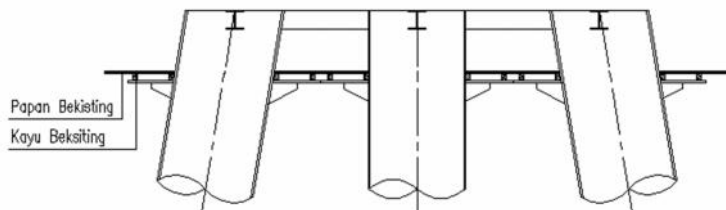
Gambar 8. 15 Pemasangan bracing HB 150x15x7x10

- Pemasangan cincin tiang pancang sebagai tumpuan lantai kerja sementara serta tempat pemasangan poer pracetak



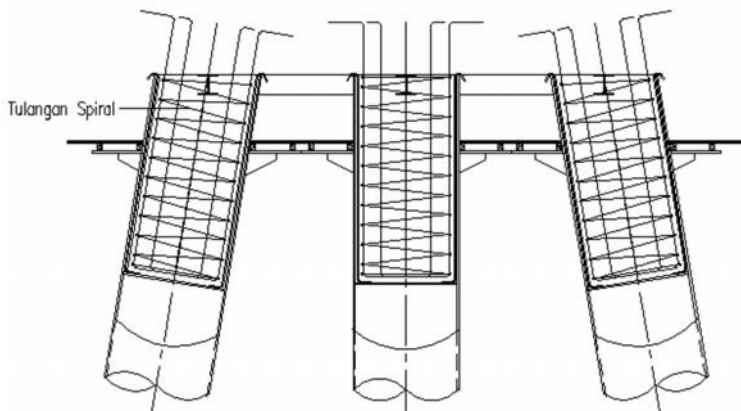
Gambar 8. 16 Pemasangan klem baja

- Pemasangan bekisting bawah untuk pengecoran poer breasting dolphin



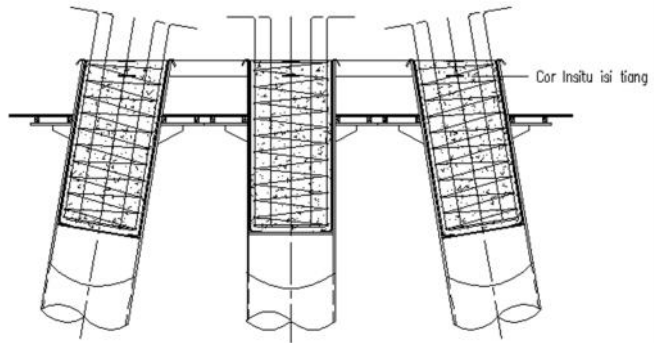
Gambar 8. 17 Pamasangan bekesting

- Pemasangan tulangan spiral ke tiang pancang



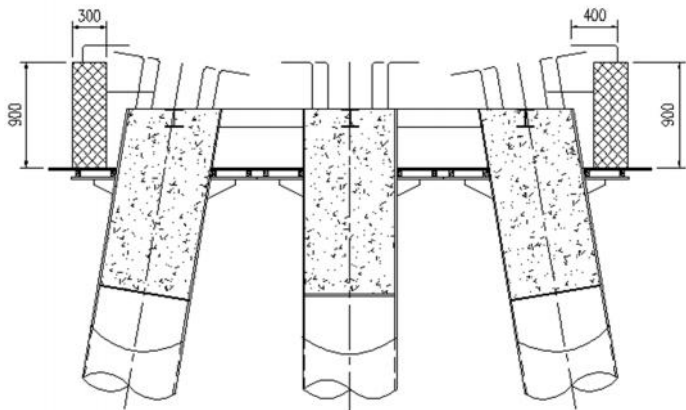
Gambar 8. 18 Pemasangan tulangan spiral

- Cor in-situ 1 isian tiang pancang



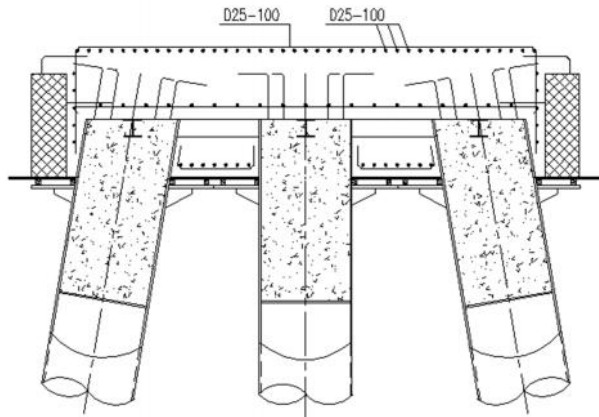
Gambar 8. 19 Pengecoran beton isi tiang

- Pemasangan poer pracetak dan plank fender pracetak



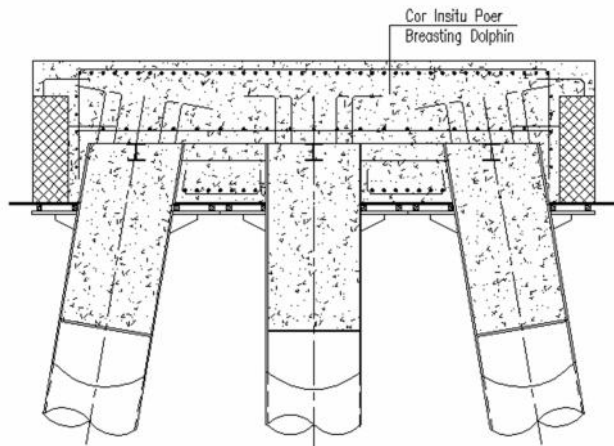
Gambar 8. 20 Pemasangan komponen pracetak

- Pemasangan tulangan poer breasting dolphin sesuai dengan gambar kerja



Gambar 8. 21 Pemasangan tulangan poer

- Pengecoran poer breasting dolphin sampai elevasi rencana



Gambar 8. 22 Pengecoran poer sampai dengan elevasi rencana

4. Pemasangan Fender (lihat subbab 8.3.4)
5. Pemasangan Bollard (lihat subbab 8.3.5)

8.5 Pelaksanaan Konstruksi Mooring Dolphin

Pelaksanaan konstruksi mooring dolphin sama dengan breasting dolphin. Berikut merupakan langkah – langkah pelaksanaan mooring dolphin :

1. Pemancangan tiang (lihat subbab 8.3.1)
2. Fabrikasi komponen pracetak

Komponen pracetak yang difabrikasi antara lain :

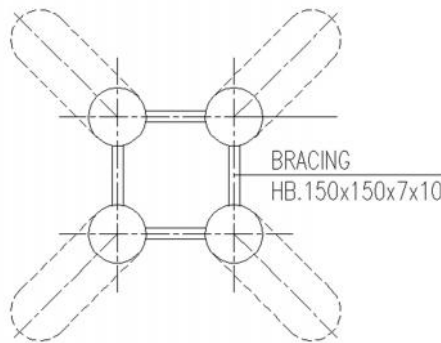
Poer melingkar tebal 0,3 m

Ukuran $3,20 \times 3,20 \text{ m}^2$ = 4 buah

3. Pemasangan komponen pracetak

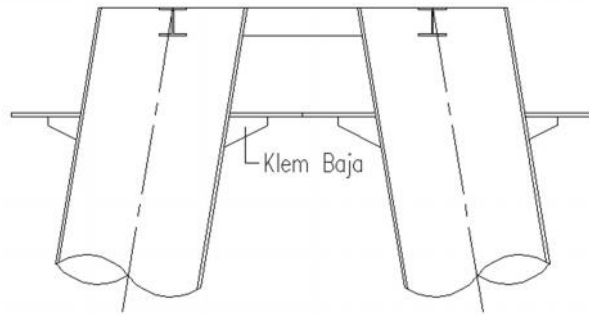
Berikut tahapan metode konstruksi sistem pracetak secara umum :

- Pemasangan profil baja HB.150x150x7x10 sebagai pengaku tiang supaya tidak sulit dalam pelaksanaan



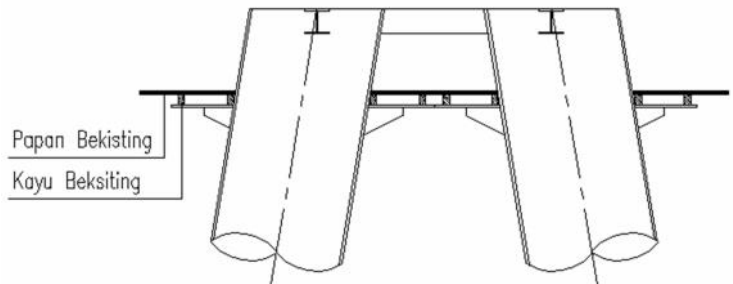
Gambar 8. 23 Pemasangan bracing

- Pemasangan cincin tiang pancang sebagai tumpuan lantai kerja sementara serta tempat pemasangan poer pracetak



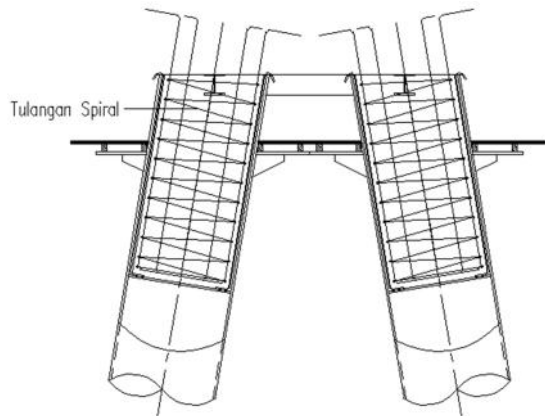
Gambar 8. 24 Pemasangan klem baja

- Pemasangan bekisting bawah untuk pengecoran poer mooring dolphin



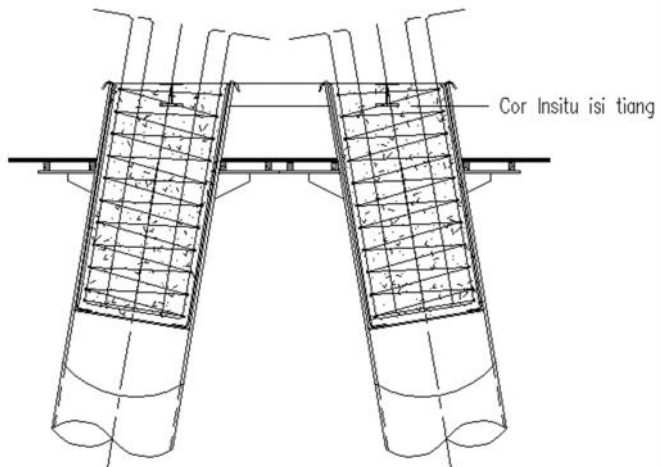
Gambar 8. 25 Pemasangan bekisting

- Pemasangan tulangan spiral ke tiang pancang



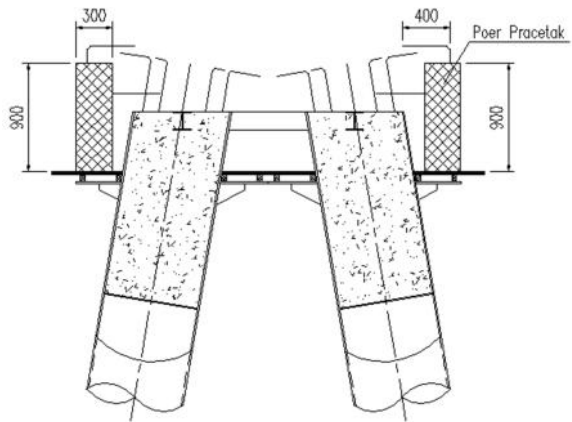
Gambar 8. 26 Pemasangan tulangan spiral

- Cor in-situ 1 isian tiang pancang



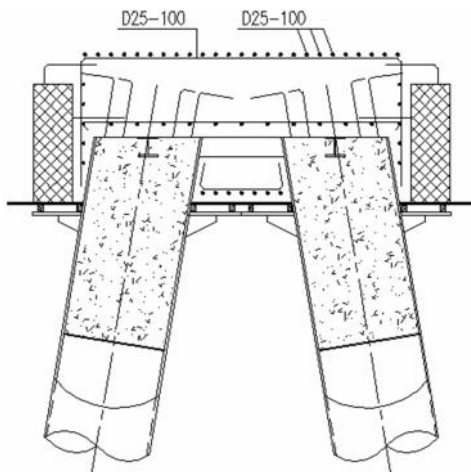
Gambar 8. 27 Pengecoran beton isi tiang

- Pemasangan poer pracetak



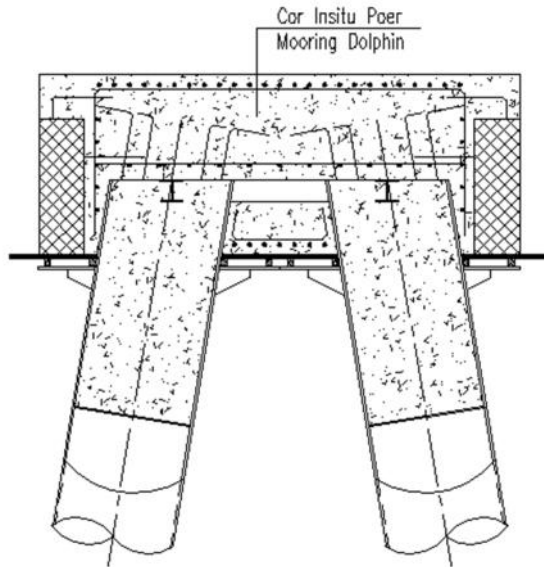
Gambar 8. 28 Pemsangan komponen pracetak

- Pemasangan tulangan poer mooring sesuai dengan gambar kerja



Gambar 8. 29 Pemasangan tulangan poer mooring

- Pengecoran poer mooring dolphin sampai elevasi rencana



Gambar 8. 30 Pengecoran poer sampai elevasi rencana

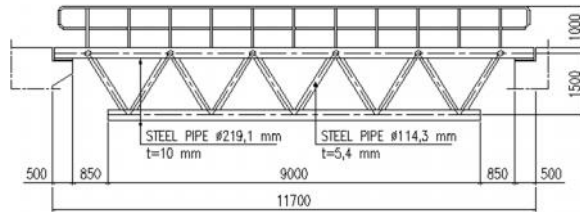
4. Pemasangan Bollard (lihat subbab 8.3.5)

8.6 Pelaksanaan Konstruksi Catwalk

Dalam pelaksanaan struktur Catwalk, perencanaan dibagi menjadi 3 tahap:

1. Tahap Prakonstruksi

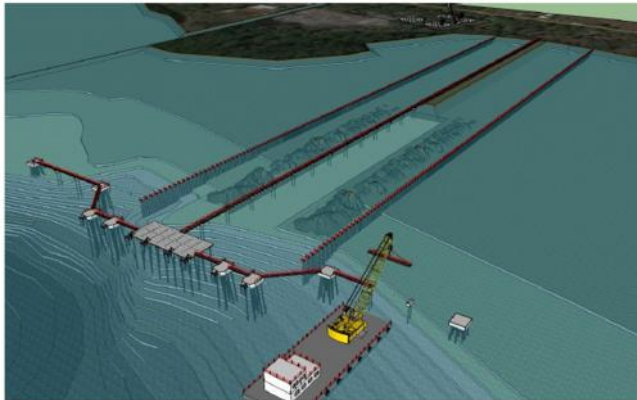
Tahap prakonstruksi dalam pelaksanaan struktur catwalk yaitu menyiapkan dudukan atau tempat perletakan dari catwalk itu sendiri. Dimana perletakan terbuat dari karet/elastomer yang dipasang di atas Jetty, Mooring dan Breasting Dolphin. Setelah dudukan selesai dibuat, didarat atau di bengkel fabrikasi sudah dirancang catwalk sesuai dengan bentang fasilitas



Gambar 8. 31 Bentuk struktur cawtalk

2. Tahap Konstruksi

Pada tahap konstruksi ini dilakukan dengan bantuan ponton, mobile crane dan teodolit. 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 8. 32 Pemasangan catwalk

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 catwalknya.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IX

RENCANA ANGGARAN BIAYA

9.1 Umum

Pada bab Rencana Anggaran Biaya ini dijelaskan mengenai prosedur dan cara dalam analisis biaya keseluruhan pembangunan dermaga. Adapun prosedurnya meliputi:

1. Penentuan harga material dan upah.
2. Analisis harga satuan.
3. Perhitungan volume pekerjaan dan rencana anggaran biaya.

9.2 Harga Material dan Upah

Harga material dan upah diambil dari “Harga Satuan Bahan dan Upah Kerja serta Harga Sewa Peralatan di Gorontalo tahun 2017”.

Tabel 9. 1 Daftar Upah Pekerja

No	Jenis Pekerja	Satuan	Harga Satuan
1	Mandor	OH	Rp 106.000
2	Pekerja	OH	Rp 84.800
3	Kepala Tukang	OH	Rp 151.580
4	Tukang	OH	Rp 128.260
5	Operator	OH	Rp 104.500
6	Pembantu Operator	OH	Rp 66.000
7	Sopir	OH	Rp 82.500
8	Penyelam	OH	Rp 82.500
9	Tukang Las	OH	Rp 104.500
10	Penjaga Malam	OH	Rp 55.000

Tabel 9. 2 Daftar Harga Material

No	Jenis Pekerja	Satuan	Harga Satuan
A	Beton Ready Mix		
1	Semen	Sak	Rp 82.500
2	Beton Ready Mix K350	m3	Rp 1.131.200
B	Bahan dan Material Alam		
1	Pasir Cor	m3	Rp 357.500
2	Sirtu	m3	Rp 344.000
3	Batu Pecah	m3	Rp 313.700
4	Kawat Bendrat	kg	Rp 20.000
5	Besi Tulangan	kg	Rp 8.626
6	Papan Plywood 12 mm	lembar	Rp 154.479
7	Kayu Bekisting	m3	Rp 2.850.500
8	Paku	kg	Rp 17.333
C	Profil Baja		
1	Steel Pipe Pile 812,8, t = `16 mm	m'	Rp 2.865.441
2	Profil CHS Ø254 mm	m'	Rp 226.100
3	Profil CHS Ø152,4 mm	m'	Rp 122.100
4	Transisional Slab	m2	Rp 250.000
D	Aksesoris Dermaga		
1	Fender ANP 800	buah	Rp 125.000.000
2	Tee Bollard	buah	Rp 40.200.000
E	Lain - lain		
1	Oli	liter	Rp 40.000
2	Solar	litar	Rp 4.500
3	Percobaan Pembebanan Tiang Pancang	unit	Rp 11.500.000
4	Tes Beton di Laboratorium	Ls	Rp 1.700.000
5	Proteksi HDPE	roll	Rp 600.000
6	Denso Primer D	liter	Rp 300.000
7	Denso CPT 1000 PVC tape	roll	Rp 300.000

8	Welding	cm	Rp	6.000
9	Peralatan Las dan Genset	jam	Rp	170.000
10	Grease	liter	Rp	26.400
11	Lubricant	liter	Rp	61.000
12	Mesin Las	jam	Rp	30.000
13	Profil C 75 x 45 x 2.3	kg	Rp	8.000
14	Pelat cincin baja	kg	Rp	8.000
15	Kawat Las	kg	Rp	8.000

Tabel 9. 3 Daftar Harga Sewa Peralatan

No	Jenis Pekerja	Satuan	Harga Satuan
1	Ponton kapasitas 100 ton	Jam	Rp 457.000
2	Flat back truck	Jam	Rp 298.500
3	Achor boat	Jam	Rp 300.000
4	Work boat	Jam	Rp 150.750
5	Generator 75 kV A	Jam	Rp 137.500
6	Mobile crane 80 ton	Jam	Rp 800.000
7	Concrete vibrator	Jam	Rp 45.400
8	Concrete pump	Jam	Rp 411.400
9	Cocrete mixer	Jam	Rp 89.600
10	Pile driver barge	Jam	Rp 650.000
11	Crawler crane	Jam	Rp 250.000
12	Mesin las	Jam	Rp 30.000

9.3 Analisa Harga Satuan

Analisis harga satuan berisi mengenai harga satuan yang dihabiskan dalam pemenuhan setiap bagian dari pekerjaan, misalnya harga satuan pembuatan beton per m³, harga pembuatan

bekisting per m². Analisis harga satuan dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 9. 4 Analisa harga satuan

No	Jenis Pekerjaan	Koef	Satuan	Harga Satuan	Jumlah
1	1 m3 beton K-350		m3		
	<u>Upah :</u>				
	Mandor	0,1	OH	Rp 106.000	Rp 10.600
	Pekerja	2,1	OH	Rp 84.800	Rp 178.080
	Kepala tukang	0,03	OH	Rp 151.580	Rp 4.547
	Tukang	0,35	OH	Rp 128.260	Rp 44.891
				Jumlah	Rp 238.118
	<u>Bahan :</u>				
	Beton ready mix K-350	1	m3	Rp 1.131.200	Rp 1.131.200
				Jumlah	Rp 1.131.200
	<u>Alat :</u>				
	Concrete pump	0,3	Jam	Rp 411.400	Rp 123.420
	Vibrator	0,6	Jam	Rp 45.400	Rp 27.240
				Jumlah	Rp 150.660
			Total	Rp 1.519.978	
2	1 m2 Bekisting		m2		
	<u>Upah :</u>				
	Mandor	0,026	OH	Rp 106.000	Rp 2.756
	Pekerja	0,52	OH	Rp 84.800	Rp 44.096
	Kepala tukang	0,026	OH	Rp 151.580	Rp 3.941
	Tukang	0,26	OH	Rp 128.260	Rp 33.348
				Jumlah	Rp 84.141

	<u>Bahan :</u>					
	Kayu bekisting	0,135	m3	Rp 2.850.500	Rp	384.818
	Paku	0,3	kg	Rp 17.333	Rp	5.200
	Minyak bekesting	0,1	liter	Rp 5.000	Rp	500
	Support	1	m2	Rp 100.000	Rp	100.000
	Plywood tebal 12 mm	0,35	lembar	Rp 154.479	Rp	54.068
				Jumlah	Rp	544.585
				Total	Rp	628.726
3	1 kg pembesian		kg			
	<u>Upah :</u>					
	Pekerja	0,007	OH	Rp 84.800	Rp	594
	Tukang	0,007	OH	Rp 128.260	Rp	898
	Kepala tukang	0,0007	OH	Rp 151.580	Rp	106
				Jumlah	Rp	1.598
	<u>Bahan :</u>					
	Besi tulangan	1,05	kg	Rp 8.626	Rp	9.057
	Kawat bendrat	0,015	kg	Rp 20.000	Rp	300
				Jumlah	Rp	9.357
				Total	Rp	10.955
4	Perancah (Klem)		buah			
	<u>Upah :</u>					
	Mandor	0,003	OH	Rp 106.000	Rp	318
	Pekerja	0,06	OH	Rp 84.800	Rp	5.088
	Kepala tukang	0,006	OH	Rp 151.580	Rp	909
				Jumlah	Rp	6.315
	<u>Bahan :</u>					

	Profil C75 x 45 x 2,3	1,15	kg	Rp 8.000	Rp 9.200
	Pelat cincin baja	10	kg	Rp 8.000	Rp 80.000
	Kawat las	0,25	kg	Rp 8.000	Rp 2.000
				Jumlah	Rp 91.200
	Alat :				
	Mesin las	0,0045	hari	Rp 30.000	Rp 135
				Jumlah	Rp 135
				Total	Rp 97.650
5	1 m3 Beton bertulang		m3		
5.1	Poer tunggal				
	Beton	1	m3	Rp 1.519.978	Rp 1.519.978
	Besi tulangan	195	kg	Rp 10.955	Rp 2.136.191
	Bekisting	7,68	m2	Rp 628.726	Rp 4.828.614
	Peralatan	1	set	Rp 89.600	Rp 89.600
	Perancah	1	buah	Rp 97.650	Rp 97.650
				Total	Rp 8.672.034
5.2	Poer ganda				
	Beton	1	m3	Rp 1.519.978	Rp 1.519.978
	Besi tulangan	305	kg	Rp 10.955	Rp 3.341.222
	Bekisting	15,36	m2	Rp 628.726	Rp 9.657.227
	Peralatan	1	set	Rp 89.600	Rp 89.600
	Perancah	1	buah	Rp 97.650	Rp 97.650
				Total	Rp 14.705.678
5.3	Beton isi tiang				
	Beton	1	m3	Rp 1.519.978	Rp 1.519.978
	Besi tulangan	83,96	kg	Rp 10.955	Rp 919.767
	Pelalatan	1	set	Rp 89.600	Rp 89.600
				Total	Rp 2.529.346
5.4	Balok melintang (60/90)				

	Beton	1	m3	Rp 1.519.978	Rp 1.519.978
	Besi tulangan	110	kg	Rp 10.955	Rp 1.205.031
	Bekisting	8,16	m2	Rp 628.726	Rp 5.130.402
	Pelalatan	1	set	Rp 89.600	Rp 89.600
				Total	Rp 7.945.011
5.5	Balok memanjang (60/90)				
	Beton	1	m3	Rp 1.519.978	Rp 1.519.978
	Besi tulangan	110	kg	Rp 10.955	Rp 1.205.031
	Bekisting	8,16	m2	Rp 628.726	Rp 5.130.402
	Pelalatan	1	set	Rp 89.600	Rp 89.600
				Total	Rp 7.945.011
5.6	Plat dermaga (t=0,3 m)				
	Beton	1	m3	Rp 1.519.978	Rp 1.519.978
	Besi tulangan	29,16	kg	Rp 10.955	Rp 319.440
	Pelalatan	1	set	Rp 89.600	Rp 89.600
				Total	Rp 1.929.019
5.7	Plank Fender				
	Beton	1	m3	Rp 1.519.978	Rp 1.519.978
	Besi tulangan	83,511	kg	Rp 10.955	Rp 914.846
	Pelalatan	1	set	Rp 89.600	Rp 89.600
				Total	Rp 2.524.425
5.8	Breasting Dolphin				
	Beton	1	m3	Rp 1.519.978	Rp 1.519.978
	Besi tulangan	119,3	kg	Rp 10.955	Rp 1.306.923
	Pelalatan	1	set	Rp 89.600	Rp 89.600
				Total	Rp 2.916.502
5.9	Mooring Dolphin				
	Beton	1	m3	Rp 1.519.978	Rp 1.519.978
	Besi tulangan	119,3	kg	Rp 10.955	Rp 1.306.923
	Pelalatan	1	set	Rp 89.600	Rp 89.600

				Total	Rp	2.916.502
6	Pemancangan Tiang		m'			
	<u>Alat</u>					
	Ponton kapasitas 1000 ton	0,216	Jam	Rp 457.000	Rp	98.712
	Anchor boat	0,216	Jam	Rp 300.000	Rp	64.800
	Work boat	0,216	Jam	Rp 150.750	Rp	32.562
	Generator 75 kV A	0,216	Jam	Rp 137.500	Rp	29.700
	<u>Upah</u>					
	Mandor	0,0125	OH	Rp 106.000	Rp	1.325
	Pekerja	0,0917	OH	Rp 84.800	Rp	7.776
	Operator	0,1118	OH	Rp 104.500	Rp	11.683
	Pembantu operator	0,1118	OH	Rp 66.000	Rp	7.379
	Penyelam	0,0917	OH	Rp 82.500	Rp	7.565
	Biaya Pemancangan				Rp	261.502
7	Penyambungan Tiang					
	<u>Alat</u>					
	Alat bantu	1	Set	Rp 200.000	Rp	200.000
	<u>Upah</u>					
	Mandor	0,05	OH	Rp 106.000	Rp	5.300
	Pekerja	0,4	OH	Rp 84.800	Rp	33.920
	Tukang las	0,2	OH	Rp 104.500	Rp	20.900
	Biaya penyambungan				Rp	260.120
8	Pemotongan Tiang					
	<u>Alat</u>					
	Alat bantu	1	Set	Rp 200.000	Rp	200.000
	<u>Upah</u>					
	Mandor	0,05	OH	Rp 106.000	Rp	5.300

	Pekerja	0,4	OH	Rp	84.800	Rp	33.920
	Tukang las	0,2	OH	Rp	104.500	Rp	20.900
	Biaya pemotongan					Rp	260.120
9	Pengangkatan Tiang						
	<u>Alat</u>						
	Mobile Crane	0,16	Jam	Rp	800.000	Rp	128.000
	Ponton kapasitas 1000 ton	0,16	Jam	Rp	457.000	Rp	73.120
	Anchor boat	0,16	Jam	Rp	300.000	Rp	48.000
	Work boat	0,08	Jam	Rp	150.750	Rp	12.060
	<u>Upah</u>						
	Mandor	0,0125	OH	Rp	106.000	Rp	1.325
	Operator	0,1118	OH	Rp	104.500	Rp	11.683
	Pembantu operator	0,1118	OH	Rp	66.000	Rp	7.379
	Sopir	0,0917	OH	Rp	82.500	Rp	7.565
	Biaya pengangkatan					Rp	289.132
10	Pembuatan 1 sepatu						
	Pelat baja	100	kg	Rp	8.000	Rp	800.000
	Peralatan	1	Set	Rp	30.000	Rp	30.000
	<u>Upah</u>						
	Mandor	0,45	OH	Rp	106.000	Rp	47.700
	Pekerja	0,5	OH	Rp	84.800	Rp	42.400
	Tukang las	0,5	OH	Rp	104.500	Rp	52.250
	Biaya pembuatan 1 buah					Rp	972.350
11	Perlindungan Korosi						
	<u>Bahan</u>						
	Proteksi joint densopol 60 HT	1	roll	Rp	600.000	Rp	600.000
	Denso primer D	0,5	liter	Rp	300.000	Rp	150.000

	Denso CPT 1000 PVC tape	1	roll	Rp 300.000	Rp 300.000
	Upah				
	Pekerja	1	OH	Rp 84.800	Rp 84.800
	Biaya perlindungan korosi				Rp 1.134.800
12	Pengelasan Baja				
	Alat				
	Las	1	m	Rp 600.000	Rp 600.000
	Peralatan Las	1	Jam	Rp 30.000	Rp 30.000
	Upah				
	Tukang Las	0,1	OH	Rp 104.500	Rp 10.450
	Biaya pengelasan kerangka				Rp 640.450
13	Pembelian, pengangkutan, pengecatan tiang				
	Steel pile	1	m	Rp 2.865.441	Rp 2.865.441
	Pengecatan korosi	2,5522	m2	Rp 1.134.800	Rp 2.896.227
	Solar	160	liter	Rp 4.500	Rp 720.000
	Lubricant	2	liter	Rp 61.000	Rp 122.000
	Grease	2	liter	Rp 26.400	Rp 52.800
	Alat				
	Flat back truck	0,1	Jam	Rp 298.500	Rp 29.850
	Ponton	0,1	Jam	Rp 457.000	Rp 45.700
	Upah				
	Sopir	0,5	OH	Rp 82.500	Rp 41.250
	Pekerja	0,5	OH	Rp 84.800	Rp 42.400
	Pengangkutan per m				Rp 6.815.669

9.4 Rencana Anggaran Biaya

Dalam perencanaan anggaran biaya ini, tahapan pekerjaan yang dihitung meliputi:

1. Pekerjaan Persiapan
2. Pekerjaan Jetty
3. Pekerjaan Breasting Dolphin
4. Pekerjaan Mooring Dolphin
5. Pekerjaan Catwalk

Berikut ini adalah rincian kebutuhan biaya tiap pekerjaan yang dilakukan (Tabel 9.5 sampai 9.9).

Tabel 9. 5 Rencana anggaran biaya perkerjaan persiapan

No	Uraian Pekerjaan	Vol	Satuan	Harga Satuan	Jumlah
1	Pembersihan lahan	1	Ls	Rp 50.000.000	Rp 50.000.000
2	Pengukuran dan pemas bouwplank	1	Ls	Rp 26.000.000	Rp 26.000.000
3	Mobilisasi dan demobilisasi	1	Ls	Rp500.000.000	Rp 500.000.000
4	Administrasi dan dokumentasi	1	Ls	Rp 7.500.000	Rp 7.500.000
5	Direksi keet	1	Ls	Rp 40.000.000	Rp 40.000.000
Total					Rp 623.500.000

Tabel 9. 6 Rencana anggaran biaya perkerjaan jetty

No	Uraian Pekerjaan	Vol	Satuan	Harga Satuan	Jumlah
1	Pengadaan dan pengangkutan tiang tegak	720	m'	Rp 6.815.669	Rp 4.907.281.480
2	Pengadaan dan pengangkutan tiang miring	160	m'	Rp 6.815.669	Rp 1.090.506.995
3	Pengangkatan tiang	22	titik	Rp 289.132	Rp 6.360.907
4	Pembuatan sepatu tiang	22	titik	Rp 972.350	Rp 21.391.700
5	Pemancangan tiang tegak	720	m'	Rp 261.502	Rp 188.281.663

6	Pemancangan tiang miring	160	m'	Rp 261.502	Rp 41.840.370
7	Penyambungan tiang	66	titik	Rp 260.120	Rp 17.167.920
8	Pemotongan tiang	22	titik	Rp 260.120	Rp 5.722.640
9	Pengisian Tiang Pancang	56,148	m3	Rp 2.529.346	Rp 142.018.263
10	Pelindungan tiang	22	titik	Rp 1.134.800	Rp 24.965.600
11	Poer tunggal 18 titik	36,864	m3	Rp 8.672.034	Rp 319.685.845
12	Poer ganda 2 titik	8,192	m3	Rp 14.705.678	Rp 120.468.914
13	Pile loading trials	2	Unit	Rp 11.500.000	Rp 23.000.000
14	Tes beton di laboratorium	3	Ls	Rp 1.700.000	Rp 5.100.000
15	Balok melintang 60 x 90	680,4	m3	Rp 2.529.346	Rp 1.720.966.740
16	Balok memanjang 60 x 90	699,84	m3	Rp 7.945.011	Rp 5.560.236.650
17	Pelat (t = 30 cm)	85,551	m3	Rp 1.929.019	Rp 165.029.468
18	Plank Fender	14,4	m3	Rp 2.524.425	Rp 36.351.717
19	Fender ANP 1000	4	buah	Rp125.000.000	Rp 500.000.000
Total					Rp 14.896.376.873

Tabel 9. 7 Rencana anggaran biaya pekerjaan breasting dolphin

No	Uraian Pekerjaan	Vol	Satuan	Harga Satuan	Jumlah
1	Pengadaan dan pengangkutan tiang miring (40 m x 7 buah)	280	m'	Rp 6.815.669	Rp 1.908.387.242
2	Pengangkatan tiang	7	titik	Rp 289.132	Rp 2.023.925
3	Pembuatan sepatu tiang	7	titik	Rp 972.350	Rp 6.806.450
4	Pemancangan tiang miring	210	m'	Rp 261.502	Rp 54.915.485
5	Penyambungan tiang	21	titik	Rp 260.120	Rp 5.462.520
6	Pemotongan tiang	7	titik	Rp 260.120	Rp 1.820.840
7	Pengisian Tiang Pancang	17,865	m3	Rp 2.529.346	Rp 45.187.629
8	Pelindungan tiang	7	titik	Rp 1.134.800	Rp 7.943.600
9	Poer breasting dolphin	27,648	m3	Rp 2.916.502	Rp 80.635.443
10	Pile loading trials	2	Unit	Rp 11.500.000	Rp 23.000.000

11	Tes beton di laboratorium	2	Ls	Rp 1.700.000	Rp 3.400.000
12	Plank Fender	9	m3	Rp 2.524.425	Rp 22.719.823
13	Fender ANP 1000 E 2.3	1	buah	Rp125.000.000	Rp 125.000.000
14	Tee Bollard kapasitas 60 ton	1	buah	Rp 40.200.000	Rp 40.200.000
15	Perancah	23,04	m2	Rp 726.376	Rp 16.735.708
Total 1 buah breasting dolphin					Rp 2.344.238.666
Total 2 buah breasting dolphin					Rp 4.688.477.331

Tabel 9. 8 Rencana anggaran biaya pekerjaan mooring dolphin

No	Uraian Pekerjaan	Vol	Satuan	Harga Satuan	Jumlah
1	Pengadaan dan pengangkutan tiang miring (40 m x 4 buah)	160	m'	Rp 6.815.669	Rp 1.090.506.995
2	Pengangkatan tiang	4	titik	Rp 289.132	Rp 1.156.529
3	Pembuatan sepatu tiang	4	titik	Rp 972.350	Rp 3.889.400
4	Pemancangan tiang miring	120	m'	Rp 261.502	Rp 31.380.277
5	Penyambungan tiang	12	titik	Rp 260.120	Rp 3.121.440
6	Pemotongan tiang	4	titik	Rp 260.120	Rp 1.040.480
7	Pengisian Tiang Pancang	10,209	m3	Rp 2.529.346	Rp 25.821.502
8	Pelindungan tiang	4	titik	Rp 1.134.800	Rp 4.539.200
9	Poer mooring dolphin	12,288	m3	Rp 2.916.502	Rp 35.837.975
10	Pile loading trials	2	Unit	Rp 11.500.000	Rp 23.000.000
11	Tes beton di laboratorium	2	Ls	Rp 1.700.000	Rp 3.400.000
12	Tee Bollard kapasitas 60 ton	1	buah	Rp 40.200.000	Rp 40.200.000
13	Perancah	10,24	m2	Rp 726.376	Rp 7.438.092
Total 1 buah mooring dolphin					Rp 1.271.331.891
Total 4 buah mooring dolphin					Rp 5.085.327.563

Tabel 9. 9 Rencana anggaran biaya pekerjaan catwalk

No	Uraian Pekerjaan	Vol	Sat	Harga Satuan	Jumlah
1	Pengadaan dan pengangkutan tiang miring (40 m x 2 buah)	60	m'	Rp 6.815.669	Rp 408.940.123
2	Pengangkatan tiang	2	titik	Rp 289.132	Rp 578.264
3	Pembuatan sepatu tiang	2	titik	Rp 972.350	Rp 1.944.700
4	Pemancangan tiang miring	60	m'	Rp 261.502	Rp 15.690.139
5	Penyambungan tiang	6	titik	Rp 260.120	Rp 1.560.720
6	Pemotongan tiang	2	titik	Rp 260.120	Rp 520.240
7	Pengisian Tiang Pancang	5,10	m3	Rp 2.529.346	Rp 12.910.751
8	Pelindungan tiang	2	titik	Rp 1.134.800	Rp 2.269.600
9	Poer dudukan catwalk	4,1	m3	Rp 2.916.502	Rp 11.945.992
10	Pile loading trials	1	Unit	Rp 11.500.000	Rp 11.500.000
11	Tes beton di laboratorium	1	Ls	Rp 1.700.000	Rp 1.700.000
12	Profil CHS Ø254 mm, t = 12 mm	45	m'	Rp 226.100	Rp 10.174.500
13	Profil CHS Ø152,4 mm, t = 7 mm	51	m'	Rp 122.100	Rp 6.227.100
14	Penyambungan profil CHS	29	titk	Rp 640.450	Rp 18.573.050
15	Transisional Slab	22,5	m2	Rp 250.000	Rp 5.625.000
	Total 1 bentang catwalk				Rp 510.160.179
	Total 8 bentang catwalk				Rp 4.081.281.431

9.5 Rekapitulasi Harga

Tabel 9. 10 Rencana anggaran biaya total dermaga

No	Uraian Pekerjaan	Total	
1	Pekerjaan Persiapan	Rp	623.500.000
2	Pembuatan Jetty	Rp	14.896.376.873
3	Pembuatan Breasting Dolphin	Rp	4.688.477.331
4	Pembuatan Mooring Dolphin	Rp	5.085.327.563
5	Pembuatan Catwalk	Rp	4.081.281.431
Jumlah total		Rp	29.374.963.198
PPn 10%		Rp	2.937.496.320
Total + PPn		Rp	32.312.459.518
Jumlah Akhir (dibulatkan)		Rp	32.320.000.000

Terbilang : Tiga ratus dua milyar tiga ratus dua puluh ribu juta rupiah

Anggaran biaya akhir untuk proyek pembangunan dermaga batubara di Gorontalo yang telah dianalisa diatas belum termasuk biaya peralatan operational yang sifatnya optional.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB X

KESIMPULAN

Berdasarkan pada bab – bab sebelumnya diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Spesifikasi kapal rencana :
 - DWT : 10.000 ton
 - Panjang kapal (LOA) : 96,56 m
 - Lebar kapal (B) : 27,43 m
 - D (Depth) : 6,10 m
 - Draft kapal : 4,88 m

2. Struktur dermaga yang direncanakan terdiri dari Jetty, Breasting Dolphin, Mooring Dolphin dan Catwalk.

3. Struktur Jetty direncanakan beton bertulang precast dengan spesifikasi :
 - Dimensi struktur : 27 x 15 m
 - Dimensi balok melintang : 60 x 90 cm
 - Dimensi balok memanjang : 60 x 90 cm
 - Tebal Pelat : 30 cm
 - Cast in site : 15 cm
 - Precast Half Slab : 15 cm
 - Mutu beton : K – 350
 - Mutu baja : U – 32
 - Fender : ANP 1000 E 1.2
 - Poer pancang tunggal : 160 x 160 x 80
 - Poer pancang ganda : 320 x 160 x 80
 - Tiang pancang : Ø812,8 mm t = 16 mm
 - Kemiringan tiang : 6 : 1
 - Elevasi Jetty : + 3,00 mLWS
 - Elevasi tanah dasar : - 11,00 mLWS

- Kedalaman tiang pancang : - 23,00 mLWS
4. Struktur Breasting Dolphin direncanakan beton bertulang dengan spesifikasi :
- Dimensi struktur : 4,8 x 4,8 m
 - Tebal poer : 120 cm
 - Mutu beton : K – 350
 - Mutu baja : U – 32
 - Boulder : Tee Bolard Kap 60 ton
 - Fender : ANP 1000 E 2.3
 - Tiang pancang : Ø812,8 , t = 16 mm
 - Kemiringan tiang : 6 : 1
 - Elevasi tanah : - 11,00 mLWS
 - Kedalaman tiang pancang : - 19,00 mLWS
5. Struktur Mooring Dolphin direncanakan beton bertulang dengan spesifikasi :
- Dimensi struktur : 3,2 x 3,2 m
 - Tebal poer : 120 cm
 - Mutu beton : K – 350
 - Mutu baja : U – 32
 - Boulder : Tee Bolard Kap 60 ton
 - Tiang pancang : Ø812,8 , t = 16 mm
 - Kemiringan tiang : 6 : 1
 - Elevasi tanah : - 10,00 mLWS
 - Kedalaman tiang pancang : - 26,00 mLWS
6. Struktur Catwalk direncanakan sebagai struktur rangka Circular Hollow Section dengan spesifikasi:
- Bentang Struktur : 15 m dan 10 m
 - Dimensi Balok memanjang : CHS 200 mm
 - Dimensi Balok melintang : CHS 100 mm
 - Lebar Pelat Injakan : 1,5 m
 - Pelat Injak : I Bar Grating RG 2553

- Jarak antar balok melintang : 2,0 m
 - Dimensi Poer Bangunan Bawah : 3,2 x 1,6 x 0,8
 - Kedalaman tiang pancang : - 26,00 mLWS
7. Rencana anggaran biaya yang diperlukan untuk pembangunan **Dermaga Batubara Untuk Kapal Tongkang 10.000 DWT**, di Molotabu Provinsi Gorontalo adalah sebesar : **Rp.32.320.000.000,-** (*Tiga puluh dua milyar tiga ratus dua puluh ribu juta rupuah*)

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- CERC. 1984. **Shore Protection Manual**. US Army Coastal Engineering Research Center, Washington.
- Standar Nasional Indonesia. 2012. **SNI-03-1726-2012-Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung**. Bandung
- 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.
- Wangsadinata, Wiratman. 1971. **Perhitungan Lentur dengan Cara “n” Disesuaikan kepada Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971**
- Panitia Pembaharuan Peraturan Beton Bertulang Indonesia. 1971. **Peraturan Beton Bertulang Indonesia**. Bandung. Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan. xvi
- Thoresen, Carl A. 2003. **Port Designer’s Handbook**. Thomas Telford. British.
- Triatmodjo, Bambang. 2008. **PerencanaanPelabuhan**. Yogyakarta : Beta Offset
- Triatmodjo, Bambang. 1999. **TeknikPantai**. Yogyakarta : Beta Offset
- Prestressed Concrete Institute. 2010. **PCI Design Handbook–Precast and Prestressed Concrete**. Chicago: Prestressed Concrete Institute
- Wahyudi, Herman. 2013. **Daya Dukung Pondasi Dalam**. Surabaya. ITS Press

Widyastuti, Dyah Iriani. 2000. **Diktat Pelabuhan**. Surabaya.
Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan
Perencanaan ITS.

SAP 2000. 2009. **Structural Analysis Program**, version 14.1,
Barkeley : Computer and Structures, Inc

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN
PROGRAM SARJANA LINTAS JALUR
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FTSLK – ITS

BERITA ACARA PENYELENGGARAAN UJIAN
SEMINAR DAN LISAN
TUGAS AKHIR

Pada hari ini **Senin** tanggal **16 Juli 2018** jam **09.00 WIB** telah diselenggarakan **UJIAN SEMINAR DAN LISAN TUGAS AKHIR** Program Sarjana Lintas Jalur Departemen Teknik Sipil FTSLK-ITS bagi mahasiswa:

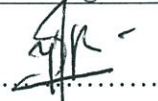
NRP	Nama	Judul Tugas Akhir
03111645000028	Rizal Dwi Saputra	Perencanaan Dermaga Batubara untuk Tongkang 10.000 DWT di Tersus Molotabu , Kab. Bone Balongo , Provinsi Gorontalo

Dengan Hasil :

<input type="checkbox"/> Lulus Tanpa Perbaikan	<input type="checkbox"/> Mengulang Ujian Seminar dan Lisan
<input checked="" type="checkbox"/> Lulus Dengan Perbaikan	<input type="checkbox"/> Mengulang Ujian Lisan

Dengan perbaikan/penyempurnaan yang harus dilakukan adalah :

- Cek kontrol lifting up precast.	- Berat jenis beton bukan 2,4
- Cek penulisan mutu beton B)...	tetapi 2,9 t/m ³ .
bukan U	- U/ pracetak tdk perlu kontrol
- Cek penulisan TP di SAP	lendiran.
min. 3200 bukan 3000?	- Bentuk precast sbalunya
- Cek kombinasi pembebanan dari	"U"
OCPI. → cek serviceability	- Cek penulisan U/ permasalahan
- Cek syarat defleksi.	bukan "bagaimana"
- Perencanaan Fender cek thd.	- Batasan masalah tdk ada
fender lokal.	analisis dredging

Tim Penguji (Anggota)	Tanda Tangan
Ir. Dyah Iriani Widyastuti, MSc	
Prof. Dr. Ir. Herman Wahyudi

Surabaya, 16 Juli 2018

Dosen Pembimbing I

(Ketua)


Ir. Fuddoly, MSc

Dosen Pembimbing 2

(Sekretaris)


Cahya Buana, ST. MT

Dosen Pembimbing 3

(Sekretaris)



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	: Ir. Fuddoly., M.Sc.
NAMA MAHASISWA	: Rizal Dwi Saputra
NRP	: 03111645000028
JUDUL TUGAS AKHIR	: Perencanaan Dermaga Batubara untuk tongkang 10.000 DWT di Tersus Molotaba, Kab. Bone Balongo, Prov. Gorontalo.
TANGGAL PROPOSAL	:
NO. SP-MMTA	:

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1	7/4 2018	<ul style="list-style-type: none"> - Bab 2 dimasukkan data yg perlu saja. - Data pasut, ARUS, Bathymetri, Angin. - Tambahkan Beban Uplift akibat gelombang - Dijelaskan dulu pola operasional per maga di ULP. 	<ul style="list-style-type: none"> - perbaiki BAB 3 dan 4. - Lanjut BAB 5 Evaluasi layout. 	
2	18/5 2018	<ul style="list-style-type: none"> - Ditambahkan presentase total untuk data angin - Gelombang di laut dalam ditampilkan baru di dermaga. - Layout existing dimasukkan dulu baru dievaluasi. - Mooring system dijelaskan Spring, braced. - Pola operasional truck di gambar di layout. - Pakai Peta Gempa 2017. 	<ul style="list-style-type: none"> - Diperbaiki untuk BAB 5 - Lanjut ke perencanaan Jetty. 	



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 60111

Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



Form AK/TA-04
rev01

NAMA PEMBIMBING	: Ir. Fuddoly., M. Sc.
NAMA MAHASISWA	: Rizal Dwi Saputea.
NRP	: 03111645000028
JUDUL TUGAS AKHIR	: Perencanaan Dermaga Batubara untuk Tongkang 10.000 DWT di Tersus Molo tabu, Kab. Bore Balongo, Prop. Gorontalo.
TANGGAL PROPOSAL	:
NO. SP-MMTA	:

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
3.	30/5 2018	BAB 5. Perencanaan Ste Jetly.	<ul style="list-style-type: none"> - Gambar untuk manuver track. - masukkan teori beton untuk beban terpusat sutami di BAB 2. - Cover plat atas 6 cm - cover plat bawah 8 cm. - Balok Diameter tul. 22 mm - HDPE digambar sampai -1m. 	
4.	11/6 2018	BAB 6. Breasting Dolphin Mooring Dolphin Catwalk BAB 7. Praestak BAB 8. Metode Pelaksanaan	<ul style="list-style-type: none"> - Cek CE untuk fender karena untuk dolphin - PS pabri 2. untuk Barge - kecepatan di cek di oco I - ubah fender jadi 1000 - urutan metpel. drawal - langit awal praestak. 	
5	22/6 2018	BAB 9. Rencana Anggaran Biaya	<ul style="list-style-type: none"> - Cek reaksi fender bila 2 m. - Gaya pada SAP berubah - Praestak untuk Breasting Dolphin dan Mooring Dolphin - Metpel BD dan MD - Harga satuan untuk tiap p. 	



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 60111

Telp.031-5946094, Fax.031-5947284

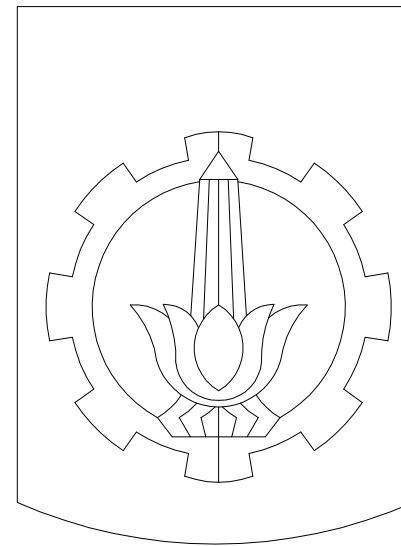


Form AK/TA-04
rev01

NAMA PEMBIMBING	: Cahya Buana ST., MT.
NAMA MAHASISWA	: Rizal Dwi Saputra
NRP	: 03111645000028
JUDUL TUGAS AKHIR	: Perencanaan Dermaga Balubara untuk tongkang 10.000 DWT di Tersus Molutabu, Kab. Bone Balongo, Prov. Gorontalo.
TANGGAL PROPOSAL	:
NO. SP-MMTA	:

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1.	12/04 2018	<ul style="list-style-type: none"> - Cek lebar dermaga apa bisa buat manuver truck - Layout 1 dipertimbangkan dg lebar 30 m minimal 		
2	14/05 2018	<ul style="list-style-type: none"> - Sumber untuk data pasut, angin - Layout penyelidikan tanah dibuat miring. - Tambahkan perhitungan gelombang. - Gelombang perlu masuk apa tidak 		
3	28/05 2018	<ul style="list-style-type: none"> - BAB 6 - Perencanaan Jetty. 	<ul style="list-style-type: none"> - Cek bita tang panjang menggunakan diameter 60 - Pakai plat untuk bisa masuk ke tongkang. - Lanjut ke BD. dan MD 	

TUGAS AKHIR RC-141501
PERENCANAAN DERMAGA BATUBARA UNTUK TONGKANG 10.000
DWT DI TERSUS MOLOTABU, KABUPATEN BONE BALONGO,
PROVINSI GORONTALO



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

Nama Mahasiswa

RIZAL DWI SAPUTRA (03111645000028)

Dosen Pembimbing

1. Ir. FUDDOLY, M.Sc
2. CAHYA BUANA, ST., MT

PROGRAM STUDI S-1 LINTAS JALUR
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018

DRAWING LIST		REVISI
DRAWING NO.	DRAWING TITLE	
001	COVER	A
002	DRAWING TABLE OF CONTENT	A
003	GENERAL LAYOUT	A
004	MOORING SYSTEM TONGKANG 10.000 DWT	A
005	TAMPAK ATAS DAN DEPAN DERMAGA	A
006	DENAH DAN POTONGAN JETTY	A
007	DENAH TIANG PANCANG	A
008	DENAH HEADSTOCK	A
009	DETAIL PENULANGAN HEADSTOCK TIPE HS.1	A
010	DETAIL PENULANGAN HEADSTOCK TIPE HS.2	A
011	DETAIL PENULANGAN HEADSTOCK TIPE HS.3	A
012	DENAH JOINT BALOK	A
013	DENAH DAN POTONGAN JOINT BALOK TIPE JB.1	A
014	DENAH DAN POTONGAN JOINT BALOK TIPE JB.2 DAN JB.3	A
015	DETAIL PENULANGAN JOINT BALOK TIPE JB.1	A
016	DETAIL PENULANGAN JOINT BALOK TIPE JB.2	A
017	DETAIL PENULANGAN JOINT BALOK TIPE JB.3	A
018	DENAH BALOK PRECAST	A
019	DETAIL PENULANGAN BALOK PRECAST TIPE B.1	A
020	DETAIL PENULANGAN BALOK PRECAST TIPE B.2 DAN B.3	A
021	DENAH PELAT PRECAST	A
022	DETAIL PENULANGAN PELAT PRECAST TIPE PS.1	A
023	DETAIL PENULANGAN PELAT PRECAST TIPE PS.2	A
024	DETAIL PENULANGAN PELAT PRECAST TIPE PS.3 DAN PS.4	A
025	DETAIL PENULANGAN PELAT PRECAST TIPE PS.5 DAN PS.6	A
026	DENAH DAN DETAIL PENULANGAN PELAT INSITU	A
027	DETAIL PENULANGAN ISIAN TIANG PANCANG	A
028	DENAH DAN TAMPAK BREASTING DOLPHIN	A
029	DETAIL PENULANGAN PRECAST BREASTING DOLPHIN	A
030	DETAIL PENULANGAN INSITU BREASTING DOLPHIN	A
031	DENAH DAN TAMPAK MOORING DOLPHIN	A
032	DETAIL PENULANGAN PRECAST DAN INSITU MOORING DOLPHIN	A
033	LAYOUT CATWALK DAN DENAH CATWALK TIPE 1	A
034	DENAH DAN POTONGAN CATWALK TIPE 2 DAN 3	A
035	DETAIL ANP ARCH FENDER 1000 E 1.2	A
036	DETAIL TEE BOLLARD 60 TON	A

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 2400 kg/cm^2
5. TIANG PANCANG DIPROTEKSI DENGAN COATING DAN HDPE
6. MUTU BAJA TULANGAN MENGACU PADA SNI D MENANDAKAN TULANGAN ULIR DENGAN $f_y = 390 \text{ MPa}$
Ø MENANDAKAN TULANGAN POLOS DENGAN $f_y = 240 \text{ MPa}$
7. PROFIL BAJA HARUS MENGACU ASTM A36
8. SEMUA GAMBAR SESUAI DENGAN SPESIFIKASI



Judul Tugas Akhir :

PERENCANAAN DERMAGA BATUBARA UNTUK TONGKANG 10.000 DWT DI TERSUS MOLOTABU, KABUPATEN BONE BALONGO, PROVINSI GORONTALO

Dosen Pembimbing :

Ir. FUDDOLY, M.Sc
CAHYA BUANA, ST., MT

Mahasiswa :

RIZAL DWI SAPUTRA
03111645000028

Judul Gambar :

DRAWING TABLE OF CONTENT

Nomor Drawing

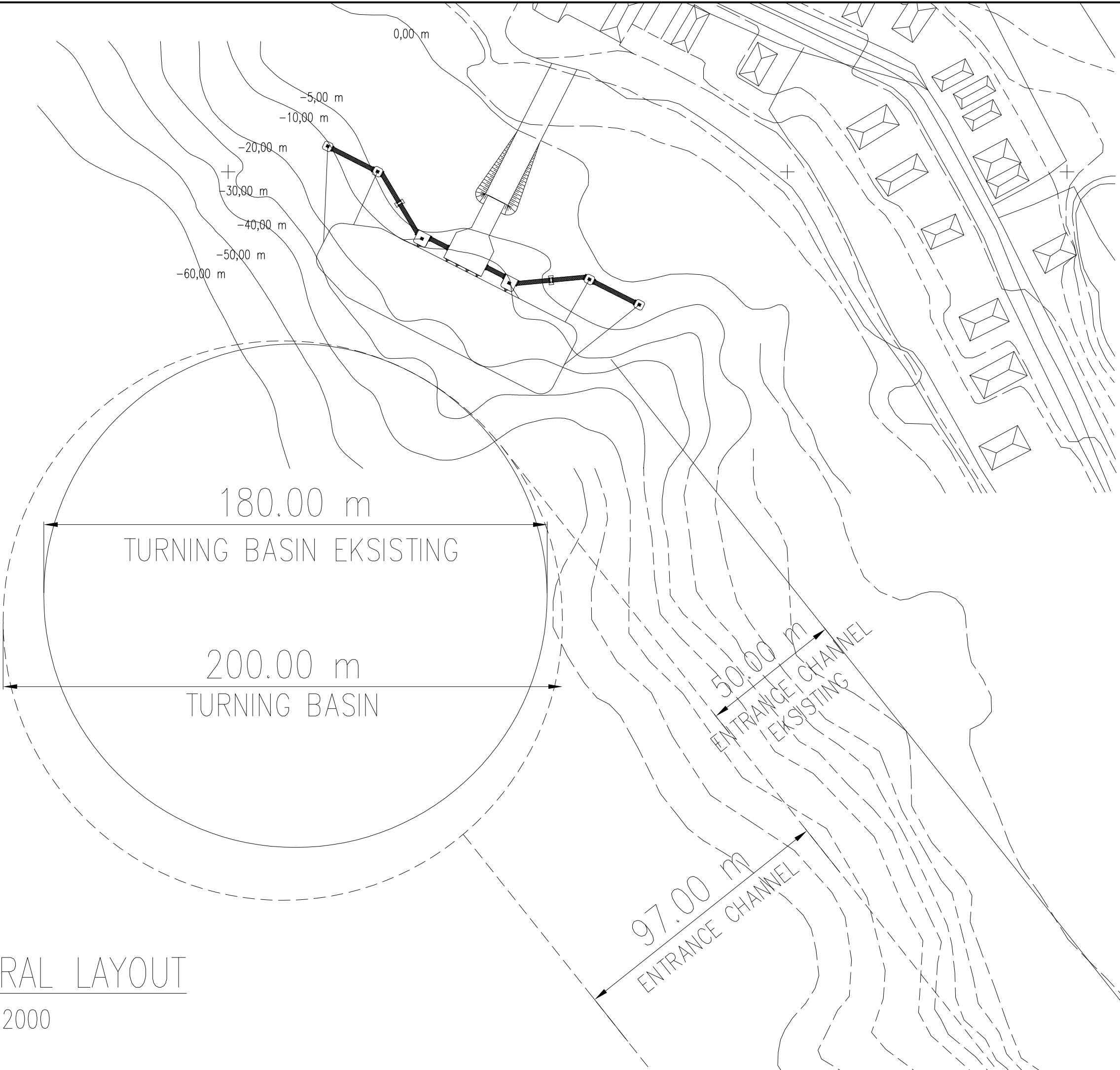
Rev

Skala

002

A

NTS



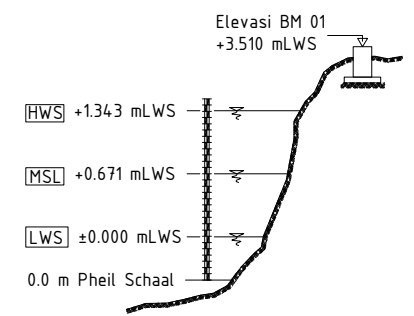
GENERAL LAYOUT

Skala 1:2000

KEYPLAN



LEGENDA DAN KETERANGAN



CATATAN

1. SEMUA DIMENSI DITULIS DALAM SATUAN MILIMETER KECEUALI KETERANGAN LAIN
2. SEMUA LEVEL DALAM METER DI UKUR DARI LWS ±0.00
3. MATERIAL BETON MENGGUNAKAN $f'_c = 35 \text{ MPa}$
4. MATERIAL TANG PANCANG HARUS MENGACU ASTM A252 GRADE 2 DENGAN TEGANGAN LELEH 2400 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 SPESIFIKASI



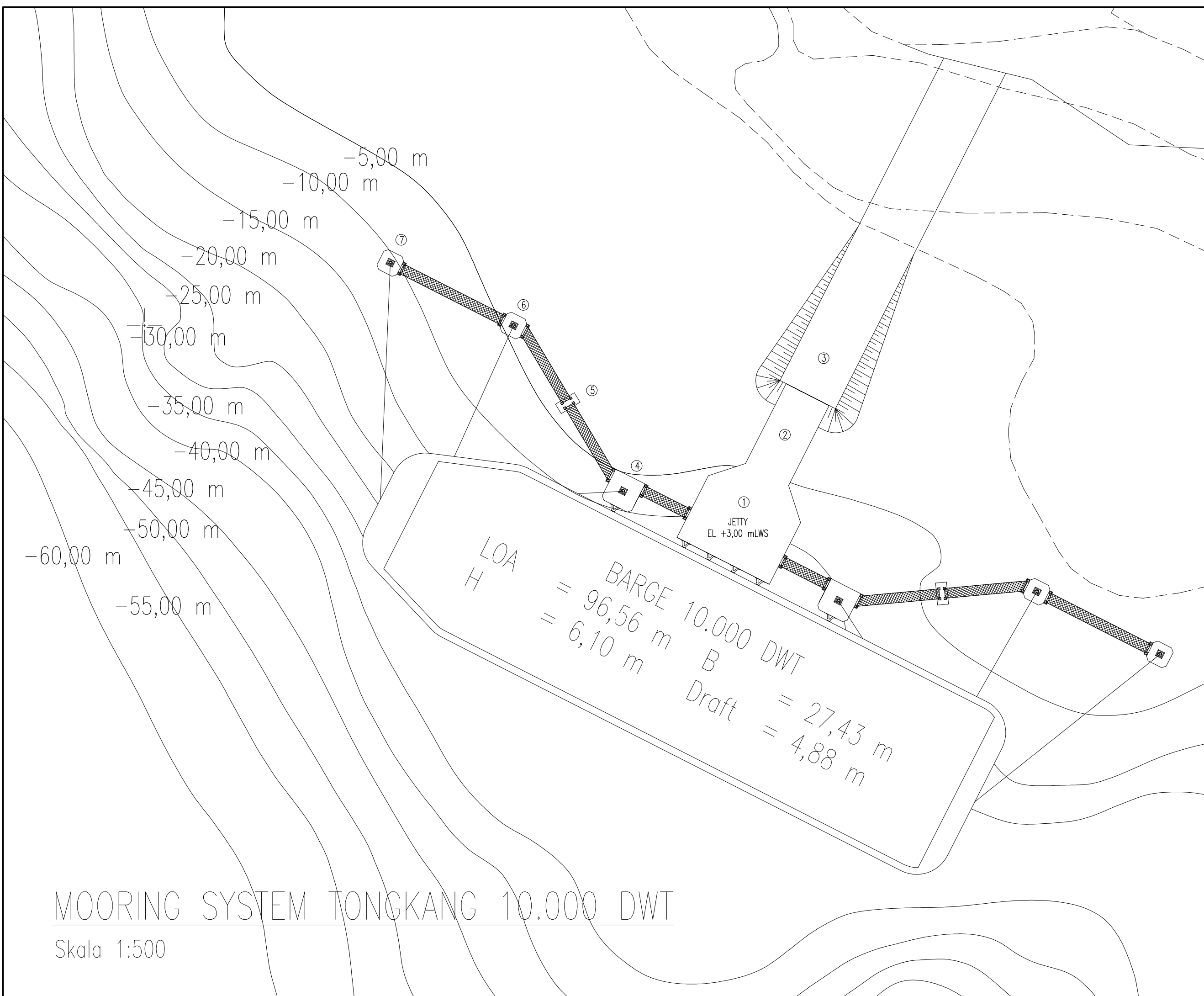
Judul Tugas Akhir :
PERENCANAAN DERMAGA BATUBARA UNTUK TONGKANG 10.000 DWT DI TERSUS MOLOTABU, KABUPATEN BONE BALONGO, PROVINSI GORONTALO

Dosen Pembimbing :
**Ir. FUDDOLY, M.Sc
 CAHYA BUANA, ST., MT**

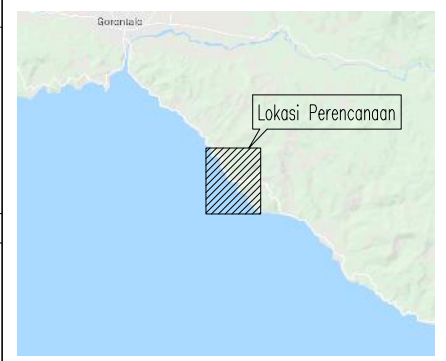
Mahasiswa :
**RIZAL DWI SAPUTRA
 03111645000028**

Judul Gambar :
GENERAL LAYOUT

Nomor Drawing	Rev	Skala
003	A	-



KEYPLAN



LEGENDA DAN KETERANGAN

1. JETTY
2. TRESTLE
3. CAUSEWAY
4. BREASTING DOLPHIN
5. DUDUKAN CATWALK
6. MOORING DOLPHIN

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 TANG PANCANG HARUS MENGACU ASTM A252 GRADE 2 DENGAN TEGANGAN LELEH 2400 kg/cm^2
5. TIANG PANCANG DIPROTEKSI DENGAN COATING DAN HDPE
6. MUTU BAJA TULANGAN MENGACU PADA SNI ϕ MENANDAKAN TULANGAN ULIR DENGAN $f_y = 390 \text{ MPa}$
7. PROFIL BAJA HARUS MENGACU ASTM A36
8. SEMUA GAMBAR SESUAI DENGAN SPESIFIKASI



Judul Tugas Akhir :
PERENCANAAN DERMAGA BATUBARA UNTUK TONGKANG 10.000 DWT DI TERSUS MOLOTABU, KABUPATEN BONE BALONG, PROVINSI GORONTALO

Dosen Pembimbing :
**Ir. FUDDOLY, M.Sc
 CAHYA BUANA, ST., MT**

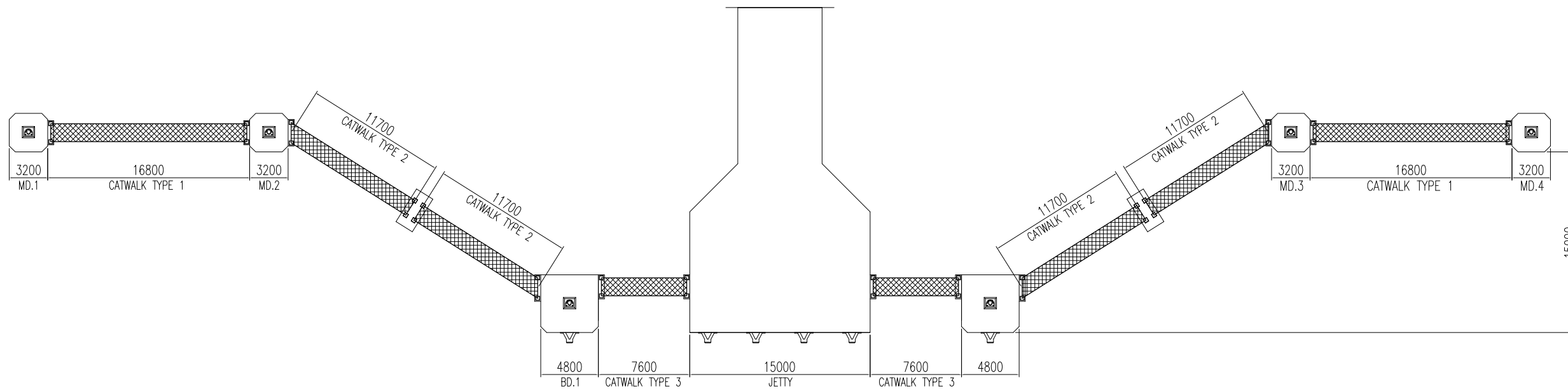
Mahasiswa :
**RIZAL DWI SAPUTRA
 03111645000028**

Judul Gambar :
MOORING SYSTEM TONGKANG 10.000 DWT

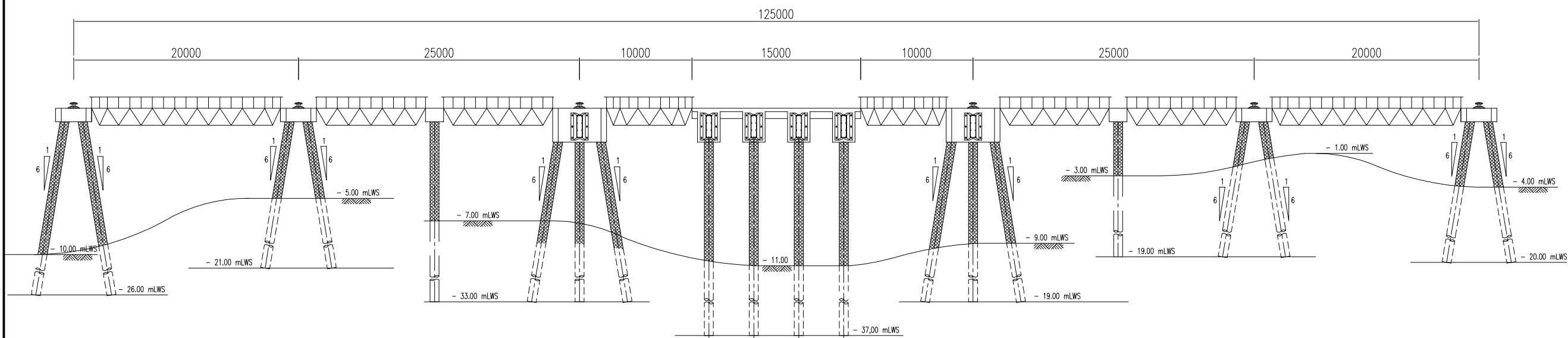
MOORING SYSTEM TONGKANG 10.000 DWT

Skala 1:500

Nomor Drawing	Rev	Skala
004	A	-



TAMPAK ATAS
Skala 1:400



TAMPAK DEPAN
Skala 1:400

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 TANG PANCANG HARUS MENGACU ASTM A252 GRADE 2 DENGAN TEGANGAN LELEH 2400 kg/cm^2
5. TIANG PANCANG DIPROTEKSI DENGAN COATING DAN HDPE
6. MUTU BAJA TULANGAN MENGACU PADA SNI D MENANDAKAN TULANGAN ULIR DENGAN $f_y = 390 \text{ MPa}$ Ø MENANDAKAN TULANGAN POLOS DENGAN $f_y = 240 \text{ MPa}$
7. PROFIL BAJA HARUS MENGACU ASTM A36
8. SEMUA GAMBAR SESUAI DENGAN SPESIFIKASI



Judul Tugas Akhir :

PERENCANAAN DERMAGA BATUBARA UNTUK TONGKANG 10.000 DWT DI TERSUS MOLOTABU, KABUPATEN BONE BALONGO, PROVINSI GORONTALO

Dosen Pembimbing :

Ir. FUDDOLY, M.Sc
CAHYA BUANA, ST., MT

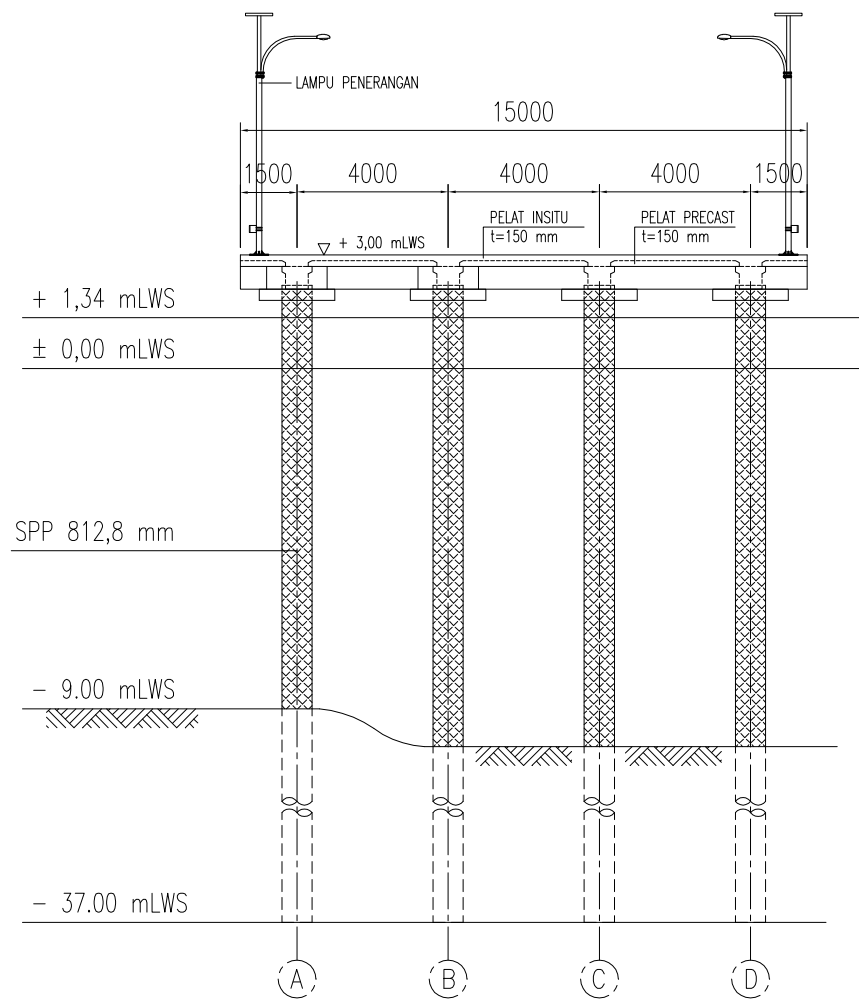
Mahasiswa :

RIZAL DWI SAPUTRA
03111645000028

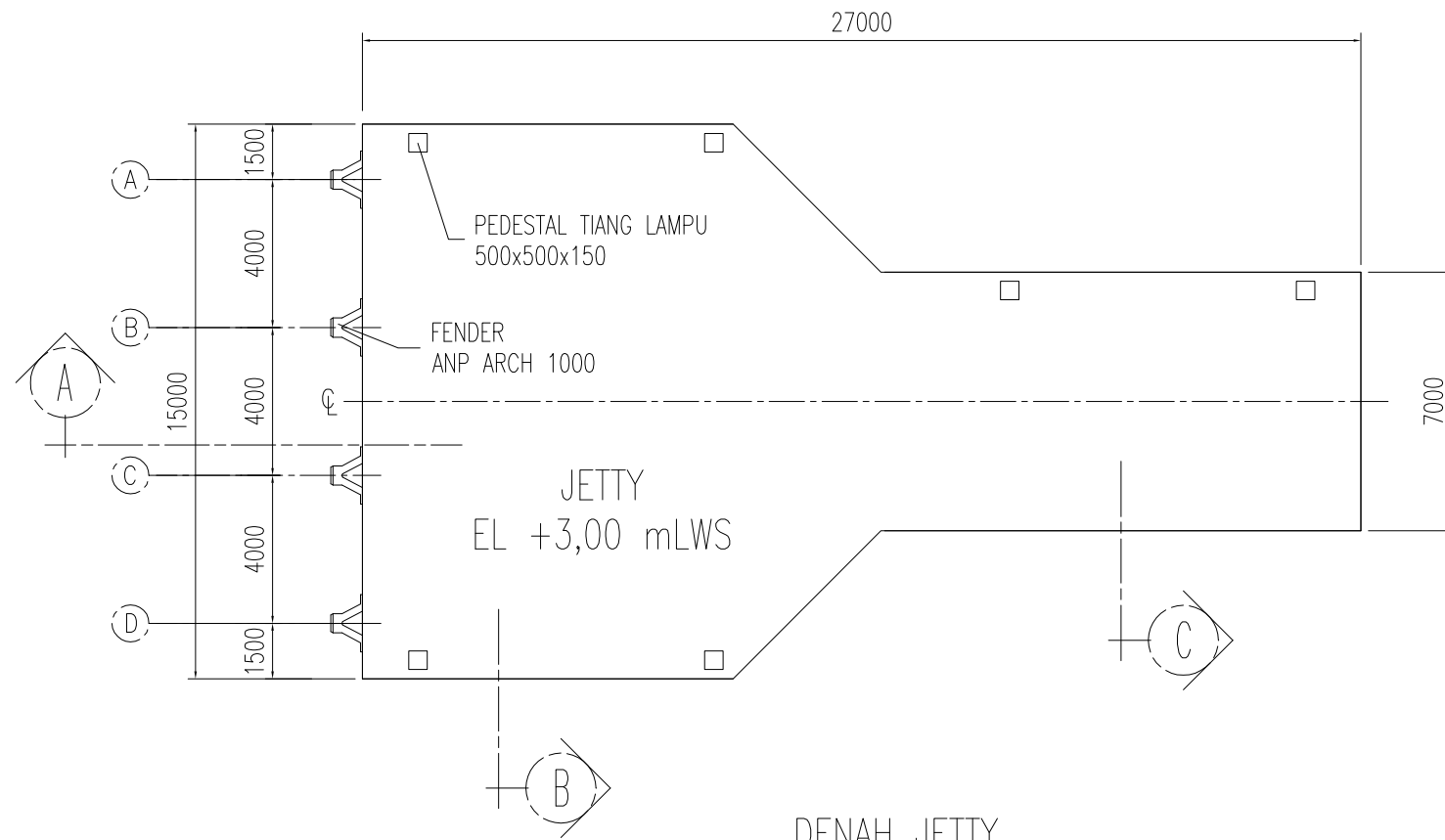
Judul Gambar :

TAMPAK ATAS
TAMPAK DEPAN

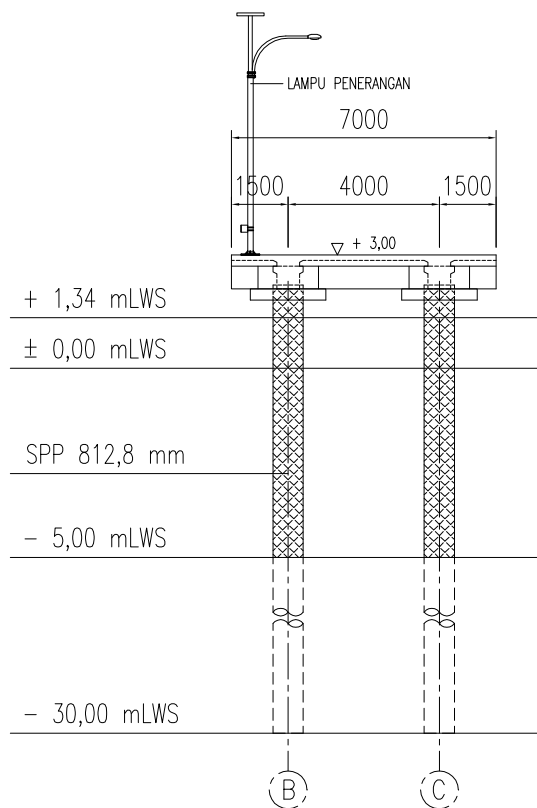
Nomor Drawing	Rev	Skala
005	A	-



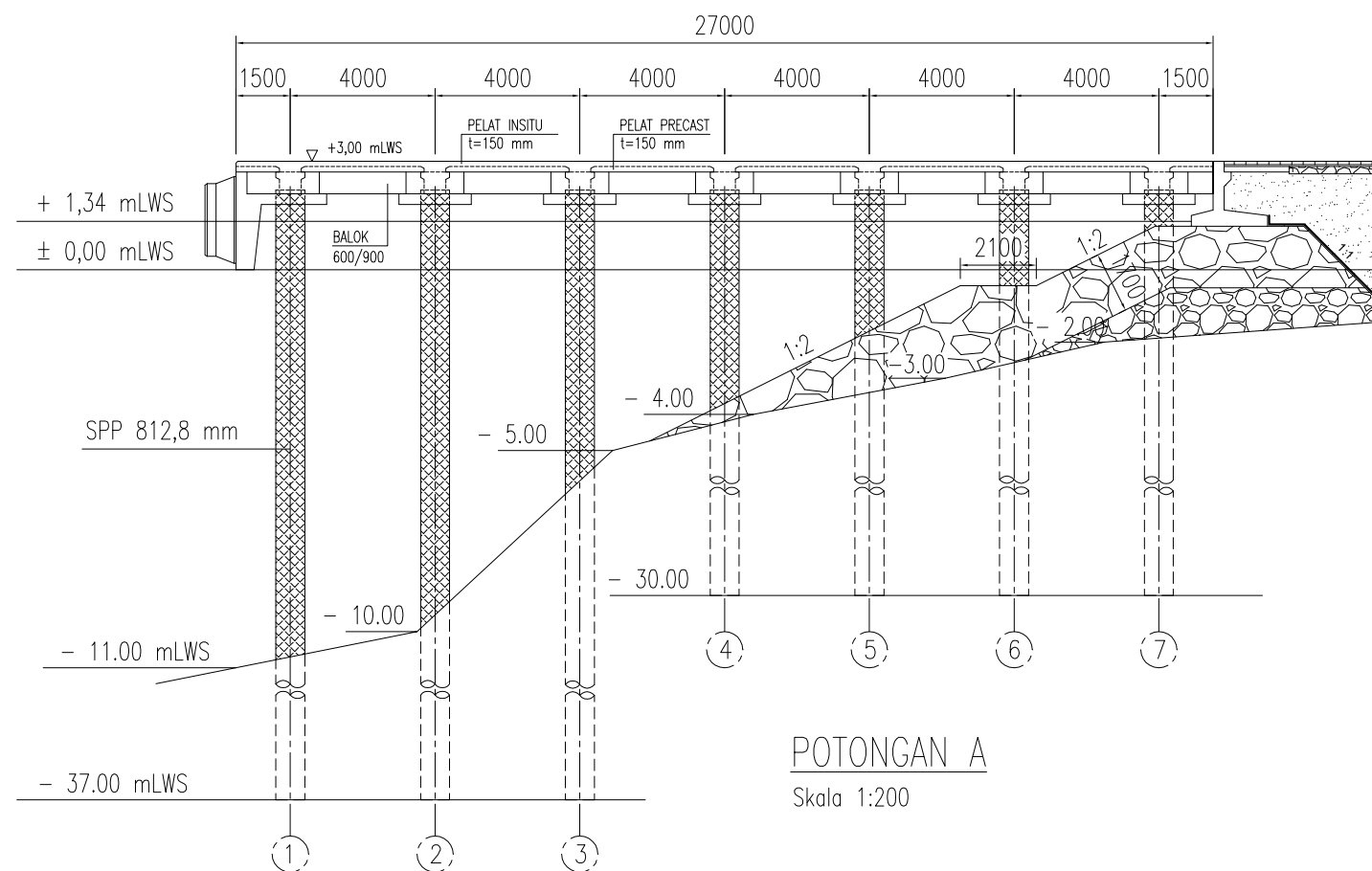
POTONGAN B
Skala 1:200



DENAH JETTY
Skala 1:200



POTONGAN C
Skala 1:200



POTONGAN A
Skala 1:200

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 TANG PANCANG HARUS MENGACU ASTM A252 GRADE 2 DENGAN TEGANGAN LELEH 2400 kg/cm^2
5. TIANG PANCANG DIPROTEKSI DENGAN COATING DAN HDPE
6. MUTU BAJA TULANGAN MENGACU PADA SNI
 - D MENANDAKAN TULANGAN ULIR DENGAN $f_y = 390 \text{ MPa}$
 - Ø MENANDAKAN TULANGAN POLOS DENGAN $f_y = 240 \text{ MPa}$
7. PROFIL BAJA HARUS MENGACU ASTM A36
8. SEMUA GAMBAR SESUAI DENGAN SPESIFIKASI



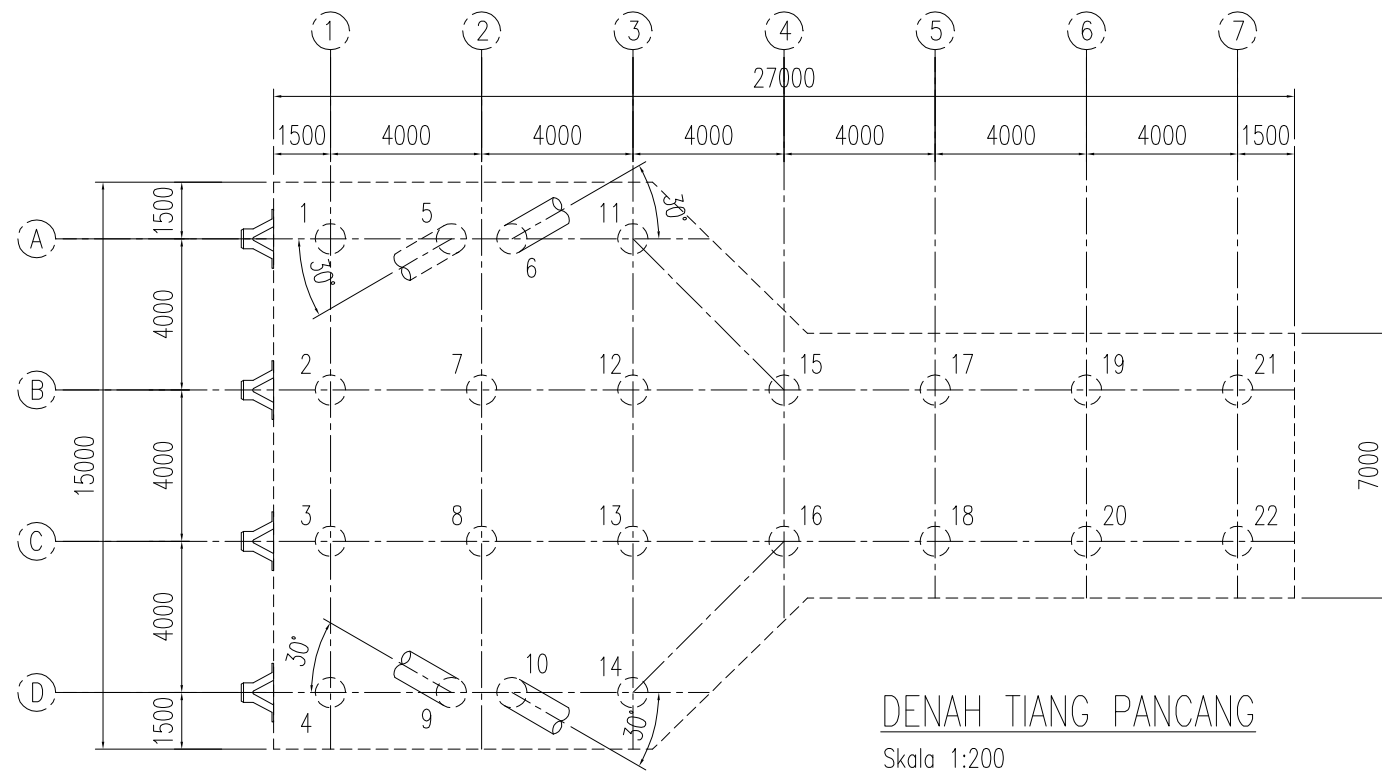
Judul Tugas Akhir :
PERENCANAAN DERMAGA BATUBARA UNTUK TONGKANG 10.000 DWT DI TERSUS MOLOTABU, KABUPATEN BONE BALONGO, PROVINSI GORONTALO

Dosen Pembimbing :
Ir. FUDDOLY, M.Sc
CAHYA BUANA, ST., MT

Mahasiswa :
RIZAL DWI SAPUTRA
03111645000028

Judul Gambar :
DENAH JETTY
POTONGAN A,B, DAN C

Nomor Drawing	Rev	Skala
006	A	1:200



DENAH TIANG PANCANG
Skala 1:200

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	39.20	-	+2.100	+2.200	514779.14	47870.02
02	SPP Ø812,8 t=16 mm	39.20	-	+2.100	+2.200	514782.70	47868.21
03	SPP Ø812,8 t=16 mm	39.20	-	+2.100	+2.200	514786.27	47866.40
04	SPP Ø812,8 t=16 mm	39.20	-	+2.100	+2.200	514789.83	47864.58
05	SPP Ø812,8 t=16 mm	39.20	1H:6V	+2.100	+2.200	514780.59	47872.87
06	SPP Ø812,8 t=16 mm	39.20	1H:6V	+2.100	+2.200	514781.31	47874.30
07	SPP Ø812,8 t=16 mm	39.20	-	+2.100	+2.200	514784.52	47871.77
08	SPP Ø812,8 t=16 mm	39.20	-	+2.100	+2.200	514788.08	47869.96
09	SPP Ø812,8 t=16 mm	39.20	1H:6V	+2.100	+2.200	514791.28	47867.44
10	SPP Ø812,8 t=16 mm	39.20	1H:6V	+2.100	+2.200	514792.01	47868.86
11	SPP Ø812,8 t=16 mm	39.20	-	+2.100	+2.200	514782.76	47877.15
12	SPP Ø812,8 t=16 mm	39.20	-	+2.100	+2.200	514786.33	47875.34
13	SPP Ø812,8 t=16 mm	39.20	-	+2.100	+2.200	514789.89	47873.53
14	SPP Ø812,8 t=16 mm	39.20	-	+2.100	+2.200	514793.46	47871.71
15	SPP Ø812,8 t=16 mm	39.20	-	+2.100	+2.200	514788.14	47878.91
16	SPP Ø812,8 t=16 mm	32.20	-	+2.100	+2.200	514791.71	47877.09
17	SPP Ø812,8 t=16 mm	32.20	-	+2.100	+2.200	514789.95	47882.47
18	SPP Ø812,8 t=16 mm	32.20	-	+2.100	+2.200	514793.52	47880.66
19	SPP Ø812,8 t=16 mm	32.20	-	+2.100	+2.200	514791.77	47886.04
20	SPP Ø812,8 t=16 mm	32.20	-	+2.100	+2.200	514795.33	47884.22
21	SPP Ø812,8 t=16 mm	32.20	-	+2.100	+2.200	514793.58	47889.60
22	SPP Ø812,8 t=16 mm	32.20	-	+2.100	+2.200	514797.15	47887.79

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 2400 kg/cm^2
- TIANG PANCANG DIPROTEKSI DENGAN COATING DAN HDPE
- MUTU BAJA TULANGAN MENGACU PADA SNI D MENANDAKAN TULANGAN ULIR DENGAN $f_y = 390 \text{ MPa}$ Ø MENANDAKAN TULANGAN POLOS DENGAN $f_y = 240 \text{ MPa}$
- PROFIL BAJA HARUS MENGACU ASTM A36
- SEMUA GAMBAR SESUAI DENGAN SPESIFIKASI



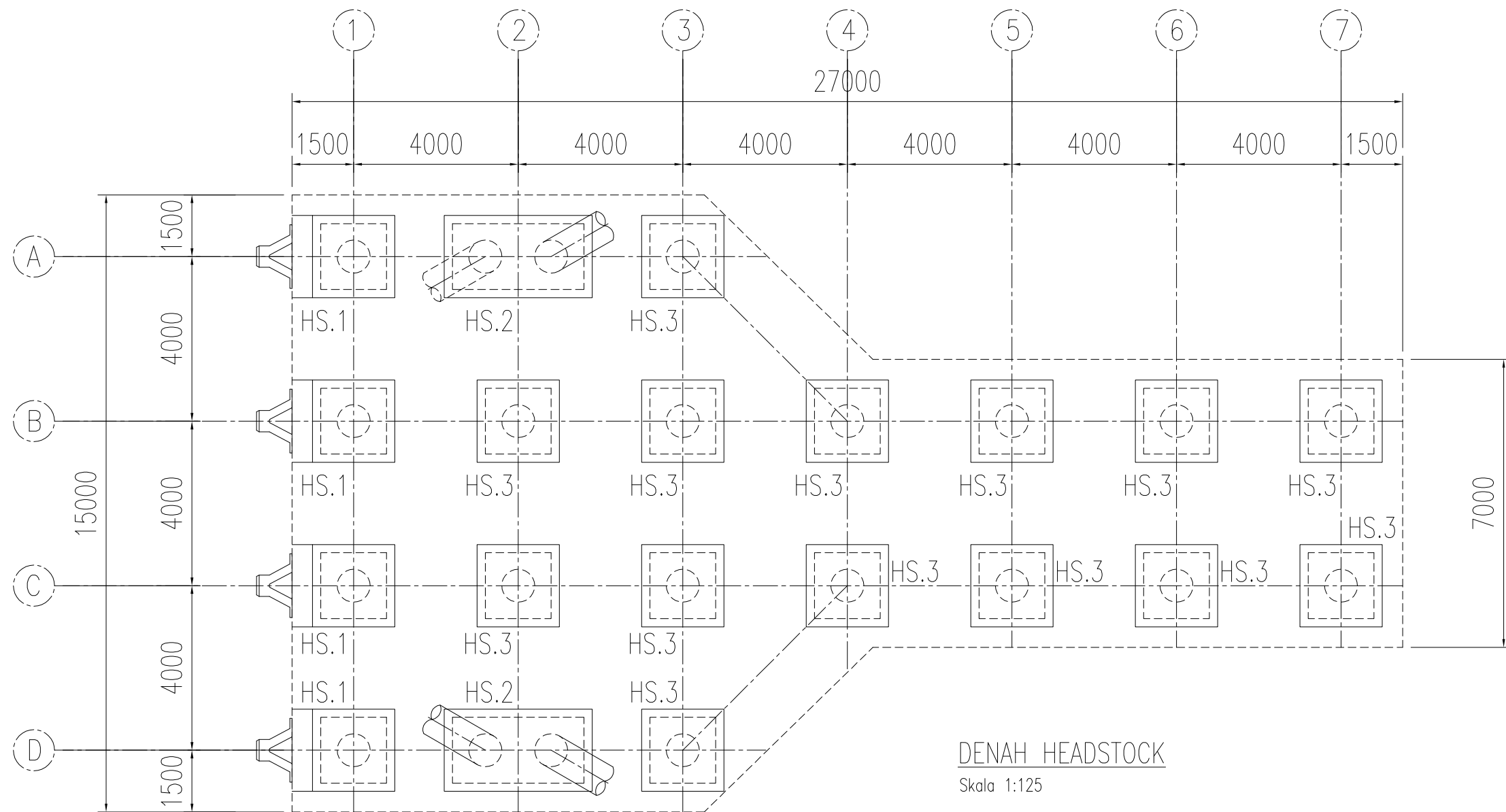
Judul Tugas Akhir :
PERENCANAAN DERMAGA BATUBARA UNTUK TONGKANG 10.000 DWT DI TERSUS MOLOTABU, KABUPATEN BONE BALONGO, PROVINSI GORONTALO

Dosen Pembimbing :
Ir. FUDDOLY, M.Sc
CAHYA BUANA, ST., MT

Mahasiswa :
RIZAL DWI SAPUTRA
0311164500028

Judul Gambar :
DENAH TIANG PANCANG

Nomor Drawing	Rev	Skala
007	A	1:200



TABEL HEADSTOCK PRECAST JETTY

TIPE HEADSTOCK	DIMENSI	JUMLAH
	PRECAST BxLxT	
HS.1	2500x2000x300	4
HS.2	3600x2000x300	2
HS.3	2000x2000x300	14

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 TANG PANCANG HARUS MENGACU ASTM A252 GRADE 2 DENGAN TEGANGAN LELEH 2400 kg/cm^2
5. TIANG PANCANG DIPROTEKSI DENGAN COATING DAN HDPE
6. MUTU BAJA TULANGAN MENGACU PADA SNI
D MENANDAKAN TULANGAN ULIR DENGAN $f_y = 390 \text{ MPa}$
Ø MENANDAKAN TULANGAN POLOS DENGAN $f_y = 240 \text{ MPa}$
7. PROFIL BAJA HARUS MENGACU ASTM A36
8. SEMUA GAMBAR SESUAI DENGAN SPESIFIKASI



Judul Tugas Akhir :

PERENCANAAN DERMAGA BATUBARA UNTUK TONGKANG 10.000 DWT DI TERSUS MOLOTABU, KABUPATEN BONE BALONGO, PROVINSI GORONTALO

Dosen Pembimbing :

Ir. FUDDOLY, M.Sc
CAHYA BUANA, ST., MT

Mahasiswa :

RIZAL DWI SAPUTRA
03111645000028

Judul Gambar :

DENAH HEADSTOCK

Nomor Drawing

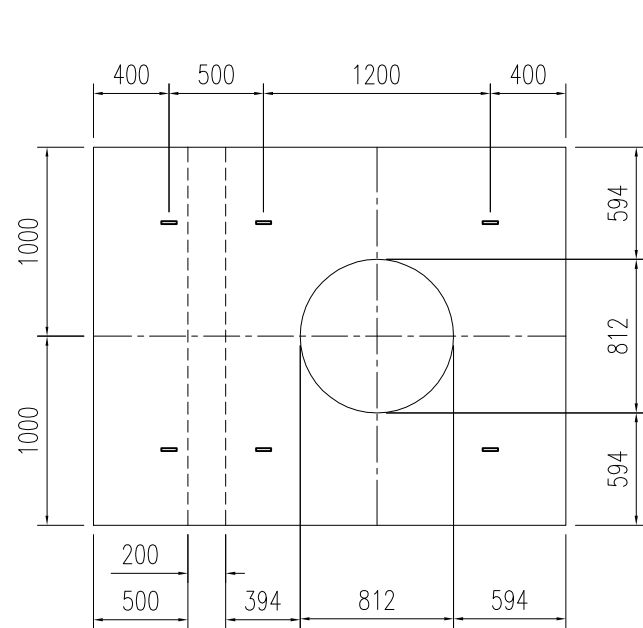
Rev

Skala

008

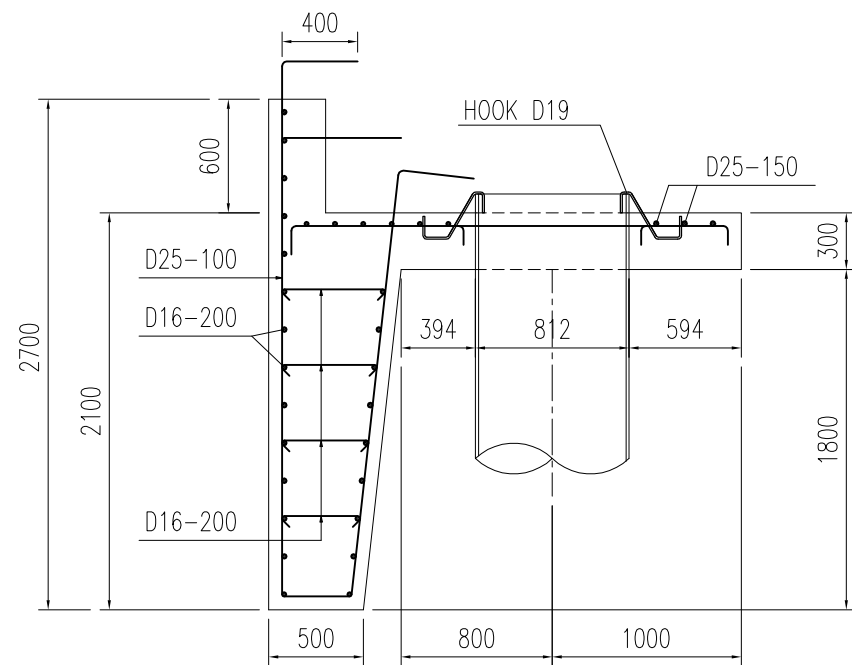
A

1:125



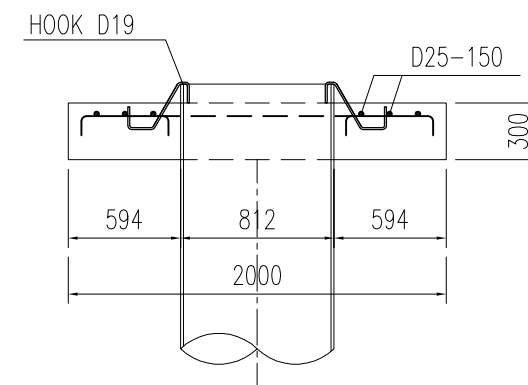
DENAH HEADSTOCK 1

Skala 1:40



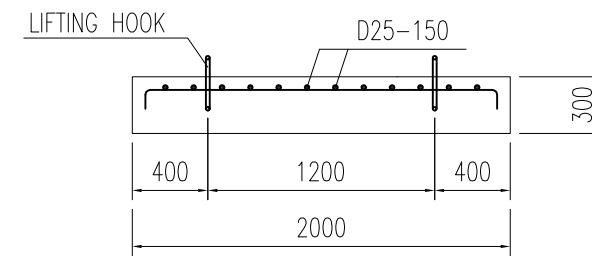
POTONGAN A-A

Skala 1:40



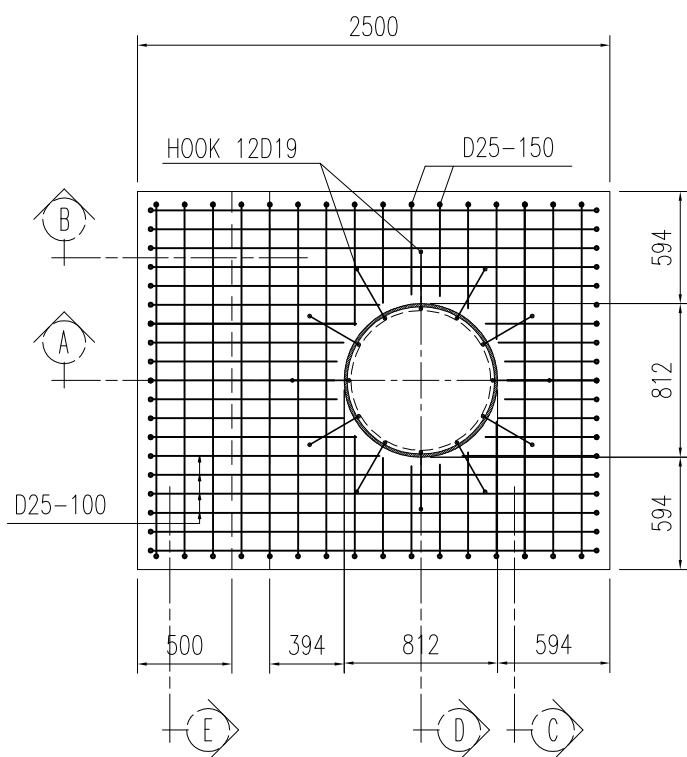
POTONGAN C-C

Skala 1:40



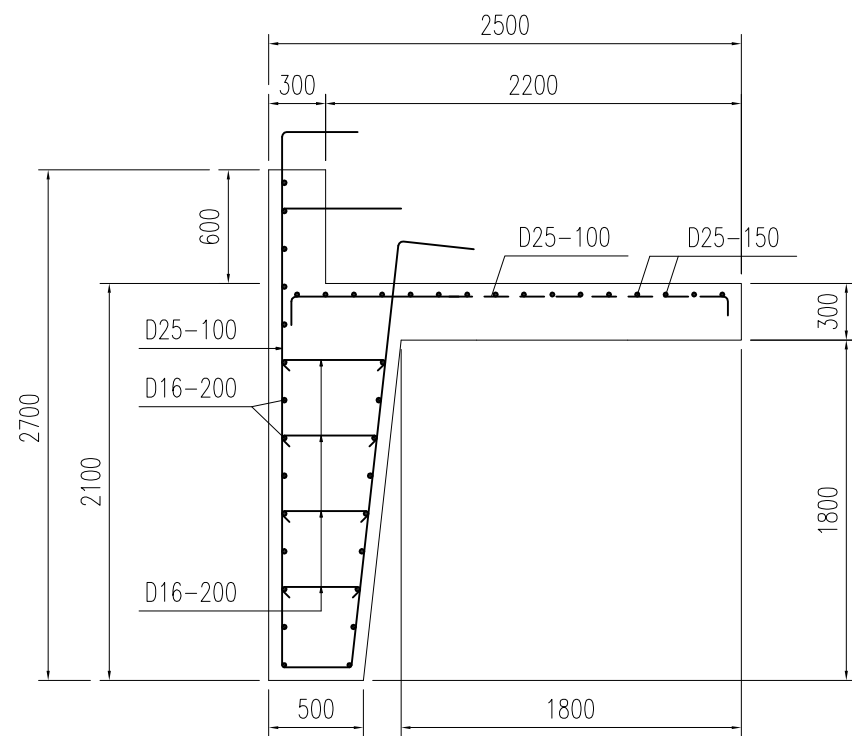
POTONGAN D-D

Skala 1:40



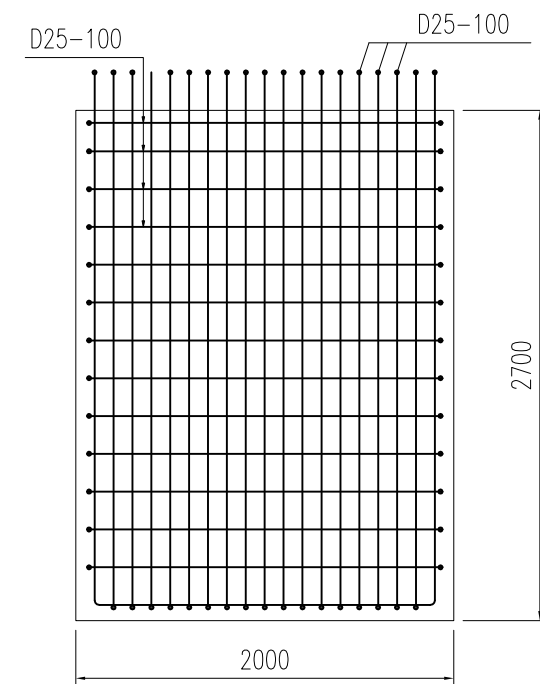
PENULANGAN HEADSTOCK 1

Skala 1:40



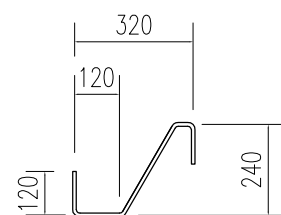
POTONGAN B-B

Skala 1:40



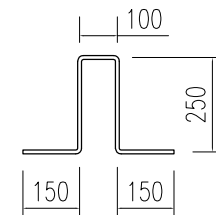
POTONGAN E-E

Skala 1:40



DETAIL HOOK

Skala 1:20



DETAIL LIFTING HOOK

Skala 1:20

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 TANG PANCANG HARUS MENGACU ASTM A252 GRADE 2 DENGAN TEGANGAN LELEH 2400 kg/cm^2
5. TIANG PANCANG DIPROTEKSI DENGAN COATING DAN HDPE
6. MUTU BAJA TULANGAN MENGACU PADA SNI
7. \emptyset MENANDAKAN TULANGAN ULIR DENGAN $f_y = 390 \text{ MPa}$
8. \emptyset MENANDAKAN TULANGAN POLOS DENGAN $f_y = 240 \text{ MPa}$
7. PROFIL BAJA HARUS MENGACU ASTM A36
8. SEMUA GAMBAR SESUAI DENGAN SPESIFIKASI



Judul Tugas Akhir :

PERENCANAAN DERMAGA BATUBARA UNTUK TONGKANG 10.000 DWT DI TERSUS MOLOTABU, KABUPATEN BONE BALONGO, PROVINSI GORONTALO

Dosen Pembimbing :

Ir. FUDDOLY, M.Sc
CAHYA BUANA, ST., MT

Mahasiswa :

RIZAL DWI SAPUTRA
03111645000028

Judul Gambar :

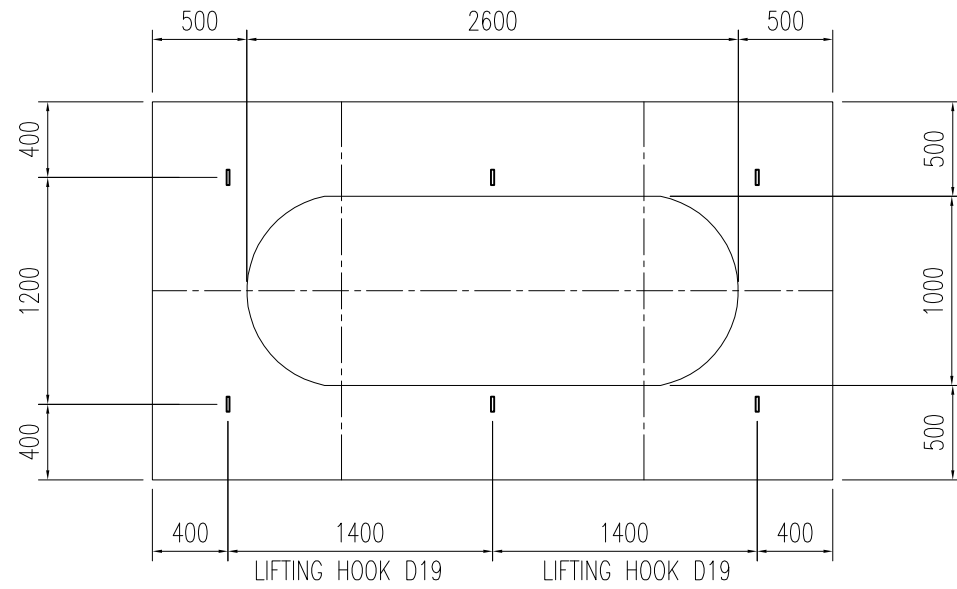
DETAIL PENULANGAN HEADSTOCK TIPE HS.1

Nomor Drawing	Rev	Skala
009	A	-

009

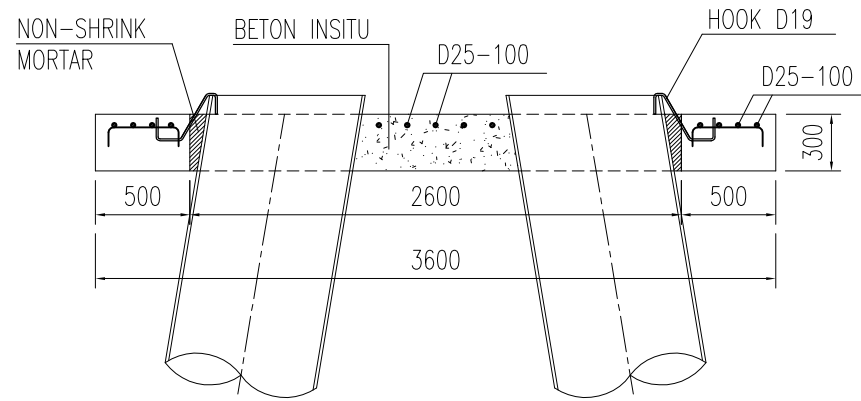
A

-



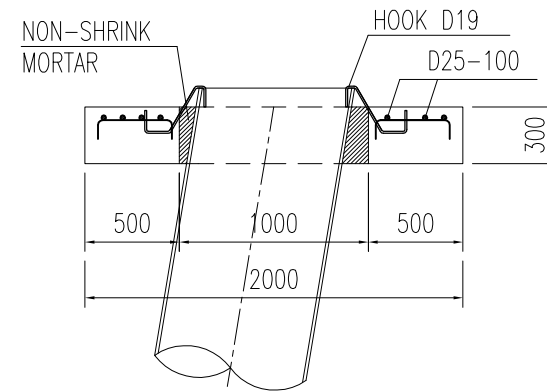
DENAH HEADSTOCK 2

Skala 1:40



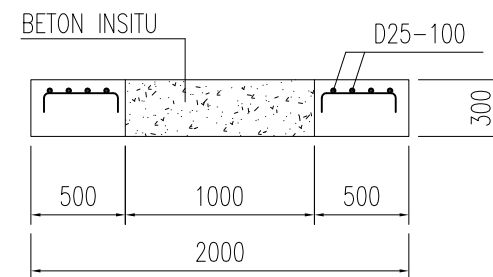
POTONGAN A-A

Skala 1:40



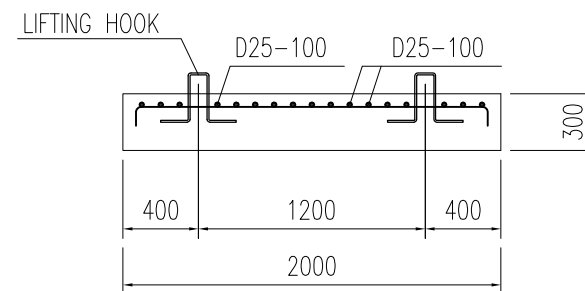
POTONGAN C-C

Skala 1:40



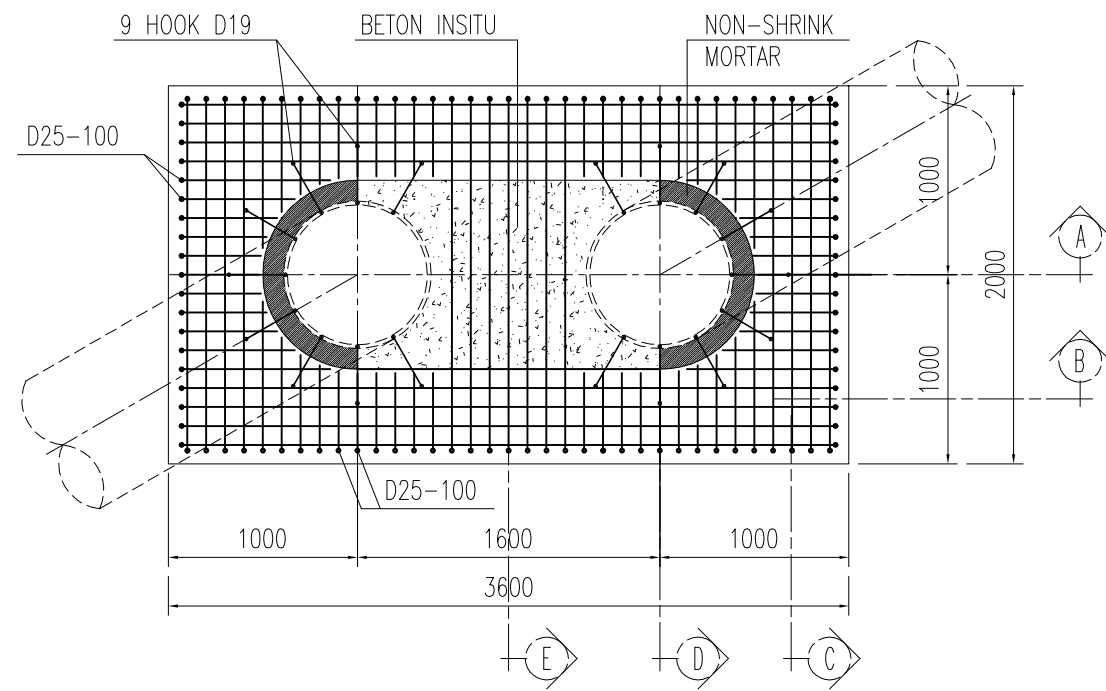
POTONGAN D-D

Skala 1:40



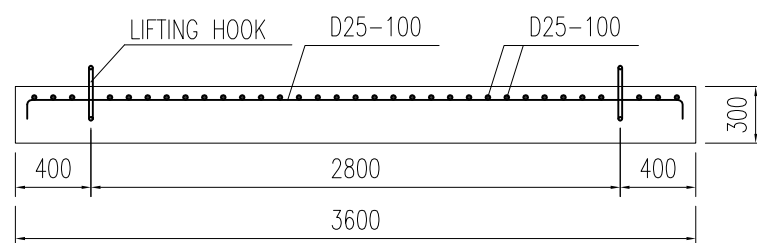
POTONGAN E-E

Skala 1:40



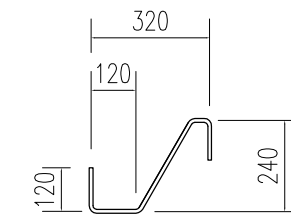
PENULANGAN HEADSTOCK 2

Skala 1:40



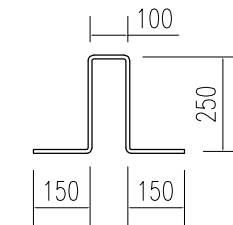
POTONGAN B-B

Skala 1:40



DETAIL HOOK

Skala 1:20



DETAIL LIFTING HOOK

Skala 1:20

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 TANG PANCANG HARUS MENGACU ASTM A252 GRADE 2 DENGAN TEGANGAN LELEH 2400 kg/cm^2
5. TIANG PANCANG DIPROTEKSI DENGAN COATING DAN HDPE
6. MUTU BAJA TULANGAN MENGACU PADA SNI ϕ MENANDAKAN TULANGAN ULIR DENGAN $f_y = 390 \text{ MPa}$
7. PROFIL BAJA HARUS MENGACU ASTM A36
8. SEMUA GAMBAR SESUAI DENGAN SPESIFIKASI



Judul Tugas Akhir :

PERENCANAAN DERMAGA BATUBARA UNTUK TONGKANG 10.000 DWT DI TERSUS MOLOTABU, KABUPATEN BONE BALONGO, PROVINSI GORONTALO

Dosen Pembimbing :

Ir. FUDDOLY, M.Sc
CAHYA BUANA, ST., MT

Mahasiswa :

RIZAL DWI SAPUTRA
03111645000028

Judul Gambar :

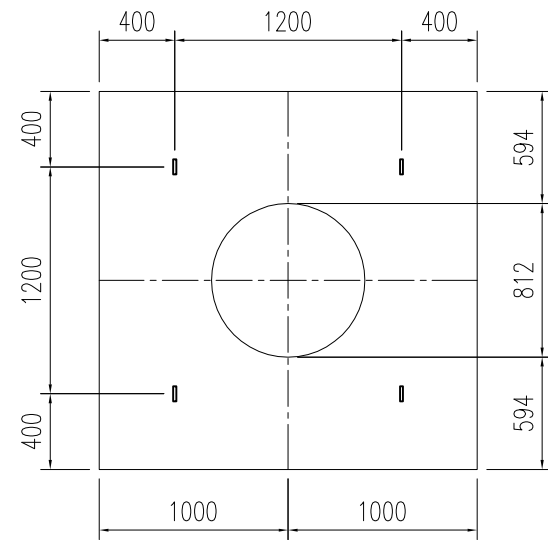
DETAIL PENULANGAN HEADSTOCK TIPE HS.2

Nomor Drawing	Rev	Skala
010	A	-

010

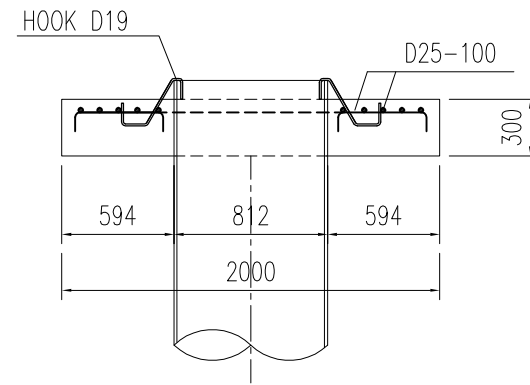
A

-



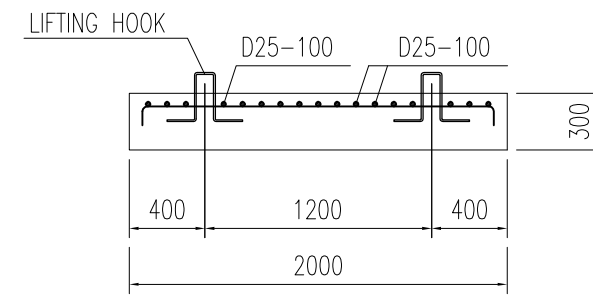
DENAH HEADSTOCK 3

Skala 1:40



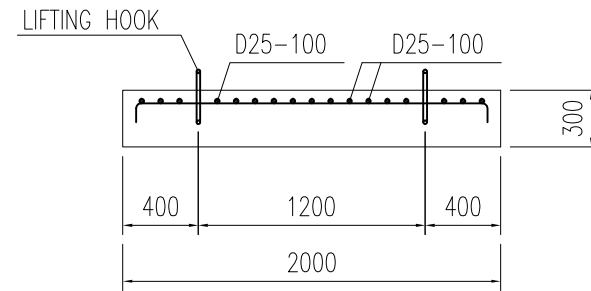
POTONGAN A-A

Skala 1:40



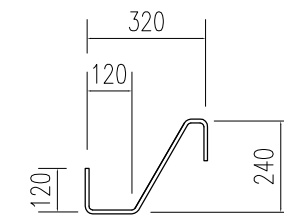
POTONGAN C-C

Skala 1:40



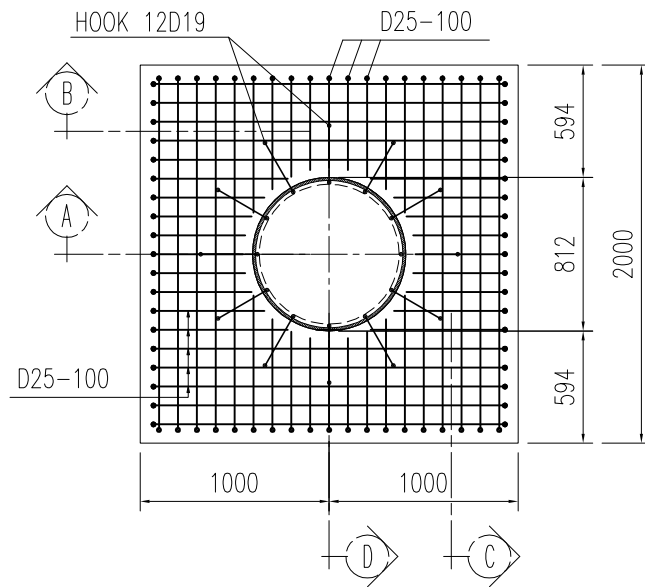
POTONGAN B-B

Skala 1:40



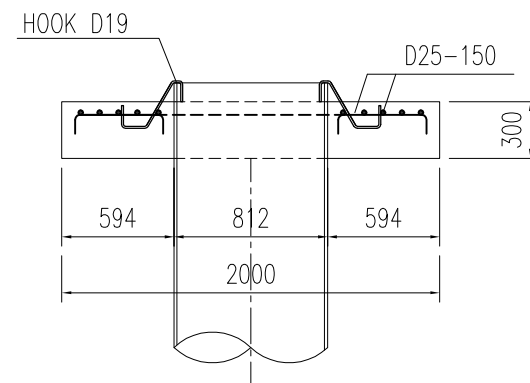
DETAIL HOOK

Skala 1:20



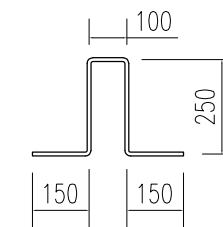
PENULANGAN HEADSTOCK 3

Skala 1:40



POTONGAN D-D

Skala 1:40



DETAIL LIFTING HOOK

Skala 1:20

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 TANG PANCANG HARUS MENGACU ASTM A252 GRADE 2 DENGAN TEGANGAN LELEH 2400 kg/cm^2
5. TIANG PANCANG DIPROTEKSI DENGAN COATING DAN HDPE
6. MUTU BAJA TULANGAN MENGACU PADA SNI
- Ø MENANDAKAN TULANGAN ULIR DENGAN $f_y = 390 \text{ MPa}$
- Ø MENANDAKAN TULANGAN POLOS DENGAN $f_y = 240 \text{ MPa}$
7. PROFIL BAJA HARUS MENGACU ASTM A36
8. SEMUA GAMBAR SESUAI DENGAN SPESIFIKASI



Judul Tugas Akhir :

PERENCANAAN DERMAGA BATUBARA UNTUK TONGKANG 10.000 DWT DI TERSUS MOLOTABU, KABUPATEN BONE BALONGO, PROVINSI GORONTALO

Dosen Pembimbing :

Ir. FUDDOLY, M.Sc
CAHYA BUANA, ST., MT

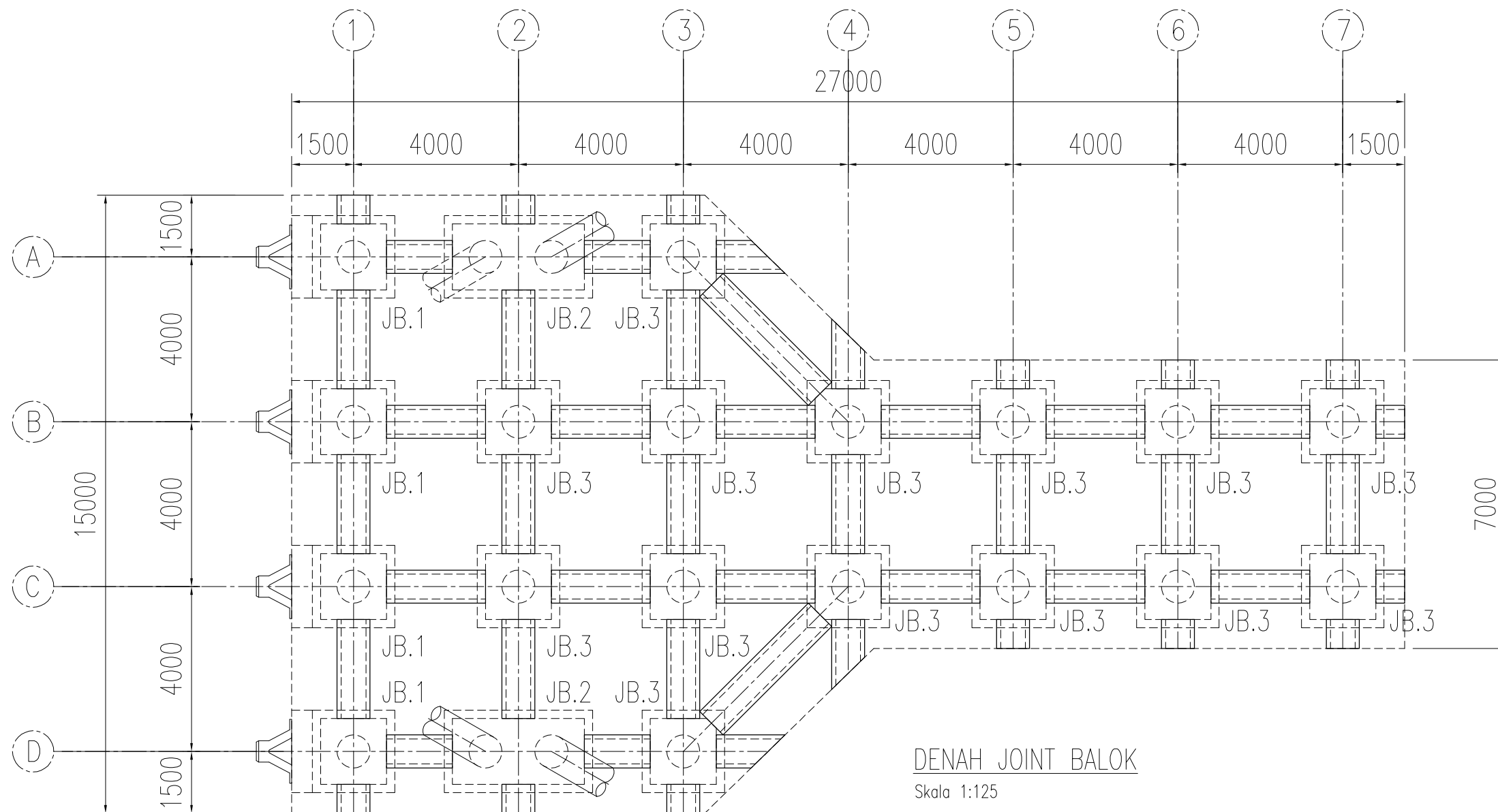
Mahasiswa :

RIZAL DWI SAPUTRA
03111645000028

Judul Gambar :

DETAIL PENULANGAN HEADSTOCK TIPE HS.3

Nomor Drawing	Rev	Skala
011	A	-



DENAH JOINT BALOK
Skala 1:125

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 TANG PANCANG HARUS MENGACU ASTM A252 GRADE 2 DENGAN TEGANGAN LELEH 2400 kg/cm^2
5. TIANG PANCANG DIPROTEKSI DENGAN COATING DAN HDPE
6. MUTU BAJA TULANGAN MENGACU PADA SNI D MENANDAKAN TULANGAN ULIR DENGAN $f_y = 390 \text{ MPa}$ Ø MENANDAKAN TULANGAN POLOS DENGAN $f_y = 240 \text{ MPa}$
7. PROFIL BAJA HARUS MENGACU ASTM A36
8. SEMUA GAMBAR SESUAI DENGAN SPESIFIKASI



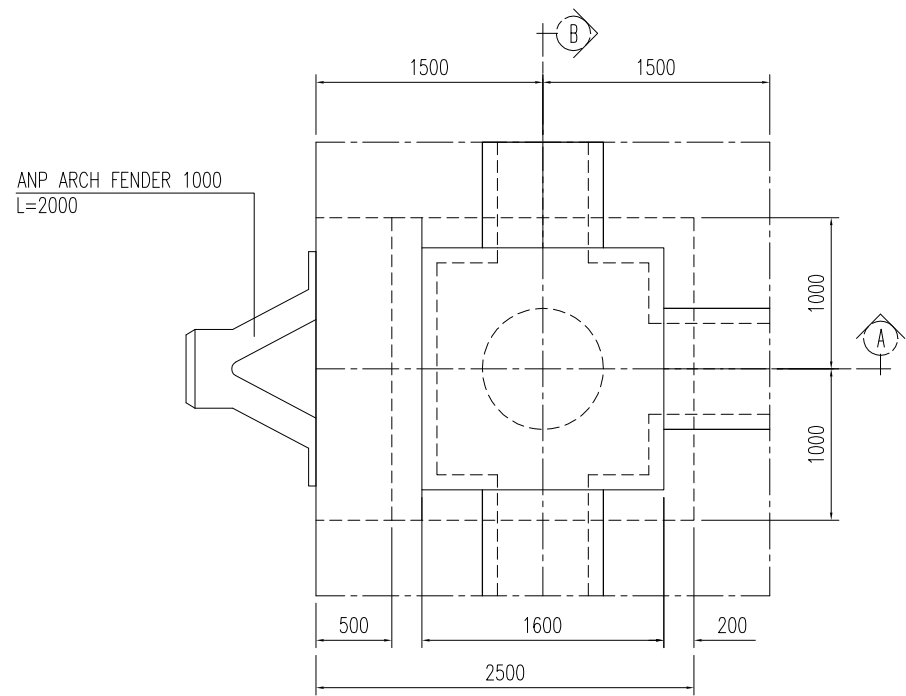
Judul Tugas Akhir :
PERENCANAAN DERMAGA BATUBARA UNTUK TONGKANG 10.000 DWT DI TERSUS MOLOTABU, KABUPATEN BONE BALONGO, PROVINSI GORONTALO

Dosen Pembimbing :
Ir. FUDDOLY, M.Sc
CAHYA BUANA, ST., MT

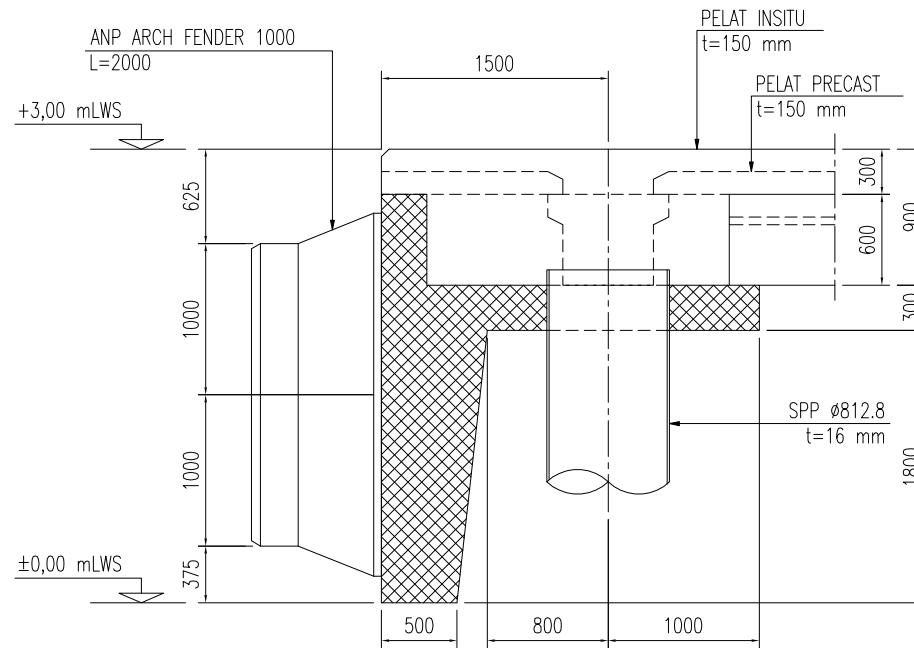
Mahasiswa :
RIZAL DWI SAPUTRA
03111645000028

Judul Gambar :
DENAH JOINT BALOK

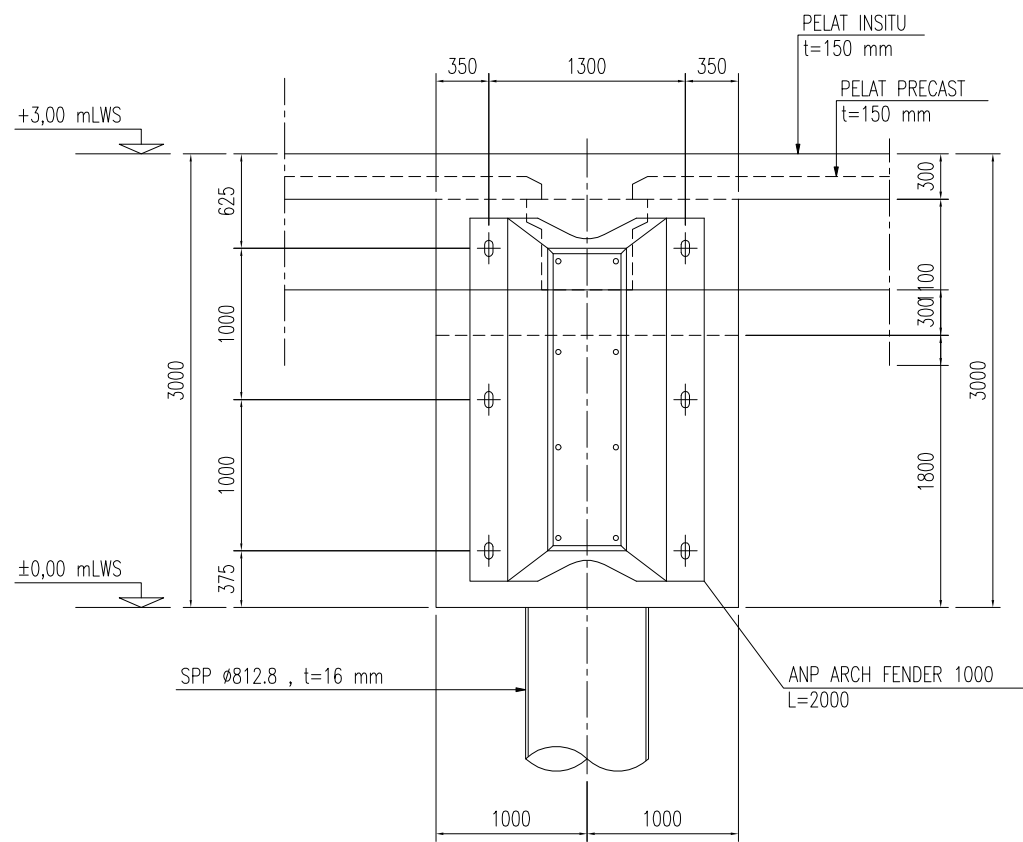
Nomor Drawing	Rev	Skala
012	A	1:125



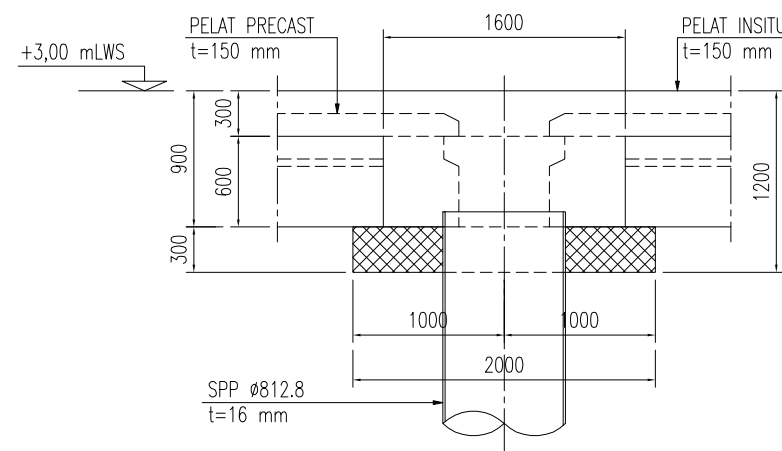
DENAH JOINT BALOK TIPE JB.1
Skala 1:50



POTONGAN A-A
Skala 1:50



TAMPAK DEPAN JB. 1
Skala 1:50



POTONGAN B-B
Skala 1:50

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 TANG PANCANG HARUS MENGACU ASTM A252 GRADE 2 DENGAN TEGANGAN LELEH 2400 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 SPESIFIKASI



Judul Tugas Akhir :

PERENCANAAN DERMAGA BATUBARA UNTUK TONGKANG 10.000 DWT DI TERSUS MOLOTABU, KABUPATEN BONE BALONGO, PROVINSI GORONTALO

Dosen Pembimbing :

Ir. FUDDOLY, M.Sc
CAHYA BUANA, ST., MT

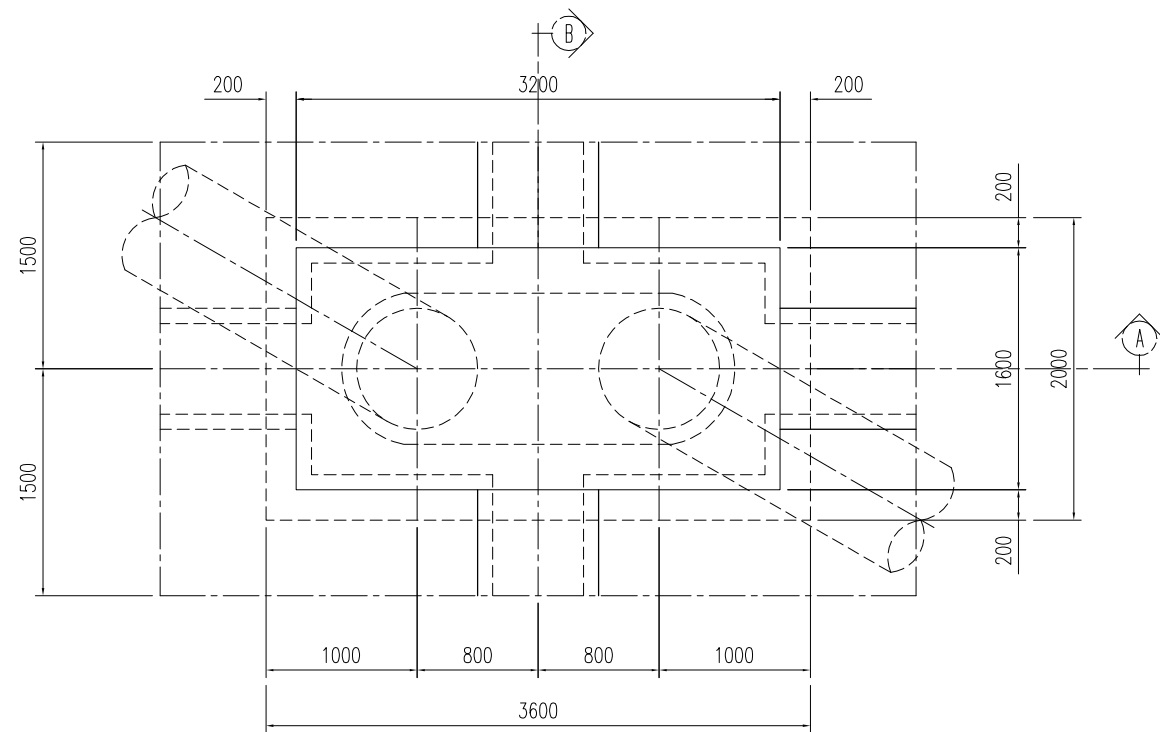
Mahasiswa :

RIZAL DWI SAPUTRA
03111645000028

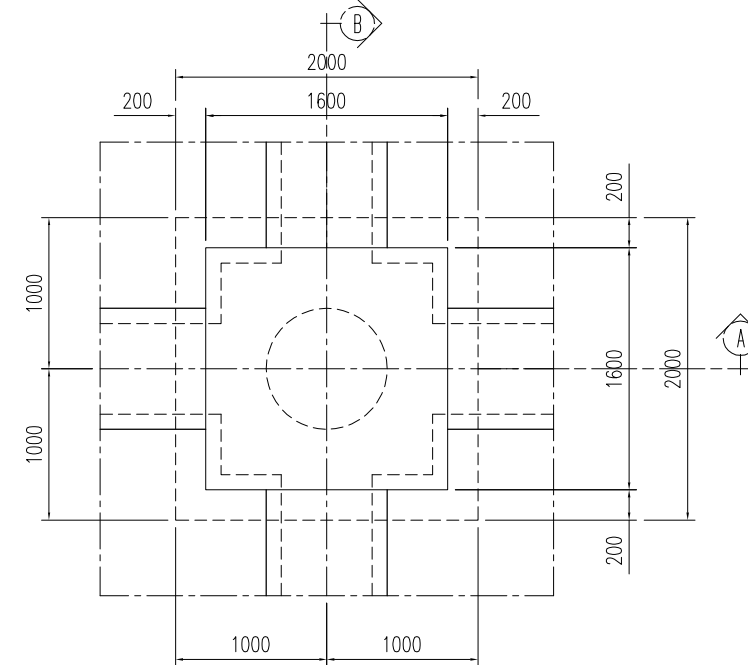
Judul Gambar :

DENAH DAN POTONGAN JOINT BALOK TIPE JB.1

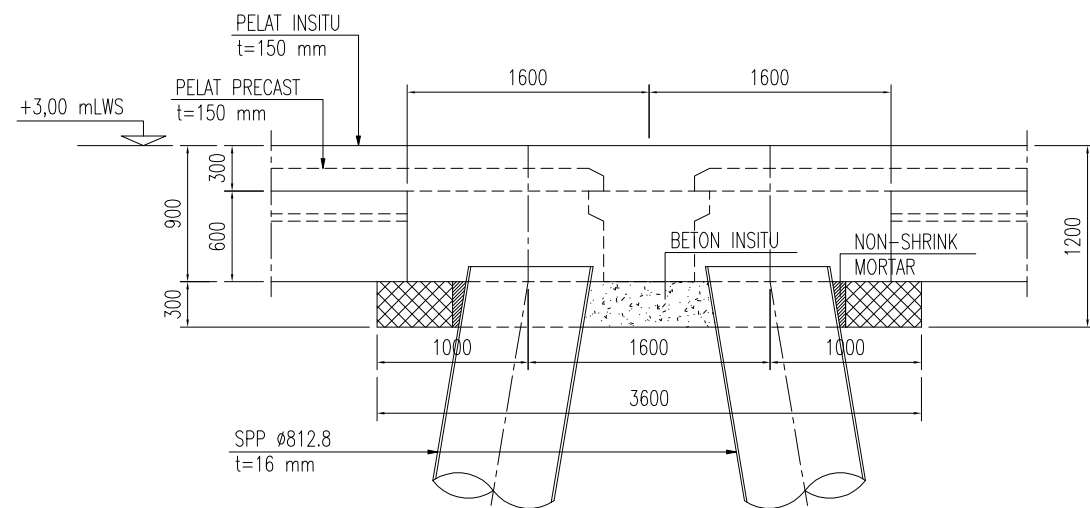
Nomor Drawing	Rev	Skala
013	A	-



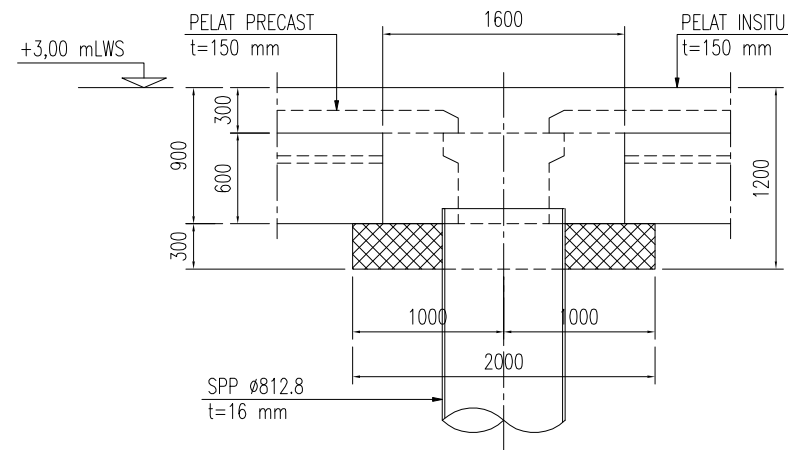
DENAH JOINT BALOK TIPE JB.2
Skala 1:50



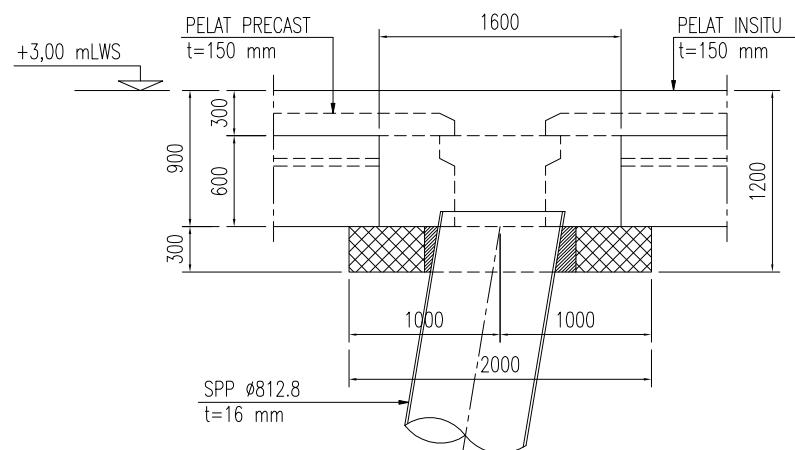
DENAH JOINT BALOK TIPE JB.3
Skala 1:50



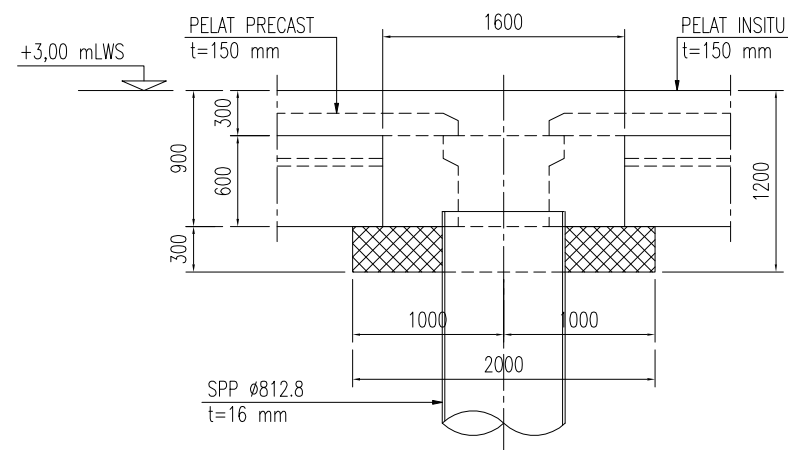
POTONGAN A-A
Skala 1:50



POTONGAN A-A
Skala 1:50



POTONGAN A-A
Skala 1:50



POTONGAN A-A
Skala 1:50

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 TANG PANCANG HARUS MENGACU ASTM A252 GRADE 2 DENGAN TEGANGAN LELEH 2400 kg/cm^2
5. TIANG PANCANG DIPROTEKSI DENGAN COATING DAN HDPE
6. MUTU BAJA TULANGAN MENGACU PADA SNI
 - D MENANDAKAN TULANGAN ULIR DENGAN $f_y = 390 \text{ MPa}$
 - Ø MENANDAKAN TULANGAN POLOS DENGAN $f_y = 240 \text{ MPa}$
7. PROFIL BAJA HARUS MENGACU ASTM A36
8. SEMUA GAMBAR SESUAI DENGAN SPESIFIKASI



Judul Tugas Akhir :

PERENCANAAN DERMAGA BATUBARA UNTUK TONGKANG 10.000 DWT DI TERSUS MOLOTABU, KABUPATEN BONE BALONGO, PROVINSI GORONTALO

Dosen Pembimbing :

Ir. FUDDOLY, M.Sc
CAHYA BUANA, ST., MT

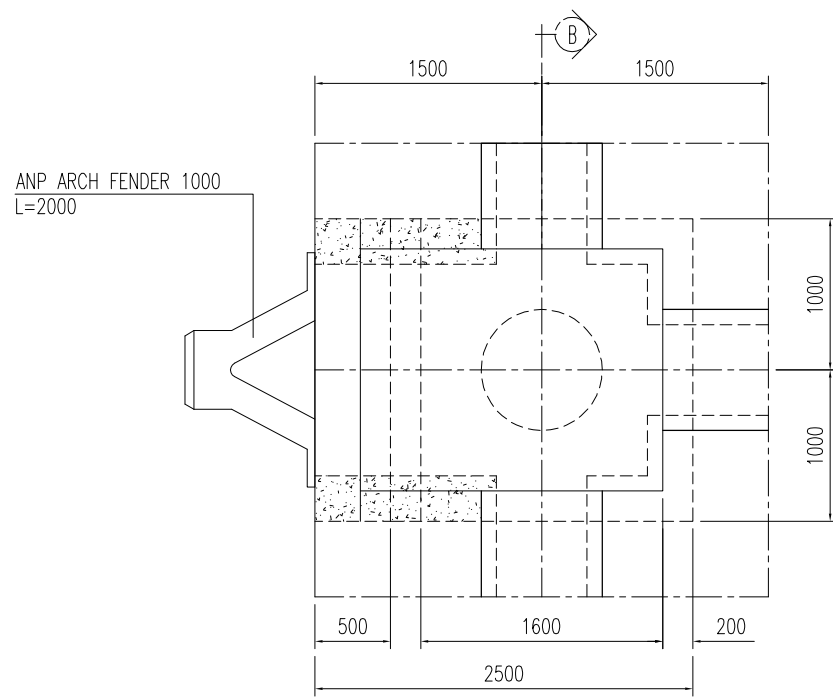
Mahasiswa :

RIZAL DWI SAPUTRA
03111645000028

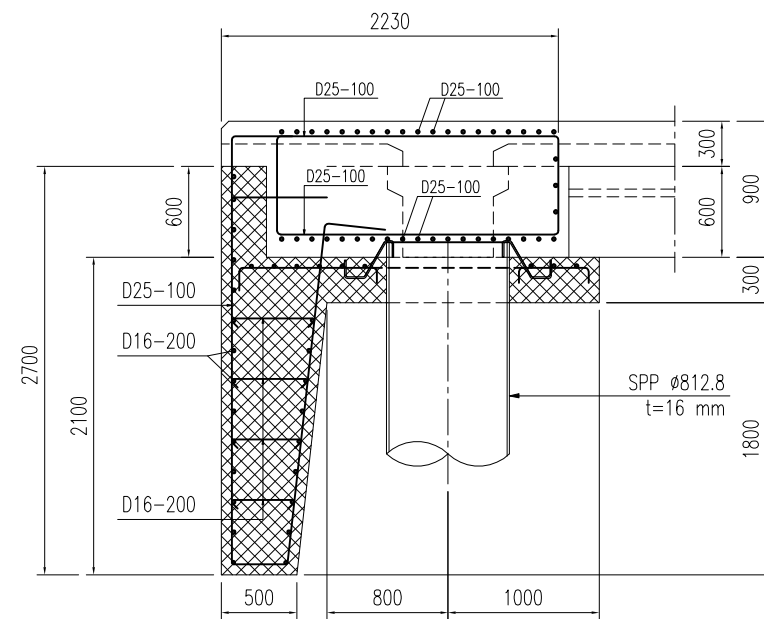
Judul Gambar :

DENAH DAN POTONGAN JOINT BALOK TIPE JB.2 DAN JB.3

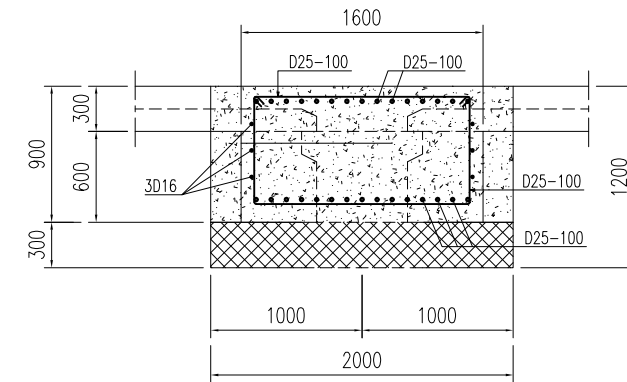
Nomor Drawing	Rev	Skala
014	A	-



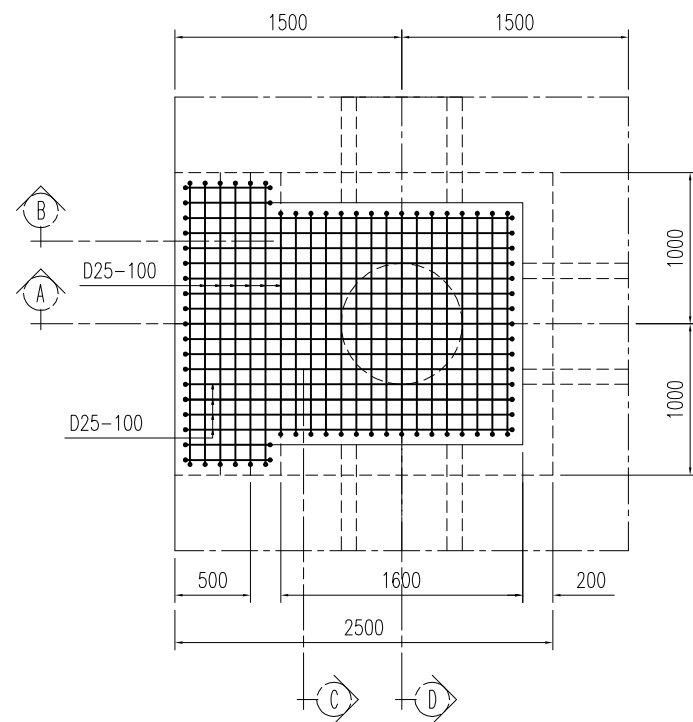
DENAH JOINT BALOK TIPE JB.1
Skala 1:50



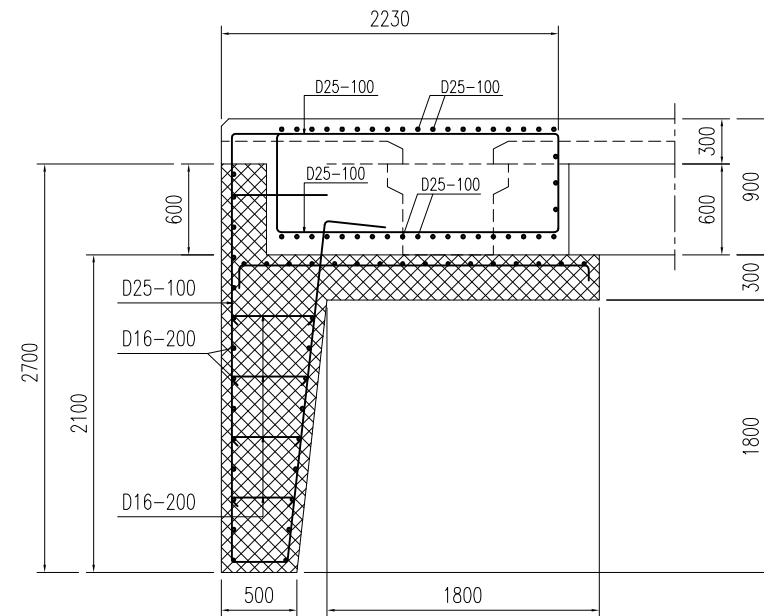
POTONGAN A-A
Skala 1:50



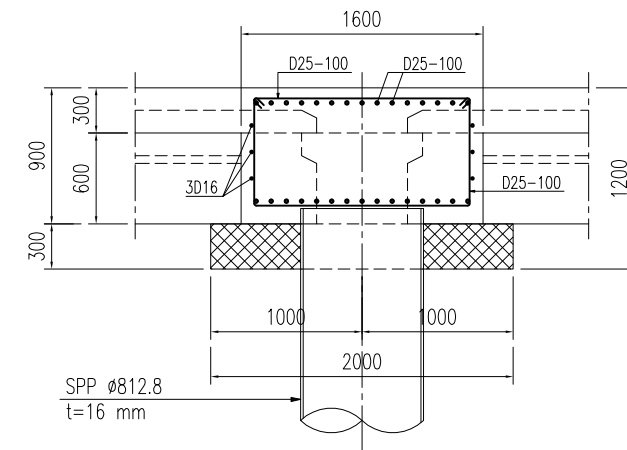
POTONGAN C-C
Skala 1:50



DENAH PENULANGAN JOINT BALOK TIPE JB.1
Skala 1:50



POTONGAN B-B
Skala 1:50



POTONGAN D-D
Skala 1:50

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 TANG PANCANG HARUS MENGACU ASTM A252 GRADE 2 DENGAN TEGANGAN LELEH 2400 kg/cm^2
5. TIANG PANCANG DIPROTEKSI DENGAN COATING DAN HDPE
6. MUTU BAJA TULANGAN MENGACU PADA SNI
7. MENANDAKAN TULANGAN ULIR DENGAN $f_y = 390 \text{ MPa}$
8. MENANDAKAN TULANGAN POLOS DENGAN $f_y = 240 \text{ MPa}$
9. PROFIL BAJA HARUS MENGACU ASTM A36
10. SEMUA GAMBAR SESUAI DENGAN SPESIFIKASI



Judul Tugas Akhir :

PERENCANAAN DERMAGA BATUBARA UNTUK TONGKANG 10.000 DWT DI TERSUS MOLOTABU, KABUPATEN BONE BALONGO, PROVINSI GORONTALO

Dosen Pembimbing :

Ir. FUDDOLY, M.Sc
CAHYA BUANA, ST., MT

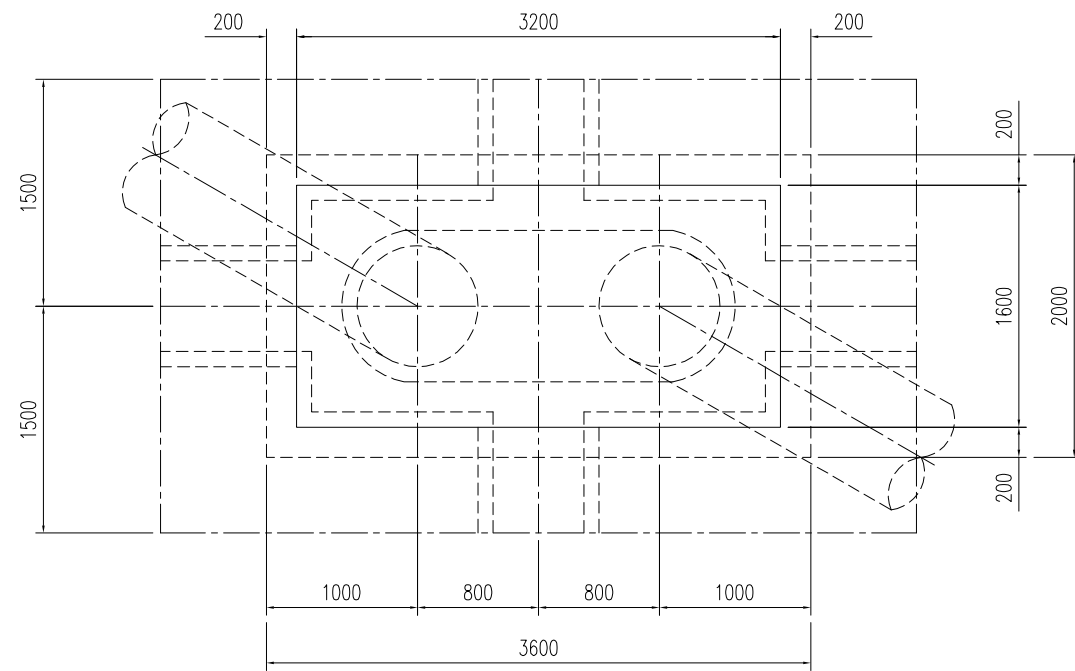
Mahasiswa :

RIZAL DWI SAPUTRA
03111645000028

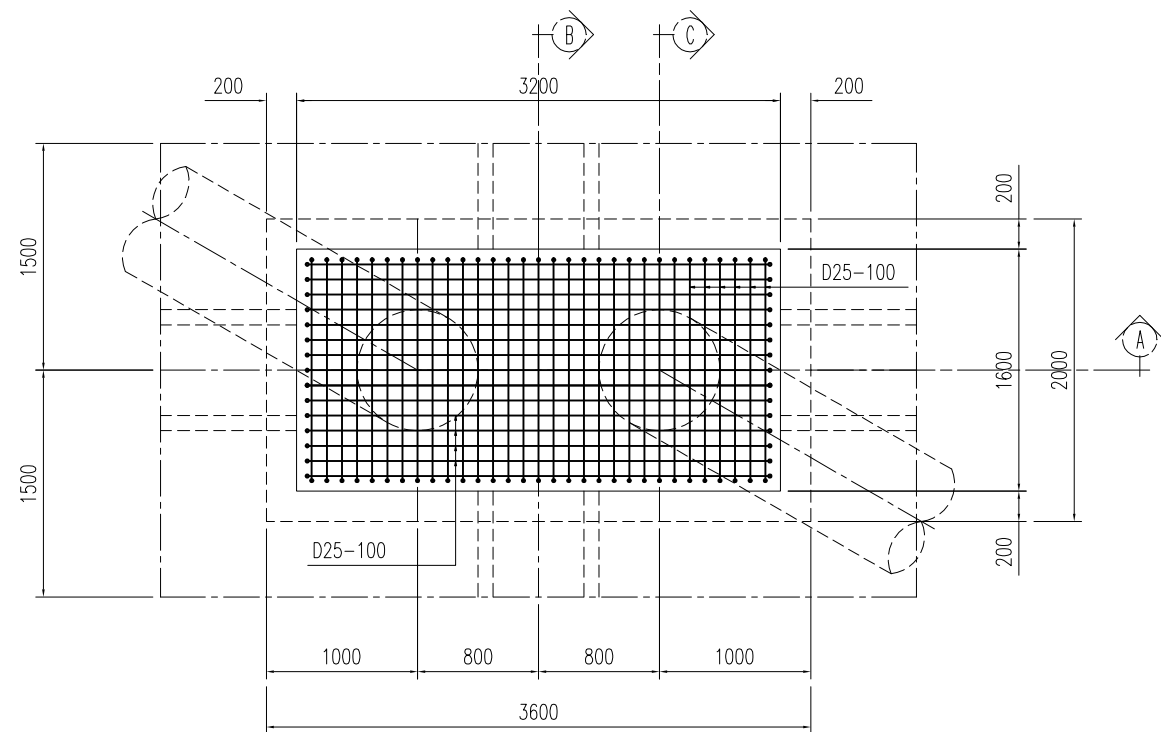
Judul Gambar :

DETAIL PENULANGAN JOINT BALOK TIPE JB.1

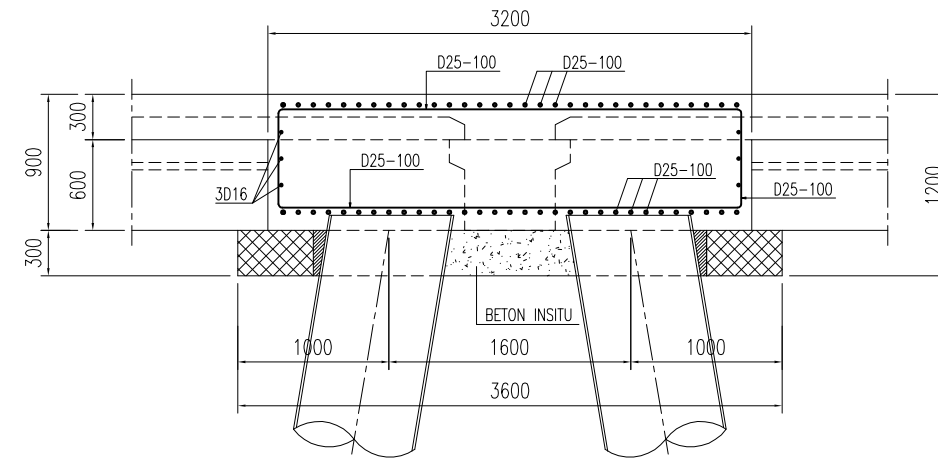
Nomor Drawing	Rev	Skala
015	A	-



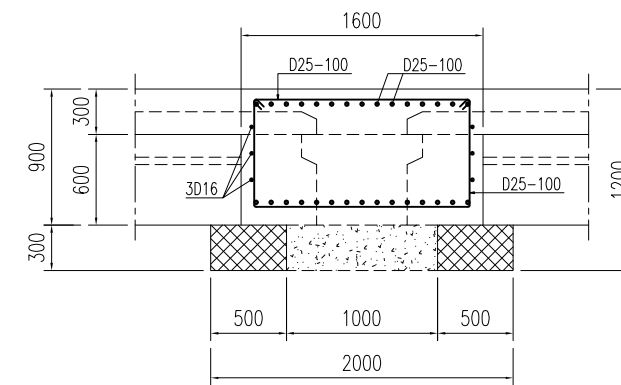
DENAH JOINT BALOK TIPE JB.2
Skala 1:50



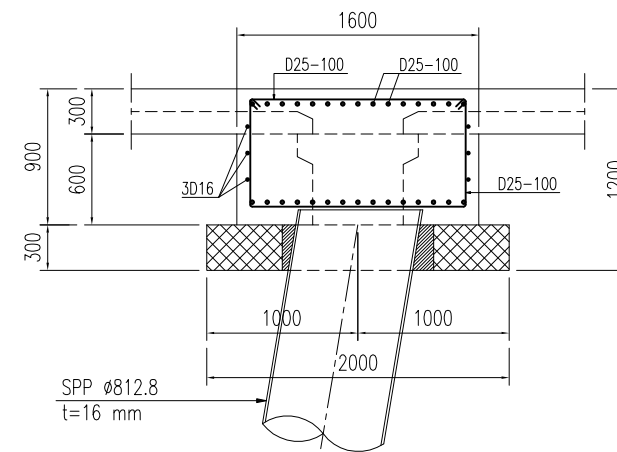
DENAH PENULANGAN JOINT BALOK TIPE JB.2
Skala 1:50



POTONGAN A-A
Skala 1:50



POTONGAN B-B
Skala 1:50



POTONGAN C-C
Skala 1:50

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 TANG PANCANG HARUS MENGACU ASTM A252 GRADE 2 DENGAN TEGANGAN LELEH 2400 kg/cm^2
5. TIANG PANCANG DIPROTEKSI DENGAN COATING DAN HDPE
6. MUTU BAJA TULANGAN MENGACU PADA SNI
 - D MENANDAKAN TULANGAN ULIR DENGAN $f_y = 390 \text{ MPa}$
 - Ø MENANDAKAN TULANGAN POLOS DENGAN $f_y = 240 \text{ MPa}$
7. PROFIL BAJA HARUS MENGACU ASTM A36
8. SEMUA GAMBAR SESUAI DENGAN SPESIFIKASI



Judul Tugas Akhir :

PERENCANAAN DERMAGA BATUBARA UNTUK TONGKANG 10.000 DWT DI TERSUS MOLOTABU, KABUPATEN BONE BALONGO, PROVINSI GORONTALO

Dosen Pembimbing :

Ir. FUDDOLY, M.Sc
CAHYA BUANA, ST., MT

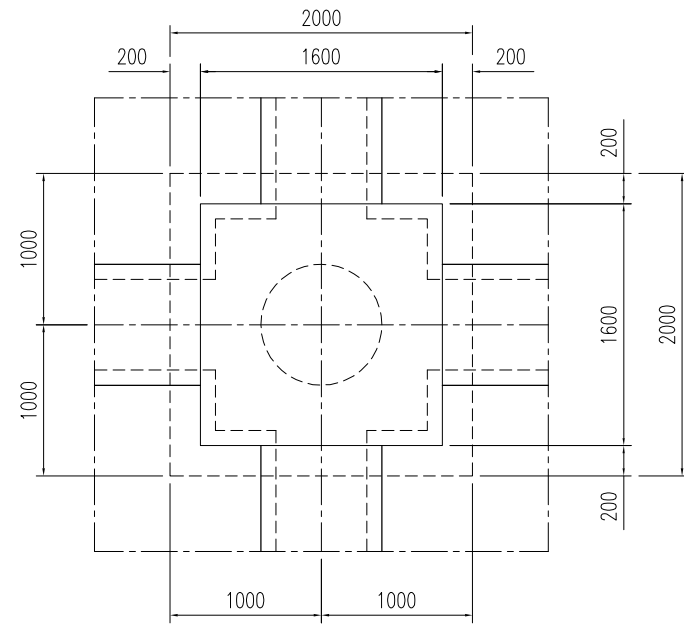
Mahasiswa :

RIZAL DWI SAPUTRA
0311164500028

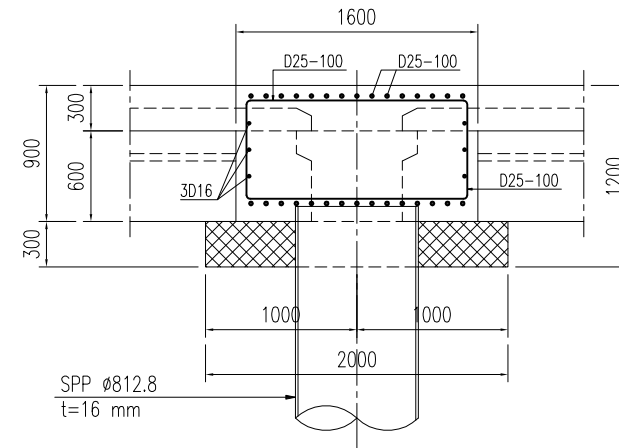
Judul Gambar :

DETAIL PENULANGAN JOINT BALOK TIPE JB.2

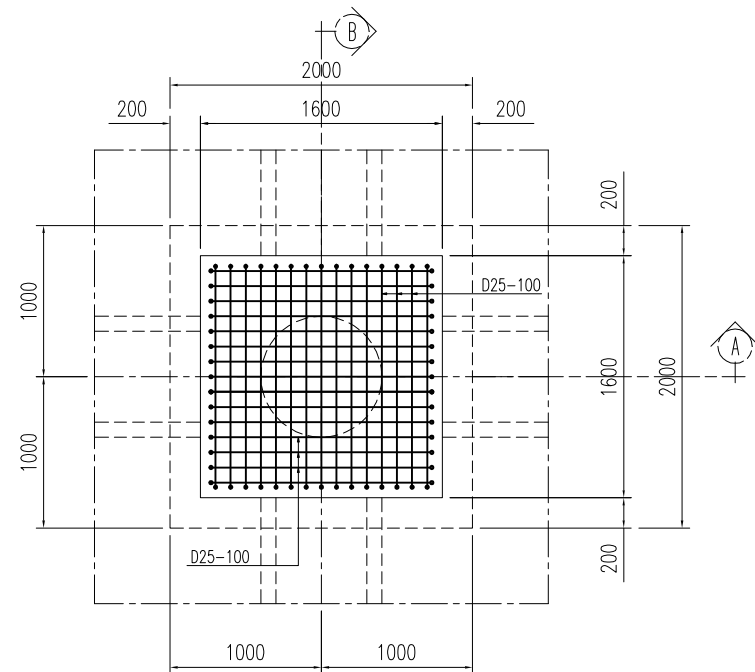
Nomor Drawing	Rev	Skala
016	A	-



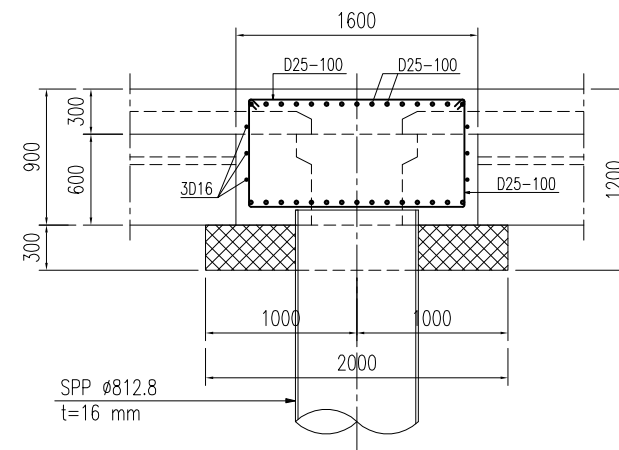
DENAH JOINT BALOK TIPE JB.2
Skala 1:50



POTONGAN A-A
Skala 1:50



DENAH PENULANGAN JOINT BALOK TIPE JB.2
Skala 1:50



POTONGAN B-B
Skala 1:50

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 TANG PANCANG HARUS MENGACU ASTM A252 GRADE 2 DENGAN TEGANGAN LELEH 2400 kg/cm^2
5. TIANG PANCANG DIPROTEKSI DENGAN COATING DAN HDPE
6. MUTU BAJA TULANGAN MENGACU PADA SNI ϕ MENANDAKAN TULANGAN ULIR DENGAN $f_y = 390 \text{ MPa}$ ϕ MENANDAKAN TULANGAN POLOS DENGAN $f_y = 240 \text{ MPa}$
7. PROFIL BAJA HARUS MENGACU ASTM A36
8. SEMUA GAMBAR SESUAI DENGAN SPESIFIKASI



Judul Tugas Akhir :

PERENCANAAN DERMAGA BATUBARA UNTUK TONGKANG 10.000 DWT DI TERSUS MOLOTABU, KABUPATEN BONE BALONGO, PROVINSI GORONTALO

Dosen Pembimbing :

Ir. FUDDOLY, M.Sc
CAHYA BUANA, ST., MT

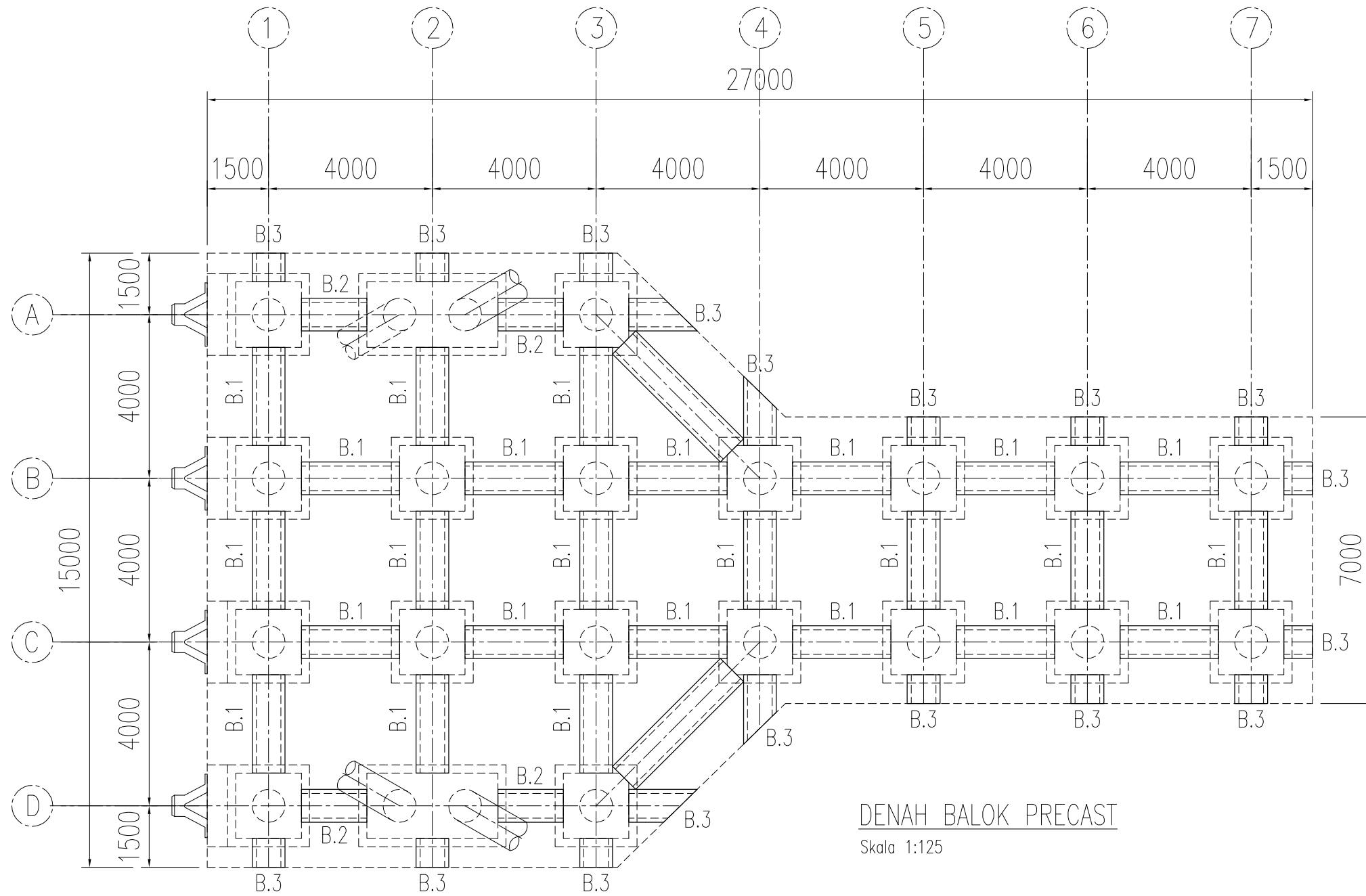
Mahasiswa :

RIZAL DWI SAPUTRA
03111645000028

Judul Gambar :

DETAIL PENULANGAN JOINT BALOK TIPE JB.3

Nomor Drawing	Rev	Skala
017	A	-



DENAH BALOK PRECAST

Skala 1:125

TABEL BALOK PRECAST JETTY

TIPE BALOK	DIMENSI		JUMLAH
	PRECAST BxT1xL	TOPPING BxT2xL	
B.1	600x900x2400	600x300x2400	27
B.2	600x900x1600	600x300x1600	4
B.3	600x900x700	600x300x700	18

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 TANG PANCANG HARUS MENGACU ASTM A252 GRADE 2 DENGAN TEGANGAN LELEH 2400 kg/cm^2
5. TIANG PANCANG DIPROTEKSI DENGAN COATING DAN HDPE
6. MUTU BAJA TULANGAN MENGACU PADA SNI
D MENANDAKAN TULANGAN ULIR DENGAN $f_y = 390 \text{ MPa}$
Ø MENANDAKAN TULANGAN POLOS DENGAN $f_y = 240 \text{ MPa}$
7. PROFIL BAJA HARUS MENGACU ASTM A36
8. SEMUA GAMBAR SESUAI DENGAN SPESIFIKASI



Judul Tugas Akhir :

PERENCANAAN DERMAGA BATUBARA UNTUK TONGKANG 10.000 DWT DI TERSUS MOLOTABU, KABUPATEN BONE BALONGO, PROVINSI GORONTALO

Dosen Pembimbing :

Ir. FUDDOLY, M.Sc
CAHYA BUANA, ST., MT

Mahasiswa :

RIZAL DWI SAPUTRA
03111645000028

Judul Gambar :

DENAH BALOK PRECAST

Nomor Drawing

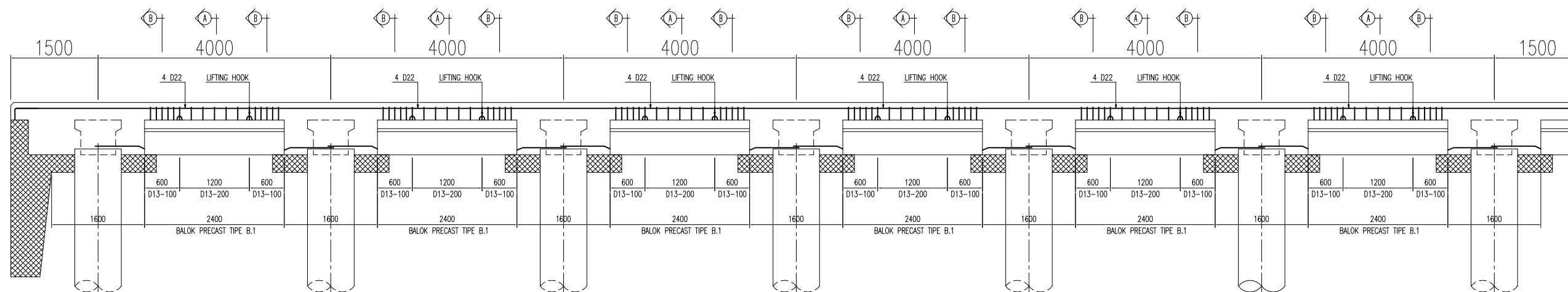
Rev

Skala

018

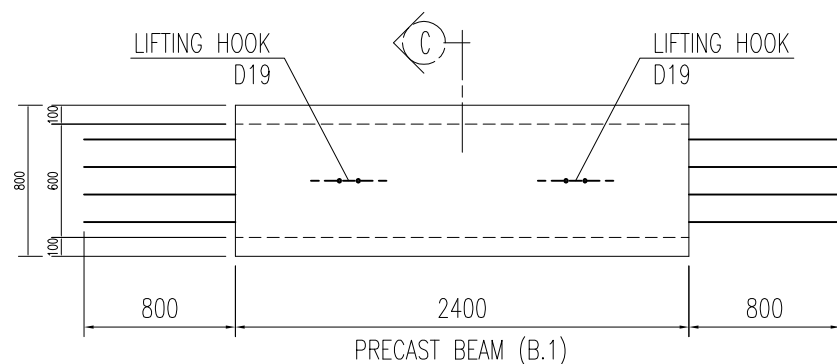
A

-



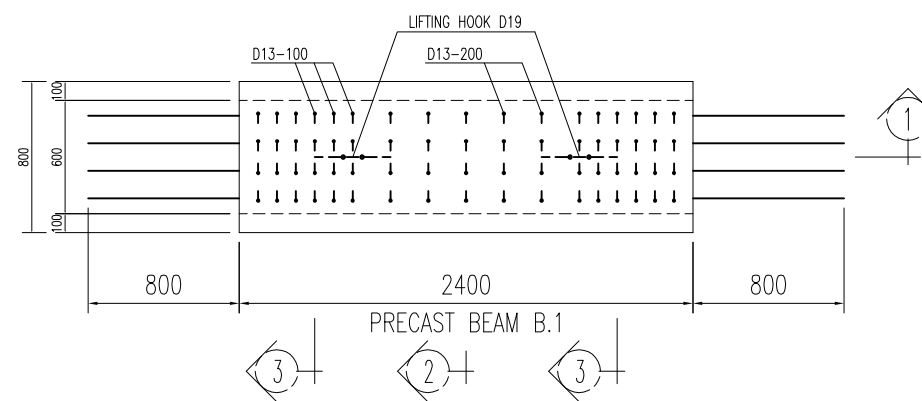
POTONGAN MEMANJANG PENULANGAN TOPING BALOK PRECAST

Skala 1:80



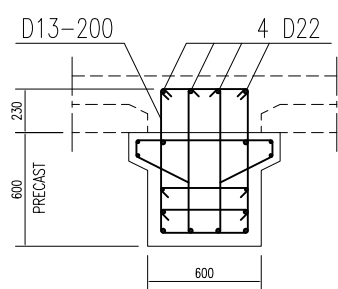
BALOK PRECAST TIPE B.1

Skala 1:40



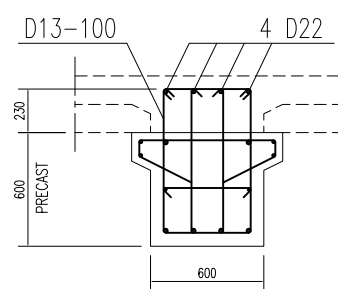
PENULANGAN BALOK PRECAST TIPE B.1

Skala 1:40



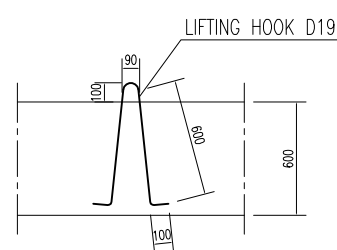
POTONGAN A

Skala 1:50



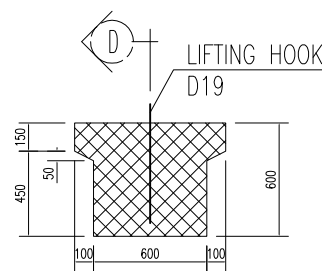
POTONGAN B

Skala 1:50



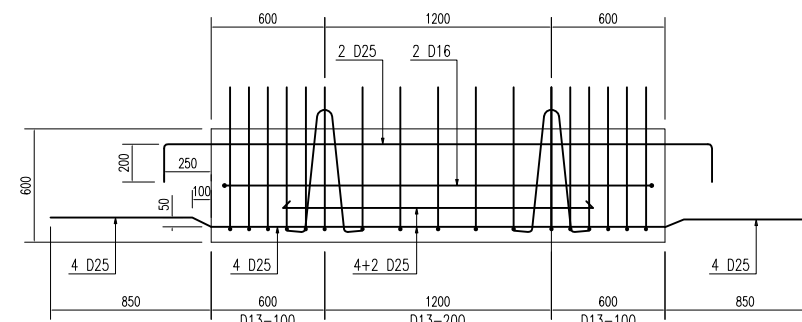
POTONGAN D

Skala 1:50



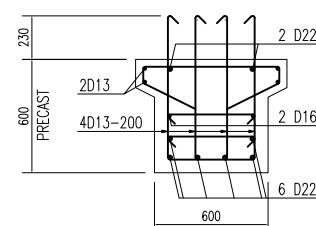
POTONGAN C

Skala 1:50



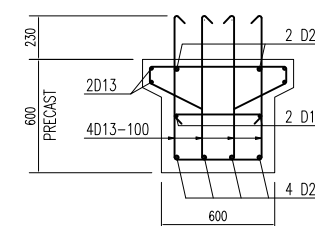
POTONGAN 1

Skala 1:50



POTONGAN 2

Skala 1:50



POTONGAN 3

Skala 1:50

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 TANG PANCANG HARUS MENGACU ASTM A252 GRADE 2 DENGAN TEGANGAN LELEH 2400 kg/cm^2
5. TIANG PANCANG DIPROTEKSI DENGAN COATING DAN HDPE
6. MUTU BAJA TULANGAN MENGACU PADA SNI
7. D MENANDAKAN TULANGAN ULIR DENGAN $f_y = 390 \text{ MPa}$
8. Ø MENANDAKAN TULANGAN POLOS DENGAN $f_y = 240 \text{ MPa}$
7. PROFIL BAJA HARUS MENGACU ASTM A36
8. SEMUA GAMBAR SESUAI DENGAN SPESIFIKASI



Judul Tugas Akhir :

PERENCANAAN DERMAGA BATUBARA UNTUK TONGKANG 10.000 DWT DI TERSUS MOLOTABU, KABUPATEN BONE BALONGO, PROVINSI GORONTALO

Dosen Pembimbing :

Ir. FUDDOLY, M.Sc
CAHYA BUANA, ST., MT

Mahasiswa :

RIZAL DWI SAPUTRA
03111645000028

Judul Gambar :

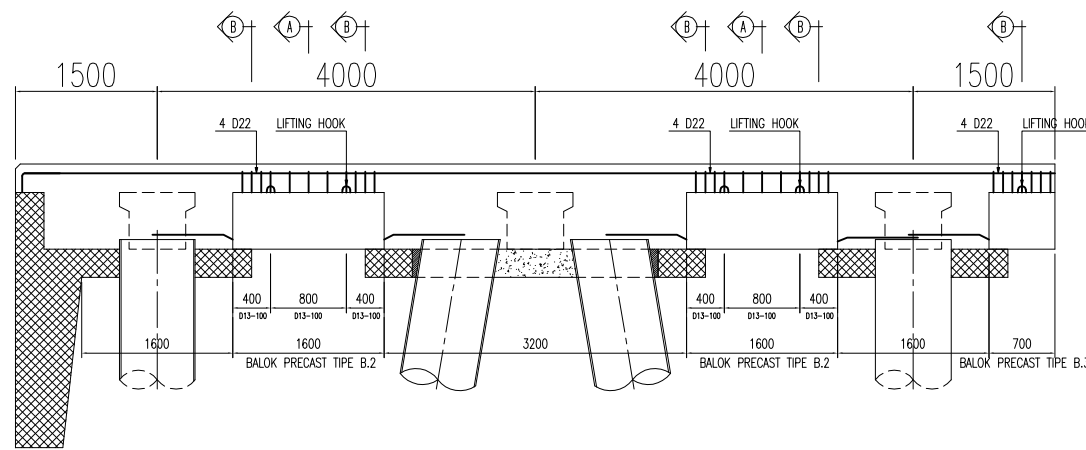
DETAIL PENULANGAN BALOK PRECAST TIPE B.1

Nomor Drawing Rev Skala

019

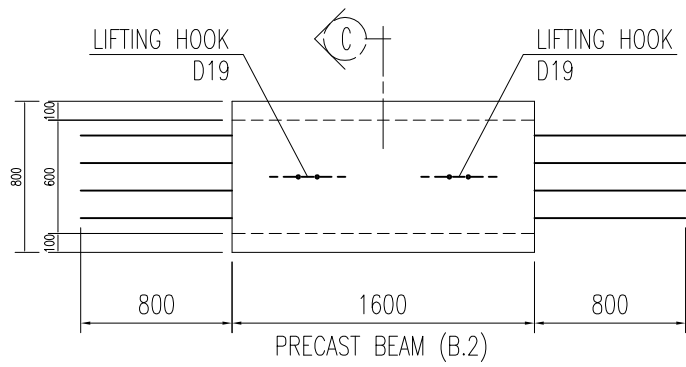
A

-



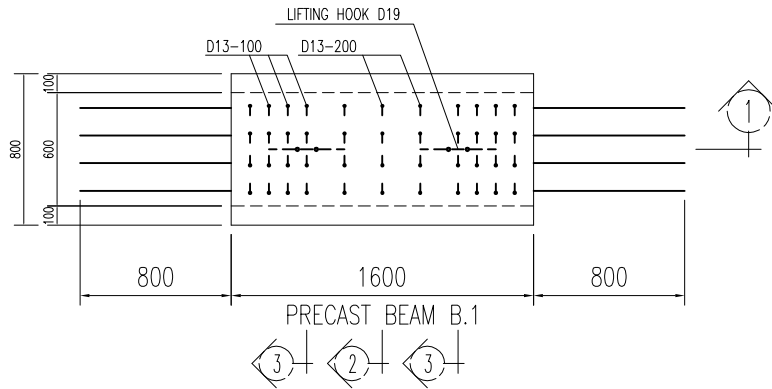
POTONGAN MEMANJANG PENULANGAN TOPING BALOK PRECAST

Skala 1:80



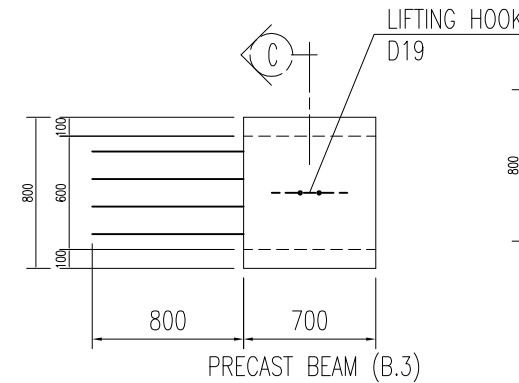
BALOK PRECAST TIPE B.2

Skala 1:40



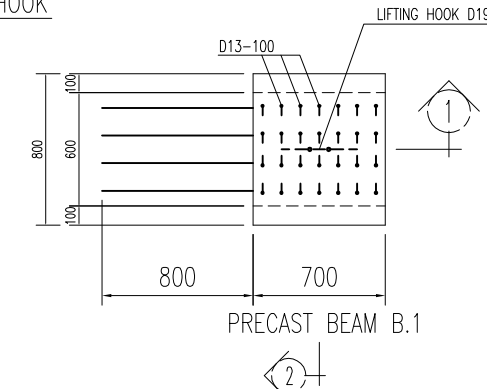
PENULANGAN BALOK PRECAST TIPE B.2

Skala 1:40



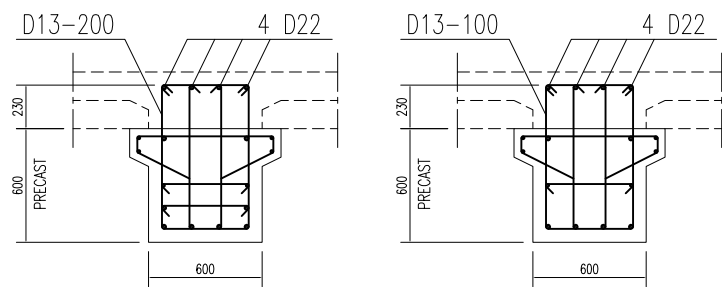
BALOK PRECAST TIPE B.3

Skala 1:40



PENULANGAN BALOK TIPE B.3

Skala 1:40

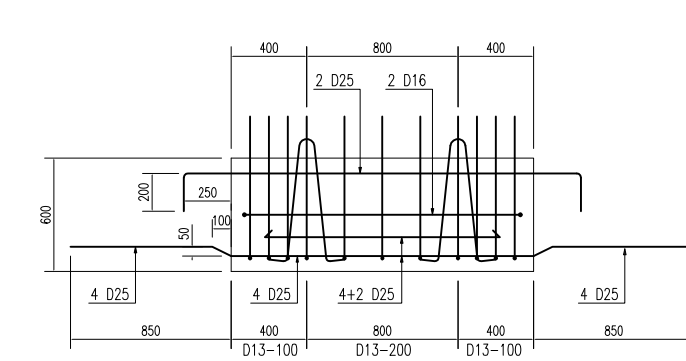


POTONGAN A

Skala 1:50

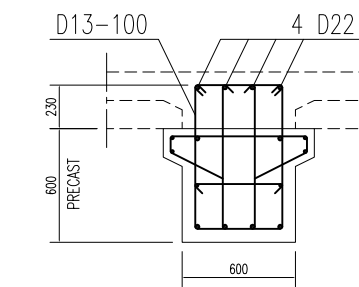
POTONGAN B

Skala 1:50



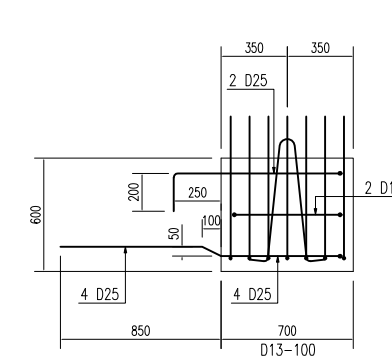
POTONGAN 1

Skala 1:50



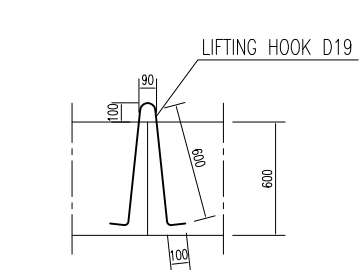
POTONGAN B

Skala 1:50



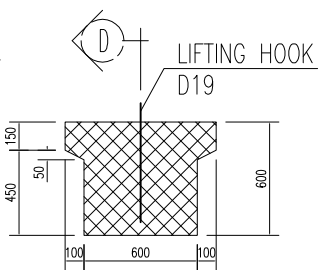
POTONGAN 1

Skala 1:50



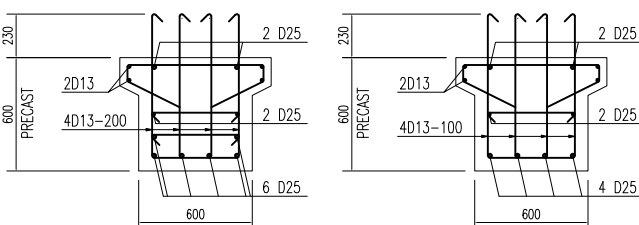
POTONGAN D

Skala 1:50



POTONGAN C

Skala 1:50

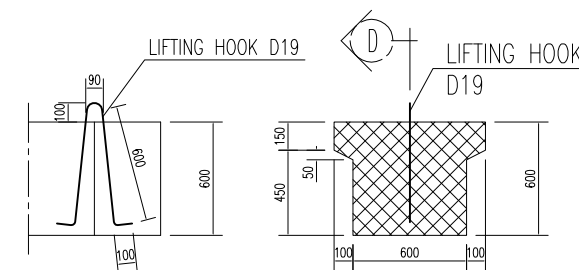


POTONGAN 2

Skala 1:50

POTONGAN 3

Skala 1:50

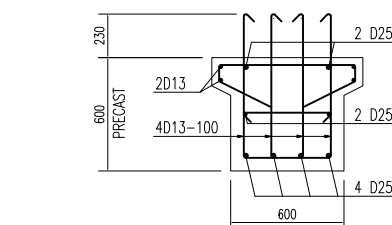


POTONGAN D

Skala 1:50

POTONGAN C

Skala 1:50



POTONGAN 2

Skala 1:50

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 TANG PANCANG HARUS MENGACU ASTM A252 GRADE 2 DENGAN TEGANGAN LELEH 2400 kg/cm^2
5. TIANG PANCANG DIPROTEKSI DENGAN COATING DAN HDPE
6. MUTU BAJA TULANGAN MENGACU PADA SNI
7. ϕ MENANDAKAN TULANGAN ULIR DENGAN $f_y = 390 \text{ MPa}$
8. ϕ MENANDAKAN TULANGAN POLOS DENGAN $f_y = 240 \text{ MPa}$
9. PROFIL BAJA HARUS MENGACU ASTM A36
10. SEMUA GAMBAR SESUAI DENGAN SPESIFIKASI



Judul Tugas Akhir :

PERENCANAAN DERMAGA BATUBARA UNTUK TONGKANG 10.000 DWT DI TERSUS MOLOTABU, KABUPATEN BONE BALONGO, PROVINSI GORONTALO

Dosen Pembimbing :

Ir. FUDDOLY, M.Sc
CAHYA BUANA, ST., MT

Mahasiswa :

RIZAL DWI SAPUTRA
03111645000028

Judul Gambar :

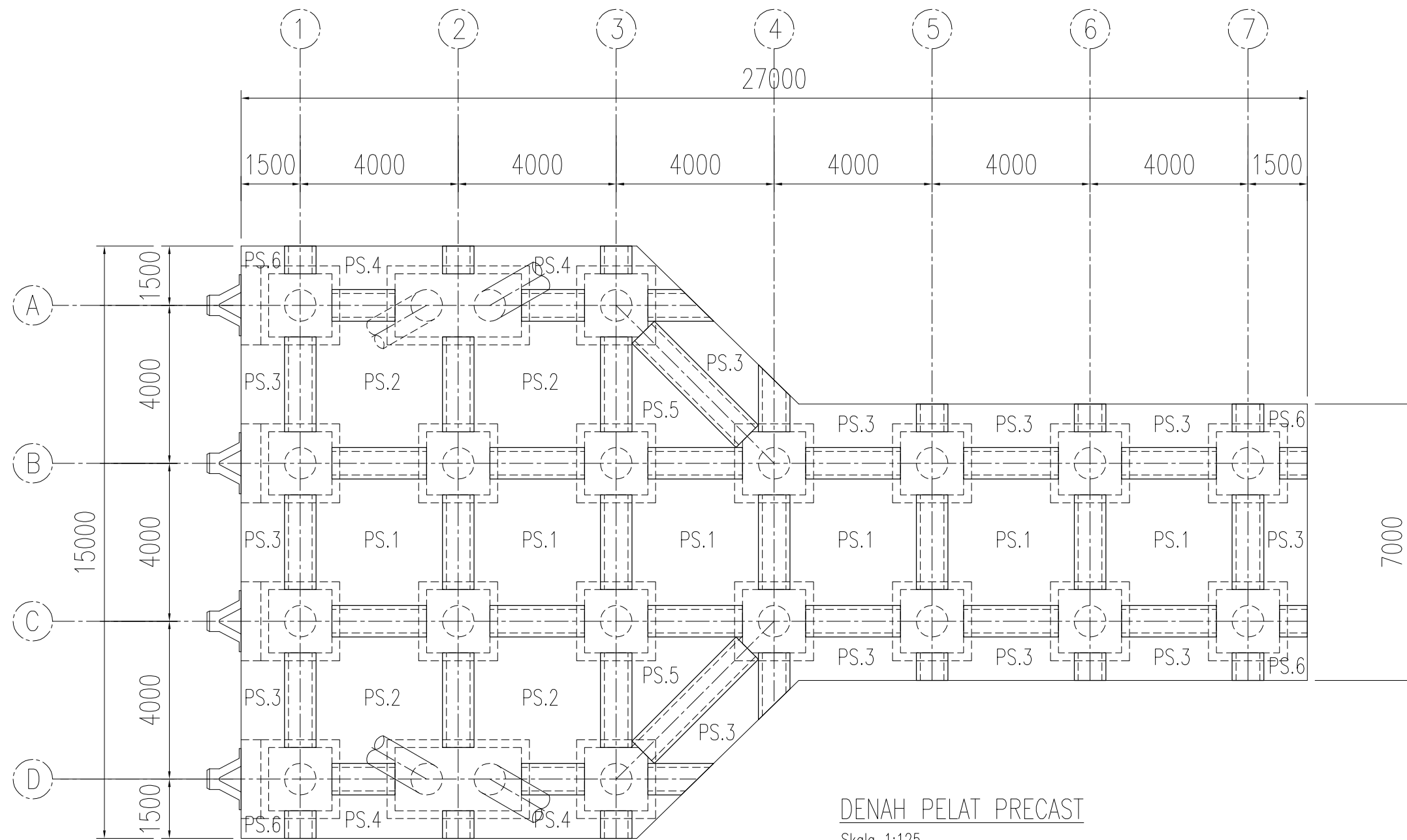
DETAIL PENULANGAN BALOK PRECAST TIPE B.2 DAN B.3

Nomor Drawing	Rev	Skala
020	A	-

020

A

-



DENAH PELAT PRECAST
Skala 1:125

TABEL PELAT PRECAST JETTY

TIPE PELAT	DIMENSI	JUMLAH
	PRECAST BxLxT1	
PS.1	3400x3400x150	6
PS.2	3400x3400x150	4
PS.3	3400x1100x150	12
PS.4	3400x1100x150	4
PS.5	2900x2900x150	2
PS.6	1200x1200x150	4

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 TANG PANCANG HARUS MENGACU ASTM A252 GRADE 2 DENGAN TEGANGAN LELEH 2400 kg/cm^2
5. TIANG PANCANG DIPROTEKSI DENGAN COATING DAN HDPE
6. MUTU BAJA TULANGAN MENGACU PADA SNI
D MENANDAKAN TULANGAN ULIR DENGAN $f_y = 390 \text{ MPa}$
Ø MENANDAKAN TULANGAN POLOS DENGAN $f_y = 240 \text{ MPa}$
7. PROFIL BAJA HARUS MENGACU ASTM A36
8. SEMUA GAMBAR SESUAI DENGAN SPESIFIKASI



Judul Tugas Akhir :

PERENCANAAN DERMAGA BATUBARA UNTUK
TONGKANG 10.000 DWT DI TERSUS MOLOTABU,
KABUPATEN BONE BALONGO, PROVINSI GORONTALO

Dosen Pembimbing :

Ir. FUDDOLY, M.Sc
CAHYA BUANA, ST., MT

Mahasiswa :

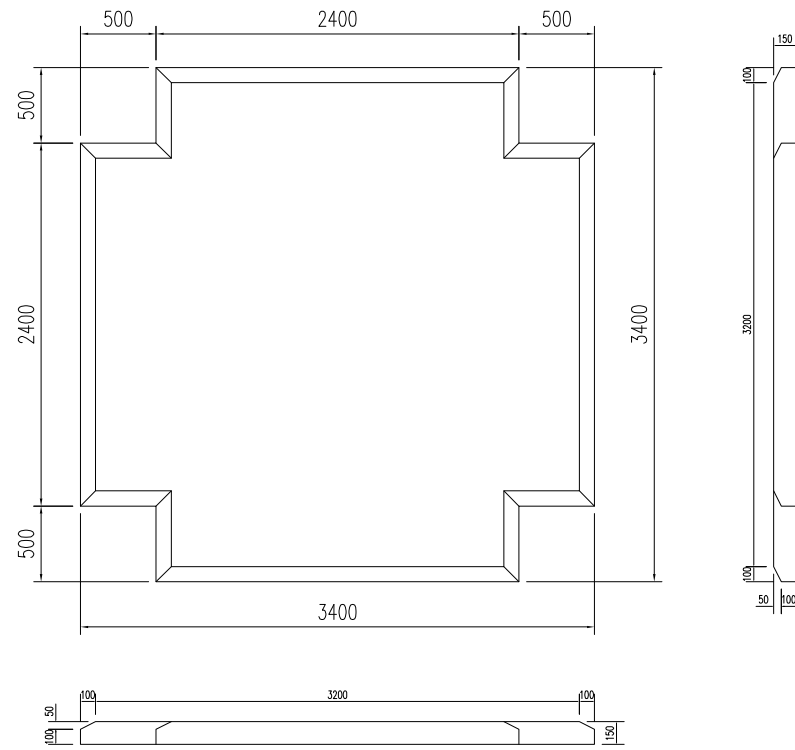
RIZAL DWI SAPUTRA
0311164500028

Judul Gambar :

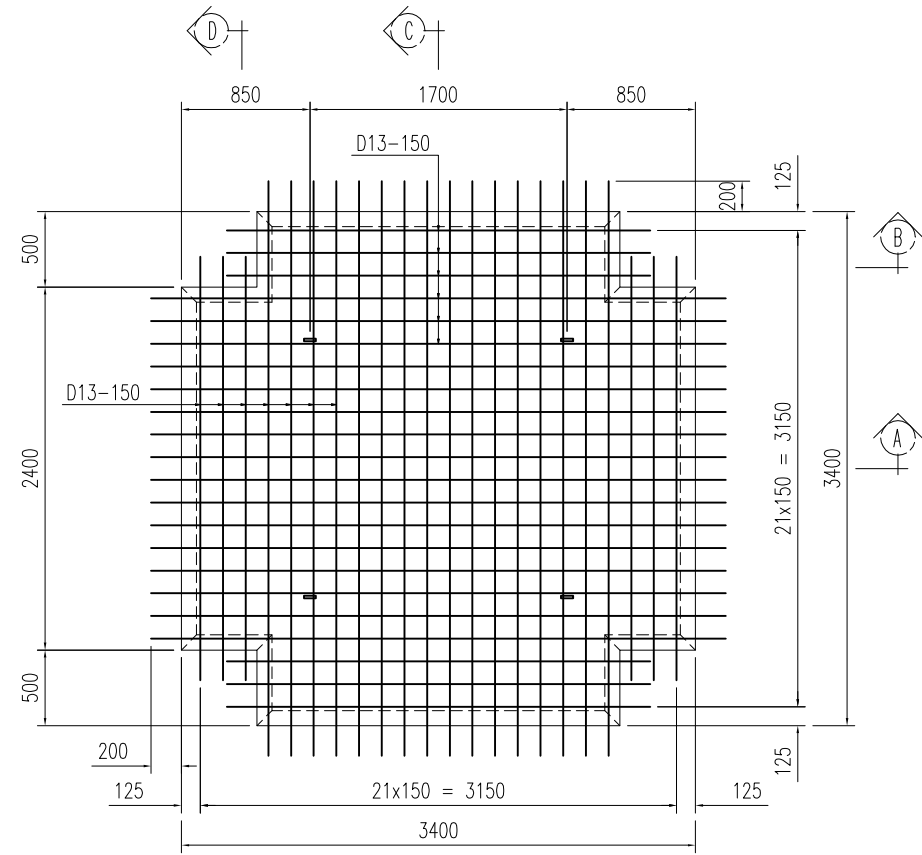
DENAH PELAT PRECAST

Nomor Drawing	Rev	Skala
---------------	-----	-------

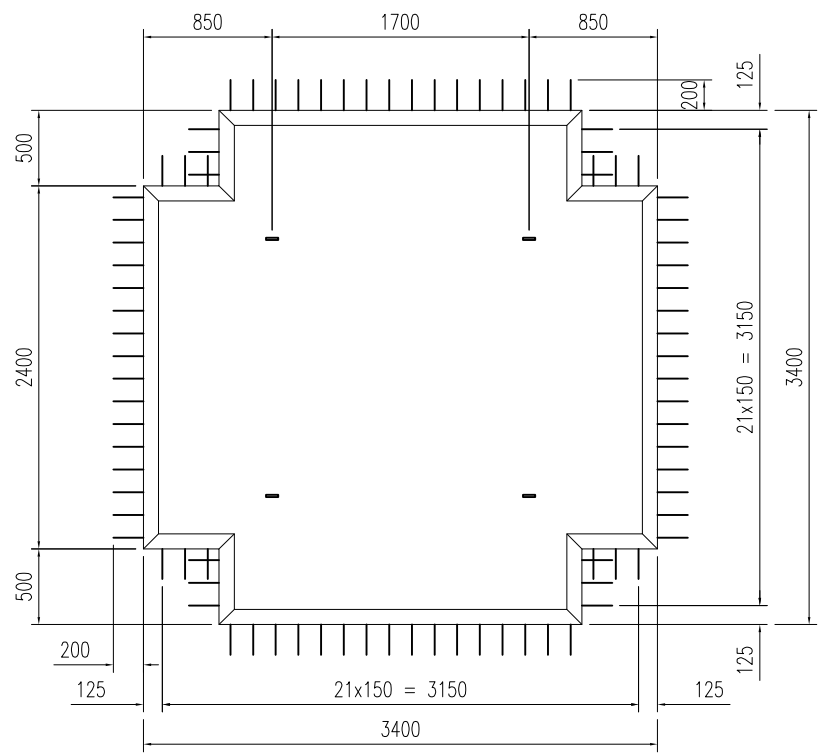
021	A	-
-----	---	---



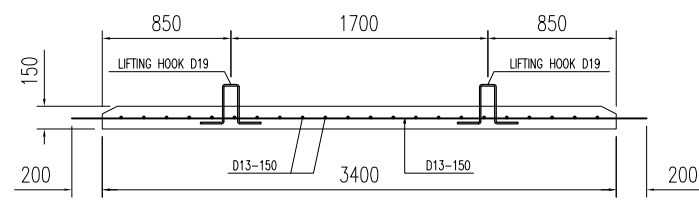
PELAT PRECAST TIPE PS.1
Skala 1:50



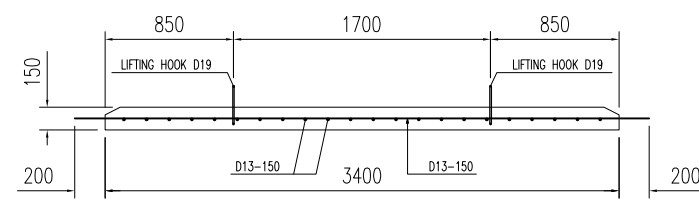
PENULANGAN PELAT PRECAST TIPE PS.1
Skala 1:50



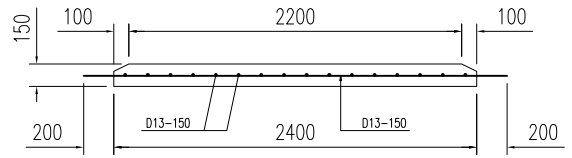
TAMPAK ATAS PS.1
Skala 1:50



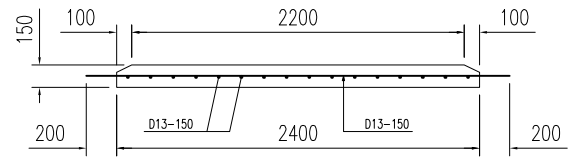
POTONGAN A
Skala 1:50



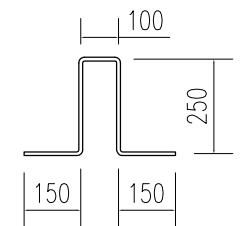
POTONGAN C
Skala 1:50



POTONGAN B
Skala 1:50



POTONGAN D
Skala 1:50



DETAIL LIFTING HOOK
Skala 1:50

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 TANG PANCANG HARUS MENGACU ASTM A252 GRADE 2 DENGAN TEGANGAN LELEH 2400 kg/cm^2
5. TIANG PANCANG DIPROTEKSI DENGAN COATING DAN HDPE
6. MUTU BAJA TULANGAN MENGACU PADA SNI
 - D MENANDAKAN TULANGAN ULIR DENGAN $f_y = 390 \text{ MPa}$
 - Ø MENANDAKAN TULANGAN POLOS DENGAN $f_y = 240 \text{ MPa}$
7. PROFIL BAJA HARUS MENGACU ASTM A36
8. SEMUA GAMBAR SESUAI DENGAN SPESIFIKASI



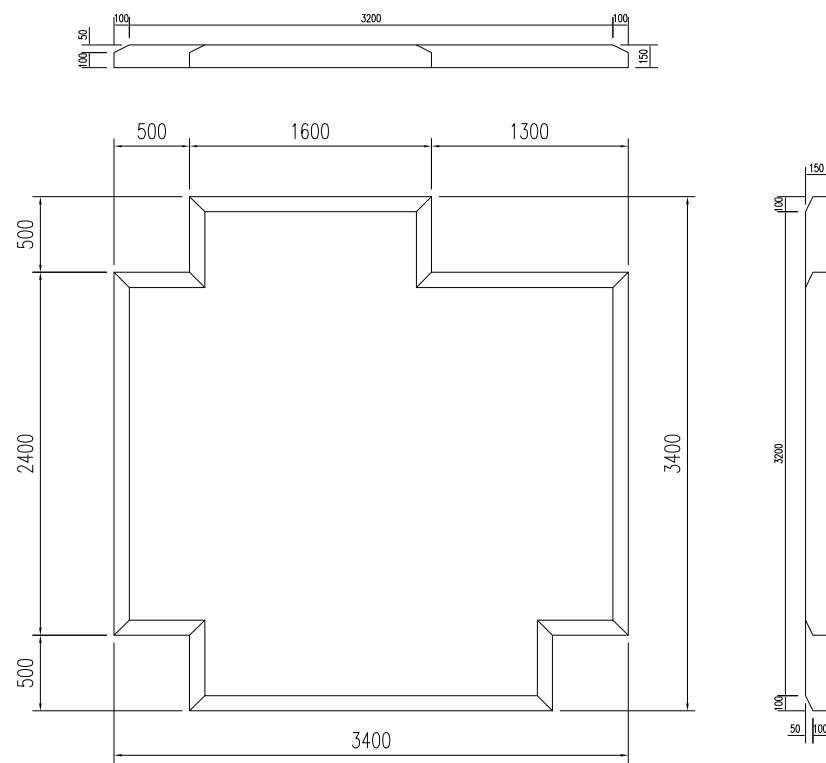
Judul Tugas Akhir :
PERENCANAAN DERMAGA BATUBARA UNTUK TONGKANG 10.000 DWT DI TERSUS MOLOTABU, KABUPATEN BONE BALONGO, PROVINSI GORONTALO

Dosen Pembimbing :
Ir. FUDDOLY, M.Sc
CAHYA BUANA, ST., MT

Mahasiswa :
RIZAL DWI SAPUTRA
03111645000028

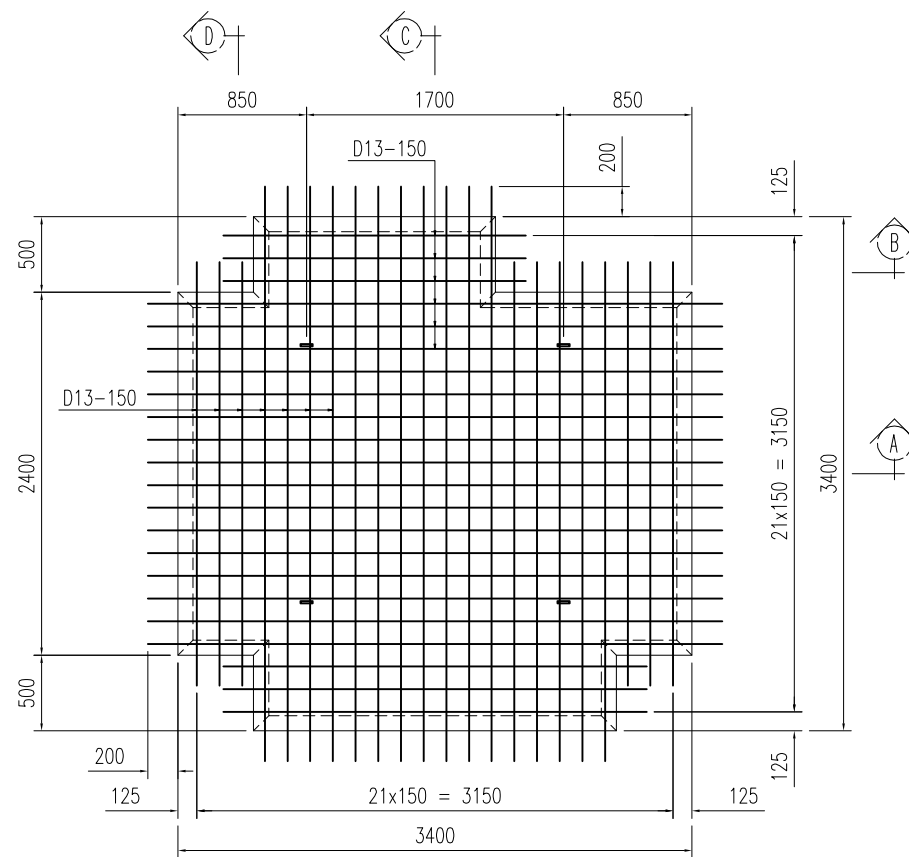
Judul Gambar :
DETAIL PENULANGAN PELAT PRECAST TIPE PS.1

Nomor Drawing	Rev	Skala
022	A	-



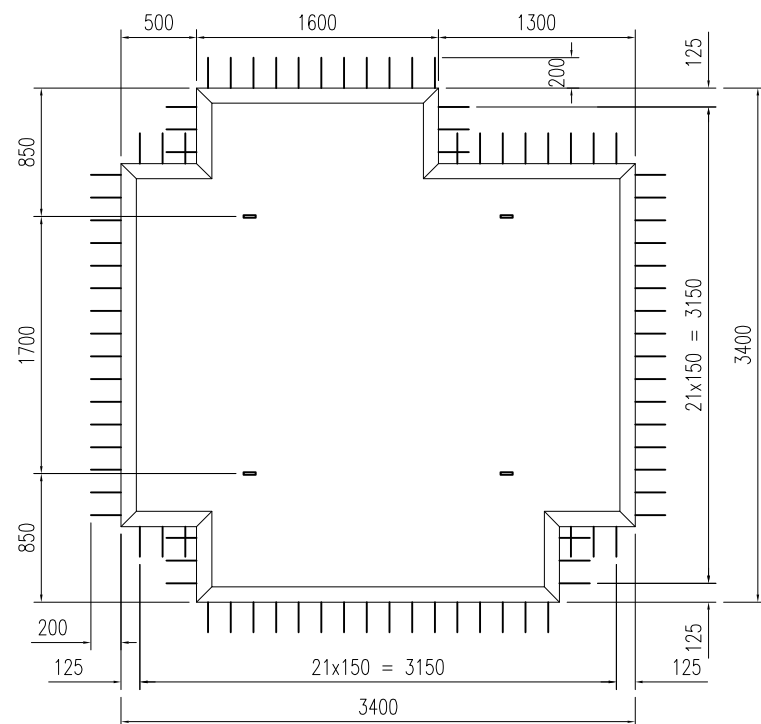
PELAT PRECAST TIPE PS.2

Skala 1:50



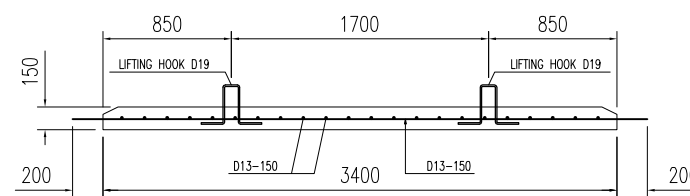
PENULANGAN PELAT PRECAST TIPE PS.2

Skala 1:50



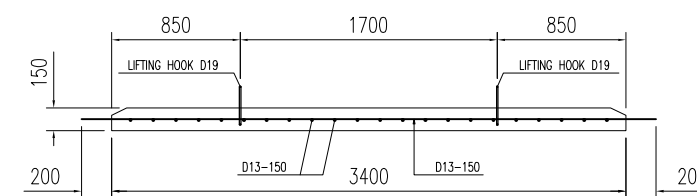
TAMPAK ATAS PS.2

Skala 1:50



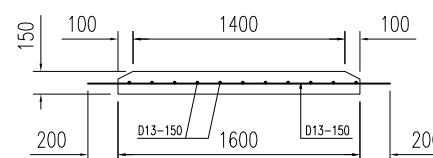
POTONGAN A

Skala 1:50



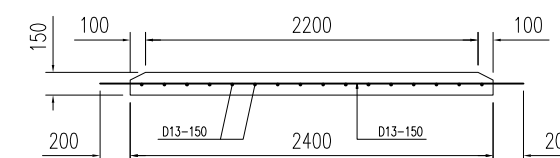
POTONGAN C

Skala 1:50



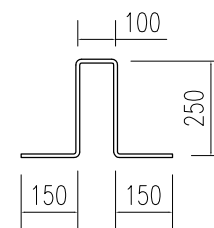
POTONGAN B

Skala 1:50



POTONGAN D

Skala 1:50



DETAIL LIFTING HOOK

Skala 1:50

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 TANG PANCANG HARUS MENGACU ASTM A252 GRADE 2 DENGAN TEGANGAN LELEH 2400 kg/cm^2
5. TIANG PANCANG DIPROTEKSI DENGAN COATING DAN HDPE
6. MUTU BAJA TULANGAN MENGACU PADA SNI
- Ø MENANDAKAN TULANGAN ULIR DENGAN $f_y = 390 \text{ MPa}$
- Ø MENANDAKAN TULANGAN POLOS DENGAN $f_y = 240 \text{ MPa}$
7. PROFIL BAJA HARUS MENGACU ASTM A36
8. SEMUA GAMBAR SESUAI DENGAN SPESIFIKASI



Judul Tugas Akhir :

PERENCANAAN DERMAGA BATUBARA UNTUK TONGKANG 10.000 DWT DI TERSUS MOLOTABU, KABUPATEN BONE BALONGO, PROVINSI GORONTALO

Dosen Pembimbing :

Ir. FUDDOLY, M.Sc
CAHYA BUANA, ST., MT

Mahasiswa :

RIZAL DWI SAPUTRA
03111645000028

Judul Gambar :

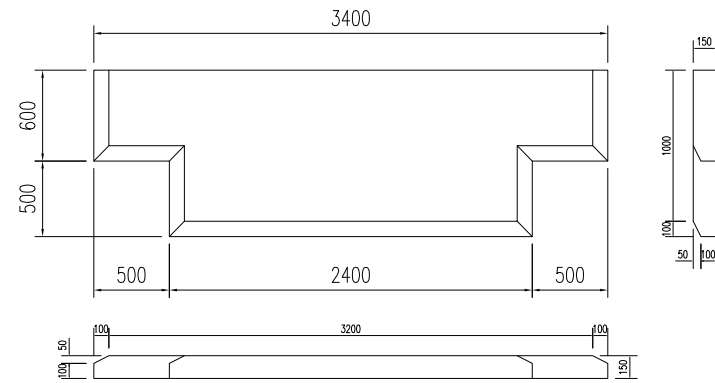
DETAIL PENULANGAN PELAT PRECAST TIPE PS.2

Nomor Drawing	Rev	Skala
023	A	-

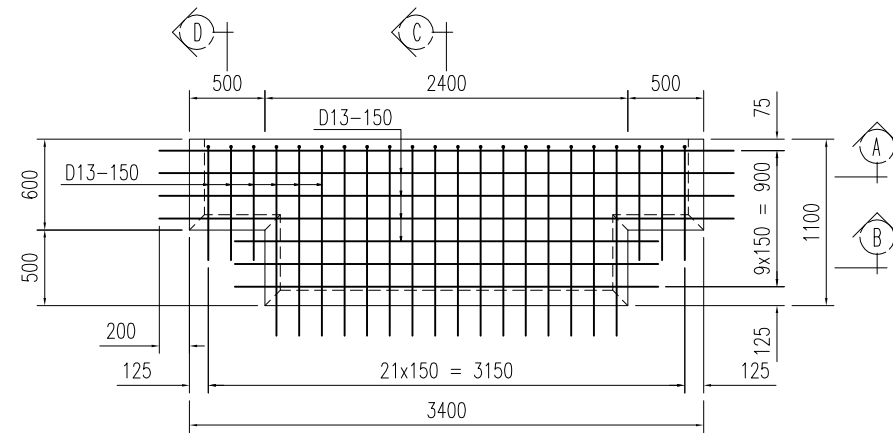
023

A

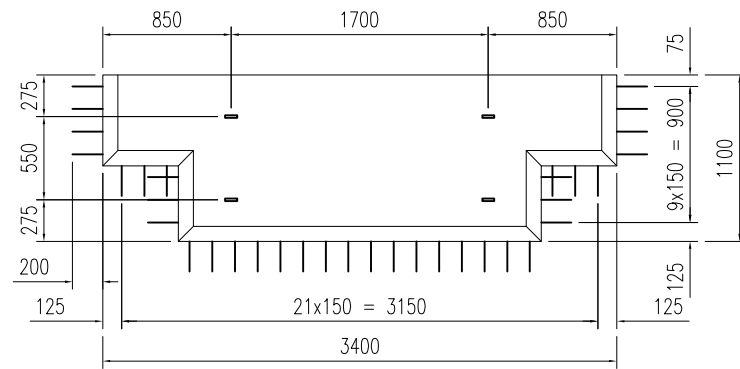
-



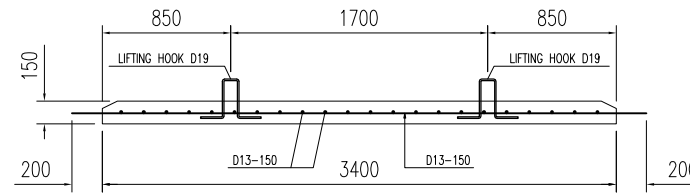
PELAT PRECAST TIPE PS.3
Skala 1:50



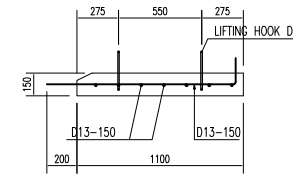
PENULANGAN PELAT PRECAST TIPE PS.3
Skala 1:50



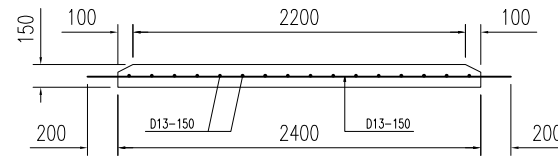
TAMPAK ATAS PS.3
Skala 1:50



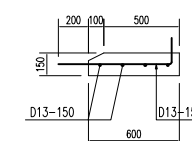
POTONGAN A
Skala 1:50



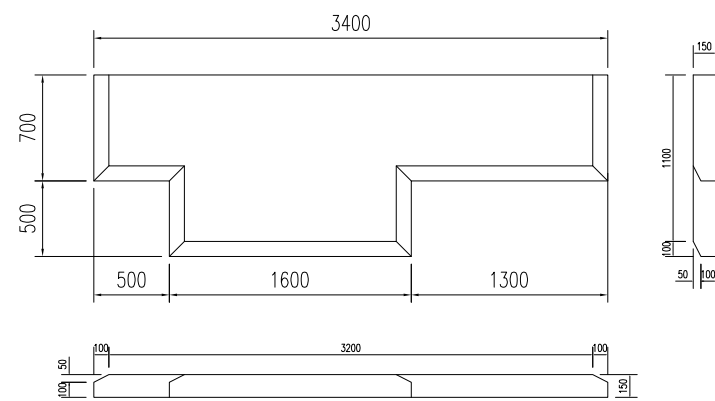
POTONGAN C
Skala 1:50



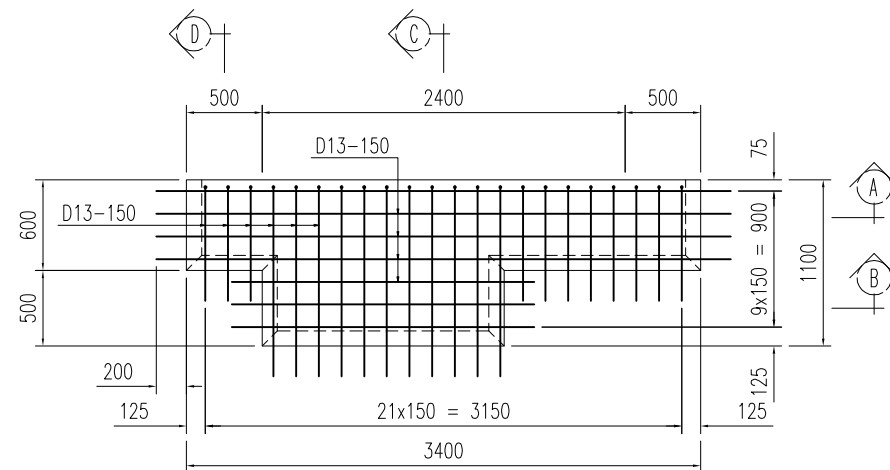
POTONGAN B
Skala 1:50



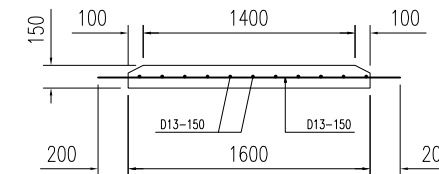
POTONGAN D
Skala 1:50



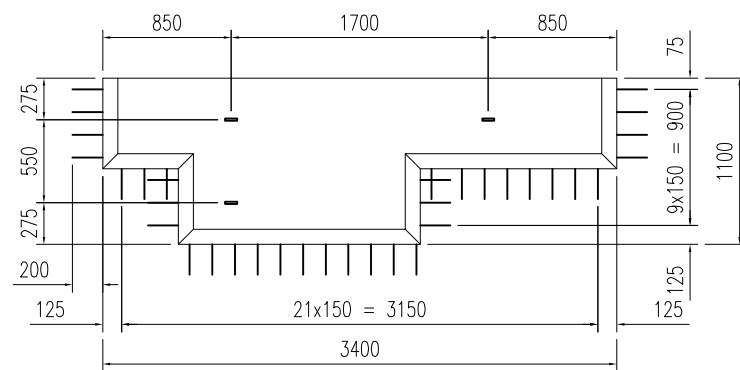
PELAT PRECAST TIPE PS.4
Skala 1:50



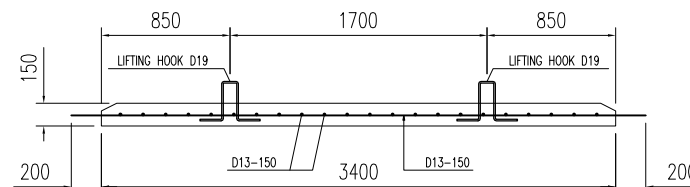
PENULANGAN PELAT PRECAST TIPE PS.3
Skala 1:50



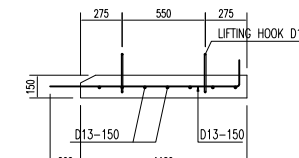
POTONGAN B
Skala 1:50



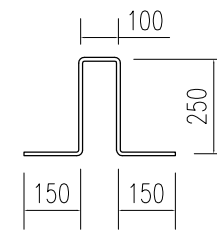
TAMPAK ATAS PS.4
Skala 1:50



POTONGAN A
Skala 1:50



POTONGAN C
Skala 1:50



DETAIL LIFTING HOOK
Skala 1:50

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 TANG PANCANG HARUS MENGACU ASTM A252 GRADE 2 DENGAN TEGANGAN LELEH 2400 kg/cm^2
5. TIANG PANCANG DIPROTEKSI DENGAN COATING DAN HDPE
6. MUTU BAJA TULANGAN MENGACU PADA SNI
7. ϕ MENANDAKAN TULANGAN ULIR DENGAN $f_y = 390 \text{ MPa}$
8. \emptyset MENANDAKAN TULANGAN POLOS DENGAN $f_y = 240 \text{ MPa}$
7. PROFIL BAJA HARUS MENGACU ASTM A36
8. SEMUA GAMBAR SESUAI DENGAN SPESIFIKASI



Judul Tugas Akhir :

PERENCANAAN DERMAGA BATUBARA UNTUK TONGKANG 10.000 DWT DI TERSUS MOLOTABU, KABUPATEN BONE BALONGO, PROVINSI GORONTALO

Dosen Pembimbing :

Ir. FUDDOLY, M.Sc
CAHYA BUANA, ST., MT

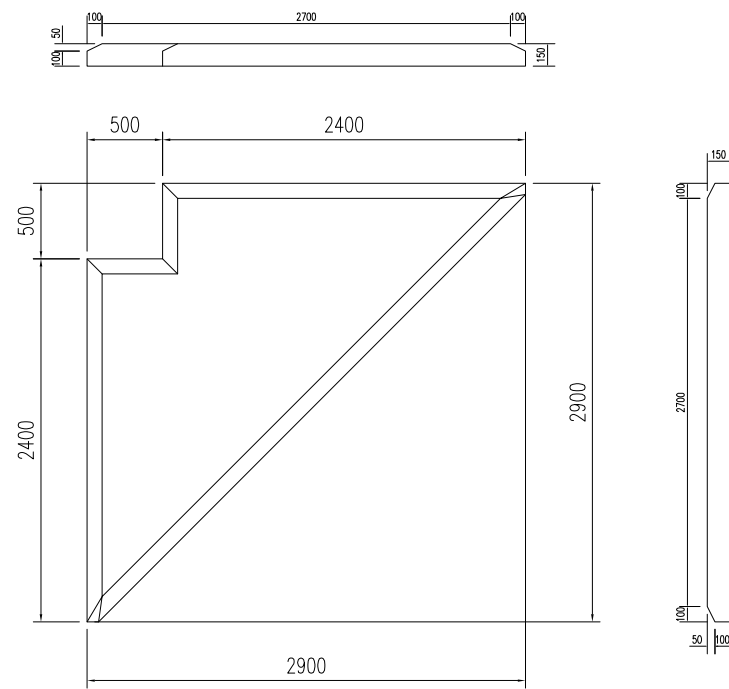
Mahasiswa :

RIZAL DWI SAPUTRA
03111645000028

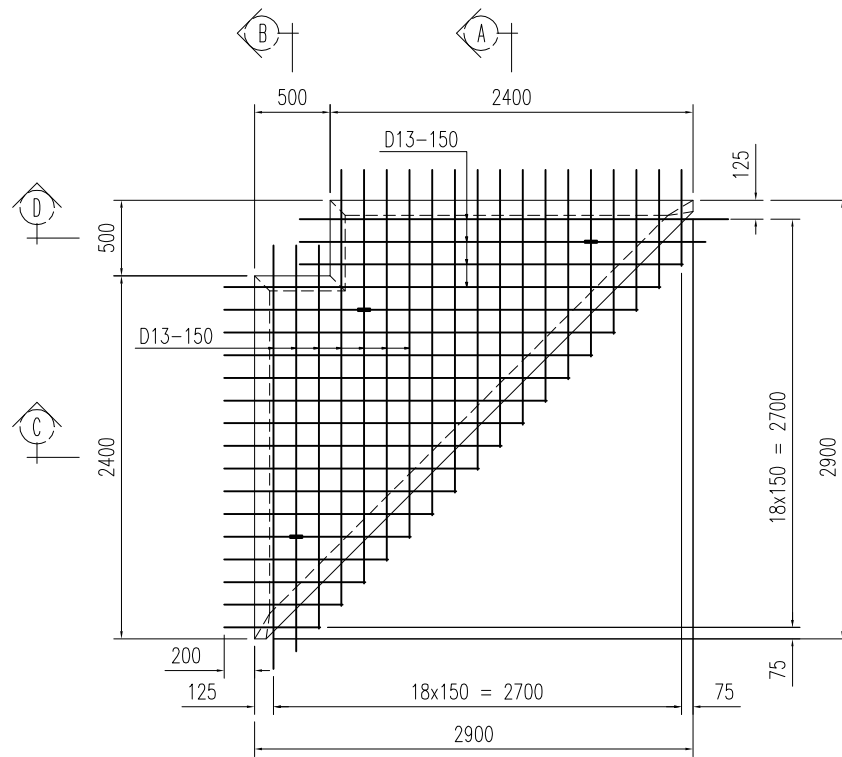
Judul Gambar :

DETAIL PENULANGAN PELAT PRECAST TIPE PS.3 DAN PS.4

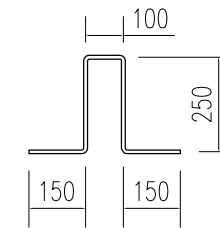
Nomor Drawing	Rev	Skala
024	A	-



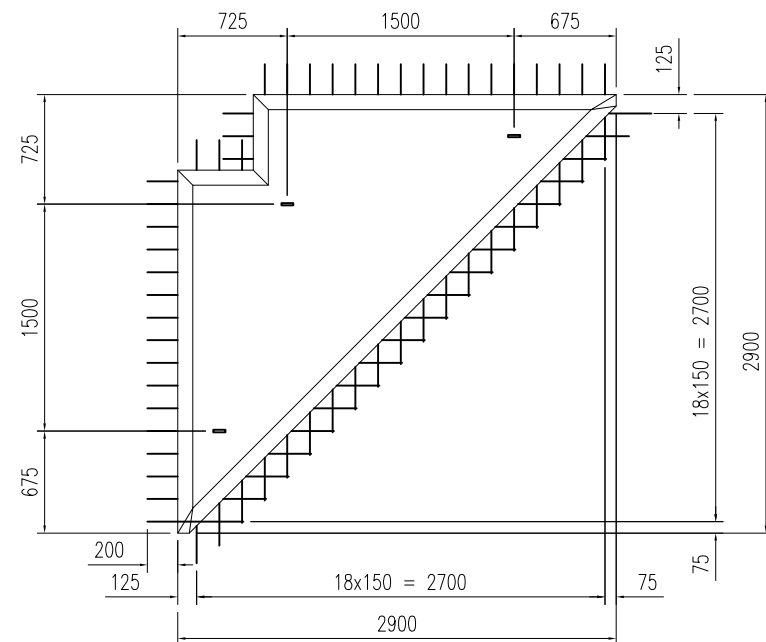
PELAT PRECAST TIPE PS.5
Skala 1:50



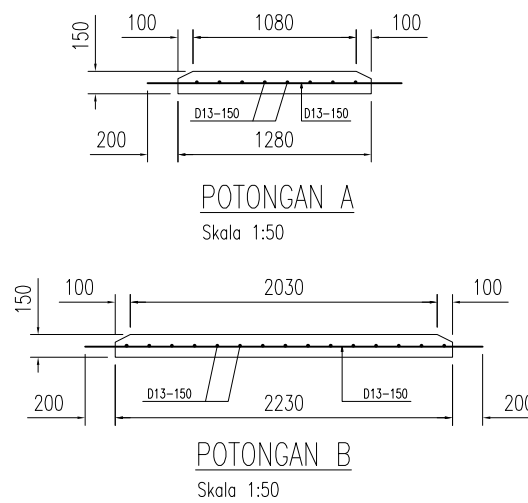
PENULANGAN PELAT PRECAST TIPE PS.5
Skala 1:50



DETAIL LIFTING HOOK
Skala 1:50



TAMPAK ATAS PS.5
Skala 1:50

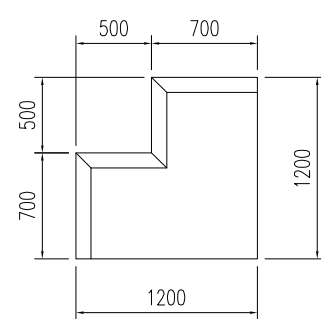


POTONGAN A
Skala 1:50

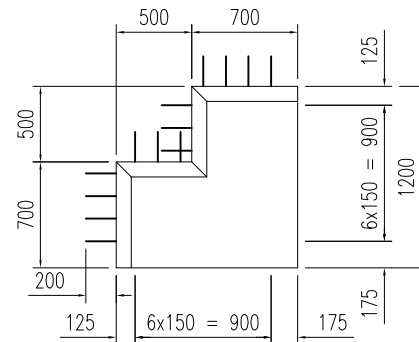
POTONGAN C
Skala 1:50

POTONGAN B
Skala 1:50

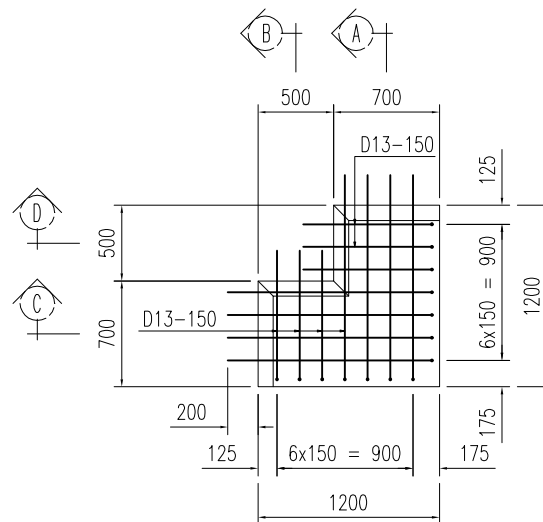
POTONGAN D
Skala 1:50



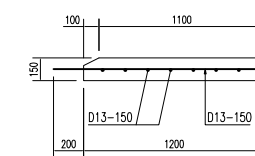
PELAT PRECAST TIPE PS.6
Skala 1:50



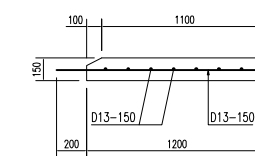
TAMPAK ATAS PS.6
Skala 1:50



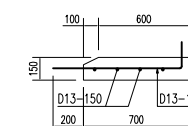
PENULANGAN PELAT PRECAST TIPE PS.6
Skala 1:50



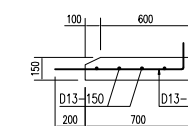
POTONGAN A
Skala 1:50



POTONGAN C
Skala 1:50



POTONGAN B
Skala 1:50



POTONGAN D
Skala 1:50

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 TANG PANCANG HARUS MENGACU ASTM A252 GRADE 2 DENGAN TEGANGAN LELEH 2400 kg/cm^2
5. TIANG PANCANG DIPROTEKSI DENGAN COATING DAN HDPE
6. MUTU BAJA TULANGAN MENGACU PADA SNI
 - D MENANDAKAN TULANGAN ULIR DENGAN $f_y = 390 \text{ MPa}$
 - Ø MENANDAKAN TULANGAN POLOS DENGAN $f_y = 240 \text{ MPa}$
7. PROFIL BAJA HARUS MENGACU ASTM A36
8. SEMUA GAMBAR SESUAI DENGAN SPESIFIKASI



Judul Tugas Akhir :

PERENCANAAN DERMAGA BATUBARA UNTUK TONGKANG 10.000 DWT DI TERSUS MOLOTABU, KABUPATEN BONE BALONGO, PROVINSI GORONTALO

Dosen Pembimbing :

Ir. FUDDOLY, M.Sc
CAHYA BUANA, ST., MT

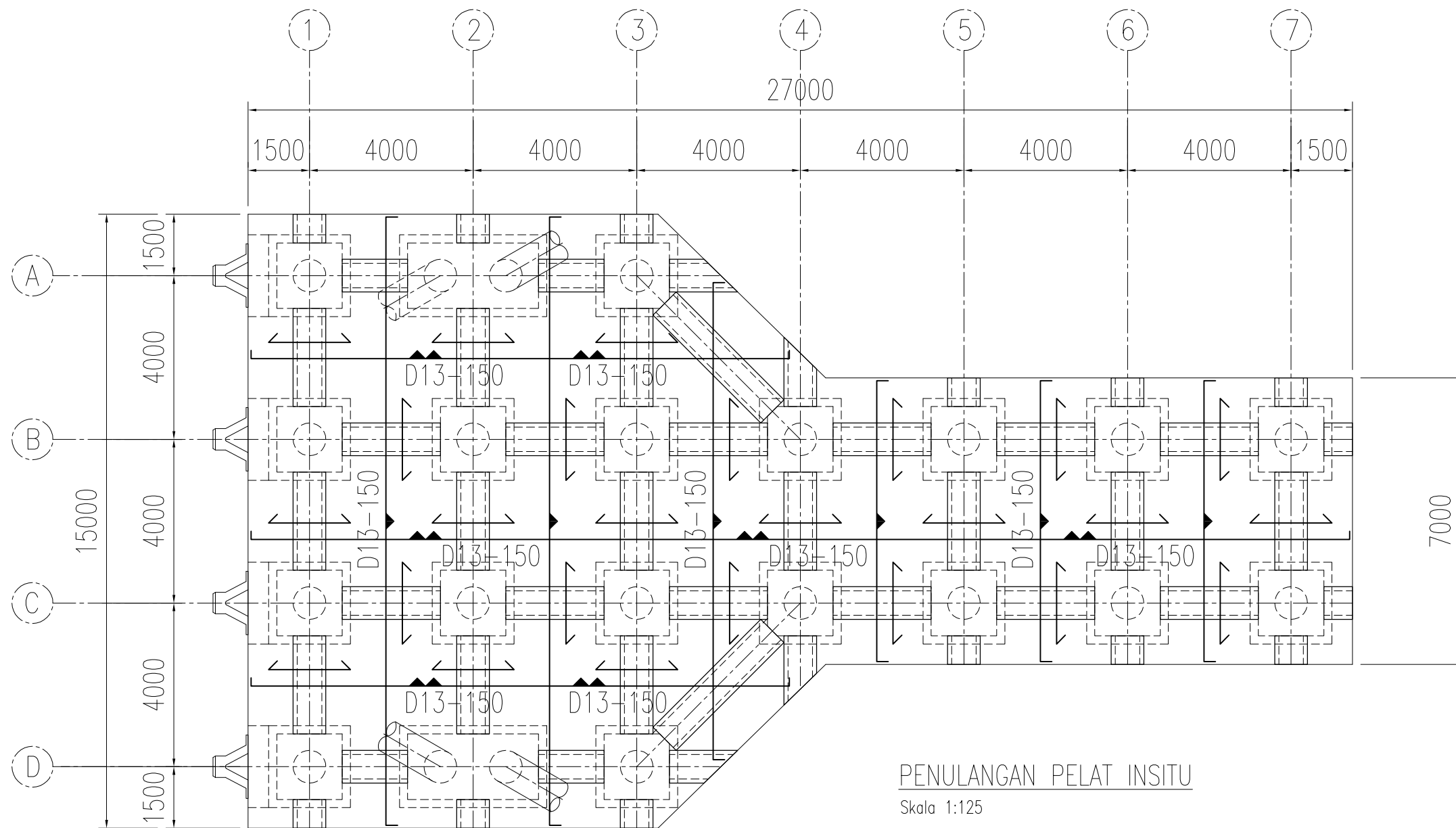
Mahasiswa :

RIZAL DWI SAPUTRA
03111645000028

Judul Gambar :

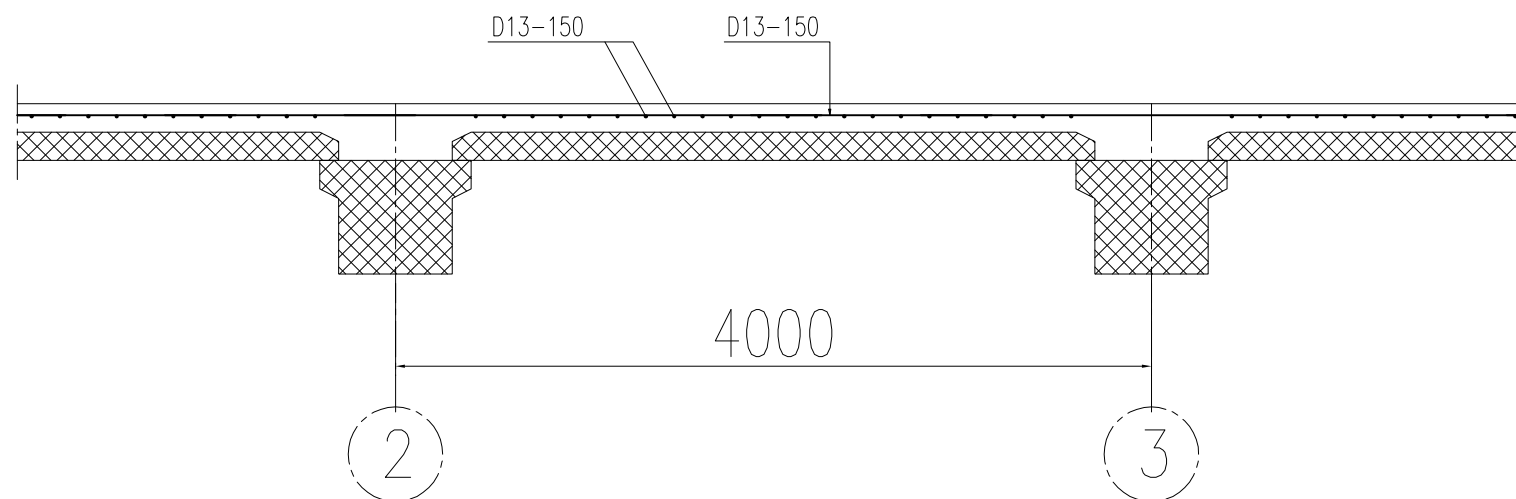
DETAIL PENULANGAN PELAT PRECAST TIPE PS.5 DAN PS.6

Nomor Drawing	Rev	Skala
025	A	-



PENULANGAN PELAT INSITU

Skala 1:125



TAMPAK SAMPING PENULANGAN PELAT INSITU

Skala 1:40

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 TANG PANCANG HARUS MENGACU ASTM A252 GRADE 2 DENGAN TEGANGAN LELEH 2400 kg/cm^2
5. TIANG PANCANG DIPROTEKSI DENGAN COATING DAN HDPE
6. MUTU BAJA TULANGAN MENGACU PADA SNI
 D MENANDAKAN TULANGAN ULIR DENGAN $f_y = 390 \text{ MPa}$
 Ø MENANDAKAN TULANGAN POLOS DENGAN $f_y = 240 \text{ MPa}$
7. PROFIL BAJA HARUS MENGACU ASTM A36
8. SEMUA GAMBAR SESUAI DENGAN SPESIFIKASI



Judul Tugas Akhir :

PERENCANAAN DERMAGA BATUBARA UNTUK TONGKANG 10.000 DWT DI TERSUS MOLOTABU, KABUPATEN BONE BALONGO, PROVINSI GORONTALO

Dosen Pembimbing :

Ir. FUDDOLY, M.Sc
 CAHYA BUANA, ST., MT

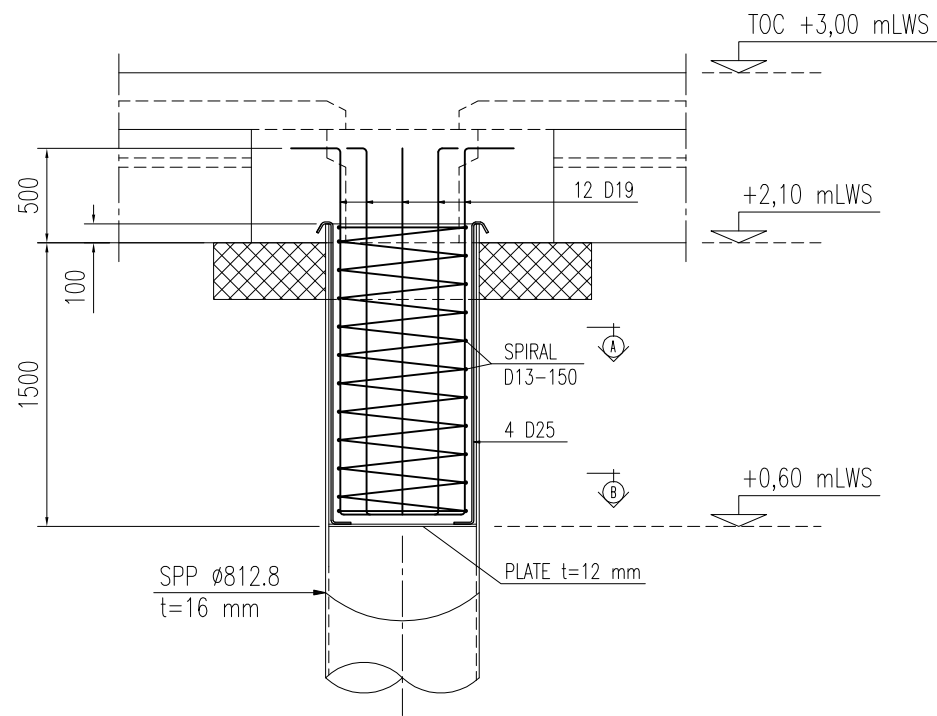
Mahasiswa :

RIZAL DWI SAPUTRA
 03111645000028

Judul Gambar :

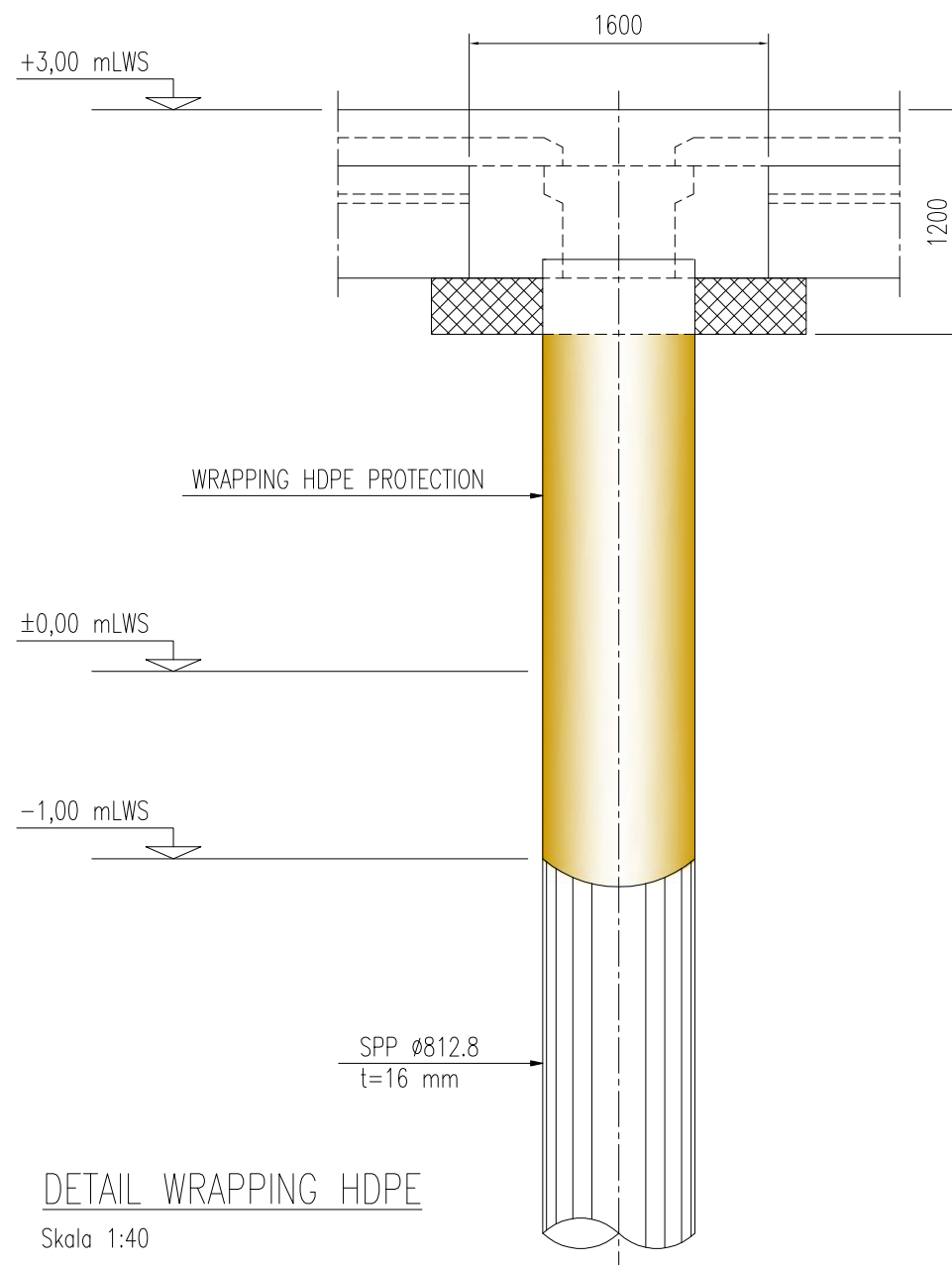
DENAH DAN DETAIL PENULANGAN PELAT INSITU

Nomor Drawing	Rev	Skala
026	A	-



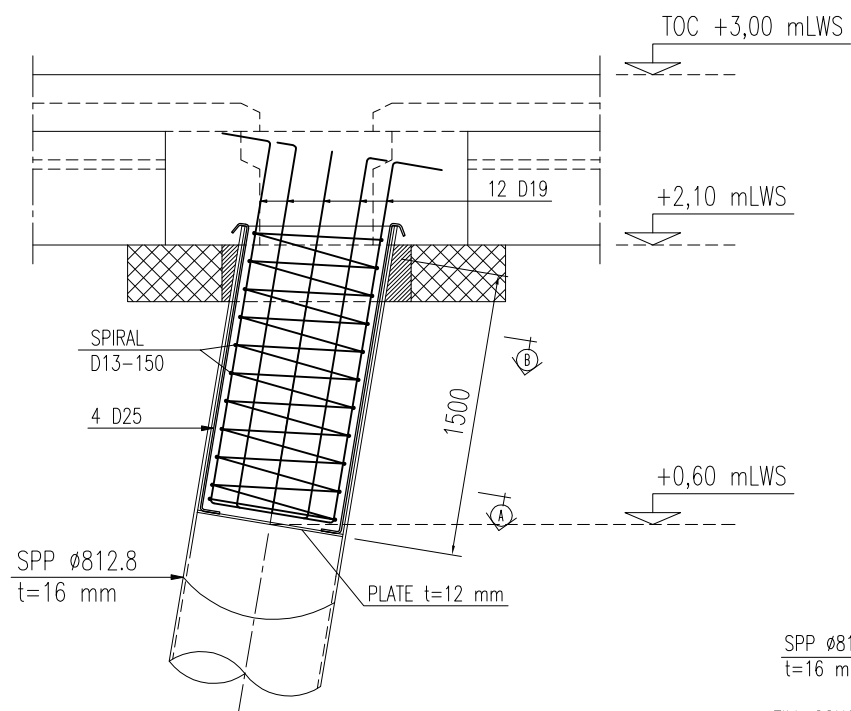
CONNECTION PILE CAP DENGAN SPP TEGAK

Skala 1:40



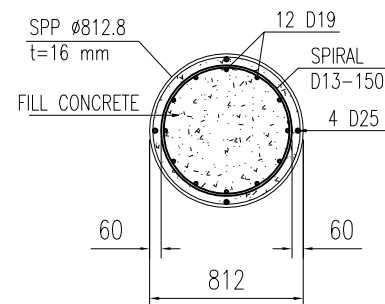
DETAIL WRAPPING HDPE

Skala 1:40



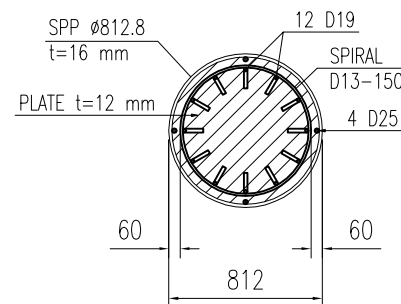
CONNECTION PILE CAP DENGAN SPP MIRING

Skala 1:40



POTONGAN A

Skala 1:40



POTONGAN B

Skala 1:40

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 TANG PANCANG HARUS MENGACU ASTM A252 GRADE 2 DENGAN TEGANGAN LELEH 2400 kg/cm^2
5. TIANG PANCANG DIPROTEKSI DENGAN COATING DAN HDPE
6. MUTU BAJA TULANGAN MENGACU PADA SNI
 - D MENANDAKAN TULANGAN ULIR DENGAN $f_y = 390 \text{ MPa}$
 - Ø MENANDAKAN TULANGAN POLOS DENGAN $f_y = 240 \text{ MPa}$
7. PROFIL BAJA HARUS MENGACU ASTM A36
8. SEMUA GAMBAR SESUAI DENGAN SPESIFIKASI



Judul Tugas Akhir :

PERENCANAAN DERMAGA BATUBARA UNTUK TONGKANG 10.000 DWT DI TERSUS MOLOTABU, KABUPATEN BONE BALONGO, PROVINSI GORONTALO

Dosen Pembimbing :

Ir. FUDDOLY, M.Sc
CAHYA BUANA, ST., MT

Mahasiswa :

RIZAL DWI SAPUTRA
03111645000028

Judul Gambar :

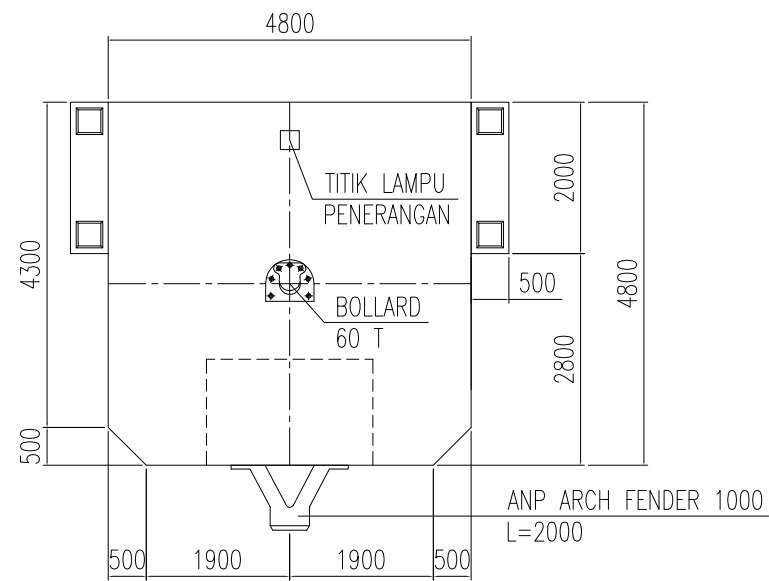
DETAIL PENULANGAN ISIAN TIANG PANCANG

Nomor Drawing	Rev	Skala
027	A	-

027

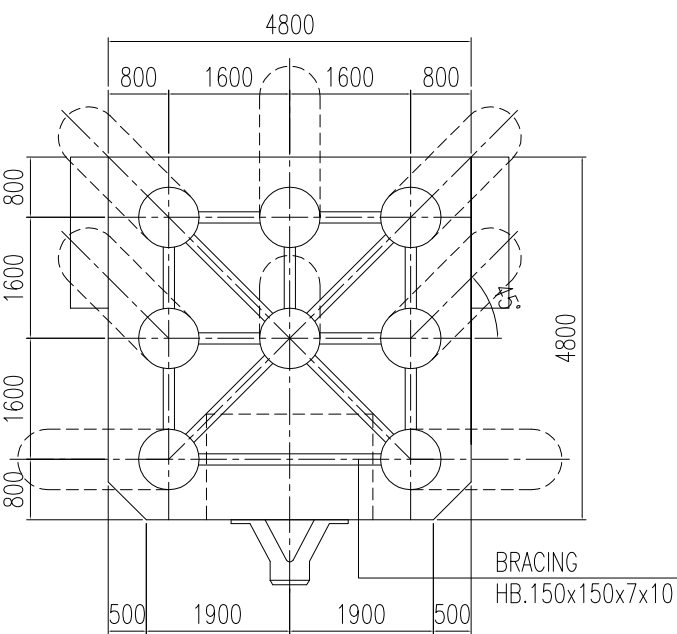
A

-



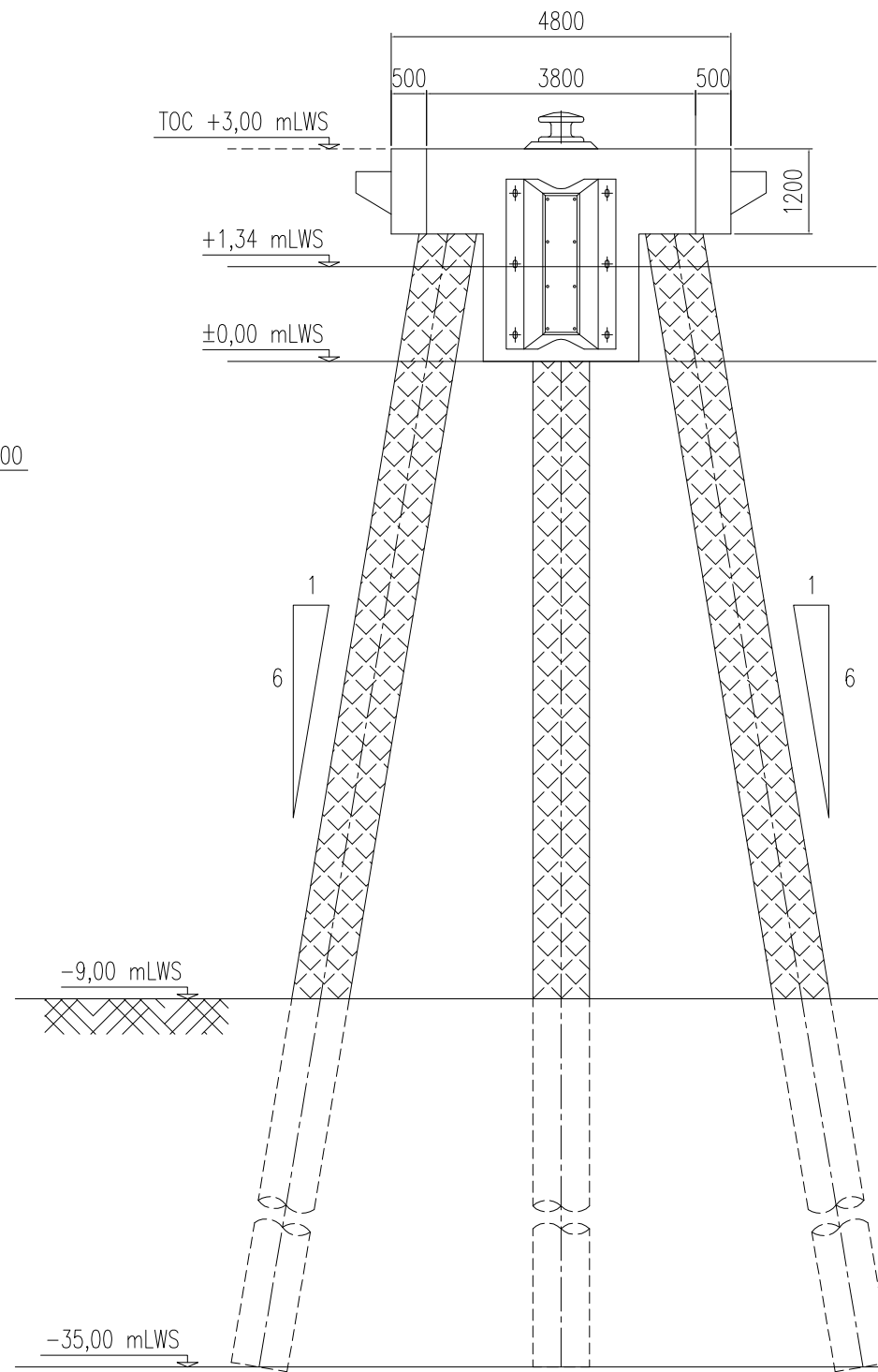
DENAH BREASTING DOLPHIN

Skala 1:100



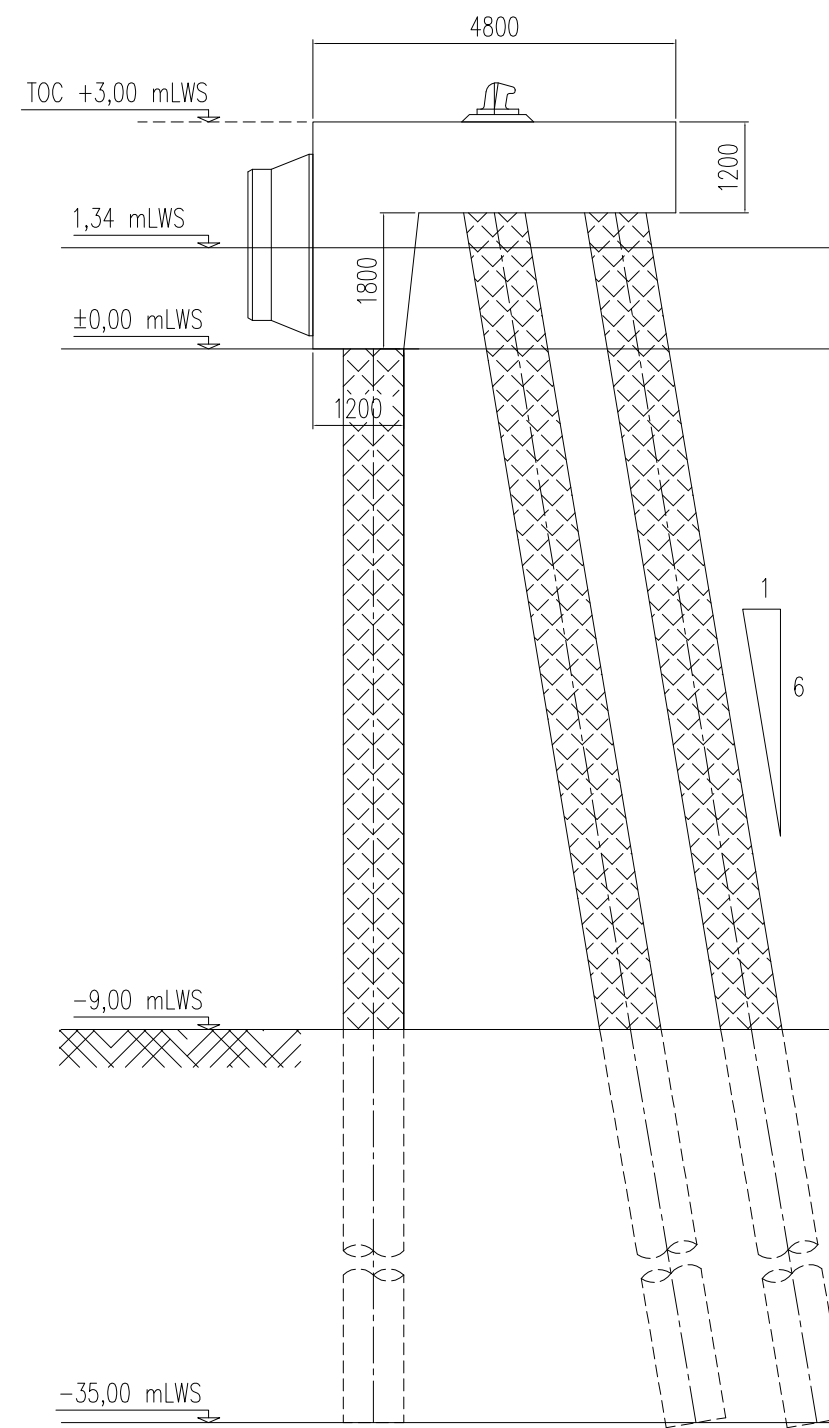
DENAH TIANG PANCANG BD

Skala 1:100



TAMPAK DEPAN BREASTING DOLPHIN

Skala 1:100



TAMPAK SAMPING BREASTING DOLPHIN

Skala 1:100

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 TANG PANCANG HARUS MENGACU ASTM A252 GRADE 2 DENGAN TEGANGAN LELEH 2400 kg/cm^2
5. TIANG PANCANG DIPROTEKSI DENGAN COATING DAN HDPE
6. MUTU BAJA TULANGAN MENGACU PADA SNI
 - D MENANDAKAN TULANGAN ULIR DENGAN $f_y = 390 \text{ MPa}$
 - Ø MENANDAKAN TULANGAN POLOS DENGAN $f_y = 240 \text{ MPa}$
7. PROFIL BAJA HARUS MENGACU ASTM A36
8. SEMUA GAMBAR SESUAI DENGAN SPESIFIKASI



Judul Tugas Akhir :

PERENCANAAN DERMAGA BATUBARA UNTUK TONGKANG 10.000 DWT DI TERSUS MOLOTABU, KABUPATEN BONE BALONGO, PROVINSI GORONTALO

Dosen Pembimbing :

Ir. FUDDOLY, M.Sc
CAHYA BUANA, ST., MT

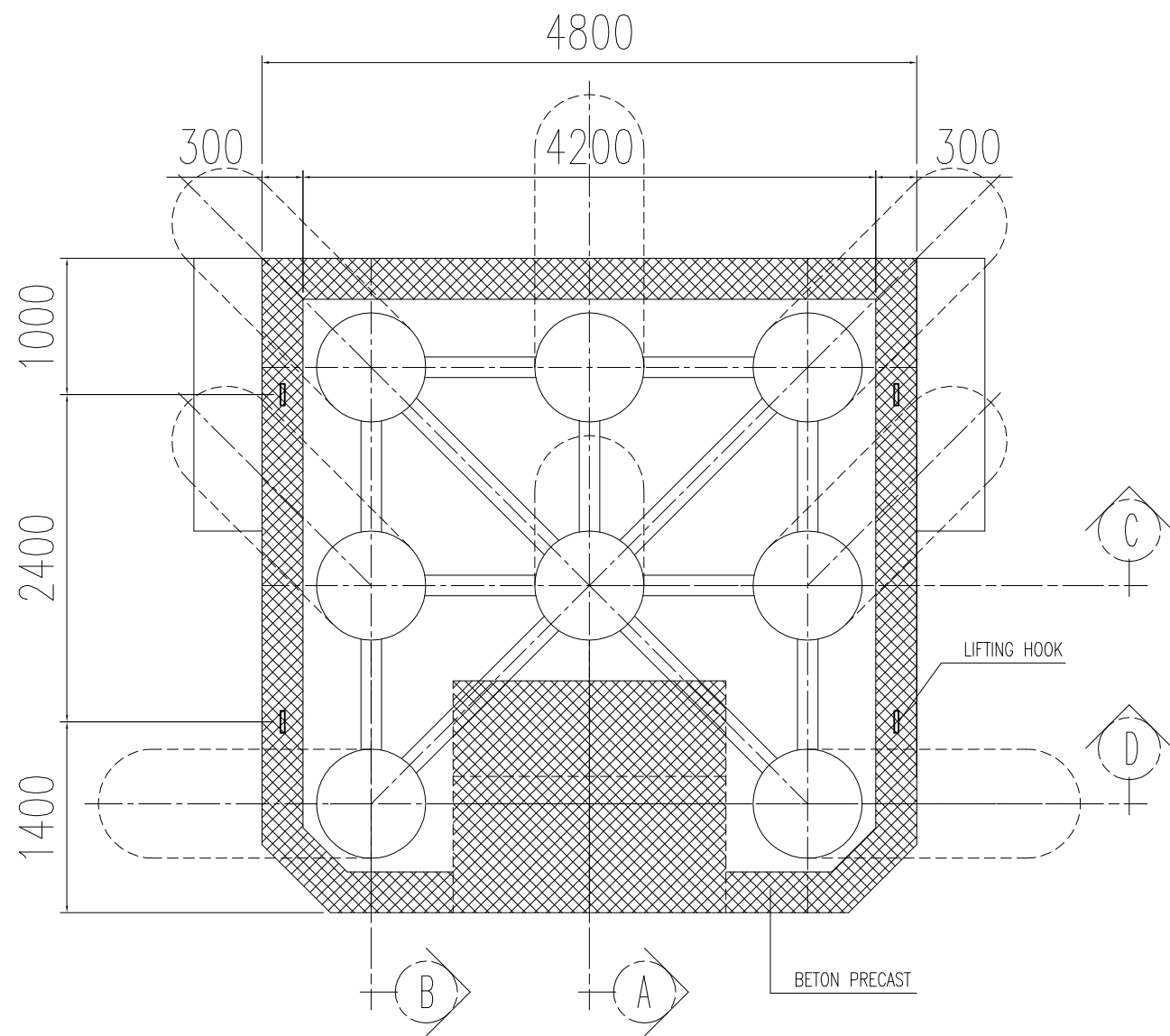
Mahasiswa :

RIZAL DWI SAPUTRA
03111645000028

Judul Gambar :

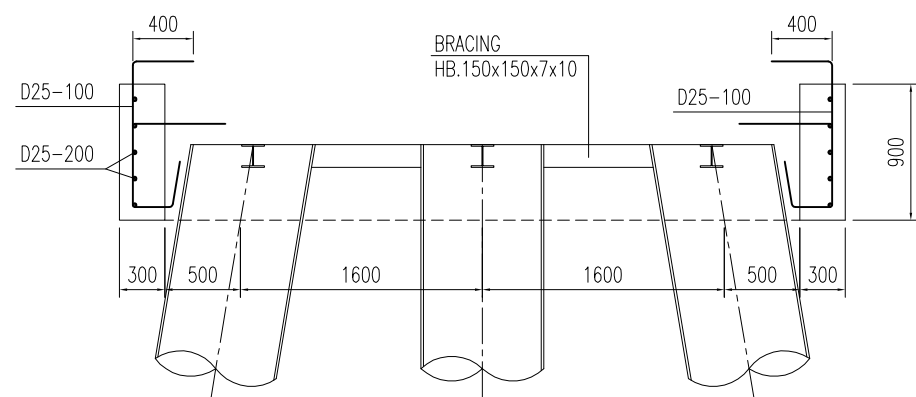
DENAH DAN TAMPAK BREASTING DOLPHIN

Nomor Drawing	Rev	Skala
028	A	-



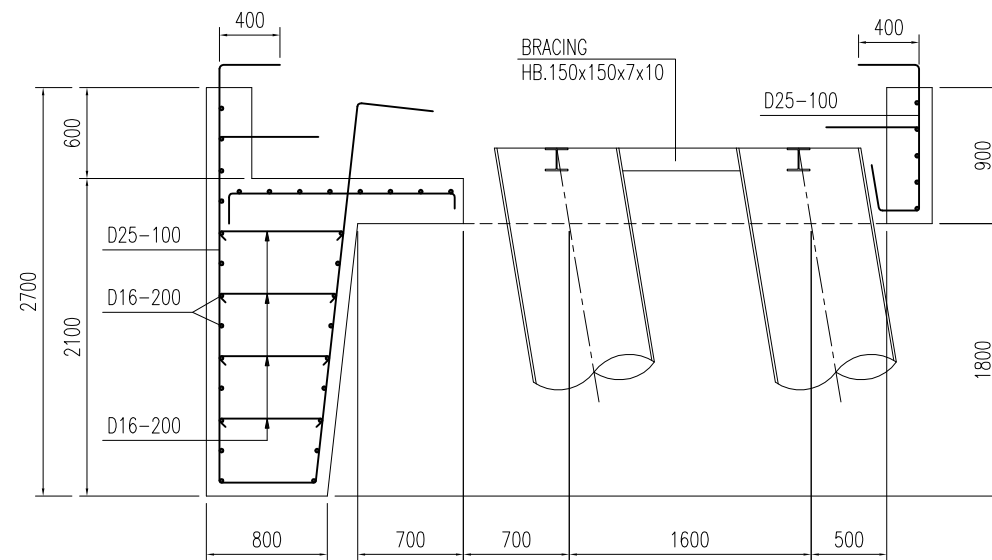
DENAH PRECAST BREASTING DOLPHIN

Skala 1:50



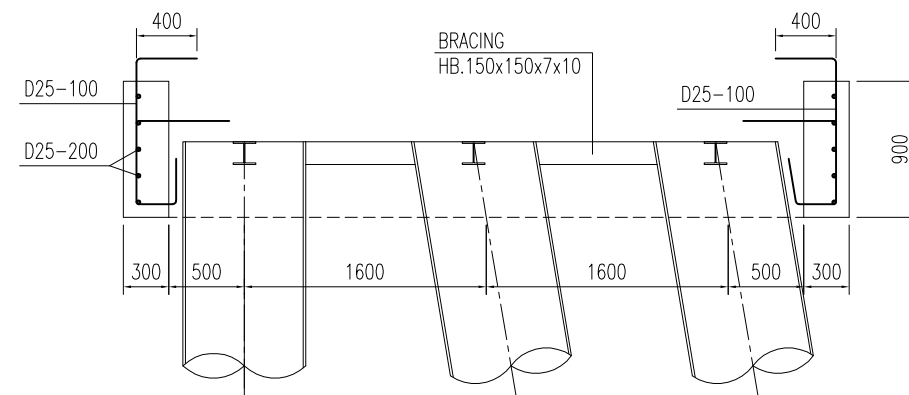
POTONGAN C

Skala 1:50



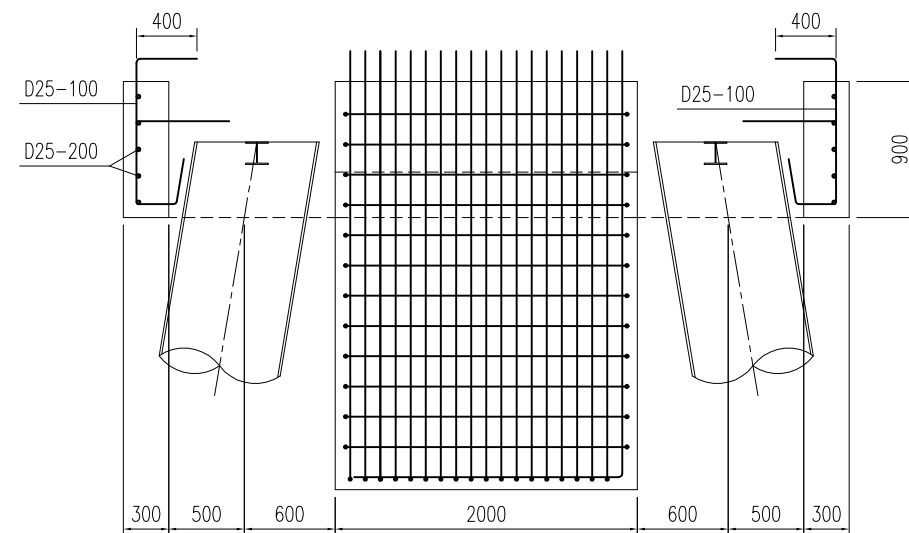
POTONGAN A

Skala 1:50



POTONGAN B

Skala 1:50



POTONGAN D

Skala 1:50

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 TANG PANCANG HARUS MENGACU ASTM A252 GRADE 2 DENGAN TEGANGAN LELEH 2400 kg/cm^2
5. TIANG PANCANG DIPROTEKSI DENGAN COATING DAN HDPE
6. MUTU BAJA TULANGAN MENGACU PADA SNI
 - D MENANDAKAN TULANGAN ULIR DENGAN $f_y = 390 \text{ MPa}$
 - Ø MENANDAKAN TULANGAN POLOS DENGAN $f_y = 240 \text{ MPa}$
7. PROFIL BAJA HARUS MENGACU ASTM A36
8. SEMUA GAMBAR SESUAI DENGAN SPESIFIKASI



Judul Tugas Akhir :

PERENCANAAN DERMAGA BATUBARA UNTUK TONGKANG 10.000 DWT DI TERSUS MOLOTABU, KABUPATEN BONE BALONGO, PROVINSI GORONTALO

Dosen Pembimbing :

Ir. FUDDOLY, M.Sc
CAHYA BUANA, ST., MT

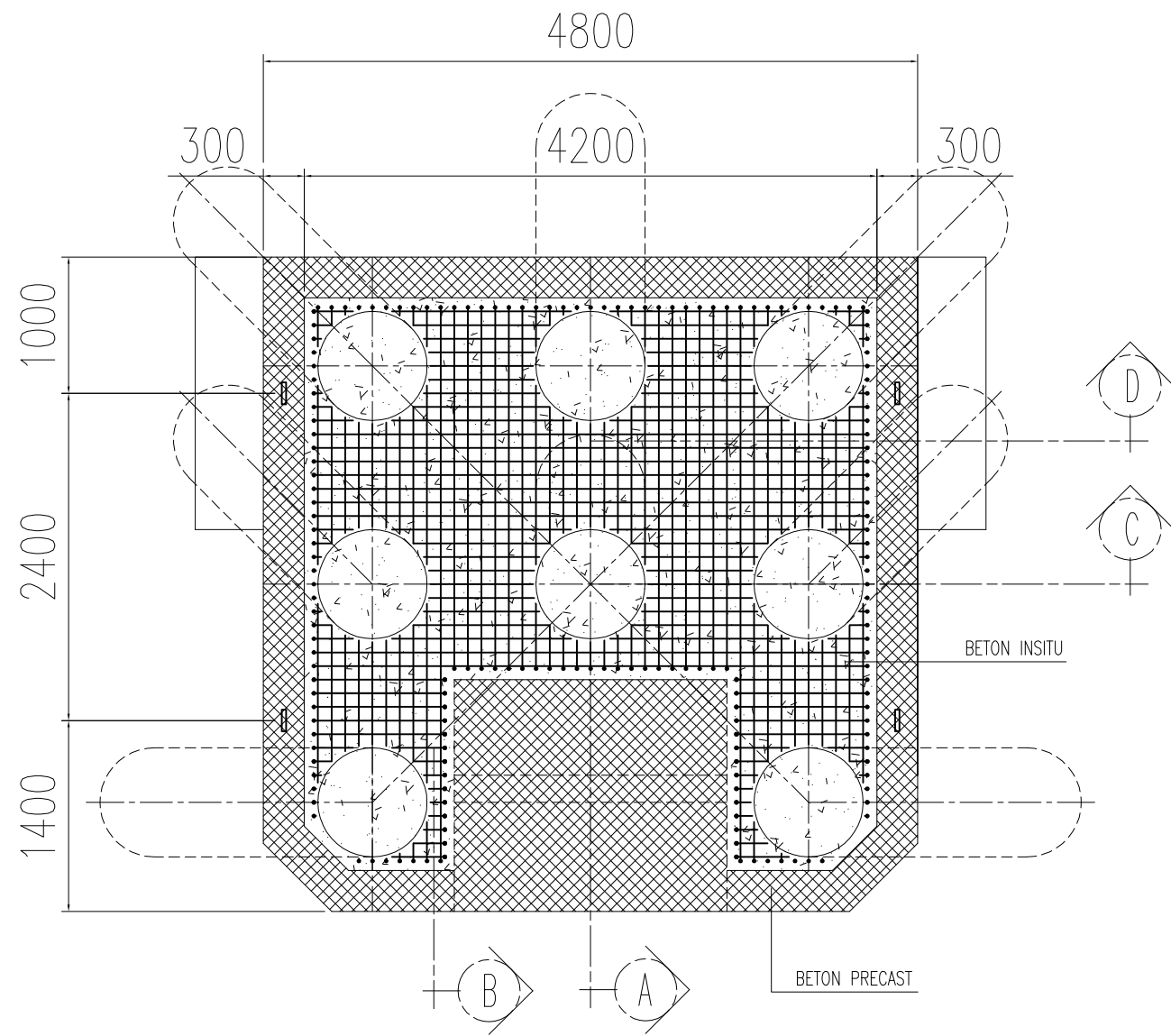
Mahasiswa :

RIZAL DWI SAPUTRA
03111645000028

Judul Gambar :

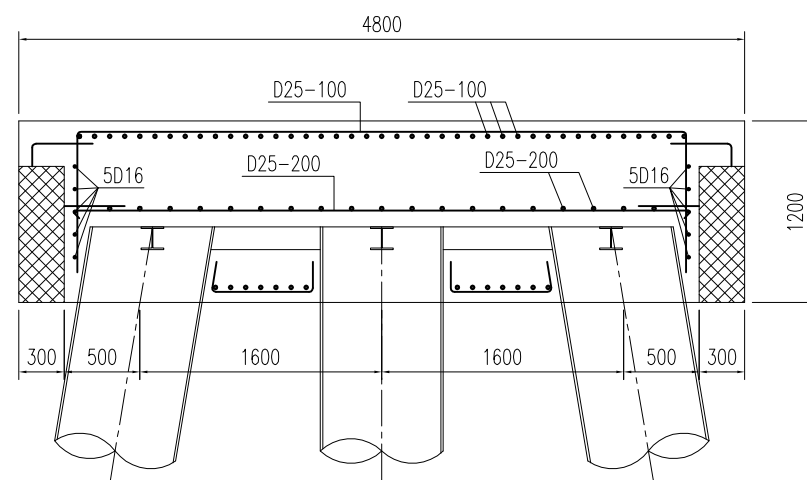
DETAIL PENULANGAN PRECAST BREASTING DOLPHIN

Nomor Drawing	Rev	Skala
029	A	-



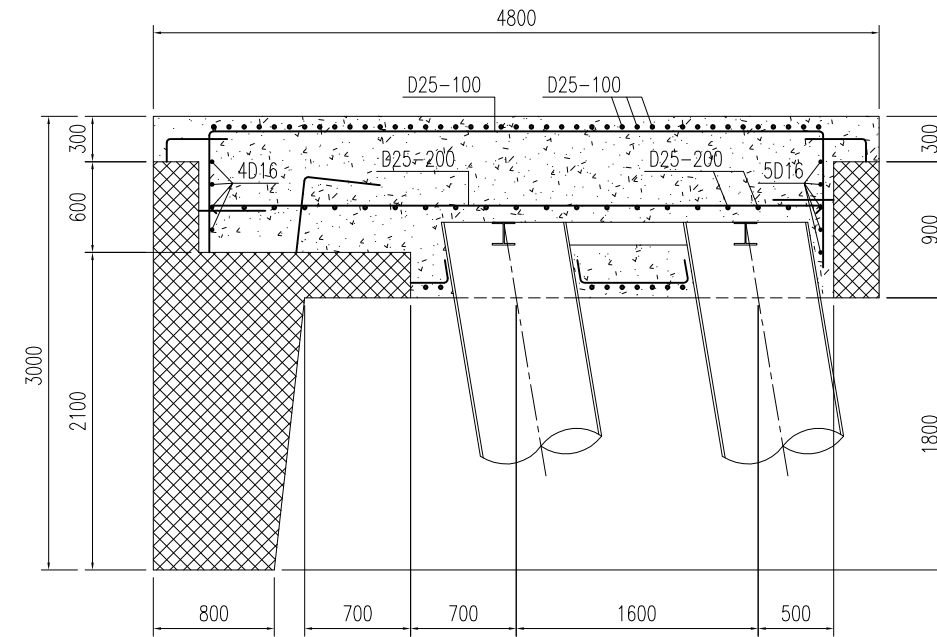
PENULANGAN BREASTING DOLPHIN

Skala 1:50



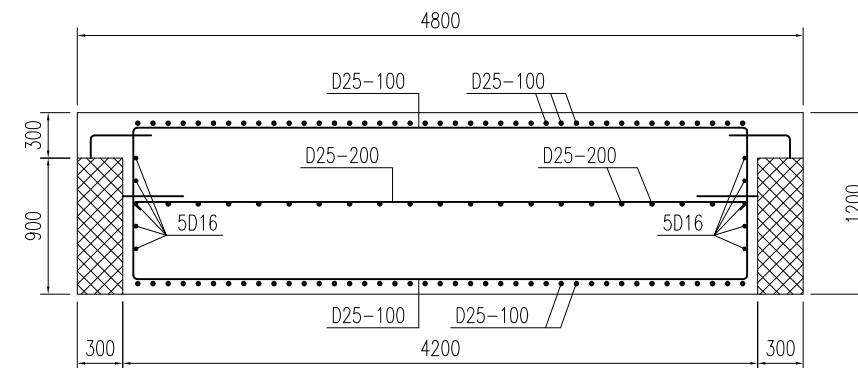
POTONGAN C

Skala 1:50



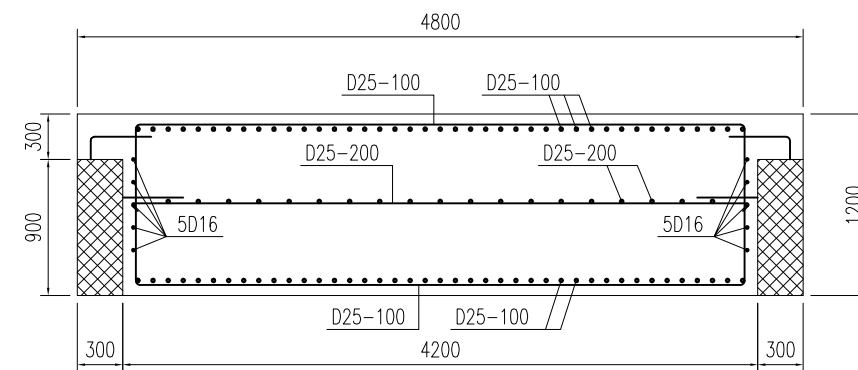
POTONGAN A

Skala 1:50



POTONGAN B

Skala 1:50



POTONGAN D

Skala 1:50

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 TANG PANCANG HARUS MENGACU ASTM A252 GRADE 2 DENGAN TEGANGAN LELEH 2400 kg/cm^2
5. TIANG PANCANG DIPROTEKSI DENGAN COATING DAN HDPE
6. MUTU BAJA TULANGAN MENGACU PADA SNI
7. D MENANDAKAN TULANGAN ULIR DENGAN $f_y = 390 \text{ MPa}$
8. \emptyset MENANDAKAN TULANGAN POLOS DENGAN $f_y = 240 \text{ MPa}$
9. PROFIL BAJA HARUS MENGACU ASTM A36
10. SEMUA GAMBAR SESUAI DENGAN SPESIFIKASI



Judul Tugas Akhir :

PERENCANAAN DERMAGA BATUBARA UNTUK TONGKANG 10.000 DWT DI TERSUS MOLOTABU, KABUPATEN BONE BALONGO, PROVINSI GORONTALO

Dosen Pembimbing :

Ir. FUDDOLY, M.Sc
CAHYA BUANA, ST., MT

Mahasiswa :

RIZAL DWI SAPUTRA
03111645000028

Judul Gambar :

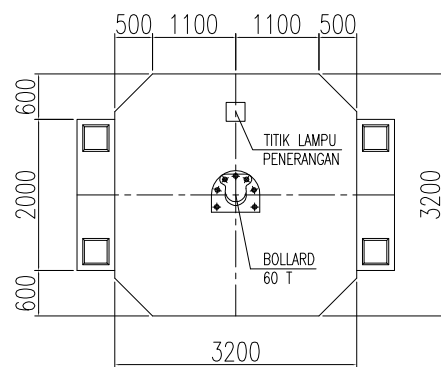
DETAIL PENULANGAN INSITU
BREASTING DOLPHIN

Nomor Drawing	Rev	Skala
030	A	-

030

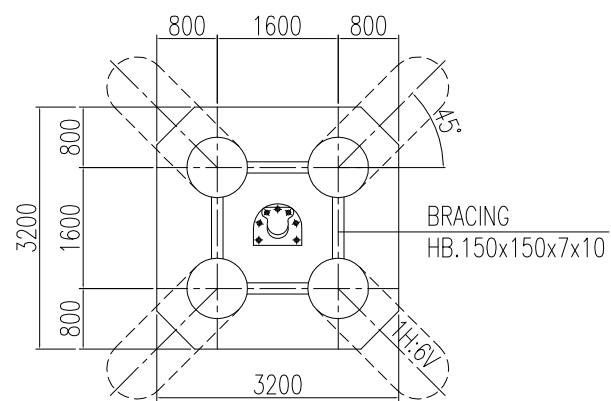
A

-



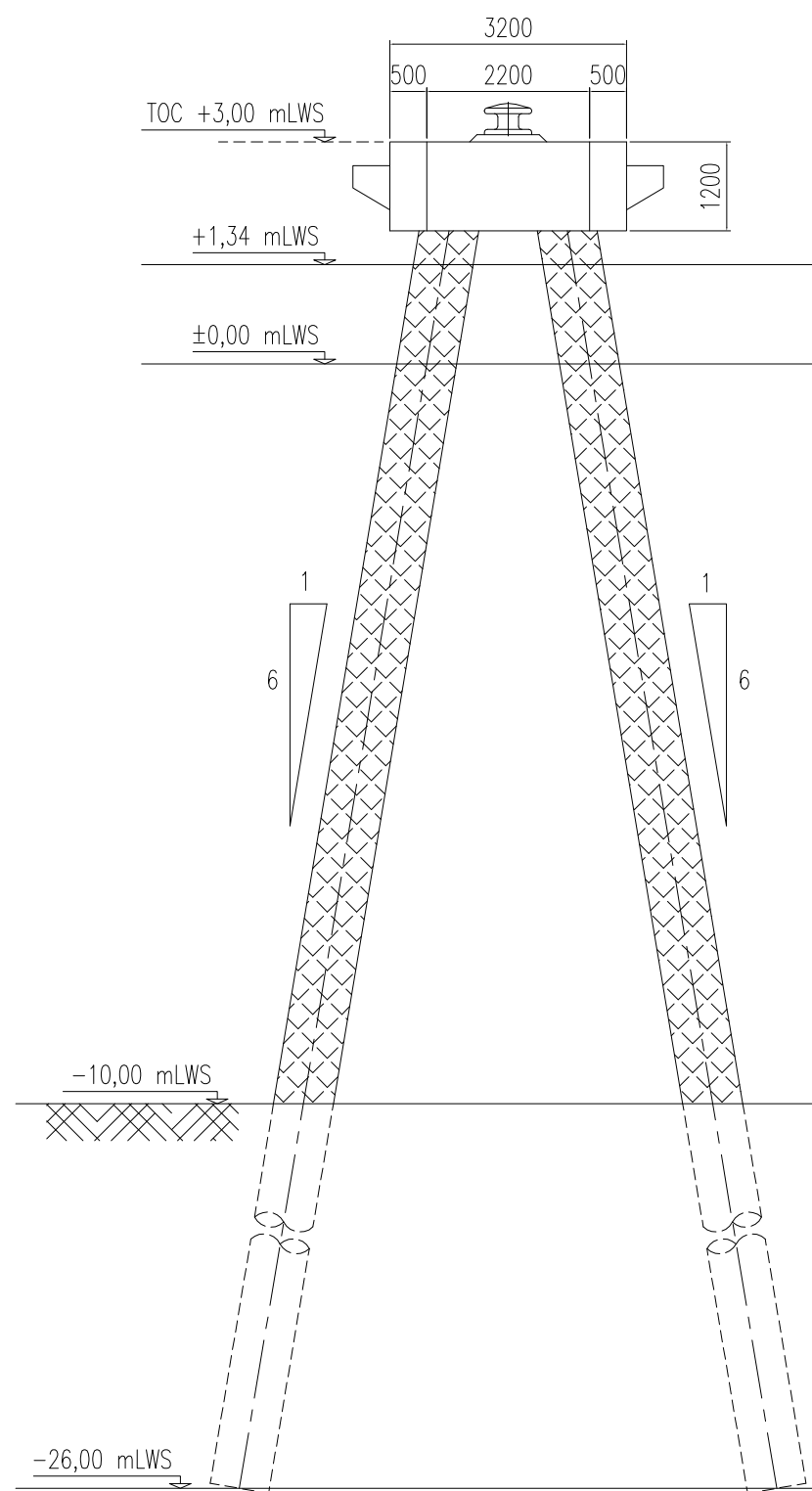
DENAH MOORING DOLPHIN

Skala 1:100



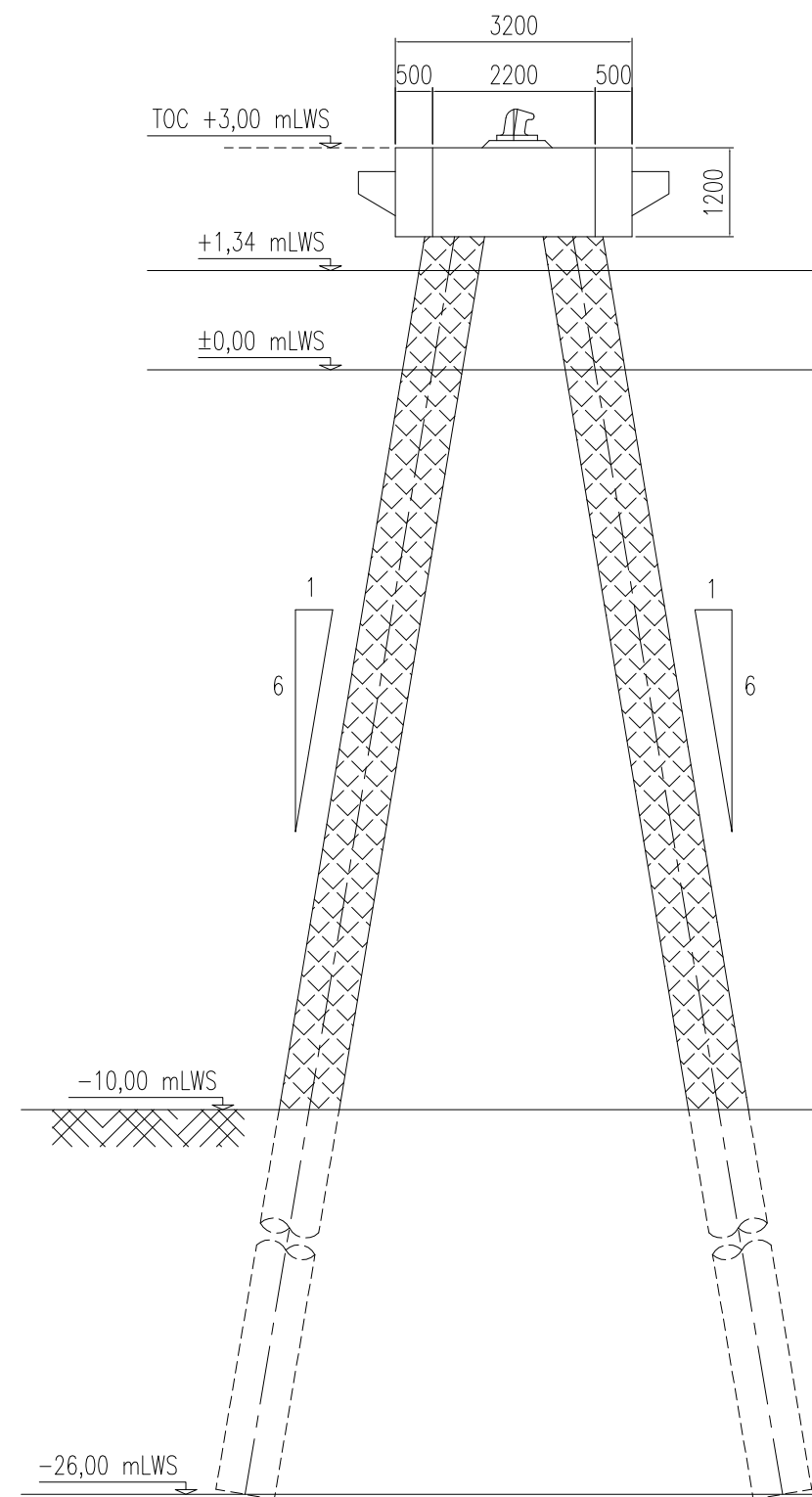
DENAH TIANG PANGCANG BD

Skala 1:100



TAMPAK DEPAN MOORING DOLPHIN

Skala 1:100



TAMPAK SAMPING MOORING DOLPHIN

Skala 1:100

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 PANGCANG HARUS MENGACU ASTM A252 GRADE 2 DENGAN TEGANGAN LELEH 2400 kg/cm^2
5. TIANG PANGCANG DIPROTEKSI DENGAN COATING DAN HDPE
6. MUTU BAJA TULANGAN MENGACU PADA SNI D MENANDAKAN TULANGAN ULIR DENGAN $f_y = 390 \text{ MPa}$ ϕ MENANDAKAN TULANGAN POLOS DENGAN $f_y = 240 \text{ MPa}$
7. PROFIL BAJA HARUS MENGACU ASTM A36
8. SEMUA GAMBAR SESUAI DENGAN SPESIFIKASI



Judul Tugas Akhir :

PERENCANAAN DERMAGA BATUBARA UNTUK TONGKANG 10.000 DWT DI TERSUS MOLOTABU, KABUPATEN BONE BALONGO, PROVINSI GORONTALO

Dosen Pembimbing :

Ir. FUDDOLY, M.Sc
CAHYA BUANA, ST., MT

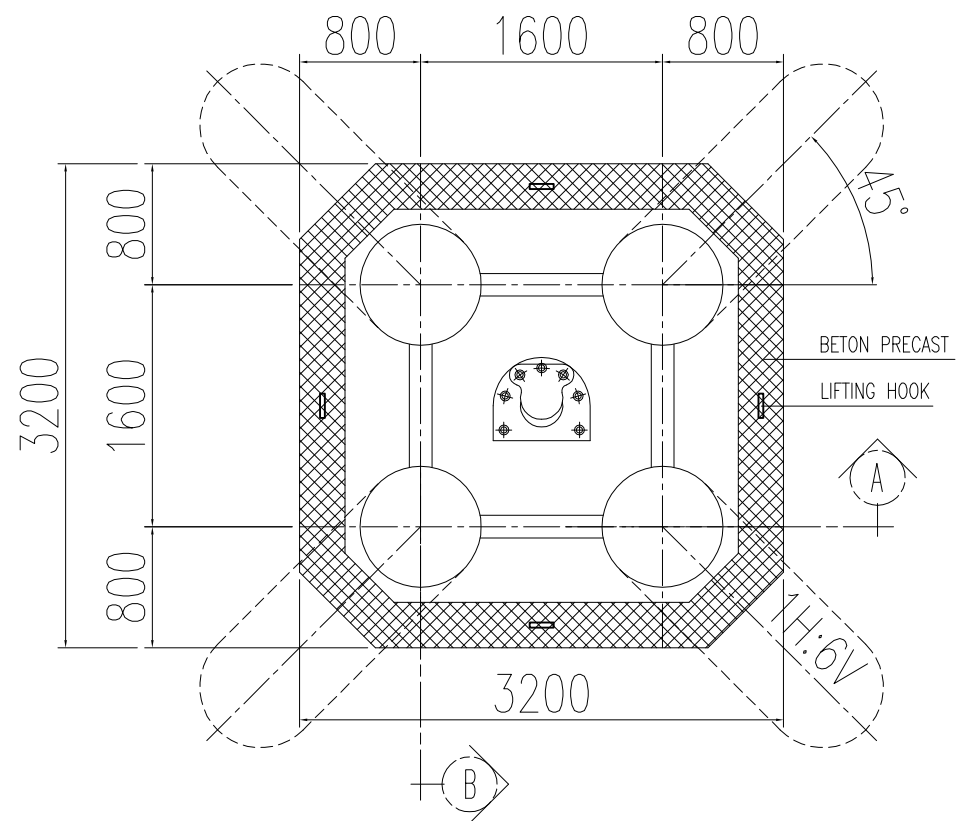
Mahasiswa :

RIZAL DWI SAPUTRA
03111645000028

Judul Gambar :

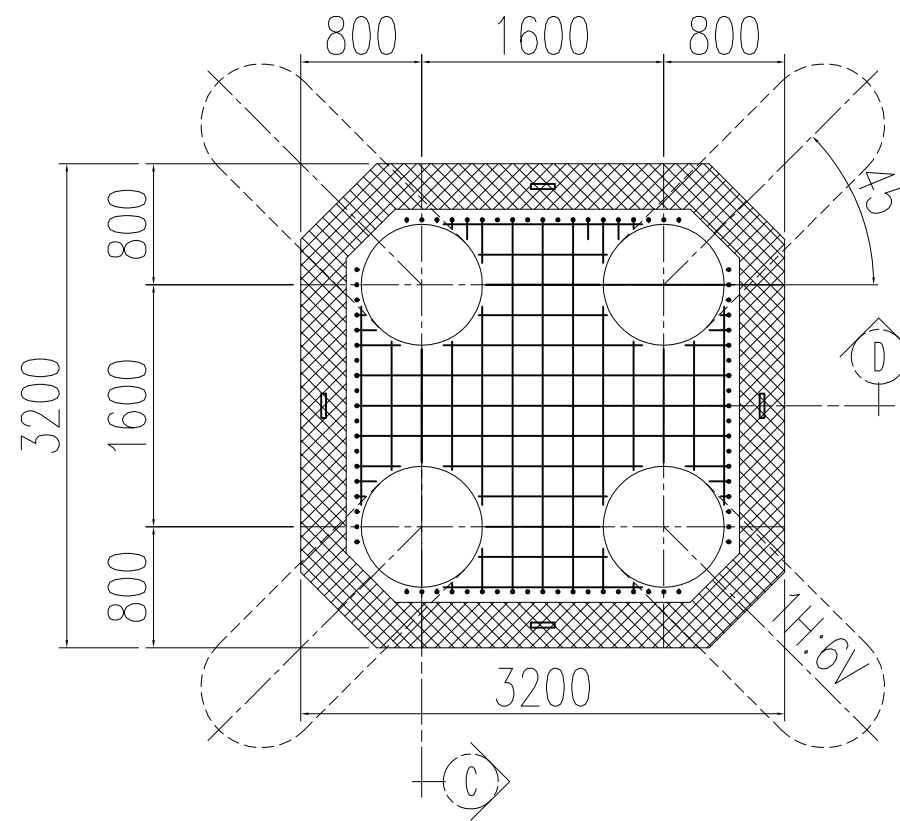
DENAH DAN TAMPAK MOORING DOLPHIN

Nomor Drawing	Rev	Skala
031	A	-



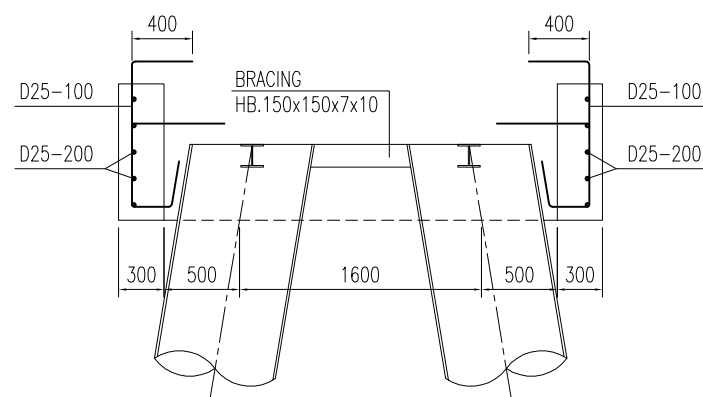
DENAH PRECAST MOORING DOLPHIN

Skala 1:50



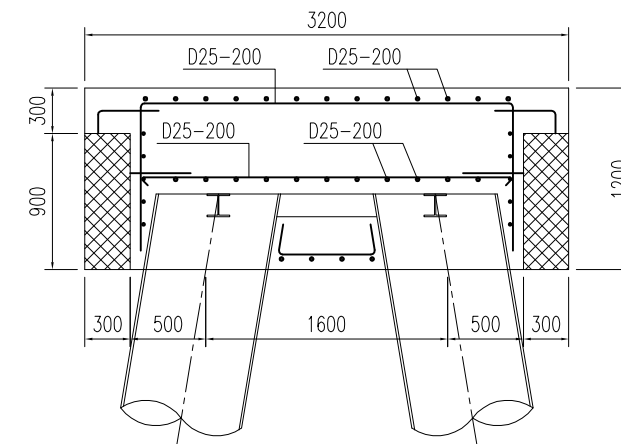
PENULANGAN MOORING DOLPHIN

Skala 1:50



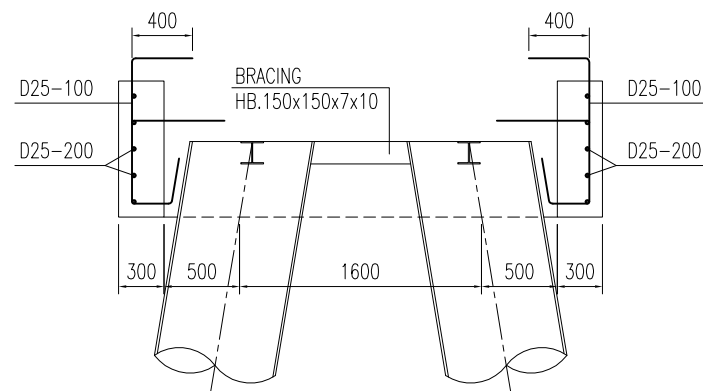
POTONGAN A

Skala 1:50



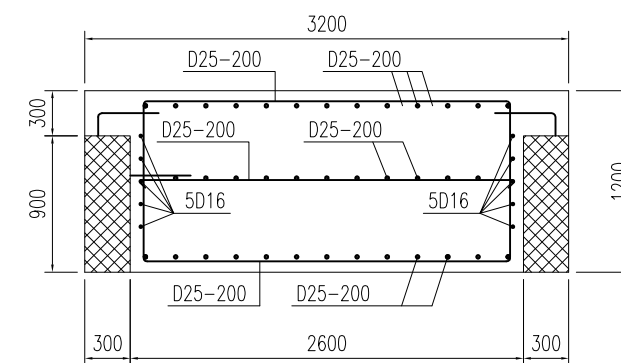
POTONGAN C

Skala 1:50



POTONGAN B

Skala 1:50



POTONGAN D

Skala 1:50

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 TANG PANCANG HARUS MENGACU ASTM A252 GRADE 2 DENGAN TEGANGAN LELEH 2400 kg/cm^2
5. TIANG PANCANG DIPROTEKSI DENGAN COATING DAN HDPE
6. MUTU BAJA TULANGAN MENGACU PADA SNI
 - D MENANDAKAN TULANGAN ULIR DENGAN $f_y = 390 \text{ MPa}$
 - Ø MENANDAKAN TULANGAN POLOS DENGAN $f_y = 240 \text{ MPa}$
7. PROFIL BAJA HARUS MENGACU ASTM A36
8. SEMUA GAMBAR SESUAI DENGAN SPESIFIKASI



Judul Tugas Akhir :

PERENCANAAN DERMAGA BATUBARA UNTUK TONGKANG 10.000 DWT DI TERSUS MOLOTABU, KABUPATEN BONE BALONGO, PROVINSI GORONTALO

Dosen Pembimbing :

Ir. FUDDOLY, M.Sc
CAHYA BUANA, ST., MT

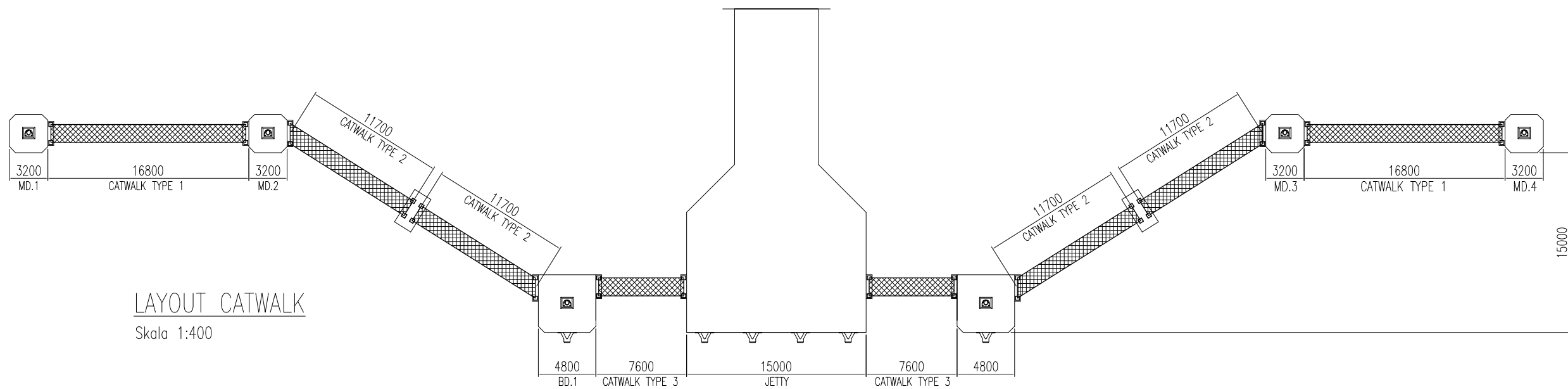
Mahasiswa :

RIZAL DWI SAPUTRA
03111645000028

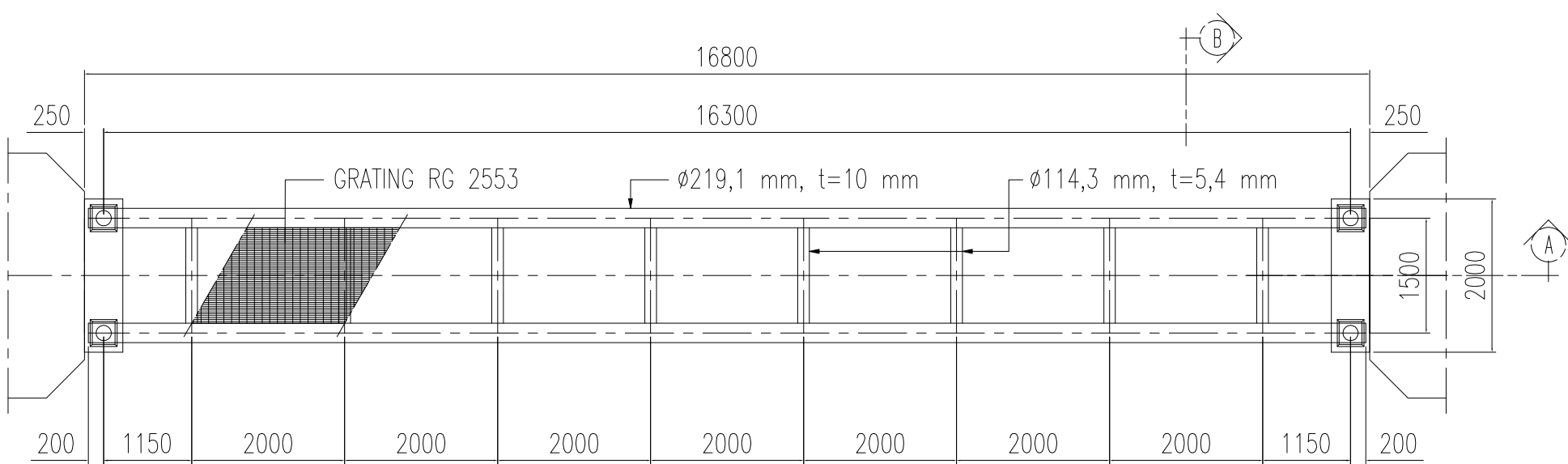
Judul Gambar :

DETAIL PENULANGAN PRECAST DAN INSITU MOORING DOLPHIN

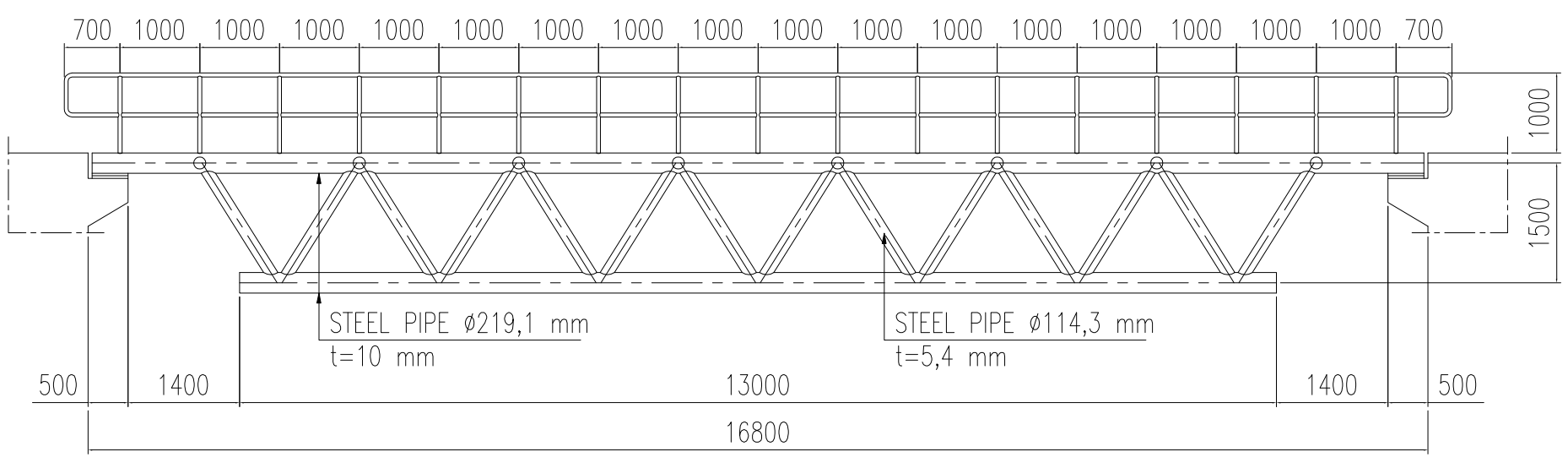
Nomor Drawing	Rev	Skala
032	A	-



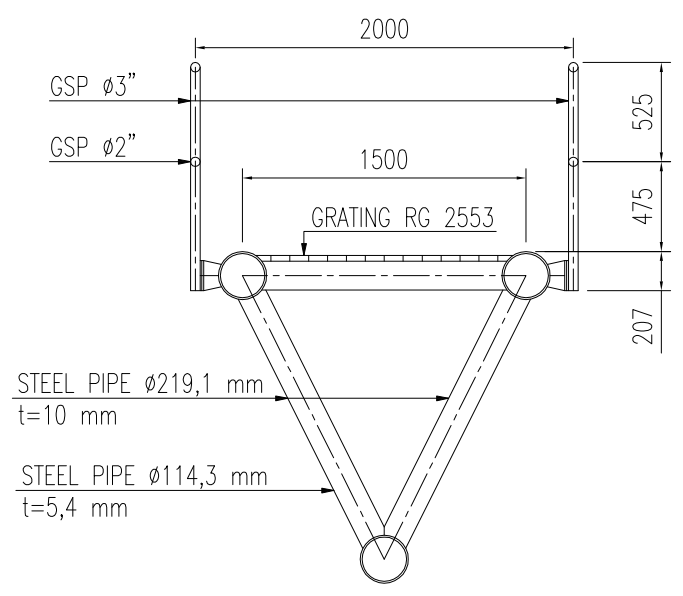
LAYOUT CATWALK
Skala 1:400



DENAH CATWALK TYPE 1
Skala 1:80



POTONGAN A
Skala 1:80



POTONGAN B
Skala 1:40

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 TANG PANCANG HARUS MENGACU ASTM A252 GRADE 2 DENGAN TEGANGAN LELEH 2400 kg/cm^2
5. TIANG PANCANG DIPROTEKSI DENGAN COATING DAN HDPE
6. MUTU BAJA TULANGAN MENGACU PADA SNI D MENANDAKAN TULANGAN ULIR DENGAN $f_y = 390 \text{ MPa}$ Ø MENANDAKAN TULANGAN POLOS DENGAN $f_y = 240 \text{ MPa}$
7. PROFIL BAJA HARUS MENGACU ASTM A36
8. SEMUA GAMBAR SESUAI DENGAN SPESIFIKASI



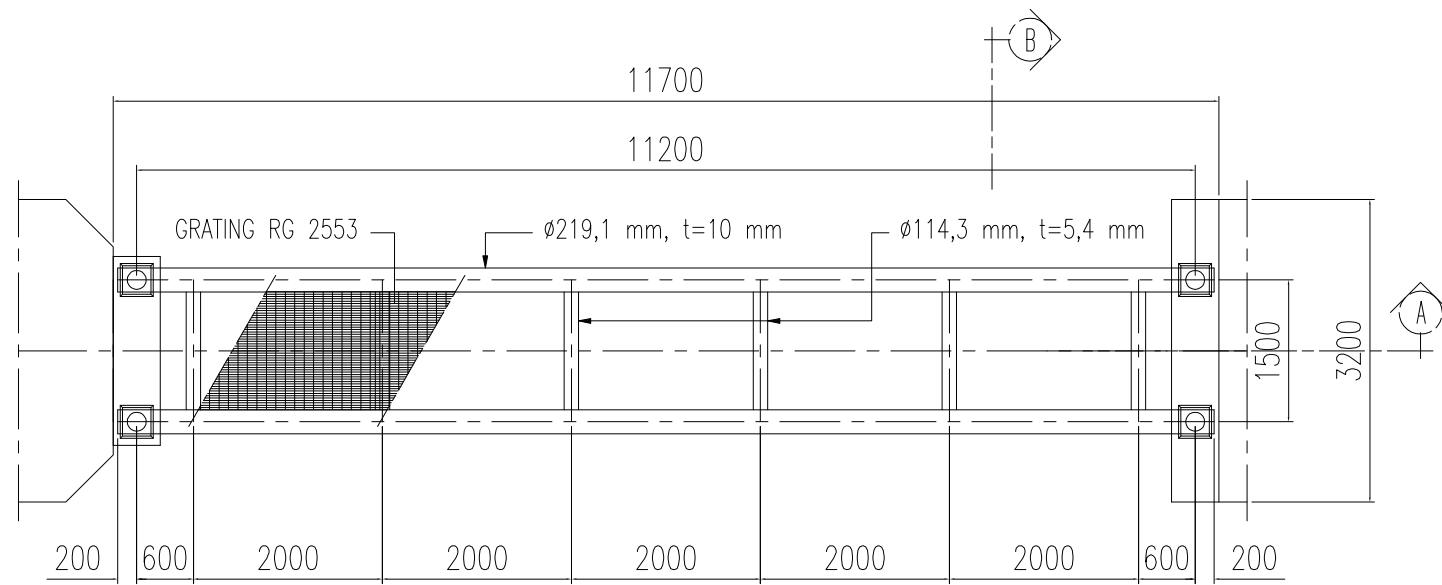
Judul Tugas Akhir :
PERENCANAAN DERMAGA BATUBARA UNTUK TONGKANG 10.000 DWT DI TERSUS MOLOTABU, KABUPATEN BONE BALONGO, PROVINSI GORONTALO

Dosen Pembimbing :
Ir. FUDDOLY, M.Sc
CAHYA BUANA, ST., MT

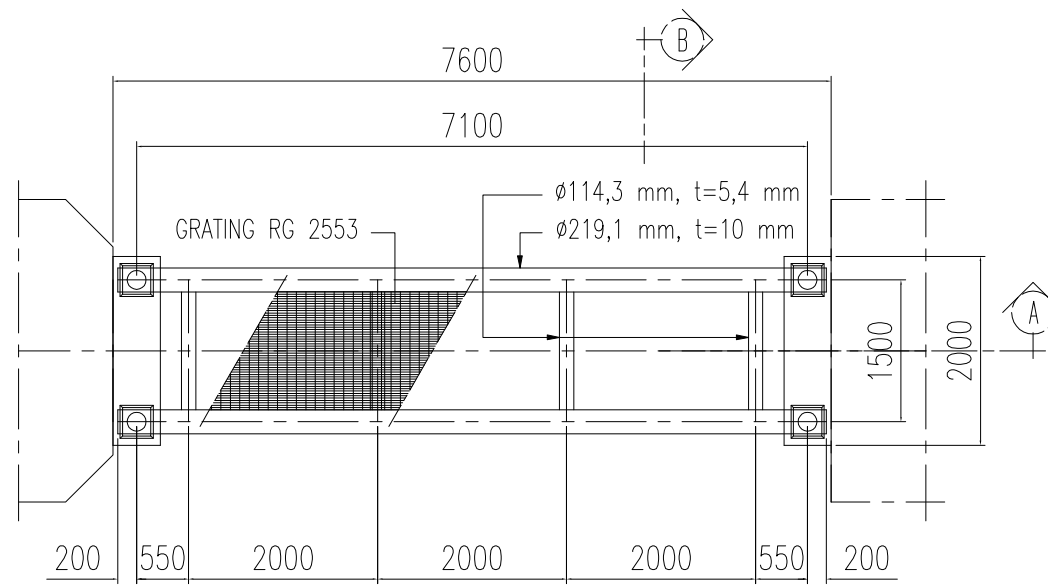
Mahasiswa :
RIZAL DWI SAPUTRA
03111645000028

Judul Gambar :
LAYOUT CATWALK DAN DENAH CATWALK TIPE 1

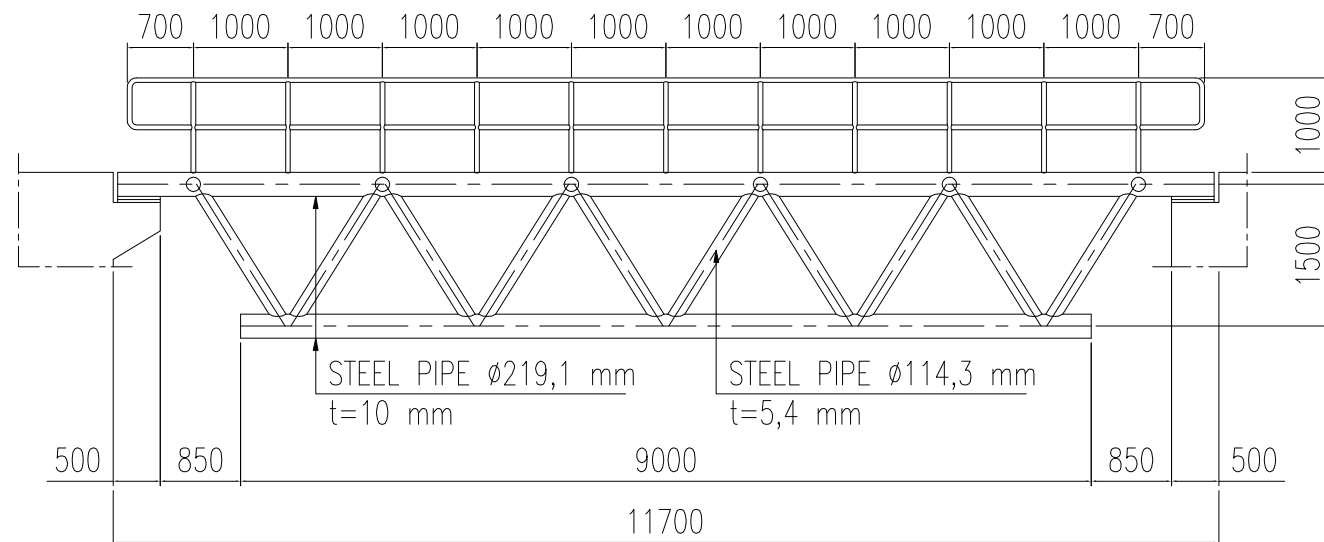
Nomor Drawing	Rev	Skala
033	A	-



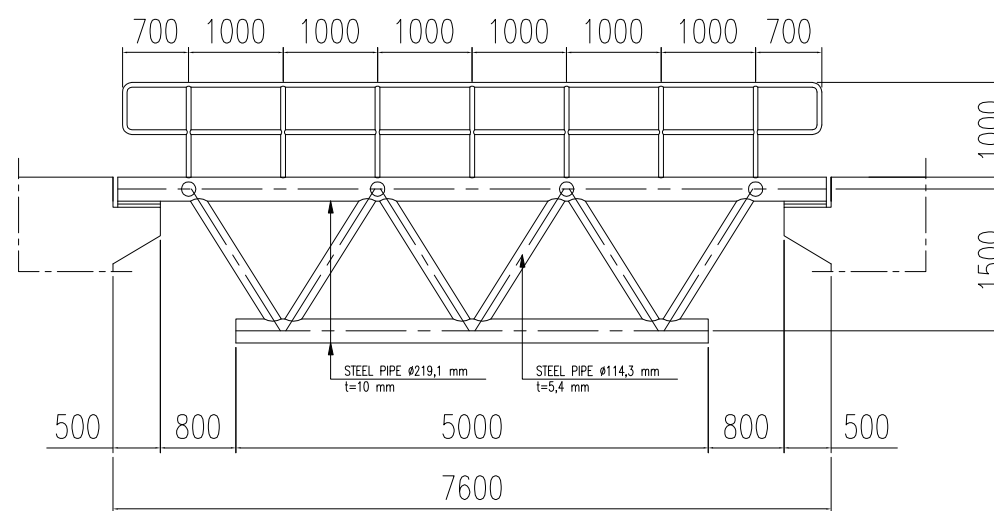
DENAH CATWALK TYPE 2
Skala 1:80



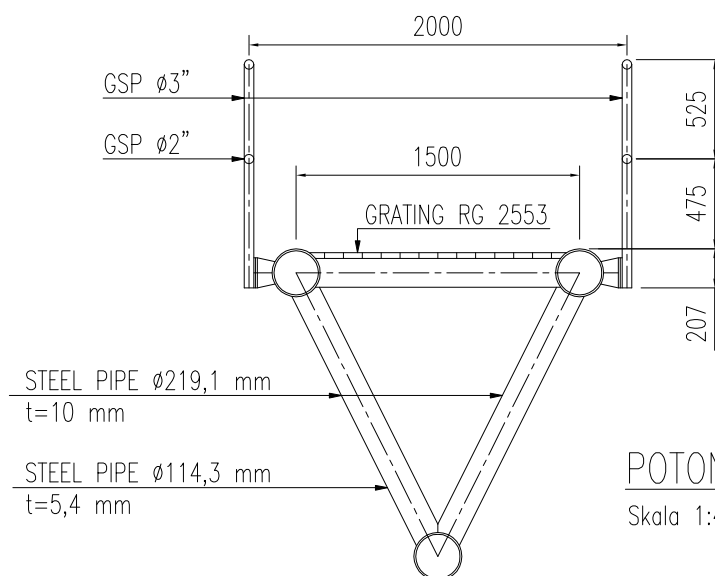
DENAH CATWALK TYPE 3
Skala 1:80



POTONGAN A
Skala 1:80



POTONGAN A
Skala 1:80



POTONGAN B
Skala 1:40

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 TANG PANCANG HARUS MENGACU ASTM A252 GRADE 2 DENGAN TEGANGAN LELEH 2400 kg/cm^2
5. TIANG PANCANG DIPROTEKSI DENGAN COATING DAN HDPE
6. MUTU BAJA TULANGAN MENGACU PADA SNI
 - D MENANDAKAN TULANGAN ULIR DENGAN $f_y = 390 \text{ MPa}$
 - Ø MENANDAKAN TULANGAN POLOS DENGAN $f_y = 240 \text{ MPa}$
7. PROFIL BAJA HARUS MENGACU ASTM A36
8. SEMUA GAMBAR SESUAI DENGAN SPESIFIKASI



Judul Tugas Akhir :

PERENCANAAN DERMAGA BATUBARA UNTUK TONGKANG 10.000 DWT DI TERSUS MOLOTABU, KABUPATEN BONE BALONGO, PROVINSI GORONTALO

Dosen Pembimbing :

Ir. FUDDOLY, M.Sc
CAHYA BUANA, ST., MT

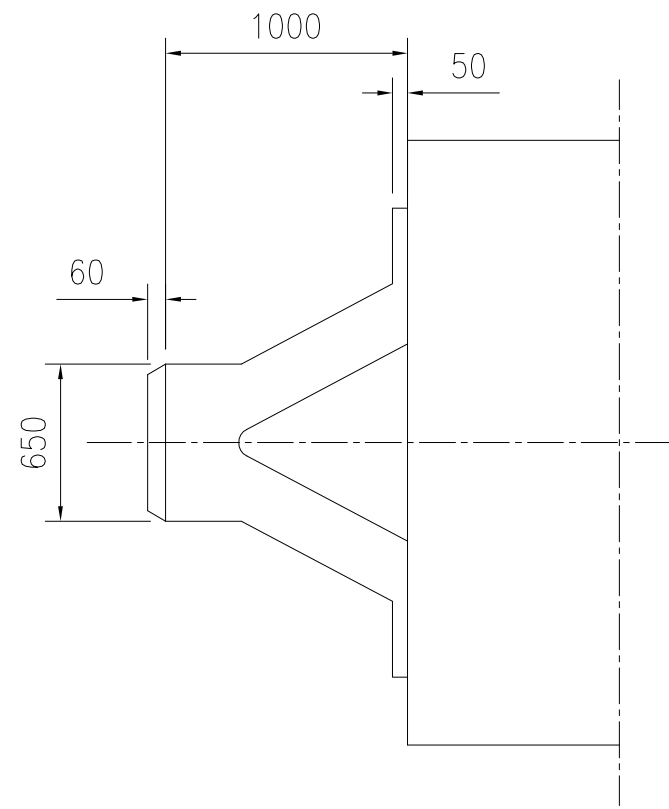
Mahasiswa :

RIZAL DWI SAPUTRA
03111645000028

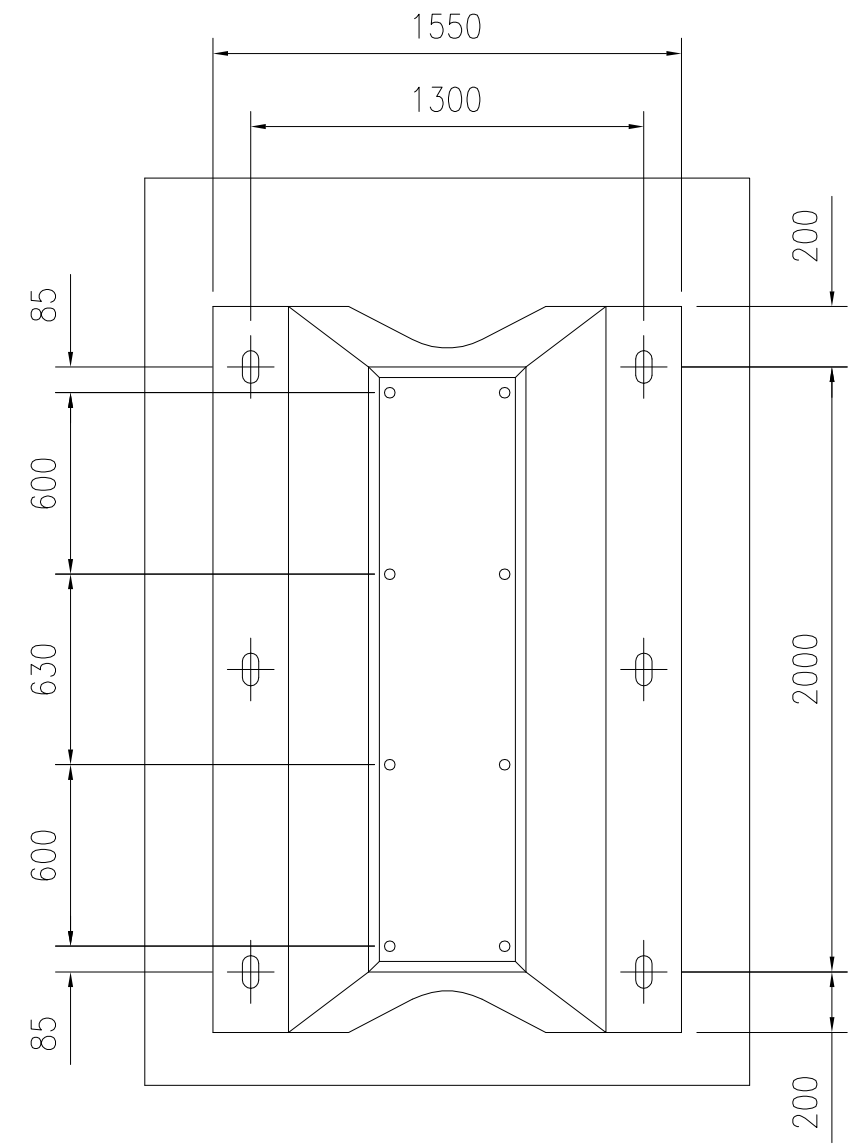
Judul Gambar :

DENAH CATWALK DAN POTONGAN CATWALK TIPE 2 DAN 3

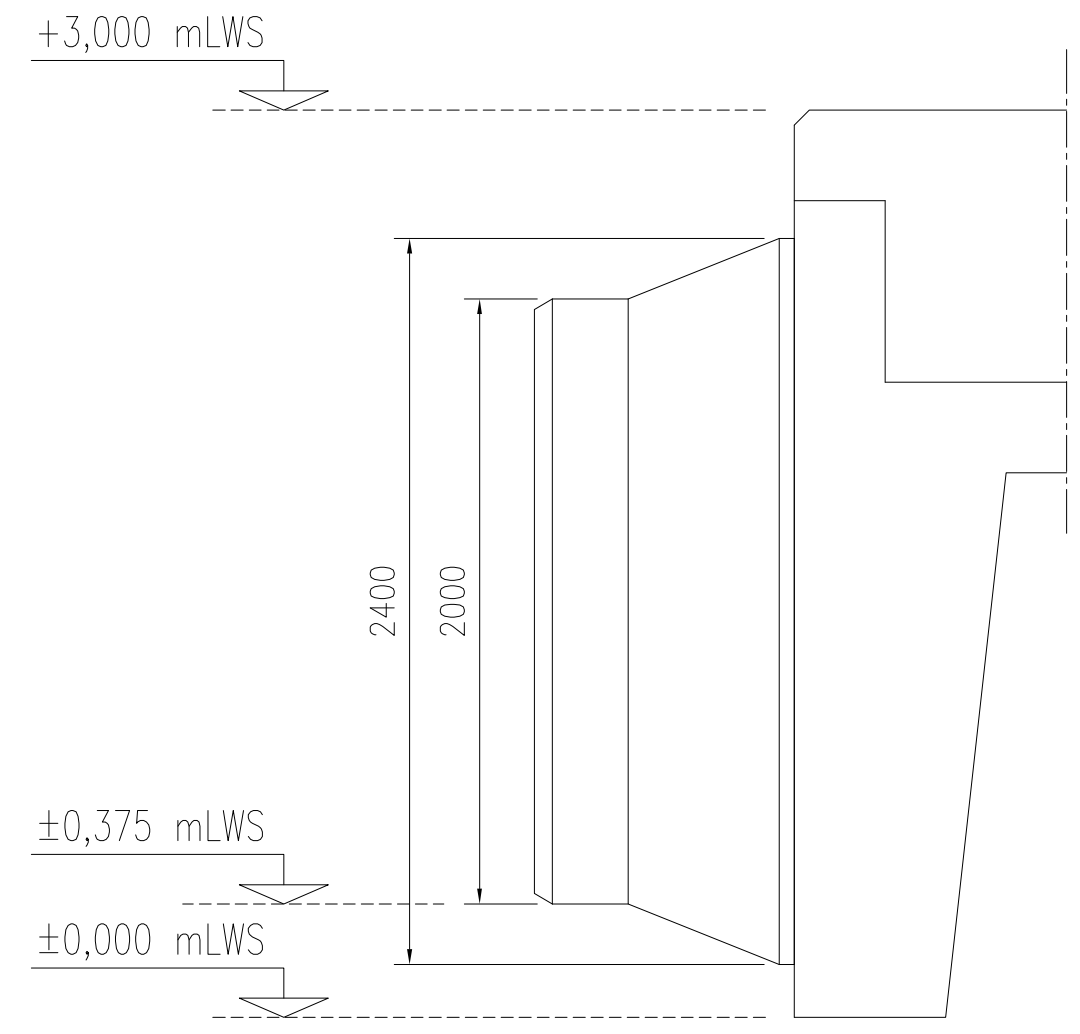
Nomor Drawing	Rev	Skala
034	A	-



TAMPAK ATAS ANP ARCH FENDER 1000 E 1.2
Skala 1:25



TAMPAK DEPAN FENDER
Skala 1:25



TAMPAK SAMPING FENDER
Skala 1:25

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 TANG PANCANG HARUS MENGACU ASTM A252 GRADE 2 DENGAN TEGANGAN LELEH 2400 kg/cm^2
5. TIANG PANCANG DIPROTEKSI DENGAN COATING DAN HDPE
6. MUTU BAJA TULANGAN MENGACU PADA SNI ϕ MENANDAKAN TULANGAN ULIR DENGAN $f_y = 390 \text{ MPa}$
7. PROFIL BAJA HARUS MENGACU ASTM A36
8. SEMUA GAMBAR SESUAI DENGAN SPESIFIKASI



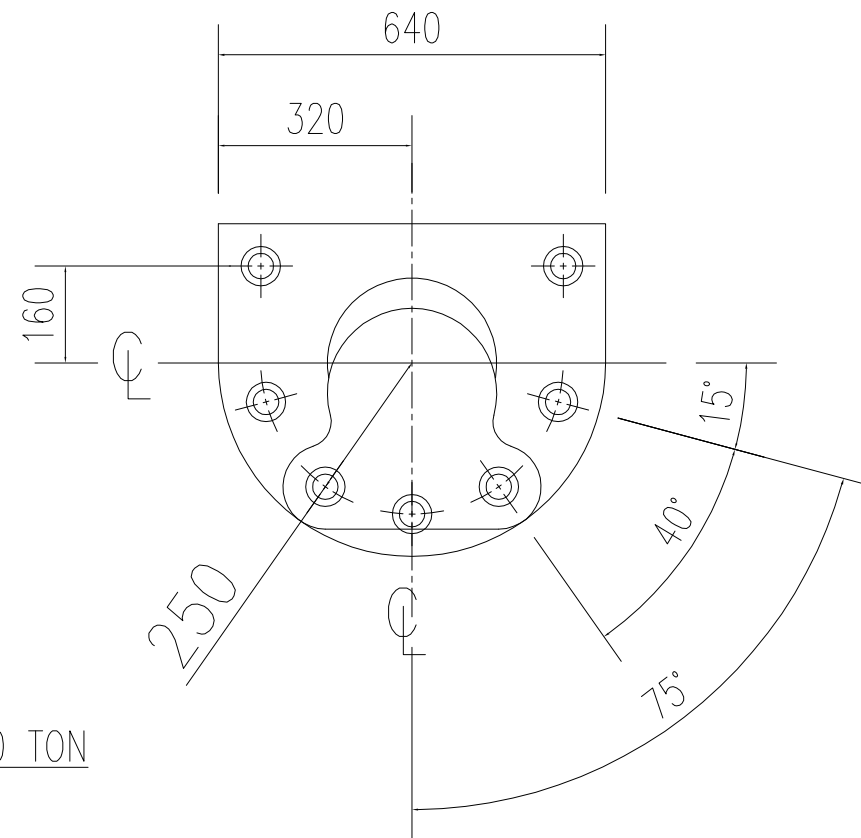
Judul Tugas Akhir :
PERENCANAAN DERMAGA BATUBARA UNTUK TONGKANG 10.000 DWT DI TERSUS MOLOTABU, KABUPATEN BONE BALONGO, PROVINSI GORONTALO

Dosen Pembimbing :
Ir. FUDDOLY, M.Sc
CAHYA BUANA, ST., MT

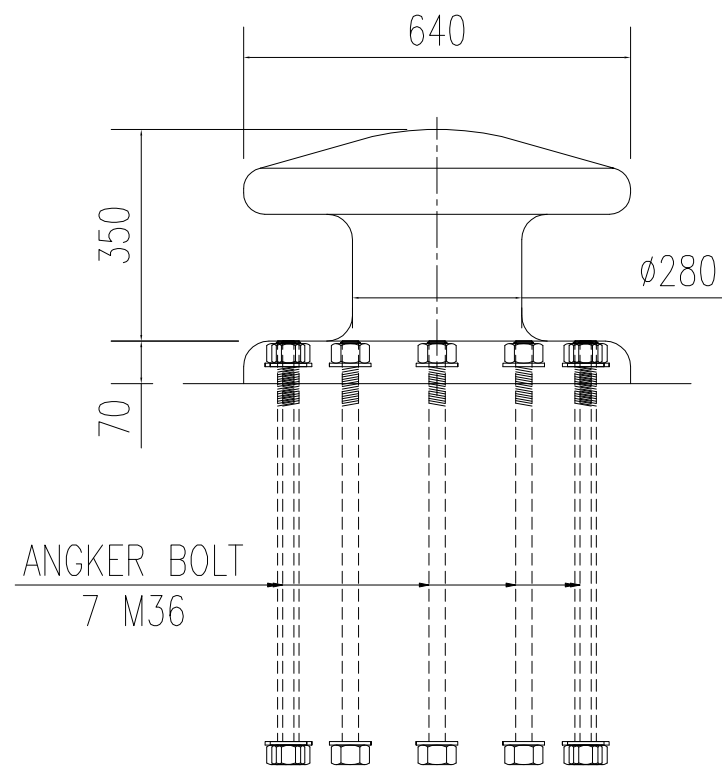
Mahasiswa :
RIZAL DWI SAPUTRA
0311164500028

Judul Gambar :
DETAIL ANP ARCH FENDER 1000 E 1.2

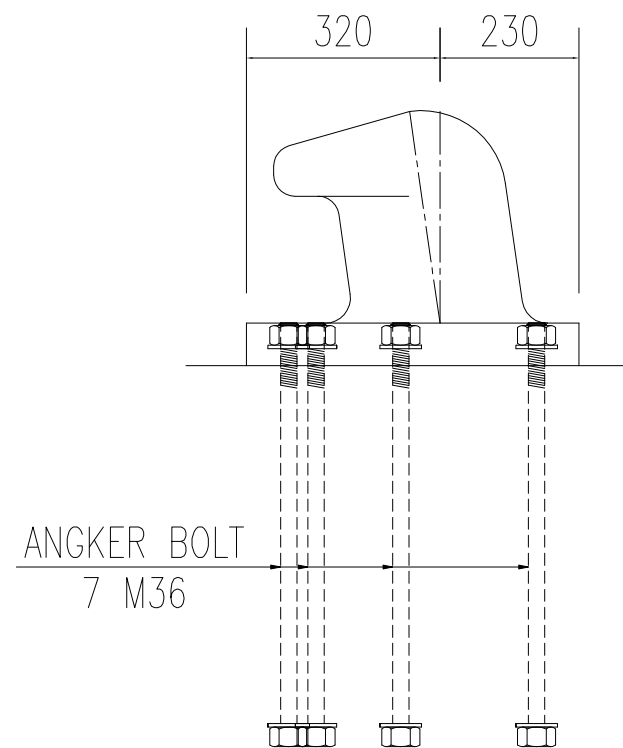
Nomor Drawing	Rev	Skala
035	A	-



TAMPAK ATAS TEE BOLLARD 60 TON
Skala 1:10



TAMPAK DEPAN BOLLARD
Skala 1:10



TAMPAK SAMPING BOLLARD
Skala 1:10

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 TANG PANCANG HARUS MENGACU ASTM A252 GRADE 2 DENGAN TEGANGAN LELEH 2400 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 SPESIFIKASI



Judul Tugas Akhir :

PERENCANAAN DERMAGA BATUBARA UNTUK
TONGKANG 10.000 DWT DI TERSUS MOLOTABU,
KABUPATEN BONE BALONGO, PROVINSI GORONTALO

Dosen Pembimbing :

Ir. FUDDOLY, M.Sc
CAHYA BUANA, ST., MT

Mahasiswa :

RIZAL DWI SAPUTRA
03111645000028

Judul Gambar :

DETAIL TEE BOLLARD 60 TON

Nomor Drawing	Rev	Skala
036	A	-

BIODATA PENULIS



Rizal Dwi Saputra,
Penulis dilahirkan di Mojokerto 12
Maret 1994, merupakan anak kedua
dari 2 bersaudara. Penulis telah
menempuh pendidikan formal di TK
Darma Wanita Sumbersono
(Mojokerto), SDN Sumbersono
(Mojokerto), SMP Negeri 1 Dlanggu
(Mojokerto), SMA Negeri 1 Gondang
(Mojokerto). Setelah lulus dari SMA
Negeri 1 Gondang tahun 2012,
Penulis mengikuti ujian masuk
Diploma ITS dan diterima di Jurusan
Diploma III Teknik Sipil FTSP-ITS

pada tahun 2013 dan terdaftar dengan NRP 3113 030 094.
Dijurusan Diploma III Teknik Sipil penulis mengambil bidang
studi Bangunan Transportasi. Penulis sempat mengikuti magang
kerja di “Proyek Tol Surabaya-Mojokerto Seksi 4, PT. WIKA
Persero Tbk” pada tahun 2015. Penulis pernah aktif di Himpunan
Mahasiswa Diploma Sipil (HMDS) sebagai staff di departemen
Big Event periode 2014-2015. Kemudian setelah lulus dari
Diploma III Teknik Sipil FTSP-ITS, penulis mengikuti ujian
masuk Program S1 Lintas Jalur Jurusan Teknik Sipil FTSLK-ITS
dan diterima di Program S1 Lintas Jalur Jurusan Teknik Sipil
FTSLK-ITS pada tahun 2016 dan terdaftar dengan NRP 03111
645 000 028. Untuk pertanyaan mengenai Tugas Akhir dapat
menghubungi penulis via email : rizaldwisap@gmail.com atau
No. HP : 081554317850.