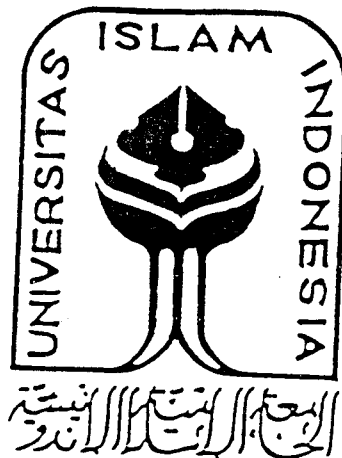


TUGAS AKHIR

**PERENCANAAN ULANG DERMAGA
MILIK PT. SRIBOGA RATU RAYA
DI PELABUHAN TANJUNG EMAS SEMARANG**



Disusun Oleh :

ARIF JOKO YUNARTO

No. Mhs : 92 310 056

NIRM : 920051013114120056

BUDI NUGROHO

No. Mhs : 92 310 058

NIRM : 920051012114120058

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA**

1997

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG DERMAGA
MILIK PT. SRIBOGA RATU RAYA
DI PELABUHAN TANJUNG EMAS SEMARANG

Disusun Oleh :

ARIF JOKO YUNARTO

No. Mhs : 92 310 056

NIRM : 920051013114120056

BUDI NUGROHO

No. Mhs : 92 310 058

NIRM : 920051012114120058

Diajukan Guna Melengkapi Persyaratan Untuk
Memperoleh Derajat Sarjana Negara
Jurusan Teknik Sipil
Pada Kopertis Wilayah V
Yogyakarta

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA

1997

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

**PERENCANAAN ULANG DERMAGA
MILIK PT. SRIBOGA RATU RAYA
DI PELABUHAN TANJUNG EMAS SEMARANG**

Disusun Oleh :

NAMA : ARIF JOKO YUNARTO
NIM : 92 310 056
NIRM : 920051013114120056

NAMA : BUDI NUGROHO
NIM : 92 310 058
NIRM : 920051013114120058

Diperiksa dan disetujui oleh :

Ir. H.M. SAMSUDIN

Dosen Pembimbing I


Tgl.

10 - 11 - '97

Ir. RUZARDI, MS

Dosen Pembimbing II

Tgl.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Puji syukur kami kehadirat Allah SWT. yang telah melimpahkan rahmat dan hidayahNya, sehingga kami dapat menyelesaikan Tugas akhir ini.

Tugas akhir ini merupakan tugas wajib bagi setiap mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta, dalam menyelesaikan kuliah pada jenjang program strata I (S1).

Dalam penyusunan Tugas akhir kami yang berjudul "PERENCANAAN ULANG DERMAGA MILIK PT. SRIBOGA RATU RAYA DI PELABUHAN TANJUNG EMAS SEMARANG", kami telah berusaha semaksimal mungkin untuk memperoleh hasil yang sebaik-baiknya sesuai dengan kemampuan dan pengetahuan yang ada pada kami serta berpegang pada buku-buku referensi, pedoman dan petunjuk yang terpakai. Disadari bahwa Tugas akhir ini masih jauh dari sempurna, mengingat keterbatasan pengetahuan dan pengalaman yang ada pada kami, untuk itu kritik dan saran dari berbagai pihak sangat kami harapkan untuk kesempurnaan Tugas akhir ini.

Dalam penyusunan Tugas akhir ini kami telah banyak mendapatkan bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak, baik bantuan moril maupun spirituil. Untuk itu kami menghaturkan banyak terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Ir. Susastrawan, MS, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Ir. Bambang Sulistiono, MSCE, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Ir. M. Samsudin, selaku Dosen Pembimbing I.
4. Bapak Ir. Ruzardi, MS, selaku Dosen Pembimbing II.

5. Bapak Ir. Tadjuddin, BMA, selaku Sekretaris Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
6. Ayahanda dan Ibunda kami tercinta, yang selalu telah banyak berkorban untuk kami, hingga kami sampai pada penghujung studi ini.
7. Bapak Ir. Edy Sutrisno, PT. Pembangunan Perumahan Cabang V Semarang.
8. Bapak Ir. MD. Soebroto, PT. Gunawan Cipta Arsindo Semarang.
9. Bapak Ir. Hasnul Arifin, PT. (Persero) Pelabuhan Indonesia III Semarang.
10. Bapak Pimpinan Badan Meteorologi dan Geofisika Pelabuhan Tanjung Emas Semarang.
11. Teman-teman yang telah banyak memberikan bantuan kepada penulis, baik secara langsung maupun tidak langsung dan juga kepada semua pihak yang telah banyak membantu terselesaikannya tugas akhir ini, yang tidak mungkin kami sebutkan satu persatu.

Atas segala budi dan amal baik yang telah diberikan, kami hanya dapat memanjatkan doa, semoga segala amal kebajikan itu semua mendapat imbalan yang setimpal dari Allah SWT, Amien.

Selanjutnya penulis berharap juga, semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi kami dan bagi para pembaca.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, November 1997

Penyusun

PERSEMBAHAN

Tugas akhir ini dipersembahkan:

1. Buat Ayah dan Bundaku yang tercinta;
2. Buat Saudara-saudaraku tersayang;
3. Buat keponakan-keponakanku;
4. Buat seorang yang selalu kucintai

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
INTISARI	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2. Tujuan.....	3
1.3 Lokasi Proyek.....	3
1.4 Batasan Masalah Dan Ruang Lingkup.....	5
1.5 Desain Dermaga Sekarang.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	10
2.1 Pelabuhan.....	10
2.1.1 Pelabuhan Ditinjau Dari Segi Penyelenggaranya	10
2.1.2 Pelabuhan Ditinjau Dari Segi Pengusahaannya.....	11
2.1.3 Pelabuhan Ditinjau Dari Fungsinya Dalam Perdagangan Nasional dan Internasional	11
2.1.4 Pelabuhan Ditinjau Dari Segi Penggunaannya	11
2.1.5 Pelabuhan Ditinjau Menurut Letak Geografis	12
2.2 Dermaga.....	13
2.2.1 Kedalaman Kolam Pelabuhan.....	13
2.2.2 Lebar Dermaga.....	13
2.2.3 Penentuan Panjang Dermaga	15
2.2.4 Elevasi Dermaga.....	15

2.3 Kapal.....	15
2.3.1 Dimensi Kapal	15
2.3.2 Satuan Ukuran Berat Kapal	16
2.3.3 Jenis-Jenis Kapal.....	16
2.4 Fender.....	17
2.5 Analisis Gaya Bentur Kapal.....	21
2.6 Alat Penambat Kapal.....	24
2.7 Struktur Beton Bertulang	28
2.8 Tanah.....	32
2.8.1 Klasifikasi Tanah.....	33
2.8.2 Daya Dukung Tanah.....	34
2.9 Pondasi	35
2.9.1 Pondasi Tiang Pancang.....	36
2.9.2 Daya Dukung Tiang.....	37
2.9.3 Struktur Penahan Tanah	39
2.10 Dasar-dasar Penanggulangan Korosi.....	43
BAB III PERENCANAAN.....	52
3.1 Umum.....	52
3.2 Perencanaan Beban.....	53
3.2.1 Gaya Benturan Kapal.....	53
3.2.2 Gaya Akibat Angin	55
3.2.3 Gaya Akibat Arus.....	56
3.2.4 Gaya Tarikan Kapal Pada Bolder.....	57
3.2.5 Gaya Akibat Gempa.....	58
3.2.6 Berat Sendiri Bangunan (Beban Mati)	58
3.2.7 Beban Luar.....	58
3.3 Perencanaan Dimensi Dermaga.....	59

3.3.1 Kedalaman Kolam Pelabuhan.....	59
3.3.2 Penentuan Lebar Dermaga.....	60
3.3.3 Penentuan Panjang Dermaga.....	60
3.4 Perencanaan Tipe Konstruksi Dermaga	61
3.4.1 Dasar Perencanaan	61
3.4.2 Perencanaan Struktur Atas.....	62
3.4.3 Perencanaan Struktur Bawah.....	70
3.5 Pengerukan Kolam Pelabuhan	74
BAB IV PERHITUNGAN STRUKTUR DAN PEMBAHASAN.....	76
4.1 Perhitungan Dimensi Dermaga.....	76
4.2 Perhitungan Plat Lantai Dermaga	77
4.2.1 Perencanaan Plat Lantai Type I.....	78
4.2.2 Perencanaan Plat Lantai Type II	82
4.2.3 Perencanaan Plat Lantai Type III.....	84
4.2.4 Perencanaan Plat Lantai Type IV.....	86
4.2.5 Perencanaan Plat Lantai Type V	88
4.3 Perencanaan Balok Dermaga	96
4.3.1 Perencanaan Balok As B dan D.....	97
4.3.2 Perencanaan Balok As A dan C	113
4.3.3 Perencanaan Balok As A' dan E.....	117
4.3.4 Perencanaan Balok As 4.....	121
4.4 Perhitungan Fender Dan Bolder.....	125
4.4.1 Perhitungan Fender	125
4.4.2 Perhitungan Bolder.....	127
4.5 Perhitungan Dinding Penahan Tanah	130
4.5.1 Data Tanah Dan Beban.....	130
4.5.2 Perhitungan Panjang Turap.....	131

4.5.3 Menghitung tebal turap.....	134
4.5.4 Menghitung "Pile Cap" Turap.....	136
4.5.5 Perencanaan Tiang Penyangga	138
4.5.6 Penulangan Tiang Penyangga Dan Turap.....	142
4.6 Perencanaan Tiang Pancang.....	150
4.6.1 Pengaturan Letak Tiang Pancang.....	152
4.6.2 Tinjauan Terhadap Tarikan Kapal.....	155
4.6.3 Tinjauan Terhadap Tumbukan Kapal.....	155
4.6.4 Tinjauan Terhadap Tekanan Angin.....	156
4.6.5 Tinjauan Terhadap Gaya Arus.....	157
4.6.6 Tinjauan Terhadap Gaya Gempa.....	158
4.6.7 Tinjauan Gaya Gabungan.....	159
4.6.8 Perhitungan Panjang Tiang Pancang.....	160
4.6.9 Perhitungan "Pile Cap" Tiang Pancang.....	161
4.6.10 Tinjauan Terhadap Bahaya Tekuk Tiang.....	166
4.6.11 Perhitungan Penurunan Tiang	166
4.7 Perhitungan Volume Pengerukan.....	168
4.8 Pembahasan.....	169
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	173
5.1 Kesimpulan.....	173
5.2 Saran.....	174

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Gaya tarikan kapal	57
Tabel 3.2 Kedalaman kolam pelabuhan untuk kapal barang curah (DWT).	60
Tabel 3.3 "Fentek Arch Fender Type H Performance".....	66
Tabel 3.4 "Fentek Arch Fender Dimensions"	66
Tabel 3.5 "Fender Fastening Details".....	67
Tabel 3.6 Jarak Antar Fender	68
Tabel 4.1 momen dari kombinasi beban (KNm).....	82
Tabel 4.2 momen dari kombinasi beban (KNm).....	84
Tabel 4.3 momen dari kombinasi beban (KNm).....	86
Tabel 4.4 momen dari kombinasi beban (KNm).....	88
Tabel 4.5 momen dari kombinasi beban (KNm).....	90
Tabel 4.6 Hasil Perhitungan Plat Type I	91
Tabel 4.7 Hasil Perhitungan Plat Type II.....	92
Tabel 4.8 Hasil Perhitungan Plat Type III	93
Tabel 4.9 Hasil Perhitungan Plat Type IV	94
Tabel 4.10 Hasil Perhitungan Plat Type V.....	95
Tabel 4.11 Cross Bentang As B (akibat beban ultimit).....	101
Tabel 4.12 Cross Bentang As B (akibat beban hidup).....	110
Tabel 4.13 Perhitungan Balok As B dan D	111
Tabel 4.14 Perhitungan Penulangan Balok As B dan D.....	112
Tabel 4.15 Cross Bentang As C (akibat beban ultimit).....	113
Tabel 4.16 Cross Bentang As C (akibat beban hidup)	114
Tabel 4.17 Perhitungan Balok As A dan C.....	115
Tabel 4.18 Perhitungan Penulangan Balok As A dan C.....	116
Tabel 4.19 Cross Bentang As E (akibat beban ultimit).....	117

Tabel 4.20 Cross Bentang As E (akibat beban hidup)	118
Tabel 4.21 Perhitungan Balok As A' dan E.....	119
Tabel 4.22 Perhitungan Penulangan Balok As A' dan E.....	120
Tabel 4.23 Cross Bentang As 4 (akibat beban ultimit).....	121
Tabel 4.24 Cross Bentang As 4 (akibat beban hidup)	122
Tabel 4.25 Perhitungan Balok As 4.....	123
Tabel 4.26 Perhitungan Penulangan Balok As 4.....	124
Tabel 4.27 Gaya dan Momen Rencana	153
Tabel 4.28 Daftar Tiang Pancang yang dipakai.....	161
Tabel 4.29 Momen Rencana "pile cap".....	162
Tabel 4.30 Perhitungan "Pile Cap"	165
Tabel 4.31 Perbandingan antara struktur dermaga lama dan dermaga baru	170

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Lokasi Proyek Dermaga PT. Sriboga Ratu Raya Semarang.....	4
Gambar 2.1 Dimensi kapal.....	14
Gambar 2.2 Fender kayu gantung.....	18
Gambar 2.3 Fender Kayu Tiang Pancang.....	19
Gambar 2.4 Fender Kayu.....	19
Gambar 2.5 Fender tipe V.....	20
Gambar 2.6 Fender gravitas.....	21
Gambar 2.7 Kecepatan dan gaya bentur kapal pada dermaga.....	23
Gambar 2.8 Beberapa tipe alat pengikat.....	25
Gambar 2.9 Pelampung Penambat.....	27
Gambar 2.10 Distribusi tegangan regangan.....	30
Gambar 2.11 Diagram gaya yang bekerja pada turap tanpa angker.....	40
Gambar 2.12 Diagram gaya-gaya yang bekerja pada Konstruksi Turap dengan angker.....	42
Gambar 2.13 Sel Korosi Basah Sederhana.....	45
Gambar 2.14 Deret Galvanik.....	49
Gambar 3.1 Pusat Berat Kapal Sampai Titik Sandar.....	55
Gambar 3.2 Grafik Hubungan Antara r/L Dan C_b	55
Gambar 3.3 Dimensi kapal.....	59
Gambar 3.4 Diagram Alir Untuk Pelat.....	63
Gambar 3.5 Diagram Alir Untuk Balok.....	64
Gambar 3.6 Penulangan Geser.....	65
Gambar 3.7 Jarak Fender.....	68
Gambar 3.8 Posisi Kapal Terhadap Fender.....	69
Gambar 3.9 Bolder.....	69
Gambar 4.1 Ukuran Plat Lantai Dermaga.....	77

Gambar 4.2 Bidang Kontak Akibat Beban Roda Dan Perhitungan Momen maksimum	80
Gambar 4.3 Denah Balok Dermaga.....	96
Gambar 4.4 Distribusi Pembebanan Balok As B.....	97
Gambar 4.5 Bentang Balok As B.....	99
Gambar 4.6 Fender Type H ukuran A600 x 2000L	126
Gambar 4.7 Bolder Type Curve.....	127
Gambar 4.8 Turap Dan Tekanan Tanah Lateral.....	131
Gambar 4.9 Beban "Pile Cap"	136
Gambar 4.10 Konstruksi Tiang dan Gaya-Gaya Yang Bekerja.....	139
Gambar 4.11 Distribusi Gaya Pada Tiang.....	141
Gambar 4.12 Susunan Tiang Pancang Dermaga Dan Potongan Melintang.	152
Gambar 4.13 Perhitungan Penurunan Tiang.....	167
Gambar 4.14 Alur Pengerukan Kolam Dermaga.....	168

DAFTAR LAMPIRAN

1. Kartu Peserta Tugas Akhir	1
2. Surat Bimbingan Tugas Akhir	2
3. Surat Permohonan Informasi Data Dari U.I.I Kepada P.T. Persero Pelabuhan Indonesia III, Semarang, P.T. P.P. Semarang, P.T. G.C.A Semarang	3
4. Data Kriteria Perencanaan	6
5. Data Tanah	8
6. Data Gelombang Dan Angin.....	19
7. Gambar-Gambar	

INTISARI

Dermaga merupakan salah satu jenis struktur di kawasan pelabuhan yang berfungsi untuk bongkar muat barang atau menaik turunkan penumpang.

Dermaga milik PT Sriboga Ratu Raya Semarang adalah dermaga jenis "wharf", dimana perencanaan didasarkan pada analisis gaya-gaya yang bekerja, antara lain gaya akibat arus, angin, gaya tumbukan kapal, gaya tarikan kapal, gaya gempa, dan gaya tekanan tanah. Untuk tujuan perencanaan ulang ini, digunakan data-data perencanaan yang sama dengan data dermaga terdahulu

Dari hasil perhitungan Struktur dermaga, yang meliputi struktur atas maupun bawah didapatkan suatu struktur yang lebih optimal dan lebih efisien apabila dibandingkan dengan struktur dermaga lama.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pelabuhan terdiri dari bermacam-macam bangunan, antara lain bangunan pemecah gelombang, menara mercu suar, dermaga, bangunan pelengkap dan fasilitas penunjang pelabuhan. Bangunan dermaga mempunyai fungsi untuk merapat dan menambatkan kapal yang melakukan bongkar muat barang dan menaik-turunkan penumpang.

Pada prinsipnya dermaga dibagi menjadi dua macam, yaitu type "wharf" dan type "jetty". Dimana masing-masing type ini mempunyai karakteristik tersendiri, baik dari segi perencanaan dan penggunaan serta jenis kapal yang dilayani.

"Wharf" adalah dermaga yang dibuat sejajar pantai dan bisa juga berimpit dengan garis pantai atau agak menjorok ke laut. "Wharf" biasanya digunakan untuk pelabuhan barang potongan atau peti kemas yang membutuhkan halaman yang cukup luas untuk menjamin kelancaran angkutan barang. Perencanaan dermaga jenis ini harus memperhitungkan tambatan kapal, peralatan bongkar muat barang dan fasilitas transportasi darat, karakteristik kapal yang akan berlabuh, yang mempengaruhi panjang wharf dan kedalaman yang diperlukan untuk merapatnya kapal.

"Jetty" merupakan dermaga yang dibangun dengan membentuk sudut terhadap garis pantai. Dermaga jenis ini dapat digunakan untuk merapat kapal pada satu sisi atau kedua sisinya, biasanya digunakan untuk melayani kapal-

kapal jenis tanker.

Pelabuhan Tanjung Mas Semarang merupakan salah satu pelabuhan utama di Indonesia yang berada di bawah pengelolaan PT. (PERSERO) Pelabuhan III Semarang, yang merupakan kawasan pelabuhan terpadu. Dalam area pelabuhan ini terdapat kawasan industri, yang salah satunya adalah berdirinya PT. Sriboga Ratu Raya yang merupakan pabrik tepung terigu terbesar di Asia Tenggara.

Pada pembangunan pabrik tepung ini, ada beberapa pekerjaan sipil yang dominan antara lain adalah pembangunan dermaga, dan fasilitas penunjangnya sebagai tempat sandar kapal dan bongkar muat barang.

Dermaga yang digunakan adalah dermaga jenis "wharf" yang dibuat sejajar pantai dan dapat dibuat berimpit dengan garis pantai atau agak menjorok ke laut. Perencanaan dermaga jenis ini memperhitungkan beberapa aspek tentang tambatan kapal, peralatan bongkar muat barang, dan fasilitas transportasi darat. Karakteristik kapal yang akan berlabuh mempengaruhi panjang "wharf" dan kedalaman dasar kolam yang dibutuhkan untuk merapatnya kapal. Menurut strukturnya dermaga PT. Sriboga Ratu Raya Semarang ini, menggunakan jenis konstruksi terbuka, dimana lantai dermaga didukung oleh tiang-tiang pancang (Bambang Tri Atmodjo, 1996).

Dermaga ini direncanakan menggunakan tiang pancang pipa baja dengan diameter 508 mm dan 609 mm, tebal dinding 9 mm dan 12 mm, dengan panjang tiang 45 meter (terdiri dari 4 tiang, masing-masing 3 tiang panjang 12 meter dan 1 tiang dengan panjang 9 meter). Dengan melihat kondisi ini maka pembangunan dermaga pada proyek ini memerlukan suatu perancangan yang teliti.

1.2 Tujuan

Penulisan tugas akhir ini merupakan perencanaan ulang dermaga yang data-datanya diambil dari PT. Sriboga Ratu Raya Semarang, PT. Pembangunan Perumahan Semarang, dan PT. (PERSERO) Pelabuhan III Semarang.

Tujuan dari perencanaan ulang dermaga ini adalah :

1. Menghitung ulang dimensi dermaga, sehingga didapatkan optimalisasi dimensi dermaga.
2. Melihat nilai paling ekonomis dari desain.

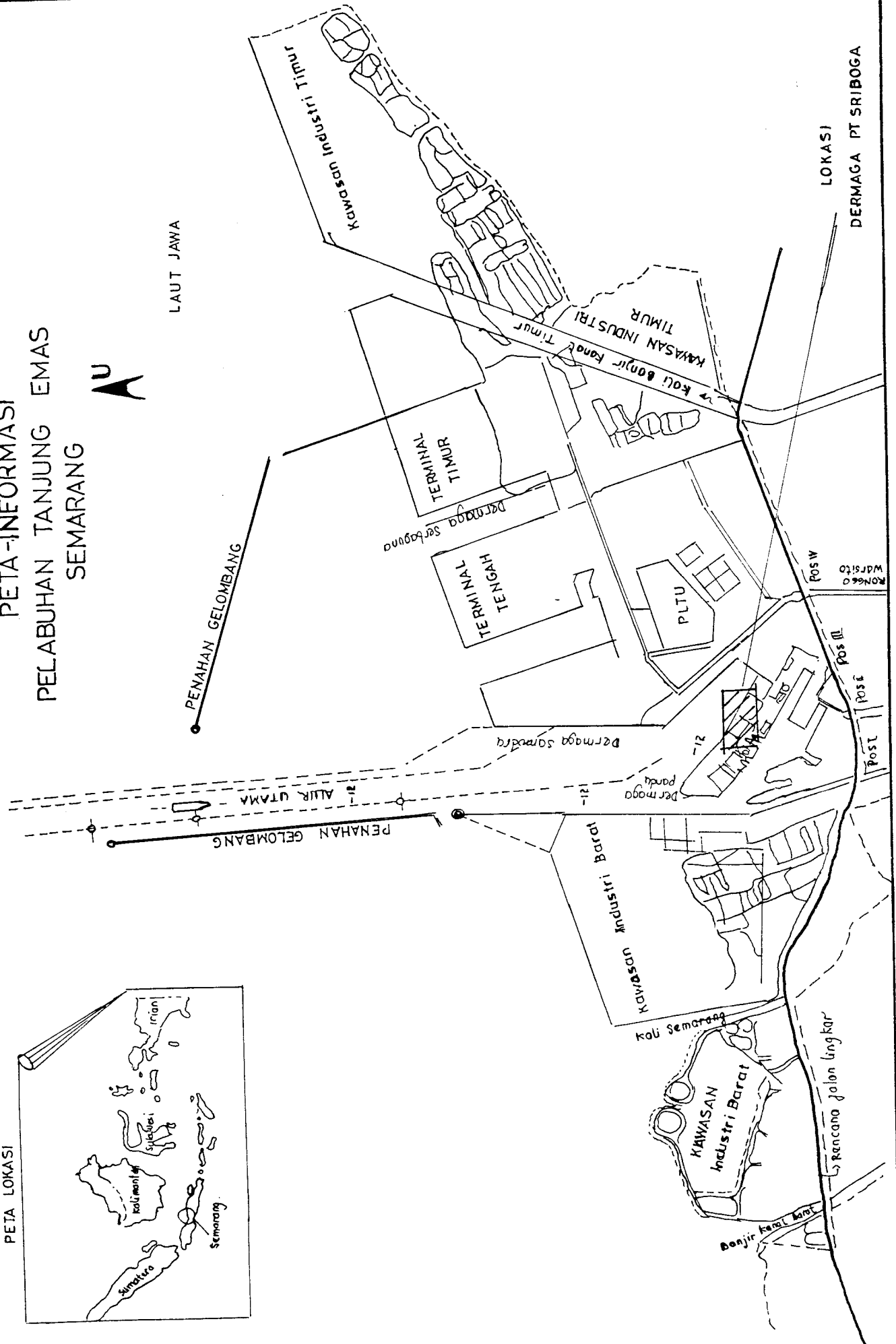
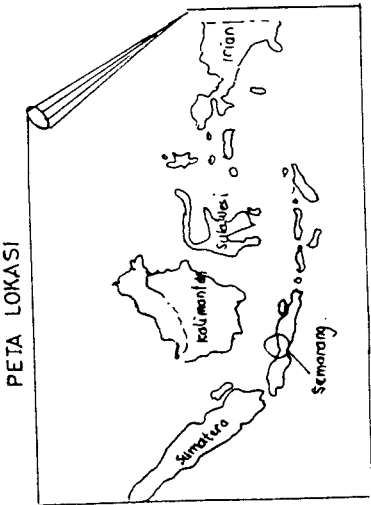
1.3 Lokasi Proyek

Perencanaan ulang dermaga milik PT. Sriboga Ratu Raya Semarang ini berada di kawasan Pelabuhan Tanjung Mas Semarang, dengan lokasi yang dibatasi :

- a. Sebelah Utara : Perairan Pelabuhan
- b. Sebelah Timur : Gudang Api Perum Pelabuhan III Semarang
- c. Sebelah Selatan : Pabrik Tepung PT. Sriboga Ratu Raya Semarang
- d. Sebelah Barat : Unit Pengantongan pupuk PT. Dwitama Multi Karsa Semarang.

Untuk lebih jelasnya, lihat gambar 1.1 pada halaman 4.

GAMBAR 1.1
PETA-INFORMASI
PELABUHAN TANJUNG EMAS
SEMARANG



1.4 Batasan Masalah Dan Ruang Lingkup

Sesuai dengan judul tugas akhir yang penyusun ajukan yaitu "PERENCANAAN ULANG DERMAGA MILIK PT. SRIBOGA RATU RAYA DI PELABUHAN TANJUNG EMAS SEMARANG", maka penyusun memberikan batasan masalah dan ruang lingkup yang meliputi :

1. Perencanaan dimensi, panjang, lebar dermaga adalah sama dengan keadaan dermaga sekarang.
2. Beban-beban yang bekerja direncanakan sama dengan perencanaan dermaga sekarang.
3. Perancangan pelat lantai dermaga.
4. Perancangan balok dermaga.
5. Perancangan fender dan bolder.
6. Perancangan tiang pancang berdasarkan pada metode statis.
7. Perancangan struktur penahan tanah.
8. Pengerukan kolam pelabuhan dermaga dengan mengabaikan sedimentasi.
9. Struktur "revetment" (perlindungan struktur bawah terhadap gaya-gaya arus dan gelombang yang kecil) dibuat sama dengan struktur dermaga lama.
10. Perancangan perlindungan terhadap korosi pada tiang pancang tidak ditinjau.

1.5 Desain Dermaga Sekarang

Dermaga milik PT. Sriboga Ratu Raya Semarang direncanakan oleh PT. Gunawan Cipta Arsindo Jakarta, dengan Konsultan Perencana Struktur PT. Ridwan & Wardhana Jakarta. Dan pelaksana pekerjaan adalah PT. Pembangunan Perumahan (Persero) Cabang V Semarang.

Perencanaan dermaga yang sudah ada sekarang mengacu pada peraturan-peraturan dan data-data pembebanan sebagai berikut:

1. Peraturan-peraturan yang digunakan:
 - a. Standart Kriteria Perencanaan Dermaga untuk Pelabuhan di Indonesia dari Direktorat Jenderal Perhubungan Laut (Standart Design Criteria for Ports in Indonesia, Maritime sector Development Programme Directorate General of Sea Communications). 1984.
 - b. Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983.
 - c. Peraturan Perencanaan Bangunan Tahan Gempa Indonesia Untuk Gedung 1983.
 - d. Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 dan/ atau Tata Cara Perhitungan Konstruksi Beton Bertulang 1991.
 - e. Peraturan Perencanaan Bangunan Baja Indonesia 1983.
2. Kegunaan dermaga adalah untuk komoditi gandum, tapi harus bisa digunakan untuk maksud-maksud dermaga "multi purpose".
3. Luas dermaga = $(18,225 \times 204,00) m^2$
4. Besar kapal 30.000 DWT, jenis "Bulk Carrier".
5. Kedalaman kolam adalah -10,00 meter.
6. Elevasi lantai dermaga adalah +3,10 meter.
7. Ketinggian pasang

H.W.S :	+1,20 m
L.W.S :	+0,00 m
8. Beban lantai dermaga :

Beban hidup merata	: 3,00 ton/m ²
Beban Truk	: 20,00 ton
"Gantry Crane"	: 70,00 ton/kaki
9. Kecepatan sandar kapal : 0,10 m/dtk (kondisi baik)
10. Mutu Material

Beton	: K-250, K-500
Besi beton	: BJTD 39 (tulangan utama)
	: BJTP 24 (sengkang)

- Tiang pipa baja : STK-41
11. Sistem fender : Rubber Fender System
12. Gaya tarik bollard : 70 ton
13. Gaya-gaya gempa
- Zona Gempa : IV
- Koefisien Gempa : 0,05 (kondisi tanah lunak)
- Koeff. Importance : 1,20
- Koeff. Type Struktur : 1,00
14. Besarnya daya dukung ijin tiang pondasi ("steel pipe pile") dengan diameter 609 mm dan 508 mm.

KONDISI PEMBEBANAN	UMUM (ton)	
	609 mm	508 mm
Tekan-beban permanen	130	100
Tekan-beban sementara	160	125
Tekan-kombinasi dg gempa	165	130
Tarik-beban permanen	80	60
Tarik-beban sementara	90	69
Tarik-kombinasi dg gempa	104	78

Secara garis besar, data teknis dermaga milik PT. Sriboga Ratu Raya Semarang adalah sebagai berikut :

- a. Dinding penahan tanah type "soldier pile" dari beton bertulang K-500.
- Tiang tegak dengan kedalaman 30 meter, lebar 90 cm, terdiri dari dua tiang masing-masing 15 meter dengan ukuran 45 x 45 cm.
 - Tiang miring dengan kemiringan 1 : 5, panjang 45 meter, terdiri dari 3 tiang, masing-masing 15 meter dengan ukuran 45 x 45 cm.
 - "Caping Beam" dermaga dengan ukuran 60 x 100 cm sepanjang 240 meter (untuk menghindari terjadinya muai beton, maka "caping beam" tersebut dibagi menjadi 3 bagian, dengan panjang masing-masing 80 meter), menggunakan beton bertulang K-300.

b. Pengerukan kolam pelabuhan.

Volume	: $\pm 100.000 \text{ m}^3$
Luas	: $316 \times 88 \text{ m}^2$
Kedalaman	: - 10 meter
Kemiringan	: bagian dalam 1 : 2,5 bagian luar 1 : 5

c. Pekerjaan pondasi tiang pancang

Diameter	: 508 dan 609 mm
Panjang	: 45 meter (terdiri dari 4 tiang, masing-masing 3 tiang dengan panjang 12 meter dan 1 tiang panjang 9 meter)
Tebal	: 9 dan 12 mm
Jumlah	: 208 buah titik pemancangan
Mutu Tiang	: STK 41
"Pile cap"	: beton mutu K-250 besi tulangan BJTD 39 dimensi As E : $1000 \times 1000 \times 1000 \text{ mm}^3$ As A dan D : $1200 \times 1200 \times 1000 \text{ mm}^3$ As B dan C : $1200 \times 2300 \times 1000 \text{ mm}^3$

d. Struktur beton bertulang

Mutu beton	: K-250
Mutu besi	: U24 dan U39
Tebal pelat	: 25 cm
Dimensi balok	As A = $400 \times 850 \text{ mm}$ As E = $350 \times 850 \text{ mm}$ As E' = $300 \times 1550 \text{ mm}$ As C = $400 \times 850 \text{ mm}$

As A' = 350 x 850 mm

As B dan D = 600 x 1300 mm

As 1,5,9,14,19,24,28,32 = 400 x 850 - 1300 mm

As 1 - 32 kecuali As diatas = 250 x 1100 - 1300 mm

- e. Bollard : Type curve kapasitas 70 ton
 Material cast Iron FC 35 (JIS G5501 - ASTM A48)
 Model Onomichi Standard Jepang
 Tegangan tarik ijin = 35 Kg/mm²
 Tegangan tarik ijin ankur = 60 Kg/mm²
- f. Fender : Rubber fender system type H
 Ukuran A600 x 2000L
 Spesifikasi pada defleksi 50 %
 - gaya reaksi : 75,75 ton
 - Energi serap : 17,4 Tm
 Tinggi (H) = 600 mm
 Lebar ujung (F) = 375 mm
 Lebar dasar (B) = 1010 mm
 Panjang ujung (L) = 2000 mm
 Lebar dasar total (W) = 1200 mm
 Diameter lubang baut (D) = 60 mm
 Panjang dasar (FL) = 2300 mm
 berat = 450 kg/m

Untuk lebih jelasnya, penyusun memberikan gambaran tentang desain dermaga saat ini pada lampiran.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pelabuhan

Pelabuhan adalah daerah perairan yang terlindung terhadap gelombang, yang dilengkapi dengan fasilitas terminal laut meliputi dermaga, dimana kapal dapat merapat untuk melakukan bongkar muat barang, kran-kran untuk membantu kelancaran bongkar muat barang, gudang laut (transito) dan tempat-tempat penyimpanan dimana kapal membongkar muatannya, dan gudang-gudang dimana barang-barang dapat disimpan dalam waktu yang lebih lama selama menunggu pengiriman ke daerah tujuan atau pengapalan. Terminal ini dilengkapi dengan jalan kereta api, jalan raya, atau saluran pelayaran darat. Dengan demikian daerah pengaruh pelabuhan bisa sangat jauh dari pelabuhan tersebut.

Pelabuhan dapat dibedakan menjadi beberapa macam, tergantung dari sudut tinjauannya, yaitu dari segi penyelenggaraan, perusahaan, fungsi dalam perdagangan nasional dan internasional, segi kegunaan, dan letak geografis.

2.1.1 Pelabuhan Ditinjau Dari Segi Penyelenggaraannya

1. Pelabuhan umum

Pelabuhan umum diselenggarakan untuk kepentingan pelayanan masyarakat umum. Penyelenggaraan pelabuhan umum dilakukan oleh pemerintah dan pelaksanaannya dapat dilimpahkan kepada badan usaha milik negara. Di Indonesia dibentuk 4 badan usaha milik negara yang berwenang mengelola pelabuhan, yaitu PT. (Persero) Pelabuhan Indonesia I di Medan, Pelabuhan Indonesia II di Jakarta, Pelabuhan Indonesia III di Surabaya, Pelabuhan Indo-

nesia IV di Ujung Pandang.

2. Pelabuhan khusus

Pelabuhan khusus diselenggarakan untuk kepentingan sendiri, guna menunjang kegiatan tertentu. Pelabuhan ini boleh digunakan untuk kepentingan umum, kecuali dalam keadaan tertentu dengan ijin pemerintah.

2.1.2 Pelabuhan Ditinjau Dari Segi Pengusahaannya

1. Pelabuhan yang diusahakan

Pelabuhan ini diusahakan untuk memberikan fasilitas-fasilitas yang diperlukan oleh kapal yang memasuki pelabuhan untuk melakukan kegiatan bongkar muat barang atau menaikturunkan penumpang dan sebagainya.

2. Pelabuhan yang tidak diusahakan

Pelabuhan ini hanya merupakan tempat singgahan kapal atau perahu tanpa fasilitas bongkar muat barang, bea cukai dan sebagainya.

2.1.3 Pelabuhan Ditinjau Dari Fungsinya Dalam Perdagangan Nasional dan Internasional

1. Pelabuhan laut

Pelabuhan laut merupakan pelabuhan yang bebas dimasuki oleh kapal, baik kapal asing maupun kapal domestik.

2. Pelabuhan pantai

Pelabuhan pantai merupakan pelabuhan yang disediakan untuk perdagangan dalam negeri dan tidak disinggahi oleh kapal berbendera asing.

2.1.4 Pelabuhan Ditinjau Dari Segi Penggunaannya

1. Pelabuhan Ikan

Pelabuhan ikan umumnya tidak memerlukan kedalaman air yang besar, ini disebabkan oleh penggunaan kapal-kapal motor yang relatif kecil.

2. Pelabuhan minyak

Pelabuhan minyak diletakkan agak jauh dari kepentingan umum. Pelabuhan minyak biasanya tidak memerlukan dermaga atau pangkalan yang harus dapat menahan muatan vertikal yang besar, melainkan melalui jembatan perancah atau tambatan yang dibuat menjorok ke laut untuk mendapatkan kedalaman air yang besar. Bongkar muat dilakukan dengan menggunakan pipa-pipa.

3. Pelabuhan barang

Pelabuhan barang mempunyai fasilitas untuk bongkar muat barang. Pelabuhan ini dapat terletak di pantai atau estuari dari sungai yang besar. Daerah perairan pelabuhan harus cukup tenang untuk melakukan bongkar muat barang. Pelabuhan ini dilengkapi dengan gudang-gudang penyimpan barang.

4. Pelabuhan penumpang

Pelabuhan penumpang hampir sama dengan pelabuhan barang, tetapi terdapat fasilitas stasiun penumpang yang melayani segala kegiatan yang berhubungan dengan kebutuhan orang yang akan bepergian, seperti kantor Imigrasi, Kantor Maskapai Pelayaran, dan lain sebagainya.

5. Pelabuhan militer

Pelabuhan ini mempunyai perairan yang cukup luas untuk memungkinkan gerakan yang cepat bagi kapal-kapal perang. Konstruksi tambatan maupun dermaga hampir sama dengan pelabuhan barang, hanya saja situasi dan perlengkapannya agak berbeda.

2.1.5 Pelabuhan Ditinjau Menurut Letak Geografis

1. Pelabuhan alam

Pelabuhan alam adalah pelabuhan dimana daerah perairan terlindungi dari badai dan gelombang secara alami.

2. Pelabuhan buatan

Pelabuhan buatan adalah suatu daerah perairan yang dilindungi dari pengaruh gelombang dengan membuat bangunan pemecah gelombang.

3. Pelabuhan semi alam

Pelabuhan semi alam merupakan campuran dari pelabuhan alam dan pelabuhan buatan.

2.2 Dermaga

Menurut Bambang Triatmodjo, 1996, dermaga adalah suatu bangunan pelabuhan yang digunakan untuk merapat dan menambatkan kapal yang melakukan bongkar muat barang dan menaik turunkan penumpang.

Di dalam perencanaan suatu dermaga ditentukan oleh jenis, kapal yang dilayani, panjang dermaga, lebar dermaga, kedalaman kolam dermaga, dan daerah pendukung operasinya. Penentuan ukuran yang sesuai akan sangat memudahkan terhadap operasi pelabuhan yang efisien, serta menentukan besarnya investasi yang diperlukan. Dari data karakteristik kapal yang dilayani maka dapat ditentukan dimensi dermaga.

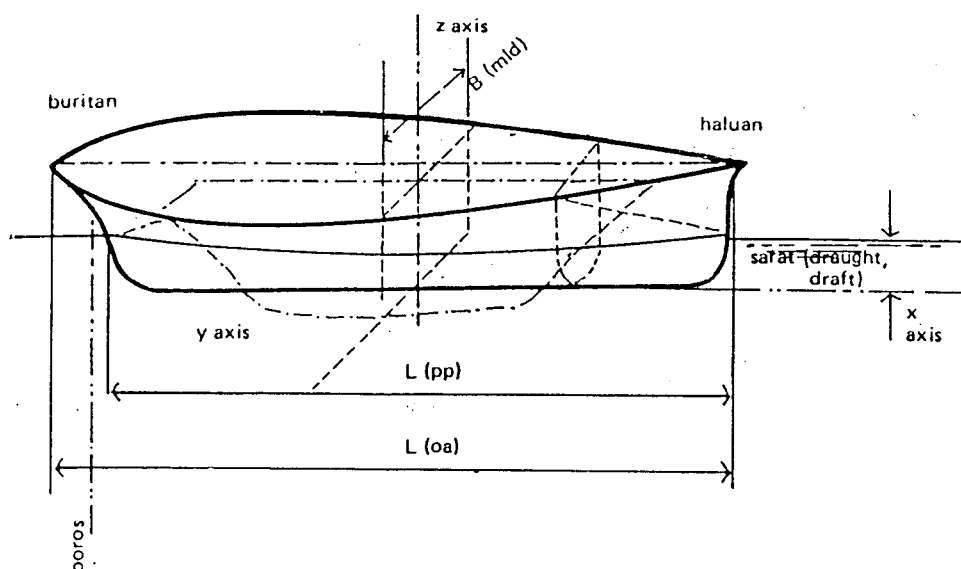
2.2.1 Kedalaman Kolam Pelabuhan

Kolam pelabuhan, merupakan daerah perairan di mana kapal berlabuh untuk melakukan bongkar muat, melakukan gerakan untuk memutar (di kolam putar), dan sebagainya. Kolam pelabuhan harus terlindung dari gangguan gelombang dan mempunyai kedalaman yang cukup. Di laut yang dangkal diperlukan pengerukan untuk mendapatkan kedalaman yang direncanakan.

2.2.2 Lebar Dermaga

Ukuran lebar dermaga ditentukan berdasarkan fungsi dermaga, peralatan yang digunakan, kemudahan mobilisasi angkutan dan peralihan moda trans-

Untuk lebih jelasnya, lihat gambar 2.1.



Gambar 2.1 Dimensi kapal (Soedjono K.,1985)

Keterangan :

1. L_{oa} , "Length overall" adalah ukuran ekstrim panjang kapal dalam satuan panjang, dihitung mulai dari titik ekstrim haluan sampai dengan titik ekstrim buritan kapal.
2. L_{bp} , "Length between perpendiculars" adalah ukuran jarak dalam satuan panjang, dihitung mulai titik-titik ekstrim dari "design load water-line" pada titik perpotongan haluan dan poros kemudi.
3. "Midship", adalah titik tengah dari L_{pp} .
4. "Midship section", adalah bentuk bidang potongan kapal melalui titik "Midship".
5. "Breadth (mld)", adalah lebar ekstrim badan kapal melalui titik "Midship".
6. "Depth (mld)", adalah kedalaman (ketinggian) ekstrim badan kapal melalui titik "Midship".
7. "Draft", "draught", atau sarat, adalah ukuran kedalaman ekstrim antara "designed load water-line" dengan titik terendah lunas kapal.

portasi dari laut ke darat.

2.2.3 Penentuan Panjang Dermaga

Penentuan panjang dermaga ditentukan berdasarkan jenis kapal yang dilayani, jumlah kapal yang bisa ditambat pada waktu yang bersamaan. Secara umum, panjang dermaga harus bisa mencakup 80% panjang efektif kapal yang digunakan untuk melakukan kegiatan bongkar muat barang.

2.2.4 Elevasi Dermaga

Menurut Direktorat Jenderal Perhubungan Laut, 1984, tinggi elevasi dari dermaga maupun bangunan air yang lain ditentukan dari muka tanah dari pelabuhan. Beberapa faktor prinsip yang perlu diperhatikan :

1. Tinggi dan frekuensi dari pasang gelombang badai yang mungkin terjadi akibat angin, gelombang laut.
2. Level rata-rata dari muka air tanah ("mean level of the ground water table").
3. Lalu lintas kapal, instalasi pelabuhan dan operasi "cargo handling".
4. Kondisi tanah, "sub soil", bahan material pengisi, dan beban hidup.
5. Tersedianya daerah bebas untuk fasilitas.
6. Kemungkinan dari "cut and fill".

2.3 Kapal

2.3.1 Dimensi Kapal

Untuk mendapatkan pendekatan yang sama dalam perencanaan dan desain dermaga maka perlu disusun suatu standar dimensi kapal. Standar dimensi kapal ini dapat digunakan sebagai pedoman dalam mendesain dan merencanakan pelabuhan. Walaupun kadang-kadang untuk kondisi tertentu masih tetap diperlukan penyesuaian dengan keadaan dan kondisi setempat.

8. "Knots", adalah satuan kecepatan dinyatakan dalam NM/H ("Nautical Miles per Hour"). (Soedjono Kramadibrata, 1985).

2.3.2 Satuan Ukuran Berat Kapal

Satuan ukuran berat kapal menurut Bambang Triatmodjo, 1996 yaitu:

1. DWT, "Dead Weight Tonnage" atau bobot mati yaitu berat total muatan dimana kapal dapat mengangkut dalam keadaan pelayaran optimal. Atau selisih antara "displacement tonnage loaded" dengan "displacement tonnage light".
2. "Displacement Tonnage Loaded" adalah Volume air yang dipindahkan oleh kapal, dan sama dengan berat kapal bermuatan penuh.
3. "Displacement Tonnage Light" yaitu berat kapal tanpa muatan.
4. GRT, "gross register tons" adalah volume keseluruhan ruangan kapal.
5. NRT, "netto register tons" adalah ruangan yang disediakan untuk muatan dan penumpang.

2.3.3 Jenis-Jenis Kapal

Selain dimensi kapal, karakteristik kapal seperti tipe dan fungsinya juga berpengaruh terhadap perencanaan pelabuhan. Sesuai dengan fungsinya, kapal dapat dibedakan menjadi beberapa tipe sebagai berikut :

1. Kapal Penumpang

Kapal penumpang adalah kapal yang digunakan untuk mengangkut orang dari satu tempat ke tempat lain. Kapal jenis ini tidak hanya mengangkut orang sebagai penumpang, tetapi juga mengangkut kendaraan jenis mobil, bis, dan truk. Pada umumnya kapal penumpang mempunyai ukuran relatif kecil.

2. Kapal Barang

Kapal barang khusus dibuat untuk mengangkut barang. Pada umumnya kapal barang mempunyai ukuran yang lebih besar dari pada kapal penum-

pang. Kapal ini juga dapat dibedakan menjadi beberapa macam sesuai dengan barang yang diangkut, seperti biji-bijian, barang-barang yang dimasukkan dalam peti kemas, benda cair (minyak, bahan kimia, gas alam, dan sebagainya).

a. Kapal Barang Umum ("general cargo ship")

Kapal ini digunakan untuk mengangkut muatan umum. Muatan tersebut bisa terdiri dari bermacam-macam barang yang dibungkus dalam peti, karung dan sebagainya yang dikapalkan oleh banyak pengirim untuk banyak penerima di beberapa pelabuhan tujuan.

b. Kapal Barang Curah ("bulk cargo ship")

Kapal ini digunakan mengangkut muatan curah dalam jumlah banyak sekaligus. Seperti beras, gandum, batu bara, bijih besi, dan sebagainya.

c. Kapal Tanker

Kapal ini digunakan untuk mengangkut minyak, yang umumnya mempunyai ukuran sangat besar. Berat yang diangkut bervariasi antara beberapa ribu ton sampai ratusan ribu ton. Kapal ini dilengkapi dengan tangki-tangki yang berfungsi untuk mengurangi tekanan zat cair agar tidak membahayakan stabilitas kapal.

d. Kapal Khusus ("special designed ship")

Kapal ini dibuat khusus untuk mengangkut barang tertentu, seperti daging yang harus diangkut dalam keadaan beku, kapal pengangkut gas alam cair, dan sebagainya.

2.4 Fender

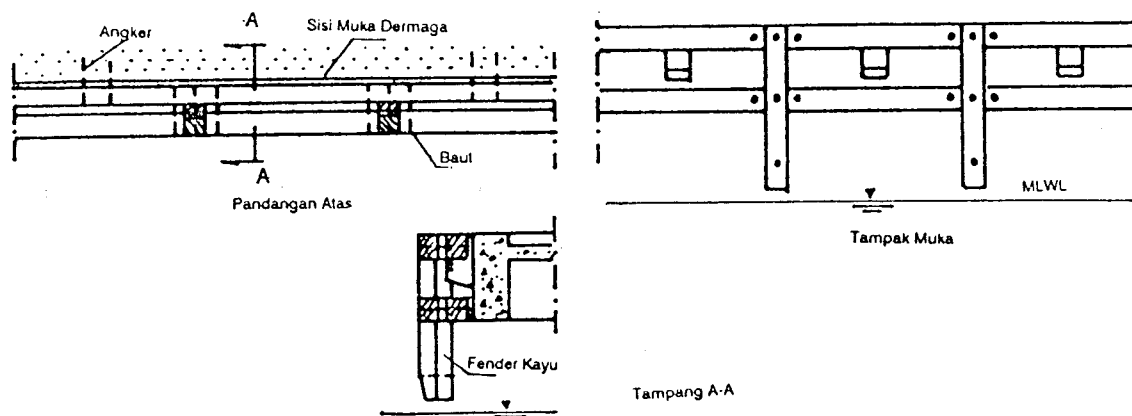
Fender merupakan suatu konstruksi dimuka dermaga yang berfungsi untuk menyerap sebagian dari tenaga kinetis dari kapal yang merapat sedemikian sehingga tidak merusak dermaganya. (Soediro,..). Dengan demikian fender

ini harus ada disepanjang dermaga dan letaknya harus sedemikian hingga dapat mengenai kapal. Gaya yang harus ditahan oleh struktur dermaga tergantung pada tipe fender yang digunakan dan defleksi dermaga yang diijinkan. Fender juga melindungi rusaknya cat badan kapal karena gesekan antara dermaga dan kapal yang disebabkan oleh gerak karena arus, gelombang, dan angin.

Menurut Bambang Triatmodjo, (1996) tipe fender ada bermacam - macam antara lain fender kayu, fender karet, dan fender gravitas.

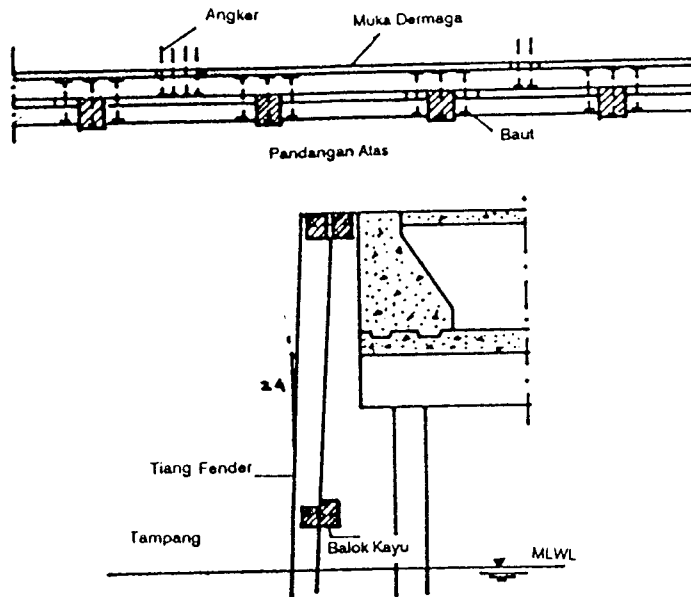
1. Fender Kayu

Fender kayu bisa berupa batang-batang kayu yang dipasang horisontal atau sejumlah batang kayu vertikal. Gambar 2.2 adalah fender kayu yang digantung pada sisi dermaga. Panjang fender sama dengan sisi atas dermaga sampai muka air. Fender kayu ini mempunyai sifat untuk menyerap energi.



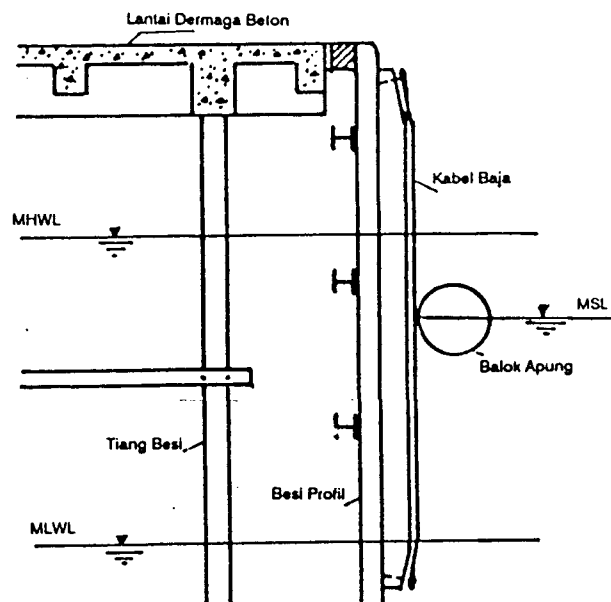
Gambar 2.2 Fender kayu gantung (Bambang T.,1996)

Disamping itu juga ada fender tiang pancang kayu yang ditempatkan pada depan dermaga dengan kemiringan 1 (horisontal) : 24 (vertikal) akan menyerap energi karena defleksi yang terjadi pada waktu dibentur kapal. Gambar 2.3 adalah fender kayu yang berupa tiang pancang yang dilengkapi dengan balok memanjang (horisontal). Penyerapan energi tidak hanya dari defleksi tiang tetapi juga dari balok kayu memanjang. Tiang kayu dipasang pada setiap seperempat bentang.



Gambar 2.3 Fender Kayu Tiang Pancang (Bambang T.,1996)

Fender kayu yang dipasang pada tiang pancang besi profil. (gambar 2.4) Dibelakang tiang besi tersebut juga dipasang balok profil memanjang. Antara tiang dan sisi atas dermaga diberi bantalan kayu. Penyerapan energi diperoleh dari fender kayu dan defleksi tiang dan balok besi. Didepan fender ditempatkan balok apung yang berfungsi untuk menahan kapal tetap didepan dermaga dan membantu mendistribusikan beban disepanjang sistem fender. Balok apung diikatkan pada fender dengan menggunakan kabel baja.

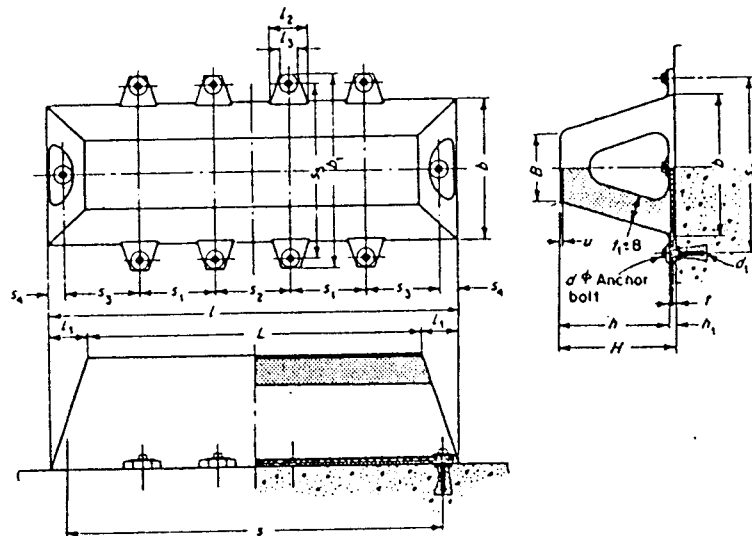


Gambar 2.4 Fender Kayu (Bambang T.,1996)

2. Fender Karet

Karet banyak digunakan sebagai fender. Bentuk yang paling sederhana dari fender ini adalah berupa ban-ban luar mobil yang dipasang pada sisi depan sepanjang dermaga. Fender ban mobil digunakan untuk kapal-kapal kecil. Fender karet mempunyai bentuk berbeda seperti fender tabung silinder dan segi empat, blok karet berbentuk segiempat dan fender Raykin.

Sesuai dengan perkembangan kapal tanker dengan ukuran yang sangat besar, telah dikembangkan pula fender karet untuk bisa menahan benturan kapal-kapal besar, yang dikenal dengan fender karet tipe V dan H.



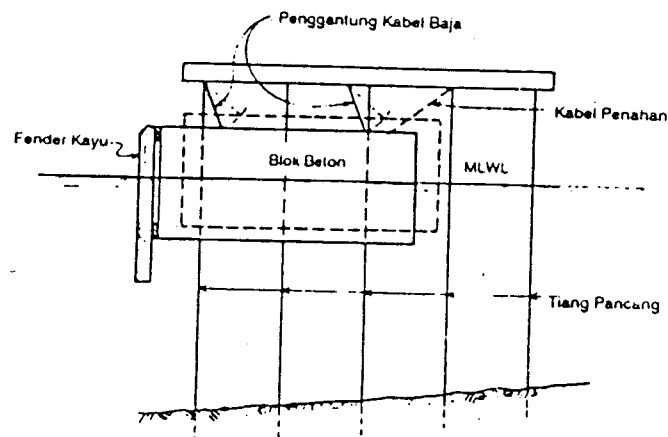
Gambar 2.5 Fender tipe V (Bambang T., 1996)

3. Fender Gravitasi

Fender gravitasi adalah jenis fender yang penempatannya digantung sepanjang dermaga, seperti nampak pada gambar 2.6. Fender ini terbuat dari tabung baja yang diisi dengan beton dan sisi depannya diberi pelindung kayu dengan berat sampai 15 ton. Apabila terbentur kapal, fender tersebut akan bergerak ke belakang dan ke atas, sedemikian sehingga kapal dapat dikurangi

kecepatannya, karena untuk dapat menggerakkan ke belakang diperlukan tenaga yang cukup besar.

Prinsip kerja fender ini adalah mengubah energi kinetis menjadi energi potensial. Dengan memasang sejumlah fender di sepanjang dermaga, energi benturan kapal dapat diserap. Besar energi yang diserap tiap fender tergantung pada bentuk kapal dan gerak kapal pada waktu membentur dermaga.



Gambar 2.6 Fender gravitas (Bambang I., 1996)

2.5 Analisis Gaya Bentur Kapal

Menurut Soediro, analisis gaya bentur kapal pada struktur dermaga dibagi menjadi dua anggapan, yaitu:

1. merapatnya/ bersandarnya kapal secara normal. Dalam hal ini harus dibedakan dan diperhitungkan antara penyandaran pada waktu air tenang dan pada waktu air pasang surut. Demikian pula halnya dengan angin yang mempengaruhi.
2. suatu penyandaran di bawah benturan yang terjadi karena tak normal.

Gaya-gaya yang mempengaruhi terhadap stabilitas struktur dermaga sewaktu kapal merapat adalah :

1. penentuan besar dan arah benturan.
2. perbandingan antara tenaga kinetis kapal yang akan diteruskan dan diresap oleh struktur dermaga dan fender.
3. penentuan jumlah tenaga yang akan diambil oleh fender sendiri.
4. penentuan gaya-gaya yang akan diterima oleh struktur dermaga sendiri waktu terjadi benturan.

Untuk mengetahui itu semua, diperlukan data-data antara lain kecepatan kapal waktu merapat, besarnya kapal, arah merapat. Berat kapal yang membentur dihitung berdasarkan berat kapal kosong ditambah dengan muatannya. Untuk ini dapat dihitung dari bagian kapal yang terendam air, dan dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$W = k.(L.B.D)/35 \text{ ton} \quad (2 . 1)$$

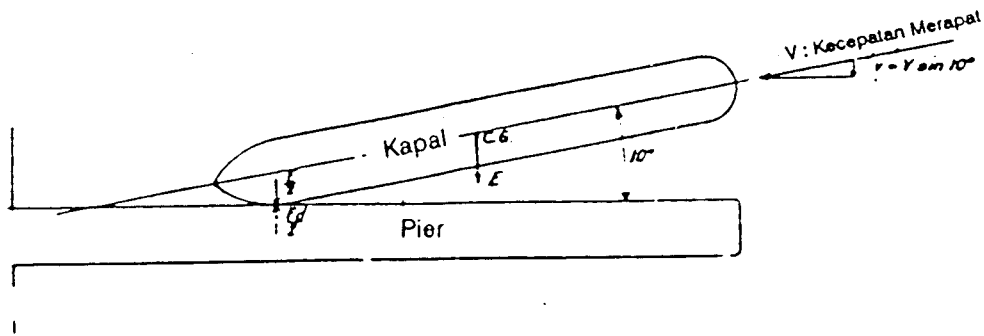
dimana :

- W = gaya bentur kapal (ton)
- L = panjang kapal, (ft)
- B = lebar kapal, (ft)
- D = kedalaman "draft" kapal, (ft)
- k = koefisien yang besarnya tergantung macam kapal.

Untuk:

- kapal barang kecil $k = 0,8 - 0,85$
- kapal barang kecil yang cepat $k = 0,75 - 0,8$
- kapal barang besar $k = 0,7 - 0,75$
- kapal barang besar yang cepat $k = 0,65 - 0,7$
- kapal penumpang besar cepat $k = 0,6 - 0,65$

Untuk lebih jelasnya, analisis gaya bentur kapal lihat gambar 2.7.



Gambar 2.7 Kecepatan dan gaya bentur kapal pada dermaga

Menurut Bambang Triatmodjo, kapal yang merapat ke dermaga membentuk sudut terhadap sisi dermaga dan mempunyai kecepatan tertentu. Seperti terlihat pada gambar 2.7, kecepatan kapal diproyeksikan dalam arah tegak lurus dan memanjang dermaga. Komponen dalam arah tegak lurus sisi dermaga diperhitungkan untuk merencanakan fender. Energi yang diserap oleh sistem fender dan dermaga ditetapkan $1/2 E$. Setengah energi yang lain diserap oleh kapal dan air.

Apabila energi yang timbul akibat benturan kapal ke dermaga adalah :

$$\frac{1}{2} E = \frac{1}{2} \frac{W}{g} (V)^2 = \frac{W}{2g} V^2 \quad (2.2)$$

Karena benturan tersebut, fender memberikan gaya reaksi F . Apabila d adalah defleksi fender, maka terdapat hubungan berikut ini:

$$\begin{aligned} \frac{E}{2} &= \frac{F \cdot d}{2} & \longrightarrow & E = \frac{W}{2g} V^2 \\ F \cdot d &= \frac{W}{2g} V^2 \\ F &= \frac{W}{2gd} V^2 \end{aligned} \quad (2.3)$$

Dimana :

- F = Gaya bentur yang diserap sistem fender
 d = Defleksi Fender
 V = Kecepatan Kapal saat merapat
 W = Bobot kapal bermuatan penuh
 α = Sudut pendekatan

2.6 Alat Penambat Kapal

Menurut Bambang Triatmodjo, 1996, alat penambat adalah suatu konstruksi yang digunakan untuk keperluan berikut ini:

1. Mengikat kapal pada waktu berlabuh agar tidak terjadi pergeseran atau gerak kapal yang disebabkan oleh gelombang, arus dan angin.
2. Menolong berputarnya kapal.

Alat penambat ini bisa diletakkan didarat (dermaga) dan didalam air. Menurut macam Konstruksinya alat penambat dapat dibedakan menjadi tiga macam, yaitu :

1. Bolder pengikat.
2. Pelampung Penambat.
3. Dolphin.

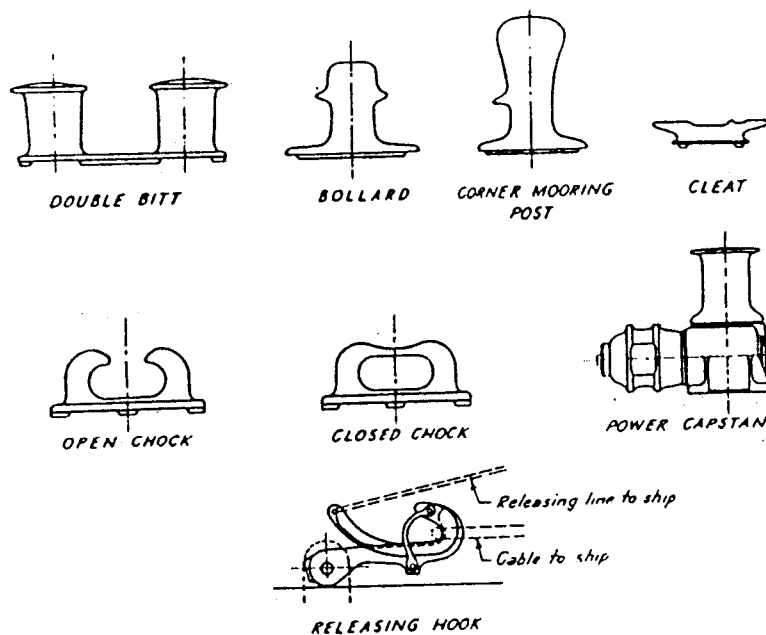
1. Bolder

Bolder berasal dari bahasa Belanda yang sebetulnya berarti tonggak penambat kapal. Tetapi karena istilah ini lebih dikenal diseluruh pelabuhan di Indonesia, maka kita lebih baik menggunakannya dari pada kata-kata lainnya yang sama sekali atau hampir tak lazim digunakan. (Soediro, ..).

Bolder digunakan sebagai alat tambatan kapal yang berlabuh dengan mengikat tali-tali yang dipasang pada haluan, buritan dan badan kapal ke

dermaga.

Bolder diletakkan pada sisi dermaga dengan jarak antara 15 - 25 meter. Tetapi ada juga yang dipasang pada tepi pantai, yaitu pada pantai dekat ujung dermaga, karena tidak semua kapal selalu dapat diikat dengan dermaganya. Bolder biasanya dibuat dari besi cor berbentuk silinder yang pada ujung atanya dibuat tertutup dan lebih besar sehingga dapat menghalangi keluarnya tali kapal yang diikatkan. Menurut (Soediro,..) pada umumnya tiap bolder diperhitungkan untuk gaya tarik sebesar 25 - 50 ton dan tergantung pada kapal yang bertambat. Agar jangan mengganggu kelancaran bongkar muat dan lain-lain maka tinggi bolder biasanya dibuat tidak lebih dari 50 cm diatas lantai dermaga. Gambar 2.8 menunjukkan beberapa tipe alat pengikat.



Gambar 2.8 Beberapa tipe alat pengikat (Bambang T.,1996)

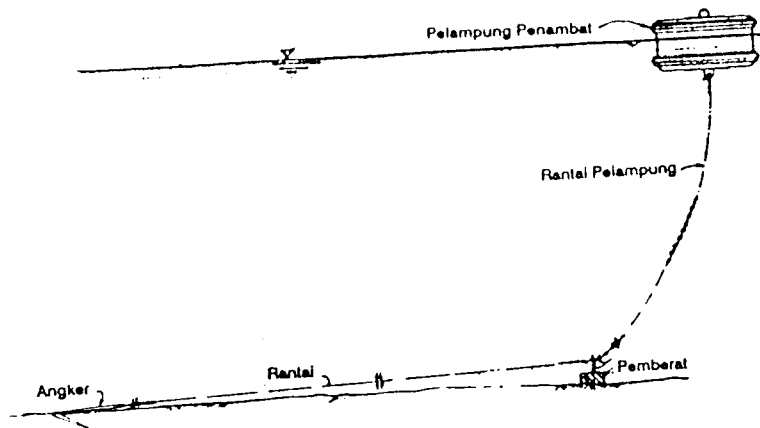
2. Pelampung Penambat

Pelampung penambat merupakan alat untuk menambatkan kapal yang terletak pada kolam pelabuhan atau di tengah laut. Hal ini dimungkinkan karena dermaga sedang dipakai atau sedang diperbaiki sehingga kapal yang akan merapat pada dermaga harus menunggu diluar dermaga dan berhenti. Apabila kapal berada diluar lindungan pemecah gelombang, kapal dapat berlabuh dengan cara membuang jangkarnya sendiri. Tetapi diluar lindungan pemecah gelombang tidak selalu tenang, sehingga dianjurkan untuk berlabuh didalam lindungan pemecah gelombang. Mengingat luas daerah lindungan pemecah gelombang adalah terbatas, maka kapal yang berlabuh dengan menggunakan jangkarnya sendiri dapat mengganggu kapal-kapal yang lain, karena kapal dapat berlabuh 360° sehingga memerlukan tempat yang luas. Untuk mengurangi gerakan berputar ini perlu diadakan beberapa pelampung penambat.

Pelampung penambat juga berfungsi sebagai penolong untuk berputarnya kapal, untuk penambatan lepas pantai bagi kapal yang berbobot besar misalnya kapal tangker. Pelampung penambat tidak boleh hanyut atau berubah banyak dari tempat yang telah ditentukan. Untuk itu perlu diikat dengan rantai dan dihubungkan dengan dasar laut. Cara pengikatannya dilakukan dengan menggunakan angker ulir atau jangkar dan blok pemberat atau dapat juga hanya dengan blok pemberat. Panjang rantai harus disesuaikan dengan kedalaman air pada waktu pasang tertinggi ditambah dengan sedikit kelonggaran. Biasanya panjang rantai dari blok pemberat ke pelampung adalah 1,5 kali kedalaman air terbesar.

Rantai pelampung dihubungkan dengan sekrup ulir atau jangkar yang ditanam di dalam tanah, tetapi bila tanah terdiri dari lumpur tebal, pemakaian sekrup ulir dan jangkar tidak kuat. Untuk itu dibuat blok dari besi atau beton yang berat agar tak tergeser. Berat blok ini bisa mencapai 75 ton dan tergantung

dari besarnya kapal yang bertambat. Untuk lebih jelasnya lihat gambar 2.9.



Gambar 2.9 Pelampung Penambat (Bambang T., 1996)

3. "Dolphin"

Menurut Bambang Triatmodjo, 1996, "dolphin" adalah konstruksi yang digunakan untuk menambat kapal tangker berukuran besar yang biasanya digunakan bersama-sama dengan "pier" dan "wharf" untuk memperpendek panjang bangunan tersebut. Fungsi dari "dolphin" adalah digunakan untuk pelayanan bongkar muat barang curah.

Alat penambat ini direncanakan untuk menahan gaya horisontal yang ditimbulkan oleh benturan kapal, tiupan angin dan dorongan arus yang mengenai badan kapal pada waktu ditambatkan.

"Dolphin" dapat dibedakan menjadi dua macam yaitu "dolphin" penahan ("breasting dolphin") dan "dolphin" penambat ("mooring dolphin"). "Dolphin" penahan mempunyai ukuran lebih besar, karena dia direncanakan untuk menahan benturan kapal ketika berlabuh dan menahan tarikan kapal karena pengaruh tiupan angin, arus dan gelombang. Perlengkapan alat penambat jenis ini antara lain adalah "fender" dan "bolder". "Dolphin" penambat tidak digunakan untuk menahan benturan, tetapi hanya sebagai penambat. Penambat jenis

ini juga dilengkapi dengan "bolder", dengan gaya tarik maksimal satu tali pengikat tidak lebih dari 50 ton.

2.7 Struktur Beton Bertulang

Beton merupakan pencampuran bahan-bahan agregat halus dan kasar yaitu pasir, batu, batu pecah, atau bahan semacam lainnya, dengan menambahkan secukupnya bahan perekat semen, dan air sebagai bahan pembantu guna keperluan reaksi kimia selama proses pengerasan dan perawatan beton berlangsung. Agregat halus dan kasar, disebut sebagai bahan susun kasar campuran, merupakan komponen utama beton. Nilai kekuatan serta daya tahan ("durability") beton merupakan fungsi dari banyak faktor, diantaranya nilai banding campuran dan mutu bahan susun, metode pelaksanaan pengecoran, pelaksanaan finishing, temperatur, dan kondisi perawatan pengerasannya.

Nilai kuat tekan beton relatif tinggi dibandingkan dengan kuat tariknya, dan beton merupakan bahan bersifat getas. Nilai kuat tariknya hanya berkisar 9% - 15% saja dari kuat tekannya. Pada penggunaan sebagai komponen struktural bangunan, umumnya beton diperkuat dengan batang tulangan baja sebagai bahan yang dapat bekerja sama dan mampu membantu kelemahannya, terutama pada bagian yang menahan gaya tarik.

Kerjasama antara bahan beton dan baja tulangan hanya dapat terwujud dengan didasarkan pada keadaan-keadaan :

1. Lekatan sempurna antara batang tulangan baja dengan beton keras yang membungkusnya sehingga tidak terjadi penggelinciran diantara keduanya.
2. Beton yang mengelilingi batang tulangan baja bersifat kedap sehingga mampu melindungi dan mencegah terjadinya karat baja.
3. Angka muai kedua bahan hampir sama, dimana untuk setiap kenaikan suhu satu derajat Celcius angka muai beton 0,000010 sampai 0,000013 sedangkan

baja 0,000012, sehingga tegangan yang timbul karena perbedaan nilai dapat diabaikan.

Sebagai konsekuensi dari lekatan yang sempurna antara kedua bahan, didaerah tarik suatu komponen struktur akan terjadi retak-retak beton didekat baja tulangan. Retak halus yang demikian dapat diabaikan sejauh tidak mempengaruhi penampilan struktural komponen yang bersangkutan (Istimawan Dipohusodo, 1994)

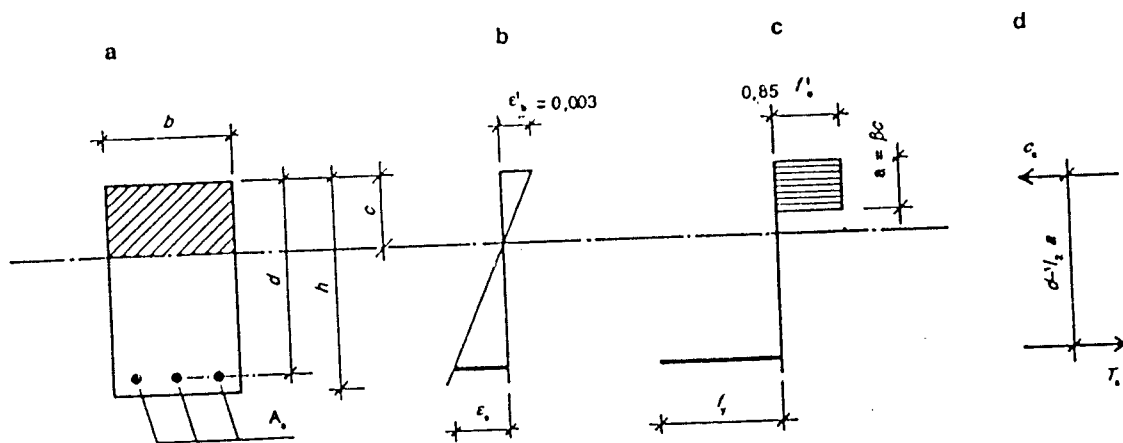
Dasar yang dipakai dalam perencanaan struktur beton bertulang adalah SKSNI T15 - 1991 - 03. Hal mendasar pada metode ini adalah :

1. Perencanaan lebih diutamakan serta diarahkan menggunakan metode kekuatan ultimit, sedang metode elastis (cara n) masih tercantum sebagai alternatif.
2. Konsep hitungan keamanan dan beban yang lebih realistik dihubungkan dengan tingkat daktilitas struktur.
3. Tata cara hitungan geser dan puntir pada keadaan batas (ultimit).
4. Menggunakan satuan SI dan notasi disesuaikan dengan yang dipakai di kalangan internasional.
5. Ketentuan-ketentuan detail penulangan yang lebih rinci untuk beberapa komponen struktur.
6. Mengetengahkan beberapa ketentuan yang belum tersedia pada peraturan sebelumnya, misalnya mengenai struktur bangunan tahan gempa, beton prategangan, pracetak, komposit, cangkang, plat lipat, dan lain-lain.

Dalam perencanaan struktur beton bertulang, kita menganggap suatu penampang persegi yang dibebani lentur murni. Apabila penampang itu dianalisis, perlu memakai sejumlah kriteria agar penampang itu mempunyai probabilitas keruntuhan yang layak pada keadaan batas hancur.

Anggapan-anggapan yang dipakai dalam pendekatan dan pengembangan metode perencanaan kekuatan adalah sebagai berikut :

1. Beton tidak dapat menerima gaya tarik karena beton tidak mempunyai kekuatan tarik.
2. Perubahan bentuk berupa pertambahan panjang dan diperpendekan (regangan tarik dan tekan) pada serat-serat penampang, berbanding lurus dengan jarak tiap serat ke sumbu netral. Ini merupakan kriteria yang kita kenal, yaitu penampang bidang datar akan tetap berupa bidang datar.
3. Hubungan antara tegangan dan regangan baja (σ_s dan ϵ_s) dapat dinyatakan secara skematis.
4. Hubungan antara tegangan dan regangan beton (σ_c dan ϵ_c) dapat dinyatakan secara skematis. (Gideon Kusuma, 1993).



Gambar 2.10 Distribusi tegangan regangan

Dari gambar, sebuah penampang melintang beton dengan kelebaran b dan tinggi efektif d (Gb. 2.10.a), diagram regangan (Gb. 2.10.b) dan diagram tegangan (Gb. 2.10.c). Diagram regangan tersebut berdasar $\epsilon'_{cu} = 0,3\%$ dan regangan tarik baja $\epsilon_y = f_y/E_s$.

Diagram tersebut menyatakan bahwa tegangan tekan beton dan batas leleh baja yang disyaratkan tercapai bersamaan.

Kuat lentur suatu balok beton tersedia karena berlangsungnya meka-

nisme tegangan-tegangan dalam yang timbul di dalam balok yang pada keadaan tertentu dapat di wakili oleh gaya-gaya dalam, yaitu gaya tarik baja dan gaya tekan beton yang sama besar, arah garis kerja sama, tetapi berlawanan arah. Gaya dalam ini bekerja membentuk kopel momen tahanan dalam dengan jarak z , dimana nilai maksimumnya disebut sebagai kuat lentur atau momen tahanan penampang komponen struktur terlentur.

Momen tahanan dalam itu akan menahan momen lentur rencana aktual yang ditimbulkan oleh beban luar. Karena dalam penentuan momen tahanan dalam adalah sangat sulit, maka untuk tujuan penyederhanaan, Whitney mengusulkan bentuk persegi panjang sebagai distribusi tegangan beban ekuivalen yang besarnya $0,85 \cdot f_c'$.

Dalam Standart SKSNI T-15-1991-03, menetapkan nilai β_1 diambil $0,85$ untuk $f_c' \leq 30$ Mpa, berkurang $0,008$ untuk setiap kenaikan 1 Mpa kuat beton, dan nilai tersebut tidak boleh kurang dari $0,65$.

Dengan menggunakan distribusi tegangan bentuk persegi empat ekuivalen serta anggapan-anggapan kuat rencana yang direncanakan, dapat ditentukan besarnya kuat lentur ideal M_n dari struktur beton bertulang empat persegi panjang dengan penulangan tarik saja.

Dari gambar 219.c, didapat :

$$\Sigma H = 0 \quad (2.4)$$

$$C_c = T_s \quad (2.5)$$

$$C_c = 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b \quad (2.6)$$

$$T_s = A_s \cdot F_y$$

sehingga :

$$0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b = A_s \cdot f_y \quad (2.7)$$

disini $a = \beta_1 \cdot c$

dengan $\beta_1 = 0,85 \rightarrow$ untuk $f_c' \leq 30$ Mpa

$$\beta_1 = 0,85 - 0,008 (f_c' - 30) \rightarrow \text{untuk } f_c' > 30 \text{ Mpa}$$

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d \quad (2.8)$$

dengan ρ adalah rasio penulangan. Yang nilainya adalah

$$\rho_b = 0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c' / f_y \cdot (600 / (600 + f_y)) \quad (2.9)$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \rho_b \quad (2.10)$$

$$\rho_{\min} = 1,4 / f_y \quad (2.11)$$

syarat pengambilan ρ adalah $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$

Apabila rasio tulangan kondisi seimbang diketahui, maka momen pada keadaan seimbang dapat ditentukan. Dari gambar 2.19.d, didapat $\Sigma M = 0$

$$M_b = C_c(d - 0,5.a) = T_s(d - 0,5 a) \quad (2.12)$$

$$T_s = \rho \cdot b \cdot d \cdot f_y, \text{ sehingga } M_b = \rho \cdot b \cdot d \cdot f_y \cdot (d - 0,5.a)$$

dimana :

C_c = gaya tekan beton

T_s = gaya tarik baja

f_c = kuat tekan karakteristik beton

f_y = kuat leleh baja tulangan

A_s = luas baja tulangan

b = lebar beton dalam satu satuan panjang

a = tinggi blok tegangan tekan beton

d = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik

M_b = Momen dalam keadaan seimbang

c = tinggi serat tekan terhadap garis netral

2.8 Tanah

Tanah didefinisikan sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama

lain dan dari bahan-bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong diantara partikel-partikel padat tersebut. (Braja M. Das, 1991)

Tanah berguna sebagai bahan bangunan pada berbagai macam pekerjaan teknik sipil, terutama sebagai pendukung pondasi. Untuk itu perlu mengetahui sifat, parameter tanah dan deposit tanah. Metode yang paling praktis untuk mengetahui deposit tanah adalah penyelidikan dengan melakukan "boring" atau pemboran lubang untuk mengambil contoh tanah dan dengan pengujian-pengujian di laboratorium.

Maksud dari percobaan "boring" ini adalah :

1. untuk mengetahui deposit tanah (geologi, sejarah penimbunan, penggalian)
2. mendapatkan kedalaman, ketebalan dan komposisi dari tiap stratum tanah.
3. lokasi dari "ground water".
4. mengetahui kedalaman sampai dengan batu dan karakteristik dari batu.
5. untuk mengetahui sifat-sifat tanah dan batu yang menunjukkan struktur lapisan.

2.8.1 Klasifikasi Tanah

Sistem klasifikasi tanah adalah suatu sistem pengaturan beberapa jenis tanah yang berbeda-beda tapi mempunyai sifat yang serupa ke dalam kelompok-kelompok dan sub-sub kelompok berdasarkan pemakaiannya (Braja M. Das)

Sistem klasifikasi tanah ada bermacam-macam tetapi yang sering digunakan adalah sistem klasifikasi tanah AASHTO dan USC. Kedua sistem ini didasarkan pada tekstur tanah dan plastisitas tanah.

A. Klasifikasi Tanah AASHTO

Pada sistem ini, tanah diklasifikasikan sebagai berikut:

1. tanah berbutir apabila 35 % atau kurang dari jumlah butiran tanah tersebut lolos ayakan no. 200, type material yang paling dominan yaitu dari batu pecah, kerikil dan pasir sampai pada pasir yang berlempung. Penilaian sebagai bahan tanah dasar untuk jenis tanah ini adalah baik sekali sampai baik.
2. tanah lanau-lempung apabila lebih dari 35 % butirannya lolos ayakan no. 200. Tipe material yang paling dominan adalah tanah berlanau sampai tanah berlempung. Penilaian sebagai bahan tanah dasar adalah dari biasa sampai jelek.

B. Klasifikasi Tanah USC ("Unified Soil Classification")

Sistem ini mengelompokkan tanah ke dalam dua kelompok besar, yaitu:

1. tanah berbutir kasar ("coarse-grained-soil"), yaitu: tanah kerikil dan pasir dimana kurang dari 50% berat total contoh tanah lolos ayakan no. 200. Simbol dari kelompok ini dimulai dengan huruf awal G atau S. G adalah untuk kerikil ("gravel") atau tanah berkerikil, dan S adalah untuk pasir ("sand") atau tanah berpasir.
2. tanah berbutir halus ("fine grained soil"), yaitu tanah di mana lebih dari 50% berat total contoh tanah lolos ayakan no. 200. Simbol dari kelompok ini dimulai dengan huruf awal M untuk lanau ("silt") anorganik, C untuk lempung ("clay") anorganik, dan O untuk lanau organik dan lempung organik.

2.8.2 Daya Dukung Tanah

Daya dukung tanah ("bearing capacity") adalah kemampuan tanah untuk menahan beban pondasi di atasnya tanpa terjadi keruntuhan akibat penggeseran ("shear failure") (L.D. Wesley, 1977). Besarnya daya dukung tergantung dari :

1. kondisi tanah

stabilitas dari tanah sangat tergantung dari besarnya tegangan geser yang

dimiliki oleh suatu jenis tanah,

- a. tanah jenis lempung ("clay") adalah bersifat kohesif dan tidak mempunyai sudut geser dalam ($\phi = 0$), tegangan yang ada adalah karena adanya kekuatan kohesif atau kekuatan molekuler.
- b. tanah jenis berpasir ("sandy") adalah tanah berbutir kasar, jadi sifatnya tidak mempunyai kohesi ($c = 0$). Oleh sebab itu tegangan gesernya cenderung meningkat dengan meningkatnya tekanan normal yang ditahannya.

2. bentuk pondasi

faktor-faktor yang menentukan pemilihan tipe pondasi adalah:

- a. fungsi bangunan
- b. besarnya beban yang harus dipikul
- c. kondisi tanah dasar
- d. tersedianya material

2.9 Pondasi

Semua konstruksi yang direkayasa untuk bertumpu pada tanah harus didukung oleh suatu pondasi. Pondasi adalah bagian dari sistim rekayasa yang meneruskan beban yang ditopang oleh pondasi dan beratnya sendiri kepada dan ke dalam tanah dan batuan yang terletak didalamnya (Bowles, J.E., 1987).

Pondasi berdasarkan beban yang ditopang di bagi menjadi dua, yaitu:

1. pondasi dangkal.

Dikatakan Pondasi dangkal apabila rasio kedalaman (D) dan lebar pondasi (B) kurang atau sama dengan satu.

2. pondasi dalam.

Pondasi dalam adalah pondasi dimana rasio kedalaman (D) dan lebar pondasi (B) lebih besar atau sama dengan empat.

Pemilihan jenis pondasi menurut Suyono Sosrodarsono dan Kazuto

Nakazawa (1988), tergantung pada letak kedalaman tanah dimana pondasi direncanakan. Sedang menurut Bowles, J.E. (1992), pemilihan pondasi harus melihat persyaratan-persyaratan yang harus dipenuhi, yaitu :

1. kedalaman pondasi harus cukup untuk menghindari penjepitan bahan secara mendatar dari bawah pondasi untuk telapak-telapak dan rakit.
2. kedalaman pondasi harus berada dibawah zona perubahan volume musiman yang disebabkan oleh pembekuan, pelumeran, dan pertumbuhan tanaman.
3. skema pondasi mungkin harus mempertimbangkan kondisi tanah yang memenuhi. Dalam hal ini bangunan cenderung menangkap lengas tanah pada zona intern dan memungkinkan penguapan normal sekitar pinggirannya.
4. sistem pondasi harus aman terhadap pembalikan, pergeseran, dan setiap pengangkatan.
5. sistem harus aman terhadap korosi atau kemunduran yang disebabkan bahan-bahan yang berbahaya yang terdapat dalam tanah.
6. sistem pondasi harus memadai terhadap perubahan-perubahan pada tapak atau geometri konstruksi di kemudian hari dan dapat dengan mudah dimodifikasi bila akan memerlukan perubahan pada struktur atas dan pembebanan.
7. pondasi harus dapat dibangun dengan memakai tenaga kerja konstruksi yang tersedia.
8. perkembangan pondasi dan tapak harus memenuhi standar-standar lingkungan setempat.

2.9.1 Pondasi Tiang Pancang

Pondasi tiang pancang termasuk jenis pondasi dalam. Dikatakan pondasi tiang karena :

1. bila dijumpai kondisi tanah dasar pondasi merupakan tanah baik atau tanah dengan kuat dukung tinggi terletak pada kedalaman cukup besar ($D/B \geq 10$) sedang tanah di atas tanah baik kurang mampu mendukung beban yang

bekerja atau merupakan tanah lunak.

2. dasar pondasi sering mengalami erosi akibat gerusan air.
3. bilamana suatu konstruksi menerima beban horisontal ataupun tarik cukup besar (K. Basah Suryolelono, 1994).

Pondasi tiang pancang merupakan batang struktur yang terbuat dari baja, beton, kayu dengan perbandingan dimensi kedalaman tiang lebih besar dari pada diameter tiang. Secara umum pondasi tiang digunakan untuk meneruskan beban yang ada di muka tanah ke suatu kedalaman tertentu. Menurut Sardjono, HS, (1991), cara pemindahan beban tiang pancang dibagi menjadi dua, yaitu:

1. "point bearing pile (end bearing pile)"
tiang pancang dengan tahanan ujung. Tiang ini meneruskan beban melalui tahanan ujung ke lapisan tanah keras.
2. "friction pile"
 - a. "friction pile" pada tanah dengan butir tanah kasar ("coarse grained") dan sangat mudah melakukan air ("very permeable soil"). Tiang ini meneruskan beban ke tanah melalui geseran kulit ("skin friction").
 - b. "adhesive pile" pada tanah dengan butir tanah yang sangat halus ("very fine grained") dan sukar melakukan air. Tiang ini juga meneruskan beban ke tanah melalui lekatan kulit ("skin friction").

2.9.2 Daya Dukung Tiang

Untuk menghitung daya dukung tiang pancang pada perencanaan dermaga ini, dapat dimasukkan ke dalam "end bearing pile" dan "friction pile". Dan juga harus memperhitungkan terhadap kekuatan tiang pancang itu sendiri (Sardjono HS, 1991).

A. Terhadap kekuatan bahan tiang

$$P_{ijin} = \sigma_{bahan} * A_{tiang}$$

P_{ijin} = kekuatan yang diijinkan pada tiang pancang

σ_{bahan} = tegangan tekan ijin bahan tiang

A_{tiang} = luas penampang tiang pancang

B. Terhadap kekuatan tanah berdasar "Cone Penetration Test"

1. Beban Sementara

$$Q_{tiang} = \frac{A \times p}{2} + \frac{o \times l \times c}{5} \quad (2.13)$$

2. Beban Tetap / Statis

$$Q_{tiang} = \frac{A \times p}{3} + \frac{o \times l \times c}{5} \quad (2.14)$$

3. Beban Dinamis

$$Q_{tiang} = \frac{A \times p}{5} + \frac{o \times l \times c}{8} \quad (2.15)$$

Dengan :

Q_{tiang}	= Daya dukung keseimbangan tiang (Kg)
p	= Nilai konus dari hasil sondir (Kg /cm ²)
o	= Keliling tiang pancang (cm)
l	= Panjang tiang pondasi dalam tanah (cm)
c	= Harga kohesi rata-rata (Kg / cm ²)
A	= Luas penampang tiang pancang (cm ²)

Beban yang dapat dipikul tiang adalah :

$$N \leq P_{ijin} \text{ tiang} ; N \leq Q_{tiang}$$

dimana N adalah beban kerja yang terjadi.

C. Berdasar Uji Penetrasi Baku ("Standard Penetration Test")

"Standard Penetration Test" merupakan suatu cara untuk mengetahui kepadatan lapisan tanah. Dalam uji ini akan didapatkan "N Number", yaitu jumlah pukulan yang diperlukan untuk memasukkan sebuah alat penetrometer sepanjang satu kaki di bawah dasar lubang bor. Hubungan antara angka penetrasi standar (N) dengan kekerasan tanah adalah berbanding lurus. Maksudnya semakin keras lapisan tanah, semakin besar angka N, dan semakin tinggi pula nilai kekuatan daya dukung tanah.

Untuk menghitung daya dukung tiang pancang berdasar uji penetrasi ini, maka Meyerhoff (1956, 1976) mengusulkan bahwa :

$$P = A_p \cdot 38N \cdot L_b/B \leq 380N \cdot A_p \text{ (kN)} \quad (2.16)$$

dengan P = daya dukung tiang pancang

A_p = luas penampang tiang pancang

N = nilai rata-rata bilangan SPT di dalam kira-kira 8B di atas sampai dengan 3 B di bawah titik tiang pancang

B = lebar atau diameter tiang pancang

L_b/B = perbandingan kedalaman rata-rata pada sebuah titik.

2.9.3 Struktur Penahan Tanah

Struktur penahan tanah adalah suatu bangunan yang bertujuan untuk menahan gaya-gaya yang terjadi pada tanah, baik lateral maupun vertikal, agar tidak menjadikan rusaknya bangunan di atasnya. Jenis struktur penahan tanah yang sering dipakai antara lain adalah konstruksi dinding penahan tanah tanpa pondasi tiang, dan turap. Dalam uraian tentang struktur penahan tanah ini, yang dikemukakan hanya turap.

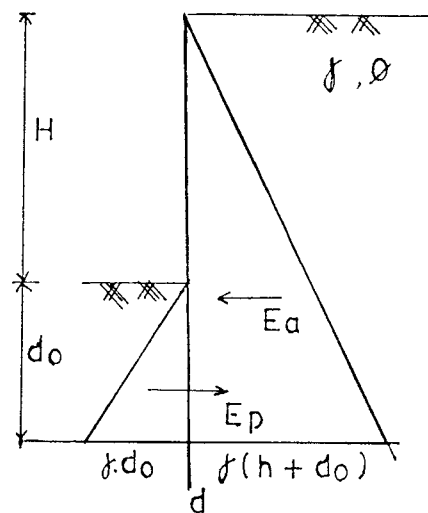
Turap adalah struktur penahan tanah yang terbuat dari pasangan batu, beton bertulang, hanya saja perbedaannya terletak pada tebal konstruksi yang

merupakan papan atau tiang-tiang tipis dipancang berjajar. Selain itu stabilitas konstruksi tidak mengandalkan pada berat konstruksi saja, tetapi mengandalkan pada jepitan yang terjadi dalam tanah dan perlawanan papan angker yang dipasang di belakang konstruksi tersebut (K. Basah Suryolelono, 1994).

Tipe turap yang akan di singgung dalam masalah ini adalah turap tanpa angker dan turap dengan pengait.

1. Turap Tanpa Angker ("Cantilever Sheet Pile")

Jenis konstruksi ini berupa papan-papan yang dipancang berderet dalam tanah. Stabilitas konstruksi diperoleh dari bagian turap yang terjepit dalam tanah. Untuk lebih jelasnya lihat gambar 2.11.



Gambar 2.11 Diagram gaya yang bekerja pada turap tanpa angker

dengan :

- H = tinggi tanah yang ditahan
 - d = kedalaman turap untuk stabilitas
 - do = kedalaman turap secara teoritis
 - Ea = tekanan tanah aktif total
- $$= 0,5 \cdot \gamma \cdot (H + d_o)^2 \cdot K_a \quad (2.17)$$

$$\begin{aligned} E_p &= \text{tekanan tanah pasif total} \\ &= 0,5 \cdot \tau \cdot d_o^2 \cdot K_p \end{aligned} \quad (2.18)$$

$$\begin{aligned} K_a &= \text{koefisien tekanan tanah aktif} \\ &= \tan^2(45^\circ - \theta/2) \end{aligned} \quad (2.19)$$

$$\begin{aligned} K_p &= \text{koefisien tekanan tanah pasif} \\ &= \tan^2(45^\circ + \theta/2) \end{aligned} \quad (2.20)$$

θ = sudut gesek dalam yang besarnya tergantung jenis tanah

Pada tanah kohesif tekanan tanah aktif (E_a) akan berkurang, atau dengan kata lain menambah tekanan tanah pasif (E_p). Besarnya tekanan tanah aktif untuk tanah kohesif adalah :

$$E_a = -2 \cdot c \cdot \sqrt{K_a} \quad ; \quad c = \text{kohesi tanah}$$

Sedangkan untuk tekanan tanah pasif :

$$E_p = 2 \cdot c \cdot \sqrt{K_p} \quad ; \quad c = \text{kohesi tanah}$$

Tinjauan kestabilan struktur penahan tanah, menurut K. Basah Suryolelono, (1994), ada tiga cara, yaitu:

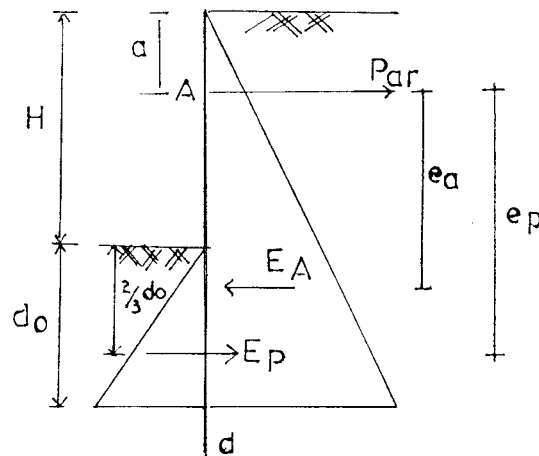
- a. angka keamanan (SF) sebesar 1,5 sampai 2,0, didasarkan pada perbandingan jumlah momen penahan dengan jumlah momen pengguling.
- b. angka kemananan (SF) digunakan untuk membagi E_p (tekanan tanah pasif) sehingga diperoleh bagian turap yang dipancang ke dalam tanah.
- c. bila panjang turap yang dipancang $d_o = B D_o$, untuk kondisi turap seimbang, maka panjang turap yang dipancang diambil $d = 1,2$ sampai $1,4 d_o$. (lihat gambar 2.11)

2. Turap Dengan Angker

Tipe ini digunakan bila beda tinggi tanah yang ditahan cukup besar. Stabilitas konstruksi di tahan selain oleh jepitan tanah juga angker yang letaknya dibagian atas. Gaya-gaya yang bekerja pada angker berlawanan dengan

gaya-gaya yang bekerja pada turapnya sendiri. Penempatan angker dapat diletakkan pada bagian belakang ataupun bagian depan turap.

Diagram tekanan yang dianggap dan identifikasi suku-suku digambarkan di dalam gambar 2.12.



Gambar 2.12 Diagram gaya-gaya yang bekerja pada Konstruksi Turap Dengan Angker

Dalam analisis stabilitas konstruksi turap dengan angker, panjang bagian turap yang dipancang ditentukan dengan anggapan bahwa turap mempunyai titik tetap, yaitu titik A (lihat gambar 2.12)

Bila kondisi seimbang, maka diperoleh $EM_A = 0$ dan dari kondisi ini diperoleh panjang d_0 yang merupakan bagian turap ikut menahan gaya yang bekerja. Panjang turap yang dipancang (d) diperhitungkan sebesar $1,5 d_0$. Tinjauan analisis diperhitungkan 1 meter panjang tegak lurus bidang gambar. Dari gambar 2.12 diperoleh

$$E_A = \frac{1}{2} (H + d_0)^2 \tau \cdot K_A, \text{ dengan lengan terhadap titik A}$$

$$e_A = \frac{2}{3} (H + d_0) - a$$

$$E_P = \frac{1}{2} (d_0)^2 \cdot \tau \cdot K_P, \text{ dengan lengan terhadap titik A}$$

$$e_P = H + \frac{2}{3} d_0 - a$$

Sedangkan $EM_A = 0$ diperoleh hubungan,

$$E_A \cdot e_A = E_P \cdot e_P$$

$$2(H+d_0)2.t.K_A [2/3 (H + d_0) - a] =$$

$$2 (d_0)2.t.K_P. [H + 2/3 d_0 - a] \quad (2.21)$$

dari hubungan diatas besarnya d_0 dapat dicari.

2.10 Dasar-dasar Penanggulangan Korosi

Korosi merupakan penurunan logam akibat reaksi elektrokimia dengan lingkungan sekitarnya. Hampir semua besi maupun baja tidak ada yang mengandung unsur besi saja, melainkan bercampur dengan unsur logam-logam "non ferrum", atau katakanlah logam kotoran. Dengan hadirnya air disekeliling besi dan kotoran, maka terjadi "elektrolise". Air sebagai elektrolit, dan antara besi dengan logam kotoran terjadi hubungan listrik. Terjadilah pengaliran arus dari besi atau anoda ke logam kotoran atau katoda dan terbawalah ion-ion besi yang dikeluarkan oleh anoda masuk ke air. Kemudian ion-ion besi tertukar oleh ion hidrogen dan meninggalkan besinya menjadi suatu gundukan kotoran atau karat di belakang. Sedang ion hidrogen akan terkumpul di katoda dan merupakan suatu lapisan tersendiri.

Secara praktis serangan ini tidak dapat dicegah, tetapi hanya dapat berupaya mengendalikannya sehingga struktur atau komponen mempunyai masa pakai yang lebih panjang. Pengendalian bisa dilakukan dengan berbagai cara, menurut Trethewey, KR dan Chamberlain, J., 1991 yang paling penting adalah;

- a. modifikasi rancangan;
- b. modifikasi lingkungan;
- c. memberikan lapisan pelindung;
- d. proteksi katodik atau anodik.

A. Modifikasi Rancangan

Pada kebanyakan struktur "engineering", titik paling lemah adalah kurangnya perhatian pada pengendalian korosi selama tahapan perancangan. Suatu struktur direncanakan untuk dapat bertahan dalam waktu tertentu. Selama kurun waktu tertentu itu, perencana mengharapkan sistem pengendalian korosi bekerja dengan baik. Jika umur sistem pengendalian lebih pendek dari umur struktur, maka metode pembaharuan harus sudah dipikirkan sejak tahapan perancangan, dan perancang harus merencanakan akses khusus yang akan diperlukan untuk pemeriksaan, perawatan, dan penggantian.

B. Modifikasi Lingkungan

Korosi adalah reaksi antara logam dan lingkungannya, karena itu upaya perubahan lingkungan yang menjadikannya kurang agresif akan bermanfaat untuk membatasi serangannya terhadap logam. Situasi yang biasanya diperhitungkan adalah :

1. Lingkungan berwujud gas. Biasanya yang dimaksudkan disini adalah udara dengan temperatur antara -10°C hingga $+30^{\circ}\text{C}$. Beberapa metode yang digunakan untuk mengurangi laju korosi di udara bebas adalah :
 - a. menurunkan kelembaban relatif;
 - b. menghilangkan komponen-komponen mudah menguap yang dihasilkan oleh bahan-bahan di sekitar;
 - c. menghilangkan kotoran-kotoran.
2. Bahan terendam di air bebas yang cukup mengandung ion untuk menjadikannya sebuah elektrolit. Modifikasi terhadap elektrolit meliputi:
 - a. menurunkan konduktivitas ionik;
 - b. mengubah pH;
 - c. secara homogen mengurangi kandungan oksigen;
 - d. mengubah temperatur.

3. Logam terkubur dalam tanah dan mineral-mineral yang terlarut membentuk elektrolit. Pengendalian biasanya melalui proteksi katodik atau pelapisan permukaan, tetapi lingkungan tersebut dapat dibuat kurang agresif dengan mengganti tanah urugan yang tidak menahan air, mengendalikan pH dan mengubah konduktivitasnya.

C. Pemberian Lapisan Pelindung

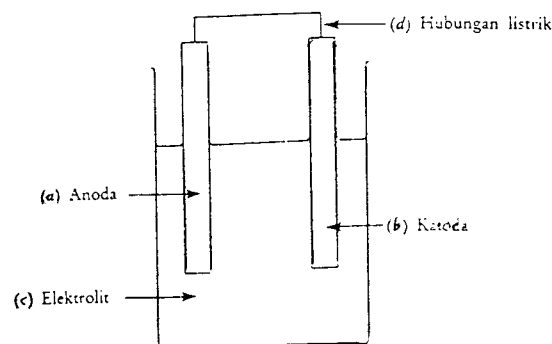
Lapisan pelindung yang dikenakan ke permukaan logam dimaksudkan baik untuk memisahkan lingkungan dari logam, maupun untuk mengendalikan lingkungan mikro pada permukaan logam. Banyak cara pelapisan yang digunakan untuk maksud ini termasuk cat, selaput organik, vernis, lapisan logam, dan lain-lain. Dari kesemua cara itu, yang umum digunakan adalah dengan cat.

D. Proteksi Katodik Dan Anodik

Proteksi katodik merupakan salah satu cara didalam perlindungan logam terhadap bahaya korosi (karat). Proteksi katodik dapat dilakukan dengan dua cara yaitu : Metoda Anoda Tumbal ("Sacrificial Anoda Method") dan Metoda Arus Terpasang ("Impressed Current Method"). (KR. Tretthewey, J. Chamberlain, 1991).

1. Proteksi Katodik dengan Metoda Anoda Tumbal

Cara yang paling sederhana untuk menjelaskan cara kerja proteksi katodik dengan anoda tumbal adalah dengan menggunakan konsep Sel Korosi Basah.



Gambar 2.13 Sel Korosi Basah Sederhana
(KR. Tretthewey, J. Chamberlain, 1991)



Empat komponen penting dalam sel ini adalah :

a. Anoda

Anoda biasanya terkorosi dengan melepaskan elektron-elektron dari atom-atom logam netral untuk membentuk ion-ion yang bersangkutan.

b. Katoda

Katoda biasanya tidak mengalami korosi, walaupun mungkin menderita kerusakan dalam kondisi tertentu.

c. Elektrolit

Merupakan larutan penghantar listrik.

d. Hubungan Listrik

Antara Anoda dan Katoda harus terdapat kontak listrik agar arus dalam sel korosi dapat mengalir.

Pada prinsipnya perlindungan katodik anoda tumbal merupakan suatu cara untuk melindungi struktur logam dari korosi. Pemakaian metode ini sangat praktis untuk bangunan struktur-struktur baja di daerah yang potensial menimbulkan korosi, misalnya untuk daerah di sekitar pantai.

Berdasarkan teori korosi, maka besi merupakan anode dan akan kehilangan ion-ionnya. Bila besi sekarang dijadikan katoda, maka penampang besi bukannya akan kehilangan, melainkan akan mendapat tambahan ion. Untuk mengubah arus dari anoda ke katoda, maka arus listrik harus di balik. Maka satu-satunya jalan ialah dengan aliran listrik dari luar yang lebih kuat.

Aliran listrik yang dipakai adalah listrik arus searah (DC), tetapi karena listrik yang ada dan banyak tersedia adalah arus bolak-balik (AC), maka untuk mendapatkan arus yang searah digunakan "rectifier" dan "transformer".

Tetapi dengan cara ini masih harus diadakan pengorbanan anoda untuk melindungi struktur baja (katoda). Anoda biasanya menggunakan logam-logam seng, aluminium, dan lain-lain. Logam-logam yang bisa menjadi anoda tumbal

bisa dilihat pada deret galvanik. Deret ini memberikan suatu pilihan bahan yang bila digandengkan dengan logam yang ingin kita lindungi akan menjadi anoda. Dengan syarat anoda tumbal lebih potensial dari pada logam yang akan dilindungi, misalnya logam yang dilindungi baja (katoda) sedangkan logam yang dikorbankan harus potensialnya lebih tinggi daripada logam baja, misalnya alumunium. Tetapi harus di ingat bahwa pemilihan logam sebagai anoda harus memperhatikan kecepatan atau laju logam itu terhadap korosi. Hal ini penting untuk menentukan perencanaan berapa umur anoda itu bisa di pakai. Untuk lebih jelasnya, lihat deret galvanik pada gambar 2.14.

Besar kecilnya korban (anoda) sangat tergantung pada keadaan tempat, banyaknya katoda yang dilindungi, dan lain-lain. Jumlah anoda korban bisa di hitung menurut jumlah jam ampere-nya pada tiap-tiap satuan berat. Di dalam kriteria perencanaan pelabuhan yang dikeluarkan oleh Direktorat Jenderal Perhubungan Laut, perancangan perlindungan katodik harus memperhatikan hal-hal sebagai berikut:

a. Pemasangan

Pemasangan "Cathodic Protection" harus di bawah "Mean Sea Level".

b. Tegangan listrik.

Bilamana digunakan "Cathodic Protection", tegangan listrik pada konstruksi baja harus lebih kecil dari harga berikut :

- 770 mV batasan untuk "Saturated Colonel Electrode".

- 780 mV batasan untuk "Silver-silver Cloride sea water electrode".

- 850 mV batasan untuk "Saturated Copper-copper sulfate electrode".

c. Kuat arus listrik

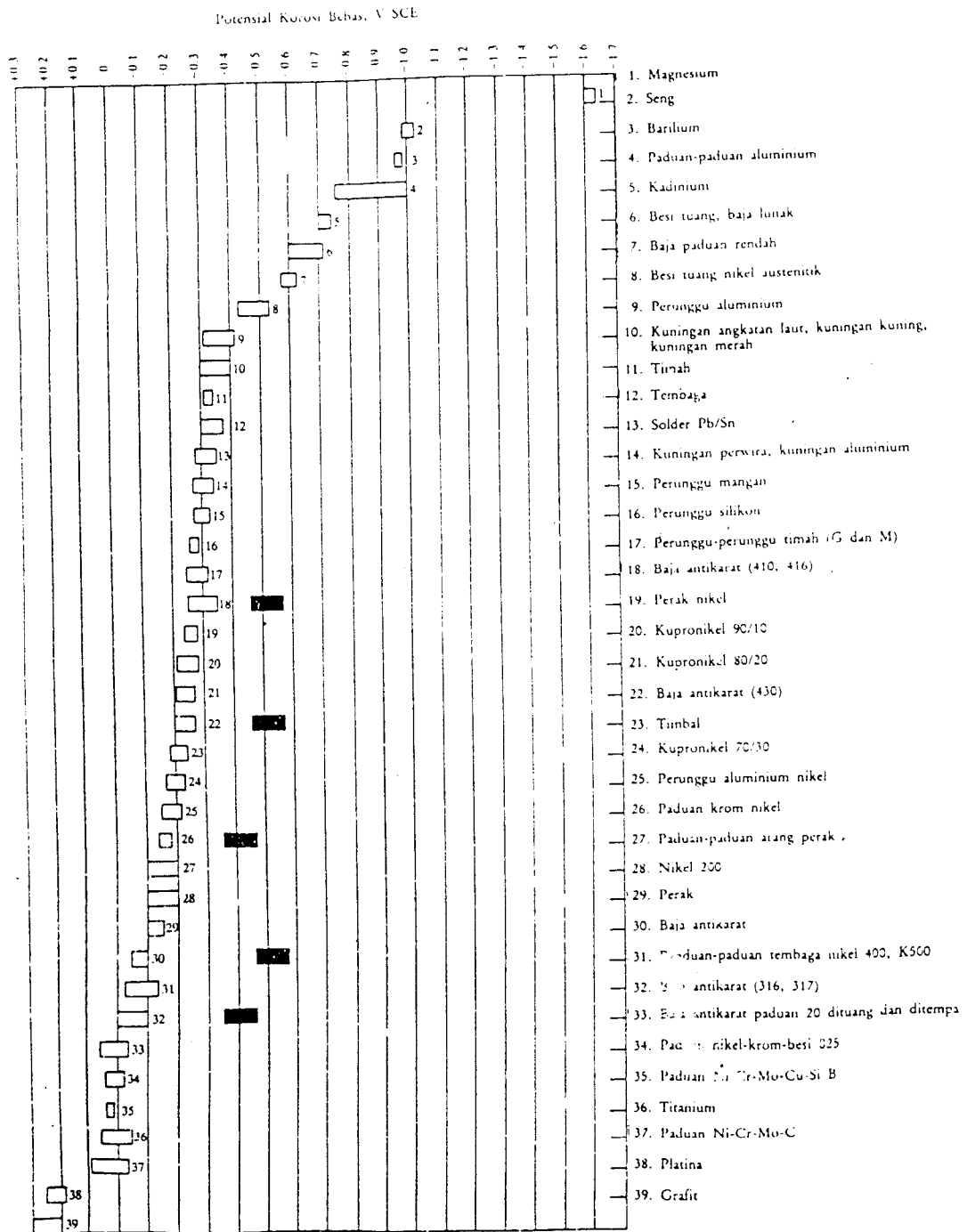
Selama kuat listrik bervariasi lebih besar dengan perubahan lingkungan alam sekelilingnya, harga yang dipakai harus dipilih yang sesuai.

Macam-macam harga kuat arus listrik yang pokok adalah sebagai berikut:

Didalam air laut	0,1 A/m ² (untuk permukaan baja polos)
Didalam timbunan batu pecah	0,05 A/m ² (untuk permukaan baja polos)
Didalam tanah (dibawah air laut)	0,02 A/m ² (untuk permukaan baja polos)
Didalam tanah (diatas air laut)	0,01 A/m ² (untuk permukaan baja polos)
Bagian yang di cat	0,06 - 0,1 A/m ² (untuk permukaan yang dicat dekat daerah pasang surut)

Penambahan dalam depolarisasi seperti penambahan temperatur air, kecepatan arus, pengaruh gelombang dan kadar larutan oksigen dan penyebaran sulfat mengurangi bakteri menambah kuat arus listrik yang dibutuhkan.

Oleh karena itu kuat arus listrik untuk perhitungan korosi harus dinaikkan lebih besar dari macam-macam diatas.



Daerah yang dihitamkan menunjukkan rentang-rentang potensial aktif.

Gambar 2.14 Deret Galvanik

(Sumber Trethewey, K.R., Chamberlain, J.)

2. *Proteksi Katodik Arus Terpasang (ICCP)*

Prinsip yang mendasari proteksi katodik arus terpasang ("Impressed Current Cathodic Protection" = ICCP), sama dengan prinsip dasar metode anoda tumbal, tetapi ada beberapa perbedaan penting yang harus diketahui, yaitu :

- a. Dalam metode anoda tumbal, bahan anoda dan struktur yang dilindungi harus memiliki kontak listrik yang baik. Dalam metode arus terpasang, anoda yang dipasang pada struktur harus ditamengi dengan bahan isolator untuk melindungi logam disekelilingnya dari kerapatan arus yang berlebihan.
- b. Keuntungan dari metode arus terpasang adalah bahwa sistem ini dapat menggunakan anoda yang tidak akan termakan. Penggunaan anoda-anoda permanen itu meniadakan keharusan memperbaharui bahan anoda yang begitu banyak secara berkala, sehingga cara ini lebih murah.
- c. Penggunaan elektronika disini memungkinkan sistem ini mampu mengatur diri. Bila dibanding dengan metode anoda tumbal, inilah keuntungan utama metode ini (KR. Tretthewey, J. Chamberlain, 1991).

Kebanyakan bahan yang digunakan dalam sistem arus terpasang modern adalah paduan antara timbal/ perak, titanium, platina, dan niobium. Keuntungan Proteksi Katodik baik metode anoda tumbal maupun metode arus terpasang adalah :

- a. relatif lebih murah dibandingkan dengan sistem perlindungan logam terhadap korosi lainnya.
- b. mudah dipasang.
- c. tidak diperlukan peralatan listrik yang mahal.
- d. tidak adanya kemungkinan salah arah dalam pengaliran arus.

3. *Proteksi Anodik*

Pada prinsipnya, pemberian potensial pada baja sehingga logam itu

terpolarisasi anodik dari potensial korosi bebasnya, dapat menyebabkan terbentuknya suatu selaput pasif yang menjadi pelindung terhadap korosi. Agar dapat memberikan perlindungan selaput itu harus lekat sekali dan cukup tahan terhadap kerusakan mekanik.

Logam-logam yang sering dilindungi dengan cara ini adalah besi, nikel, alumunium, titanium, molibdenum, zirkonium, hafnium, dan niobium; lengkap dengan paduan-paduan yang sebagian besar terdiri dari logam-logam ini. Elektrolit dalam hal ini bisa bermacam-macam, dari sangat asam sampai sangat basa; dan metode ini dapat lebih menguntungkan dibanding proteksi katodik yang jarang diterapkan di lingkungan segenas itu. Dengan demikian, baja karbon yang dilindungi secara anodik dapat digunakan pada industri kimia dan industri pupuk untuk menyimpan berbagai asam-asam pengoksidasi, tetapi tidak lingkungan basa.

Sebagaimana dalam proteksi katodik, metode ini cocok untuk penerapan di mana logam yang dilindungi terendam secara terus menerus. Sifat agresif lingkungan yang mengharuskan digunakannya proteksi anodik seringkali juga mensyaratkan penggunaan elektroda-elektroda acuan khusus. Semua elektroda acuan yang dibuat dari logam-logam mulia biasanya sudah tepat, umpamanya perak, platinum.

Kerugian dari metode ini adalah bahwa kegagalan catu daya listrik bisa sangat merusak karena logam segera menjadi aktif kembali. Disamping itu, diperlukannya arus listrik membuat metode ini tidak berguna untuk perlindungan dalam lingkungan zat cair organik atau untuk komponen-komponen yang tidak terendam secara terus-menerus.

BAB III PERENCANAAN

3.1 Umum

Penentuan ukuran yang sesuai akan sangat memudahkan terhadap operasi pelabuhan yang efisien serta menentukan besarnya investasi yang ditentukan. Oleh karena itu harus diperhitungkan hal-hal sebagai berikut :

1. letak dan kedalaman perairan yang direncanakan.
2. beban yang dipikul dermaga, baik beban merata maupun beban terpusat.
3. gaya lateral yang harus di pikul, manuver kapal, arus, angin, dan gempa.
4. karakteristik tanah.
5. tenaga dan peralatan yang tersedia guna kelancaran pekerjaan.

Dengan memperhatikan uraian diatas, maka perencanaan struktur dermaga bila di pandang dari segi teknisnya, harus memperhatikan hal-hal sebagai berikut :

1. kapal harus dapat dengan mudah ke luar masuk pelabuhan dan bebas dari gangguan gelombang dan cuaca, sehingga navigasi kapal dapat dilakukan.
2. tersedianya ruang gerak kapal di dalam kolam dan dalam pelabuhan. Gerakan memutar kapal untuk mengarah ke luar pelabuhan harus dimungkinkan sebelum kapal ditambat.
3. pengerukan mula ("capital dredging") dan pemeliharaan pengerukan ("maintenance dredging") yang minim.
4. mengusahakan perbedaan pasang surut yang relatif kecil, tetapi pengendapan harus dapat dihilangkan atau diperkecil.

5. kemudahan kapal untuk bertambat.
6. penyediaan peralatan bongkar muat yang memadai.
7. mempunyai jaringan angkutan darat yang mudah dengan daerah pendukungnya.

3.2 Perencanaan Beban

Beban-beban yang bekerja pada dermaga dapat dikelompokkan menjadi dua macam, yaitu beban lateral dan vertikal. Beban lateral meliputi gaya benturan kapal pada dermaga, gaya tarikan kapal dan gaya gempa; sedang beban vertikal adalah berat sendiri bangunan dan beban hidup.

3.2.1 Gaya Benturan Kapal

Di saat merapat ke dermaga, kapal masih mempunyai kecepatan. Sehingga akan terjadi benturan antara kapal dan dermaga. Dalam perencanaan dianggap bahwa benturan maksimum terjadi apabila kapal bermuatan penuh menghantam dermaga pada sudut 10° terhadap sisi depan dermaga.

Gaya benturan kapal yang harus ditahan dermaga tergantung pada energi benturan yang diserap oleh sistem fender yang dipasang pada dermaga. Gaya benturan bekerja secara horisontal dan dapat dihitung berdasarkan energi benturan. Hubungan antara gaya dan energi benturan tergantung pada type fender yang digunakan. Besarnya energi benturan diberikan oleh rumus berikut ini.

$$E = \frac{WV^2}{2g} C_m C_e C_s C_c \quad (3.1)$$

dimana

E = energi benturan (ton meter)

V = komponen tegak lurus sisi dermaga dari kecepatan kapal pada

saat membentur dermaga (m/d)

W = "displacement" (berat) kapal

g = percepatan gravitasi

C_s = Koefisien kekerasan (diambil 1)

C_c = Koefisien bentuk dari tambatan (diambil 1)

C_m = koefisien massa

$$C_m = 1 + \frac{\pi}{2C_b} \frac{d}{B} ; \quad C_b = \frac{W}{L_{pp} B d \tau_o} \quad (3.2 \ \& \ 3.3)$$

C_b = koefisien blok kapal τ_o = berat jenis air laut (t/m^3)

d = "draft" kapal (m) C_e = koefisien eksentrisitas

B = lebar kapal (m)

L_{pp} = panjang garis air (m)

$$C_e = \frac{1}{1 + (l/r)^2} \quad (3.4)$$

l = jarak sepanjang permukaan air dermaga dari pusat berat kapal sampai titik sandar kapal seperti terlihat dalam gambar 3.1.

r = jari-jari putaran di sekeliling pusat berat kapal pada permukaan air, dan diberikan oleh gambar 3.2.

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

$$\text{Kapal barang : } L_{pp} = 0,846 L_{oa}^{1,0193} \quad (3.5)$$

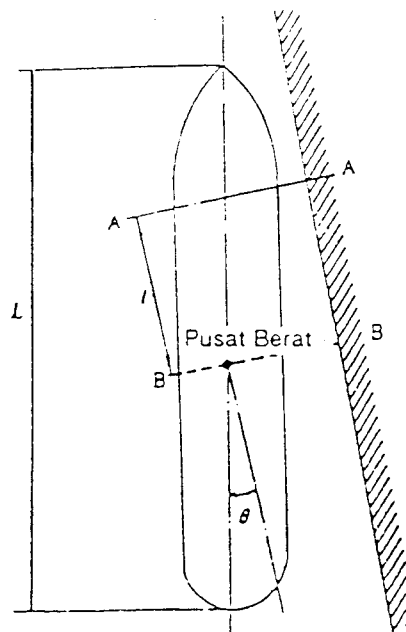
$$\text{Kapal tanker : } L_{pp} = 0,852 L_{oa}^{1,0201} \quad (3.6)$$

Titik kontak pertama antara kapal dan dermaga adalah suatu titik dari 1/4 panjang kapal pada dermaga, dengan nilai l adalah :

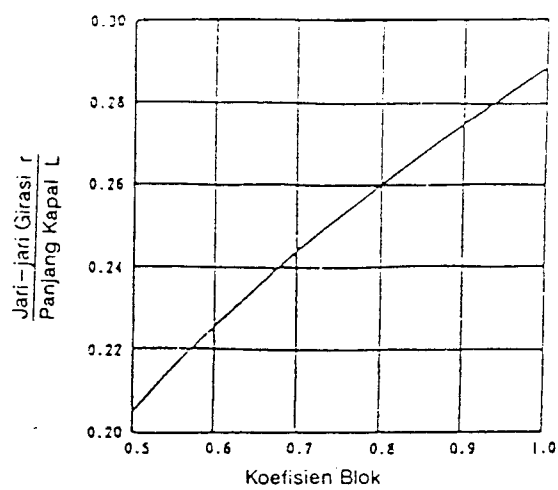
$$\text{untuk dermaga : } l = 1/4 L_{oa} \quad (3.7)$$

L_{oa} ("length overall") adalah panjang kapal ekstrim dari haluan sampai buritan.

(Bambang Triatmojo, 1996)



Gambar 3.1 Pusat Berat Kapal Sampai Titik Sandar
(Bambang T., 1996)



Gambar 3.2 Grafik Hubungan Antara r/L Dan C_b
(Bambang T 1996)

3.2.2 Gaya Akibat Angin

Angin yang berhembus ke badan kapal yang ditambatkan akan menye-

babkan gerakan kapal yang bisa menimbulkan gaya pada dermaga. Apabila angin tersebut berhembus ke arah dermaga, maka gaya tersebut berupa gaya benturan ke dermaga; sedang jika arahnya meninggalkan dermaga akan menyebabkan gaya tarikan kapal pada alat penambat. Gaya-gaya angin dapat dihitung dengan rumus berikut ini :

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

$$R_w = 0,42 Q_a A_w \quad (3.8)$$

2. Gaya longitudinal apabila angin datang dari arah bu-ritan ($\alpha = 180^\circ$)

$$R_w = 0,5 Q_a A_w \quad (3.9)$$

3. Gaya lateral bila angin dari arah lebar ($\alpha=180^\circ$)

$$R_w = 1,1 Q_a A_w \quad (3.10)$$

dimana

$$Q_a = 0,063 V^2 \quad (3.11)$$

dengan :

R_w = gaya akibat angin (kg)

Q_a = tekanan angin (kg/m^2)

V = kecepatan angin (m/d)

A_w = proyeksi bidang yang tertiuip angin (m^2)

3.2.3 Gaya Akibat Arus

Gaya arus bekerja pada bagian kapal yang terendam air, yang kemudian diteruskan pada dermaga dan alat penambat. Besar gaya yang disebabkan oleh arus adalah :

1. Gaya tekanan karena arus yang bekerja dalam arah haluan :

$$R_f = 0,14 S V^2 \quad (3.12)$$

2. Gaya tekanan karena arus yang bekerja dalam arah sisi kapal :

$$R_f = 0,5 \int C V^2 B' \quad (3.13)$$

dengan :

R_f = gaya akibat arus (kgf)

S = luas tampang kapal yang terendam air (m^2)

ρ = rapat massa air laut = 104,5 (kgf d/m^4)

C = koefisien tekanan arus

V = kecepatan arus (m/d)

B' = luas sisi kapal di bawah muka air (m^2)

3.2.4 Gaya Tarikan Kapal Pada Bolder

Gaya tarikan kapal bisa disebabkan oleh gaya angin dan arus, yang bekerja pada alat penambat. Gaya tarikan kapal dapat juga dihitung dengan cara sebagai berikut :

1. Gaya tarikan kapal pada "bollard" diberikan dalam tabel 3.1 untuk berbagai ukuran kapal dalam GRT ("Gross Registers Tons").
2. Besarnya gaya tarik pada bolder dalam arah horisontal adalah sebagaimana tabel 3.1, dan untuk gaya vertikal diambil separo dari nilai didalam tabel.

Tabel 3.1 Gaya tarikan kapal

Bobot kapal (GRT)	Gaya tarik pada bollard (ton)
200 - 500	15
501 - 1000	25
1001 - 2000	35
2001 - 3000	35
3001 - 5000	50
5001 - 10000	70
10001 - 15000	100
15001 - 20000	100
20001 - 50000	150
50001 - 100000	200

(Direktorat Jendral Perhubungan Laut
Direktorat Pelabuhan dan Pengerukan)

3.2.5 Gaya Akibat Gempa

Bangunan pelabuhan termasuk dalam kategori bangunan khusus, maka besaran koefisien gempa harus dihitung 2 kali dari koefisien gempa dasar. Sebagai akibat gaya gempa yang mendadak, maka dalam perhitungan dapat diizinkan adanya kenaikan tegangan pada konstruksi-konstruksi kayu, beton, dan baja sebesar $\pm 1,5$ kali tegangan ijin tarik, tekan dan geser. Sedang daya dukung tanah diizinkan kenaikan antara (30% - 50%) tergantung dari jenis /klasifikasi tanah. (Soedjono Kramadibrata, 1985).

Besarnya gaya gempa dinyatakan dalam :

$$V = C.I.K.W_t \quad (3.14)$$

dimana

V = beban geser dasar akibat gempa

C = Koefisien gempa dasar

I = Faktor keutamaan

K = Faktor jenis struktur

W_t = Kombinasi beban mati seluruhnya dan beban hidup vertikal

3.2.6 Berat Sendiri Bangunan (Beban Mati)

Berat sendiri bangunan harus dimasukkan dalam perhitungan konstruksi. Beban mati terjadi akibat berat konstruksi-konstruksi yang terdapat pada bangunan tersebut. Berat sendiri dari bangunan biasanya yang diperhitungkan adalah pelat, balok, poer, dan lain-lain.

3.2.7 Beban Luar

Beban luar adalah beban hidup (gerak, "live load"). Biasanya terdiri atas beban merata, beban terpusat akibat roda-roda truk, mobil, kran. "forklift", "transtrainer", dan lain-lain peralatan yang bekerja untuk melakukan bongkar muat dalam pelabuhan.

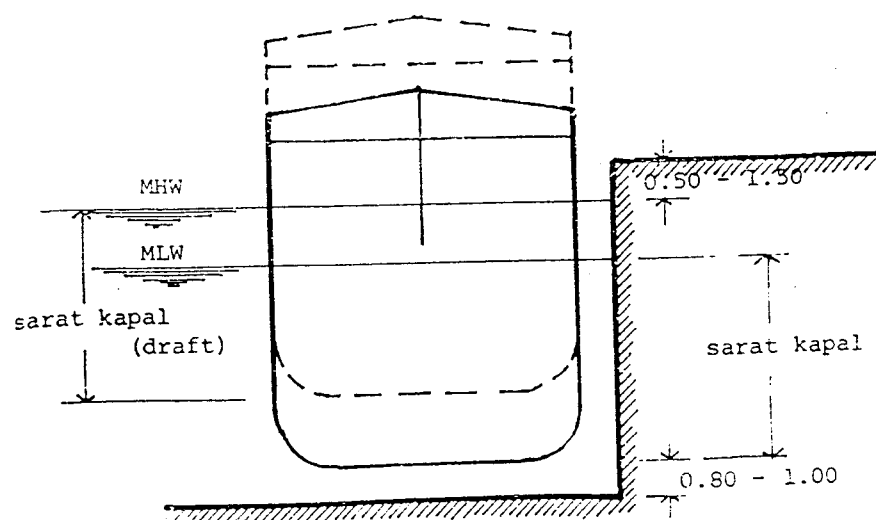
3.3 Perencanaan Dimensi Dermaga

Di dalam perencanaan suatu dermaga ditentukan oleh jenis, kapal yang dilayani, panjang dermaga, lebar dermaga, kedalaman kolam dermaga, dan daerah pendukung operasinya. Penentuan ukuran yang sesuai akan sangat memudahkan terhadap operasi pelabuhan yang efisien, serta menentukan besarnya investasi yang diperlukan. Dari data karakteristik kapal yang dilayani maka dapat ditentukan dimensi dermaga.

3.3.1 Kedalaman Kolam Pelabuhan

Menurut Soedjono Kramadibrata, kedalaman kolam pada umumnya ditetapkan berdasarkan "draft" maksimum kapal yang ditambat dengan jarak aman ("clearance") sebesar 0,8 sampai 1,00 meter. Jarak aman ini ditentukan berdasarkan ketentuan operasional pelabuhan (penambatan kapal dengan/ atau tanpa kapal tunda) konstruksi dermaga.

Untuk lebih jelasnya, lihat gambar 3.3.



Gambar 3.3 Dimensi kapal
(Soedjono K., 1985)

Menurut Bambang Triatmojo, (1991) kedalaman kolam pelabuhan adalah 1,1 kali "draft" kapal pada muatan penuh di bawah muka air rencana. Kedalaman tersebut diberikan pada tabel 3.2.

Tabel 3.2 Kedalaman kolam pelabuhan untuk kapal barang curah (DWT)

Bobot kapal (DWT)	Kedalaman (m)
10.000	9.0
15.000	10.0
20.000	11.0
30.000	12.0
40.000	12.5
50.000	13.0
70.000	15.0
90.000	16.0
100.000	18.0
150.000	20.0

Sumber Bambang Triatmodjo, (1991)

Dengan melihat uraian di atas, maka kedalaman kolam pelabuhan dermaga milik PT. Sriboga Ratu Raya Semarang, diambil 12 meter dibawah muka air rencana.

3.3.2 Penentuan Lebar Dermaga

Dermaga milik PT. Sriboga Ratu Raya Semarang ini digunakan untuk menangani barang curah, tetapi tidak menutup kemungkinan sebagai dermaga "multi purpose". Ukuran lebar dermaga ditentukan berdasarkan fungsi dermaga, peralatan yang digunakan, kemudahan mobilisasi angkutan dan peralihan moda transportasi dari laut ke darat. Untuk perencanaan ini, digunakan ukuran lebar dermaga 18,225 meter.

3.3.3 Penentuan Panjang Dermaga

Bentuk dermaga direncanakan sejajar dengan garis pantai, atau type "wharf". Sehingga panjang dermaga dapat ditentukan berdasarkan bentuk dermaga dan panjang kapal yang akan berlabuh, yaitu :

$$d = nL + (n-1) 15,00 + 50,00 \quad (3.15)$$

dengan

d = panjang dermaga

n = jumlah kapal yang akan ditambat secara berderet

L = panjang kapal

3.4 Perencanaan Tipe Konstruksi Dermaga

3.4.1 Dasar Perencanaan

Sebagai dasar, peraturan dan standar yang dipakai untuk merencanakan struktur dermaga adalah :

1. Dasar-dasar yang dipakai :
 - a. segi keamanan.
 - b. segi pembiayaan.
 - c. segi perawatan
2. Peraturan dan standar yang dipakai :
 - a. Standart Kriteria Perencanaan Dermaga untuk Pelabuhan di Indonesia dari Direktorat Jenderal Perhubungan Laut (Standart Design Criteria for Ports in Indonesia, Maritime sector Development Programe Directorate General of Sea Communications). 1984.
 - b. Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983.
 - c. Peraturan Perencanaan Bangunan Tahan Gempa Indonesia Untuk Gedung 1983.
 - d. SK-SNI T-15-1991-03
 - e. Peraturan Perencanaan Bangunan Baja Indonesia 1983.
 - f. Peraturan - Peraturan lain yang sering dipakai di Indonesia.

3.4.2 Perencanaan Struktur Atas

Yang termasuk struktur atas dalam struktur dermaga adalah :

- a. struktur pelat lantai dermaga.
- b. struktur balok.
- c. fender.
- d. alat penambat kapal ("Bolder")

Dibawah ini diuraikan perencanaan bagian-bagian yang termasuk dalam struktur atas.

A. Perencanaan Pelat Lantai Dermaga

Pelat lantai merupakan elemen suatu bangunan yang langsung menahan beban dari beban-beban di atasnya. Lantai akan dibuat setipis mungkin sesuai dengan beban-beban yang bekerja padanya dan memenuhi syarat syarat konstruksi. Menurut SK SNI - T15 - 1991 - 03, perencanaan pelat lantai harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut :

- Tebal Pelindung beton. (SKSNI T-15-1991-03) subbab 3.16.7

Untuk beton yang berhubungan dengan tanah/ cuaca.

batang D19-D56 50 mm

batang D16 atau lebih kecil 40 mm.

- Tebal pelat minimum (SKSNI T-15-1991-03) subbab 3.2.5.3

Non pratekan, dapat ditentukan :

$$h = \frac{l_n(0,8 + (f_y/1500))}{36+5\beta(\alpha_m-0,12(1+1/\beta))} \quad (3.16)$$

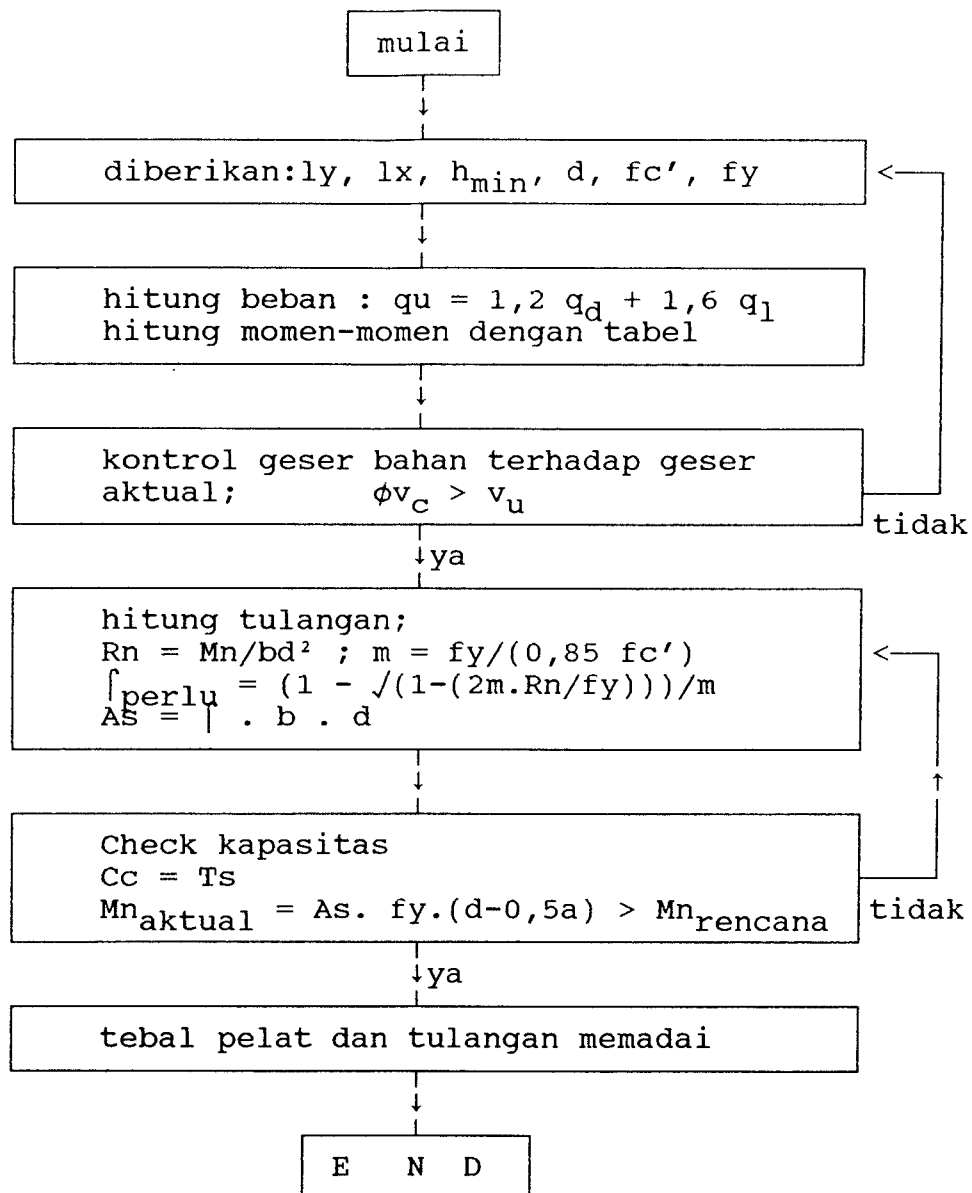
tetapi tidak boleh kurang dari

$$h = \frac{l_n(0,8 + (f_y/1500))}{36+9\beta} \quad (3.17)$$

dan tidak perlu lebih dari

$$h = \frac{l_n(0,8 + (f_y/1500))}{36} \quad (3.18)$$

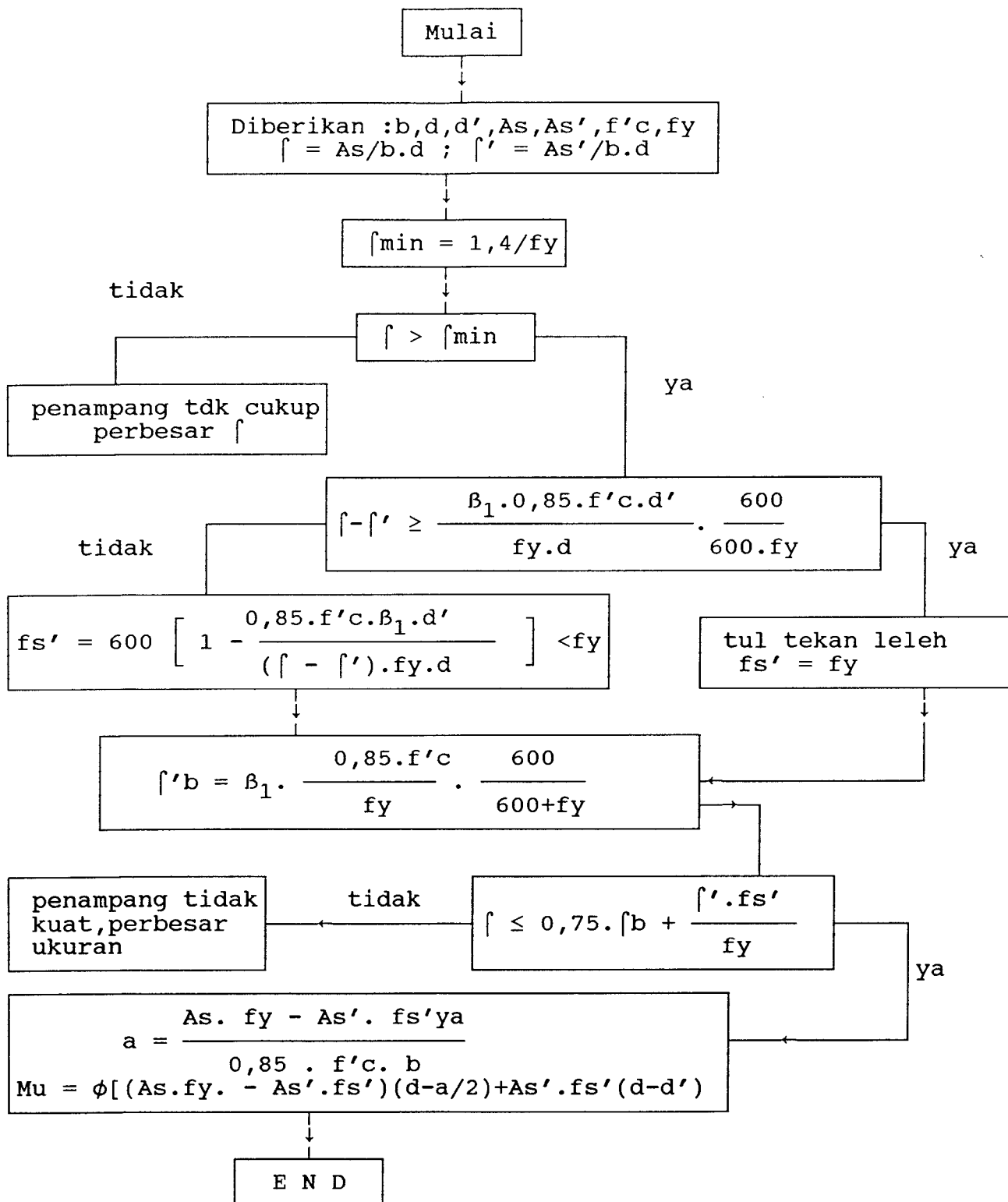
Agar lebih jelas, urutan kegiatan yang diperlukan untuk menghitung pelat dinyatakan dalam diagram alir berikut ini.



Gambar 3.4 Diagram Alir Untuk Pelat

B. Perencanaan Balok Dermaga

Agar lebih mudah memahami desain balok dermaga ini dapat dibuat diagram alirnya sebagai berikut:



Gambar 3.5 Diagram Alir Untuk Balok

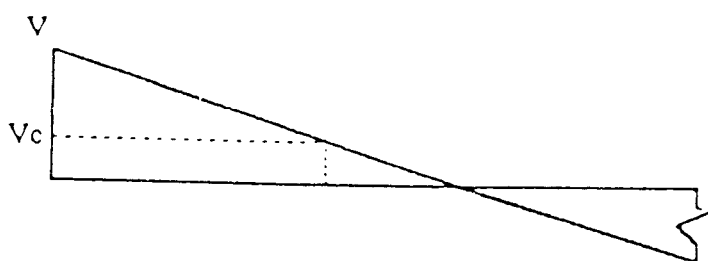
Apabila telah didapatkan dimensi balok, kemudian di periksa terhadap kapasitas momennya telah memenuhi syarat, maka balok tersebut telah memadai. Kemudian dihitung juga penulangan geser yang terjadi, yaitu dengan rumus sebagai berikut :

Syarat yang diperlukan dalam penulangan geser

$$V_c = (\sqrt{f'_c}/6) \cdot b_w \cdot d \quad (3.19)$$

jika $V_u/\phi > V_c \longrightarrow$ perlu tulangan geser

$$\phi = 0,6$$



Gambar 3.6 Penulangan Geser

Jarak antar tulangan sengkang

$$S = \frac{A_v \cdot f_s}{(V - V_c) \cdot b_w} \quad (3.20)$$

dengan : A_v = luas tulangan sengkang $\longrightarrow 2 \cdot (1/4 \cdot \pi \cdot D^2)$

V_c = geser minimum

V = geser yang ditinjau

b_w = lebar balok

f_s = tegangan ijin sengkang

C. Perencanaan Fender

Perencanaan Fender Dermaga milik PT. Sriboga Ratu Raya Semarang ini memakai fender fentek Produksi Australia, seperti tercantum dalam tabel

3.3, tabel 3.4, dan tabel 3.5.

Tabel 3.3 "Fentek Arch Fender Type H Performance"

MODEL	ENERGY INDEX					
	E1		E2		E3	
	ENERGY ABSORPTION (kNm)	REACTION FORCE (kN)	ENERGY ABSORPTION (kNm)	REACTION FORCE (kN)	ENERGY ABSORPTION (kNm)	REACTION FORCE (kN)
A150	4	75	6	100	7	130
A200	8	100	10	130	13	175
A250	12	120	16	160	21	210
A300	17	145	23	190	30	250
A400	31	195	41	255	54	335
A500	49	245	64	320	84	420
A600	70	295	92	385	120	505
A800	125	390	163	510	214	610
A1000	195	490	255	640	335	840

Tabel 3.4 "Fentek Arch Fender Dimensions"

	A150	A200	A250	A300	A400	A500	A600	A800	A1000
H mm	150	200	250	300	400	500	600	800	1000
W mm	300	400	500	600	800	1000	1200	1600	2000
FL With L=1000 mm	1075	1100	1125	1150	1200	1250	1300	1400	1500
FL With L=1500 mm	1575	1600	1625	1650	1700	1750	1800	1900	2000
FL With L=2000 mm	2075	2100	2125	2150	2200	2250	2300	2400	2500
FL With L=2500 mm	2575	2600	2625	2650	2700	2750	2800	2900	3000
FL With L=3000 mm	3075	3100	3125	3150	3200	3250	3300	3400	3500
B mm	240	320	410	490	670	840	1010	1340	1680
F mm	95	125	160	190	250	310	375	500	625
D mm	16	20	25	30	40	50	60	800	100
Thread size of TP	M12	M16	M16	M16	M20	M20	M24	M30	M30
Weight (kg/m)	30	50	85	120	200	310	450	820	1250

Tabel 3.5 "Fender Fastening Details"

	Bolt Size o S	M20	M24	M24	M30	M36	M42	M48	M56	M56
L1000	No. of Bolts	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	Bolt Spacing E	855	860	865	870	900	930	930	930	930
L1500	No. of Bolts	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	Bolt Spacing E	675	680	680	685	700	715	725	725	725
L2000	No. of Bolts	8	8	8	8	8	8	8	8	8
	Bolt Spacing E	620	620	620	625	635	645	650	650	650
L2500	No. of Bolts	8	8	8	8	8	8	8	8	8
	Bolt Spacing E	750	760	780	790	800	810	820	820	865
L3000	No. of Bolts	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	Bolt Spacing E	715	715	715	715	725	730	740	760	775

Jarak antara fender harus ditentukan sedemikian rupa sehingga dapat menghindari kontak langsung antara kapal dan dinding dermaga (Bambang Triatmodjo, 1991). Besarnya Jarak maksimum dapat diberikan oleh rumus dibawah ini :

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

L = Jarak maksimum antara fender (m)

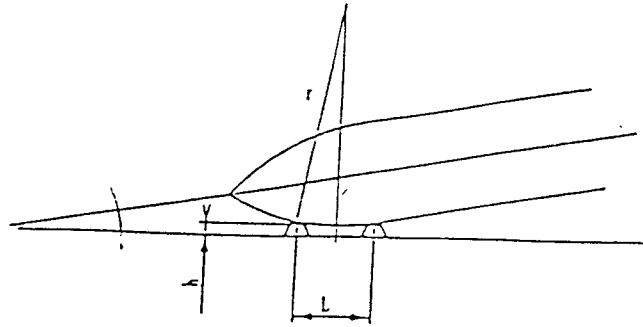
r = Jari - jari kelengkungan sisi haluan kapal (m)

h = Tinggi fender

r dicari dengan persamaan berikut (Untuk Kapal

barang 500 - 50.000 DWT)

$$\text{Log } r = -1,055 + 0,650 \text{ Log (DWT)}$$



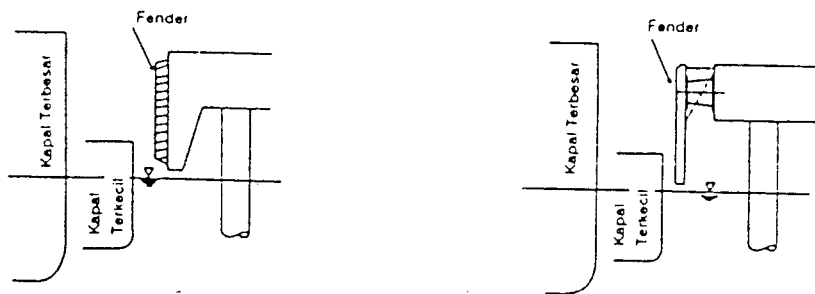
Gambar 3.7 Jarak Fender (Bambang T., 1996)

OCDI (1991) Memberikan jarak interval antara fender sebagai fungsi kedalaman air seperti diberikan dalam tabel 3.6 dibawah ini.

Tabel 3.6 Jarak Antar Fender

Kedalaman air (m)	Jarak antara Fender (m)
4 - 6	4 - 7
6 - 8	7 - 10
8 - 10	10 - 15

Tipe fender yang digunakan dan penempatannya pada sisi depan dermaga harus dapat melindungi dan menyerap energi benturan dari semua jenis kapal untuk berbagai elevasi muka air laut. Untuk dapat melindungi dermaga terhadap benturan kapal dari berbagai ukuran maka digunakan fender yang lebih panjang dengan penempatan seperti terlihat pada gambar dibawah ini

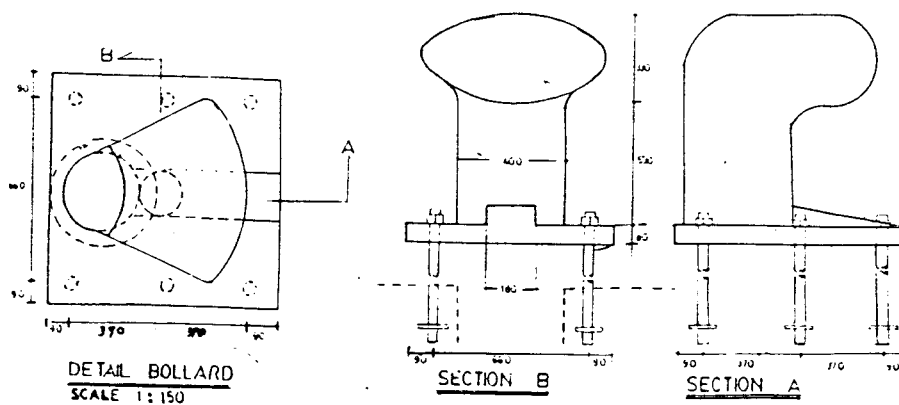


Gambar 3.8 Posisi Kapal Terhadap Fender (Bambang T.,1996)

D. Perencanaan Bolder

Bolder digunakan sebagai alat tambatan kapal yang berlabuh dengan mengikat tali-tali yang dipasang pada haluan, buritan dan badan kapal ke dermaga.

Bolder diletakkan pada sisi dermaga dengan jarak bolder antara 15 - 25 meter. Dalam perencanaan bolder, gaya yang diperhitungkan adalah gaya tarikan kapal yang disalurkan lewat tali.



Gambar 3.9 bolder

Dari gambar 3.9 :

P = beban tarik kapal dengan sudut efektif 30°

A = tinggi bollard

G = tinggi efektif bollard

Z = jarak ke angkur depan

D = diameter luar bollard

Hubungan-hubungan yang didapatkan

$$H = P \cdot \cos 30^{\circ} \quad (3.21)$$

$$V = P \cdot \sin 30^{\circ} \quad (3.22)$$

$$M_w = H \cdot G \quad (3.23)$$

$$M_v = V \cdot Z \quad (3.24)$$

$$M_{tot} = M_w + M_v \quad (3.25)$$

Tegangan tarik arah tegak yang terjadi

$$Q = V + M_{tot}/D \quad (3.26)$$

$$\frac{(Q + V)}{0,5 F} + \frac{M_{tot}}{W} \times FS \leq \sigma_{ijin \text{ bollard}} \quad (3.27)$$

dimana

W = momen tahanan bollard

F = luasan bollard (diameter luar - diameter dalam)

FS = faktor keamanan = 1,75

3.4.3 Perencanaan Struktur Bawah

Yang termasuk struktur bawah pada bangunan dermaga adalah

a. pondasi

b. struktur penahan tanah di belakang dermaga

A. Perencanaan Pondasi

Pondasi sebagai struktur bawah ("Sub Structure") memegang peranan yang sangat besar di dalam perencanaan suatu bangunan karena pondasi mempunyai fungsi untuk memikul beban - beban yang terjadi untuk diteruskan ke dalam tanah. Perencanaan tipe pondasi (Direktorat Jenderal Perhubungan Laut, 1984) ini sangat dipengaruhi oleh :

- a. fungsi bangunan.
- b. besarnya beban yang harus dipikul.
- c. kondisi tanah dasar.
- d. tersedianya material.
- e. kemudahan pelaksanaan pekerjaan dan biaya.

Dalam perencanaan pondasi untuk dermaga milik PT. Sriboga Ratu Raya Semarang, menggunakan pondasi tiang pancang. Alternatif pondasi tiang pancang digunakan karena; pada struktur tanah pantai, kondisi tanah baik letaknya terlalu dalam, sehingga lebih menguntungkan digunakan pondasi tiang pancang.

Tiang pancang direncanakan menggunakan tiang pancang pipa baja. Jenis tiang ini mempunyai banyak keuntungan, antara lain :

1. Lebih mudah dipancang, disebabkan tiang mempunyai luas tampang yang kecil dibanding jenis tiang lain, karena tiang lebih mudah masuk ke dalam tanah akibat berat sendiri,
2. Mudah disambung bilamana diperlukan panjang tiang yang cukup besar untuk mencapai kedalaman tiang yang diinginkan. Sistem sambungan dapat berupa sambungan las atau baut sesuai dengan kebutuhan.
3. Untuk menembus jenis-jenis tanah keras, ujung tiang diperkuat dengan memberi sepatu agar tidak mudah rusak (K. Basah Suryolelono, 1994).

Untuk mendapatkan kriteria pipa baja yang diperlukan sebagai tiang

pondasi, Direktorat Jendral Perhubungan Laut memberikan standar kualitas baja karbon untuk pemakaian bangunan umum dengan kode JIS G 3444, dan simbol STK 41 dan STK 50. Tegangan ijin untuk tiang pancang dengan kode STK 41 adalah 1400 kg/cm^2 , STK 50 adalah 1900 kg/cm^2 .

Perencanaan pondasi tiang dilaksanakan sesuai dengan prosedur berikut ini:

1. Mula-mula, setelah dilakukan pemeriksaan tanah di bawah permukaan, penyelidikan di sekelilingnya, dan penyelidikan terhadap bangunan di sekitar letak pondasi tiang, maka diameter, jenis dan panjang tiang dapat diperkirakan. Dalam hal ini, kondisi konstruksi tiang merupakan faktor penting dalam menentukan jenis tiang.
2. Kemudian dihitung daya dukung ("bearing capacity") yang diijinkan untuk satu tiang. Bagi kondisi pembebanan, daya dukung seyogyanya diperiksa untuk peristiwa biasa maupun pada waktu gempa.
3. Bila daya dukung yang diijinkan untuk satu tiang sudah diperkirakan, maka daya dukung yang diijinkan untuk seluruh tiang harus diperiksa. Harga akhir akibat gabungan tiang ini atau gaya gesekan dinding tiang merupakan daya dukung yang diijinkan untuk pondasi tiang.
4. Berikutnya, di hitung reaksi yang didistribusikan ke setiap kepala tiang. Juga ditetapkan jumlah tiang secara tepat.
5. Setelah beban pada kepala tiang dihitung, pembagian momen lentur atau gaya geser pada tiang dalam arah vertikal dapat dicari, lalu pengecekan yang lebih mendetail pada bagian-bagian tiang dapat dilakukan. Karena jenis dan diameter tiang telah ditetapkan sebelumnya, bagi tiang yang terbuat dari baja, yang perlu dihitung adalah ketebalan platnya. Dalam hal ini, bila diameter atau jenis tiang yang diperkirakan ternyata tidak memenuhi harga yang diperkenankan, anggapan tentang jenis dan diameter tiang yang diperkirakan

harus diubah dan dihitung kembali.

6. Jika detail perencanaan tubuh tiang telah selesai, tumpuan harus diperiksa berdasarkan reaksi pada kepala tiang.
7. Hal-hal yang berkenaan dengan bangunan yang khusus, misalnya pengerjaan ("treatment") kepala tiang atau pemakaian alat penghubung ("coupling") dapat ditentukan selanjutnya (Suyono Sosrodarsono, Kazuto Nakazawa, 1988).

B. Struktur Penahan Tanah

Pada perencanaan struktur penahan tanah, ditempuh urutan kegiatan sebagai berikut :

- Memperkirakan ukuran atau dimensi yang diperlukan.
- Perhitungan stabilitas terhadap peluncuran ("sliding stability") dan stabilitas terhadap gulingan ("overturning stability") konstruksi.
- Perhitungan struktural terhadap gaya-gaya pada konstruksi tersebut.

Jenis struktur yang digunakan untuk menahan tanah dibelakang dermaga, digunakan tipe turap ("Sheet pile"). Konstruksi ini sama seperti dinding penahan tanah, tetapi ada perbedaan yaitu pada tebal konstruksi yang merupakan papan atau tiang-tiang tipis dipancang berjajar. Selain itu stabilitas konstruksi tidak mengandalkan pada berat konstruksi saja tetapi mengandalkan pada jepitan yang terjadi dalam tanah dan perlawanan papan anker yang dipasang dibelakang konstruksi tersebut.

Keuntungan yang diperoleh dalam pemanfaatan jenis konstruksi ini antara lain, pelaksanaan dapat dilakukan tanpa mengeringkan daerah kerja terlebih dahulu serta merupakan konstruksi yang relatif ringan sehingga memudahkan di dalam pemancangannya maupun pembongkaran konstruksi tersebut. Selain itu sangat cocok untuk tanah-tanah lunak maupun tidak berbatu.

Untuk perencanaan turap penahan tanah pada bagian belakang dermaga milik PT. Sriboga Ratu Raya Semarang ini, memakai turap beton bertulang.

Tipe ini merupakan papan-papan atau balok-balok yang terbuat dari konstruksi beton bertulang. Analisis konstruksi tergantung pada momen yang terjadi akibat tekanan tanah, juga momen akibat turap diangkat untuk dibawa ke lokasi pekerjaan (K. Basah Suryolelono, 1994).

3.5 Pengerukan Kolam Pelabuhan

Pengerukan di kenal dalam teknik pembangunan pelabuhan sebagai sarana penunjang suatu proses pelaksanaan penggalian dan penimbunan tanah ("excavating and dumping, cut and fill") baik di dalam air/laut maupun di darat. Pengerukan dilakukan pada saat pembangunan pelabuhan ("capital dredging") yaitu dalam melaksanakan pembuatan kolam pelabuhan, perataan dasar suatu dermaga, pemecah gelombang dan sebagainya (Soedjono Kramadibrata, 1984).

Pekerjaan pengerukan merupakan suatu rangkaian kegiatan mulai dari pengerukan permukaan dasar laut sampai kedalaman yang diinginkan. Sebelum dimulai pekerjaan pengerukan, lebih dahulu dilakukan survei lapangan, yaitu sebagai berikut :

1. Survey penampang.

Survey ini dilakukan untuk mengetahui keadaan profil melintang dasar laut yang sesuai dengan rencana dermaga. Survey dilakukan dengan menggunakan alat "echo sounding" yaitu cara pengukuran dengan menggunakan getaran suara.

2. Survey keadaan tanah

Survey ini dimaksudkan untuk menentukan jenis alat keruk yang akan digunakan dalam pekerjaan proyek ini. Survey keadaan tanah yang dilakukan adalah pengeboran dan "sunder test". Tanah yang diselidiki diambil dari dalam laut.

3. Survey tempat pembuangan

Survey tempat pembuangan ditentukan oleh Kantor Wilayah Departemen

Perhubungan. Pada kolam pelabuhan dermaga milik PT. Sriboga Ratu Raya Semarang, tempat pembuangan ditentukan pada:

16" LS dan $110^{\circ} 24'54''$ BT

16" LS dan $110^{\circ} 25'26''$ BT

32" LS dan $110^{\circ} 24'54''$ BT

32" LS dan $110^{\circ} 25'26''$ BT

Pelaksanaan pengerukan dimulai pada alur masuk dari laut bebas menuju arah dermaga, kemudian dermaga dikeruk dari arah barat sampai as dermaga (50% dari panjang). Cara ini dilakukan menyesuaikan dengan pekerjaan "pilling" dermaga.

Pelaksanaan pekerjaan pengerukan ini harus mengikuti ketentuan-ketentuan sebagai berikut:

1. Gambar dan peta situasi yang merupakan rencana pengerukan, rencana reklamasi, areal pembuangan lumpur, jarak terhadap bangunan sekitar dan kedalamannya.
2. Gambar-gambar konstruksi bangunan di sekitar daerah keruk.
3. Peta situasi rencana pengerukan dan peta Hidrografi ("predredge sounding").
4. Potongan melintang yang menunjukkan kedalaman serta kemiringan tepian "slope" yang dapat mewakili masing-masing tempat yang secara khusus mempunyai perbedaan antara tempat satu dengan tempat lain.
5. Pengukuran kedalaman baik dalam "predredge sounding" dan "final sounding" akan dilakukan dengan "echo sounder" dengan frekuensi 200 khz.

Alat yang dipergunakan pada pengerukan kolam pelabuhan dermaga milik PT. Sriboga Ratu Raya adalah :

- | | |
|----------------------------------|--------|
| 1. "Clamp shell" 3 m^3 | 2 unit |
| 2. "Flat Top" | 2 unit |
| 3. "Tug boat" | 2 unit |
| 4. "Hoper" 400 m^3 | 1 unit |

BAB IV
PERHITUNGAN STRUKTUR DAN PEMBAHASAN

4.1 Perhitungan Dimensi Dermaga

A. jenis kapal yang dilayani

1. jenis = kapal barang curah
2. berat = 30.000 DWT
3. panjang = 192 meter
4. "draft" = 10,6 meter
5. lebar = 27,3 meter

B. ukuran lantai dermaga

1. panjang dermaga

$$\begin{aligned} \text{Direncanakan } n &= 1, L = 192 \text{ meter} \\ \text{Panjang dermaga } d &= n.L + (n-1).15,00 + 50 \\ &= 1 . 192 + (1-1).15,00 + 50 \\ &= 242 \text{ meter} \end{aligned}$$

Panjang dermaga yang terpakai adalah 204 meter, hal ini disebabkan panjang kapal efektif untuk bongkar muat barang kurang lebih 80 % dari panjang kapal.

2. lebar dermaga

Lebar dermaga ditentukan berdasarkan jarak antara rel kran + 3 m + mobilisasi untuk bongkar muat barang. Lebar total = 8 + 3 + 7,225 = 18,225 m

3. kedalaman kolam

Kedalaman kolam didasarkan pada "draft" maksimum kapal yaitu sebesar 10,6 meter, ditambah dengan angka keamanan sebesar 10% dari "draft"

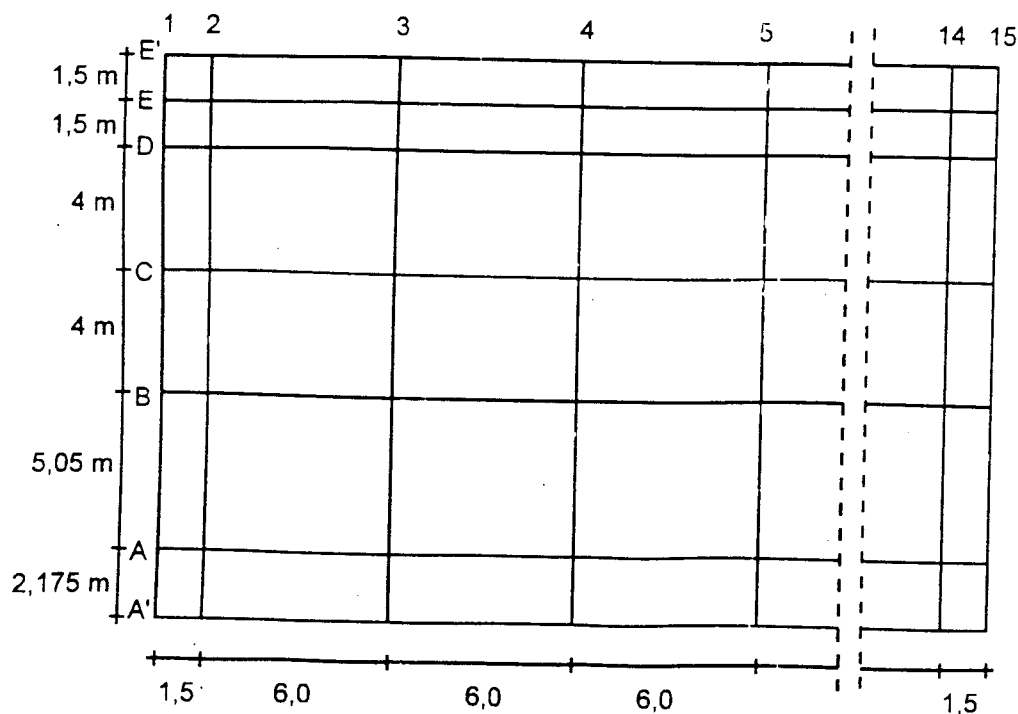
kapal pada muatan penuh dibawah elevasi muka air rencana. Menurut Bambang Triatmojo, kedalaman kolam untuk ukuran kapal dengan berat 30.000 DWT adalah 12 meter.

4. elevasi lantai dermaga

Elevasi lantai dermaga direncanakan setinggi 3,35 meter diatas permukaan air laut.

4.2 Perhitungan Plat Lantai Dermaga

Denah lantai dermaga dapat dilihat pada gambar 4.1.



Gambar 4.1 Ukuran Plat Lantai Dermaga

Plat diasumsikan terjepit pada keempat sisinya. Ukuran plat dibagi menjadi lima macam, yaitu:

1. plat I = (6 x 4) meter
2. plat II = (6 x 5,05) meter

3. plat III = (6 x 1,5) meter
 4. plat IV = (6 x 2,175) meter
 5. plat V = (6 x 1,5) meter

Spesifikasi bahan yang digunakan:

1. beton K 250 —————> $f'c = 20 \text{ MPa}$
 2. baja tulangan yang dipakai:
 BJTD 39 —————> $f_y = 390 \text{ MPa}$

4.2.1 Perencanaan Plat Lantai Type I

Denah plat lantai dermaga dapat dilihat pada gambar 4.1.

Plat terjepit elastis pada keempat sisi.

Ukuran plat 6 m x 4 m

- $l_y/l_x = 6/4 = 1,5$
 Tebal plat = 250 mm
 Penutup beton = 40 mm
 Mutu baja tulangan = BJTD 39

Diameter tulangan pokok = 19 mm

Tebal efektif plat :

$$d_x = 250 - 40 - 19/2 = 202 \text{ mm}$$

$$d_y = 250 - 40 - 19 = 194 \text{ mm}$$

Pembebanan:

- a. beban mati dari plat (termasuk lapis aus = 0,5 cm)

$$q_D = 0,25 \cdot 2400 = 600 \text{ Kg/m}^2$$

- b. beban hidup merata $q_L = 3.000 \text{ kg/m}^2$

- c. beban ultimit

$$q_u = 1,2 q_D + 1,6 q_L$$

$$q_u = 1,2 \cdot 600 + 1,6 \cdot 3000 = 5520 \text{ kg/m}^2 = 55,20 \text{ KN/m}^2$$

Dari tabel PBI '71 (untuk $I_y/I_x = 1,5$), didapat :

$$M_{I_x} = 0,001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot X = 0,001 \cdot 55,2 \cdot 4^2 \cdot 56 = 49,46 \text{ KNm}$$

$$M_{I_y} = 0,001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot X = 0,001 \cdot 55,2 \cdot 4^2 \cdot 37 = 32,67 \text{ KNm}$$

$$M_{t_x} = -0,001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot X = -0,001 \cdot 55,2 \cdot 4^2 \cdot 56 = -49,46 \text{ KNm}$$

$$M_{t_y} = -0,001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot X = -0,001 \cdot 55,2 \cdot 4^2 \cdot 37 = -32,67 \text{ KNm}$$

d. akibat beban terpusat kendaraan truk

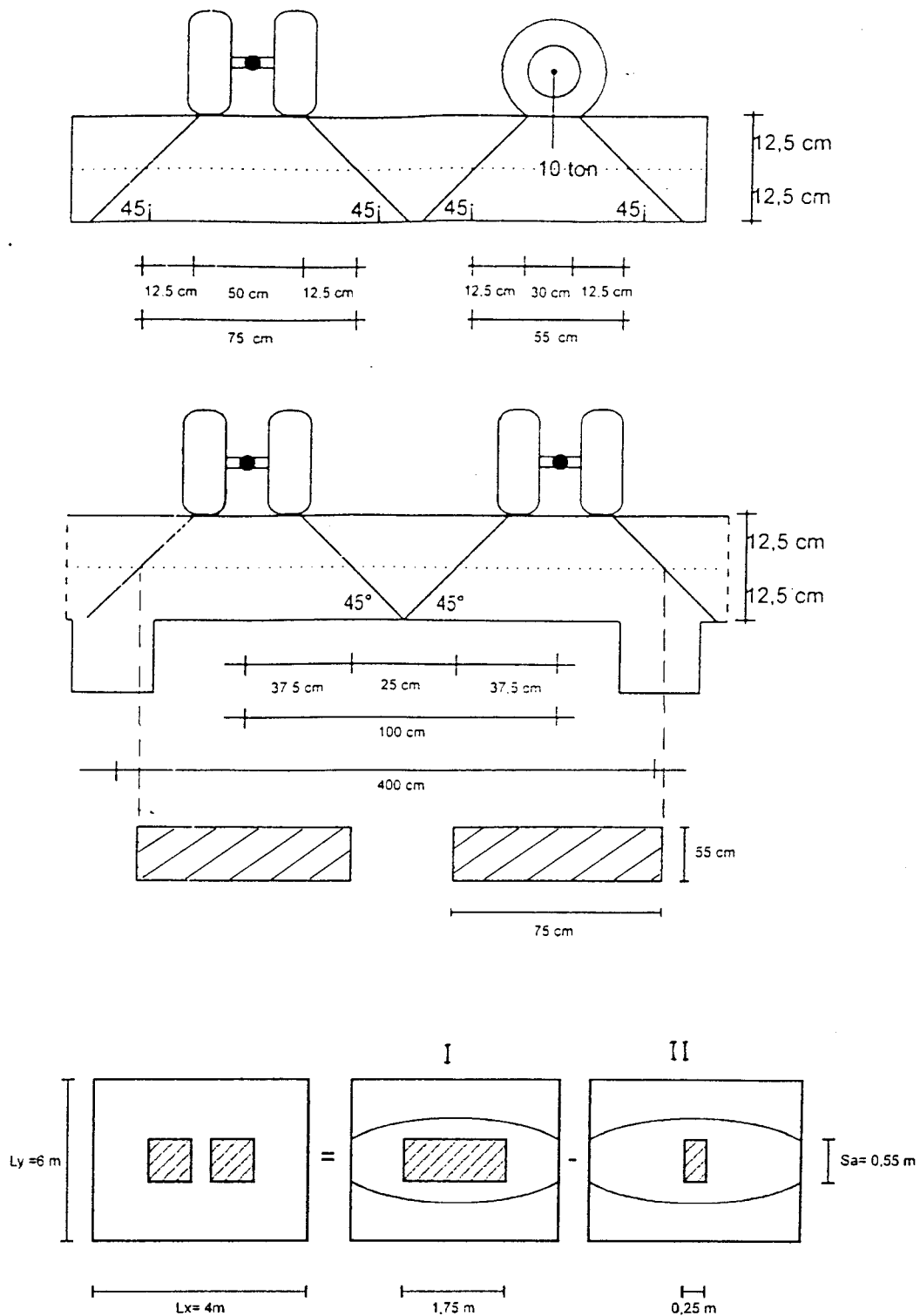
Pelat lantai yang dibebani roda kendaraan, akan menyebarkan beban tersebut ke dalam suatu luasan tertentu dari pelat dengan membentuk sudut 45° sebanding dengan tebal pelat, yang disebut bidang kontak.

Momen maksimum terjadi pada saat dua roda kendaraan berdekatan dengan jarak antara as dua kendaraan adalah satu meter berada ditengah bentang, (jarak kebebasan samping tiap kendaraan minimal 50 cm).

Untuk memudahkan perhitungan momen maksimum, maka dilakukan penyederhanaan perhitungan dengan membagi luasan bidang kontak menjadi dua bagian, yaitu :

- a. bagian I adalah beban bekerja merata sepanjang bidang kontak.
- b. bagian II adalah beban titik ditengah antara bidang kontak dua kendaraan.

Untuk lebih jelasnya, lihat gambar 4.2.



Gambar 4.2 Bidang Kontak Akibat Beban Roda Dan Perhitungan Momen Maksimum

Menurut PBI 1971, perhitungan pelat yang terjepit penuh pada kedua tumpuannya, harga $r = 0,5$.

Selanjutnya urutan perhitungan pelat akibat beban roda adalah sebagai berikut :

Lebar kerja maksimum ditengah-tengah bentang l_x ditentukan oleh rumus berikut:

$$3. r \cdot l_x = 3 \cdot 0,5 \cdot 4 = 6 \text{ m} \geq l_y, \text{ maka}$$

$$S_a = \frac{a + r \cdot l_x}{l_y + r \cdot l_x} \cdot l_y = \frac{0,55 + 0,5 \cdot 4}{6 + 0,5 \cdot 4} \cdot 6 = 1,9125 \text{ m}$$

Bagian I

$$S_a = 1,9125 \text{ m}$$

$$T = \frac{\text{Beban roda}}{(\text{luasan bidang kontak})}$$

$$T = \frac{10 \text{ T}}{(0,75 \cdot 0,55)} = 24,24 \text{ T/m}^2$$

$$\begin{aligned} M_0 &= 0,25 \cdot P \cdot l_x \\ &= 0,25 \cdot (24,24 \cdot 1,75 \cdot 0,55) \cdot 4 \end{aligned}$$

$$M_0 = 23,331 \text{ Ton m.}$$

$$M_{1x} = \frac{M_0}{S_a} = \frac{23,331}{1,9125} = 12,199 \text{ Ton}$$

$$M_{1y} = \frac{M_{1x}}{1 + 4a/l_y} = \frac{12,199}{1 + (4 \cdot 0,55/6)} = 8,926 \text{ Ton}$$

Bagian II

$$S_a = 1,9125 \text{ m}$$

$$M_0 = 0,25 \cdot P \cdot l_x$$

$$= 0,25 \cdot (24,24 \cdot 0,25 \cdot 0,55) \cdot 4 = 3,333 \text{ Ton m.}$$

$$M_{1x} = \frac{M_0}{S_a} = \frac{3,333}{1,9125} = 1,743 \text{ Ton}$$

$$M_{1y} = \frac{M_{1x}}{1 + 4a/l_y} = \frac{1,743}{1 + (4 \cdot 0,55/6)} = 1,275 \text{ Ton}$$

Momen yang terjadi akibat beban terpusat

$$M_{1x} = 12,199 - 1,743 = 10,456 \text{ Ton m} = 104,56 \text{ KN m}$$

$$M_{1y} = 8,926 - 1,275 = 7,651 \text{ Ton m} = 76,51 \text{ KN m}$$

Selanjutnya dilakukan penggabungan momen yang terjadi akibat beban mati dan beban hidup, seperti pada tabel 4.1 berikut.

Tabel 4.1 momen dari kombinasi beban (KNm)

JENIS PEMBEBANAN	M _{1x}	M _{1y}	M _{tx}	M _{ty}
Beban Ultimit (A)	49,46	32,67	49,46	32,67
Beban Truk (B)	104,56	76,51	-	-
A + B	154,02	109,18	49,46	32,67

4.2.2 Perencanaan Plat Lantai Type II

Perhitungan plat lantai dermaga II analog dengan perhitungan plat lantai I.

$$l_y/l_x = 6 / 5,05 = 1,2. \text{ (pelat terjepit pada ke empat sisinya).}$$

tebal plat = 25 cm

Pembebanan:

a. beban mati dari plat (termasuk lapis aus = 0,5 cm)

$$q_D = 0,25 \cdot 2400 = 600 \text{ Kg/m}^2$$

b. beban hidup merata $q_L = 3.000 \text{ kg/m}^2$

c. beban ultimit

$$q_u = 1,2 q_D + 1,6 q_L$$

$$q_u = 1,2 \cdot 600 + 1,6 \cdot 3000$$

$$q_u = 5520 \text{ kg/m}^2 = 55,20 \text{ KN/m}^2$$

Dari tabel PBI '71 (untuk $l_y/l_x = 1,2$), didapat :

$$M_{lx} = 0,001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot X = 0,001 \cdot 55,2 \cdot 5,05^2 \cdot 46 = 64,756 \text{ KNm}$$

$$M_{ly} = 0,001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot X = 0,001 \cdot 55,2 \cdot 5,05^2 \cdot 38 = 53,494 \text{ KNm}$$

$$M_{tx} = -0,001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot X = -0,001 \cdot 55,2 \cdot 5,05^2 \cdot 46 = 64,756 \text{ KNm}$$

$$M_{ty} = -0,001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot X = -0,001 \cdot 55,2 \cdot 5,05^2 \cdot 38 = 53,494 \text{ KNm}$$

d. akibat beban terpusat kendaraan truk

Untuk pelat yang terjepit penuh pada kedua tumpuannya, harga $r = 0,5$.

Lebar kerja maksimum ditengah-tengah bentang l_x ditentukan oleh rumus berikut:

$$3 \cdot r \cdot l_x = 3 \cdot 0,5 \cdot 4 = 6 \text{ m} \geq l_y, \text{ maka}$$

$$S_a = \frac{a + r \cdot l_x}{l_y + r \cdot l_x} \cdot l_y = \frac{0,55 + 0,5 \cdot 5,05}{6 + 0,5 \cdot 5,05} \cdot 6 = 2,164 \text{ m}$$

Bagian I

$$S_a = 2,164 \text{ m}$$

$$M_0 = 0,25 \cdot P \cdot l_x$$

$$= 0,25 \cdot (24,24 \cdot 1,75 \cdot 0,55) \cdot 5,05 = 29,455 \text{ Ton m.}$$

$$M_{lx} = \frac{M_0}{S_a} = \frac{29,455}{2,164} = 13,611 \text{ Ton}$$

$$M_{ly} = \frac{M_{lx}}{1 + 4a/l_y} = \frac{13,611}{1 + (4 \cdot 0,55/6)} = 9,959 \text{ Ton}$$

Bagian II

$$S_a = 2,1640 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} M_0 &= 0,25 \cdot P \cdot l_x \\ &= 0,25 \cdot (24,24 \cdot 0,25 \cdot 0,55) \cdot 5,05 = 4,208 \text{ Ton m.} \end{aligned}$$

$$M_{lx} = \frac{M_0}{S_a} = \frac{4,208}{2,1640} = 1,945 \text{ Ton}$$

$$M_{ly} = \frac{M_{lx}}{1 + 4a/l_y} = \frac{1,945}{1 + (4 \cdot 0,55/6)} = 1,423 \text{ Ton}$$

Momen yang terjadi akibat beban terpusat

$$M_{lx} = 13,611 - 1,945 = 11,666 \text{ Ton m} = 116,66 \text{ KN m}$$

$$M_{ly} = 9,959 - 1,423 = 8,536 \text{ Ton m} = 85,36 \text{ KN m}$$

Selanjutnya dilakukan penggabungan momen yang terjadi akibat beban mati dan beban hidup, seperti pada tabel 4.2 berikut.

Tabel 4.2 momen dari kombinasi beban (KNm)

JENIS PEMBEBANAN	Mlx	Mly	Mtx	Mty
Beban Ultimit (A)	64,76	53,50	64,76	53,50
Beban Truk (B)	116,66	85,36	-	-
A + B	181,42	138,86	64,76	53,50

4.2.3 Perencanaan Plat Lantai Type III

Perhitungan plat lantai dermaga III analog dengan perhitungan plat lantai I.

$$l_y/l_x = 6 / 1,5 = 4,0$$

pelat terjepit pada ke empat sisinya.

tebal plat = 25 cm

Pembebanan:

a. beban mati dari plat (termasuk lapis aus = 0,5 cm)

$$q_D = 0,25 \cdot 2400 = 600 \text{ Kg/m}^2$$

b. beban hidup merata $q_L = 3.000 \text{ kg/m}^2$

c. beban ultimit

$$q_u = 1,2 q_D + 1,6 q_L$$

$$q_u = 1,2 \cdot 600 + 1,6 \cdot 3000$$

$$q_u = 5520 \text{ kg/m}^2 = 55,20 \text{ KN/m}^2$$

Dari tabel PBI '71 (untuk $l_y/l_x = 4,0$), didapat :

$$M_{lx} = 0,001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot X = 0,001 \cdot 55,2 \cdot 1,5^2 \cdot 63 = 7,825 \text{ KNm}$$

$$M_{ly} = 0,001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot X = 0,001 \cdot 55,2 \cdot 1,5^2 \cdot 13 = 1,615 \text{ KNm}$$

$$M_{tx} = -0,001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot X = -0,001 \cdot 55,2 \cdot 1,5^2 \cdot 63 = -7,825 \text{ KNm}$$

$$M_{ty} = -0,001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot X = -0,001 \cdot 55,2 \cdot 1,5^2 \cdot 38 = -4,720 \text{ KNm}$$

d. akibat beban terpusat kendaraan truk

Untuk pelat yang terjepit penuh pada kedua tumpuannya, harga $r = 0,5$.

Lebar kerja maksimum ditengah-tengah bentang l_x ditentukan oleh rumus berikut:

$$3 \cdot r \cdot l_x = 3 \cdot 0,5 \cdot 1,5 = 2,25 \text{ m} < l_y, \text{ maka}$$

$$S_a = 3/4 \cdot a + 3/4 \cdot r \cdot l_x$$

$$= 3/4 \cdot 0,55 + 3/4 \cdot 0,5 \cdot 1,5 = 0,975 \text{ m}$$

Bagian I

$$S_a = 1,9125 \text{ m}$$

$$M_0 = 0,125 \cdot q \cdot l_x^2$$

$$= 0,125 \cdot (24,24 \cdot 0,55 \cdot 1,5/1,5) \cdot 1,5^2 = 3,7496 \text{ Ton m.}$$

$$M_{1x} = \frac{M_0}{S_a} = \frac{3,7496}{0,9750} = 3,8458 \text{ Ton}$$

$$M_{1y} = \frac{M_{1x}}{1 + 4a/3l_x} = \frac{3,8458}{1 + (4 \cdot 0,55/3 \cdot 1,5)} = 2,5830 \text{ Ton}$$

Bagian II

$$S_a = 0,9750 \text{ m}$$

$$M_0 = 0,25 \cdot P \cdot l_x$$

$$= 0,25 \cdot (24,24 \cdot 0,25 \cdot 0,55) \cdot 1,5 = 1,2499 \text{ Ton m.}$$

$$M_{1x} = \frac{M_0}{S_a} = \frac{1,2499}{0,9750} = 1,2819 \text{ Ton}$$

$$M_{1y} = \frac{M_{1x}}{1 + 4a/3l_x} = \frac{1,2819}{1 + (4 \cdot 0,55/3 \cdot 1,5)} = 0,8610 \text{ Ton}$$

Momen yang terjadi akibat beban terpusat

$$M_{1x} = 3,8458 - 1,2819 = 2,564 \text{ Ton m} = 25,64 \text{ KN m}$$

$$M_{1y} = 2,583 - 0,861 = 1,722 \text{ Ton m} = 17,22 \text{ KN m}$$

Selanjutnya dilakukan penggabungan momen yang terjadi akibat beban mati dan beban hidup, seperti pada tabel 4.3 berikut.

Tabel 4.3 momen dari kombinasi beban (KNm)

JENIS PEMBEBANAN	M _{1x}	M _{1y}	M _{tx}	M _{ty}
Beban Ultimit (A)	7,825	1,615	7,825	4,720
Beban Truk (B)	25,640	17,22	-	-
A + B	33,460	18,835	7,825	4,720

4.2.4 Perencanaan Plat Lantai Type IV

Perhitungan plat lantai dermaga IV analog dengan perhitungan plat lantai I.

$$L_y/L_x = 6 / 2,175 = 2,76$$

pelat terjepit pada ke empat sisinya.

tebal plat = 25 cm

Pembebanan:

a. beban mati dari plat (termasuk lapis aus = 0,5 cm)

$$q_D = 0,25 \cdot 2400 = 600 \text{ Kg/m}^2$$

b. beban hidup merata $q_L = 3.000 \text{ kg/m}^2$

c. beban ultimit

$$q_u = 1,2 q_D + 1,6 q_L$$

$$q_u = 1,2 \cdot 600 + 1,6 \cdot 3000$$

$$q_u = 5520 \text{ kg/m}^2 = 55,20 \text{ KN/m}^2$$

Dari tabel PBI '71 (untuk $l_y/l_x = 1,25$), didapat :

$$M_{lx} = 0,001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot X = 0,001 \cdot 55,2 \cdot 2,175^2 \cdot 63 = 16,451 \text{ KNm}$$

$$M_{ly} = 0,001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot X = 0,001 \cdot 55,2 \cdot 2,175^2 \cdot 13 = 3,395 \text{ KNm}$$

$$M_{tx} = -0,001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot X = -0,001 \cdot 55,2 \cdot 2,175^2 \cdot 63 = 16,451 \text{ KNm}$$

$$M_{ty} = -0,001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot X = -0,001 \cdot 55,2 \cdot 2,175^2 \cdot 38 = 9,9230 \text{ KNm}$$

d. akibat beban terpusat kendaraan truk

Untuk pelat yang terjepit penuh pada kedua tumpuannya, harga $r = 0,5$.

Lebar kerja maksimum ditengah-tengah bentang l_x ditentukan oleh rumus berikut:

$$3 \cdot r \cdot l_x = 3 \cdot 0,5 \cdot 2,175 = 3,2625 \text{ m} < l_y, \text{ maka}$$

$$S_a = 3/4 \cdot a + 3/4 \cdot r \cdot l_x$$

$$= 3/4 \cdot 0,55 + 3/4 \cdot 0,5 \cdot 2,175 = 1,228 \text{ m}$$

Bagian I

$$S_a = 1,228 \text{ m}$$

$$M_0 = 0,25 \cdot P \cdot l_x$$

$$= 0,25 \cdot (24,24 \cdot 0,55 \cdot 1,75) \cdot 2,175 = 12,686 \text{ Ton m.}$$

$$M_{lx} = \frac{M_0}{S_a} = \frac{12,686}{1,228} = 10,331 \text{ Ton}$$

$$M_{ly} = \frac{M_{lx}}{1 + 4a/3l_x} = \frac{10,331}{1 + (4 \cdot 0,55/3 \cdot 2,175)} = 7,726 \text{ Ton}$$

Bagian II

$$S_a = 1,228 \text{ m}$$

$$M_0 = 0,25 \cdot P \cdot l_x$$

$$= 0,25 \cdot (24,24 \cdot 0,25 \cdot 0,55) \cdot 2,175 = 1,812 \text{ Ton m.}$$

$$M_{lx} = \frac{M_0}{S_a} = \frac{1,812}{1,228} = 1,476 \text{ Ton}$$

$$M_{ly} = \frac{M_{lx}}{1 + 4a/3l_x} = \frac{1,476}{1 + (4 \cdot 0,55/3 \cdot 2,175)} = 1,104 \text{ Ton}$$

Momen yang terjadi akibat beban terpusat

$$M_{lx} = 10,331 - 1,476 = 8,855 \text{ Ton m} = 88,55 \text{ KN m}$$

$$M_{ly} = 7,726 - 1,104 = 6,622 \text{ Ton m} = 66,22 \text{ KN m}$$

Selanjutnya dilakukan penggabungan momen yang terjadi akibat beban mati dan beban hidup, seperti pada tabel 4.4 berikut.

Tabel 4.4 momen dari kombinasi beban (KNm)

JENIS PEMBEBANAN	Mlx	Mly	Mtx	Mty
Beban Ultimit (A)	16,451	3,395	16,451	9,923
Beban Truk (B)	88,550	66,22	-	-
A + B	105,001	69,615	16,451	9,923

4.2.3 Perencanaan Plat Lantai Type V

Perhitungan plat lantai dermaga V analog dengan perhitungan plat lantai I.

$$L_y/L_x = 6 / 1,5 = 4,0, \text{ (pelat terjepit pada ke tiga sisinya.)}$$

tebal plat = 25 cm

Pembebanan:

a. beban mati dari plat (termasuk lapis aus = 0,5 cm)

$$q_D = 0,25 \cdot 2400 = 600 \text{ Kg/m}^2$$

b. beban hidup merata $q_L = 3.000 \text{ kg/m}^2$

c. beban ultimit

$$q_u = 1,2 q_D + 1,6 q_L$$

$$q_u = 1,2 \cdot 600 + 1,6 \cdot 3000$$

$$q_u = 5520 \text{ kg/m}^2 = 55,20 \text{ KN/m}^2$$

Dari tabel PBI '71 (untuk $l_y/l_x = 4,0$), didapat :

$$M_{I_x} = 0,001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot X = 0,001 \cdot 55,2 \cdot 1,5^2 \cdot 54 = 6,707 \text{ KNm}$$

$$M_{I_y} = 0,001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot X = 0,001 \cdot 55,2 \cdot 1,5^2 \cdot 19 = 2,359 \text{ KNm}$$

$$M_{t_x} = -0,001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot X = -0,001 \cdot 55,2 \cdot 1,5^2 \cdot 54 = -6,707 \text{ KNm}$$

$$M_{t_x} = -0,001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot X = -0,001 \cdot 55,2 \cdot 1,5^2 \cdot 56 = -6,955 \text{ KNm}$$

d. akibat beban terpusat kendaraan truk

Untuk pelat yang terjepit penuh pada kedua tumpuannya, harga $r = 0,5$.

Lebar kerja maksimum ditengah-tengah bentang l_x ditentukan oleh rumus berikut:

$$3 \cdot r \cdot l_x = 3 \cdot 0,5 \cdot 1,5 = 2,25 \text{ m} < l_y, \text{ maka}$$

$$S_a = 3/4 \cdot a + 3/4 \cdot r \cdot l_x$$

$$= 3/4 \cdot 0,55 + 3/4 \cdot 0,5 \cdot 1,5 = 0,975 \text{ m}$$

Bagian I

$$S_a = 0,975 \text{ m}$$

$$M_0 = 0,125 \cdot q \cdot l_x^2$$

$$= 0,125 \cdot (24,24 \cdot 0,55 \cdot 1,5/1,5) \cdot 1,5^2 = 3,7496 \text{ Ton m.}$$

$$M_{1x} = \frac{M_0}{S_a} = \frac{3,7496}{0,9750} = 3,8458 \text{ Ton}$$

$$M_{1y} = \frac{M_{1x}}{1 + 4a/3l_x} = \frac{3,8458}{1 + (4 \cdot 0,55/3 \cdot 1,5)} = 2,5830 \text{ Ton}$$

Bagian II

$$S_a = 0,9750 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} M_0 &= 0,25 \cdot P \cdot l_x \\ &= 0,25 \cdot (24,24 \cdot 0,25 \cdot 0,55) \cdot 1,5 = 1,2499 \text{ Ton m.} \end{aligned}$$

$$M_{1x} = \frac{M_0}{S_a} = \frac{1,2499}{0,9750} = 1,2819 \text{ Ton}$$

$$M_{1y} = \frac{M_{1x}}{1 + 4a/3l_x} = \frac{1,2819}{1 + (4 \cdot 0,55/3 \cdot 1,5)} = 0,8610 \text{ Ton}$$

Momen yang terjadi akibat beban terpusat

$$M_{1x} = 3,8458 - 1,2819 = 2,564 \text{ Ton m} = 25,64 \text{ KN m}$$

$$M_{1y} = 2,583 - 0,861 = 1,722 \text{ Ton m} = 17,22 \text{ KN m}$$

Selanjutnya dilakukan penggabungan momen yang terjadi akibat beban mati dan beban hidup, seperti pada tabel 4.5 berikut.

Tabel 4.5 momen dari kombinasi beban (KNm)

JENIS PEMBEBANAN	M _{1x}	M _{1y}	M _{tx}	M _{ty}
Beban Ultimit (A)	6,707	2,359	6,707	6,955
Beban Truk (B)	25,640	17,22	-	-
A + B	32,347	19,579	6,707	6,955

Perhitungan perencanaan didasarkan pada momen dari kombinasi beban yang terbesar, yaitu kombinasi beban ultimit dan truck. Hasil perhitungan plat type I, II, III, IV, dan V selanjutnya dimasukkan ke dalam tabel 4.6 sampai dengan tabel 4.10, berikut ini:

Tabel 4.6 Hasil Perhitungan Plat Type Ibentang panjang (l_y) = 6 mbentang pendek (l_x) = 4 m

URUT – URUTAN PERHITUNGAN	M _{lx}	M _{ly}	M _{tx}	M _{ty}
Tinjauan momen (Mu) KNm	154.020	108.180	49.460	32.670
f _y MPa	390.000	390.000	390.000	390.000
f _c ' MPa	20.000	20.000	20.000	20.000
B _l	0.850	0.850	0.850	0.850
lebar tinjauan (b) mm	1000	1000	1000	1000
tebal pelat efektif (d) mm	202	202	202	202
Rasio penulangan				
M _n = Mu/0,8 KNm	192.525	135.225	61.825	40.838
0,85 . f _c ' . B _l 600				
rho balance = -----	0.0225	0.0225	0.0225	0.0225
fy 600 + fy				
rho max = 0,75 rho balance	0.0168	0.0168	0.0168	0.0168
rho min = 1,4/fy	0.0036	0.0036	0.0036	0.0036
m = f _y / (0,85 . f _c ')	22.9412	22.9412	22.9412	22.9412
R _n = M _n / (b . d ^ 2)	4.7183	3.3140	1.5152	1.0008
rho perlu = 1/m (1 – sqrt(1 – (2m . R _n /f _y)))	0.0145	0.0095	0.0041	0.0026
rho min < rho perlu < rho max	OK	OK	OK	Not OK
rho terpakai	0.0145	0.0095	0.0041	0.0036
As perlu = rho . b . d mm ^ 2	2931.986	1927.449	823.269	725.128
luas tulangan D 19	283.643	283.643	283.643	283.643
jarak tulangan (s) mm	96.741	147.160	344.532	391.162
tulangan yang dipakai	D19 – 95	D19 – 145	D19 – 200	D19 – 200
Kontrol Kapasitas				
C _c = T _s				
T _s = A _s . f _y	1164428.57	762901.48	553103.57	553103.57
a = T _s / (0,85 . f _c ' . b) mm	68.496	44.877	32.536	32.536
M _n = T _s (d – 0,5 . a) KNm	195.335	136.988	102.729	102.729
M _n tersedia > M _n perlu	OK	OK	OK	OK

Tabel 4.7 Hasil Perhitungan Plat Type IIbentang panjang (l_y) = 6 mbentang pendek (l_x) = 5,05 m

URUT – URUTAN PERHITUNGAN	M _{lx}	M _{ly}	M _{tx}	M _{ty}
Tinjauan momen (Mu) KNm	181.420	138.860	64.760	53.500
f _y MPa	390.000	390.000	390.000	390.000
f _{c'} MPa	20.000	20.000	20.000	20.000
B _l	0.850	0.850	0.850	0.850
lebar (b) mm	1000	1000	1000	1000
tebal pelat efektif (d) mm	202	194	202	194
Rasio penulangan				
M _n = Mu/0,8 KNm	226.775	173.575	80.950	66.875
0,85 . f _{c'} . B _l 600				
rho balance = $\frac{M_n}{f_y \cdot b \cdot d}$	0.0225	0.0225	0.0225	0.0225
rho max = 0,75 rho balance	0.0168	0.0168	0.0168	0.0168
rho min = 1,4/f _y	0.0036	0.0036	0.0036	0.0036
m = f _y / (0,85 . f _{c'})	22.9412	22.9412	22.9412	22.9412
R _n = M _n / (b . d ^2)	5.5577	4.6119	1.9839	1.7769
rho perlu = 1/m (1 – sqrt(1 – (2m.R _n /f _y)))	0.0179	0.0141	0.0054	0.0048
rho min < rho perlu < rho max	OK	OK	OK	OK
rho terpakai	0.0179	0.0141	0.0054	0.0048
As perlu = rho . b . d mm ²	3624.622	2737.108	1095.722	935.650
luas tulangan D 19	283.643	283.643	283.643	283.643
jarak tulangan (s) mm	78.254	103.629	258.864	303.150
tulangan yang dipakai	D19 – 75	D19 – 100	D19 – 200	D19 – 200
Kontrol Kapasitas				
C _c = T _s				
T _s = A _s . f _y	1474942.86	1106207.14	553103.57	553103.57
a = T _s / (0,85 . f _{c'} . b) mm	86.761	65.071	32.536	32.536
M _n = T _s (d – 0,5 . a) KNm	233.954	178.613	102.729	98.304
M _n tersedia > M _n perlu	OK	OK	OK	OK

Tabel 4.8 Hasil Perhitungan Plat Type III

bentang panjang (l_y) = 6 m

bentang pendek (l_x) = 1,5 m

URUT - URUTAN PERHITUNGAN	Mlx	Mly	Mtx	Mty
Tinjauan momen (M_u) KNm	33.460	18.835	7.825	4.720
f_y MPa	390.000	390.000	390.000	390.000
f_c' MPa	20.000	20.000	20.000	20.000
B1	0.850	0.850	0.850	0.850
lebar (b) mm	1000	1000	1000	1000
tebal pelat efektif (d) mm	202	194	202	194
Rasio penulangan				
$M_n = M_u / 0,8$ KNm	41.825	23.544	9.781	5.900
$0,85 \cdot f_c' \cdot B1$ 600				
rho balance = $\frac{M_n}{f_y \cdot (0,85 \cdot f_c' \cdot B1 \cdot d)}$	0.0225	0.0225	0.0225	0.0225
rho max = 0,75 rho balance	0.0168	0.0168	0.0168	0.0168
rho min = 1,4/fy	0.0036	0.0036	0.0036	0.0036
$m = f_y / (0,85 \cdot f_c')$	22.9412	22.9412	22.9412	22.9412
$R_n = M_n / (b \cdot d^2)$	1.0250	0.6256	0.2397	0.1568
rho perlu = $1/m (1 - \sqrt{1 - (2m \cdot R_n / f_y)})$	0.0027	0.0016	0.0006	0.0004
rho min < rho perlu < rho max	Not OK	Not OK	Not OK	Not OK
rho terpakai	0.0036	0.0036	0.0036	0.0036
As perlu = rho . b . d mm ²	725.128	696.410	725.128	696.410
luas tulangan D 19	283.643	283.643	283.643	283.643
jarak tulangan (s) mm	391.162	407.293	391.162	407.293
tulangan yang dipakai	D19 - 200	D19 - 200	D19 - 200	D19 - 200
Kontrol Kapasitas				
$C_c = T_s$				
$T_s = A_s \cdot f_y$	553103.57	553103.57	553103.57	553103.57
$a = T_s / (0,85 \cdot f_c' \cdot b)$ mm	32.536	32.536	32.536	32.536
$M_n = T_s (d - 0,5 \cdot a)$ KNm	102.729	98.304	102.729	98.304
M_n tersedia > M_n perlu	OK	OK	OK	OK

Tabel 4.9 Hasil Perhitungan Plat Type IV

bentang panjang (l_y) = 6 m

bentang pendek (l_x) = 2,175 m

URUT – URUTAN PERHITUNGAN	Mlx	Mly	Mtx	Mty
Tinjauan momen (M_u) KNm	105.001	69.615	16.451	9.923
f_y MPa	390.000	390.000	390.000	390.000
f_c' MPa	20.000	20.000	20.000	20.000
B1	0.850	0.850	0.850	0.850
lebar (b) mm	1000	1000	1000	1000
tebal pelat efektif (d) mm	202	194	202	194
Rasio penulangan				
$M_n = M_u/0,8$ KNm	131.251	87.019	20.564	12.404
$0,85 \cdot f_c' \cdot B1$ 600				
rho balance = $\frac{\dots}{f_y \cdot 600 + f_y}$	0.0225	0.0225	0.0225	0.0225
rho max = 0,75 rho balance	0.0168	0.0168	0.0168	0.0168
rho min = 1,4/fy	0.0036	0.0036	0.0036	0.0036
$m = f_y / (0,85 \cdot f_c')$	22.9412	22.9412	22.9412	22.9412
$R_n = M_n / (b \cdot d^2)$	3.2166	2.3121	0.5040	0.3296
rho perlu = $1/m (1 - \sqrt{1 - (2m \cdot R_n/f_y)})$	0.0092	0.0064	0.0013	0.0009
rho min < rho perlu < rho max	OK	OK	Not OK	Not OK
rho terpakai	0.0092	0.0064	0.0036	0.0036
As perlu = rho . b . d mm ²	1863.172	1241.221	725.128	696.410
luas tulangan D 19	283.643	283.643	283.643	283.643
jarak tulangan (s) mm	152.237	228.519	391.162	407.293
tulangan yang dipakai	D19 – 150	D19 – 200	D19 – 200	D19 – 200
Kontrol Kapasitas				
$C_c = T_s$				
$T_s = A_s \cdot f_y$	737471.43	553103.57	553103.57	553103.57
$a = T_s / (0,85 \cdot f_c' \cdot b)$ mm	43.381	32.536	32.536	32.536
$M_n = T_s (d - 0,5 \cdot a)$ KNm	132.973	98.304	102.729	98.304
M_n tersedia > M_n perlu	OK	OK	OK	OK

Tabel 4.10 Hasil Perhitungan Plat Type V

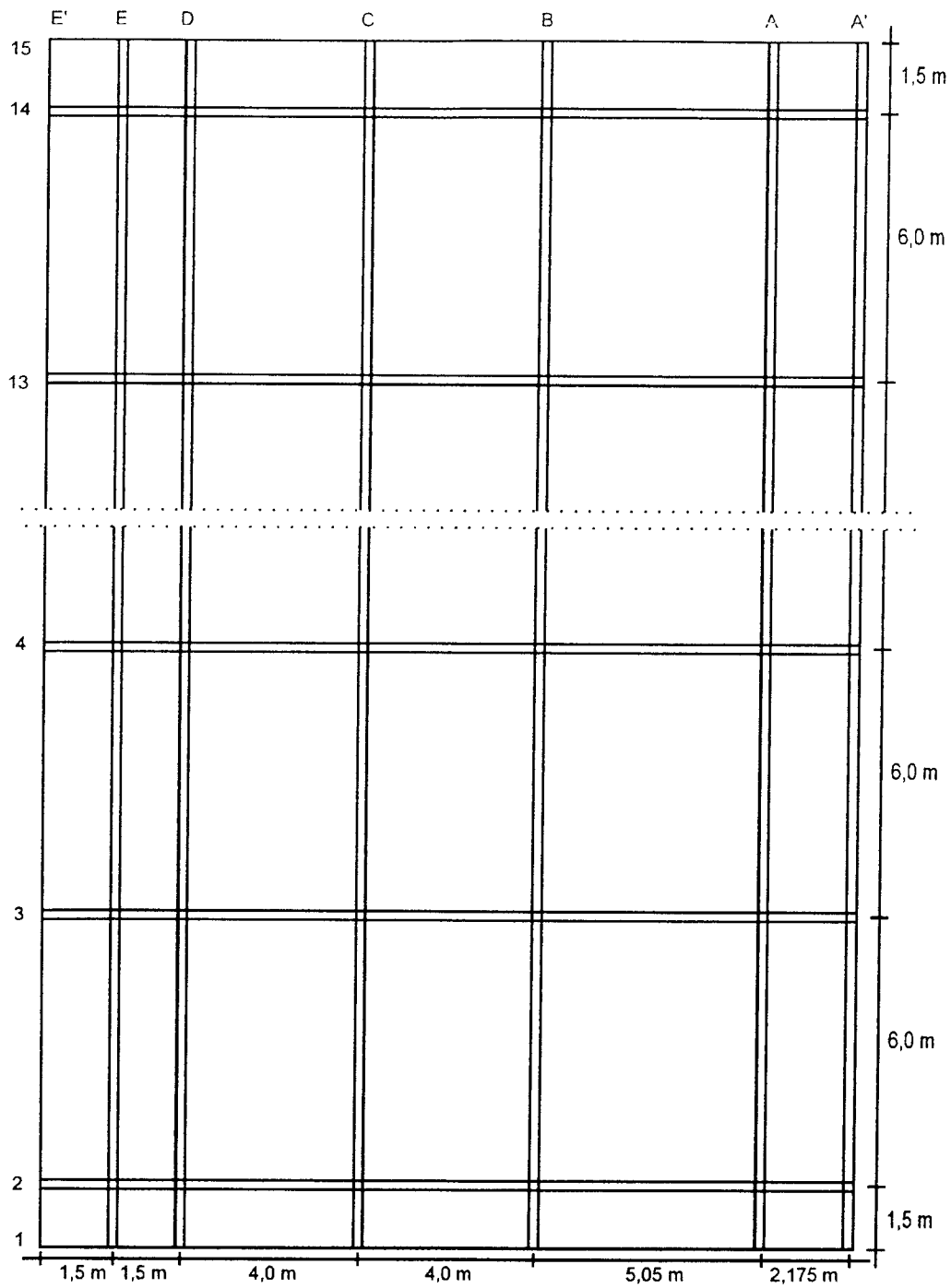
bentang panjang (l_y) = 6 m

bentang pendek (l_x) = 1,5 m

URUT – URUTAN PERHITUNGAN	Mlx	Mly	Mtx	Mty
Tinjauan momen (M_u) KNm	32.347	19.579	6.707	6.955
f_y MPa	390.000	390.000	390.000	390.000
f_c' MPa	20.000	20.000	20.000	20.000
B1	0.850	0.850	0.850	0.850
lebar (b) mm	1000	1000	1000	1000
tebal pelat efektif (d) mm	202	194	202	194
Rasio penulangan				
$M_n = M_u / 0,8$ KNm	40.434	24.474	8.384	8.694
$0,85 \cdot f_c' \cdot B1$ 600				
rho balance = $\frac{M_n}{f_y \cdot (600 + f_y)}$	0.0225	0.0225	0.0225	0.0225
rho max = 0,75 rho balance	0.0168	0.0168	0.0168	0.0168
rho min = 1,4/fy	0.0036	0.0036	0.0036	0.0036
$m = f_y / (0,85 \cdot f_c')$	22.9412	22.9412	22.9412	22.9412
$R_n = M_n / (b \cdot d^2)$	0.9909	0.6503	0.2055	0.2310
rho perlu = $1/m (1 - \sqrt{1 - (2m \cdot R_n / f_y)})$	0.0026	0.0017	0.0005	0.0006
rho min < rho perlu < rho max	Not OK	Not OK	Not OK	Not OK
rho terpakai	0.0036	0.0036	0.0036	0.0036
As perlu = rho . b . d mm ²	725.128	696.410	725.128	696.410
luas tulangan D 19	283.643	283.643	283.643	283.643
jarak tulangan (s) mm	391.162	407.293	391.162	407.293
tulangan yang dipakai	D19 – 200	D19 – 200	D19 – 200	D19 – 200
Kontrol Kapasitas				
$C_c = T_s$				
$T_s = A_s \cdot f_y$	553103.57	553103.57	553103.57	553103.57
$a = T_s / (0,85 \cdot f_c' \cdot b)$ mm	32.536	32.536	32.536	32.536
$M_n = T_s (d - 0,5 \cdot a)$ KNm	102.729	98.304	102.729	98.304
Mn tersedia > Mn perlu	OK	OK	OK	OK

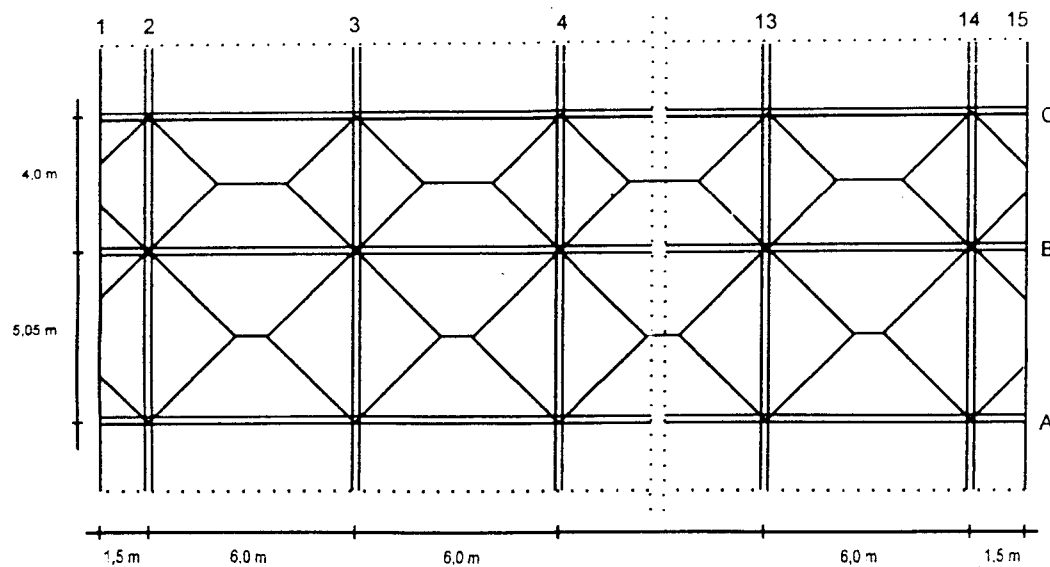
4.3. Perencanaan Balok Dermaga

Denah balok dermaga dapat dilihat pada gambar 4.3 berikut ini:



Gambar 4.3. denah balok dermaga

4.3.1 Perencanaan Balok Pada As B



Gambar 4.4 Distribusi Pembebanan Balok As B

A. Pembebanan akibat beban terbagi rata (bentuk B_1B_2)

$$1. q_{dl} = 600 \text{ kg/m}^2 = 6 \text{ kn/m}^2$$

$$q_{ll} = 3000 \text{ kg/m}^2 = 30 \text{ kn/m}^2$$

$$q_{ult} = 1,2 (q_{dl}) + 1,6 (q_{ll})$$

$$= 1,2 (6) + 1,6 (30)$$

$$= 55,20 \text{ kn/m}^2$$

$$M_{ult} = L_x^3 \cdot q_{ult} / 24$$

$$= 3,0^3 \cdot 55,20 / 24$$

$$= 62,1 \text{ kn m}$$

$$q_{eq} = 8 \cdot M_{ult} / L^2$$

$$= 8 \cdot 62,1 / 3,0^2 = 55,20 \text{ kn/m}$$

Dicoba balok $b = 600 \text{ mm}$; $h_t = 1200 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}
 q \text{ balok} &= b (h_t - \text{tebal pelat}) 2400 \\
 &= 0,6 (1,2 - 0,25) 2400 \\
 &= 1368 \text{ kg/m} = 13,68 \text{ kn/m}
 \end{aligned}$$

$$q_{ult} \text{ balok} = 1,2 \times 13,68 = 16,416 \text{ kn/m}$$

$$q \text{ lisplank} = 1,5 \times 1,0 \times 2400 \times 1,2 = 4,32 \text{ kn/m}$$

$$\begin{aligned}
 q \text{ Total} &= q_{eq} + q_{ult} \text{ balok} + q \text{ lisplank} \\
 &= 55,20 + 16,416 + 4,32 \\
 &= 75,930 \text{ kn/m}
 \end{aligned}$$

B. Pembebanan akibat beban terbagi rata (bentang B_2B_3)

$$1. q_{d1} = 600 \text{ kg/m}^2 = 6 \text{ kn/m}^2$$

$$q_{l1} = 3000 \text{ kg/m}^2 = 30 \text{ kn/m}^2$$

$$\begin{aligned}
 q_{ult} &= 1,2 (q_{d1}) + 1,6 (q_{l1}) \\
 &= 1,2 (6) + 1,6 (30) \\
 &= 55,20 \text{ kn/m}^2
 \end{aligned}$$

$$M_{ult} = M_1 + M_2$$

$$\begin{aligned}
 M_1 &= 0,0208 \cdot q_{ult} \cdot L_x \cdot (3 \cdot L_y^2 - L_x^2) \\
 &= 0,0208 \cdot 55,20 \cdot 4 (3 \cdot 6^2 - 4^2) \\
 &= 422,520 \text{ kn m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_2 &= 0,0208 \cdot q_{ult} \cdot L_x \cdot (3 \cdot L_y^2 - L_x^2) \\
 &= 0,0208 \cdot 55,20 \cdot 5,05 (3 \cdot 6^2 - 5,05^2) \\
 &= 478,34 \text{ kn m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{ult} &= M_1 + M_2 \\
 &= 422,52 + 478,34 = 900,86 \text{ kn m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 q_{eq} &= 8 \cdot M_{ult} / L^2 \\
 &= 8 \cdot 900,86 / 6,0^2 = 200,19 \text{ kn/m}
 \end{aligned}$$

$$q \text{ balok} = b (h_t - \text{tebal pelat}) 2400$$

$$= 0,6 (1,2 - 0,25) 2400$$

$$= 1368 \text{ kg/m} = 13,68 \text{ kn/m}$$

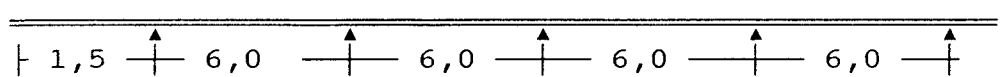
$$q_{\text{ult}} \text{ balok} = 1,2 \times 13,68 = 16,416 \text{ kn/m}$$

$$q \text{ Total} = q_{\text{eq}} + q_{\text{ult}} \text{ balok}$$

$$= 200,19 + 16,416$$

$$= 216,606 \text{ kn/m}$$

C. Mencari Momen Maksimum pada bentang Balok As B Dengan metode Cross



Gambar 4.5 Bentang Balok As B

1. Faktor Kekakuan

E, I konstan

$$K_{B2B3} = K_{B3B2} = 4.E.I / L = 4/6 = 0,67$$

$$K_{B3B4} = K_{B4B3} = 4.E.I / L = 4/6 = 0,67$$

$$K_{B4B5} = K_{B5B4} = 4.E.I / L = 4/6 = 0,67$$

2. Faktor Distribusi

$$DF_{B2B3} = 1,0$$

$$\begin{aligned} DF_{B3B2} &= K_{B3B2} / (K_{B3B2} + K_{B3B4}) \\ &= 0,67 / (0,67 + 0,67) = 0,5 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} DF_{B3B4} &= K_{B3B4} / (K_{B3B4} + K_{B3B2}) \\ &= 0,67 / (0,67 + 0,67) = 0,5 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} DF_{B4B3} &= K_{B4B3} / (K_{B4B3} + K_{B4B5}) \\ &= 0,67 / (0,67 + 0,67) = 0,5 \end{aligned}$$

D. Momen Primer Akibat Beban Ultimit

1. Bentang B1B2

$$\begin{array}{l}
 \text{B1} \quad \text{qu} = 75,930 \quad \text{B2} \\
 \text{-----} \\
 \text{-----} \quad 1,5 \text{ m} \quad \text{-----}
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{l}
 M_{B2B1} = 0,5 \cdot \text{qu} \cdot L^2 \\
 = 0,5 \cdot 75,930 \cdot 1,5^2 \\
 = 85,42 \text{ KN M (-)}
 \end{array}$$

2. Bentang B2B3

$$\begin{array}{l}
 \text{B2} \quad \text{qu} = 216,606 \quad \text{B3} \\
 \text{-----} \\
 \text{-----} \quad 6 \text{ m} \quad \text{-----}
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{l}
 M_{B2B3} = 1/12 \cdot (\text{qu} \cdot L^2) \\
 = 1/12 \cdot (216,606 \cdot 6^2) \\
 = 649,82 \text{ KN M (+)} \\
 M_{B3B2} = 649,82 \text{ KN M (-)}
 \end{array}$$

3. Bentang B3B4

$$\begin{array}{l}
 \text{B3} \quad \text{qu} = 216,606 \quad \text{B4} \\
 \text{-----} \\
 \text{-----} \quad 6 \text{ m} \quad \text{-----}
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{l}
 M_{B3B4} = 1/12 \cdot (\text{qu} \cdot L^2) \\
 = 1/12 \cdot (216,606 \cdot 6^2) \\
 = 649,82 \text{ KN M (+)} \\
 M_{B4B3} = 649,82 \text{ KN M (-)}
 \end{array}$$

Perhitungan momen jepit menggunakan metode "cross", yang tercantum dalam tabel "cross" untuk bentang as B.

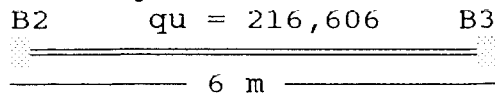
TABEL 4.11 CROSS BENTANG AS B

AKIBAT BEBAN ULTIMIT

JOINT	B2		B3		B4		B5		B6		B7		B8	
	B2B1	B2B3	B3B2	B3B4	B4B3	B4B5	B5B4	B5B6	B6B5	B6B7	B7B6	B7B8	B8B7	B8B9
BATANG	0,0000	1,0000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000
DF	-8.54200	649,8200	-649,8200	649,8200	-649,8200	649,8200	-649,8200	649,8200	-649,8200	649,8200	-649,8200	649,8200	-649,8200	649,8200
FEM	-564,4000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BALANCE	-	-282,2000	141,1000	141,1000	70,5500	-35,2750	-17,6375	-	-	-	-	-	-	-
CO	-	141,1000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BALANCE	70,5500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CO	-70,5500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BALANCE	-	-35,2750	26,4563	26,4563	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CO	-	26,4563	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BALANCE	13,2281	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CO	-13,2281	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BALANCE	-	-6,6141	5,5117	5,5117	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CO	-	5,5117	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BALANCE	2,7559	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CO	-2,7559	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BALANCE	-	-1,3779	1,2057	1,2057	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CO	-	1,2057	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BALANCE	0,6028	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CO	-0,6028	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BALANCE	-	-0,3014	0,2713	0,2713	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CO	-	0,2713	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BALANCE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BALANCE	-8.54200	8.54200	-801,0435	801,0435	-609,3261	609,3261	-660,6626	660,6626	-646,9436	646,9436	-650,5886	650,5886	-649,5842	649,5842

F. Tinjauan Momen Pada Tengah Bentang

1. Bentang B2B3



$$M_{0,5B2B3} = 1/8 \cdot (q \cdot L^2)$$

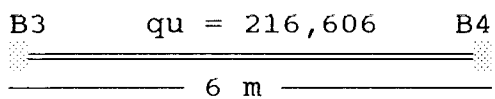
$$1/8 \cdot (216,606 \cdot 6^2) = + 974,727 \text{ KN M}$$

$$- \frac{(85,42 + 801,043)}{2} = - 443,232 \text{ KN M}$$

$$= + 531,495 \text{ KN M}$$

$$M_{0,5B2B3} = + 531,495 \text{ KN M}$$

2. Bentang B3B4



$$M_{0,5B3B4} = 1/8 \cdot (q \cdot L^2)$$

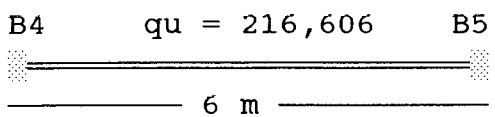
$$1/8 \cdot (216,606 \cdot 6^2) = + 974,727 \text{ KN M}$$

$$- \frac{(801,043 + 609,326)}{2} = - 705,185 \text{ KN M}$$

$$= + 269,542 \text{ KN M}$$

$$M_{0,5B3B4} = + 269,542 \text{ KN M}$$

3. Bentang B4B5



$$M_{0,5B4B5} = 1/8 \cdot (q \cdot L^2)$$

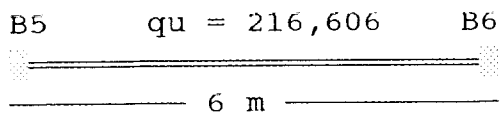
$$1/8 \cdot (216,606 \cdot 6^2) = + 974,727 \text{ KN M}$$

$$- \frac{(609,326 + 660,664)}{2} = - 634,995 \text{ KN M}$$

$$+ 339,732 \text{ KN M}$$

$$M_{0,5B4B5} = + 339,732 \text{ KN M}$$

4. Bentang B5B6



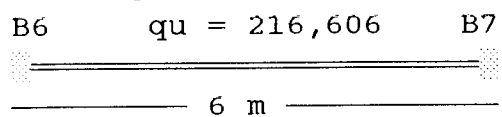
$$M_{0,5B5B6} = 1/8. (q \cdot L^2)$$

$$1/8. (216,606 \cdot 6^2) = + 974,727 \text{ KN M}$$

$$- \frac{ (660,664 + 646,934) }{ 2 } = - \frac{ 653,799 \text{ KN M} }{ + 320,928 \text{ KN M} }$$

$$M_{0,5B5B6} = + 320,928 \text{ KN M}$$

5. Bentang B6B7



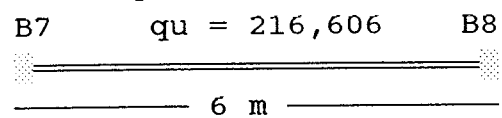
$$M_{0,5B6B7} = 1/8. (q \cdot L^2)$$

$$1/8. (216,606 \cdot 6^2) = + 974,727 \text{ KN M}$$

$$- \frac{ (646,934 + 650,636) }{ 2 } = - \frac{ 648,785 \text{ KN M} }{ + 325,942 \text{ KN M} }$$

$$M_{0,5B6B7} = + 325,942 \text{ KN M}$$

6. Bentang B7B8



$$M_{0,5B7B8} = 1/8. (q \cdot L^2)$$

$$1/8. (216,606 \cdot 6^2) = + 974,727 \text{ KN M}$$

$$- \frac{ (650,636 + 649,441) }{ 2 } = - \frac{ 650,039 \text{ KN M} }{ + 324,688 \text{ KN M} }$$

$$M_{0,5B7B8} = + 324,688 \text{ KN M}$$

G. Perhitungan Dukungan Reaksi

1. Dukungan Reaksi Pada Tumpuan B2

$$V_{B2B1} = 75,930 \cdot (1,5) = 113,895 \text{ KN}$$

$$\begin{aligned} V_{B2B3} &= 216,606 \cdot (3,0) + 85,42/6 - 801,043/6 \\ &= + 528,7295 \text{ KN} \end{aligned}$$

2. Dukungan Reaksi Pada Tumpuan B3

$$\begin{aligned} V_{B3B2} &= 216,606 \cdot (3,0) - 801,043/6 + 85,42/6 \\ &= + 528,7295 \text{ KN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{B3B4} &= 216,606 \cdot (3,0) + 801,043/6 - 609,326/6 \\ &= + 681,7708 \text{ KN} \end{aligned}$$

3. Dukungan Reaksi Pada Tumpuan B4

$$\begin{aligned} V_{B4B3} &= 216,606 \cdot (3,0) - 609,326/6 + 801,043/6 \\ &= + 681,7708 \text{ KN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{B4B5} &= 216,606 \cdot (3,0) + 609,326/6 - 660,664/6 \\ &= + 641,2616 \text{ KN} \end{aligned}$$

4. Dukungan Reaksi Pada Tumpuan B5

$$\begin{aligned} V_{B5B4} &= 216,606 \cdot (3,0) - 660,664/6 + 609,326/6 \\ &= + 641,2616 \text{ KN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{B5B6} &= 216,606 \cdot (3,0) + 660,664/6 - 646,934/6 \\ &= + 652,1063 \text{ KN} \end{aligned}$$

5. Dukungan Reaksi Pada Tumpuan B6

$$\begin{aligned} V_{B6B5} &= 216,606 \cdot (3,0) - 646,934/6 + 660,664/6 \\ &= + 652,1063 \text{ KN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{B6B7} &= 216,606 \cdot (3,0) + 646,934/6 - 650,636/6 \\ &= + 649,2010 \text{ KN} \end{aligned}$$

6. Dukungan Reaksi Pada Tumpuan B7

$$\begin{aligned} V_{B7B6} &= 216,606 \cdot (3,0) - 650,636/6 + 646,934/6 \\ &= + 649,2010 \text{ KN} \end{aligned}$$

$$V_{B7B8} = 216,606 \cdot (3,0) + 650,636/6 - 649,441/6$$

$$= + 650,0171 \text{ KN}$$

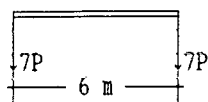
7. Dukungan Reaksi Pada Tumpuan B8

$$V_{B8B7} = 216,606 \cdot (3,0) - 649,441/6 + 650,636/6$$

$$= + 650,0171$$

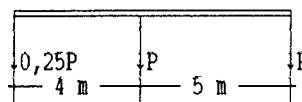
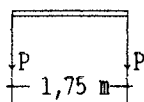
H. Pembebanan Akibat Beban Bergerak

Keran



Dimana P= 100 KN

Truk



I. Momen Primer Maksimum Akibat Beban Keran dan Truk

1. Bentang B1B2

$$M_{B2B1} = K \cdot (7P \cdot 1,5)$$

$$K \equiv \text{Koeff. Kejut}$$

$$= 1 + \left(\frac{20}{50+L} \right)$$

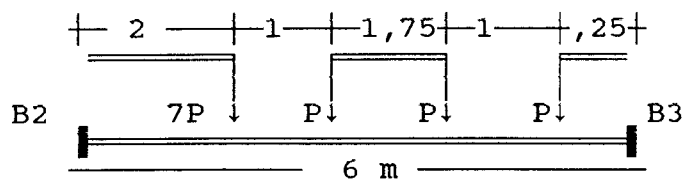
$$= 1 + \left(\frac{20}{50+1,5} \right)$$

$$= 1,3883$$

$$M_{B2B1} = 1,3880 (7P \cdot 1,5)$$

$$= -1457,400 \text{ KNM}$$

2. Bentang B2B3



$$M_{B2B3} = K \cdot P \cdot a \cdot b^2 / L^2$$

$$= \frac{K \cdot P}{6^2} (7 \cdot 2 \cdot 4^2 + 3 \cdot 3^2 + 4 \cdot 7,75 \cdot 1,25^2 + 5 \cdot 7,75 \cdot 0,25^2)$$

$$= 9,7553 P = 975,53 \text{ KN M}$$

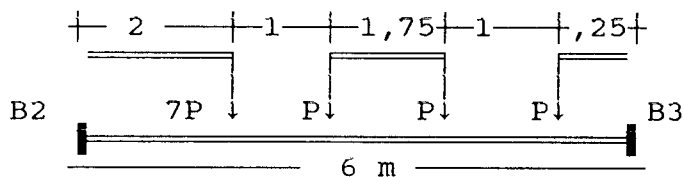
$$M_{B3B2} = K \cdot P \cdot b \cdot a^2 / L^2$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{K \cdot P}{6^2} (7 \cdot 4 \cdot 2^2 + 3 \cdot 3^2 + 1,25 \cdot 4,75^2 + 0,25 \cdot 5,75^2) \\
 &= 6,6147 P = 661,47 \text{ KN M}
 \end{aligned}$$

Perhitungan momen jepit menggunakan metode "cross", yang tercantum dalam tabel "cross" untuk bentang as B.

J. Tinjauan Momen Pada Tengah Bentang

1. Bentang B2B3



Reaksi Tumpuan pada bentang As B2B3 adalah =

$$R_{B2} = P/6 (7 \cdot 4 + 3 + 1,25 + 0,25) = 5,4167 P$$

$$R_{B3} = P/6 (7 \cdot 2 + 3 + 4,75 + 5,75) = 4,5833 P$$

Oleh karena keseluruhan bentang panjangnya sama, dan sistem pembebanan maksimum adalah seperti tercantum diatas, maka $R_{B2} = R_{B3} = R_{B4} = R_{B5} = R_{B6} = R_{B7} = R_{B8}$ ditinjau dari tumpuan kiri.

$$\begin{aligned}
 M_{0,5B2B3} &= R_{B2} \cdot K \cdot 3 - \left(\frac{M_{B2B3} + M_{B3B2}}{2} \right) \\
 &= P/6 (7 \cdot 4 + 3 + 1,25 + 0,25) \cdot 1,3571 \cdot 3 - \\
 &\quad (1457,4000 + 647,3763)/2 \\
 &= 2205,3011 - 1052,3882 \\
 &= 1152,9130 \text{ KN M}
 \end{aligned}$$

2. Bentang B3B4

$$\begin{aligned}
 M_{0,5B3B4} &= R_{B3} \cdot K \cdot 3 - \left(\frac{M_{B3B4} + M_{B4B3}}{2} \right) \\
 &= P/6 (7.4 + 3 + 1,25 + 0,25) \cdot 1,3571.3 - \\
 &\quad (647,3763 + 864,0946)/2 \\
 &= 2205,3011 - 755,7355 \\
 &= 1449,5656 \text{ KN M}
 \end{aligned}$$

3. Bentang B4B5

$$\begin{aligned}
 M_{0,5B4B5} &= R_{B4} \cdot K \cdot 3 - \left(\frac{M_{B4B5} + M_{B5B4}}{2} \right) \\
 &= P/6 (7.4 + 3 + 1,25 + 0,25) \cdot 1,3571.3 - (864,0946 + 805,9746)/2 \\
 &= 2205,3011 - 835,0346 \\
 &= 1370,2665 \text{ KN M}
 \end{aligned}$$

4. Bentang B5B6

$$\begin{aligned}
 M_{0,5B5B6} &= R_{B5} \cdot K \cdot 3 - \left(\frac{M_{B5B6} + M_{B6B5}}{2} \right) \\
 &= P/6 (7.4 + 3 + 1,25 + 0,25) \cdot 1,3571.3 - (805,9746 + 823,0069)/2 \\
 &= 2205,3011 - 1217,4781 \\
 &= 987,8231 \text{ KN M}
 \end{aligned}$$

5. Bentang B6B7

$$\begin{aligned}
 M_{0,5B6B7} &= R_{B6} \cdot K \cdot 3 - \left(\frac{M_{B6B7} + M_{B7B6}}{2} \right) \\
 &= P/6 (7.4 + 3 + 1,25 + 0,25) \cdot 1,3571.3 - (823,0069 + 811,0365)/2 \\
 &= 2205,3011 - 817,0217 \\
 &= 1388,2794 \text{ KN M}
 \end{aligned}$$

6. Bentang B7B8

$$\begin{aligned}
 M_{0,5B7B8} &= R_{B7} \cdot K \cdot 3 - \left(\frac{M_{B7B8} + M_{B8B7}}{2} \right) \\
 &= P/6 (7.4 + 3 + 1,25 + 0,25) \cdot 1,3571 \cdot 3 - (811,0365 + 842,4789)/2 \\
 &= 2205,3011 - 826,7577 \\
 &= 1378,5434 \text{ KN M}
 \end{aligned}$$

K. Perhitungan Dukungan Reaksi

1. Dukungan Reaksi Pada Tumpuan B2

$$\begin{aligned}
 V_{B2B1} &= +700 \text{ KN} \times 1,3880 = +971,6000 \\
 V_{B2B3} &= R_{B2} \cdot K + M_{B2B3}/L - M_{B3B2}/L \\
 &= P/6 (7.4 + 3 + 1,25 + 0,25) \cdot 1,3571 + 1457,400/6 \\
 &\quad - 647,3763/6 \\
 &= 735,1004 + 242,9000 - 107,8961 \\
 &= + 870,1043 \text{ KN}
 \end{aligned}$$

2. Dukungan Reaksi Pada Tumpuan B3

$$\begin{aligned}
 V_{B3B2} &= R_{B3} \cdot K - M_{B3B2} + M_{B2B3} \\
 &= P/6 (7.2 + 3 + 4,75 + 5,75) \cdot 1,3571 - 647,3763/L \\
 &\quad + 1457,4000/6 \\
 &= 621,9996 - 107,8961 + 242,9000 \\
 &= 757,0035 \\
 V_{B3B4} &= 735,1004 + 647,3763/6 - 864,0946/6 \\
 &= + 698,9807
 \end{aligned}$$

3. Dukungan Reaksi Pada Tumpuan B4

$$\begin{aligned}
 V_{B4B3} &= 621,9996 - 864,0946/6 + 647,3763/6 \\
 &= + 585,8799 \text{ KN} \\
 V_{B4B5} &= 735,1004 + 864,0946/6 - 805,9746/6 \\
 &= + 744,7871 \text{ KN}
 \end{aligned}$$

4. Dukungan Reaksi Pada Tumpuan B5

$$\begin{aligned}V_{B5B4} &= 621,9996 - 805,9746/6 + 864,0946/6 \\ &= + 631,6863 \text{ KN}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_{B5B6} &= 735,1004 + 805,9746/6 - 823,0069/6 \\ &= + 732,2617 \text{ KN}\end{aligned}$$

5. Dukungan Reaksi Pada Tumpuan B6

$$\begin{aligned}V_{B6B5} &= 621,9996 - 823,0069/6 + 805,9746/6 \\ &= + 619,1609 \text{ KN}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_{B6B7} &= 735,1004 + 823,0069/6 - 811,0365/6 \\ &= + 737,0955 \text{ KN}\end{aligned}$$

6. Dukungan Reaksi Pada Tumpuan B7

$$\begin{aligned}V_{B7B6} &= 621,9996 - 811,0365/6 + 823,0069/6 \\ &= + 623,9947 \text{ KN}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_{B7B8} &= 735,1004 + 811,0365/6 - 842,4789/6 \\ &= + 729,8600 \text{ KN}\end{aligned}$$

7. Dukungan Reaksi Pada Tumpuan B8

$$\begin{aligned}V_{B8B7} &= 621,9996 - 842,4789/6 + 811,0365/6 \\ &= + 616,7592 \text{ KN}\end{aligned}$$

Untuk perhitungan struktur balok as A dan As C, As E dan as A', as 4 selanjutnya lihat tabel 4.15 sampai tabel 4.26.

TABEL 4.12 CROSS BENTANG AS B

AKIBAT BEBAN TRUK DAN CRANE

JOINT	B2		B3		B4		B5		B6			B7			B8	
	E2B1	B2B3	E3E2	B3B4	E4E3	B4B5	E5B4	B5B6	B6B5	B6B7	E7B6	B7B6	E7B8	B8B7	B8B9	
BATANG	0,0000	1,0000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	
DF	-1457,4000	975,5300	-661,4700	975,5300	-661,4700	975,5300	-661,4700	975,5300	-661,4700	975,5300	-661,4700	975,5300	-661,4700	975,5300	975,5300	
FEM	481,8700	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
BALANCE		481,8700	240,9350	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
CO	-	-	-277,4975	-277,4975	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
BALANCE		-138,7488	-	-	-138,7488	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
CO	138,7488	-	-	-	-87,6556	-87,6556	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
BALANCE		-	69,3744	-43,8278	-	-	-43,8278	-	-	-	-	-	-	-	-	
CO	-	-	-12,7733	-12,7733	-	-	-13,5,1161	-13,5,1161	-	-	-	-	-	-	-	
BALANCE		-6,3866	-	-	-6,3866	-67,5580	-	-67,5580	-	-	-	-	-	-	-	
CO	6,3866	-	-	-	3,6,9723	3,6,9723	-	-123,2510	-123,2510	-	-	-	-	-	-	
BALANCE		-	3,1933	18,4862	-	-	18,4862	-61,6255	-61,6255	-	-	-	-	-	-	
CO	-	-	-10,8397	-10,8397	-	-	21,5697	21,5697	-	-	-	-	-126,2173	-126,2173	-	
BALANCE		-5,4199	-	-	-5,4199	10,7848	-	10,7848	-63,1086	-63,1086	-	-	-	-	63,1086	
CO	5,4199	-	-	-	-2,6825	-2,6825	-	26,1619	26,1619	-	-	-	-	-	-188,5843	
BALANCE		-	2,7099	-1,3412	-	-	-1,3412	13,0809	13,0809	-	-	-	-	-	-	
CO	-	-	-0,6843	-0,6843	-	-	-5,8699	-5,8699	-	-	-	-	13,0809	-62,7378	-	
BALANCE		-0,3422	-	-	-0,3422	-2,9349	-	-2,9349	-	-	-	-	24,8284	24,8284	-	
CO	0,3422	-	-	-	1,6386	1,6386	-	-4,7396	-4,7396	-	-	-	-	-	12,4142	
BALANCE		-	0,1711	0,8193	-	-	0,8193	-2,3698	-2,3698	-	-	-	-	-	6,2071	
CO	-	-	-0,4952	-0,4952	-	-	0,7753	0,7753	-	-	-	-	-2,3698	-3,1036	-	
BALANCE		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,7367	2,7367	-	
CO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,3683	
BALANCE		-1457,4000	-647,3763	647,3763	-864,0946	864,0946	-805,9746	805,9746	-823,0069	823,0069	-811,0365	811,0365	-842,4789	842,4789	-	

TABEL 4.13 PERHITUNGAN BALOK AS B DAN AS D

DUKUNGAN	B2				B3				B4				B5				B6			
	E2B1		E2B3		E3B2		E3B4		E4B3		E4B5		E5B4		E5B6					
	DL	LL	DL	LL	DL	LL	DL	LL	DL	LL	DL	LL	DL	LL	DL	LL				
panjang (l) m	1.50		6.00		6.00		6.00		6.00		6.00		6.00		6.00		6.00			
dicoba b = mm	600.00		600.00		400.00		400.00		400.00		400.00		400.00		400.00		400.00			
h = mm	1200.00		1200.00		850.00		850.00		850.00		850.00		850.00		850.00		850.00			
beban total	75.98	700.00	216.61	1000.00	216.61	1000.00	216.61	1000.00	216.61	1000.00	216.61	1000.00	216.61	1000.00	216.61	1000.00	216.61			
Mp akibat beban total	-85.42	-1457.40	649.82	975.53	-649.82	975.53	-649.82	975.53	-649.82	975.53	-649.82	975.53	-649.82	975.53	-649.82	975.53	-649.82			
Mlap beban total	974.73	203.5.65	974.73	203.5.65	974.73	203.5.65	974.73	203.5.65	974.73	203.5.65	974.73	203.5.65	974.73	203.5.65	974.73	203.5.65	974.73			
M hasil cross	-85.42	-1457.40	85.42	1457.40	-801.04	647.38	801.04	647.38	-609.33	864.05	609.33	864.05	-660.66	805.97	660.66	805.97	-660.66			
M max lapangan	531.50	983.26	531.50	983.26	269.54	1279.91	269.54	1279.91	339.73	1200.62	339.73	1200.62	339.73	1200.62	339.73	1200.62	339.73			
Reaksi dukungan	113.50	138.80	530.55	813.55	769.09	543.55	681.77	642.43	617.87	714.67	641.26	688.24	658.37	668.86	652.11	675.71	652.11			
M tumpuan rencana	-1542.82		1542.82		-1448.42		1448.42		-1473.42		1473.42		-1466.64		1466.64		-1466.64			
M lapangan rencana	0.00		1514.76		1549.46		1540.35		1549.46		1540.35		1540.35		1540.35		1542.09			
V rencana = Edl + R	252.70		1312.63		1324.20		1324.20		1332.53		1329.50		1327.24		1327.82		1327.82			

catatan: satuan momen dalam KN m
 * satuan reaksi dalam KN
 * satuan beban mati KN/m
 * satuan beban hidup = KN

TABEL 4.13 LANJUTAN PERHITUNGAN BALOK AS B DAN AS D

DUKUNGAN	B6				B7				B8				B9				
	E6B5		E6B7		E7B6		E7B8		E8B7		E8B9		E9B8		E9B9		
	DL	LL	DL	LL	DL	LL	DL	LL	DL	LL	DL	LL	DL	LL	DL	LL	
panjang (l) m	6.00		6.00		6.00		6.00		6.00		6.00		6.00		6.00		6.00
dicoba b = mm	600.00		600.00		600.00		600.00		600.00		600.00		600.00		600.00		600.00
h = mm	1200.00		1200.00		1200.00		1200.00		1200.00		1200.00		1200.00		1200.00		1200.00
beban total	216.61	1000.00	216.61	1000.00	216.61	1000.00	216.61	1000.00	216.61	1000.00	216.61	1000.00	216.61	1000.00	216.61	1000.00	216.61
Mp akibat beban total	-649.82	-661.47	649.82	975.53	-649.82	975.53	-649.82	975.53	-649.82	975.53	-649.82	975.53	-649.82	975.53	-649.82	975.53	-649.82
Mlap beban total	974.73	203.5.65	974.73	203.5.65	974.73	203.5.65	974.73	203.5.65	974.73	203.5.65	974.73	203.5.65	974.73	203.5.65	974.73	203.5.65	974.73
M hasil cross	-646.93	-823.01	646.93	823.01	-650.64	811.04	650.64	811.04	-649.44	842.48	649.44	842.48	-649.44	842.48	649.44	842.48	-649.44
M max lapangan	320.93	1221.16	325.94	1218.63	325.94	1218.63	325.94	1218.63	324.69	1208.89	324.69	1208.89	324.69	1208.89	324.69	1208.89	324.69
Reaksi dukungan	647.53	681.39	649.20	680.55	650.43	676.55	650.02	673.31	649.62	683.75	649.62	683.75	649.62	683.75	649.62	683.75	649.62
M tumpuan rencana	-1469.94		1469.94		-1461.67		1461.67		-1491.92		1491.92		-1491.92		1491.92		-1491.92
M lapangan rencana	1542.09		1544.57		1544.57		1533.58		1533.58		1533.58		1533.58		1533.58		1544.44
V rencana = Edl + R	1328.92		1329.75		1326.99		1323.33		1333.41		1333.41		1333.41		1333.41		1104.17

cat: satuan momen dalam KN m
 * satuan reaksi dalam KN
 * satuan beban mati dalam KN/m
 * satuan beban hidup dalam KN

TABEL 4.15 CROSS BENTANG AS A DAN AS C

AKIBAT BEBAN ULTIMIT

JOINT	C2		C3		C4		C5		C6		C7		C8	
BATANG	C2C1	C2C3	C3C2	C3C4	C4C3	C4C5	C5C4	C5C6	C6C5	C6C7	C7C6	C7C8	C8C7	C8C9
DF	0,0000	1,0000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000
FEM	-74,7360	584,0961	-584,0961	584,0961	-584,0961	584,0961	-584,0961	584,0961	-584,0961	584,0961	-584,0961	584,0961	-584,0961	584,0961
BALANCE		-509,3601	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CO		-	-254,6801	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BALANCE		-	127,3400	127,3400	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CO		63,6700	-	-	63,6700	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BALANCE		-63,6700	-	-	-31,8350	-31,8350	-	-	-	-	-	-	-	-
CO		-	-31,8350	-15,9175	-	-	-15,9175	-	-	-	-	-	-	-
BALANCE		-	23,8763	23,8763	-	-	7,9588	7,9588	-	-	-	-	-	-
CO		11,9381	-	-	11,9381	3,9794	-	-	3,9794	-	-	-	-	-
BALANCE		-11,9381	-	-	-7,9588	-7,9588	-	-	-1,9897	-1,9897	-	-	-	-
CO		-	-5,9691	-3,9794	-	-	-3,9794	-0,9948	-	-	-0,9948	-	-	-
BALANCE		-	4,9742	4,9742	-	-	2,4871	2,4871	-	-	0,4974	0,4974	-	-
CO		2,4871	-	-	2,4871	1,2436	-	-	1,2436	0,2487	-	-	0,2487	-0,2487
BALANCE		-2,4871	-	-	-1,8653	-1,8653	-	-	-0,7461	-0,7461	-	-	-0,1244	0,1244
CO		-	-1,2436	-0,9327	-	-	-0,9327	-0,3731	-	-	-0,3731	-0,0622	-	-
BALANCE		-	1,0881	1,0881	-	-	0,6529	0,6529	-	-	0,2176	0,2176	-	-
CO		0,5441	-	-	0,5441	0,3264	-	-	0,3264	0,1088	-	-	0,1088	-0,1088
BALANCE		-0,5441	-	-	-0,4352	-0,4352	-	-	-0,2176	-0,2176	-	-	-0,0544	0,0544
CO		-	-0,2720	-0,2176	-	-	-0,2176	-0,1088	-	-	-0,1088	-0,0272	-	-
BALANCE		-	0,2448	0,2448	-	-	0,1632	0,1632	-	-	0,0680	0,0680	-	-
CO		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0340	-0,0340
	-74,7360	74,7360	-720,5724	720,5724	-547,5511	547,5511	-593,8813	593,8813	-581,5002	581,5002	-584,7898	584,7898	-583,8833	583,8833

TABEL 4.16 CROSS BENTANG AS A DAN AS C

AKIBAT BEBAN TRUK DAN CRANE

JOINT	C2		C3		C4		C5		C6		C7		C8	
BATANG	C2C1	C2C3	C3C2	C3C4	C4C3	C4C5	C5C4	C5C6	C6C5	C6C7	C7C6	C7C8	C8C7	C8C9
DF	0,0000	1,0000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000
FEM	-208,2000	310,3009	-310,3009	310,3009	-310,3009	310,3009	-310,3009	310,3009	-310,3009	310,3009	-310,3009	310,3009	-310,3009	310,3009
BALANCE		-102,1009	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CO		-	-51,0505	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BALANCE		-	25,5252	25,5252	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CO		12,7626	-	-	12,7626	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BALANCE		-12,7626	-	-	-6,3813	-6,3813	-	-	-	-	-	-	-	-
CO		-	-6,3813	-3,1907	-	-	-3,1907	-	-	-	-	-	-	-
BALANCE		-	4,7860	4,7860	-	-	1,5953	1,5953	-	-	-	-	-	-
CO		2,3930	-	-	2,3930	0,7977	-	-	0,7977	-	-	-	-	-
BALANCE		-2,3930	-	-	-1,5953	-1,5953	-	-	-0,3988	-0,3988	-	-	-	-
CO		-	-1,1965	-0,7977	-	-	-0,7977	-0,1994	-	-	-0,1994	-	-	-
BALANCE		-	0,9971	0,9971	-	-	0,4985	0,4985	-	-	0,0997	0,0997	-	-
CO		0,4985	-	-	0,4985	0,2493	-	-	0,2493	0,0499	-	-	0,0499	-0,0499
BALANCE		-0,4985	-	-	-0,3739	-0,3739	-	-	-0,1496	-0,1496	-	-	-0,0249	0,0249
CO		-	-0,2493	-0,1870	-	-	-0,1870	-0,0748	-	-	-0,0748	-0,0125	-	-
BALANCE		-	0,2181	0,2181	-	-	0,1309	0,1309	-	-	0,0436	0,0436	-	-
CO		0,1091	-	-	0,1091	0,0654	-	-	0,0654	0,0218	-	-	0,0218	-0,0218
BALANCE		-0,1091	-	-	-0,0872	-0,0872	-	-	-0,0436	-0,0436	-	-	-0,0109	0,0109
CO		-	-0,0545	-0,0436	-	-	-0,0436	-0,0218	-	-	-0,0218	-0,0055	-	-
BALANCE		-	0,0491	0,0491	-	-	0,0327	0,0327	-	-	0,0136	0,0136	-	-
CO		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0068	-0,0068
	-208,2000	208,2000	-337,6575	337,6575	-302,9755	302,9755	-312,2623	312,2623	-309,7805	309,7805	-310,4399	310,4399	-310,2583	310,2583

TABEL 4.17 PERHITUNGAN BALOK AS A DAN AS C

DUKUNGAN	C2				C3				C4				C5			
	C2C1		C2C3		C3C2		C3C4		C4C3		C4C5		C5C4		C5C6	
	DL	LL	DL	LL	DL	LL	DL	LL	DL	LL	DL	LL	DL	LL	DL	LL
panjang (l) m	1,50		6,00		6,00		6,00		6,00		6,00		6,00		6,00	
dicoba b = mm	400,00		400,00		400,00		400,00		400,00		400,00		400,00		400,00	
h = mm	850,00		850,00		850,00		850,00		850,00		850,00		850,00		850,00	
beban total	66,43	100,00	194,70	400,00	194,70	400,00	194,70	400,00	194,70	400,00	194,70	400,00	194,70	400,00	194,70	400,00
Mp akibat beban total	-74,74	-208,20	584,10	310,30	-584,10	-310,30	584,10	310,30	-584,10	-310,30	584,10	310,30	-584,10	-310,30	584,10	310,30
Mlap beban total			876,14	814,26	876,14	814,26	876,14	814,26	876,14	814,26	876,14	814,26	876,14	814,26	876,14	814,26
M hasil cross	-74,74	-208,20	74,74	208,20	-720,37	-337,66	720,37	337,66	-547,55	-302,98	547,55	302,98	-593,88	-312,26	547,55	312,26
M max lapangan			478,49	541,33	478,49	541,33	242,08	493,94	242,08	493,94	305,43	506,64	305,43	506,64	305,43	503,24
Reaksi dukungan	99,65	138,80	476,46	249,84	691,74	293,00	612,93	277,20	555,26	265,64	576,37	269,87	591,82	272,97	576,37	271,83
M tumpuan rencana	-282,94		282,94		-1058,23		1058,23		-850,53		850,53		-906,15		859,81	
M lapangan rencana	0,00		1019,82		1019,82		736,03		736,03		812,07		812,07		808,67	
V rencana = Rdl + Rll	238,45		726,30		984,73		890,13		820,90		846,25		864,79		848,21	

catatan: satuan momen dalam KN m

- * satuan reaksi dalam KN
- * satuan beban mati KN/m
- * satuan beban hidup = KN

TABEL 4.17 LANJUTAN PERHITUNGAN BALOK AS A DAN AS C

DUKUNGAN	C6				C7				C8			
	C6C5		C6C7		C7C6		C7C8		C8C7		C8C9	
	DL	LL	DL	LL	DL	LL	DL	LL	DL	LL	DL	LL
panjang (l) m	6,00		6,00		6,00		6,00		6,00		6,00	
dicoba b = mm	400,00		400,00		400,00		400,00		400,00		400,00	
h = mm	850,00		850,00		850,00		850,00		850,00		850,00	
beban total	194,70	400,00	194,70	400,00	194,70	400,00	194,70	400,00	194,70	400,00	194,70	400,00
Mp akibat beban total	-584,10	-310,30	584,10	310,30	-584,10	-310,30	584,10	310,30	-584,10	-310,30	584,10	310,30
Mlap beban total	876,14	814,26	876,14	814,26	876,14	814,26	876,14	814,26	876,14	814,26	876,14	814,26
M hasil cross	-581,49	-309,78	581,49	309,78	-584,83	-310,44	584,83	310,44	-583,75	-310,26	584,83	310,26
M max lapangan	311,62	503,24	292,98	504,15	292,98	504,15	291,85	503,91	291,85	503,91	583,73	659,13
Reaksi dukungan	589,75	271,01	583,54	271,31	584,65	271,53	584,28	271,45	583,92	271,39	681,57	323,13
M tumpuan rencana	-891,27		891,27		-895,27		895,27		-894,01		895,09	
M lapangan rencana	814,86		797,13		797,13		795,76		795,76		1242,86	
V rencana = Rdl + Rll	860,76		854,85		856,18		855,73		855,31		1004,70	

cat: satuan momen dalam KN m

- * satuan reaksi dalam KN
- * satuan beban mati dalam KN/m
- * satuan beban hidup dalam KN

TABEL 4.19 CROSS BENTANG AS E

AKIBAT BEBAN ULTIMIT

JOINT	E2		E3		E4		E5		E6		E7		E8	
	E2E1	E2E3	E3E2	E3E4	E4E3	E4E5	E5E4	E5E6	E6E5	E6E7	E7E6	E7E8	E8E7	E8E9
BATANG														
DF	0,0000	1,0000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000
FEM	-73,7640	366,8940	-366,8940	366,8940	-366,8940	366,8940	-366,8940	366,8940	-366,8940	366,8940	-366,8940	366,8940	-366,8940	366,8940
BALANCE		-293,1300	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CO		-	-146,5650	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BALANCE		-	73,2825	73,2825	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CO		36,6413	-	-	36,6413	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BALANCE		-36,6413	-	-	-18,3206	-18,3206	-	-	-	-	-	-	-	-
CO		-	-18,3206	-9,1603	-	-	-9,1603	-	-	-	-	-	-	-
BALANCE		-	13,7405	13,7405	-	-	4,5802	4,5802	-	-	-	-	-	-
CO		6,8702	-	-	6,8702	2,2901	-	-	2,2901	-	-	-	-	-
BALANCE		-6,8702	-	-	-4,5802	-4,5802	-	-	-1,1450	-1,1450	-	-	-	-
CO		-	-3,4351	-2,2901	-	-	-2,2901	-0,5725	-	-	-0,5725	-	-	-
BALANCE		-	2,8626	2,8626	-	-	1,4313	1,4313	-	-	0,2863	0,2863	-	-
CO		1,4313	-	-	1,4313	0,7156	-	-	0,7156	0,1431	-	-	0,1431	-0,1431
BALANCE		-1,4313	-	-	-1,0735	-1,0735	-	-	-0,4294	-0,4294	-	-	-0,0716	0,0716
CO		-	-0,7156	-0,5367	-	-	-0,5367	-0,2147	-	-	-0,2147	-0,0358	-	-
BALANCE		-	0,6262	0,6262	-	-	0,3757	0,3757	-	-	0,1252	0,1252	-	-
CO		0,3131	-	-	0,3131	0,1879	-	-	0,1879	0,0626	-	-	0,0626	-0,0626
BALANCE		-0,3131	-	-	-0,2505	-0,2505	-	-	-0,1252	-0,1252	-	-	-0,0313	0,0313
CO		-	-0,1565	-0,1252	-	-	-0,1252	-0,0626	-	-	-0,0626	-0,0157	-	-
BALANCE		-	0,1409	0,1409	-	-	0,0939	0,0939	-	-	0,0391	0,0391	-	-
CO		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-73,7640	73,7640	-445,4343	445,4343	-345,8629	345,8629	-372,5253	372,5253	-365,4001	365,4001	-367,2932	367,2932	-366,7911	366,7911

TABEL 4.20 CROSS BENTANG AS E

AKIBAT BEBAN TRUK

JOINT	E2		E3		E4		E5		E6		E7		E8	
	E2E1	E2E3	E3E2	E3E4	E4E3	E4E5	E5E4	E5E6	E6E5	E6E7	E7E6	E7E8	E8E7	E8E9
BATANG	0,0000	1,0000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000
DF														
FEM	-208,2000	310,3009	-310,3009	310,3009	-310,3009	310,3009	-310,3009	310,3009	-310,3009	310,3009	-310,3009	310,3009	-310,3009	310,3009
BALANCE		-102,1009	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CO		-	-51,0505	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BALANCE		-	25,5252	25,5252	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CO		12,7626	-	-	12,7626	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BALANCE		-12,7626	-	-	-6,3813	-6,3813	-	-	-	-	-	-	-	-
CO		-	-6,3813	-3,1907	-	-	-3,1907	-	-	-	-	-	-	-
BALANCE		-	4,7860	4,7860	-	-	1,5953	1,5953	-	-	-	-	-	-
CO		2,3930	-	-	2,3930	0,7977	-	-	0,7977	-	-	-	-	-
BALANCE		-2,3930	-	-	-1,5953	-1,5953	-	-	-0,3988	-0,3988	-	-	-	-
CO		-	-1,1965	-0,7977	-	-	-0,7977	-0,1994	-	-	-0,1994	-	-	-
BALANCE		-	0,9971	0,9971	-	-	0,4985	0,4985	-	-	0,0997	0,0997	-	-
CO		0,4985	-	-	0,4985	0,2493	-	-	0,2493	0,0499	-	-	0,0499	-0,0499
BALANCE		-0,4985	-	-	-0,3739	-0,3739	-	-	-0,1496	-0,1496	-	-	-0,0249	0,0249
CO		-	-0,2493	-0,1870	-	-	-0,1870	-0,0748	-	-	-0,0748	-0,0125	-	-
BALANCE		-	0,2181	0,2181	-	-	0,1309	0,1309	-	-	0,0436	0,0436	-	-
CO		0,1091	-	-	0,1091	0,0654	-	-	0,0654	0,0218	-	-	0,0218	-0,0218
BALANCE		-0,1091	-	-	-0,0872	-0,0872	-	-	-0,0436	-0,0436	-	-	-0,0109	0,0109
CO		-	-0,0545	-0,0436	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BALANCE		-	0,0491	0,0491	-	-	-	-	0,0327	0,0327	-	-	0,0136	0,0136
CO		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-208,2000	208,2000	-337,6575	337,6575	-302,9755	302,9755	-312,2623	312,2623	-309,7805	309,7805	-310,4399	310,4399	-310,2583	310,2583

TABEL 4.21 PERHITUNGAN BALOK AS A' DAN AS E

DUKUNGAN	E2				E3				E4				E5				
	E2E1		E2E3		E3E2		E3E4		E4E3		E4E5		E5E4		E5E6		
	DL	LL	DL	LL	DL	LL	DL	LL	DL	LL	DL	LL	DL	LL	DL	LL	
panjang (l) m	1,50		6,00		6,00		6,00		6,00		6,00		6,00		6,00		6,00
dicoba b = mm	350,00		350,00		350,00		350,00		350,00		350,00		350,00		350,00		350,00
h = mm	850,00		850,00		850,00		850,00		850,00		850,00		850,00		850,00		850,00
beban total	65,57	100,00	122,30	400,00	122,30	400,00	122,30	400,00	122,30	400,00	122,30	400,00	122,30	400,00	122,30	400,00	122,30
Mp akibat beban total	-73,76	-208,20	366,89	310,30	-366,89	-310,30	366,89	310,30	-366,89	-310,30	366,89	310,30	-366,89	-310,30	366,89	310,30	366,89
Mlap beban total			550,34	814,26	550,34	814,26	550,34	814,26	550,34	814,26	550,34	814,26	550,34	814,26	550,34	814,26	550,34
M hasil cross	-73,76	-208,20	73,76	208,20	-445,43	-337,66	445,43	337,66	-345,86	-302,98	345,86	302,98	-372,53	-312,26	372,53	312,26	372,53
M max lapangan			290,74	541,33	290,74	541,33	154,69	493,94	154,69	493,94	191,15	506,64	191,15	506,64	181,38	503,24	503,24
Reaksi dukungan	98,35	138,80	304,95	249,84	428,84	293,00	383,49	277,20	350,30	265,64	362,45	269,87	371,34	272,97	368,08	271,83	271,83
M tumpuan rencana	-281,96		281,96		-783,09		783,09		-648,84		648,84		-684,79		684,79		684,79
M lapangan rencana	0,00		832,08		832,08		648,64		648,64		697,79		697,79		684,62		684,62
V rencana = Rdl + Rl	237,15		554,79		721,84		660,69		615,94		632,32		644,31		639,92		639,92

catatan: satuan momen dalam KN m

- * satuan reaksi dalam KN
- * satuan beban mati KN/m
- * satuan beban hidup = KN

TABEL 4.21 LANJUTAN PERHITUNGAN BALOK AS A' DAN AS E

DUKUNGAN	E6				E7				E8				
	E6E5		E6E7		E7E6		E7E8		E8E7		E8E9		
	DL	LL	DL	LL	DL	LL	DL	LL	DL	LL	DL	LL	
panjang (l) m	6,00		6,00		6,00		6,00		6,00		6,00		6,00
dicoba b = mm	350,00		350,00		350,00		350,00		350,00		350,00		350,00
h = mm	850,00		850,00		850,00		850,00		850,00		850,00		850,00
beban total	122,30	400,00	122,30	400,00	122,30	400,00	122,30	400,00	122,30	400,00	122,30	400,00	122,30
Mp akibat beban total	-366,89	-310,30	366,89	310,30	-366,89	-310,30	366,89	310,30	-366,89	-310,30	366,89	310,30	366,89
Mlap beban total	550,34	814,26	550,34	814,26	550,34	814,26	550,34	814,26	550,34	814,26	550,34	814,26	550,34
M hasil cross	-365,40	-309,78	365,40	309,78	-367,32	-310,44	367,32	310,44	-366,70	-310,26	366,70	310,26	366,70
M max lapangan	181,38	503,24	183,98	504,15	183,98	504,15	183,33	503,91	183,33	503,91	183,33	503,91	183,33
Reaksi dukungan	365,70	271,01	366,57	271,31	367,21	271,53	367,00	271,45	366,79	271,39	428,01	323,13	323,13
M tumpuan rencana	-675,18		675,18		-677,76		677,76		-676,96		676,96		676,96
M lapangan rencana	684,62		688,13		688,13		687,24		687,24		687,24		687,24
V rencana = Rdl + Rl	636,71		637,88		638,74		638,45		638,18		751,14		751,14

cat: satuan momen dalam KN m

- * satuan reaksi dalam KN
- * satuan beban mati dalam KN/m
- * satuan beban hidup dalam KN

TABEL 4.22 PERHITUNGAN PENULANGAN BALOK AS E DAN AS A'

URUTAN PERHITUNGAN	BENTANG							
	E2E1	E2E3	E3E4	E4E5	E5E6	E6E7	E7E8	E8E9
fc' MPa	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
fy MPa	390,00	390,00	390,00	390,00	390,00	390,00	390,00	390,00
B1 = 0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
Momen Ultimit (Mu) KNm	281,96	832,08	648,64	697,79	684,62	688,13	687,24	687,24
Momen Nominal (Mn) KNm	352,46	1040,09	810,80	872,23	855,77	860,17	859,06	859,05
<i>rasio penulangan</i>								
rho balance = $(0,85fc' \cdot B1 \cdot 600)/(fy \cdot (600 + fy))$	0,0225	0,0225	0,0225	0,0225	0,0225	0,0225	0,0225	0,0225
rho max = 0,75 . rho balance	0,0168	0,0168	0,0168	0,0168	0,0168	0,0168	0,0168	0,0168
rho min = 1,4 / fy	0,0036	0,0036	0,0036	0,0036	0,0036	0,0036	0,0036	0,0036
dipakai rho = 0,5 rho max	0,0084	0,0084	0,0084	0,0084	0,0084	0,0084	0,0084	0,0084
<i>menentukan b dan d</i>								
ditentukan b mm	350,00	350,00	350,00	350,00	350,00	350,00	350,00	350,00
m = $fy/(0,85fc')$	22,9412	22,9412	22,9412	22,9412	22,9412	22,9412	22,9412	22,9412
Rn = $rho \cdot fy \cdot (1 - (0,5 \cdot rho \cdot m))$	2,9669	2,9669	2,9669	2,9669	2,9669	2,9669	2,9669	2,9669
d = $(Mn/(Rn \cdot b))^{(0,5)}$	582,597	1000,812	883,634	916,501	907,810	910,139	909,550	909,549
dipakai d mm	550,00	750,00	750,00	750,00	750,00	750,00	750,00	750,00
<i>revisi</i>								
bakok bertulangan rangkap, d' = 100 mm	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES
Asl = $rho \cdot b \cdot d$ mm ²	1620,99	2210,45	2210,45	2210,45	2210,45	2210,45	2210,45	2210,45
a = $As \cdot fy / (0,85fc' \cdot b)$ mm	106,25	144,89	144,89	144,89	144,89	144,89	144,89	144,89
Mn1 = $As \cdot fy \cdot (d - 0,5a)$ KNm	314,12	584,10	584,10	584,10	584,10	584,10	584,10	584,10
<i>tulangan desak</i>								
Mn2 = Mn - Mn1 KNm	38,34	455,99	226,69	288,13	271,67	276,06	274,95	274,95
fs = $600 (1 - (0,85fc' \cdot B1 \cdot d' / (rho \cdot fy \cdot d)))$	120,00	248,00	248,00	248,00	248,00	248,00	248,00	248,00
As2 = $Mn2 / (fs \cdot (d - d'))$ mm ²	709,94	2828,72	1406,29	1787,41	1685,28	1712,55	1705,65	1705,64
jumlah tulangan D 32 mm A = 804,57	0,88	3,52	1,75	2,22	2,09	2,13	2,12	2,12
dipakai tulangan desak	2 D32	4 D32	2 D32	3 D32	3 D32	3 D32	3 D32	3 D32
<i>tulangan tarik</i>								
As = Asl + As2 mm ²	2330,93	5039,17	3616,73	3997,85	3895,72	3923,00	3916,10	3916,09
jumlah tulangan perlu	2,90	6,26	4,30	4,97	4,84	4,88	4,87	4,87
dipakai tulangan	3 D32	7 D32	5 D32	5 D32	5 D32	5 D32	5 D32	5 D32
<i>check kapasitas</i>								
rho = $As / (b \cdot d)$	0,0121	0,0192	0,0138	0,0152	0,0148	0,0149	0,0149	0,0149
rho' = $As2 / (b \cdot d)$	0,0037	0,0108	0,0054	0,0068	0,0064	0,0065	0,0065	0,0065
r = rho - rho'	0,0084	0,0084	0,0084	0,0084	0,0084	0,0084	0,0084	0,0084
fs = $600 (1 - (0,85fc' \cdot B1 \cdot d' / (r \cdot fy \cdot d)))$	120,00	248,00	248,00	248,00	248,00	248,00	248,00	248,00
a = $((As \cdot fy) - (As2 \cdot fs)) / (0,85fc' \cdot b)$	138,47	212,40	178,45	187,54	185,11	185,76	185,59	185,59
Mn1 = $((As \cdot fy) - (As2 \cdot fs)) \cdot (d - 0,5a)$ KNm	396,09	813,61	701,59	732,28	724,10	726,29	725,73	725,73
Mn2 = $As2 \cdot fs \cdot (d - d')$ KNm	38,34	455,99	226,69	288,13	271,67	276,06	274,95	274,95
Mntotal = Mn1 + Mn2 KNm	434,43	1269,60	928,28	1020,41	995,77	1002,35	1000,69	1000,68
<i>check geser</i>								
Vu = gaya geser yang terjadi KN	237,15	721,84	660,69	644,31	639,92	638,74	638,45	751,14
Vn = Vu / 0,6 KN	395,25	1203,06	1101,15	1073,84	1066,53	1064,57	1064,08	1251,90
<i>gaya geser yang dapat ditahan oleh beton</i>								
Vc = $1/6 \cdot fc' \cdot b \cdot d$ KN	143,48	195,66	195,66	195,66	195,66	195,66	195,66	195,66
Vcu = 0,6 . Vc KN	86,09	117,39	117,39	117,39	117,39	117,39	117,39	117,39
Vn > Vcu -----> perlu tulangan geser	251,77	1007,40	905,49	878,19	870,87	868,92	868,42	1056,24
<i>tulangan geser berupa sengkang rangkap 4 berdiameter 12 mm</i>								
luas sengkang = $4 \cdot 0,25 \cdot phi \cdot d^2$	226,20	452,39	452,39	452,39	452,39	452,39	452,39	452,39
jarak yang diperlukan (S)	192,71	131,35	146,14	150,68	151,94	152,29	152,37	125,28
dipakai	D12-190	D12-130	D12-130	D12-150	D12-150	D12-150	D12-150	D12-120

TABEL 4.23 CROSS BENTANG AS 4

AKIBAT BEBAN ULTIMIT

JOINT	E4		D4		C4		B4		A4	
	E4E4'	E4D4	D4E4	D4C4	C4D4	C4E4	B4C4	B4A4	A4E4	A4A4'
BATANG										
DF	0,0000	1,0000	0,7270	0,2730	0,5000	0,5000	0,5580	0,4420	0,3650	0,6350
FEM	-74,7360	11,6460	-11,6460	205,4820	-205,4820	205,4820	-205,4820	409,5701	-409,5701	51,4170
BALANCE			-	-	-	-	-		130,7259	227,4272
CO		-	-	-	-	-	-	65,3629	-	-
BALANCE		-	-	-	-	-	-150,3537	-119,0974	-	-
CO		-	-	-	-	-75,1768	-	-	-59,5487	-
BALANCE		-	-	-	37,5884	37,5884	-	-	21,7353	37,8134
CO		-	-	18,7942	-	-	18,7942	10,8676	-	-
BALANCE		-	-154,5822	-58,0480	-	-	-16,5513	-13,1105	-	-
CO		-77,2911	-	-	-29,0240	-8,2757	-	-	-6,5553	-
BALANCE		140,3811	-	-	18,6498	18,6498	-	-	2,3927	4,1626
CO		-	70,1905	9,3249	-	-	9,3249	1,1963	-	-
BALANCE		-	-57,8077	-21,7077	-	-	-5,8709	-4,6504	-	-
CO		-28,9039	-	-	-10,8539	-2,9354	-	-	-2,3252	-
BALANCE		28,9039	-	-	6,8946	6,8946	-	-	0,8487	1,4765
CO		-	14,4519	3,4473	-	-	3,4473	0,4243	-	-
BALANCE		-	-13,0128	-4,8865	-	-	-2,1604	-1,7113	-	-
CO		-6,5064	-	-	-2,4432	-1,0802	-	-	-0,8556	-
BALANCE		6,5064	-	-	1,7617	1,7617	-	-	0,3123	0,5433
CO		-	3,2532	0,8809	-	-	0,8809	0,1562	-	-
BALANCE		-	-3,0055	-1,1286	-	-	-0,5787	-0,4584	-	-
CO		-1,5027	-	-	-0,5643	-0,2893	-	-	-0,2292	-
BALANCE		1,5027	-	-	0,4268	0,4268	-	-	0,0837	0,1455
CO		-	0,7514	0,2134	-	-	0,2134	0,0418	-	-
BALANCE		-	-0,7014	-0,2634	-	-	-0,1424	-0,1128	-	-
CO		-0,3507	-	-	-0,1317	-0,0712	-	-	-0,0564	-
BALANCE		0,3507	-	-	0,1015	0,1015	-	-	0,0206	0,0358
CO		-	0,1753	0,0507	-	-	0,0507	0,0103	-	-
BALANCE		-	-0,1644	-0,0617	-	-	-0,0340	-0,0270	-	-
	-74,7360	74,7360	-152,0975	152,0975	-183,0762	183,0762	-348,4619	348,4619	-323,0214	323,0214

TABEL 4.24 CROSS BENTANG AS 4

AKIBAT BEBAN TRUK

JOINT	B4		D4		C4		B4		A4	
BATANG	E4E4'	E4D4	D4E4	D4C4	C4D4	C4B4	B4C4	B4A4	A4B4	A4A4'
DF	0,0000	1,0000	0,7270	0,2730	0,5000	0,5000	0,5580	0,4420	0,3650	0,6350
FEM	-208,2000	26,0300	-26,0300	124,3300	-147,6100	124,3300	-147,6100	228,6600	-228,6600	84,6200
BALANCE			-	-	-	-	-	-	52,5746	91,4654
CO		-	-	-	-	-	-	26,2873	-	-
BALANCE		-	-	-	-	-	-59,8942	-47,4431	-	-
CO		-	-	-	-	-29,9471	-	-	-23,7215	-
BALANCE		-	-	-	26,6136	26,6136	-	-	8,6584	15,0632
CO		-	-	13,3068	-	-	13,3068	4,3292	-	-
BALANCE		-	-81,1381	-30,4687	-	-	-9,8409	-7,7951	-	-
CO		-40,5691	-	-	-15,2343	-4,9204	-	-	-3,8975	-
BALANCE		222,7391	-	-	10,0774	10,0774	-	-	1,4226	2,4749
CO		-	111,3695	5,0387	-	-	5,0387	0,7113	-	-
BALANCE		-	-84,6288	-31,7794	-	-	-3,2085	-2,5415	-	-
CO		-42,3144	-	-	-15,8897	-1,6042	-	-	-1,2707	-
BALANCE		42,3144	-	-	8,7470	8,7470	-	-	0,4638	0,8069
CO		-	21,1572	4,3735	-	-	4,3735	0,2319	-	-
BALANCE		-	-18,5608	-6,9699	-	-	-2,5698	-2,0356	-	-
CO		-9,2804	-	-	-3,4849	-1,2849	-	-	-1,0178	-
BALANCE		9,2804	-	-	2,3849	2,3849	-	-	0,3715	0,6463
CO		-	4,6402	1,1925	-	-	1,1925	0,1857	-	-
BALANCE		-	-4,2403	-1,5923	-	-	-0,7690	-0,6092	-	-
CO		-2,1202	-	-	-0,7962	-0,3845	-	-	-0,3046	-
BALANCE		2,1202	-	-	0,5903	0,5903	-	-	0,1112	0,1934
CO		-	1,0601	0,2932	-	-	0,2932	0,0556	-	-
BALANCE		-	-0,9853	-0,3700	-	-	-0,1957	-0,1530	-	-
CO		-0,4926	-	-	-0,1850	-0,0979	-	-	-0,0775	-
BALANCE		0,4926	-	-	0,1414	0,1414	-	-	0,0283	0,0492
CO		-	0,2463	0,0707	-	-	0,0707	0,0141	-	-
BALANCE		-	-0,2305	-0,0865	-	-	-0,0474	-0,0375	-	-
	-208,2000	208,2000	-77,3405	77,3405	-134,6455	134,6455	-199,8582	199,8582	-195,3194	195,3194

TABEL 4.25 PERHITUNGAN BALOK AS 4

DUKUNGAN	E4				D4				C4			
	E4E'4		E4D4		D4E4		D4C4		C4D4		C4B4	
	DL	LL	DL	LL	DL	LL	DL	LL	DL	LL	DL	LL
panjang (l) m	1,50		1,50		1,50		4,00		4,00		4,00	
dicoba b = mm	400,00		400,00		400,00		400,00		400,00		400,00	
h = mm	850,00		850,00		850,00		850,00		850,00		850,00	
beban total	66,43	100,00	62,11	100,00	62,11	100,00	154,11	300,00	154,11	300,00	154,11	300,00
Mp akibat beban total	-74,74	-208,20	11,65	26,03	-11,65	-26,03	205,48	124,33	-205,48	-147,61	205,48	124,33
Mlap beban total			17,47	30,89	17,47	30,89	308,22	407,13	308,22	407,13	308,22	407,13
M hasil cross	-74,74	-208,20	74,74	208,20	-152,10	-77,34	152,10	77,34	-183,08	-134,65	183,08	134,65
M max hpangan			-95,95	-91,88	-95,95	-91,88	140,63	301,14	140,63	301,14	42,45	239,88
Reaksi dukungan	99,65	138,80	-4,99	155,10	98,16	-19,38	300,48	189,24	315,97	217,89	266,88	187,26
M tumpuan rencana	-282,94		282,94		-229,44		229,44		-317,73		317,73	
M lapangan rencana	0,00		-187,83		-187,83		441,77		441,77		282,32	
V rencana = Rdl + Rll	238,45		150,10		78,78		489,72		533,86		454,14	

catatan: satuan momen dalam KN m

- * satuan reaksi dalam KN
- * satuan beban mati KN/m
- * satuan beban hidup = KN

TABEL 4.25 LANJUTAN PERHITUNGAN BALOK AS 4

DUKUNGAN	B4				A4			
	B4C4		B4A4		A4A4		A4A4'	
	DL	LL	DL	LL	DL	LL	DL	LL
panjang (l) m	4,00		5,05		5,05		2,18	
dicoba b = mm	400,00		400,00		400,00		400,00	
h = mm	850,00		850,00		850,00		850,00	
beban total	154,11	300,00	192,75	400,00	192,75	400,00	86,95	400,00
Mp akibat beban total	-205,48	-147,61	409,57	228,66	-409,57	-228,66	51,42	84,62
Mlap beban total	308,22	407,13	614,46	685,34	614,46	685,34	51,42	295,17
M hasil cross	-348,47	-199,86	348,47	199,86	-323,02	-195,32	323,02	195,32
M max hpangan	42,45	239,88	278,71	487,75	278,71	487,75	-110,09	197,51
Reaksi dukungan	349,57	219,87	491,74	272,32	481,66	270,52	243,07	361,22
M tumpuan rencana	-548,33		548,33		-518,34		518,34	
M lapangan rencana	282,32		766,46		766,46		87,42	
V rencana = Rdl + Rll	569,44		764,06		752,18		604,30	

cat: satuan momen dalam KN m

- * satuan reaksi dalam KN
- * satuan beban mati dalam KN/m
- * satuan beban hidup dalam KN

TABEL 4.26 PERHITUNGAN PENULANGAN BALOK AS 4

URUTAN PERHITUNGAN	BENTANG					
	E4E'4	E4D4	D4C4	C4B4	B4A4	A4A'4
fc' MPa	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
fy MPa	390,00	390,00	390,00	390,00	390,00	390,00
B1 = 0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
Momen Ultimit (Mu) KNm	282,94	282,94	441,77	548,33	766,46	518,34
Momen Nominal (Mn) KNm	353,67	353,67	552,21	685,41	958,07	647,92
<i>rasio penulangan</i>						
rho balance = $(0,85 \cdot f_c' \cdot B1 \cdot 600) / (f_y \cdot (600 + f_y))$	0,0225	0,0225	0,0225	0,0225	0,0225	0,0225
rho max = 0,75 \cdot rho balance	0,0168	0,0168	0,0168	0,0168	0,0168	0,0168
rho min = 1,4 / fy	0,0036	0,0036	0,0036	0,0036	0,0036	0,0036
dipakai rho = 0,5 rho max	0,0084	0,0084	0,0084	0,0084	0,0084	0,0084
<i>menentukan b dan d</i>						
ditentukan b mm	250,00	250,00	250,00	250,00	250,00	250,00
m = $f_y / (0,85 \cdot f_c')$	22,9412	22,9412	22,9412	22,9412	22,9412	22,9412
Rn = rho \cdot fy \cdot (1 - (0,5 \cdot rho \cdot m))	2,9669	2,9669	2,9669	2,9669	2,9669	2,9669
d = $(Mn / (Rn \cdot b))^{0,5}$	690,525	690,525	862,845	961,294	1136,526	934,635
dipakai d mm	600,00	600,00	700,00	700,00	800,00	800,00
<i>revisi</i>						
balok bertulangan rangkap, d' = 100 mm	YES	YES	YES	YES	YES	YES
As1 = rho \cdot b \cdot d mm ²	1263,11	1263,11	1473,63	1473,63	1684,15	1684,15
a = $As \cdot f_y / (0,85 \cdot f_c' \cdot b)$ mm	115,91	115,91	135,23	135,23	154,55	154,55
Mn1 = $As \cdot f_y \cdot (d - 0,5a)$ KNm	267,02	267,02	363,44	363,44	474,70	474,70
<i>tulangan desak</i>						
Mn2 = Mu - Mn1 KNm	86,65	86,65	188,77	321,97	483,37	173,22
fs = $600 (1 - (0,85 \cdot f_c' \cdot B1 \cdot d' / (rho \cdot f_y \cdot d)))$	160,00	160,00	222,86	222,86	270,00	270,00
As2 = $Mn2 / (fs \cdot (d - d'))$ mm ²	1083,14	1083,14	1411,73	2407,90	2557,52	916,53
jumlah tulangan D 32 mm A = 804,25	1,35	1,35	1,76	2,99	3,18	1,14
dipakai tulangan desak	2 D32	2 D32	2 D32	3 D32	4 D32	2 D32
<i>tulangan tarik</i>						
As = As1 + As2 mm ²	2346,25	2346,25	2885,36	3881,53	4241,67	2600,68
jumlah tulangan perlu	2,92	2,92	3,59	4,83	5,27	3,23
dipakai tulangan	3 D32	3 D32	4 D32	5 D32	6 D32	4 D32
<i>check kapasitas</i>						
rho = As / (b \cdot d)	0,0156	0,0156	0,0165	0,0222	0,0212	0,0130
rho' = As2 / (b \cdot d)	0,0072	0,0072	0,0081	0,0138	0,0128	0,0046
r = rho - rho'	0,0084	0,0084	0,0084	0,0084	0,0084	0,0084
fs = $600 (1 - (0,85 \cdot f_c' \cdot B1 \cdot d' / (r \cdot f_y \cdot d)))$	160,00	160,00	222,86	222,86	270,00	270,00
a = $((As \cdot f_y) - (As2 \cdot fs)) / (0,85 \cdot f_c' \cdot b)$	174,53	174,53	190,75	229,92	226,76	180,42
Mn1 = $((As \cdot f_y) - (As2 \cdot fs)) \cdot (d - 0,5a)$ KNm	380,32	380,32	490,16	571,69	661,71	544,27
Mn2 = As2 \cdot fs \cdot (d - d') KNm	86,65	86,65	188,77	321,97	483,37	173,22
Matotal = Mn1 + Mn2 KNm	466,97	466,97	678,93	893,66	1145,08	717,49
<i>check geser</i>						
Vu = gaya geser yang terjadi KN	238,45	150,10	533,86	569,44	764,06	604,30
Vn = Vu / 0,6 KN	397,41	250,17	889,77	949,07	1273,43	1007,16
<i>gaya geser yang dapat ditahan oleh beton</i>						
Vc = $1/6 \cdot f_c' \cdot b \cdot d$ KN	111,80	111,80	130,44	130,44	149,07	149,07
Vcu = 0,6 \cdot Vc KN	67,08	67,08	78,26	78,26	89,44	89,44
Vn > Vcu -----> perlu tulangan geser	285,61	138,37	759,33	818,63	1124,36	858,09
<i>tulangan geser berupa sengkang rangkap 2 berdiameter 12 mm</i>						
luas sengkang = $2 \cdot 0,25 \cdot \phi \cdot d^2$	226,08	226,08	339,12	339,12	339,12	339,12
jarak yang diperlukan (S)	185,23	382,33	121,92	113,09	94,10	123,30
dipakai	D12 -180	D12 -200	D12 -120	D12 -110	D12 -90	D12 -120

4.4 Perhitungan Fender dan Bolder

4.4.1 Perhitungan Fender

Fender direncanakan menahan kapal barang curah yang berukuran 30.000 DWT, dimana data kapal adalah sebagai berikut:

$$L = \text{panjang kapal} = 192 \text{ m} = 630 \text{ ft}$$

$$B = \text{lebar kapal} = 27,3 \text{ m} = 89,7 \text{ ft}$$

$$D = \text{"draft" kapal} = 10,6 \text{ m} = 34,8 \text{ ft}$$

Menurut Soediro, berat kapal yang membentur dermaga dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$W = \frac{k \cdot L \cdot B \cdot D}{35} \quad (\text{Ton})$$

dimana k adalah koefisien kapal, yang besarnya 0,70 - 0,75. Untuk perencanaan ini diambil harga $k = 0,75$, sehingga :

$$W = 0,75 \cdot 630 \cdot 89,7 \cdot 34,8 / 35 = 42141,06 \text{ Ton.}$$

Akibat benturan kapal, maka akan timbul energi kinetis sebesar :

$$E = 0,5 \cdot m \cdot v^2$$

Kecepatan kapal waktu membentur dermaga dihitung sebesar 0,1 m/det. sehingga:

$$E = 0,5 \cdot 42141,06 / 9,81 \cdot 0,1^2 = 21,48 \text{ Ton m.}$$

Energi yang diterima oleh fender adalah 50 % E total, maka:

$$E = 50\% \cdot 21,48 = 10,74 \text{ Ton m.}$$

Dengan menggunakan tabel tipe fender "fentek", di pilih tipe A 600, yang mempunyai dimensi sebagai berikut:

Rubber fender system type H

Ukuran A600 x 2000L

Spesifikasi pada defleksi 50 %

- gaya reaksi : 75,75 ton

- Energi serap: 17,4 Tm

H = 600 mm

F = 375 mm

Lebar dasar (B) = 1010 mm Panjang ujung (L) = 2000 mm
 Lebar dasar total (W) = 1200 mm Diameter lubang baut (D) = 60 mm
 Panjang dasar (FL) = 2300 mm berat = 450 kg/m
 Jumlah baut yang diperlukan = 8 buah diameter = 40 mm
 jarak antar baut = 620 mm

Jarak maksimum antar fender adalah (L)

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

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

$$\log r = -1,055 + 0,650 \log (\text{DWT}) \rightarrow \text{kapal barang}$$

$$= -1,055 + 0,650 \log (30.000)$$

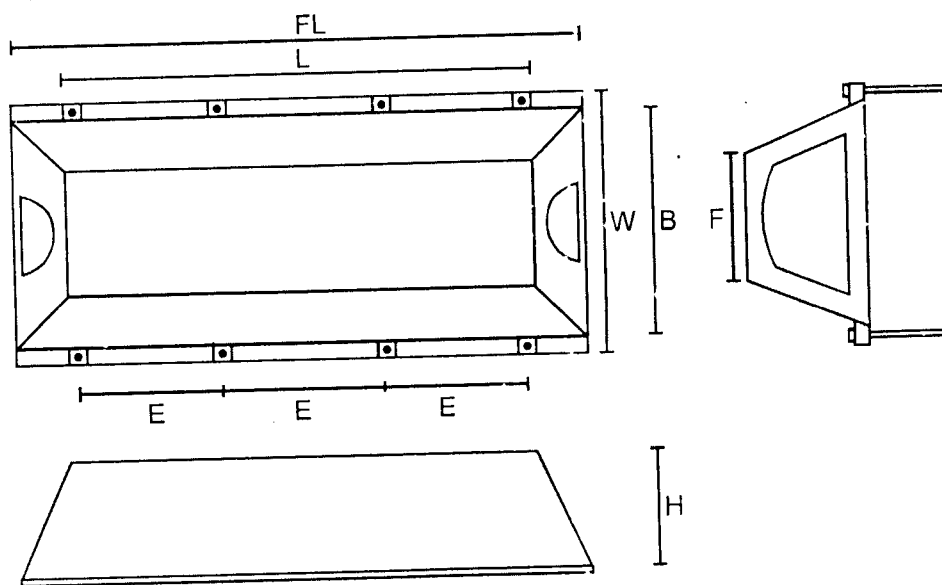
$$r = 71,636 \text{ m}$$

$$H = \text{tinggi fender} = 0,60 \text{ m}$$

maka dengan memasukkan angka-angka tersebut, didapat:

$$L = 18,504 \text{ m}$$

diambil jarak antar fender 12 meter.



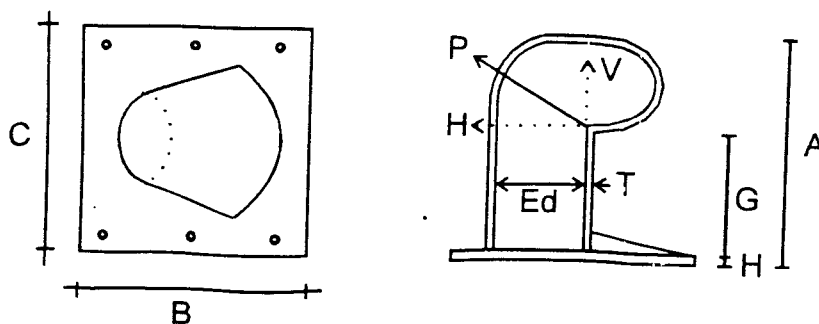
Gambar 4.6 Fender tipe H ukuran A600 x 2000 L

4.4.2 Perhitungan Bolder

Bolder direncanakan untuk menahan gaya tarik sebesar 70 Ton. Perhitungan dimensi bolder adalah sebagai berikut:

1. mutu baja bolder = "gray cast iron" JIS G-5501 FC-35
2. tegangan tarik ijin maksimum = 35 Kg/mm^2
3. dimensi bolder tipe Curve kapasitas 70 Ton:

diameter luar (E)	= 400 mm
diameter dalam (Ed)	= 334 mm
tebal dinding (T)	= 33 mm
tinggi bolder (A)	= 900 mm
ukuran plat dasar (B)	= 1130 mm
ukuran plat dasar (C)	= 1000 mm
tebal plat dasar (H)	= 90 mm
tinggi efektif (G)	= 370 mm
ukuran angkur	= 56 mm
jumlah angkur	= 6 buah



Gambar 4.7 bolder tipe Curve

4. Check kapasitas

$$\text{beban tarikan } P = 70 \text{ ton} = 70.000 \text{ kg}$$

$$\text{sudut tarikan} = 30^{\circ}$$

H = gaya tarikan mendatar

$$H = 70.000 \cdot \cos 30^{\circ} = 60622 \text{ kg}$$

V = gaya tarik vertikal

$$V = 70.000 \cdot \sin 30^{\circ} = 35000 \text{ kg}$$

Besar momen akibat gaya horisontal terhadap alas

$$M_w = H \cdot G$$

$$M_w = 60622 \cdot 370 = 22430057 \text{ kgmm}$$

Besar momen akibat gaya vertikal terhadap angkur

$$M_w = V \cdot Z$$

$$M_w = 35000 \cdot 500 = 17500000 \text{ kgmm}$$

$$M_w \text{ total} = 22430057 + 17500000 = 39930058 \text{ kgmm}$$

Luas penampang minimum $F = 0,25 \cdot \pi \cdot (E - Ed)^2$

$$F = 0,25 \cdot \pi \cdot (400 - 334)^2 = 38029 \text{ mm}^2$$

Tahanan momen $W = \pi \cdot (E^4 - Ed^4) / (36 \cdot E)$

$$W = \pi \cdot (400^4 - 334^4) / (36 \cdot 400) = 3288815 \text{ mm}^3$$

Gaya tegak lurus $Q = M_w \text{ total} / (Ed + T) = 108801 \text{ kg}$

Gaya tegak lurus $V = 35000 \text{ kg}$

jumlah total $Q + V = 143801 \text{ kg}$. -----> dipikul 6 angkur.

Tegangan tarik arah tegak yang terjadi =

$$Tr = (Q + V) / (0,5 * F) + M_{w, total} / W$$

$$Tr = 7,56 + 12,14 = 19,70 \text{ kg/mm}^2$$

dengan faktor keamanan sebesar 1,75, maka tegangan tariknya menjadi

$$Tr_u = 19,70 * 1,75 = 34,48 \text{ kg/mm}^2 < 35 \text{ kg/mm}^2 \text{ -----} > \text{OK!}$$

Jadi dengan mutu "gray cast iron" JIS G-5501 FC-35 dan dimensi bolder tersebut diatas, cukup kuat menahan beban yang bekerja.

5. check angkur

dipakai tegangan tarik angkur yang diijinkan (ST.60) = 60 kg/mm^2

luas penampang angkur diameter 56 mm (Fa) = 2462 mm^2

tegangan tarik pada angkur yang ada :

$$Tr_a = (Q + V) / Fa$$

$$Tr_a = 143801 / 2462 = 58,41 \text{ kg/mm}^2 < 60 \text{ kg/mm}^2 \text{ ----} > \text{OK!}$$

tegangan iris pada angkur

$$Ti_a = H / (d * Hb)$$

$$Ti_a = 60622 / (56 * 90) = 12,03 \text{ kg/mm}^2$$

dengan faktor keamanan = 2, maka tegangan iris = $24,06 \text{ kg/mm}^2$

Tegangan iris yang diijinkan = $1,6 * \text{teg tarik ijin} = 1,6 * 60 = 96 \text{ kg/mm}^2$.

Jadi dengan menggunakan ukuran angkur diameter 56 mm cukup kuat untuk menahan gaya tarik yang terjadi.

4.5 Perhitungan Dinding Penahan Tanah

4.5.1 Data Tanah Dan Beban

Tanah di sisi belakang dermaga terdiri dari dua lapis, dengan data-data sebagai berikut:

Lapis I

$$\text{Berat volume tanah } (\gamma) = 1,6 \text{ T/m}^3$$

$$\text{Sudut gesek dalam } (\phi) = 0^\circ$$

$$\text{Kohesi tanah } (c) = 0,15 \text{ kg/cm}^2 = 1,5 \text{ t/m}^2$$

$$\text{Tebal lapis tanah} = 5 \text{ meter}$$

$$\text{Koefisien tekanan tanah aktif } (k_a) = \tan^2 45 = 1$$

Lapis II

$$\text{Berat volume tanah } (\gamma) = 1,75 \text{ T/m}^3$$

$$\text{Sudut gesek dalam } (\phi) = 0^\circ$$

$$\text{Kohesi } (c) = 0,5 \text{ kg/cm}^2 = 5 \text{ T/m}^2$$

$$\text{Kemiringan tanah didepan dinding} = 1 : 2,5 \longrightarrow \beta = 68,2^\circ$$

$$\text{Koefisien tekanan tanah aktif } (k_a) = \tan^2 (45 + 0) = 1$$

Koefisien tekanan tanah pasif

$$k_p = \left[\frac{\cos \phi}{1 - \sqrt{(\sin \phi (\sin \phi - \cos \phi \tan \beta))}} \right]^2 = 1$$

Data teknis struktur

digunakan struktur turap beton "precast" yang dipancang rapat, dengan spesifikasi sebagai berikut:

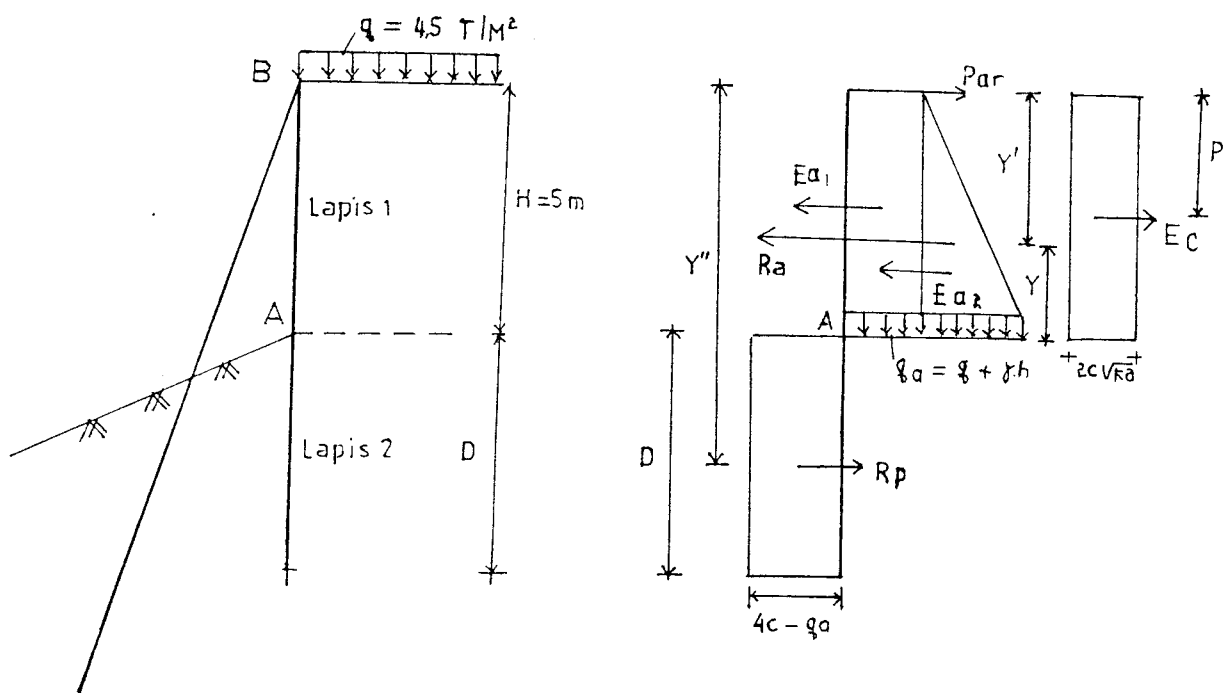
$$\text{Mutu beton K 400} \longrightarrow f_c' = 40 \text{ MPa}$$

$$\text{Mutu baja BJTD 39} \longrightarrow f_y = 390 \text{ MPa}$$

Data beban

- beban mati = $1,5 \text{ t/m}^2$
- beban hidup = 3 t/m^2
- beban rencana = $1,5 + 3 = 4,5 \text{ t/m}^2$

4.5.2 Perhitungan Panjang Turap



Gambar 4.8 turap dan tekanan tanah lateral

Perhitungan tekanan tanah dipandang 1 meter tegak lurus bidang gambar.

$$Ea_1 = q \cdot ka \cdot h = 4,5 \cdot 1 \cdot 5 = 22,5 \text{ t/m}$$

$$Ea_2 = 0,5 \cdot \gamma_1 \cdot h_1^2 \cdot ka = 0,5 \cdot 1,6 \cdot 5^2 \cdot 1 = 20 \text{ t/m}$$

$$Ec = 2c \sqrt{ka} \cdot h = 2 \cdot 1,5 \cdot \sqrt{1} \cdot 5 = 15 \text{ t/m}$$

$$\begin{aligned}
 q_a &= \text{tegangan efektif di sebelah kanan titik A} \\
 &= q + \tau \cdot h \\
 &= 4,5 + 1,6 \cdot 5 \\
 &= 12,5 \text{ t/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_a &= \text{resultan gaya tekanan tanah aktif diatas titik A} \\
 &= E a_1 + E a_2 - E c \\
 &= 22,5 + 20 - 15 \\
 &= 27,5 \text{ t/m}
 \end{aligned}$$

Letak titik R_a terhadap titik A

$$\begin{aligned}
 27,5 y &= 22,5 \cdot 0,5 \cdot 5 + 20 \cdot 1/3 \cdot 5 - 15 \cdot 0,5 \cdot 5 \\
 y &= (56,25 + 33,33 - 37,5) / 27,5 \\
 y &= 1,894 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Jarak titik R_a terhadap tiang penyokong (Par)

$$\begin{aligned}
 y' &= H - y \\
 y' &= 5 - 1,894 \\
 y' &= 3,1062 \text{ meter}
 \end{aligned}$$

Karena $K_a = K_p = 1$, maka tekanan tanah pada lapis 2 (di bawah titik A) saling meniadakan, dan gaya yang bekerja adalah gaya kohesi saja. Faktor keamanan (SF) untuk kohesi diambil sebesar 1,5.

Bowles, JE, (1988), memberikan rumusan untuk menghitung tekanan tanah aktif dan pasif dibawah titik A, sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \sigma_a &= q_a \cdot \tan^2(45-\phi/2) - 2c \tan(45-\phi/2) \\
 &= q_a \cdot k_a - 2c \sqrt{k_a} \\
 \sigma_p &= q_p \cdot \tan^2(45+\phi/2) + 2c \tan(45+\phi/2) \\
 &= q_p \cdot k_p + 2c \sqrt{k_p}
 \end{aligned}$$

Dari gambar 4. 8 , pada titik A, tegangan efektif disebelah kiri turap adalah nol ($q_p = 0$), dan tekanan netto pada titik tersebut adalah:

$$\begin{aligned}\sigma_p - \sigma_a &= 2c_2/SF \cdot \sqrt{k_p} - (q_a \cdot k_{a2} - 2c_2 \cdot \sqrt{k_a}) \\ &= 2c_2/SF \cdot (\sqrt{k_p} + \sqrt{k_a}) - q_a \cdot k_a \\ &= 4c_2/SF - q_a \longrightarrow \text{bekerja ke arah kanan}\end{aligned}$$

Jumlah momen terhadap titik atas (B) adalah = 0

$$\Sigma M_B = 0$$

$$R_a \cdot y' - D \cdot (4c_2/SF - q_a) \cdot (H + 0,5D) = 0 \dots\dots\dots(1)$$

Persamaan (1) dapat disusun kembali dalam pangkat D yang semakin menurun untuk menghasilkan persamaan (2) sebagai berikut:

$$D^2 + 2 \cdot D \cdot H - \frac{2 \cdot y' \cdot R_a}{4c_2/SF - q_a} = 0 \dots\dots\dots(2)$$

Menghitung koefisien-koefisien pada persamaan (2)

$$2 H = 2 \cdot 5 = 10 \text{ m}$$

$$4c_2/SF - q_a = 4 \cdot 5 / 1,5 - 12,5 = 0,833 \text{ t/m}^2$$

$$2 y' \cdot R_a = 2 \cdot 3,1062 \cdot 27,5 = 170,841 \text{ tm}$$

$$12 c_2 \cdot y + R_a = 12 \cdot 5 \cdot 2,06 + 38 = 161,6 \text{ t/m}$$

Harga koefisien tersebut dimasukkan ke persamaan (2), didapat:

$$D^2 + 10 \cdot D - (170,841 / 0,833) = 0$$

$$D^2 + 10 \cdot D - 205,0912 = 0$$

dengan rumus ABC, didapat harga D

$$D = \frac{-10 \pm \sqrt{(-10)^2 + 4 \cdot 1 \cdot 205,0912}}{2 \cdot 1}$$

$$D_1 = 10,1688 \text{ m} \longrightarrow \text{OK !}$$

Panjang turap yang masuk ke dalam tanah = 10,169 m

Panjang total turap = 5 + 10,169 = 15,169 m

dipakai turap dengan panjang 16 meter.

Menghitung gaya horisontal diujung atas turap

$$\begin{aligned} R_p &= D (4c_2/SF - q_a) \\ &= 10,169 \cdot 0,833 = 8,4740 \text{ T/m} \end{aligned}$$

Jumlah gaya-gaya horisontal adalah nol (0)

$$\Sigma F_H = P_{ar} + R_p - R_a = 0$$

$$P_{ar} = R_a - R_p$$

$$= 27,5 - 8,4740$$

$$= 19,026 \text{ Ton}$$

Check jumlah momen pada tiang penyokong (ΣM_{Par}) = 0

$$R_p \cdot y'' - R_a \cdot y' = 0$$

$$y'' = H + D/2 = 5 + 10,168/2 = 10,0844 \text{ m}$$

$$(\Sigma M_{Par}) = 8,47 \cdot 10,0844 - 27,5 \cdot 3,1062 = 0,0056 \approx 0$$

—————> OK !

4.5.3 Menghitung Tebal Turap

Mencari momen maksimum yang terjadi.

Misal M_{max} terjadi di x meter di bawah A

$$\begin{aligned} M_x &= E a_1(0,5H+x) + E a_2(1/3H+x) - E c(0,5H+x) - (4c_2 - q_a) \cdot 0,5x^2 - P_{ar}(5+x) \\ &= 22,5(2,5+x) + 20(5/3+x) - 15(2,5+x) - 0,5 \cdot 0,833 x^2 - 19,026(5+x) \\ &= -43,05 + 8,474 x - 0,4165 x^2 \end{aligned}$$

Syarat maksimum adalah $\delta M_x / \delta x = 0$

$$0 = 8,474 - 0,833 x$$

$$x = 10,168 \text{ meter}$$

Harga x sama dengan panjang turap, sedang momen di ujung

bawah turap adalah nol, maka dicari alternatif lain untuk mendapatkan momen maksimal.

Misal M_{max} terjadi di p meter di bawah B

$$\begin{aligned} M_p &= Par.p + 2c_1 \cdot \sqrt{ka} \cdot \frac{1}{2} p^2 - q \cdot ka \cdot \frac{1}{2} p^2 - \frac{1}{2} \cdot r \cdot ka \cdot p^2 \cdot p/3 \\ &= 19,026.p + 2.1,5.1 \cdot \frac{1}{2} p^2 - 4,5.1 \cdot \frac{1}{2} p^2 - \frac{1}{2} \cdot 1,6.1 \cdot p^3 \cdot 1/3 \\ &= 19,026.p + 1,5.p^2 - 2,25 p^2 - 0,2667.p^3 \\ &= 19,026 p - 0,75 p^2 - 0,2667 p^3 \end{aligned}$$

Syarat maksimum adalah $\delta M_p / \delta p = 0$

$$0 = 19,026 - 1,5 p - 0,8001 p^2$$

$$p_{1,2} = \frac{1,5 \pm \sqrt{(1,5^2 + 4 \cdot 0,8001 \cdot 19,026)}}{2 \cdot (-0,8001)}$$

$$p_2 = 4,0283 \text{ m} \quad \longrightarrow \text{OK !}$$

$$\begin{aligned} M_{max} &= 19,026 \cdot 4,0283 - 0,75 \cdot 4,0283^2 - 0,2667 \cdot 4,0283^3 \\ &= 47,0384 \text{ Tm} \end{aligned}$$

Turap direncanakan menggunakan beton bertulang, sehingga harus diberikan angka keamanan, yaitu sebesar 2.

Ditinjau sepanjang 1 meter tegak lurus bidang gambar.

mutu beton $f_c' = 40 \text{ MPa} = 4000 \text{ T/m}^2$

rumus

$$\sigma = M/W$$

$$W = 1/6 bt^2$$

$$t^2 = \frac{6 \cdot M}{\sigma \cdot b} = \frac{6 \cdot 2 \cdot 47,0384}{0,85 \cdot 4000 \cdot 1} = 0,1660 \text{ m}^2$$

$$t = 0,4075 \text{ m}$$

dipakai ketebalan turap $t = 45 \text{ cm}$, panjang 8 m/tiang.

4.5.4 Menghitung "Pile Cap" Turap

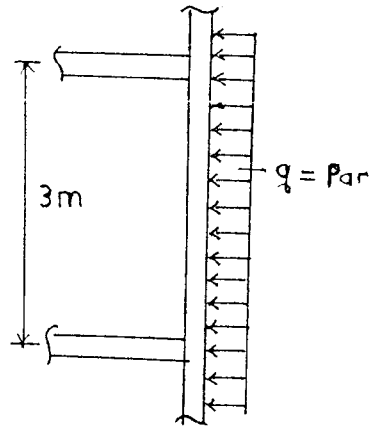
Gaya yang bekerja ditinjau sepanjang 3 meter.

$$q = \text{Par} = 19,026 \text{ T/m}$$

$$\begin{aligned} M &= 1/8 \cdot q \cdot l^2 \\ &= 1/8 \cdot 19,026 \cdot 3^2 \\ &= 21,4043 \text{ Tm} \end{aligned}$$

$$\text{angka keamanan} = 2$$

$$\begin{aligned} \text{Mu} &= 2 \cdot 21,4043 \\ &= 42,8086 \text{ Tm} \end{aligned}$$



Data perencanaan:

Gambar 4.9 beban "pile cap"

$$f_c' = 40 \text{ MPa}$$

$$f_y = 390 \text{ MPa}$$

$$\text{Mu} = 42,8086 \text{ Tm} = 428,086 \text{ KNm}$$

$$\beta_1 = 0,85 - 0,008 \cdot (40 - 30) = 0,77$$

rasio penulangan

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1 \cdot 600}{f_y \cdot (600 + f_y)} = \frac{0,85 \cdot 40 \cdot 0,77 \cdot 600}{390 \cdot (600 + 390)} = 0,0407$$

$$\rho_{\text{max}} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,0305$$

$$\rho_{\text{min}} = 1,4 / f_y = 0,0036$$

$$\text{dipakai } \rho = 0,5 \rho_{\text{max}} = 0,0153$$

menentukan b dan d

$$m = f_y / (0,85 \cdot f_c') = 390 / (0,85 \cdot 40) = 11,4706$$

$$R_n = \rho \cdot f_y \cdot (1 - 0,5 \cdot \rho \cdot m)$$

$$= 0,0153 \cdot 390 \cdot (1 - 0,5 \cdot 0,0153 \cdot 11,4706) = 5,4294 \text{ KN}$$

dicoba lebar (b) = 450 mm

$$d^2 = \frac{Mu}{0,8 \cdot Rn \cdot b} = \frac{428,086 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 5,4294 \cdot 450} = 219014,6401 \text{ mm}$$

$$d = 467,99 \text{ mm}$$

dipakai :

$$b = 450 \text{ mm}$$

$$h = 550 \text{ mm}$$

$$d = 470 \text{ mm}$$

revisi

$$\begin{aligned} Rn_{\text{baru}} &= Mu / (0,8 \cdot b \cdot d^2) \\ &= 428,086 \cdot 10^6 / (0,8 \cdot 450 \cdot 470^2) \\ &= 5,3831 \end{aligned}$$

$$f_{\text{baru}} = f_{\text{lama}} \frac{Rn_{\text{baru}}}{Rn_{\text{lama}}} = 0,0153 \cdot \frac{5,3831}{5,4294} = 0,0151$$

luas tulangan (As)

$$\begin{aligned} As &= f_{\text{baru}} \cdot b \cdot d = 0,0151 \cdot 450 \cdot 470 = 3199,2317 \text{ mm}^2 \\ &\text{dipakai 4 D32} \longrightarrow As = 3217 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

check kapasitas

$$a = \frac{As \cdot fy}{0,85 \cdot fc' \cdot b} = \frac{3217 \cdot 390}{0,85 \cdot 40 \cdot 450} = 82,002 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} Mn &= As \cdot fy \cdot (d - 0,5 a) \\ &= 3217 \cdot 390 (470 - 0,5 \cdot 82,002) \cdot 10^{-3} \\ &= 538,235 \text{ KNm} \end{aligned}$$

$$Mu = \phi Mn = 0,8 \cdot 538,235 = 430,588 \text{ KNm} > Mu = 428,086 \text{ KNm}$$

check geser

$$V_u = 0,5 \cdot q \cdot l = 0,5 \cdot 19,026 \cdot 3 = 28,539 \text{ T} = 285,39 \text{ KN}$$

$$V_n = V_u / \phi = 285,39 / 0,6 = 475,65 \text{ KN}$$

Geser yang ditahan beton

$$V_c = 1/6 \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d = 1/6 \sqrt{40} \cdot 450 \cdot 470 \cdot 10^{-3} = 222,94 \text{ KN}$$

$$\phi V_c = 0,6 \cdot 222,94 = 133,76 \text{ KN}$$

$V_n > \phi V_c$ —————> perlu tulangan geser.

tulangan geser berupa sengkang rangkap dua dengan diameter 14 mm, luas (A_v) = 307,8761 mm²

gaya geser yang diperhitungkan:

$$V = V_u - \phi V_c = 285,39 - 133,76 = 151,63 \text{ KN}$$

jarak antar tulangan geser:

$$S = (A_v \cdot f_y \cdot d) / (V / \phi)$$

$$S = \frac{(307,8761 \cdot 390 \cdot 470)}{(151,63 \cdot 10^{-3} / 0,6)} = 223,3081 \text{ mm}$$

dipakai tulangan geser 2D14 - 220 mm

4.5.5 Perencanaan Tiang Penyangga

Tiang penyangga dalam struktur dermaga ini diletakkan pada bagian depan turap, dan berfungsi sebagai penahan gaya horisontal yang terjadi di bagian atas turap. Jarak antar tiang direncanakan sepanjang 3 meter.

Adapun data-data yang digunakan dalam perencanaan tiang penyangga ini adalah sebagai berikut:

Data beban

$$H = \text{Par} = \text{gaya horisontal} = 19,026 \text{ Ton/m}$$

beban yang diterima oleh tiang bila lebar bentang adalah

3 meter adalah :

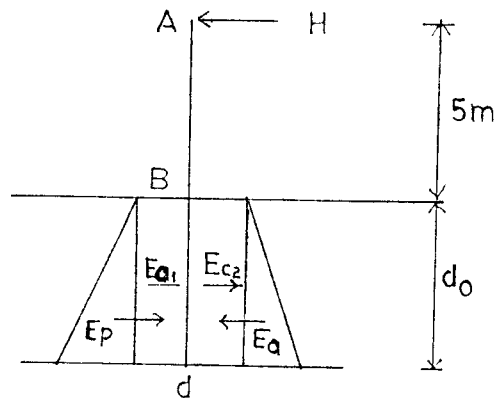
$$H_u = H \cdot 3 = 19,026 \cdot 3 = 57,078 \text{ Ton.}$$

$K_a = K_p =$ koefisien tanah = 1

τ = berat jenis tanah = $1,75 \text{ T/m}^3$

c = kohesi tanah = 5 T/m^2

diambil lebar tiang (b) adalah 50 cm.



Gambar 4.10 Konstruksi tiang dan gaya-gaya yang bekerja

Menghitung tekanan tanah

$$E_a = \frac{1}{2} \cdot d_0^2 \cdot \tau \cdot K_a \cdot b = \frac{1}{2} \cdot d_0^2 \cdot 1,75 \cdot 1 \cdot 0,5 = 0,4375 \cdot d_0^2$$

$$E_p = \frac{1}{2} \cdot d_0^2 \cdot \tau \cdot K_p \cdot b \cdot \left(1 + \frac{2}{3} \cdot \frac{d_0}{b}\right)$$

$$E_p = 0,4375 \cdot d_0^2 \cdot \left(1 + \frac{2}{3} \cdot \frac{d_0}{0,5}\right)$$

$$E_p = 0,4375 \cdot d_0^2 + 0,5833 \cdot d_0^3$$

$$\begin{aligned} E_{c1} = E_{c2} &= 2 \cdot c \cdot \sqrt{K_a} \cdot d_0 = 2 \cdot 5 \cdot \sqrt{1} \cdot d_0 \\ &= 10 \cdot d_0 \end{aligned}$$

$$\Sigma M_{d_0} = 0$$

$$H_u (5+d_0) + E_a \cdot d_0/3 - E_p \cdot d_0/3 - E_{c1} \cdot d_0/2 - E_{c2} \cdot d_0/2 = 0$$

$$H_u (5+d_0) + d_0/3 \cdot (E_a - E_p) - d_0/2 \cdot (E_{c1} + E_{c2}) = 0$$

$$57,078 \cdot (5 + d_0) + d_0/3 \cdot (0,4375 \cdot d_0^2 - 0,4375 \cdot d_0^2 - 0,5833 \cdot d_0^3) - d_0/2 \cdot (10 \cdot d_0 + 10 \cdot d_0) = 0$$

$$285,39 + 57,078 \cdot do - 0,1944 \cdot do^4 - 10 \cdot do^2 = 0$$

$$285,39 + 57,078 \cdot do - 10 \cdot do^2 - 0,1944 \cdot do^4 = 0$$

dengan cara coba-coba harga do,

$$do = 6 \quad \longrightarrow 15,9156 \neq 0$$

$$do = 6,05 \quad \longrightarrow 4,2409 \neq 0$$

$$do = 6,06 \quad \longrightarrow 0,6872 \approx 0$$

jadi dipakai do = 6,06 m

panjang teoritis tiang $d = 1,5 do = 9,09$ m

Untuk menahan gaya horisontal, kemiringan tiang (m) dibuat sebesar 5:1.

Distribusi gaya-gaya yang terjadi:

$$P = Hu \cdot \sqrt{(m^2+1)}$$

$$= 57,078 \cdot \sqrt{(5^2+1)} = 291,0418 \text{ Ton}$$

$$V = Hu \cdot m$$

$$= 57,078 \cdot 5 = 285,39 \text{ Ton}$$

Perhitungan dimensi tiang penyangga miring

P = Gaya yang diperhitungkan = 291,0418 Ton

n = angka keamanan kekuatan beton = 2

Pu = P.n = 291,0418 . 2 = 582,0836 Ton.

fc' = mutu beton = 40 MPa = 4000 Ton/m²

At = luas tiang = (a x a) m²

rumus yang digunakan:

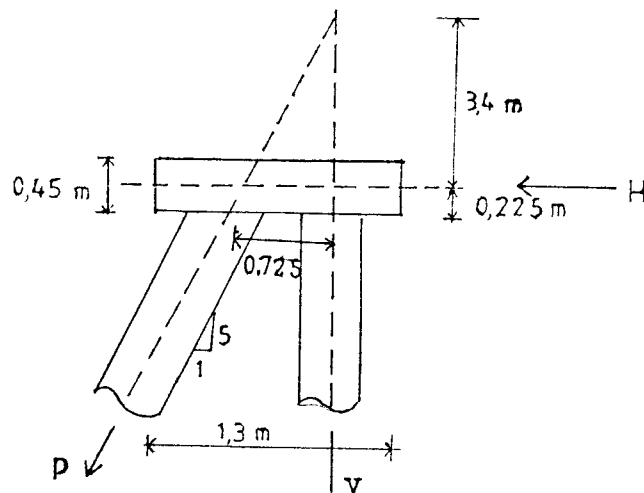
$$At = Pu / (0,85 \cdot fc')$$

$$= 582,0836 / (0,85 \cdot 4000)$$

$$= 0,1712 \text{ m}^2 \quad \longrightarrow a = 0,4138 \text{ m}$$

jadi dipakai ukuran tiang = (50 x 50) cm²

Distribusi gaya-gaya pada tiang



Gambar 4.11 Distribusi gaya pada tiang

Hubungan antara tiang penyangga dan tiang turap adalah kaku, karena dihubungkan dengan "pile cap", sehingga terjadi hubungan sebagai berikut:

a. akibat gaya horisontal $H = 57,078$ Ton

$$V_a = 5 \cdot H = 5 \cdot 57,078 = 285,39 \text{ Ton (tarik)}$$

$$P_a = H \cdot \sqrt{(1+m^2)} = 57,078 \cdot \sqrt{(26)} = 291,0418 \text{ Ton (tekan)}$$

b. momen M akibat gaya H ke titik tangkap tiang

$$M = 3,4 H = 3,4 \cdot 57,078 = 194,0652 \text{ Ton m}$$

$$V_b = M / 0,725 = 194,0652 / 0,725 = 267,6761 \text{ Ton (tekan)}$$

$$H_b = V_b / 5 = 267,6761 / 5 = 53,5352 \text{ Ton}$$

$$P_b = H_b \cdot \sqrt{(1+m^2)} = 53,5352 \cdot \sqrt{(26)} = 272,9772 \text{ Ton (tarik)}$$

c. akibat berat "pile cap" $(0,45 \times 1,3 \times 1,0) \text{ m}^3$

$$G = 0,45 \cdot 1,3 \cdot 1,0 \cdot 2,4 = 1,404 \text{ Ton}$$

$$V_c = 0,5 \cdot G = 0,5 \cdot 1,404 = 0,702 \text{ Ton (Tekan)}$$

$$H_c = V_c / 5 = 0,702 / 5 = 0,140 \text{ Ton}$$

$$P_c = H_c \cdot \sqrt{(1+m^2)} = 0,140 \cdot \sqrt{(26)} = 0,716 \text{ Ton (tekan)}$$

Gaya yang dipikul tiang pancang

$$P = (P_a + P_b + P_c)$$

$$= 291,0418 - 272,9772 + 0,716 = 18,7806 \text{ Ton (tekan)}$$

$$V = (V_a + V_b + V_c)$$

$$= 285,390 - 267,6761 - 0,702 = 17,0119 \text{ Ton (tarik)}$$

Panjang tiang keseluruhan =

$$(9,09 + 5) \cdot (\sqrt{(1+5^2)})/5 = 14,369 \text{ m}$$

dipakai panjang keseluruhan tiang = 15 meter.

berat tiang penyangga = $15 \cdot 0,5 \cdot 0,5 \cdot 2,4 = 9 \text{ ton}$

berat tiang penyangga + beban tekan

$$P_t = 9 + 18,7806 = 27,7806 \text{ ton}$$

Kontrol daya dukung tanah

1. akibat dukungan ujung

$$P_1 = 1/3 \cdot A \cdot \sigma_{ijin \text{ tanah}}$$

$$= 1/3 \cdot 0,5 \cdot 0,5 \cdot 175$$

$$= 14,5833 \text{ Ton}$$

2. akibat gaya lekatan dinding

$$P_2 = 1/5 \cdot 0 \cdot L \cdot c$$

$$= 1/5 \cdot 4 \cdot 0,5 \cdot 7,0 \cdot 5$$

$$= 14,0 \text{ Ton}$$

$$P_{ijin} = P_1 + P_2 = 14,5833 + 14,00 = 28,5833 \text{ Ton}$$

4.5.6 Penulangan Turap Dan Tiang Penyangga

A. Penulangan Turap

Dalam perencanaan penulangan, turap diasumsikan sebagai kolom, dengan data beban dan syarat-syarat batas sebagai berikut:

Data beban:

$$P = 285,39 \text{ Ton}$$

beban P ditahan oleh dua tiang, masing-masing = 142,695 T

$$M = 47,0384 \text{ Tm/m}$$

Ukuran tiang:

$$b \times h = 450 \text{ mm} \times 450 \text{ mm}$$

panjang = 8 meter

$$\text{penutup beton } (d') = 60 \text{ mm}$$

$$\text{mutu baja } f_y = 390 \text{ MPa}$$

$$\text{mutu beton } f_c' = 40 \text{ MPa} \longrightarrow B_1 = 0,77$$

$$A_s = A_s'$$

SF = faktor keamanan = 2

$$P_u = 2 \cdot 142,695 = 285,39 \text{ T} = 2853,9 \text{ KN}$$

$$M_u = 2 \cdot 47,0384 \cdot 0,45 = 42,3346 \text{ Tm} = 423,3460 \text{ KNm}$$

a. Momen dan gaya aksial nominal (rencana)

$$P_u = 2853,9 \text{ KN}$$

$$M_u = 423,3460 \text{ KNm}$$

$$e = M_u/P_u = 423,3460 / 2853,9 \\ = 0,1483 \text{ m} = 148,3 \text{ mm} \approx 150 \text{ mm}$$

$$e_{\min} = 15 + 0,03 \cdot h = 15 + 0,03 \cdot 450 = 28,5 \text{ mm}$$

b. menentukan penulangan

Ukuran tiang = 450 x 450 mm², dengan jumlah penulangan sebesar 3% luas beton.

$$A_g = 450 \cdot 450 = 202500 \text{ mm}^2$$

$$A_{st} = 3\% A_g = 6075 \text{ mm}^2$$

$$A_s = A_s' = \frac{1}{2} A_{st} = 3037,5 \text{ mm}^2 \longrightarrow \text{dipakai 4D32} = 3217 \text{ mm}^2$$

$$\rho = \frac{A_s}{A_g} = \frac{3217}{202500} = 0,0159 \longrightarrow \rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

c. pemeriksaan kuat beban aksial teoritis

$$\begin{aligned} P_o &= 0,85 \cdot f_c' \cdot (A_g - A_{st}) + A_{st} \cdot f_y \\ &= 0,85 \cdot 40 \cdot (202500 - 6075) + 6075 \cdot 390 \\ &= 9047,7 \text{ KN} \end{aligned}$$

$$P_n = 0,8 P_o = 7238,16 \text{ KN} > P_u = 2853,9 \text{ KN}$$

d. pemeriksaan P_u terhadap beban seimbang P_{nb}

$$d = h - d' = 450 - 60 = 390 \text{ mm}$$

$$x_b = 600 \cdot d / (600 + f_y)$$

$$= (600 \cdot 390) / (600 + 390) = 236,3636 \text{ mm}$$

$$a_b = \beta_1 \cdot x_b = 0,77 \cdot 236,3636 = 182,000 \text{ mm}$$

$$f_s' = (x_b - d') / x_b \cdot 600$$

$$= (236,3636 - 60) \cdot 600 / 236,3636$$

$$= 447,6924 \text{ MPa} > f_y = 390 \text{ MPa}$$

dipakai $f_s' = f_y = 390 \text{ MPa}$

check kapasitas

$$C_c = 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot a_b$$

$$= 0,85 \cdot 40 \cdot 450 \cdot 182,000 \cdot 10^{-3} = 2784,600 \text{ KN}$$

$$C_s = A_s' (f_s' - 0,85 f_c')$$

$$= 3217 (390 - 0,85 \cdot 40) \cdot 10^{-3} = 1145,252 \text{ KN}$$

$$T_s = A_s \cdot f_y$$

$$= 3217 \cdot 390 \cdot 10^{-3} = 1254,63 \text{ Kn}$$

$$P_n = C_c + C_s - T_s$$

$$= 2675,222 \text{ Kn}$$

$$\phi P_{nb} = 0,65 \cdot 2675,222 = 1738,8943 \text{ KN} < P_u = 2853,9 \text{ KN}$$

—————> kolom mengalami kehancuran tekan

$$\begin{aligned} M_{nb} &= C_c \cdot (0,5 H - 0,5 a_b) + C_s \cdot (0,5 H - d') + T_s \cdot (0,5 h - d) \\ &= 769,1169 \text{ KNm} \end{aligned}$$

$$\phi M_{nb} = 0,65 \cdot 769,1169 = 499,926 \text{ KNm} < M_u = 423,3460 \text{ KNm}$$

$$e_b = M_{nb} / P_{nb}$$

$$= 287,497 \text{ mm}$$

e. pemeriksaan kekuatan penampang

$$m = f_y / (0,85 \cdot f_c') = 11,4706$$

$$\rho = \rho' = A_s / (b d) = 3217 / (450 \cdot 390) = 0,0183$$

$$e = 150 \text{ mm}$$

$$e' = (e + d - h/2) = 150 + 390 - 225 = 315 \text{ mm}$$

$$1 - (e'/d) = 1 - (315/390) = 0,1923$$

$$\begin{aligned} P_n &= 0,85 f_c' \cdot b \cdot d \cdot [(1 - (e'/d)) + \sqrt{(1 - (e'/d))^2 + 2 \cdot m \cdot \rho \cdot (1 - d'/d)}] \\ &= 0,85 \cdot 40 \cdot 450 \cdot 390 \cdot [0,1923 + \sqrt{(0,1923)^2 + (2 \cdot 11,4706 \cdot 0,0183 \cdot (1 - 60/390))}] \\ &= 4884,5035 \text{ KN} \end{aligned}$$

$$\phi P_n = 0,65 \cdot 4884,5035 = 3174,93 \text{ KN} > P_u = 2853,900 \text{ KN}$$

$$M_u = \phi P_n \cdot e = 3174,93 \cdot 0,150 = 476,239 \text{ KNm}$$

$$> M_u = 423,346 \text{ KNm}$$

OK !

f. merencanakan sengkang

Dengan menggunakan batang tulangan diameter 10 mm, jarak spasi sengkang ditentukan nilai terkecil dari ketentuan-ketentuan sebagai berikut:

1. 16 x diameter tulangan pokok memanjang (D32) = 512 mm
 2. 48 x diameter tulangan sengkang (D10) = 480 mm
 3. dimensi terkecil tiang = 450 mm
- maka digunakan batang tulangan sengkang D10 - 450 mm

B. Penulangan Tiang Penyangga

Dalam perencanaan penulangan, tiang penyangga diasumsikan sebagai kolom, dengan data beban dan syarat-syarat batas sebagai berikut:

Data beban:

$$P = 291,0418 \text{ Ton}$$

$$M = H \cdot 0,5 \cdot 0,45 = 57,078 \cdot 0,5 \cdot 0,45 = 12,8426 \text{ Tm}$$

Ukuran tiang:

$$b \times h = 500 \text{ mm} \times 500 \text{ mm}$$

$$\text{panjang} = 8 \text{ meter}$$

$$\text{penutup beton (d')} = 60 \text{ mm}$$

$$\text{mutu baja } f_y = 390 \text{ MPa}$$

$$\text{mutu beton } f_c' = 40 \text{ MPa} \longrightarrow \beta_1 = 0,77$$

$$A_s = A_s'$$

$$SF = \text{faktor keamanan} = 2$$

$$P_u = 2 \cdot 291,0418 = 582,0836 \text{ T} = 5820,836 \text{ KN}$$

$$M_u = 2 \cdot 12,8426 = 25,6852 \text{ Tm} = 256,8520 \text{ KNm}$$

a. Momen dan gaya aksial nominal (rencana)

$$P_u = 5820,836 \text{ KN}$$

$$M_u = 256,8520 \text{ KNm}$$

$$e = M_u / P_u = 256,8520 / 5820,836$$

$$= 0,0441 \text{ m} = 44,1 \text{ mm} \approx 50 \text{ mm}$$

$$e_{\min} = 15 + 0,03 \cdot h = 15 + 0,03 \cdot 500 = 30,0 \text{ mm}$$

b. menentukan penulangan

Ukuran tiang = $500 \times 500 \text{ mm}^2$, dengan jumlah penulangan sebesar 3% luas beton.

$$A_g = 500 \cdot 500 = 250000 \text{ mm}^2$$

$$A_{st} = 3\% A_g = 7500 \text{ mm}^2$$

$$A_s = A_{s'} = \frac{1}{2} A_{st} = 3750,0 \text{ mm}^2$$

$$\longrightarrow \text{dipakai 5D32} = 4021,25 \text{ mm}^2$$

$$\rho = \frac{A_s}{A_g} = \frac{4021,25}{250000} = 0,0161 \longrightarrow \rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

c. pemeriksaan kuat beban aksial teoritis

$$\begin{aligned} P_o &= 0,85 \cdot f_c' \cdot (A_g - A_{st}) + A_{st} \cdot f_y \\ &= 0,85 \cdot 40 \cdot (250000 - 7500) + 7500 \cdot 390 \\ &= 11170 \text{ KN} \end{aligned}$$

$$P_n = 0,8 P_o = 8936,00 \text{ KN} > P_u = 5820,836 \text{ KN}$$

d. pemeriksaan P_u terhadap beban seimbang P_{nb}

$$d = h - d' = 500 - 60 = 440 \text{ mm}$$

$$x_b = 600 \cdot d / (600 + f_y)$$

$$= (600 \cdot 440) / (600 + 390) = 266,6667 \text{ mm}$$

$$a_b = \beta_1 \cdot x_b = 0,77 \cdot 266,6667 = 205,333 \text{ mm}$$

$$f_s' = (x_b - d') / x_b \cdot 600$$

$$= (266,6667 - 60) \cdot 600 / 266,6667$$

$$= 465,0000 \text{ MPa} > f_y = 390 \text{ MPa}$$

$$\text{dipakai } f_s' = f_y = 390 \text{ MPa}$$

check kapasitas

$$C_c = 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot a_b$$

$$= 0,85 \cdot 40 \cdot 500 \cdot 205,333 \cdot 10^{-3} = 3490,610 \text{ KN}$$

$$C_s = A_s' (f_s' - 0,85 f_c')$$

$$= 4021,25 (390 - 0,85 \cdot 40) \cdot 10^{-3} = 1431,565 \text{ KN}$$

$$T_s = A_s \cdot f_y$$

$$= 4021,25 \cdot 390 \cdot 10^{-3} = 1568,2875 \text{ Kn}$$

$$P_{nb} = C_c + C_s - T_s$$

$$= 3353,9385 \text{ Kn}$$

$$\phi P_{nb} = 0,65 \cdot 3353,9385 = 2180,0600 \text{ KN} < P_u = 5820,736 \text{ KN}$$

—————> kolom mengalami kehancuran tekan

$$M_{nb} = C_c \cdot (0,5 H - 0,5 a_b) + C_s \cdot (0,5 H - d') + T_s \cdot (0,5 h - d)$$

$$= 1084,2633 \text{ KNm}$$

$$\phi M_{nb} = 0,65 \cdot 1084,2633 = 704,771 \text{ KNm} < M_u = 256,8520 \text{ KNm}$$

$$e_b = M_{nb} / P_{nb}$$

$$= 323,283 \text{ mm}$$

e. pemeriksaan kekuatan penampang

$$m = f_y / (0,85 \cdot f_c') = 11,4706$$

$$\rho = \rho' = A_s / (b d) = 4021,25 / (500 \cdot 440) = 0,0183$$

$$e = 50 \text{ mm}$$

$$e' = (e + d - h/2) = 50 + 440 - 250 = 240 \text{ mm}$$

$$1 - (e'/d) = 1 - (240/440) = 0,4545$$

$$P_n = 0,85 f_c' \cdot b \cdot d \cdot \left[(1 - (e'/d)) + \sqrt{(1 - (e'/d))^2 + 2 \cdot m \cdot \rho \cdot (1 - d'/d)} \right]$$

$$= 0,85 \cdot 40 \cdot 500 \cdot 440 \cdot [0,4545 + \sqrt{(0,4545)^2 + (2 \cdot 11,4706 \cdot 0,0183 \cdot (1 - 60/440))}]$$

$$= 9041,1235 \text{ KN}$$

$$\phi P_n = 0,65 \cdot 9041,1235 = 5876,73 \text{ KN} > P_u = 5820,836 \text{ KN}$$

$$M_u = \phi P_n \cdot e = 5876,73 \cdot 0,050 = 293,839 \text{ KNm}$$

$$> M_u = 256,852 \text{ KNm}$$

OK !

f. merencanakan sengkang

Dengan menggunakan batang tulangan diameter 10 mm, jarak spasi sengkang ditentukan nilai terkecil dari ketentuan-ketentuan sebagai berikut:

1. 16 x diameter tulangan pokok memanjang (D32) = 512 mm
2. 48 x diameter tulangan sengkang (D10) = 480 mm
3. dimensi terkecil tiang = 450 mm

maka digunakan batang tulangan sengkang D10 - 450 mm

4.6 Perencanaan Tiang Pancang

Data-data yang diperlukan

1. karakteristik kapal

- a. berat kapal = 30.000 DWT
- b. berat "displacement" = 42141,06 Ton
- c. kecepatan merapat kapal = 0,1 m/det
- d. gaya tarik kapal = 70 Ton
- e. luas sisi kapal yang terkena angin = 1500 m²

2. kondisi iklim dan cuaca

- a. kecepatan angin = 40 knot
- b. kecepatan arus = 0,31 knot

3. gempa

- a. zona gempa = IV
- b. koefisien gempa = 0,05 (tanah lunak)
- c. koefisien "importance" = 1,2
- d. koefisien type struktur = 1,0

4. kondisi lain

- a. tiang pancang = pipa baja
- b. jenis dan standard = STK-41, JIS-5525
- c. diameter = 508 mm dan 609 mm
- d. daya dukung tiang

KONDISI PEMBEBANAN	UMUM (ton)	
	609 mm	508 mm
Tekan-beban permanen	130	100
Tekan-beban sementara	160	125
Tekan-kombinasi dg gempa	165	130
Tarik-beban permanen	80	60
Tarik-beban sementara	90	69
Tarik-kombinasi dg gempa	104	78

Sumber : PT. Gunawan Cipta Arsindo, Jakarta

e. tegangan tarik baja	= 1400 kg/cm ²
f. modulus elastisitas baja	= 2,1 . 10 ⁶ kg/cm ²
g. modulus geser baja	= 8,1 . 10 ⁵ kg/cm ²
h. "poisson's ratio	= 0,30
i. angka muai baja	= 12 . 10 ⁻⁶ /°C
j. berat jenis baja	= 7,78 T/m ³
k. mutu beton	= K-300

6. rencana pembebanan

A. beban mati

beban mati di hitung selebar 6 meter.

a. as A = As C

$$\text{balok } 400/850 = 0,4 \cdot (0,85 - 0,25) \cdot 2,4 \cdot 6 = 3,456 \text{ T}$$

$$\text{asumsi berat tiang} = \underline{10 \text{ T}}$$

$$Gd_1 = Gd_3 = 13,456 \text{ T}$$

b. as B = as D

$$\text{balok } 600/1200 = 0,6 \cdot (1,20 - 0,25) \cdot 2,4 \cdot 6 = 8,21 \text{ T}$$

$$\text{asumsi berat tiang} = \underline{10 \text{ T}}$$

$$Gd_2 = Gd_4 = 18,21 \text{ T}$$

c. as E

$$\text{balok } 350/850 = 0,35 \cdot (0,85 - 0,25) \cdot 2,4 \cdot 6 = 3,024 \text{ T}$$

$$\text{asumsi berat tiang} = \underline{10 \text{ T}}$$

$$Gd_5 = 13,024 \text{ T}$$

d. beban merata

$$\text{plat lantai} = 0,25 \cdot 6 \cdot 18,225 \cdot 2,4 = 65,61 \text{ T}$$

$$\text{balok } 400/850 = 0,4 \cdot 0,6 \cdot 2,4 \cdot 18,225 = \underline{10,498 \text{ T}}$$

$$Gd_6 = 76,108 \text{ T}$$

B. beban hidup

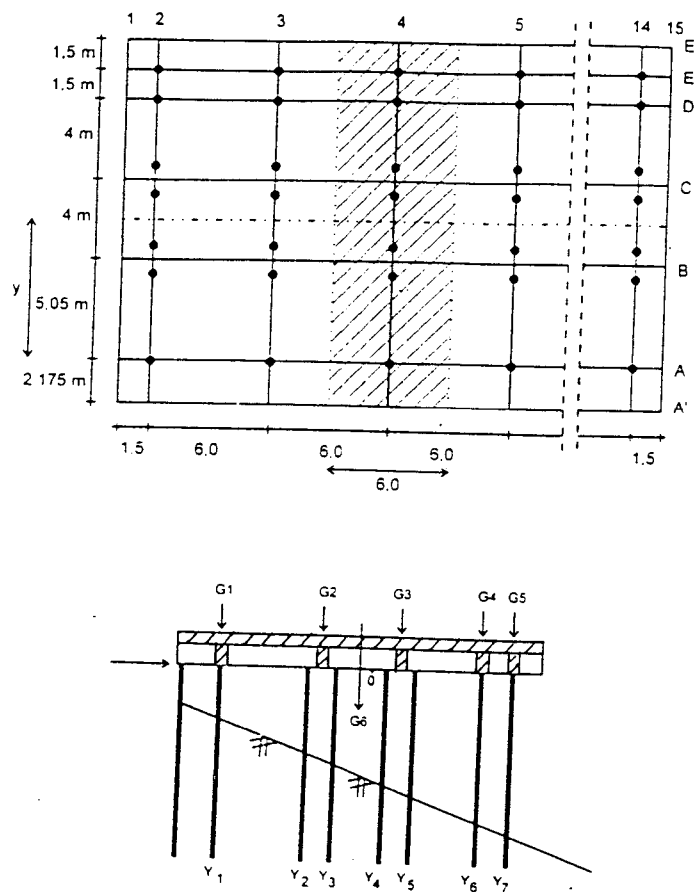
a. as A = As C = as E

roda truk = $G_{l_1} = G_{l_3} = G_{l_5} = 10,0 \text{ T}$

b. as B = as D

roda "gantry crane" = $G_{l_2} = G_{l_4} = 70,0 \text{ T}$ c. beban merata 3 T/m^2 $G_{l_6} = 3 \cdot 6 \cdot 18,225 = 328,05 \text{ T}$

4.6.1 Pengaturan Letak Tiang Pancang



Gambar 4.12 susunan tiang pancang dermaga dan potongan melintang

Menentukan titik berat kelompok tiang dari as A

$$y = \frac{(4,3 + 5,8 + 8,3 + 9,8 + 13,05 + 14,55)}{7} = 7,9714 \text{ m}$$

Beban rencana untuk menghitung kekuatan tiang:

$$G_i = Gd_i + Gl_i$$

$$G_1 = 13,456 + 10,0 = 23,4560 \text{ T}$$

$$G_2 = 18,210 + 70,0 = 88,2100 \text{ T}$$

$$G_3 = 13,456 + 10,0 = 23,4560 \text{ T}$$

$$G_4 = 18,210 + 70,0 = 88,2100 \text{ T}$$

$$G_5 = 13,024 + 10,0 = 23,0240 \text{ T}$$

$$G_6 = 76,108 + 328,05 = 404,1580 \text{ T}$$

Tabel 4.27 Gaya Dan Momen Rencana

No.	G a y a (Ton)	lengan ke O(m)	Momen (tm)
1	G1 = 23,4560	- 7,9714	- 186,9772
2	G2 = 88,2100	- 2,9214	- 257,6967
3	G3 = 23,4560	1,0786	25,2996
4	G4 = 88,2100	5,0786	447,9657
5	G5 = 23,0240	6,5786	151,4657
6	G6 = 404,1580	- 1,0339	- 417,8590
	$\Sigma V = 650,5140$		$\Sigma M = -237,6106$

Jumlah tiang yang mendukung dermaga adalah 7 buah untuk setiap 6 meter panjang. Dengan penempatan tiang seperti terlihat pada gambar 4.15, jarak tiang terhadap titik O adalah :

$$y_1 = -7,9714 \text{ m} \quad y_5 = 1,8286 \text{ m}$$

$$y_2 = -3,6714 \text{ m} \quad y_6 = 5,0786 \text{ m}$$

$$y_3 = -2,1714 \text{ m} \quad y_7 = 6,5786 \text{ m}$$

$$y_4 = +0,3286 \text{ m}$$

Jumlah kuadrat jarak-jarak (Σy^2):

$$\begin{aligned}\Sigma y^2 &= 7,9714^2 + 3,6714^2 + 2,1714^2 + 0,3286^2 + 1,8286^2 + 5,0786^2 + 6,5786^2 \\ &= 154,2593 \text{ m}^2\end{aligned}$$

Tinjauan gaya horisontal akibat tekanan tanah

$$H = \text{Par} = 19,026 \text{ Ton/m}$$

untuk pias sepanjang 6 meter

$$H = 19,026 \cdot 6 = 114,156 \text{ Ton}$$

Gaya-gaya dan momen yang terjadi:

$$\Sigma V = 650,5140 \text{ Ton}$$

$$\Sigma H = 114,156 \text{ Ton}$$

$$\Sigma M = -237,6106 \text{ Ton m}$$

Gaya vertikal yang bekerja pada tiap tiang dapat dihitung dengan rumus:

$$P_i = \frac{V_i}{n} \pm \frac{\Sigma M \cdot y}{\Sigma y^2}$$

$$P_1 = \frac{650,5140}{7} - \frac{237,6106 \cdot (-7,914)}{154,2593} = 105,1208 \text{ Ton}$$

$$P_2 = \frac{650,5140}{7} - \frac{237,6106 \cdot (-3,671)}{154,2593} = 98,5851 \text{ Ton}$$

$$P_3 = \frac{650,5140}{7} - \frac{237,6106 \cdot (-2,171)}{154,2593} = 96,2746 \text{ Ton}$$

$$P_4 = \frac{650,5140}{7} - \frac{237,6106 \cdot (+0,329)}{154,2593} = 92,4238 \text{ Ton}$$

$$P_5 = \frac{650,5140}{7} - \frac{237,6106 \cdot (+1,829)}{154,2593} = 90,1133 \text{ Ton}$$

$$P_6 = \frac{650,5140}{7} - \frac{237,6106 \cdot (+5,079)}{154,2593} = 85,1072 \text{ Ton}$$

$$P_7 = \frac{650,5140}{7} - \frac{237,6106 \cdot (+6,579)}{154,2593} = 82,7967 \text{ Ton}$$

Gaya horisontal yang bekerja pada tiap tiang:

$$T = H/n$$

$$= 114,156/7 = 16,3080 \text{ Ton} < P_{\text{ijin}} = 60 \text{ T}$$

Karena gaya yang terjadi lebih kecil dari gaya ijin tiang, maka tidak diperlukan tiang miring.

4.6.2 Tinjauan Terhadap Tarikan Kapal

P = gaya tarikan kapal pada bolder = 70 Ton

Jarak bolder = 4 x 6 m = 24 meter

jarak balok lintang = 6 meter

gaya horisontal total

$$\Sigma H = 114,156 + 70,0 = 184,156 \text{ ton}$$

$$t = \frac{\Sigma H}{n} = \frac{184,156}{7} = 26,3087 \text{ T} < P_{\text{ijin}} = 69 \text{ T}$$

Jadi tiang tidak perlu dimiringkan.

4.6.3 Tinjauan Terhadap Tumbukan Kapal

Diketahui:

E = energi benturan kapal = 21,48 Ton m

50% E diserap oleh sistem fender dan 50% ditahan oleh sistem dermaga.

50% E = 21,48 . 50% = 10,74 Ton m

Fender yang dipakai = A600 x 2000L

gaya yang dapat diserap oleh fender = 50,5 Ton

panjang fender = 2000 mm = 2 meter

gaya serap fender tiap meter panjang = 25,25 Ton/m'

Gaya yang dapat diserap oleh dermaga sepanjang 6 meter:

$$P_n = 6 \cdot 25,25 = 151,6 \text{ Ton.}$$

gaya horisontal total

$$\Sigma H = 114,156 - 151,6 = -37,444 \text{ ton}$$

$$t = \frac{\Sigma H}{n} = \frac{-37,444}{7} = -5,3491 \text{ T} < P_{ijin} = 69 \text{ T}$$

Jadi tiang tidak perlu dimiringkan.

4.6.4 Tinjauan Terhadap Tekanan Angin

V = kecepatan angin = 40 Knot

(1 Knot = 1,852 Km/jam)

$$V = 40 \cdot 1,852 = 74,08 \text{ Km/jam} = 20,58 \text{ m/det}$$

A_w = luasan kapal yang terkena angin $\approx 1500 \text{ m}^2$

Tekanan angin (Q_a) = $0,063 V^2$

$$Q_a = 0,063 \cdot 20,58^2 = 1,2965 \text{ Kg/m}^2$$

Besar gaya angin di tinjau pada 3 keadaan, yaitu:

1. Gaya longitudinal jika angin datang dari arah haluan

$$R_w = 0,42 \cdot Q_a \cdot A_w$$

$$R_w = 0,42 \cdot 1,2965 \cdot 1500$$

$$R_w = 816,8202 \text{ Kg}$$

2. Gaya longitudinal jika angin datang dari arah buritan

$$R_w = 0,5 \cdot Q_a \cdot A_w$$

$$R_w = 0,5 \cdot 1,2965 \cdot 1500$$

$$R_w = 972,4050 \text{ Kg}$$

3. Gaya lateral jika angin datang dari arah lebar

$$R_w = 1,1 \cdot Q_a \cdot A_w$$

$$R_w = 1,1 \cdot 1,2965 \cdot 1500$$

$$R_w = 2139,2910 \text{ Kg}$$

Untuk perencanaan dipakai gaya yang terbesar, yaitu

$$R_w = 2139,2910 \text{ Kg} = 2,13929 \text{ Ton}$$

gaya horisontal total

$$\Sigma H = 114,156 + 2,13929 = 116,2953 \text{ ton}$$

$$t = \frac{\Sigma H}{n} = \frac{116,2953}{7} = 16,6136 \text{ T} < P_{ijin} = 69 \text{ T}$$

Jadi tiang tidak perlu dimiringkan.

4.6.5 Tinjauan Terhadap Gaya Arus

Diketahui:

$$V = \text{kecepatan arus} = 0,31 \text{ Knot} = 0,1595 \text{ m/det}$$

S = luas tampang kapal yang terendam air dalam arah lebar

$$= \text{draft} \times \text{lebar} = 10,6 \cdot 27,3 = 289,39 \text{ m}^2$$

$$\rho = \text{rapat massa air laut} = 104,5 \text{ kgf.d/m}^3$$

B' = luas sisi kapal dalam arah panjang

$$= \text{draft} \times \text{panjang} = 10,6 \cdot 192 = 2035,2 \text{ m}^2$$

c = koefisien tekanan arus = 1

Besar gaya yang ditimbulkan oleh arus, diberikan oleh persamaan berikut:

1. gaya tekanan arus yang bekerja dalam arah haluan

$$R_f = 0,14 \cdot S \cdot V^2$$

$$R_f = 0,14 \cdot 289,38 \cdot 0,1595^2$$

$$R_f = 1,0307 \text{ Kg}$$

2. gaya tekanan arus yang bekerja dalam arah sisi kapal

$$R_f = 0,5 \cdot \rho \cdot c \cdot V^2 \cdot B'$$

$$R_f = 0,5 \cdot 104,5 \cdot 1 \cdot 0,1595^2 \cdot 2035,2$$

$$R_f = 2705,2958 \text{ Kg}$$

Untuk perencanaan dipakai gaya yang terbesar yaitu:

$$R_f = 2705,2958 \text{ Kg} = 2,7053 \text{ Ton}$$

gaya horisontal total

$$\Sigma H = 114,156 + 2,7053 = 116,8613 \text{ ton}$$

$$t = \frac{\Sigma H}{n} = \frac{116,8613}{7} = 16,6945 \text{ T} < P_{ijin} = 69 \text{ T}$$

Jadi tiang tidak perlu dimiringkan.

4.6.6 Tinjauan Terhadap Gaya Gempa

Gaya gempa dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$V = C \cdot I \cdot k \cdot W_t$$

dimana

V = beban geser dasar

C = koefisien gempa dasar = 0,05

I = faktor keutamaan = 1,20

k = faktor tipe struktur = 1,00

W_t = beban yang bekerja = 650,5140 T

sehingga:

$$V = 0,05 \cdot 1,2 \cdot 1,00 \cdot 650,5140$$

$$= 39,0308 \text{ Ton}$$

gaya horisontal total

$$\Sigma H = 114,156 + 39,0308 = 153,1868 \text{ ton}$$

$$t = \frac{\Sigma H}{n} = \frac{153,1868}{7} = 21,8838 \text{ T} < P_{ijin} = 69 \text{ T}$$

Jadi tiang tidak perlu dimiringkan.

4.6.7 Tinjauan Gaya Gabungan

Gaya-gaya yang ditinjau:

a. gaya tekanan tanah	= 114,156 T
b. gaya tekanan angin dan arus	= 4,8446 T
c. gaya tarikan kapal	= 70 T
d. gaya tumbukan kapal	= -151,5 T
e. gaya gempa	= 39,014 T

Kombinasi gaya yang ditinjau:

1. gaya (a + b + c)

gaya horisontal total

$$\Sigma H = 114,156 + 4,8446 + 70 = 189,0006 \text{ ton}$$

$$t = \frac{\Sigma H}{n} = \frac{189,0006}{7} = 27,0001 \text{ T} < P_{ijin} = 69 \text{ T}$$

Jadi tiang tidak perlu dimiringkan.

2. gaya (a + b + c + e)

gaya horisontal total

$$\Sigma H = 114,156 + 4,8446 + 70 + 39,014 = 228,0146 \text{ ton}$$

$$t = \frac{\Sigma H}{n} = \frac{228,0146}{7} = 32,5735 \text{ T} < P_{ijin} = 69 \text{ T}$$

Jadi tiang tidak perlu dimiringkan.

3. gaya (a + b + c + d + e)

gaya horisontal total

$$\Sigma H = 228,0146 - 151,50 = 76,5146 \text{ ton}$$

$$t = \frac{\Sigma H}{n} = \frac{76,5146}{7} = 10,9307 \text{ T} < P_{ijin} = 69 \text{ T}$$

Jadi untuk seluruh kombinasi beban yang mungkin terjadi, tidak diperlukan tiang miring.

4.6.8 Perhitungan Panjang Tiang Pancang

Tiang pancang diperhitungkan berdasarkan keadaan normal dan beban terbesar yang diterima tiang.

$$V = P_1 = 105,1208 \text{ Ton}$$

$$\tau = 1,75 \text{ Ton / m}^3$$

Digunakan tiang pancang pipa baja diameter 609 mm

tegangan desak ijin pipa baja = 130 Ton

Kekuatan yang mendukung tiang pancang dihitung dari lekatan antara tiang dan tanah, yang ditentukan dengan memakai rumus sebagai berikut:

$$P = 1/5 \cdot O \cdot L \cdot c$$

dimana

P = gaya dukung tiang

O = keliling tiang

L = panjang tiang

c = jumlah rata-rata nilai hambatan pelekat.

Nilai rata-rata hambatan pelekat dihitung dari data sondir hasil penyelidikan tanah untuk proyek Dermaga PT. Sriboga Ratu Raya Semarang, sebagai berikut:

<u>kedalaman (m)</u>	<u>nilai c (kg/cm²)</u>	<u>rata-rata (kg/cm²)</u>
0,0 - 9,0	0 - 68	0,0756
9,0 - 18,0	68 - 338	0,3000
18,0 - 27,0	338 - 772	0,4822

$$\text{Jumlah harga } c = 0,0756 + 0,3 + 0,4822 = 0,8578 \text{ kg/cm}^2$$

Harga-harga tersebut dimasukkan kedalam rumus, sehingga didapat panjang tiang yang masuk ke dalam tanah :

$$L = \frac{105,1208 \cdot 5}{\pi \cdot 0,8578 \cdot 10^1 \cdot 0,609}$$

$$L = 32,0262 \text{ meter}$$

Dengan cara yang sama, panjang tiang pancang pada as-as yang lain dapat dicari. Hasil perhitungan panjang tiang dapat dilihat dalam tabel 4.28

Tabel 4.28 Daftar tiang pancang yang dipakai

AS TIANG	PANJANG TIANG (m)		diameter tiang (mm)	panjang terpakai (m)	dayadukung tiang (ton)
	ATAS	BAWAH			
A	5,8712	32,0262	609	40	130
B1	7,5937	36,0066	508	45	100
B2	8,1946	35,1627	508	45	100
C1	9,4964	33,7563	508	45	100
C2	10,0973	32,9124	508	45	100
D	11,3991	31,0840	508	45	100
E	12	30,2401	508	45	100

4.6.9 Perhitungan "Pile Cap" Tiang Pancang

"Pile cap" tiang pancang diletakkan pada ujung atas tiang, yang berfungsi sebagai penghubung antara tiang dan struktur atas dermaga. "Pile cap" ini direncanakan menggunakan beton bertulang, dengan mutu beton $f_c' = 30$ MPa.

Beban rencana untuk menghitung kekuatan "pile cap":

$$G_i = 1,2 \cdot G_{d_i} + 1,6 \cdot G_{l_i}$$

$$G_1 = 1,2 \cdot 13,456 + 1,6 \cdot 10,0 = 32,1472 \text{ T}$$

$$G_2 = 1,2 \cdot 18,210 + 1,6 \cdot 70,0 = 133,8520 \text{ T}$$

$$G_3 = 1,2 \cdot 13,456 + 1,6 \cdot 10,0 = 32,1472 \text{ T}$$

$$G_4 = 1,2 \cdot 18,210 + 1,6 \cdot 70,0 = 133,8520 \text{ T}$$

$$G_5 = 1,2 \cdot 13,024 + 1,6 \cdot 10,0 = 31,6288 \text{ T}$$

$$G_6 = 1,2 \cdot 76,108 + 1,6 \cdot 328,05 = 616,2091 \text{ T}$$

Tabel 4.29 Momen Rencana "pile cap"

As	G a y a (Ton)	lengan ke 0(m)	Momen (tm)
A	G1 = 32,1472	- 7,9714	- 256,2582
B	G2 = 133,8520	- 2,9214	- 391,0352
C	G3 = 32,1472	1,0786	34,6740
D	G4 = 133,8520	5,0786	679,7808
E	G5 = 31,6288	6,5786	208,0732
-	G6 = 616,2091	- 1,0339	- 637,0986
	$\Sigma V = 979,8363$		$\Sigma M = -361,8640$

Perhitungan penulangan "Pile Cap" As A

diketahui:

$$Mu = -256,2582 \text{ Ton m}$$

$$fc' = 30 \text{ MPa}$$

$$fy = 390 \text{ MPa}$$

$$d' = \text{penutup beton} = 60 \text{ mm}$$

rasio penulangan

$$f_b = \frac{0,85 \cdot fc' \cdot B_1 \cdot 600}{fy \cdot (600 + fy)} = \frac{0,85 \cdot 30 \cdot 0,85 \cdot 600}{390 \cdot (600 + 390)} = 0,0337$$

$$f_{\max} = 0,75 \cdot f_b = 0,0253$$

$$f_{\min} = 1,4 / fy = 0,0036$$

$$\text{dipakai } f = 0,5 \cdot f_{\max} = 0,0126$$

menentukan b dan d

$$m = fy / (0,85 \cdot fc') = 390 / (0,85 \cdot 30) = 15,2941$$

$$Rn = f \cdot fy \cdot (1 - 0,5 \cdot f \cdot m)$$

$$= 0,0126 \cdot 390 \cdot (1 - 0,5 \cdot 0,0126 \cdot 15,2941) = 4,4503 \text{ KN}$$

dicoba lebar (b) = 1000 mm

$$Mu \quad 256,2582 \cdot 10^7$$

$$d^2 = \frac{Mu}{0,8 \cdot Rn \cdot b} = \frac{256,2582 \cdot 10^7}{0,8 \cdot 4,4503 \cdot 1000} = 719775,2319 \text{ mm}$$

$$d = 848,3957 \text{ mm}$$

dipakai :

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$h = 950 \text{ mm}$$

$$d = 850 \text{ mm}$$

revisi

$$\begin{aligned} Rn_{\text{baru}} &= Mu / (0,8 \cdot b \cdot d^2) \\ &= 256,2582 \cdot 10^7 / (0,8 \cdot 1000 \cdot 850^2) \\ &= 4,4335 \end{aligned}$$

$$f_{\text{baru}} = f_{\text{lama}} \frac{Rn_{\text{baru}}}{Rn_{\text{lama}}} = 0,0126 \cdot \frac{4,4335}{4,4503} = 0,0126$$

luas tulangan (As)

$$\begin{aligned} As &= f_{\text{baru}} \cdot b \cdot d = 0,0126 \cdot 1000 \cdot 850 = 10695,9606 \text{ mm}^2 \\ &\text{dipakai 14D32} \longrightarrow As = 11259,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

check kapasitas

$$a = \frac{As \cdot fy}{0,85 \cdot fc' \cdot b} = \frac{11259,5 \cdot 390}{0,85 \cdot 30 \cdot 1000} = 172,204 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} Mn &= As \cdot fy \cdot (d - 0,5 a) \\ &= 11259,5 \cdot 390 (850 - 0,5 \cdot 172,204) \cdot 10^{-3} \\ &= 3354,4325 \text{ KNm} \end{aligned}$$

$$Mu = \phi Mn = 0,8 \cdot 3354,4325 = 2683,546 \text{ KNm} = 268,3546 \text{ Tm}$$

$$> Mu = 256,2582 \text{ KNm}$$

Tulangan bagi

Luas tulangan bagi diperhitungkan sebesar 20% luas tulangan perlu, yaitu sebesar:

$$A_v = 20\% A_s = 20\% \cdot 10695,9606 = 2139,1921 \text{ mm}^2$$

dipakai tulangan bagi diameter 25 mm, $A = 490,8739 \text{ mm}^2$

jarak antar tulangan (s)

$$s = (A \cdot b / A_v) = 229,467 \text{ mm}$$

dipakai tulangan bagi D25 - 200 mm.

Perhitungan "pile cap" as B, C, dan D selanjutnya bisa dilihat pada tabel 4.30.

Tabel 4.30 Perhitungan "pile cap"

Urutan perhitungan	As B	As C	As D
Tinjauan momen (Mu) KNm	3910,3520	346,7400	6797,8080
Rasio penulangan $M_n = M_u / 0,8$	4887,9400	433,4250	8497,2600
$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1}{f_y} \cdot \frac{600}{600 + f_y}$	0,0337	0,0337	0,0337
$\rho_{\max} = 0,75 \rho_b$	0,0253	0,0253	0,0253
$\rho_{\min} = 1,4 / f_y$	0,0036	0,0036	0,0036
$\rho = 0,5 \cdot \rho_{\max}$	0,0126	0,0126	0,0126
$m = f_y / (0,85 \cdot f_c')$	15,2941	15,2941	15,2941
$R_n = \rho \cdot f_y \cdot (1 - 0,5 \cdot \rho \cdot m)$	4,4503	4,4503	4,4503
dipakai b = (mm)	1000,000	1000,000	1000,000
d perlu	1048,015	312,0768	1381,7963
dipakai d (mm)	850	350	1100
dipakai h (mm)	950	450	1200
<u>revisi</u>			
$R_{n_{\text{baru}}} = M_n / (b \cdot d^2)$	6,7653	3,5382	7,0225
$\rho_{\text{baru}} = \rho \cdot R_{n_{\text{baru}}} / R_{n_{\text{lama}}}$	0,0192	0,0100	0,0199
$A_{s_{\text{perlu}}} = \rho_{\text{baru}} \cdot b \cdot d \text{ (mm}^2\text{)}$	16321,4176	3514,7695	21924,8766
Luas tulangan D32 = $0,25 \cdot \pi \cdot D^2$	804,25	804,25	804,25
Tulangan yang dipakai	22 D32	6D32	30 D32
Luas tulangan bagi = 20% A_s	3264,2835	702,9539	4384,9753
dipakai tulangan bagi	D25 - 150	D25 - 200	D25 - 100
Kontrol Kapasitas			
$a = A_s \cdot f_y / (0,85 \cdot f_c' \cdot b) \text{ (mm)}$	270,6055	73,8018	369,0088
$M_n = A_s \cdot f_y \cdot (d - 0,5a) \cdot 10^{-6} \text{ KNm}$	4931,7400	589,2353	8614,5617
$M_n \text{ total} > M_n$	OK !	OK !	OK !

4.6.10 Tinjauan Terhadap Bahaya Tekuk Tiang

Bahaya tekuk tiang akibat beban yang bekerja diperhitungkan pada tiang yang terpanjang, yaitu tiang as E. Adapun data-data yang diperlukan adalah sebagai berikut :

Data beban : $P = 82,7967$ Ton, $L = 16$ m

Data tiang : $D = 508$ mm

$$t = 9 \text{ mm}$$

$$\sigma_1 = 1400 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{Luas pipa (A)} = 0,25 \cdot \pi \cdot D^2 = 7118,064 \text{ mm}^2$$

$$I_x = I_y = 1/64 \cdot \pi \cdot D^4 = 2,2558 \cdot 10^8 \text{ mm}^4$$

$$i_x = i_y = \sqrt{(I/A)} = 178,021 \text{ mm}$$

$$k = \text{jepit - jepit} = 0,5$$

kelangsingan tiang

$$f_x = f_y = L_{kx} / i_x = 44,9385$$

$$\text{kelangsingan batas (} f_g \text{)} = \pi \sqrt{(E / (0,7 \cdot \sigma_1))} = 145,427$$

$$f_s = f / f_g = 44,9385 / 145,427 = 0,309$$

—> termasuk kolom sedang ($0,183 \leq f_s \leq 1$)

$$\text{maka } w = \frac{1,41}{1,591 - f_s} = 1,0998$$

Beban tiang yang diijinkan :

$$P \leq \frac{A \cdot \sigma_1}{w} = \frac{71,18 \cdot 1400}{1,0998} = 90609,20167 \text{ Kg}$$

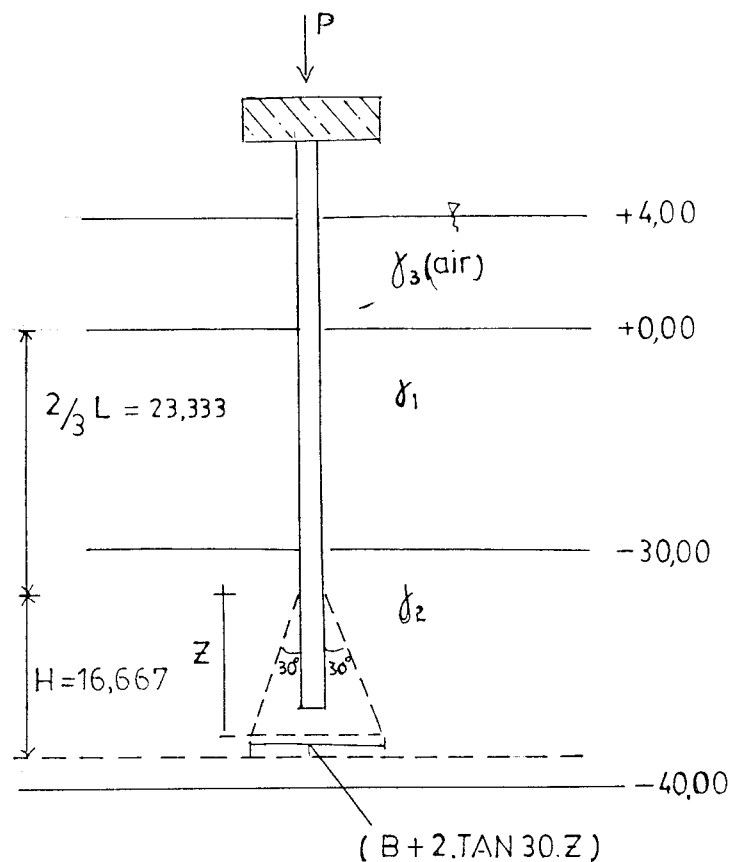
Beban ijin tiang melebihi beban yang terjadi ($P \leq P_{ijin}$)

maka tidak perlu penyokong samping.

4.6.11 Perhitungan Penurunan Tiang

Perhitungan penurunan tiang didasarkan pada beban

terbesar yang terjadi, yaitu pada as A = 105,1208 Ton
 panjang tiang yang masuk ke dalam tanah = 35 m



Gambar 4.13 Perhitungan penurunan tiang

$$\frac{2}{3} L = \frac{2}{3} \cdot 35 = 23,333 \text{ m}$$

$$H = 16,667 \text{ m}$$

$$z = 35 - 23,333 = 11,667 \text{ m}$$

$$A' = (B + 2 \cdot \tan 30 \cdot z)^2 = 196,338 \text{ m}^2$$

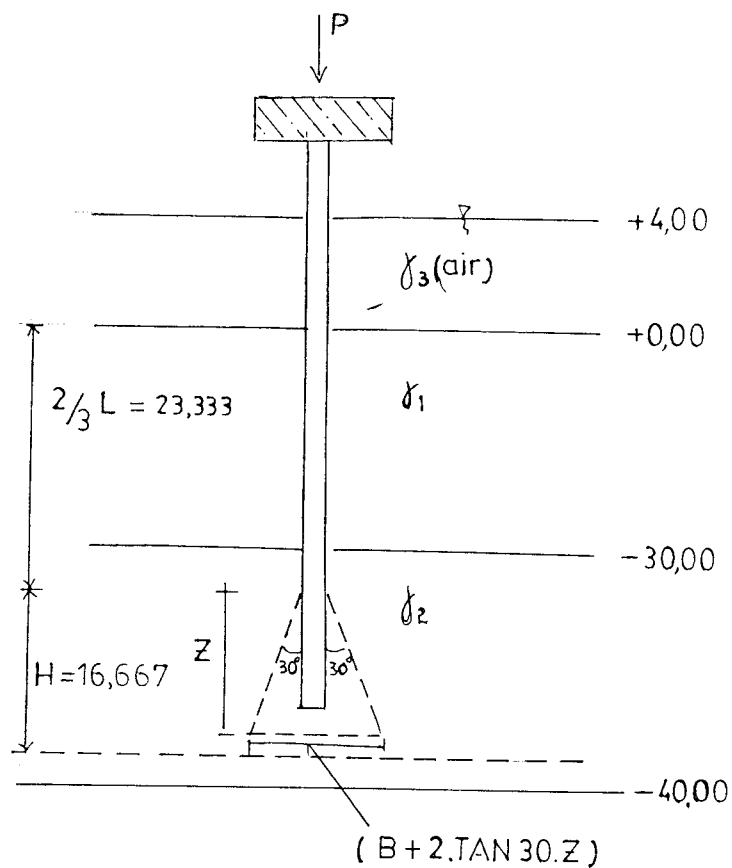
$$P_o = h_1 \cdot \tau_1 + h_2 \cdot \tau_2 + h_3 \cdot \tau_3 = 78,346 \text{ T / m}^2$$

$$\Delta p = P/A' = 0,5354 \text{ T / m}^2$$

$$S = \frac{C_c}{1 + e_o} H \cdot \log \frac{e_o + \frac{P_o}{p_o} + \Delta p}{p_o} = 9,1716 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$S = 9,1716 \text{ mm} \longrightarrow \text{penurunan yang terjadi kecil}$$

terbesar yang terjadi, yaitu pada as $A = 105,1208$ Ton
 panjang tiang yang masuk ke dalam tanah = 35 m



Gambar 4.13 Perhitungan penurunan tiang

$$\frac{2}{3} L = \frac{2}{3} \cdot 35 = 23,333 \text{ m}$$

$$H = 16,667 \text{ m}$$

$$z = 35 - 23,333 = 11,667 \text{ m}$$

$$A' = (B + 2 \cdot \tan 30 \cdot z)^2 = 196,338 \text{ m}^2$$

$$P_0 = h_1 \cdot \tau_1 + h_2 \cdot \tau_2 + h_3 \cdot \tau_3 = 78,346 \text{ T / m}^2$$

$$\Delta p = P/A' = 0,5354 \text{ T / m}^2$$

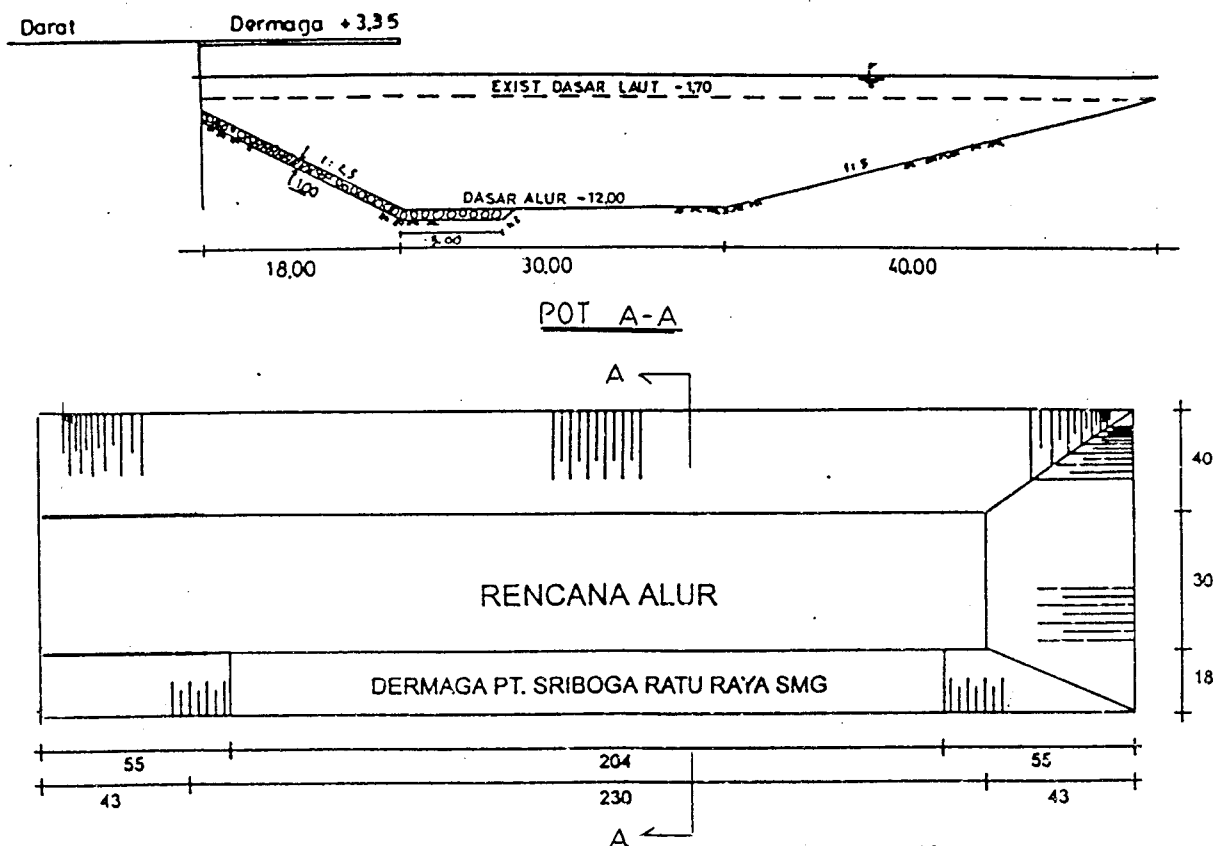
$$S = \frac{C_c}{1 + e_0} H \cdot \log \frac{e_0 + \frac{P_0 + \Delta p}{P_0}}{P_0} = 9,1716 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$S = 9,1716 \text{ mm} \longrightarrow \text{penurunan yang terjadi kecil}$$

4.7 Perhitungan Volume Pengerukan

Perhitungan volume pengerukan kolam pelabuhan didasarkan pada hasil penyelidikan kedalaman tanah dasar laut dengan metode "echo sounding". Dari hasil penyelidikan, didapat data-data seperti tercantum dalam gambar 4.14, berikut:

1. tinggi kedalaman rata-rata muka dasar laut = - 1,7 meter
2. berdasarkan jenis kapal yang dilayani yaitu kapal barang curah dengan bobot mati 30.000 DWT, maka dasar alur yang diperlukan agar kapal dapat merapat ke dermaga dengan lancar adalah sedalam 12 meter.
3. Sedimentasi dianggap tidak mempengaruhi perhitungan volume pengerukan.



Gambar 4.14 Alur Pengerukan Kolam Pelabuhan

Berdasarkan gambar 4.14, maka volume pengerukan adalah :

$$1. \text{ ukuran rencana alur } \quad 273 \times 30 \times 10,3 \quad = 84357 \text{ m}^3$$

2. kemiringan tepian slope pada dermaga (bagian dalam) = 1 : 2,5

$$V = 0,5 \cdot 18 \cdot 7,2 \cdot 316 = 20476,8 \text{ m}^3$$

3. kemiringan tepian bagian luar 1 : 5

$$V = 0,5 \cdot 40 \cdot 10,3 \cdot 316 = 65096,0 \text{ m}^3$$

4. kemiringan tepi kanan 1 : 5

$$V = 0,5 \cdot 30 \cdot 43 \cdot 10,3 = 6643,5 \text{ m}^3$$

$$\text{jumlah total volume} = 176573,3 \text{ m}^3$$

4.8 Pembahasan

Dari hasil perhitungan struktur dermaga milik PT. SRIBOGA RATU RAYA Semarang, yang meliputi struktur atas dan struktur bawah, serta fasilitas struktur lainnya yaitu "retaining wall" dan pengerukan kolam pelabuhan, maka ada beberapa hal yang bisa dijadikan perbandingan dengan struktur dermaga yang ada sekarang.

Untuk menghasilkan optimalisasi, struktur dermaga dihitung menggunakan data-data perencanaan yang sama dengan perencanaan struktur dermaga lama, selanjutnya diberikan suatu gambaran perbandingan antara dermaga lama dan dermaga baru (redesain) pada struktur diatas yang bisa dilihat pada tabel 4.31.

Tabel 4.31 Perbandingan antara struktur dermaga lama dan dermaga baru

No	Uraian	Dermaga Lama	Dermaga Baru
I 1	Ukuran dermaga	18,225x204	18,225x204
2	Jumlah titik tiang pancang seluruhnya		
	D 508 mm	36 titik	216 titik
	D 609 mm	206 titik	36 titik
3	Jumlah titik tiang pancang miring		
	D 508 mm	-	-
	D 609 mm	124 titik	-
4	Jumlah titik tiang pancang tegak		
	D 508 mm	36 titik	216 titik
	D 609 mm	82 titik	36 titik
5	Panjang tiang pancang per satu titik		
	D 508 mm	45 m	45 m
	D 609 mm	45 m	40 m
6	Panjang tiang pancang seluruhnya D 508 mm	1620 m	9720 m
	D 609 mm	9360 m	1440 m
II	Pilecap tiang pancang		
1	As A (b X l x t)	1,2X1,2X1.0 m	1.0x1,0x0,95m
2	As B	1,2x2,3x1,0 m	1,0x2,4x0,95m
3	As C	1,2x2,3x1,0 m	1,0x2,4x0,35m
4	As D	1,2x1,2x1,0 m	D, E digabung
5	As E	1,0x1,0x1,0 m	1,0x2,4x1,20m
6	volume beton total	338,4000 m ³	250,200 m ³
III	Balok		
1	As A	400 x 850 mm	400 x 850 mm
2	As A'	350 x 850 mm	350 x 850 mm
3	As B	600 x 1300 mm	500 x 1000 mm
4	As C	400 x 850 mm	400 x 850 mm
5	As D	600 x 1300 mm	500 x 1000 mm
6	As E	350 x 850 mm	350 x 850 mm
7	As 1,5,9,14,19,24,28,32.	400x850-1300	300x700-1000
	As 1 s/d 32 kecuali diatas	250x1100-1300	300x700-1000
8	volume beton total	764,2445 m ³	570,252 m ³
IV	Pelat Lantai Dermaga		
1	tebal pelat		
	tipe I (6 x 4) m	25 cm	25 cm
	tipe II (6 x 5,05) m	25 cm	25 cm
	tipe III(6 x 1,5) m	25 cm	25 cm
	tipe IV (6 X 2,175) m	25 cm	25 cm
	tipe V (6 x 1,5) m	25 cm	25 cm
2	volume beton total	929,475 m ³	929,475 m ³

No	Uraian	Dermaga Lama	Dermaga Baru
V	Fender		
1	dipakai jumlah fender	36	20
2	spesifikasi	A 600 x 2000L	A 600 x 2000L
3	jarak antar fender	6 meter	12 meter
VI	Bolder		
1	dipakai jumlah bolder	8 buah	8 buah
2	kapasitas	70 ton	70 ton
VII	Dinding Penahan Tanah		
1	tipe dinding penahan tanah	turap	turap
2	spesifikasi	450 x450 mm	450 x450 mm
3	panjang turap	45 m	16 m
4	"pile cap" turap	600 x1000 mm	450 x 550 mm
5	dimensi tiang penyangga turap	450 x 450 mm	500 x 500 mm
6	panjang tiang penyangga	30 m	20 m
VIII	Pengerukan Kolam		
1	volume pengerukan	100.000	176.573

Dari tabel 4.31 diatas terdapat beberapa perbedaan antara dermaga lama dan dermaga baru, antara lain:

1. Struktur tiang pancang diameter 508 mm lebih banyak digunakan dalam perencanaan ulang dermaga, karena daya dukung ijin tiang masih dapat menahan beban yang terjadi. Disamping itu dengan susunan tiang yang sengaja disamakan dengan susunan dermaga lama, maka akan terdapat efisiensi penggunaan diameter tiang pipa baja yang lebih kecil.
2. Dengan susunan tiang pancang yang sedemikian itu, ternyata dalam perencanaan ulang tidak diperlukan adanya tiang miring. Hal ini dapat dikarenakan oleh ketidaksamaan daya dukung tiang untuk menahan gaya horisontal ataupun karena asumsi beban yang berbeda. Dengan tidak diperlukannya tiang miring ini, maka dalam pelaksanaan pemancangan akan lebih mudah dan le-

- bih cepat dari pada menggunakan tiang miring.
3. "Pile cap" tiang pancang umumnya mempunyai ukuran yang lebih kecil bila dibanding dengan perencanaan dermaga yang lama.
 4. Dimensi balok yang didapatkan dari perencanaan ulang ini pada umumnya lebih kecil bila dibanding dengan struktur dermaga yang lama. Dalam perhitungan struktur balok ini, kami menggunakan metode statis tak tentu, yang mana dalam perhitungan momen-momen yang terjadi ditiap dukungan dihitung dengan menggunakan metode cross.
 5. Pelat lantai dermaga yang digunakan adalah sama dengan struktur lama, tetapi penulangan yang dibutuhkan dalam perencanaan ulang lebih besar bila dibandingkan dengan struktur lama. Hal ini dikarenakan dalam perhitungan pelat kami menggunakan sistem beban kontak, dimana momen yang terjadi diasumsikan berasal dari beban merata diseluruh bentang akibat beban roda.
 6. Jumlah fender yang digunakan dalam perencanaan ulang ini lebih sedikit bila dibanding dengan struktur dermaga lama, hal ini disebabkan antara lain oleh jenis fender sendiri, jarak antar balok yang menahan fender, jenis kapal yang akan merapat.
 7. Pada struktur penahan tanah, di pakai jenis turap dengan menggunakan tiang-tiang beton pracetak yang dipancang rapat. Hal ini disebabkan oleh beberapa keunggulan tiang beton itu sendiri, antara lain tahan terhadap korosi, mudah dalam pengerjaan, tahan terhadap sulfat, tahan terhadap air laut. Dalam penentuan panjang turap yang diperlukan, didasarkan atas gaya lekatan tanah pada kulit tiang. Gaya lekatan yang di ambil bisa bervariasi, tergantung pada keberanian dan pengalaman perencana. Biasanya gaya lekatan itu diambil rata-rata dari seluruh data tanah.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil analisa perhitungan perencanaan ulang dermaga milik PT. SRIBOGA RATU RAYA di pelabuhan Tanjung Emas Semarang, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Dari hasil perhitungan dimensi, tiang pancang yang digunakan adalah diameter 508 mm dan 609 mm dipancang tegak.
2. Dimensi tiang pancang diameter 508 mm paling banyak digunakan daripada diameter 609 mm.
3. Fender yang digunakan pada struktur dermaga baru, adalah fender jenis "rubber fender " buatan fentek Australia dengan tipe A600 x 2000L. Jumlah fender yang digunakan pada dermaga baru adalah 20 buah fender.
4. Bolder yang dipakai pada dermaga adalah bolder tipe "Curve" dengan kapasitas 70 ton, jumlah bolder yang digunakan adalah 8 buah dipasang pada as 1, 6, 11, 16, 21, 26, 31, 36.
5. Pada struktur balok dermaga baru dimensi yang digunakan rata-rata lebih kecil bila dibandingkan struktur balok pada dermaga lama sehingga volume beton yang digunakan lebih kecil.
6. Pada struktur pelat lantai dermaga, volume beton yang digunakan adalah sama dengan volume beton pada dermaga lama.
7. Dimensi struktur penahan tanah dan panjang turap yang digunakan lebih kecil, sehingga volume beton yang digunakan juga lebih kecil.
8. Pada pengerukan kolam pelabuhan dermaga baru volume kerukan lebih besar dari pada pengerukan pada dermaga lama.

5.2 Saran

Setelah dilakukan analisis perhitungan pada struktur dermaga, terdapat beberapa saran yang dapat disampaikan:

1. Secara keseluruhan, untuk perencanaan struktur dermaga perlu diadakan suatu perhitungan yang lebih teliti atau studi komparasi yang akan menghasilkan suatu perencanaan dermaga yang efisien dan murah.
2. Perlunya pemahaman beban-beban yang bekerja pada suatu struktur dermaga.
3. Perlu adanya suatu program komputer untuk mempermudah perhitungan.
4. Perlu adanya perhitungan untuk dermaga jenis lainnya yang lebih variasi baik pada variasi beban, tiang pancang, serta jenis kapal yang dilayani.

DAFTAR PUSTAKA

- Bambang Triatmodjo, 1996, "PELABUHAN", Penerbit Beta Offset, Yogyakarta
- Bowles, J.E, 1992, "ANALISIS DAN DESAIN PONDASI", penerbit Erlangga, Jakarta
- Braja M. Das, Noor Endah, Indrasurya B. Mochtar, 1994, "MEKANIKA TANAH", jilid 1 dan 2, Penerbit Erlangga, Jakarta
- Conrad F. Heins, Richard A. Lawrie, 1991, "DESIGN OF MODERN CONCRETE HIGHWAY BRIDGES", A Wiley-Interscience Publication
- Departemen Pekerjaan Umum, 1971, "PERATURAN BETON BERTULANG INDONESIA ", Penerbit Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan
- Departemen Pekerjaan Umum, 1987, "PEDOMAN PERENCANAAN PEMBEBANAN JEMBATAN JALAN RAYA", penerbit Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum
- Departemen Pekerjaan Umum, 1991, "TATA CARA PERHITUNGAN STRUKTUR BETON UNTUK BANGUNAN GEDUNG", Penerbit Yayasan LPMB, Bandung
- Istimawan Dipohusodo, 1994, "STRUKTUR BETON BERTULANG", Penerbit PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta
- KR. Tretthewey, J. Chamberlain, 1991, "KOROSI", Penerbit PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta
- K. Basah Suryolelono, 1994, "TEKNIK PONDASI BAGIAN II", Penerbit Nafiri, Yogyakarta
- L.D. Wesley, 1977, "MEKANIKA TANAH", Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta
- PT. Gunawan Cipta Arsindo, 1995, "RENCANA KERJA DAN SYARAT-SYARAT PEKERJAAN DERMAGA PT. SRIBOGA RATU RAYA SEMARANG", Jakarta
- PT. Pembangunan Perumahan Cabang V Semarang, 1996, "METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN DERMAGA PT. SRIBOGA RATU RAYA SEMARANG", Semarang
- Puri Fadjar Mandiri, 1991, "PERENCANAAN PROYEK PELABUHAN PERIKANAN CILACAP JAWA TENGAH"
- Quinn A. DeF, 1972, "DESIGN & CONSTRUCTION OF PORTS & MARINE STRUCTURE", Mc Graw-Hill Book company, USA
- Sardjono HS, 1991, "PONDASI TIANG PANCANG", Jilid 1 & 2, Penerbit Sinar Wijaya, Surabaya

Soediro, ..., "DIKTAT PELABUHAN"

Soedjono Kramadibrata, 1985, "PERENCANAAN PELABUHAN", Penerbit Ganeca Exact, Bandung

Suyono Sosrodarsono dan K. Nakazawa, 1994, "MEKANIKA TANAH DAN TEKNIK PONDASI", Pradnya Paramita, Jakarta

W.C. Vis, Gideon Kusuma, "DASAR-DASAR PERENCANAAN BETON BERTULANG", Penerbit Erlangga, Jakarta

-----, Rencana Kerja dan Syarat-Syarat Pekerjaan Dermaga, 1996

LAMPIRAN



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta

Lampiran 1

KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

No.	Nama	No. Mhs.	N.I.R.M.	Bidang Studi
1	[Faded Name]	[Faded No. Mhs.]		Struktur
	[Faded Name]	[Faded No. Mhs.]		Struktur

Dosen Pembimbing I : [Faded Name]
 Dosen Pembimbing II : [Faded Name]



Yogyakarta, 1 Mei 2017
 Dekan, Fakultas Teknik Sipil,
 dan Perencanaan

[Handwritten mark]

[Handwritten signature]

IR. BAHADU S. LESTARI, M.Eng. (DIPLOMA)



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

Jl. Kaliurang Km 14,4, Telp. 895042, 895707, Fax. 895330, Yogyakarta 55584

Lampiran 2

Nomor : 713/C.08.03/JTS/V/97 Yogyakarta, 21 Mei 1997
Lamp. : -
Hal : BIMBINGAN TUGAS AKHIR.

Kepada Yth. :
Bapak Ir. H.M. Samsudin
di -
YOGYAKARTA.

Assalamu'alaikum Wr.Wb.
Dengan ini kami mohon dengan hormat kepada Bapak & Ibu
agar mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik
Sipil & Perencanaan tersebut dibawah ini :

1. Nama : Arif Joko Yunarto
No. Mhs. : 92 310 058
N.I.R.M. : 92 0051013114120 056
Bidang Studi : Struktur
Semester : Genap
Tahun Akademi : 1996-1997
2. Nama : Budi Nugroho
No. Mhs. : 92 310 058
N.I.R.M. : 92 0051013114120 058
Bidang Studi : Struktur
Semester : Genap
Tahun Akademi : 1996-1997

Dapat diberikan ketuntasan & petunjuk, pengarsipan serta
bimbingan Islam dalam rangka Tugas Akhir.
Kedua mahasiswa tersebut merupakan satu kelompok,
dengan dosen pembimbing III :
Dosen Pembimbing I : Ir. H.M. Samsudin
Dosen Pembimbing II : Ir. Ruzardi, MS.

Dengan mengambil topik :

**Re-Desain Dermaga PT. Sriboja Raturaya DI Pelabuhan
Tanjung Mas Semarang**

Demikian atas bantuan serta kerjasamanya diucapkan
terima kasih.
Wassalamu'alaikum Wr.Wb.

Am. Dekan
Karya Jurusan Teknik Sipil.

(Dr. BAMBANG MULISTIONO, MSCE.)

Tembusan Kepada Yth. :
- Mahasiswa ybs.
- Arsip.



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

Jl. Kaliurang Km 14,4, Telp. 895042, 895707, Fax. 895330, Yogyakarta 55584

Lampiran 3

Nomer : 635/P.08.03.JTS/V/1997 Yogyakarta, 07 Mei 1997
Lamp. : -
H a l : Permohonan Data/Informasi

Kepada Yth. :

Pimpinan
PERUM PELABUHAN III
di -
Semarang

Assalamu'alaikum wr. wb.

Sehubungan dengan Tugas Akhir yang akan dilaksanakan oleh mahasiswa kami, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta, yang bernama :

- | | |
|----------------------|-------------------------|
| 1. Arif Joko Yunarto | Nomer Mhs. : 92 310 056 |
| 2. Budi Nugroho | Nomer Mhs. : 92 310 058 |

Berkensan hal tersebut kiranya mahasiswa memerlukan data/informasi yang mendukung, maka dengan ini kami mohon kepada Bapak/Ibu Pimpinan sudilah kiranya dapat memberikan data data yang diperlukan untuk dapat menyelesaikan Tugas Akhir, dengan Judul : **Redesain Dermaga PT. Sriboga Ratu Raya Di Pelabuhan Tanjung Mas Semarang.**

Demikian permohonan kami, atas perkenan serta bantuannya diucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

D e k a n
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN



Susastawan
SUSASTRAWAN, MS.

Tembusan kepada Yth. :

1. Mahasiswa ybs.
2. Arsip.



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

Jl. Kaliurang Km 14,4, Telp. 895042, 895707, Fax. 895330, Yogyakarta 55584

Lampiran 4

Nomer : 636/C.08.03/JTS/V/1997 Yogyakarta, 07 Mei 1997
Lamp. : -
Hal : Permohonan Data/Informasi

Kepada Yth. :-

Pimpinan
PT. Pembangunan Perumahan
di -
Semarang

Assalamu'alaikum wr. wb.

Sehubungan dengan Tugas Akhir yang akan dilaksanakan oleh mahasiswa kami, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta, yang bernama :

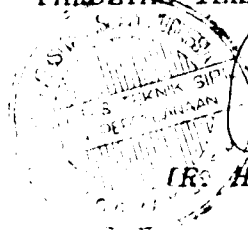
1. Arif Joko Yunarto Nomer Mhs. : 92 310 056
2. Budi Nugroho Nomer Mhs. : 92 310 058

Berkensen hal tersebut kiranya mahasiswa memerlukan data/informasi yang mendukung, maka dengan ini kami mohon kepada Bapak/Ibu Pimpinan sudilah kiranya dapat memberikan data data yang diperlukan untuk dapat menyelesaikan Tugas Akhir, dengan Judul : Redesain Dermaga PT. Sriboga Ratu Raya Di Pelabuhan Tanjung Mas Semarang.

Demikian permohonan kami, atas berkenan serta bantuannya diucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

D e k a n
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN



IR. H. SUSASTRAWAN, MS.

Tembusan Kepada Yth. :

1. Mahasiswa ybc.
2. Areip.



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

Jl. Kaliurang Km 14,4, Telp. 895042, 895707, Fax. 895330, Yogyakarta 55584

Lampiran 5

Nomer : 634/C.08.03/JTS/V/1997 Yogyakarta, 07 Mei 1997
Lamp. : -
H a l : Permohonan Data/Informasi

Kepada Yth. :

Pimpinan
PT. Gunawan Cipta Arsindo Semarang
di -
Semarang

Assalamu'alaikum wr. wb.

Sehubungan dengan Tugas Akhir yang akan dilaksanakan oleh mahasiswa kami, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta, yang bernama :

- | | |
|----------------------|-------------------------|
| 1. Arif Joko Yunarto | Nomer Mhs. : 92 310 056 |
| 2. Budi Nugroho | Nomer Mhs. : 92 310 058 |

Berkenaan hal tersebut kiranya mahasiswa memerlukan data/informasi yang mendukung, maka dengan ini kami mohon kepada Bapak/Ibu Pimpinan sudilah kiranya dapat memberikan data data yang diperlukan untuk dapat menyelesaikan Tugas Akhir, dengan Judul : **Redesain Dermaga PT. Sriboga Ratu Raya Di Pelabuhan Tanjung Mas Semarang.**

Demikian permohonan kami, atas perkenan serta bantuannya diucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

D e k a n
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

IR. H. SUSASTRAWAN, MS.

Tembusan Kepada Yth. :

1. Mahasiswa ybs.
2. Arsip.

KRITERIA PERENCANAAN

KRITERIA PERENCANAAN

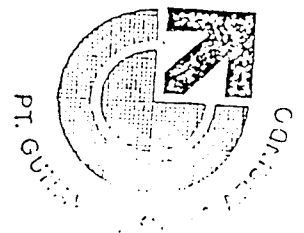
Pada perencanaan dermaga ini, kriteria yang digunakan untuk perencanaan adalah sebagai berikut:

a) Peraturan-peraturan yang digunakan:

- Standart Kriteria Perencanaan Dermaga untuk Pelabuhan di Indonesia dari Direktorat Jenderal Perhubungan Laut (Standart Design Criteria for Ports in Indonesia, Maritime Sector Development Programme Directorate General of Sea Communications). 1984.
- Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983.
- Peraturan Perencanaan Bangunan Tahan Gempa Indonesia Untuk Gedung 1983.
- Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 dan/atau Tata Cara Perhitungan Konstruksi Beton Bertulang 1991.
- Peraturan Perencanaan Bangunan Baja Indonesia 1983.
- Peraturan-peraturan Luar Negeri yang sesuai jenis permasalahan bila hal tersebut tidak tercakup oleh peraturan-peraturan Indonesia yang ada.

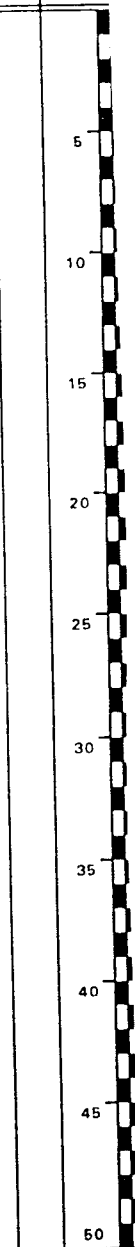
b) Peruntukan dermaga adalah untuk komoditi gandum, tapi harus bisa digunakan untuk maksud-maksud dermaga multi-purpose.

- c) Luas dermaga : 3 (16,05 X 68,00) M²
- d) Besar Kapal : 30000 DWT untuk kapal jenis Bulk Carrier
- e) Kedalaman Kolam : -10,00 m
- f) Elevasi lantai dermaga : + 3,10 m
- g) Ketinggian Pasang : H.W.S. + 1,20 m
L.W.S. + 0,00 m
- h) Beban Lantai Dermaga:
- | | |
|--------------------|---------------------------|
| Beban hidup merata | : 3,00 ton/m ² |
| Beban truk | : 20,00 ton |
| Gantry Crane | : 70,00 ton/kaki |
- i) Kecepatan Sandar Kapal : 0,10 m/dtk (kondisi baik)
- h) Gaya Tarik Bollard : 70 ton dan 35 ton



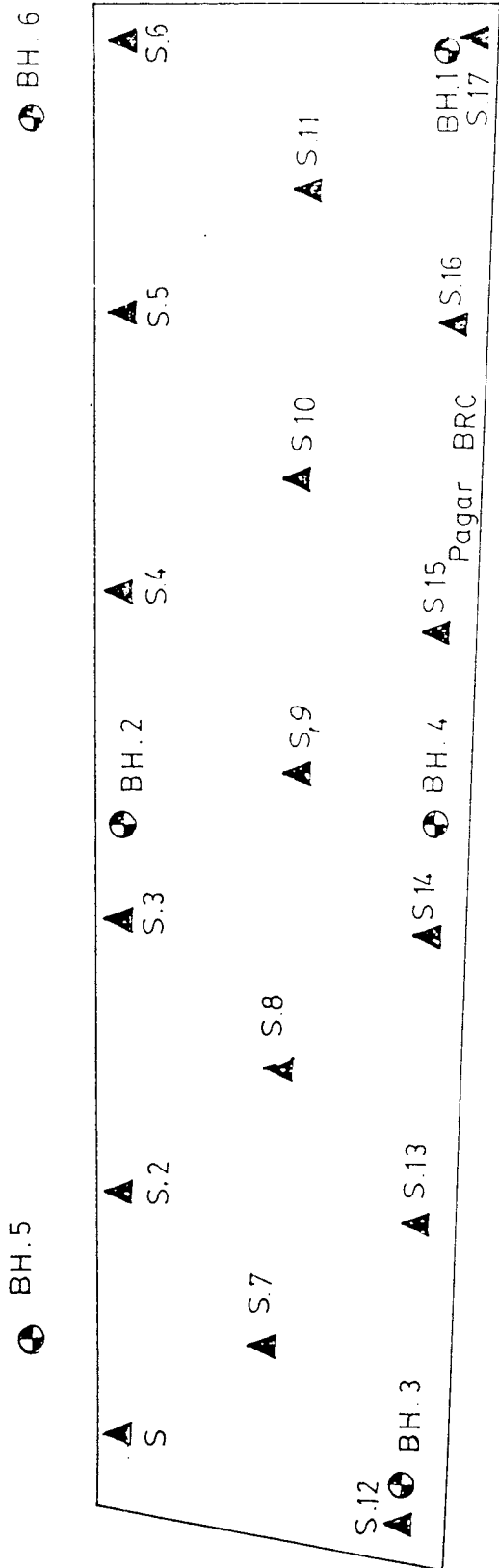
Project
Location
Drawing No
Revision

DEPTH
(m)



Method ;
tr - tripl
dr - dou
sc - sing
wb - was
wbb - was

Drilling Machine
Masing



DRILLING LOG

Project : Flour Factory
Client :
Location : Tj. Mas - Semarang
Boring No. : BH.6
Elevation :

Total Depth : 100 m
Page : 2 of 2

M e t h o d	R Q D %	D e p t h (m)	S a m p l e s	S y m b o l s	C l a s s i c	Description	Vane Shear kPa		SPT Blow Count				N value
							Cu	Cr	0	15	30	N value	
									15	30	45		
sc		55	○	■		CLAY, silty clay containing organic material (shell and fine sand), Stiff, greyish brown			9	9	12	21	
			○	■					7	10	12	22	
			○	○					8	11	11	22	
			○	○					9	11	11	22	
			60	○	○		CLAY, and fine sand, stiff, light grey			9	11	12	23
			○	○					6	6	7	13	
			65	○	○				6	4	5	9	
			○	○					6	6	7	13	
			70	○	○		SAND, silty sand containing gravel, very dense light grey			11	16	17	33
			○	○					7	9	10	19	
			75	○	○		SAND, silty sand, very dense - hard, brownish grey.			10	14	17	31
	sc		○	○					17	26	24	50	
		○	○					15	15	17	32		
		○	○					17	36	24/13	> 60		
		○	○					20	33	27/11	> 60		
		○	○					19	35	25/12	> 60		
		○	○					15	28	22/12	> 60		
		○	○					23	50/7	-	> 60		
		○	○					14	23	24/12	> 60		
		○	○					39	50/5	-	> 60		
		○	○					33	50/5	-	> 60		
		○	○				SILTstone and fine sand, hard, yellowish brown			32	50/11	-	> 60
		○	○						29	50/12	-	> 60	
		○	○						35	50/10	-	> 60	
		○	○						37	50/7	-	> 60	
		○	○						34	50/8	-	> 60	
	○	○				SAND stone containing gravel, brownish grey			36	50/6	-	> 60	
	○	○						25	50/11	-	> 60		
	○	○						27	50/10	-	> 60		
	○	○						31	50/13	-	> 60		
	○	○						43	50/7	-	> 60		
	○	○						39	50/9	-	> 60		
	○	○				SAND and gravel, very dense, dark grey			40	50/9	-	> 60	
	○	○						41	50/7	-	> 60		
	○	○						44	50/5	-	> 60		
	○	○				SILT and fine sand, Hard, Brownish white			47	50/5	-	> 60	
	○	○						13	24	36	> 60		

Method ;
 tr - triple core barrel
 dr - double core barrel
 sc - single core barrel
 wb - wash boring
 wbb - wash boring w. bentonite

Sample :
 □ thin walled tube
 ■ denisson sampler
 ○ SPT (automatic)
 ● pilcon vane shear

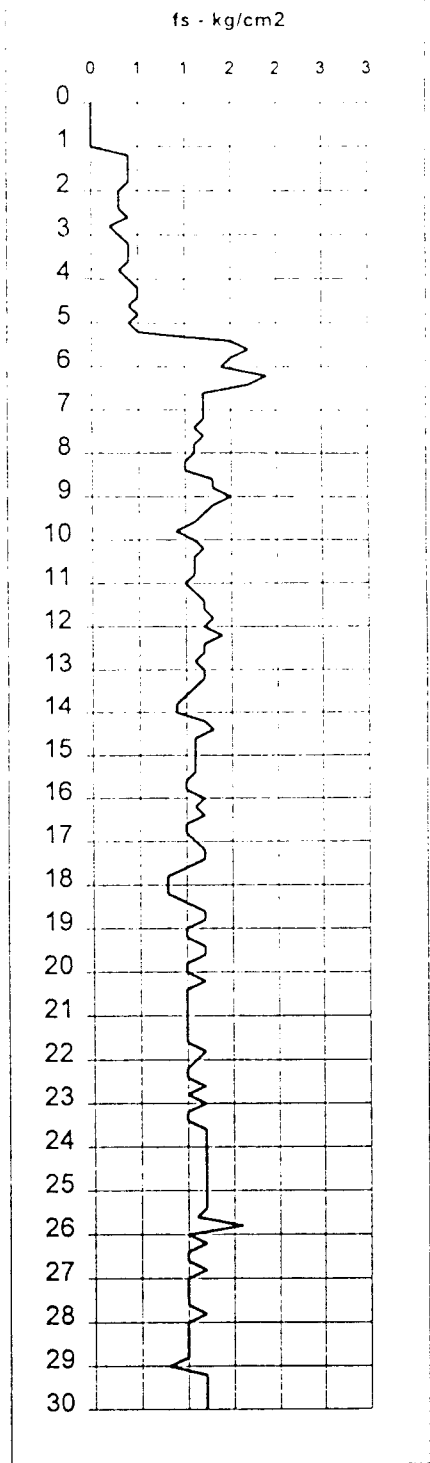
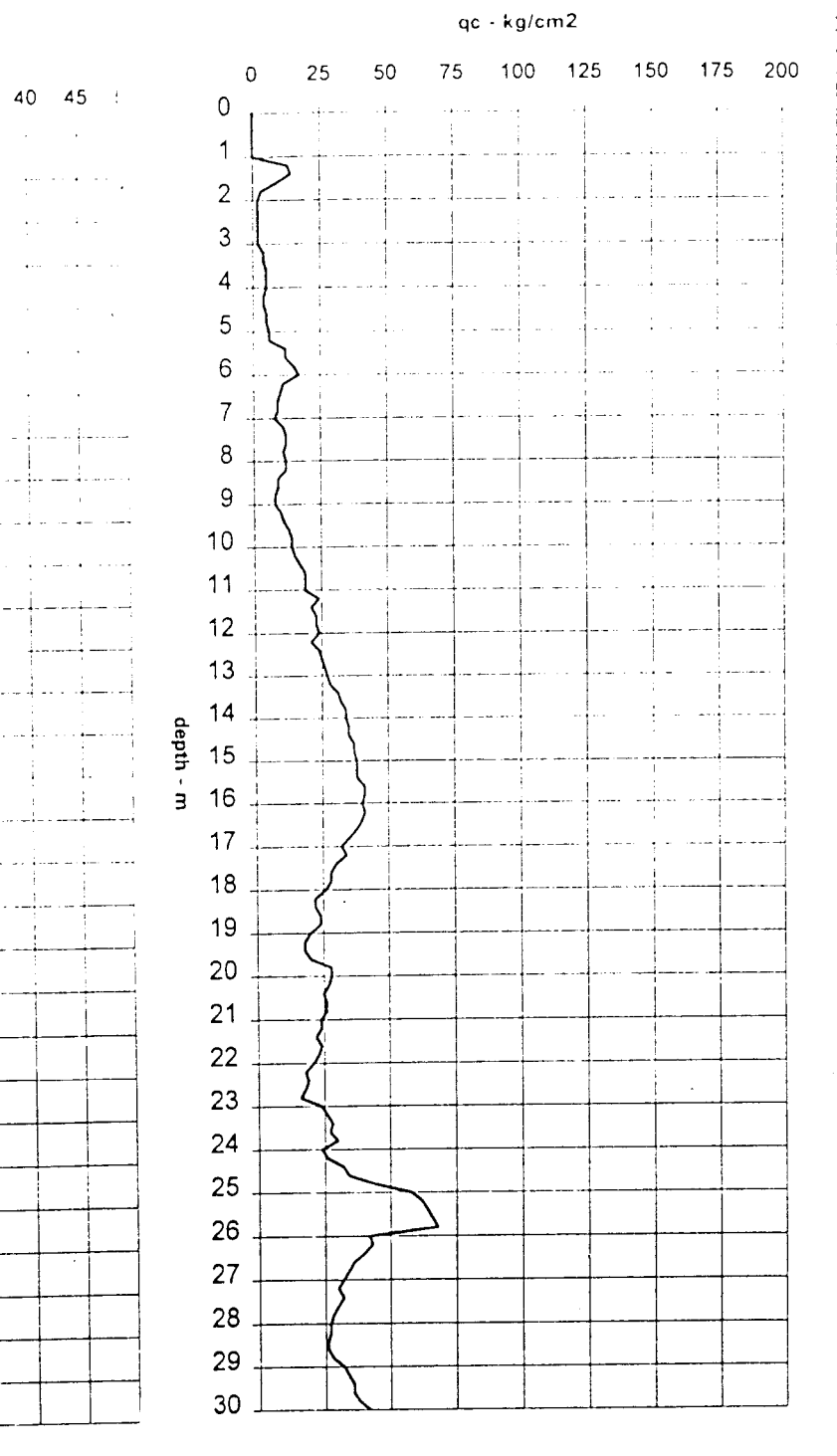
Boring Machine : YBM
Casing : 68 m

Starting date :
Completion date :

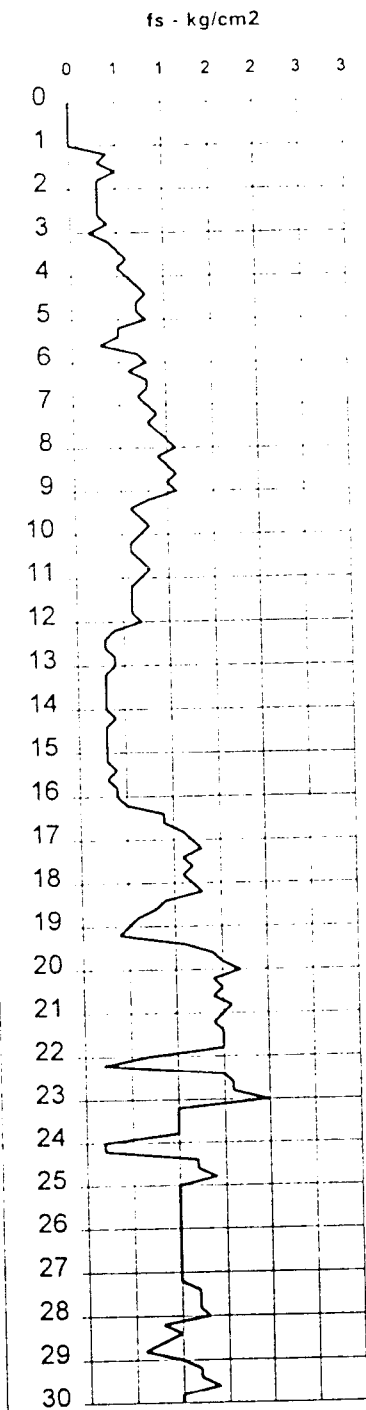
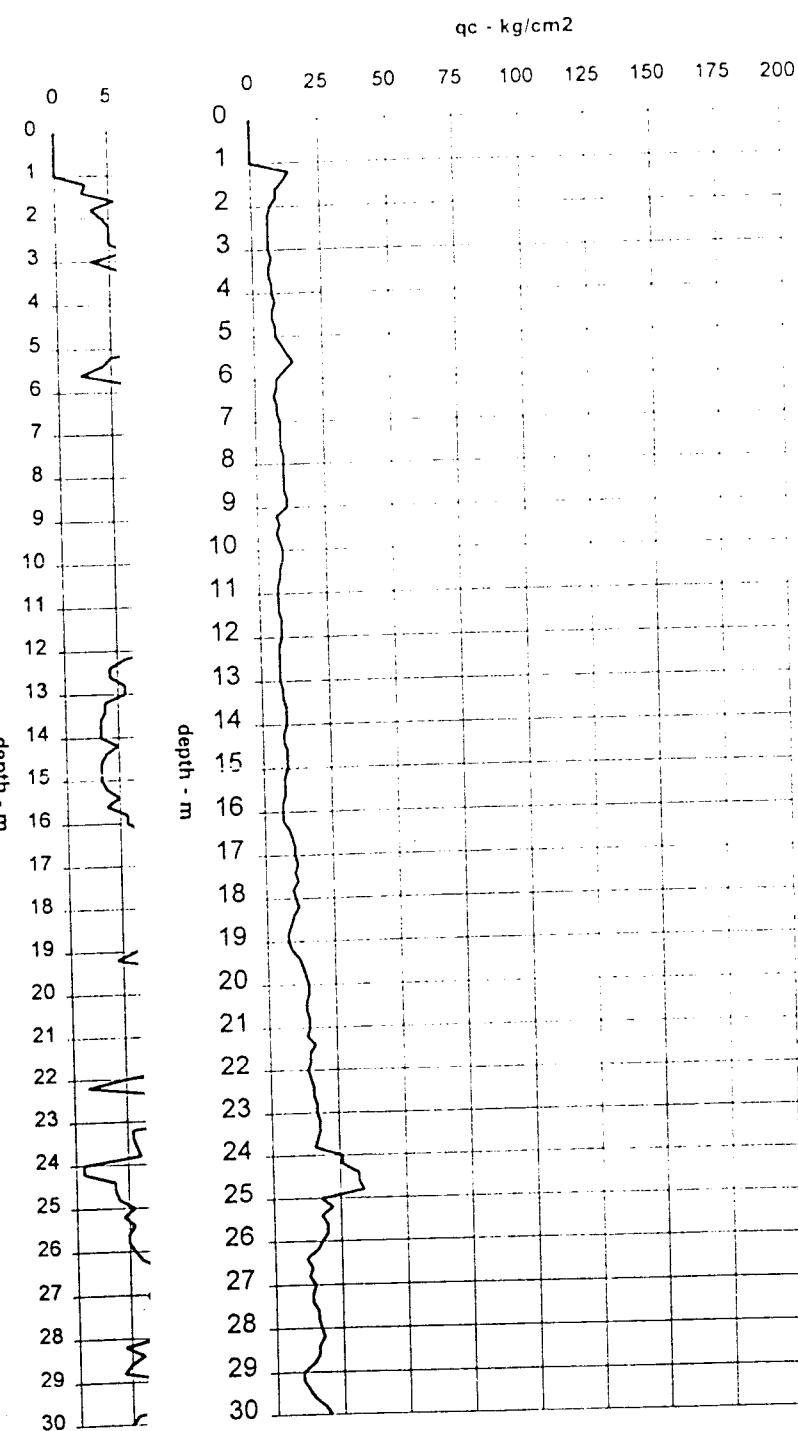
ETER DUTCH CONE PENETROMETER TEST

ASTM (2.5 TON CAPACITY)

DING NO PROJECT : P. Tepung SOUNDING NO : 1
LOCATION : Semarang ELEVATION :



TEST DUTCH CONE PENETROMETER TEST
METHOD ASTM (2.5 TON CAPACITY)
PROJECT : P. Tepung SOUNDING NO : 2
LOCATION : Semarang ELEVATION :



6. BH6 : 0.0 ∞ 22.0 m, N = 3
 22.0 ∞ 61.0 m, N = 20
 61.0 ∞ 70.0 m, N = 10

Setelah ini harga N naik terus sampai -77.0 m mencapai 60, 77.0 - 100.0 m harga N = 60

Hubungan N_{SPT} dan kedalaman (m) dapat dilihat pada gambar 1

$$0 \infty 20 \text{ m, } N_{SPT} = 0 \infty 10$$

$$20 \infty 70 \text{ m, } N_{SPT} = 10 \infty 30$$

walaupun ada kelompok N_{SPT} dengan harga 40, 50 dan 60.

Dari 70 m ∞ 100 m, $N_{SPT} = 60$

HASIL UJI LABORATORIUM

Berhubung percobaan-percobaan laboratorium jumlahnya banyak, maka agar dapat memperoleh gambaran yang lebih jelas hasilnya di plot terhadap kedalaman. Hasil-hasil itu adalah sebagai berikut :

- Hubungan $S_r \infty$ kedalaman, gambar 2. Harga derajat kejenuhan S_r , mempunyai range antara 80% - 100%, pada umumnya mendekati 100%.
- Hubungan Plasticity Index (I_p) ∞ kedalaman (m) gambar 3. Pada gambar 3 ini terlihat range harga I_p cukup besar yaitu antara 25% ∞ 90%; sehingga secara kasar dapat diketahui kandungan pasirnya kecil.
- Hubungan Liquid Limit ∞ kedalaman (m) gambar 4. Dari hasil ini diketahui range liquid limit antara 50% ∞ 120%.
- Hubungan Plastic Limit ∞ kedalaman (m) gambar 5. Range Plastic Limit tidak besar yaitu antara 30% ∞ 50%.
- Hubungan Cohesi (C) ∞ kedalaman (m) gambar 6.

0	∞	12 m	-> C antara	0	∞	0,3 kg/cm ²
12,0	∞	20 m	-> C antara	0	∞	1,0 kg/cm ²
20,0	∞	70 m	-> C antara	0,5	∞	1,5 kg/cm ²

f. Hubungan $q_u \propto$ kedalaman (m) gambar 7.

0	∞	10,0	-	range q_u	0,0	∞	0,5 kg/cm ²
10,0	∞	30,0	-	range q_u	0,0	∞	2,5 kg/cm ²
30,0	∞	70,0	-	range q_u	1,25	∞	3,5 kg/cm ²

g. Hubungan kadar air (w%) \propto kedalaman (m). Dari data ini dapat diketahui sebagian kadar air aslinya mendekati range plastic limit, pada 0,0 ∞ 30,0 m, range kadar airnya antara 40% ∞ 80%.

h. Hubungan $\gamma_t \propto$ kedalaman (m) gambar 9.

0,0	∞	30,0	->	$\gamma_t = 1,6 \text{ V/m}^3$
30,0	∞	70,0	->	$\gamma_t = 1,75 \text{ V/m}^3$

i. Hubungan $G_s \propto$ kedalaman (m) gambar 10. Harga G_s rata-rata sama dengan 2,70.

j. Dari hasil grainsize analisis diperoleh kandungan-kandungan pasir pada gambar 11, silt pada gambar 12 dan clay pada gambar 13.

Dari hasil ini, dapat diketahui kandungan clay adalah yang dominan yaitu lebih besar dari 50% dan pasir adalah yang terkecil, umumnya antara 0 ∞ 5%.

k. Hubungan l_o (void ratio) \propto kedalaman (m) gambar 14. Dari data ini terlihat bahwa range dari l_o pada kedalaman antara 30,0 ∞ 70,0 adalah 0,80 ∞ 1,50.

l. Hubungan $C_c \propto$ kedalaman (m) gambar 15. Dari gambar ini terlihat harga C_c makin kedalam makin kecil.

IV. SARAN PONDASI

BEARING CAPACITY PER SATU TIANG

1. Friction :

- dari 0.0 - 30.0 m diambil harga friction dari sondir, $JHP = 2300 \text{ kg/cm}^2$
- dari 30.0 - 45.0 m diambil dari $N_{SPT} = 15$ fine grain soil

2. Tahanan ujung diambil dengan $N_{SPT} = 15$

Tiang Pancang $45 \times 45 \text{ cm}$, $L = 45 \text{ m}$

- $2300 \times 180 = 414 \text{ ton}$
- $15 \times 15/2 \times 180 = 202.5 \text{ ton}$
- Total = 616.5 ton

$$\text{Daya dukung ujung} = 40 \times 15 \times 0.15 = 150 \text{ ton}$$

∴ Daya dukung tiang satu tiang adalah sebagai berikut :

$$150/3 + 616.5/5 = 50 + 123.3 \rightarrow 173.5 \text{ ton}$$

Dianjurkan diambil 140 ton/liang

Tiang Pipa $\phi = 0.60 \text{ m}$, $L = 45.0 - 13.5 = 31.50 \text{ m}$.

Perhitungan Daya Dukung Pipa

- Friction : Sondir = $3.14 \times 60 \times (2300 - 1200) = 204.6 \text{ ton}$
 $N_{SPT} = 3.14 \times 60 \times (15 \times 15)/2 = 209.25 \text{ ton}$
 Total = 413.85 ton

- Ujung : $40 \times 15 \times (3.14 \times 0.6^2)/4 = 167 \text{ ton}$

∴ Daya dukung per satu tiang pipa baja, panjang 31.5 m, $\phi = 0.60 \text{ m}$ adalah sebagai berikut :

$$P_{uzin} = 167/3 + (204.6 + 209.25)/5 = 55.7 \text{ ton} + 82.8 \text{ ton}$$

$$P_{uzin} = 138.47 \text{ ton}$$

SETTLEMENT

Untuk kepentingan perhitungan penurunan dapat digunakan parameter-parameter sebagai berikut :

$$-45.0 \text{ m} \text{ to } 50.0 \text{ m} = Cc_1 = 0.40$$

$$e_{o1} = 1.15$$

$$-50 \text{ m} \text{ to } 60.0 \text{ m} = Cc_2 = 0.33$$

$$e_{o2} = 1.10$$

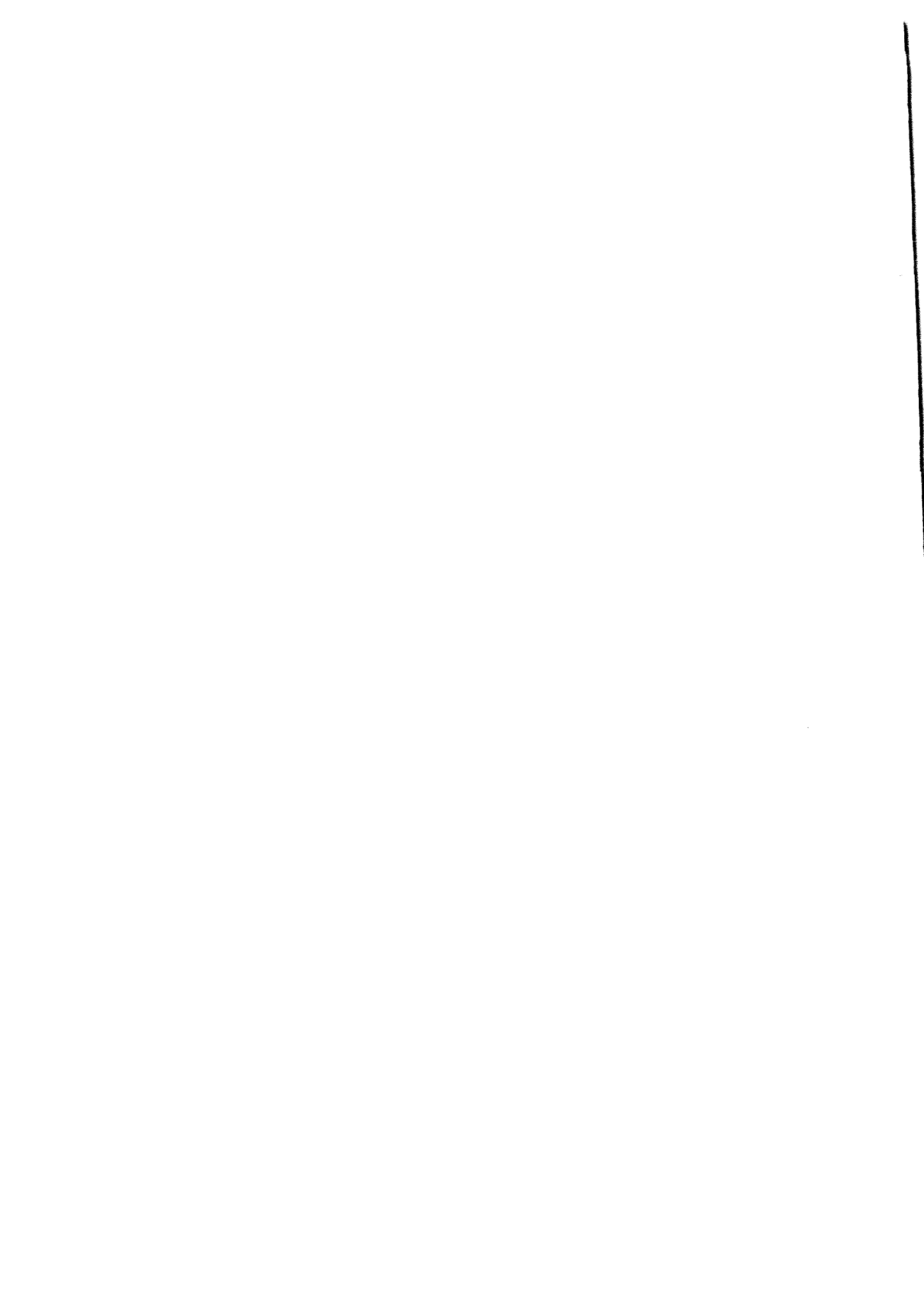
$$-60.0 \text{ m} \text{ to } 70.0 \text{ m} = Cc_3 = 0.48$$

$$e_{o3} = 1.3$$

Tanah dibawah -70.0 m $N_{SPT} > 60$ sehingga tidak diperhitungkan settlementnya.

DATA GELOMBANG DAN

DATA ANGIN



pelem ornatulus
pelem biasa

BULAN : Agustus 1996
LINTANG : 06-56-30 S BUJUR : 110-25-20 E

(DALAM Cm)

STASIUN : SEMARANG
PENILIK : PT. GPERSERO PELB. INDO. TG. ERAS SEMARANG

WAKTU : GMT + 7 JAM

Jam	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	102	102	105	111	117	123	130	136	143	157	162	164	167	166	151	145	137	129	123	118	114	110	106	105
2	106	105	108	104	110	118	123	130	136	146	154	163	166	165	161	154	147	138	129	122	116	112	108	106
3	106	107	108	108	110	116	124	132	140	146	153	159	164	164	164	157	152	145	136	128	121	116	112	108
4	109	111	112	114	115	116	121	127	132	137	142	146	146	146	154	154	148	143	137	128	121	114	110	108
5	107	111	116	121	125	128	133	138	140	143	146	149	151	153	154	154	152	148	143	136	127	119	113	109
6	108	109	114	119	124	126	131	135	138	140	142	143	144	144	144	144	144	144	141	138	132	126	120	116
7	114	114	116	121	126	130	134	138	138	138	138	138	138	138	138	138	140	140	140	139	138	137	135	135
8	133	131	130	129	129	129	132	132	132	132	132	132	134	134	134	134	134	134	134	132	130	128	126	124
9	122	121	122	124	127	131	135	139	143	147	150	153	156	158	157	156	154	154	154	152	150	148	146	144
10	122	122	122	122	122	122	122	122	122	122	122	122	122	122	122	122	122	122	122	122	122	122	122	122
11	124	122	122	123	126	130	134	138	141	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	142	141	140	139	138
12	117	116	115	118	125	129	132	137	140	142	144	144	142	140	138	137	136	136	136	135	131	130	128	126
13	125	124	123	123	125	129	132	137	142	148	154	155	154	153	151	149	146	142	138	135	130	125	120	117
14	123	122	121	121	123	126	129	132	137	142	148	154	155	154	153	151	149	146	142	138	135	130	125	123
15	127	125	124	124	124	128	132	137	142	148	154	155	154	153	151	149	146	142	138	135	130	125	123	123
16	113	110	111	115	122	130	139	146	151	154	156	156	156	155	154	153	151	150	147	144	142	139	136	134
17	120	118	116	119	125	133	141	148	153	155	155	155	155	155	154	153	151	150	147	144	142	139	136	134
18	107	108	110	114	121	130	139	146	151	154	156	156	156	156	154	153	151	150	147	144	142	139	136	134
19	131	129	127	126	126	130	134	140	147	148	148	146	145	143	141	139	137	136	134	130	125	120	117	114
20	130	130	130	130	132	136	141	145	147	148	148	146	145	143	141	139	137	136	134	130	125	120	117	114
21	114	117	120	124	127	131	135	139	140	141	141	140	140	138	136	135	135	136	136	134	132	129	126	124
22	118	120	124	129	133	136	140	144	140	138	136	136	136	136	135	134	135	136	136	134	132	129	126	124
23	120	120	124	130	136	140	143	144	144	142	140	138	136	135	134	135	136	136	134	132	129	126	124	122
24	120	121	124	130	137	143	148	150	150	148	145	143	140	138	138	138	140	141	142	140	138	136	133	130
25	128	129	130	136	143	151	157	160	160	156	151	146	139	135	130	128	130	130	128	123	118	114	110	106
26	108	109	112	120	129	142	155	162	165	159	152	143	128	126	126	128	128	130	132	132	128	122	116	113
27	114	118	124	132	142	152	162	171	174	173	166	155	144	133	125	120	124	124	124	125	123	121	118	113
28	109	108	112	118	127	139	150	162	170	172	168	161	152	142	132	124	120	120	122	122	122	123	123	122
29	116	114	117	122	131	141	151	160	170	174	174	169	162	153	142	132	124	118	117	117	117	116	116	116
30	112	108	110	114	122	130	138	146	154	160	161	158	154	148	140	132	123	117	112	112	111	110	110	110
31	114	113	111	115	120	128	137	146	154	160	165	166	161	155	146	138	129	120	114	112	113	113	113	114
Juni	3621	3613	3655	3758	3907	4084	4274	4439	4564	4622	4644	4616	4548	4469	4385	4316	4248	4179	4102	4025	3938	3843	3755	3685
Jumlah untuk bulan =	99157 dibagi = 31 hari atau rata-rata = 3201.84																							

Semarang: September 1996

Mengetahui :
KEPALA CABANG PT. GPERSERO PELABUHAN
INDONESIA III TANJUNG ERAS

Kepala Divisi Teknik

Ir. HERRY SUBRAGIO

Dr. P R A Y I T N O

palem otomatis
palem biasa

(DALAM CM)

STASION : SEMARANG
PENILIK : PT. (PERSERO) PELB. INDO. TG. EMAS SEMARANG
HAKTU : GMT + 7 JAM

BULAN : September 1996
LINTANG : 06-35-30 S BUJUR : 110-25-20 E

Jam	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
1	118	115	115	116	122	129	135	141	148	152	156	156	157	156	154	151	148	144	140	135	128	120	113	108	
2	118	120	122	124	128	133	138	140	144	145	144	145	145	144	144	144	140	136	130	122	113	106	101	97	
3	120	124	128	133	136	140	143	142	144	139	137	136	136	138	140	140	140	135	128	119	110	103	98	94	
4	126	128	134	140	145	148	150	148	144	137	131	128	125	125	127	130	133	136	136	131	125	118	112	107	
5	118	122	128	135	141	147	150	150	147	141	134	128	124	120	120	124	128	131	133	134	130	126	124	124	
6	124	128	134	140	142	153	156	156	151	144	135	126	118	114	113	116	120	123	126	128	126	123	119	116	
7	126	129	128	134	140	150	156	157	154	148	138	130	121	115	113	115	119	123	127	126	123	120	116	112	
8	119	122	128	136	145	154	160	162	158	148	138	129	123	120	114	114	115	119	122	124	126	125	121	119	
9	118	123	129	134	140	148	155	160	160	158	153	145	136	126	118	115	113	110	110	112	114	116	118	120	
10	123	128	135	141	148	155	162	166	164	160	158	152	148	148	148	142	137	132	126	119	112	106	101	97	
11	124	129	136	143	150	157	164	169	166	162	159	149	137	126	116	112	109	104	98	92	86	81	77	74	
12	124	129	136	143	150	157	164	169	166	162	159	149	137	126	116	112	109	104	98	92	86	81	77	74	
13	106	106	110	116	125	134	142	148	152	153	150	146	138	132	126	125	124	125	126	127	125	118	114	110	
14	110	108	108	114	121	130	139	146	150	152	148	145	141	136	132	130	130	128	130	130	128	125	121	118	
15	117	114	114	118	124	132	140	145	149	148	145	141	136	133	132	132	132	134	136	138	141	140	138	136	
16	133	131	130	130	134	144	147	152	157	159	158	156	153	150	147	146	142	136	132	128	124	121	119	117	
17	131	130	129	128	131	135	140	142	142	142	140	137	135	131	128	127	128	130	132	132	130	128	126	124	
18	128	128	129	130	134	137	140	140	138	138	137	134	132	130	128	126	124	126	126	125	124	124	125	125	
19	128	130	134	136	138	139	140	138	136	134	132	127	123	122	120	122	124	128	128	128	127	125	124	125	
20	127	131	136	140	144	146	145	142	137	131	127	123	122	120	122	124	128	128	128	127	125	124	124	125	
21	122	128	134	140	145	149	150	150	145	138	131	126	121	120	120	124	128	130	130	130	128	126	120	118	
22	126	130	138	146	154	160	162	160	154	146	137	128	121	118	120	126	132	136	137	134	130	126	120	116	
23	118	124	132	140	150	158	162	163	157	146	135	120	107	100	102	110	118	125	128	128	126	122	118	116	
24	120	123	132	145	158	170	176	176	169	159	154	131	118	108	107	111	118	125	131	135	136	132	126	119	
25	116	120	126	138	150	161	170	176	172	164	152	138	124	111	102	100	104	110	116	122	123	122	118	112	
26	110	111	117	126	139	150	161	169	170	165	158	148	136	124	114	108	110	114	120	124	128	130	129	124	
27	119	118	122	128	137	147	157	164	169	170	170	166	162	150	138	128	122	119	120	122	122	125	126	125	
28	122	118	120	125	131	140	148	156	160	164	163	158	151	143	135	128	124	122	124	126	127	128	128	128	
29	126	124	124	125	128	132	138	142	146	145	145	142	138	133	126	124	118	118	119	122	125	127	129	130	
30	131	131	130	131	136	138	139	142	144	144	142	140	138	134	131	128	128	128	128	128	130	131	132	134	
31																								0	
Juni	3604	3647	3760	3919	4127	4330	4490	4577	4569	4489	4362	4193	4025	3874	3780	3754	3772	3802	3831	3836	3816	3768	3701	3641	95548

Jumlah untuk bulan = 95548 dibagi = 30 hari atau 30 x 24 rata-rata = 133 Cm.

Mengetahui :
KEPALA CABANG PT. (PERSERO) PELABUHAN
INDONESIA III TANJUNG EMAS
Senarang; Oktober 1996
Kepala Divisi Teknik

Drs. P R A Y I T H O
Ir. HERRY SUBAGIO



BADAN METEOROLOGI DAN GEOFISIKA
BALAI WILAYAH II
STASIUN METEOROLOGI MARITIM SEMARANG

Lampiran 21

Jl. Dali Pelabuhan Tanjung Emas
Semarang 50129

Telp. : 024 - 540374
Fax. : 024 - 549050

Telex :
Tromol Pos :

TAHUN 1995

DESEMBER	ARAH ANGIN	KECEPATAN	TINGGI GELOMBANG		ARAH ANGIN	KCPTAN	TINGGI GELOMBANG
1	Barat	15					
2	Tenggara	10					
3	Tenggara	10					
4	Tenggara	15					
5	Barat	25					
6	-	-					
7	-	-					
8	Tenggara	20					
9	Barat	25					
10	Barat daya	20					
11	Barat	20					
12	Barat daya	10					
13	Barat laut	20					
14	Barat laut	15					
15	Barat	15					
16	Barat daya	10					
17	Tenggara	15					
18	Barat	10					
19	-	-					
20	-	-					
21	Barat daya	20					
22	Barat daya	15					
23	-	-					
24	Barat daya	18					
25	Barat	20					
26	Barat	18					
27	Tenggara	15					
28	Barat daya	18					
29	Tenggara	10					
30	Barat daya	15					

KELompok PRAKIRAWAN

ACHMAD SUKARNO

NIP : 120129110



BALAI WILAYAH II
STASIUN METEOROLOGI MARITIM SEMARANG

Jl. Delt Pelabuhan Tanjung Emas
 Semarang 50129

Telp. : 024 - 540374
 Fax. : 024 - 549050

Telex
 Tramel Pos

Lampiran 2

TAHUN 1995

OKTOBER			NOVEMBER				
	ARAH ANGIN	KECEPATAN	TINGGI GELOMBANG		ARAH ANGIN	KCPAN	TINGGI GELOMBANG
1	Timur			1			
2	Timur	20		2	Timur		
3	Timur	20		3	Timur	15	
4	Timur	18		4	Timur	15	
5	Tenggara	22		5	-	15	
6	Tenggara	15		6	-	-	
7	Tenggara	10		7	-	-	
8	Timur	20		8	Timur	-	
9	-	-		9	Timur laut	10	
10	Timur	25		10	Timur	15	
11	-	-		11	Tenggara	15	
12	Timur	20		12	Barat daya	10	
13	Timur	15		13	Tenggara	20	
14	Timur	10		14	Barat	20	
15	Tenggara	15		15	Tenggara	10	
16	Timur	10		16	Tenggara	30	
17	Timur	15		17	Tenggara	10	
18	Tenggara	10		18	Timur	15	
19	-	-		19	Tenggara	20	
20	Timur	30		20	Tenggara	20	
21	Timur	10		21	Tenggara	15	
22	Timur	25		22	Timur laut	20	
23	Tenggara	15		23	Barat daya	15	
24	-	-		24	Barat	10	
25	Tenggara	15		25	Timur	15	
26	Tenggara	10		26	Timur laut	15	
27	Timur laut	15		27	Timur	20	
28	Timur	25		28	Tenggara	17	
29	Timur	15		29	Tenggara	20	
30	Tenggara	20		30	-	5	
31	Timur	10		31	Tenggara	-	

[Handwritten signature]