



TUGAS AKHIR (RC-091380)

# PERENCANAAN DETAIL PEMBANGUNAN DERMAGA PELABUHAN PETIKEMAS TAJUNGWANGI KABUPATEN BANYUWANGI

HABIBY ZAINUL MUTTAQIN  
NRP 3110 100 142

Dosen Pembimbing  
Ir. Dyah Iriani , M.Sc  
Ir. Fuddoly , M.Sc.

JURUSAN TEKNIK SIPIL  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2014



**FINAL PROJECT (RC-091380)**

**DETAIL ENGINEERING DESIGN OF TANJUNGWANGI  
CONTAINER PORT PIER CONSTRUCTION,  
BANYUWANGI DISTRICT**

**HABIBY ZAINUL MUTTAQIN  
NRP 3110 100 142**

**Supervisor  
Ir. Dyah Iriani , M.Sc  
Ir. Fuddoly , M.Sc.**

**DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING  
Faculty of Civil Engineering and Planning  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2014**



**TUGAS AKHIR (RC-091380)**

**PERENCANAAN DETAIL PEMBANGUNAN  
DERMAGA PELABUHAN PETIKEMAS TAJUNGWANGI  
KABUPATEN BANYUWANGI**

**HABIBY ZAINUL MUTTAQIN  
NRP 3110 100 027**

Dosen Pembimbing  
Ir. Dyah Iriani , M.Sc  
Ir. Fuddoly , M.Sc.

**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2014**

**PERENCANAAN DETAIL PEMBANGUNAN DERMAGA  
PELABUHAN PETIKEMAS TANJUNGWANGI,  
KABUPATEN BANYUWANGI**

**Nama Mahasiswa** : HABIBY ZAINUL MUTTAQIN  
**NRP** : 3110.100.142  
**Jurusan** : TEKNIK SIPIL FTSP – ITS  
**Dosen Pembimbing** : Ir. Dyah Iriani, MSc  
: Ir. Fuddoly, MSc

**Abstrak**

*Pelabuhan Tanjungwangi merupakan pelabuhan yang berada di wilayah timur Provinsi Jawa Timur. dimana dalam RTRW Provinsi Jawa Timur, Pelabuhan Tanjung Wangi merupakan pelabuhan yang akan direncanakan menjadi pelabuhan Utama. Pelabuhan ini mempunyai lingkungan kerja perairan cukup luas, yaitu seluas 88 Ha dan lingkungan kerja daratan seluas 8,8 Ha. Dilihat dari wilayah hinterland dari pelabuhan tanjungwangi sangat banyak sekali komoditas yang dihasilkan, seperti hasil pertanian dan perkebunan*

*Dalam rangka menunjang kegiatan bongkar muat di pelabuhan, maka perlu dilakukan pengembangan sarana dan prasarana di pelabuhan petikemas tanjungwangi , PT Pelindo III berencana melakukan penambahan dermaga sesuai dengan master plan pengembangan pelabuhan PT.Pelindo III.*

*Dalam tugas akhir ini membahas mengenai perencanaan detail struktur dermaga dan trestle dengan mengacu kepada master plan pengembangan pelabuhan petikemas milik PT.Pelindo III. Dalam perencanaan dimensi dermaga yang direncanakan berbentuk sepanjang 261 m serta jalur penghubung trestle sepanjang 52 m yang dilengkapi dengan abutment sebagai dinding penahan tanah. Metode pelaksanaan yang digunakan dalam pembangunan struktur dermaga dan trestle menggunakan system in-situ,. Dari hasil analisis perhitungan didapatkan ukuran pelat untuk dermaga yaitu dengan tebal 40 cm, balok*

*melintang dengan dimensi 80 cm x 120 cm, balok memanjang dengan dimensi 80 cm x 120 cm, balok crane dengan dimensi 110 cm x 165cm. Rencana anggaran biaya yang diperlukan untuk pembangunan dermaga ini adalah Rp. 281.052.955.261,00*

***Kata kunci : Dermaga, trestle, Pelabuhan Petikemas , in-situ, PT Pelindo III.***

**DETAIL ENGINEERING DESIGN OF TANJUNGWANGI  
CONTAINER PORT PIER CONSTRUCTION,  
BANYUWANGI DISTRICT**

**Name** : HABIBY ZAINUL MUTTAQIN  
**NRP** : 3110.100.142  
**Department** : CIVIL ENGINEERING FTSP – ITS  
**Adviser** : Ir. Dyah Iriani, MSc  
: Ir. Fuddoly, MSc

*Abstract*

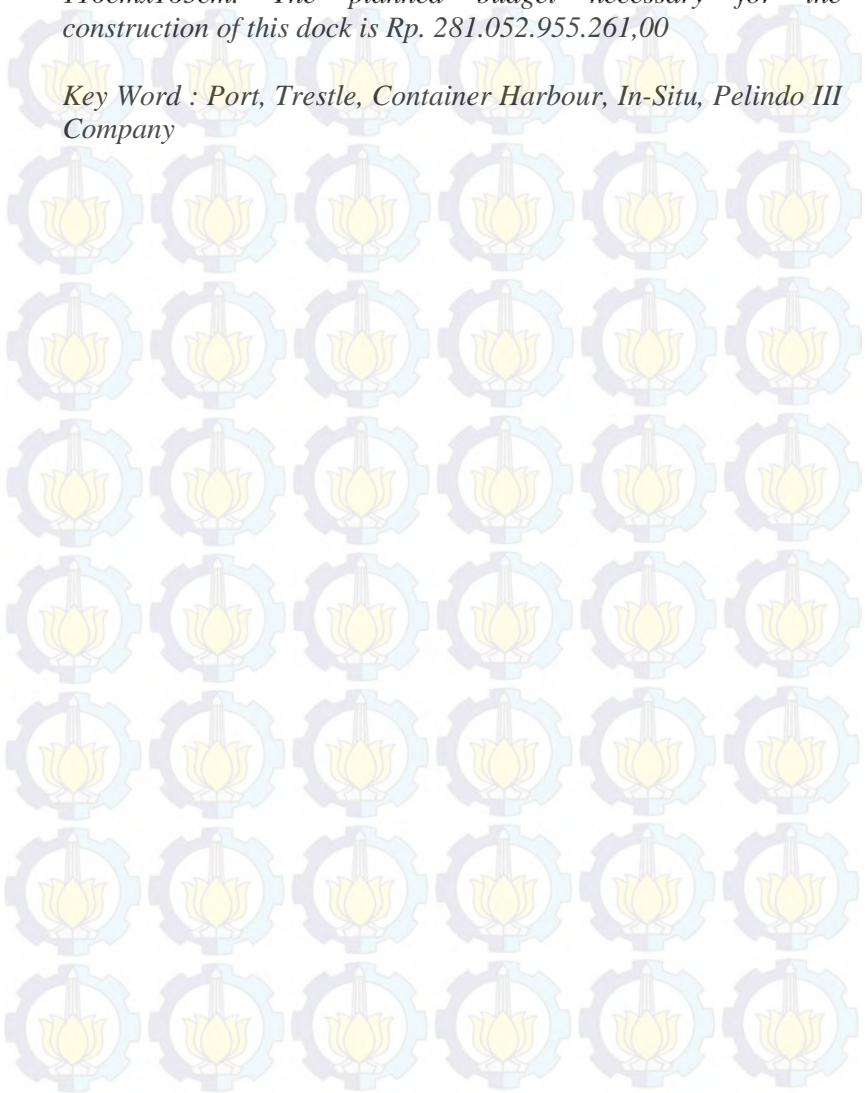
*Tanjungwangi Harbour is a harbour that located on the eastern area of east java province. Which whitin the RTRW of east java province, tanjungwangi harbour is planned to be the main harbour. This harbour has quite big ocean sector of work, approximately 88 Ha and 8,8 Ha for the land sector of work. Based on its hinterland sector, tanjungwangi harbour makes alot of comodities, such as agriculture and plantation*

*In order to sustain the loading and unloading activities on the harbour, it is necessary to conduct some development on the facilities and infrastructure of tanjungwangi container port, Pelindo III Company planned to increase the number of port based on Pelindo III Company Harbour development master plan.*

*This final project will discuss the detail engineering design of the pier and trestle structure with reference to the master plan for the development of a container port belongs to Pelindo III company. the planned dock dimensions shaped planned with the length about 261 m along with the trestle connecting path along the 52 m which is equipped with the abutment as a retaining wall. Method of execution used in the construction of piers and trestle structures using in-situ system. From the calculation, the size for dock plate is 40 cm thick, with a transverse beam dimensions of 80cm x 120 cm, elongated beam*

*with dimensions of 80cmx120cm, crane beams with dimensions of 110cmx165cm. The planned budget necessary for the construction of this dock is Rp. 281.052.955.261,00*

*Key Word : Port, Trestle, Container Harbour, In-Situ, Pelindo III Company*



**PERENCANAAN DETAIL PEMBANGUNAN DERMAGA  
PELABUHAN PETIKEMAS TANJUNGWANGI  
KABUPATEN BANYUWANGI**

**TUGAS AKHIR**


Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Bidang Studi Transportasi (Pelabuhan)  
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember


Oleh :  
**HABIBY ZAINUL MUTTAQIN**  
NRP. 3110 100 142

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

  
(Ir. Dyah Iriani Widyastuti, M.Sc.)  
NIP. 196112191986032002

  
(Ir. Fuddoly, M.Sc.)  
NIP. 196102071986011001

**SURABAYA, Juli 2014**



## KATA PENGANTAR

Puji Syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa oleh kebaikan dan anugerah-Nya lah Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik dan lancar. Tugas Akhir yang berjudul Perencanaan Detail Pembangunan Dermaga Pelabuhan Petikemas Tanjungwangi Kabupaten Banyuwangi

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

1. Ibu Ir.Dyah Iriani M,Sc selaku dosen Jurusan Teknik Sipil FTSP ITS dan dosen pembimbing saya yang telah banyak menolong, mengarahkan, dan membimbing saya dalam pengerjaan Laporan Tugas Akhir ini.
2. Bapaklr. Fuddoly M.Sc selaku dosen Jurusan Teknik Sipil FTSP ITS dan dosen pembimbing saya yang juga telah banyak mengarahkan dan membimbing saya dalam membuat Laporan Tugas Akhir ini.
3. Orang Tua yang selalu memberikan dukungan untuk dapat memberikan semangat dalam proses pengerjaan Tugas Akhir ini.
4. Teman dan Kerabat saya di Jurusan Teknik Sipil FTSP ITS yang memberikan dorongan dan motivasi selama proses penyusunan Tugas Akhir berlangsung.
5. Serta semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu di sini.

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

Surabaya, 18 Juli 2014

Hormat saya, Penulis

## DAFTAR ISI

|   |     |
|---|-----|
| HALAMAN JUDUL .....                       | i   |
| LEMBAR PENGESAHAN.....                    | ii  |
| ABSTRAK .....                             | iii |
| ABSTRACT .....                            | iv  |
| KATA PENGANTAR.....                       | v   |
| LEMBAR PERSEMBAHAN.....                   | vi  |
| DAFTAR ISI.....                           | vii |
| DAFTAR GAMBAR .....                       | xi  |
| DAFTAR TABEL .....                        | xv  |
| <b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....            | 1   |
| 1.1.Latar Belakang .....                  | 1   |
| 1.2.Rumusan Masalah .....                 | 5   |
| 1.3.Tujuan Tugas Akhir .....              | 5   |
| 1.4.Manfaat Tugas Akhir .....             | 5   |
| 1.5.Lingkup Tugas Akhir .....             | 6   |
| 1.6.Batasan Masalah.....                  | 6   |
| 1.7.Metodologi .....                      | 7   |
| <b>BAB II STUDI PUSTAKA</b> .....         | 13  |
| 2.1. Umum.....                            | 13  |
| 2.2. Data Lapangan.....                   | 13  |
| 2.2.1. Bathymetri.....                    | 13  |
| 2.2.2. Data Arus .....                    | 14  |
| 2.2.3. Pasang Surut.....                  | 14  |
| 2.2.4. Data Angin .....                   | 16  |
| 2.2.5. Data Gelombang.....                | 18  |
| 2.2.6. Data Tanah .....                   | 21  |
| 2.2.7. Data Kapal.....                    | 21  |
| 2.2.7. Data Alat .....                    | 21  |
| 2.3. Evaluasi Layout .....                | 21  |
| 2.3.1. Evaluasi Layout Perairan .....     | 21  |
| 2.3.2. Evaluasi Layout Dermaga .....      | 25  |
| 2.4. Perhitungan Fender dan Boulder ..... | 26  |

|  |           |
|--|-----------|
| 2.4.1. Fender.....                                 | 26        |
| 2.4.2. Boulder.....                                | 27        |
| 2.5. Pembebanan Dermaga.....                       | 29        |
| 2.5.1. Beban Vertikal.....                         | 29        |
| 2.5.2. Beban Horizontal.....                       | 30        |
| 2.6. Perhitungan Struktur Dermaga dan Trestle..... | 33        |
| 2.7. Struktur Atas.....                            | 33        |
| 2.7.1. Perhitungan Pelat.....                      | 34        |
| 2.7.2. Perhitungan Balok dan Poer.....             | 36        |
| 2.8. Struktur Bawah.....                           | 39        |
| 2.8.1. Perhitungan Daya Dukung Tanah.....          | 39        |
| 2.8.2. Kalendering.....                            | 41        |
| <b>BAB III PENGUMPULAN DAN ANALISA DATA.....</b>   | <b>47</b> |
| 3.1. Umum.....                                     | 47        |
| 3.2. Data Bathymetri.....                          | 47        |
| 3.3. Data Pasang Surut.....                        | 49        |
| 3.4. Data Arus.....                                | 51        |
| 3.5. Data Angin.....                               | 54        |
| 3.6. Data Tanah.....                               | 58        |
| <b>BAB IV EVALUASI LAYOUT.....</b>                 | <b>61</b> |
| 4.1. Umum.....                                     | 61        |
| 4.2. Dermaga Rencana Pelabuhan Tanjungwangi.....   | 61        |
| 4.3. Evaluasi Layout Perairan.....                 | 62        |
| 4.4. Evaluasi Layout Daratan.....                  | 67        |
| <b>BAB V KRITERIA DESAIN DERMAGA.....</b>          | <b>71</b> |
| 5.1. Peraturan yang Digunakan.....                 | 71        |
| 5.2. Kapal Rencana.....                            | 71        |
| 5.3. Kualitas Material.....                        | 72        |
| 5.3.1. Mutu Beton.....                             | 87        |
| 5.3.2. Selimut Beton.....                          | 73        |
| 5.3.3. Mutu baja.....                              | 73        |
| 5.4. Desain Dimensi Struktur.....                  | 73        |
| 5.5. Perencanaan Layout Pembalokan.....            | 74        |
| 5.6. Pembebanan Pada Struktur Dermaga.....         | 76        |
| 5.6.1. Beban Vertikal.....                         | 76        |

|  |  |            |
|--|--|------------|
| 5.6.2.   | Perencanaan Fender .....                               | 79         |
| 5.6.3.   | Perencanaan Boulder.....                               | 88         |
| 5.7.   | Perhitungan Tinggi Struktur Dermaga .....              | 94         |
| <b>BAB VI PERENCANAAN STRUKTUR DERMAGA .....</b>   |  | <b>95</b>  |
| 6.1.   | Umum.....  | 95         |
| 6.2.   | Perencanaan Pelat.....                                 | 95         |
| 6.3.   | Pemodelan Struktur Dermaga dengan SAP 2000.....        | 149        |
| 6.3.1.   | Perhitungan Pembebanan yang Terjadi Pada Dermaga ..... | 149        |
| 6.3.2.   | Penulangan Balok Melintang .....                       | 158        |
| 6.3.3.   | Penulangan Plank Fender .....                          | 167        |
| 6.3.4.   | Perencanaan Pile Cap (Poer) .....                      | 173        |
| 6.4.   | Perencanaan Pondasi .....                              | 181        |
| <b>BAB VII KRITERIA DESAIN TRESTLE .....</b>       |  | <b>195</b> |
| 7.1.   | Peraturan yang digunakan .....                         | 195        |
| 7.2.   | Kualitas Bahan dan Material .....                      | 195        |
| 7.2.1.   | Mutu Beton.....  | 195        |
| 7.2.2.   | Selimit Beton.....                                     | 195        |
| 7.2.3.   | Mutu baja .....  | 195        |
| 7.3.   | Disain dimensi Struktur.....                           | 196        |
| 7.4.   | Perencanaan layout.....                                | 196        |
| 7.5.   | Pembebanan pada Struktur .....                         | 198        |
| 7.5.   | Perhitungan Tinggi Struktur Trestle .....              | 200        |
| <b>BAB VIII PERENCANAAN STRUKTUR TRESTLE .....</b> |  | <b>201</b> |
| 8.1.   | Umum.....  | 205        |
| 8.2.   | Perencanaan Pelat Trestle.....                         | 205        |
| 8.3.   | Pemodelan Struktur Trestle dengan SAP 2000 .....       | 234        |
| 8.3.1.   | Perhitungan Pembebanan Struktur Trestle .....          | 234        |
| 8.3.2.   | Penulangan Balok Melintang .....                       | 235        |
| 8.3.3.   | Perhitungan Balok Melintang .....                      | 240        |
| 8.3.4.   | Perencanaan Pile Cap.....                              | 248        |
| 8.4.   | Perencanaan Pondasi .....                              | 255        |
| 8.5.   | Perencanaan Abutment.....                              | 267        |
| 8.5.1.   | Perhitungan Berat Abutment .....                       | 267        |
| 8.5.2.   | Perhitungan Tanah aktif dan momen.....                 | 268        |

|   |            |
|---|------------|
| 8.5.3. Pembebanan.....                                | 270        |
| 8.5.4. Kontrol Stabilitas .....                       | 274        |
| 8.5.5. Kontrol kekuatan tiang pancang .....           | 277        |
| 8.5.6. Kontrol kekuatan Abutmen dan pilecap .....     | 280        |
| <b>BAB X METODE PELAKSANAAN.....</b>                  | <b>283</b> |
| 9.1. Umum .....                                       | 283        |
| 9.2. Pekerjaan Persiapan Dermaga Dan Trestle.....     | 283        |
| 9.3. Pelaksanaan Pembangunan Trestle Dan Dermaga..... | 286        |
| 9.3.1. Pemancangan .....                              | 286        |
| 9.3.2. Pengecoran Poer .....                          | 289        |
| 9.3.3. Pengecoran Balok .....                         | 289        |
| 9.4. Pengecoran Pelat.....                            | 289        |
| 9.5.5. Pemasangan fender .....                        | 290        |
| 9.5.6. Pemasangan bollard .....                       | 291        |
| <b>BAB X ANALISA BIAYA .....</b>                      | <b>293</b> |
| 10.1. Umum.....                                       | 293        |
| 10.2. Analisa Harga Satuan .....                      | 296        |
| 10.3. Rencana Anggaran Biaya .....                    | 309        |
| <b>BAB XI KESIMPULAN .....</b>                        | <b>311</b> |
| DAFTAR PUSTAKA.....                                   | 319        |
| LAMPIRAN  |            |
| BIODATA PENULIS                                       |            |

## DAFTAR TABEL

|                | Halaman  |
|----------------|--|
| <b>BAB II</b>  |  |
| Tabel 2.1      | Tinggi gelombang izin di Pelabuhan ..... 20                                  |
| Tabel 2.2      | Kedalaman Perairan..... 22   |
| Tabel 2.3      | Panjang Alur ..... 25  |
| Tabel 2.4      | Gaya Tarikan Kapal..... 28   |
| Tabel 2.5      | Koefisien – Koefisien $\omega_p, C_3, C_4, C_5$ ..... 35                     |
| Tabel 2.6      | Base coefficient $\alpha$ ..... 40   |
| Tabel 2.7      | Shaft Coefficient $\beta$ ..... 40   |
| <b>BAB III</b> |  |
| Tabel 3.1      | Frekuensi Angin Periode 2008-2013 ..... 55                                   |
| Tabel 3.2      | Rekap data perhitungan fetch efektif ..... 57                                |
| <b>BAB IV</b>  |  |
| Tabel 4.1      | Hasil perhitungan evaluasi layout perairan..... 65                           |
| <b>BAB V</b>   |  |
| Tabel 5.1      | Kecepatan Tambat Kapal ..... 81  |
| Tabel 5.2      | Super Cone Fender Peformance ..... 83  |
| Tabel 5.3      | Super Cone Fender Dimensions ..... 84  |
| Tabel 5.4      | Tekanan Kontak Ijin Kapal..... 86  |
| Tabel 5.5      | Gaya Tarik Boulder Berdasarkan Ukuran Kapal 88                               |
| <b>BAB VI</b>  |  |
| Tabel 6.1      | Nilai Koefisien X untuk Masing – Masing Tipe Pelat ..... 99                  |
| Tabel 6.2      | Momen Akibat Beban Mati dan Hidup untuk Masing – Masing Tipe Pelat ..... 102 |
| Tabel 6.3      | Koefisien Momen Akibat Beban Terpusat ..... 104                              |
| Tabel 6.4      | Momen Akibat Beban Terpusat Roda Truk ..... 133                              |
| Tabel 6.5      | Momen Akibat Beban Terpusat Petikemas ..... 135                              |
| Tabel 6.6      | Momen Akibat Beban Terpusat Cover hatch .. 137                               |

|            |  |     |
|------------|--|-----|
| Tabel 6.7  | Momen Rencana dari Kombinasi Momen .....               | 139 |
| Tabel 6.8  | Penulangan untuk Semua Jenis Pelat .....               | 147 |
| Tabel 6.9  | Hasil Output SAP 2000 .....                            | 155 |
| Tabel 6.10 | Penulangan untuk Semua Jenis Struktur .....            | 182 |
| Tabel 6.11 | Output Gaya Dalam Tiang Pancang dari SAP 2000<br>..... | 183 |

## **BAB VIII**

|            |  |     |
|------------|--|-----|
| Tabel 8.1  | Nilai Koefisien X untuk Masing – Masing Tipe Pelat .....                 | 205 |
| Tabel 8.2  | Momen Akibat Beban Mati dan Hidup untuk Masing – Masing Tipe Pelat ..... | 207 |
| Tabel 8.3  | Koefisien Momen Akibat Beban Terpusat .....                              | 208 |
| Tabel 8.4  | Momen Akibat Beban Terpusat Roda Truk .....                              | 220 |
| Tabel 8.5  | Momen Rencana dari Kombinasi Momen .....                                 | 221 |
| Tabel 8.6  | Perhitungan penulangan pelat trestle .....                               | 229 |
| Tabel 8.7  | Hasil Output SAP 2000 .....  | 236 |
| Tabel 8.9  | Output Gaya Dalam Tiang Pancang dari SAP 2000<br>.....                   | 255 |
| Tabel 8.10 | Perhitungan abutment .....   | 267 |
| Tabel 8.11 | Perhitungan berat tanah .....  | 268 |
| Tabel 8.12 | Momen Ea pada titik O .....  | 270 |
| Tabel 8.13 | Rangkuman beban yang terjadi .....                                       | 273 |

## **BAB X**

|            |                              |     |
|------------|------------------------------|-----|
| Tabel 10.1 | Harga Material .....         | 293 |
| Tabel 10.2 | Harga Sewa Alat .....        | 295 |
| Tabel 10.3 | Harga Upah Pekerja .....     | 295 |
| Tabel 10.4 | Analisa Harga Satuan .....   | 296 |
| Tabel 10.5 | Rencana Anggaran Biaya ..... | 306 |
| Tabel 10.6 | Rekapitulasi Harga .....     | 309 |

## DAFTAR GAMBAR

|  | Halaman |
|--|---------|
| <b>BAB I</b>   |         |
| Gambar 1.1 Layout existing Pelabuhan Tanjungwangi .....              | 3       |
| Gambar 1.2 Peta Pengembang dermaga .....                             | 4       |
| Gambar 1.3 Alur pengerjaan Tugas Akhir .....                         | 7       |
| <b>BAB II</b>  |         |
| Gambar 2.1 Kuva Pasang Surut .....                                   | 15      |
| Gambar 2.2 Hubungan Kecepatan Angin dilaut dan didarat               | 17      |
| Gambar 2.3 Contoh Perhitunga Fetch Efektif .....                     | 19      |
| Gambar 2.4 Lebar alur satu jalur .....                               | 23      |
| Gambar 2.5 Lebar alur dua jalur .....                                | 23      |
| Gambar 2.6 Dermaga Tipr open pier .....                              | 25      |
| Gambar 2.7 Posisi kapal saat membentur fender .....                  | 27      |
| Gambar 2.8 Koefisien kuat arus .....                                 | 31      |
| Gambar 2.9 Koefisien tekanan angin .....                             | 32      |
| Gambar 2.10 Distribusi beban pelat .....                             | 36      |
| Gambar 2.11 Posisi titik jepit tiang pancang .....                   | 34      |
| <b>BAB III</b>   |         |
| Gambar 3.1 Peta rencana pengembangan pelabuhan<br>Tanjungwangi ..... | 48      |
| Gambar 3.2 Potongan Bathymetri Pelabuhan tanjungwangi                | 49      |
| Gambar 3.3 Peta grafik pasang surut .....                            | 50      |
| Gambar 3.4 Diagram Arus Pelabuhan Tanjungwangi .....                 | 51      |
| Gambar 3.5 Kontur arus perairan Selat Bali .....                     | 52      |
| Gambar 3.4 Kontur arus perairan Pelabuhan Tanjungwangi               | 53      |
| Gambar 3.6 Diagram Windrose .....                                    | 54      |
| Gambar 3.7 Fetch Arah timur laut .....                               | 56      |
| Gambar 3.8 Fetch Arah timur .....                                    | 56      |
| Gambar 3.9 Fetch Arah tenggara .....                                 | 57      |
| Gambar 3.10 Titik Pengambilan data tanah .....                       | 59      |
| Gambar 3.11 Lokasi pengambilan data tanah .....                      | 59      |
| Gambar 3.13 Statigrafi Lapisan tanah Tanjungwangi .....              | 60      |
| <b>BAB IV</b>  |         |
| Gambar 4.1 Dermaga Rencana dengan panjang 251 m .....                | 62      |



|               |  |     |
|---------------|--|-----|
| Gambar 4.2    | Hasil evaluasi layout perairan.....                | 66  |
| Gambar 4.3    | Layout dermaga .....                               | 69  |
| Gambar 4.4    | Kondisi Permukaan Dermaga .....                    | 68  |
| <b>BAB V</b>  |  |     |
| Gambar 5.1    | Kapal container.....                               | 72  |
| Gambar 5.2    | Denah pembalokan dermaga.....                      | 75  |
| Gambar 5.3    | Konfigurasi beban roda truck .....                 | 77  |
| Gambar 5.4    | Beban terpusat akibat beban petikemas .....        | 78  |
| Gambar 5.5    | Konfigurasi beban portainer .....                  | 78  |
| Gambar 5.6    | Jari – jari girasi sebagai fungsi koefisien blok . | 80  |
| Gambar 5.7    | Dimensi Fender SCN.....                            | 84  |
| Gambar 5.8    | Dimensi panel fender SCN.....                      | 85  |
| Gambar 5.9    | Kondisi Kapal saat bertambat di dermaga .....      | 87  |
| Gambar 5.10   | Arah Arus Dilokasi dermaga .....                   | 89  |
| Gambar 5.11   | Bollard type BR-150.....                           | 93  |
| <b>BAB VI</b> |  |     |
| Gambar 6.1    | Layout tipe pelat .....                            | 96  |
| Gambar 6.2    | Pelat tepi ditumpu jepit penuh .....               | 97  |
| Gambar 6.3    | Pelat tepi ditumpu jepit elastis.....              | 97  |
| Gambar 6.4    | Pelat tepi A .....                                 | 98  |
| Gambar 6.5    | Posisi roda truk pada kombinasi I melintang....    | 106 |
| Gambar 6.6    | Posisi roda truk pada kombinasi I memanjang        | 109 |
| Gambar 6.7    | Posisi roda truk pada kombinasi II melintang ..    | 112 |
| Gambar 6.8    | Posisi roda truk pada kombinasi II memanjang       | 114 |
| Gambar 6.9    | Posisi kaki petikemas kombinasi I melintang...     | 117 |
| Gambar 6.10   | Posisi kaki petikemas kombinasi I memanjang        | 120 |
| Gambar 6.11   | Posisi kaki petikemas kombinasi II melintang .     | 124 |
| Gambar 6.12   | Posisi kaki petikemas kombinasi II memanjang       | 126 |
| Gambar 6.13   | Posisi kaki Cover Hatch.....                       | 129 |
| Gambar 6.14   | Pemasangan tulangan arah x dan y .....             | 141 |
| Gambar 6.15   | Pemasangan tulangan arah x dan y .....             | 144 |
| Gambar 6.16   | Beban Terpusat container crane.....                | 150 |
| Gambar 6.17   | Respon spectrum gempa .....                        | 150 |
| Gambar 6.18   | Permodelan Dermaga.....                            | 153 |
| Gambar 6.19   | Pembebanan SAP.....                                | 157 |

|             |                                       |     |
|-------------|---------------------------------------|-----|
| Gambar 6.20 | Beban yang bekerja pada pilecap ..... | 174 |
| Gambar 6.21 | Grafik daya dukung tanah .....        | 184 |
| Gambar 6.22 | Tampak atas tiang pancang.....        | 193 |

## **BAB VII**

|            |                                |     |
|------------|--------------------------------|-----|
| Gambar 7.1 | Denah Pembalokan trestle ..... | 197 |
| Gambar 7.2 | Konfigurasi roda truk .....    | 199 |

## **BAB VIII**

|             |   |     |
|-------------|---|-----|
| Gambar 8.1  | Penentuan ukuran pelat.....                     | 202 |
| Gambar 8.2  | Pelat tepi tumpuan jepit penuh .....            | 203 |
| Gambar 8.3  | Pelat tipe tumpuan jepit elastis .....          | 203 |
| Gambar 8.4  | Pelat tipe A .....                              | 204 |
| Gambar 8.5  | Posisi roda truk pada kombinasi I melintang.... | 209 |
| Gambar 8.6  | Posisi roda truk pada kombinasi I memanjang.    | 212 |
| Gambar 8.7  | Posisi roda truk pada kombinasi II melintang .. | 215 |
| Gambar 8.8  | Posisi roda truk pada kombinasi II memanjang    | 217 |
| Gambar 8.9  | Pemasangan tulangan arah x dan arah y .....     | 223 |
| Gambar 8.10 | Pemasangan tulangan arah x dan arah y .....     | 277 |
| Gambar 8.11 | Respon spektrum .....                           | 230 |
| Gambar 8.12 | Permodelan trestle .....                        | 233 |
| Gambar 8.13 | Pembebanan trestle .....                        | 235 |
| Gambar 8.14 | Perencanaan beban yang bekerja pada pilecap.    | 246 |
| Gambar 8.15 | Grafik daya dukung .....                        | 256 |
| Gambar 8.16 | Tampak atas tiang pancang.....                  | 265 |
| Gambar 8.17 | Abutment Trestle .....                          | 267 |
| Gambar 8.18 | Daya dukung tanah tiang pancang.....            | 278 |

## **BAB IX**

|            |   |     |
|------------|---|-----|
| Gambar 9.1 | Direksi kit .....                       | 284 |
| Gambar 9.2 | Pengadaan/penumpukan tiang pancang..... | 285 |
| Gambar 9.3 | Ponton pancang dan ponton crane .....   | 286 |
| Gambar 9.4 | Pengangkutan pancang dengan ponton..... | 287 |
| Gambar 9.5 | Pemeriksaan posisi tiang pancang .....  | 287 |
| Gambar 9.6 | Penyambungan antar tiang pancang .....  | 288 |
| Gambar 9.7 | Pemancangan tiang baja .....            | 288 |
| Gambar 9.8 | Proses pengecoran pelat .....           | 289 |

|                                      |     |
|--------------------------------------|-----|
| Gambar 9.9 Fender Type SCN .....     | 290 |
| Gambar 9.10 Boulder Type BR-150..... | 291 |

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar belakang**

Kabupaten Banyuwangi merupakan salah satu kabupaten di Propinsi Jawa Timur ,tepatnya di ujung timur dari Pulau Jawa .Kabupaten Banyuwangi memiliki wilayah pantai yang terbentang cukup luas, bagian timur Kabupaten Banyuwangi berbatasan dengan Selat Bali dan bagian selatan yang berbatasan dengan perairan Samudra Hindia. Karena wilayah pantai yang terbentang dari timur dan selatan, Kabupaten Banyuwangi memiliki potensi yang cukup besar dalam kegiatan pelayaran.

Pelabuhan Tanjungwangi merupakan pelabuhan yang berada di wilayah timur Provinsi Jawa Timur. Pelabuhan Tanjung Wangi terletak berseberangan dengan Pulau Bali. Posisi pelabuhan cukup strategis yaitu menghadap ke Selat Bali dan berada dalam kordinat 08<sup>0</sup>07'50'' LS dan 114<sup>0</sup>23'53''BT.Selain bersebrangan dengan Pulau Bali,pelabuhan ini juga cukup dekat dengan Provinsi Nusa Tenggara Barat dan Nusa Tenggara Timur,dimana letaknya berada dalam kawasan sekitar 1.000 km dari Pelabuhan Tanjungwangi. Pelabuhan Tanjungwangi merupakan pelabuhan regional , dimana dalam RTRW Provinsi Jawa Timur, Pelabuhan Tanjungwangi merupakan pelabuhan yang akan direncanakan menjadi pelabuhan Utama.Pelabuhan ini mempunyai lingkungan kerja perairan cukup luas, yaitu seluas 88 Ha dan lingkungan kerja daratan seluas 8,8 Ha. pelabuhan tanjungwangi melayani muatan dari daerah di sekitar Kabupaten Banyuwangi dan juga beberapa kabupaten disekitarnya ,antara lain Kab. Jember, Kab. Bondowoso dan Kab.Situbondo. Dilihat dari wilayah hinterland dari Pelabuhan Tanjungwangi sangat banyak sekali komoditas yang dihasilkan,seperti hasil pertanian dan perkebunan ,sehingga pengembangan pelabuhan diarahkan untuk terminal general cargo, terminal curah kering dan terminal peti kemas.

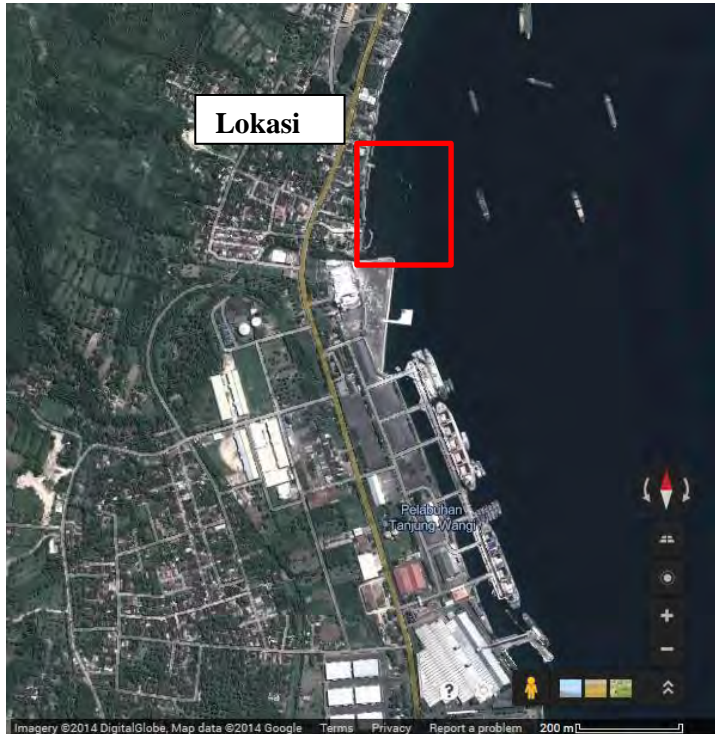
Perkembangan arus barang pelabuhan tanjungwangi dari tahun ke tahun selalu mengalami peningkatan. Pada akhir tahun 2012 , Arus barang realisasi tahun 2012 mencapai 1.590.718 Ton dan 906.070 Ton/Liter atau masing-masing 162.83 % dan 107.66 % dari anggaran tahun 2012, arus barang dalam satuan ton mengalami peningkatan terutama B/M barang – barang curah kering seperti semen curah dan pupuk curah, bag cargo seperti semen bag, pupuk bag, dan beras bag dan BBM. Arus penumpang realisasi tahun 2012 mencapai 10.212 Orang atau 100,08 % dari anggaran tahun 2012 (*sumber: Pelindo III*). Ini menunjukkan bahwa pelabuhan tanjungwangi sudah ramai diminati dan memiliki potensi menjadi pelabuhan internasional serta mampu menjadi pintu gerbang utama daerah timur Pulau Jawa

Dalam penggunaan terminal petikemas di wilayah Pelabuhan Tanjungwangi masih dirasa kurang optimal, hal seperti ini terlihat dari adanya pengiriman peti kemas dari daerah pendukung ke Terminal Petikemas Surabaya (TPS). Penyebab kurang optimal Pelabuhan tanjungwangi , dikarenakan dermaga Pelabuhan Tanjungwangi masih kurang ideal untuk menjadi pelabuhan utama. dan bisa dilihat pada (lihat : **Gambar 1.1**)

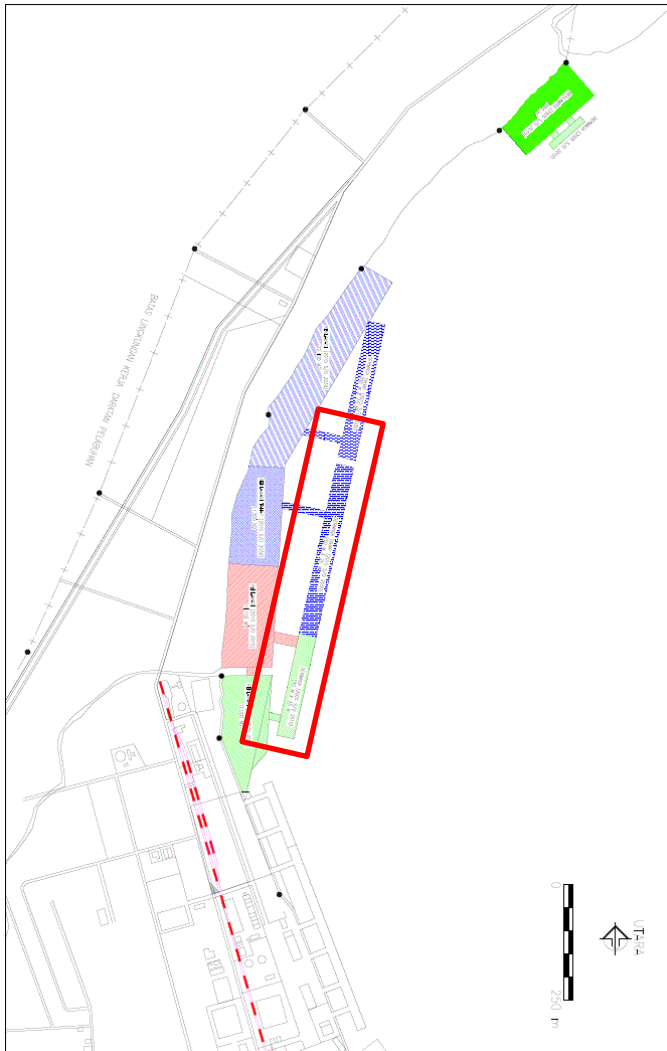
Untuk menunjang arus ekspor impor di Pelabuhan Tanjungwangi , maka PT. Pelindo III perlu melakukan perluasan dermaganya (lihat : **Gambar 1.2**). Perluasan dermaga ini harus dilakukan agar dapat melayani peningkatan arus bongkar muat barang. Sehingga dirasa perlu untuk membangun dermaga yang khusus peti kemas . Selain itu, untuk mengimbangi kebutuhan kapal yang bersandar yang cukup besar, maka diperlukan dermaga yang mampu sebagai tempat bersandar kapal berkapasitas besar agar dapat menambah efisiensi dan produktivitas dermaga tersebut. Pembangunan ini nantinya baik secara langsung maupun tidak langsung akan berpengaruh terhadap potensi wilayah sekitar pelabuhan dalam peningkatan pertumbuhan ekonomi.

Dari latar belakang diatas, penulis merasa tertarik untuk melakukan kegiatan studi berupa perencanaan detail

pembangunan dermaga petikemas Pelabuhan Tanjungwangi ,Kabupaten Banyuwangi menjadikanya sebagai topik tugas akhir penulis. Penulis lebih membahas pada pendetailan struktur dermaga . Perencanaan yang akan dibuat oleh penulis didasarkan pada kebutuhan dari PT. Pelindo III



**Gambar 1.1:** Lay out existing Pelabuhan Tanjungwangi  
(sumber : google map 2014 )



**Gambar 1.2** : Peta pengembangan dermaga  
(sumber : PT Pelindo III)

## **1.2. Perumusan Masalah**

Dalam tugas akhir ini Permasalahan yang akan dibahas adalah : Perencanaan Detail Dermaga Petikemas Pelabuhan Tanjungwangi , Kabupaten Banyuwangi ,.

Detail permasalahannya adalah :

1. Besarnya arus laut diperairan Selat Bali sehingga bisa menyebabkan cross current , oleh karena itu perlu ditinjau dalam perencanaan pengembangan pelabuhan di Pelabuhan Tanjungwangi
2. Kurang optimalnya Pelabuhan Tanjungwangi sebagai pelabuhan petikemas dikarenakan kurang idealnya kondisi dermaga sehingga dibutuhkan perluasan dermaga di pelabuhan tanjung wangi

## **1.3. Tujuan Tugas Akhir**

Tujuan yang akan dicapai dari pembahasan tugas akhir ini adalah :

1. Merencanakan dermaga tanjungwangi sesuai standart perencanaan dengan kondisi arus perairan yang besar yang bisa menyebabkan cross current pada daerah pelabuhan.
2. Evaluasi layout daratan dan perairan Pelabuhan Tanjungwangi
3. Melakukan perencanaan metode pelaksanaan pembangunan struktur dermaga yang sesuai dengan kondisi daerah setempat
4. Melakukan perhitungan rencana anggaran biaya dari strukrur dermaga yang direncanakan.

## **1.4. Manfaat Tugas Akhir**

Manfaat yang dapat diberikan Tugas Akhir ini adalah :

1. Memberikan gambaran tentang perencanaan pembangunan dermga petikemas Pelabuhan Tanjungwangi yang nantinya akan mempermudah bagi



pihak terkait dalam pembangunan dermaga Pelabuhan Tanjungwangi, Kabupaten Banyuwangi.

2. Sebagai referensi bagi mahasiswa, pemerintah ataupun insatansi lain yang akan melaksanakan Proyek serupa

### **1.5. Lingkup Pekerjaan**

Pekerjaan akan dikerjakan dalam tugas akhir ini adalah :

- I. Pengumpulan dan analisa data
- II. Evaluasi layout daratan dan perairan
- III. Perencanaan Struktur Dermaga dan trestle
  - a. Kriteria perencanaan dermaga dan trestle
  - b. Perencanaan pembebanan dermaga dan trestle
  - c. Perhitungan struktur dermaga dan trestle
  - d. Perencanaan detail teknis dermaga dan trestle
  - e. Kontrol stabilitas struktur dan tanah
- IV. Metode pelaksanaan
  - a. Metode pelaksanaan dermaga
- V. Menghitung RAB
  - a. Harga material dan upah.
  - b. Analisa harga satuan.
  - c. Rencana anggaran biaya.

### **1.6. Batasan Masalah**

Dalam pengerjaan Tugas Akhir ini nantinya, beberapa batasan masalah yang dipakai sebagai pedoman adalah :

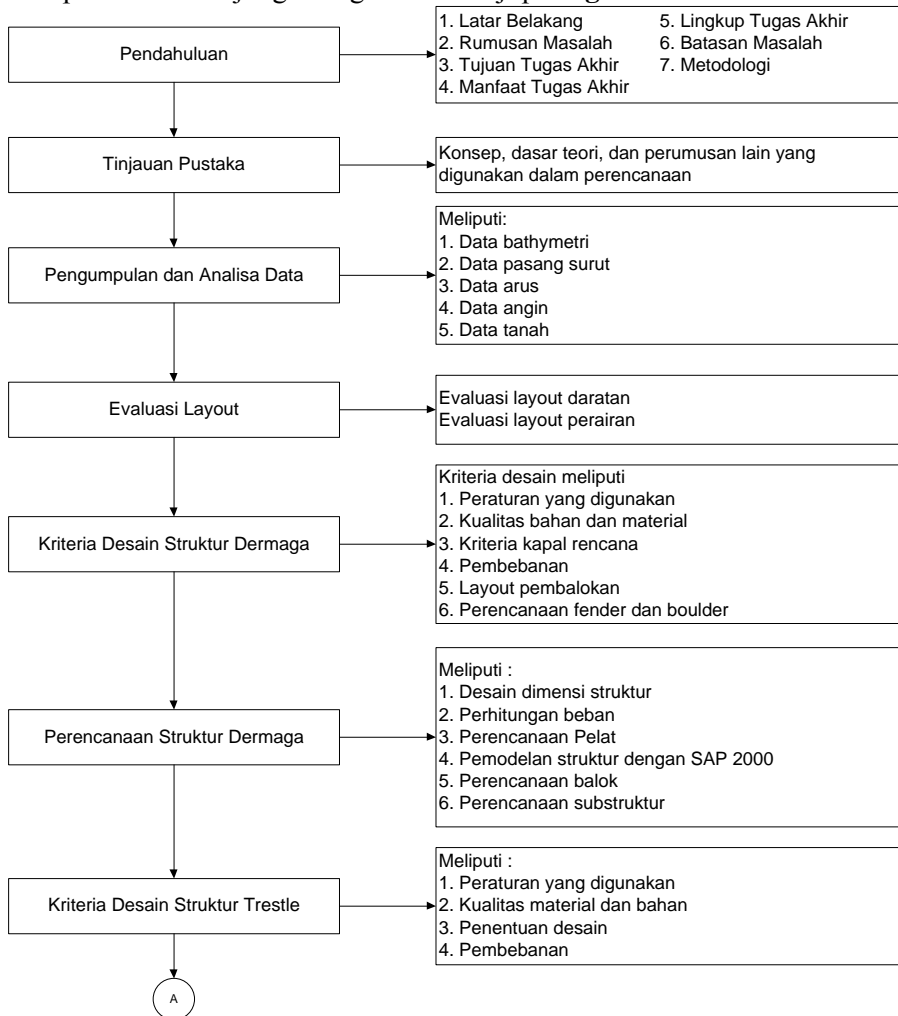
- I. Data yang dipakai adalah data sekunder
- II. Tidak menghitung pengerukan dan pekerjaan reklamasi.
- III. Tidak menghitung sedimentasi di sepanjang pantai Tanjung wangi
- IV. Tidak menghitung lapangan penumpukan dan fasilitas-fasilitas yang lain.

Rumus Rumus yang dipakai adalah rumus empiric, tanpa ada penurunan rumus.

## 1.7 Metodologi

### 1.7.1 Bagan Alir Penyelesaian Tugas Akhir

Langkah – langkah dalam perencanaan dermaga petikemas Tanjung Wangi akan tersaji pada **gambar 3.1** :





**Gambar1.3** Alur pengerjaan Tugas Akhir

### 1.7.2 Langkah Penyelesaian Tugas Akhir

Adapun keterangan dari bagan metodologi di atas adalah sebagai berikut :

1. Pendahuluan  
Mempelajari tentang latar belakang, lokasi, permasalahan, ruang lingkup pekerjaan dan tujuan.
2. Tinjauan Pustaka  
Mempelajari tentang dasar teori, konsep, dan perumusan yang akan digunakan dalam perencanaan.
3. Pengumpulan dan Analisa Data  
Data yang digunakan untuk perencanaan adalah data sekunder yaitu :
  - a. Data bathymetri
  - b. Data pasang surut
  - c. Data angin
  - d. Data arus
  - e. Data tanah

Analisa data meliputi :

- a. Analisa data bathymetri
- b. Analisa data pasang surut
- c. Analisa data angin
- d. Analisa data arus
- e. Analisa data tanah

#### 4. Evaluasi Layout

##### a. Layout Perairan

Evaluasi Layout perairan meliputi lebar alur, dimensi kolam dermaga, dan kebutuhan kedalaman perairan pada dermaga, alur masuk dan areal penjangkaran.

##### b. Layout Daratan

- Posisi kemiringan Dermaga

Dalam perhitungan arus laut harus mengetahui kondisi besar kecil arus dan arah arus , agar tidak terjadi cross section . sehingga penempatan kemiringan dermaga harus tepat

- Panjang Dermaga

Dalam perhitungan kebutuhan panjang dermaga digunakan kapal rencana sesuai dengan fungsi dermaga dimana memperhatikan data kapal, yaitu jenis kapal dan jumlah kapal yang bertambat pada dermaga rencana.

- Lebar Dermaga

Lebar dermaga tidak ditentukan secara khusus, tetapi disesuaikan dengan ruang penggunaan peralatan operasional pelabuhan seperti lebar peralatan bongkar muat serta lebar yang dibutuhkan untuk manuver truk dan alat berat lain.

- Elevasi Permukaan Dermaga

Elevasi dermaga dihitung pada saat muka air pasang tertinggi.

## 5. Kriteria Desain

Kriteria desain meliputi :

- a. Peraturan yang digunakan
- b. Kualitas bahan dan material
- c. Kriteria kapal rencana
- d. Pembebanan
- e. Layout pembalokan
- f. Perencanaan fender dan boulder

## 6. Perencanaan Struktur Dermaga

Perencanaan struktur dermaga meliputi :

- a. Desain masing-masing bagian struktur yaitu pelat, balok, poer dan tiang pancang.
- b. Perhitungan Beban  
Perhitungan beban terdiri dari beban vertikal dan horisontal. Beban vertikal meliputi: beban mati dari berat sendiri, beban hidup terpusat dan beban hidup merata akibat muatan. Sedangkan beban horisontal meliputi: gaya fender, gaya boulder, gaya arus, tekanan angin dan beban gempa.
- c. Analisis Struktur  
Analisis struktur bertujuan untuk mendapatkan output gaya dalam berupa gaya aksial, geser, dan momen. Analisis struktur dicari dengan menggunakan *software* SAP 2000 dan peraturan PBI'71.
- d. Perencanaan Penulangan  
Perencanaan penulangan menggunakan metode elastis cara 'n' dalam PBI'71 untuk penulangan pelat, balok dan poer. Prinsip kerusakan dalam metode elastis ini adalah tulangan diharapkan akan leleh lebih dahulu sebelum beton retak, sehingga melindungi struktur dari karat akibat retak.

e. Perencanaan Substruktur

Struktur dermaga yang akan direncanakan adalah dermaga open pier dan memakai tiang pancang sebagai pendukungnya. Langkah - langkah untuk perencanaan tiang pancang adalah sebagai berikut:

- Menentukan Tipe material tiang pancang, yaitu memakai tiang pancang baja atau tiang pancang beton
- Menghitung daya dukung tiang pancang dengan metode Luciano Decourt
- Menentukan tinggi daerah jepit tiang ( $Z_f$ )
- Mengontrol kekuatan bahan yaitu membandingkan besarnya tegangan yang terjadi akibat beban luar harus lebih kecil dari pada tegangan ijin bahan
- Mengontrol kekuatan tiang saat berdiri sendiri terhadap gelombang, dimana frekuensi tiang harus lebih besar dari pada frekuensi gelombang yang terjadi
- Menghitung daya dukung tiang pancang dengan sistem kalendering

7. Perencanaan trestle

Struktur yang direncanakan meliputi :

- a. Perencanaan Denah Pembalokan  
Perencanaan denah pembalokan meliputi penentuan layout balok, posisi tiang pancang.
- b. Desain masing-masing bagian struktur yaitu pelat, balok, poer dan tiang pancang.
- c. Analisis struktur bertujuan untuk mendapatkan output gaya dalam berupa gaya aksial, geser, dan momen. Analisis struktur dicari dengan menggunakan *software* SAP 2000 dan peraturan PBI'71
- d. Perencanaan tiang pancang

8. Perencanaan Metode Pelaksanaan  
Perencanaan metode pelaksanaan meliputi metode pengadaan dan pelaksanaan struktur dermaga dan Trestle yang meliputi pengadaan dan pelaksanaan pemancangan, pengecoran poer, balok melintang dan memanjang serta pelat lantai dan peralatan fasilitas yang lain.
9. Perhitungan Rencana Anggaran Biaya  
Analisis anggaran biaya dilakukan sesuai dengan standar dan kebutuhan yang ada. Urutan dari analisis ini yaitu :
  - a. Harga material dan upah
  - b. Analisis Harga Satuan.
  - c. Perhitungan Volume Pekerjaan.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Umum**

Bab ini akan membahas tentang dasar teori dan rumus-rumus yang digunakan dalam perencanaan struktur dermaga pelabuhan tanjung wangi . Pelabuhan tanjung wangi merupakan pelabuhan pengumpul yang rencananya akan dijadikan pelabuhan utama. Menurut PP 61 tahun 2009 pasal 1 ayat 4 Pelabuhan Utama adalah pelabuhan yang fungsi pokoknya melayani kegiatan angkutan laut dalam negeri dan internasional, alih muat angkutan laut dalam negeri dan internasional dalam jumlah besar, dan sebagai tempat asal tujuan penumpang dan barang , serta angkutan penyeberangan dengan jangkauan pelayanan antarprovinsi.

#### **2.2 Data Dan Analisis**

##### **2.2.1 Peta Bathimetry**

Peta bathimetry berfungsi untuk mengetahui kedalaman dasar laut yang diukur dari posisi 0.00 m LWS . Dalam penentuan peta Bathimetry dapat menggunakan beberapa metode. Metode yang digunakan antara lain menggunakan Theodolit, EDM (Electronic Data Measurement) atau GPS (Geographic Positioning System) yang digunakan untuk alat ukur jarak jauh. Sedangkan alat ukur untuk menentukan kedalaman menggunakan Echosounder beserta alat bantu lainnya. Hasil dari pemetaan bathimetry merupakan garis garis kontur . fungsi peta bathimetry antara lain :

- Menentukan daerah yang tepat untuk perencanaan lokasi dermaga.
- Mengetahui daerah yang berbahaya untuk dilewati kapal dengan melihat kontur dasar laut , sehingga kapal dapat menentukan jalur yang tepat untuk berlayar.



- Mengetahui kondisi kedalaman tanah dengan melihat kontur dasar laut yang digunakan untuk merencanakan kedalaman pearairan pelabuhan .

### **2.2.2 Data Arus**

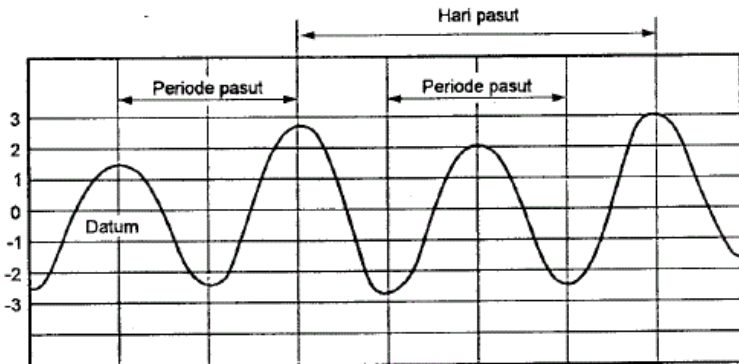
Arus merupakan pergerakan massa air secara vertikal dan horizontal atau juga merupakan gerakan mengalir suatu massa air yang dikarenakan adanya perbedaan densitas pergerakan gelombang. Pergerakan arus dapat dipengaruhi beberapa hal antara adanya perbedaan tekanan air antar lokasi satu dengan lokasi lainnya , perbedaan densitas air, adanya perbedaan topografi dasar laut, dan arus permukaan .

Analisa data arus dalam perencanaan pelabuhan digunakan untuk mengetahui tekanan arus pada kapal terutama untuk menghindari pengaruh tekanan arus yang arahnya tegak lurus terhadap kapal (cross current) agar kapal dapat bermanuver dengan cepat dan aman . Data arus juga di gunakan untuk evaluasi stabilitas garis atau morfologi pantai (erosi atau sedimentasi).

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

### **2.2.3 Data Pasang Surut**

Pasang Surut adalah fenomena naik dan turunnya permukaan air laut secara periodik yang disebabkan oleh adanya pengaruh gaya tarik Matahari terhadap Bumi dan terhadap Bulan. Pasang surut air laut menyebabkan bertambahnya kedalaman laut akibat dari adanya kenaikan muka air laut ,sehingga ada beberapa wilayah pantai yang terbenam sewaktu pasang naik dan terlihat sewaktu pasang surut.



**Gambar 2.1** : Kurva pasang surut

Dalam perencanaan pelabuhan data pasang surut digunakan untuk mengetahui elevasi tertinggi dan terendah . Tinggi Pasang surut dapat ditentukan dengan melihat elevasi tertinggi (pasang ) dan elevasi terendah (surut) dengan berurutan. Periode pasang surut adalah waktu yang diperlukan dari posisi muka air pada muka air rerata ke posisi yang sama berikutnya. Periode pasang surut bisa 12 jam 25 menit atau 24 jam 50 menit, yang tergantung pada tipe pasang surut. Periode pada muka air naik disebut pasang, sedang pada saat air turun disebut surut. Variasi muka air menimbulkan arus yang disebut dengan arus pasang surut yang mengangkut massa air dalam jumlah sangat besar. Pada umumnya elevasi tertinggi atau elevasi muka air pasang digunakan untuk menentukan tinggi dermaga atau breakwater . Sedangkan nilai elevasi terendah atau surut digunakan untuk menentukan alur kedalaman dalam pelayaran.

Pasang surut secara umum dibedakan menjadi 4 type yaitu pasang surut harian tunggal (diurnal tide), harian ganda (semidiurnal tide) dan dua jenis campuran.

- Pasang harian tunggal (diurnal) bila terjadi 1 kali pasang dan surut dalam sehari sehingga dalam satu periode berlangsung sekitar 12 jam 50 menit.

- Pasang harian ganda (semi diurnal) bila terjadi 2 kali pasang dan 2 kali surut dalam sehari.
- Pasang surut campuran (mixed) : baik dengan didominasi semi diurnal maupun diurnal

Komponen penting yang perlu diketahui sebagai hasil analisis data pasang surut adalah :

- LWS (Low water Spring) merupakan hasil perhitungan level muka air rata-rata terendah (surut), sering disebut juga MLWS (Mean Low Water Surface).
- MSL (Mean Sea Level) adalah elevasi rata-rata muka air pada kedudukan pertengahan antara muka air terendah dan tertinggi.
- HWS (High Water Spring) adalah elevasi rata-rata muka air tertinggi(pasang), disebut juga MHWS (mean high water surface).

Pada pelabuhan yang berada pada sungai, data pasang surut berguna untuk mengetahui besarnya sedimantas

#### **2.2.4 Data Angin**

Angin terjadi karena adanya perbedaan suhu dan tekanan yang ada disekitarnya. Angin mengalir dari tekanan tinggi menuju tekanan rendah atau dari suhu tinggi menuju suhu rendah ,oleh sebab itu terjadi angin laut dan angin darat. Angin merupakan unsur dominan yang membentuk gelombang. Angin dapat menyebabkan permukaan air laut yang tenang mengalami gangguan sehingga menimbulkan riak gelombang kecil. Bertambahnya kecepatan angin berakibat pada riak gelombang yang semakin besar. Komponen data angin mencakup distribusi arah dan kecepatan angin.

Data angin dapat diperoleh dari stasiun meteorologi terdekat umumnya berada di bandar udara , untuk melakukan pengukuran angin biasanya menggunakan alat anemometer, Anemometer dapat mengukur arah sekaligus kecepatan angin, dan asesorisnya berupa recorder dengan pena yang menoreh kertas grafik. Cara pemasangan alat adalah dengan memasang

pada posisi 10 meter diatas permukaan laut, dan dipasang sepanjang tahun. Pada umumnya data angin minimal 5 tahun untuk dapat mempelajari pola yang terjadi.

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

$$R_L \frac{U_w}{U_L}$$

Dimana :

RL = Faktor koreksi terhadap kecepatan angin di darat

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

UL = kecepatan angin di atas daratan (m/dt)

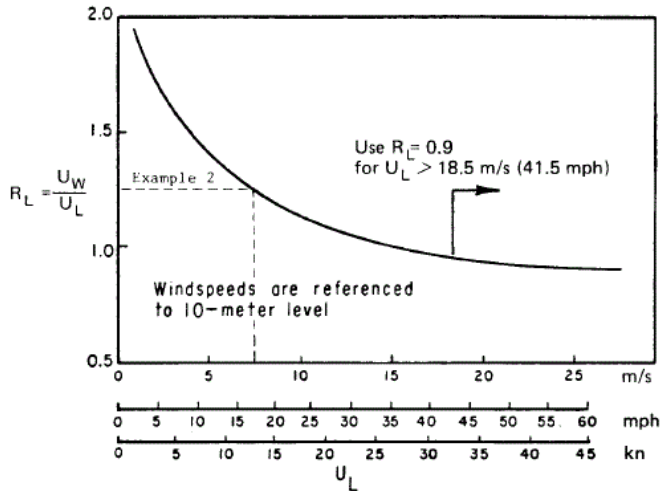
Dalam Perumusan dan grafik pembangkit gelombang mengandung variable  $U_A$  , dimana  $U_A$  adalah faktor tegangan angin yang dapat dihitung dari kecepatan angin. Setelah dilakukan berbagai konversi kecepatan angin , kecepatan angin dikonversikan pada faktor tegangan angin dengan rumus berikut :

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

Dimana :

U = kecepatan angin dalam m/det.

$U_A$  = faktor tegangan angin (wind stress factor)



(after Resio & Vincent, 1977b)

**Gambar 2.2**–Hubungan kecepatan angin dilaut dan didarat  
(Sumber : *Shore Protection Manual*, 1984)

### 2.2.5 Data Gelombang

Data gelombang merupakan faktor terpenting dalam perencanaan bangunan pantai . Gelombang dapat dipengaruhi beberapa hal , antara lain angin , pasang surut , gunung meletus atau gempa laut , kapal yang bergerak dan lain sebagainya, dari beberapa hal faktor penyebab terciptanya gelombang yang paling utama adalah gelombang yang disebabkan angin dan pasang surut. Gelombang akan menimbulkan gaya-gaya yang bekerja pada bangunan pelabuhan. Selainitu gelombang juga bisa menimbulkan arus dan transpor sedimen di daerah pantai. Perencanaan tata layout pelabuhan harus direncanakan sedemikian rupa sehingga sedimentasi yang mengakibatkan pendangkalan di wilayah pelabuhan dapat dikurangi.Selain itu gelombang juga berpengaruh pada ketenangan di perairan pelabuhan

Didalam Peramalan gelombang ada beberapa hal yang perlu diperhatikan ,yaitu kecepatan angin , arah angin , panjang daerah pembangkit gelombang (fetch) dan lama hembusan angin pada fetch.Fetch dibatasi oleh bentuk daratan yang mengelilingi laut. Di daerah pembentukan gelombang tidak hanya dibangkitkan dalam arah yang sama dengan arah angin tetapi juga dalam berbagai sudut terhadap arah angin

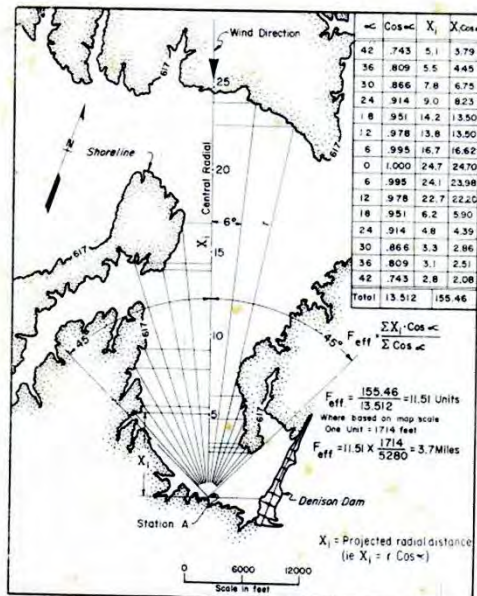
$$F_{eff} = \frac{\sum (X_i \cdot \cos \alpha_i)}{\sum \cos \alpha_i}$$

Dimana :

$F_{eff}$  = fetch rerata efektif

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

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



**Gambar 2.3** : Contoh Perhitungan Fetch Efektif  
(Sumber : Shore Protection Manual, 1984)

Untuk Perhitungan tinggi gelombang dipakai rumus Shore Protection Manual, 1984

$$H_{S_0} = 1,616 \times 10^{-2} U_A F^{1/2}$$

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

$$t = 8,9 \left( \frac{H}{U} \right)$$

Dimana :

$H_{S_0}$  = Tinggi gelombang significant (meter)

$T_0$  = Periode gelombang puncak (detik)

F = Panjang fetch ( km )

$U_A$  = ( 9,8 m/s )

t = (jam)

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

Pada umumnya tinggi gelombang kritis untuk bongkar muat ditentukan berdasarkan jenis kapal , kondisi bongkar muat , dan ukuran kapal .

**Tabel 2.1 – Tinggi gelombang izin di pelabuhan**

| Ship size                       | Threshold wave height for cargo handling ( $H_{1/3}$ ) |
|---------------------------------|--|
| Small-sized ships               | 0.3 m  |
| Medium- and large-sized vessels | 0.5 m  |
| Very large vessels              | 0.7 ~ 1.5 m  |

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

### **2.2.6 Data Tanah**

Dalam Perencanaan pelabuhan ,survey data tanah digunakan untuk mengetahui kondisi tanah yang akan gunakan untuk perencanaan struktur bawah dermaga . Data tanah ini dapat diperoleh dengan melakukan pengeboran dengan mesin bor di beberapa titik yang ditinjau. Selain itu dilakukan uji SPT ,dimana dalam uji SPT ini didapatkan nilai N SPT guna mengetahui lapisan-lapisan tanahnya.

### **2.2.7 Data Kapal**

Data kapal digunakan untuk mengetahui jenis kapal dan dimensi yang berlabuh didermaga yang akan direncanakan .Pada umumnya data kapal yang digunakan adalah bobot kapal, panjang kapal (LOA), lebar kapal dan draft/sarat penuh kapal.

### **2.2.8 Data Alat**

Dalam Perencanaan pelabuhan data alat digunakan untuk meengetahui pembebanan yang membebani struktur dermaga yang direncanakan

## **2.3 Evaluasi layout**

Dalam perencanaan pelabuhan Evaluasi ini bertujuan agar layout sesuai dengan standart yang ada.. Evaluasi layout dibagi menjadi 2 yaitu evaluasi layout darat dan evaluasi layout laut. Evaluasi layout laut digunakan untuk mengevaluasi kedalaman kolam perencanaan , sedangkan evaluasi layout daratan berupa evaluasi layout Unloading platform, , serta elevasi yang dibutuhkan

### **2.3.1. Evaluasi Layout Perairan**

#### **a. Alur Masuk**

Perhitungan Alur masuk dimulai mulut alur sampai kapal mulai berputar, dimana parameter-parameter yang diperlukan untuk penentuan alur masuk ini adalah kedalamanalur masuk, lebar dan panjang alur masuk. Perumusan untuk kebutuhan panjang alur masuk dapat dilihat dalam keputusan menteri perhubungan KM 54 tahun 2002 seperti dibawah ini :

$$A = W \times L$$



$$W = 9B + 30 \text{ meter}$$

Dimana :

A = Luas area alur

W = Lebar alur

L = Panjang Alur Pemandu & Penundaan didalam DLKR

B = Lebar Kapal Maksimum

Untuk kedalaman alur masuk dapat ditentukan berdasarkan Tabel 2.2 berikut :

**Tabel 2.2-** Kedalaman Perairan

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

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

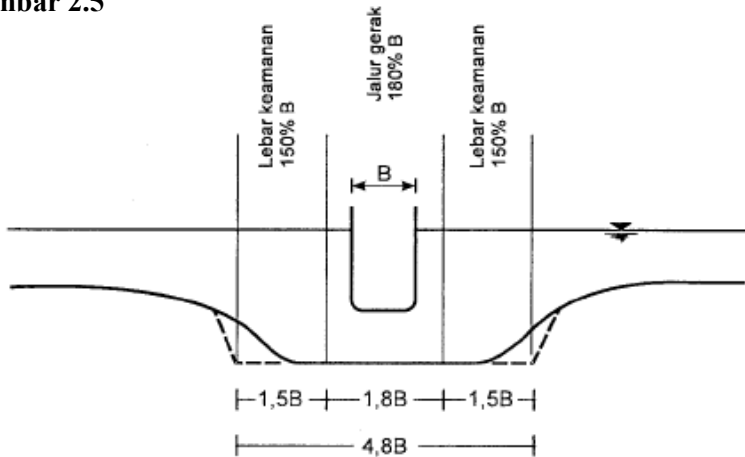
Untuk panjang alur masuk dapat di tentukan berdasarkan Tabel 2.3 berikut :

**Tabel 2.3 –** Panjang Alur

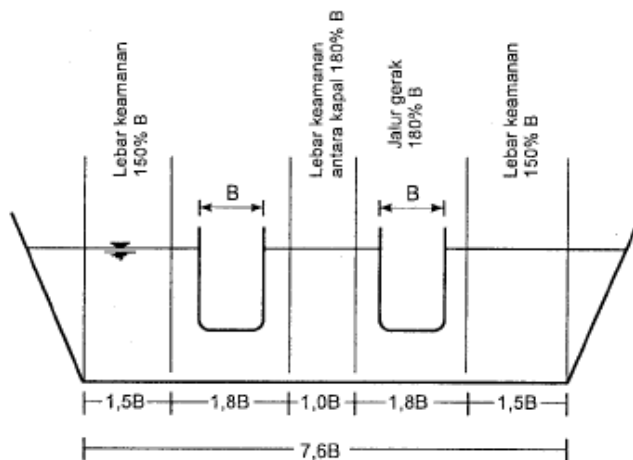
| Lokasi                          | Ukuran   | Keterangan              |
|---------------------------------|----------|-------------------------|
| Panjangalur (stopping distance) | 7 * LOA  | ± 10.000 DWT, 16 knots  |
|                                 | 18 * LOA | ± 200.000 DWT, 16 knots |
|       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

(Sumber : *Diktat Kuliah Pelabuhan , Widiastuti 2000*)

Selain dari tabel diatas, dapat juga ditentukan lebar alur sesuai kebutuhan alur pelayaran yang terjadi pada wilayah perairan yang kita tinjau yang dapat dilihat pada **Gambar 2.4** dan **Gambar 2.5**



**Gambar 2.4** :Lebar alur satu jalur (Bruun, P., 1981)



**Gambar 2.5** :Lebar alur dua jalur (Bruun, P., 1981)

Untuk mengurangi kesulitan dalam pelayaran, sedapat mungkin trase alur pelayaran merupakan garis lurus. Apabila hal tersebut tidak mungkin, maka sumbu alur dibuat dengan beberapa bagian lurus yang dihubungkan dengan busur lingkaran.

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

Kolam putar berada di ujung alur masuk atau dapat diletakkan di sepanjang alur bila alurnya panjang. Kapal diharapkan dapat bermanuver dengan kecepatan rendah (mendekati nol) atau dipandu. Areal yang disediakan dibatasi dengan bentuk lingkaran berdiameter  $Db$ . Sedangkan kedalaman perairan dapat disamakan dengan alur masuk.

- $Db = 2 * LOA$  (kapal bermanuver dengan dipandu)
- $Db = 4 * LOA$  ( kapal bermanuver tanpa bantuan pandu)

c. **Kolam Dermaga (Basin)**

Kolam dermaga berada di depan dermaga dan luasan ini perlu ditentukan bila kedalaman perairan perlu dilakukan pengerukan. Secara keseluruhan ukuran kolam dermaga dapat ditentukan sebagai berikut :

$Panjang = 1.25 * LOA$  (bila dengan dibantu kapal pandu)

$= 1.50 * LOA$  (bila tanpa dibantu kapal pandu)

$Lebar = 4 * B + 50 m$ , 1 dermaga berhadapan

$= 2 * B + 50 m$ , > 1 dermaga berhadapan

$= 1.25 * B$ , dermaga bebas

d. **Kedalaman kolam dermaga**

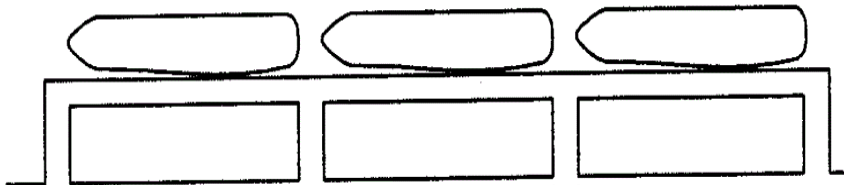
Kedalaman Perairanyang direncanakan harus lebih dalam dari draft penuh kapal terbesar, ditambah kedelaman untuk gerakan akibat gelombang dan angin maupun arus serta squad dan trim sebagai konsekuensi pergerakan kapal, serta untuk ketidakteraturan kedalamanperairan dan kondisi tanah dasar laut. Untuk kemudahan penentuan dalam menentukan kedalaman perairan dapat digunakan aturan sebagai berikut :

- Perairan Tenang =  $1,1 * draft$  kapal
- Perairan terbuka =  $1,2 * draft$  kapal

### 2.3.2 Layout Dermaga

Dalam perencanaan layout dermaga ada dua cara ,yaitu *Bulk Ship Loader* (BSL) dan *Quadrant Arm Loader* (QAL). Untuk perencanaan BSL, strukturnya bertipe wharf atau strukturnya menempel pada garis pantai. Pada perencanaan QAL, strukturnya bertipe jetty, yaitu struktur dermaganya menjorok ke arah lautan yang berfungsi untuk mengurangi volume pengerukan. Pada tugas akhir kali ini ,dalam perencanaan dermaga peti kemas dengan menggunakan konstruksi open pier . Perencanaan dermaga tipe open pier meliputi :

- Panjang Dermaga  
Secara prinsip panjang dermaga dapat dihitung dengan rumusan sebagai berikut:  
 $L_p = 1,1 \text{ LOA}$   
 $L_p = n\text{LOA} + (n-1) 15 + 50$
- Lebar Dermaga  
Lebar dermaga disesuaikan dengan ruang operasional bongkar muat. Lebar apron antara 15 sampai 50 m.
- Elevasi Dermaga  
Penentuan elevasi dermaga (*crown heights*) sangat dipengaruhi oleh beda pasang surut di lokasi dermaga, dimana elevasi dermaga harus lebih tinggi dari muka air tertinggi (HWS). Sehingga penentuan elevasi dermaga dapat dihitung dengan rumus berikut :  
Elevasi dermaga = Beda pasang surut + (1 s/d 1,5 m).



**Gambar 2.6** : Dermaga tipe open pier

## 2.4 Pehitungan Fender dan Boulder

### 2.4.1 Fender

Fender merupakan system konstruksi yang dipasang di depan konstruksi dermaga. Berfungsi sebagai peredam energi akibat tumbukan kapal pada waktu merapat ke dermaga. Yang harus dilakukan dalam perencanaan fender adalah : gaya horisontal yang harus mampu ditahan oleh bangunan dermaga, penentuan ukuran fender/pemilihan tipe fender berdasarkan gaya tersebut, dan cara pemasangan fender baik arah vertikal maupun arah horizontal.

$$Ef = C_H \cdot C_E \cdot C_C \cdot C_S \cdot \left( \frac{1}{2} \cdot W_S \cdot V^2 \right) / g [\text{ton} - m]$$

Dimana :

CH = Koefisien massa hydrodinamis merupakan faktor untuk memperhitungkan besarnya massa air yang bergerak di sekeliling kapal dan massa air ini menambah besar massa kapal yang merapat

$$C_H = 1 + \frac{2\pi \cdot D}{2C_b \cdot B} \approx 1 + \frac{2D}{B}$$

CE =Koefisien eccentricity merupakan koefisien perbandingan antara energy yang tersisa akibat merapatnya kapal terhadap energy kinetik waktu merapat

$$C_E = 1 + \frac{1}{1 + (\ell / r)^2}$$

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

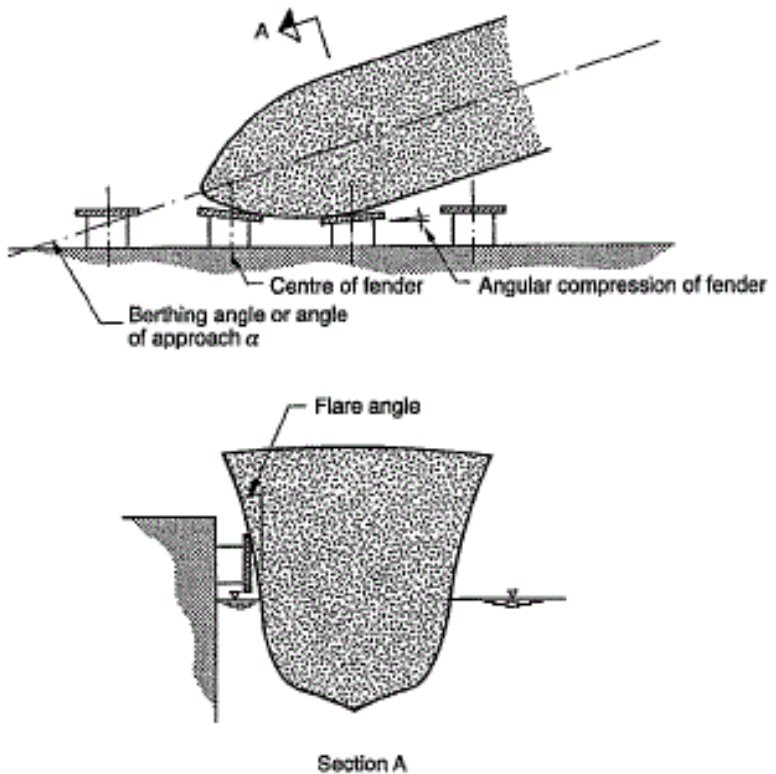
$C_C = 0,8$  untuk kade, wharf

$C_C = 1$  untuk jetty, open pier.

CS = Softness Coefficient. = 1,0 (tidak ada deformasi).

V = Kecepatan kapal waktu merapat

WS = Displacement Tonage.



**Gambar 2.7:** Posisi kapal saat membentur fender  
*(Sumber: Thoressen Port Designer's Handbook Recommendation and Guidelines)*

### 2.4.2 Boulder

Boulder merupakan konstruksi untuk mengikat kapal pada tambatan. Boulder harus mampu menerima gaya tarikan akibat kapal yang menambatkan talinya pada boulder tersebut. Gaya tarik boulder yang dipakai disesuaikan dengan bobot kapal sedangkan diameter boulder ditentukan dari gaya tarik tersebut. Gaya tarik boulder dapat dilihat pada **Tabel 2.4**

**Tabel 2.4 - Gaya Tarikan Kapal**

| <b>Gross tonnage (GT) of vessel (tons)</b> | <b>Tractive force acting on a mooring post (kN)</b> | <b>Tractive force acting on a bollard (kN)</b> |
|--|---|--|
| 200 < GT ≤ 500                             | 150   | 150  |
| 500 < GT ≤ 1000                            | 250   | 250  |
| 1000 < GT ≤ 2000                           | 350   | 250  |
| 2000 < GT ≤ 3000                           | 350   | 350  |
| 3000 < GT ≤ 5000                           | 500   | 350  |
| 5000 < GT ≤ 10000                          | 700   | 500  |
| 10000 < GT ≤ 15000                         | 1000  | 700  |
| 15000 < GT ≤ 20000                         | 1000  | 700  |
| 20000 < GT ≤ 50000                         | 1500  | 1000   |
| 50000 < GT ≤ 100000                        | 2000  | 1000   |

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

- DWT : adalah perbedaan bobot atau tonase antara keadaan kosong dan keadaan isi dimana Bobot keadaan kosong adalah massa dari badan kapal, mesin, peralatan dan item-item lain yang dibutuhkan untuk pengoperasian normal. Bobot penuh adalah massa kapal dalam keadaan terisi penuh oleh beban termasuk cargo, awak kapal dan perlengkapan lain. Terisi penuh berarti bahwa kapal terbenam sampai batas garis summer draughtnya (lihat : Plimsoll mark) . Dengan kata lain, DWT menunjukkan massa dari muatan, bahan bakar, crew, penumpang, air tawar, perbekalan dan sebagainya.

- NRT : adalah total seluruh ruang yang digunakan untuk menyimpan barang (cargo), diekspresikan dalam unit 2,83 m<sup>3</sup>. Jadi NRT adalah sama dengan BRT dikurangi ruang akomodasi awak kapal , workshop, ruang mesin dll. BRT disebut juga sebagai GRT (=Gross Registered Tonnage), biasanya digunakan sebagai dasar untuk menentukan tarif masuk pelabuhan.
- Kapal General Cargo :  $DWT = 1,5 \times BRT = 2,5 \times NRT$
- Kapal Tanker Besar :  $DWT = 2,0 \times BRT = 2,6 \times NRT$

Gaya tarikan kapal pada boulder selain bekerja horizontal juga bekerja vertical sebesar  $\frac{1}{2}$  dari nilai yang tercantum di Tabel .gaya tarikan pada bitt untuk berbagai ukuran seperti yang tercantum dalam Tabel bekerja dalam semua arah.

Gaya tarikan kapal dengan ukuran yang tidak tercantum dalam tabel tersebut (kapal dengan bobot kurang dari 200 ton dan lebih dari 100000 ton) dan fasilitas tambatan pada cuaca buruk harus ditentukan dengan memperhatikan cuaca dan kondisi laut, konstruksi alat penambat dan data pengukuran gaya tarikan

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

## **2.5 Pembebanan Dermaga**

### **2.5.1 Beban Vertikal**

Beban vertikal dermaga terdiri dari :

- **Beban Mati (Beban Sendiri Konstruksi)**  
Beban mati adalah berat sendiri dari komponen struktur yang secara permanen dan konstan membebani selama waktu hidup konstruksi. Komponen-komponen tersebut diantaranya balok, poer, fender, bolder dan fasilitas –fasilitas lainnya .



- **Beban Hidup Merata Akibat Muatan**  
Beban hidup merupakan beban yang terjadi akibat muatan yang dianggap merata di atas dermaga. Beban hidup terbagi rata bisa berupa beban air hujan dan beban pangkalan
- **Beban Hidup Terpusat**  
Beban hidup terpusat yang terjadi pada struktur dermaga merupakan beban akibat alat yang besarnya ditentukan berdasarkan peralatan yang akan digunakan di atas dermaga tersebut dan harus diposisikan sedemikian rupa sehingga menghasilkan kondisi pembebanan yang paling kritis.

### **2.5.2 Beban Horizontal**

- **Gaya Akibat Tumbukan Kapal (Gaya Fender)**  
Gaya fender yang terjadi saat kapal sedang merapat berupa gaya pukul kapal pada fender akibat kecepatan pada saat merapat, serta akibat pergoyangan kapal oleh gelombang dan angin. Energi ini kemudian diabsorpsi dan ditransfer menjadi gaya horisontal tekan yang harus mampu ditahan oleh bangunan dermaga. Hubungan antara gaya dan energi benturan tergantung pada tipe fender yang digunakan.
- **Gaya Tarikan Kapal**  
Gaya tarik yang bekerja pada saat kapal sedang bertambat sangat berpengaruh pada stabilitas struktur dermaga karena adanya gaya yang cukup besar. Beban tarik ini akan ditahan oleh struktur boulder yang didesain untuk menahan gaya tarikan akibat kapal, angin dan arus. Gaya tarik boulder diambil yang terbesar dari :
  1. Kekuatan boulder yang dipakai yang besarnya ditentukan oleh ukuran kapal yang bertambat (lihat pada pembahasan Boulder).
  2. Total dari gaya angin dan gaya arus yang bekerja pada badan kapal.

- Gaya Akibat Arus  
Tekanan akibat arus pada kapal yang tertambat

$$P_C = \frac{C_C \times \gamma_C \times A_C \times V_C^2}{2g}$$

Dimana :

$\gamma_C$  = Berat jenis air laut (=1,025 t/m<sup>3</sup>)

$A_C$  = Luasan kapal di bawah permukaan air (m<sup>2</sup>)

$V_C$  = Kecepatan arus (m/dt)

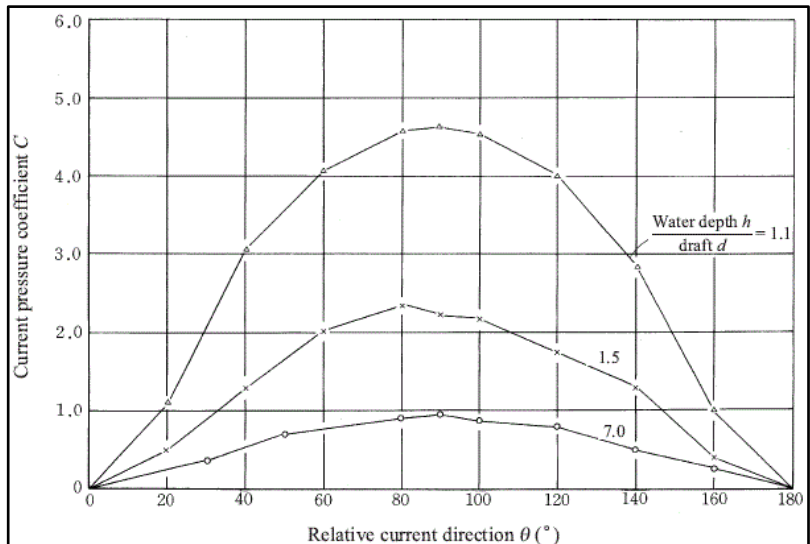
$C_C$  = Koefisien arus

= 1-1,5 ( untuk perairan dalam)

= 2 ( untuk kedalaman perairan=2xdraft kapal)

= 3 ( untuk kedalaman perairan=1,5xdraft kapal)

= 6 ( kedalaman perairan mendekati draft kapal)



**Gambar. 2.8** : Koefisien Kuat Arus

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

- Tekanan Angin

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

$$P_W = C_W (A_W \sin \phi + B_W \cos \phi) \frac{V_W^2}{1600}$$

Dimana :

$P_W$  = Tekanan angin pada kapal yang bertambat

$C$  = Koefisien tekanan angin

Angin melintang  $\rightarrow C_w = 1,3$

Angin dari belakang  $\rightarrow C_w = 0,8$

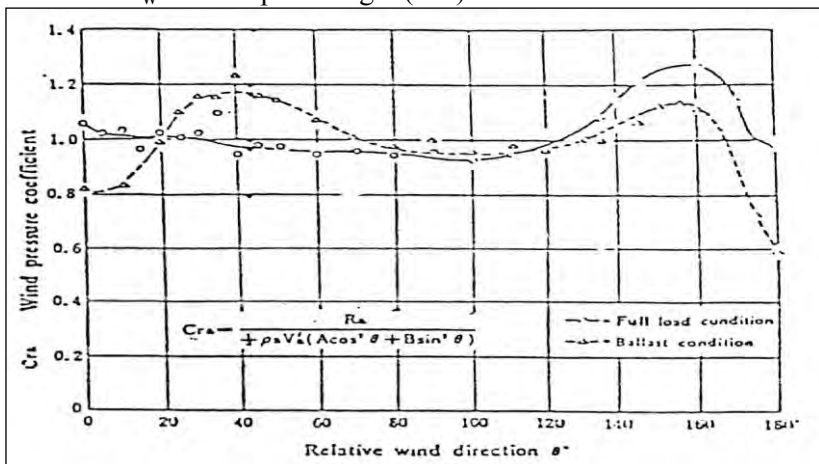
Angin dari depan  $\rightarrow C_w = 0,9$

$A_W$  = Luasan proyeksi arah memanjang ( $m^2$ )

$B_W$  = Luasan proyeksi arah muka ( $m^2$ )

$\phi$  = Sudut arah datangnya angin terhadap centerline

$V_W$  = Kecepatan angin (m/s)



**Gambar2.9:** Koefisien Tekanan Angin

( Sumber : Widiastuti 2000 )

- **Beban Gempa**

Dengan menggunakan program bantu SAP 2000 perhitungan beban gempa dilakukan secara dinamis dengan menggunakan respon spektra menurut SNI 03-1726-2012.

## **2.6 Perhitungan Struktur Dermaga dan Trestle**

Perencanaan struktur yang akan dijelaskan adalah untuk struktur dermaga open pier. Prosedur perencanaannya adalah sebagai berikut :

- a. Perencanaan layout untuk menentukan ukuran dermaga dan bentuk keseluruhan tata letak fasilitas lainnya.
- b. Penentuan layout balok, posisi tiang pancang, posisi dilatasi antar blok dermaga dan lokasi fasilitas lain seperti fender dan boulder.
- c. Penentuan asumsi -asumsi dimensi masing - masing struktur yaitu pelat, balok, dan sebagainya.
- d. Penentuan beban yang bekerja pada masing - masing bagian struktur
- e. Perhitungan kekuatan struktur dan penulangan
- f. Pengecekan terhadap stabilitas struktur secara keseluruhan terhadap gelombang dan kondisi tanah
- g. Pembuatan detail gambar dan spesifikasi bahan.

## **2.7 Perhitungan Struktur Atas**

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

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

## 2.7.1 Perhitungan Pelat

### 1. Momen pelat

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

$$M_l = 0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$$

$$M_t = -0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$$

Dimana :

$M_l$  = momen lapangan pelat (tm)

$M_t$  = momen tumpuan pelat (tm)

$q$  = beban terbagi rata pelat (t/m)

$l_x$  = panjang bentang pendek pelat (m)

$X$  = koefisien dari tabel 13.3.1

### 2. Penulangan pelat

Pada pelat dipakai tulangan rangkap dengan asumsi bahwa struktur adalah statis tertentu.

Metode penulangan pelat meliputi :

- Menentukan besarnya momen Ultimate ( $M_u$ ) pada pelat
- Menentukan perbandingan antara luas tulangan tarik dengan tulangan tekan ( $\delta$ ). Pada pelat dianggap tidak memerlukan tulangan tekan sehingga  $\delta$
- Menghitung nilai  $C_a$  dengan persamaan:

$$C_a = \frac{h}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times \sigma'_a}}}$$

Dimana :

$h$  = tinggi manfaat penampang

$b$  = lebar penampang (untuk pelat = 1000mm)

$M$  = momen ultimate

$n$  = angka ekuivalensi baja beton  
 $\sigma'_a$  = tegangan ijin baja (tabel 4. . PBI'7 )

- Mencari nilai  $\phi$ ,  $\phi'$ , dan  $\omega$  dari tabel
- Dari “*Tabel Perhitungan Lentur dengan Cara-n disesuaikan kepada peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 oleh Ir. Wiratman W*”

$$\phi > \phi_0 = \frac{\sigma_a}{n \times \sigma'_a}$$

$$\phi' = n \times \omega$$

Dimana :

$\sigma'_b$  = Tegangan tekan beton akibat lentur tanpa dan atau dengan gaya normal tekan  $\sigma'_b k$  (Tabel 4. .)

- Mencari kebutuhan tulangan

$s = \omega b h$

- Kontrol retak

Berdasarkan PBI 1971 pasal 10.7.1b retak yang diijinkan 0,01 cm. Dengan menggunakan Tabel 10.7.1 PBI 1971 maka didapatkan koefisien -koefisien  $\omega_p$  C4 dan C5 yang harus diambil dari Tabel 10.7.1, PBI 1971 ( lihat **Tabel 2.5** )

**Tabel 2.5** – Harga koefisien  $\omega_p$  C4 dan C5

| Uraian   | $\omega_p$              | C3   | C4   | C5  |
|--|-------------------------|------|------|-----|
| Balok persegi dan balok T yang mengalami lentur murni                    | $\frac{A}{b_0 \cdot h}$ | 1,50 | 0,04 | 7,5 |
| Balok persegi dan balok T yang mengalami lentur dengan gaya normal tekan | $\frac{A}{b(h - y)}$    | 1,50 | 0,07 | 12  |
| Bagian-bagian konstruksi yang mengalami tarik aksial                     | $\frac{A}{B_t}$         | 1,50 | 0,16 | 30  |

( Sumber : Tabel PBI )

$$w = \alpha \left( C_3 \cdot c + C_4 \cdot \frac{d}{\omega_p} \right) \left( \sigma_a - \frac{C_5}{\omega_p} \right) \cdot 10^{-6}$$

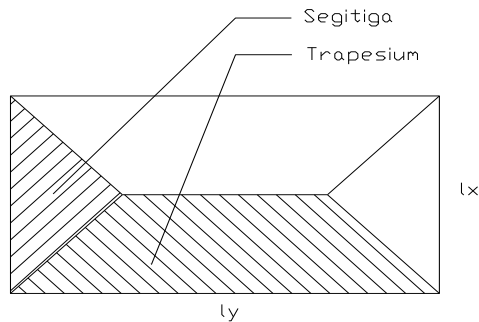
Dimana:

- c = tebal penutup beton (cm)
- d = diameter batang polos atau pengenal (cm)
- $\sigma_a$  = tegangan baja yang bekerja ditempat yang retak ( $\text{kg/cm}^2$ )
- A = luas tulangan tarik ( $\text{cm}^2$ )
- b = lebar balok (cm)
- h = tinggi manfaat balok (cm)
- y = jarak garis netral terhadap sisi yang tertekan (cm)
- Bt = luas penampang beton yang tertarik ( $\text{cm}^2$ )
- A = koefisien yang bergantung pada jenis batang tulangan ( 1.2 untuk batang polos dan 1 untuk batang yang diprofilkan

## 2.7.2 Perhitungan Balok dan Poer

### 1. Perhitungan beban pada pelat

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



**Gambar 2.10** : Distribusi beban pada pelat

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

$$P = \frac{1}{2} q l_x$$

- beban segitiga

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

- beban trapezium

$$q_{eq} = P \left[ 1 - \frac{1}{3} \frac{l x^2}{l y^2} \right] = \frac{1}{2} q l_x \left[ 1 - \frac{1}{3} \frac{l x^2}{l y^2} \right]$$

## 2. Penulangan balok dan poer

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

- Menentukan besarnya momen ultimit ( $M_u$ ) yang bekerja pada balok dari hasil analisis SAP 2000.
- Menentukan perbandingan antar luas tulangan tarik dengan tulangan tekan ( $\delta$ ). Nilai  $\delta$  diambil mulai dari 0,2 ; 0,4 ; 0,6 ; 0,8 ; 1,0 ; 1,25 ; 1,67 sampai 2,50
- Menghitung nilai  $C_a$  :
- Mencari nilai  $\nu$  ,  $\nu'$  , dan  $\omega$  dari tabel
- Menghitung luas tulangan tarik dan tekan

A     $\omega$     b    h  
s'     $\delta$

Untuk balok dengan tinggi lebih dari 90 cm perlu dipasang tulangan samping sebesar minimum 10% dari tulangan tariknya ( PBI '7 Pasa 1.9. (5) ).

- Kontrol terhadap retak  
Metode perhitungan tulangan geser balok dan poer adalah sebagai berikut :



- Menentukan besarnya gaya lintang yang bekerja pada tumpuan.
- Menghitung tegangan beton ijin berdasarkan PBI '7 tabel 10.4.2 akibat geser oleh lentur dengan puntir, dengan tulangan geser :
- Untuk pembebanan tetap :  $\tau'_{bm-t} = \cdot 5\sqrt{\sigma'bk}$
- Untuk pembebanan sementara :  $\tau'_{bm-s} = \cdot \sqrt{\sigma'bk}$
- Menghitung tegangan geser lentur beton akibat beban kerja di tengah-tengah tinggi penampang dengan rumus sebagai berikut :

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

Dimana :

D = gaya lintang

Diperlukan tulangan geser jika

$$\tau_b < \tau'_{bm-t}$$

$$\tau_b < \tau'_{bm-t}$$

- Untuk perhitungan tulangan geser lentur-puntir ini, tegangan geser puntir dapat dianggap seolah-olah memperbesar tegangan geser lentur pada seluruh lebar balok, yang besarnya dapat diambil menurut rumus sesuai PBI '7 Pasa 1 .8 .6 berikut ini :

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

Dimana :

Mt = T = Momen Torsi akibat beban batas

Ft = luas penampang balok

Disyaratkan dalam PBI '7 Pasa 1 .8. (4)

$$\tau_s \geq \tau_b + \tau''_b$$

Menghitung jarak tulangan sengkang:

$$as = \frac{As \times \overline{\sigma}_a}{\tau_s \times b}$$

## 2.8 Perhitungan Struktur Bawah

### 2.8.1 Perhitungan Daya Dukung Tanah

Pada perhitungan daya dukung tanah menggunakan metode *Luciano Decourt*

$$Ql = Qp + Qs \quad (2.25)$$

Dimana :

Ql = daya dukung tanah maksimum (ton)

Qp = resistance ultime di dasar pondasi (ton)

Qs = resistance ultime akibat lekatan lateral (ton)

$$Qp = qp \cdot p \cdot (Np \cdot K) \cdot Ap$$

Dimana :

Np = harga rata-rata SPT sekitar 4B diatas dan dibawah dasar tiang

K = koefisien karakteristik tanah

- 12 t/m<sup>2</sup> = untuk lempung

- 20 t/m<sup>2</sup> = untuk lanau berlempung

- 25 t/m<sup>2</sup> = untuk lanau berpasir

- 40 t/m<sup>2</sup> = untuk pasir

Ap = luas penampang dasar tiang (m<sup>2</sup>)

qp = tegangan ujung tiang (t/m<sup>2</sup>)

**Tabel 2.6** Base Coefficient (Decourt and Quaresma 1978:Decourt et al., 1996)

| Soil/pile          | Driven Pile | Bored Pile | Bored Pile (bentonite) | Continuous Hollow Auger | Root Piles | Injected Piles (High Pressure) |
|--------------------|-------------|------------|------------------------|-------------------------|------------|--------------------------------|
| Clay               | 1.0         | 0.85       | 0.85                   | 0.30*                   | 0.85*      | 1.0*                           |
| Intermediate soils | 1.0         | 0.60       | 0.60                   | 0.30*                   | 0.60*      | 1.0*                           |
| Sands              | 1.0         | 0.50       | 0.50                   | 0.30*                   | 0.50*      | 1.0*                           |

Note :

\*Conservative values ; require validation from further load testing data

$$Q_s = q_s \cdot s \cdot \beta \cdot (N_s/3+1) \cdot A_s$$

Dimana:

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

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

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

**Tabel 2.7** Shaft Coefficient  $\beta$  (Decourt and Quaresma 1978:Decourt et al., 1996)

| Soil/pile          | Driven Pile | Bored Pile | Bored Pile (bentonite) | Continuous Hollow Auger | Root Piles | Injected Piles (High Pressure) |
|--------------------|-------------|------------|------------------------|-------------------------|------------|--------------------------------|
| Clay               | 1.0         | 0.80       | 0.90*                  | 1.0*                    | 1.5*       | 3.0*                           |
| Intermediate Soils | 1.0         | 0.65       | 0.75*                  | 1.0*                    | 1.5*       | 3.0*                           |
| Sands              | 1.0         | 0.50       | 0.60*                  | 1.0*                    | 1.5*       | 3.0*                           |

Note :

\*Conservative values ; require validation from further load testing data

### 2.8.2 Kalendering

Perhitungan kalendering saat pemancangan berguna untuk mengetahui daya dukung tiang sehingga bisa diketahui kapan pemancangan dihentikan. Final set adalah nilai penetrasi tiang pancang tiang tiap pukulan yang diperoleh dari hasil kalendering. Untuk kalendering digunakan rumus *Alfred Hilley Formula*

$$Q_u = \frac{\alpha.W.H}{S + 0,5.C} \times \frac{W + n^2.W_p}{W + W_p}$$

Dimana :

$Q_u$  = bearing capacity of pile (ton)

= efisiensi hammer

2,5 untuk hidrolik hammer

1,0 untuk disel hammer

0,75 untuk drop hammer

$W$  = berat hammer (ton)

$W_p$  = weight of pile (ton)

$H$  = tinggi jatuh hammer (m)

$n$  = Coeffisien of restitution

$S$  = pile penetration for last blow (cm/blow)

$C$  = total temporary compression (mm)

=  $C_1 + C_2 + C_3$

$C_1$  = kompresi sementara dari *cushion* yang mana menurut BSP adalah :

- *Hardcushion* = 3mm
- *Hard cushion + packing, soft cushion* = 5mm
- *Soft cushion + packing* = 7mm

C2 = kompresi sementara dari tiang

$$= \frac{Q_u \cdot L}{A_p \cdot E_{pile}}$$

Untuk tiang beton:

- 400 od = 9mm s/d 12mm
- 500 od = 10mm s/d 14mm

Untuk tiang baja:

- 500 od = 7mm s/d 11mm
- 600 od = 8mm s/d 12mm

C3 = kompresi sementara dari tanah, dimana nilai nominal = 2,5 mm

- Tanah keras (SPT > 50) : 0-1 mm
- Tanah sedang (SPT 20-30) : 2-3 mm
- Tanah lunak (SPT 10-20) : 4-5mm

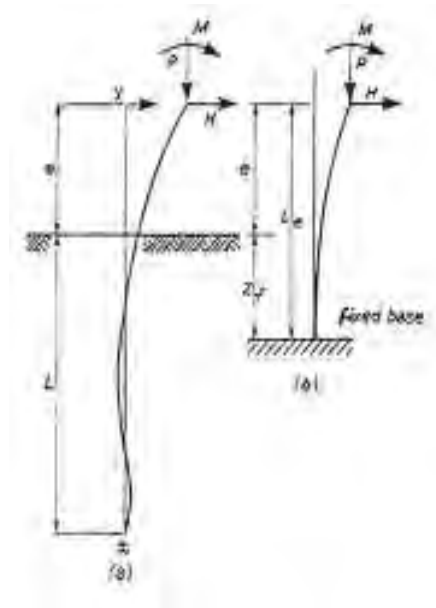
### Kontrol Tiang Pancang

- Titik Jepit tiang (Point of fixity)  
Posisi titik jepit tiang dari permukaan tanah (Zf) untuk *normally consolidated clay* dan *granular soil* adalah 1.8 T, di mana T adalah faktor kekakuan yang dihitung sebagai berikut:

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

dimana :

- nh = untuk cohesion less soil diperoleh dari Terzaghi, sedangkan untuk normally consolidated clays = 350 s/d 700 KN/m<sup>3</sup> dan soft organic silts = 150KN/m<sup>3</sup>.
- E = modulus elastisitas Young yang tergantung dari bahan tiang pancang
- I = momen inersia dari penampang tiang pancang



**Gambar 2.11:** Posisi titik jepit tiang pancang  
(Sumber: *Daya Dukung Pondasi Dalam, Wahyudi*)

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

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

- Kontrol lendutan

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

Dimana :

H = lateral load (ton)

e = jarak lateral load dengan muka tanah (m)

$Z_f$  = posisi titik jepit tanah terhadap sebuah tiang (m),

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

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

Dimana:

- $\omega t$  = frekuensi tiang
- $w$  = berat tiang pancang (kg)
- $l$  = tinggi tiang di atas tanah
- $g$  = gravitasi ( $m/s^2$ )

Frekuensi gelombang dapat dihitung dengan rumus :

Dimana:  $\omega = \frac{1}{T}$

- $\omega$  = frekuensi gelombang
- $T$  = periode gelombang (s)

- Kontrol kuat tekuk  
Untuk kontrol tekuk terhadap kelangsingan tiang dapat menggunakan rumus :  
Free headed conditions

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

Fixed and translating headed conditions

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

$P_{\text{aksial}} < P_{cr}$

Dimana :

$P_{cr}$  = daya dukung tiang kritis

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

$Z_f$  =posisi titik jepit tanah terhadap sebuah tiang (m)

$I_{\min}$  = momen Inersia minimum tiang ( $m^4$ )



*"halaman ini sengaja dikosongkan"*

## **BAB III**

### **PENGUMPULAN DATA DAN ANALISA**

#### **3.1 Umum**

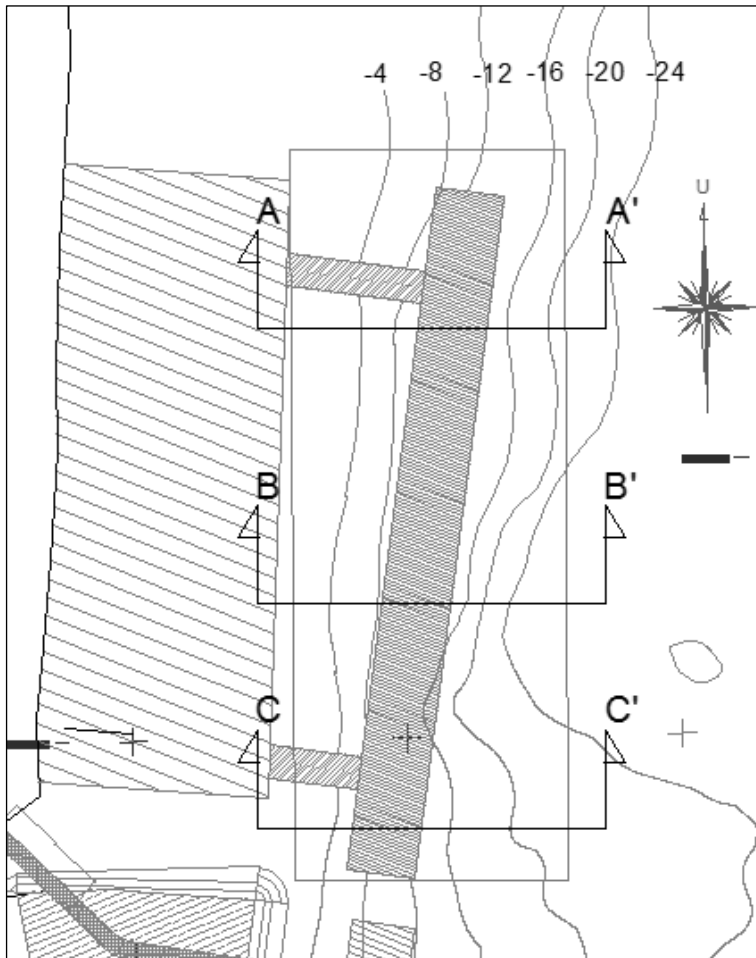
Dalam perencanaan dermaga peti kemas Tanjungwangi diperlukan pengumpulan data dan analisis , data-data yang digunakan dalam Tugas Akhir ini adalah data sekunder yang didapat dari berbagai sumber ,diantaranya: data bathymetri, pasang surut, arus, angin, dan data tanah.

#### **3.2 Data Bathymetri**

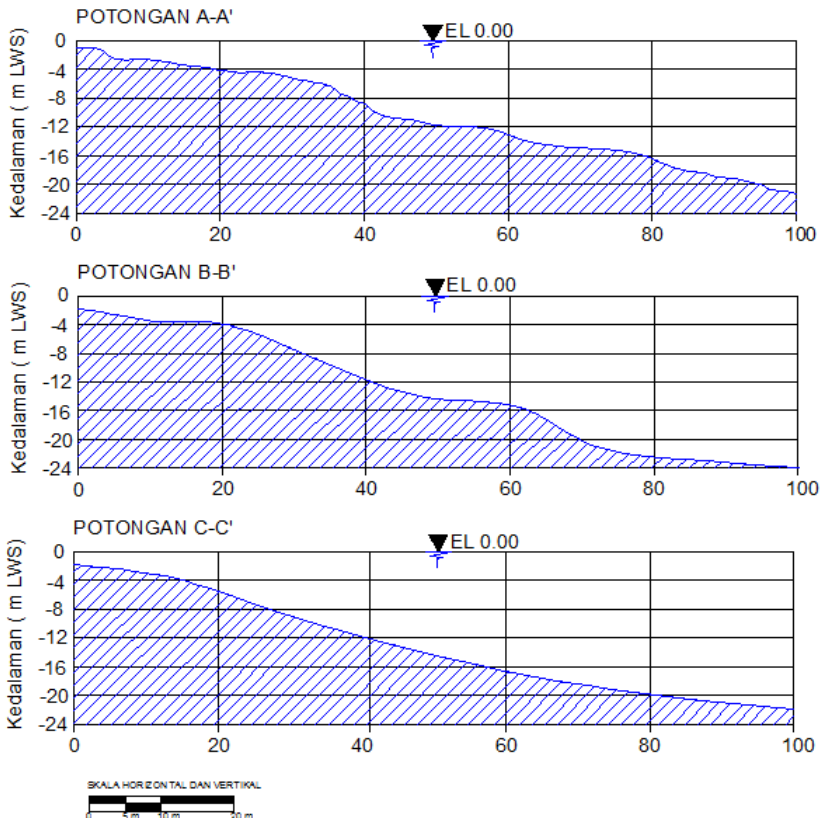
Peta bathymetri merupakan peta yang menunjukkan kontur permukaan dasar laut dari posisi 0.00 mLWS. Kegunaan dari peta ini adalah mengetahui kedalaman perairan dan bentuk kontur dasar laut sehingga dapat digunakan untuk merencanakan kedalaman perairan yang aman bagi kapal , selain itu peta bathimetry juga digunakan untuk merencanakan struktur dermaga secara tepat apakah dermaga membutuhkan jetty atau cukup menempel dengan daratan sehingga perencanaan dermaga sesuai dengan kondisi yang ada.

#### **Hasil Analisa Data Bathymetri**

Dari data yang didapat terlihat bahwa kondisi kedalaman di sekitar wilayah perairan Pelabuhan Tanjungwangi untuk bagian kolam dermaga memiliki kedalaman adalah - 14 mLWS untuk sisi (Potongan A – A’), -15 mLWS untuk sisi tengah (Potongan B – B’) dan - 16 mLWS untuk (Potongan C – C’). Sementara pada posisi perencanaan trestle ,bisa dilihat kedalaman bervariasi mulai dari -4.0 mLWS sampai -10.0 mLWS . Peta bathymerti secara keseluruhan dapat dilihat pada **Gambar 3.1** serta potongan melintang pantai dapat dilihat pada **Gambar 3.2**. Berdasarkan peta bathymetri pada **Gambar 3.1**. Dapat dilihat pula bahwa kedalaman untuk rencana reklamasi kurang dari kedalaman -4.0mLWS



**Gambar 3.1 :** Peta rencana pengembangan Pelabuhan tanjungwangi  
(Sumber : Pelindo III)



**Gambar 3.2 :** Potongan Bathymetri Pelabuhan Tanjungwangi

### 3.3 Data Pasang Surut

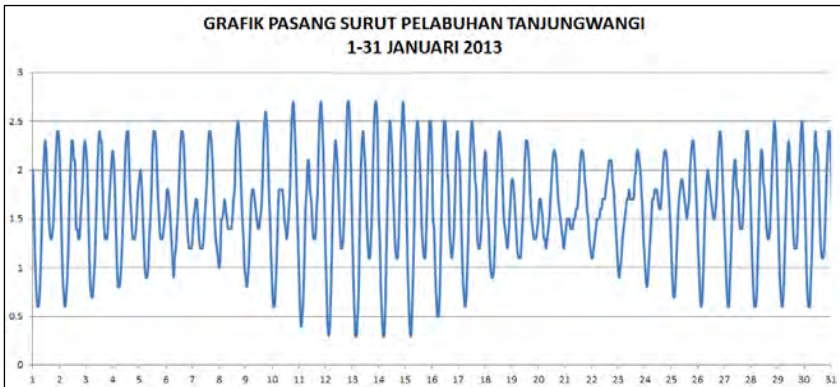
Data pasang surut dipergunakan untuk kebutuhan penggambaran peta bathymetri, dan mengetahui posisi muka air laut terendah, dan pola pasang surutnya. Data pasang surut ini sebagai acuan untuk penetapan elevasi kontur tanah dan elevasi seluruh bangunan, sehingga kondisi kedalaman perairan dan

elevasi posisi kering dari struktur dan wilayah darat dapat ditentukan.

Data pasang surut yang dipergunakan diambil dari hasil Pasang surut di wilayah perairan Pelabuhan Tanjungwangi yang didapat dari buku pasang surut 2013 , dari hasil pengamatan selama 31 hari didapatkan beda pasang surut = 2,5 m :

Resume hasil pengamatan grafik pasang surut (**Gambar 3.3**):

- Tipe pasang surut di perairan dumai adalah Mix semi diurnal tide .
- Beda pasang surut sebesar 2, 5 m diatas mLWS.
- Elevasi HWS (High Water Spring) pada + 2,5 mLWS.
- Elevasi MSL (Mean Sea Level) pada + 1,25 mLWS.
- Elevasi LWS (Low Water Spring) pada  $\pm 0.0$  mLWS



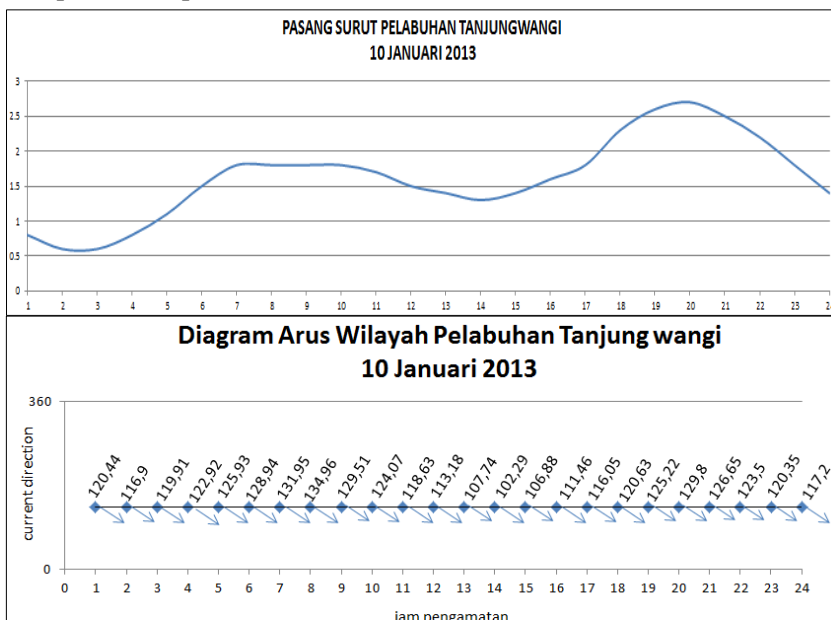
**Gambar 3.3** :Peta grafik Pasang Surut Wilayah Pelabuhan Tanjung Wangi  
( Sumber : Dihidros 2013 )

### 3.4 Data Arus

Pada umumnya arus yang terjadi di sepanjang pantai disebabkan oleh perbedaan muka air pasang surut antara satu lokasi dengan lokasi yang lain, sehingga perilaku arus dipengaruhi pola pasang surut. Beberapa kegunaan data arus adalah:

- menghindari pengaruh tekanan arus berarah tegak lurus (*cross currents*), agar kapal dapat bermanuver dengan cepat dan mudah. Kecepatan arus maksimum 3 knot (1.5 m/dt).
- mengevaluasi kondisi stabilitas garis pantai, mengalami erosi atau sedimentasi

Adapun penyajian data arus dan pasang surut harian dapat dilihat pada **Gambar 3.4** dan **Gambar 3.5** di bawah ini.

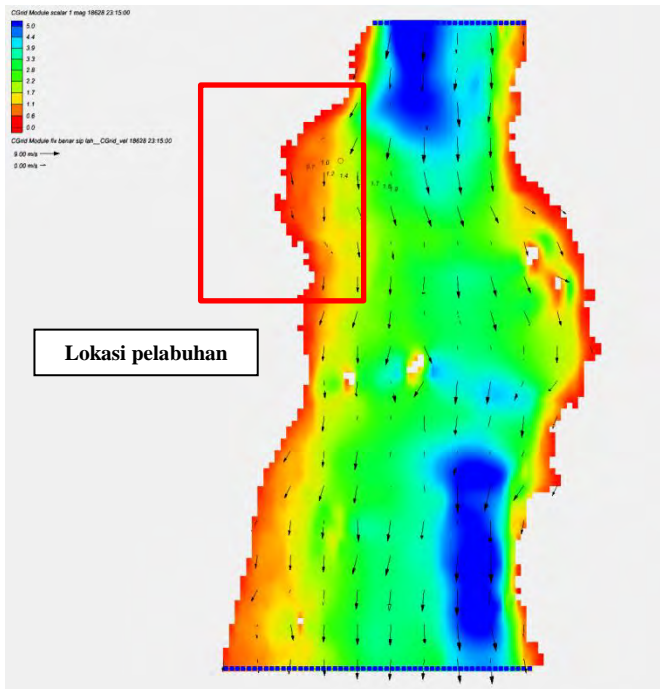


**Gambar 3.4** : Diagram Arus Pelabuhan Tanjungwangi  
(Sumber : BMKG 2013)

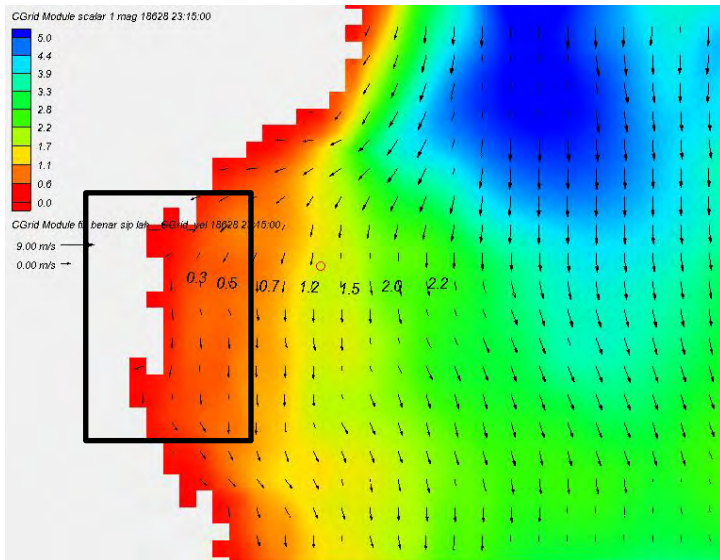
## Pemodelan Arus

Pemodelan untuk arus dibutuhkan untuk menampilkan arah dan besar arus perairan yang terjadi di wilayah yang akan ditinjau. Dengan program SMS 10.1, dapat dihasilkan besarnya arus perairan di wilayah yang akan direncanakan.

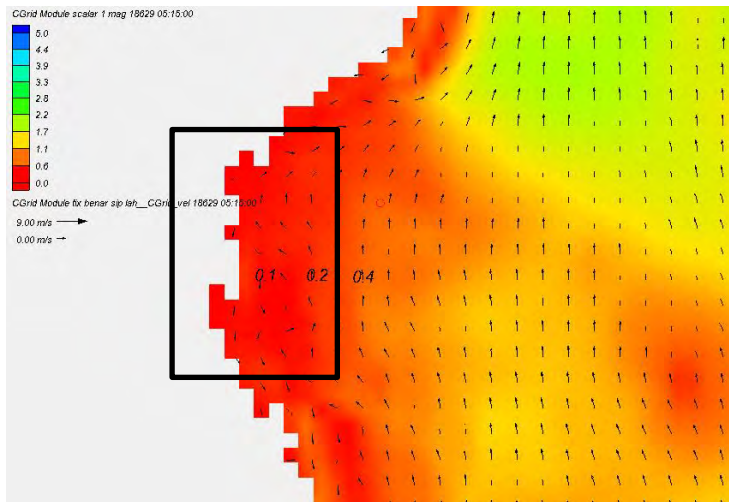
Proses dalam pemodelan dengan SMS 10.1 ini menggunakan type CMS FLOW . data yang digunakan untuk mencari apola arus perairan adalah data pasang surut yang terjadi di wilayah perairan tersebut berikut adalah hasil permodelan SMS 10.1 (lihat Gambar 3.5 dan gambar 3.6)



**Gambar 3.5 :** kontur arus perairan Selat Bali  
(Sumber : Permodelan SMS 10.1)



(a)



(b)

**Gambar 3.6 :** kontur arus perairan Pelabuhan Tanjung wangi  
(a) kondisi Pasang (b) kondisi Surut



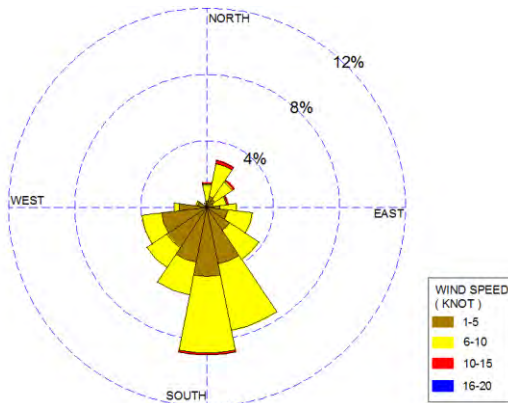
Dari hasil permodelan yang telah dilakukan dapat disimpulkan untuk besar arus maksimal diwilayah perairan mencapai 0,3 m/s-0,5 m/s dengan arah dominan kearah tenggara . sehingga dalam perencanaan masih cukup aman dikarenakan masih dibawah 1,5 m/s

### Hasil Analisa Data Arus

Dari data arus pada tanggal 10 Januari 2013 yang dikeluarkan BMKG dapat dilihat bahwa kondisi arah arus secara umum menunjukkan arah dominan tenggara dan kecepatan arus maksimum sebesar 13,5 m/s . Untuk data yang dihasilkan dari permodelan SMS 10.1 didapatkan hasil arus maksimal perairan adalah 0,5 m/s . Dari kedua hasil olahan datatersebut menunjukkan kecepatan arus yang relatif besar, tetapi masih dalam kondisi kurang dari 150 cm/det sehingga dat yang digunakan dat maksimal

### 3.5 Data Angin

Angin merupakan unsur pembentuk gelombang yang paling dominan. Dengan adanya angin, permukaan air laut yang tenang akan mengalami gangguan pada permukaannya sehingga menimbulkan gelombang.



**Gambar 3.7 :** Diagram Windrose (Periode 2008-2013)

**Tabel 3.1** : Frekuensi angin periode 2008-2013

| Direction/<br>windSpeed<br>(knot) | 0-5  | 6-10 | 10-15 | 16-20 | Total % | mean<br>speed |
|-----------------------------------|------|------|-------|-------|---------|---------------|
| N                                 | 0.4  | 1    | 0.1   | 0     | 1.5     | 6.1           |
| NNE                               | 0.7  | 2    | 0.2   | 0     | 2.9     | 6.4           |
| NE                                | 0.6  | 1.3  | 0.1   | 0     | 2       | 6.3           |
| ENE                               | 0.4  | 0.8  | 0.1   | 0     | 1.3     | 5.8           |
| E                                 | 0.8  | 1    | 0     | 0     | 1.8     | 5.1           |
| ESE                               | 1.3  | 1.5  | 0     | 0     | 2.8     | 4.9           |
| SE                                | 1.7  | 2.1  | 0     | 0     | 3.8     | 5             |
| SSE                               | 3.5  | 4.1  | 0     | 0     | 7.6     | 4.8           |
| S                                 | 4.2  | 4.6  | 0.1   | 0     | 8.9     | 4.8           |
| SSW                               | 3.4  | 2    | 0     | 0     | 5.4     | 4.4           |
| SW                                | 2.9  | 1.5  | 0     | 0     | 4.4     | 4.3           |
| WSW                               | 2.8  | 1.2  | 0     | 0     | 4       | 4.2           |
| W                                 | 1.7  | 0.3  | 0     | 0     | 2       | 3.9           |
| WNW                               | 0.6  | 0.1  | 0     | 0     | 0.7     | 3.8           |
| NW                                | 0.2  | 0    | 0     | 0     | 0.2     | 3.7           |
| NNW                               | 0.2  | 0.1  | 0     | 0     | 0.3     | 4.4           |
| CLM                               | 0    | 0    | 0     | 0     | 50      | 0             |
| VAR                               | 0    | 0    | 0     | 0     | 0       | 0             |
| ALL                               | 25.4 | 23.6 | 0.6   | 0     | 100     | 2.4           |

( Sumber :NCDC NOAA 2014 )

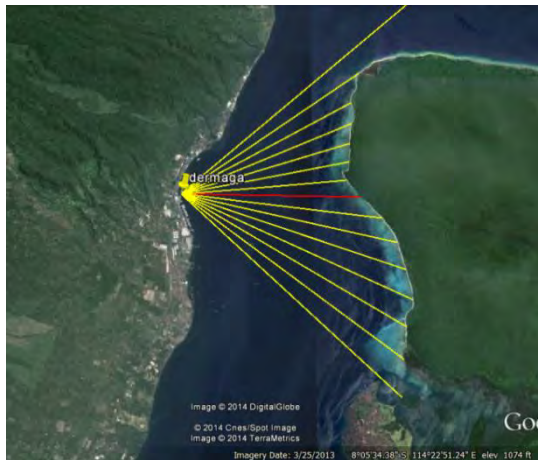
### Hasil Analisa Data Angin

Kondisi angin di wilayah pelabuhan Tanjung wangi dan sekitarnya berdasarkan data yang didapat dari NOAA ( table 3.1)frekuensi periode 5 tahun angin dominan arah tenggara dan selatan dengan kecepatan angin max 10-15 knot . untuk data dari BMKG tahun 2013 memperlihatkan angin dominan dari arah timur laut dan Tenggara dengan kecepatan rata-rata sebesar 7,1 knots . Dilihat dari gambar fetch pelabuhan tanjungwangi dari arah timur laut (**Gambar 3.8**) , arah timur (**Gambar 3.9**) dan

arah tenggara (**Gambar 3.10**) dapat disimpulkan wilayah perairan tanjung wangi diapit oleh pulau.



**Gambar 3.8** : Fetch arah timur laut



**Gambar 3.9** : Fetch arah timur



**Gambar 3.10** : Fetch arah tenggara

**Tabel 3.2** - Rekap data perhitungan fetch efektif

| $\alpha$                        | $\cos \alpha$ | Xi         |        |          | Xi Cos $\alpha$ |               |              |
|---------------------------------|---------------|------------|--------|----------|-----------------|---------------|--------------|
|                                 |               | Timur laut | Timur  | Tenggara | Timur laut      | Timur         | Tenggara     |
| 42                              | 0.743         | 0.00       | 176.00 | 4.3      | 0.00            | 130.79        | 3.20         |
| 36                              | 0.809         | 0.00       | 5.00   | 4.8      | 0.00            | 4.05          | 3.88         |
| 30                              | 0.866         | 0.00       | 4.49   | 5.2      | 0.00            | 3.89          | 4.46         |
| 24                              | 0.914         | 0.00       | 4.27   | 5.5      | 0.00            | 3.90          | 5.02         |
| 18                              | 0.951         | 0.00       | 4.00   | 5.8      | 0.00            | 3.80          | 5.48         |
| 12                              | 0.978         | 1.51       | 3.93   | 6.0      | 1.48            | 3.84          | 5.87         |
| 6                               | 0.995         | 162.00     | 3.79   | 7.5      | 161.11          | 3.77          | 7.41         |
| 0                               | 1.000         | 173.00     | 4.10   | 5.9      | 173.00          | 4.10          | 5.88         |
| 6                               | 0.995         | 184.00     | 4.59   | 6.0      | 182.99          | 4.56          | 5.96         |
| 12                              | 0.978         | 4.80       | 4.99   | 6.7      | 4.70            | 4.88          | 6.58         |
| 18                              | 0.951         | 4.42       | 5.32   | 11.9     | 4.20            | 5.06          | 11.32        |
| 24                              | 0.914         | 4.13       | 5.70   | 0.9      | 3.77            | 5.21          | 0.84         |
| 30                              | 0.866         | 3.98       | 5.83   | 0.0      | 3.45            | 5.05          | 0.00         |
| 36                              | 0.809         | 3.76       | 6.14   | 0.0      | 3.04            | 4.97          | 0.00         |
| 42                              | 0.743         | 3.93       | 6.59   | 0.0      | 2.92            | 4.90          | 0.00         |
| <b>Total</b>                    | <b>13.511</b> |            |        |          | <b>540.66</b>   | <b>192.77</b> | <b>65.90</b> |
| <b>FETCH EFEKTIF (dalam Km)</b> |               |            |        |          | <b>40.02</b>    | <b>14.27</b>  | <b>4.88</b>  |
| <b>FETCH EFEKTIF (dalam Km)</b> |               |            |        |          | <b>41</b>       | <b>15</b>     | <b>5</b>     |

Dari data rekap fetch ( **Tabel 3.2** ) tersebut didapat perhitungan tinggi gelombang maksimal pada periode 2008-20013 adalah 1,15 meter . dan didapatkan data rata-rata gelombang sesuai BMKG tertinggi adalah 1,1 meter sehingga dalam perencanaan menggunakan tinggi gelombang maksimal 1,15 meter

### **3.6 Data Tanah**

Data penyelidikan tanah sangat diperlukan khususnya untuk perencanaan struktur, baik untuk struktur bangunan bawah (tiang pancang), jalan atau areal terbuka lain.

Untuk perencanaan struktur tiang pancang, analisa data tanah dilakukan untuk mendapatkan daya dukung ijin terhadap kedalaman tiang pancang.

#### **Hasil Analisa Data Tanah**

Data tanah yang dipergunakan diperoleh dari pekerjaan *soil* investigasi di lokasi kawasan Pelabuhan Tanjung Wangi (**Gambar 3.11**). Data tanah yang dipakai adalah data tanah pada titik B3. Peta lokasi pengambilan data tanah dapat dilihat pada **Gambar 3.12**.

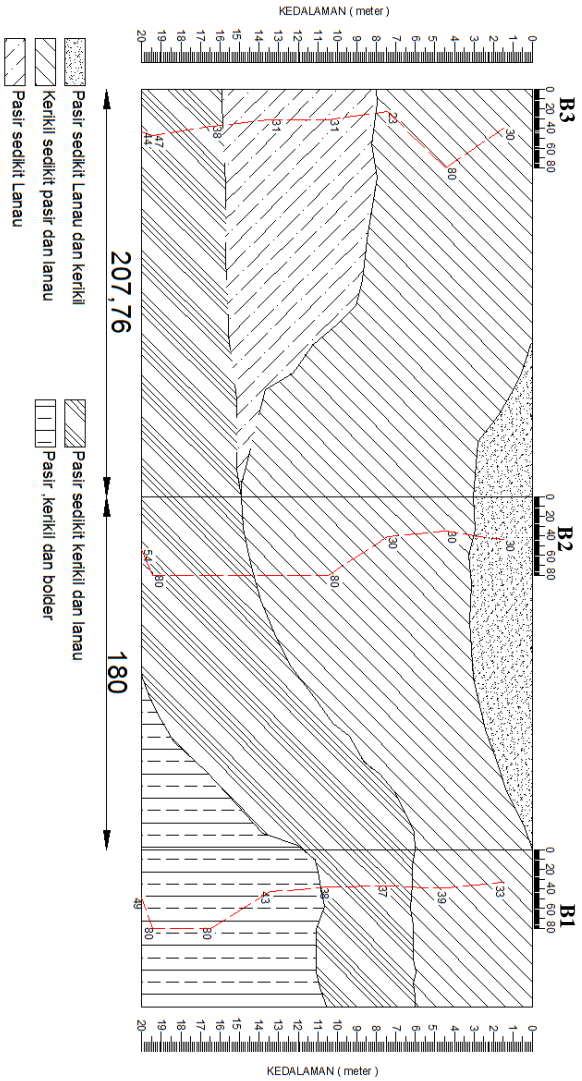
Dari hasil bor dan SPT yang dilakukan, diketahui bahwa lapisan tanah di lokasi dermaga didominasi oleh tanah pasir berlanau . Nilai SPT rata – rata lapisan tanah di lokasi Pelabuhan Tanjungwangi adalah 70 terlihat pada statigrafi data tanah (lihat **Gambar 3.13**).



**Gambar 3.11** : Titik pengambilan data tanah



**Gambar 3.12** : Lokasi pengambilan data tanah



**Gambar 3.13.** Stratigrafi lapisan tanah di Pelabuhan Tanjungwangi

( Sumber : PT Pelindo III)

## **BAB IV EVALUASI LAYOUT**

### **4.1 Umum**

Perencanaan layout suatu dermaga perlu direncanakan dengan tepat. Suatu dermaga harus memiliki dimensi dan ukuran yang cukup untuk melayani keperluan kapal yang bersandar dengan baik. Dalam tugas akhir ini layout yang digunakan dalam perencanaan ini berpedoman pada masterplane pengembangan pelabuhan tanjungwangi

Kapal rencana terbesar sesuai masterplan yang akan masuk ke dermaga adalah kapal generasi kelima dengan kapasitas 5000-8000 TEU. Dikarenakan kapal rencana pada masterplan terlalu besar dan jarang di Indonesia. Di dalam tugas akhir ini perencanaan layout dermaga menggunakan kapal container ship 40.000 DWT dengan spesifikasi sebagai berikut :

DWT = 40.000

LOA = 237 m

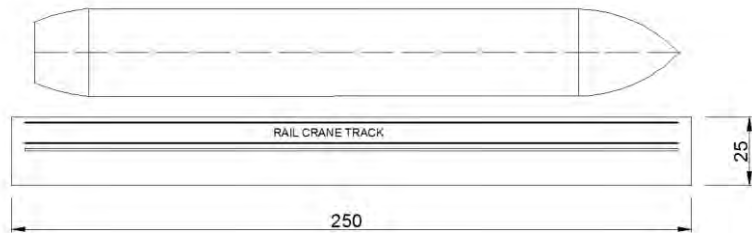
Lebar = 32.2 m

Draft = 11.7 m

### **4.2 Dermaga Rencana Pelabuhan Tanjungwangi**

Dermaga petikemas Pelabuhan Tanjungwangi sesuai rencana pengembangan dermaga PT. Pelindo III memiliki lebar 25 m dan panjang 250 m (**Gambar 4.1**) serta memiliki jalur penghubung berupa trestle seperti pada gambar rencana pengembangan (**Gambar 1.2**).





**Gambar 4.1** Dermaga rencana dengan panjang 250 m.

### 4.3 Evaluasi Layout Perairan

- **Kebutuhan lebar alur**

Kebutuhan lebar alur direncanakan dengan asumsi kapal tidak sering berpapasan, Penentuan lebar alur berdasar panjang kapal, dapat ditentukan sebesar minimal untuk kapal jarang berpapasan 1,5 LOA. Maka lebar alur yang ditetapkan:

$$\begin{aligned} \text{Lebar} &= 1,5 \times \text{LOA} \\ &= 1,5 \times 237 \text{ m} \\ &= 360 \text{ m} \end{aligned}$$

Jadi lebar alur yang dibutuhkan sebesar 360 m.

- **Kebutuhan Kedalaman Perairan**

Sesuai data kapal rencana, dermaga peti kemas tanjungwangi melayani kapal container dengan kapasitas 40.000 DWT yang memiliki draft sebesar 11,7 meter. Sesuai peraturan Kedalaman minimum perairan untuk perairan tenang dapat diambil sebesar 1.15 draft kapal rencana. Sehingga kedalaman minimum yang diperlukan adalah:

$$\begin{aligned} D &= 1.15 \text{ Draft Maksimum Kapal} \\ D &= 1.15 \times 11,7 \text{ m} \end{aligned}$$

$$D = 13,455 \text{ m} \sim 13,5 \text{ m}$$

Jadi kedalaman minimal perairan pada alur masuk yang dibutuhkan kapal container 40.000 DWT agar dapat melintas di perairan ini adalah -13,5 mLWS.

- **Kebutuhan Panjang Alur (Stopping Distance)**

Panjang alur direncanakan mulai dari kolam pelabuhan hingga titik pusat kolam putar untuk kapal container 40.000 DWT yang akan bertambat ke dermaga dengan kecepatan angin dominan disekitar dermaga adalah 6 – 10 Knots maka panjang alur yang ditetapkan :

$$L = 7 \times \text{LOA}$$

$$L = 7 \times 237 \text{ m}$$

$$L = 1659 \text{ m}$$

Jadi panjang alur yang dibutuhkan sepanjang 1659 m. Panjang alur harus disesuaikan dengan kedalaman nominal yang dibutuhkan kapal ketika memasuki alur masuk.

- **Kebutuhan Kolam Putar (Turning Basin)**

Kolam putar berada di ujung alur masuk atau dapat diletakkan di sepanjang alur bila alurnya panjang. Kapal diharapkan dapat bermanuver dengan kecepatan rendah (mendekati nol) atau dipandu. Areal yang disediakan dibatasi dengan bentuk lingkaran berdiameter  $D_b$ . Kedalaman perairan dapat disamakan dengan alur masuk yaitu -13.5 mLWS. Jika direncanakan kolam putar dengan dipandu maka diameter kolam putar yang ditetapkan :

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

$$D_b = 2 \times 237 \text{ m}$$

$$D_b = 474 \text{ m}$$

Jadi area kolam putar (turning basin) memiliki kedalaman -13.5 mLws dengan diameter sebesar 474 meter.

- **Luasan Kolam Dermaga (Basin)**

Panjang kolam dermaga tergantung panjang kapal yang akan bertambat pada dermaga ini. Untuk kapal yang dibantu kapal pandu panjang kolam dermaga direncanakan 1.25 LOA dan bila tidak dibantu kapal pandu direncanakan 1.50LOA. Maka panjang kolam dermaga yang ditetapkan:

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

$$P = 1.25 \times 237 \text{ m}$$

$$P = 296,25 \text{ meter}$$

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

$$L = 1.25 \times B$$

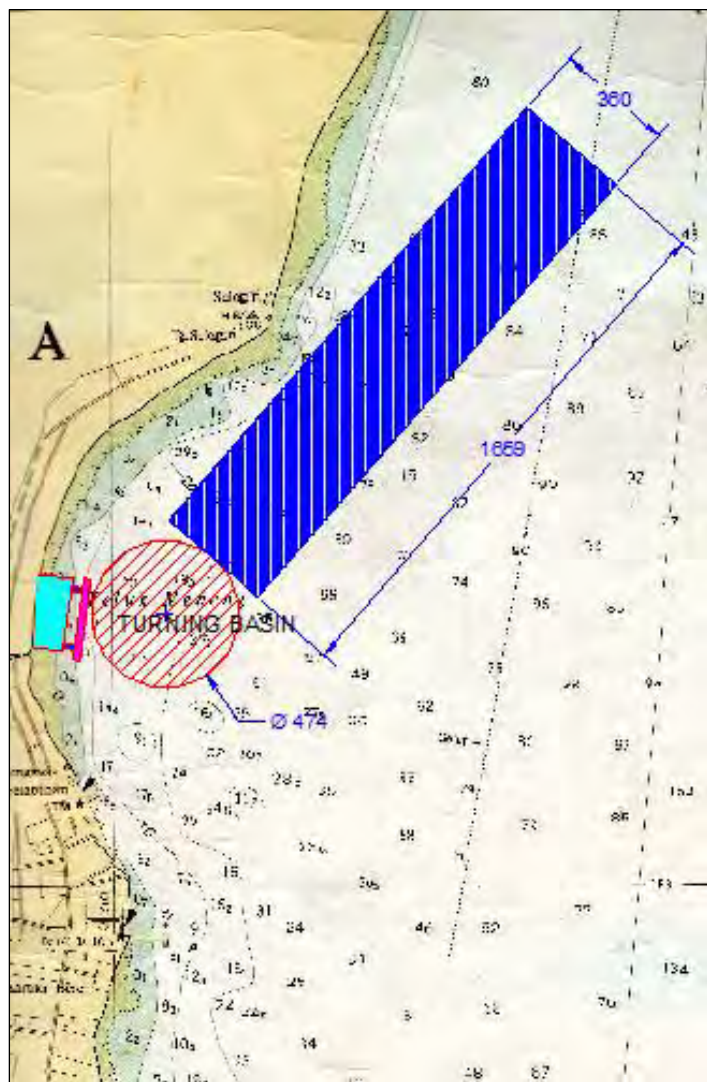
$$L = 1.25 \times 32,2$$

$$L = 40,25 \text{ m} \sim 41 \text{ m}$$

Dari hasil evaluasi layout dapat disimpulkan untuk dimensi alur masuk , kolam putar dan kolam dermaga dapat di lihat pada (**Table 4.1**) dan hasil evaluasi dapat dilihat pada Layout **Gambar 4.2**

**Tabel 4.1** : Hasil perhitungan evaluasi layout perairan

| Kebutuhan Fasilitas Perairan | Uraian             | Dimensi                 |
|------------------------------|--------------------|-------------------------|
| Alur Masuk                   | Kedalaman Perairan | $d = 13,5 \text{ mLWS}$ |
|                              | Panjang            | $P = 1659 \text{ m}$    |
|                              | Lebar              | $L = 360 \text{ m}$     |
| Kolam putar                  | Kedalaman Perairan | $d = 13,5 \text{ mLWS}$ |
|                              | Diameter           | $Db = 474 \text{ m}$    |
| Kolam Dermaga                | Kedalaman Perairan | $d = 13,5 \text{ mLWS}$ |
|                              | Panjang            | $P = 296,25 \text{ m}$  |
|                              | Lebar              | $L = 41 \text{ m}$      |



**Gambar 4.2 :** Hasil evaluasi layout perairan tanjungwangi

#### 4.4 Evaluasi Layout Daratan

Dermaga yang direncanakan disesuaikan dengan Peta Rencana Pengembangan Pelabuhan Tanjungwangi

- **Panjang Dermaga**

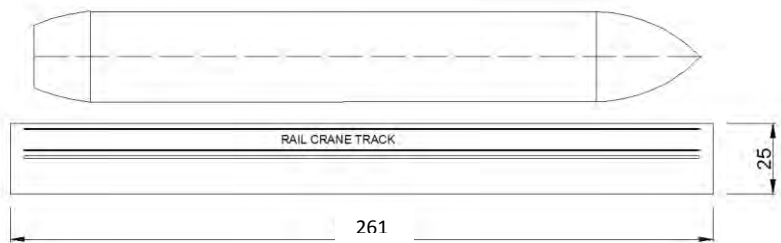
Kebutuhan panjang dermaga dalam Tugas Akhir ini sesuai dengan rencana pengembangan dermaga milik PT. Pelindo III sepanjang 250 m yang digunakan untuk berlabuh kapal container 40.000 DWT. Kebutuhan panjang dermaga minimum untuk kapal rencana 40.000 DWT dihitung dengan perumusan sebagai berikut:

$$L_p = 1,1 \text{ LOA}$$

$$L_p = 1,1 \times 237$$

$$L_p = 261$$

Dermaga yang dihitung dalam perencanaan dermaga memiliki panjang 250 m dirasa kurang panjang maka dalam desain perencanaan menggunakan panjang dermaga 261 (Lihat **Gambar 4.4**).



**Gambar 4.4** Layout dermaga kapal 40.000 DWT

- **Lebar Dermaga**

Kebutuhan lebar dermaga ditentukan berdasarkan alat alat yang digunakan oleh PT. Pelindo III untuk melakukan aktivitas bongkar muat.

Lebar kaki crane = 16 m

Lebar tepi dermaga = 2.5 m

Jadi, kebutuhan minimum dalam perencanaan lebar dermaga Pelabuhan Tanjungwangi yaitu

$$= 2.5 + 16 + 2.5 = 21 \text{ m.}$$

Dalam Tugas Akhir ini lebar dermaga direncanakan sesuai dengan lebar dermaga rencana PT. Pelindo III yaitu 25 m.

- **Elevasi Permukaan Dermaga**

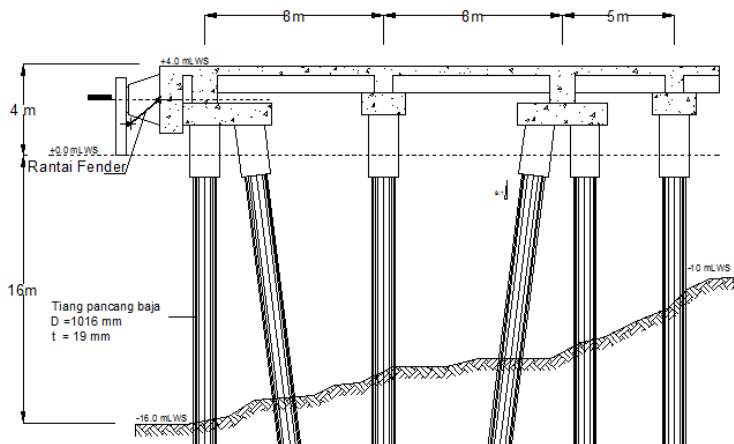
Elevasi dermaga dihitung pada saat air pasang dengan perumusan :

Beda pasang surut = 2,5 m

(berdasarkan data dishidros tahun 2013),

Maka Elevasi yang dibutuhkan = 2,5 + 1.5 m = 4 m

Dapat dilihat pada ( **Gambar 4.5** )



**Gambar 4.5** Kondisi Permukaan dermaga

- **Kebutuhan Jalur Trestle**

Panjang trestle ditentukan oleh panjang yang dibutuhkan untuk menghubungkan dermaga sampai ke darat. Sedangkan lebar trestle ditentukan berdasarkan lalu lintas apa saja yang lewat di atasnya dan fasilitas yang ada di atasnya. Dalam perencanaan kendaraan yang melintas adalah truk, container sehingga kebutuhan lebar trestle direncanakan untuk 2 Lajur 2 Arah dengan lebar lajunya 5 m serta kebutuhan untuk trotoar pejalan kaki di samping kiri dan kanan jalan selebar 1 m. Jadi, lebar keseluruhan trestle sebesar 12 m.

- **Perencanaan Causway**

Dalam evaluasi perencanaan causeway pelabuhan tanjungwangi ini tidak direncanakan untuk perencanaan causeway dikarenakan dilihat dari kondisi kedalaman perairan di daerah pelabuhan tanjungwangi kondisi timbunan mencapai kedalaman -3 m LWS dengan ketinggian permukaan mencapai +4 m LWS sehingga dalam perencanaan causeway tidak memungkinkan untuk dibangun dikarenakan terlalu dalamnya perairan dan terlalu tinggi kondisi timbunan yang mencapai 7 m . Sehingga dalam tugas akhir ini hanya membangun area penghubung daratan dengan dermaga menggunakan bangunan trestle



*”halaman ini sengaja dikosongkan”*

## **BAB V**

### **KRITERIA DESAIN DERMAGA**

#### **5.1. Peraturan yang Digunakan**

1. Technical Standard Port and Harbour Facilities in Japan (1991). Digunakan untuk merencanakan bollard / boulder dan menghitung energi pada fender.
2. Standard Design Criteria for Ports in Indonesia (1984). Digunakan untuk menentukan kecepatan kapal saat merapat di dermaga.
3. Peraturan Beton Indonesia (1971). Digunakan dalam perencanaan tulangan dengan memakai Perhitungan Lentur Cara “n’ ( Ir. Wiratman W. )
4. Konstruksi Beton Indonesia (1971). Digunakan dalam perencanaan tulangan yaitu untuk perhitungan momen akibat beban terpusat.
5. Port Designe’s Handbook: Recommendations and Guidelines (Carl A. Thoresen)
6. SNI 03-1726-2012 Standart Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung

#### **5.2 Kapal Rencana**

Dalam penulisan tugas akhir ini kapal rencana yang digunakan adalah kapal container dengan kapasitas 40.000 DWT. Berikut ini adalah dimensi dari kapal yang dipakai untuk perencanaan :

DWT = 40.000  
LOA = 237 m  
Lebar = 32.2 m  
Draft = 11.7 m



**Gambar 5.1** Kapal Container

### 5.3 Kualitas Bahan dan Material

#### 5.3.1. Mutu Beton

Dalam perencanaan dermaga ini digunakan beton dengan  $\sigma'_{bk} = 350 \text{ kg/cm}^2$  untuk komponen struktural. Berikut ini data mutu beton berdasarkan PBI 1971:

- kekuatan beton karakteristik  $\sigma'_{bk} = 350 \text{ kg/cm}^2$
- $\sigma'_b$  = Tegangan tekan beton akibat lentur tanpa dan / atau dengan gaya normal tekan  
 $= 0,33\sigma'_{bk}$   
 $= 0,33 \times 350$   
 $= 115,5 \text{ kg/cm}^2$
- $E_b$  = Modulus tekan beton untuk pembebanan tetap

$$\begin{aligned}
 &= 6400\sqrt{\sigma'_{bk}} \\
 &= 6400\sqrt{350} = 1,2 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

### 5.3.2 Selimut Beton

Dalam perencanaan ini digunakan tebal selimut beton untuk. Untuk daerah yang berbatasan langsung dengan air laut (bagian bawah struktur)

- Tebal decking untuk pelat 7.0 cm
- Tebal decking untuk balok 8.0 cm

Untuk tebal selimut beton pada bagian atas adalah :

- Tebal decking untuk pelat 7.0 cm
- Tebal decking untuk balok 8.0 cm

### 5.3.3 Mutu Baja

Baja tulangan yang digunakan dalam perencanaan dermaga ini adalah baja tulangan U-32. Berikut ini data mutu baja berdasarkan PBI 1971:

$$\begin{aligned}
 \sigma_{au} &= \text{Tegangan leleh karakteristik } 3200 \text{ kg/cm}^2 \\
 E_a &= 2,1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2 \\
 \sigma_a &= \text{Tegangan Tarik/tekan baja akibat beban } 1850 \text{ kg/cm}^2 \\
 \sigma'_{au} &= \text{Tegangan Tarik/tekan yang diijinkan } 2780 \text{ kg/cm}^2 \\
 \text{Diameter Tulangan} &= 16 \text{ mm ( untuk pelat )} \\
 &= 32 \text{ mm ( untuk balok )}
 \end{aligned}$$

## 5.4 Desain Dimensi Struktur

Struktur dermaga terdiri dari beberapa komponen antara lain : pile cap, tiang pancang, fender dan bolder. Berikut ini adalah desain dimensi struktur dermaga :

|                      |               |    |
|----------------------|---------------|----|
| Panjang dermaga      | : 261         | m  |
| Lebar dermaga        | : 25          | m  |
| Balok arah memanjang | : 800 x 1200  | mm |
| Balok Rail Crane     | : 1000 x 1650 | mm |

|                       |   |                    |    |
|-----------------------|---|--------------------|----|
| Balok Melintang 8.0 m | : | 800 x 1200         | mm |
| Balok Melintang 7.0 m | : | 800 x 1200         | mm |
| Tebal pelat lantai    | : | 400                | mm |
| Pile Cap Tunggal      | : | 2000 x 2000 x 1000 | mm |
| Pile Cap Ganda        | : | 4000 x 2000 x 1000 | mm |

### **5.5 Perencanaan Layot Pembalokan**

Layout pembalokan dermaga petikemas pelabuhan tanjungwangi seperti **Gambar 5.2** di bawah ini :



## 5.6 Pembebanan Pada Struktur Dermaga

Perhitungan beban dihitung dari beban yang bekerja pada dermaga yaitu beban vertikal dan beban horizontal :

### 5.6.1. Beban Vertikal

#### 1. Beban Berat Sendiri Konstruksi (Beban Merata)

Berat jenis ( $\gamma$ ) beton bertulang diambil sebesar  $2,9 \text{ t/m}^3$

Sehingga berat sendiri adalah :

$$\text{Berat pelat} = 0,4 \times 2,9 = 1,16 \text{ t/m}^2$$

$$\text{Total qd} = 1,16 \text{ t/m}^2$$

#### 2. Beban Hidup Merata

Untuk keadaan normal

Beban merata akibat muatan (beban pangkalan) =  $1,5 \text{ t/m}^2$

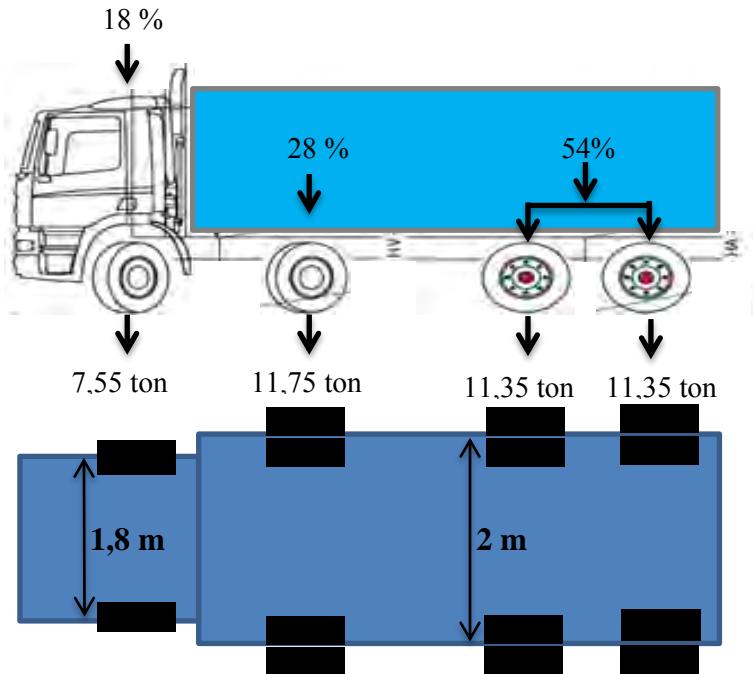
$$\text{Beban air hujan (5 cm)} = 0,05 \times 1 \text{ t/m}^2 = 0,05 \text{ t/m}^2$$

#### 3. Beban Bergerak

Merupakan beban yang bekerja di dermaga yang diakibatkan oleh tekanan roda dari peralatan bongkar muat yang digunakan pada dermaga. Peralatan yang digunakan dan pembebanannya adalah sebagai berikut :

##### a. Truk peti kemas

Beban yang diakibatkan oleh Truk petikemas dengan berat maksimum 42 ton. Dari konfigurasi beban roda truk diambil yang terbesar yaitu pada roda belakang sebesar 11750 kg dengan jarak antar roda 2 m dan area kontak tiap roda seluas 30 cm x 60 cm. Gambar konfigurasi pembebanan roda seperti pada **Gambar 5.3** berikut.

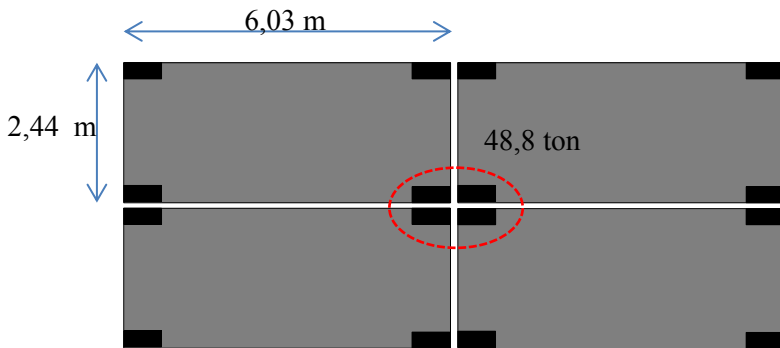


**Gambar 5.3** konfigurasi beban truk

#### b. Petikemas

Petikemas 20 ft bermuatan penuh bermuatan 24,4 ton yang bertumpu pada 4 kakinya, apabila dalam perencanaan ditumpuk sebanyak 2 tumpuk terletak dalam blok penumpukan dalam berbagai posisi. beban maksimum petikemas pada kakinya sebesar 48,8 ton. Lihat **Gambar 5.4**.



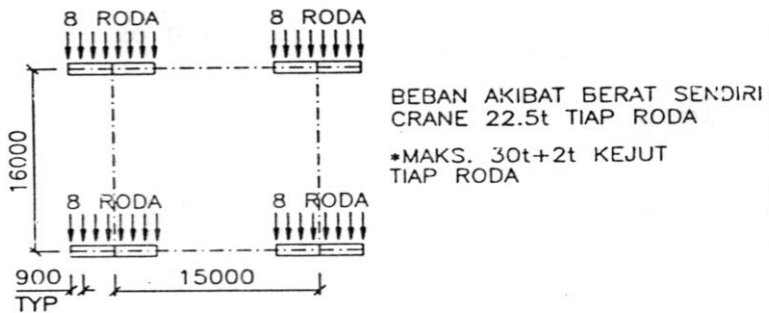


**Gambar 5.4** Beban terpusat akibat beban petikemas

**c. Portainer**

Portainer merupakan peralatan angkat muatan dari kapal ke darat dan sebaliknya. peralatan ini adalah angkat vertikal untuk memuat/ mengeluarkan container dari /ke kapal , sehingga dapat mempermudah pengangkatan , untuk konfigurasi beban portainer dapat dilihat pada **Gambar**

**5.5:**



**Gambar 5.5** konfigurasi portainer

#### 4. Beban Gempa

Dalam Perencanaan perhitungan gaya gempa sesuai dengan SNI 1726-2012 Perhitungan gaya gempa pada dermaga dihitung secara dinamis pada respon spectrum SAP 2000.

##### 5.6.2. Perencanaan Fender

###### 1. Beban Tumbukan Kapal

Beban tumbukan pada struktur dermaga akan berupa energi kinetik yang diabsorpsi oleh fender dan ditransfer menjadi gaya horizontal yang harus mampu ditahan oleh bangunan dermaga. Berikut ini adalah energi kinetik yang terjadi pada saat kapal merapat :

$$E_f = C_H \cdot C_E \cdot C_C \cdot C_S \cdot \left( \frac{1}{2} \cdot W \cdot V^2 \right) / g [ton - m]$$

$C_H$  = koefisien massa hidrodinamis.

$$C_H = 1.875 - 0.75x\left(\frac{D}{K_C}\right) ; (sumber : PIANC 2002)$$

Dimana :

$C_b$  = koefisien blok

$W_s$  = Displacement Tonage (ton)  $\approx$  1,3 DWT  
 $= 1,3 \times 40.000 = 52.000$  ton

$L_{pp}$  = 225m

$B$  = lebar kapal = 32.2 m

$D$  = draft kapal = 11.7 m

$C_b$  = 0,622

Maka,  $C_H = 1,875 - 0.75x(0.36) = 1,6$

$C_E$  = koefisien eccentricity

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

$l$  adalah jarak terpendek yang diukur sejajar dengan dermaga dari titik tumbuk kapal ke centre of gravity (c.g) kapal.

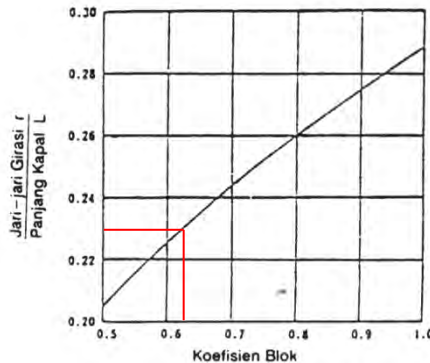
Dermaga :  $l = 1/4$  Loa

Dolphin :  $l = 1/6$  Loa

$r$  adalah jari-jari girasi , jari-jari perputaran kapaldengan pusat c.g sampai titik tumbuk.

Harga  $l$  dan  $r$  dapat diperoleh dari grafik hubungan antara

$C_b$  dengan  $\frac{r}{L_{oa}}$  . Lihat **Gambar 5.6**



**Gambar 5.6** Jari-jari girasi sebagai fungsi dari koefisien blok

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

Diketahui  $C_b = 0,622$  Diperoleh nilai  $\frac{r}{L_{oa}} = 0,228$  ,

sehingga nilai  $r = 237 \times 0,228 = 54.036$  m dan

$l = 1/4$  Loa =  $1/4 \times 237 = 59,25$  m

$$C_E = \frac{1}{1 + \left( \frac{59,25}{54,036} \right)^2} = 0,45$$

$C_C$  = Cushion Coefficient

Untuk perhitungan efek dari bantalan air dengan kondisi struktur dermaga berbentuk open pier harga  $C_C$  dikalikan dengan  $C_C = 1$

$C_S$  = Softness Coefficient (koefisien kehalusan)

Untuk mengantisipasi pengaruh deformasi elastis terhadap keadaan kapal ditentukan dengan asumsi tidak terjadinya deformasi, sehingga harga  $C_S = 1$

$g$  = gravitasi ( $m/s^2$ ) = 9,8  $m/s^2$

$V$  = kecepatan kapal waktu merapat (  $m/s$ )

Sistem fender direncanakan mampu menahan kapal dengan kecepatan yang sesuai dengan kondisi lapangan daerah pelabuhan yang direncanakan. Berdasarkan **Tabel 5.1** Standard Design Criteria for Port in Indonesia, 1984, kecepatan merapat kapal adalah :

**Tabel 5.1** Kecepatan Tambat Kapal

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

Di daerah dermaga petikemas Pelabuhan Tanjungwangi tipe kapal rencana adalah kapal 40.000 DWT atau termasuk large ship ,sehingga kapal dengan kriteria large ship kecepatan yang ditentukan pada kondisi Difficult sesuai dengan **Tabel 5.1** adalah kecepatan 0,178 m/sec.

Dari keseluruhan variable diatas, dapat dihitung energi fender yang terjadi

$$E_f = 1,6 \times 0,45 \times 1 \times 1 \left( \frac{1}{2} \times 52000 \times 0,78^2 \right) / 9,8 \quad [ton - m]$$

$$E_f = 61 \text{ ton-m}$$

Safety factor

Safety factor dapat diambil seperti yang dianjurkan PIANC 2002

| Vessel type          | Size     | $F_s$      |
|----------------------|----------|------------|
| Tanker, bulk, cargo  | Largest  | 1.25       |
|                      | Smallest | 1.75       |
| Container            | Largest  | 1.5        |
|                      | Smallest | 2.0        |
| General cargo        |          | 1.75       |
| RoRo, ferries        |          | $\geq 2.0$ |
| Tugs, workboats, etc |          | 2.0        |

Karena kondisi arus di wilayah perairan Tanjungwangi cukup besar nilai SF untuk kapal container yang digunakan sebesar 2, sehingga nilai  $E_{f_{akhir}}$  adalah sebagai berikut :

$$E_{f_{akhir}} = SF \times E_f = 1.5 \times 61 = 91,5 \text{ ton-m}$$

## 2. Pemilihan Tipe *Fender*

Dengan  $E_f$  maks = 92,4 ton-m, maka direncanakan untuk menggunakan sistem fender tunggal dari *Fender Karet SCN 1400-E0.9* dengan data-data sebagai berikut :

Energi = 91,5 ton-m ( $> E_f = 92,4$  ton-m)

Reaksi = 127,8 ton (sebagai gaya horizontal)

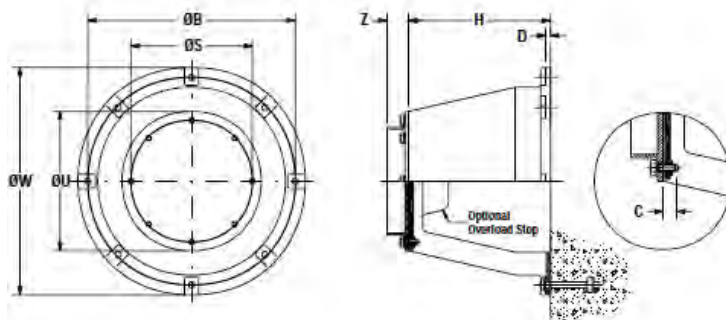
Diameter = 2 m

**Tabel 5.2** Super Cone Fenders Performance

| Energy Index  | SUPER CONE FENDERS PERFORMANCE |         |         |         |         |         |         |         |         |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
|---------------|--------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|               | SCN 300                        | SCN 350 | SCN 400 | SCN 500 | SCN 550 | SCN 600 | SCN 700 | SCN 800 | SCN 900 | SCN 1000 | SCN 1050 | SCN 1100 | SCN 1200 | SCN 1300 | SCN 1400 | SCN 1600 | SCN 1800 | SCN 2000 |
| E0.9<br>$E_R$ | 7.7                            | 12.5    | 18.6    | 36.5    | 49      | 63      | 117     | 171     | 248     | 338      | 302      | 450      | 585      | 743      | 927      | 1382     | 1967     | 2700     |
| $R_H$         | 59                             | 80      | 104     | 164     | 198     | 225     | 320     | 419     | 527     | 653      | 720      | 788      | 941      | 1103     | 1270     | 1670     | 2115     | 2610     |
| E1.0<br>$E_R$ | 8.6                            | 13.9    | 20.7    | 40.5    | 54      | 70      | 130     | 190     | 275     | 375      | 435      | 590      | 650      | 825      | 1030     | 1535     | 2185     | 3000     |
| $R_H$         | 65                             | 89      | 116     | 182     | 220     | 250     | 355     | 465     | 585     | 725      | 800      | 875      | 1045     | 1225     | 1420     | 1855     | 2350     | 2900     |
| E1.1<br>$E_R$ | 8.9                            | 14.4    | 21.4    | 41.9    | 56      | 72      | 134     | 196     | 282     | 385      | 447      | 514      | 668      | 847      | 1058     | 1577     | 2244     | 3080     |
| $R_H$         | 67                             | 91      | 119     | 187     | 226     | 257     | 365     | 478     | 601     | 745      | 822      | 899      | 1073     | 1258     | 1459     | 1905     | 2413     | 2978     |
| E1.2<br>$E_R$ | 9.2                            | 14.8    | 22.1    | 43.2    | 58      | 74      | 137     | 201     | 289     | 395      | 458      | 527      | 685      | 869      | 1085     | 1618     | 2303     | 3160     |
| $R_H$         | 68                             | 93      | 122     | 191     | 231     | 263     | 374     | 490     | 617     | 764      | 843      | 923      | 1101     | 1291     | 1497     | 1955     | 2476     | 3056     |
| E1.3<br>$E_R$ | 9.5                            | 15.3    | 22.8    | 44.6    | 59      | 76      | 141     | 207     | 296     | 405      | 470      | 541      | 703      | 891      | 1113     | 1660     | 2362     | 3240     |
| $R_H$         | 70                             | 96      | 125     | 196     | 237     | 270     | 384     | 503     | 633     | 784      | 865      | 947      | 1129     | 1324     | 1536     | 2005     | 2539     | 3134     |
| E1.4<br>$E_R$ | 9.8                            | 15.7    | 23.5    | 45.9    | 61      | 78      | 144     | 212     | 303     | 415      | 481      | 554      | 720      | 913      | 1140     | 1701     | 2421     | 3320     |
| $R_H$         | 72                             | 98      | 128     | 200     | 242     | 276     | 393     | 515     | 649     | 803      | 886      | 971      | 1157     | 1357     | 1574     | 2055     | 2602     | 3212     |
| E1.5<br>$E_R$ | 10.1                           | 16.2    | 24.2    | 47.3    | 63      | 80      | 148     | 218     | 310     | 425      | 493      | 568      | 738      | 935      | 1168     | 1743     | 2480     | 3400     |
| $R_H$         | 74                             | 100     | 131     | 205     | 248     | 283     | 403     | 528     | 665     | 823      | 908      | 995      | 1185     | 1390     | 1613     | 2105     | 2665     | 3290     |
| E1.6<br>$E_R$ | 10.4                           | 16.7    | 24.8    | 48.6    | 65      | 82      | 151     | 223     | 317     | 435      | 504      | 581      | 755      | 957      | 1195     | 1784     | 2539     | 3400     |
| $R_H$         | 75                             | 102     | 133     | 209     | 253     | 289     | 412     | 540     | 681     | 842      | 929      | 1019     | 1213     | 1423     | 1651     | 2155     | 2728     | 3368     |
| E1.7<br>$E_R$ | 10.6                           | 17.1    | 25.5    | 50.0    | 67      | 84      | 155     | 229     | 324     | 445      | 516      | 595      | 773      | 979      | 1223     | 1828     | 2598     | 3560     |
| $R_H$         | 77                             | 104     | 136     | 214     | 259     | 296     | 422     | 553     | 697     | 862      | 951      | 1043     | 1241     | 1456     | 1690     | 2205     | 2791     | 3446     |
| E1.8<br>$E_R$ | 10.9                           | 17.6    | 26.2    | 51.3    | 68      | 86      | 158     | 234     | 331     | 455      | 527      | 608      | 790      | 1001     | 1250     | 1867     | 2657     | 3640     |
| $R_H$         | 79                             | 107     | 139     | 218     | 264     | 302     | 431     | 565     | 713     | 881      | 972      | 1067     | 1269     | 1489     | 1728     | 2255     | 2854     | 3524     |
| E1.9<br>$E_R$ | 11.2                           | 18.0    | 26.9    | 52.7    | 70      | 88      | 162     | 240     | 338     | 465      | 539      | 622      | 808      | 1023     | 1278     | 1909     | 2716     | 3720     |
| $R_H$         | 80                             | 109     | 142     | 223     | 270     | 309     | 441     | 578     | 729     | 901      | 994      | 1091     | 1297     | 1522     | 1767     | 2305     | 2917     | 3602     |
| E2.0<br>$E_R$ | 11.5                           | 18.5    | 27.6    | 54.0    | 72      | 90      | 165     | 245     | 345     | 475      | 550      | 635      | 825      | 1045     | 1305     | 1950     | 2775     | 3800     |
| $R_H$         | 82                             | 111     | 145     | 227     | 275     | 315     | 450     | 590     | 745     | 920      | 1015     | 1115     | 1325     | 1555     | 1805     | 2355     | 2980     | 3680     |

**Tabel 5.3** Super Cone Fenders Dimensions

| SUPER CONE FENDER DIMENSIONS |      |      |      |        |    |      |         |      |            |     |             |
|------------------------------|------|------|------|--------|----|------|---------|------|------------|-----|-------------|
| Fender                       | H    | ØW   | ØU   | C      | D  | ØB   | Anchors | ØS   | Head Bolts | Z   | Weight (kg) |
| SCN 300                      | 300  | 500  | 295  | 27-37  | 15 | 440  | 4-M20   | 255  | 4-M20      | 45  | 31          |
| SCN 350                      | 350  | 570  | 330  | 27-37  | 15 | 510  | 4-M20   | 275  | 4-M20      | 52  | 40          |
| SCN 400                      | 400  | 650  | 390  | 30-40  | 20 | 585  | 4-M24   | 340  | 4-M24      | 60  | 74          |
| SCN 500                      | 500  | 800  | 490  | 32-42  | 25 | 730  | 4-M24   | 425  | 4-M24      | 75  | 144         |
| SCN 550                      | 550  | 880  | 525  | 32-42  | 25 | 790  | 4-M24   | 470  | 4-M24      | 82  | 195         |
| SCN 600                      | 600  | 960  | 590  | 40-52  | 30 | 875  | 4-M30   | 515  | 4-M30      | 90  | 240         |
| SCN 700                      | 700  | 1120 | 685  | 40-52  | 35 | 1020 | 4-M30   | 600  | 4-M30      | 105 | 395         |
| SCN 800                      | 800  | 1280 | 785  | 40-52  | 35 | 1165 | 6-M30   | 685  | 6-M30      | 120 | 606         |
| SCN 900                      | 900  | 1440 | 885  | 40-52  | 35 | 1313 | 6-M30   | 770  | 6-M30      | 135 | 841         |
| SCN 1000                     | 1000 | 1600 | 980  | 50-65  | 35 | 1460 | 6-M36   | 855  | 6-M36      | 150 | 1120        |
| SCN 1050                     | 1050 | 1680 | 1030 | 50-65  | 40 | 1530 | 6-M36   | 900  | 6-M36      | 157 | 1360        |
| SCN 1100                     | 1100 | 1760 | 1080 | 50-65  | 40 | 1605 | 8-M36   | 940  | 8-M36      | 165 | 1545        |
| SCN 1200                     | 1200 | 1920 | 1175 | 57-80  | 40 | 1750 | 8-M42   | 1025 | 8-M42      | 180 | 1970        |
| SCN 1300                     | 1300 | 2080 | 1275 | 65-90  | 40 | 1900 | 8-M48   | 1100 | 8-M48      | 195 | 2455        |
| SCN 1400                     | 1400 | 2240 | 1370 | 65-90  | 50 | 2040 | 8-M48   | 1195 | 8-M48      | 210 | 3105        |
| SCN 1600                     | 1600 | 2560 | 1570 | 65-90  | 60 | 2335 | 8-M48   | 1365 | 8-M48      | 240 | 4645        |
| SCN 1800                     | 1800 | 2880 | 1765 | 75-100 | 60 | 2625 | 10-M56  | 1540 | 10-M56     | 270 | 6618        |
| SCN 2000                     | 2000 | 3200 | 1955 | 80-105 | 90 | 2920 | 10-M56  | 1710 | 10-M56     | 300 | 9560        |



**Gambar 5.7** Dimensi Fender SCN  
(Sumber : Fentek Marine Fendering System )

### 3. Pemasangan Fender

Untuk pemasangan fender vertikal, diusahakan kapal dapat tersentuh oleh fender. Dalam tugas akhir ini, dermaga petikemas direncanakan dapat ditambati oleh kapal yang berukuran di bawah 40.000 DWT sehingga pemasangan

fender diharapkan cukup untuk jangkauan kapal rencana. Untuk pemasangan fender horisontal, fender dipasang dengan jarak 7 meter. Pada fender ini perlu dipasang panel/frontal pada (**Gambar 5.8**) untuk mengamankan badan kapal ketika menumbuk fender karena luas bidang sentuh fender relatif kecil sehingga dikhawatirkan dapat merobek badan kapal. Perencanaan dimensi frontal pad dapat dihitung dengan rumus:

$$P = \frac{\sum R}{W \cdot H} < P_p$$

Dimana:

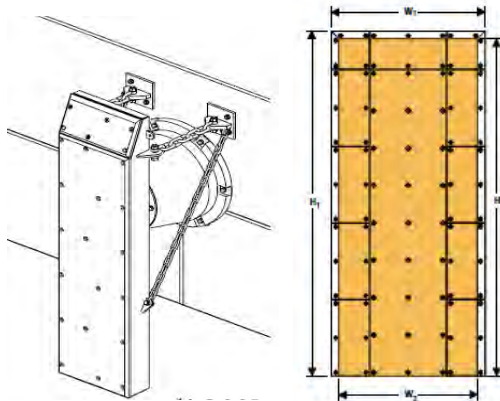
P = tekanan kontak lambung kapal

$\sum R$  = reaksi maksimum dari fender

W = lebar panel

H = tinggi panel

$P_p$  = tekanan kontak ijin (**Tabel 5.4**)



**Gambar 5.8** Dimensi Panel Fender SCN  
(Sumber : Fentek Marine Fendering System )



**Tabel 5.4** Tekanan Kontak Ijin Kapal

|                              |                           |
|------------------------------|---------------------------|
| ULCC & VLCC                  | 150~250 kN/m <sup>2</sup> |
| Tankers                      | 250~350 kN/m <sup>2</sup> |
| Product & Chemical Tankers   | 300~400 kN/m <sup>2</sup> |
| Bulk Carriers                | 150~250 kN/m <sup>2</sup> |
| Post-Panamax Container Ships | 200~300 kN/m <sup>2</sup> |
| Panamax Container Ships      | 300~400 kN/m <sup>2</sup> |
| Sub-Panamax Container Ships  | 400~500 kN/m <sup>2</sup> |
| General Cargo (un-belted)    | 300~600 kN/m <sup>2</sup> |
| Gas Carriers                 | 100~200 kN/m <sup>2</sup> |

(sumber : Fentek Marine Fendering System )

Rencana perhitungan panel pada fender :

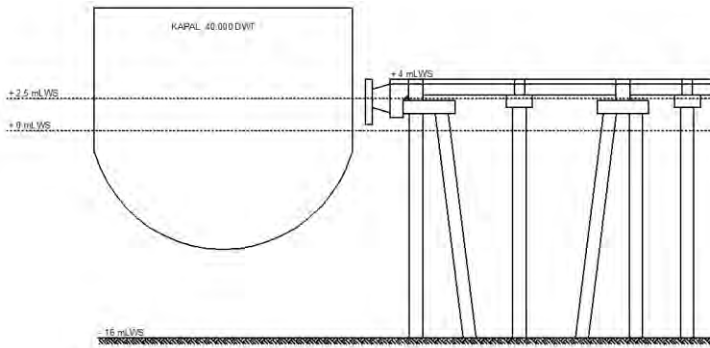
$$W = 3 \text{ m};$$

$$H = 3,5 \text{ m, maka}$$

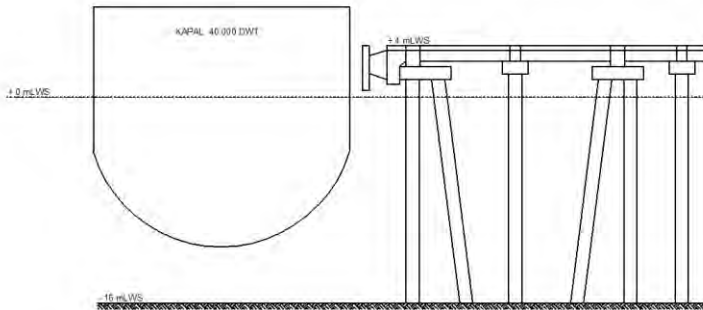
$$P = \frac{\sum R}{W \cdot H} < P_p$$

$$P = \frac{1278 \text{ kN}}{3 \text{ m} \cdot 3,5 \text{ m}} = 122 \text{ kN} / \text{m}^2 < 300 \text{ kN} / \text{m}^2$$

Jadi panel dengan ukuran 3m x 3m bisa digunakan untuk mengamankan badan kapal. Kondisi kapal saat bertambat dapat dilihat pada **Gambar 5.9**



(a) Kondisi Kapal Saat Air Pasang



(b) Kondisi Kapal Saat Air laut surut

**Gambar 5.9** Kondisi Kapal Saat Bertambat di dermaga

### 5.6.3. Perencanaan Boulder

#### 1. Perhitungan Boulder

##### a. Gaya tarik kapal

Kapal terbesar yang merapat di dermaga petikemas Tanjungwangi dengan ukuran 40.000 DWT atau 20.000 GRT, besarnya gaya tarik boulder (Pa) = 150 ton.

**Tabel. 5.5** Gaya Tarik Boulder Berdasarkan Ukuran Kapal

| Gross tonnage ( <i>GT</i> ) of vessel (tons) | Tractive force acting on a mooring post (kN) | Tractive force acting on a bollard (kN) |
|--|--|---|
| 200 < <i>GT</i> ≤ 500                        | 150  | 150                                     |
| 500 < <i>GT</i> ≤ 1000                       | 250  | 250                                     |
| 1000 < <i>GT</i> ≤ 2000                      | 350  | 250                                     |
| 2000 < <i>GT</i> ≤ 3000                      | 350  | 350                                     |
| 3000 < <i>GT</i> ≤ 5000                      | 500  | 350                                     |
| 5000 < <i>GT</i> ≤ 10000                     | 700  | 500                                     |
| 10000 < <i>GT</i> ≤ 15000                    | 1000   | 700                                     |
| 15000 < <i>GT</i> < 20000                    | 1000   | 700                                     |
| 20000 < <i>GT</i> ≤ 50000                    | 1500   | 1000                                    |
| 50000 < <i>GT</i> ≤ 100000                   | 2000   | 1000                                    |

Agar diperoleh gaya-gaya dalam kondisi kritis maka diambil sudut yang terjadi untuk  $\alpha$  dan  $\beta$  sebesar  $45^0$ . Besarnya komponen-komponen gaya adalah sebagai berikut :

$$V = P_a \sin \alpha = 150x \sin 45^0 = 106,07 \text{ t}$$

$$H = P_a \cos \alpha = 150x \cos 45^0 = 106,07 \text{ t}$$

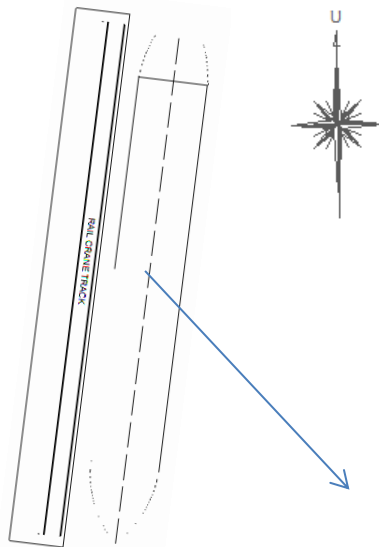
$$T = H \cos \beta = 106,07x \cos 45^0 = 75 \text{ t}$$

$$N = H \sin \beta = 106,07 \times \sin 45^\circ = 75 \text{ t}$$

Dari ketiga komponen gaya horizontal tersebut yaitu H, T dan N dipilih yang terbesar yaitu **H = 106,07** ton untuk perencanaan boulder. Gaya tersebut harus dibandingkan dengan gaya tarik kapal akibat tekanan arus dan angin, kemudian dipilih yang terbesar untuk perencanaan boulder. Berikut ini perhitungan gaya tarik kapal akibat arus dan angin.

**b. Gaya tarik akibat arus :**

Di dalam penentuan gaya Tarik akibat arus digunakan kecepatan arus maksimum yang diijinkan yaitu sebesar 1,5 m/s. Arus maksimum tersebut terjadi ke arah tenggara dengan membentuk sudut  $52^\circ$  dari sumbu kapal, (lihat **Gambar 5.10**).



**Gambar 5.10** Arah arus di lokasi dermaga Pelabuhan Tanjungwangi

Maka, Tekanan akibat arus pada kapal yang tertambat ( $P_C$ ) adalah sebagai berikut :

$$P_C = \frac{C_C \times \gamma_C \times A_C \times V_C^2}{2g}$$

Di mana :

$\gamma_C$  = berat jenis air laut (=1,025 t/m<sup>3</sup>)

$A_C$  = luasan melintang kapal di bawah permukaan air, karena arus cenderung sejajar sumbu kapal.

= lebar x draft = 32,2 x 11,7

= 376,74 m<sup>2</sup>

$V_C$  = kecepatan arus dalam arah tegak lurus kapal (m/dt)

= 1,5 m/s x sin 52° = 1.18 m/s

(lihat **Gambar 5.9**)

$C_C$  = koefisien arus

= 3 (untuk arus yang sejajar sumbu kapal, diambil paling maksimum) (**Gambar 2.8**)

$g$  = gravitasi (m/s<sup>2</sup>) = 9,8 m/s<sup>2</sup>

maka besarnya gaya tarik akibat arus,

$$P_C = \frac{3 \times 1,025 \times 376,74 \times 1,18^2}{2 \times 9,8}$$

= **82,3 t**

**c. Gaya tarik akibat angin :**

Berdasarkan Pengumpulan Data dan Analisa di dapat data kecepatan angin maksimum di wilayah dermaga Pelabuhan Tanjungwangi sebesar 10 knot. angin maksimum tersebut terjadi ke arah Tenggara, sehingga membentuk sudut 52° dengan kapal pada saat bertambat

Maka, Tekanan akibat arus pada kapal yang tertambat ( $P_C$ ) adalah sebagai berikut :

$$P_w = C_w \left( A_w \sin \phi + B_w \cos \phi \right) \frac{V_w^2}{1600}$$

Dimana :

$P_w$  = Tekanan angin pada kapal yang bertambat

$C_w$  = Koefisien tekanan angin

$C_w$  = 1.17 (angin  $52^\circ$  dengan centerline kapal)

**(Gambar 2.9)**

$A_w$  = Luasan proyeksi arah memanjang, di atas air

= panjang kapal x (depth - draft)

=  $237 \times (14 - 11,7)$

=  $545,1 \text{ m}^2$

$B_w$  = Luasan proyeksi arah muka ( $\text{m}^2$ )

= (depth-draft) x lebar kapal

=  $(14-11,7) \times 32,2$

=  $74,06 \text{ m}^2$

$\phi$  = Sudut arah datangnya angin terhadap centerline

=  $52^\circ$  (angin dari arah tenggara)

$V_w$  = Kecepatan angin

= diambil 10 knot =  $10 \times 1,852 \times \frac{1000 \text{ m}}{3600 \text{ s}}$

= 5,1 m/s

$$P_w = 0,8(545,1 \sin 52^\circ + 74,06 \cos 52^\circ) \frac{5,1^2}{1600}$$

= 6,34 t

Jumlah gaya tarik akibat arus dan angin

= 82,3 t + 6,34 t

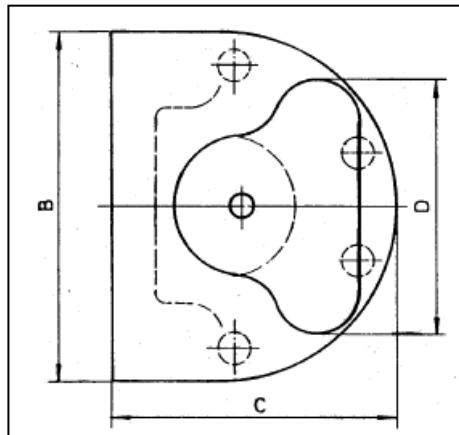
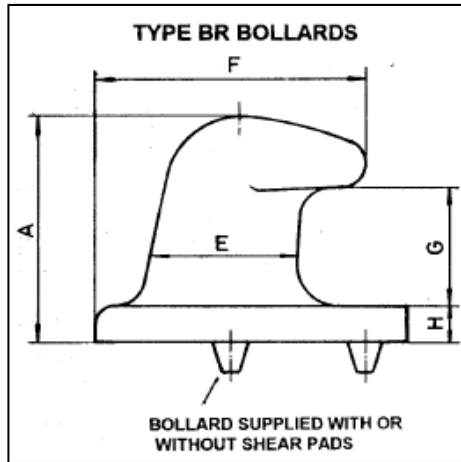
= 88,64 ton

Gaya Tarik akibat arus dan angin tersebut diasumsikan dipikul oleh 2 buah boulder/bollard, sehingga gaya Tarik tiap bouldernya adalah 44,32 ton. Setelah dibandingkan dengan gaya tarik berdasarkan bobot kapal, maka untuk perencanaan dipilih gaya tarik kapal **106,07ton** berdasarkan bobot kapal.

## 2. Pemilihan Tipe Boulder

Dari perhitungan pembebanan didapat gaya tarik pada boulder adalah 106,07 ton sehingga dipilih tipe boulder dengan spesifikasi sebagai berikut :

- Boulder / Bollard Type BR-150 (**Gambar 5.11**)
  - Kapasitas tarik (T) = 150 ton
  - Dimensi : A = 600 mm
  - B = 1000 mm
  - C = 810 mm
  - D = 750 mm
  - E = 381 mm
  - F = 710 mm
  - G = 306 mm
  - H = 100 mm
- Pelat Boulder(LRFD):
  - Tebal (t) = 10 cm
  - Panjang (P) = B = 100 cm
  - Lebar (L) = C = 81 cm
  - Mutu Baja = BJ 41
  - Teg. Putus min ( $f_u^p$ ) = 4100 Kg/cm<sup>2</sup>
  - Teg. Leleh min ( $f_{yp}$ ) = 2500 Kg/cm<sup>2</sup>
- Baut Boulder (LRFD) :
  - Diameter = 2 ½ In(4 buah)
  - Mutu Baja = BJ 41
  - = 4100 Kg/cm<sup>2</sup>
  - Teg. Putus min ( $f_u^b$ ) = 2500 Kg/cm<sup>2</sup>
  - Teg. Leleh min ( $f_{yb}$ )
- Dasar Pondasi dari Beton
  - Digunakan beton mutu K<sub>350</sub> dengan  $\sigma'_{bk} = 350$  kg/cm<sup>2</sup>. Dari PBI '71 Tabel 10.4.2 didapatkan :
    - Teg. Tekan ijin ( $\sigma'_b$ ) = 0,33  $\sigma'_{bk} = 115,5$  kg/cm<sup>2</sup>
    - Teg. Geser ijin ( $\tau_b$ ) = 0,54  $\sqrt{\sigma'_{bk}} = 10,102$  kg/cm<sup>2</sup>



**Gambar 5.11** Bollard Type BR-150



### 5.7 Perhitungan Tinggi Struktur Dermaga

Tinggi struktur merupakan jarak dari titik jepit tiang pancang (point of fixity) ke elevasi dermaga (lihat **Gambar 5.11**). Perhitungan titik jepit tanah terhadap tiang pancang digunakan persamaan:

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

dimana :

$$E = \text{Modulus Elastisitas tiang pancang baja} \\ = 2100000 \text{ kg/cm}^2$$

$$I = \text{Momen Inersia tiang} = \frac{1}{64} \times \pi \times d^4 \\ = \frac{1}{64} \times \pi \times (101.6^4 - (101.6 - 1.9)^4) = 380.420.2 \text{ cm}^4$$

$$nh = \text{koefisien modulus variasi tanah} \\ = 150 \text{ KN/m}^3 = 0,015 \text{ kg/cm}^3 \text{ untuk tanah soft organic silts} \\ \text{(Terzaghi dalam Daya Dukung Tanah Pondasi Dalam Herman Wahyudi, 1991)}$$

Sehingga faktor kekakuan (T) dapat dihitung sebagai berikut

$$T = \sqrt[5]{\frac{210000 \times 380.420.2}{0,015}} = 556.26 \text{ cm}$$

$$Z_f = 1,8 \times 556,26 \approx 1000 \text{ cm} = 10 \text{ m}$$

Sehingga tinggi struktur dermaga

$$H_{\text{total}} = \text{Jarak dari Elevasi Dermaga ke LWS} + \text{Jarak Seabed ke} \\ \text{LWS} + \text{Jarak Seabed ke Titik Jepit Tiang Pancang} \\ = 4 + 16 + 10 = 30 \text{ m}$$

## **BAB VI**

### **PERENCANAAN STRUKTUR DERMAGA**

#### **6.1. Umum**

Dalam pelaksanaannya Konstruksi dermaga Pelabuhan Tanjungwangi adalah type open pier, komponen dermaga seperti pelat, balok dan poer dicor dengan metode in-situ.

Struktur dermaga terdiri dari beberapa komponen antara lain : pile cap, tiang pancang, fender dan bolder. Berikut ini adalah desain dimensi struktur dermaga :

- Panjang dermaga yang direncanakan : 261 m
- Lebar dermaga : 25 m
- Balok arah memanjang : 800 x 1200 mm
- Balok Rail Crane : 1100 x 1650 mm
- Balok Melintang 7.0 m : 800 x 1200 mm
- Balok Melintang 8.0 m : 800 x 1200 mm
- Tebal pelat lantai : 400 mm
- Pile Cap Tunggal : 2000 x 2000 x 1000 mm
- Pile Cap Ganda : 4000 x 2000 x 1000 mm

#### **6.2. Perencanaan Pelat**

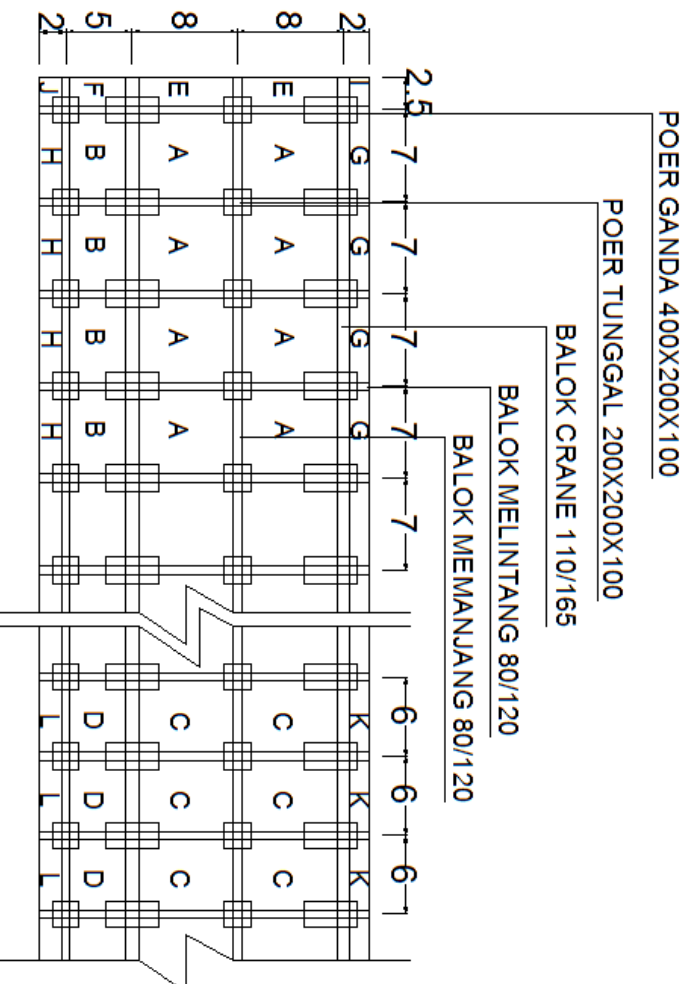
##### **A. Penentuan Tipe Pelat**

Penentuan tipe pelat didasarkan pada ukuran pelat (lihat **Gambar 6.1**).

##### **B. Pembebanan Pelat**

Berikut ini beberapa beban yang diterima oleh pelat.

1. Berat sendiri konstruksi (qd) = 1.16 t/m<sup>2</sup>
2. Beban hidup merata (ql) = 5.05 t/m<sup>2</sup>
3. Beban bergerak
  - a. Truck (**Lihat Bab 5.6.3**)
  - b. Portainer (**Lihat Bab 5.6.3**)
  - c. Peti Kemas



Tabel 6.1 Penentuan ukuran pelat

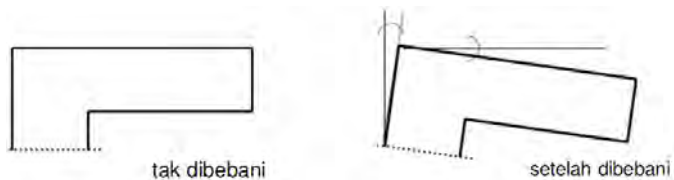
### C. Perhitungan Momen Pelat

#### Momen akibat beban mati dan hidup

Pada kondisi ini pelat diasumsikan terkondisi statis tak tentu dimana pelat merupakan struktur lentur dan **terjepit elastis** dengan balok pada keempat sisinya. Dikatakan jepit penuh bila tumpuan mampu mencegah pelat berotasi dan rekatif sangat kaku terhadap momen punter (lihat **Gambar 6.2** dan **6.3**). Bila balok tepi tidak cukup kuat untuk mencegah rotasi sama sekali, maka pelat dikatan terjepit sebagian atau jepit elastis.



**Gambar 6.2.** Pelat tepi ditumpu jepit penuh.

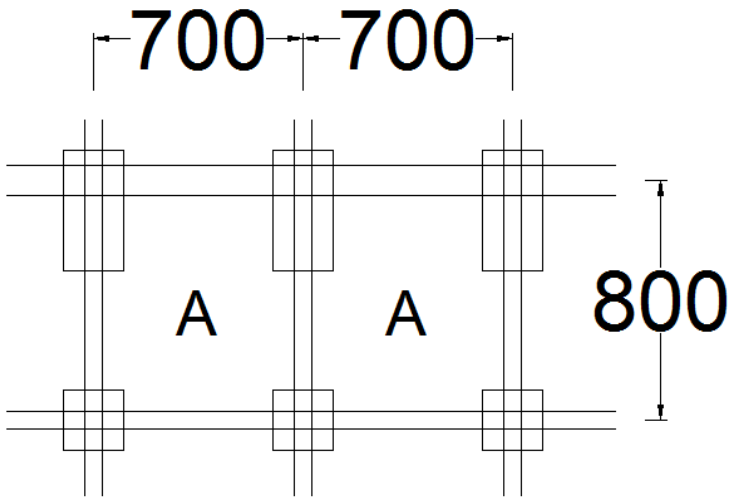


**Gambar 6.3.** Pelat tepi ditumpu jepit elastis.

#### Contoh perhitungan momen pelat Tipe A

Pelat A (**Gambar 6.4**):

$$\begin{aligned} L_y &= 8.0 - 0.9 = 7.1 \text{ m} & L_y/L_x &= 1.145 \\ L_x &= 7.0 - 0.8 = 6.2 \text{ m} \end{aligned}$$



**Gambar 6.4** Pelat Tipe A

Dari tabel 13.3.1 PBI 1971 dapat ditentukan koefisien  $x$  untuk pelat terjepit elastis dilihat pada **Tabel 6.1**

**Tabel 6.1** Nilai Koefisien X untuk Masing – Masing Tipe Pelat.

| Tipe Pelat | $l_x$ | $l_y$ | $l_y/l_x$             | Koefisien $\alpha$ |       |
|------------|-------|-------|-----------------------|--------------------|-------|
| A          | 6.2   | 7.1   | 1.145<br>Two way slab | $M_{lx}$           | 43    |
|            | 6.2   | 7.1   |                       | $M_{tx}$           | 43    |
|            | 6.2   | 7.1   |                       | $M_{ly}$           | 37.25 |
|            | 6.2   | 7.1   |                       | $M_{ty}$           | 37.25 |
| B          | 4.1   | 6.2   | 1.5<br>Two way slab   | $M_{lx}$           | 56    |
|            | 4.1   | 6.2   |                       | $M_{tx}$           | 56    |
|            | 4.1   | 6.2   |                       | $M_{ly}$           | 37    |
|            | 4.1   | 6.2   |                       | $M_{ty}$           | 37    |
| C          | 5.2   | 7.1   | 1.4<br>Two way slab   | $M_{lx}$           | 53    |
|            | 5.2   | 7.1   |                       | $M_{tx}$           | 53    |
|            | 5.2   | 7.1   |                       | $M_{ly}$           | 38    |
|            | 5.2   | 7.1   |                       | $M_{ty}$           | 38    |
| D          | 4.1   | 5.2   | 1.3<br>Two way slab   | $M_{lx}$           | 50    |
|            | 4.1   | 5.2   |                       | $M_{tx}$           | 50    |
|            | 4.1   | 5.2   |                       | $M_{ly}$           | 38    |
|            | 4.1   | 5.2   |                       | $M_{ty}$           | 38    |
| E          | 2.1   | 7.1   | 3.4<br>one way slab   | $M_{lx}$           | 54    |
|            | 2.1   | 7.1   |                       | $M_{tx}$           | 54    |
|            | 2.1   | 7.1   |                       | $M_{ly}$           | 19    |
|            | 2.1   | 7.1   |                       | $M_{ty}$           | 56    |
| F          | 2.1   | 4.1   | 2.0<br>Two way slab   | $M_{lx}$           | 85    |
|            | 2.1   | 4.1   |                       | $M_{tx}$           | 85    |
|            | 2.1   | 4.1   |                       | $M_{ly}$           | 50    |
|            | 2.1   | 4.1   |                       | $M_{ty}$           | 50    |
| G          | 1.5   | 6.2   | 4.1<br>one way slab   | $M_{lx}$           | 54    |
|            | 1.5   | 6.2   |                       | $M_{tx}$           | 54    |
|            | 1.5   | 6.2   |                       | $M_{ly}$           | 19    |
|            | 1.5   | 6.2   |                       | $M_{ty}$           | 56    |
| H          | 1.6   | 6.2   | 3.9<br>one way slab   | $M_{lx}$           | 54    |
|            | 1.6   | 6.2   |                       | $M_{tx}$           | 54    |
|            | 1.6   | 6.2   |                       | $M_{ly}$           | 19    |
|            | 1.6   | 6.2   |                       | $M_{ty}$           | 56    |

|   |     |     |                     |     |    |
|---|-----|-----|---------------------|-----|----|
| I | 1.5 | 2.1 | 1.4<br>Two way slab | Mlx | 71 |
|   | 1.5 | 2.1 |                     | Mtx | 71 |
|   | 1.5 | 2.1 |                     | Mly | 51 |
|   | 1.5 | 2.1 |                     | Mty | 51 |
| J | 1.6 | 2.1 | 1.3<br>Two way slab | Mlx | 67 |
|   | 1.6 | 2.1 |                     | Mtx | 67 |
|   | 1.6 | 2.1 |                     | Mly | 51 |
|   | 1.6 | 2.1 |                     | Mty | 51 |
| K | 1.5 | 5.2 | 3.5<br>one way slab | Mlx | 54 |
|   | 1.5 | 5.2 |                     | Mtx | 54 |
|   | 1.5 | 5.2 |                     | Mly | 19 |
|   | 1.5 | 5.2 |                     | Mty | 56 |
| L | 1.6 | 5.2 | 3.3<br>one way slab | Mlx | 54 |
|   | 1.6 | 5.2 |                     | Mtx | 54 |
|   | 1.6 | 5.2 |                     | Mly | 19 |
|   | 1.6 | 5.2 |                     | Mty | 56 |

(Sumber : Hasil perhitunga dari Tabel 13.3.1 PBI '71)

Perhitungan momen pelat Tipe A akibat beban mati dan hidup merata adalah sebagai berikut :

### **Beban Mati**

Momen tumpuan =  $M_{tx} = M_{ty} = - 0,001 \cdot q_d \cdot L_x^2 \cdot X$

Momen lapangan =  $M_{lx} = M_{ly} = 0,001 \cdot q_d \cdot L_x^2 \cdot X$

### **Beban Hidup**

Momen tumpuan =  $M_{tx} = M_{ty} = - 0,001 \cdot q_l \cdot L_x^2 \cdot X$

Momen lapangan =  $M_{lx} = M_{ly} = 0,001 \cdot q_l \cdot L_x^2 \cdot X$

**Momen akibat beban mati**

Momen lapangan :

$$M_{lx} = 0,001 \times 1160 \times 6,2^2 \times 43 = 1917 \text{ kg m}$$

$$M_{ly} = 0,001 \times 1160 \times 6,2^2 \times 37,25 = 1661 \text{ kg m}$$

Momen tumpuan

$$M_{tx} = -0,001 \times 1160 \times 6,2^2 \times 43 = -1917 \text{ kg m}$$

$$M_{ty} = -0,001 \times 1160 \times 6,2^2 \times 37,25 = -1661 \text{ kg m}$$

**Momen akibat beban mati**

Momen lapangan :

$$M_{lx} = 0,001 \times 5050 \times 6,2^2 \times 43 = 8347 \text{ kg m}$$

$$M_{ly} = 0,001 \times 5050 \times 6,2^2 \times 37,25 = 7231 \text{ kg m}$$

Momen tumpuan

$$M_{tx} = -0,001 \times 5050 \times 6,2^2 \times 43 = -8327 \text{ kg m}$$

$$M_{ty} = -0,001 \times 5050 \times 6,2^2 \times 37,25 = -7231 \text{ kg m}$$

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



Tabel 6.2 Momen Akibat Beban Mati dan Hidup untuk Masing – Masing Tipe Pelat

| Tipe Pelat | Ix  | Iy  | Iy/Ix        | Koefisien X |       | Momen Akibat Beban (kgm) |          |          |
|------------|-----|-----|--------------|-------------|-------|--------------------------|----------|----------|
|            |     |     |              | Mlx         | Mly   | Mati                     | Hidup    | Total    |
| A          | 6.2 | 7.1 | 1.145        | Mlx         | 43    | 1917.4                   | 8347.2   | 10264.6  |
|            | 6.2 | 7.1 |              | Mtx         | 43    | -1917.4                  | -8347.2  | -10264.6 |
|            | 6.2 | 7.1 | Two way slab | Mly         | 37.25 | 1661.0                   | 7231.0   | 8892.0   |
|            | 6.2 | 7.1 |              | Mty         | 37.25 | -1661.0                  | -7231.0  | -8892.0  |
| B          | 4.1 | 6.2 | 1.5          | Mlx         | 56    | 1092.0                   | 10870.8  | 11962.8  |
|            | 4.1 | 6.2 |              | Mtx         | 56    | -1092.0                  | -10870.8 | -11962.8 |
|            | 4.1 | 6.2 | Two way slab | Mly         | 37    | 721.5                    | 7182.5   | 7904.0   |
|            | 4.1 | 6.2 |              | Mty         | 37    | -721.5                   | -7182.5  | -7904.0  |
| C          | 5.2 | 7.1 | 1.4          | Mlx         | 53    | 1662.4                   | 10288.5  | 11950.9  |
|            | 5.2 | 7.1 |              | Mtx         | 53    | -1662.4                  | -10288.5 | -11950.9 |
|            | 5.2 | 7.1 | Two way slab | Mly         | 38    | 1191.9                   | 7376.6   | 8568.6   |
|            | 5.2 | 7.1 |              | Mty         | 38    | -1191.9                  | -7376.6  | -8568.6  |
| D          | 4.1 | 5.2 | 1.3          | Mlx         | 50    | 975.0                    | 9706.1   | 10681.1  |
|            | 4.1 | 5.2 |              | Mtx         | 50    | -975.0                   | -9706.1  | -10681.1 |
|            | 4.1 | 5.2 | Two way slab | Mly         | 38    | 741.0                    | 7376.6   | 8117.6   |
|            | 4.1 | 5.2 |              | Mty         | 38    | -741.0                   | -7376.6  | -8117.6  |
| E          | 2.1 | 7.1 | 3.4          | Mlx         | 54    | 276.2                    | 10482.6  | 10758.8  |
|            | 2.1 | 7.1 |              | Mtx         | 54    | -276.2                   | -10482.6 | -10758.8 |
|            | 2.1 | 7.1 | one way slab | Mly         | 19    | 97.2                     | 3688.3   | 3785.5   |
|            | 2.1 | 7.1 |              | Mty         | 56    | -286.5                   | -10870.8 | -11157.3 |
| F          | 2.1 | 4.1 | 2.0          | Mlx         | 85    | 434.8                    | 16500.4  | 16935.2  |
|            | 2.1 | 4.1 |              | Mtx         | 85    | -434.8                   | -16500.4 | -16935.2 |
|            | 2.1 | 4.1 | Two way slab | Mly         | 50    | 255.8                    | 9706.1   | 9961.9   |
|            | 2.1 | 4.1 |              | Mty         | 50    | -255.8                   | -9706.1  | -9961.9  |

Lanjutan Tabel 6.2 ...

|   |     |     |              |     |    |        |          |          |
|---|-----|-----|--------------|-----|----|--------|----------|----------|
| G | 1.5 | 6.2 | 4.1          | Mix | 54 | 140.9  | 10482.6  | 10623.5  |
|   | 1.5 | 6.2 |              | Mtx | 54 | -140.9 | -10482.6 | -10623.5 |
|   | 1.5 | 6.2 | one way slab | Mly | 56 | 49.6   | 3688.3   | 3737.9   |
|   | 1.5 | 6.2 |              | Mty | 56 | -146.2 | -10870.8 | -11017.0 |
| H | 1.6 | 6.2 | 3.9          | Mix | 54 | 160.4  | 10482.6  | 10642.9  |
|   | 1.6 | 6.2 |              | Mtx | 54 | -160.4 | -10482.6 | -10642.9 |
|   | 1.6 | 6.2 | one way slab | Mly | 19 | 56.4   | 3688.3   | 3744.7   |
|   | 1.6 | 6.2 |              | Mty | 56 | -166.3 | -10870.8 | -11037.1 |
| I | 1.5 | 2.1 | 1.4          | Mix | 71 | 185.3  | 13782.7  | 13968.0  |
|   | 1.5 | 2.1 |              | Mtx | 71 | -185.3 | -13782.7 | -13968.0 |
|   | 1.5 | 2.1 | Two way slab | Mly | 51 | 133.1  | 9900.2   | 10033.3  |
|   | 1.5 | 2.1 |              | Mty | 51 | -133.1 | -9900.2  | -10033.3 |
| J | 1.6 | 2.1 | 1.3          | Mix | 67 | 199.0  | 13006.2  | 13205.1  |
|   | 1.6 | 2.1 |              | Mtx | 67 | -199.0 | -13006.2 | -13205.1 |
|   | 1.6 | 2.1 | Two way slab | Mly | 51 | 151.4  | 9900.2   | 10051.7  |
|   | 1.6 | 2.1 |              | Mty | 51 | -151.4 | -9900.2  | -10051.7 |
| K | 1.5 | 5.2 | 3.5          | Mix | 54 | 140.9  | 10482.6  | 10623.5  |
|   | 1.5 | 5.2 |              | Mtx | 54 | -140.9 | -10482.6 | -10623.5 |
|   | 1.5 | 5.2 | one way slab | Mly | 19 | 49.6   | 3688.3   | 3737.9   |
|   | 1.5 | 5.2 |              | Mty | 56 | -146.2 | -10870.8 | -11017.0 |
| L | 1.6 | 5.2 | 3.3          | Mix | 54 | 160.4  | 10482.6  | 10642.9  |
|   | 1.6 | 5.2 |              | Mtx | 54 | -160.4 | -10482.6 | -10642.9 |
|   | 1.6 | 5.2 | one way slab | Mly | 19 | 56.4   | 3688.3   | 3744.7   |
|   | 1.6 | 5.2 |              | Mty | 56 | -166.3 | -10870.8 | -11037.1 |

(Sumber : Hasil perhitungan)

Dengan perbandingan  $l_y/l_x = 1,145$  maka dari tabel IV "Konstruksi Beton Indonesia" oleh Ir. Sutami didapat koefisien momen seperti tertera pada **Tabel 6.3** berikut ini.

**Tabel 6.3** Koefisien Momen Akibat Beban Terpusat

| Tipe Pelat | $l_y/l_x$    |     | Koefisien X |        |        |       | c1   | c2   |
|------------|--------------|-----|-------------|--------|--------|-------|------|------|
|            |              |     | a1          | a2     | a3     | a4    |      |      |
| A          | 1.145        | MIx | -0.061      | -0.022 | 0.137  | 0.413 | 0.10 | 0.10 |
|            |              | Mtx | 0.054       | 0.146  | -0.366 | 0.954 | 0.10 | 0.10 |
|            | Two way slab | MIy | -0.017      | -0.070 | 0.130  | 0.390 | 0.10 | 0.10 |
|            |              | Mty | 0.109       | 0.065  | -0.318 | 0.954 | 0.10 | 0.10 |
| B          | 1.5          | MIx | -0.052      | -0.032 | 0.141  | 0.423 | 0.10 | 0.10 |
|            |              | Mtx | 0.035       | 0.174  | -0.365 | 0.798 | 0.10 | 0.10 |
|            | Two way slab | MIy | -0.007      | -0.088 | 0.123  | 0.369 | 0.10 | 0.10 |
|            |              | Mty | 0.073       | 0.086  | -0.266 | 0.798 | 0.10 | 0.10 |
| C          | 1.4          | MIx | -0.055      | -0.030 | 0.143  | 0.429 | 0.10 | 0.10 |
|            |              | Mtx | 0.039       | 0.166  | -0.367 | 0.828 | 0.10 | 0.10 |
|            | Two way slab | MIy | -0.009      | -0.085 | 0.125  | 0.375 | 0.10 | 0.10 |
|            |              | Mty | 0.080       | 0.081  | -0.276 | 0.828 | 0.10 | 0.10 |
| D          | 1.3          | MIx | -0.057      | -0.028 | 0.144  | 0.432 | 0.10 | 0.10 |
|            |              | Mtx | 0.044       | 0.159  | -0.368 | 0.861 | 0.10 | 0.10 |
|            | Two way slab | MIy | -0.013      | -0.080 | 0.128  | 0.384 | 0.10 | 0.10 |
|            |              | Mty | 0.088       | 0.075  | -0.287 | 0.861 | 0.10 | 0.10 |
| E          | 3.4          | MIx | -0.026      | -0.052 | 0.141  | 0.423 | 0.10 | 0.05 |
|            |              | Mtx | 0.026       | 0.334  | -0.531 | 1.593 | 0.10 | 0.05 |
|            | one way slab | MIy | -0.005      | -0.118 | 0.136  | 0.408 | 0.10 | 0.05 |
|            |              | Mty | 0.033       | 0.100  | -0.216 | 0.648 | 0.10 | 0.05 |
| F          | 2.0          | MIx | -0.038      | -0.047 | 0.153  | 0.459 | 0.10 | 0.05 |
|            |              | Mtx | 0.022       | 0.273  | -0.492 | 1.416 | 0.10 | 0.05 |
|            | Two way slab | MIy | -0.003      | -0.106 | 0.132  | 0.396 | 0.10 | 0.05 |
|            |              | Mty | 0.044       | 0.082  | -0.232 | 0.696 | 0.10 | 0.05 |

|   |              |     |        |        |        |       |      |      |
|---|--------------|-----|--------|--------|--------|-------|------|------|
| G | 4.1          | Mlx | -0.026 | -0.052 | 0.141  | 0.423 | 0.10 | 0.05 |
|   |              | Mtx | 0.026  | 0.334  | -0.531 | 1.593 | 0.10 | 0.05 |
|   | one way slab | Mly | -0.005 | -0.118 | 0.136  | 0.408 | 0.10 | 0.05 |
|   |              | Mty | 0.033  | 0.100  | -0.216 | 0.648 | 0.10 | 0.05 |
| H | 3.9          | Mlx | -0.026 | -0.052 | 0.141  | 0.423 | 0.10 | 0.05 |
|   |              | Mtx | 0.026  | 0.334  | -0.531 | 1.593 | 0.10 | 0.05 |
|   | one way slab | Mly | -0.005 | -0.118 | 0.136  | 0.408 | 0.10 | 0.05 |
|   |              | Mty | 0.033  | 0.100  | -0.216 | 0.648 | 0.10 | 0.05 |
| I | 1.4          | Mlx | -0.052 | -0.031 | 0.164  | 0.492 | 0.05 | 0.05 |
|   |              | Mtx | 0.021  | 0.196  | -0.453 | 1.359 | 0.05 | 0.05 |
|   | Two way slab | Mly | -0.01  | -0.102 | 0.157  | 0.471 | 0.05 | 0.05 |
|   |              | Mty | 0.075  | 0.049  | -0.276 | 0.828 | 0.05 | 0.05 |
| J | 1.3          | Mlx | -0.056 | -0.026 | 0.163  | 0.489 | 0.05 | 0.05 |
|   |              | Mtx | 0.027  | 0.189  | -0.451 | 1.353 | 0.05 | 0.05 |
|   | Two way slab | Mly | -0.011 | -0.096 | 0.16   | 0.48  | 0.05 | 0.05 |
|   |              | Mty | 0.086  | 0.044  | -0.298 | 0.894 | 0.05 | 0.05 |
| K | 3.5          | Mlx | -0.026 | -0.052 | 0.141  | 0.423 | 0.10 | 0.05 |
|   |              | Mtx | 0.026  | 0.334  | -0.531 | 1.593 | 0.10 | 0.05 |
|   | one way slab | Mly | -0.005 | -0.118 | 0.136  | 0.408 | 0.10 | 0.05 |
|   |              | Mty | 0.033  | 0.100  | -0.216 | 0.648 | 0.10 | 0.05 |
| L | 3.3          | Mlx | -0.026 | -0.052 | 0.141  | 0.423 | 0.10 | 0.05 |
|   |              | Mtx | 0.026  | 0.334  | -0.531 | 1.593 | 0.10 | 0.05 |
|   | one way slab | Mly | -0.005 | -0.118 | 0.136  | 0.408 | 0.10 | 0.05 |
|   |              | Mty | 0.033  | 0.100  | -0.216 | 0.648 | 0.10 | 0.05 |

(Sumber :Kontruksi Beton Indonesia Tabel VI)

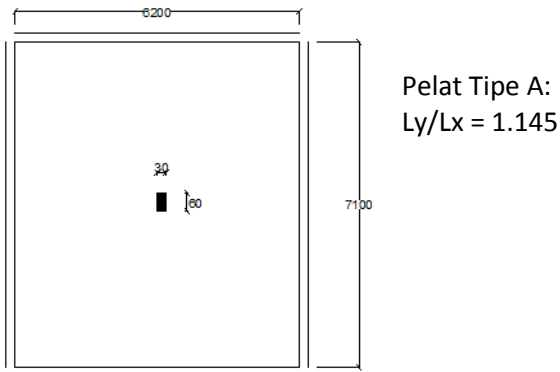
### Momen akibat beban terpusat truk

Besarnya momen akibat beban terpusat truk yang bergerak harus didasarkan pada momen maksimum yang didapat. Dalam kondisi ini truk dalam posisi melintang di atas pelat. Area kontak roda truk seluas  $0,6 \times 0,3 \text{ m}^2$  dengan beban roda diambil yang terbesar  $w = 11750 \text{ kg}$  (**Gambar 5.3**). Sehingga besarnya momen akibat beban terpusat roda truk. Untuk perhitungan momen ini dibagi 2 kombinasi pembebanan yaitu kombinasi I dan II.

#### a. Kombinasi Pembebanan I

Dalam kombinasi ini momen maksimum terjadi saat pada saat sebuah ban truk terletak ditengah pelat, baik pada saat memanjang ataupun melintang. dengan menempatkan posisi ban truk di tengah pelat yang mengakibatkan momen lapangan maksimum. (**Gambar 6.6**).

#### Posisi Roda Truk Arah Melintang Pelat



**Gambar 6.5** Posisi roda truk pada kombinasi I arah melintang

Dalam kondisi ini truk dalam posisi melintang di atas pelat. Area kontak roda truk seluas  $0,6 \times 0,3 \text{ m}^2$  dengan beban roda diambil yang terbesar  $w = 11750 \text{ kg}$ . Sehingga besarnya momen akibat beban terpusat roda truk :

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

Momen Lapangan :

$$\begin{aligned} M_{lx} &= \frac{-0,061 \cdot \frac{0,3}{6,2} + (-0,022) \cdot \frac{0,6}{7,1} + 0,137}{\frac{0,3}{6,2} + \frac{0,6}{7,1} + 0,413} \cdot 11750 \\ &= 2845,28 \text{ kg.m} \\ M_{ly} &= \frac{-0,017 \cdot \frac{0,3}{6,2} + (-0,070) \cdot \frac{0,6}{7,1} + 0,13}{\frac{0,3}{6,2} + \frac{0,6}{7,1} + 0,39} \cdot 11750 \\ &= 2770,85 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Besarnya lebar pembesian untuk beban ini :

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

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

$c_1 = 0,1$  karena kedua sisi sejajar dengan bentang terkecil ( $l_x$ ) dijepit.

$c_2 = 0,1$  karena kedua sisi sejajar dengan bentang

terbesar ( $l_y$ ) dijepit.

$$Slx = \left( 0,4 - 0,1 + \left( 0,4x \frac{0,3}{6,2} \right) + \left( 0,2x \frac{0,6}{7,1} \right) - \left( 0,3x \frac{0,6x0,3}{6,2x7,1} \right) \right) x 6,2$$

$$= 2,08$$

$$Sly = \left( 0,4 - 0,1 + \left( 0,2x \frac{0,3}{6,4} \right) + \left( 0,4x \frac{0,6}{7,2} \right) - \left( 0,3x \frac{0,6x0,3}{6,4x7,2} \right) \right) x 7,2$$

$$= 2,43$$

**Momen lapangan maksimum :**

$$Mlx \max = \frac{Mlx}{Slx} = \frac{2845,28}{2,08} = 1369,8 \text{ kg.m}$$

$$Mly \max = \frac{Mly}{Sly} = \frac{2770,85}{2,43} = 1140,3 \text{ kg.m}$$

**Momen Tumpuan :**

$$Mtx_1 = \frac{0,054 \cdot \frac{0,3}{6,2} + 0,146 \cdot \frac{0,6}{7,1} + (-0,366)}{\frac{0,3}{6,2} + \frac{0,6}{7,1} + 0,954} \cdot 11750$$

$$= -3795,55 \text{ kg.m}$$

$$Mty = \frac{0,0109 \cdot \frac{0,3}{6,2} + 0,065 \cdot \frac{0,6}{7,1} + (-0,318)}{\frac{0,3}{6,2} + \frac{0,6}{7,1} + 0,954} \cdot 11750$$

$$= -3321,02 \text{ kg.m}$$

**Besarnya lebar pembesian untuk beban ini :**

$$Stx = \left( 0,6 - 0,1 + \left( 0,1x \frac{0,3}{6,2} \right) - \left( 0,1x \frac{0,6}{7,1} \right) + \left( 0,1x \frac{0,3x0,6}{6,2x7,1} \right) \right) x 6,2$$

$$= 3,08$$

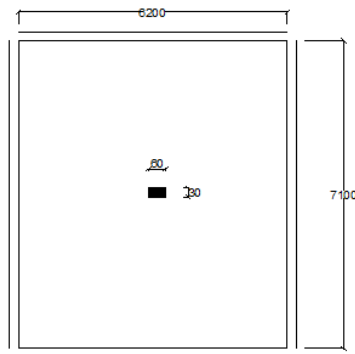
$$\begin{aligned}
 Sty &= \left( 0,6 - 0,1 - \left( 0,1x \frac{0,3}{6,4} \right) + \left( 0,1x \frac{0,6}{7,1} \right) + \left( 0,1x \frac{0,3x0,6}{6,2x7,1} \right) \right) x 7,1 \\
 &= 3,58
 \end{aligned}$$

**Momen tumpuan maksimum :**

$$Mtx \max = \frac{Mtx}{Stx} = \frac{-3795,55}{3,08} = -1232,3 \text{ kg.m}$$

$$Mty \max = \frac{Mty}{Sty} = \frac{-3321,02}{3,58} = -928 \text{ kg.m}$$

### Posisi Roda Truk Arah Memanjang Pelat



Pelat Tipe A:  
 $L_y/L_x = 1.145$

**Gambar 6.6** Posisi roda truk pada kombinasi I arah memanjang



Momen Lapangan :

$$M_{lx} = \frac{-0,061 \cdot \frac{0,6}{6,2} + (-0,022) \cdot \frac{0,3}{7,1} + 0,137}{\frac{0,6}{6,2} + \frac{0,3}{7,1} + 0,413} \cdot 11750$$

$$= 2770,63 \text{ kg.m}$$

$$M_{ly} = \frac{0,0109 \cdot \frac{0,6}{6,2} + 0,065 \cdot \frac{0,3}{7,1} + (-0,318)}{\frac{0,6}{6,2} + \frac{0,3}{7,1} + 0,954} \cdot 11750$$

$$= 2786,45 \text{ kg.m}$$

Besarnya lebar pembesian untuk beban ini :

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

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

$c_1 = 0,1$  karena kedua sisi sejajar dengan bentang terkecil ( $l_x$ ) dijepit.

$c_2 = 0,1$  karena kedua sisi sejajar dengan bentang terbesar ( $l_y$ ) dijepit.

$$Sl_x = \left( 0,4 - 0,1 + \left( 0,4x \frac{0,6}{6,2} \right) + \left( 0,2x \frac{0,3}{7,1} \right) - \left( 0,3x \frac{0,6x0,3}{6,2x7,1} \right) \right) x 6,2$$

$$= 2,41$$

$$Sl_y = \left( 0,4 - 0,1 + \left( 0,2x \frac{0,6}{6,2} \right) + \left( 0,4x \frac{0,3}{7,1} \right) - \left( 0,3x \frac{0,6x0,3}{6,2x7,1} \right) \right) x 7,1$$

$$= 2,38$$

**Momen lapangan maksimum :**

$$M_{lx} \max = \frac{M_{lx}}{S_{lx}} = \frac{2770,63}{2,14} = 1291,8 \text{ kg.m}$$

$$M_{ly} \max = \frac{M_{ly}}{S_{ly}} = \frac{2786,45}{2,38} = 1171,4 \text{ kg.m}$$

Momen Tumpuan :

$$M_{tx} = \frac{0,054 \cdot \frac{0,6}{6,2} + 0,146 \cdot \frac{0,3}{7,1} + (-0,366)}{\frac{0,6}{6,2} + \frac{0,3}{7,1} + 0,954} \cdot 11750$$

$$= -3812,62 \text{ kg.m}$$

$$M_{ty_1} = \frac{0,0109 \cdot \frac{0,6}{6,2} + 0,065 \cdot \frac{0,3}{7,1} + (-0,318)}{\frac{0,6}{6,2} + \frac{0,3}{7,1} + 0,954} \cdot 11750$$

$$= -3275,19 \text{ kg.m}$$

Besarnya lebar pembesian untuk beban ini :

$$St_x = \left( 0,6 - 0,1 + \left( 0,1x \frac{0,6}{6,2} \right) - \left( 0,1x \frac{0,3}{7,1} \right) + \left( 0,1x \frac{0,3x0,6}{6,2x7,1} \right) \right) x 6,2$$

$$= 3,14$$

$$St_y = \left( 0,6 - 0,1 - \left( 0,1x \frac{0,6}{6,2} \right) + \left( 0,1x \frac{0,3}{7,1} \right) + \left( 0,1x \frac{0,3x0,6}{6,2x7,1} \right) \right) x 7,1$$

$$= 3,51$$

**Momen tumpuan maksimum :**

$$M_{tx} \max = \frac{M_{tx}}{S_{tx}} = \frac{-3812,62}{3,14} = -1215,6 \text{ kg.m}$$

$$M_{ty} \max = \frac{M_{ty}}{S_{ty}} = \frac{-3275,19}{3,51} = -932 \text{ kg.m}$$

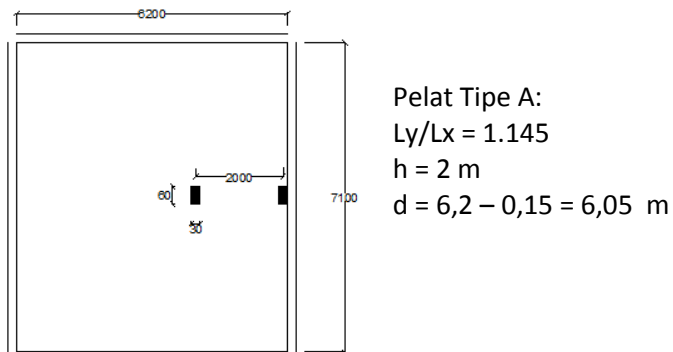
### Resume Momen dari kedua variasi (Kombinasi I) :

- Arah Melintang Pelat  
 $M_{lx} \max = 1369,86 \text{ kg.m}$   
 $M_{ly} \max = 1140,3 \text{ kg.m}$   
 $M_{tx} \max = -1232,3 \text{ kg.m}$   
 $M_{ty} \max = -928 \text{ kg.m}$
- Arah Memanjang Pelat  
 $M_{lx} \max = 1291,8 \text{ kg.m}$   
 $M_{ly} \max = 1171,4 \text{ kg.m}$   
 $M_{tx} \max = -1215,6 \text{ kg.m}$   
 $M_{ty} \max = -932, \text{ kg.m}$

### b. Kombinasi Pembebanan II

Dalam kombinasi ini momen maksimum terjadi saat salah satu roda kendaraan berada pada tepi pelat A dan roda lainnya berada disebelahnya (**Gambar 6.8**). Pada kondisi ini harga momen jepit berkurang, karena beban tidak berbatasan langsung dengan tepi yang bersangkutan. Pengurangan momen tersebut sebesar  $(h/d)^2 Mt$ . Untuk perhitungan momen pada kondisi ini hanya untuk tumpuan saja.

### Posisi Roda Truk Arah Melintang Pelat



**Gambar 6.7** Posisi roda truk pada kombinasi II arah melintang

Momen Tumpuan :

$$\begin{aligned}
 M_{tx_1} &= \frac{0,054 \cdot \frac{0,3}{6,2} + 0,146 \cdot \frac{0,6}{7,1} + (-0,366)}{\frac{0,3}{6,2} + \frac{0,6}{7,1} + 0,954} \cdot 11750 \\
 &= -3795,55 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

Terjadi pengurangan momen sehingga besarnya momen jepit:

$$\begin{aligned}
 M_{tx} &= M_{tx_1} \cdot \left( 1 - \left( \frac{h}{d} \right)^2 \right) \\
 &= -3795,55 \cdot \left( 1 - \left( \frac{2}{6,05} \right)^2 \right) = -3380,76 \text{ ton.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{ty} &= \frac{0,0109 \cdot \frac{0,3}{6,2} + 0,065 \cdot \frac{0,6}{7,1} + (-0,318)}{\frac{0,3}{6,2} + \frac{0,6}{7,1} + 0,954} \cdot 11750 \\
 &= -3321,02 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

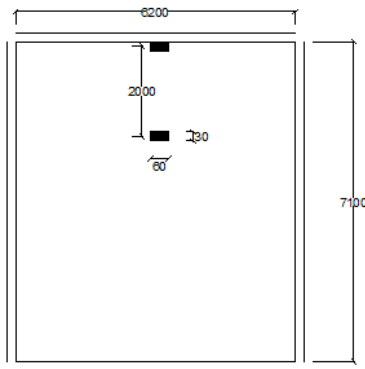
Besarnya lebar pembesian untuk beban ini :

$$\begin{aligned}
 St_x &= \left( 0,6 - 0,1 + \left( 0,1x \frac{0,3}{6,2} \right) - \left( 0,1x \frac{0,6}{7,1} \right) + \left( 0,1x \frac{0,3x0,6}{6,2x7,1} \right) \right) x 6,2 \\
 &= 3,08 \\
 St_y &= \left( 0,6 - 0,1 - \left( 0,1x \frac{0,3}{6,2} \right) + \left( 0,1x \frac{0,6}{7,1} \right) + \left( 0,1x \frac{0,3x0,6}{6,2x7,1} \right) \right) x 7,1 \\
 &= 3,58
 \end{aligned}$$

**Momen tumpuan maksimum :**

$$M_{tx \max} = \frac{M_{tx}}{S_{tx}} = \frac{-3380,76}{3,08} = -1097,64 \text{ kg.m}$$

$$M_{ty \max} = \frac{M_{ty}}{S_{ty}} = \frac{-3321,02}{3,58} = -928 \text{ kg.m}$$

**Posisi Roda Truk Arah Memanjang Pelat**

Pelat Tipe A:

 $L_y/L_x = 1.145$  $h = 2 \text{ m}$  $d = 7,1 - 0.15 = 6,95 \text{ m}$ **Gambar 6.8** Posisi roda truk pada kombinasi II arah memanjang

Momen Tumpuan :

$$M_{tx} = \frac{0,054 \cdot \frac{0,6}{6,2} + 0,146 \cdot \frac{0,3}{7,1} + (-0,366)}{\frac{0,6}{6,2} + \frac{0,3}{7,1} + 0,954} \cdot 11750$$

$$= -3812,62 \text{ kg.m}$$

$$M_{ty_1} = \frac{0,0109 \cdot \frac{0,6}{6,2} + 0,065 \cdot \frac{0,3}{7,1} + (-0,318)}{\frac{0,6}{6,2} + \frac{0,3}{7,1} + 0,954} \cdot 11750$$

$$= -3275,19 \text{ kg.m}$$

Terjadi pengurangan momen sehingga besarnya momen jepit:

$$\begin{aligned} Mty &= Mty_1 \cdot \left(1 - \left(\frac{h}{d}\right)^2\right) \\ &= -3275,19 \left(1 - \left(\frac{2}{6,95}\right)^2\right) = -3003,97 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Besarnya lebar pembesian untuk beban ini :

$$\begin{aligned} Stx &= \left(0,6 - 0,1 + \left(0,1x \frac{0,6}{6,2}\right) - \left(0,1x \frac{0,3}{7,1}\right) + \left(0,1x \frac{0,3x0,6}{6,2x7,1}\right)\right) x 6,4 \\ &= 3,14 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Sty &= \left(0,6 - 0,1 - \left(0,1x \frac{0,6}{6,2}\right) + \left(0,1x \frac{0,3}{7,1}\right) + \left(0,1x \frac{0,3x0,6}{6,2x7,1}\right)\right) x 7,1 \\ &= 3,51 \end{aligned}$$

**Momen tumpuan maksimum :**

$$Mtx \text{ max} = \frac{Mtx}{Stx} = \frac{-3812,62}{3,14} = -1215,6 \text{ kg.m}$$

$$Mty \text{ max} = \frac{Mty}{Sty} = \frac{-3003,97}{3,51} = -855,83 \text{ kg.m}$$

**Resume Momen dari kedua variasi (Kombinasi II) :**

- Arah Melintang Pelat  
Mtx max = -1097,64 kg.m  
Mty max = -928 kg.m
- Arah Memanjang Pelat  
Mtx max = -1215,6 kg.m  
Mty max = -855,83 kg.m

### Resume Momen dari kedua kombinasi :

#### Kombinasi I :

- Arah Melintang Pelat  
 $M_{lx} \text{ max} = 1369,86 \text{ kg.m}$   
 $M_{ly} \text{ max} = 1140,3 \text{ kg.m}$   
 $M_{tx} \text{ max} = -1232,3 \text{ kg.m}$   
 $M_{ty} \text{ max} = -928 \text{ kg.m}$
- Arah Memanjang Pelat  
 $M_{lx} \text{ max} = 1291,8 \text{ kg.m}$   
 $M_{ly} \text{ max} = 1171,4 \text{ kg.m}$   
 $M_{tx} \text{ max} = -1215,6 \text{ kg.m}$   
 $M_{ty} \text{ max} = -932, \text{ kg.m}$

#### Kombinasi II

- Arah Melintang Pelat  
 $M_{tx} \text{ max} = -1097,64 \text{ kg.m}$   
 $M_{ty} \text{ max} = -928 \text{ kg.m}$
- Arah Memanjang Pelat  
 $M_{tx} \text{ max} = -1215,6 \text{ kg.m}$   
 $M_{ty} \text{ max} = -855,83 \text{ kg.m}$

Dari kedua kombinasi dan kedua variasi posisi roda truk baik arah melintang maupun memanjang tersebut diambil momen yang terbesar yaitu dari kombinasi I:

$$\begin{aligned} M_{tx_1} &= -1215,6 \text{ kg.m} \\ M_{lx_1} &= 1291,8 \text{ kg.m} \\ M_{ty_1} &= -932 \text{ kg.m} \\ M_{ly_1} &= 1171,4 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Perhitungan selengkapnya untuk semua tipe pelat disajikan dalam **Tabel 6.4**

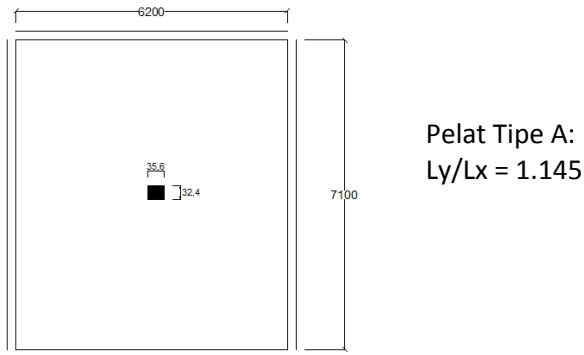
### Momen akibat beban terpusat Peti kemas

Besarnya momen akibat beban terpusat petikemas yang diletakkan diatas pelat didasarkan pada momen maksimum yang didapat. Besarnya momen diambil tetap sepanjang tepi atau tepi-tepi pelat. Untuk perhitungan momen ini dibagi 2 kombinasi pembebanan I dan kombinasi pembebanan II. Dalam kondisi ini petikemas ditumpuk 2 dan dalam posisi melintang di atas pelat. Area kontak tumpuan seluas  $0,356 \times 0,324 \text{ m}^2$  dengan beban petikemas diambil yang terbesar  $w = 48800 \text{ kg}$ . Sehingga besarnya momen akibat beban terpusat kaki petikemas

#### a. Kombinasi pembebanan I

Kombinasi beban ini dengan menempatkan posisi kaki petikemas yang mengakibatkan momen lapangan maksimum yaitu pada saat sebuah kaki petikemas terletak ditengah pelat, baik pada saat memanjang ataupun melintang.

#### Posisi Kaki Petikemas Arah Melintang



**Gambar 6.9** Posisi kaki peti kemas kombinasi I arah melintang



Dalam kondisi ini petikemas dalam posisi melintang di atas pelat. Area kontak tumpuan seluas  $0,356 \times 0,324 \text{ m}^2$  dengan beban petikemas diambil yang terbesar  $w = 48800 \text{ kg}$ . Sehingga besarnya momen akibat beban terpusat kaki petikemas :

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

Momen Lapangan :

$$M_{lx} = \frac{-0,061 \cdot \frac{0,356}{6,2} + (-0,022) \cdot \frac{0,324}{7,1} + 0,137}{\frac{0,356}{6,2} + \frac{0,324}{7,1} + 0,413} \cdot 48800$$

$$= 12529,1 \text{ kg.m}$$

$$M_{ly} = \frac{-0,017 \cdot \frac{0,356}{6,2} + (-0,070) \cdot \frac{0,324}{7,1} + 0,13}{\frac{0,356}{6,2} + \frac{0,324}{7,1} + 0,39} \cdot 48800$$

$$= 12457,96 \text{ kg.m}$$

Besarnya lebar pembesian untuk beban ini :

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

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

$c_1 = 0,1$  karena kedua sisi sejajar dengan bentang terkecil ( $l_x$ ) dijepit.

$c_2 = 0,1$  karena kedua sisi sejajar dengan bentang terbesar ( $l_y$ ) dijepit.

$$Slx = \left( 0,4 - 0,1 + \left( 0,4x \frac{0,356}{6,2} \right) + \left( 0,2x \frac{0,324}{7,1} \right) - \left( 0,3x \frac{0,356 \times 0,324}{6,2 \times 7,1} \right) \right) \times 6,2$$

$$= 2,05$$

$$Sly = \left( 0,4 - 0,1 + \left( 0,2x \frac{0,356}{6,2} \right) + \left( 0,4x \frac{0,324}{7,1} \right) - \left( 0,3x \frac{0,356 \times 0,324}{6,2 \times 7,1} \right) \right) \times 7,1$$

$$= 2,34$$

### Momen lapangan maksimum :

$$Mlx \max = \frac{Mlx}{Slx} = \frac{12529,1}{2,05} = 6099,52 \text{ kg.m}$$

$$Mly \max = \frac{Mly}{Sly} = \frac{12457,96}{2,36} = 5334,05 \text{ kg.m}$$

### Momen Tumpuan :

$$Mtx = \frac{0,054 \cdot \frac{0,356}{6,2} + 0,146 \cdot \frac{0,324}{7,1} + (-0,366)}{\frac{0,356}{6,2} + \frac{0,324}{7,1} + 0,954} \cdot 48800$$

$$= -16447,91 \text{ kg.m}$$

$$Mty = \frac{0,0109 \cdot \frac{0,356}{6,2} + 0,065 \cdot \frac{0,324}{7,1} + (-0,318)}{\frac{0,356}{6,2} + \frac{0,324}{7,1} + 0,954} \cdot 48800$$

$$= -14253,75 \text{ kg.m}$$

Besarnya lebar pembesian untuk beban ini :

$$Stx = \left( 0,6 - 0,1 + \left( 0,1x \frac{0,356}{6,2} \right) - \left( 0,1x \frac{0,324}{7,1} \right) + \left( 0,1x \frac{0,324x0,356}{6,2x7,1} \right) \right) x 6,2$$

$$= 3,11$$

$$Sty = \left( 0,6 - 0,1 - \left( 0,1x \frac{0,356}{6,2} \right) + \left( 0,1x \frac{0,324}{7,1} \right) + \left( 0,1x \frac{0,324x0,356}{6,2x7,1} \right) \right) x 7,1$$

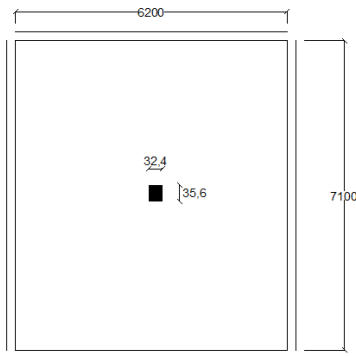
$$= 3,54$$

**Momen tumpuan maksimum :**

$$Mtx \max = \frac{Mtx}{Stx} = \frac{-16447,91}{3,11} = -5290,53 \text{ kg.m}$$

$$Mty \max = \frac{Mty}{Sty} = \frac{-14253,75}{3,54} = -4022,51 \text{ kg.m}$$

**Posisi Kaki Petikemas Arah Memanjang**



Pelat Tipe A:  
Ly/Lx = 1.145

**Gambar 6.10** Posisi kaki peti kemaskombinasi I arah memanjang

Momen Lapangan :

$$M_{Ix} = \frac{-0,061 \cdot \frac{0,324}{6,2} + (-0,022) \cdot \frac{0,356}{7,1} + 0,137}{\frac{0,324}{6,2} + \frac{0,356}{7,1} + 0,413} \cdot 48800$$

$$= 12565,43 \text{ kg.m}$$

$$M_{Iy} = \frac{-0,017 \cdot \frac{0,324}{6,2} + (-0,070) \cdot \frac{0,356}{7,1} + 0,13}{\frac{0,324}{6,2} + \frac{0,356}{7,1} + 0,39} \cdot 48800$$

$$= 12451,80 \text{ kg.m}$$

Besarnya lebar pembesian untuk beban ini :

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

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

$c_1 = 0,1$  karena kedua sisi sejajar dengan bentang terkecil ( $l_x$ ) dijepit.

$c_2 = 0,1$  karena kedua sisi sejajar dengan bentang terbesar ( $l_y$ ) dijepit.

$$S_{Ix} = \left( 0,4 - 0,1 + \left( 0,4x \frac{0,324}{6,2} \right) + \left( 0,2x \frac{0,356}{7,1} \right) - \left( 0,3x \frac{0,324x0,356}{6,2x7,1} \right) \right) \cdot 6,2$$

$$= 2,05$$

$$S_{Iy} = \left( 0,4 - 0,1 + \left( 0,2x \frac{0,324}{6,2} \right) + \left( 0,4x \frac{0,356}{7,1} \right) - \left( 0,3x \frac{0,324x0,356}{6,2x7,1} \right) \right) \cdot 7,1$$

$$= 2,34$$

**Momen lapangan maksimum :**

$$M_{lx} \max = \frac{M_{lx}}{S_{lx}} = \frac{12565,43}{2,05} = 6138,76 \text{ kg.m}$$

$$M_{ly} \max = \frac{M_{ly}}{S_{ly}} = \frac{12451,80}{2,34} = 5318,95 \text{ kg.m}$$

**Momen Tumpuan :**

$$M_{tx} = \frac{0,054 \cdot \frac{0,324}{6,2} + 0,146 \cdot \frac{0,356}{7,1} + (-0,366)}{\frac{0,324}{6,2} + \frac{0,356}{7,1} + 0,954} \cdot 48800$$

$$= -16440,51 \text{ kg.m}$$

$$M_{ty} = \frac{0,0109 \cdot \frac{0,324}{6,2} + 0,065 \cdot \frac{0,356}{7,1} + (-0,318)}{\frac{0,324}{6,2} + \frac{0,356}{7,1} + 0,954} \cdot 48800$$

$$= -14275,04 \text{ kg.m}$$

**Besarnya lebar pembesian untuk beban ini :**

$$S_{tx} = \left( 0,6 - 0,1 + \left( 0,1x \frac{0,324}{6,2} \right) - \left( 0,1x \frac{0,356}{7,1} \right) + \left( 0,1x \frac{0,324 \times 0,356}{6,2 \times 7,1} \right) \right) \times 6,2$$

$$= 3,1$$

$$S_{ty} = \left( 0,6 - 0,1 - \left( 0,1x \frac{0,324}{6,2} \right) + \left( 0,1x \frac{0,356}{7,1} \right) + \left( 0,1x \frac{0,324 \times 0,356}{6,2 \times 7,1} \right) \right) \times 7,1$$

$$= 3,55$$

**Momen tumpuan maksimum :**

$$M_{tx} \max = \frac{M_{tx}}{S_{tx}} = \frac{-16440,51}{3,1} = -5298,37 \text{ kg.m}$$

$$M_{ty} \max = \frac{M_{ty}}{S_{ty}} = \frac{-14275,04}{3,55} = -4020,73 \text{ kg.m}$$

**Resume Momen dari kedua variasi (Kombinasi I) :**

- Arah Melintang Pelat
  - $M_{lx} \max = 6099,52 \text{ kg.m}$
  - $M_{ly} \max = 5334,05 \text{ kg.m}$
  - $M_{tx} \max = -5290,53 \text{ kg.m}$
  - $M_{ty} \max = -4022,51 \text{ kg.m}$
- Arah Memanjang Pelat
  - $M_{lx} \max = 6138,76 \text{ kg.m}$
  - $M_{ly} \max = 5318,95 \text{ kg.m}$
  - $M_{tx} \max = -5298,37 \text{ kg.m}$
  - $M_{ty} \max = -4020,73 \text{ kg.m}$

**b. Kombinasi Pembebanan II**

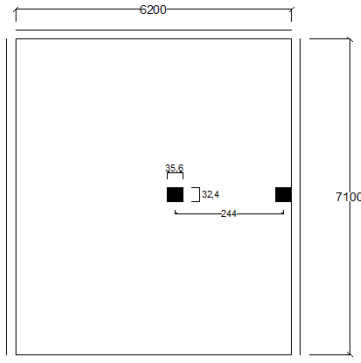
Dalam kombinasi ini momen maksimum terjadi saat salah satu kaki petikemas berada pada tepi pelat dan kaki lainnya berada disebaliknya. Dengan demikian kondisi ini juga tergantung dari jarak antar kaki sehingga tidak semua tipe pelat.

Pada kondisi ini harga momen jepit berkurang, karena beban tidak berbatasan langsung dengan tepi yang bersangkutan. Pengurangan momen tersebut sebesar

$\left(\frac{h}{d}\right)^2$  Mt. Untuk perhitungan momen pada kondisi ini

hanya untuk tumpuan saja.

### Posisi Kaki Petikemas Arah Melintang



Pelat Tipe A:

$$L_y/L_x = 1.125$$

$$h = 2,44 \text{ m}$$

$$d = 6,2 - 0,178 = 6,02 \text{ m}$$

**Gambar 6.11** Posisi kaki peti kemas kombinasi II arah melintang

Momen Tumpuan :

$$M_{tx} = \frac{0,054 \cdot \frac{0,356}{6,2} + 0,146 \cdot \frac{0,324}{7,1} + (-0,366)}{\frac{0,356}{6,2} + \frac{0,324}{7,1} + 0,954} \cdot 48800$$

$$= -16447,91 \text{ kg.m}$$

Terjadi pengurangan momen sehingga besarnya momen jepit:

$$M_{tx} = M_{tx_1} \cdot \left( 1 - \left( \frac{h}{d} \right)^2 \right)$$

$$= -16477,91 \left( 1 - \left( \frac{2,44}{6,02} \right)^2 \right) = -14633,69 \text{ kg.m}$$

$$M_{ty} = \frac{0,0109 \cdot \frac{0,356}{6,2} + 0,065 \cdot \frac{0,324}{7,1} + (-0,318)}{\frac{0,356}{6,2} + \frac{0,324}{7,1} + 0,954} \cdot 48800$$

$$= -14253,75 \text{ kg.m}$$

Besarnya lebar pembesian untuk beban ini :

$$Stx = \left( 0,6 - 0,1 + \left( 0,1x \frac{0,356}{6,4} \right) - \left( 0,1x \frac{0,324}{7,2} \right) + \left( 0,1x \frac{0,324x0,356}{6,4x7,2} \right) \right) x 6,4$$

$$= 3,11$$

$$Sty = \left( 0,6 - 0,1 - \left( 0,1x \frac{0,356}{6,4} \right) + \left( 0,1x \frac{0,324}{7,2} \right) + \left( 0,1x \frac{0,324x0,356}{6,4x7,2} \right) \right) x 7,2$$

$$= 3,54$$

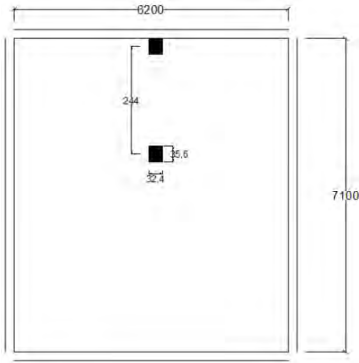
**Momen tumpuan maksimum :**

$$M_{tx \text{ max}} = \frac{M_{tx}}{Stx} = \frac{-14633,69}{3,11} = -4705,36 \text{ kg.m}$$

$$M_{ty \text{ max}} = \frac{M_{ty}}{Sty} = \frac{-14253,75}{3,54} = -4022,51 \text{ kg.m}$$



### Posisi Kaki Petikemas Arah Memanjang



Pelat Tipe A:

$$L_y/L_x = 1.145$$

$$h = 2 \text{ m}$$

$$d = 7,2 - 0,176 = 6,92 \text{ m}$$

**Gambar 6.12** Posisi kaki peti kemas kombinasi II arah melintang

Momen Tumpuan :

$$M_{tx} = \frac{0,054 \cdot \frac{0,324}{6,2} + 0,146 \cdot \frac{0,356}{7,1} + (-0,366)}{\frac{0,324}{6,2} + \frac{0,356}{7,1} + 0,954} \cdot 48800$$

$$= -16440,51 \text{ kg.m}$$

$$M_{ty} = \frac{0,0109 \cdot \frac{0,324}{6,2} + 0,065 \cdot \frac{0,356}{7,1} + (-0,318)}{\frac{0,324}{6,2} + \frac{0,356}{7,1} + 0,954} \cdot 48800$$

$$= -14275,04 \text{ kg.m}$$

Terjadi pengurangan momen sehingga besarnya momen jepit:

$$M_{ty_2} = M_{ty_1} \cdot \left( 1 - \left( \frac{h}{d} \right)^2 \right)$$

$$= -14275,04 \cdot \left( 1 - \left( \frac{2,44}{6,92} \right)^2 \right) = -13083,32 \text{ kg.m}$$

Besarnya lebar pembesian untuk beban ini :

$$\begin{aligned} Stx &= \left( 0,6 - 0,1 + \left( 0,1x \frac{0,324}{6,2} \right) - \left( 0,1x \frac{0,356}{7,1} \right) + \left( 0,1x \frac{0,324 \times 0,356}{6,2 \times 7,1} \right) \right) \times 6,2 \\ &= 3,1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Sty &= \left( 0,6 - 0,1 - \left( 0,1x \frac{0,324}{6,2} \right) + \left( 0,1x \frac{0,356}{7,1} \right) + \left( 0,1x \frac{0,324 \times 0,356}{6,2 \times 7,1} \right) \right) \times 7,1 \\ &= 3,55 \end{aligned}$$

**Momen tumpuan maksimum :**

$$Mtx \text{ max} = \frac{Mtx}{Stx} = \frac{-16440,51}{3,1} = -5298,37 \text{ kg.m}$$

$$Mty \text{ max} = \frac{Mty}{Sty} = \frac{-13083,31}{3,55} = -3685,44 \text{ kg.m}$$

**Resume Momen dari kedua variasi (Kombinasi II) :**

- Arah Melintang Pelat  
Mtx max = -4075,36 kg.m  
Mty max = -4022,51 kg.m
- Arah Memanjang Pelat  
Mtx max = -5298,37 kg.m  
Mty max = -3685,44 kg.m

### Resume Momen dari kedua kombinasi :

#### Kombinasi I :

- Arah Melintang Pelat  
 $M_{lx} \text{ max} = 6099,52 \text{ kg.m}$   
 $M_{ly} \text{ max} = 5334,05 \text{ kg.m}$   
 $M_{tx} \text{ max} = -5290,53 \text{ kg.m}$   
 $M_{ty} \text{ max} = -4022,51 \text{ kg.m}$
- Arah Memanjang Pelat  
 $M_{lx} \text{ max} = 6138,76 \text{ kg.m}$   
 $M_{ly} \text{ max} = 5318,95 \text{ kg.m}$   
 $M_{tx} \text{ max} = -5298,37 \text{ kg.m}$   
 $M_{ty} \text{ max} = -4020,73 \text{ kg.m}$

#### Kombinasi II

- Arah Melintang Pelat  
 $M_{tx} \text{ max} = -4075,36 \text{ kg.m}$   
 $M_{ty} \text{ max} = -4022,51 \text{ kg.m}$
- Arah Memanjang Pelat  
 $M_{tx} \text{ max} = -5298,37 \text{ kg.m}$   
 $M_{ty} \text{ max} = -3685,44 \text{ kg.m}$

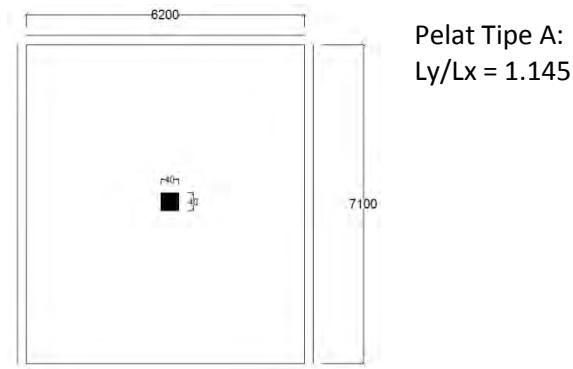
Dari kedua kombinasi dan kedua variasi posisi roda truk baik arah melintang maupun memanjang tersebut diambil momen yang terbesar yaitu :

$$\begin{aligned} M_{tx_1} &= -5298,37 \text{ kg.m} \\ M_{lx_1} &= 6138,76 \text{ kg.m} \\ M_{ty_1} &= -3976,93 \text{ kg.m} \\ M_{ly_1} &= 1166,66 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Perhitungan selengkapnya untuk semua tipe pelat disajikan dalam **Tabel 6.5**

### Momen Akibat Beban Kaki Cover Hatch

Besarnya momen akibat beban terpusat kaki cover hatch yang diletakkan diatas pelat didasarkan pada momen maksimum yang didapat. Besarnya momen diambil tetap sepanjang tepi atau tepi-tepi pelat. Untuk perhitungan momen pada kasus ini hanya ada 1 kombinasi dan 1 variasi pembebanan. Dengan perbandingan  $L_y/L_x$ , maka dari tabel IV "Konstruksi Beton Indonesia" oleh Ir. Sutami didapat koefisien momen pada Tabel 1.3.



**Gambar 6.13** Posisi kaki cover hatch

Dalam kondisi ini cover hatch dalam posisi melintang di atas pelat. Area kontak kaki cover hatch seluas  $0,4 \times 0,4 \text{ m}^2$  dengan beban cover hatch diambil yang terbesar  $W = 25000 \text{ kg}$ . Sehingga besarnya momen akibat beban terpusat kaki cover hatch adalah sebagai berikut.

Momen Lapangan :

$$M_{lx} = \frac{-0,061 \cdot \frac{0,4}{6,2} + (-0,022) \cdot \frac{0,4}{7,1} + 0,137}{\frac{0,4}{6,2} + \frac{0,4}{7,1} + 0,413} \cdot 25000$$

$$= 6173,27 \text{ kg.m}$$

$$M_{ly} = \frac{0,0109 \cdot \frac{0,4}{6,2} + 0,065 \cdot \frac{0,4}{7,1} + (-0,318)}{\frac{0,4}{6,2} + \frac{0,4}{7,1} + 0,954} \cdot 25000$$

$$= 6117,49 \text{ kg.m}$$

Besarnya lebar pembesian untuk beban ini :

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

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

$c_1 = 0,1$  karena kedua sisi sejajar dengan bentang terkecil ( $l_x$ ) dijepit.

$c_2 = 0,1$  karena kedua sisi sejajar dengan bentang terbesar ( $l_y$ ) dijepit.

$$s_{lx} = \left( 0,4 - 0,1 + \left( 0,4x \frac{0,4}{6,2} \right) + \left( 0,2x \frac{0,4}{7,1} \right) - \left( 0,3x \frac{0,6x0,4}{6,2x7,1} \right) \right) x 6,2$$

$$= 2,08$$

$$s_{ly} = \left( 0,4 - 0,1 + \left( 0,2x \frac{0,4}{6,2} \right) + \left( 0,4x \frac{0,4}{7,1} \right) - \left( 0,3x \frac{0,6x0,3}{6,2x7,1} \right) \right) x 7,1$$

$$= 2,37$$

**Momen lapangan maksimum :**

$$M_{lx} \max = \frac{M_{lx}}{S_{lx}} = \frac{6173,27}{2,08} = 2963,5 \text{ kg.m}$$

$$M_{ly} \max = \frac{M_{ly}}{S_{ly}} = \frac{6117,49}{2,37} = 2577,01 \text{ kg.m}$$

Momen Tumpuan :

$$M_{tx} = \frac{0,054 \cdot \frac{0,4}{6,2} + 0,146 \cdot \frac{0,4}{7,1} + (-0,366)}{\frac{0,4}{6,2} + \frac{0,4}{7,1} + 0,954} \cdot 25000$$

$$= -8241,52 \text{ kg.m}$$

$$M_{ty_1} = \frac{0,0109 \cdot \frac{0,4}{6,2} + 0,065 \cdot \frac{0,4}{7,1} + (-0,318)}{\frac{0,4}{6,2} + \frac{0,4}{7,1} + 0,954} \cdot 25000$$

$$= -7146,91 \text{ kg.m}$$

Besarnya lebar pembesian untuk beban ini :

$$Stx = \left( 0,6 - 0,1 + \left( 0,1x \frac{0,6}{6,2} \right) - \left( 0,1x \frac{0,3}{7,1} \right) + \left( 0,1x \frac{0,3x0,6}{6,2x7,1} \right) \right) x 6,2$$

$$= 3,11$$

$$Sty = \left( 0,6 - 0,1 - \left( 0,1x \frac{0,6}{6,2} \right) + \left( 0,1x \frac{0,3}{7,1} \right) + \left( 0,1x \frac{0,3x0,6}{6,2x7,1} \right) \right) x 7,1$$

$$= 3,55$$

**Momen tumpuan maksimum :**

$$M_{tx} \max = \frac{M_{tx}}{S_{tx}} = \frac{-8241,52}{3,11} = -2652,29 \text{ kg.m}$$

$$M_{ty} \max = \frac{M_{ty}}{S_{ty}} = \frac{-7146,91}{3,55} = -2015,05 \text{ kg.m}$$

**Resume Momen dari kedua variasi (Kombinasi I) :**

$$M_{lx} \max = 2963,50 \text{ kg.m}$$

$$M_{ly} \max = 2577,01 \text{ kg.m}$$

$$M_{tx} \max = -2652,29 \text{ kg.m}$$

$$M_{ty} \max = -2015,05 \text{ kg.m}$$

Perhitungan selengkapnya untuk semua tipe pelat disajikan dalam **Tabel 6.6**

Tabel 6.4 Momen Akibat Beban Terpusat Roda Truk

| Type Pelat | Kombinasi I (kgm) |           | Kombinasi II (kgm) |           | Lebar Jalur (m) |           | Momen Max (kgm) |           | Momen Max Akhir (kgm) |
|------------|-------------------|-----------|--------------------|-----------|-----------------|-----------|-----------------|-----------|-----------------------|
|            | Melintang         | Memanjang | Melintang          | Memanjang | Melintang       | Memanjang | Melintang       | Memanjang |                       |
| A          | Mix               | 2845.28   | 2770.63            | 2845.28   | 2770.63         | 2.08      | 2.14            | 1369.8    | 1369.8                |
|            | Mtx               | -3795.55  | -3812.62           | -3380.76  | -3812.62        | 3.08      | 3.14            | -1232.3   | -1232.3               |
|            | Mly               | 2770.85   | 2786.45            | 2770.85   | 2786.45         | 2.43      | 2.38            | 1140.3    | 1171.4                |
|            | Mty               | -3321.02  | -3275.19           | -3321.02  | -3003.97        | 3.58      | 3.51            | -928.0    | -932.0                |
| B          | Mix               | 2869.99   | 2814.33            | 2869.99   | 2814.33         | 1.42      | 1.50            | 2020.2    | 2020.2                |
|            | Mtx               | -4400.15  | -4442.31           | -3272.09  | -4442.31        | 2.04      | 2.09            | -2153.5   | -2122.4               |
|            | Mly               | 2697.56   | 2743.16            | 2697.56   | 2743.16         | 2.18      | 2.15            | 1238.8    | 1276.9                |
|            | Mty               | -3221.21  | -3201.39           | -3221.21  | -2851.54        | 3.12      | 3.04            | -1032.8   | -1051.8               |
| C          | Mix               | 2881.67   | 2821.72            | 2881.67   | 2821.72         | 1.76      | 1.84            | 1637.0    | 1637.0                |
|            | Mtx               | -4293.13  | -4328.20           | -3619.77  | -4328.20        | 2.59      | 2.64            | -1658.5   | -1639.1               |
|            | Mly               | 2715.59   | 2755.33            | 2715.59   | 2755.33         | 2.44      | 2.40            | 1112.2    | 1146.4                |
|            | Mty               | -3243.94  | -3217.92           | -3243.94  | -2951.44        | 3.57      | 3.50            | -908.0    | -919.0                |
| D          | Mix               | 2888.66   | 2825.23            | 2888.66   | 2825.23         | 1.43      | 1.51            | 2014.1    | 1874.8                |
|            | Mtx               | -4166.54  | -4194.91           | -3098.37  | -4194.91        | 2.04      | 2.09            | -2046.3   | -2007.3               |
|            | Mly               | 2741.71   | 2771.36            | 2741.71   | 2771.36         | 1.86      | 1.82            | 1471.7    | 1523.5                |
|            | Mty               | -3267.70  | -3234.86           | -3267.70  | -2727.48        | 2.63      | 2.56            | -1244.2   | -1264.5               |
| E          | Mix               | 2860.86   | 2849.27            | 2860.86   | 2849.27         | 0.88      | 0.99            | 3240.3    | 2892.2                |
|            | Mtx               | -3414.36  | -3489.47           | 177.34    | -3489.47        | 1.17      | 1.21            | -2918.8   | -2887.1               |
|            | Mly               | 2732.49   | 2803.75            | 2732.49   | 2803.75         | 2.55      | 2.63            | 1072.8    | 1066.1                |
|            | Mty               | -3098.94  | -3114.03           | -3098.94  | -2856.15        | 3.52      | 3.39            | -881.1    | -919.8                |
| F          | Mix               | 2921.93   | 2894.86            | 2921.93   | 2894.86         | 0.90      | 0.99            | 3234.8    | 2916.6                |
|            | Mtx               | -3549.25  | -3614.37           | 184.35    | -3614.37        | 1.16      | 1.20            | -3063.2   | -3001.9               |
|            | Mly               | 2730.30   | 2794.18            | 2730.30   | 2794.18         | 1.56      | 1.56            | 1748.6    | 1792.8                |
|            | Mty               | -3160.31  | -3155.89           | -3160.31  | -2346.82        | 2.06      | 1.97            | -1534.1   | -1600.8               |



## Lanjutan Tabel 6.4 ...

|   |     |          |          |          |          |      |      |         |         |         |
|---|-----|----------|----------|----------|----------|------|------|---------|---------|---------|
| G | Mix | 2860.86  | 2849.27  | 2860.86  | 2849.27  | 0.67 | 0.77 | 4300.0  | 3696.5  | 4300.0  |
|   | Mtx | -3414.36 | -3489.47 | 4079.43  | -3489.47 | 0.84 | 0.88 | -4048.4 | -3962.4 | -4048.4 |
|   | Mty | 2732.49  | 2803.75  | 2732.49  | 2803.75  | 2.31 | 2.44 | 1181.9  | 1149.1  | 1181.9  |
| H | Mix | -3098.94 | -3114.03 | -3098.94 | -2773.72 | 3.05 | 2.89 | -1016.7 | -1076.0 | -1076.0 |
|   | Mtx | 2860.86  | 2849.27  | 2860.86  | 2849.27  | 0.70 | 0.81 | 4073.8  | 3531.7  | 4073.8  |
|   | Mty | -3414.36 | -3489.47 | 3081.45  | -3489.47 | 0.90 | 0.94 | -3804.6 | -3731.4 | -3804.6 |
| I | Mix | 2732.49  | 2803.75  | 2732.49  | 2803.75  | 2.30 | 2.41 | 1188.7  | 1162.8  | 1188.7  |
|   | Mtx | -3098.94 | -3114.03 | -3098.94 | -2773.72 | 3.06 | 2.91 | -1014.4 | -1070.6 | -1070.6 |
|   | Mty | 2987.15  | 2935.66  | 2987.15  | 2935.66  | 0.71 | 0.78 | 4237.1  | 3753.3  | 4237.1  |
| J | Mix | -3429.33 | -3472.27 | 4097.31  | -3472.27 | 0.82 | 0.87 | -4178.5 | -3981.3 | -4178.5 |
|   | Mtx | 2877.63  | 2922.39  | 2877.63  | 2922.39  | 1.02 | 0.99 | 2812.9  | 2960.9  | 2960.9  |
|   | Mty | -3279.97 | -3240.23 | -3279.97 | 168.30   | 1.19 | 1.11 | -2767.9 | -2911.3 | -2911.3 |
| K | Mix | 2986.99  | 2927.68  | 2986.99  | 2927.68  | 0.75 | 0.82 | 4005.5  | 3570.3  | 4005.5  |
|   | Mtx | -3429.74 | -3468.24 | 3095.33  | -3468.24 | 0.87 | 0.93 | -3929.3 | -3746.6 | -3929.3 |
|   | Mty | 2901.68  | 2939.82  | 2901.68  | 2939.82  | 1.02 | 0.98 | 2844.8  | 3003.6  | 3003.6  |
| L | Mix | -3319.64 | -3273.74 | -3319.64 | 170.04   | 1.19 | 1.12 | -2797.0 | -2929.5 | -2929.5 |
|   | Mtx | 2860.86  | 2849.27  | 2860.86  | 2849.27  | 0.67 | 0.77 | 4274.8  | 3691.1  | 4274.8  |
|   | Mty | -3414.36 | -3489.47 | 4079.43  | -3489.47 | 0.84 | 0.88 | -4059.1 | -3966.2 | -4059.1 |
|   | Mix | 2732.49  | 2803.75  | 2732.49  | 2803.75  | 1.97 | 2.06 | 1385.6  | 1361.0  | 1385.6  |
|   | Mtx | -3098.94 | -3114.03 | -3098.94 | -2625.60 | 2.57 | 2.43 | -1206.8 | -1279.4 | -1279.4 |
|   | Mty | 2860.86  | 2849.27  | 2860.86  | 2849.27  | 0.71 | 0.81 | 4049.1  | 3526.0  | 4049.1  |
|   | Mix | -3414.36 | -3489.47 | 3081.45  | -3489.47 | 0.90 | 0.93 | -3814.9 | -3735.1 | -3814.9 |
|   | Mtx | 2732.49  | 2803.75  | 2732.49  | 2803.75  | 1.96 | 2.04 | 1393.2  | 1376.9  | 1393.2  |
|   | Mty | -3098.94 | -3114.03 | -3098.94 | -2625.60 | 2.57 | 2.45 | -1204.1 | -1273.0 | -1273.0 |

Tabel 6.5 Momen Akibat Beban Terpusat Peti Kemas

| Tipe Pelat | Kombinasi I (kgm) |           | Kombinasi II (kgm) |           | Lebar Jalur (m) |           | Momen Max (kgm) |           | Momen Max akhir (kgm) |           |
|------------|-------------------|-----------|--------------------|-----------|-----------------|-----------|-----------------|-----------|-----------------------|-----------|
|            | Melintang         | Memanjang | Melintang          | Memanjang | Melintang       | Memanjang | Melintang       | Memanjang |                       |           |
| A          | Mix               | 12529.10  | 12565.43           | 12529.10  | 12565.43        | 2.05      | 2.05            | 6099.52   | 6138.76               | 6138.76   |
|            | Mtx               | -16447.91 | -16440.51          | -14633.69 | -16440.51       | 3.11      | 3.10            | -5290.53  | -5298.37              | -5298.37  |
|            | Miy               | 12457.96  | 12451.80           | 12457.96  | 12451.80        | 2.34      | 2.34            | 5334.05   | 5318.95               | 5334.05   |
|            | Mty               | -14253.75 | -14275.04          | -14253.75 | -13083.32       | 3.54      | 3.55            | -4022.51  | -4020.73              | -4022.51  |
| B          | Mix               | 12667.60  | 12694.91           | 12667.60  | 12694.91        | 1.41      | 1.40            | 8986.21   | 9060.65               | 9060.65   |
|            | Mtx               | -19229.10 | -19210.36          | -14228.71 | -19210.36       | 2.07      | 2.06            | -9307.25  | -9322.17              | -9322.17  |
|            | Miy               | 12258.82  | 12238.52           | 12258.82  | 12238.52        | 2.09      | 2.09            | 5868.75   | 5850.29               | 5868.75   |
|            | Mty               | -13966.69 | -13976.26          | -13966.69 | -12434.66       | 3.08      | 3.09            | -4532.61  | -4523.91              | -4532.61  |
| C          | Mix               | 12700.76  | 12730.05           | 12700.76  | 12730.05        | 1.74      | 1.74            | 7278.43   | 7329.29               | 7329.29   |
|            | Mtx               | -18721.43 | -18705.91          | -15752.19 | -18705.91       | 2.61      | 2.61            | -7163.37  | -7172.65              | -7172.65  |
|            | Miy               | 12311.38  | 12293.84           | 12311.38  | 12293.84        | 2.35      | 2.35            | 5238.52   | 5222.04               | 5238.52   |
|            | Mty               | -14031.69 | -14044.07          | -14031.69 | -12871.63       | 3.54      | 3.54            | -3968.23  | -3963.24              | -3968.23  |
| D          | Mix               | 12718.60  | 12749.51           | 12718.60  | 12749.51        | 1.42      | 1.41            | 8976.75   | 9048.09               | 9048.09   |
|            | Mtx               | -18132.85 | -18120.36          | -13417.53 | -18120.36       | 2.06      | 2.06            | -8792.65  | -8811.05              | -8811.05  |
|            | Miy               | 12384.31  | 12371.53           | 12384.31  | 12371.53        | 1.77      | 1.78            | 6991.01   | 6965.38               | 6991.01   |
|            | Mty               | -14098.81 | -14114.26          | -14098.81 | -11875.73       | 2.59      | 2.60            | -5443.42  | -5434.16              | -5443.42  |
| E          | Mix               | 12721.43  | 12727.96           | 12721.43  | 12727.96        | 0.89      | 0.88            | 14266.61  | 14450.70              | 14450.70  |
|            | Mtx               | -14796.80 | -14763.04          | 1225.36   | -14763.04       | 1.18      | 1.18            | -12511.65 | -12527.03             | -12527.03 |
|            | Miy               | 12444.91  | 12412.48           | 12444.91  | 12412.48        | 2.48      | 2.48            | 5010.34   | 5015.13               | 5015.13   |
|            | Mty               | -13615.07 | -13608.70          | -13615.07 | -12472.61       | 3.47      | 3.48            | -3926.44  | -3908.81              | -3926.44  |
| F          | Mix               | 12908.49  | 12922.17           | 12908.49  | 12922.17        | 0.90      | 0.89            | 14308.57  | 14476.53              | 14476.53  |
|            | Mtx               | -15364.84 | -15335.56          | 1272.40   | -15335.56       | 1.18      | 1.17            | -13056.25 | -13085.18             | -13085.18 |
|            | Miy               | 12417.79  | 12388.83           | 12417.79  | 12388.83        | 1.48      | 1.48            | 8378.33   | 8357.07               | 8378.33   |
|            | Mty               | -13785.94 | -13788.53          | -13785.94 | -10202.92       | 2.02      | 2.03            | -6830.18  | -6799.63              | -6830.18  |

## Lanjutan Tabel 6.5 ...

|   |     |           |           |           |           |      |      |           |           |           |
|---|-----|-----------|-----------|-----------|-----------|------|------|-----------|-----------|-----------|
| G | Mix | 12721.43  | 12727.96  | 12721.43  | 12727.96  | 0.68 | 0.67 | 18777.12  | 19104.04  | 19104.04  |
|   | Mtx | -14796.80 | -14763.04 | 19069.27  | -14763.04 | 0.85 | 0.85 | -17313.85 | -17355.06 | -17355.06 |
|   | Miy | 12444.91  | 12412.48  | 12444.91  | 12412.48  | 2.26 | 2.25 | 5504.59   | 5523.60   | 5523.60   |
|   | Mty | -13615.07 | -13608.70 | -13615.07 | -12107.65 | 2.99 | 3.01 | -4549.06  | -4522.11  | -4549.06  |
| H | Mix | 12721.43  | 12727.96  | 12721.43  | 12727.96  | 0.71 | 0.70 | 17828.57  | 18120.86  | 18120.86  |
|   | Mtx | -14796.80 | -14763.04 | 14473.59  | -14763.04 | 0.91 | 0.91 | -16276.33 | -16311.43 | -16311.43 |
|   | Miy | 12444.91  | 12412.48  | 12444.91  | 12412.48  | 2.24 | 2.23 | 5546.18   | 5561.46   | 5561.46   |
|   | Mty | -13615.07 | -13608.70 | -13615.07 | -12107.65 | 3.00 | 3.02 | -4535.85  | -4510.29  | -4535.85  |
| I | Mix | 13088.68  | 13113.65  | 13088.68  | 13113.65  | 0.70 | 0.69 | 18772.99  | 19033.44  | 19033.44  |
|   | Mtx | -14781.32 | -14762.06 | 19049.33  | -14762.06 | 0.84 | 0.84 | -17535.24 | -17627.10 | -17627.10 |
|   | Miy | 12902.00  | 12881.99  | 12902.00  | 12881.99  | 0.94 | 0.95 | 13707.87  | 13630.99  | 13707.87  |
|   | Mty | -14123.28 | -14141.93 | -14123.28 | 1171.13   | 1.15 | 1.15 | -12332.06 | -12266.09 | -12332.06 |
| J | Mix | 13072.45  | 13101.09  | 13072.45  | 13101.09  | 0.74 | 0.73 | 17778.54  | 18011.59  | 18011.59  |
|   | Mtx | -14774.36 | -14757.11 | 14451.65  | -14757.11 | 0.90 | 0.89 | -16481.76 | -16566.72 | -16566.72 |
|   | Miy | 12972.05  | 12955.12  | 12972.05  | 12955.12  | 0.94 | 0.94 | 13852.76  | 13769.99  | 13852.76  |
|   | Mty | -14245.42 | -14266.80 | -14245.42 | 1181.47   | 1.16 | 1.16 | -12410.15 | -12349.17 | -12410.15 |
| K | Mix | 12721.43  | 12727.96  | 12721.43  | 12727.96  | 0.68 | 0.67 | 18723.46  | 19040.04  | 19040.04  |
|   | Mtx | -14796.80 | -14763.04 | 19069.27  | -14763.04 | 0.85 | 0.85 | -17337.18 | -17381.59 | -17381.59 |
|   | Miy | 12444.91  | 12412.48  | 12444.91  | 12412.48  | 1.91 | 1.90 | 6504.23   | 6519.26   | 6519.26   |
|   | Mty | -13615.07 | -13608.70 | -13615.07 | -11450.35 | 2.52 | 2.53 | -5409.94  | -5376.87  | -5409.94  |
| L | Mix | 12721.43  | 12727.96  | 12721.43  | 12727.96  | 0.72 | 0.70 | 17775.20  | 18057.61  | 18057.61  |
|   | Mtx | -14796.80 | -14763.04 | 14473.59  | -14763.04 | 0.91 | 0.90 | -16298.74 | -16336.86 | -16336.86 |
|   | Miy | 12444.91  | 12412.48  | 12444.91  | 12412.48  | 1.90 | 1.89 | 6552.12   | 6562.68   | 6562.68   |
|   | Mty | -13615.07 | -13608.70 | -13615.07 | -11450.35 | 2.52 | 2.54 | -5394.44  | -5363.02  | -5394.44  |

**Tabel 6.6** Momen Akibat Beban Terpusat Cover Hatch

| Type Pelat | Kombinasi I (kgm) |           | Lebar Jalur (m) |           | Momen Max (kgm) |           | Momen Max Akhir (kgm) |
|------------|-------------------|-----------|-----------------|-----------|-----------------|-----------|-----------------------|
|            | Melintang         | Memanjang | Melintang       | Memanjang | Melintang       | Memanjang |                       |
| A          | Mix               | 6173.27   | 2.08            | 2.08      | 2963.50         | 2963.50   | 2963.50               |
|            | Mtx               | -8241.52  | 3.11            | 3.11      | -2652.29        | -2652.29  | -2652.29              |
|            | Mly               | 6117.49   | 2.37            | 2.37      | 2577.01         | 2577.01   | 2577.01               |
|            | Mty               | -7146.91  | 3.55            | 3.55      | -2015.05        | -2015.05  | -2015.05              |
| B          | Mix               | 6244.43   | 1.44            | 1.44      | 4351.03         | 4351.03   | 4351.03               |
|            | Mtx               | -9602.70  | 2.07            | 2.07      | -4647.68        | -4647.68  | -4647.68              |
|            | Mly               | 6001.31   | 2.13            | 2.13      | 2818.48         | 2818.48   | 2818.48               |
|            | Mty               | -6977.31  | 3.08            | 3.08      | -2262.85        | -2262.85  | -2262.85              |
| C          | Mix               | 6263.55   | 1.77            | 1.77      | 3535.07         | 3535.07   | 3535.07               |
|            | Mtx               | -9356.86  | 2.61            | 2.61      | -3580.95        | -3580.95  | -3580.95              |
|            | Mly               | 6031.54   | 2.39            | 2.39      | 2523.66         | 2523.66   | 2523.66               |
|            | Mty               | -7015.71  | 3.54            | 3.54      | -1982.70        | -1982.70  | -1982.70              |
| D          | Mix               | 6274.04   | 1.44            | 1.44      | 4345.36         | 4345.36   | 4345.36               |
|            | Mtx               | -9069.67  | 2.06            | 2.06      | -4399.46        | -4399.46  | -4399.46              |
|            | Mly               | 6073.75   | 1.81            | 1.81      | 3356.11         | 3356.11   | 3356.11               |
|            | Mty               | -7055.46  | 2.59            | 2.59      | -2720.78        | -2720.78  | -2720.78              |
| E          | Mix               | 6269.74   | 0.91            | 0.91      | 6875.46         | 6875.46   | 6875.46               |
|            | Mtx               | -7446.75  | 1.19            | 1.19      | -6281.94        | -6281.94  | -6281.94              |
|            | Mly               | 6099.49   | 2.54            | 2.54      | 2403.63         | 2403.63   | 2403.63               |
|            | Mty               | -6771.02  | 3.46            | 3.46      | -1955.60        | -1955.60  | -1955.60              |
| F          | Mix               | 6376.62   | 0.92            | 0.92      | 6899.11         | 6899.11   | 6899.11               |
|            | Mtx               | -7730.08  | 1.18            | 1.18      | -6559.73        | -6559.73  | -6559.73              |
|            | Mly               | 6086.56   | 1.52            | 1.52      | 3995.56         | 3995.56   | 3995.56               |
|            | Mty               | -6872.14  | 2.02            | 2.02      | -3402.85        | -3402.85  | -3402.85              |

## Lanjutan Tabel 6.6 ...

|   |     |          |          |      |      |          |          |          |          |
|---|-----|----------|----------|------|------|----------|----------|----------|----------|
| G | Mix | 6269.74  | 6269.74  | 0.70 | 0.70 | 9000.32  | 9000.32  | 9000.32  | 9000.32  |
|   | Mtx | -7446.75 | -7446.75 | 0.86 | 0.86 | -8680.17 | -8680.17 | -8680.17 | -8680.17 |
|   | Miy | 6099.49  | 6099.49  | 2.32 | 2.32 | 2630.60  | 2630.60  | 2630.60  | 2630.60  |
|   | Mty | -6771.02 | -6771.02 | 2.99 | 2.99 | -2268.10 | -2268.10 | -2268.10 | -2268.10 |
| H | Mix | 6269.74  | 6269.74  | 0.73 | 0.73 | 8554.67  | 8554.67  | 8554.67  | 8554.67  |
|   | Mtx | -7446.75 | -7446.75 | 0.91 | 0.91 | -8162.99 | -8162.99 | -8162.99 | -8162.99 |
|   | Miy | 6099.49  | 6099.49  | 2.30 | 2.30 | 2651.95  | 2651.95  | 2651.95  | 2651.95  |
|   | Mty | -6771.02 | -6771.02 | 3.00 | 3.00 | -2260.78 | -2260.78 | -2260.78 | -2260.78 |
| I | Mix | 6481.91  | 6481.91  | 0.72 | 0.72 | 9011.60  | 9011.60  | 9011.60  | 9011.60  |
|   | Mtx | -7443.35 | -7443.35 | 0.84 | 0.84 | -8818.64 | -8818.64 | -8818.64 | -8818.64 |
|   | Miy | 6361.72  | 6361.72  | 0.98 | 0.98 | 6524.84  | 6524.84  | 6524.84  | 6524.84  |
|   | Mty | -7071.71 | -7071.71 | 1.15 | 1.15 | -6151.09 | -6151.09 | -6151.09 | -6151.09 |
| J | Mix | 6473.77  | 6473.77  | 0.76 | 0.76 | 8539.53  | 8539.53  | 8539.53  | 8539.53  |
|   | Mtx | -7439.85 | -7439.85 | 0.90 | 0.90 | -8292.83 | -8292.83 | -8292.83 | -8292.83 |
|   | Miy | 6402.63  | 6402.63  | 0.97 | 0.97 | 6600.65  | 6600.65  | 6600.65  | 6600.65  |
|   | Mty | -7143.21 | -7143.21 | 1.15 | 1.15 | -6198.01 | -6198.01 | -6198.01 | -6198.01 |
| K | Mix | 6269.74  | 6269.74  | 0.70 | 0.70 | 8971.56  | 8971.56  | 8971.56  | 8971.56  |
|   | Mtx | -7446.75 | -7446.75 | 0.86 | 0.86 | -8694.00 | -8694.00 | -8694.00 | -8694.00 |
|   | Miy | 6099.49  | 6099.49  | 1.97 | 1.97 | 3103.54  | 3103.54  | 3103.54  | 3103.54  |
|   | Mty | -6771.02 | -6771.02 | 2.51 | 2.51 | -2695.47 | -2695.47 | -2695.47 | -2695.47 |
| L | Mix | 6269.74  | 6269.74  | 0.74 | 0.74 | 8525.80  | 8525.80  | 8525.80  | 8525.80  |
|   | Mtx | -7446.75 | -7446.75 | 0.91 | 0.91 | -8176.33 | -8176.33 | -8176.33 | -8176.33 |
|   | Miy | 6099.49  | 6099.49  | 1.95 | 1.95 | 3127.94  | 3127.94  | 3127.94  | 3127.94  |
|   | Mty | -6771.02 | -6771.02 | 2.52 | 2.52 | -2686.91 | -2686.91 | -2686.91 | -2686.91 |

Tabel 6.7 Momen Rencana dari Kombinasi Momen

| Type Perlat | Ix   | Iy   | Momen   |          |           |             |             | Momen Kombinasi |           |          |           |          | Momen Rencana (kgm) |
|-------------|------|------|---------|----------|-----------|-------------|-------------|-----------------|-----------|----------|-----------|----------|---------------------|
|             |      |      | B. Mati | B.Hidup  | B.Truck   | B.Petikemas | B. C. Hatch | 1+2             | 1+3       | 1+4      | 1+5       |          |                     |
|             |      |      | 1       | 2        | 3         | 4           | 5           |                 |           |          |           |          |                     |
| A           | 6.20 | 7.10 | Mix     | 8347.25  | 1369.78   | 6138.76     | 2963.50     | 10264.63        | 3287.17   | 8056.14  | 4880.89   | 10264.63 |                     |
|             | 6.20 | 7.10 | Mtx     | -1917.39 | -8347.25  | -1232.26    | -5298.37    | -2652.29        | -10264.63 | -3149.65 | -7215.76  | -4569.67 | -10264.63           |
|             | 6.20 | 7.10 | Mly     | 1660.99  | 7231.04   | 1171.41     | 5334.05     | 2577.01         | 8892.04   | 2832.40  | 6995.04   | 4238.00  | 8892.04             |
|             | 6.20 | 7.10 | Mty     | -1660.99 | -7231.04  | -931.99     | -4022.51    | -2015.05        | -8892.04  | -2592.98 | -5683.51  | -3676.04 | -8892.04            |
| B           | 4.10 | 6.20 | Mix     | 1091.98  | 10870.83  | 2020.20     | 9060.65     | 4351.03         | 11962.81  | 3112.18  | 10152.63  | 5443.01  | 11962.81            |
|             | 4.10 | 6.20 | Mtx     | -1091.98 | -10870.83 | -2153.53    | -9322.17    | -4647.68        | -11962.81 | -3245.51 | -10414.14 | -5739.65 | -11962.81           |
|             | 4.10 | 6.20 | Mly     | 721.49   | 7182.51   | 1276.90     | 5868.75     | 2818.48         | 7904.00   | 1998.39  | 6590.24   | 3539.97  | 7904.00             |
|             | 4.10 | 6.20 | Mty     | -721.49  | -7182.51  | -1051.82    | -4532.61    | -2262.85        | -7904.00  | -1773.31 | -5254.10  | -2984.34 | -7904.00            |
| C           | 5.20 | 7.10 | Mix     | 1662.42  | 10288.47  | 1637.05     | 7329.29     | 3535.07         | 11950.89  | 3299.47  | 8991.71   | 5197.49  | 11950.89            |
|             | 5.20 | 7.10 | Mtx     | -1662.42 | -10288.47 | -1658.48    | -7172.65    | -3580.95        | -11950.89 | -3220.90 | -8835.07  | -5243.36 | -11950.89           |
|             | 5.20 | 7.10 | Mly     | 1191.92  | 7376.64   | 1146.40     | 5238.52     | 2523.66         | 8568.56   | 2338.32  | 6430.45   | 3715.58  | 8568.56             |
|             | 5.20 | 7.10 | Mty     | -1191.92 | -7376.64  | -919.00     | -3968.23    | -1982.70        | -8568.56  | -2110.92 | -5160.15  | -3174.62 | -8568.56            |
| D           | 4.10 | 5.20 | Mix     | 974.98   | 9706.10   | 2014.09     | 9048.09     | 4345.36         | 10681.08  | 2989.07  | 10023.07  | 5320.34  | 10681.08            |
|             | 4.10 | 5.20 | Mtx     | -974.98  | -9706.10  | -2046.28    | -8811.05    | -4399.46        | -10681.08 | -3021.26 | -9786.03  | -5374.44 | -10681.08           |
|             | 4.10 | 5.20 | Mly     | 740.98   | 7376.64   | 1523.54     | 6991.01     | 3356.11         | 8117.62   | 2264.53  | 7731.99   | 4097.10  | 8117.62             |
|             | 4.10 | 5.20 | Mty     | -740.98  | -7376.64  | -1264.46    | -5443.42    | -2720.78        | -8117.62  | -2005.45 | -6184.41  | -3461.77 | -8117.62            |
| E           | 2.10 | 7.10 | Mix     | 276.24   | 10482.59  | 3240.34     | 14450.70    | 6875.46         | 10758.83  | 3516.59  | 14726.94  | 7151.70  | 14726.94            |
|             | 2.10 | 7.10 | Mtx     | -276.24  | -10482.59 | -2918.78    | -12527.03   | -6281.94        | -10758.83 | -3195.02 | -12803.27 | -6558.18 | -12803.27           |
|             | 2.10 | 7.10 | Mly     | 97.20    | 3688.32   | 1072.77     | 5015.13     | 2403.63         | 3785.51   | 1169.96  | 5112.32   | 2500.82  | 5112.32             |
|             | 2.10 | 7.10 | Mty     | -286.47  | -10870.83 | -919.76     | -3926.44    | -1955.60        | -11157.31 | -1206.23 | -4212.92  | -2242.07 | -11157.31           |
| F           | 2.10 | 4.10 | Mix     | 434.83   | 16500.37  | 3234.76     | 14476.53    | 6899.11         | 16935.20  | 3669.59  | 14911.36  | 7393.93  | 16935.20            |
|             | 2.10 | 4.10 | Mtx     | -434.83  | -16500.37 | -3063.24    | -13085.18   | -6559.73        | -16935.20 | -3498.07 | -13520.01 | -6994.56 | -16935.20           |
|             | 2.10 | 4.10 | Mly     | 255.78   | 9706.10   | 1792.78     | 8378.33     | 3995.56         | 9961.88   | 2048.56  | 8634.11   | 4251.34  | 9961.88             |
|             | 2.10 | 4.10 | Mty     | -255.78  | -9706.10  | -1600.81    | -6830.18    | -3402.85        | -9961.88  | -1856.59 | -7085.96  | -3658.63 | -9961.88            |

## Lanjutan Tabel 6.7 ...

|   |      |      |     |         |           |          |           |          |           |          |           |          |           |
|---|------|------|-----|---------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|
|   | 1.50 | 6.20 | Mix | 140.94  | 10482.59  | 4299.96  | 19104.04  | 9000.32  | 10623.53  | 4440.90  | 19244.98  | 9141.26  | 19244.98  |
| G | 1.50 | 6.20 | Mtx | -140.94 | -10482.59 | -4048.39 | -17355.06 | -8680.17 | -10623.53 | -4189.33 | -17496.00 | -8821.11 | -17496.00 |
|   | 1.50 | 6.20 | Mly | 49.59   | 3688.32   | 1181.87  | 5523.60   | 2630.60  | 3737.91   | 1231.46  | 5573.19   | 2680.19  | 5573.19   |
|   | 1.50 | 6.20 | Mty | -146.16 | -10870.83 | -1076.03 | -4549.06  | -2268.10 | -11016.99 | -1222.19 | -4695.22  | -2414.26 | -11016.99 |
|   | 1.60 | 6.20 | Mix | 160.36  | 10482.59  | 4073.80  | 18120.86  | 8554.67  | 10642.95  | 4234.16  | 18281.21  | 8715.02  | 18281.21  |
| H | 1.60 | 6.20 | Mtx | -160.36 | -10482.59 | -3804.64 | -16311.43 | -8162.99 | -10642.95 | -3965.00 | -16471.79 | -8323.34 | -16471.79 |
|   | 1.60 | 6.20 | Mly | 56.42   | 3688.32   | 1188.69  | 5561.46   | 2631.95  | 3744.74   | 1245.11  | 5617.89   | 2708.37  | 5617.89   |
|   | 1.60 | 6.20 | Mty | -166.30 | -10870.83 | -1070.57 | -4535.85  | -2260.78 | -11037.13 | -1236.87 | -4702.14  | -2427.07 | -11037.13 |
|   | 1.50 | 2.10 | Mix | 185.31  | 13782.66  | 4237.10  | 19033.44  | 9011.60  | 13967.97  | 4422.41  | 19218.75  | 9196.91  | 19218.75  |
| I | 1.50 | 2.10 | Mtx | -185.31 | -13782.66 | -4178.46 | -17627.10 | -8818.64 | -13967.97 | -4363.77 | -17812.41 | -9003.95 | -17812.41 |
|   | 1.50 | 2.10 | Mly | 133.11  | 9900.22   | 2960.88  | 13707.87  | 6524.84  | 10033.33  | 3093.99  | 13840.98  | 6657.95  | 13840.98  |
|   | 1.50 | 2.10 | Mty | -133.11 | -9900.22  | -2911.26 | -12332.06 | -6151.09 | -10033.33 | -3044.37 | -12465.17 | -6284.20 | -12465.17 |
|   | 1.60 | 2.10 | Mix | 198.96  | 13006.17  | 4005.55  | 18011.59  | 8539.53  | 13205.14  | 4204.51  | 18210.56  | 8738.49  | 18210.56  |
| J | 1.60 | 2.10 | Mtx | -198.96 | -13006.17 | -3929.33 | -16566.72 | -8292.83 | -13205.14 | -4128.29 | -16765.68 | -8491.79 | -16765.68 |
|   | 1.60 | 2.10 | Mly | 151.45  | 9900.22   | 3003.65  | 13852.76  | 6600.65  | 10051.67  | 3155.10  | 14004.21  | 6752.10  | 14004.21  |
|   | 1.60 | 2.10 | Mty | -151.45 | -9900.22  | -2929.52 | -12410.15 | -6198.01 | -10051.67 | -3080.97 | -12561.60 | -6349.46 | -12561.60 |
|   | 1.50 | 5.20 | Mix | 140.94  | 10482.59  | 4274.84  | 19040.04  | 8971.56  | 10623.53  | 4415.78  | 19180.98  | 9112.50  | 19180.98  |
| K | 1.50 | 5.20 | Mtx | -140.94 | -10482.59 | -4059.14 | -17381.59 | -8694.00 | -10623.53 | -4200.08 | -17522.53 | -8834.94 | -17522.53 |
|   | 1.50 | 5.20 | Mly | 49.59   | 3688.32   | 1385.64  | 6519.26   | 3103.54  | 3737.91   | 1435.23  | 6568.85   | 3153.13  | 6568.85   |
|   | 1.50 | 5.20 | Mty | -146.16 | -10870.83 | -1279.39 | -5409.94  | -2695.47 | -11016.99 | -1425.55 | -5556.10  | -2841.63 | -11016.99 |
|   | 1.60 | 5.20 | Mix | 160.36  | 10482.59  | 4049.12  | 18057.61  | 8525.80  | 10642.95  | 4209.48  | 18217.97  | 8686.16  | 18217.97  |
| L | 1.60 | 5.20 | Mtx | -160.36 | -10482.59 | -3814.92 | -16336.86 | -8176.33 | -10642.95 | -3975.28 | -16497.22 | -8336.69 | -16497.22 |
|   | 1.60 | 5.20 | Mly | 56.42   | 3688.32   | 1393.24  | 6562.68   | 3127.94  | 3744.74   | 1449.66  | 6619.11   | 3184.36  | 6619.11   |
|   | 1.60 | 5.20 | Mty | -166.30 | -10870.83 | -1272.98 | -5394.44  | -2686.91 | -11037.13 | -1439.28 | -5560.73  | -2853.21 | -11037.13 |

#### D. Perencanaan Tulangan Pelat Dua Arah

Dalam perhitungan penulangan pelat dua arah ini digunakan pelat type A (lihat **Gambar 6.4**). Perhitungan penulangan menggunakan cara PBI 1971. Berikut ini contoh perhitungannya.

##### *Data Perencanaan Pelat :*

###### Mutu Beton

$$\sigma'_{bk} = 350 \text{ kg/cm}^2 \text{ (K-350)}$$

$$\sigma'_b = 115,5 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_b = 1,2 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$$

###### Mutu Baja

$$\sigma_{au} = 320 \text{ Mpa} = 3200 \text{ kg (U-32)}$$

$$E_a = 2,1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_a = \sigma'_a = 1850 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma^*_{au} = 2780 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Diameter Tulangan} = 19 \text{ mm ( untuk pelat )}$$

Tebal Pelat 40 cm

$n$  = Angka ekuivalensi antara modulus elastisitas baja dengan modulus tekan beton

$$n = \frac{E_a}{E_b} = \frac{2,1 \times 10^6}{1,2 \times 10^5} = 17,5$$

$\phi_0$  = Perbandingan antara tegangan baja tarik dan  $n$  kali tegangan tekan beton di serat yang paling tertekan pada keadaan seimbang.

$$\phi_0 = \frac{\sigma'_a}{(n \times \sigma'_b)} = \frac{1850}{(17,5 \times 115,5)} = 0,915$$

$$l_y = 720$$

$$l_x = 640$$

$$\frac{710}{620} = 1,145 < 2 \quad \rightarrow \text{Pelat Dua Arah}$$



Momen Pelat

|          |             |      |
|----------|-------------|------|
| $M_{lx}$ | = 10264,63  | kg.m |
| $M_{tx}$ | = -10264,63 | kg.m |
| $M_{ly}$ | = 8892,04   | kg.m |
| $M_{ty}$ | = -8892,04  | kg.m |

**Tulangan Arah X****Momen Nominal**

Berikut ini nilai momen untuk pelat type A:

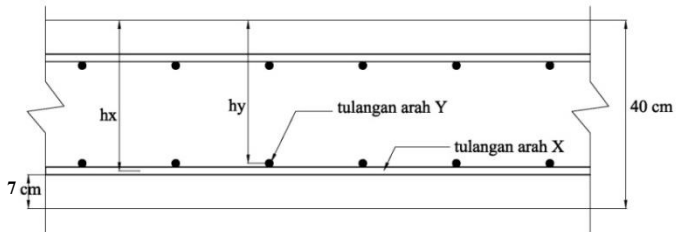
$M_{tx} = -10264,63 \text{ Kg.m}$  ( tumpuan )

$M_{lx} = 10264,63 \text{ Kg.m}$  ( lapangan )

Karena momen tumpuan dan lapangan sama besar, maka penulangan tumpuan sama dengan penulangan lapangan.

**Tulangan Tumpuan**

Momen Negatif =  $M_{tx} = -10264,63 \text{ Kg.m}$ .



**Gambar 6.14** Pemasangan tulangan arah x dan y

$$\begin{aligned}
 h_x &= 400 - 70 - 0,5 \phi_{\text{arah X}} \\
 &= 400 - 70 - 0,5 \times 16 \\
 &= 322 \text{ mm} \\
 &= 32,2 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$Ca = \frac{h}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times \sigma'_a}}} = \frac{322}{\sqrt{\frac{17,5 \times 10264,63}{1 \times 1850}}}$$

$$= 3,268$$

Dengan melihat tabel Perhitungan Lentur Cara “n”, untuk  $Ca = 3,16$  dengan  $\delta = 0$  (pelat), didapatkan :

$$\phi = 1,717 > \phi_0 = 0,915 \dots \dots \dots \text{OK !}$$

$$100n\omega = 10,71$$

Luas Tulangan yang diperlukan adalah

$$A = \omega \times b \times h$$

$$= \frac{10,71}{100 \times 17,5} \times 100 \times 32,2$$

$$= 19,71 \text{ cm}^2 = 1971 \text{ mm}^2$$

Dipasang D16-80 ( $A_s = 2411,52 \text{ mm}^2$ )

### ***Kontrol Retak***

Berdasarkan PBI 1971 pasal 10.7.1b retak yang diijinkan 0,01 cm. Dengan menggunakan Tabel 10.7.1 PBI 1971 maka didapatkan :

Koefisien untuk perhitungan lebar retak

$$\omega_p = \frac{A}{B_t} ; C_3 = 1,50 ; C_4 = 0,16 \text{ dan } C_5 = 30$$

$A$  = luas tulangan tarik

$B_t$  = luas penampang beton yang tertarik =  $100 \times 40$  cm,

$$\text{maka } \omega_p = \frac{2411,52}{1000 \times 400} = 0,006$$

Besarnya lebar retak pada pembebanan tetap akibat beban kerja dihitung dengan rumus berikut ini :

$$w = \alpha \left( C_3 \cdot c + C_4 \cdot \frac{d}{\omega_p} \right) \left( \sigma_a - \frac{C_5}{\omega_p} \right) 10^{-6} \quad (\text{cm})$$

$$w = 1 \left( 1,50 \cdot 7,5 + 0,16 \cdot \frac{1,6}{0,006} \right) \left( 1850 - \frac{30}{0,006} \right) 10^{-6} \quad (\text{cm})$$

$$w = -0,16 < 0,01 \text{ cm ( OK, tidak retak ! )}$$

- **Tulangan Arah Y**

Berikut ini nilai momen untuk pelat type A:

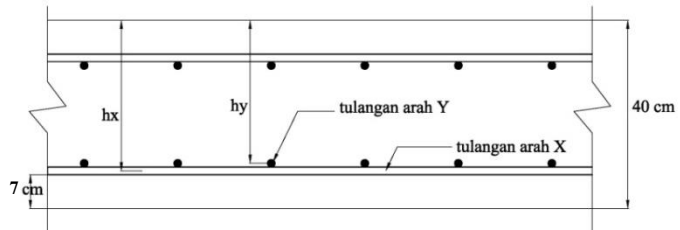
$$M_{ty} = -8892,04 \text{ Kgm ( tumpuan )}$$

$$M_{ly} = 8892,04 \text{ Kgm ( lapangan )}$$

Karena momen tumpuan dan lapangan sama besar, maka penulangan tumpuan sama dengan penulangan lapangan.

### Tulangan Tumpuan

$$\text{Momen Negatif} = M_{ty} = -8892,04 \text{ Kgm ( tumpuan )}$$



**Gambar 6.15** Pemasangan tulangan arah x dan y

$$\begin{aligned} h_y &= 400 - 70 - \phi \text{ arah X} - 0,5 \phi \text{ arah Y} \\ &= 400 - 70 - 19 - 0,5 \times 19 \\ &= 306 \text{ mm} \\ &= 30,6 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$Ca = \frac{h}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times \sigma'_a}}} = \frac{30,6}{\sqrt{\frac{17,5 \times 8892,04}{1 \times 1850}}} = 3,336$$

Dengan melihat tabel Perhitungan Lentur Cara “n”, untuk  $Ca = 3,23$  dengan  $\delta = 0$  (pelat), didapatkan :

$$\phi = 1,77 > \phi_0 = 0,915 \dots \dots \dots \text{OK !}$$

$$100n\omega = 10,2$$

Luas Tulangan yang diperlukan adalah

$$\begin{aligned} A &= \omega \times b \times h \\ &= \frac{10,2}{100 \times 17,5} \times 100 \times 30,6 \\ &= 17,84 \text{ cm}^2 = 1784 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang D16 – 80 ( $A_s = 2411,52 \text{ mm}^2$ )

### ***Kontrol Retak***

Berdasarkan PBI 1971 pasal 10.7.1b retak yang diijinkan 0,01 cm. Dengan menggunakan Tabel 10.7.1 PBI 1971 maka didapatkan :

Koefisien untuk perhitungan lebar retak

$$\omega_p = \frac{A}{B_t} ; C_3 = 1,50 ; C_4 = 0,16 \text{ dan } C_5 = 30$$

$A$  = luas tulangan tarik

$B_t$  = luas penampang beton yang tertarik =  $100 \times 40$  cm,

$$\text{maka } \omega_p = \frac{2411,52}{1000 \times 400} = 0,006$$

Besarnya lebar retak pada pembebanan tetap akibat beban kerja dihitung dengan rumus berikut ini :

$$w = \alpha \left( C_3 \cdot c + C_4 \cdot \frac{d}{\omega_p} \right) \left( \sigma_a - \frac{C_5}{\omega_p} \right) 10^{-6} \quad (cm)$$

$$w = 1 \left( 1,50 \cdot 7,5 + 0,16 \cdot \frac{1,6}{0,006} \right) \left( 1850 - \frac{30}{0,006} \right) 10^{-6} \quad (cm)$$

$$w = -0,16 < 0,01 \text{ cm ( OK, tidak retak ! )}$$

Tabel 6.8 Penulangan untuk Semua Jenis Pelat

| Type Pelat | ly/lx        | Momen Rencana (kgm) | Ca    | φ     | 100m <sub>w</sub> | A perlu | N  | Tulangan | Dipasang  | As pasang |
|------------|--------------|---------------------|-------|-------|-------------------|---------|----|----------|-----------|-----------|
| A          | 1.145        | Mlx<br>10264.63     | 3.268 | 1.717 | 10.71             | 19.71   | 10 | 95.11    | D 16 - 80 | 2411.52   |
|            |              | Mtx<br>10264.63     | 3.268 | 1.717 | 10.71             | 19.71   | 10 | 95.11    | D 16 - 80 | 2411.52   |
|            | Two way slab | Mly<br>8892.04      | 3.336 | 1.77  | 10.2              | 17.84   | 9  | 109.00   | D 16 - 80 | 2411.52   |
|            |              | Mty<br>8892.04      | 3.336 | 1.77  | 10.2              | 17.84   | 9  | 109.00   | D 16 - 80 | 2411.52   |
| B          | 1.5          | Mlx<br>11962.81     | 3.027 | 1.558 | 12.55             | 23.09   | 12 | 74.91    | D 16 - 80 | 2411.52   |
|            |              | Mtx<br>11962.81     | 3.027 | 1.558 | 12.55             | 23.09   | 12 | 74.91    | D 16 - 80 | 2411.52   |
|            | Two way slab | Mly<br>7904.00      | 3.539 | 1.907 | 9.019             | 15.77   | 8  | 126.86   | D 16 - 80 | 2411.52   |
|            |              | Mty<br>7904.00      | 3.539 | 1.907 | 9.019             | 15.77   | 8  | 126.86   | D 16 - 80 | 2411.52   |
| C          | 1.4          | Mlx<br>11950.89     | 3.028 | 1.564 | 12.47             | 22.94   | 12 | 74.91    | D 16 - 80 | 2411.52   |
|            |              | Mtx<br>11950.89     | 3.028 | 1.564 | 12.47             | 22.94   | 12 | 74.91    | D 16 - 80 | 2411.52   |
|            | Two way slab | Mly<br>8568.56      | 3.399 | 1.817 | 9.769             | 17.08   | 9  | 109.00   | D 16 - 80 | 2411.52   |
|            |              | Mty<br>8568.56      | 3.399 | 1.817 | 9.769             | 17.08   | 9  | 109.00   | D 16 - 80 | 2411.52   |
| D          | 1.3          | Mlx<br>10681.08     | 3.203 | 1.681 | 11.1              | 20.42   | 11 | 84.00    | D 16 - 80 | 2411.52   |
|            |              | Mtx<br>10681.08     | 3.203 | 1.681 | 11.1              | 20.42   | 11 | 84.00    | D 16 - 80 | 2411.52   |
|            | Two way slab | Mly<br>8117.62      | 3.492 | 1.674 | 11.17             | 19.53   | 10 | 95.11    | D 16 - 80 | 2411.52   |
|            |              | Mty<br>8117.62      | 3.492 | 1.674 | 11.17             | 19.53   | 10 | 95.11    | D 16 - 80 | 2411.52   |
| E          | 3.4          | Mlx<br>14726.94     | 2.728 | 1.358 | 15.61             | 28.72   | 15 | 55.43    | D 16 - 50 | 3416.32   |
|            |              | Mtx<br>12803.27     | 2.926 | 1.494 | 13.42             | 24.69   | 13 | 67.33    | D 16 - 50 | 3416.32   |
|            | one way slab | Mly<br>5112.32      |       |       |                   |         |    |          |           |           |
|            |              | Mty<br>11157.31     |       |       |                   |         |    |          |           |           |
| F          | 2.0          | Mlx<br>16935.20     | 2.544 | 1.232 | 18.18             | 33.45   | 17 | 46.50    | D 16 - 50 | 3416.32   |
|            |              | Mtx<br>16935.20     | 2.544 | 1.232 | 18.18             | 33.45   | 17 | 46.50    | D 16 - 50 | 3416.32   |
|            | Two way slab | Mly<br>9961.88      | 3.152 | 1.645 | 11.49             | 20.09   | 10 | 95.11    | D 16 - 90 | 2210.56   |
|            |              | Mty<br>9961.88      | 3.152 | 1.645 | 11.49             | 20.09   | 10 | 95.11    | D 16 - 90 | 2210.56   |



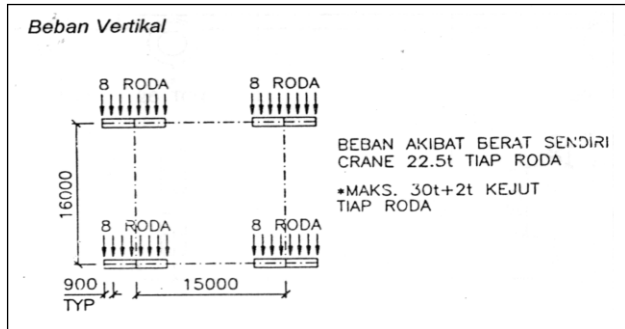
### 6.3 Permodelan Struktur Dermaga Denga SAP 2000

#### 6.3.1 Perhitungan Pembebanan pada Dermga

Perhitungan beban secara lengkap dapat dilihat pada Bab V.  
Berikut ini beberapa beban yang diterima oleh balok:

1. Berat pelat (qd) = 1,16 t/m<sup>2</sup>
2. Beban Hidup Pelat ( ql) = 5,05 t/m<sup>2</sup>
3. Beban terpusat poer
4. Berat Fender + plank fender
5. Berat boulder
6. Beban Terpusat Roda Truk  
Dari konfigurasi beban roda truk tersebut diambil yang terbesar yaitu pada roda belakang sebesar 11750 kg dengan jarak antar roda 2 m dan area kontak tiap roda seluas 30 cm x 60 cm.
7. Beban Terpusat Petikemas  
Beban 2 Petikemas = 48800 kg  
Jarak antar kaki terdekat = 2,44 m  
Area kontak = 356 x 324 mm<sup>2</sup>
8. Beban Terpusat Container Crane  
Beban container crane hanya terjadi pada balok crane  
Beban (tiap rodanya) = 32000 kg  
Jarak antar kaki terdekat = 15 m  
Sehingga beban container crane diilustrasikan sebagai berikut :

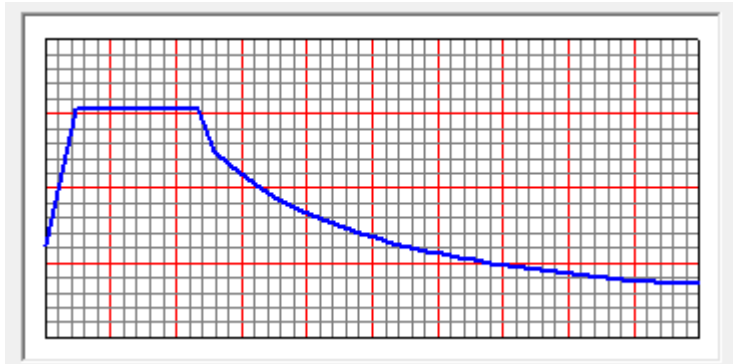




**Gambar 6.16** -Beban Terpusat Container Crane

9. Beban horizontal Fender = 127,8 ton
10. Beban horizontal Boulder = 106,07 ton
11. Beban Gempa

Dengan menggunakan program bantu SAP 2000, perhitungan beban gempa dilakukan secara dinamis dengan menggunakan respon spektra untuk daerah Banyuwangi (lihat **gambar 6.17**) dengan Tanah Lunak menurut SNI 03-1726-2012.



**Gambar 6.17** -Respon Spektrum

Dan scale factor diisi  $\frac{I}{R} \cdot g = \frac{1}{5.5} \times 9.81 = 1.783636$

Nilai I merupakan factor keutamaan gedung dan R merupakan faktor reduksi berdasarkan SNI 1726-2012.

### A. Analisa Struktur

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

1. DL + LL+W
2. DL + CC+W
3. DL + LL + Fender+W
4. DL + LL + Boulder +W
5. DL + PK+ Fender+W
6. DL + PK + Boulder +W
7. DL + CC + Fender+W
8. DL + CC+ Boulder +W
9. DL + T + Fender+W
10. DL + T+ Boulder +W
11. DL + 0,5 LL + Gempa X + 0,3 Gempa Y+W
12. DL + 0.5 LL + Gempa Y + 0,3 Gempa X+W
13. DL + T + Gempa X + 0,3 Gempa Y+W
14. DL + T + Gempa Y + 0,3 Gempa X+W
15. DL + PK + Gempa X + 0,3 Gempa Y+W
16. DL + PK + Gempa Y + 0,3 Gempa X+W

Dimana :

DL = beban mati/berat sendiri struktur

LL = beban hidup merata

CC = beban hidup terpusat berupa beban container crane

PK = beban hidup terpusat berupa beban tumpukan petikemas

CH = beban hidup terpusat berupa beban cover hatch

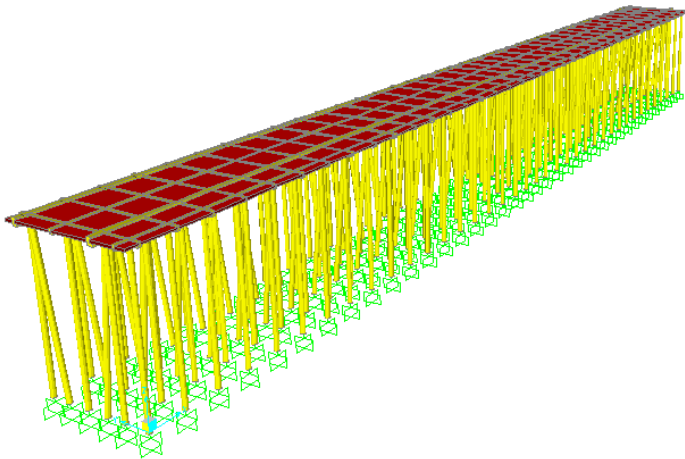
W = beban akibat gelombang

### Tinggi struktur

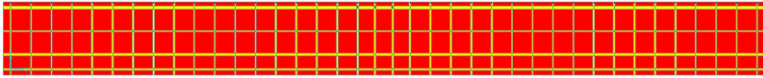
Tinggi struktur diambil dari titik jepit tiang (point of fixity) ke elevasi tertinggi dari struktur dermaga (pelat lantai). Dari perhitungan tinggi struktur pada Bab 4.5.2 (c) didapatkan tinggi seluruh struktur (dermaga) =  $H_t = 22$  m. Bentuk Pemodelan pada SAP dapat dilihat pada **Gambar 6.25** berikut ini.

### Pemodelan Struktur

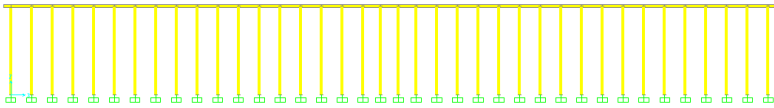
Bentuk Pemodelan pada SAP dapat dilihat pada **Gambar 6.18** berikut ini.



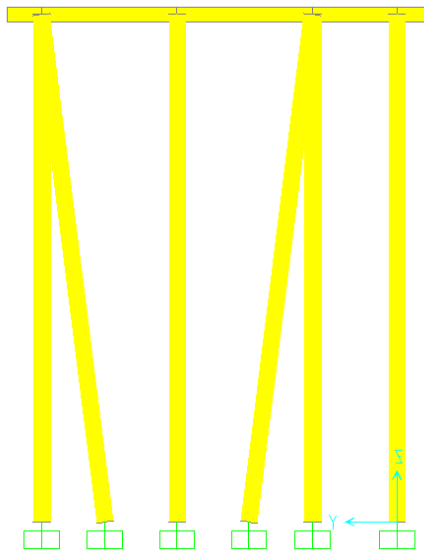
(a) Tampak 3 dimensi



(b) Tampak atas

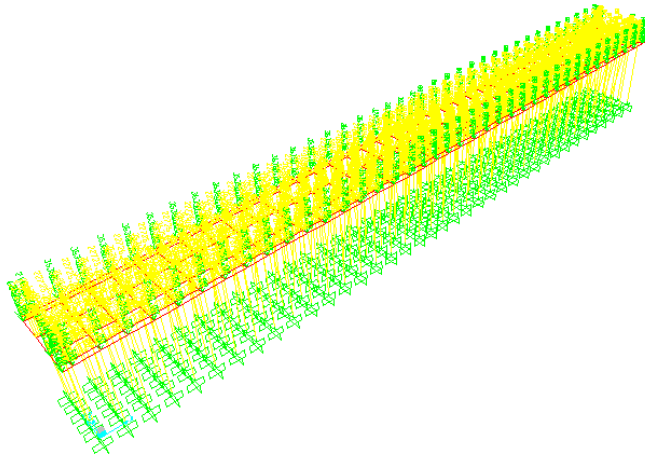


(c) Potongan memanjang

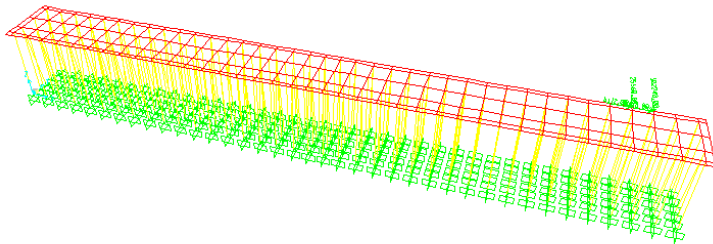


(d) Potongan melintang

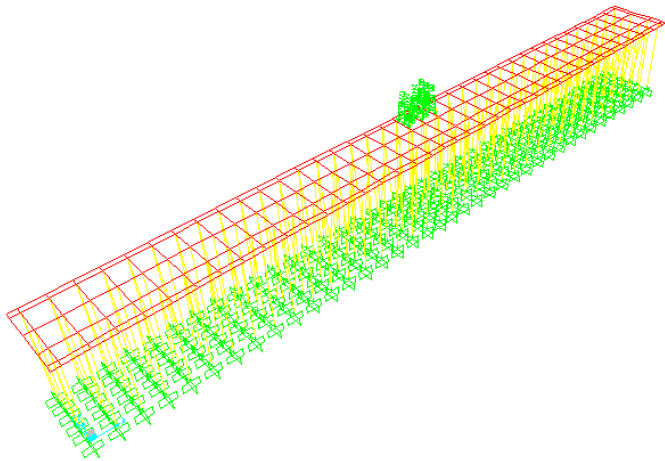
**Gambar 6.18** Pemodelan Dermaga



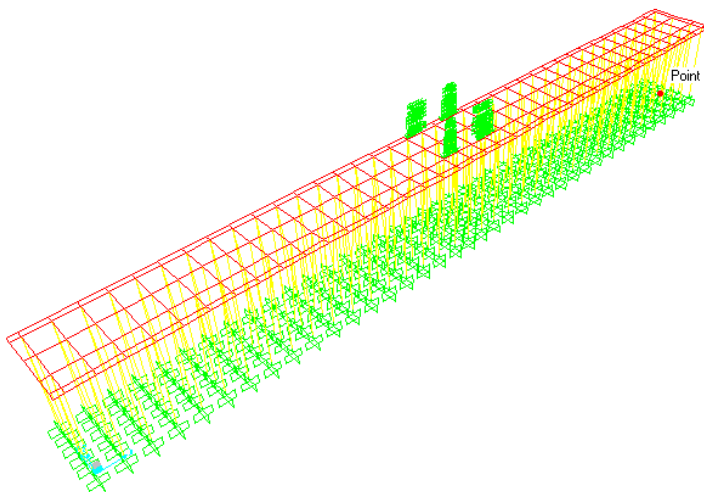
(a) Beban hidup 5,050 ton/m<sup>2</sup>



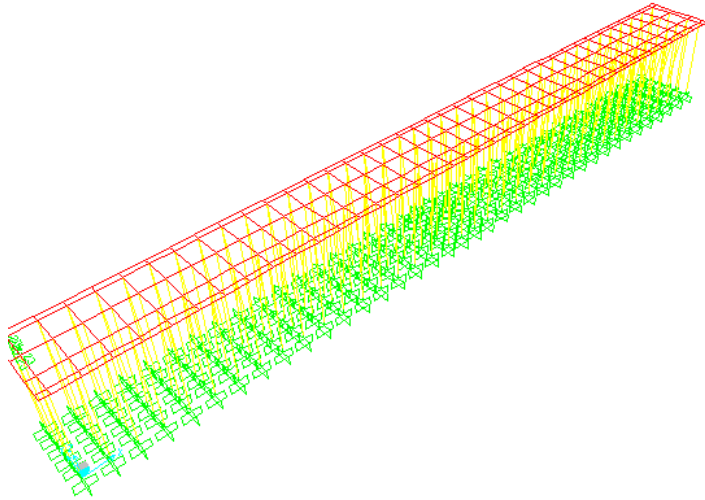
(b) Beban Fender 127,8 ton



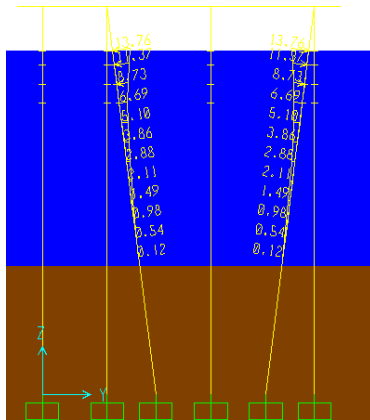
(c) Beban peti kemas 48,8 ton



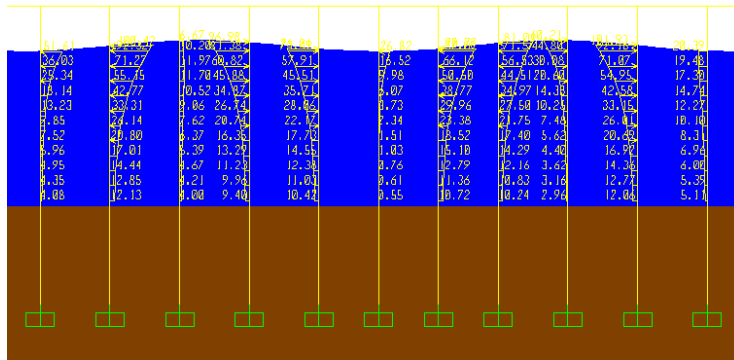
(d) Beban Crane 32 ton



(e) Beban boulder 106,7 ton



(f) Tampak depan akibat gelombang



(g) Tampak samping akibat gelombang

**Gambar 6.19** Pembebanan SAP



Dari perhitungan SAP diperoleh gaya-gaya maksimum yang bekerja pada balok melintang, memanjang, kantilever dan balok crane. Lihat **Tabel 6.9** berikut ini.

**Tabel 6.9.** Hasil Output SAP

| Balok     | Frame | Panjang | Posisi    | Momen      | Lintang    | Torsi    | COMBO |    |
|-----------|-------|---------|-----------|------------|------------|----------|-------|----|
|           |       | m       |           | kgf-m      | kgf        | kgf-m    |       |    |
| Melintang | 176   | 8       | Tumpuan   | -198861.51 |            |          | COMBO | 4  |
|           | 30    | 8       | Lapangan  | 134911.05  |            |          | COMBO | 3  |
|           | 176   | 8       | Tumpuan 1 |            | 106529.42  |          | COMBO | 4  |
|           | 175   | 8       | Tumpuan 2 |            | -103073.34 |          | COMBO | 4  |
|           | 94    | 8       | Tumpuan   |            |            | 5640.5   | COMBO | 16 |
| Crane     | 256   | 7       | Tumpuan   | -182386.91 |            |          | COMBO | 11 |
|           | 216   | 7       | Lapangan  | 75097.49   |            |          | COMBO | 4  |
|           | 201   | 7       | Tumpuan 1 |            | 102793.35  |          | COMBO | 8  |
|           | 274   | 7       | Tumpuan 2 |            | -103838.3  |          | COMBO | 2  |
|           | 337   | 7       | Tumpuan   |            |            | 11116.52 | COMBO | 6  |
| Memanjang | 220   | 7       | Tumpuan   | -125855.28 |            |          | COMBO | 3  |
|           | 236   | 7       | Lapangan  | 68070.42   |            |          | COMBO | 4  |
|           | 254   | 7       | Tumpuan 1 |            | 76328.89   |          | COMBO | 1  |
|           | 253   | 7       | Tumpuan 2 |            | -87508.52  |          | COMBO | 4  |
|           | 292   | 7       | Tumpuan   |            |            | 4302.31  | COMBO | 3  |
| Fender    | 169   | 2       | Tumpuan   | -63811.94  |            |          | COMBO | 4  |
|           | 179   | 2       | Tumpuan 1 |            | 31028.67   |          | COMBO | 4  |
|           | 94    | 2       | Tumpuan 2 |            | 2800.29    |          | COMBO | 4  |
|           | 94    | 2       | Tumpuan   |            |            | 3547.51  | COMBO | 16 |

### 6.3.2 Penulangan Balok Melintang

*Data data perencanaan balok melintang :*

$$\text{Lebar (b)} = 80 \text{ cm}$$

$$\text{Tinggi (h)} = 120 \text{ cm}$$

$$\text{Selimut beton} = 8 \text{ cm}$$

Mutu Beton

$$\sigma'_{bk} = 350 \text{ kg/cm}^2 \text{ (K-350)}$$

$$\sigma'_b = 115,5 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_b = 1,2 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$$

Mutu Baja

$$\sigma_{au} = 320 \text{ Mpa} = 3200 \text{ kg(U-32)}$$

$$\begin{aligned}
 E_a &= 2,1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2 \\
 \sigma_a = \sigma'_a &= 1850 \text{ kg/cm}^2 \\
 \sigma^*_{au} &= 2780 \text{ kg/cm}^2 \\
 \text{Diameter Tulangan} &= 32 \text{ mm (tul. Utama)} \\
 &= 22 \text{ mm (sejangkang)} \\
 n &= \text{Angka ekuivalensi antara modulus elastisitas baja dengan modulus tekan beton} \\
 n &= \frac{E_a}{E_b} = \frac{2,1 \times 10^6}{1,2 \times 10^5} = 17,5 \\
 \phi_0 &= \text{Perbandingan antara tegangan baja tarik dan n kali tegangan tekan beton di serat yang paling tertekan pada keadaan seimbang.} \\
 \phi_0 &= \frac{\sigma'_a}{(n \times \sigma'_b)} = \frac{1850}{(17,5 \times 115,5)} = 0,915
 \end{aligned}$$

### Momen Balok

Dalam perhitungan ini penulangan balok memanjang diambil berdasarkan gaya maksimum yang bekerja dari hasil SAP 2000. Lihat **Tabel 6.8**

$$Mu = -198861,51 \text{ kg.m (tumpuan)}$$

$$Mu = 134911,05 \text{ kg.m (lapangan)}$$

### • Perhitungan Tulangan Tumpuan

Dari analisa struktur didapatkan momen Tumpuan

$$Mu = -198861,51 \text{ kg.m (tumpuan)}$$

$$h = ht - \text{Sel.Beton} - \text{Ø geser} - 0,5 \text{ Ø lentur}$$

(ht = Tinggi balok)

$$\begin{aligned}
 h &= 1200 - 80 - 22 - 0,5 \times 32 = 1082 \text{ mm} \\
 &= 108,2 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$Ca = \frac{h}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times \sigma'_a}}} = \frac{108,2}{\sqrt{\frac{17,5 \times 198861,51}{0,8 \times 1850}}} = 2,23$$

Dengan melihat tabel Perhitungan Lentur Cara “n”, untuk  $Ca = 3.342$  dengan  $\delta = 0,6$ , didapatkan :

$$\delta = 0,2 \rightarrow \phi = 1.150 > \phi_0 = 0,915$$

$$100n\omega = 23,40$$

Luas Tulangan yang diperlukan adalah Tulangan Tarik

$$A = \omega \times b \times h$$

$$= \frac{23,40}{100 \times 17,5} \times 80 \times 108,2$$

$$= 115,74 \text{ cm}^2 = 11574 \text{ mm}^2$$

Dipasang 16D32 ( $A_s = 12861,44 \text{ mm}^2$ )

Tulangan Samping

$$A = 10 \% \times A_{\text{tarik}} \text{ (PBI '71 Pasal.9.3(5))}$$

$$= 10 \% \times 12057$$

$$= 1286,1 \text{ mm}^2$$

Dipasang 8 D16 ( $A_s = 1607 \text{ mm}^2$ )

### ***Cek jarak tulangan tarik***

Tulangan direncanakan 8 buah pada lapis pertama dan , sehingga jarak tulangan sebesar :

$$s = \frac{80 - 2 \times 8 - 2 \times 2,2 - 8 \times 3,2}{8 - 1} = 4,85 \text{ cm} > 4,2 \text{ cm, OK}$$

Tulangan Tekan

$$\begin{aligned} A' &= \delta \times A \\ &= 0,2 \times 12057 \\ &= 2411,4 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang 4 D32 ( $A_s = 3215,36 \text{ mm}^2$ )

### ***Kontrol Retak***

Berdasarkan PBI 1971 pasal 10.7.1b retak yang diijinkan 0,01 cm. Dengan menggunakan Tabel 10.7.1 PBI 1971 maka didapatkan :

Koefisien untuk perhitungan lebar retak

$$\omega_p = \frac{A}{Bt} ; C_3 = 1,50 ; C_4 = 0,16 \text{ dan } C_5 = 30$$

$Bt$  = luas penampang beton yang tertarik =  $80 \times 120 \text{ cm}^2$ ,

$$\text{maka } \omega_p = \frac{12057}{800 \times 1200} = 0,012$$

Besarnya lebar retak pada pembebanan tetap akibat beban kerja dihitung dengan rumus berikut ini :

$$w = \alpha \left( C_3 \cdot c + C_4 \cdot \frac{d}{\omega_p} \right) \left( \sigma_a - \frac{C_5}{\omega_p} \right) 10^{-6} \quad (cm)$$

$$w = 1 \left( 1,50 \cdot 8 + 0,16 \cdot \frac{3,2}{0,012} \right) \left( 1850 - \frac{30}{0,012} \right) 10^{-6} \quad (cm)$$

$$w = -0,025 < 0,01 \text{ cm ...OK !}$$

- **Perhitungan Tulangan Lapangan**

Momen Positif =  $M_l = 134911,05 \text{ Kg.m}$  (lapangan)

$$Ca = \frac{h}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times \sigma'_a}}} = \frac{108.2}{\sqrt{\frac{17,5 \times 134911,05}{0.8 \times 1850}}} = 2,7$$

Dengan melihat tabel Perhitungan Lentur Cara “n”, untuk  $Ca = 3.14$  dengan  $\delta = 0,4$ , didapatkan

$$\delta = 0,2 \rightarrow \phi = 1.439 > \phi_0 = 0,915 \dots \dots (\text{OK !})$$

$$100n\omega = 15,92$$

Luas Tulangan yang diperlukan adalah Tulangan Tarik

$$\begin{aligned} A &= \omega \times b \times h \\ &= \frac{15,92}{100 \times 17,5} \times 80 \times 108,2 \\ &= 78,74 \text{ cm}^2 = 7874 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang 10 D32 ( $A_s = 8038,4 \text{ mm}^2$ )

Tulangan Samping

$$\begin{aligned} A &= 10 \% \times A_{\text{tarik}} \text{ (PBI '71 Pasal.9.3(5))} \\ &= 10 \% \times 8038,4 \\ &= 803,84 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang 8D16 ( $A_s = 1607 \text{ mm}^2$ )

***Cek jarak tulangan tarik***

Tulangan direncanakan dipasang 5 buah, sehingga jarak tulangan sebesar :

*Lapis 1*

$$s = \frac{80 - 2 \times 8 - 2 \times 2,2 - 5 \times 3,2}{5 - 1} = 4,85 \text{ cm} > 4,2 \text{ cm} \dots \text{OK}$$

Tulangan Tekan

$$\begin{aligned} A' &= \delta \times A \\ &= 0,2 \times 8038,4 \\ &= 1607,68 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang 2D32 ( $A_s = 2454.4 \text{ mm}^2$ )

### ***Kontrol Retak***

Berdasarkan PBI 1971 pasal 10.7.1b retak yang diijinkan 0,01 cm. Dengan menggunakan Tabel 10.7.1 PBI 1971 maka didapatkan :

Koefisien untuk perhitungan lebar retak

$$\omega_p = \frac{A}{Bt}; C_3 = 1,50; C_4 = 0,16 \text{ dan } C_5 = 30$$

Bt = luas penampang beton yang tertarik =  $80 \times 120 \text{ cm}^2$

$$\text{maka } \omega_p = \frac{8038,4}{800 \times 1200} = 0,008$$

Besarnya lebar retak pada pembebanan tetap akibat beban kerja dihitung dengan rumus berikut ini :

$$w = \alpha \left( C_3 \cdot c + C_4 \cdot \frac{d}{\omega_p} \right) \left( \sigma_a - \frac{C_5}{\omega_p} \right) 10^{-6} \quad (cm)$$

$$w = 1 \left( 1,50 \cdot 8 + 0,16 \cdot \frac{3.2}{0,008} \right) \left( 1850 - \frac{30}{0,008} \right) 10^{-6} \quad (cm)$$

$$w = -0.14 < 0,01 \text{ cm ...OK !}$$

**Kontrol Dimensi Balok**

$$V = 106529 \text{ kg}$$

$$T = 564050 \text{ kg.cm}$$

$$\tau_b = \frac{V}{b \times \frac{7}{8} \times h} = \frac{106529}{80 \times \frac{7}{8} \times 108,2} = 14,06 \text{ kg/cm}^2$$

Untuk  $ht > b$

$$\psi = 3 + \frac{2,6}{0,45 + \frac{h}{b}} = 3 + \frac{2,6}{0,45 + \frac{108,2}{80}} = 4,442$$

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

$$\tau'_b = \frac{\psi \times T}{b^2 \times ht} = \frac{4,442 \times 564050}{80^2 \times 108,2} = 3,6181 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau_b + \tau'_b = 14,06 + 3,6181 = 17,67 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau_{bm} = 1,499\sqrt{350} = 28,044 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau_b + \tau'_b < \tau_{bm} \text{ .....OK !}$$

Ukuran balok 80/120 sudah memenuhi syarat.

- **Perhitungan Tulangan Geser (sengkang)**

Gaya geser maksimum pada tumpuan

$$V = 106529 \text{ kg.}$$

$$\begin{aligned} \tau_b &= \frac{V}{b \times \frac{7}{8} h} \text{ ..... (PBI '71 Pasal.11.7(1))} \\ &= \frac{106529}{80 \times \frac{7}{8} \times 108,2} = 14,06 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

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

Untuk pembebanan tetap :

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

Untuk pembebanan sementara:

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

**Senggang di tumpuan balok :**

$$\begin{aligned}\tau_b &= \frac{V}{b \times \frac{7}{8} h} \dots\dots (\text{PBI '71 Pasal.11.7(1)}) \\ &= \frac{106529}{80 \times \frac{7}{8} \times 108,2} = 14,06 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\tau_b < \tau'_{bm-t} &\} \dots\dots \text{OK !} \\ \tau_b < \tau'_{bm-s} &\} \dots\dots \text{OK !} \quad \text{diperlukan senggang}\end{aligned}$$

Direncanakan senggang

Diameter = 22 mm

As = 7,599 cm<sup>2</sup>

$$as < \frac{As \times \bar{\sigma}_a}{\tau_s \times b} = \frac{7,559 \times 1850}{14,06 \times 80} = 12,43 \text{ cm}$$

Jadi dipasang senggang D22 – 100 mm

**Senggang di daerah > 1 m dari ujung balok :**

$$\tau_b = \frac{(4-1)}{4} \cdot 14,06 = 10,545 \text{ kg/cm}$$

$$\begin{aligned}\tau_b < \tau'_{bm-t} &\} \dots\dots \text{OK !} \\ \tau_b < \tau'_{bm-s} &\} \dots\dots \text{OK !} \quad \text{diperlukan senggang}\end{aligned}$$



Direncanakan sengkang  
 Diameter = 22 mm  
 $A_s = 7,599 \text{ cm}^2$

$$a_s < \frac{A_s \times \bar{\sigma}_a}{\tau_s \times b} = \frac{7,599 \times 1850}{10,545 \times 80} = 16,66 \text{ cm}$$

Jadi dipasang sengkang D22 – 150 mm pada daerah 1 meter dari ujung balok hingga tengah balok. Untuk mengetahui lebih jelas tentang penulangan balok melintang perhatikan **Gambar 6.23** dan **6.24**

**a. Panjang tulangan penyaluran :**

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

$$L_d = 0,07 \frac{A_s \cdot \sigma_{au}^*}{\sqrt{\sigma'_{bk}}} \geq 0,0065 \cdot d_p \cdot \sigma_{au}$$

$A_s$  tulangan D32 = 8,03 cm<sup>2</sup>

$$L_d = 0,07 \frac{8,03 \times 3200}{\sqrt{350}} \geq 0,0065 \times 3,2 \text{ cm} \times 3200$$

$L_d = 96,1 \geq 66,56$ , Jadi  $L_d$  yang dipakai = **100 cm**

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

$$L_d = 0,09 \frac{d \cdot \sigma_{au}^*}{\sqrt{\sigma'_{bk}}} \geq 0,005 \cdot d_p \cdot \sigma_{au}$$

$$L_d = 0,09 \frac{3,2 \times 3200}{\sqrt{350}} \geq 0,005 \times 3,2 \times 3200$$

$L_d = 49,2 \geq 51,2$  Jadi  $L_d$  yang dipakai = **52 cm**

### 6.3.3 Penulangan Plank Fender

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

- **Data data perencanaan plank fender :**

Lebar (b) = 300 cm

Tebal (h) = 100 cm

Selimit beton = 8 cm

Mutu Beton

$\sigma'_{bk}$  = 350 kg/cm<sup>2</sup> (K-350)

$\sigma'_b$  = 115,5 kg/cm<sup>2</sup>

$E_b$  = 1,2 x 10<sup>5</sup> kg/cm<sup>2</sup>

Mutu Baja

$\sigma_{au}$  = 320 Mpa = 3200 kg(U-32)

$E_a$  = 2,1 x 10<sup>6</sup> kg/cm<sup>2</sup>

$\sigma_a = \sigma'_a$  = 1850 kg/cm<sup>2</sup>

$\sigma^*_{au}$  = 2780 kg/cm<sup>2</sup>

Diameter Tulangan = 32 mm (tul. Utama)

= 22 mm (sengkang)

n = Angka ekivalensi antara modulus elastisitas baja dengan modulus tekan beton

$n = \frac{E_a}{E_b} = \frac{2,1 \times 10^6}{1,2 \times 10^5} = 17,5$

$\phi_o$  = Perbandingan antara tegangan baja tarik dan n kali tegangan tekan beton di serat yang paling tertekan pada keadaan seimbang.

$$\phi_o = \frac{\sigma'_a}{(n \times \sigma'_b)} = \frac{1850}{(17,5 \times 115,5)} = 0,915$$

### Momen Plank Fender

Penulangan plank fender dianalisa berdasarkan gaya fender 142 Ton yang bekerja sejarak 1,4 m dari ujung plank fender yang bertumpu pada struktur dermaga. Sehingga momen maksimum pada plank fender sebesar

$$\begin{aligned} M &= P_{\text{Fender}} \times e = 142000 \text{ Kg} \times 1,4 \text{ m} \\ &= 198800 \text{ Kgm.} \end{aligned}$$

- ***Perhitungan Tulangan Tumpuan***

Dari analisa struktur didapatkan momen Tumpuan

$$Mu = 198800 \text{ kg.m}$$

$h = ht - \text{Sel. Beton} - \text{Ø geser} - 0,5 \text{ Ø lentur}$

( $ht =$  Tinggi balok)

$$\begin{aligned} h &= 1000 - 80 - 22 - 0,5 \times 32 = 882 \text{ mm} \\ &= 88,2 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Ca &= \frac{h}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times \sigma'_a}}} = \frac{88,2}{\sqrt{\frac{17,5 \times 198800}{3 \times 1850}}} \\ &= 3,52 \end{aligned}$$

Dengan melihat tabel Perhitungan Lentur Cara “n”, untuk  $Ca = 5.11$  dengan  $\delta = 1$  (direncanakan tulangan simetris), didapatkan :

$$\delta = 1 \rightarrow \phi = 1,985 > \phi_o = 0,915 \dots \dots (\text{ok})$$

$$100n\omega = 9,080$$

Luas Tulangan yang diperlukan adalah Tulangan Tarik

$$\begin{aligned}
 A &= \omega \times b \times h \\
 &= \frac{9,080}{100 \times 17,5} \times 300 \times 88,2 \\
 &= 137,29 \text{ cm}^2 = 13729 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Dipasang 18D32 ( $A_s = 14469,12 \text{ mm}^2$ )

Tulangan Samping

$$\begin{aligned}
 A &= 10 \% \times A_{\text{tarik}} \text{ (PBI '71 Pasal.9.3(5))} \\
 &= 10 \% \times 14469,12 \\
 &= 1446,912 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Dipasang 8 D16 ( $A_s = 1607,68 \text{ mm}^2$ )

### ***Cek jarak tulangan tarik***

Jarak tulangan sebesar :

$$s = \frac{300 - 2 \times 8 - 2 \times 2,2 - 18 \times 3,2}{18 - 1} = 13,06 \text{ cm} > 4,2 \text{ cm} \dots \text{OK}$$

Jadi dipasang 18D32 ( $A_s = 14469,12 \text{ mm}^2$ ) sepanjang plank fender.

Tulangan Tekan

Tulangan tekan direncanakan simetris ( $\delta = 1$ ) sehingga,

$$\begin{aligned}
 A' &= \delta \times A \\
 &= 1 \times 14469,12 \\
 &= 14469,12 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Dipasang 18D32 ( $A_s = 14469,12 \text{ mm}^2$ )

Jadi dipasang 18D32 ( $A_s = 14469,12 \text{ mm}^2$ ) sepanjang lebar plank fender (300 cm)

**Kontrol Retak**

Berdasarkan PBI 1971 pasal 10.7.1b retak yang diijinkan 0,01 cm. Dengan menggunakan Tabel 10.7.1 PBI 1971 maka didapatkan :

Koefisien untuk perhitungan lebar retak

$$\omega_p = \frac{A}{Bt}; C_3 = 1,50; C_4 = 0,16 \text{ dan } C_5 = 30$$

Bt = luas penampang beton yang tertarik =  $100 \times 300 \text{ cm}^2$

$$\text{maka } \omega_p = \frac{=14469,12}{1000 \times 3000} = 0,005$$

Besarnya lebar retak pada pembebanan tetap akibat beban kerja dihitung dengan rumus berikut ini :

$$w = \alpha \left( C_3 \cdot c + C_4 \cdot \frac{d}{\omega_p} \right) \left( \sigma_a - \frac{C_5}{\omega_p} \right) 10^{-6} \quad (cm)$$

$$w = 1 \left( 1,50 \cdot 8 + 0,16 \cdot \frac{3,2}{0,005} \right) \left( 1850 - \frac{30}{0,005} \right) 10^{-6} \quad (cm)$$

$$w = -0,47 < 0,01 \text{ cm ...OK !}$$

**Kontrol Dimensi Balok**

$$V = 106529 \text{ kg}$$

$$T = 0 \text{ kg.cm ( torsi diabaikan)}$$

$$\tau_b = \frac{V}{b \times \frac{7}{8} \times h} = \frac{106529}{300 \times \frac{7}{8} \times 88,2} = 4,6 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau_b + \tau'_b = 3,15 + 0 = 4,6 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau_{bm} = 1,499\sqrt{350} = 28,044 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau_b + \tau'_b < \tau_{bm \text{ ijin}} \quad \text{.....OK !}$$

Ukuran balok 300/100 sudah memenuhi syarat.

- **Perhitungan Tulangan Geser ( sengkang)**

Gaya geser maksimum pada tumpuan  
 $V_u = 106529 \text{ kg}$

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

Untuk pembebanan tetap :

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

Untuk pembebanan sementara :

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

**Sengkang di tumpuan balok :**

$$\begin{aligned}\tau_b &= \frac{D}{b \times \frac{7}{8} h} \dots\dots (\text{PBI '71 Pasal.11.7(1)}) \\ &= \frac{106529}{300 \times \frac{7}{8} \times 88,2} = 4,6 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

$$\tau_b < \tau'_{bm-t} \dots\dots \text{OK !}$$

$$\tau_b < \tau'_{bm-s} \dots\dots \text{OK !}$$

diperlukan sengkang

Direncanakan sengkang

Diameter = 22 mm

$A_s = 7,59 \text{ cm}^2$

Disyaratkan dalam PBI '71 Pasal 11.8.(4)

$$\begin{aligned}\tau_s &\geq \tau_b + \tau''_b \\ &\geq 8,58 \text{ kg/cm}^2 + 0 \text{ kg/cm}^2 \\ \tau_s &\geq 8,58 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

$$as < \frac{As \times \bar{\sigma}_a}{\tau_s \times b} = \frac{7,59 \times 1850}{4,6 \times 300} = 10,175 \text{ cm (OK)}$$

Jadi dipasang sengkang D22 – 100 mm .

### 6.3.4. Perencanaan Pile Cap (Poer)

Struktur poer berfungsi sebagai penyambung antara ujung atas tiang pancang dengan balok memanjang maupun melintang.

Pada perencanaan ini, adapun dimensi dan tipe poer adalah:

Poer ganda = 400 x 200 x 100 cm

Poer tunggal = 200 x 200 x 100 cm

#### ***Data data perencanaan poer tunggal :***

Lebar (b) =  $l_x = 200$  cm

Tinggi (h) = 100 cm

Panjang =  $l_y = 200$  cm

Selimut beton = 8 cm

#### **Mutu Beton**

$\sigma'_{bk}$  = 350 kg/cm<sup>2</sup> (K-350)

$\sigma'_b$  = 115,5 kg/cm<sup>2</sup>

$E_b$  =  $1,2 \times 10^5$  kg/cm<sup>2</sup>

#### **Mutu Baja**

$\sigma_{au}$  = 320 Mpa = 3200 kg(U-32)

$E_a$  =  $2,1 \times 10^6$  kg/cm<sup>2</sup>

$\sigma_a = \sigma'_a$  = 1850 kg/cm<sup>2</sup>

$\sigma^*_{au}$  = 2780 kg/cm<sup>2</sup>

Diameter Tulangan = 32 mm (tul. utama)

= 22 mm (sengkang)

n = Angka ekivalensi antara modulus elastisitas baja dengan modulus tekan beton

$$n = \frac{E_a}{E_b} = \frac{2,1 \times 10^6}{1,2 \times 10^5} = 17,5$$

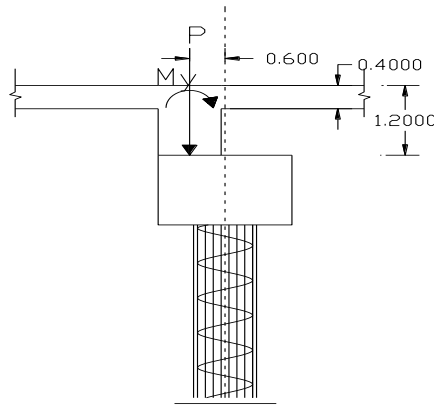
$\phi_0$  = Perbandingan antara tegangan baja tarik dan n kali tegangan tekan beton di serat



yang paling tertekan pada keadaan seimbang.

$$\phi_0 = \frac{\sigma'_a}{(n \times \sigma'_b)} = \frac{1850}{(17,5 \times 115,5)} = 0,915$$

Dari perhitungan program SAP 2000 didapat gaya-gaya yang bekerja pada poer. Dengan asumsi pelaksanaan yang sulit maka direncanakan eksentrisitas pada pile cap tunggal.



**Gambar 6.20** Beban yang bekerja pada pile cap tunggal

Dari gambar diperoleh

$$P_{\max} = 367813,52 \text{ kg}$$

$$M_{\max} = 56229 \text{ kg.m}$$

$$e_x = 0.6 \text{ m}$$

$$M = P_{\max} \times e_y + M_{\max}$$

$$= 367813,52 \times 0.6 - 56229 = 164459 \text{ kg.m}$$

### ***Perhitungan Tulangan Arah Y dan X***

Dari analisa struktur didapatkan momen Tumpuan  
 $M_u = 164459 \text{ kg.m}$

$$h = ht - \text{Sel.Beton} - \emptyset \text{ geser} - 0,5 \emptyset \text{lentur}$$

(ht = Tinggi balok)

$$h = 1000 - 80 - 22 - 0,5 \times 32 = 882 \text{ mm}$$

$$= 88.2 \text{ cm}$$

$$C_a = \frac{h}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times \sigma'_a}}} = \frac{88,2}{\sqrt{\frac{17,5 \times 164459}{2 \times 1850}}}$$

$$= 3,16$$

Dengan melihat tabel Perhitungan Lentur Cara “n”, untuk  
 $C_a = 4.48$  dengan  $\delta = 1$  (tulangan simetris), didapatkan :

$$\delta = 1 \rightarrow \phi = 2.125 > \phi_0 = 0.915 \dots (\text{ok})$$

$$100n\omega = 11,13$$

Luas Tulangan yang diperlukan adalah  
 Tulangan Tarik

$$A = \omega \times b \times h$$

$$= \frac{11,13}{100 \times 17,5} \times 200 \times 88.2$$

$$= 112,19 \text{ cm}^2 = 11219 \text{ mm}^2$$

Dipasang 14D32 ( $A_s = 11253,76 \text{ mm}^2$ )

Tulangan Samping

$$A = 10 \% \times A_{\text{tarik}} \text{ (PBI '71 Pasal.9.3(5))}$$

$$= 10 \% \times 11253,76$$

$$= 1125,376 \text{ mm}^2$$

Dipasang 6D16 ( $A_s = 1205,76 \text{ mm}^2$ )

Tulangan Tekan

Tulangan tekan direncanakan simetris ( $\delta = 1$ ) sehingga

$$\begin{aligned} A' &= \delta \times A \\ &= 1 \times 11253,76 \\ &= 11253,76 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang 16D32 ( $A_s = 11253,76 \text{ mm}^2$ )

Cek jarak tulangan tarik

Tulangan direncanakan dipasang 2 lapis, dengan jumlah tulangan tiap lapis sebanyak 7 buah, sehingga jarak tulangan sebesar :

$$s = \frac{200 - 2 \times 8 - 2 \times 2,2 - 7 \times 3,2}{7 - 1} = 26,2 \text{ cm} > 4,2 \text{ cm} \dots \text{OK}$$

### ***Kontrol Retak***

Berdasarkan PBI 1971 Pasal 10.7.1b retak yang diijinkan 0,01 cm. Dengan menggunakan tabel 10.7.1 PBI 1971 maka didapatkan:

Koefisien untuk perhitungan lebar retak:

$$\omega_p = \frac{A}{Bt}; C_3 = 1,50; C_4 = 0,16 \text{ dan } C_5 = 30$$

$Bt$  = luas penampang beton yang tertarik =  $200 \times 100 \text{ cm}^2$

$$\text{maka } \omega_p = \frac{11253,76}{2000 \times 1000} = 0,005$$

Besarnya lebar retak pada pembebanan tetap akibat beban kerja dihitung dengan rumus berikut:

$$w = \alpha \left( C_3 \cdot c + C_4 \cdot \frac{d}{\omega_p} \right) \left( \sigma_a - \frac{C_5}{\omega_p} \right) 10^{-6} \quad (cm)$$

$$w = 1 \left( 1,50 \cdot 8 + 0,16 \cdot \frac{3,2}{0,005} \right) \left( 1850 - \frac{30}{0,005} \right) 10^{-6} \quad (cm)$$

$$w = -0,474 < 0,01 \text{ cm} \dots \text{OK !}$$

### Kontrol kekuatan tulangan terhadap gaya tarik pada sambungan antara pile-pilecap-balok

Steel pile harus dicek kemampuannya dalam menahan gaya aksial (P) tarik terbesar yang terjadi pada tiang tegak sebesar =  $117673.72 = 117,673$  ton

Beberapa hal yang harus dicek antara lain :

a) Kekuatan tarik dari tulangan yang berada didalam steel pile (**20 – D22**,  $f_y=320\text{Mpa}$ )

1.  $P_{nt}$  (kekuatan tarik tulangan =  $A_s \cdot n \cdot f_y \cdot \emptyset$ )
2. Dimana  $\emptyset = 0.8$  (SNI 2847 2002, 11.3.2 ,  $\emptyset$  untuk axial tension atau  $P_{tarik}$ )
3.  $P_{nt} = 7598,8 \times 320 \times 0,8 = 1945292 \text{ N} = 194 \text{ ton}$
4.  $P_{nt} > P_{tension} = 194 \text{ ton} > 117,673 \text{ ton} \dots\dots \text{OK}$

b) Panjang penyaluran tulangan steel pile ke dalam poer (**20 – D22, L=750mm**) yang diperlukan (L) :

1.  $P_{tension} = 117,6737 = 1176737 \text{ N}$
2.  $L = \frac{P_{tension}}{n \cdot \pi \cdot d \cdot f_r} < L_{pasang} = 750\text{mm}$  (maka ok)
3. Dimana  $f_r = 0.7 \sqrt{f_c'}$  ..(SNI 2847 2002, 11.5.2) =  $0.7 \sqrt{29} = 3,77 \text{ Mpa}$
4.  $L = \frac{P_{tension}}{n \cdot \pi \cdot d \cdot f_r} = \frac{1176737}{20 \times 3.14 \times 22 \times 3,77} = 225,9 \text{ mm} < 750\text{mm}$

c) Kuat tarik tulangan angker pada pilecap ke balok (**8 – D22,  $f_y=320\text{Mpa}$** ):

1.  $P_{nt}$  (kekuatan tarik tulangan =  $A_s \cdot n \cdot f_y \cdot \emptyset$ )
2. Dimana  $\emptyset = 0.8$  (SNI 2847 2002, 11.3.2 ,  $\emptyset$  untuk axial tension atau  $P_{tarik}$ )
3.  $P_{nt} = 3039,52 \times 320 \times 0,8 = 778117,12 \text{ N} = 77,8 \text{ ton}$
4.  $P_{nt} > P_{tension} = 778 \text{ ton} > 66,2 \text{ ton} \dots\dots \text{OK}$

d) Kebutuhan panjang penyaluran tulangan angker (L) (**8 – D22, L=600mm**)

$$1. P_{\text{tension}} = 1176737 \text{ N}$$

$$2. L = \frac{P_{\text{tension}}}{n \cdot \pi \cdot d \cdot f_r} < L_{\text{pasang}} = 600 \text{ mm (maka ok)}$$

$$3. \text{Dimana } f_r = 0.7 \sqrt{f_c'} \text{ ..(SNI 2847 2002, 11.5.2) = } \\ 0.7 \sqrt{29} = 3,77 \text{ Mpa}$$

$$4. L = \frac{P_{\text{tension}}}{n \cdot \pi \cdot d \cdot f_r} = \frac{1176737}{8 \times 3.14 \times 22 \times 3,77} = 564,8 \text{ mm} < 600 \text{ mm}$$

### **Kontrol kemampuan beton pada pile menerima tarik**

Sambungan antara steel pile JIS A5525 dan pilecap menggunakan beton mutu K350. Jadi mutu beton yang digunakan harus dicek terhadap gaya tarik (tension) aktual yang terjadi. Tegangan beton yang diijinkan untuk menerima tarik pada pembebanan tetap beton K350 adalah :  
n

$$\sigma_b = 0.48 \sqrt{\sigma_{bk}} = 0.48 \sqrt{350} = 9 \text{ kg/cm}^2$$

Tegangan tarik ijin diatas yang akan digunakan untuk mengontrol gaya tarik aksial pada beton.

Allowable tension force  $\sigma_{bi} = \sigma_b \cdot A_s$  ,dimana :

$$A_s = \text{Luas selimut bagian dalam beton penutup pile } A_s = \pi D \cdot h$$

$$A_s = 3.14 \times 98,1 \text{ cm} \times 280 \text{ cm} = 86249,52 \text{ cm}^2$$

$$\sigma_{bi} = \sigma_b \cdot A_s$$

$$= 9 \text{ kg/cm}^2 \times 86249,52 \text{ cm}^2 = 776245,68 \text{ kg} = 776,25 \text{ Ton}$$

$$\sigma_{bi} > \text{Actual Tension Force} = 776,25 \text{ Ton} > 66.2 \text{ ton} \text{ .....OK}$$

**Kontrol kekuatan tulangan dan beton pada sambungan antara pile-pilecap-balok dalam menerima gaya geser**

Gaya horisontal maksimum (Shear Force) pada tiang pancang  $3732.4 \text{ kg} = 3,7324 \text{ ton} = 37324 \text{ N}$ , dan asumsi terkritis dari reaksi fender =  $127,8 \text{ ton}$  langsung ke pile.

Beberapa hal yang perlu dicontrol:

a) Kekuatan tulangan di dalam steel pile (**20 – D22**)

$$1. P_{nt} = A_s \cdot n \cdot f_y \cdot \phi \quad (f_y=320 \text{ Mpa})$$

Dimana  $\phi = 0.75$  (shear reduction factor)

$$2. P_{nt} = 7598,8 \times 320 \times 0.75 = 1823712 \text{ N} \\ = 182,371 \text{ ton} > 3,7 \text{ ton} \dots \text{OK}$$

b) Tegangan geser beton dan pelat, serta kekuatan beton menerima gaya horisontal.

Kekuatan beton disekeliling tulangan =  $n \times L \times d \times f_c$

Dimana:  $f_c' = 29 \text{ Mpa}$  (K350)

$L = \text{panjang tul. di atas pile}$   
 $= 250 \text{ mm}$

Kekuatan beton terhadap gaya horisontal (shear force)

$$= 20 \times 250 \text{ mm} \times 22 \text{ mm} \times 29 \text{ Mpa}$$

$$= 3190000 \text{ N} > 1572000 \text{ N} \dots \text{OK}$$

c) Kekuatan tulangan angker (20 – D22,  $f_y=320 \text{ Mpa}$ )

$$1. P_{nt} = A_s \cdot n \cdot f_y \cdot \phi$$

2. Dimana,  $\phi = 0.75$  (shear reduction factor)

$$3. P_{nt} = 7598,8 \times 320 \times 0.75 = 1823712 \text{ N} \\ = 182,371 \text{ N} > 3,7 \text{ N} \dots \text{OK}$$

### **Kontrol kekuatan tulangan angker pada sambungan antara pilecap-balok dalam menerima momen**

Gaya tarik akibat momen yang terjadi pada satu tulangan angker harus lebih kecil dari kemampuan tulangan menahan tarik.

**Tabel 6.10** Penulangan untuk Semua Jenis Struktur

| STRUKTUR        | Ca   | $\delta$ | $\phi$ | 100no | Tulangan Tumpuan |               | Ca    | $\delta$ | $\phi$ | 100no | Tulangan Lapangan |               | Tulangan Geser |      |         |         |
|-----------------|------|----------|--------|-------|------------------|---------------|-------|----------|--------|-------|-------------------|---------------|----------------|------|---------|---------|
|                 |      |          |        |       | Tarik            | Samping Tekan |       |          |        |       | Tarik             | Samping Tekan |                |      |         |         |
| BALOK MELINTANG | 2.23 | 0.2      | 1.15   | 23.4  | 16D32            | 8D16          | 4D32  | 2.709039 | 0.2    | 1.439 | 15.92             | 10D32         | 8D16           | 2D32 | D22-100 | D22-150 |
| BALUK MEMANJANG | 2.80 | 0.2      | 1.332  | 14.29 | 9D32             | 4D16          | 2D32  | 3.813817 | 0.2    | 2.175 | 7.728             | 5D32          | 4D16           | 2D32 | D22-150 | D22-150 |
| BALOK CRANE     | 3.33 | 0.2      | 1.857  | 10.21 | 11D32            | 6D16          | 3D32  | 5.18516  | 0.2    | 3.082 | 4.134             | 5D32          | 6D16           | 2D32 | D22-150 | D22-150 |
| BALOK FENDER    | 3.94 | 0.2      | 2.279  | 7.122 | 5D32             | 2D16          | 2D32  |          |        |       |                   |               |                |      | D22-150 |         |
| PLANK FENDER    | 3.52 | 1        | 1.985  | 9.08  | 18D32            | 8D16          | 18D32 |          |        |       |                   |               |                |      | D22-150 |         |
| PILECAP TUNGGAL | 3.16 | 1        | 2.125  | 11.13 | 14D32            | 6D16          | 14D32 |          |        |       |                   |               |                |      |         |         |
| PILECAP GANDA   | 2.80 | 1        | 1.899  | 14.52 | 19D32            | 8D16          | 19D32 |          |        |       |                   |               |                |      |         |         |

#### 6.4. Perencanaan Pondasi

Pondasi yang digunakan untuk dermaga Petikemas Pelabuhan Tanjungwangi adalah tiang pancang baja

##### A. Data Spesifikasi Tiang Pancang

Adapun spesifikasi dari tiang pancang baja ini adalah sebagai berikut:

###### Dimensi Tiang:

|                               |   |
|-------------------------------|---|
| Tiang pancang baja JIS A 5525 |   |
| Diameter                      | = 1016,0 mm                             |
| Tebal                         | = 19 mm                                 |
| Luas penampang                | = 595,1 cm <sup>2</sup>                 |
| Berat                         | = 467 kg / m                            |
| Momen Inersia                 | = 740 x 10 <sup>3</sup> cm <sup>4</sup> |
| Section Modulus               | = 146 x 10 <sup>2</sup> cm <sup>3</sup> |
| Jari-jari girasi              | = 35,2 cm                               |
| Luas permukaan luar           | = 3,19 m <sup>2</sup> /m                |

###### Mutu Baja

Digunakan baja dengan mutu sebagai berikut :

$$f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

##### B. Daya Dukung Tiang Akibat Beban Vertikal

Perhitungan nilai daya dukung ultimate tiang pancang akibat beban vertikal menggunakan metode Luciano Decourt (1982), dalam *Daya Dukung Pondasi Dalam* oleh Prof. Dr. Ir. Herman Wahyudi hal 15.



Kapasitas daya dukung ultimate sebuah tiang pancang dihitung dengan persamaan :

$$Q_L = Q_p + Q_s = \alpha (q_p \cdot A_p) + \beta (q_s \cdot A_s) \\ = \alpha (\tilde{N}_p \cdot K \cdot A_p) + \beta \left( \left( \frac{N_s}{3} + 1 \right) \cdot A_s \right)$$

$$Q_{ad} = \frac{Q_L}{SF}$$

Dimana :

$\tilde{N}_p$  = Harga rata-rata SPT disekitar 4B diatashingga 4B di bawah dasar tiang pondasi (B= diameter pondasi)

$$= \frac{\sum_{i=1}^n Ni}{n}$$

K = Koefisien karakteristik tanah  
 = 12 t/m<sup>2</sup> = 117 kPa, tanah lempung  
 = 20 t/m<sup>2</sup> = 196 kPa, tanah lanau berlempung  
 = 25 t/m<sup>2</sup> = 245 kPa, tanah lanau berpasir  
 = 40 t/m<sup>2</sup> = 392 kPa, tanah pasir

$A_p$  = Luas penampang dasar tiang

$q_p$  = Tegangan di ujung tiang

$q_s$  = Tegangan akibat lekatan lateral dalam t/m<sup>2</sup>

$\tilde{N}_s$  = Harga rata-rata sepanjang tiang yang tertanam, dengan batasan :  $3 \leq N \leq 50$

$A_s$  = Keliling x panjang tiang yang terbenam (luas selimut tiang)

$Q_{ad}$  = Q admissible , yaitu daya dukung yang diijinkan.

SF = Safety Factor, diambil 3

$\alpha$  = Base coefficient = 1 (Driven Pile)

$\beta$  = Shaft Coefficient = 1 (Driven Pile)

Harga  $N$  dibawah muka air tanah harus dikoreksi menjadi  $N'$  berdasarkan perumusan sebagai berikut (Terzaghi & Peck) :

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

$N$  = jumlah pukulan kenyataan di lapangan untuk di bawah muka air tanah.

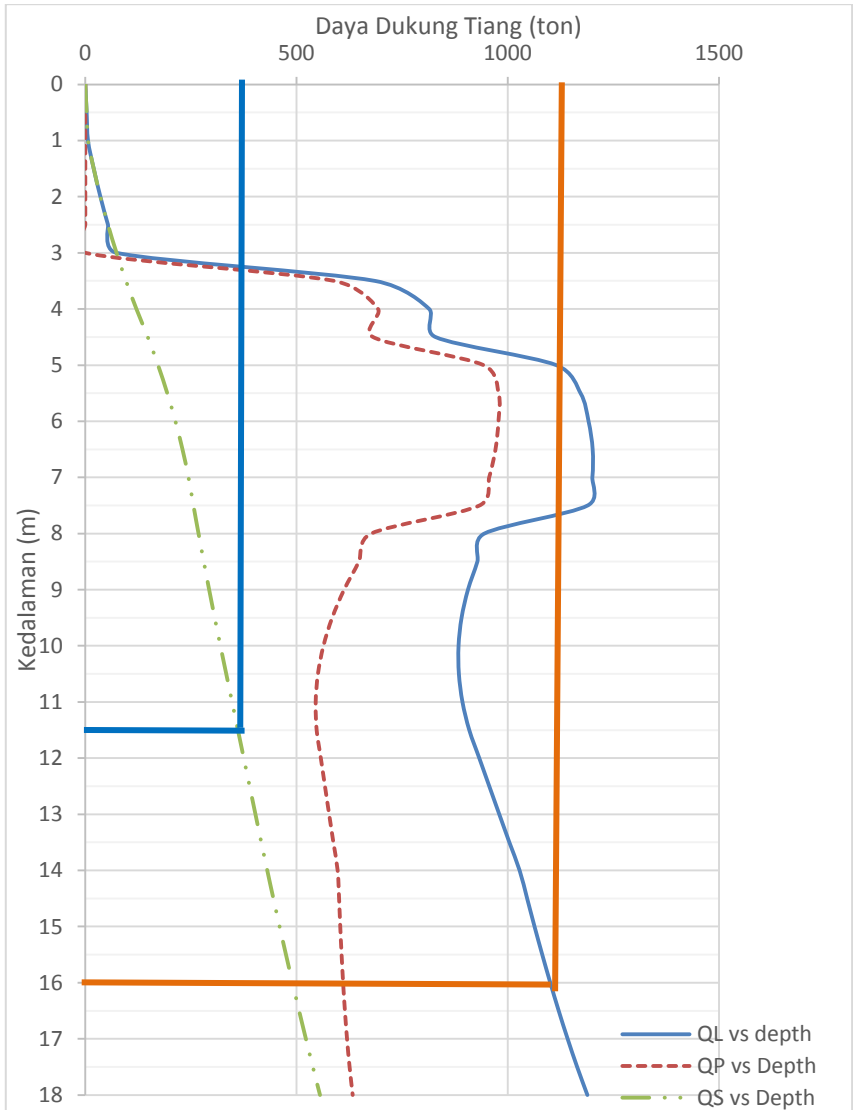
Perhitungan daya dukung dilakukan pada setiap titik bore hole dermaga, yaitu titik BH 3.

Grafik hubungan antara daya dukung pondasi dengan kedalaman dapat dilihat pada **Gambar 6.21**

Dari hasil perhitungan analisa struktur menggunakan SAP 2000 didapatkan beban rencana pada tiang pancang tegak dan miring. Nilai beban rencana tersebut dapat dilihat pada **Tabel 6.11**. Penentuan kedalaman tiang pancang disesuaikan dengan kebutuhan beban rencana.

| Tipe tiang | Tipe beban  | Beban Rencana |      |
|------------|-------------|---------------|------|
| TEGAK      | P ( tekan ) | -381828.41    | kg   |
|            | P ( tarik ) | 79467.61      | kg   |
|            | V2          | 3454.55       | kg   |
|            | V3          | 3550          | kg   |
|            | M2          | -50612.51     | kg.m |
|            | M3          | -56098.08     | kg.m |
| MIRING     | P ( tekan ) | -375327.31    | kg   |
|            | P ( tarik ) | 117673.72     | kg   |
|            | V2          | 3572.64       | kg   |
|            | V3          | 3600.05       | kg   |
|            | M2          | -54772.61     | kg.m |
|            | M3          | -55093.98     | kg.m |
| DIFLEKSI   | U1          | 3.7           | mm   |
|            | U2          | 3.2           | mm   |

**Tabel 6.11** Output Gaya Dalam Tiang Pancang dari SAP 2000



**Gambar 6.21** Grafik Daya Dukung vs Kedalaman

Dari grafik dalam **Gambar 6.21** didapatkan kedalaman minimum tiang pancang miring dan tegak sebagai berikut :  
 Tiang pancang miring tekan : -16.00 m = -32 m dari LWS.  
 Tiang pancang miring tarik : -9.00 m = -25 m dari LWS  
 Tiang pancang tegak tekan : -15,5 m = -31,5 m dari LWS.  
 Tiang pancang tegak tarik : -11.5 m = -27,5 m dari LWS  
 Jadi, kebutuhan kedalaman tiang pancang yang menentukan adalah 32 m dari LWS.

### C. Kontrol Momen

Momen yang terjadi, yaitu momen yang didapat dari analisa SAP 2000 harus lebih kecil dari momen bahan tiang pancang ( $M_u$ ).

$$M_y \leq M_u = F_y \cdot S_{x \text{ atau } y}$$

$$M_y \leq M_u = F_y \cdot 1,5 Z_{x \text{ atau } y}$$

Dimana :

$M_y$  =Kuat rencana ultimate ( momen hasil SAP)

$F_y$  =Tegangan leleh rencana = 2500 kg/cm<sup>2</sup> (BJ41)

$S_{x \text{ atau } y}$  =Modulus Penampang Plastis

$$= D^2 t - 2Dt^2 + \frac{4}{3} t^3$$

$$= 1,016^2 \times 0,019 - 2 \times 1,016 \times 0,019^2 + \frac{4}{3} 0,019^3$$

$$= 0,019612864 - 7,33552 \times 10^{-4} + 9,14533 \times 10^{-6}$$

$$= 0,0188885 \text{ m}^3$$

$Z_{x \text{ atau } y}$  = Modulus Penampang Elastis

$$= \frac{\pi}{32D} (D^4 - (D - 2t)^4)$$

$$= \frac{\pi}{32 \times 1,016} (1,016^4 - (1,016 - 2 \times 0,019)^4)$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,0145537 \text{ m}^3 \\
 \text{Mu} &= 2500 \times 10^4 \times 0,0188885 = 453324 \text{ kg.m} \\
 &= 472,212 \text{ t.m} \\
 \text{Mu} &= 2500 \times 10^4 \times 1,5 \times 0,0145537 = 523933,2 \text{ kg.m} \\
 &= 545,764 \text{ t.m}
 \end{aligned}$$

Maka ,

Momen yang terjadi :

Momen Tiang Tegak :

$$M2 = 50,612 \text{ t.m} < \text{Mu} \dots \text{OK!}$$

$$M3 = 56,098 \text{ t.m} < \text{Mu} \dots \text{OK!}$$

Momen Tiang Miring :

$$M2 = 54,772 \text{ t.m} < \text{Mu} \dots \text{OK!}$$

$$M3 = 55,093 \text{ t.m} < \text{Mu} \dots \text{OK!}$$

#### D. Daya Dukung Tiang Akibat Beban Horizontal

Beban yang dipikul oleh tiang pancang tidak hanya beban vertikal tetapi juga beban horizontal. Oleh karena itu perlu dilakukan pengecekan ketahanan tiang pancang terhadap beban horizontal. Gaya horizontal yang terjadi (hasil SAP 2000 ) harus lebih kecil dari gaya horizontal yang mampu dipikul bahan ( $H_u$ ).

Perhitungan daya dukung tiang terhadap beban lateral menggunakan cara Tomlinson dalam *"Daya Dukung Pondasi Dalam oleh Dr. Ir. Herman Wahjudi hal 55"*:

$$\text{Fixed-headed pile : } H_u = 2\text{Mu} / (e + Z_f)$$

Dimana:

$H_u$  = ultimate lateral resistance

$M_u$  = Momen ultimate bahan = 472,212 tm (diambil terkecil)

$e$  = jarak antara lateral load (H) yang bekerja dengan muka tanah.

Dengan mengambil kedalaman seabed -16 m, elevasi dermaga +4 mLWS dan beban lateral bekerja pada sumbu balok maka nilai  $e$ ,

$$e = 19.4 \text{ m}$$

$$Z_f = \text{titik jepit} = 10 \text{ m}$$

$$H_u = \frac{2 M_u}{e + Z_f} = \frac{2 \times 472,212}{19.4 + 10} = 32,12 \text{ ton}$$

H yang terjadi

Tiang Tegak :

$$V_2 = 3,5 \text{ t} < H_u \dots \text{OK!}$$

$$V_3 = 3,5 \text{ t} < H_u \dots \text{OK!}$$

Tiang Miring

$$V_2 = 3,5 \text{ t} < H_u \dots \text{OK!}$$

$$V_3 = 3,5 \text{ t} < H_u \dots \text{OK!}$$

#### E. Defleksi tiang vertikal akibat lateral load

Hasil dari SAP didapatkan hasil :

$$U_1 = 3,7 \text{ mm} < 4 \text{ mm} \dots \text{Ok}$$

$$U_2 = 3,2 \text{ mm} < 4 \text{ mm} \dots \text{Ok}$$

#### F. Kontrol kekuatan bahan

Tegangan yang terjadi akibat beban aksial (P) dan momen (M) pada tiang yang didapat dari analisa SAP 2000 harus lebih kecil dari tegangan ijin tiang pancang ( $f_y$ ). Tegangan pada tiang pancang dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\sigma = \frac{P}{A} \pm \frac{M \cdot y}{I}$$

$$y = 0,5 D = 0,508 \text{ m}$$

maka tegangan tiang,

$$\begin{aligned} \text{Tiang tegak, } \sigma &= \frac{381828,41}{0,05951} + \frac{56098}{0,0146} \\ &= 10258534,61 \text{ kg/m}^2 \\ &= 1025,8534 \text{ kg/cm}^2 < 2700 \text{ kg/cm}^2 \dots \text{OK} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tiang miring, } \sigma &= \frac{375327,31}{0,05951} + \frac{55093}{0,0146} \\ &= 10124209,06 \text{ kg/m}^2 \\ &= 1012,42 \text{ kg/cm}^2 < 2400 \text{ kg/cm}^2 \dots \text{OK} \end{aligned}$$

### G. Kemampuan Tiang Berdiri Sendiri

Tiang pancang pada saat pelaksanaan harus dikontrol terhadap frekuensi gelombang. Sehingga tiang akan stabil walaupun pada saat berdiri sendiri.  $\omega$  gelombang diambil sebesar 6s. Adapun cara menghitung  $\omega$  tiang adalah dengan perumusan berikut:

$$\omega_t = 1.73 \sqrt{\frac{EI}{\left(\frac{wi^3}{g}\right)}} \geq \omega$$

dimana:  $E = 2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$   
 $I = 740000 \text{ cm}^4$

- w = berat tiang (kg)
  - untuk tiang tegak = 18,9 ton
  - untuk tiang miring = 19,14 ton
- i = tinggi tiang di atas tanah (m)
  - = 20 m (tiang tegak)
  - = 20,25 m (tiang miring)
- g = 10 m/s<sup>2</sup>

▪  $\omega$  tiang pancang tegak

$$\omega_t = 1.73 \sqrt{\frac{2.1 \cdot 10^6 \cdot 740000}{\left(\frac{1890 \cdot 2000^3}{1000}\right)}}$$

$$= 17,54 \text{ s} > \omega_{\text{gelombang}} (6\text{s}) \dots \text{OK!!}$$

▪  $\omega$  tiang pancang miring

$$\omega_t = 1.73 \sqrt{\frac{2.1 \cdot 10^6 \cdot 740000}{\left(\frac{1914 \cdot 2025^3}{1000}\right)}}$$

$$= 7.85 \text{ s} > \omega_{\text{gelombang}} (6\text{s}) \dots \text{OK!!}$$

Jadi dapat disimpulkan bahwa tiang pancang tegak dan tiang pancang miring stabil terhadap frekuensi gelombang dan bisa berdiri sendiri.

## H. Kontrol Tekuk

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

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot 2100000 \cdot 740000}{(1000 + 1940)^2} = 1772620.02 \text{ kg} = 1772,62 \text{ ton}$$

**P<sub>cr</sub> > P<sub>u</sub> (381 ton) ..... (OK)**

## I. Kalendering

Perumusan kalendering yang dipakai adalah *Alfred Hiley Formula (1930)*.

$$Q_u = \frac{\alpha \cdot W \cdot H}{S + 0.5 \cdot C} \cdot \frac{W + n^2 \cdot W_p}{W + W_p}$$

Karena perhitungan dilakukan sebelum pemancangan, maka yang dihitung adalah nilai S atau penetrasi/blow,



yaitu pengamatan yang dilakukan rata-rata di tiga set terakhir, dengan 10 pukulan tiap setnya. Dan disyaratkan apabila untuk kedalaman yang sama  $S > S'$ , maka pemancangan dihentikan.

Dimana :

$S$  = nilai penetrasi/ blow rencana dari perhitungan

$S'$  = nilai penetrasi/ blow saat pemancangan

▪ **Kalendering tiang pancang tegak**

Data dan asumsi awal perhitungan kalendering adalah:

$H_{\text{hammer}}$  = 2m, tinggi jatuh hammer untuk kondisi normal.

$\emptyset_{\text{tiang}}$  = 101,6 cm

$t$  = 1.9 cm

$P$  = 326.6 ton

$SF$  = 3

$Q_u$  = 3 x 381 ton = 1143 ton

$W$  = 10 ton (*hydraulic hammer*)

$\alpha$  = 2.5 (*hydraulic hammer*)

Panjang tiang pancang tegak yang dibutuhkan

$(L)$  = 32 + 4 – 1.7 m = 34,3 m

$W_p$  = berat tiang pancang (ton)

=  $A \times L \times 0,467$

= 34,3 x 0,467

= 16 ton

$n$  = 0.55 (hammer on steel pile without cushion)

$S$  = set/pile penetration for last blow (*cm or mm/blow*)

$C_1$  = Kompresi sementara dari *cushion* (*pile head & cap*)

= 0 (without cushion)

$C_2$  = 10 mm (*untuk steel pile*)

$$\begin{aligned}
 C_3 &= 4 \text{ mm (soft ground SPT)} \\
 \rightarrow C &= C_1 + C_2 + C_3 \\
 &= 0 + 10 + 4 = 14 \text{ mm} = 0.014 \text{ m} \\
 Q_u &= \frac{\alpha \cdot W \cdot H}{S + 0.5 \cdot C} \cdot \frac{W + n^2 \cdot W_p}{W + W_p} \\
 1143 &= \frac{2.5 \cdot 10 \cdot 2}{S + 0.5 \cdot 0.014} \cdot \frac{10 + 0.55^2 \cdot 16}{10 + 16} \\
 1143 &= \frac{50}{S + 0.007} \cdot \frac{15}{26} \\
 1143 &= \frac{28,84}{S + 0.007} \\
 1143 &= \frac{28,62}{S + 0.007} \\
 S &= \frac{28,62}{1143} - 0.007 = 0.018 \text{ m} = 18 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Jadi setting kalendering yang digunakan untuk tiang pancang tegak adalah 18 mm.

▪ **Kalendering tiang pancang miring**

Data dan asumsi awal perhitungan kalendering adalah:

$$H_{\text{hammer}} = 2 \text{ m (hydraulic hammer)}$$

$$\varnothing_{\text{tiang}} = 101,6 \text{ cm}$$

$$t = 1.9 \text{ cm}$$

$$P = 277.35 \text{ ton}$$

$$SF = 3$$

$$Q_u = 3 \times 375 \text{ ton} = 1125 \text{ ton}$$

$$W = 10 \text{ ton (hydraulic hammer)}$$

$$\alpha = 2.5 \text{ (hydraulic hammer)}$$

Panjang tiang pancang miring yang dibutuhkan,

$$L = \sqrt{34,3^2 + \left(\frac{34,3}{8}\right)^2} = 35 \text{ m}$$

$$W_p = L \times 0,467$$

$$= 35 \times 0,467$$

$$= 16,34 \text{ ton}$$

- $n$  = 0.55 (hammer on steel pile without cushion)  
 $S$  = set/pile penetration for last blow (*cm or mm/blow*)  
 $C_1$  = kompresi sementara dari *cushion* (*pile head & cap*)  
 = 0 (without cushion)  
 $C_2$  = 10 mm (*untuk steel pile*)  
 $C_3$  = 4 mm (*soft ground SPT*)

$$\rightarrow C = C_1 + C_2 + C_3 = 0 + 10 + 4 = 14 \text{ mm} = 0.014 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 Q_u &= \frac{\alpha \cdot W \cdot H}{S + 0.5 \cdot C} \cdot \frac{W + n^2 \cdot W_p}{W + W_p} \\
 1125 &= \frac{2.5 \cdot 10 \cdot 2}{S + 0.5 \cdot 0.014} \cdot \frac{10 + 0.55^2 \cdot 16.34}{10 + 16.34} \\
 1125 &= \frac{50}{S + 0.007} \cdot \frac{15}{26.34} \\
 1125 &= \frac{28.5}{S + 0.007} \\
 1125 &= \frac{28.5}{S + 0.007} \\
 S &= \frac{28.5}{1125} - 0.007 = 0.018 \text{ m} = 18 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Jadi setting kalendering yang digunakan untuk tiang pancang miring adalah 18 mm.

#### J. Kontrol posisi tiang miring terhadap tiang lainnya

Posisi tiang miring harus dikontrol terhadap kedalamannya sehingga tidak ada tiang yang bertemu. Tiang miring dipasang dengan perbandingan 8:1. Maka:

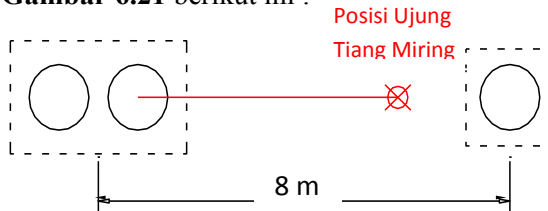
Panjang tiang 1

Jarak vertikal ( $y_1$ ) = 34,3 m

Jarak horizontal tiang didasar ( $x_1$ ) =  $\frac{34,3}{8} = 4,3$  m

$z_1 = \sqrt{34,7^2 + 4,3^2} = 35$  m (panjang tiang)

Kontrol tiang miring lebih jelasnya dapat dianalisa dengan **Gambar 6.21** berikut ini :



**Gambar 6.21** – Tampak Atas Tiang Pancang

Berdasarkan **Gambar 6.21**, maka dapat disimpulkan bahwa tiang pancang miring tidak bertemu dengan tiang tegak terdekat...OK!!

### K. Kontrol Tiang Pancang Terhadap Korosi

Korosi tiang diasumsikan terjadi sampai tiang ditumbuhi karang yaitu selama 10 tahun. Metode perawatan digunakan dengan menyediakan alokasi tebal tiang yang akan terkorosi yaitu setebal 3mm. sesuai dengan aturan OCDI kecepatan korosi adalah 0.3 mm/tahun, sehingga

$$\text{Diameter rencana(outside)} = 1016\text{mm} - 2 \times 3\text{mm} = 1010$$

$$\text{Diameter dalam} = 997\text{mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas penampang (A)} &= 0.25 \pi (D_1^2 - D_2^2) \\ &= 0.25 \pi (1010^2 - 997^2) \\ &= 20491,82 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen iersia (I)} &= 1/64 \pi (D_1^4 - D_2^4) \\ &= 1/64 \pi (1010^4 - 997^4) \\ &= 2579547881 \text{ mm}^4 = 257954,79\text{cm}^4 \end{aligned}$$

$$\text{Section moduluds (S}_{xy}) = \frac{\pi(101^4 - 99,7^4)}{32(101)} = 5108,02 \text{ cm}^3$$

$$f_y \text{ minimal (JIS A 5525)} = 25000 \text{ kg/cm}^2$$

$$M_{ijin} \text{ max} = f_y \times \text{Section Modulus}$$

$$= 2500 \times 5108,02$$

$$= 12770050 \text{ kgcm} = 127 \text{ t-m}$$

$$M_{ijin} > M_u (56 \text{ t.m}) \dots\dots \text{(OK)}$$

## **BAB VII**

### **KRITERIA DESAIN TRESTLE DERMAGA**

#### **7.1. Peraturan yang Digunakan**

1. Peraturan Beton Indonesia (1971). Digunakan dalam perencanaan tulangan dengan memakai Perhitungan Lentur Cara “n” ( Ir. Wiratman W. )
2. Konstruksi Beton Indonesia (1971). Digunakan dalam perencanaan tulangan yaitu untuk perhitungan momen akibat beban terpusat.
3. SNI 03-1726-2012 Standart Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung.

#### **7.2 Kualitas Bahan dan Material**

##### **7.2.1. Mutu Beton**

Dalam perencanaan trestle ini digunakan beton dengan  $\sigma'_{bk} = 350 \text{ kg/cm}^2$  untuk komponen struktural. Berikut ini data mutu beton berdasarkan PBI 1971:

- kekuatan beton karakteristik  $\sigma'_{bk} = 350 \text{ kg/cm}^2$
- $\sigma'_b =$  Tegangan tekan beton akibat lentur tanpa dan / atau dengan gaya normal tekan
$$\begin{aligned} &= 0,33\sigma'_{bk} \\ &= 0,33 \times 350 \\ &= 115,5 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$
- $E_b =$  Modulus tekan beton untuk pembebanan tetap
$$\begin{aligned} &= 6400\sqrt{\sigma'_{bk}} \\ &= 6400\sqrt{350} = 1,2 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

##### **7.2.2. Selimut Beton**

Dalam perencanaan ini digunakan tebal selimut beton untuk. Untuk daerah yang berbatasan langsung dengan air laut (bagian bawah struktur)

- Tebal decking untuk pelat 7.0 cm
- Tebal decking untuk balok 8.0 cm

Untuk tebal selimut beton pada bagian atas adalah :

- Tebal decking untuk pelat 7.0 cm
- Tebal decking untuk balok 8.0 cm

### 7.2.3. Mutu Baja

Baja tulangan yang digunakan dalam perencanaan trestle ini adalah baja tulangan U-32. Berikut ini data mutu baja berdasarkan PBI 1971:

$\sigma_{au}$  = Tegangan leleh karakteristik 3200 kg/cm<sup>2</sup>

$E_a$  = 2,1 x 10<sup>6</sup> kg/cm<sup>2</sup>

$\sigma_a$  = Tegangan Tarik/tekan baja akibat beban 1850kg/cm<sup>2</sup>

$\sigma'_{au}$  = Tegangan Tarik/tekan yang diijinkan 2780kg/cm<sup>2</sup>

Diameter Tulangan = 16 mm ( untuk pelat )

= 25 mm ( untuk balok )

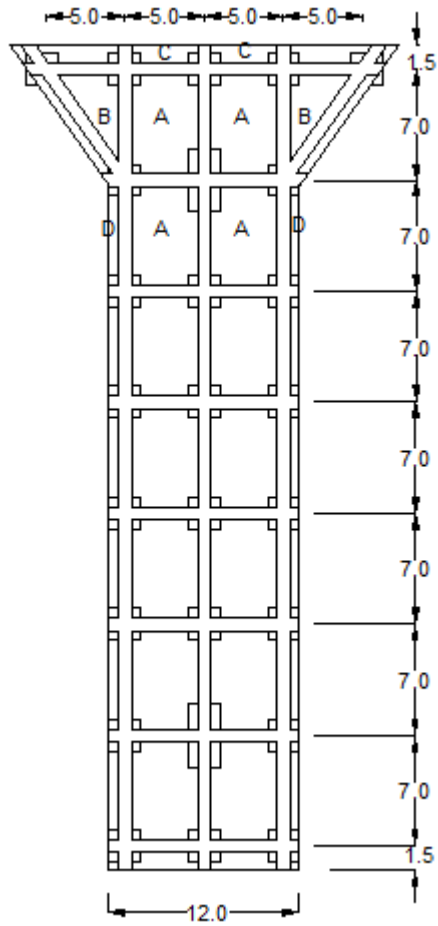
### 7.3. Desain Dimensi Struktur

Struktur trestle terdiri dari beberapa komponen antara lain : pile cap, tiang pancang, fender dan bolder. Berikut ini adalah desain dimensi struktur dermaga :

|                      |                        |
|----------------------|------------------------|
| Panjang trastel      | : 52 m                 |
| Lebar trastel        | : 12 m                 |
| Balok arah memanjang | : 800 x 1200 mm        |
| Balok Melintang      | : 800 x 1200 mm        |
| Tebal pelat lantai   | : 400 mm               |
| Pile Cap Tunggal     | : 2000 x 2000 x 1000mm |
| Pile Cap Ganda       | : 4000 x 2000 x 1000mm |

### 7.4. Perencanaan Layot

Layout pembalokan trestle dermaga petikemas pelabuhan tanjungwangi seperti **Gambar 7.1** di bawah ini :



**Gambar 7.1** Denah pembalokan trestle dermaga



## 7.5. Pembebanan Pada Struktur Dermaga

Perhitungan beban dihitung dari beban yang bekerja pada dermaga yaitu beban vertikal dan beban horizontal :

### 7.5.1 Beban Vertikal

#### 1. Beban Berat Sendiri Konstruksi (Beban Merata)

Berat jenis ( $\gamma$ ) beton bertulang diambil sebesar  $2,9 \text{ t/m}^3$

Sehingga berat sendiri adalah :

$$\text{Berat pelat} = 0,4 \times 2,9 = 1,16 \text{ t/m}^2$$

$$\text{Total qd} = 1,16 \text{ t/m}^2$$

#### 2. Beban Hidup Merata

**Untuk keadaan normal**

Beban merata akibat muatan (beban pangkalan) =  $1,5 \text{ t/m}^2$

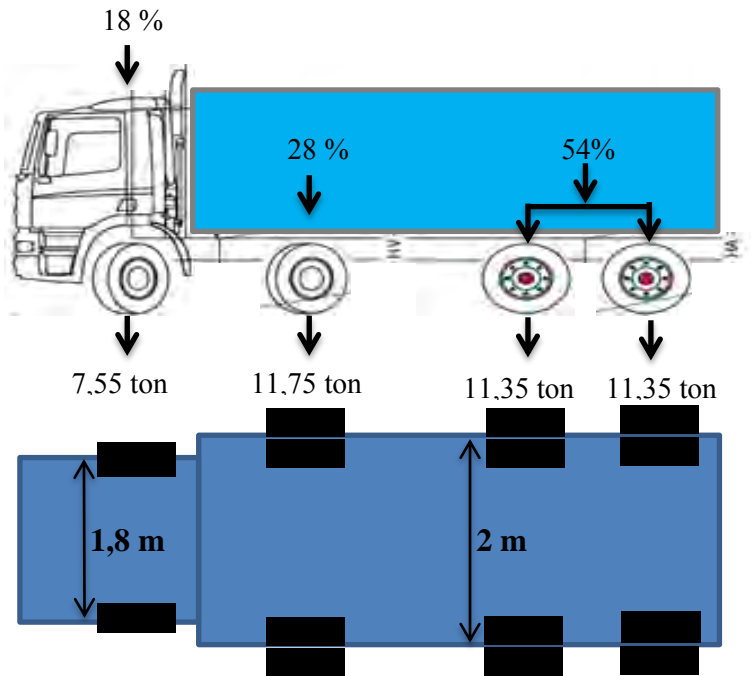
Beban air hujan (5 cm) =  $0,05 \times 1 \text{ t/m}^2 = 0,05 \text{ t/m}^2$

#### 3. Beban Bergerak

Merupakan beban yang bekerja di trassel yang diakibatkan oleh tekanan roda dari yang melintasi trassel. Peralatan yang digunakan dan pembebanannya adalah sebagai berikut :

##### a. Truk peti kemas

Beban yang diakibatkan oleh Truk petikemas dengan berat maksimum 42 ton. Dari konfigurasi beban roda truk diambil yang terbesar yaitu pada roda belakang sebesar 11750 kg dengan jarak antar roda 2 m dan area kontak tiap roda seluas 30 cm x 60 cm. Gambar konfigurasi pembebanan roda seperti pada **Gambar 7.2** berikut.



**Gambar 7.2** konfigurasi beban truk

#### 4. Beban Gempa

Sesuai dengan SNI 1726-2012 wilayah perairan Pelabuhan Tanjungwangi memasuki zona gempa 4. Perhitungan gaya gempa pada dermaga dihitung secara dinamis pada respon spectrum SAP 2000.

## 7.6 Perhitungan Tinggi Struktur Trestle

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

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

dimana :

$$E = \text{Modulus Elastisitas tiang pancang baja} \\ = 2100000 \text{ kg/cm}^2$$

$$I = \text{Momen Inersia tiang} = \frac{1}{64} \times \pi \times d^4 \\ = \frac{1}{64} \times \pi \times (101.6^4 - (101.6 - 1.9)^4) = 380.420.2 \text{ cm}^4$$

$$nh = \text{koefisien modulus variasi tanah} \\ = 150 \text{ KN/m}^3 = 0,015 \text{ kg/cm}^3 \text{ untuk tanah soft organic silts} \\ \text{(Terzaghi dalam Daya Dukung Tanah Pondasi Dalam} \\ \text{Herman Wahyudi, 1991)}$$

Sehingga faktor kekakuan (T) dapat dihitung sebagai berikut

$$T = \sqrt[5]{\frac{210000 \times 380.420.2}{0,015}} = 556.26 \text{ cm}$$

$$Z_f = 1,8 \times 556,26 \approx 1000 \text{ cm} = 10 \text{ m}$$

Sehingga tinggi struktur trestle dermaga

$$H_{\text{total}} = \text{Jarak dari Elevasi trestle Dermaga ke LWS} + \text{Jarak} \\ \text{Seabed ke LWS} + \text{Jarak Seabed ke Titik Jepit Tiang} \\ \text{Pancang}$$

$$H_{\text{total}} = 4 + 10 + 10 = 24 \text{ m}$$

## **BAB VIII**

### **PERENCANAAN STRUKTUR TRESTLE DERMAGA**

#### **8.1. Umum**

Dalam pelaksanaannya Konstruksi trestle dermaga Pelabuhan Tanjungwangi adalah type open pier, komponen trestle seperti pelat, balok dan poer dicor dengan metode in-situ.

Struktur trestle terdiri dari beberapa komponen antara lain : pile cap, tiang pancang, fender dan bolder. Berikut ini adalah desain dimensi struktur dermaga :

- Panjang dermaga yang direncanakan : 52 m
- Lebar dermaga : 12 m
- Balok arah memanjang : 800 x 1200 mm
- Balok Melintang : 800 x 1200 mm
- Tebal pelat lantai : 400 mm
- Pile Cap Tunggal : 2000 x 2000 x 1000 mm
- Pile Cap Ganda : 4000 x 2000 x 1000 mm

#### **8.2. Perencanaan Pelat**

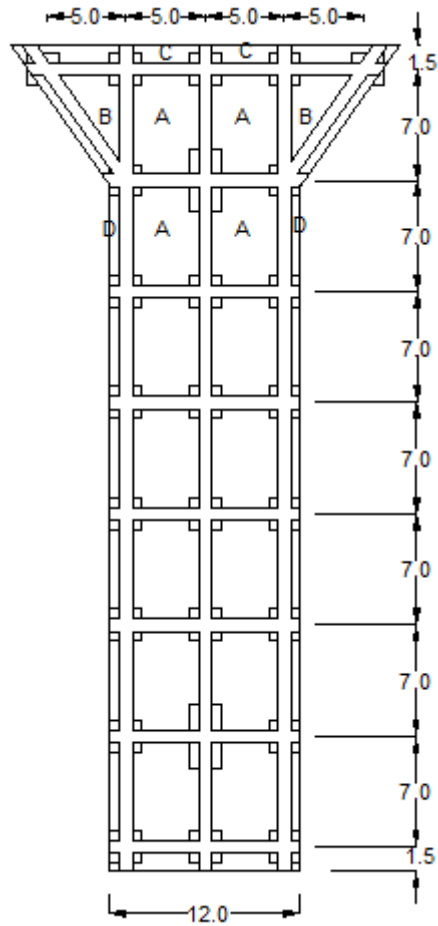
##### **A. Penentuan Tipe Pelat**

Penentuan tipe pelat didasarkan pada ukuran pelat (lihat **Gambar 8.1**).

##### **B. Pembebanan Pelat**

Berikut ini beberapa beban yang diterima oleh pelat.

1. Berat sendiri konstruksi (qd) = 1.16 t/m<sup>2</sup>
2. Beban hidup merata (ql) = 2 t/m<sup>2</sup>
3. Beban bergerak
  - a. Truck (**Lihat Bab 7.6.3**)



**Tabel 8.1** Penentuan ukuran pelat

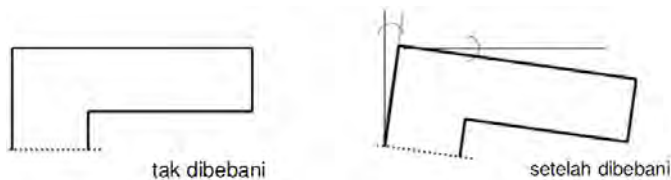
### C. Perhitungan Momen Pelat

#### Momen akibat beban mati dan hidup

Pada kondisi ini pelat diasumsikan terkondisi statis tak tentu dimana pelat merupakan struktur lentur dan **terjepit elastis** dengan balok pada keempat sisinya. Dikatakan jepit penuh bila tumpuan mampu mencegah pelat berotasi dan rekatif sangat kaku terhadap momen punter (lihat **Gambar 8.2** dan **8.3**). Bila balok tepi tidak cukup kuat untuk mencegah rotasi sama sekali, maka pelat dikatakan terjepit sebagian atau jepit elastis.



**Gambar 8.2.** Pelat tepi ditumpu jepit penuh.

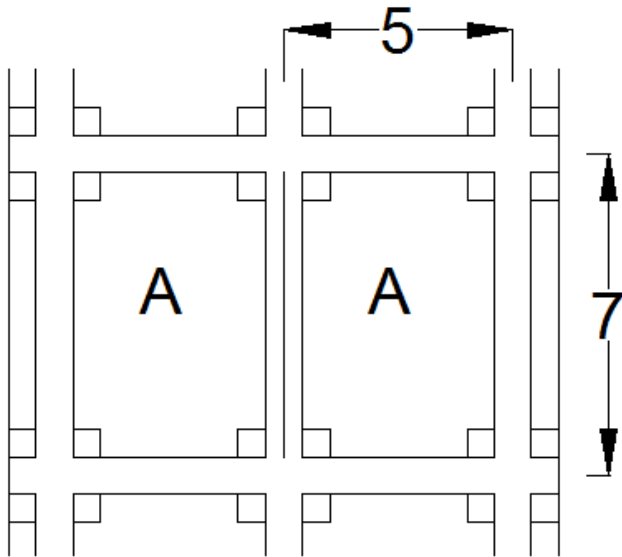


**Gambar 8.3.** Pelat tepi ditumpu jepit elastis.

#### Contoh perhitungan momen pelat Tipe A

Pelat A (**Gambar 6.4**):

$$\begin{aligned} L_y &= 7.0 - 0.8 &= 6,2 \text{ m} & \quad L_y/L_x = 1.47 \\ L_x &= 5.0 - 0.8 &= 4.2 \text{ m} \end{aligned}$$



**Gambar 8.4** Pelat Tipe A

Dari tabel 13.3.1 PBI 1971 dapat ditentukan koefisien  $x$  untuk pelat terjepit elastis dilihat pada **Tabel 8.1**

**Tabel 8.1:** koefisien x

| Tipe Pelat | lx  | ly  | ly/lx                 | Koefisien x |       |
|------------|-----|-----|-----------------------|-------------|-------|
| A          | 4.2 | 6.2 | 1.476<br>Two way slab | Mlx         | 55.3  |
|            | 4.2 | 6.2 |                       | Mtx         | 55.3  |
|            | 4.2 | 6.2 |                       | Mly         | 37.25 |
|            | 4.2 | 6.2 |                       | Mty         | 37.25 |
| B          | 4.2 | 6.2 | 1.476<br>Two way slab | Mlx         | 55.3  |
|            | 4.2 | 6.2 |                       | Mtx         | 55.3  |
|            | 4.2 | 6.2 |                       | Mly         | 37.25 |
|            | 4.2 | 6.2 |                       | Mty         | 37.25 |
| C          | 1   | 6.2 | 6.2<br>one way slab   | Mlx         | 53    |
|            | 1   | 6.2 |                       | Mtx         | 53    |
|            | 1   | 6.2 |                       | Mly         | 38    |
|            | 1   | 6.2 |                       | Mty         | 38    |
| D          | 1   | 4.2 | 4.2<br>one way slab   | Mlx         | 50    |
|            | 1   | 4.2 |                       | Mtx         | 50    |
|            | 1   | 4.2 |                       | Mly         | 38    |
|            | 1   | 4.2 |                       | Mty         | 38    |

(Sumber : Hasil perhitunga dari Tabel 13.3.1 PBI '71)

Perhitungan momen pelat Tipe A akibat beban mati dan hidup merata adalah sebagai berikut :

#### **Beban Mati**

$$\text{Momen tumpuan} = M_{tx} = M_{ty} = - 0,001 . q_d . L_x^2 . X$$

$$\text{Momen lapangan} = M_{lx} = M_{ly} = 0,001 . q_d . L_x^2 . X$$

#### **Beban Hidup**

$$\text{Momen tumpuan} = M_{tx} = M_{ty} = - 0,001 . q_l . L_x^2 . X$$

$$\text{Momen lapangan} = M_{lx} = M_{ly} = 0,001 . q_l . L_x^2 . X$$



**Momen akibat beban mati**

Momen lapangan :

$$M_{lx} = 0,001 \times 1160 \times 4,2^2 \times 55,3 = 1131,6 \text{ kg m}$$

$$M_{ly} = 0,001 \times 1160 \times 4,2^2 \times 37,25 = 762,2 \text{ kg m}$$

Momen tumpuan

$$M_{tx} = -0,001 \times 1160 \times 4,2^2 \times 55,3 = -1131,6 \text{ kg m}$$

$$M_{ty} = -0,001 \times 1160 \times 4,2^2 \times 37,25 = -762,2 \text{ kg m}$$

**Momen akibat beban mati**

Momen lapangan :

$$M_{lx} = 0,001 \times 5050 \times 4,2^2 \times 43 = 4926,2 \text{ kg m}$$

$$M_{ly} = 0,001 \times 5050 \times 4,2^2 \times 37,25 = 3318 \text{ kg m}$$

Momen tumpuan

$$M_{tx} = -0,001 \times 5050 \times 4,2^2 \times 43 = -8327 \text{ kg m}$$

$$M_{ty} = -0,001 \times 5050 \times 4,2^2 \times 37,25 = -3318 \text{ kg m}$$

Hasil perhitungan momen pelat secara lengkap untuk masing  
- masing pelat disajikan dalam **Tabel 8.2**

**Tabel 8.2** Momen Akibat Beban Mati dan Hidup untuk Masing – Masing Tipe Pelat

| Tipe Pelat | Ix  | Iy  | Iy/Ix        | Koefisien X | Momen Akibat Beban (kgm) |         |         |
|------------|-----|-----|--------------|-------------|--------------------------|---------|---------|
|            |     |     |              |             | Mati                     | Hidup   |         |
| A          | 4.2 | 6.2 | 1.476        | Mix         | 1131.6                   | 1951.0  | 3082.6  |
|            | 4.2 | 6.2 |              | Mtx         | -1131.6                  | -1951.0 | -3082.6 |
|            | 4.2 | 6.2 | Two way slab | Mly         | 762.2                    | 1314.2  | 2076.4  |
|            | 4.2 | 6.2 |              | Mty         | -762.2                   | -1314.2 | -2076.4 |
| B          | 4.2 | 6.2 | 1.476        | Mix         | 1131.6                   | 1951.0  | 3082.6  |
|            | 4.2 | 6.2 |              | Mtx         | -1131.6                  | -1951.0 | -3082.6 |
|            | 4.2 | 6.2 | Two way slab | Mly         | 762.2                    | 1314.2  | 2076.4  |
|            | 4.2 | 6.2 |              | Mty         | -762.2                   | -1314.2 | -2076.4 |
| C          | 1   | 6.2 | 6.2          | Mix         | 61.5                     | 106.0   | 167.5   |
|            | 1   | 6.2 |              | Mtx         | -61.5                    | -106.0  | -167.5  |
|            | 1   | 6.2 | one way slab | Mly         | 44.1                     | 76.0    | 120.1   |
|            | 1   | 6.2 |              | Mty         | -44.1                    | -76.0   | -120.1  |
| D          | 1   | 4.2 | 4.2          | Mix         | 58.0                     | 100.0   | 158.0   |
|            | 1   | 4.2 |              | Mtx         | -58.0                    | -100.0  | -158.0  |
|            | 1   | 4.2 | one way slab | Mly         | 44.1                     | 76.0    | 120.1   |
|            | 1   | 4.2 |              | Mty         | -44.1                    | -76.0   | -120.1  |

(Sumber : Hasil perhitungan)

Dengan perbandingan  $I_y/I_x = 1,145$  maka dari tabel IV "Konstruksi Beton Indonesia" oleh Ir. Sutami didapat koefisien momen seperti tertera pada **Tabel 8.3** berikut ini.

**Tabel 8.3** Koefisien Momen Akibat Beban Terpusat

| Tipe Pelat | $I_y/I_x$    |     | Koefisien X |        |        |       | c1   | c2   |
|------------|--------------|-----|-------------|--------|--------|-------|------|------|
|            |              |     | a1          | a2     | a3     | a4    |      |      |
| A          | 1.48         | Mix | -0.052      | -0.032 | 0.141  | 0.423 | 0.10 | 0.10 |
|            |              | Mtx | 0.035       | 0.174  | -0.365 | 0.798 | 0.10 | 0.10 |
|            | Two way slab | Mly | -0.007      | -0.088 | 0.123  | 0.369 | 0.10 | 0.10 |
|            |              | Mty | 0.073       | 0.086  | -0.266 | 0.798 | 0.10 | 0.10 |
| B          | 1.48         | Mix | -0.052      | -0.032 | 0.141  | 0.423 | 0.10 | 0.10 |
|            |              | Mtx | 0.035       | 0.174  | -0.365 | 0.798 | 0.10 | 0.10 |
|            | Two way slab | Mly | -0.007      | -0.088 | 0.123  | 0.369 | 0.10 | 0.10 |
|            |              | Mty | 0.073       | 0.086  | -0.266 | 0.798 | 0.10 | 0.10 |
| C          | 6.20         | Mix | -0.026      | -0.052 | 0.141  | 0.423 | 0.10 | 0.10 |
|            |              | Mtx | 0.026       | 0.334  | -0.531 | 1.593 | 0.10 | 0.10 |
|            | one way slab | Mly | -0.005      | -0.118 | 0.136  | 0.408 | 0.10 | 0.10 |
|            |              | Mty | 0.033       | 0.100  | -0.216 | 0.648 | 0.10 | 0.10 |
| D          | 4.20         | Mix | -0.026      | -0.052 | 0.141  | 0.423 | 0.10 | 0.10 |
|            |              | Mtx | 0.026       | 0.334  | -0.531 | 1.593 | 0.10 | 0.10 |
|            | one way slab | Mly | -0.005      | -0.118 | 0.136  | 0.408 | 0.10 | 0.10 |
|            |              | Mty | 0.033       | 0.100  | -0.216 | 0.648 | 0.10 | 0.10 |

(Sumber :Kontruksi Beton Indonesia Tabel VI)

### Momen akibat beban terpusat truk

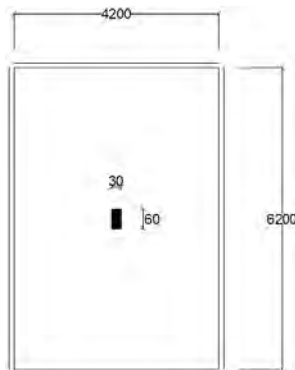
Besarnya momen akibat beban terpusat truk yang bergerak harus didasarkan pada momen maksimum yang didapat.

Dalam kondisi ini truk dalam posisi melintang di atas pelat. Area kontak roda truk seluas  $0,6 \times 0,3 \text{ m}^2$  dengan beban roda diambil yang terbesar  $w = 11750 \text{ kg}$  (**Gambar 7.3**). Sehingga besarnya momen akibat beban terpusat roda truk. Untuk perhitungan momen ini dibagi 2 kombinasi pembebanan yaitu kombinasi I dan II.

#### a. Kombinasi Pembebanan I

Dalam kombinasi ini momen maksimum terjadi saat pada saat sebuah ban truk terletak ditengah pelat, baik pada saat memanjang ataupun melintang. dengan menempatkan posisi ban truk di tengah pelat yang mengakibatkan momen lapangan maksimum. (**Gambar 8.5**).

### Posisi Roda Truk Arah Melintang Pelat



Pelat Tipe A:  
 $L_y/L_x = 1.47$

**Gambar 8.5** Posisi roda truk pada kombinasi I arah melintang

Dalam kondisi ini truk dalam posisi melintang di atas pelat. Area kontak roda truk seluas  $0,6 \times 0,3 \text{ m}^2$  dengan beban roda diambil yang terbesar  $w = 11750 \text{ kg}$ . Sehingga besarnya momen akibat beban terpusat roda truk :

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

Momen Lapangan :

$$M_{lx} = \frac{-0,052 \cdot \frac{0,3}{4,2} + (-0,032) \cdot \frac{0,6}{6,2} + 0,141}{\frac{0,3}{4,2} + \frac{0,6}{6,2} + 0,423} \cdot 11750$$

$$= 2666,97 \text{ kg.m}$$

$$M_{ly} = \frac{-0,007 \cdot \frac{0,3}{4,2} + (-0,088) \cdot \frac{0,6}{6,2} + 0,123}{\frac{0,3}{4,2} + \frac{0,6}{6,2} + 0,369} \cdot 11750$$

$$= 2493,12 \text{ kg.m}$$

Besarnya lebar pembesian untuk beban ini :

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

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

$c_1 = 0,1$  karena kedua sisi sejajar dengan bentang terkecil ( $l_x$ ) dijepit.

$c_2 = 0,1$  karena kedua sisi sejajar dengan bentang

terbesar ( $l_y$ ) dijepit.

$$Slx = \left( 0,4 - 0,1 + \left( 0,4x \frac{0,3}{4,2} \right) + \left( 0,2x \frac{0,6}{6,2} \right) - \left( 0,3x \frac{0,6x0,3}{4,2x6,2} \right) \right) x 4,2$$

$$= 1,45$$

$$Sly = \left( 0,4 - 0,1 + \left( 0,2x \frac{0,3}{4,2} \right) + \left( 0,4x \frac{0,6}{6,2} \right) - \left( 0,3x \frac{0,6x0,3}{4,2x6,2} \right) \right) x 6,2$$

$$= 2,18$$

**Momen lapangan maksimum :**

$$Mlx \max = \frac{Mlx}{Slx} = \frac{2666,97}{1,45} = 1836 \text{ kg.m}$$

$$Mly \max = \frac{Mly}{Sly} = \frac{2493,12}{2,18} = 1145,9 \text{ kg.m}$$

Momen Tumpuan :

$$Mtx_1 = \frac{0,035 \cdot \frac{0,3}{4,2} + 0,174 \cdot \frac{0,6}{6,2} + (-0,365)}{\frac{0,3}{4,2} + \frac{0,6}{6,2} + 0,798} \cdot 11750$$

$$= -4203,59 \text{ kg.m}$$

$$Mty = \frac{0,073 \cdot \frac{0,3}{4,2} + 0,086 \cdot \frac{0,6}{6,2} + (-0,266)}{\frac{0,3}{4,2} + \frac{0,6}{6,2} + 0,798} \cdot 11750$$

$$= -3070 \text{ kg.m}$$

Besarnya lebar pembesian untuk beban ini :

$$Stx = \left( 0,6 - 0,1 + \left( 0,1x \frac{0,3}{4,2} \right) - \left( 0,1x \frac{0,6}{6,2} \right) + \left( 0,1x \frac{0,3x0,6}{4,2x6,2} \right) \right) x 4,2$$

$$= 2,09$$

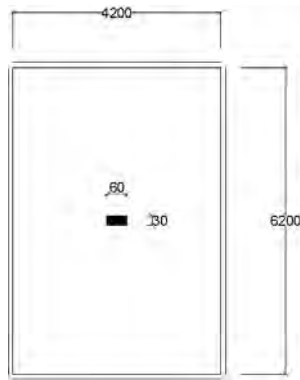
$$\begin{aligned}
 Sty &= \left( 0,6 - 0,1 - \left( 0,1x \frac{0,3}{4,2} \right) + \left( 0,1x \frac{0,6}{6,2} \right) + \left( 0,1x \frac{0,3x0,6}{4,2x6,2} \right) \right) x 6,2 \\
 &= 3,12
 \end{aligned}$$

**Momen tumpuan maksimum :**

$$Mtx \max = \frac{Mtx}{Stx} = \frac{-4203,59}{2,09} = -2009,1 \text{ kg.m}$$

$$Mty \max = \frac{Mty}{Sty} = \frac{-3070,21}{3,12} = -984 \text{ kg.m}$$

**Posisi Roda Truk Arah Memanjang Pelat**



Pelat Tipe A:  
Ly/Lx = 1.47

**Gambar 8.6** Posisi roda truk pada kombinasi I arah memanjang

Momen Lapangan :

$$\begin{aligned}
 Mlx &= \frac{-0,052 \cdot \frac{0,6}{4,2} + (-0,032) \cdot \frac{0,3}{6,2} + 0,141}{\frac{0,6}{4,2} + \frac{0,3}{6,2} + 0,423} \cdot 11750 \\
 &= 2525,49 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Mly &= \frac{-0,007 \cdot \frac{0,6}{4,2} + (-0,088) \cdot \frac{0,3}{6,2} + 0,123}{\frac{0,6}{4,2} + \frac{0,3}{6,2} + 0,369} \cdot 11750 \\
 &= 2493 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

Besarnya lebar pembesian untuk beban ini :

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

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

$c_1 = 0,1$  karena kedua sisi sejajar dengan bentang terkecil ( $l_x$ ) dijepit.

$c_2 = 0,1$  karena kedua sisi sejajar dengan bentang terbesar ( $l_y$ ) dijepit.

$$\begin{aligned}
 Slx &= \left( 0,4 - 0,1 + \left( 0,4x \frac{0,6}{4,2} \right) + \left( 0,2x \frac{0,3}{6,2} \right) - \left( 0,3x \frac{0,6x0,3}{4,2x6,2} \right) \right) x 4,2 \\
 &= 1,53
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Sly &= \left( 0,4 - 0,1 + \left( 0,2x \frac{0,6}{4,2} \right) + \left( 0,4x \frac{0,3}{6,2} \right) - \left( 0,3x \frac{0,6x0,3}{4,2x6,2} \right) \right) x 6,2 \\
 &= 2,14
 \end{aligned}$$

**Momen lapangan maksimum :**

$$Mlx \text{ max} = \frac{Mlx}{Slx} = \frac{2525,49}{1,53} = 1648,6 \text{ kg.m}$$

$$Mly \text{ max} = \frac{Mly}{Sly} = \frac{2469,4}{2,14} = 1151,6 \text{ kg.m}$$



Momen Tumpuan :

$$M_{tx_1} = \frac{0,035 \cdot \frac{0,6}{4,2} + 0,174 \cdot \frac{0,3}{6,2} + (-0,365)}{\frac{0,6}{4,2} + \frac{0,3}{6,2} + 0,798} \cdot 11750$$

$$= -4175,99 \text{ kg.m}$$

$$M_{ty} = \frac{0,073 \cdot \frac{0,6}{4,2} + 0,086 \cdot \frac{0,3}{6,2} + (-0,266)}{\frac{0,6}{4,2} + \frac{0,3}{6,2} + 0,798} \cdot 11750$$

$$= -2986,19 \text{ kg.m}$$

Besarnya lebar pembesian untuk beban ini :

$$Stx = \left( 0,6 - 0,1 + \left( 0,1x \frac{0,6}{4,2} \right) - \left( 0,1x \frac{0,3}{6,2} \right) + \left( 0,1x \frac{0,3x0,6}{4,2x6,2} \right) \right) x 4,2$$

$$= 2,14$$

$$Sty = \left( 0,6 - 0,1 - \left( 0,1x \frac{0,6}{4,2} \right) + \left( 0,1x \frac{0,3}{6,2} \right) + \left( 0,1x \frac{0,3x0,6}{4,2x6,2} \right) \right) x 6,2$$

$$= 3,05$$

**Momen tumpuan maksimum : .v**

$$M_{tx \text{ max}} = \frac{M_{tx}}{Stx} = \frac{-4175,99}{2,14} = -1949,0 \text{ kg.m}$$

$$M_{ty \text{ max}} = \frac{M_{ty}}{Sty} = \frac{-2986,19}{3,05} = -984 \text{ kg.m}$$

**Resume Momen dari kedua variasi (Kombinasi I) :**

- Arah Melintang Pelat  
 $M_{lx \text{ max}} = 1836 \text{ kg.m}$   
 $M_{ly \text{ max}} = 1145,9 \text{ kg.m}$   
 $M_{tx \text{ max}} = -2009,1 \text{ kg.m}$   
 $M_{ty \text{ max}} = -984 \text{ kg.m}$
- Arah Memanjang Pelat

$$M_{lx} \max = 1648,6 \text{ kg.m}$$

$$M_{ly} \max = 1151,6 \text{ kg.m}$$

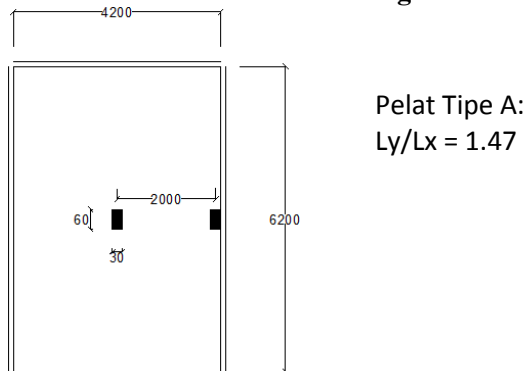
$$M_{tx} \max = -1949 \text{ kg.m}$$

$$M_{ty} \max = -980,5 \text{ kg.m}$$

### b. Kombinasi Pembebanan II

Dalam kombinasi ini momen maksimum terjadi saat salah satu roda kendaraan berada pada tepi pelat A dan roda lainnya berada disebelahnya (**Gambar 8.7**). Pada kondisi ini harga momen jepit berkurang, karena beban tidak berbatasan langsung dengan tepi yang bersangkutan. Pengurangan momen tersebut sebesar  $(h/d)^2 \cdot M_t$ . Untuk perhitungan momen pada kondisi ini hanya untuk tumpuan saja.

#### Posisi Roda Truk Arah Melintang Pelat



**Gambar 8.7** Posisi roda truk pada kombinasi II arah melintang  
Momen Tumpuan :

$$M_{tx_1} = \frac{0,035 \cdot \frac{0,3}{4,2} + 0,174 \cdot \frac{0,6}{6,2} + (-0,365)}{\frac{0,3}{4,2} + \frac{0,6}{6,2} + 0,798} \cdot 11750$$

$$= -4203,59 \text{ kg.m}$$

Terjadi pengurangan momen sehingga besarnya momen jepit:

$$\begin{aligned} M_{tx} &= M_{tx_1} \cdot \left( 1 - \left( \frac{h}{d} \right)^2 \right) \\ &= -4203,59 \cdot \left( 1 - \left( \frac{2}{4,05} \right)^2 \right) = -3178,48 \text{ ton.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{ty} &= \frac{0,073 \cdot \frac{0,3}{4,2} + 0,086 \cdot \frac{0,6}{6,2} + (-0,266)}{\frac{0,3}{4,2} + \frac{0,6}{6,2} + 0,798} \cdot 11750 \\ &= -3070 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Besarnya lebar pembesian untuk beban ini :

$$\begin{aligned} S_{tx} &= \left( 0,6 - 0,1 + \left( 0,1x \frac{0,3}{4,2} \right) - \left( 0,1x \frac{0,6}{6,2} \right) + \left( 0,1x \frac{0,3x0,6}{4,2x6,2} \right) \right) x 4,2 \\ &= 2,09 \end{aligned}$$

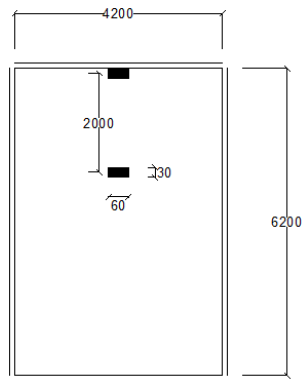
$$\begin{aligned} S_{ty} &= \left( 0,6 - 0,1 - \left( 0,1x \frac{0,3}{4,2} \right) + \left( 0,1x \frac{0,6}{6,2} \right) + \left( 0,1x \frac{0,3x0,6}{4,2x6,2} \right) \right) x 6,2 \\ &= 3,12 \end{aligned}$$

**Momen tumpuan maksimum :**

$$M_{tx \text{ max}} = \frac{M_{tx}}{S_{tx}} = \frac{-3178,48}{2,09} = -1520,8 \text{ kg.m}$$

$$M_{ty \text{ max}} = \frac{M_{ty}}{S_{ty}} = \frac{-3070,21}{3,12} = -984 \text{ kg.m}$$

### Posisi Roda Truk Arah Memanjang Pelat



Pelat Tipe A:  
 $L_y/L_x = 1.47$

**Gambar 8.8** Posisi roda truk pada kombinasi II arah memanjang

Momen Tumpuan :

$$M_{tx_1} = \frac{0,035 \cdot \frac{0,6}{4,2} + 0,174 \cdot \frac{0,3}{6,2} + (-0,365)}{\frac{0,6}{4,2} + \frac{0,3}{6,2} + 0,798} \cdot 11750$$

$$= -4175,99 \text{ kg.m}$$

$$M_{ty} = \frac{0,073 \cdot \frac{0,6}{4,2} + 0,086 \cdot \frac{0,3}{6,2} + (-0,266)}{\frac{0,6}{4,2} + \frac{0,3}{6,2} + 0,798} \cdot 11750$$

$$= -2986,19 \text{ kg.m}$$

Terjadi pengurangan momen sehingga besarnya momen jepit:

$$M_{ty} = M_{ty_1} \cdot \left( 1 - \left( \frac{h}{d} \right)^2 \right)$$

$$= -2986,19 \left( 1 - \left( \frac{2}{6,05} \right)^2 \right) = -2659,85 \text{ kg.m}$$

Besarnya lebar pembesian untuk beban ini :

$$Stx = \left( 0,6 - 0,1 + \left( 0,1x \frac{0,6}{4,2} \right) - \left( 0,1x \frac{0,3}{6,2} \right) + \left( 0,1x \frac{0,3x0,6}{4,2x6,2} \right) \right) x 4,2$$

$$= 2,14$$

$$Sty = \left( 0,6 - 0,1 - \left( 0,1x \frac{0,6}{4,2} \right) + \left( 0,1x \frac{0,3}{6,2} \right) + \left( 0,1x \frac{0,3x0,6}{4,2x6,2} \right) \right) x 6,2$$

$$= 3,05$$

**Momen tumpuan maksimum : .v**

$$Mtx \text{ max} = \frac{Mtx}{Stx} = \frac{-4175,99}{2,14} = -1949,0 \text{ kg.m}$$

$$Mty \text{ max} = \frac{Mty}{Sty} = \frac{-2659,85}{3,05} = -872,08 \text{ kg.m}$$

**Resume Momen dari kedua variasi (Kombinasi II) :**

- Arah Melintang Pelat  
Mtx max = -1520,8 kg.m  
Mty max = -984 kg.m
- Arah Memanjang Pelat  
Mtx max = -1949kg.m  
Mty max = -872,08 kg.m

### Resume Momen dari kedua kombinasi :

#### Kombinasi I :

- Arah Melintang Pelat  
 $M_{lx} \text{ max} = 1836 \text{ kg.m}$   
 $M_{ly} \text{ max} = 1145,9 \text{ kg.m}$   
 $M_{tx} \text{ max} = -2009,1 \text{ kg.m}$   
 $M_{ty} \text{ max} = -984 \text{ kg.m}$
- Arah Memanjang Pelat  
 $M_{lx} \text{ max} = 1648,6 \text{ kg.m}$   
 $M_{ly} \text{ max} = 1151,6 \text{ kg.m}$   
 $M_{tx} \text{ max} = -1949 \text{ kg.m}$   
 $M_{ty} \text{ max} = -980,5 \text{ kg.m}$

#### Kombinasi II

- Arah Melintang Pelat  
 $M_{tx} \text{ max} = -1520,8 \text{ kg.m}$   
 $M_{ty} \text{ max} = -984 \text{ kg.m}$
- Arah Memanjang Pelat  
 $M_{tx} \text{ max} = -1949 \text{ kg.m}$   
 $M_{ty} \text{ max} = -872,08 \text{ kg.m}$

Dari kedua kombinasi dan kedua variasi posisi roda truk baik arah melintang maupun memanjang tersebut diambil momen yang terbesar yaitu dari kombinasi I:

$$\begin{aligned} M_{tx_1} &= -2009,1 \text{ kg.m} \\ M_{lx_1} &= 1836 \text{ kg.m} \\ M_{ty_1} &= -984 \text{ kg.m} \\ M_{ly_1} &= 1151,6 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Perhitungan selengkapnya untuk semua tipe pelat disajikan dalam **Tabel 8.4**

Tabel 8.4 Momen Akibat Beban Terpusat Roda Truk

| Tipe Pelat | Kombinasi I (kgm) |           | Kombinasi II (kgm) |           | Lebar Jalur (m) |           | Momen Max (kgm) |           | Momen Max Akhir (kgm) |
|------------|-------------------|-----------|--------------------|-----------|-----------------|-----------|-----------------|-----------|-----------------------|
|            | Melintang         | Memanjang | Melintang          | Memanjang | Melintang       | Memanjang | Melintang       | Memanjang |                       |
| A          | 2666.37           | 2525.49   | 2666.97            | 2525.49   | 1.45            | 1.53      | 1836.0          | 1648.6    | 1836.0                |
|            | -4203.59          | -4175.99  | -3178.48           | -4175.99  | 2.09            | 2.14      | -2009.1         | -1949.0   | -2009.1               |
|            | 2493.12           | 2469.40   | 2493.12            | 2469.40   | 2.18            | 2.14      | 1145.9          | 1151.6    | 1151.6                |
|            | -3070.21          | -2986.19  | -3070.21           | -2659.85  | 3.12            | 3.05      | -984.0          | -980.5    | -984.0                |
|            | 2666.97           | 2525.49   | 2666.97            | 2525.49   | 1.45            | 1.53      | 1836.0          | 1648.6    | 1836.0                |
| B          | -4203.59          | -4175.99  | -3178.48           | -4175.99  | 2.09            | 2.14      | -2009.1         | -1949.0   | -2009.1               |
|            | 2493.12           | 2469.40   | 2493.12            | 2469.40   | 2.18            | 2.14      | 1145.9          | 1151.6    | 1151.6                |
|            | -3070.21          | -2986.19  | -3070.21           | -2659.85  | 3.12            | 3.05      | -984.0          | -980.5    | -984.0                |
|            | 2665.41           | 2578.03   | 2665.41            | 2578.03   | 0.43            | 0.54      | 6189.3          | 4765.6    | 6189.3                |
|            | -3314.57          | -3365.97  | 15036.01           | -3365.97  | 0.52            | 0.56      | -6334.9         | -6031.5   | -6334.9               |
| C          | 2533.18           | 2540.73   | 2533.18            | 2540.73   | 2.42            | 2.67      | 1047.6          | 951.6     | 1047.6                |
|            | -2936.27          | -2890.40  | -2936.27           | -2574.53  | 2.99            | 2.78      | -981.4          | -1041.2   | -1041.2               |
|            | 2665.41           | 2578.03   | 2665.41            | 2578.03   | 0.44            | 0.54      | 6117.3          | 4761.5    | 6117.3                |
|            | -3314.57          | -3365.97  | 15036.01           | -3365.97  | 0.52            | 0.56      | -6374.2         | -6041.5   | -6374.2               |
|            | 2533.18           | 2540.73   | 2533.18            | 2540.73   | 1.70            | 1.83      | 1491.9          | 1388.4    | 1491.9                |
| D          | -2936.27          | -2890.40  | -2936.27           | -2185.53  | 2.05            | 1.90      | -1430.9         | -1524.5   | -1524.5               |

Tabel 8.5 Momen Rencana dari Kombinasi Momen

| Type Pelat | Ix   | Iy   | Momen        |               |              | Momen Kombinasi |          | Momen Rencana (kgm) |          |
|------------|------|------|--------------|---------------|--------------|-----------------|----------|---------------------|----------|
|            |      |      | B. Mati<br>1 | B. Hidup<br>2 | B.Truck<br>3 | 1+2             | 1+3      |                     |          |
| A          | 4.20 | 6.20 | Mix          | 1131.57       | 1950.98      | 1836.02         | 3082.55  | 2967.59             | 3082.55  |
|            | 4.20 | 6.20 | Mtx          | -1131.57      | -1950.98     | -2009.12        | -3082.55 | -3140.69            | -3140.69 |
|            | 4.20 | 6.20 | Mly          | 762.22        | 1314.18      | 1151.62         | 2076.40  | 1913.84             | 2076.40  |
|            | 4.20 | 6.20 | Mty          | -762.22       | -1314.18     | -984.04         | -2076.40 | -1746.26            | -2076.40 |
| B          | 4.20 | 6.20 | Mix          | 1131.57       | 1950.98      | 1836.02         | 3082.55  | 2967.59             | 3082.55  |
|            | 4.20 | 6.20 | Mtx          | -1131.57      | -1950.98     | -2009.12        | -3082.55 | -3140.69            | -3140.69 |
|            | 4.20 | 6.20 | Mly          | 762.22        | 1314.18      | 1151.62         | 2076.40  | 1913.84             | 2076.40  |
|            | 4.20 | 6.20 | Mty          | -762.22       | -1314.18     | -984.04         | -2076.40 | -1746.26            | -2076.40 |
| C          | 1.00 | 6.20 | Mix          | 61.48         | 106.00       | 6189.35         | 167.48   | 6250.83             | 6250.83  |
|            | 1.00 | 6.20 | Mtx          | -61.48        | -106.00      | -6334.88        | -167.48  | -6396.36            | -6396.36 |
|            | 1.00 | 6.20 | Mly          | 44.08         | 76.00        | 1047.64         | 120.08   | 1091.72             | 1091.72  |
|            | 1.00 | 6.20 | Mty          | -44.08        | -76.00       | -1041.21        | -120.08  | -1085.29            | -1085.29 |
| D          | 1.00 | 4.20 | Mix          | 58.00         | 100.00       | 6117.34         | 158.00   | 6175.34             | 6175.34  |
|            | 1.00 | 4.20 | Mtx          | -58.00        | -100.00      | -6374.18        | -158.00  | -6432.18            | -6432.18 |
|            | 1.00 | 4.20 | Mly          | 44.08         | 76.00        | 1491.86         | 120.08   | 1535.94             | 1535.94  |
|            | 1.00 | 4.20 | Mty          | -44.08        | -76.00       | -1524.47        | -120.08  | -1568.55            | -1568.55 |



#### D. Perencanaan Tulangan Pelat Dua Arah

Dalam perhitungan penulangan pelat dua arah ini digunakan pelat type A (lihat **Gambar 8.1**). Perhitungan penulangan menggunakan cara PBI 1971. Berikut ini contoh perhitungannya.

##### **Data Perencanaan Pelat :**

###### Mutu Beton

$$\sigma'_{bk} = 350 \text{ kg/cm}^2 \text{ (K-350)}$$

$$\sigma'_b = 115,5 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_b = 1,2 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$$

###### Mutu Baja

$$\sigma_{au} = 320 \text{ Mpa} = 3200 \text{ kg(U-32)}$$

$$E_a = 2,1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_a = \sigma'_a = 1850 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma^*_{au} = 2780 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Diameter Tulangan} = 16 \text{ mm ( untuk pelat )}$$

Tebal Pelat 40 cm

$n$  = Angka ekivalensi antara modulus elastisitas baja dengan modulus tekan beton

$$n = \frac{E_a}{E_b} = \frac{2,1 \times 10^6}{1,2 \times 10^5} = 17,5$$

$\phi_0$  = Perbandingan antara tegangan baja tarik dan  $n$  kali tegangan tekan beton di serat yang paling tertekan pada keadaan seimbang.

$$\phi_0 = \frac{\sigma'_a}{(n \times \sigma'_b)} = \frac{1850}{(17,5 \times 115,5)} = 0,915$$

$$l_y = 720$$

$$l_x = 640$$

$$\frac{710}{620} = 1,145 < 2 \quad \rightarrow \text{Pelat Dua Arah}$$

Momen Pelat

$$M_{lx} = 3082,55 \quad \text{kg.m}$$

$$M_{tx} = -3140,69 \quad \text{kg.m}$$

$$M_{ly} = 2076,4 \quad \text{kg.m}$$

$$M_{ty} = -2076,4 \quad \text{kg.m}$$

**Tulangan Arah X****Momen Nominal**

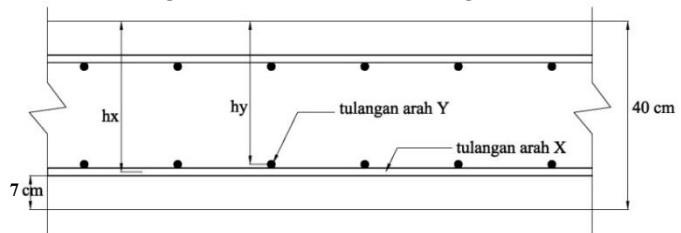
Berikut ini nilai momen untuk pelat type A:

$$M_{tx} = -3140,69 \text{ Kgm (tumpuan)}$$

$$M_{lx} = 3082,55 \text{ Kgm (lapangan)}$$

**Tulangan Tumpuan**

Momen Negatif =  $M_{tx} = -3140,69 \text{ Kgm}$ .



**Gambar 8.9** Pemasangan tulangan arah x dan y

$$\begin{aligned} h_x &= 400 - 70 - 0,5 \phi_{\text{arah X}} \\ &= 400 - 70 - 0,5 \times 16 \\ &= 322 \text{ mm} \\ &= 32,2 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_a &= \frac{h}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times \sigma'_a}}} = \frac{32,2}{\sqrt{\frac{17,5 \times 3140,69}{1 \times 1850}}} \\ &= 5,96 \end{aligned}$$

Dengan melihat tabel Perhitungan Lentur Cara “n”, untuk  $C_a = 3,16$  dengan  $\delta = 0$  (pelat), didapatkan :

$$\phi = 3,587 > \phi_0 = 0,915 \dots \dots \dots \text{OK !}$$

$$100n\omega = 3,039$$

Luas Tulangan yang diperlukan adalah

$$A = \omega \times b \times h$$

$$= \frac{3,039}{100 \times 17,5} \times 100 \times 32,2$$

$$= 5,592 \text{ cm}^2 = 559,1 \text{ mm}^2$$

Dipasang D16 – 150 ( $A_s = 1607,68 \text{ mm}^2$ )

### ***Kontrol Retak***

Berdasarkan PBI 1971 pasal 10.7.1b retak yang diijinkan 0,01 cm. Dengan menggunakan Tabel 10.7.1 PBI 1971 maka didapatkan :

Koefisien untuk perhitungan lebar retak

$$\omega_p = \frac{A}{B_t} ; C_3 = 1,50 ; C_4 = 0,16 \text{ dan } C_5 = 30$$

$A$  = luas tulangan tarik

$B_t$  = luas penampang beton yang tertarik =  $100 \times 40$  cm,

$$\text{maka } \omega_p = \frac{1607,68}{1000 \times 400} = 0,004019$$

Besarnya lebar retak pada pembebanan tetap akibat beban kerja dihitung dengan rumus berikut ini :

$$w = \alpha \left( C_3 \cdot c + C_4 \cdot \frac{d}{\omega_p} \right) \left( \sigma_a - \frac{C_5}{\omega_p} \right) 10^{-6} \quad (\text{cm})$$

$$w = 1 \left( 1,50 \cdot 7,5 + 0,16 \cdot \frac{1,6}{0,004} \right) \left( 1850 - \frac{30}{0,004} \right) 10^{-6} \quad (\text{cm})$$

$$w = -0,42 < 0,01 \text{ cm ( OK, tidak retak ! )}$$

### Tulangan Lapangan

Momen Negatif =  $Mlx = 3082,55$  Kgm.

$$\begin{aligned} h_x &= 400 - 70 - 0,5 \text{ arah X} \\ &= 400 - 70 - 0,5 \times 16 \\ &= 322 \text{ mm} \\ &= 32,2 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_a &= \frac{h}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times \sigma'_a}}} = \frac{32,2}{\sqrt{\frac{17,5 \times 3082,55}{1 \times 1850}}} \\ &= 5,908 \end{aligned}$$

Dengan melihat tabel Perhitungan Lentur Cara “n”, untuk  $C_a = 3,16$  dengan  $\delta = 0$  (pelat), didapatkan :

$$\phi = 3,525 > \phi_0 = 0,915 \dots \dots \dots \text{OK !}$$

$$100n\omega = 3,135$$

Luas Tulangan yang diperlukan adalah

$$\begin{aligned} A &= \omega \times b \times h \\ &= \frac{3,135}{100 \times 17,5} \times 100 \times 32,2 \\ &= 5,77 \text{ cm}^2 = 559,1 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang D16 – 150 ( $A_s = 1607,68 \text{ mm}^2$ )

### Kontrol Retak

Berdasarkan PBI 1971 pasal 10.7.1b retak yang diijinkan 0,01 cm. Dengan menggunakan Tabel 10.7.1 PBI 1971 maka didapatkan :

Koefisien untuk perhitungan lebar retak

$$\omega_p = \frac{A}{B_t}; C_3 = 1,50; C_4 = 0,16 \text{ dan } C_5 = 30$$

$A$  = luas tulangan tarik

$B_t$  = luas penampang beton yang tertarik = 100 x 40 cm,

$$\text{maka } \omega_p = \frac{1607,68}{1000 \times 400} = 0,004019$$

Besarnya lebar retak pada pembebanan tetap akibat beban kerja dihitung dengan rumus berikut ini :

$$w = \alpha \left( C_3 \cdot c + C_4 \cdot \frac{d}{\omega_p} \right) \left( \sigma_a - \frac{C_5}{\omega_p} \right) 10^{-6} \quad (cm)$$

$$w = 1 \left( 1,50 \cdot 7,5 + 0,16 \cdot \frac{1,6}{0,004} \right) \left( 1850 - \frac{30}{0,004} \right) 10^{-6} \quad (cm)$$

$$w = - 0,42 < 0,01 \text{ cm ( OK, tidak retak ! )}$$

- **Tulangan Arah Y**

Berikut ini nilai momen untuk pelat type A:

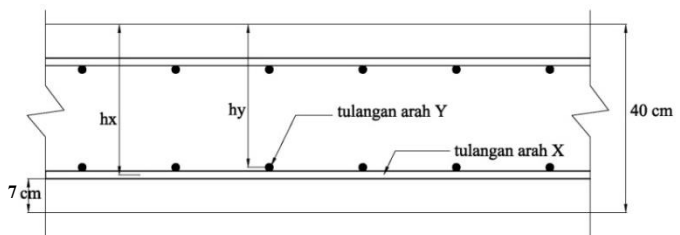
$$M_{ty} = -2076,4 \text{ Kg} \cdot \text{m} \text{ ( tumpuan )}$$

$$M_{ly} = 2076,4 \text{ Kg} \cdot \text{m} \text{ ( lapangan )}$$

Karena momen tumpuan dan lapangan sama besar, maka penulangan tumpuan sama dengan penulangan lapangan.

### Tulangan Tumpuan

$$\text{Momen Negatif} = M_{ty} = -2076,4 \text{ Kg} \cdot \text{m} \text{ ( tumpuan )}$$



**Gambar 8.10** Pemasangan tulangan arah x dan y

$$\begin{aligned} h_y &= 400 - 70 - \phi \text{ arah X} - 0,5 \phi \text{ arah Y} \\ &= 400 - 70 - 16 - 0,5 \times 16 \\ &= 306,0 \text{ mm} \\ &= 30,6 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_a &= \frac{h}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times \sigma'_a}}} = \frac{30,6}{\sqrt{\frac{17,5 \times 2076,4}{1 \times 1850}}} \\ &= 6,9 \end{aligned}$$

Dengan melihat tabel Perhitungan Lentur Cara “n”, untuk  $C_a = 3,23$  dengan  $\delta = 0$  (pelat), didapatkan :

$$\phi = 4,236 > \phi_0 = 0,915 \dots \dots \dots \text{OK !}$$

$$100n\omega = 2,255$$

Luas Tulangan yang diperlukan adalah

$$\begin{aligned}
 A &= \omega \times b \times h \\
 &= \frac{2,255}{100 \times 17,5} \times 100 \times 30,6 \\
 &= 3,94 \text{ cm}^2 = 394 \text{ mm}^2 \\
 &\text{Dipasang D16 - 150 (As = 1607,68 mm}^2\text{)}
 \end{aligned}$$

### ***Kontrol Retak***

Berdasarkan PBI 1971 pasal 10.7.1b retak yang diijinkan 0,01 cm. Dengan menggunakan Tabel 10.7.1 PBI 1971 maka didapatkan :

Koefisien untuk perhitungan lebar retak

$$\omega_p = \frac{A}{B_t}; C_3 = 1,50; C_4 = 0,16 \text{ dan } C_5 = 30$$

A = luas tulangan tarik

B<sub>t</sub> = luas penampang beton yang tertarik = 100 x 40 cm,

$$\text{maka } \omega_p = \frac{1607,68}{1000 \times 400} = 0,004019$$

Besarnya lebar retak pada pembebanan tetap akibat beban kerja dihitung dengan rumus berikut ini :

$$w = \alpha \left( C_3 \cdot c + C_4 \cdot \frac{d}{\omega_p} \right) \left( \sigma_a - \frac{C_5}{\omega_p} \right) 10^{-6} \quad (cm)$$

$$w = 1 \left( 1,50 \cdot 7,5 + 0,16 \cdot \frac{1,6}{0,004} \right) \left( 1850 - \frac{30}{0,004} \right) 10^{-6} \quad (cm)$$

$$w = -0,42 < 0,01 \text{ cm ( OK, tidak retak ! )}$$

Tabel 8.6 Perhitungan penulangan pelat trestle

| Type Pelat | Momen Rencana (kgm) | Momen Rencana (kgm) | Ca    | $\phi$ | 100mm | A perlu | N | Tulangan |          |
|------------|---------------------|---------------------|-------|--------|-------|---------|---|----------|----------|
| A          | Mix                 | 3082.55             | 5.963 | 3.587  | 3.039 | 5.59    | 3 | 484.00 D | 16 - 150 |
|            | Mtx                 | -3140.69            | 5.908 | 3.525  | 3.135 | 5.77    | 3 | 484.00 D | 16 - 150 |
|            | Mly                 | 2076.40             | 6.905 | 4.236  | 2.255 | 3.94    | 2 | 984.00 D | 16 - 150 |
|            | Mty                 | -2076.40            | 6.905 | 4.236  | 2.255 | 3.94    | 2 | 984.00 D | 16 - 150 |
| B          | Mix                 | 3082.55             | 5.963 | 3.587  | 3.039 | 5.59    | 3 | 484.00 D | 16 - 150 |
|            | Mtx                 | -3140.69            | 5.908 | 3.525  | 3.135 | 5.77    | 3 | 484.00 D | 16 - 150 |
|            | Mly                 | 2076.40             | 6.905 | 4.236  | 2.255 | 3.94    | 2 | 984.00 D | 16 - 150 |
|            | Mty                 | -2076.40            | 6.905 | 4.236  | 2.255 | 3.94    | 2 | 984.00 D | 16 - 150 |
| C          | Mix                 | 6250.83             | 4.187 | 2.356  | 6.325 | 11.64   | 6 | 184.00 D | 16 - 150 |
|            | Mtx                 | -6396.36            | 4.140 | 2.322  | 6.481 | 11.93   | 6 | 184.00 D | 16 - 150 |
|            | Mly                 | 1091.72             |       |        |       |         |   |          |          |
|            | Mty                 | -1085.29            |       |        |       |         |   |          |          |
| D          | Mix                 | 6175.94             | 4.213 | 2.378  | 6.223 | 11.45   | 6 | 184.00 D | 16 - 150 |
|            | Mtx                 | -6432.18            | 4.128 | 2.311  | 6.533 | 12.02   | 6 | 184.00 D | 16 - 150 |
|            | Mly                 | 1535.94             |       |        |       |         |   |          |          |
|            | Mty                 | -1568.55            |       |        |       |         |   |          |          |



### 8.3 Perencanaan Struktur Trestle dengan SAP 2000

#### 8.3.1 Perhitungan Pembebanan Struktur Trestle

Perhitungan beban secara lengkap dapat dilihat pada Bab VII.

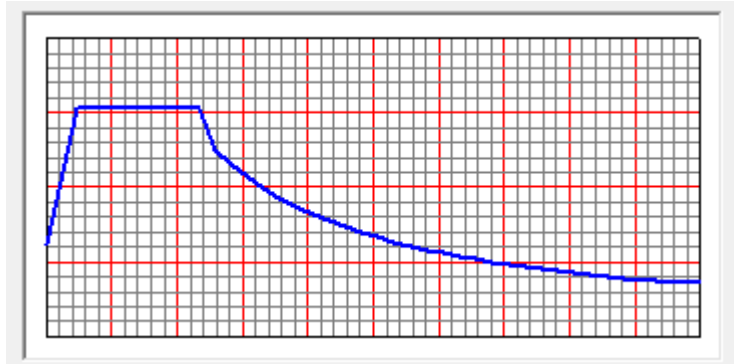
Berikut ini beberapa beban yang diterima oleh balok:

1. Berat pelat (qd) = 1,16 t/m<sup>2</sup>
2. Beban Hidup Pelat ( ql) = 2 t/m<sup>2</sup>
3. Beban Terpusat Roda Truk

Dari konfigurasi beban roda truk tersebut diambil yang terbesar yaitu pada roda belakang sebesar 11750 kg dengan jarak antar roda 2 m dan area kontak tiap roda seluas 30 cm x 60 cm.

4. Beban Gempa

Dengan menggunakan program bantu SAP 2000, perhitungan beban gempa dilakukan secara dinamis dengan menggunakan respon spektra untuk daerah Banyuwangi (lihat **gambar 8.11**) dengan Tanah Lunak menurut SNI 03-1726-2012.



**Gambar 8.11** -Respon Spektrum

Dan scale factor diisi  $\frac{I}{R} \cdot g = \frac{1}{5.5} \times 9.81 = 1.783636$

Nilai I merupakan factor keutamaan gedung dan R merupakan faktor reduksi berdasarkan SNI 1726-2012.

### A. Analisa Struktur

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

1.  $DL + LL+W$
2.  $DL + T +W$
3.  $DL + 0,5 LL + \text{Gempa } X + 0,3 \text{ Gempa } Y+W$
4.  $DL + 0.5 LL + \text{Gempa } Y + 0,3 \text{ Gempa } X+W$
5.  $DL + T + \text{Gempa } X + 0,3 \text{ Gempa } Y+W$
6.  $DL + T + \text{Gempa } Y + 0,3 \text{ Gempa } X+W$

Dimana :

DL = beban mati/berat sendiri struktur

LL = beban hidup merata

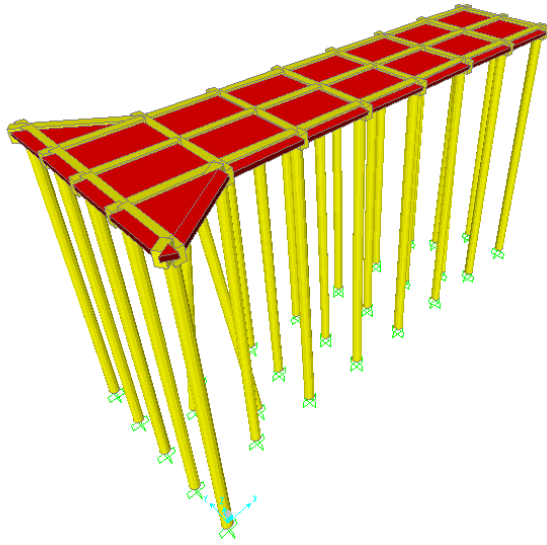
CC = beban hidup terpusat berupa beban roda truk

#### **Tinggi struktur**

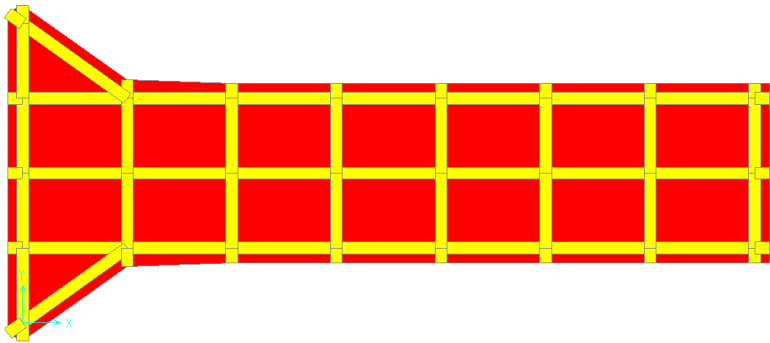
Tinggi stuktur diambil dari titik jepit tiang (point of fixity) ke elevasi tertinggi dari struktur dermaga (pelat lantai). Dari perhitungan tinggi struktur pada Bab 4.5.2 (c) didapatkan tinggi seluruh struktur (dermaga) =  $H_t = 24 \text{ m.}$

#### **Pemodelan Struktur**

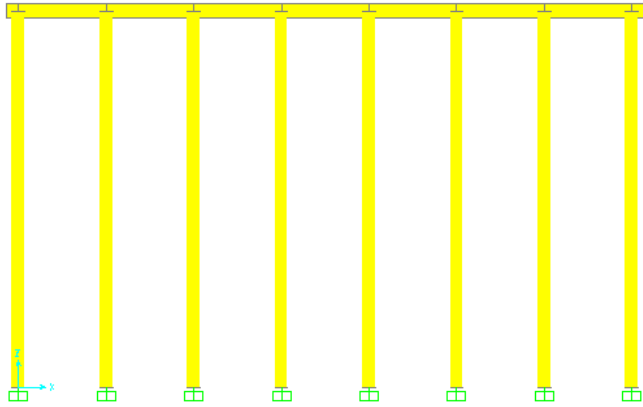
Bentuk Pemodelan pada SAP dapat dilihat pada **Gambar 8.12** berikut ini.



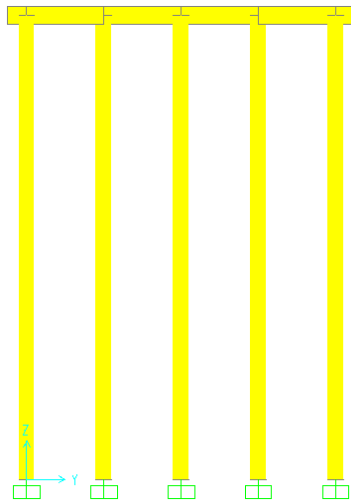
(a) Tampak 3D



(b) Tampak Atas

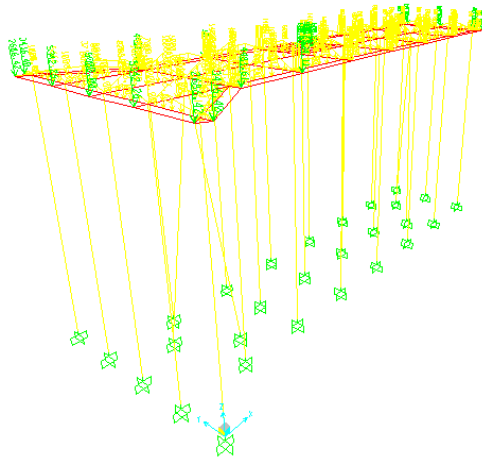


(c) Potongan memanjang

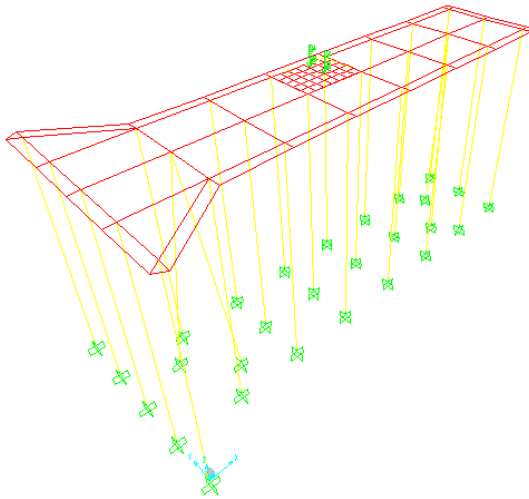


(d) Potongan melintang

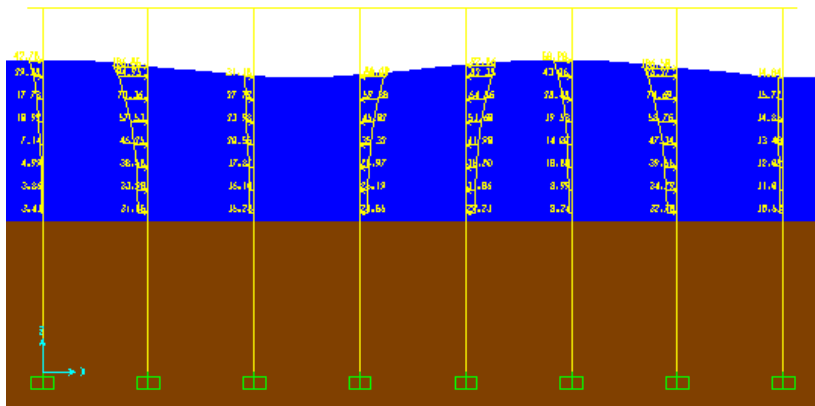
**Gambar 8.12** Pemodelan Trestle



(a) Beban hidup 2 ton/m<sup>2</sup>



(b) Beban truk



(c) Tampak samping akibat gelombang

**Gambar 8.13** Pembebanan trestle

Dari perhitungan SAP diperoleh gaya-gaya maksimum yang bekerja pada balok melintang, memanjang, kantilever dan balok crane. Lihat **Tabel 8.7** berikut ini.

**Tabel 8.7.** Hasil Output SAP

| Balok     | Frame | Panjang<br>m | Posisi    | Momen     | Lintang   | Torsi   | Combo                |
|-----------|-------|--------------|-----------|-----------|-----------|---------|----------------------|
|           |       |              |           | kgf-m     | kgf       | kgf-m   |                      |
| Melintang | 24    | 5            | Tumpuan   | -55614.27 |           |         | 1DL+0.5LL+0.3GX+GY+W |
|           | 90    | 5            | Lapangan  | 39423.91  |           |         | DL+T+GX+0.3GY+W      |
|           | 24    | 5            | Tumpuan 1 |           | 27109.16  |         | 1DL+0.5LL+0.3GX+GY+W |
|           | 25    | 5            | Tumpuan 2 |           | -27164.76 |         | 1DL+0.5LL+0.3GX+GY+W |
|           | 93    | 5            | Tumpuan   |           |           | 8101.73 | 1DL+0.5LL+0.3GX+GY+W |
| Memanjang | 14    | 7            | Tumpuan   | -58051.9  |           |         | DL+0,5LL+GX+0.3GY+W  |
|           | 91    | 7            | Lapangan  | 39816.37  |           |         | DL+0,5LL+GX+0.3GY+W  |
|           | 8     | 7            | Tumpuan 1 |           | 35282.44  |         | DL+LL+W              |
|           | 14    | 7            | Tumpuan 2 |           | -35960.16 |         | 1DL+1LL              |
|           | 40    | 7            | Tumpuan   |           |           | 8942.6  | DL+0,5LL+GX+0.3GY+W  |

### 8.3.2 Penulangan Balok Melintang

*Data data perencanaan balok melintang :*

$$\text{Lebar (b)} = 80 \text{ cm}$$

$$\text{Tinggi (h)} = 120 \text{ cm}$$

$$\text{Selimut beton} = 8 \text{ cm}$$

Mutu Beton

$$\sigma'_{bk} = 350 \text{ kg/cm}^2 \text{ (K-350)}$$

$$\sigma'_b = 115,5 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_b = 1,2 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$$

Mutu Baja

$$\sigma_{au} = 320 \text{ Mpa} = 3200 \text{ kg(U-32)}$$

$$E_a = 2,1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_a = \sigma'_a = 1850 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma^*_{au} = 2780 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Diameter Tulangan} &= 25 \text{ mm (tul. Utama)} \\ &= 19 \text{ mm (sengkang)} \end{aligned}$$

$n$  = Angka ekivalensi antara modulus elastisitas baja dengan modulus tekan beton

$$n = \frac{E_a}{E_b} = \frac{2,1 \times 10^6}{1,2 \times 10^5} = 17,5$$

$\phi_0$  = Perbandingan antara tegangan baja tarik dan  $n$  kali tegangan tekan beton di serat yang paling tertekan pada keadaan seimbang.

$$\phi_0 = \frac{\sigma'_a}{(n \times \sigma'_b)} = \frac{1850}{(17,5 \times 115,5)} = 0,915$$

### Momen Balok

Dalam perhitungan ini penulangan balok memanjang diambil berdasarkan gaya maksimum yang bekerja dari hasil SAP 2000. Lihat **Tabel 8.7**

$$Mu = -55614,27 \text{ kg.m (tumpuan)}$$

$$Mu = 39423,91 \text{ kg.m (lapangan)}$$

- **Perhitungan Tulangan Tumpuan**

Dari analisa struktur didapatkan momen Tumpuan

$$Mu = -55614,27 \text{ kg.m (tumpuan)}$$

$$h = ht - \text{Sel.Beton} - \text{Ø geser} - 0,5 \text{ Ø lentur}$$

(ht = Tinggi balok)

$$h = 1200 - 80 - 19 - 0,5 \times 25 = 1088,5 \text{ mm} = 108,85 \text{ cm}$$



$$Ca = \frac{h}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times \sigma'_a}}} = \frac{108,85}{\sqrt{\frac{17,5 \times 55614,27}{0,8 \times 1850}}} = 4,24$$

Dengan melihat tabel Perhitungan Lentur Cara “n”, untuk  $Ca = 3.342$  dengan  $\delta = 0,6$ , didapatkan :

$$\delta = 0,2 \rightarrow \phi = 2,509 > \phi_0 = 0,915$$

$$100n\omega = 5,990$$

Luas Tulangan yang diperlukan adalah Tulangan Tarik

$$A = \omega \times b \times h$$

$$= \frac{5,237}{100 \times 17,5} \times 80 \times 108,85$$

$$= 29,80 \text{ cm}^2 = 2980 \text{ mm}^2$$

Dipasang 7D25 ( $A_s = 3434,375 \text{ mm}^2$ )

Tulangan Samping

$$A = 10 \% \times A_{\text{tarik}} \text{ ( PBI '71 Pasal.9.3(5) )}$$

$$= 10 \% \times 3434,375$$

$$= 343,4375 \text{ mm}^2$$

Dipasang 2 D16 ( $A_s = 401,92 \text{ mm}^2$ )

### **Cek jarak tulangan tarik**

Tulangan direncanakan 7 buah, sehingga jarak tulangan sebesar :

$$s = \frac{80 - 2 \times 8 - 2 \times 1,9 - 7 \times 2,5}{7 - 1} = 7,1 \text{ cm} > 4,2 \text{ cm, OK}$$

Tulangan Tekan

$$A' = \delta \times A$$

$$= 0,2 \times 3434,375$$

$$= 686,875 \text{ mm}^2$$

Dipasang 2 D25 ( $A_s = 981.25 \text{ mm}^2$ )

### ***Kontrol Retak***

Berdasarkan PBI 1971 pasal 10.7.1b retak yang diijinkan 0,01 cm. Dengan menggunakan Tabel 10.7.1 PBI 1971 maka didapatkan :

Koefisien untuk perhitungan lebar retak

$$\omega_p = \frac{A}{Bt} ; C_3 = 1,50 ; C_4 = 0,16 \text{ dan } C_5 = 30$$

$Bt$  = luas penampang beton yang tertarik =  $80 \times 120 \text{ cm}^2$ ,

$$\text{maka } \omega_p = \frac{3434,375}{800 \times 1200} = 0,003$$

Besarnya lebar retak pada pembebanan tetap akibat beban kerja dihitung dengan rumus berikut ini :

$$w = \alpha \left( C_3 \cdot c + C_4 \cdot \frac{d}{\omega_p} \right) \left( \sigma_a - \frac{C_5}{\omega_p} \right) 10^{-6} \quad (cm)$$

$$w = 1 \left( 1,50 \cdot 8 + 0,16 \cdot \frac{2,5}{0,003} \right) \left( 1850 - \frac{30}{0,003} \right) 10^{-6} \quad (cm)$$

$$w = -1,18 < 0,01 \text{ cm ...OK !}$$

- **Perhitungan Tulangan Lapangan**

Momen Positif =  $Mlx = 39423.91 \text{Kg.m}$  (lapangan)

$$Ca = \frac{h}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times \sigma'_a}}} = \frac{108.85}{\sqrt{\frac{17,5 \times 39423.91}{0.8 \times 1850}}}$$

$$= 5,02$$

Dengan melihat tabel Perhitungan Lentur Cara “n”, untuk  $Ca = 3.14$  dengan  $\delta = 0,4$ , didapatkan

$$\delta = 0,2 \rightarrow \phi = 3 > \phi_0 = 0,915 \dots \dots (\text{OK !})$$

$$100n\omega = 4,340$$

Luas Tulangan yang diperlukan adalah Tulangan Tarik

$$A = \omega \times b \times h$$

$$= \frac{4,340}{100 \times 17,5} \times 80 \times 108,85$$

$$= 2159 \text{ cm}^2 = 21,59 \text{ mm}^2$$

Dipasang 5 D25 ( $A_s = 2453,125 \text{ mm}^2$ )

Tulangan Samping

$$A = 10 \% \times A_{\text{tarik}} \text{ (PBI '71 Pasal.9.3(5))}$$

$$= 10 \% \times 2453,125$$

$$= 245,3125 \text{ mm}^2$$

Dipasang 2D16 ( $A_s = 401,92 \text{ mm}^2$ )

***Cek jarak tulangan tarik***

Tulangan direncanakan dipasang 5 buah, sehingga jarak tulangan sebesar :

$$s = \frac{80 - 2 \times 8 - 2 \times 1,9 - 5 \times 2,5}{5 - 1} = 13,1 \text{ cm} > 4,2 \text{ cm. OK}$$

Tulangan Tekan

$$\begin{aligned} A' &= \delta \times A \\ &= 0,2 \times 2453,125 \\ &= 490,625 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang 2D25 ( $A_s = 981,25 \text{ mm}^2$ )

### ***Kontrol Retak***

Berdasarkan PBI 1971 pasal 10.7.1b retak yang diijinkan 0,01 cm. Dengan menggunakan Tabel 10.7.1 PBI 1971 maka didapatkan :

Koefisien untuk perhitungan lebar retak

$$\omega_p = \frac{A}{Bt}; C_3 = 1,50; C_4 = 0,16 \text{ dan } C_5 = 30$$

Bt = luas penampang beton yang tertarik =  $80 \times 120 \text{ cm}^2$

$$\text{maka } \omega_p = \frac{2453,125}{800 \times 1200} = 0,002$$

Besarnya lebar retak pada pembebanan tetap akibat beban kerja dihitung dengan rumus berikut ini :

$$w = \alpha \left( C_3 \cdot c + C_4 \cdot \frac{d}{\omega_p} \right) \left( \sigma_a - \frac{C_5}{\omega_p} \right) 10^{-6} \quad (cm)$$

$$w = 1 \left( 1,50 \cdot 8 + 0,16 \cdot \frac{2,5}{0,002} \right) \left( 1850 - \frac{30}{0,002} \right) 10^{-6} \quad (cm)$$

$$w = -2,78 < 0,01 \text{ cm ...OK !}$$

### ***Kontrol Dimensi Balok***

$$V = 27109,16 \text{ kg}$$

$$T = 8101,73 \text{ kg.cm}$$

$$\tau_b = \frac{V}{b \times \frac{7}{8} \times h} = \frac{27109,16}{80 \times \frac{7}{8} \times 108,8} = 3,6 \text{ kg/cm}^2$$

Untuk  $ht > b$

$$\psi = 3 + \frac{2,6}{0,45 + \frac{h}{b}} = 3 + \frac{2,6}{0,45 + \frac{108,8}{80}} = 4,44$$

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

$$\tau'_b = \frac{\psi \times T}{b^2 \times ht} = \frac{4,44 \times 8101,73}{80^2 \times 108,8} = 0,05 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau_b + \tau'_b = 3 + 0,05 = 3,65 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau_{bm} = 1,499\sqrt{350} = 28,044 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau_b + \tau'_b < \tau_{bm} \text{ .....OK !}$$

Ukuran balok 80/120 sudah memenuhi syarat.

- **Perhitungan Tulangan Geser (sengkang)**

Gaya geser maksimum pada tumpuan

$$V = 27109,16 \text{ kg.}$$

$$\begin{aligned} \tau_b &= \frac{V}{b \times \frac{7}{8} \times h} \text{ ..... (PBI '71 Pasal.11.7(1))} \\ &= \frac{22885,25}{80 \times \frac{7}{8} \times 108,8} = 3,6 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

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

Untuk pembebanan tetap :

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

Untuk pembebanan sementara:

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

**Senggang di tumpuan balok :**

$$\begin{aligned}\tau_b &= \frac{V}{b \times \frac{7}{8} h} \dots\dots (\text{PBI '71 Pasal.11.7(1)}) \\ &= \frac{27109,16}{80 \times \frac{7}{8} \times 108,8} = 3,6 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\tau_b < \tau'_{bm-t} &\} \dots\dots \text{OK !} \\ \tau_b < \tau'_{bm-s} &\} \dots\dots \text{OK !} \quad \text{diperlukan senggang}\end{aligned}$$

Direncanakan senggang

Diameter = 19 mm

As = 5,67 cm<sup>2</sup>

$$as < \frac{As \times \bar{\sigma}_a}{\tau_s \times b} = \frac{5,67 \times 1850}{3,6 \times 80} = 36,42 \text{ cm}$$

Jadi dipasang senggang D19 – 150 mm

**Senggang di daerah > 1 m dari ujung balok :**

$$\tau_b = \frac{(4-1)}{4} \cdot 3,6 = 2,7 \text{ kg/cm}$$

$$\begin{aligned}\tau_b < \tau'_{bm-t} &\} \dots\dots \text{OK !} \\ \tau_b < \tau'_{bm-s} &\} \dots\dots \text{OK !} \quad \text{diperlukan senggang}\end{aligned}$$

Direncanakan senggang

Diameter = 19 mm

As = 5,67 cm<sup>2</sup>

$$as < \frac{As \times \bar{\sigma}_a}{\tau_s \times b} = \frac{5,67 \times 1850}{2,7 \times 80} = 48,56 \text{ cm}$$

Jadi dipasang sengkang D19 – 150 mm pada daerah 1 meter dari ujung balok hingga tengah balok. Untuk mengetahui lebih jelas tentang penulangan balok melintang perhatikan **tabel**

**a. Panjang tulangan penyaluran :**

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

$$L_d = 0,07 \frac{A_s \cdot \sigma_{au}^*}{\sqrt{\sigma'_{bk}}} \geq 0,0065 \cdot d_p \cdot \sigma_{au}$$

$$A_s \text{ tulangan D25} = 4,9 \text{ cm}^2$$

$$L_d = 0,07 \frac{4,9 \times 3200}{\sqrt{350}} \geq 0,0065 \times 2,5 \text{ cm} \times 3200$$

$$L_d = 58,7 \geq 52, \text{ Jadi } L_d \text{ yang dipakai} = \mathbf{100 \text{ cm}}$$

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

$$L_d = 0,09 \frac{d \cdot \sigma_{au}^*}{\sqrt{\sigma'_{bk}}} \geq 0,005 \cdot d_p \cdot \sigma_{au}$$

$$L_d = 0,09 \frac{2,5 \times 3200}{\sqrt{350}} \geq 0,005 \times 2,5 \times 3200$$

$$L_d = 38,5 \geq 40 \text{ Jadi } L_d \text{ yang dipakai} = \mathbf{40 \text{ cm}}$$

### 8.3.4. Perencanaan Pile Cap (Poer)

Struktur poer berfungsi sebagai penyambung antara ujung atas tiang pancang dengan balok memanjang maupun melintang.

Pada perencanaan ini, adapun dimensi dan tipe poer adalah:

Poer ganda = 400 x 200 x 100 cm

Poer tunggal = 200 x 200 x 100 cm

#### *Data data perencanaan poer tunggal :*

Lebar (b) =  $l_x = 200$  cm

Tinggi (h) = 100 cm

Panjang =  $l_y = 200$  cm

Selimit beton = 8 cm

#### Mutu Beton

$\sigma'_{bk}$  = 350 kg/cm<sup>2</sup> (K-350)

$\sigma'_b$  = 115,5 kg/cm<sup>2</sup>

$E_b$  =  $1,2 \times 10^5$  kg/cm<sup>2</sup>

#### Mutu Baja

$\sigma_{au}$  = 320 Mpa = 3200 kg(U-32)

$E_a$  =  $2,1 \times 10^6$  kg/cm<sup>2</sup>

$\sigma_a = \sigma'_a$  = 1850 kg/cm<sup>2</sup>

$\sigma^*_{au}$  = 2780 kg/cm<sup>2</sup>

Diameter Tulangan = 25 mm (tul. utama)

= 19 mm (sengkang)

n = Angka ekivalensi antara modulus elastisitas baja dengan modulus tekan beton

$$n = \frac{E_a}{E_b} = \frac{2,1 \times 10^6}{1,2 \times 10^5} = 17,5$$

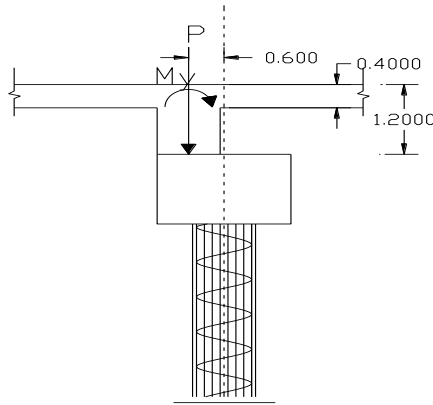
$\phi_o$  = Perbandingan antara tegangan baja tarik dan n kali tegangan tekan beton di serat



yang paling tertekan pada keadaan seimbang.

$$\phi_0 = \frac{\sigma'_a}{(n \times \sigma'_b)} = \frac{1850}{(17,5 \times 115,5)} = 0,915$$

Dari perhitungan program SAP 2000 didapat gaya-gaya yang bekerja pada poer. Dengan asumsi pelaksanaan yang sulit maka direncanakan eksentrisitas pada pile cap tunggal.



**Gambar 8.14** – Beban yang bekerja pada pile cap tunggal

Dari gambar diperoleh

$$P_{\max} = 128899.84 \text{ kg}$$

$$M_{\max} = 48384.66 \text{ kg.m}$$

$$e_x = 0.6 \text{ m}$$

$$M = P_{\max} \times e_y + M_{\max} \\ = 128899.8 \times 0.6 - 48384.6 = 28954,8 \text{ kg.m}$$

### ***Perhitungan Tulangan Arah Y dan X***

Dari analisa struktur didapatkan momen Tumpuan

$$Mu = 28954 \text{ kg.m}$$

$$h = ht - \text{Sel.Beton} - \emptyset \text{ geser} - 0,5 \emptyset \text{ lentur}$$

(ht = Tinggi balok)

$$h = 1000 - 80 - 19 - 0,5 \times 25 = 888,5 \text{ mm}$$

$$= 88.85 \text{ cm}$$

$$Ca = \frac{h}{\sqrt{\frac{n \times M}{b \times \sigma'_a}}} = \frac{88,85}{\sqrt{\frac{17,5 \times 28954,8}{2 \times 1850}}}$$

$$= 3,16$$

Dengan melihat tabel Perhitungan Lentur Cara “n”, untuk

Ca = 4.48 dengan  $\delta = 1$  (tulangan simetris), didapatkan :

$$\delta = 1 \rightarrow \phi = 4,882 > \phi_0 = 0.915 \dots (\text{ok})$$

$$100n\omega = 1,901$$

Luas Tulangan yang diperlukan adalah

Tulangan Tarik

$$A = \omega \times b \times h$$

$$= \frac{1,901}{100 \times 17,5} \times 200 \times 88.85$$

$$= 19,3033 \text{ cm}^2 = 1930,33 \text{ mm}^2$$

Dipasang 4D25 (As = 1962,5 mm<sup>2</sup>)

Tulangan Samping

$$A = 10 \% \times A_{\text{tarik}} \text{ (PBI '71 Pasal.9.3(5))}$$

$$= 10 \% \times 1962,5$$

$$= 196,25 \text{ mm}^2$$

Dipasang 2D16 (As = 401,92 mm<sup>2</sup>)

Tulangan Tekan

Tulangan tekan direncanakan simetris ( $\delta = 1$ ) sehingga

$$\begin{aligned} A' &= \delta \times A \\ &= 1 \times 1962,5 \\ &= 1962,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang 4D25 ( $A_s = 1962,5 \text{ mm}^2$ )

Cek jarak tulangan tarik

Tulangan direncanakan dipasang sebanyak 4 buah, sehingga jarak tulangan sebesar :

$$s = \frac{200 - 2 \times 8 - 2 \times 1,9 - 4 \times 2,5}{4 - 1} = 56 \text{ cm} > 4,2 \text{ cm} \dots \text{OK}$$

### **Kontrol Retak**

Berdasarkan PBI 1971 Pasal 10.7.1b retak yang diijinkan 0,01 cm. Dengan menggunakan tabel 10.7.1 PBI 1971 maka didapatkan:

Koefisien untuk perhitungan lebar retak:

$$\omega_p = \frac{A}{Bt}; C_3 = 1,50; C_4 = 0,16 \text{ dan } C_5 = 30$$

$Bt$  = luas penampang beton yang tertarik =  $200 \times 100 \text{ cm}^2$

$$\text{maka } \omega_p = \frac{1962,5}{2000 \times 1000} = 0,001$$

Besarnya lebar retak pada pembebanan tetap akibat beban kerja dihitung dengan rumus berikut:

$$w = \alpha \left( C_3 \cdot c + C_4 \cdot \frac{d}{\omega_p} \right) \left( \sigma_a - \frac{C_5}{\omega_p} \right) 10^{-6} \quad (\text{cm})$$

$$w = 1 \left( 1,50 \cdot 8 + 0,16 \cdot \frac{2,5}{0,001} \right) \left( 1850 - \frac{30}{0,001} \right) 10^{-6} \quad (\text{cm})$$

$$w = -11,59 < 0,01 \text{ cm} \dots \text{OK !}$$

**Kontrol kekuatan tulangan terhadap gaya tarik pada sambungan antara pile-pilecap-balok**

Steel pile harus dicek kemampuannya dalam menahan gaya aksial ( $P$ ) tarik terbesar yang terjadi pada tiang tegak sebesar =  $15852.07=15,8$  ton

Beberapa hal yang harus dicek antara lain :

- a) Kekuatan tarik dari tulang yang berada didalam steel pile (**10 – D19**,  $f_y=320\text{Mpa}$ )
  1.  $P_{nt}$  (kekuatan tarik tulangan =  $A_s \cdot n \cdot f_y \cdot \emptyset$ )
  2. Dimana  $\emptyset = 0.8$  (SNI 2847 2002, 11.3.2 ,  $\emptyset$  untuk axial tension atau  $P_{tarik}$ )
  3.  $P_{nt} = 2833,85 \times 320 \times 0,8 = 725465 \text{ N} = 73 \text{ ton}$
  4.  $P_{nt} > P_{tension} = 73 \text{ ton} > 15,8 \text{ ton} \dots\dots\text{OK}$
  
- b) Panjang penyaluran tulangan steel pile ke dalam poer (**10 – D19**,  $L=750\text{mm}$ ) yang diperlukan ( $L$ ) :
  1.  $P_{tension} = 15,8 \text{ ton} = 158000 \text{ N}$
  2.  $L = \frac{P_{tension}}{n \cdot \pi \cdot d \cdot f_r} < L_{pasang} = 750\text{mm}$  (maka ok)
  3. Dimana  $f_r = 0.7\sqrt{f_c'}$  ..(SNI 2847 2002, 11.5.2) =  $0.7\sqrt{29} = 3,77 \text{ Mpa}$
  4.  $L = \frac{P_{tension}}{n \cdot \pi \cdot d \cdot f_r} = \frac{158000}{10 \times 3.14 \times 19 \times 3,77} = 70 \text{ mm} < 750\text{mm}$
  
- c) Kuat tarik tulangan angker pada pilecap ke balok (**8 – D19**,  $f_y=320\text{Mpa}$ ):
  1.  $P_{nt}$  (kekuatan tarik tulangan =  $A_s \cdot n \cdot f_y \cdot \emptyset$ )
  2. Dimana  $\emptyset = 0.8$  (SNI 2847 2002, 11.3.2 ,  $\emptyset$  untuk axial tension atau  $P_{tarik}$ )
  3.  $P_{nt} = 2267,08 \times 320 \times 0,8 = 58 \text{ ton}$
  4.  $P_{nt} > P_{tension} = 58 \text{ ton} > 15,8 \text{ ton} \dots\dots\text{OK}$

d) Kebutuhan panjang penyaluran tulangan angker (L) (**8 – D19, L=600mm**)

$$1. P_{\text{tension}} = 158000 \text{ N}$$

$$2. L = \frac{P_{\text{tension}}}{n \cdot \pi \cdot d \cdot f_r} < L_{\text{pasang}} = 600 \text{ mm (maka ok)}$$

$$3. \text{Dimana } f_r = 0.7 \sqrt{f'c'} \text{ ..(SNI 2847 2002, 11.5.2) = } \\ 0.7 \sqrt{29} = 3,77 \text{ Mpa}$$

$$4. L = \frac{P_{\text{tension}}}{n \cdot \pi \cdot d \cdot f_r} = \frac{158000}{8 \times 3.14 \times 19 \times 3,77} = 87 \text{ mm} < 600 \text{ mm}$$

### **Kontrol kemampuan beton pada pile menerima tarik**

Sambungan antara steel pile JIS A5525 dan pilecap menggunakan beton mutu K350. Jadi mutu beton yang digunakan harus dicek terhadap gaya tarik (tension) aktual yang terjadi. Tegangan beton yang diijinkan untuk menerima tarik pada pembebanan tetap beton K350 adalah :  
n

$$\sigma_b = 0.48 \sqrt{\sigma_{bk}} = 0.48 \sqrt{350} = 9 \text{ kg/cm}^2$$

Tegangan tarik ijin diatas yang akan digunakan untuk mengontrol gaya tarik aksial pada beton.

Allowable tension force  $\sigma_{bi} = \sigma_b \cdot A_s$  ,dimana :

$$A_s = \text{Luas selimut bagian dalam beton penutup pile } A_s = \pi D \cdot h$$

$$A_s = 3.14 \times 98,1 \text{ cm} \times 280 \text{ cm} = 86249,52 \text{ cm}^2$$

$$\sigma_{bi} = \sigma_b \cdot A_s$$

$$= 9 \text{ kg/cm}^2 \times 86249,52 \text{ cm}^2 = 776245,68 \text{ kg} = 776,25 \text{ Ton}$$

$$\sigma_{bi} > \text{Actual Tension Force} = 776,25 \text{ Ton} > 66.2 \text{ ton} \text{ .....OK}$$

**Kontrol kekuatan tulangan dan beton pada sambungan antara pile-pilecap-balok dalam menerima gaya geser**

Gaya horisontal maksimum (Shear Force) pada tiang pancang  $4779.67\text{kg} = 4,77967\text{ton} = 47796\text{ N}$ ,

Beberapa hal yang perlu dicontrol:

- a) Kekuatan tulangan di dalam steel pile (**10 – D19**)
  1.  $P_{nt} = A_s \cdot n \cdot f_y \cdot \phi$  ( $f_y = 320\text{ Mpa}$ )  
Dimana  $\phi = 0.75$  (shear reduction factor)
  2.  $P_{nt} = 2833 \times 320 \times 0.75 = 226708\text{ N}$   
 $= 23\text{ ton} > 4,7\text{ ton} \dots \text{OK}$
- b) Tegangan geser beton dan pelat, serta kekuatan beton menerima gaya horisontal.  
Kekuatan beton disekeliling tulangan  $= n \times L \times d \times f_c$   
Dimana:  $f_c' = 29\text{ Mpa}$  (K350)  
 $L = \text{panjang tul. di atas pile}$   
 $= 250\text{ mm}$   
Kekuatan beton terhadap gaya horisontal (shear force)  
 $= 10 \times 250\text{ mm} \times 29\text{ mm} \times 29\text{ Mpa}$   
 $= 2102500\text{ N} > 47796\text{ N} \dots \text{OK}$
- c) Kekuatan tulangan angker (10 – D19,  $f_y = 320\text{ Mpa}$ )
  1.  $P_{nt} = A_s \cdot n \cdot f_y \cdot \phi$
  2. Dimana,  $\phi = 0.75$  (shear reduction factor)
  3.  $P_{nt} = 2833 \times 320 \times 0.75 = 226708\text{ N}$   
 $= 226708\text{ N} > 47796\text{ N} \dots \text{OK}$

**Kontrol kekuatan tulangan angker pada sambungan antara pilecap-balok dalam menerima momen**

Gaya tarik akibat momen yang terjadi pada satu tulangan angker harus lebih kecil dari kemampuan tulangan menahan tarik.

**Tabel 8.8** Penulangan untuk Semua Jenis Struktur

| STRUKTUR        | Ca   | Ø   | ↓     | 100mm |                  |         | Ca   | Ø        | ↓      | 100mm |                   |         | Tulangan Geser |          |      |      |         |         |
|-----------------|------|-----|-------|-------|------------------|---------|------|----------|--------|-------|-------------------|---------|----------------|----------|------|------|---------|---------|
|                 |      |     |       | Tarik | Tulangan Tumpuan |         |      |          |        | Tarik | Tulangan Lapangan |         |                |          |      |      |         |         |
|                 |      |     |       |       | Samping          | Tekanan | M    |          |        |       | Samping           | Tekanan | Tumpuan        | Lapangan |      |      |         |         |
| BAKOK MELINTANG | 4.24 | 0.2 | 2.509 | 5.99  | 7025             | 2016    | 2025 | 39423.91 | 5.04   | 1508  | 0.2               | 3       | 4.34           | 5025     | 2015 | 2025 | D19-150 | D19-150 |
| BAUK MENANG     | 4.15 | 0.2 | 2.39  | 6.533 | 7025             | 2016    | 2025 | 39816.37 | 5.0166 | 0.2   | 3                 | 4.34    | 5026           | 2016     | 2025 |      | D19-150 | D19-150 |
| PILECAP TUNGGAL | 7.59 | 1   | 4.882 | 1.901 | 4025             | 2016    | 4025 |          |        |       |                   |         |                |          |      |      |         |         |
| PILECAP GANDA   | 6.37 | 1   | 4.128 | 2.678 | 6025             | 2016    | 6025 |          |        |       |                   |         |                |          |      |      |         |         |

#### 8.4. Perencanaan Pondasi

Pondasi yang digunakan untuk trestle Pelabuhan Tanjungwangi adalah tiang pancang baja

##### A. Data Spesifikasi Tiang Pancang

Adapun spesifikasi dari tiang pancang baja ini adalah sebagai berikut:

##### Dimensi Tiang:

|                               |   |
|-------------------------------|---|
| Tiang pancang baja JIS A 5525 |   |
| Diameter                      | = 1016,0 mm                             |
| Tebal                         | = 19 mm                                 |
| Luas penampang                | = 595,1 cm <sup>2</sup>                 |
| Berat                         | = 467 kg / m                            |
| Momen Inersia                 | = 740 x 10 <sup>3</sup> cm <sup>4</sup> |
| Section Modulus               | = 146 x 10 <sup>2</sup> cm <sup>3</sup> |
| Jari-jari girasi              | = 35,2 cm                               |
| Luas permukaan luar           | = 3,19 m <sup>2</sup> /m                |

##### Mutu Baja

Digunakan baja dengan mutu sebagai berikut :

$$f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

##### B. Daya Dukung Tiang Akibat Beban Vertikal

Perhitungan nilai daya dukung ultimate tiang pancang akibat beban vertikal menggunakan metode Luciano Decourt (1982), dalam *Daya Dukung Pondasi Dalam* oleh Prof. Dr. Ir. Herman Wahyudi hal 15.



Kapasitas daya dukung ultimate sebuah tiang pancang dihitung dengan persamaan :

$$Q_L = Q_p + Q_s = \alpha (q_p \cdot A_p) + \beta (q_s \cdot A_s) \\ = \alpha (\tilde{N}_p \cdot K \cdot A_p) + \beta \left( \left( \frac{N_s}{3} + 1 \right) A_s \right)$$

$$Q_{ad} = \frac{Q_L}{SF}$$

Dimana :

$\tilde{N}_p$  = Harga rata-rata SPT disekitar 4B diatashingga 4B di bawah dasar tiang pondasi (B= diameter pondasi)

$$= \frac{\sum_{i=1}^n Ni}{n}$$

K = Koefisien karakteristik tanah  
 = 12 t/m<sup>2</sup> = 117 kPa, tanah lempung  
 = 20 t/m<sup>2</sup> = 196 kPa, tanah lanau berlempung  
 = 25 t/m<sup>2</sup> = 245 kPa, tanah lanau berpasir  
 = 40 t/m<sup>2</sup> = 392 kPa, tanah pasir

$A_p$  = Luas penampang dasar tiang

$q_p$  = Tegangan di ujung tiang

$q_s$  = Tegangan akibat lekatan lateral dalam t/m<sup>2</sup>

$\tilde{N}_s$  = Harga rata-rata sepanjang tiang yang tertanam, dengan batasan :  $3 \leq N \leq 50$

$A_s$  = Keliling x panjang tiang yang terbenam (luas selimut tiang)

$Q_{ad}$  = Q admissible , yaitu daya dukung yang diijinkan.

SF = Safety Factor, diambil 3

$\alpha$  = Base coefficient = 1 (Driven Pile)

$\beta$  = Shaft Coefficient = 1 (Driven Pile)

Harga  $N$  dibawah muka air tanah harus dikoreksi menjadi  $N'$  berdasarkan perumusan sebagai berikut (Terzaghi & Peck) :

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

$N$  = jumlah pukulan kenyataan di lapangan untuk di bawah muka air tanah.

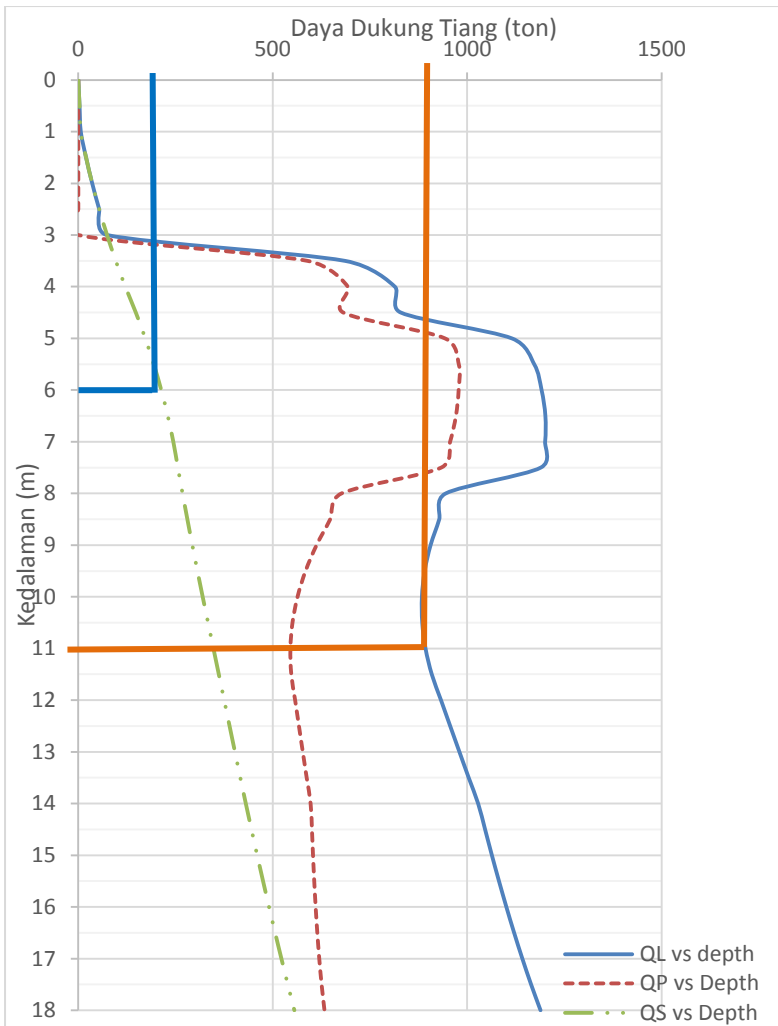
Perhitungan daya dukung dilakukan pada setiap titik bore hole dermaga, yaitu titik BH 3.

Grafik hubungan antara daya dukung pondasi dengan kedalaman dapat dilihat pada **Gambar 8.15**

Dari hasil perhitungan analisa struktur menggunakan SAP 2000 didapatkan beban rencana pada tiang pancang tegak dan miring. Nilai beban rencana tersebut dapat dilihat pada **Tabel 8.9**. Penentuan kedalaman tiang pancang disesuaikan dengan kebutuhan beban rencana.

| Tipe tiang | Tipe beban  | Beban Rencana |      |
|------------|-------------|---------------|------|
| TEGAK      | P ( tekan ) | -140111.75    | kg   |
|            | P ( tarik ) | 15852.07      | kg   |
|            | V2          | 3944.2        | kg   |
|            | V3          | 4779.67       | kg   |
|            | M2          | -57732.2      | kg.m |
|            | M3          | -48384.66     | kg.m |
| MIRING     | P ( tekan ) | -253186.14    | kg   |
|            | P ( tarik ) | 137643.64     | kg   |
|            | V2          | 4051.11       | kg   |
|            | V3          | 4393.73       | kg   |
|            | M2          | -51562.28     | kg.m |
|            | M3          | -43482.92     | kg.m |
| DIFLEKSI   | U1          | 3,5           | mm   |
|            | U2          | 3,8           | mm   |

**Tabel 8.9** Output Gaya Dalam Tiang Pancang dari SAP 2000



**Gambar 8.15** Grafik Daya Dukung vs Kedalaman

Dari grafik dalam **Gambar 8.15** didapatkan kedalaman minimum tiang pancang miring dan tegak sebagai berikut :  
 Tiang pancang tegak tekan : -3.00 m = -13 m dari LWS.  
 Tiang pancang tegak tarik : -3.00 m = -13 m dari LWS  
 Tiang pancang miring tekan: -11 m = -21 m dari LWS.  
 Tiang pancang miring tarik : -6.00 m = -16m dari LWS  
 Jadi, kebutuhan kedalaman tiang pancang yang menentukan adalah 21 m dari LWS.

### C. Kontrol Momen

Momen yang terjadi, yaitu momen yang didapat dari analisa SAP 2000 harus lebih kecil dari momen bahan tiang pancang ( $M_u$ ).

$$M_y \leq M_u = F_y \cdot S_x \text{ atau } y$$

$$M_y \leq M_u = F_y \cdot 1,5 Z_x \text{ atau } y$$

Dimana :

$M_y$  =Kuat rencana ultimate ( momen hasil SAP)

$F_y$  =Tegangan leleh rencana = 2500 kg/cm<sup>2</sup> (BJ41)

$S_x \text{ atau } y$  =Modulus Penampang Plastis

$$= D^2 t - 2Dt^2 + \frac{4}{3} t^3$$

$$= 1,016^2 \times 0,019 - 2 \times 1,016 \times 0,019^2 + \frac{4}{3} 0,019^3$$

$$= 0,019612864 - 7,33552 \times 10^{-4} + 9,14533 \times 10^{-6}$$

$$= 0,0188885 \text{ m}^3$$

$Z_x \text{ atau } y$  = Modulus Penampang Elastis

$$= \frac{\pi}{32D} (D^4 - (D - 2t)^4)$$

$$= \frac{\pi}{32 \times 1,016} (1,016^4 - (1,016 - 2 \times 0,019)^4)$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,0145537 \text{ m}^3 \\
 \text{Mu} &= 2500 \times 10^4 \times 0,0188885 = 453324 \text{ kg.m} \\
 &= 472,212 \text{ t.m} \\
 \text{Mu} &= 2500 \times 10^4 \times 1,5 \times 0,0145537 = 523933,2 \text{ kg.m} \\
 &= 545,764 \text{ t.m}
 \end{aligned}$$

Maka ,

Momen yang terjadi :

Momen Tiang Tegak :

$$M2 = 50,612 \text{ t.m} < \text{Mu} \dots \text{OK!}$$

$$M3 = 56,098 \text{ t.m} < \text{Mu} \dots \text{OK!}$$

Momen Tiang Miring :

$$M2 = 54,772 \text{ t.m} < \text{Mu} \dots \text{OK!}$$

$$M3 = 55,093 \text{ t.m} < \text{Mu} \dots \text{OK!}$$

#### D. Daya Dukung Tiang Akibat Beban Horizontal

Beban yang dipikul oleh tiang pancang tidak hanya beban vertikal tetapi juga beban horizontal. Oleh karena itu perlu dilakukan pengecekan ketahanan tiang pancang terhadap beban horizontal. Gaya horizontal yang terjadi (hasil SAP 2000 ) harus lebih kecil dari gaya horizontal yang mampu dipikul bahan ( $H_u$ ).

Perhitungan daya dukung tiang terhadap beban lateral menggunakan cara Tomlinson dalam ”*Daya Dukung Pondasi Dalam oleh Dr. Ir. Herman Wahjudi hal 55*”:

$$\text{Fixed-headed pile : } H_u = 2\text{Mu} / (e+Zf)$$

Dimana:

$H_u$  = ultimate lateral resistance

Mu = Momen ultimate bahan = 472,212 tm (diambil terkecil)

e = jarak antara lateral load (H) yang bekerja dengan muka tanah.

Dengan mengambil kedalaman seabed -10 m, elevasi trestle +4 mLWS dan beban lateral bekerja pada sumbu balok maka nilai e,

$$e = 14.4 \text{ m}$$

Zf = titik jepit = 10 m (Bab 5.2)

$$Hu = \frac{2 \text{ Mu}}{e + Zf} = \frac{2 \times 472,212}{14.4 + 10} = 38,7 \text{ ton}$$

H yang terjadi

Tiang Tegak :

$$V2 = 3,5 \text{ t} < Hu \dots \text{OK!}$$

$$V3 = 3,5 \text{ t} < Hu \dots \text{OK!}$$

Tiang Miring

$$V2 = 3,5 \text{ t} < Hu \dots \text{OK!}$$

$$V3 = 3,5 \text{ t} < Hu \dots \text{OK!}$$

#### E. Defleksi tiang vertikal akibat lateral load

Hasil dari SAP didapatkan hasil :

$$U1 = 3,2 \text{ mm} < 4 \text{ mm} \dots \text{Ok}$$

$$U2 = 3,8 \text{ mm} < 4 \text{ mm} \dots \text{Ok}$$

#### F. Kontrol kekuatan bahan

Tegangan yang terjadi akibat beban aksial (P) dan momen (M) pada tiang yang didapat dari analisa SAP 2000 harus lebih kecil dari tegangan ijin tiang pancang (fy). Tegangan pada tiang pancang dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\sigma = \frac{P}{A} \pm \frac{M \cdot y}{I}$$

$$y = 0,5 D = 0,508 \text{ m}$$

maka tegangan tiang,

$$\begin{aligned} \text{Tiang miring, } \sigma &= \frac{253186,14}{0,05951} + \frac{43482,92}{0,0146} \\ &= 7232796,391 \text{ kg/m}^2 \\ &= 723,27 \text{ kg/cm}^2 < 2700 \text{ kg/cm}^2 \dots \text{OK} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tiang tegak, } \sigma &= \frac{140111,75}{0,05951} + \frac{57732,2}{0,0146} \\ &= 6308683,9 \text{ kg/m}^2 \\ &= 630,86 \text{ kg/cm}^2 < 2400 \text{ kg/cm}^2 \dots \text{OK} \end{aligned}$$

### G. Kemampuan Tiang Berdiri Sendiri

Tiang pancang pada saat pelaksanaan harus dikontrol terhadap frekuensi gelombang. Sehingga tiang akan stabil walaupun pada saat berdiri sendiri.  $\omega$  gelombang diambil sebesar 6s. Adapun cara menghitung  $\omega$  tiang adalah dengan perumusan berikut:

$$\omega_t = 1.73 \sqrt{\frac{EI}{\left(\frac{wi^3}{g}\right)}} \geq \omega$$

dimana:  $E = 2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$   
 $I = 740000 \text{ cm}^4$

- w = berat tiang (kg)
  - untuk tiang tegak = 18,9 ton
  - untuk tiang miring = 19,14 ton
- i = tinggi tiang di atas tanah (m)
  - = 14 m (tiang tegak)
  - = 14,1 m (tiang miring)
- g = 10 m/s<sup>2</sup>

▪  **$\omega$  tiang pancang tegak**

$$\omega_t = 1.73 \sqrt{\frac{2.1 \cdot 10^6 \cdot 740000}{\left(\frac{1890 \cdot 2000^3}{1000}\right)}}$$

$$= 17,54 \text{ s} > \omega_{\text{gelombang}} (6\text{s}) \dots \text{OK!!}$$

▪  **$\omega$  tiang pancang miring**

$$\omega_t = 1.73 \sqrt{\frac{2.1 \cdot 10^6 \cdot 740000}{\left(\frac{1914 \cdot 2025^3}{1000}\right)}}$$

$$= 7.85 \text{ s} > \omega_{\text{gelombang}} (6\text{s}) \dots \text{OK!!}$$

Jadi dapat disimpulkan bahwa tiang pancang tegak dan tiang pancang miring stabil terhadap frekuensi gelombang dan bisa berdiri sendiri.

## H. Kontrol Tekuk

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

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot 2100000 \cdot 740000}{(1000 + 1440)^2} = 2573538,431 \text{ kg} = 2573,43 \text{ ton}$$

**$P_{cr} > P_u$  (253 ton) ..... (OK)**

## I. Kalendering

Perumusan kalendering yang dipakai adalah *Alfred Hiley Formula (1930)*.

$$Q_u = \frac{\alpha \cdot W \cdot H}{S + 0.5 \cdot C} \cdot \frac{W + n^2 \cdot W_p}{W + W_p}$$



Karena perhitungan dilakukan sebelum pemancangan, maka yang dihitung adalah nilai  $S$  atau penetrasi/blow, yaitu pengamatan yang dilakukan rata-rata di tiga set terakhir, dengan 10 pukulan tiap setnya. Dan disyaratkan apabila untuk kedalaman yang sama  $S > S'$ , maka pemancangan dihentikan.

Dimana :

$S$  = nilai penetrasi/ blow rencana dari perhitungan

$S'$  = nilai penetrasi/ blow saat pemancangan

▪ **Kalendering tiang pancang tegak**

Data dan asumsi awal perhitungan kalendering adalah:

$H_{\text{hammer}}$  = 2m, tinggi jatuh hammer untuk kondisi normal.

$\emptyset_{\text{tiang}}$  = 101,6 cm

$t$  = 1.9 cm

$P$  = 141ton

$SF$  = 3

$Q_u$  = 3 x 141 ton = 423 ton

$W$  = 10 ton (*hydraulic hammer*)

$\alpha$  = 2.5 (*hydraulic hammer*)

Panjang tiang pancang tegak yang dibutuhkan

( $L$ ) = 21 + 4 – 1.7 m = 23.3 m

$W_p$  = berat tiang pancang (ton)

=  $L \times 0,467$

= 23,3 x 0,467

= 11 ton

$n$  = 0.55(hammer on steel pile without cushion )

$S$  = set/pile penetration for last blow (*cm or mm/blow*)

$C_1$  = Kompresi sementara dari *cushion* ( *pile head & cap*)

$$\begin{aligned}
 &= 0 \text{ (without cushion)} \\
 C_2 &= 10 \text{ mm (untuk steel pile)} \\
 C_3 &= 4 \text{ mm (soft ground SPT)} \\
 \rightarrow C &= C_1 + C_2 + C_3 \\
 &= 0 + 10 + 4 = 14 \text{ mm} = 0.014 \text{ m} \\
 Q_u &= \frac{\alpha \cdot W \cdot H}{S + 0.5 \cdot C} \cdot \frac{W + n^2 \cdot W_p}{W + W_p} \\
 423 &= \frac{2.5 \cdot 10 \cdot 2}{S + 0.5 \cdot 0.014} \cdot \frac{10 + 0.55^2 \cdot 11}{10 + 11} \\
 423 &= \frac{50}{S + 0.007} \cdot \frac{13,3}{21} \\
 423 &= \frac{31,6}{S + 0.007} \\
 423 &= \frac{S + 0.007}{28,62} \\
 S &= \frac{28,62}{423} - 0.007 = 0.067 \text{ m} = 67 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Jadi setting kalendering yang digunakan untuk tiang pancang tegak adalah 67 mm.

▪ **Kalendering tiang pancang miring**

Data dan asumsi awal perhitungan kalendering adalah:

$$H_{\text{hammer}} = 2 \text{ m (hydraulic hammer)}$$

$$\emptyset_{\text{tiang}} = 101,6 \text{ cm}$$

$$t = 1.9 \text{ cm}$$

$$P = 253 \text{ ton}$$

$$SF = 3$$

$$Q_u = 3 \times 253 \text{ ton} = 759 \text{ ton}$$

$$W = 10 \text{ ton (hydraulic hammer)}$$

$$\alpha = 2.5 \text{ (hydraulic hammer)}$$

Panjang tiang pancang miring yang dibutuhkan,

$$L = \sqrt{23,3^2 + \left(\frac{23,3}{8}\right)^2} = 23,5 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 W_p &= L \times 0,467 \\
 &= 23,5 \times 0,467 \\
 &= 11 \text{ ton} \\
 n &= 0.55 (\text{hammer on steel pile without cushion}) \\
 S &= \text{set/pile penetration for last blow (cm or mm/blow)} \\
 C_1 &= \text{kompresi sementara dari cushion (pile head \& cap)} \\
 &= 0 \text{ (without cushion)} \\
 C_2 &= 10 \text{ mm (untuk steel pile)} \\
 C_3 &= 4 \text{ mm (soft ground SPT)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rightarrow C &= C_1 + C_2 + C_3 \\
 &= 0 + 10 + 4 = 14 \text{ mm} = 0.014 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_u &= \frac{\alpha \cdot W \cdot H}{S + 0.5 \cdot C} \cdot \frac{W + n^2 \cdot W_p}{W + W_p} \\
 759 &= \frac{2.5 \cdot 10 \cdot 2}{S + 0.5 \cdot 0.014} \cdot \frac{10 + 0.55^2 \cdot 11}{10 + 11} \\
 759 &= \frac{50}{S + 0.007} \cdot \frac{13,32}{21} \\
 759 &= \frac{31,7}{S + 0.007} \\
 759 &= \frac{31,7}{S + 0.007} \\
 S &= \frac{31,7}{759} - 0.007 = 0.035 \text{ m} = 35 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Jadi setting kalending yang digunakan untuk tiang pancang miring adalah 35 mm.

#### J. Kontrol posisi tiang miring terhadap tiang lainnya

Posisi tiang miring harus dikontrol terhadap kedalamannya sehingga tidak ada tiang yang bertemu. Tiang miring dipasang dengan perbandingan 8:1. Maka:

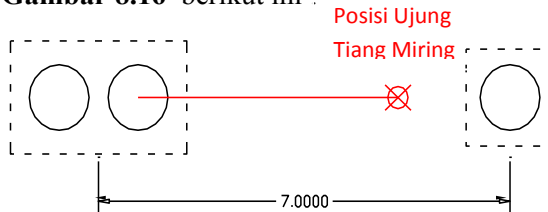
##### Panjang tiang 1

Jarak vetikal ( $y_1$ ) = 23,3 m

$$\text{Jarak horizontal tiang didasar } (x_1) = \frac{23,3}{8} = 2,9 \text{ m}$$

$$z_1 = \sqrt{23,3^2 + 2,9^2} = 23,5 \text{ m (panjang tiang)}$$

Kontrol tiang miring lebih jelasnya dapat dianalisa dengan **Gambar 8.16** berikut ini :



**Gambar 8.16** – Tampak Atas Tiang Pancang

Berdasarkan **Gambar 8.16** , maka dapat disimpulkan bahwa tiang pancang miring tidak bertemu dengan tiang tegak terdekat...OK!!

### K. Kontrol Tiang Pancang Terhadap Korosi

Korosi tiang diasumsikan terjadi sampai tiang ditumbuhi karang yaitu selama 10 tahun. Metode perawatan digunakan dengan menyediakan alokasi tebal tiang yang akan terkorosi yaitu setebal 3mm. sesuai dengan aturan OCDI kecepatan korosi adalah 0.3 mm/tahun, sehingga

$$\text{Diameter rencana(outside)} = 1016\text{mm} - 2 \times 3\text{mm} = 1010$$

$$\text{Diameter dalam} = 997\text{mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas penampang (A)} &= 0.25 \pi (D_1^2 - D_2^2) \\ &= 0.25 \pi (1010^2 - 997^2) \\ &= 20491,82 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen iersia (I)} &= 1/64 \pi (D_1^4 - D_2^4) \\ &= 1/64 \pi (1010^4 - 997^4) \\ &= 2579547881 \text{ mm}^4 = 257954,79\text{cm}^4 \end{aligned}$$

$$\text{Section moduluds (S}_{xy}) = \frac{\pi(101^4 - 99,7^4)}{32(101)} = 5108,02 \text{ cm}^3$$

$$f_y \text{ minimal (JIS A 5525)} = 25000 \text{ kg/ cm}^2$$

$$M_{ijin \text{ max}} = f_y \times \text{Section Modulus}$$

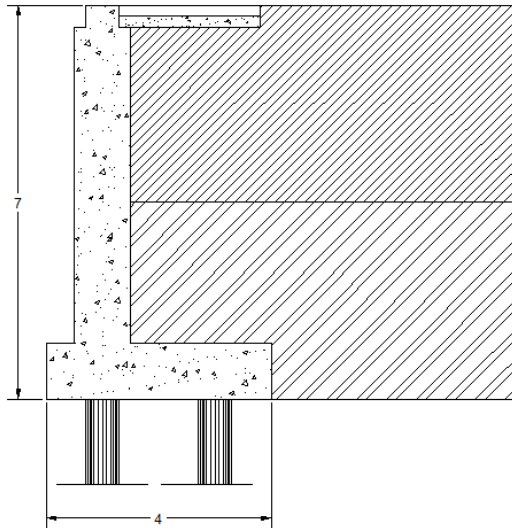
$$= 2500 \times 5108,02$$

$$= 12770050 \text{ kgcm} = 127 \text{ t-m}$$

$$M_{ijin} > M_u (56 \text{ t.m}) \dots\dots \textbf{(OK)}$$

## 8.5 Perhitungan Abutment

Abutment trestle adalah bangunan perletakan struktur trestle untuk menghubungkan daerah timbunan dan daerah trestle ,dalam perancangan ini direncanakan tinggi abutment 7 m dan lebar abutment 14 meter dapat dilihat seperti ( **gambar 8.16** )



**Gambar 8.17** : Abutment trestle

### 8.5.1 Perhitungan Berat abutment

**Tabel 8.10** perhitungan abutment

| Segmen | Berat W (t/m <sup>2</sup> ) |      |        | Yo | Mo    | Ya   | Ma     |
|--------|-----------------------------|------|--------|----|-------|------|--------|
|        | berat jenis                 | A    | W      |    |       |      |        |
| 1      | 2.4                         | 0.08 | 0.192  | 1  | 0.192 | 0.75 | 0.14   |
| 2      | 2.4                         | 5.6  | 13.44  | 1  | 13.44 | 0.75 | 10.08  |
| 3      | 2.4                         | 3    | 7.2    | 0  | 0     | 1.50 | 10.80  |
|        |                             | Σ    | 20.832 |    | 13.63 |      | 21.024 |

(Sumber : hasil perhitungan)

Titik berat abutment didapatkan dari  $\frac{\sum A.y}{\sum M}$  sehingga didapatkan

titik berat dari titik A adalah  $\frac{20,83}{21,024} = 0,99$  m dari titik A

titik berat dari titik O adalah  $\frac{20,83}{13,83} = 1,5$  m dari titik O

**Tabel 8.11 perhitungan berat tanah**

| Segmen | Berat W (t/m <sup>2</sup> ) |     |       | Yo   | Mo   | Ya   | Ma      |
|--------|-----------------------------|-----|-------|------|------|------|---------|
|        | berat jenis                 | A   | W     |      |      |      |         |
| 1      | 1.9                         | 7.5 | 14.25 | 0.75 | 10.7 | 2.25 | 32.06   |
| 2      | 1.8                         | 7.5 | 13.5  | 0.75 | 10.1 | 2.25 | 30.38   |
|        |                             | ∑   | 27.75 |      | 20.8 |      | 62.4375 |

(Sumber : Hasil perhitungan )

Titik berat abutment didapatkan dari  $\frac{\sum A.y}{\sum M}$  sehingga didapatkan

titik berat dari titik A adalah  $\frac{27,75}{62,43} = 0,44$  m dari titik A

titik berat dari titik O adalah  $\frac{27,75}{20,8} = 1,334$  m dari titik O

### 8.5.2 Perhitungan tanah aktif dan momen

Koefisien tekanan tanah aktif :

- $K_a = \tan^2 (45^\circ - \theta/2)$
- $K_{a1} = \tan^2 (45^\circ - 30/2) = 0,33$
- $K_{a2} = \tan^2 (45^\circ - 20/2) = 0,49$

Dibelakang abutment terdapat beban kendaraan yang ekuivalen dengan urugan tanah setinggi 0,6 m ,serta plat injak dengan ketebalan 0,2 m dan pekerasan sebesar 0,6 t/m<sup>2</sup> dari perhitungan plat lantai kendaraan , maka beban merata dapat dihitung sebagai berikut :

- $q_1 = 1,14 \text{ t/m}^2$
- $q_2 = 0,6 \text{ t/m}^2$
- $q_3 = 2,4 \times 0,2 = 0,48 \text{ t/m}^2$

Jadi  $q \text{ total} = q_1 + q_2 + q_3 = 2,22 \text{ t/m}^2$

Tegangan horizontal tanah

- Akibat beban surcharge 2,22

$$F_1 = K_{a1} \cdot q = 2,22 \cdot 0,333 = 0,74 \text{ t/m}^2$$

- Akibat tanah urug 3,5 m

$$F_2 = F_1 + K_{a1} \cdot \gamma_1 \cdot h_1$$

$$F_2 = 0,74 + 0,33 \cdot 1,9 \cdot 3,5 = 2,93 \text{ t/m}$$

- Akibat tanah urug 3,5 m terhadap  $K_{a2}$

$$F_3 = (q + \gamma_1 \cdot h_1) K_{a2}$$

$$F_3 = (2,22 + 1,9 \cdot 3,5) 0,49 = 4,34 \text{ t/m}$$

- Akibat tanah urug 3,5 m di  $K_{a2}$

$$F_4 = F_3 + K_{a2} \cdot \gamma_2 \cdot h_2$$

$$F_4 = 4,34 + 0,49 \cdot 1,8 \cdot 3,5 = 7,427 \text{ t/m}$$



**Tabel 12** Momen Ea pada titik O

| Segmen   | Ea / 1 meter (ton) | Yo (m) | Mo (tm) |
|----------|--------------------|--------|---------|
| 1        | 2.59               | 5.25   | 13.60   |
| 2        | 2.5375             | 4.67   | 11.84   |
| 3        | 15.19              | 1.75   | 26.58   |
| 4        | 5.39               | 1.17   | 6.29    |
| $\Sigma$ | 25.7075            | 11.67  | 52.02   |

(Sumber : hasil perhitungan)

### Perhitungan Tekanan Tanah Pasif & Momen

Untuk perencanaan ini tekanan tanah pasif diabaikan untuk beberapa alasan an anrata lain :

- kontruksi dihitung untuk kondisi paling kritis
- pada saat pelaksanaan gaya gaya pasif tidak ada sehingga tidak diperhitungkan
- Gaya pasif terjadi saat pelaksanaan pembangunan selesai atau saat bangunan siap digunakan

### 8.5.3 Pembebanan

Berat total adalah berat kantilive pada trstel ditambah dengan 0,5 x berat abutment

#### Beban Mati

- Berat pelat :  $2,9 \times 0,4 \times 12 \times 1,5 = 20,88$  ton
- Berat balok :  $2,9 \times 1,2 \times 0,8 \times 4,5 = 12,525$  ton
- Berat air hujan :  $0,05 \times 1 \times 1,5 \times 12 = 0,9$  ton
- Berat total beban : = 34.305 ton

#### Beban Hidup

Beban Truk = 11,75 ton

$$\text{Beban hidup} = 4 \times 11,75 \text{ ton} = 47 \text{ ton}$$

Beban Total

$$\text{Beban hidup} + \text{beban Mati} = 47 \text{ ton} + 34.305 = 81,305 \text{ ton}$$

WTP = berat trestle + 0,5 berat abutment

$$= 81,305 \text{ ton} + 0,5 \times 20,83 \text{ ton} \times 14 = 227,115 \text{ ton}$$

$$E = 4700\sqrt{fc} = 4700\sqrt{35} = 27805,5 \text{ Mpa} = 27805,57 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2$$

### **Beban Gempa Arah memanjang**

$$\text{TEQ} = C.S.I. W_{\text{total}}$$

Dimana : C = koefisien geser dasar gempa (0,18)

S = Faktor type bangunan = 1

I = factor kepentingan = 1,2

$$T_{\text{EQ}(y)} = 0,18 \times 1 \times 1,2 \times 227,115 = 49 \text{ ton}$$

### **Beban Gempa Arah melintang**

$$\text{TEQ} = C.S.I. W_{\text{total}}$$

Dimana : C = koefisien geser dasar gempa (0,18)

S = Faktor type bangunan = 1

I = factor kepentingan = 1,2

$$T_{\text{EQ}(y)} = 0,18 \times 1 \times 1,2 \times 227,115 = 49 \text{ ton}$$

### Beban Tekanan Tanah akibat Gempa

$$K_{ag} = \frac{\text{Cos}^2(\varphi - \theta - \beta)}{\mu \cdot \text{Cos} \theta \cdot \text{Cos}^2 \beta \cdot \text{Cos}(\delta + \beta + \theta)}$$

Dimana :

$K_{ag}$  = koefisien tekanan aktif dinamik

$\beta$  = Kemiringan tepi belakang tembok diukur terhadap vertikal = 0

$K_h$  = Koefisien gempa horizontal = C l arah melintang  
= 0,18 x 1,2 = 0,216

$K_v$  = Koefisien gempa vertikal = 0,1

$\theta$  = Koefisien gempa = 12,2

$\delta$  = sudut geser rencana tembok dengan tanah = 15°

$\varphi$  = sudut geser dalam tanah = 20°

$\alpha$  = Kemiringan urugan = 0

$$\begin{aligned} \mu &= \left[ 1 + \sqrt{\frac{\text{Sin}(\varphi + \delta) \cdot \text{Sin}(\varphi - \theta - \alpha)}{\text{Cos}(\delta + \beta + \theta) \cdot \text{Cos}(\beta - \alpha)}} \right]^2 \\ &= \left[ 1 + \sqrt{\frac{\text{Sin}(20 + 15) \cdot \text{Sin}(30 - 12,2 - 0)}{\text{Cos}(15 + 0 + 12,2) \cdot \text{Cos}(0 - 0)}} \right]^2 \\ &= 2,085 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 K_{ag} &= \frac{\cos^2(\varphi - \theta - \beta)}{\mu \cdot \cos \theta \cdot \cos^2 \beta \cdot \cos(\delta + \beta + \theta)} \\
 &= \frac{\cos^2(20 - 12,2 - 0)}{2 \cdot \cos 12,2 \cdot \cos^2 0 \cdot \cos(15 + 0 + 12,2)} \\
 &= 0,56
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tag} &= 0,5 \times \gamma \times H^2 \times (1 - kv) \times K_{ag} \\
 &= 0,5 \times 1,9 \times 49 \times 0,9 \times 0,56 \\
 &= 23,5 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Titik tangkap gempa

$$Y = 0,6 \times H = 0,6 \times 7 = 4,2$$

$$M_x = 23,5 \times 4,2 = 98,7 \text{ ton}$$

**Tabel 13** Rangkuman beban yang terjadi

| Beban               | V      | Hy      | Hx      | Ordinat | My      | Mx      |
|---------------------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|
|                     | (ton)  | (ton)   | (ton)   | (m)     | (ton m) | (ton m) |
| M                   | 227.15 |         |         | 1       | 227.15  |         |
| H                   | 47     |         |         | 1       |         |         |
| Ta                  |        | 138.139 | 138.139 | 7       | 966.973 |         |
| Hg <sub>(bwh)</sub> |        | 49      | 49      | 1.83    | 89.67   | 89.67   |
| Tag                 |        | 23.5    |         | 4.2     | 98.7    |         |

(Sumber : hasil perhitungan)

### 8.5.4 Kontrol stabilitas

#### Kontrol terhadap guling

Kontrol terhadap guling dihitung terhadap titik O . kontrol terhadap guling menggunakan  $SF \geq 1,5$  :

$$\frac{\Sigma \text{momen penahan}}{\Sigma \text{momen guling}} \geq 1,5$$

Momen penahan

= Moment abutment + momen timbunan

= 34,43 tm

Moment guling

Momen akibat tekanan tanah

=52,02 tm

Maka  $SF = \frac{34,43}{52,02} = 0,66 < 1,5$  ( maka diperlukan tiang pancang )

#### Kontrol terhadap geser

Faktor keamanan terhadap geser di hitung menggunakan persamaan

$$SF = \frac{\alpha \cdot B \cdot W \cdot \tan \delta}{P}$$

Dimana :

a = Karakteristik adhesi antara tanah dengan abutment

B= Lebar pondasi

P = Komposisi horizontal dari beban

$\delta$  = Faktor lekatan / hambatan antara tanah dengan abutment

Nilai  $\delta$  dengan unsur a diabaikan

= $30^0$  untuk tanah butir kasar tanpa lanau dan lempung

= $25^0$  untuk butir kasar dengan lanau atau lempung

= $20^0$  untuk kasus tanah yang lain

Nilai SF untuk tekanan tanah pasif diperhitungkan adalah 2 , sedangkan untuk perhitungan tanah pasif diabaikan maka SF yang digunakan adalah 1,5

$W = R_a + W_{\text{abutmen}} + W_{\text{timbunan}}$

$$W = 22,872 + 20,832 + 27,75 = 70,854 \text{ ton}$$

$W = W_{\text{abutment}} + W_{\text{timbunan}}$

$$W = 20,832 + 27,75 = 48,58 \text{ ton}$$

$$R_a = \frac{22,872 \times 1 \times 1}{14} = 2$$

$$P = \sum E a = 25,7 \text{ ton}$$

$$\text{Maka } SF_1 = \frac{70,854}{25,7} = 2,75 \geq 1,5 \text{ OK}$$

$$\text{Maka } SF_2 = \frac{48,58}{25,7} = 1,9 \leq 1,5 \text{ OK}$$

### Perhitungan daya dukung tiang kelompok

Untuk menghitung daya dukung tiang kelompok direncanakan konfigurasi dak koefisien efesiensinya . Perumusan untuk mencari daya dukung tiang kelompok adalah :

$$Q_t \text{ grup} = Q_l ( 1 \text{ tiang} ) \times n \times \eta$$

Direncanakan pondasi tiang pancang diameter 60 cm dengan konfigurasi 2 x 6 . jarak antar tiang pancang (s) =2 daya dukung tanah yang digunakan adalah daya dukung tanah BH 03 dengan kedalaman

$$V_o = 227,15 \text{ ton}$$

$$M_{x0} = 86,01 \text{ tm}$$

$$M_{y0} = 1383 \text{ tm}$$

Koefisien efesiensi menggunakan perumusan

$$\begin{aligned} \eta &= 1 - \arctan \frac{D}{S} \left( \frac{(m-1)n + (n-1)m}{90mn} \right) \\ &= 1 - \arctan \frac{0,6}{2} \left( \frac{(6-1)2 + (2-1)6}{90 \cdot 12} \right) = 0,75 \end{aligned}$$

### Perhitungan Beban vertikal ekivalen ( P<sub>v</sub> )

Perhitungan beban vertikal ekivalen (P<sub>v</sub>) akibat beban vertikal (V) horizontal (H) dan momen ( M ) pada kepala tiang ( poer) adalah sebagai berikut :

$$P_v = \frac{V}{n} + \frac{M_y \cdot X}{\sum X^2} + \frac{M_x \cdot Y}{\sum Y^2}$$

$$P_v = \frac{227,115}{12} + \frac{1383 \times 6}{224} + \frac{86,01 \times 1}{12} = 63,1 \text{ ton}$$

Berat maksimum tiang pancang adalah 63,1 ton

### 8.5.5 Kontrol kekuatan tiang pancang

Dari spesifikasi Wika pile classification direncanakan tiang pancang beton dengan

|                         |             |
|-------------------------|-------------|
| Diameter                | : 60cm      |
| Tebal                   | : 10cm      |
| Kelas                   | : C         |
| Allowable axial         | : 229,5 ton |
| Bending moment crack    | : 29,00 tm  |
| Bending moment ultimate | : 58 t.m    |

Sehingga faktor kekakuan (T) dapat dihitung sebagai berikut

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

$$E = \text{Modulus Elastisitas tiang pancang} \\ = 391616 \text{ kg/cm}^2$$

$$I = \text{Momen Inersia tiang} = 510508,806 \text{ cm}^2$$

Nh = koefisien modulus variasi tanah =  $150 \text{ KN/m}^3 = 0,015 \text{ kg/cm}^3$  untuk tanah soft organic silts (Terzaghi dalam Daya Dukung Tanah Pondasi Dalam Herman Wahyudi, 1991)

$$T = \sqrt[5]{\frac{391616 \times 510508}{0,015}} = 422 \text{ cm}$$

$$Z_f = 1,8 T = 1,8 \times 422 \text{ cm} = 759 \text{ cm}$$

Untuk perencanaan direncanakan kedalaman tiang

pancang = 8 m

untuk perencanaan abutment pada BH 3 Direncanakan konfigurasi tiang pancang dengan kedalaman 10 meter maka dari



grafik daya dukung tanah didapatkan gaya sebesar 400 ton maka daya dukung ijin 1 tiang :

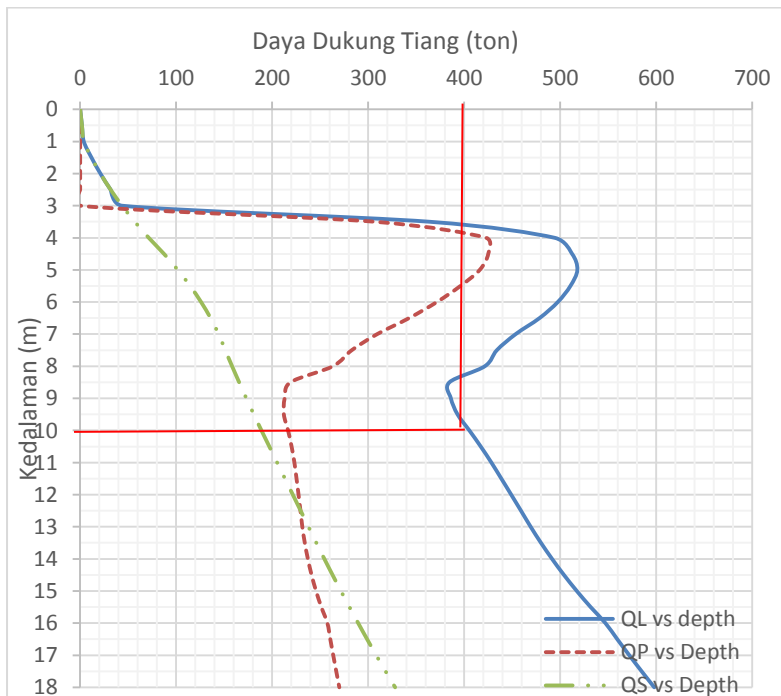
$$P \text{ ijin 1 tiang} = \eta \times 400 \text{ t}$$

$$= 0,75 \times 400\text{t} = 300 \text{ ton}/3 = 100 \text{ ton} > 63,1 \text{ ton}$$

Kontrol tiang grup

$$V_o \leq P \text{ ijin} \times 12$$

$$227,15 \leq 1200 \text{ ton}$$



**Gambar 8.18** : Daya dukung tanah tiang pancang

## 8.5.6 Perencanaan Tulangan Abutment dan pilecap

- **Penulangan pilecap**

Perhitungan tulangan pilecap yaitu penulangan lentur pada pilecap, dianalisa sebagai balok kantiliver dengan perletakan jepit beban yang diterima pilecap adalah beban terpusat dari tiang sebesar P dan berat sendiri pilecap sebesar q perhitungan gaya dalam dianalisa dengan statis tertentu Data perencanaan :

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

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

$$Q = \text{lebar pilecap} \times \text{tinggi} \times \gamma \text{ beton}$$

$$= 14 \times 1 \times 2,4 \text{ t/m}^3 = 33,6 \text{ t/m}$$

$$P = 61,8 \text{ ton}$$

$$M_{\max} = P \cdot L - \frac{1}{2} qL^2$$

$$= 63,8 \times 6 \times 1 - \frac{1}{2} \times 33,6 \text{ t/m} \times 1^2$$

$$= 370,8 \text{ tm} - 16,8 \text{ tm}$$

$$= 361,8 \text{ tm}$$

Tebal pelat 100 cm

$$M_u = 354 \text{ tm} = 3540000 \text{ Nm}$$

$$\text{Diameter tulangan} = 32 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter memanjang} = 32 \text{ mm}$$

$$\text{Selimut beton} = 10 \text{ cm}$$

$$B = 14 \text{ meter}$$

$$d_x = t - \text{sel beton} - 0,5 \cdot \phi_{\text{utama}} - \phi_{\text{tul. memanjang}}$$

$$= 100 - 10 - 0,5 \times 32 - 3,2$$

$$= 85,2 \text{ cm}$$

$$\rho_{\text{balance}} = \frac{0,85 \times f'_c \times \beta}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y}$$

$$= \frac{0,85 \times 35 \times 0,85}{390} \times \frac{600}{990}$$

$$= 0,039$$

$$\rho_{\text{Max}} = 0,75 \times \rho_{\text{balance}}$$

$$= 0,75 \times 0,039$$

$$= 0,030$$

$$\rho \text{ Min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{390} = 0,0036$$

Koefisien ketahanan :

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d \cdot x^2} = \frac{3618000000}{0,85 \times 14000 \times 852^2} = 0,4 \text{ ( N/mm}^2 \text{)}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c} = \frac{390}{0,85 \times 35} = 13,1$$

$$\rho \text{ perlu} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho \text{ perlu} = \frac{1}{13,1} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,1 \times 0,4}{390}} \right)$$

$$\rho \text{ perlu} = 0,001$$

syarat :

$$\rho \text{ min} < \rho \text{ perlu} < \rho \text{ max}$$

$$0,0036 > 0,001$$

Jadi dipakai  $\rho \text{ min} = 0,0036$

Luas tulangan

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0036 \times 4000 \times 852 \\ &= 12268,8 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan D32-150

Untuk tulangan memanjang digunakan :

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &: \rho \text{ min} \times b \times d \\ &= 0,0036 \times 14000 \times 852 \\ &= 42940,8 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan D32-150

### • Perencanaan Dinding abutment

Untuk perencanaan dinding abutment direncanakan berdasarkan momen yang terjadi dari beban didapatkan  $M_x \max = 86,01 \text{ tm}$  maka akan direncanakan tulangan abutment

$$\text{Tebal pelat} = 100 \text{ cm}$$

$$M_u = 86 \text{ tm}$$

$$\text{Diameter tulangan} = 25 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter tulangan} = 25 \text{ mm}$$

$$\text{Selimut beton} = 10 \text{ cm}$$

$$B = 14000 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} dx &= t - \text{sel beton} - 0,5 \cdot \phi \text{ utama} - \phi \text{ tul. memanjang} \\ &= 100 - 10 - 0,5 \times 25 - 25 \\ &= 86,25 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho \text{ balance} &= \frac{0,85 \times f'c \times \beta}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \\ &= \frac{0,85 \times 35 \times 0,85}{390} \times \frac{600}{990} \\ &= 0,039 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho \text{ Max} &= 0,75 \times \rho \text{ balance} \\ &= 0,75 \times 0,039 \\ &= 0,030 \end{aligned}$$

$$\rho \text{ Min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{390} = 0,0036$$

#### Koefisien Ketahanan

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d \cdot x^2} = \frac{860100000}{0,85 \times 14000 \times 862,5^2} = 0,1 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c} = \frac{390}{0,85 \times 35} = 13,1$$

$$\rho \text{ perlu} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho \text{ perlu} = \frac{1}{13,1} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,1 \times 0,1}{390}} \right)$$

$$\rho \text{ perlu} = 0,0002$$

syarat :

$$\rho \text{ min} < \rho \text{ perlu} < \rho \text{ max}$$

$$0,0036 > 0,0002$$

Jadi dipakai  $\rho \text{ min} = 0,036$

Luas tulangan

$$\begin{aligned}\text{As perlu} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0036 \times 7000 \times 862,5 \\ &= 21735 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Digunakan tulangan D25-150

Untuk tulangan memanjang digunakan :

$$\begin{aligned}\text{As perlu} &: \rho \text{ min} \times b \times dx \\ &= 0,0036 \times 14000 \times 862,5 \\ &= 43470 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Digunakan tulangan D25-150

## **BAB IX**

### **METODE PELAKSANAAN**

#### **9.1. Umum**

Pada bab ini akan dibahas mengenai metode pelaksanaan pekerjaan yang mungkin akan dilakukan dalam pembangunan dermaga petikemas di wilayah pelabuhan tanjungwangi. Beberapa pekerjaan yang akan dibahas diantaranya adalah sebagai berikut :

- Pembangunan dermaga *open pier* dengan panjang 261 m dan lebar 25 m.
- Pekerjaan jalur penghubung trestle dengan panjang 52 m dan lebar 12 m

Metode pelaksanaan dalam bab ini hanya membahas konsep dasar pelaksanaan

#### **9.2. Pekerjaan Persiapan Dermaga Dan Trastle**

Sebelum melakukan kegiatan konstruksi, perlu dilakukan terlebih dahulu pekerjaan persiapan atau biasa disebut masa prakonstruksi. Secara detail pekerjaan yang dilakukan dalam masa prakonstruksi ini, adalah meliputi :

- Pembersihan lahan, yaitu membersihkan lahan proyek dan lahan disekitar proyek yang telah di bebaskan dari hal-hal yang akan mengganggu jalannya pelaksanaan proyek.
- Pembangunan Direksi kit dan bangunan-bangunan sementara seperti pergudang untuk menjamin keamanan material yang digunakan untuk pelaksanaan proyek.



**Gambar 9.1** Direksi Kit

- Membuat pagar sementara di sekeliling area lokasi kerja, menyediakan tanda-tanda pengaman yang perlu dan penyediaan penerangan di daerah kerja
- Mendirikan pos penjagaan untuk tempat staff keamanan yang menjaga keamanan material (gudang) , serta pendataan terhadap lalu lintas keluar masuk proyek, baik itu tamu, staff, truk pembawa material dan sebagainya .
- Pengadaan material konstruksi, seperti semen, besi, pasir, tiang pancang dan sebagainya
- Pengadaan alat berat seperti crane, pontoon, hammer hydraulic untuk keperluan pemancangan tiang pancang.



**Gambar 9.2** – Pengadaan/penumpukan tiang pancang

Pelaksanaan dermaga dibagi menjadi dua tahap sebagai berikut :

1. Pelaksanaan Pembangunan Trestle

- Pemasangan tiang baja
- Pemasangan perlindungan korosi untuk tiang pancang
- Pemasangan poer in-situ
- Pengecoran balok in-situ
- Pengecoran pelat lantai
- Pembuatan abutment

2. Pelaksanaan Pembangunan Dermaga

- Pemasangan tiang baja
- Pemasangan perlindungan korosi untuk tiang pancang
- Pemasangan poer in-situ
- Pengecoran balok in-situ
- Pengecoran pelat lantai
- Erection plank fender
- Pemasangan Boulder dan Fende



### 9.3. Pelaksanaan Pembangunan Dermaga dan Trestle

#### 9.3.1 Pemancangan

Untuk pekerjaan perencanaan dermaga dan trestle ini pemancangan dilakukan dilaut sehingga, alat yang dipergunakan adalah : 1 buah crane, 1 buah hydraulic hammer, 2 buah pontoon dan 2 buah teodolit/waterpass. Dalam pekerjaan pemancangan, tiang pancang yang dipakai untuk struktur dermaga adalah tiang pancang baja Ø 1016 mm dengan kedalaman pemancangan berkisar antara 31 s/d 48 m pada titik – titik yang berbeda Pemancangan dilakukan dengan 2 ponton, dimana 1 ponton sebagai hydraulic hammer untuk pemancangan dan satunya sebagai ponton crane untuk pengambilan tiang pancang dari areal penumpukan ke ponton pancang. Pada saat pekerjaan pemancangan berlangsung areal penumpukan tiang ditempatkan di lokasi lapangan penumpukan. . Sebelum dilakukan pemancangan, tiang pancang disambung didarat agar pada saat pertama kali dipancang, tiang masih ada dipermukaan laut untuk disambung dengan tiang berikutnya.



**Gambar 9.3-**Ponton Pancang dan Ponton Crane

Pertama-tama ponton crane mengambil tiang pancang yang berada pada areal penumpukan, dan kemudian memindahkan tiang pancang dari ponton crane ke ponton pancang, lalu kemudian dilaksanakan pemancangan.



**Gambar 9.4**-Pengangkutan tiang pancang menggunakan ponton

Pada saat pemancangan, langkah-langkah pekerjaan yang dilakukan adalah ponton pancang diarahkan ke titik yang dituju, dengan bantuan alat theodolit untuk menentukan ketepatan titik serta kelurusan/kemiringan tiang. Setelah semuanya sesuai, tali pengikat tiang pada hydraulic hammer dikendorkan sehingga tiang pancang akan turun sampai seabed dan diukur kembali ketepatannya dengan teodolit. (lihat **Gambar 9.5**)



**Gambar 9.5**-Pemeriksaan Posisi Tiang Pancang dengan Theodolit

Apabila sudah sesuai kembali baru mulai dipancang dengan hydraulic hammer sampai kedalaman yang direncanakan. Untuk menyambung tiang pancang beton digunakan las. Untuk kepastian pemberhentian pemancangan, pada pemancangan tiang terakhir dilakukan kalendering, apabila  $s \text{ rencana} > s \text{ lapangan}$ , pemancangan dapat diberhentikan. Langkah-langkah ini dilakukan sampai semua tiang pancang perencanaan terpancang pada posisinya. Proses penyambungan tiang baja dengan las dapat dilihat pada **Gambar 9.6** dan untuk pemancangan tiang baja di laut dapat dilihat pada **Gambar 9.7**.



**Gambar 9.6** Penyambungan antar tiang pancang baja (dilas)



**Gambar 9.7** Pemancangan Tiang Baja

### 9.3.2 Pengecoran Poer

Pertama-tama, dilakukan pembersihan bekisting dari kotoran dan air. Kemudian dipasang tulangan utama dan tulangan sesuai perhitungan struktur. Perlu diperhatikan pada saat pengecoran dimulai, bagian dalam bekisting harus bersih dari kotoran dan kering dari air. Setelah itu tulangan poer dipasang kemudian dicor.

### 9.3.3 Pengecoran Balok

Bekisting balok pasang di atas poer, kemudian dipasangkan tulangan balok sesuai dengan perhitungan struktur. Pengecoran balok dilakukan dengan menggunakan bucket yang dioperasikan menggunakan tower crane.

### 9.3.4 Pengecoran Pelat

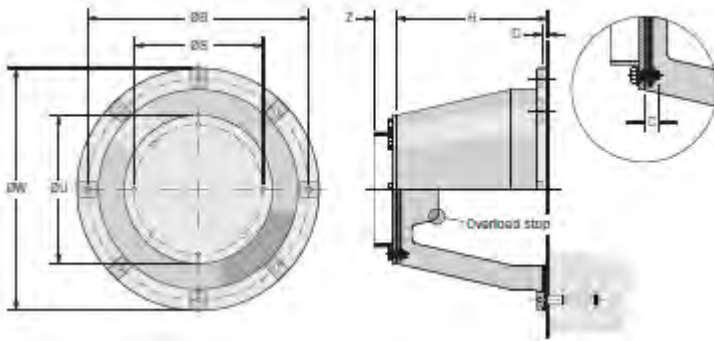
Setelah balok mengeras maka dilakukan pengecoran pelat. Proses pengecoran pelat dapat dilihat pada **Gambar 9.8** di bawah ini



**Gambar 9.8** Proses pengecoran pelat

### 9.3.5 Pemasangan fender

Setelah plank fender beton mengeras, fender dipasang pada anker yang telah tertanam pada plank fender tersebut dengan menggunakan baut dalam pemasangan fender dibantu dengan menggunakan alat bantu crane yang digunakan untuk mempermudah dalam mengangkat fender dan mengarahkan fender kelokasi yang ditentukan . Fender yang digunakan adalah fender karet *Fender Karet SCN 1400-E0.9*. lihat **Gambar 9.9**



**Gambar 9.9** Fender Type SC

### 9.3.6 Pemasangan bollard

Berbeda dengan angker fender, angker boulder tidak dicor dulu pada pelat namun dibuat lubang untuk angker. Hal ini untuk menghindari ketidaktepatan posisi angker dengan lubang baut. Lubang baut dibuat dengan menanam pelepah pisang pada pelat saat dicor dengan diameter lebih besar dari diameter lubang angker. Saat instalasi boulder angker dimasukkan dalam lubang kemudian lubang digROUTING dengan semen. Setelah grouting mengeras bollard dapat dipasang pada angker yang sudah tertanam. Boulder yang digunakan adalah Type BR-150. Lihat **Gambar 9.10**



**Gambar 9.10** Boulder Type BR-150 kapasitas 150 ton.

*"halaman ini sengaja dikosongkan"*

## **BAB X**

### **ANALISA BIAYA**

#### **10.1. UMUM**

Dalam bab ini akan dibahas mengenai rincian biaya yang diperlukan untuk pelaksanaan pekerjaan dermaga petikemas 40.000 DWT di wilayah pelabuhan tanjungwangi.

#### **10.2. ANALISA HARGA SATUAN**

Rincian analisa harga satuan pekerjaan dermaga dan trestle berdasarkan PM NO 75 2013 disajikan dalam **Tabel 10.1**

**Tabel 10.1- Harga Material**

| <b>No.</b> | <b>Jenis Material</b>          | <b>Satuan</b>  | <b>Harga</b>    |
|------------|--------------------------------|----------------|-----------------|
| <b>A</b>   | <b>Semen. Ready Mix</b>        |                |                 |
| 1          | Semen Portland                 | sak            | Rp 55,000.00    |
| 2          | Beton Ready Mix K350           | m <sup>3</sup> | Rp 704,220.00   |
| <b>B</b>   | <b>Bahan dan Material Alam</b> |                |                 |
| 1          | Pasir Cor                      | m <sup>3</sup> | Rp 125,000.00   |
| 2          | Sirtu                          | m <sup>3</sup> | Rp 80,000.00    |
| 3          | Batu Pecah                     | m <sup>3</sup> | Rp 220,000.00   |
| 4          | Kawat Bendrat                  | kg             | Rp 19,800.00    |
| 5          | Besi Tulangan                  | kg             | Rp 16,000.00    |
| 6          | Papan Plywood 12 mm            | lembar         | Rp 95,000.00    |
| 7          | Kayu Bekisting                 | m <sup>3</sup> | Rp 3,100,000.00 |
| 8          | Paku                           | kg             | Rp 24,000.00    |
| 9          | Wooden Plank Kelas I           | m <sup>3</sup> | Rp 2,200,000.00 |



|                            |                                    |       |                   |
|----------------------------|------------------------------------|-------|-------------------|
| <b>C</b>                   | <b>Profil Baja</b>                 |       |                   |
| 1                          | Steel Pile                         | m     | Rp 8,635,000.00   |
| 2                          | Profil Hollow 392.3                | buah  | Rp 5,000,000.00   |
| 3                          | Profil Hollow 152.4                | buah  | Rp 2,900,000.00   |
| 4                          | Pelat Baja                         | kg    | Rp 2,000,000.00   |
| <b>D Aksesoris Dermaga</b> |                                    |       |                   |
| 1                          | Fender SCN 1400-E0.9               |       | Rp 150,000,000.00 |
| 2                          | Frontal Pad                        |       | Rp 49,500,000.00  |
| 3                          | Bollard BR-150                     |       | Rp 100,000,000.00 |
| <b>E Lain - lain</b>       |                                    |       |                   |
| 1                          | Oli                                | liter | Rp 35,000.00      |
| 2                          | Solar                              | liter | Rp 5,500.00       |
| 3                          | Percobaan Pembebanan Tiang Pancang | unit  | Rp 11,000,000.00  |
| 4                          | Tiang pancang beton D60            | m     | Rp 1,200,000.00   |
| 5                          | Tes Beton di Laboratorium          | Ls    | Rp 1,700,000.00   |
| 6                          | Pile Loading Trials                | unit  | Rp 11,000,000.00  |
| 7                          | Proteksi Joint densopol 60 HT Tape | roll  | Rp 600,000.00     |
| 8                          | Denso Primer D                     | ltr   | Rp 280,000.00     |
| 9                          | Denso CPT 1000 PVC tape            | roll  | Rp 280,000.00     |
| 10                         | Welding                            | cm    | Rp 6,000.00       |
| 11                         | Peralatan Las dan Genset           | jam   | Rp 160,000.00     |
| 12                         | Grease                             | liter | Rp 20,000.00      |
| 13                         | Lubricant                          | liter | Rp 55,000.00      |
| 14                         | Mesin Las                          | jam   | Rp 30,000.00      |
| 15                         | Pofil C 75 x 45 x 2.3              | kg    | Rp 8,000.00       |
| 16                         | Pelat cincin baja                  |       | Rp 8,000.00       |
| 17                         | Kawat Las                          | kg    | Rp 8,000.00       |

**Tabel 10.2- Harga Sewa Alat**

| No. | Jenis                          | Satuan | Harga           |
|-----|--------------------------------|--------|-----------------|
| 1   | Ponton Kapasitas 1000 ton      | jam    | Rp 660,000.00   |
| 2   | Truck Trailer Kapasitas 30 ton | jam    | Rp 375,000.00   |
| 3   | Anchor Boat                    | jam    | Rp 165,000.00   |
| 4   | Work Boat                      | jam    | Rp 135,000.00   |
| 5   | Generator 75 kVA               | jam    | Rp 150,000.00   |
| 6   | Mobile Crane                   | jam    | Rp 240,000.00   |
| 7   | Concrete Vibrator              | jam    | Rp 210,000.00   |
| 8   | Concrete Pump                  | jam    | Rp 300,000.00   |
| 9   | Hopper Barge                   | jam    | Rp 1,140,000.00 |

**Tabel 10.2- Harga Upah Pekerja**

| No. | Jenis            | Satuan   | Harga         |
|-----|------------------|----------|---------------|
| 1   | Mandor           | org/hari | Rp 123,000.00 |
| 2   | Pekerja          | org/hari | Rp 80,000.00  |
| 3   | Kepala Tukang    | org/hari | Rp 110,000.00 |
| 4   | Tukang           | org/hari | Rp 95,000.00  |
| 5   | Operator         | org/hari | Rp 95,000.00  |
| 6   | Pembantu Opeator | org/hari | Rp 60,000.00  |
| 7   | Sopir            | org/hari | Rp 75,000.00  |
| 8   | Penyelam         | org/hari | Rp 75,000.00  |
| 9   | Tukang Las       | org/hari | Rp 95,000.00  |
| 10  | Penjaga Malam    | org/hari | Rp 50,000.00  |

Tabel 10.4- Analisa Harga Satuan

| No.                                     | Uraian                             | Volume                      | Satuan | Harga Satuan    | Jumlah                 |
|---|------------------------------------|-----------------------------|--------|-----------------|------------------------|
| 1                                       | 1 m <sup>3</sup> Beton K - 350     |                             |        |                 |                        |
|   | Bahan:                             |                             |        |                 |                        |
|   | Beton Ready Mix K - 350            | 1 m <sup>3</sup>            |        | Rp 704,220.00   | Rp 704,220.00          |
|   | Alat:                              |                             |        |                 |                        |
|   | Concrete Pump                      | 0.3 jam                     |        | Rp 300,000.00   | Rp 90,000.00           |
|   | Vibrator                           | 0.6 jam                     |        | Rp 210,000.00   | Rp 126,000.00          |
|   | Upah:                              |                             |        |                 |                        |
|   | Mandor                             | 0.3 org/hari                |        | Rp 123,000.00   | Rp 36,900.00           |
|   | Pekerja                            | 7 org/hari                  |        | Rp 80,000.00    | Rp 560,000.00          |
|   | Kepala Tukang                      | 0.1 org/hari                |        | Rp 110,000.00   | Rp 11,000.00           |
|   | Tukang                             | 1 org/hari                  |        | Rp 95,000.00    | Rp 95,000.00           |
|   | <b>Biaya 1 m<sup>3</sup> Beton</b> |                             |        |                 | <b>Rp 1,623,120.00</b> |
|   | 2                                  | 10 m <sup>2</sup> Bekisting |        |                 |                        |
| Bahan:                                  |                                    |                             |        |                 |                        |
| Kayu Bekisting                          |                                    | 0.4 m <sup>3</sup>          |        | Rp 3,100,000.00 | Rp 1,240,000.00        |
| Paku                                    |                                    | 4 kg                        |        | Rp 24,000.00    | Rp 96,000.00           |
| Upah:                                   |                                    |                             |        |                 |                        |
| Pekerja                                 |                                    | 3 org/hari                  |        | Rp 80,000.00    | Rp 240,000.00          |
| Kepala Tukang                           |                                    | 0.33 org/hari               |        | Rp 110,000.00   | Rp 36,300.00           |
| Tukang                                  |                                    | 3.3 org/hari                |        | Rp 95,000.00    | Rp 313,500.00          |
| <b>Biaya 10 m<sup>2</sup> Bekisting</b> |                                    |                             |        |                 | <b>Rp 1,925,800.00</b> |
| <b>Biaya 1 m<sup>2</sup> Bekisting</b>  |                                    |                             |        |                 | <b>Rp 192,580.00</b>   |

|          |                               |               |  |               |    |                   |
|----------|-------------------------------|---------------|--|---------------|----|-------------------|
| <b>3</b> | <b>100 kg Pembesian</b>       |               |  |               |    |                   |
|          | <b>Bahan:</b>                 |               |  |               |    |                   |
|          | Besi Tulangan                 | 100 kg        |  | Rp 16,000.00  | Rp | 1,600,000.00      |
|          | Kawat Bendrat                 | 2 kg          |  | Rp 19,800.00  | Rp | 39,600.00         |
|          | <b>Upah:</b>                  |               |  |               |    |                   |
|          | Pekerja                       | 6.75 org/hari |  | Rp 80,000.00  | Rp | 540,000.00        |
|          | Kepala Tukang                 | 1 org/hari    |  | Rp 110,000.00 | Rp | 110,000.00        |
|          | Tukang                        | 3 org/hari    |  | Rp 95,000.00  | Rp | 285,000.00        |
|          | <b>Biaya 100 kg Pembesian</b> |               |  |               | Rp | 2,574,600.00      |
|          | <b>Biaya 1 kg Pembesian</b>   |               |  |               | Rp | <b>25,746.00</b>  |
| <b>4</b> | <b>Perancah (klem)</b>        |               |  |               |    |                   |
|          | <b>Bahan:</b>                 |               |  |               |    |                   |
|          | Pofil C 75 x 45 x 2.3         | 5.92 kg       |  | Rp 8,800.00   | Rp | 52,096.00         |
|          | Pelat cincin baja             | 39.92 kg      |  | Rp 8,800.00   | Rp | 351,296.00        |
|          | Kawat Las                     | 0.25 kg       |  | Rp 8,800.00   | Rp | 2,200.00          |
|          | <b>Alat:</b>                  |               |  |               |    |                   |
|          | Mesin Las                     | 0.045 hari    |  | Rp 33,000.00  | Rp | 1,485.00          |
|          | <b>Upah:</b>                  |               |  |               |    |                   |
|          | Mandor                        | 0.1 org/hari  |  | Rp 147,600.00 | Rp | 14,760.00         |
|          | Tukang Las                    | 0.01 org/hari |  | Rp 114,000.00 | Rp | 1,140.00          |
|          | Pekerja                       | 2 org/hari    |  | Rp 96,000.00  | Rp | 192,000.00        |
|          |                               |               |  |               | Rp | <b>614,977.00</b> |

|          |  |                  |  |                 |           |                      |
|----------|--|------------------|--|-----------------|-----------|----------------------|
| <b>5</b> | <b>1 m<sup>3</sup> Beton Bertulang</b> |                  |  |                 |           |                      |
|          | <b>Poer tunggal</b>                    |                  |  |                 |           |                      |
|          | Beton                                  | 1 m <sup>3</sup> |  | Rp 1,623,120.00 | Rp        | 1,623,120.00         |
|          | Besi Beton                             | 105.2 kg         |  | Rp 25,746.00    | Rp        | 2,708,479.20         |
|          | Bekisting                              | 4 m <sup>2</sup> |  | Rp 192,580.00   | Rp        | 770,320.00           |
|          | Peralatan                              | 1 set            |  | Rp 35,000.00    | Rp        | 35,000.00            |
|          | Perancah                               | 86 buah          |  | Rp 614,977.00   | Rp        | 52,888,022.00        |
|          |  |                  |  |                 | <b>Rp</b> | <b>58,024,941.20</b> |
|          | <b>Poer ganda</b>                      |                  |  |                 |           |                      |
|          | Beton                                  | 1 m <sup>3</sup> |  | Rp 1,623,120.00 | Rp        | 1,623,120.00         |
|          | Besi Beton                             | 70 kg            |  | Rp 25,746.00    | Rp        | 1,802,220.00         |
|          | Bekisting                              | 8 m <sup>2</sup> |  | Rp 192,580.00   | Rp        | 1,540,640.00         |
|          | Peralatan                              | 1 set            |  | Rp 35,000.00    | Rp        | 35,000.00            |
|          | Perancah                               | 86 buah          |  | Rp 614,977.00   | Rp        | 52,888,022.00        |
|          |  |                  |  |                 | <b>Rp</b> | <b>57,889,002.00</b> |
|          | <b>Balok Melintang ( 80/120)</b>       |                  |  |                 |           |                      |
|          | Beton                                  | 1 m <sup>3</sup> |  | Rp 1,623,120.00 | Rp        | 1,623,120.00         |
|          | Besi Beton                             | 246 kg           |  | Rp 25,746.00    | Rp        | 6,333,516.00         |
|          | Bekisting                              | 4 m <sup>2</sup> |  | Rp 192,580.00   | Rp        | 770,320.00           |
|          | Peralatan                              | 1 set            |  | Rp 35,000.00    | Rp        | 35,000.00            |
|          |  |                  |  |                 | <b>Rp</b> | <b>8,761,956.00</b>  |

|                                 |                    |  |  |                 |                        |  |
|---------------------------------|--------------------|--|--|-----------------|------------------------|--|
| <b>Balok Memanjang (80/120)</b> |                    |  |  |                 |                        |  |
| Beton                           | 1 m <sup>3</sup>   |  |  | Rp 1,623,120.00 | Rp 1,623,120.00        |  |
| Besi Beton                      | 183 kg             |  |  | Rp 25,746.00    | Rp 4,711,518.00        |  |
| Bekisting                       | 4 m <sup>2</sup>   |  |  | Rp 192,580.00   | Rp 770,320.00          |  |
| Peralatan                       | 1 set              |  |  | Rp 35,000.00    | Rp 35,000.00           |  |
|                                 |                    |  |  |                 | <b>Rp 7,139,958.00</b> |  |
| <b>Balok Crane (110/165)</b>    |                    |  |  |                 |                        |  |
| Beton                           | 1 m <sup>3</sup>   |  |  | Rp 1,623,120.00 | Rp 1,623,120.00        |  |
| Besi Beton                      | 267 kg             |  |  | Rp 25,746.00    | Rp 6,874,182.00        |  |
| Bekisting                       | 5.5 m <sup>2</sup> |  |  | Rp 192,580.00   | Rp 1,059,190.00        |  |
| Peralatan                       | 1 set              |  |  | Rp 35,000.00    | Rp 35,000.00           |  |
|                                 |                    |  |  |                 | <b>Rp 9,591,492.00</b> |  |
| <b>Pelat</b>                    |                    |  |  |                 |                        |  |
| Beton                           | 1 m <sup>3</sup>   |  |  | Rp 1,623,120.00 | Rp 1,623,120.00        |  |
| Besi Beton                      | 73 kg              |  |  | Rp 25,746.00    | Rp 1,879,458.00        |  |
| Bekisting                       | 5.3 m <sup>2</sup> |  |  | Rp 192,580.00   | Rp 1,020,674.00        |  |
| Peralatan                       | 1 set              |  |  | Rp 35,000.00    | Rp 35,000.00           |  |
| Tenda                           | 2.5 set            |  |  | Rp 1,000.00     | Rp 2,500.00            |  |
|                                 |                    |  |  |                 | <b>Rp 4,560,752.00</b> |  |

|  |                              |                  |  |    |              |                        |
|--|------------------------------|------------------|--|----|--------------|------------------------|
|  |                              |                  |  |    |              |                        |
|  | <b>Pengisi Tiang Pancang</b> |                  |  |    |              |                        |
|  | Beton                        | 1 m <sup>3</sup> |  | Rp | 1,623,120.00 | Rp 1,623,120.00        |
|  | Besi Beton                   | 80 kg            |  | Rp | 25,746.00    | Rp 2,059,680.00        |
|  | <b>Peralatan</b>             | 1 set            |  | Rp | 35,000.00    | Rp 35,000.00           |
|  |                              |                  |  |    |              | <b>Rp 3,717,800.00</b> |
|  | <b>Plank Fender</b>          |                  |  |    |              |                        |
|  | Beton                        | 1 m <sup>3</sup> |  | Rp | 1,623,120.00 | Rp 1,623,120.00        |
|  | Besi Beton                   | 140 kg           |  | Rp | 25,746.00    | Rp 3,604,440.00        |
|  | Bekisting                    | 3 m <sup>2</sup> |  | Rp | 192,580.00   | Rp 577,740.00          |
|  | <b>Peralatan</b>             | 1 set            |  | Rp | 35,000.00    | Rp 35,000.00           |
|  |                              |                  |  |    |              | <b>Rp 5,840,300.00</b> |
|  | <b>Abutment</b>              |                  |  |    |              |                        |
|  | Beton                        | 1 m <sup>3</sup> |  | Rp | 1,623,120.00 | Rp 1,623,120.00        |
|  | Besi Beton                   | 46 kg            |  | Rp | 25,746.00    | Rp 1,184,316.00        |
|  | Bekisting                    | 4 m <sup>2</sup> |  | Rp | 192,580.00   | Rp 770,320.00          |
|  | <b>Peralatan</b>             | 1 set            |  | Rp | 35,000.00    | Rp 35,000.00           |
|  |                              |                  |  |    |              | <b>Rp 3,612,756.00</b> |

|          |                                   |               |  |               |           |                   |
|----------|-----------------------------------|---------------|--|---------------|-----------|-------------------|
| <b>6</b> | <b>Pemancangan Tiang</b>          |               |  |               |           |                   |
|          | <b>Alat:</b>                      |               |  |               |           |                   |
|          | Ponton Kapasitas 1000 ton         | 8 jam         |  | Rp 660,000.00 | Rp        | 5,280,000.00      |
|          | Anchor Boat                       | 8 jam         |  | Rp 165,000.00 | Rp        | 1,320,000.00      |
|          | Work Boat                         | 8 jam         |  | Rp 135,000.00 | Rp        | 1,080,000.00      |
|          | Generator 75 kVA                  | 8 jam         |  | Rp 150,000.00 | Rp        | 1,200,000.00      |
|          | Alat Bantu                        | 1 set         |  | Rp 300,000.00 | Rp        | 300,000.00        |
|          | <b>Upah:</b>                      |               |  |               |           |                   |
|          | Mandor                            | 1 org/hari    |  | Rp 123,000.00 | Rp        | 123,000.00        |
|          | Pekerja                           | 8 org/hari    |  | Rp 80,000.00  | Rp        | 640,000.00        |
|          | Operator                          | 6 org/hari    |  | Rp 95,000.00  | Rp        | 570,000.00        |
|          | Pembantu Opeator                  | 6 org/hari    |  | Rp 60,000.00  | Rp        | 360,000.00        |
|          | Penyelam                          | 3 org/hari    |  | Rp 75,000.00  | Rp        | 225,000.00        |
|          |                                   |               |  |               | Rp        | 11,098,000.00     |
|          | Dalam 1 hari Pemancangan (m)      |               |  |               |           | 24                |
|          |                                   |               |  |               | <b>Rp</b> | <b>462,416.67</b> |
| <b>7</b> | <b>Penyambungan Tiang Pancang</b> |               |  |               |           |                   |
|          | <b>Alat:</b>                      |               |  |               |           |                   |
|          | Alat Bantu                        | 1 set         |  | Rp 150,000.00 | Rp        | 150,000.00        |
|          | <b>Upah:</b>                      |               |  |               |           |                   |
|          | Mandor                            | 0.45 org/hari |  | Rp 123,000.00 | Rp        | 55,350.00         |
|          | Pekerja                           | 6 org/hari    |  | Rp 80,000.00  | Rp        | 480,000.00        |
|          | Tukang Las                        | 2 org/hari    |  | Rp 95,000.00  | Rp        | 190,000.00        |
|          |                                   |               |  |               | <b>Rp</b> | <b>875,350.00</b> |



|         |                                   |               |    |           |            |            |                   |
|---------|-----------------------------------|---------------|----|-----------|------------|------------|-------------------|
| 8       | <b>Pemotongan Tiang Pancang</b>   |               |    |           |            |            |                   |
|         | <b>Alat:</b>                      |               |    |           |            |            |                   |
|         | Alat Bantu                        | 1 set         |    | Rp        | 150,000.00 | Rp         | 150,000.00        |
|         | <b>Upah:</b>                      |               |    |           |            |            |                   |
|         | Mandor                            | 0.13 org/hari |    | Rp        | 123,000.00 | Rp         | 15,990.00         |
| Pekerja | 2.83 org/hari                     |               | Rp | 80,000.00 | Rp         | 226,400.00 |                   |
|         | Tukang Las                        | 0.83 org/hari |    | Rp        | 95,000.00  | Rp         | 78,850.00         |
|         |                                   |               |    |           |            | <b>Rp</b>  | <b>471,240.00</b> |
| 9       | <b>Pengangkatan Tiang Pancang</b> |               |    |           |            |            |                   |
|         | <b>Alat:</b>                      |               |    |           |            |            |                   |
|         | Mobile Crane                      | 1.6 hari      |    | Rp        | 240,000.00 | Rp         | 384,000.00        |
|         | Ponton Kapasitas 1000 ton         | 4 hari        |    | Rp        | 660,000.00 | Rp         | 2,640,000.00      |
|         | Anchor Boat                       | 1.6 hari      |    | Rp        | 165,000.00 | Rp         | 264,000.00        |
|         | Work Boat                         | 0.8 hari      |    | Rp        | 240,000.00 | Rp         | 192,000.00        |
|         | Alat Bantu                        | 8 hari        |    | Rp        | 20,000.00  | Rp         | 160,000.00        |
|         | <b>Upah:</b>                      |               |    |           |            |            |                   |
|         | Mandor                            | 1 org/hari    |    | Rp        | 123,000.00 | Rp         | 123,000.00        |
|         | Operator                          | 5 org/hari    |    | Rp        | 95,000.00  | Rp         | 475,000.00        |
|         | Pembantu Opeator                  | 5 org/hari    |    | Rp        | 60,000.00  | Rp         | 300,000.00        |
|         | Sopir                             | 3 org/hari    |    | Rp        | 75,000.00  | Rp         | 225,000.00        |
|         |                                   |               |    |           |            |            | <b>Rp</b>         |
|         | Dalam 1 hari Pemancangan (m')     |               |    |           |            |            | 24                |
|         |                                   |               |    |           |            | <b>Rp</b>  | <b>198,458.33</b> |

|           |  |               |  |  |    |            |           |                     |
|-----------|--|---------------|--|--|----|------------|-----------|---------------------|
| <b>10</b> | <b>Pembuatan 1 buah Sepatu Tiang</b>                 |               |  |  |    |            |           |                     |
|           | Pelat Baja   | 100 kg        |  |  |    |            | Rp        | -                   |
|           | Peralatan  | 1 set         |  |  |    | Rp         | 50,000.00 | 50,000.00           |
|           | <b>Upah:</b>   |               |  |  |    |            |           |                     |
|           | Mandor   | 0.45 org/hari |  |  | Rp | 123,000.00 | Rp        | 55,350.00           |
|           | Pekerja  | 1 org/hari    |  |  | Rp | 80,000.00  | Rp        | 80,000.00           |
|           | Tukang Las   | 1 org/hari    |  |  | Rp | 95,000.00  | Rp        | 95,000.00           |
|           |  |               |  |  |    |            | <b>Rp</b> | <b>280,350.00</b>   |
| <b>11</b> | <b>Pengcatan Perlindungan Korosi (m<sup>3</sup>)</b> |               |  |  |    |            |           |                     |
|           | <b>Bahan:</b>  |               |  |  |    |            |           |                     |
|           | Proteksi Joint densopol 60 HT Tape                   | 1 roll        |  |  | Rp | 600,000.00 | Rp        | 600,000.00          |
|           | Denso Primer D                                       | 0.5 ltr       |  |  | Rp | 280,000.00 | Rp        | 140,000.00          |
|           | Denso CPT 1000 PVC tape                              | 1 roll        |  |  | Rp | 280,000.00 | Rp        | 280,000.00          |
|           | <b>Upah:</b>   |               |  |  |    |            |           |                     |
|           | Pekerja  | 2 jam         |  |  | Rp | 80,000.00  | Rp        | 160,000.00          |
|           |  |               |  |  |    |            | <b>Rp</b> | <b>1,180,000.00</b> |
| <b>12</b> | <b>Pengelasan Kerangka Baja 1 m<sup>2</sup></b>      |               |  |  |    |            |           |                     |
|           | Las  | 1 m           |  |  | Rp | 500,000.00 | Rp        | 500,000.00          |
|           | Peralatan Las  | 1 unit        |  |  | Rp | 150,000.00 | Rp        | 150,000.00          |
|           |  |               |  |  |    |            | <b>Rp</b> | <b>650,000.00</b>   |



|    |                                 |                        |  |                 |           |                     |
|----|---------------------------------|------------------------|--|-----------------|-----------|---------------------|
| 14 | Diameter 600 mm; t = 16 mm      |                        |  |                 |           |                     |
|    | <b>Bahan:</b>                   |                        |  |                 |           |                     |
|    | concrete pile                   | 120 m                  |  | Rp 1,200,000.00 | Rp        | 144,000,000.00      |
|    | Pengecatan Pelindungan Korosi   | 306,263 m <sup>2</sup> |  | Rp 1,180,000.00 | Rp        | 361,390,387.20      |
|    | Solar                           | 160 ltr                |  | Rp 5,500.00     | Rp        | 880,000.00          |
|    | Lubricant                       | 2 ltr                  |  | Rp 55,000.00    | Rp        | 110,000.00          |
|    | Grease                          | 2 ltr                  |  | Rp 20,000.00    | Rp        | 40,000.00           |
|    | <b>Alat:</b>                    |                        |  | Rp -            |           |                     |
|    | Truck                           | 8 jam                  |  | Rp 375,000.00   | Rp        | 3,000,000.00        |
|    | Poniton                         | 8 jam                  |  | Rp 660,000.00   | Rp        | 5,280,000.00        |
|    | <b>Upah:</b>                    |                        |  | Rp -            |           |                     |
|    | Sopir                           | 1 org/hari             |  | Rp 75,000.00    | Rp        | 75,000.00           |
|    | Pekerja                         | 2 org/hari             |  | Rp 80,000.00    | Rp        | 160,000.00          |
|    |                                 |                        |  |                 | Rp        | 514,935,387.20      |
|    | <b>Pengangkutan Tiang per m</b> |                        |  |                 | <b>Rp</b> | <b>4,291,128.23</b> |

Tabel 10.5- Rencana Anggaran Biaya

| No.          | Uraian                             | Volume | Satuan | Harga Satuan     | Jumlah               |
|--------------|------------------------------------|--------|--------|------------------|----------------------|
| 1            | Pembersihan Lahan                  | 1      | ls     | Rp 15,000,000.00 | Rp 15,000,000.00     |
| 2            | Pengukuran dan Pemasangan Bouplank | 1      | ls     | Rp 26,000,000.00 | Rp 26,000,000.00     |
| 3            | mobilsaasi dan Demobilisasi        | 1      | ls     | Rp 500,000.00    | Rp 500,000.00        |
| 4            | Administrasi dan Dokumentasi       | 1      | ls     | Rp 5,000,000.00  | Rp 5,000,000.00      |
| 5            | Direksi Keet                       | 1      | ls     | Rp 43,500,000.00 | Rp 43,500,000.00     |
| <b>Total</b> |                                    |        |        | <b>Rp</b>        | <b>90,000,000.00</b> |

## Rencana Anggaran Biaya Pekerjaan Dermaga

| No. | Uraian                                    | Volume | Satuan         | Harga Satuan      | Jumlah                       |
|-----|---|--------|----------------|-------------------|------------------------------|
| 1   | Pengadaan dan Pengeangkatan Tiang 1016 mm | 11856  | m'             | Rp 8,635,000.00   | Rp 102,376,560,000.00        |
| 2   | Pengangkatan Tiang                        | 11856  | m'             | Rp 204,316.67     | Rp 2,422,378,400.00          |
| 3   | Pembuatan Sepatu Tiang                    | 228    | buah           | Rp 280,350.00     | Rp 63,919,800.00             |
| 4   | Pemancangan Tiang                         | 11856  | m'             | Rp 462,416.67     | Rp 5,482,412,000.00          |
| 5   | Penyambungan Tiang                        | 228    | buah           | Rp 875,350.00     | Rp 199,579,800.00            |
| 6   | Pemotongan Tiang                          | 228    | buah           | Rp 535,488.00     | Rp 122,091,264.00            |
| 7   | Poer Tunggal (1.0 x 2.0 x 2.0 x 76 buah)  | 304    | m <sup>3</sup> | Rp 58,024,941.20  | Rp 17,639,582,124.80         |
| 8   | Poer Ganda (1.0x 2.0 x 4.0 x 76 buah)     | 608    | m <sup>3</sup> | Rp 57,889,002.00  | Rp 35,196,513,216.00         |
| 9   | Pile Loading Trials                       | 2      | unit           | Rp 11,000,000.00  | Rp 22,000,000.00             |
| 10  | Tes Beton di Laboratorium                 | 2      | unit           | Rp 1,700,000.00   | Rp 3,400,000.00              |
| 11  | Balok Melintang (0.8 x 1.2 x25x38 buah)   | 912    | m <sup>3</sup> | Rp 8,761,956.00   | Rp 7,990,903,872.00          |
| 12  | Balok crane (1.1 x 1.65 x261x2 buah)      | 947.43 | m <sup>3</sup> | Rp 9,591,492.00   | Rp 9,087,267,265.56          |
| 13  | Balok Memanjang (0.8 x 1.2 x261x2 buah)   | 690    | m <sup>3</sup> | Rp 7,139,958.00   | Rp 4,926,571,020.00          |
| 14  | Fender SCN 1400-E0.9                      | 38     | buah           | Rp 150,000,000.00 | Rp 5,700,000,000.00          |
| 15  | Biaya Pemasangan Fender                   | 38     | buah           | Rp 35,000,000.00  | Rp 1,330,000,000.00          |
| 16  | Frontal Pad                               | 38     | buah           | Rp 49,500,000.00  | Rp 1,881,000,000.00          |
| 17  | Bollard BR-150                            | 38     | buah           | Rp 100,000,000.00 | Rp 3,800,000,000.00          |
| 18  | Biaya Pemasangan Bollard                  | 38     | buah           | Rp 25,000,000.00  | Rp 950,000,000.00            |
| 19  | Pelat t = 40 cm                           | 2610   | m <sup>3</sup> | Rp 4,560,752.00   | Rp 11,903,562,720.00         |
|     | <b>Total</b>                              |        |                |                   | <b>Rp 211,097,741,482.36</b> |

## Rencana Anggaran Biaya Pekerjaan Irestle

| No. | Uraian                                 | Volume | Satuan | Harga Satuan     | Jumlah                      |
|-----|--|--------|--------|------------------|-----------------------------|
| 1   | Pengadaan dan Penguangan Tiang 1016 mm | 980    | m'     | Rp 8,635,000.00  | Rp 8,462,300,000.00         |
| 2   | Penguangan Tiang                       | 980    | m'     | Rp 204,316.67    | Rp 200,230,333.33           |
| 3   | Pembuatan Sepatu Tiang                 | 28     | buah   | Rp 280,350.00    | Rp 7,849,800.00             |
| 4   | Pemancangan Tiang                      | 980    | m'     | Rp 462,416.67    | Rp 453,168,333.33           |
| 5   | Penyambungan Tiang (4 x 20) buah       | 28     | buah   | Rp 875,350.00    | Rp 24,509,800.00            |
| 6   | Pemotongan Tiang                       | 28     | buah   | Rp 535,488.00    | Rp 14,993,664.00            |
| 7   | Poer (1x 2 x 2 x 28 buah)              | 112    | m3     | Rp 58,024,941.20 | Rp 6,498,793,414.40         |
| 8   | Pile Loading Trials                    | 2      | unit   | Rp 11,000,000.00 | Rp 22,000,000.00            |
| 9   | Tes Beton di Laboratorium              | 2      | unit   | Rp 1,700,000.00  | Rp 3,400,000.00             |
| 10  | Balok Melintang 80/120                 | 108    | m3     | Rp 8,761,956.00  | Rp 946,291,248.00           |
| 11  | Balok Memanjang 80/120                 | 173    | m3     | Rp 7,139,958.00  | Rp 1,235,212,734.00         |
| 12  | Plat t = 40 cm                         | 666    | m3     | Rp 4,560,752.00  | Rp 3,037,460,832.00         |
|     | <b>Abutment</b>                        |        |        |                  |                             |
| 1   | Pengadaan dan Penguangan Tiang 600 mm  | 120    | m'     | Rp 1,200,000.00  | Rp 144,000,000.00           |
| 2   | Penguangan Tiang                       | 120    | m'     | Rp 204,316.67    | Rp 24,518,000.00            |
| 3   | Pembuatan Sepatu Tiang                 | 120    | buah   | Rp 280,350.00    | Rp 33,642,000.00            |
| 4   | Pemancangan Tiang                      | 120    | m'     | Rp 462,416.67    | Rp 55,490,000.00            |
| 5   | Penyambungan Tiang                     | 480    | buah   | Rp 875,350.00    | Rp 420,168,000.00           |
| 6   | Pemotongan Tiang                       | 120    | buah   | Rp 535,488.00    | Rp 64,258,560.00            |
| 8   | Tes Beton di Laboratorium              | 2      | unit   | Rp 1,700,000.00  | Rp 3,400,000.00             |
| 10  | Penulangan Abutment                    | 140    | m3     | Rp 3,612,756.00  | Rp 505,785,840.00           |
|     | <b>Total Pembuatan Abutment</b>        |        |        |                  | <b>Rp 22,157,472,559.07</b> |

### 10.3 Rencana Anggaran Biaya Total

Rekapitulasi hasil perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB) dapat dilihat pada **Tabel 10.6** di bawah ini

**Tabel 10.6** Rencana Anggaran Biaya Total

| No. | Uraian                    | Jumlah   | Total                        |
|-----|---------------------------|--|------------------------------|
| 1   | Pekerjaan Persiapan       | Rp 90,000,000.00   | Rp 90,000,000.00             |
| 2   | Pekerjaan Dermaga         | Rp 211,097,741,482.36  | Rp 211,097,741,482.36        |
| 3   | Pekerjaan Trestle         | Rp 44,314,945,118.13   | Rp 44,314,945,118.13         |
|     | Jumlah Total              |  | Rp 255,502,686,600.49        |
|     | PPn 10%                   |  | Rp 25,550,268,660.05         |
|     | Total + PPn               |  | Rp 281,052,955,260.54        |
|     | Jumlah Akhir (dibulatkan) |  | Rp <b>281,052,955,261.00</b> |
|     | <b>Terbilang:</b>         | <b><u>Dua Ratus Delapan Puluh Satu Milyar Lima Puluh Dua Juta Sembilan Ratus Lima Puluh Lima Ribu Dua Ratus Enam Puluh Satu Rupiah</u></b> |                              |



*"halaman ini sengaja dikosongkan"*

## **BAB XI**

### **KESIMPULAN**

Berdasarkan pada bab – bab sebelumnya diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

- Kapal yang direncanakan akan bertambat adalah kapal peti kemas dengan spesifikasi sebagai berikut
  - DWT : 40.000
  - $L_{oa}$  : 237 m
  - Draft : -11.7 m
  - Width : 32,2 m
- Type konstruksi dermaga yang dipilih adalah konstruksi dinding terbuka atau open pier dengan panjang 261 m, lebar 25 m dan elevasi permukaannya + 4.00 mLWS. Pembangunan dermaga tersebut direncanakan dengan sistem in-situ dengan rencana dimensi sebagai berikut :
  - a. Mutu beton yang dipakai adalah  $f_c'$  35 Mpa sedangkan mutu baja tulangnya dipakai U-32.
  - b. Tebal Pelat lantai adalah 40 cm. Untuk selimut beton pelat dipakai 7 cm. Hasil penulangan pelat dermaga (**Tabel:11.1**) :
  - c. Dimensi masing – masing struktur adalah sebagai berikut :

|                      |                                   |
|----------------------|-----------------------------------|
| Balok melintang      | : 80 x 120 cm <sup>2</sup>        |
| Balok memanjang      | : 80 x 120 cm <sup>2</sup>        |
| Balok Crane          | : 110 x 165 cm <sup>2</sup>       |
| Dimensi poer tunggal | : 200 x 200 x 100 cm <sup>3</sup> |
| Dimensi poer ganda   | : 400 x 200 x 100 cm <sup>3</sup> |
| Plank Fender         | : 300 x 300 x 100 cm <sup>3</sup> |

Hasil penulangan Struktur dapat dilihat pada (**Tabel:11.2**) :
  - d. Pada pondasi digunakan tiang pancang baja diameter 101,6 cm, tebal 19 mm dengan kedalaman pemancangan:  
untuk tiang tegak = -32 mLWS

- untuk tiang miring = -32 mLWS
- e. Untuk pelindung dermaga dari tumbukan kapal pada saat merapat digunakan fender karet **Fender Karet SCN 1400-E0.9**, yang dipasang pada portal
  - f. Untuk mengikat kapal pada tambatan digunakan boulder type BR 150 dengan kapasitas tarik sebesar 150 ton.
  - g. Jalur penghubung (trestle) mempunyai dimensi panjang 52m dan lebar 12m .menggunakan mutu beton  $f_c' 35$  Mpa sedangkan mutu baja tulangannya dipakai U-32struktur.
  - h. Tebal Pelat lantai adalah 40 cm. Untuk selimut beton pelat dipakai 7 cm. Hasil penulangan pelat dermaga dapat dilihat di (**Tabel : 11.3**) :
  - i. Dimensi masing – masing struktur trestle adalah sebagai berikut :
 

|                      |                                   |
|----------------------|-----------------------------------|
| Balok melintang      | : 80 x 120 cm <sup>2</sup>        |
| Balok memanjang      | : 80 x 120 cm <sup>2</sup>        |
| Dimensi poer tunggal | : 200 x 200 x 100 cm <sup>3</sup> |
| Dimensi poer ganda   | : 400 x 200 x 100 cm <sup>3</sup> |

 Hasil penulangan Struktur dapat dilihat pada (**Tabel:11.4**) :
  - j. Pada daerah penghubung trestle dengan daerah timbunan terdapat abutment yang berfungsi menahan tanah timbunan yang direncanakan dengan tinggi 7 meter , lebar 4 m dan panjang 14 m .
  - k. Dalam perencanaan abutment menggunakan tiang pancang dengan diameter 60 cm tebal 10cm

Rencana anggaran biaya yang diperlukan untuk pembangunan dermaga dan trestle sebesar **Rp. 281.052.955.261,00**

Tabel 1.1 Perhitungan penulangan pelat dermaga

| Type Pelat | l <sub>y</sub> /l <sub>x</sub> | Momen Rencana (kgm) | Ca       | φ     | 100m <sub>o</sub> | A perlu | N     | Tulangan Dipasang | As pasang       |         |
|------------|--------------------------------|---------------------|----------|-------|-------------------|---------|-------|-------------------|-----------------|---------|
| A          | 1.145                          | Mlx                 | 3.268    | 1.717 | 10.71             | 19.71   | 10    | 95.11 D 16 - 80   | 2411.52         |         |
|            |                                | Mtx                 | 10264.63 | 1.717 | 10.71             | 19.71   | 10    | 95.11 D 16 - 80   | 2411.52         |         |
|            | Two way slab                   | Mly                 | 8892.04  | 1.77  | 10.2              | 17.84   | 9     | 109.00 D 16 - 80  | 2411.52         |         |
| B          | 1.5                            | Mty                 | 8892.04  | 1.77  | 10.2              | 17.84   | 9     | 109.00 D 16 - 80  | 2411.52         |         |
|            |                                | Mlx                 | 11962.81 | 3.027 | 1.558             | 23.09   | 12    | 74.91 D 16 - 80   | 2411.52         |         |
|            | Two way slab                   | Mly                 | 7904.00  | 3.539 | 1.907             | 15.77   | 8     | 126.86 D 16 - 80  | 2411.52         |         |
| C          | 1.4                            | Mty                 | 7904.00  | 3.539 | 1.907             | 15.77   | 8     | 126.86 D 16 - 80  | 2411.52         |         |
|            |                                | Mlx                 | 11950.89 | 3.028 | 1.564             | 22.94   | 12    | 74.91 D 16 - 80   | 2411.52         |         |
|            | Two way slab                   | Mly                 | 8568.56  | 3.399 | 1.817             | 17.08   | 9     | 109.00 D 16 - 80  | 2411.52         |         |
| D          | 1.3                            | Mty                 | 8568.56  | 3.399 | 1.817             | 17.08   | 9     | 109.00 D 16 - 80  | 2411.52         |         |
|            |                                | Mlx                 | 10681.08 | 3.203 | 1.681             | 11.1    | 20.42 | 11                | 84.00 D 16 - 80 | 2411.52 |
|            | Two way slab                   | Mly                 | 8117.62  | 3.492 | 1.674             | 11.17   | 19.53 | 10                | 95.11 D 16 - 80 | 2411.52 |
| E          | 3.4                            | Mty                 | 8117.62  | 3.492 | 1.674             | 11.17   | 19.53 | 10                | 95.11 D 16 - 80 | 2411.52 |
|            |                                | Mlx                 | 14726.94 | 2.728 | 1.358             | 15.61   | 28.72 | 15                | 55.43 D 16 - 50 | 3416.32 |
|            | one way slab                   | Mly                 | 12803.27 | 2.926 | 1.494             | 13.42   | 24.69 | 13                | 67.33 D 16 - 50 | 3416.32 |
| F          | 2.0                            | Mty                 | 5112.32  |       |                   |         |       |                   |                 |         |
|            |                                | Mlx                 | 11157.31 |       |                   |         |       |                   |                 |         |
|            | Two way slab                   | Mly                 | 16935.20 | 2.544 | 1.232             | 18.18   | 33.45 | 17                | 46.50 D 16 - 50 | 3416.32 |
|            | Two way slab                   | Mly                 | 9961.88  | 3.152 | 1.645             | 11.49   | 20.09 | 10                | 95.11 D 16 - 90 | 2210.56 |
|            |                                | Mty                 | 9961.88  | 3.152 | 1.645             | 11.49   | 20.09 | 10                | 95.11 D 16 - 90 | 2210.56 |











*"halaman ini sengaja dikosongkan"*

## DAFTAR PUSTAKA

- CERC. 1984. **Shore Protection Manual**. US Army Coastal Engineering Research Center, Washington.
- Standar Nasional Indonesia. 2012. **SNI-03-1726-2012-Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung**. Bandung
- The Overseas Coastal Area Development Institute of Japan (OCDI).2002. **Technical Standards and Commentaries for Port and Harbour Facilities in Japan**. Japan: Daikousha Printing Co.,Ltd.
- Thoresen, Carl A. 2003. **Port Designer's Handbook**. Thomas Telford. British.
- Triatmodjo, Bambang. 2008. **PerencanaanPelabuhan**. Yogyakarta : Beta Offset.
- Triatmodjo, Bambang. 1999. **TeknikPantai**. Yogyakarta : Beta Offset.
- Panitia Pembaharuan Peraturan Beton Bertulang Indonesia. 1971. **Peraturan Beton Bertulang Indonesia**. Bandung. Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan. xvi
- Wahyudi, Herman. 2013. **Daya Dukung Pondasi Dalam**. Surabaya. ITS Press
- Wangsadinata, Wiratman. 1971. **Perhitungan Lentur dengan Cara “n” Disesuaikan kepada Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971**.
- Widyastuti, Dyah Iriani. 2000. **Diktat Pelabuhan**. Surabaya. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan ITS..
- SAP2000. 2009. **Structural Analysis Program**, version 14.1, Barkeley : Computer and Structures, Inc
- SMS . 2009. **Surface Water Modeling System**, version 10.1, Aquaveo .LLC

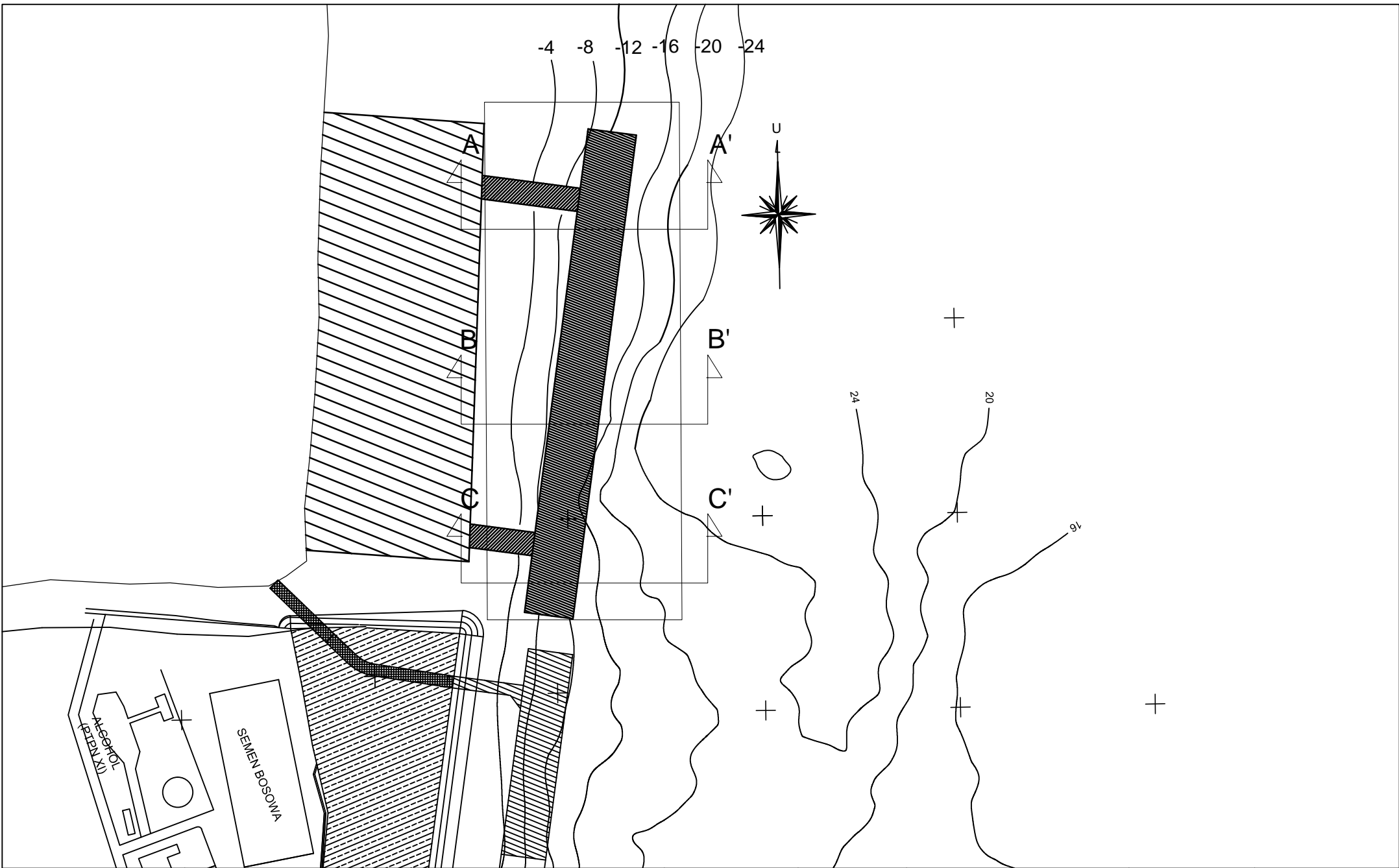
*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## BIODATA PENULIS



Habiby Zainul Muttaqin, lahir di Ponorogo, 23 Mei 1991, merupakan anak pertama dari 2 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu SD Muhammadiyah 1 Ponorogo, SMPN 1 Ponorogo, SMAN 2 Madiun. Setelah lulus dari SMAN 2 Madiun, penulis mengikuti SNMPT dan diterima di Jurusan Teknik Sipil FTSP – ITS pada tahun 2010 dengan NRP 3110100142.

Di Jurusan Teknik Sipil FTSP – ITS penulis mengambil Bidang Studi Transportasi. Penulis pernah aktif diberbagai organisasi kemahasiswaan sebagai staf Departemen Pengembangan Minat dan Bakat Himpunan Mahasiswa Sipil (2011 – 2012), Staf Departemen Dalam Negeri BEM FTSP (2011 – 2012), dan Wakil Ketua Himpunan Mahasiswa Sipil (2012-2013) . Selain aktif di organisasi kampus ,penulis juga termasuk Pemandu LKMM FTSP.



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN  
JURUSAN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN DETAIL PEMBANGUNAN DERMAGA  
PELABUHAN PETIKEMAS TANJUNGWANGI, KABUPATEN  
BANYUWANGI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. DYAH IRIANI W, M.Sc  
Ir. FUDDOLY , M.Sc

MAHASISWA

HABIBY ZAINUL M  
3110100142

NAMA GAMBAR

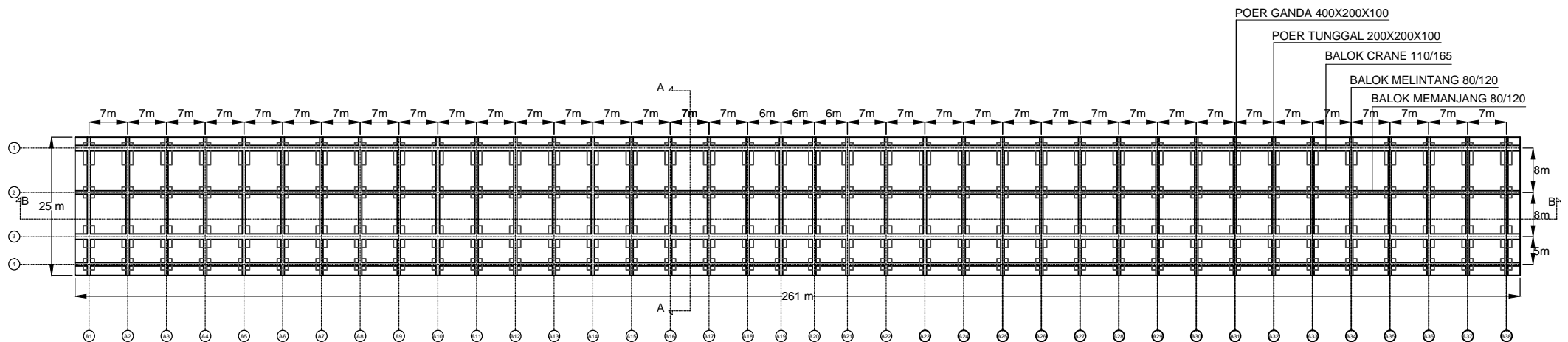
PETA BATHIMETRI

SKALA GAMBAR

1:2500

NOMOR GAMBAR

1



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN  
JURUSAN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN DETAIL PEMBANGUNAN DERMAGA  
PELABUHAN PETIKEMAS TANJUNGWANGI, KABUPATEN  
BANYUWANGI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. DYAH IRIANI, M.Sc  
Ir. FUDDOLY, M.Sc

MAHASISWA

HABIBY ZAINUL M  
3110100142

NAMA GAMBAR

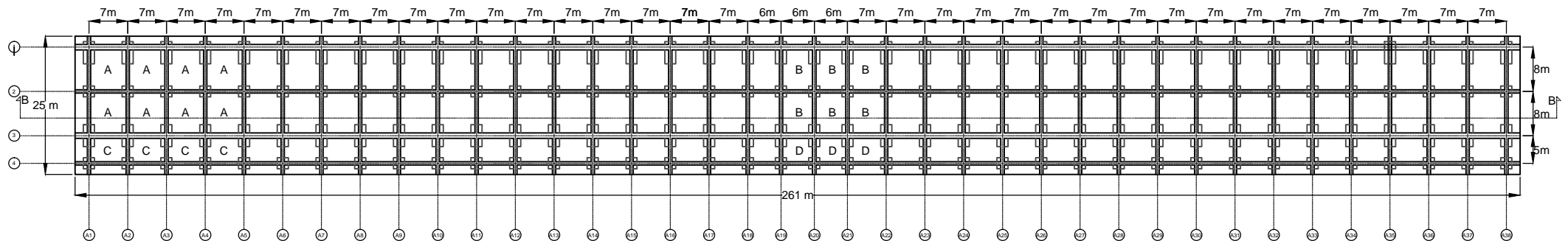
DENAH PEMBALOKAN DERMAGA

SKALA GAMBAR

1 : 250

NOMOR GAMBAR

2



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN  
JURUSAN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN DETAIL PEMBANGUNAN DERMAGA  
PELABUHAN PETIKEMAS TANJUNGWANGI, KABUPATEN  
BANYUWANGI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. DYAH IRIANI W, M.Sc  
Ir. FUDDOLY, M.Sc

MAHASISWA

HABIBY ZINUL M  
3110100142

NAMA GAMBAR

DENAH PEMBAGIAN TIPE PLAT  
PADA DERMAGA

SKALA GAMBAR

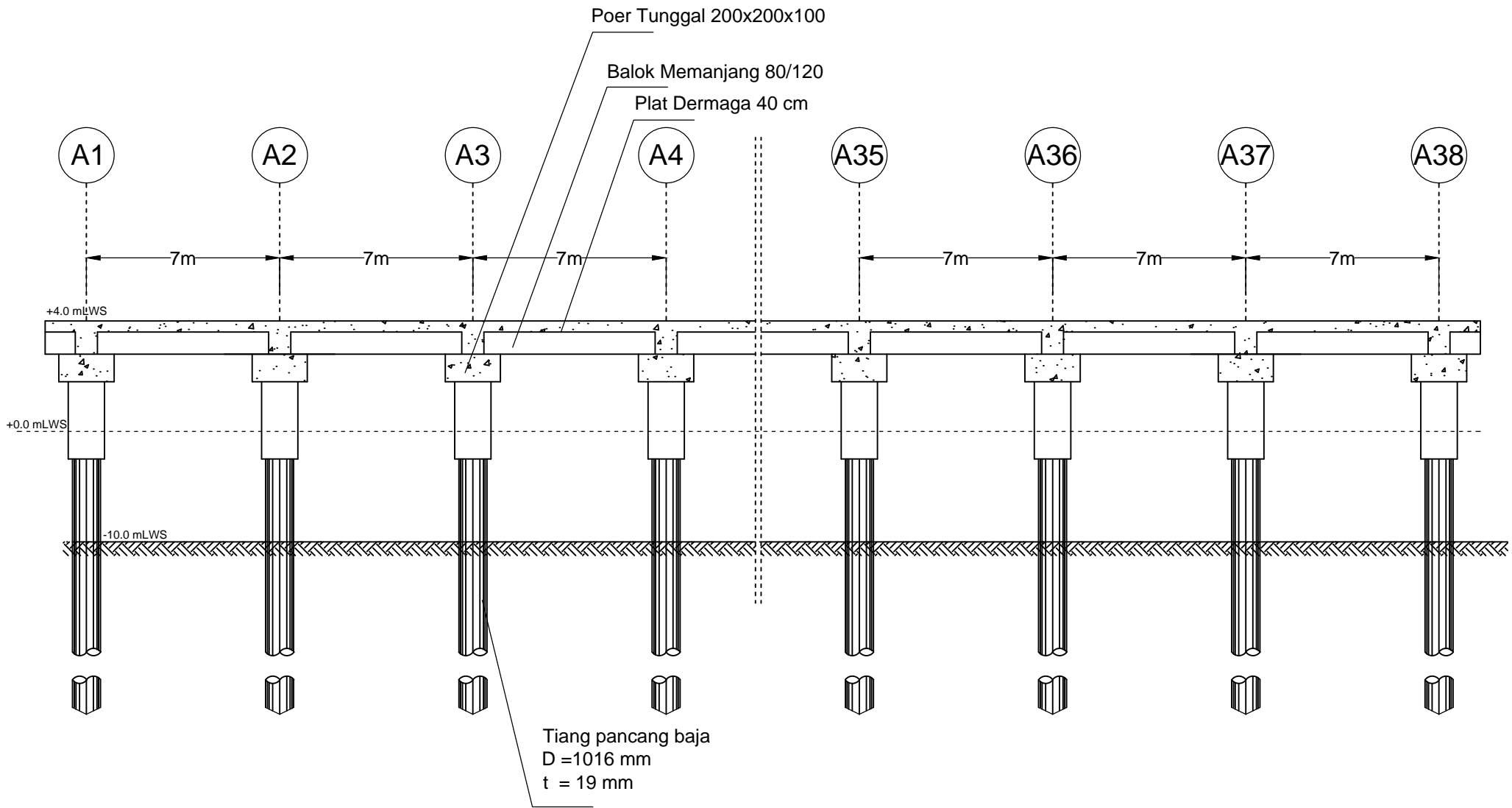
1 : 250

NOMOR GAMBAR

3







INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN  
JURUSAN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN DETAIL PEMBANGUNAN DERMAGA  
PELABUHAN PETIKEMAS TANJUNGWANGI, KABUPATEN  
BANYUWANGI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. DYAH IRIANI W, M.Sc  
Ir. FUDDOLY, M.Sc

MAHASISWA

HABIBY ZAINUL M  
3110100142

NAMA GAMBAR

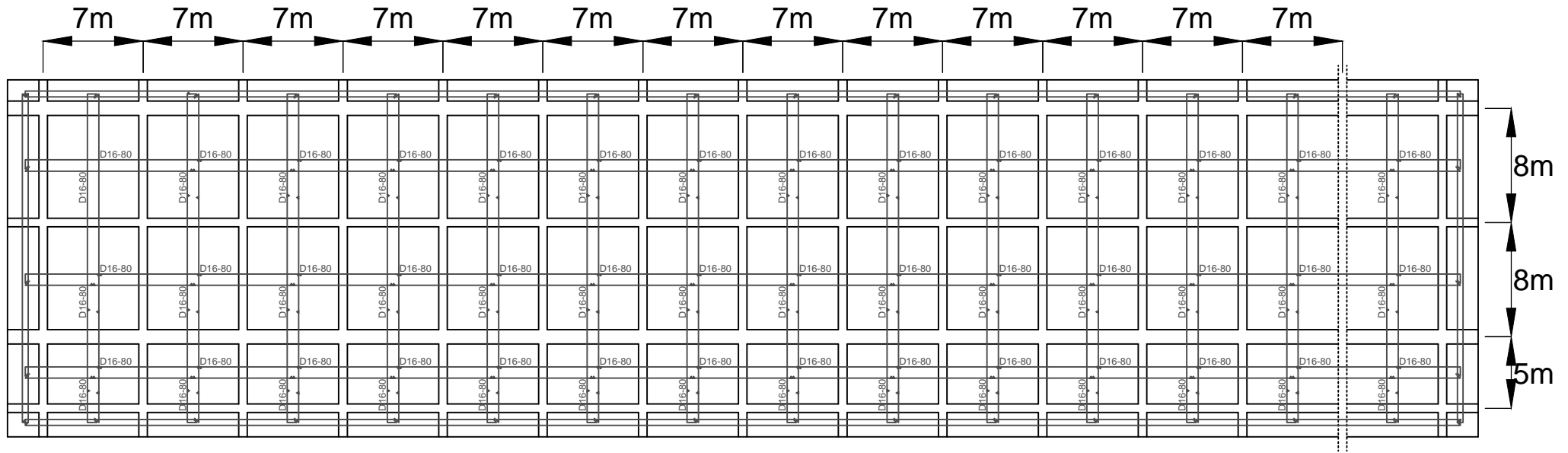
POTONGAN B-B PADA DERMAGA

SKALA GAMBAR

1 : 200

NOMOR GAMBAR

5



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN  
JURUSAN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR  
  
PERENCANAAN DETAIL PEMBANGUNAN DERMAGA  
PELABUHAN PETIKEMAS TANJUNGWANGI, KABUPATEN  
BANYUWANGI

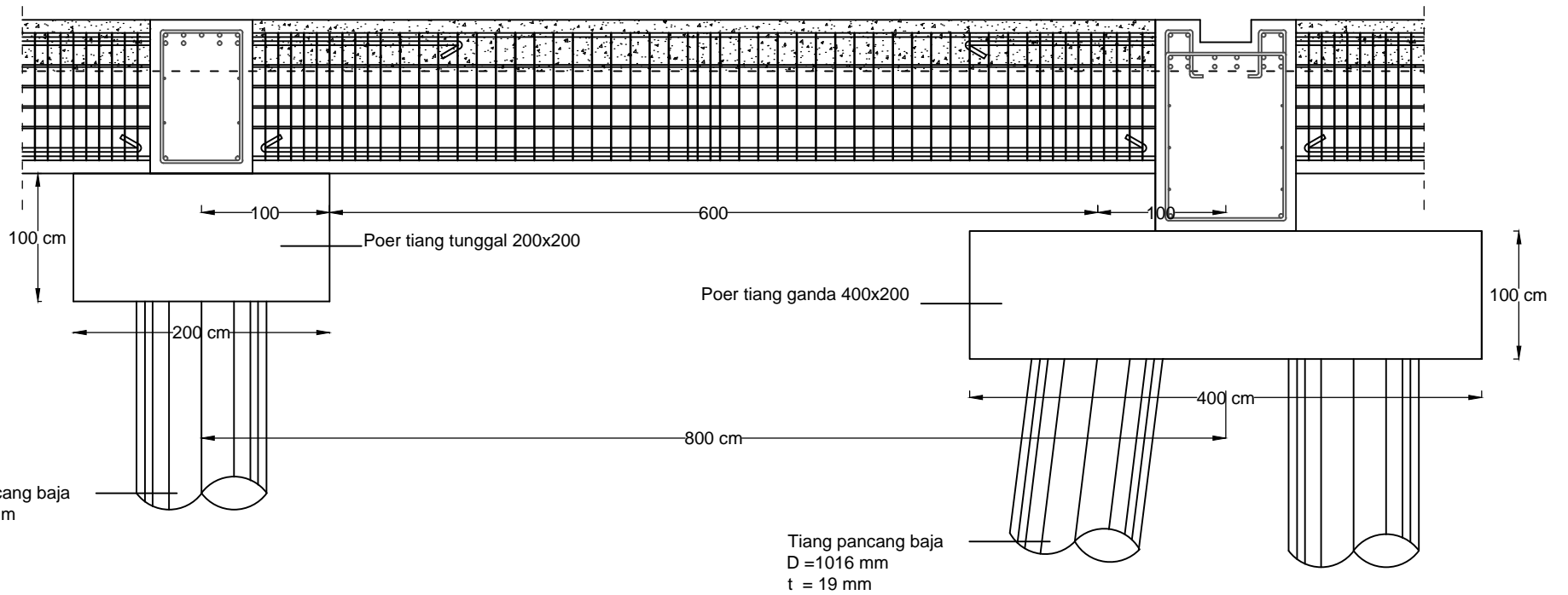
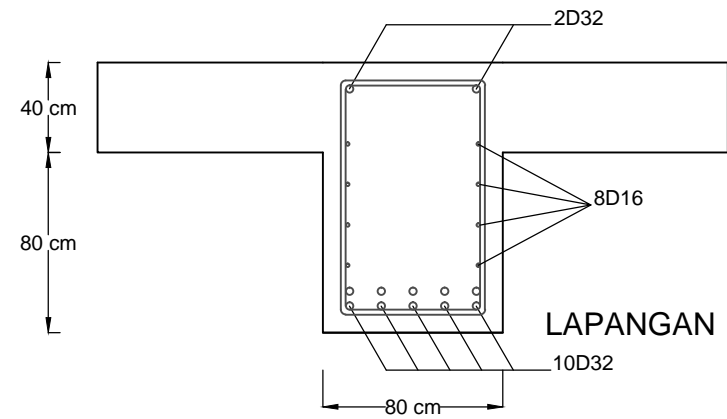
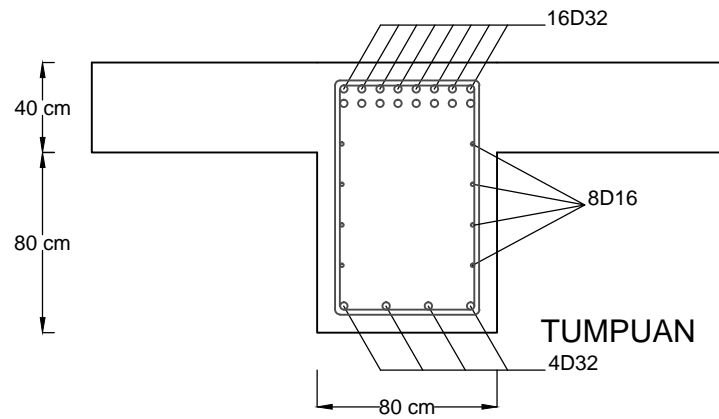
DOSEN PEMBIMBING  
  
Ir. DYAH IRIANI W, M.Sc  
Ir. FUDDOLY, M.Sc

MAHASISWA  
  
HABIBY ZAINUL M  
3110100142

NAMA GAMBAR  
  
PENULANGAN PELAT DERMAGA

SKALA GAMBAR  
  
1 : 100

NOMOR GAMBAR  
  
6



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN  
JURUSAN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR  
  
PERENCANAAN DETAIL PEMBANGUNAN DERMAGA  
PELABUHAN PETIKEMAS TANJUNGWANGI, KABUPATEN  
BANYUWANGI

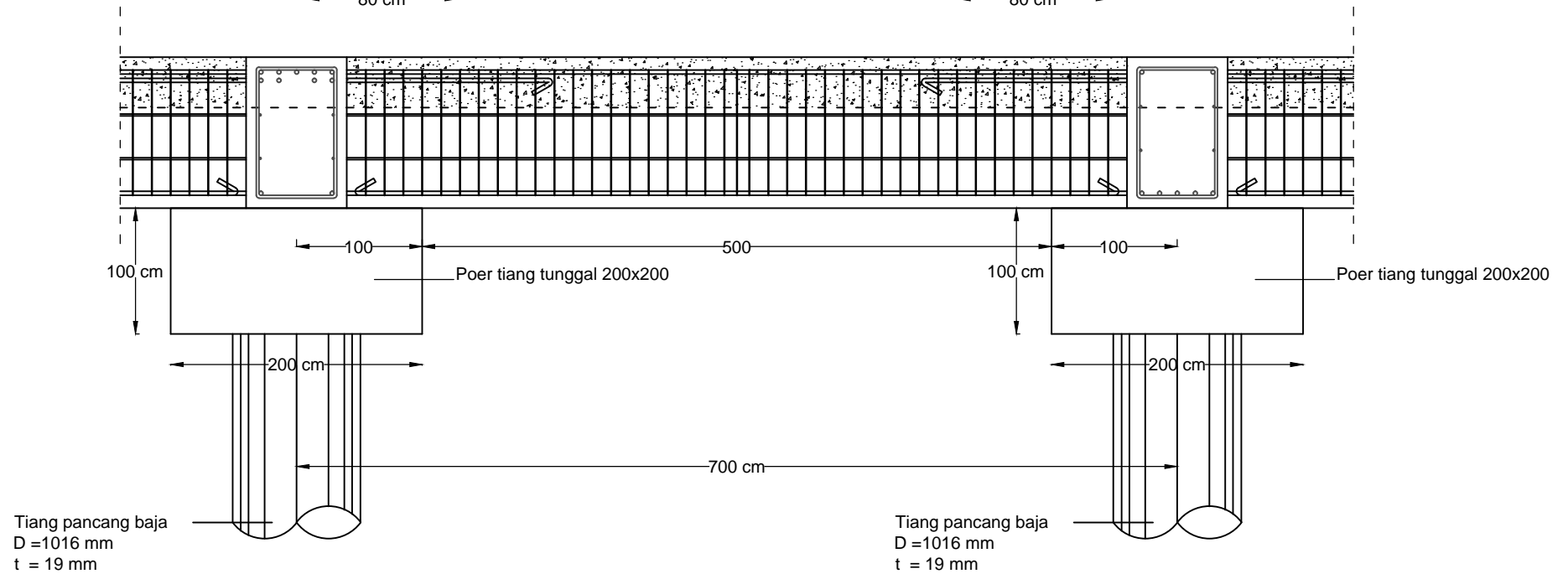
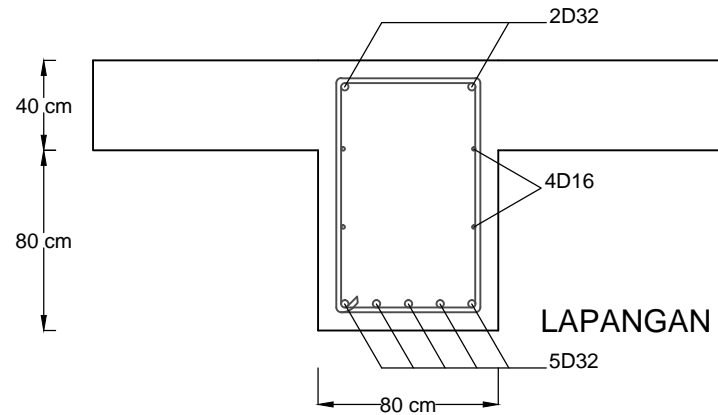
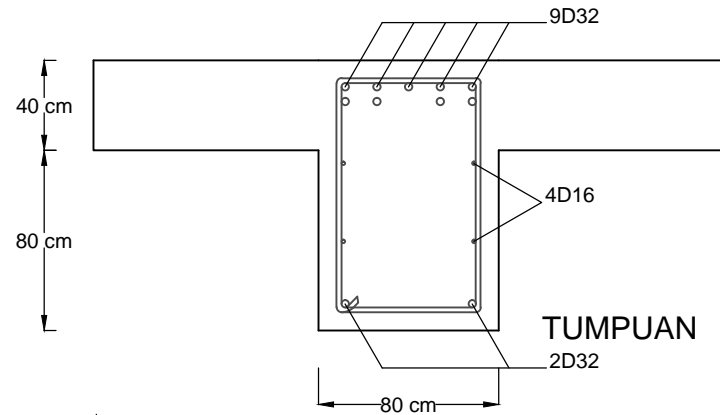
DOSEN PEMBIMBING  
Ir. DYAH IRIANI W, M.Sc  
Ir. FUDDOLY, M.Sc

MAHASISWA  
HABIBY ZAINUL M  
3110100142

NAMA GAMBAR  
  
BALOK MELINTANG

SKALA GAMBAR  
1 : 32  
1 : 50

NOMOR GAMBAR  
  
7



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN  
JURUSAN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR  
  
PERENCANAAN DETAIL PEMBANGUNAN DERMAGA  
PELABUHAN PETIKEMAS TANJUNGWANGI, KABUPATEN  
BANYUWANGI

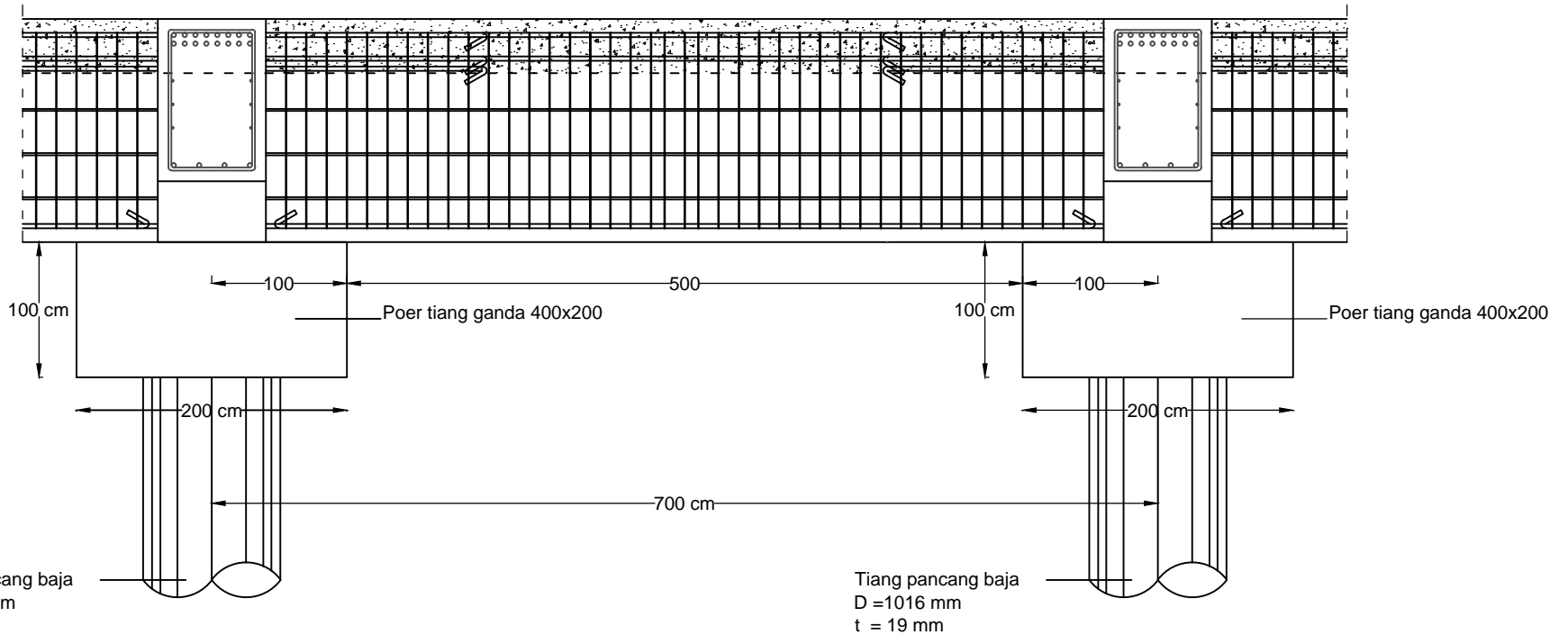
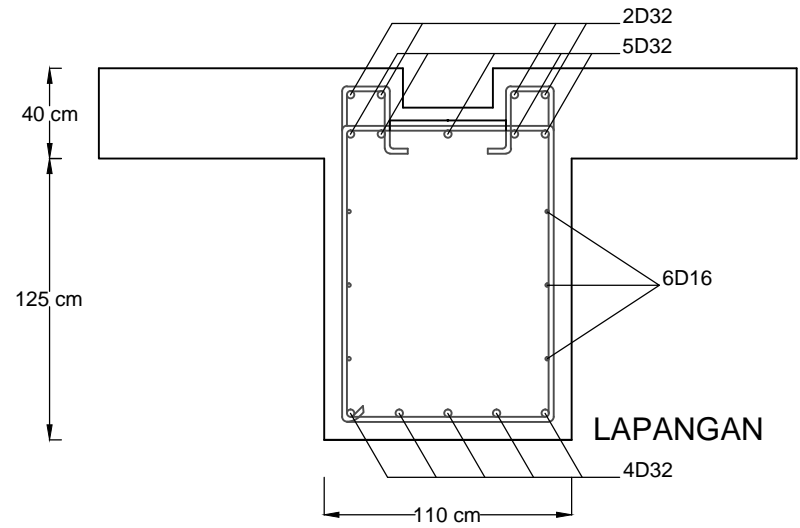
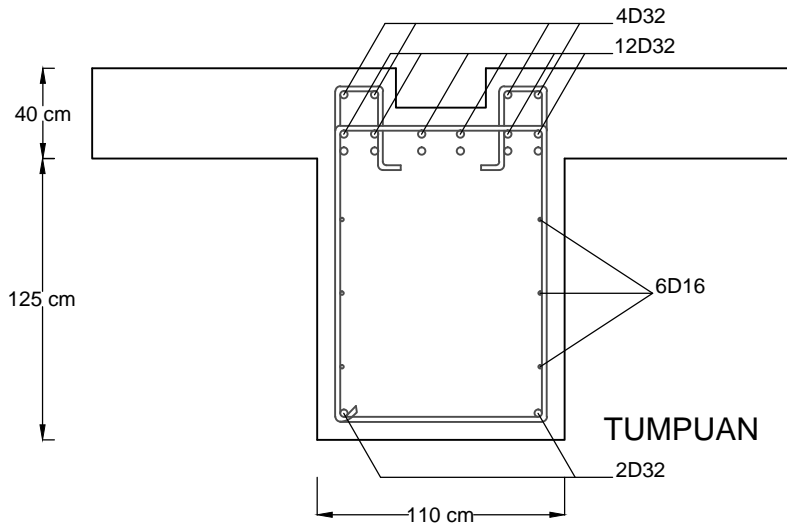
DOSEN PEMBIMBING  
Ir. DYAH IRIANI W, M.Sc  
Ir. FUDDOLY, M.Sc

MAHASISWA  
HABIBY ZAINUL M  
3110100142

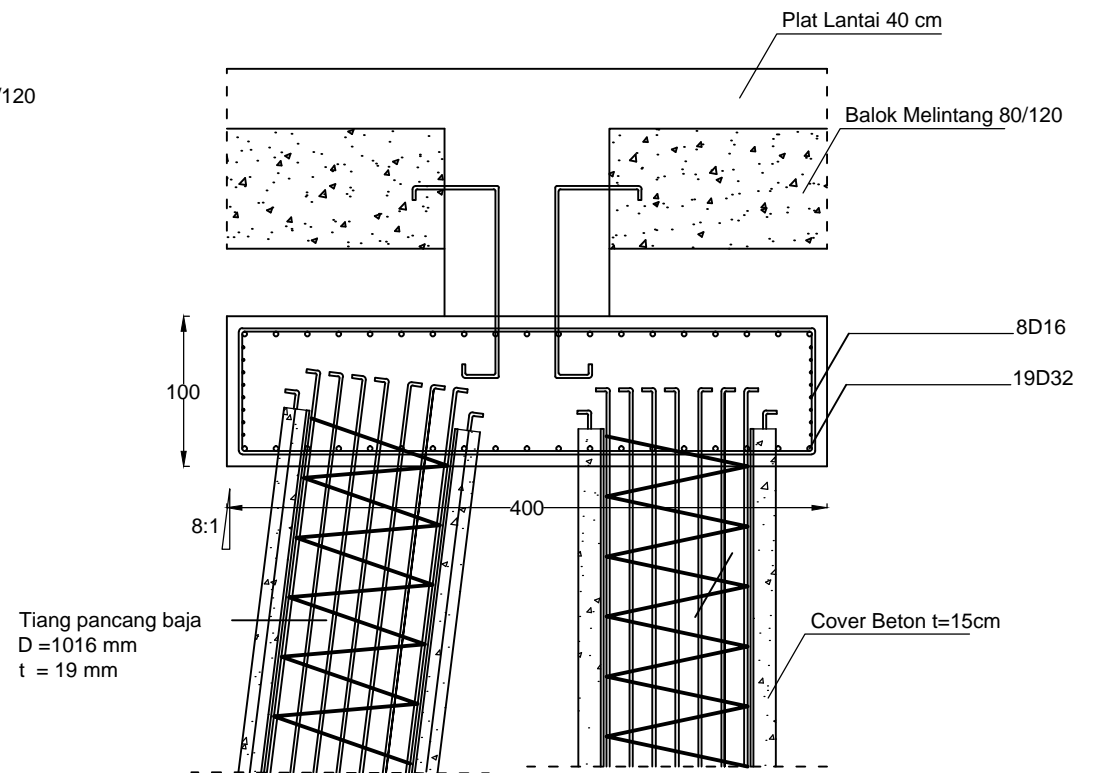
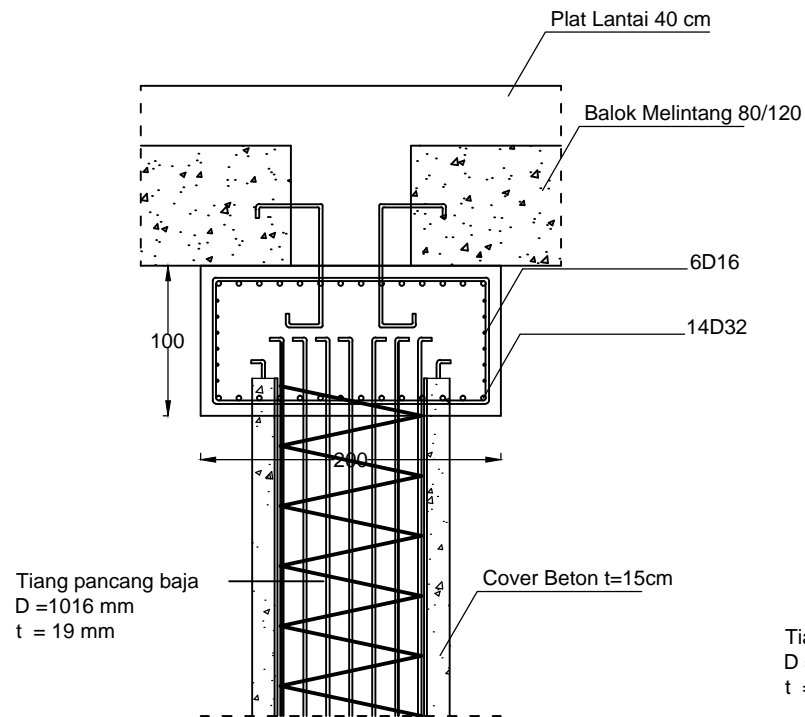
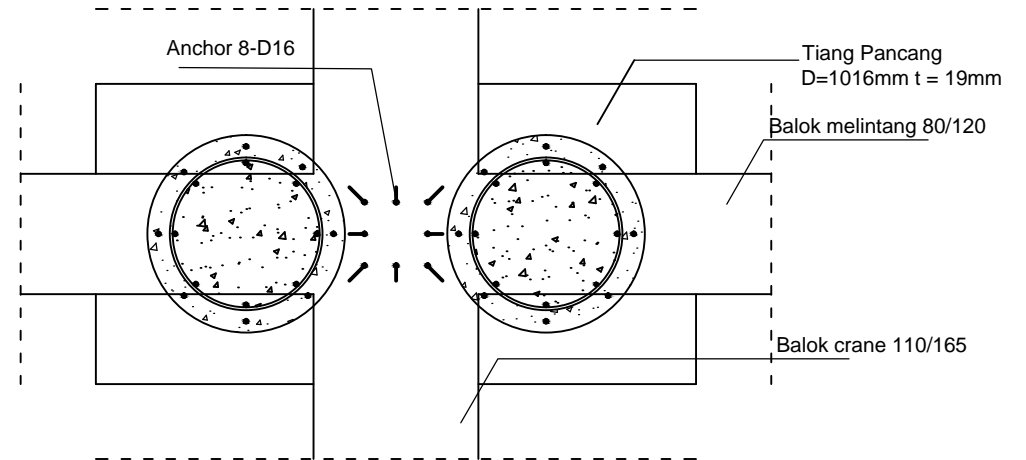
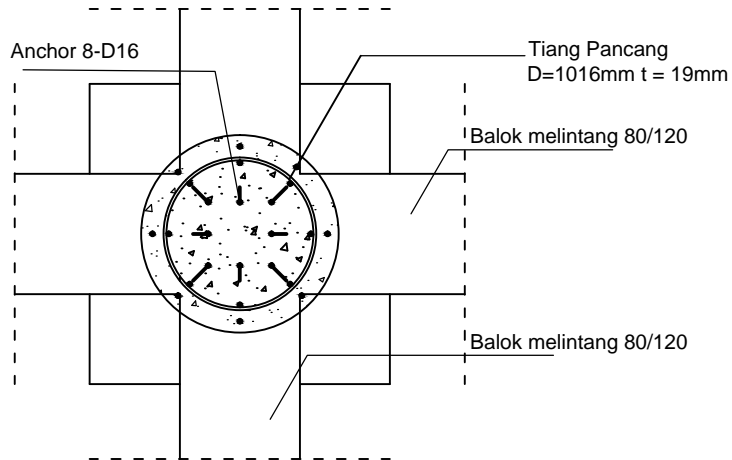
NAMA GAMBAR  
  
BALOK MEMANJANG

SKALA GAMBAR  
1 : 32  
1 : 50

NOMOR GAMBAR  
  
8



|  |   |  |                               |             |                  |              |
|--|---|--|-------------------------------|-------------|------------------|--------------|
| INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH<br>NOPEMBER<br>FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN<br>PERENCANAAN<br>JURUSAN TEKNIK SIPIL | JUDUL TUGAS AKHIR   | DOSEN PEMBIMBING                             | MAHASISWA                     | NAMA GAMBAR | SKALA GAMBAR     | NOMOR GAMBAR |
|  | PERENCANAAN DETAIL PEMBANGUNAN DERMAGA<br>PELABUHAN PETIKEMAS TANJUNGWANGI, KABUPATEN<br>BANYUWANGI | Ir. DYAH IRIANI W, M.Sc<br>Ir. FUDDOLY, M.Sc | HABIBY ZAINUL M<br>3110100142 | BALOK CRANE | 1 : 32<br>1 : 50 | 9            |



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN  
JURUSAN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR  
  
PERENCANAAN DETAIL PEMBANGUNAN DERMAGA  
PELABUHAN PETIKEMAS TANJUNGWANGI, KABUPATEN  
BANYUWANGI

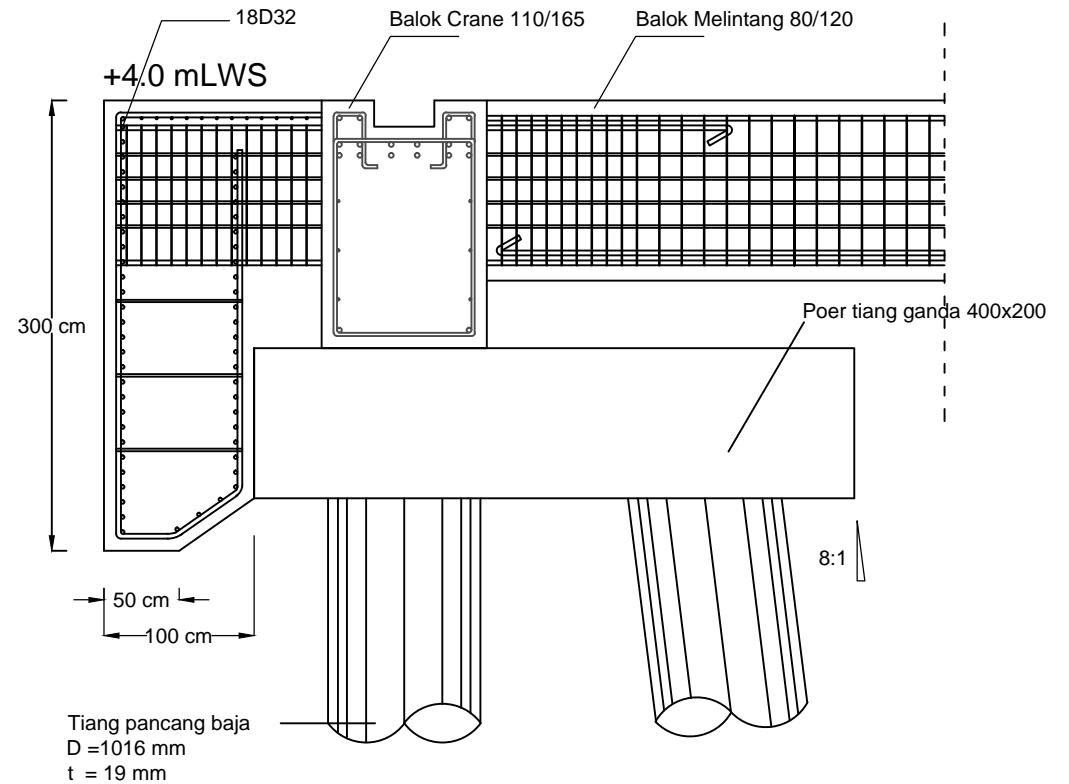
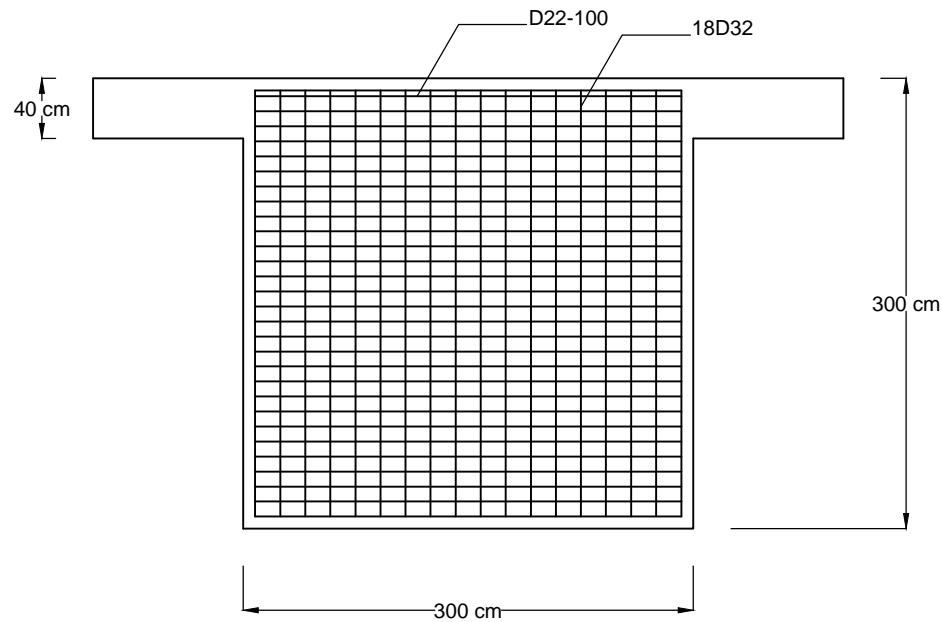
DOSEN PEMBIMBING  
  
Ir. DYAH IRIANI W, M.Sc  
Ir. FUDDOLY, M.Sc

MAHASISWA  
  
HABIBY ZAINUL M  
3110100142

NAMA GAMBAR  
  
DETAIL POER TUNGGAL DAN  
GANDA PADA DERMAGA

SKALA GAMBAR  
  
1 : 32  
1 : 50

NOMOR GAMBAR  
  
10



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN  
JURUSAN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN DETAIL PEMBANGUNAN DERMAGA  
PELABUHAN PETIKEMAS TANJUNGWANGI, KABUPATEN  
BANYUWANGI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. DYAH IRIANI W, M.Sc  
Ir. FUDDOLY, M.Sc

MAHASISWA

HABIBY ZAINUL M  
3110100142

NAMA GAMBAR

DETAIL PLANK FENDER

SKALA GAMBAR

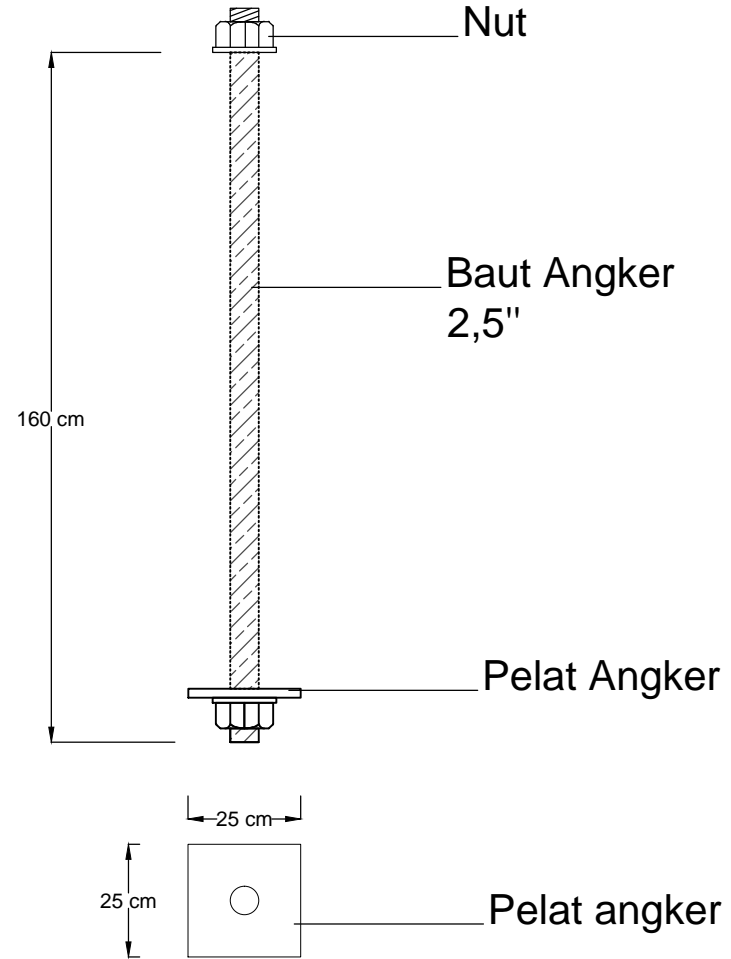
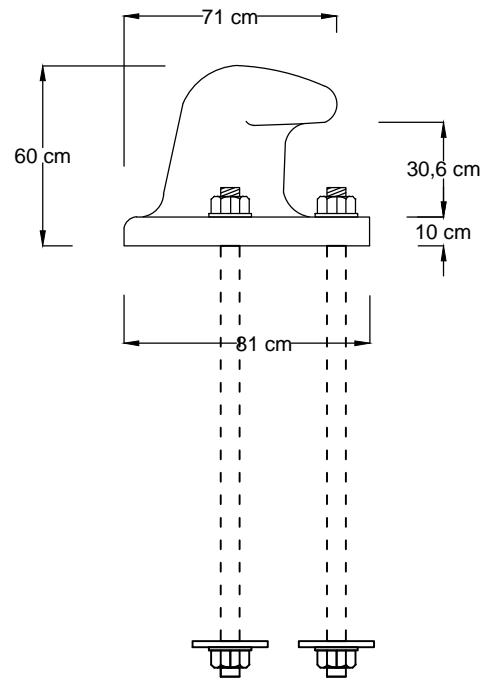
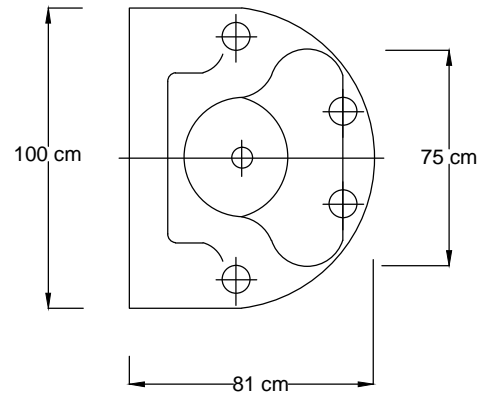
1 : 32

NOMOR GAMBAR

11







INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN  
JURUSAN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN DETAIL PEMBANGUNAN DERMAGA  
PELABUHAN PETIKEMAS TANJUNGWANGI, KABUPATEN  
BANYUWANGI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. DYAH IRIANI W, M.Sc  
Ir. FUDDOLY , M.Sc

MAHASISWA

HABIBY ZAINUL M  
3110100142

NAMA GAMBAR

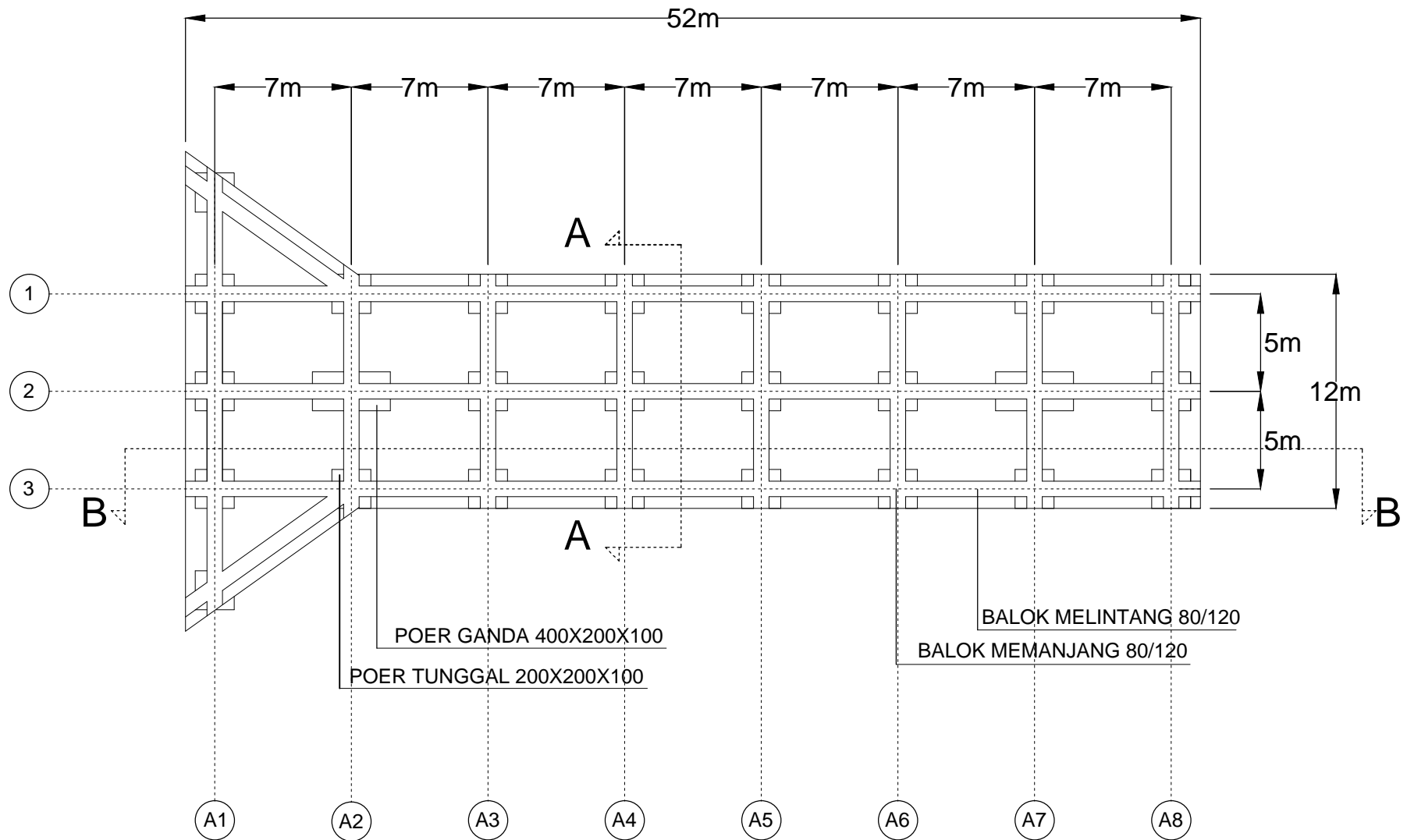
DETAIL BOLLARD

SKALA GAMBAR

1:4

NOMOR GAMBAR

13



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN  
JURUSAN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR  
PERENCANAAN DETAIL PEMBANGUNAN DERMAGA  
PELABUHAN PETIKEMAS TANJUNGWANGI, KABUPATEN  
BANYUWANGI

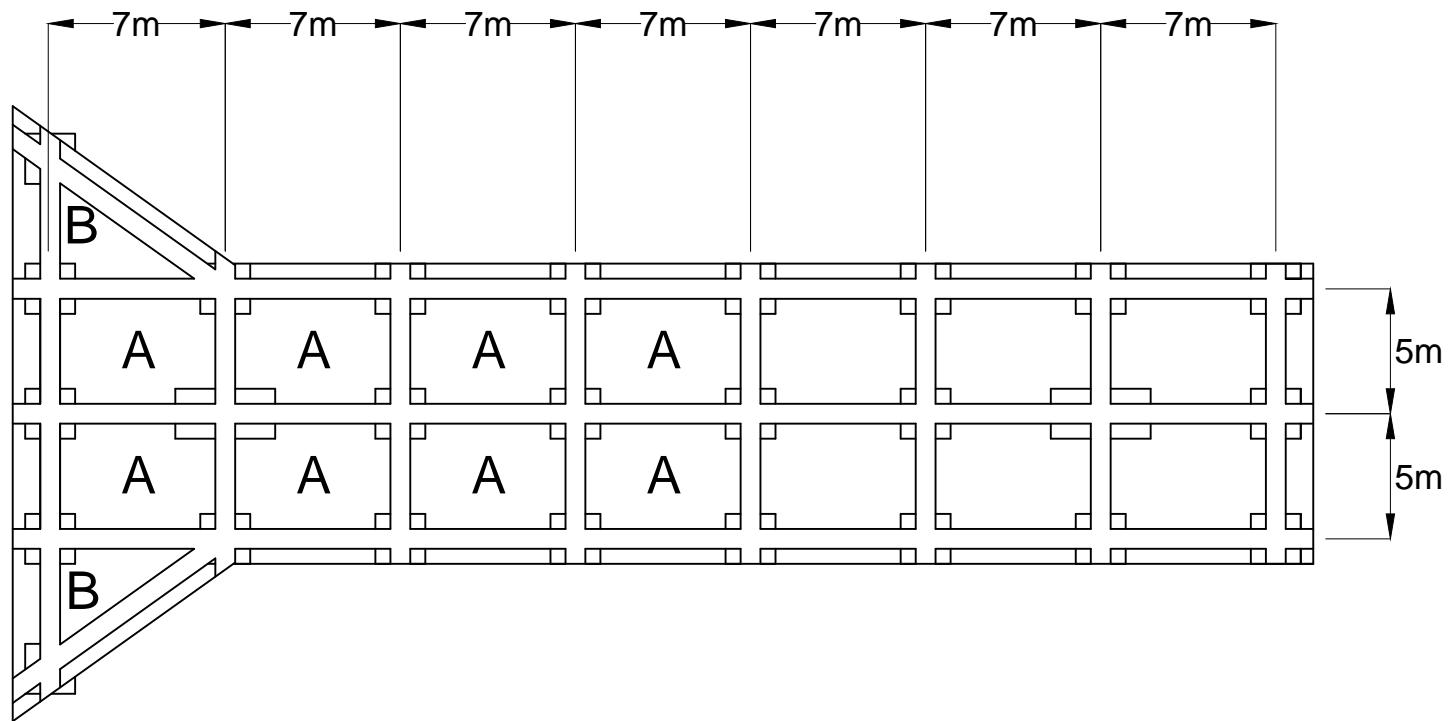
DOSEN PEMBIMBING  
Ir. DYAH IRIANI W, M.Sc  
Ir. FUDDOLY, M.Sc

MAHASISWA  
HABIBY ZAINUL M  
3110100142

NAMA GAMBAR  
DENAH PEMBALOKAN  
PADA TRESTLE

SKALA GAMBAR  
1 : 30

NOMOR GAMBAR  
14



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN  
JURUSAN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN DETAIL PEMBANGUNAN DERMAGA  
PELABUHAN PETIKEMAS TANJUNGWANGI, KABUPATEN  
BANYUWANGI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. DYAH IRIANI W, M.Sc  
Ir. FUDDOLY, M.Sc

MAHASISWA

HABIBY ZAINUL M  
3110100142

NAMA GAMBAR

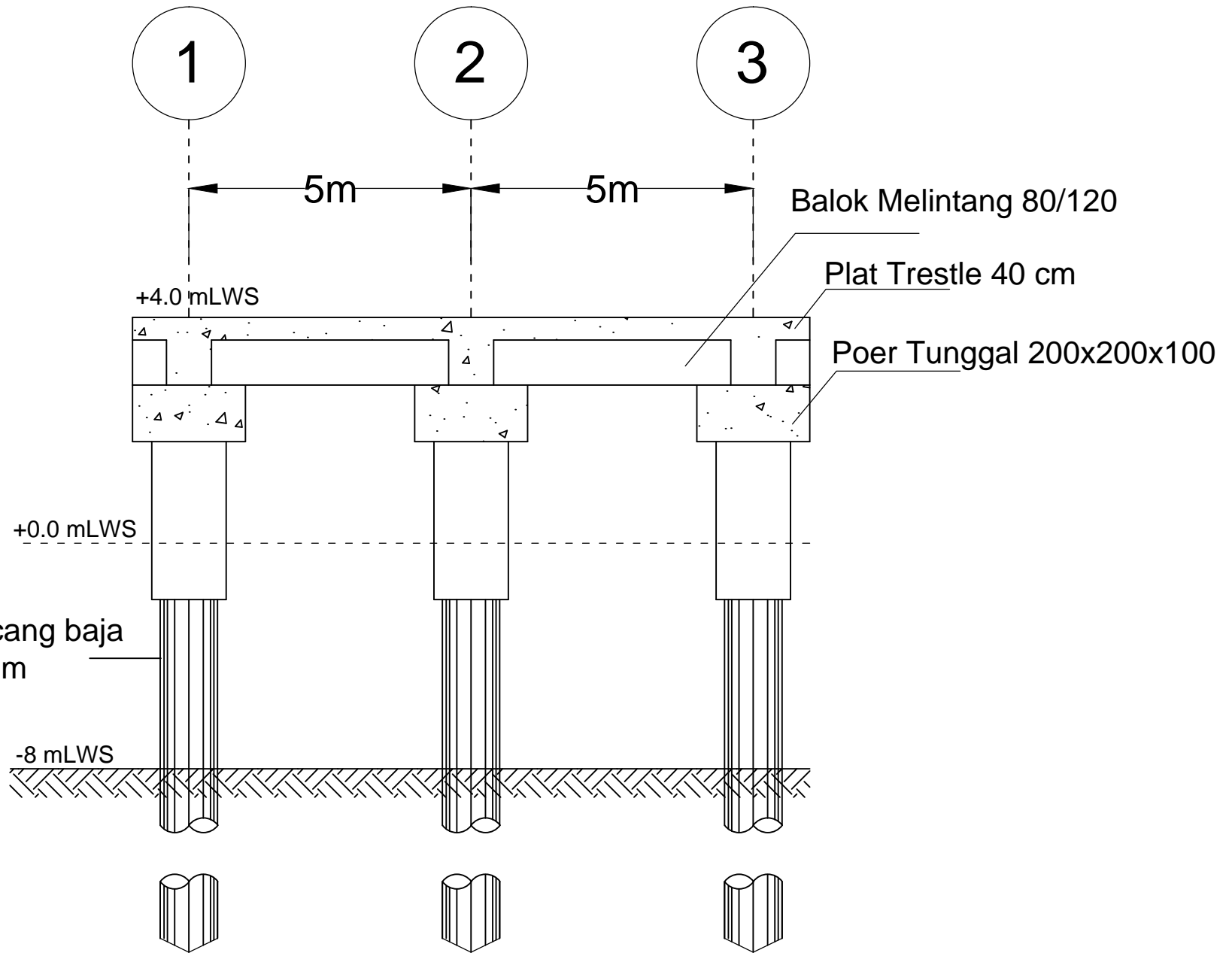
DENAH PEMBAGIAN PLAT  
PADA TRESTLE

SKALA GAMBAR

1 : 30

NOMOR GAMBAR

15



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN  
JURUSAN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN DETAIL PEMBANGUNAN DERMAGA  
PELABUHAN PETIKEMAS TANJUNGWANGI, KABUPATEN  
BANYUWANGI

DOSEN PEMBIMBING

Ir. DYAH IRIANI W, M.Sc  
Ir. FUDDOLY, M.Sc

MAHASISWA

HABIBY ZAINUL M  
3110100142

NAMA GAMBAR

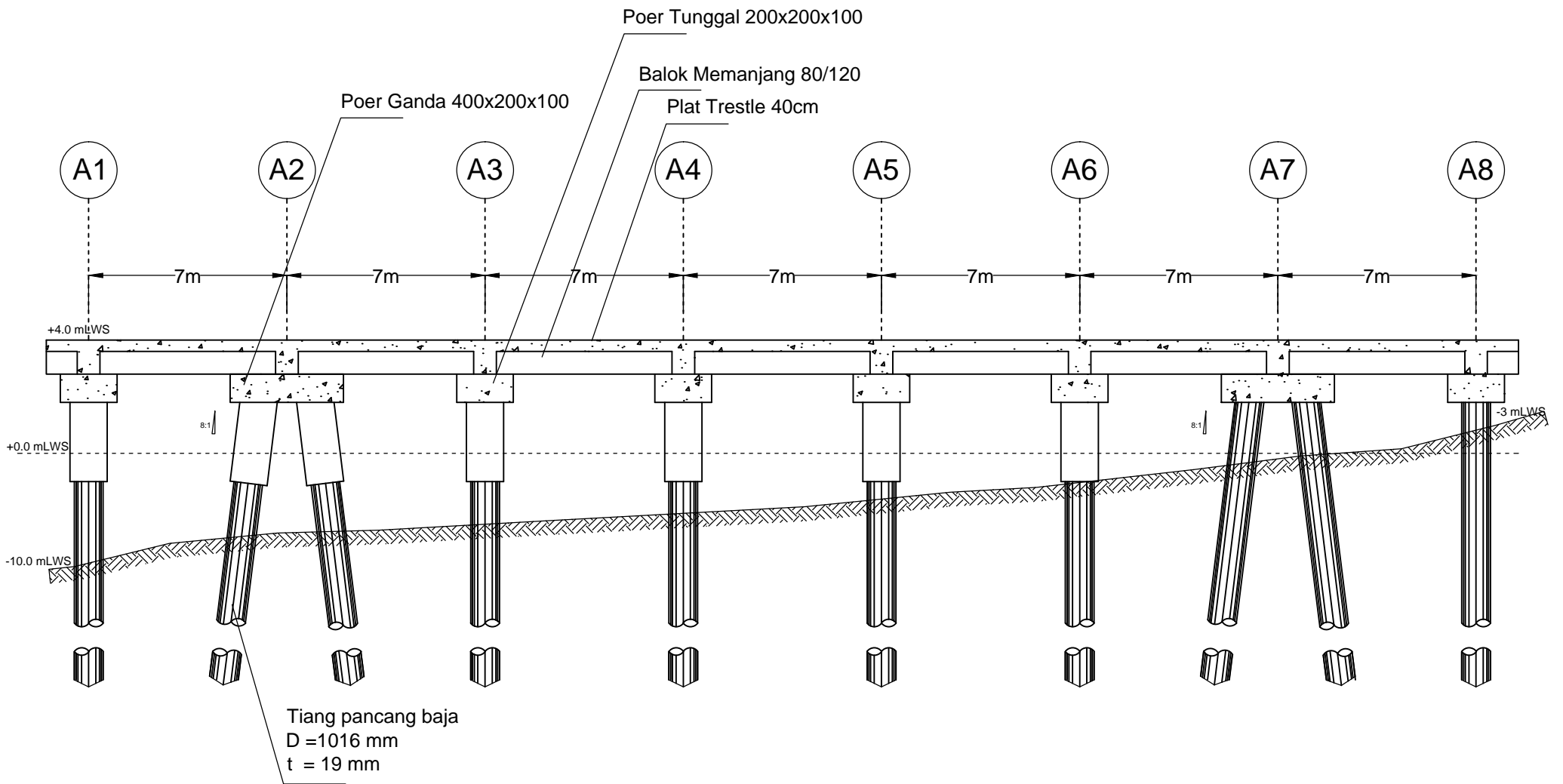
POTONGAN A-A PADA TRESTLE

SKALA GAMBAR

1:100

NOMOR GAMBAR

16



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN  
JURUSAN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR  
  
PERENCANAAN DETAIL PEMBANGUNAN DERMAGA  
PELABUHAN PETIKEMAS TANJUNGWANGI, KABUPATEN  
BANYUWANGI

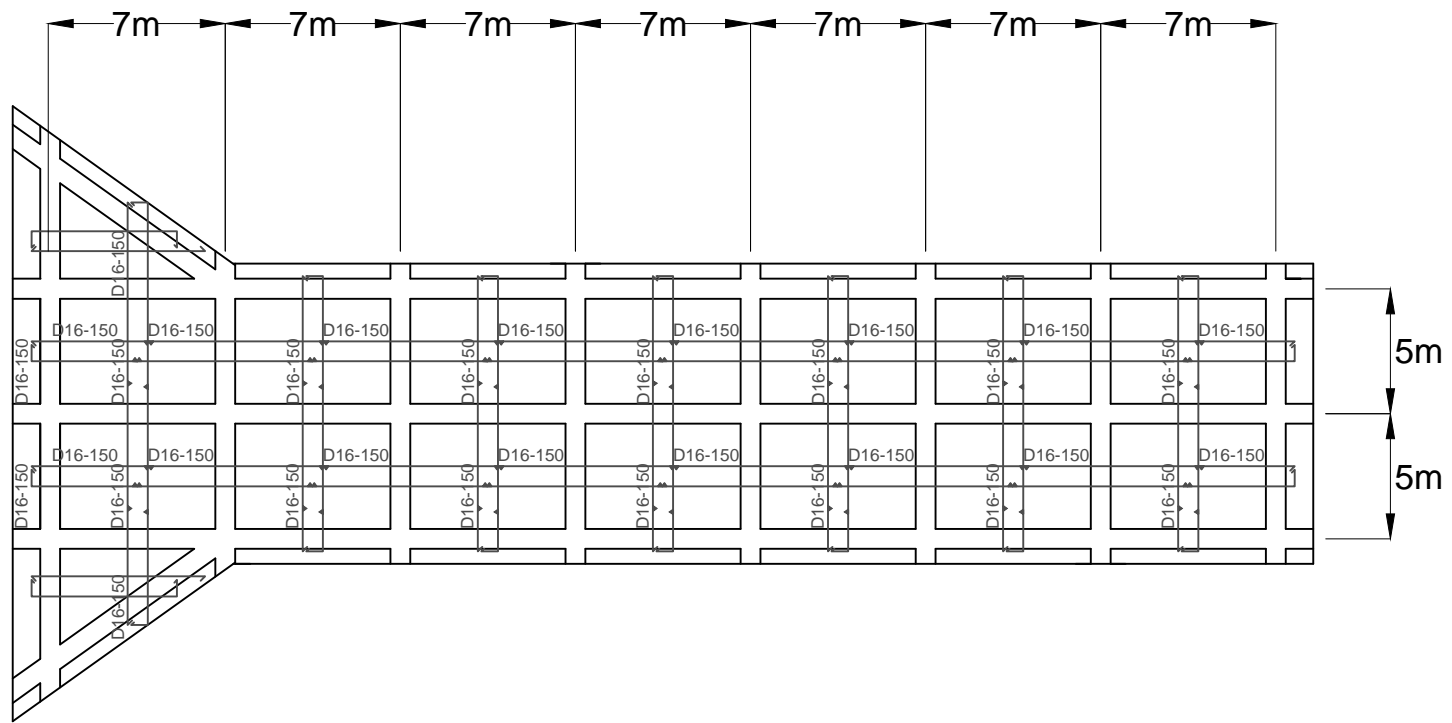
DOSEN PEMBIMBING  
  
Ir. DYAH IRIANI W, M.Sc  
Ir. FUDDOLY, M.Sc

MAHASISWA  
  
HABIBY ZAINUL M  
3110100142

NAMA GAMBAR  
  
POTONGAN B-B PADA TRESTLE

SKALA GAMBAR  
  
1 : 200

NOMOR GAMBAR  
  
17



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN  
JURUSAN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR  
PERENCANAAN DETAIL PEMBANGUNAN DERMAGA  
PELABUHAN PETIKEMAS TANJUNGWANGI, KABUPATEN  
BANYUWANGI

DOSEN PEMBIMBING  
Ir. DYAH IRIANI W, M.Sc  
Ir. FUDDOLY, M.Sc

MAHASISWA  
HABIBY ZAINUL M  
3110100142

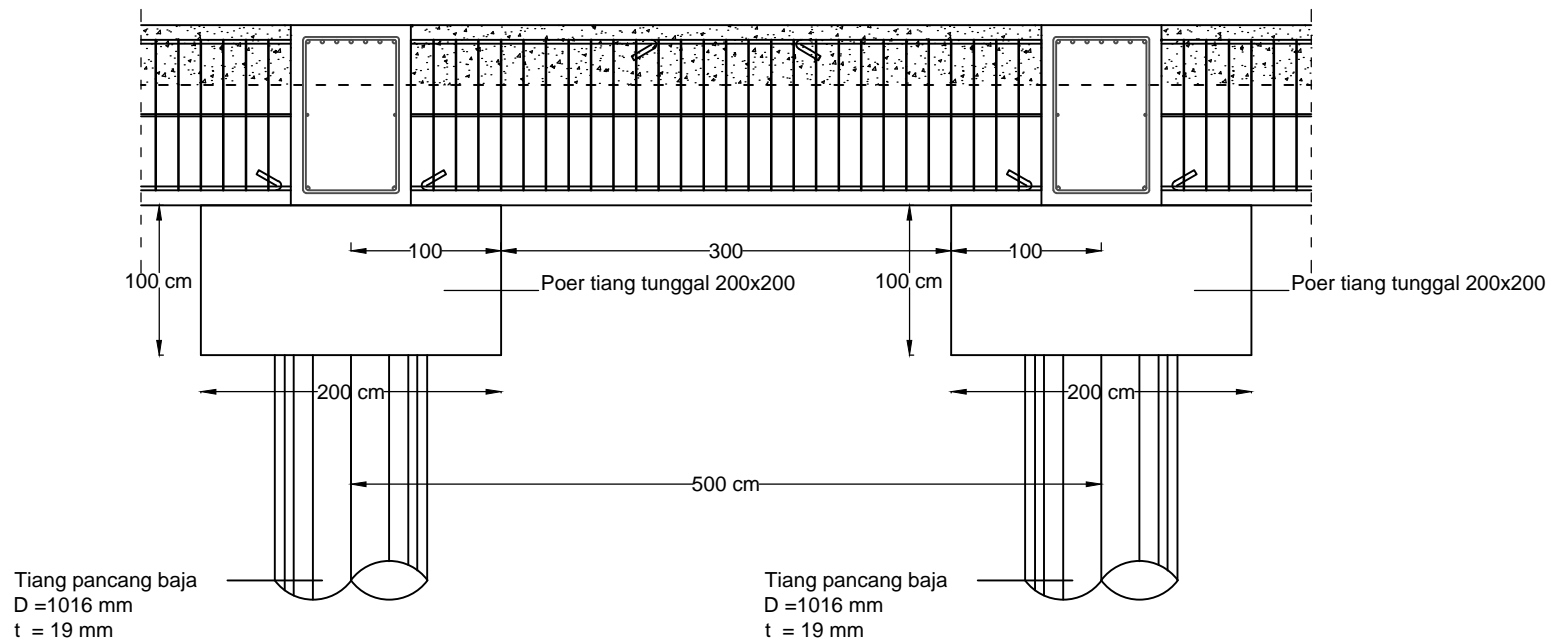
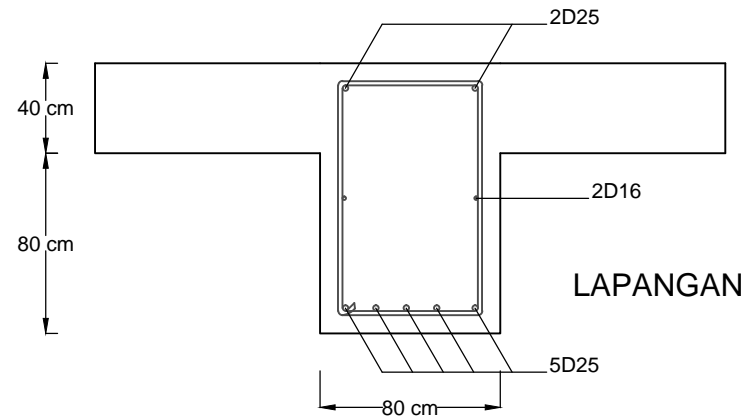
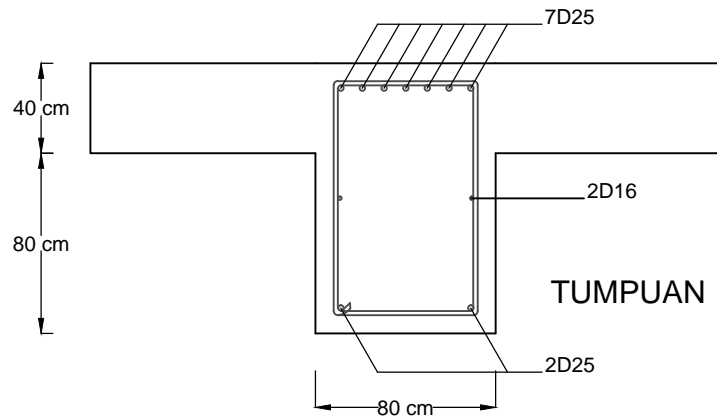
NAMA GAMBAR  
DENAH PENULANGAN PLAT  
PADA TRESTLE

SKALA GAMBAR

1 : 30

NOMOR GAMBAR

18



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN  
JURUSAN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR  
  
PERENCANAAN DETAIL PEMBANGUNAN DERMAGA  
PELABUHAN PETIKEMAS TANJUNGWANGI, KABUPATEN  
BANYUWANGI

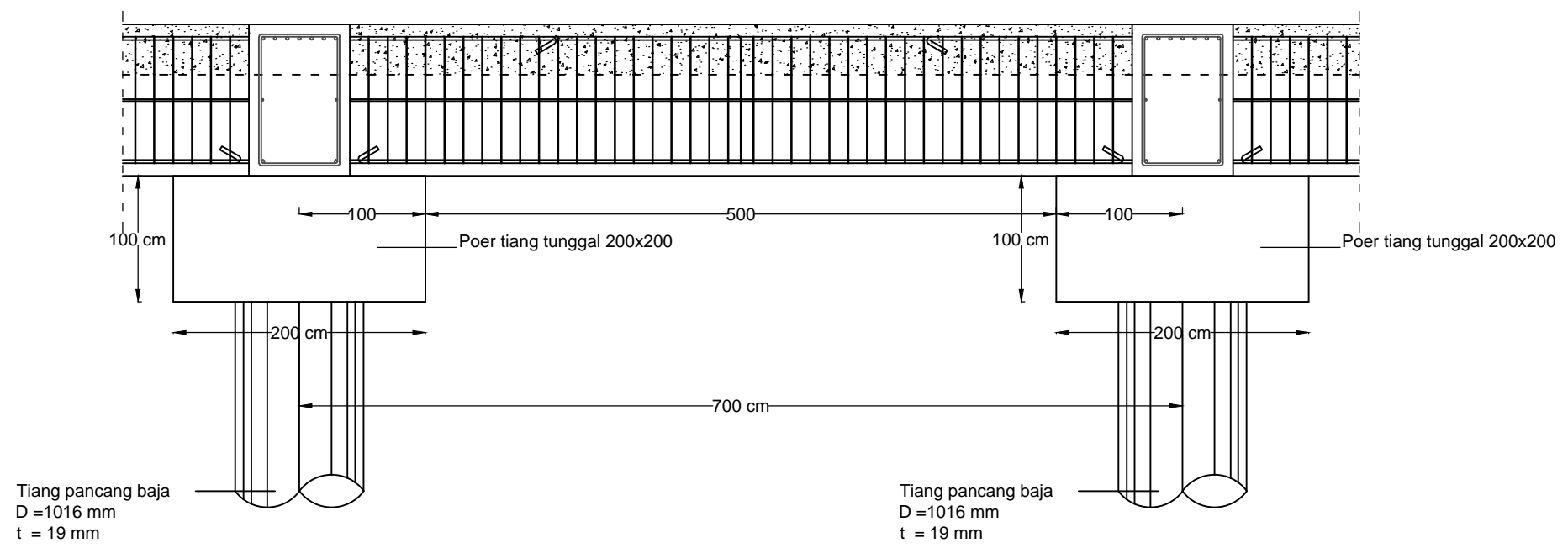
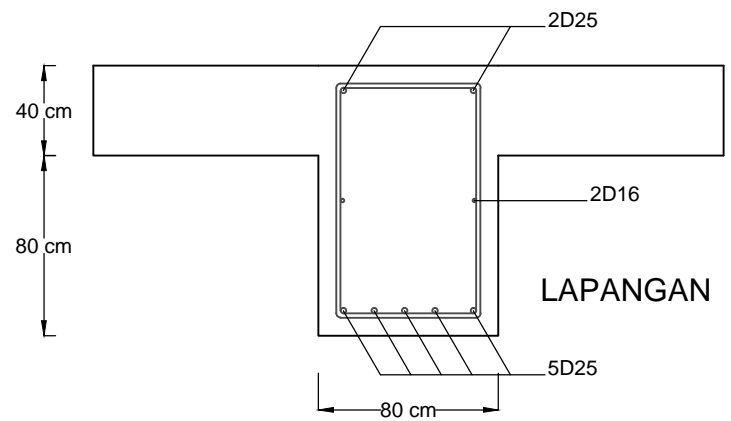
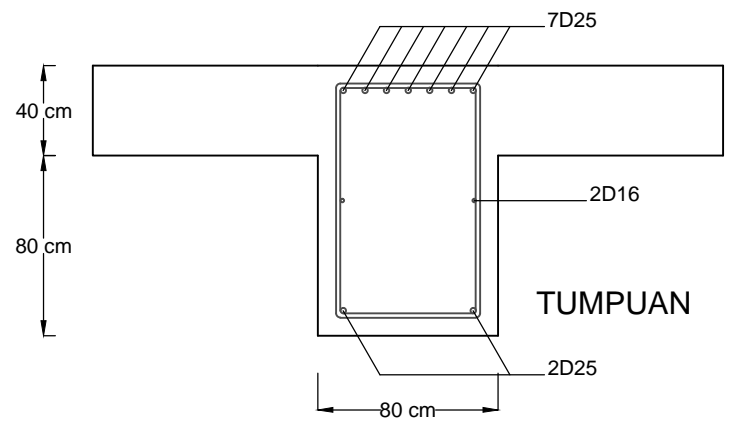
DOSEN PEMBIMBING  
  
Ir. DYAH IRIANI W, M.Sc  
Ir. FUDDOLY, M.Sc

MAHASISWA  
  
HABIBY ZAINUL M  
3110100142

NAMA GAMBAR  
  
BALOK MELINTANG TRESTLE

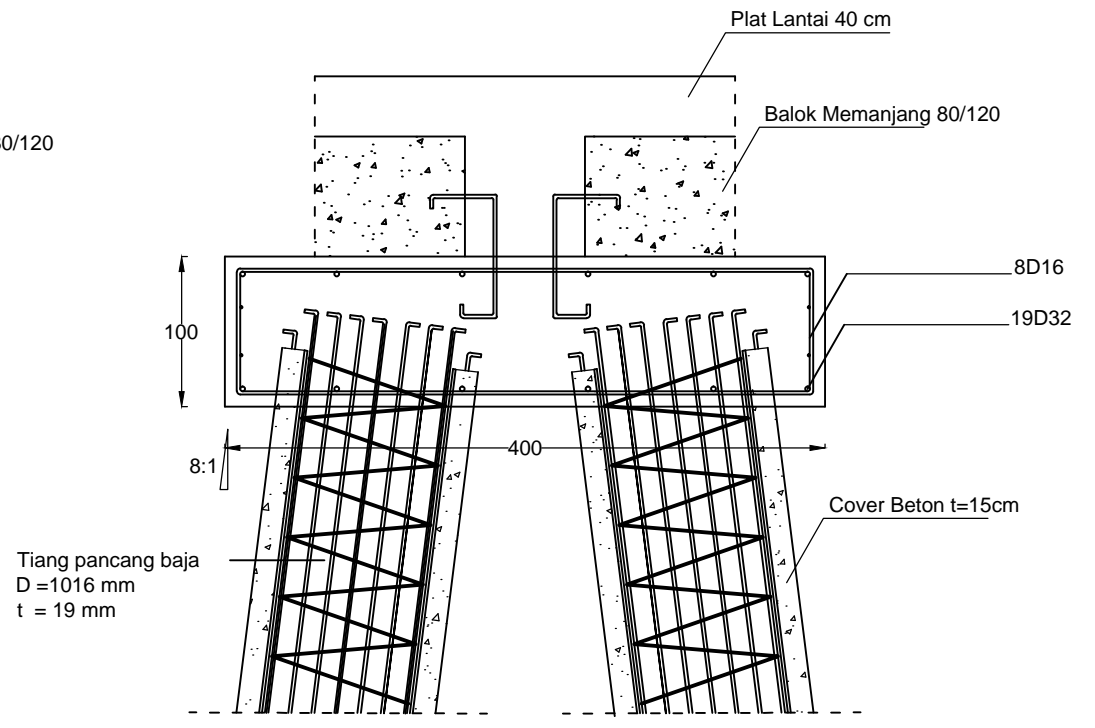
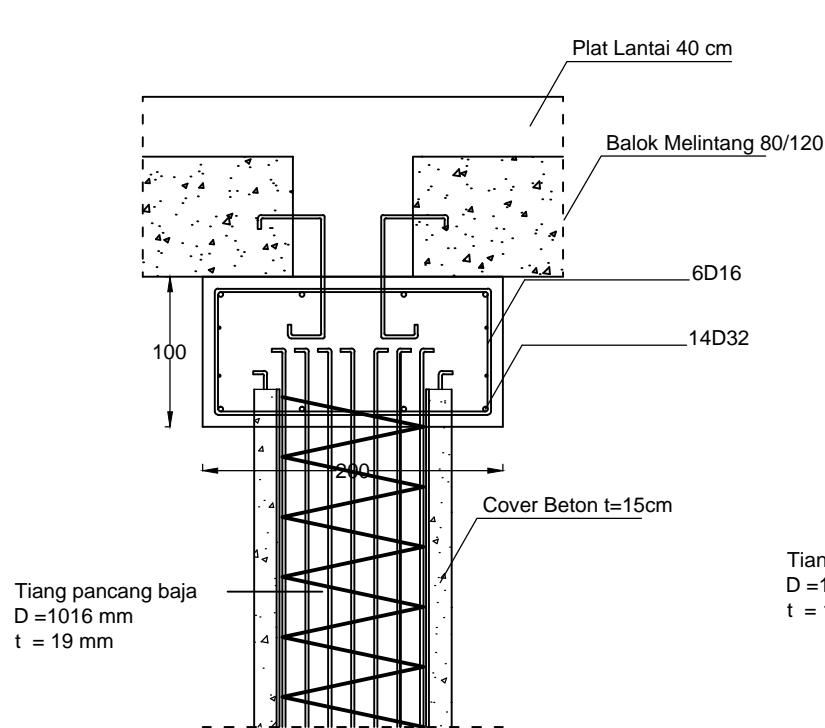
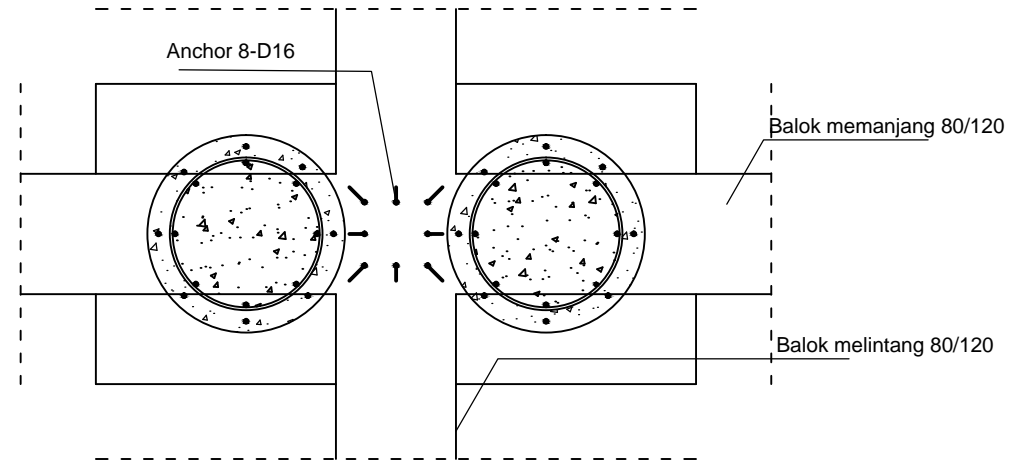
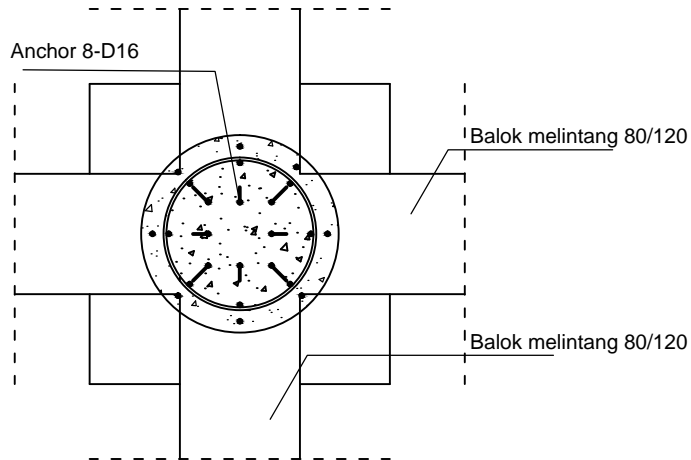
SKALA GAMBAR  
  
1 : 32  
1 : 50

NOMOR GAMBAR  
  
19



|  |   |  |                               |                         |                  |              |
|--|---|--|-------------------------------|-------------------------|------------------|--------------|
| INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH<br>NOPEMBER<br>FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN<br>PERENCANAAN<br>JURUSAN TEKNIK SIPIL | JUDUL TUGAS AKHIR   | DOSEN PEMBIMBING                             | MAHASISWA                     | NAMA GAMBAR             | SKALA GAMBAR     | NOMOR GAMBAR |
|  | PERENCANAAN DETAIL PEMBANGUNAN DERMAGA<br>PELABUHAN PETIKEMAS TANJUNGWANGI, KABUPATEN<br>BANYUWANGI | Ir. DYAH IRIANI W, M.Sc<br>Ir. FUDDOLY, M.Sc | HABIBY ZAINUL M<br>3110100142 | BALOK MEMANJANG TRESTLE | 1 : 32<br>1 : 50 | 20           |





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN  
JURUSAN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR  
  
PERENCANAAN DETAIL PEMBANGUNAN DERMAGA  
PELABUHAN PETIKEMAS TANJUNGWANGI, KABUPATEN  
BANYUWANGI

DOSEN PEMBIMBING  
  
Ir. DYAH IRIANI W, M.Sc  
Ir. FUDDOLY, M.Sc

MAHASISWA  
  
HABIBY ZAINUL M  
3110100142

NAMA GAMBAR  
  
DETAIL POER TUNGGAL DAN  
POER GANDA TERSTLE

SKALA GAMBAR  
  
1 : 32  
1 : 50

NOMOR GAMBAR  
  
21