TUGAS AKHIR – RC 14-1501

MODIFIKASI PERENCANAAN FLY OVER LINGKAR DALAM BARAT SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN BALOK BOX GIRDER PRATEKAN

IRVAN PRATAMA PASAK
NRP 03111240000066

Dosen Konsultasi I
Prof. Dr. Ir. I GUSTI PUTU RAKA

Dosen Konsultasi II
DATA IRANATA,ST.MT. PhD.

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

TUGAS AKHIR – RC 14-1501

MODIFIKASI PERENCANAAN FLY OVER LINGKAR DALAM BARAT SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN BALOK BOX GIRDER PRATEKAN

IRVAN PRATAMA PASAK
NRP 03111240000066

Dosen Konsultasi I
Prof. Dr. Ir. I GUSTI PUTU RAKA

Dosen Konsultasi II
DATA IRANATA,ST.MT. PhD.

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

Halaman ini sengaja dikosongkan

FINAL PROJECT – RC 14-1501

MODIFICATION OF FLY OVER WEST INNER RING ROAD SURABAYA USING PRESTRESSED BOX GIRDER BEAMS

IRVAN PRATAMA PASAK
NRP 03111240000066

Advisor I
Prof. Dr. Ir. I GUSTI PUTU RAKA

Advisor II
DATA IRANATA,ST.MT. PhD.

CIVIL ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Civil, Environmental and Geo Engineering
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018

Halaman ini sengaja dikosongkan

MODIFIKASI PERENCANAAN FLY OVER LINGKAR DALAM BARAT SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN BALOK BOX GIRDER PRATEKAN

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :
IRVAN PRATAMA PASAK
NRP. 03111240000066

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

1. Prof. Dr. Ir. I GUSTI PUTU RAKA ....

2. DATA IRANATA,ST.MT. PHD ....

SURABAYA
JULI, 2018

Halaman ini sengaja dikosongkan

MODIFIKASI PERENCANAAN FLY OVER LINGKAR DALAM BARAT SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN BALOK *BOX GIRDER* PRATEKAN

N a m a : **IRVAN PRATAMA PASAK**
N R P : **03111240000066**
Departemen : **Teknik Sipil FTSLK-ITS**
Dosen Pembimbing :
1. Prof. Dr. Ir. I GUSTI PUTU RAKA
2.DATA IRANATA, ST. MT. PhD.

Abstrak

Dalam mengurangi dan mengantisipasi kemacetan di daerah Surabaya Pemkot Surabaya sedang merencanakan pembangunan Fly Over Lingkar Dalam Barat Surabaya yang berlokasi di Jl. Margomulyo yang rencanakan akan dihubungkan dengan jalan tol Surabaya-Gresik. Adapun profil yang digunakan menggunakan I girder dengan panjang maksimal 42 m. Namun, dalam pendesain fly over Lingkar Dalam Barat terdapat pilar yang menghalangi arus jalan yang terdapat di bawah fly over tersebut. Hal ini disebabkan oleh panjang ideal profil balok I pratekan sebasar 45 m.

Dalam mendesign ulang dilakukan perubahan posisi pilar yang terdapat di bawah fly over tersebut. Untuk mendapat profil yang ideal untuk bentang yang ada. Adapun bentang yang melebihi 45 m, maka penulis memilih menggunakan profil balok pratekan box girder mengingat panjang efektif box girder mencapai 90 m.

Dalam tugas akhir ini, dihasilkan balok box girder pratekan pilar sudah tidak menghalangi jalan yang terdapat di bawah fly over dengan panjang fly over sepanjang 173 m dengan bentang terpanjang 83m menggunakan penampang box girder beton dengan mutu 57 MPa dengan tinggi box 4,6 m, lebar

jembatan 11.5 m. Tendon yang direncanakan adalah baja prategang dengan tegangan putus 1860 MPa unit 6-55 sebanyak 14 buah, 6-43 sebanyak 2, 6-37 sebanyak 12 buah, 6-15 sebanyak 10 buah dan 6-12 sebanyak 2 buah .Kolom pilar dengan dimensi 4.5 x 4.5 x 6.05 m^3 dan pondasi tiang pancang dengan diameter 1200 mm dan direncanakan sejumlah 49 tiang per pilar.

Kata kunci : Fly Over,Beton Pratekan, Box Girder, Lingkar Dalam Barat, Segmental

MODIFICATION DESIGN OF FLY OVER WEST INNER RING ROAD SURABAYA USING PRESTRESSED BOX GIRDER BEAMS

N a m e : IRVAN PRATAMA PASAK
N R P : 03111240000066
Department : Civil Engineering FTSLK-ITS
Advisors :
1. Prof. Dr. Ir. I GUSTI PUTU RAKA
2. IRANATA DATA, ST. MT. PhD.

Abstract

In reducing and anticipating congestion in Surabaya area Pemkot Surabaya is planning the construction of Fly Over Lingkar Dalam Barat Surabaya located on Jl. Margomulyo is planned to be connected with the Surabaya-Gresik toll road. The profiles used I girder with a maximum length of 42 m. However, in the design of the fly over of the there are pillars that block the flow of roads located under the fly over. This is due to the ideal length of beam profiles prestressed as 45 m.

In redesigning changes the position of the pillars contained under the fly over. To get an ideal profile for an existing landscape. As for spans that exceed 45 m, the authors chose to use the prerock girder box prestressed profile considering the effective length of the girder box reaches 90 m.

In this final project, the preregrated girder box of prestressed pillar is not blocked by the path which is under the fly over with the length of the fly over 173 m with the longest span of 83m using the concrete girder box section with quality 57 MPa with box height 4.6 m, width bridge 11.5 m. The planned tendons are prestressed steel with breaking voltage of 1860 MPa units 6-55 as many as 14 pieces, 6-43 as many as 2, 6-37 as many as 12 pieces, 6-15 as many as 10 units and 6-12 as many as 2 pieces. Column pillars with dimensions 4.5 x 4.5 x 6.05 m3 and a pile

foundation with a diameter of 1200 mm and a planned number of 49 poles per pillar.

Keywords: Fly Over, Prestressed Concrete, Box Girder, West inner ring road, Segmental

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena berkat dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul "Modifikasi Perencanaan Fly Over Lingkar Dalam Barat Surabaya dengan Menggunakan Balok Box Girder Pratekan". Dalam kesempatan ini penulis bermaksud mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang mendukung dan membantu atas terselesaikannya Tugas Akhir ini, yaitu:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka selaku dosen pemimbing tugas akhir yang telah memberikan bimbingannya dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Data Iranata, ST. MT. PHd., selaku dosen pemimbing tugas akhir yang telah memberikan bimbingannya dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini.
3. Seluruh dosen pengajar dan staf di Jurusan Teknik Sipil yang telah mengajar dan membimbing selama masa perkuliahan.
4. Teman-teman Jurusan Teknik Sipil yang selalu memberi motivasi dan bantuan selama proses penyusunan tugas akhir ini.

Dalam pembuatan tugas akhir ini jika terdapat kesalahan dalam penulisan, penulis mohon petunjuk, saran, dan kritik terhadap tugas akhir ini. Sehingga kedepannya, diharapkan ada perbaikan terhadap tugas akhir ini serta dapat menambah pengetahuan bagi penulis,

Surabaya, Juli 2018

Penulis

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR ISI

Cover dalam……....i
Cover dalam……..…iii
Lembar Pengesahan……..……v
Abstrak vii
Abstract ix
KATA PENGANTAR..... xi
DAFTAR ISI……..xiii
DAFTAR GAMBAR..... xix
DAFTAR TABEL xxiii
DAFTAR GRAFIK xxvii
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang..... 1
1.2 Perumusan Masalah..... 2
1.2.1 MasalahUtama.....2
1.2.2 Rincian Masalah 2
1.3 Tujuan Penulisan 3
1.4 Batasan Masalah..... 3
1.5 Manfaat Penelitian..... 3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 5
2.1 Tinjauan Umum..... 5
2.2 Beton Bertulang..... 5
2.3 Definisi Beton Pratekan..... 5

2.4 Keuntungan Beton Pratekan 6
2.5 Konsep Dasar Beton Pratekan 7
2.6 Metode Pratekan 8
2.7 Tahap-tahap Pembebanan Beton Pratekan 10
2.8 Pemilihan Tipe Jembatan 12
2.9 Precast Segmental Box Girder 12
2.9.1 Tipe, bentuk dan dimensi Jembatan 13
2.9.2 Elemen structural jembatan segmental box girder 15
2.9.3 Desain Elemen Sembungan 17
2.9.4 Desain Bentuk Tendon 17
2.9.5 Penampang Melintang (Post-Tensioned Box Girder Design Manual-2015) 18
2.10 Balok Pratekan Menerus Statis Tak Tentu 20
2.11 Metode Konstruksi Balance Cantilever (Launching Gantry) 21
2.12 Perencanaan Pondasi 22
2.13 Pondasi Tiang Pancang 22
BAB III METODOLOGI 23
3.1 Pengumpulan Data 24
3.1.1 Data-data Teknis Jembatan 24
3.1.2 Data Bahan 26
3.1.3 Tegangan Ijin Bahan 27
3.2 Preliminary Design 28
3.3 Analisa Beban-beban yang Bekerja 29

3.4 Perhitungan Gaya Prategang Awal 32
3.5 Pemilihan Kabel 32
3.6 Kehilangan Gaya Pratekan 33
3.7 Momen Retak 38
3.8 Momen Nominal 39
3.9 Momen Lentur 40
3.10 Kontrol Geser 41
3.11 Lendutan 43
3.12 Preliminari Desain Bangunan Bawah 43
3.13 Analisa Beban Gempa 43
3.13.1 Percepatan respon spektrum 43
3.13.2 Faktor situs 45
3.13.3 Respon spectrum rencana 48
3.13.4 Koefisien respons gempa elastik 48
3.13.5 Kategori kinerja seismik 49
3.13.6 Faktor modifikasi respons 50
3.13.7 Beban Gempa 51
3.14 Pilar dan Abutment 51
3.15 Pondasi 51
3.15.1 Daya dukung tiang pondasi berdasarkan hasil SPT dengan metode Luciano Decourt (1996) 51
3.15.2 Kekuatan material tiang pancang 53
3.16 Metode Pelaksanaan 56

3.17 Menuangkan Hasil Perhitungan ke dalam Gambar 56
BAB IV PEMBAHASAN 57
4.1 Perencanaan bangunan sekunder..... 57
4.1.1 Perhitungan Pembatas Jalan 57
4.1.2 Penulangan Pembatas Jalan.....59
4.2 Perencanaan Tulangan Pelat Atas 60
4.2.1 Dimensi Pelat Rencana.....60
4.2.2 Perencanaan Tulangan Pelat.....61
4.3 Perencanaan Struktur Primer..... 65
4.3.1 Data Perencanaan 65
4.3.2 Data Bahan 65
4.3.3Tegangan ijin bahan 66
4.3.4 Preliminary Design.....68
4.3.5 Analisis Pembebanan.....74
4.3.6 Perhitungan Momen dan Perencanaan Tendon Pretegang.....76
4.4 Perencanaan tendon bentang tengah tahap 2 89
4.5 Tulangan Angkat..... 121
4.5.1 Perhitungan Tulangan Angkat.....121
4.6 Kehilangan gaya prategang 127
4.6.1 Kehilangan akibat perpendekan elastis beton (ES) ..127
4.6.2 Kehilangan prategang akibat gesekan (woodle effect)….....132
4.6.3 Akibat rangkak 136

4.6.4 Akibat Susut 139
4.6.5 Akibat relaksasi 140
4.6.6 Kehilangan gaya Prategang Total 142
4.7 Perencanaan Tulangan Geser 143
4.7.1 Retak geser pada bagian badan Vcw 144
4.7.2 Retak geser terlentur Vci 145
4.7.3 Perhitungan Tulangan Geser 146
4.8 Kontrol Kekuatan dan Stabilitas Struktur..... 148
4.9 Momen Retak 149
4.10 Kontrol Torsi 152
4.10.1 Penyebab beban torsi 152
4.10.2 Perhitungan torsi ijin 153
4.11 Kontrol Lendutan..... 154
4.12 Analisa Beban Gempa 154
4.13 Pembebanan horizontal akibat gempa 159
4.14 Perencanaan Kolom..... 164
4.14.1 Perencanaan Kolom PE 166
4.14.2 Tulangan Lentur 167
4.14.3 Tulangan geser.....167
4.15 Perencanaan Kebutuhan Pondasi..... 169
4.15.1 Daya dukung tiang pondasi berdasarkan hasil SPT dengan metode Luciano Decourt (1996) 170
4.15.2 Daya Dukung Pondasi Tunggal 174

4.15.3 Daya Dukung Pondasi Kelompok 174
4.15.4 Efisiensi tiang pancang kelompok.....176
4.15.5 Kontrol Kekuatan Tiang Terhadap Gaya Lateral Interior…..... 177
4.16 Perencanaan Poer 178
4.16. 1 Penulangan Poer.....179
4.16. 2 Punching Shear.....181
4.17 Metode Pelaksanaan..... 183
4.17.1 Umum.....183
4.17.2 Prinsip Tahap Stressing Tendon.....185
4.17.3 Pemasangan kabel prategang.....185
4.17.4 Penarikan kabel prategang.....186
4.17.5 Tahap Stressing Continuity Tendon 186
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN..... 187
5.1 Kesimpulan..... 187
5.2. Saran..... 189
DAFTAR PUSTAKA..... 191
LAMPIRAN..... 193

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Jenis Jembatan Box Girder 14
Gambar 2. 2 Tipe segmen *box girder* 16
Gambar 2. 3 Detail sambungan pada segmen Box Girder.....17
Gambar 2. 4 Perletakan Tendon pada Box Girder.....18
Gambar 2. 5.Penampang melintang *multi-cell box girder*.....19
Gambar 2. 6 Penampang melintang *single-cell box girder* 19
Gambar 2. 7 Tata letak tendon untuk bentang menerus 21
Gambar 2. 8 Kontruksi *Balance Cantilever (Launching Gantry)*22

Gambar 3. 1 Diagram alir penyelesaian tugas akhir.....23
Gambar 3. 2 Diagram alir penyelesaian tugas akhir (lanjutan) ...24
Gambar 3. 3 Eksisting Lay Out Gambar Proyek.....25
Gambar 3. 4 Hasil modifikasi Lay Out Gambar Proyek 26
Gambar 3. 5 Gambar *preliminary design box girder* 29
Gambar 3. 6 Susunan dan berat as pada beban truk "T" 31
Gambar 3. 7 Diagram Skematik Momen Retak 39
Gambar 3. 8 Tegangan Ijin Lentur Akibat Gaya Pratekan dan Beban yang Bekerja.....40
Gambar 3. 9 Peta percepatan puncak di batuan dasar (PGA) untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun. 44
Gambar 3. 10 Peta respon spectra percepatan 0,2 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun.....44
Gambar 3. 11 Peta respon spectra percepatan 1 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun.....45
Gambar 3. 12 Bentuk tipikal respons spectra di permukaan tanah 48
Gambar 3. 13 *Partly-embedded pile & equivalent fixed base pile or column*.....54

Gambar 4. 1 Penyebaran Beban Pada Pelat Lantai.....63

Gambar 4. 2 Pemodelan Jembatan Variable Depth.....69
Gambar 4. 3 Dimensi box girder pada joint 12 70
Gambar 4. 4 Diagram Tegangan pada titik 12 akibat segmen 11 79
Gambar 4. 5 Diagram Tegangan pada titik 12 akibat segmen 10 80
Gambar 4. 6 Diagram Tegangan total pada titik 12 akibat segmen 11 &10.....80
Gambar 4. 7 Letak pembebanan BTR dan BGT pada kombinasi I 90
Gambar 4. 8 Letak pembebanan BTR dan BGT pada kombinasi II 90
Gambar 4. 9 Letak pembebanan BTR dan BGT pada kombinasi III.....90
Gambar 4. 10 Letak pembebanan BTR dan BGT pada kombinasi IV.....91
Gambar 4. 11 Letak pembebanan BTR dan BGT pada kombinasi V 91
Gambar 4. 12 Letak pembebanan BTR dan BGT pada kombinasi VI.....91
Gambar 4. 13 Letak pembebanan BTR dan BGT pada kombinasi VII 92
Gambar 4. 14 Letak pembebanan BTR dan BGT pada kombinasi VIII 92
Gambar 4. 15 Letak pembebanan BTR dan BGT pada kombinasi IX.....92
Gambar 4. 16 Letak pembebanan BTR dan BGT pada kombinasi X 93
Gambar 4. 17 Letak pembebanan BTR dan BGT pada kombinasi XI.....93
Gambar 4. 18 Letak pembebanan BTR dan BGT pada kombinasi XII 93

Gambar 4. 19 Letak pembebanan BTR dan BGT pada kombinasi XIII 94
Gambar 4. 20 Letak pembebanan BTR dan BGT pada kombinasi XIV 94
Gambar 4. 21Letak pembebanan BTR dan BGT pada kombinasi XV 94
Gambar 4. 22 Diagram tegangan pada saat menjadi struktur penuh pada titik 12 107
Gambar 4. 23 Diagaram tegangan pada titik 12 pada saat beban aspal sudah bekerja.....108
Gambar 4. 24 Diagaram tegangan pada titik 12 pada saat beban parapet sudah bekerja 109
Gambar 4. 25 Diagram tegangan pada titik 12 sebelum beban hidup bekerja (penambahan tendon).....110
Gambar 4. 26 Diagram tegangan pada titik 12 saat beban air hujan bekerja 111
Gambar 4. 27 Tegangan pada titik 12 saat beban lalu sudah bekerja (momen +) 112
Gambar 4. 28 Tegangan pada titik 12 saat beban lalu sudah bekerja (momen -) 113
Gambar 4. 29 Tegangan beton pada titik 0 pada saat menjadi struktur statis tak tentu.....114
Gambar 4. 30 Tegangan setelah beban aspal.....115
Gambar 4. 31 Tegangan setelah beban parapet 116
Gambar 4. 32 Tegangan beton setelah tendon m2 (untuk beban hidup).....117
Gambar 4. 33 Tegangan beton setelah beban air hujan.....118
Gambar 4. 34 Tegangan beton setelah beban lalu lintas (m+) 119
Gambar 4. 35 Tegangan beton setelah beban lalu lintas (m-) 120

Gambar 4. 36 Posisi Titik Angkat Pelat (4 Buah Titik Angkat)..... 121
Gambar 4. 37 Momen Sebelum Pengangakatan segmen 1 121
Gambar 4. 38 Momen Waktu pengangakatan segmen 1 122
Gambar 4. 39 Tulangan Segmen 1 126
Gambar 4. 40 Peta percepatan puncak di batuan dasar (PGA) untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun. 155
Gambar 4. 41 Peta respon spectra percepatan 0,2 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun.....155
Gambar 4. 42 Penamaan Titik Perletakan 160
Gambar 4. 43 Pot Bearing Penahan Gaya Horizontal (arah-y) .161
Gambar 4. 44 Pot Bearing Penahan Gaya Horizontal (arah-x) .161
Gambar 4. 45 Dimensi Kolom 164
Gambar 4. 46 Hasil PC Acol 167
Gambar 4. 47 Hasil tes SPT 169
Gambar 4. 48 Desain tiang pancang.....175
Gambar 4. 49 Diagram Gaya Lateral Tiang Pondasi.....177
Gambar 4. 50 Critical Punching Surface.....181
Gambar 4. 51 Kritical Punching Pile.....183
Gambar 4. 52 Metode Balance Cantilever (Launching Gantry) 184

Gambar 5. 1 Desain Penampang Tumpuan 187
Gambar 5. 2 Desain Penampang Lapangan.....188

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Hubungan antara bentang jembatan dan tipe jembatan 12
Tabel 2. 2 Hubungan jenis pondasi terhadap kedalamam tanah keras.....22

Tabel 3. 1 Ketentuan tebal *top flange* minimum profil box 28
Tabel 3. 2 Spesifikasi Strand Berdasarkan ASTM A-416.....32
Tabel 3. 3 Koefisien-koefisien gesekan untuk tendon pasca tarik 34
Tabel 3. 4 Nilai koefisien susut (Ksh) untuk komponen struktur pasca tarik.....36
Tabel 3. 5 Nilai-nilai C.....37
Tabel 3. 6 Nilai-nilai J dan Kre 38
Tabel 3. 7 Faktor aplifikasi untuk periode 0 detik dan 0,2 detik (F_{PGA}/F_a).....46
Tabel 3. 8 Faktor amplifikasi untuk periode 1 detik (F_v) 47
Tabel 3. 9 Zona Gempa 49
Tabel 3. 10 Faktor modifikasi respon(*R*) untuk bangunan bawah 50
Tabel 3. 11 Faktor modifikasi respons (*R*) untuk hubungan antar elemen struktur 50
Tabel 3. 12 Tabel Spesifikasi Tiang Pancang.....53

Tabel 4. 1 Pembebanan Beban Mati.....61
Tabel 4. 2 *P=BOEN=Setiap joint pada gambar.....70
Tabel 4. 3 Perhitungan dimensi box pada joint 12 71
Tabel 4. 4Perhitungan dimensi box tiap joint.....73
Tabel 4. 5Tabel Tegangan tendon cantilever.....81
Tabel 4. 6 Momen beban mati 1.4D 98
Tabel 4. 7 Tengangan tendon menerus (m1) 100

Tabel 4. 8 Kontrol tegangan saat menjadi balok statis tak tentu102
Tabel 4. 9 Kontrol tegangan saat beban lalu lintas sudah bekerja 103
Tabel 4. 10 Tegangan tendon yang digunakan 104
Tabel 4. 11 Tegangan pada saat beban sudah bekerja semuanya 105
Tabel 4. 12 Tabel Tulangan Melintang 122
Tabel 4. 13 Kehilangan gaya Prategang akibat ES tendon 11-1128
Tabel 4. 14 Kehilangan gaya Prategang akibat ES tendon 10...129
Tabel 4. 15 Kehilangan gaya pretegang ES tendon kantilever..130
Tabel 4. 16 Kehilangan gaya prategang akibat ES tendon m1 pada tumpuan 131
Tabel 4. 17 Kehilangan gaya prategang akibat ES Tengah bentang 131
Tabel 4. 18 Kehilangan akibat ES tendon menerus.....132
Tabel 4. 19 Kehilangan Gaya Akibat GesekanTendon Kantilever 133
Tabel 4. 20 Akibat Gesekan Tendon Menerus pada tumpuan...135
Tabel 4. 21 Akibat Gesekan Tendon Menerus Pada Tengah bentang 135
Tabel 4.22 Kehilangan akibat rangkak tendon kantilever 137
Tabel 4. 23 Kehilangan akibat rangkak tendon kantilever Joint 12 138
Tabel 4. 24 Kehilangan akibat rangkak tendon kantilever titik 0 138
Tabel 4. 25 Kehilangan Gaya Prategang Akibat susut 139
Tabel 4. 26 Kehilangan Gaya Akibat Relaksasi Tendon Kantilever 140
Tabel 4. 27 Kehilangan Gaya Akibat Relaksasi Tendon Kantilever Tendon menerus pada Tumpuan.....141
Tabel 4. 28 Kehilangan Gaya Akibat Relaksasi Tendon Kantilever Tendon menerus pada Tengah Bentang.....141

Tabel 4. 29 Kehilangan Gaya prategang total 142
Tabel 4. 30 Gaya geser yang bekerja.....143
Tabel 4. 31 Penulangan Gaya Geser.....147
Tabel 4. 32 Momen Crack Tumpuan pada joint 12.....150
Tabel 4. 33 Momen Crack Tumpuan Tengah Bentang.....151
Tabel 4. 34 Tabel Koefisien Fa 156
Tabel 4. 35 Tabel Koefisien situ Fv 156
Tabel 4. 36 Tabel zona gempa.....157
Tabel 4. 37 Tabel respons spectrum.....158
Tabel 4. 38 Reaksi vertical pada perletakan.....160
Tabel 4. 39 Beban Gaya Vertikal 162
Tabel 4. 40 Spesifikasi Pot Bearing yang digunakan 163
Tabel 4. 41 Tabel kombinasi beban.....166
Tabel 4. 42 Nilai α dan β untuk tiang pondasi.....171
Tabel 4. 43 Hasil kekuatan data tanah.....172

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1 Grafik berat sendiri 95
Grafik 4.2 Grafik beban mati dan hidup terfaktor 96
Grafik 4.3 Grafik Momen Envelope.....97
Grafik 4.4 Respons spectrum 159
Grafik 4.5 Grafik kekuatan tanah 173

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Surabaya merupakan salah kota metropolitan di Indonesia yang ke dua terbesar setelah Jakarta. Hal ini dibuktikan dengan meningkatnya jumlah penduduk kota Surabaya dari tahun ke tahun. Data statistik penduduk dari Badan Kependudukan kota Surabay mencatat jumlah penduduk pada tahun 2015 terdapat 2.909.257 jiwa dan pada tahun 2016 jumlah penduduk tercatat 2.954.125 jiwa.

Meningkatnya jumlah penduduk dari tahun ke tahun berpengaruh pada tingkat penggunaan kendaraan bermotor. Meningkatnya volume kendaraan dapatmengakibatkan durasi perjalanan dari satu daerah ke daerah lain meningkatkan sehingga jika hal ini dibiarkan maka akan menyebabkan kerugian dari berbagai aspek, salah satu di antranya adalah aspek ekonomi.

Surabaya barat merupakan daerah yang memiliki volume kendaraan yang terus meningkat dari tahun ke tahun. Hal ini juga disebabkan oleh pertumbuhan ekonomi di daerah Surabaya Barat terus meningkat setiap tahun. Untuk mencegah kemacetan yang parah, Pemkot Surabaya saat ini sedang merencanakan pembangunan jalan tol yang berawal dari daerah pintu tol Wiung ke arah pintu tol Gresik Margomulio.Diharapkan dengan adanya jalan tol ini akan menghindari peningkatan volume kendaraan pada daerah lingkardalam barat Surabaya. Adapun daerah yang dilalui oleh jalan tol ini terdapat kali makmur dan jalan yang nantinya akan dibangun *fly over* yang melewati jalan pada daerah Tandes dan Balong Sari Banyu Urip.

Pembangunan *fly over* pada jalan tol ini direncanakan menggunakan balok pratekan profil I girder dengan bentang segment maksimum 42 m. Namun dalam rencana pembangunan *fly over* pada daerah Tandes terdapat kendala pada pembangunan pilar. Pilar yang rencananya didirikan terlalu berhimpit dengan

yang jalan yang berada di bawah *fly over*.Hal ini dikarenakan oleh bentang profil yang digunakan tidak mampu mencapai panjang segment yang ideal mengingat panjang ideal profil I girder pratekan maksimum 45 m. Maka dari itu, perlu direncanakan ulang jenis profil yang akan digunakan dengan jenis profil yang berbeda.

Pada makalah ini, penulis akan mendesain ulang jenis penampang profil yang awalnya menggunakan profil I girder diganti dengan menggunakan balok pratekan *box girder*pada segment di daerah profil I girder tidak dapat memadai. Adapun kelebihan dari *box girder* memiliki bentang yang lebih panjang dibandingkan dengan pengunaan balok *I girder*. Penggunaan balok pratekan box gerder diharapkan dapat mengurangi pilar yang terletak di bawah jalan *fly over*.

1.2 Perumusan Masalah

1.2.1 MasalahUtama

Bagaimana melakukan perancangan terhadap *Fly Over* Lingkar Dalam Barat Surabaya (daerahTandes) dengan menggunakan balok beton pratekan *box girder*?

1.2.2 Rincian Masalah

1. Bagaimana *preliminary design* pada *fly over* setelah modifikasi?
2. Bagaimana asumsi perhitungan beban-beban yang terjadi setelah dilakukan modifikasi?
3. Bagaimana merancang struktur sekunder bangunan atas pada *fly over* beton pratekan box gerder?
4. Bagaimana merencanakan struktur utama bangunan atas pada *fly over* pratekan?
5. Bagaimana merancang perletakan dan bangunan bawah yang meliputi pilar dan pondasi?
6. Bagaimana hasil akhir perancangan modifikasi?

1.3 Tujuan Penulisan

1. Memperoleh *preliminary design* pada *fly over* setelah modifikasi.
2. Perhitungan beban-beban yang terjadi setelah dilakukan modifikasi.
3. Merancang struktur sekunder bangunan atas pada *fly over* beton pratekan box gerder.
4. Merencanakan stuktur utama bangunan atas pada *fly over* pratekan.
5. Merancang perletakkan dan bangunan bawah yang meliputi pilar dan pondasi.
6. Hasil akhir perancangan modifikasi.

1.4 Batasan Masalah

1. Tidak memperhitungakn Rencana Anggaran Biaya (RAB)
2. Tidak memperhitungkan metode pelaksanaan.
3. Tidak menghitungkan volume kendaraan.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Menambah pengetahuan bagi penulis dan pembaca mengenai *box girder* pratekan.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Pada modifikasi perencanaan jembatan *fly over* Tandes ini digunakan beton pratekan menerus pada struktur *box girder*, sedangkan untuk pilar, abutmen dan struktur sekunder menggunakan struktur beton bertulang non pratekan.

2.2 Beton Bertulang

Perkembangan bahan-bahan struktural diuraikan menjadi tiga lajur yaitu bahan-bahan yang tahan terhadap tekanan, bahan-bahan yang tahan terhadap tarikan, dan pada perkembangan terakhir yaitu bahan-bahan yang tahan terhadap tekanan dan tarikan ketika menerima beban lentur (Lin, 2000). Beton merupakan material yang kuat terhadap tekanan tetapi lemah terhadap tarikanyang kuat tarik beton besarnya bervariasi dari 8 sampai 14% dari kuat tekannya (Nawy, 2001). Sementara baja merupakan bahan yang kuat terhadap tarikan. Kedua bahan ini kemudian dikombinasikan menjadi struktur beton bertulang. Beton bertulang mengkombinasikan beton dengan tulangan baja dengan cara menyatukan dan membiarkan keduanya bekerja bersama-sama. Namun dalam perkembangannya terdapat ketidakcocokan dalam regangan-regangan baja dan beton yang menimbulkan retak-retak awal pada beton bertulang, selain itu pada beton bertulang seluruh penampang beton tidak bekerja aktif.

2.3 Definisi Beton Pratekan

Pada awal abad ke-18, dikembangkan suatu bahan struktural baru yang disebut beton pratekan. Beton pratekan adalah jenis beton yang mampu mengkombinasikan beton berkekuatan tinggi dengan baja mutu tinggi secara “aktif”. Hal ini dicapai dengan cara menarik baja tersebut dan menahannya ke beton sehingga

membuat beton dalam keadaan tertekan. Baja adalah bahan yang liat dan dibuat untuk bekerja dengan kekuatan tarik yang tinggi oleh prategang. Sedangkan beton adalah bahan yang getas dan kemampuannya menahan tarikan diperbaiki dengan memberi tekanan, sementara kekuatan menahan tekanan tidak dikurangi.

Dibandingkan dengan struktur beton bertulang biasa, beton pratekan lebih baik dalam perilaku struktur, ketahanan dan dari segi ekonomisnya. Lendutan yang terjadi pada beton pratekan 60% lebih kecil dibandingkan dengan beton bertulang untuk beban yang sama. Selain itu retak pada beton bertulang lebih banyak namun dengan lebar retak yang kecil dan pada beton pratekan terjadi sebaliknya. Kelebihan beton pratekan juga terlibat pada peningkatan karakteristiknya terhadap beban layan yang menandakan bahwa material digunakan secara lebih efektif (Maroliya, 2012).

2.4 Keuntungan Beton Pratekan

Ada beberapa keuntungan beton prategang dibandingkan dengan beton bertulang biasa, diantaranya (Hadipratomo,1988):

1. Karena pada beton prategang dipakai bahan baja dan beton mutu tinggi maka jumlah bahan yang dipakai lebih sedikit. Peningkatan mutu beton (2x) kali lipat hanya akan menghemat biaya 30%.
2. Pada beton prategang, seluruh penampang aktif menerima beban, sedangkan pada beton bertulang hanya penampang yang tidak retak.
3. Karena kedua hal diatas maka beton prategang lebih ringan, lebih langsing dan secara estetis lebih menarik. Berat yang lebih ringan ini penting pada balok bentang besar dan jembatan yang beban matinya sangat besar pengaruhnya.
4. Karena tidak terjadi retak pada beton prategang, maka baja lebih terlindung terhadap korosi, dan sangat cocok untuk struktur yang berisi zat cair dan reaktor atom.

5. Lendutan efektif akibat beban jangka panjang dapat terkontrol baik pada prategang penuh maupun sebagian,
6. Akibat kemiringan tendon di dekat perletakan, ketahanan terhadap beban lebih baik dan prategangan akan mengurangi tarikan diagonal. Jadi sengkang yang dipakai berkurang.
7. Bila pada pekerjaan awal pada masa inisal, struktur dapat bertahan terhadap beban yang paling bahaya, maka struktur juga akan cukup aman pada beban kerja.

2.5 Konsep Dasar Beton Pratekan

Terdapat tiga konsep dasar penting yang dapat digunakan untuk menjelaskan dan menganalisis sifat-sifat dasar beton pratekan agar dimengerti oleh seorang perancang untuk menghasilkan desain beton prategang yang baik dan seefisien mungkin. Konsep-konsep tersebut adalah (Lin, 2000):

1. **Sistem prategang untuk mengubah beton menjadi bahan yang elastis.**

   Konsep ini memperlakukan beton sebagai bahan yang elastis. Ini merupakan pemikiran dari Eugene Freyssinet yang memvisualisasikan beton prategang pada dasarnya adalah beton yang ditransformasikan dari bahan yang getas menjadi bahan yang elastis dengan memberikan tekanan terlebih dahulu (pratekan) pada bahan tersebut. Beton yang tidak mampu menahan tarikan dan kuat memikul tekanan (umumnya dengan baja mutu-tinggi yang ditarik) diolah sedemikian rupa sehingga beton yang getas dapat memikul tegangan tarik, dari konsep ini lahirlah criteria “tidak ada tegangan tarik” pada beton.

2. **Sistem prategang untuk kombinasi baja mutu tinggi dengan beton**

   Konsep ini mempertimbangkan beton prategang sebagai kombinasi (gabungan) dari baja dan beton, seperti pada beton bertulang, yakni baja menahan tarikan dan beton

menahan tekanan. Dengan demikian kedua bahan membentuk kopel penahan untuk melawan momen eksternal. Konsep ini mendasari metode perancangan kuat batas dan juga dipakai pada keadaan elastis.

3. **Sistem prategang untuk mencapai kesetimbangan beban**

   Konsep ini terutama menggunakan prategang sebagai suatu usaha untuk membuat seimbang gaya-gaya pada sebuah batang. Pada keseluruhan desain struktur beton prategang, pengaruh dari prategang dipandang sebagai keseimbangan berat sendiri sehingga batang yang mengalami lenturan seperti pelat (*slab*), balok, dan gelagar (*girder*) tidak akan mengalami tegangan lentur pada kondisi pembebanan yang terjadi. Ini memungkinkan transformasi dari batang lentur menjadi batang yang mengalami tegangan langsung dan sangat menyederhanakan persoalan baik didalam desain maupun analisis dari struktur yang rumit.

2.6 Metode Pratekan

Untuk memberikan tekanan pada beton pratekan dapat dilakukan sebelum atau setelah beton dicetak/dicor. Kedua kondisi tersebut membagi sistem pratekan menjadi *Pretension* (pratarik) dan *Post-tension* (pasca tarik).

1. Pratarik

Pada sistem pratarik, tendon ditarik sebelum beton dicor. Beton dicor pada cetakan yang sudah disediakanmelingkupi tendon yang sudah ditarik tersebut. Tendon-tendon tersebut pada awalnya diangkurkan pada abutmen untuk sementara dan saat beton sudah mengeras dan mencapai kekuatan yang disyaratkan maka tendon dipotong dan angkurnya dilepas. Pada saat baja yang ditarik berusaha untuk berkontraksi, beton akan tertekan.

Keuntungan pratarik dibandingkan metode *prestressing* lainnya adalah (Hadipratomo, 1988):

Daya lekat yang bagus dan kuat terjadi antara baja tegangan dan beton pada seluruh panjangnya.

Supervisi yang memuaskan dapat dikerjakan, sebab biasanya pretensioning dikerjakan di pabrik.

2. Pasca tarik

Sistem pascatarik adalah suatu sistem prategang dimana kabel ditarik setelah beton mengeras. Beton sebelumnya dicor di sekeliling selongsong yang telah disediakan. Posisi selongsong biasanya diatur sesuai dengan bidang momen dari struktur. Baja tendon tetap berada dalam selongsong selama pengecoran dan tendon bisa ditarik disatu sisi dan sisi yang lain diangkur. Atau tendon ditarik di dua sisi dan diangkur secara bersamaan. Beton menjadi tertekan setelah pengangkuran. Untuk sistem pasca tarik saat ini banyak digunakan elemen beton pracetak yang dirancang khusus dengan lubang-lubang tendon yang telah tersedia.

Kelebihan dari sistem pasca tarik adalah posisi tendonnya dapat diatur mengikuti bidang momennya sedangkan pada sistem pratarik hanya terbatas pada penggunaan kawat lurus yang ditarik diantara dua dinding penahan. Selain itu, metode ini lebih cepat dalam pengerjaannya karena menggunakan beton pracetak sehingga tidak perlu setting time beton untuk mengeras seperti halnya pada metode pratarik.

Namun dalam penggunaan sistem pasca-tarik, jumlah tendon dan sistem penarikannya sangat berpengaruh terutama kepada kehilangan gaya prategangnya. Presentase kehilangan terbesar terjadi pada tendon yang pertama kali ditegangkan. Penggunaan tendon yang terlalu banyak akan menambah presentase kehilangan gaya prategang dan tidak efisien. Dengan kata lain, diameter tendon yang lebih besar dan jumlah tendon yang lebih sedikit akan lebih efisien dibandingkan diameter kecil tetapi jumlah tendonnya lebih banyak. Pemilihan jumlah tendon dan cara penarikannya harus diperhatikan agar kehilangan gaya prategang terjadi seminimum mungkin (Sudarmono, 2002).

2.7 Tahap-tahap Pembebanan Beton Pratekan

Pada struktur beton pratekan terdapat tahap-tahap pembebanan dimana sebuah komponen struktur dibebani (Lin, 2000). Tahap-tahap tersebut adalah:

1. **Tahap Awal**

Merupakan tahap awal struktur diberi gaya pratekan tetapi tidak dibebani oleh beban eksternal. Tahap ini kemudian dibagi menjadi beberapa tahap selanjutnya, beberapa diantaranya tidak penting dan dapat diabaikan pada desain-desain tertentu, yaitu:

a. Sebelum diberi gaya prategang

Sebelum diberi gaya prategang beton cukup lemah dalam memikul beban, oleh karena itu harus dicegah agar tidak terjadi kehancuran pada perletakan.

b. Pada saat diberi gaya prategang

Ini merupakan percobaan yang kritis dari kekuatan tendon. Seringkali, tegangan maksimum yang mungkin dialami oleh tendon terjadi saat penarikan tendon.

c. Pada saat peralihan gaya prategang

Untuk komponen pratarik, peralihan gaya prategang sekaligus dan dalam waktu yang singkat. Untuk komponen-komponen struktur pasca-tarik, peralihan seringkali secara bertahap, gaya prategang pada tendon-tendon dialihkan ke beton satu per satu. Pada tahap ini, tidak ada gaya eksternal pada komponen struktur kecuali berat sendirinya.

2. **Tahap Antara**

Tahap antara adalah tahapan selama pengangkutan dan pengangkatan. Hal ini hanya terjadi pada komponen struktur pracetak bila diangkut ke lapangan dan dipasang pada tempatnya. Hal ini penting perlu diperhatikan untuk menjamin bahwa komponen struktur telah ditumpu dan diangkat dengan semestinya. Tidak hanya saat penempatan komponen itu sendiri,

tetapi juga saat penambahan beban mati seperti lantai, keadaan tumpuan dan pembebanan harus diperhatikan.

3. **Tahap Akhir**

Tahap akhir merupakan tahapan beban kerja yang sesungguhnya telah bekerja pada struktur. Beban yang harus dipertimbangkan adalah sebagai berikut:

a. Beban yang bekerja tetap

Lendutan ke atas atau ke bawah dari komponen struktur prategang akibat beban tetap yang sesungguhnya, seringkali merupakan faktor penentu dalam desain, dikarenakan pengaruh dari rangkak akibat lentur akan memperbesar nilainya sehingga seringkali dikehendaki pembatasan besar lendutan akibat beban tetap.

b. Beban kerja

Untuk mendesain akibat beban kerja haruslah ada pemeriksaan terhadap tegangan dan regangan yang berlebihan

c. Beban retak

Retak pada komponen beton prategang berarti perubahan yang mendadak pada tegangan rekat dan tegangan geser. Hal ini seringkali merupakan ukuran bagi kekuatan lelah.

d. Beban batas

Struktur yang didesain berdasarkan tegangan kerja mungkin tidak selalu mempunyai angka keamanan yang cukup untuk kelebihan beban. Karena disyaratkan bahwa sebuah struktur memiliki kapasitas minimum memikul beban yang lebih besar, maka perlu ditentukan kekuatan batasnya. Pembebanan batas didasarkan pada peraturan RSNI T-02 2005 Standar Pembebanan untuk Jembatan meliputi:

- Berat sendiri adalah berat dari elemen-elemen struktural pada jembatan
- Beban mati tambahan adalah berat seluruh bahan yang membentuk suatu beban pada jembatan yang merupakan elemen non struktural

- Beban lalu lintas pada jembatan terdiri dari beban lajur “D” dan beban truk “T”.
- Beban angin dihitung berdasarkan kecepatan angin rencana (Vw) dan koefisien seretnya (Cw).
- Gaya rem adalah pengaruh percepatan dan pengereman dari lalu lintas yang harus diperhitungkan sebagai gaya dalam arah memanjang dan dianggap bekerja pada permukaan lantai jembatan.

2.8 Pemilihan Tipe Jembatan

Tipe jembatan bisa ditentukan berdasarkan bentang dari jembatan yang akan dibangun, berikut adalah tabel yang menghubungkan antara bentang jembatan dan tipe yang cocok untuk digunakan.

Tabel 2. 1 Hubungan antara bentang jembatan dan tipe jembatan

Span	Bridge Types
0-150 ft	I-type pretensioned girder
100-300 ft	Cast-in-place post-tensioned box girder
100-300 ft	Precast balanced cantilever segmental, constant depth
250-600 ft	Precast balanced cantilever segmental, variable depth
200-1000 ft	Cast-in-place cantilever segmental
800-1500 ft	Cable-stay with balanced cantilever segmental
1 ft = 0.3048 m	

(Sumber : Buku Prestressed Concrete Segmental Bridges)

2.9 Precast Segmental Box Girder

Precast segmental box girder adalah salah satu perkembangan penting dalam teknik jembatan yang tergolong baru dalam beberapa tahun terakhir. Berbeda dengan sistem konstruksi monolit, sebuah jembatan segmental *box girder* terdiri dari elemen-elemen pracetak yang dipratekan bersama-sama oleh tendon eksternal (Rombach, 2002).

2.9.1 Tipe, bentuk dan dimensi Jembatan

a. Tipe Jembatan

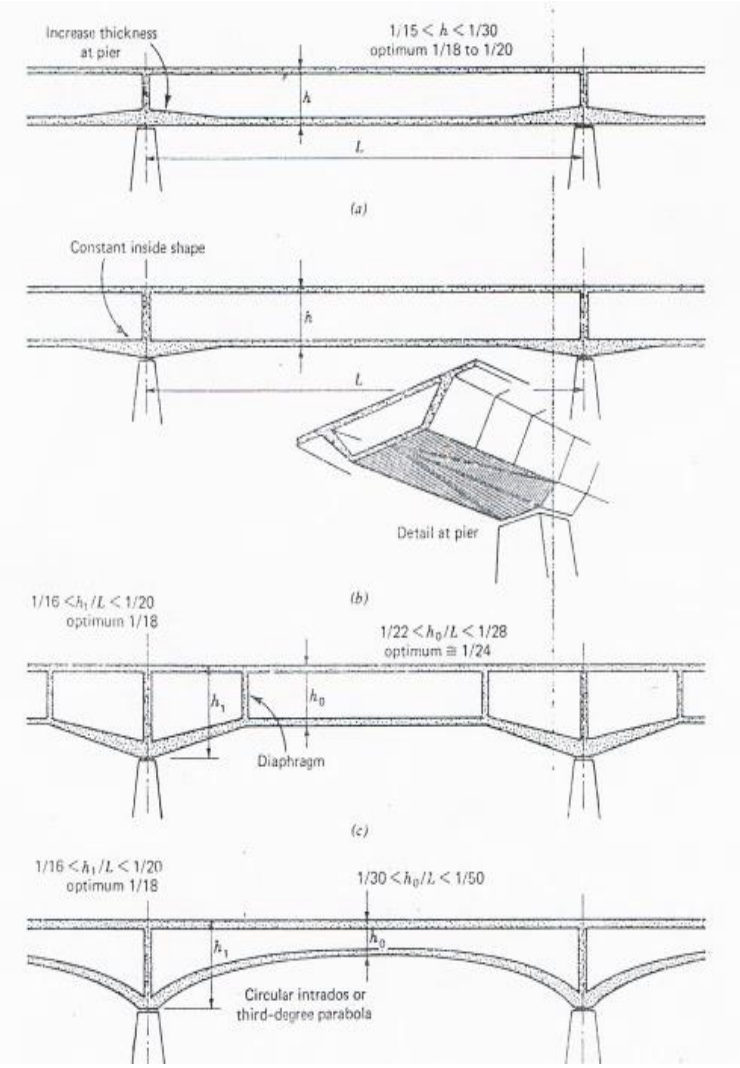
Tipe dalam modifikasi jembatan yang diambil adalah tipe box girder. Pemilihan tipe jembatan ini dikarenakan beberapa hal yaitu (Walter dan Muller, 1982) :

1. Untuk efisiensi bentuk box girder sangat baik dan member keuntungan pada baja prategang. Dimana *box girder* memiliki efisiensi 0,6 lebih baik dibandingkan I girder.
2. Jika kita mengambil sayap bawah yang besar maka keuntungan yan lain adalah bahwa daerah beton cukup besar pada beban ultimate untuk menyeimbangkan kapasitas penuh dari tendon prategang tanpa kehilangan yang besar.

b. Bentuk Jembatan

Jembatan precast segmental box girder memiliki beberapa bentuk sebagai tampak memanjang, Bentuk memanjang dibagi atas empat tampat yaitu (Walter dan Muller 1982) :

a. *Constant Depth*
b. *Semiconstant Depth*
c. *Straight Haunches*
d. *Variable Depth*



Gambar 2. 1 Jenis Jembatan Box Girder
(Sumber : Buku Concrete Presstessed Segmental Brigde)

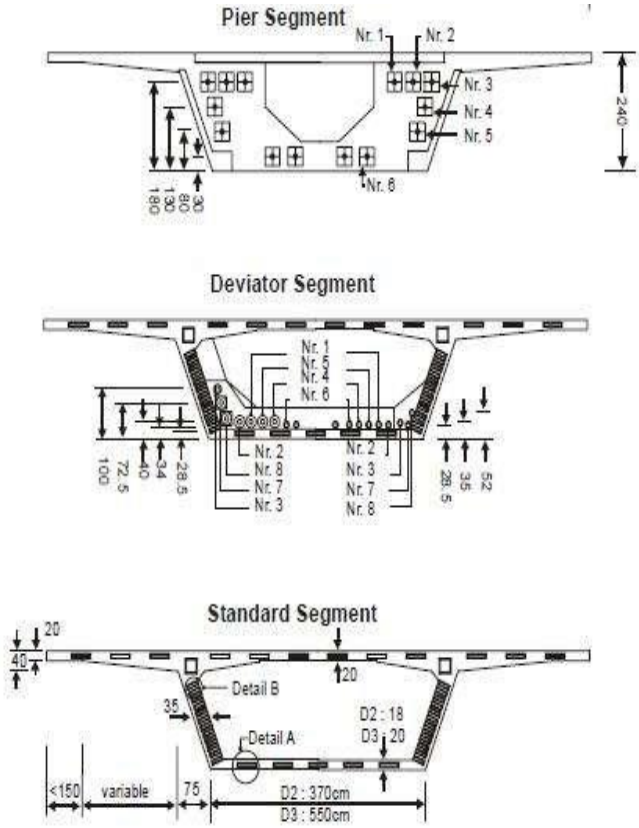
2.9.2 Elemen structural jembatan segmental box girder

Jembatan segmental seharusnya dibangun seperti sturktur bentang tunggal untuk menghindari adanya sambungan kabel *post-tension*. Sehubungan dengan adanya eksternal *post-tension* maka diperlukan tiga macam segmen (**Gambar 2.2** dan **Gambar 2.3**), yang berbedadiantaranya (Rombach, 2002):

Pier Segment : Bagian ini terletak tepat diatas abutment.

Deviator segment : Bagian ini dibutuhkan untuk pengaturan deviasi tendon.

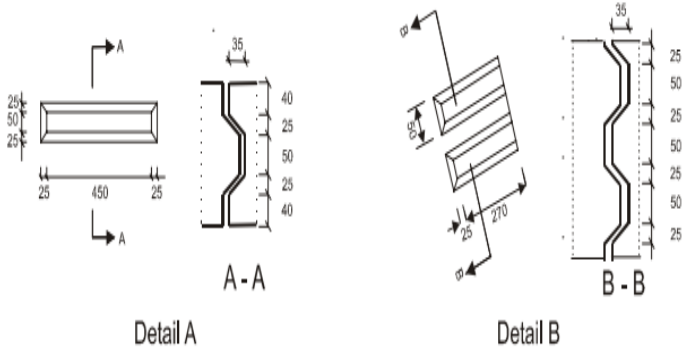
Standard segment : Dimensi standard box girder yang digunakan.



Gambar 2. 2 Tipe segmen *box girder*
(Sumber: jurnal Prof. Dr-Ing. G. Rombach, 2002)

2.9.3 Desain Elemen Sembungan

Berikut adalah gambar desain sambungan antar Box Girder menurut (Prof. Dr.-Ing. G.Rombach, 2002)

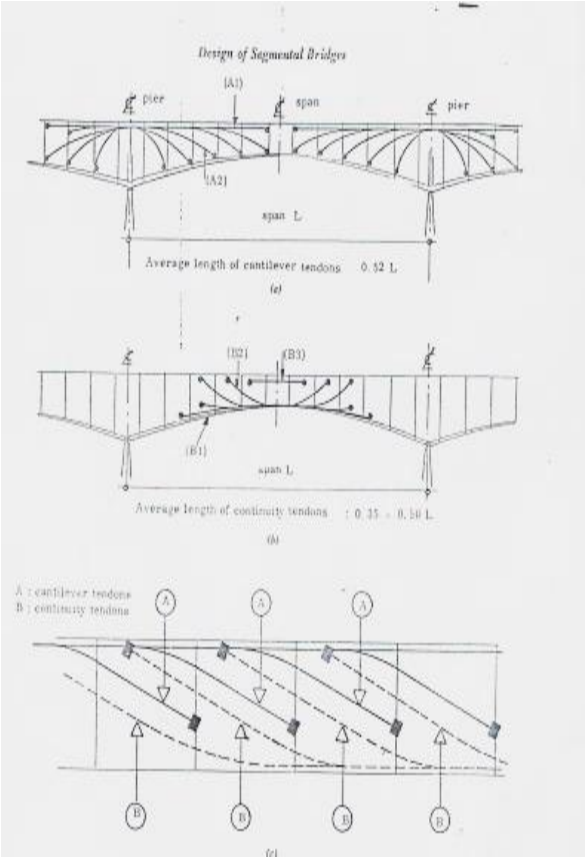


Gambar 2. 3 Detail sambungan pada segmen Box Girder
(Sumber: jurnal Prof. Dr-Ing. G. Rombach, 2002)

2.9.4 Desain Bentuk Tendon

Tendon pada jembatan *box girder* memiliki peranan utama, yang fungsi tendon itu adalah sebagai penopang tiap-tiap segmen dalam jembatan segmental *box girder* tendon diklasifikasikan menjadi dua macam, dalam buku *Prestressed Concrete Segmental Brigde* disebutkan bahwa tendon terdiri dari dua macam yaitu:

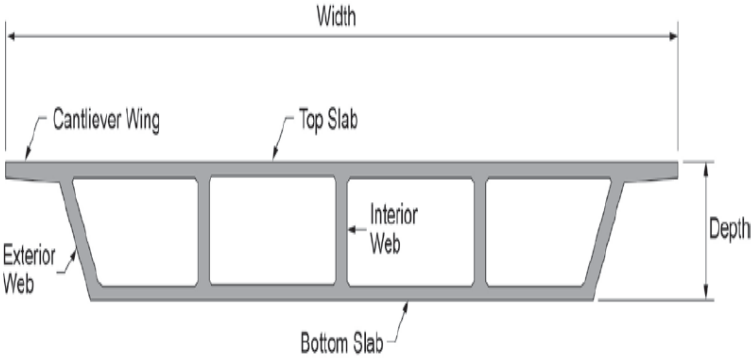
a. *Cantilever Tendon* :terletak pada area momen negatif yang di *jacking* tiap segmennya.
b. *Continuity Tendon* : bekerja untuk menyediakan gaya prestressing di area momen positif.



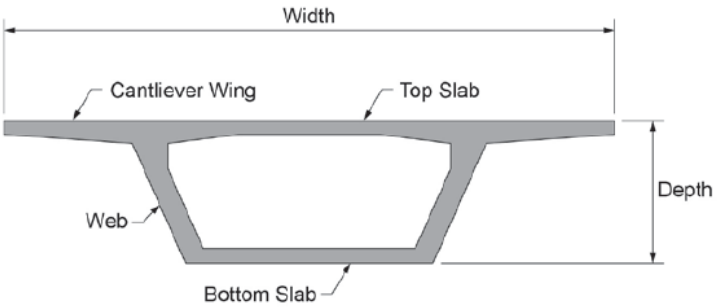
Gambar 2. 4 Perletakan Tendon pada Box Girder
(Sumber : Buku *Concrete Presstessed Segmental Brigde*)

2.9.5 Penampang Melintang (Post-Tensioned Box Girder Design Manual-2015)

Penampang melintang struktur atas dari box girder pratekan biasanya bertipe multi-cell (**Gambar 2.5**) atau single-cell (**Gambar 2.6**). Komponen dasar dari penampang melintang antara lain:



Gambar 2. 5. Penampang melintang *multi-cell box girder*
(Sumber: Post-Tensioned Box Girder Design Manual-2015 Figure 1.3)



Gambar 2. 6 Penampang melintang *single-cell box girder*
(Sumber: Post-Tensioned Box Girder Design Manual-2015 Figure 1.4)

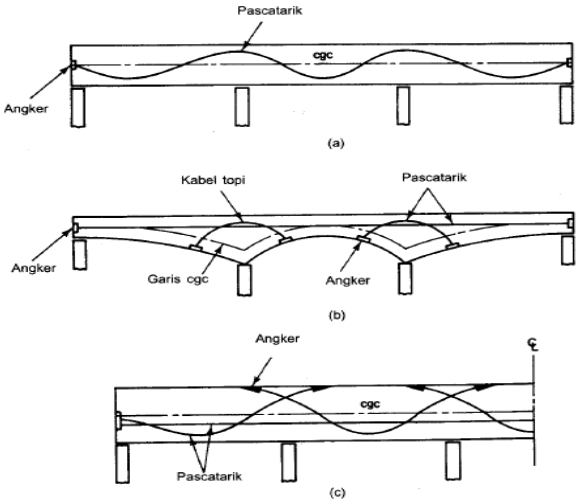
Top slab – seluruh lebar dek beton, termasuk kantilever.
Cantilever wings
Webs
Bottom slab

Penampang melintang *multi-cellbox girder* dapat digunakan untuk berbagai macam lebar jembatan dengan menvariasikan jarak antara atau tebal badan. Lebar jembatan untuk *single-cellbox girder* biasanya digunakan untuk rentang 25 ft hingga 60 ft meskipun terdapat jembatan *single-cellbox girder* selebar 80 ft.

2.10 Balok Pratekan Menerus Statis Tak Tentu

Dalam tugas akhir ini direncanakan jembatan dengan konstruksi beton pratekan statis tak tentu. Seperti halnya dengan struktur menerus lainnya, lendutan pada balok menerus akan lebih kecil daripada lendutan pada balok sederhana (diatas dua tumpuan) (Lin, 2000). Kontinuitas pada konstruksi beton prategang dicapai dengan memakai kabel-kabel melengkung atau lurus yang menerus sepanjang beberapa bentangan. Juga dimungkinkan untuk menimbulkan kontinuitas antara dua balok pracetak dengan memakai “kabel tutup” (*capcable*). Alternatif lain, tendon-tendon lurus yang pendek dapat dipakai diatas tumpuan untuk menimbulkan kontinuitas antara dua balok prategang pracetak.

Beberapa metode kontinuitas pada konstruksi beton prategang (**Gambar 2.7**) (Nawy, 2001):



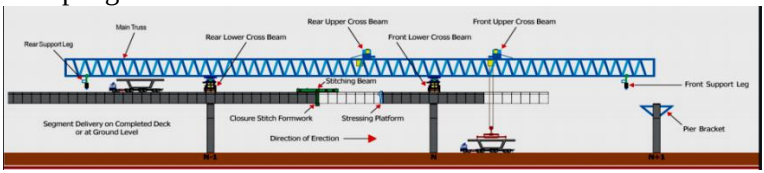
Gambar 2. 7 Tata letak tendon untuk bentang menerus (Sumber: Buku Beton Prategang Jilid 1 Gambar 6.1 Nawy, 2001)

2.11 Metode Konstruksi Balance Cantilever (Launching Gantry)

Metode konstruksi balanced cantilever adalah metode pembangunan jembatan yang memanfaatkan efek kantilever seimbang sehingga stuktur dapat berdiri sendiri tanpa bantuan penahan yang berada di bawahnya akibat dari dukungan berat sendirinya. Metode ini dilakukan untuk mengurangi kesulitan-kesulitan dalam pelaksanaan pembangunan kontruksi dikarenakan adanya aktivitas yang berada di bawah kontruksi seperti lalu lintas.

Metode Kontruksi balanced Cantilever Launching Gantry menggunakan satu buah gantry atau lebih untuk meluncurkan segmen box girder yang ada. Adapun kelebihan metode ini :

a. Tidak mengganggu lalu lintas yang ada di bawah pengerjaan jembatan tersebut.
b. Tidak memerlukan perancah
c. Tidak memerlukan banyak tenaga kerja untuk pemasangan di lapangan



Gambar 2. 8 Kontruksi *Balance Cantilever (Launching Gantry)*

2.12 Perencanaan Pondasi

Pondasi direncanakan sesuai kedalaman tanah keras seperti pada **Tabel 2.2.**

Tabel 2. 2 Hubungan jenis pondasi terhadap kedalamam tanah keras

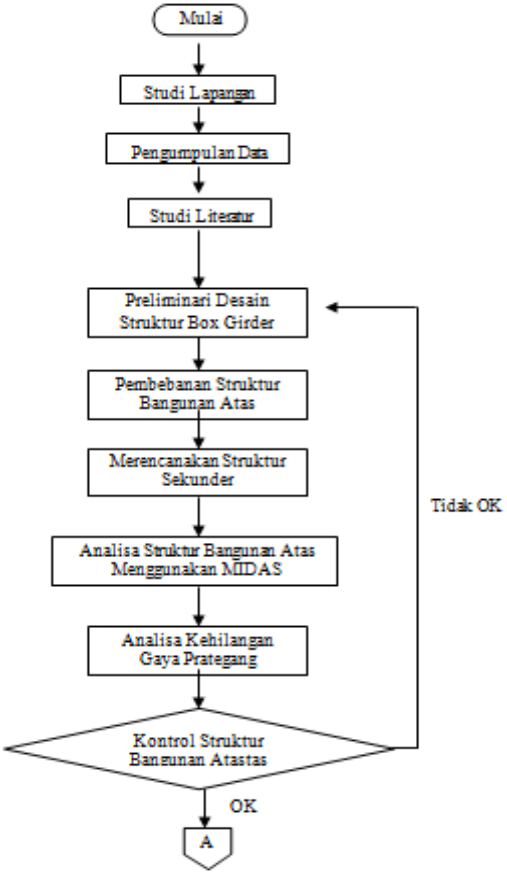
Kedalaman Tanah Keras (m)	Jenis Pondasi
0.00 - 3.00	Pondasi Langsung
3.00 - 10.00	Pondasi Sumuran
10.00 -20.00	Pondasi Tiang pancang
> 20.00	Pondasi Tiang Pancang

2.13 Pondasi Tiang Pancang

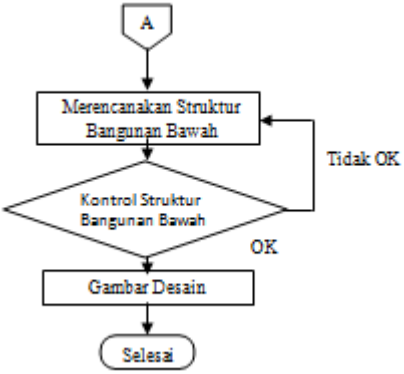
Tiang pancang adalah bagian-bagian konstruksi yang dapatterbuat dari kayu, beton, atau baja, yang digunakan untuk mentransmisikan beban-beban permukaan ke tingkat-tingkat permukaan yang lebih rendah dalam masa tanah. Hal ini merupakan distribusi vertikal dari beban sepanjang poros tiang pancang atau pemakaian beban secara langsung terhadap lapisan yang lebih rendah melalui ujung tiang pancang.

BAB III
METODOLOGI

Sistematika metodologi pekerjaan Tugas Akhir dapat dilihat seperti diagram *flowchart* pada **Gambar 3.1** dan **3.2** di bawah:



Gambar 3. 1 Diagram alir penyelesaian tugas akhir



Gambar 3. 2 Diagram alir penyelesaian tugas akhir (lanjutan)

Penjelasan metodologi *flowchart* dalam Perencanaan Ulang Jembatan *fly over* Lingkar Barat (daerah Tandes) dengan Struktur Box Girder di atas sebagai berikut:

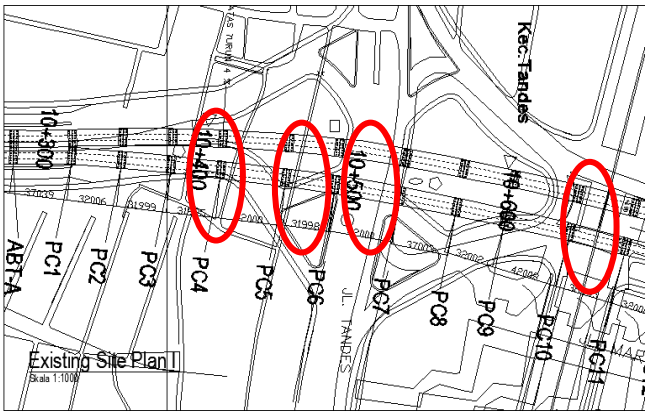
3.1 Pengumpulan Data

3.1.1 Data-data Teknis Jembatan

Jembatan *fly over* Lingkar Barat (daerah Tandes) direncanakan ulang menggunakan struktur jembatan box girder. Adapun data-data yang digunakan dalam perencanaan adalah sebagai berikut:

1. Panjang jembatan : 802 m (21 bentang) dengan bentangmaksimum (42) m
2. Lebar jembatan : 17.5 m
3. Lebar rencana jalan: 11.5 m
4. Lantai kendaraan : 2 lajur, 1 jalur ; beton pratekan
5. Lebar trotoar : 2 x 3 m
6. Gelagar utama : I girder pratekan

Adapun gambar *lay out existing* yang akan direncanakan ulang sebagai berikut :



Gambar 3. 3 Eksisting Lay Out Gambar Proyek

: Pilar yang menghalangi jalan

Pilar yang menghalangi jalan terlebih dahulu akan pindahkan posisinya sampai menempati titik yang pilar tersebut tidak menghalangi jalan lagi dengan bentang sama namun jika harus memanjangkan panjang bentang antar pilar dengan gelagar utama profil I girder maka panjang maksimum yang diiznkan adalah 45 m (sesuai **tabel 2.1**). Namun, dalam pemindahan pilar masih terdapat pilar yang masih menghalangi jalan sehingga ada pilar yang harus dihilangkan sehingga jarak beberapa jarak antar pilar melebihi 45 m, sehingga penggunaan gelagar utama balok I girder sudah tidak ideal.

Adapun hasil lay out modifikasi adalah sebagai berikut :

Gambar 3. 4 Hasil modifikasi Lay Out Gambar Proyek

Dari hasil modifikasi jarak antar pilar diperoleh bentang maksimum antar pilar 83 m sehingga penggunaan bentang yang ideal dari **tabel 2.1** adalah gelagar yang menggunakan balok *box girder*

3.1.2 Data Bahan

Bahan yang akan digunakan dalam perencanaan ulang jembatan *fly over* Lingkar Barat adalah sebagai berikut:

1. Beton

   Kuat tekan beton untuk beton pratekan (f'c) = 57 MPa

   Kuat tekan beton untuk beton bertulang non pratekan (f'c) = 40 MPa

2. Baja

   Mutu baja yang digunakan pada beton pratekan adalah kabel jenis strand seven wires stress relieved (7 kawat untaian) dengan diameter 15,24 mm grade 270 (ASTM A-416), luasan strand = 98,71 mm^2.

   Mutu baja yang digunakan penulangan struktur primer adalah baja mutu fy 400 MPa

   Untuk penulangan struktur sekunder dipakai baja tulangan dengan mutu fy 400 MPa

Modulus elastisitas beton Es = 200.000 MPa

3.1.3 Tegangan Ijin Bahan

1. Beton

Beton Pratekan (f'c) = 57 MPa menggunakan *Class U*. Pada saat transfer (tegangan beton sesaat sesudah pemindahan gaya pratekan sebelum kehilangan tegangan yang merupakan fungsi waktu) dimana penarikan pada umur, fci = 95% x f'c = 54.15 MPa, sehingga tegangan pada serat terluar:

Tekan:

BP L rávBE L rávH wväw L utäv{ /2=

Tarik:

BP L ráw ¥ B'? L ráw H ¾wväw L sázu /2=

Pada saat service (tegangan beton pada tingkat beban kerja, setelah memperhitungkan semua kehilangan pratekan yang mungkin terjadi), sehingga tegangan pada serat terluar:

Untuk tekan:

B?PL rávwB'? L rávwH wy L twáxw/2=

Untuk tarik:

B?PL ráw¥ B'? L ráwH ¾wy L uáyy /2=

Modulus Elastisitas (Ec):

'? L vyrr ¥ B'? L vyrr ¾wy L uwvzv /2=

Tegangan Retak (fr):

BNL ráy¥ B'? L ráy¾wy L wäz /2=

2. Baja Pratarik

Tegangan tarik pada tendon pratekan adalah sebagai berikut:

Modulus Elastisitas Es = 200.000 Mpa

Tegangan putus kabel fpu = 1860 Mpa

Tegangan leleh kabel fpy = 0.9 x 1860 = 1674 MPa

Tegangan tarik ijin kabel (*jacking*)

= 0,94 × 1674 = 1572.56 MPa

Tegangan tarik ijin kabel (setelah pengangkuran)

= 0,70 x 1860 = 1302 MPa

3.2 Preliminary Design

a) Tafsiran tinggi box girder dari Buku *Prestressed Concrete Segmental Brigde* (Walter dan Muller, 1982)

Area tumpuan

$\frac{Å}{5:}$ Q DQ $\frac{Å}{64}$ (3-1)

Area tengah bentang

$\frac{Å}{74}$ Q DQ $\frac{Å}{94}$ (3-2)

Sehingga tinggi box girder pada area tumpuan adalah $\frac{<7\ à}{5<}$ L vãx I dan pada areah tengah bentang $\frac{<7\ à}{94}$ L sãy I

b) Ketebalan minimum *web box girder* (Walter dan Muller, 1982)

200 mm = jika selongsong tendon tidak berada pada *box.*

250 mm =jika terdapat selongsong tendon berukuran kecil yangdipasca tarik secara vertikal maupun longitudinal terjadi dibadan *box.*

300 mm = jika terdapat selongsong tendon (12 ½ in) pada badan *box.*

350 mm = jika terdapat angkur tendon (12 ½ in) pada badan *box.*

Penulis memilih tebal *web box*adalah 450 mm

c) Ketebalan minimum *top flange box girder* dapat ditentukan berdasarkan **Tabel 3.1.**

d)

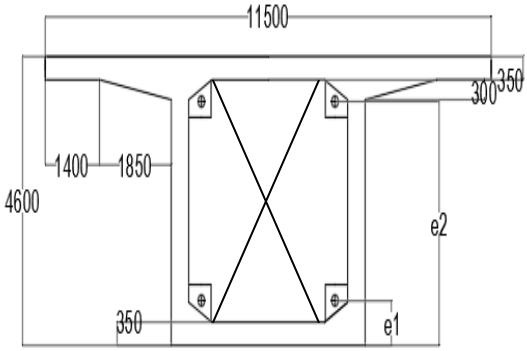
Tabel 3. 1 Ketentuan tebal *top flange* minimum profil box

Bentang antar *web*	Tebal minimum *top flange*
Kurang dari 3 m	175 mm
Antara 3 – 4,5 m	200 mm
Antara 4,5 – 7,5 m	250 mm
Lebih dari 7,5 m	Digunakan *system rib* atau *hollow slab*

(Sumber : Buku *Concrete Presstessed Segmental Brigde)*

Untuk tebal *top flange* sebesar 350 mm

e) Ketebalan minimum *bottom flange box girder* = 125 mm.
Pada ketebalan *bottom flange* sebesar 350 mm



Gambar 3. 5 Gambar *preliminary design box girder*

3.3 Analisa Beban-beban yang Bekerja

Berdasarkan peraturan pembebanan jembatan RSNI T-02-2005 beban-beban yang bekerja pada jembatan antara lain:

1. Aksi dan beban tetap

Beban mati jembatan terdiri dari berat masing-masing bagian struktural dan elemen-elemen non-struktural. Masing-masing berat elemen ini harus dianggap sebagai aksi yang terintegrasi pada waktu menerapkan faktor beban biasa dan yang terkurangi. Perencana jembatan harus menggunakan kebijaksanaan dalam menentukan elemen-elemen tersebut. Aksi dan beban tetap meliputi:

a) Berat sendiri
Faktor beban berdasarkan materialnya dapat dilihat pada RSNI T-02-2005 pasal 5.2 tabel 2 dan tabel 3.

b) Beban mati tambahan/utilitas
Mengacu pada RSNI T-02-2005 pasal 5.3

c) Pengaruh penyusutan dan rangkak
   Mengacu pada RSNI T-02-2005 pasal 5.4
d) Pengaruh prategang
   Mengacu pada RSNI T-02-2005 pasal 5.4.1
e) Tekanan tanah
   Beban akibat tekanan tanah mengacu pada RSNI T-02-2005

2. Beban lalu litas

Beban lalu lintas untuk perencanaan jembatan terdiri atas beban lajur "D" dan beban truk "T". Beban lajur"D" bekerja pada seluruh lebar jalur kendaraan dan menimbulkan pengaruh yang ekivalen dengan suatu iring-iringan kendaraan yang sebenarnya. Sedangkan beban truk "T" adalah satu kendaraan berat dengan 3 as yang ditempatkan pada beberapa posisi dalam lajur lalu lintas rencana. Hanya satu truk "T" diterapkan per lajur lalu lintas rencana.

a) Beban lajur "D"

Terdiri dari beban terbagi rata (BTR) dan Beban garis (BGT). Beban terbagi rata (BTR) yang mempunyai intensitas q kPa, yan besarnya q tergantung pada panjang total yang dibebani (L) sebagai berikut: (RSNI T-02-2005 pasal 6.3)

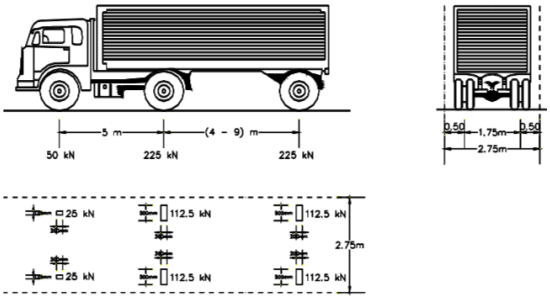
$L \leq 30$ m, $q = 9$ kPa

$L > 30$ m, $q = 9$ T (0.5+15.) kPa

Beban garis (BGT) dengan intensitas p kN/m harus ditempatkan tegak lurus terhadap arah lalu lintas pada jembatan. Besarnya intensitas p = 49.0 kN/m.

b) Beban Truk "T"

Pembebanan truk "T" terdiri dari kendaraan truk semi trailer yang mempunyai susunan dan berat as seperti pada **Gambar 3.6** dan perhitungan besar beban truk "T" didasarkan pada RSNI T-02-2005 pasal 6.4.



Gambar 3. 6 Susunan dan berat as pada beban truk "T"
(Sumber: RSNI T-02-2005 gambar 7)

3. Aksi lingkungan

a) Beban angin

Beban angin dihitung berdasarkan kecepatan angin rencana dan koefisien seretnya. Kecepatan angin (Vw) dan koefisien seret (Cw) ditentukan dalam RSNI T-02-2005 pada tabel 27 dan tabel 28.

Gaya nominal ultimat dan daya layan jembatan akibat angin dirumuskan seperti berikut:

$TEW = 0.0006\ Cw\ (Vw)^2 Ab\ (kN)$ (3-1)

Dimana:

Cw = koefisien seret

Vw = kecepatan angin rencana (m/s)

Ab = luas koefisien bagian samping jembatan (m2)

Angin harus dianggap bekerja secara merata pada seluruh bangunan atas, apabila suatu kendaraan sedang berada di atas jembatan, maka beban akibat angin menjadi:

$TEW = 0.0012\ CW\ (V_W)^2\ (kN/m)$ (3-2)

3.4 Perhitungan Gaya Prategang Awal

Perhitungan gaya prategang awal berdasarkan peraturan SNI 2847-2013:

Tegangan tekan

$$\hat{e}\,PEL\ \frac{\hat{a}}{\circ} F\ \frac{\hat{a}\ H\O}{Đ} E\ \frac{H\acute{E}}{Đ} \qquad (3\text{-}3)$$

Tegangan Tarik

$$\hat{e}\,?EL\ \frac{\hat{a}}{\circ} E\ \frac{\hat{a}\ H\O}{Đ} F\ \frac{H\acute{E}}{Đ} \qquad (3\text{-}4)$$

3.5 Pemilihan Kabel

Untuk strand kawat atau wires yang digunakan pada profil adalah strand ASTM A-416 produksi Freyssinet Prestressing System grade 270. Dengan spesifikasi sebagai berikut (**Tabel 3.2**):

Tabel 3. 2 Spesifikasi Strand Berdasarkan ASTM A-416

Diameter mm (in.)	Min. Breaking Strength, kN (lbf)	Strand Steel Area mm2 (in2)	Weight Kg/1000m (lb/1000ft)
Grade 1725 (250)			
6.40 (0.250)	40.0 (9,000)	23.2 (0.036)	182 (122)
7.90 (0.313)	64.5 (14,500)	37.4 (0.058)	294 (197)
9.50 (9.50)	89.0 (20,000)	51.6 (0.080)	405 (272)
11.10 (0.438)	120.1 (27,000)	69.7 (0.108)	548 (367)
12.70 (0.500)	160.1 (36,000)	92.9 (0.144)	730 (490)
15.20 (0.600)	240.2 (54,000)	139.4 (0.216)	1,094 (737)
Grade 1860 (270)			
9.53 (0.375)	102.3 (23,000)	54.80 (0.085)	432 (290)
11.11 (0.438)	137.9 (31,000)	74.2 (0.115)	582 (390)
12.70 (0.500)	183.7 (41,300)	98.70 (0.153)	775 (520)
15.24 (0.600)	260.7 (58,600)	140.0 (0.217)	1,102 (740)

(Sumber: Freyssinet Prestressing System brochure)

3.6 Kehilangan Gaya Pratekan

Gaya prategang efektif (gaya prategang rencana) adalah gaya prategang awal pada baja dikurangi semua kehilangan gaya pratekan. Kehilangan gaya pratekan yang terjadi adalah:

1. Kehilangan gaya prategang langsung

Adalah kehilangan gaya awal pratekan sesaat setelah pemberian gaya pratekan pada komponen balok pratekan, yang terdiri dari :

a. Perpendekan elastis beton (ES)

Perhitungannya kehilangan prategang akibat perpendekan elastis beton mengacu pada RSNI T-12-2004 pasal. 6.4.2 dengan rumus sebagai berikut:

$$\Delta f_p = K_{es} \frac{E_s}{E_{ci}} f_{cir} \qquad (3\text{-}5)$$

dengan nilai fcir sebagai berikut :

$$f_{cir} = \frac{P_i}{A_c} + \frac{P_i e^2}{I_c} - \frac{M_G e}{I_c} \qquad (3\text{-}6)$$

Dimana:

Kes = 1 untuk komponen struktur pratarik
= 0,5 untuk struktur pasca tarik bila kabel-kabel secara berturut-turut ditarik dengan gaya yang sama

Eci = modulus elastisitas beton saat pengangkuran

Es = Modulus elastisitas baja prategang

fcir = tegangan beton di daerah c.g.s akibat beban tetap (*dead load*)

MG = Momen akibat berat sendiri beton

b. Kehilangan prategang akibat slip pengangkuran (ANC) (Lin, 1981)

$$\Delta f_p = \frac{\Delta a \, E_s}{L} \qquad (3\text{-}7)$$

Dimana:

Δa = deformasi pengangkuran

Es = 200000 MPa

c. Kehilangan prategang akibat gesekan (*friction and wobble effect*) (Lin,1981)

$$\frac{f_{pi} - f_{px}}{f_{px}} = K + \mu \alpha \qquad (3\text{-}8)$$

Dimana:
F2 = tegangan tarik satuan pada jarak L
F1 = tegangan tarik satuan pada ujung pendongkrakan
K = Koefisien wobble (**Tabel 3.3**)
μ = koefisien kelengkungan (**Tabel 3.3**)
α = sudut kelengkungan 11
L = panjang sampai titik yang ditinjau

Tabel 3. 3 Koefisien-koefisien gesekan untuk tendon pasca tarik

Tipe Tendon	**K tiap meter**	
Tendon pada selubung logam fleksibel: - Tendon kawat - Strand dengan untaian 7 kawat - Baja mutu tinggi	 0,0033 – 0,0049 0,0016 – 0,0066 0,0003 – 0,0020	 0,15 – 0,25 0,15 – 0,25 0,08 – 0,30
Tendon pada selubung logam kaku - Strand dengan untaian 7 kawat	0,0007	0,15 – 0,25
Tendon yang diminyaki terlebih dahulu - Tendon kawat dan strand dengan untaian 7 kawat	0,001 – 0,0066	0,05 – 0,15
Tendon yang diberi lapisan mestic - Tendon kawat dan strand dengan untaian 7 kawat	0,0033 – 0,0066	0,05 – 0,15

2. Kehilangan gaya prategang tak langsung

Merupakan kehilangan yang terjadi karena bergantung pada fungsi waktu. Kehilangan ini tidak terjadi sesaat setelah pemberian gaya prategang. Kehilangan gaya prategang tak langsung meliputi:

a. Akibat rangkak beton (CR)

Kehilangan gaya pratekan akibat rangkak beton dihitung dengan rumus sebagai berikut (Lin, 1981):

%4 L -?N $\frac{\text{æ}}{\text{ö}}$: B?EN F B?@; (3-9)

Dimana:

Kcr = 1,6 untuk struktur pasca tarik

fcir = tegangan beton akibat gaya prategang efektif segera setelah diberi gaya prategang

fcds = tegangan beton pada titik berat tendon akibat seluruh beban mati yang bekerja pada komponen struktur setelah diberi gaya prategang

b. Akibat susut beton (*shrinkage*)

Perhitungan kehilangan gaya prategang akibat susut menurut buku beton prategang (Lin, 1981) adalah sebagai berikut:

SH = 8,2 x 10^{-6}. Ksh . Es (1-0,06 v/s)(100-RH) (3-10)

Dimana:

Ksh = koefisien susut (**Tabel 3.4**)

V = volume beton

S = luas selimut yang berhubungan dengan udara

RH = kelembaban udara

Tabel 3. 4 Nilai koefisien susut (Ksh) untuk komponen struktur pasca tarik

Jangka waktu setelah perawatan basah sampai penerapan prategang (hari)	1	3	5	7	10	20	30	60
Ksh	0,92	0,85	0,80	0,77	0,73	0,64	0,58	0,45

c. Akibat relaksasi baja

Kehilangan gaya pratekan akibat relaksasi baja menurut buku beton prategang oleh (Lin,1981) dirumuskan sebagai berikut:

RE = [Kre – J (SH + CR + ES)].C (3-11)

Dimana:

Kre, J, dan C didapat dari **Tabel 3.5** dan **Tabel 3.6**SH, CR, dan ES = kehilangan-kehilangan gaya prategang akibat susut, rangkak, dan perpendekan elastisitas beton

Tabel 3. 5 Nilai-nilai C

fpi/fpu	Strand atau kawat stress-relieved	Batang stress-relieved atau strand atau kawat relaksasi rendah
0,80		1,28
0,79		1,22
0,78		1,16
0,77		1,11
0,76		1,05
0,75	1,45	1,00
0,74	1,36	0,95
0,73	1,27	0,90
0,72	1,18	0,85
0,71	1,09	0,80
0,70	1,00	0,75
0,69	0,94	0,70
0,68	0,89	0,66
0,67	0,83	0,61
0,66	0,78	0,57
0,65	0,73	0,53
0,64	0,68	0,49
0,63	0,63	0,45
0,62	0,58	0,41
0,61	0,53	0,37
0,60	0,49	0,33

Tabel 3. 6 Nilai-nilai J dan Kre

Tipe tendon	K_{re}	J
Strand atau kawat stress-relieved derajat 1860 MPa	138	0,15
Strand atau kawat stress-relieved derajat 1720 MPa	128	0,14
kawat stress-relieved derajat 1655 MPa atau 1620 MPa	121	0,13
Strand relaksasi-rendah derajat 1860 MPa	35	0,040
Kawat relaksasi-rendah derajat 1720 MPa	32	0,037
Kawat relaksasi-rendah derajat 1655 MPa atau 1620 MPa	30	0,035
Batang stress-relieved derajat 1000 MPa atau 1100 MPa	41	0,05

3.7 Momen Retak

Momen retak (Mcr) pada struktur beton pratekan dihitung berdasarkan teori elastis. Retak terjadi apabila serat beton terjauh mencapai *modulus of rupture* (*fr)* dengan nilai sebesar 0,70√ ′

¿ E ¿äØ F Æ L F BN (3-12)

/?N L : T ; E : ¿äØäi T ; F : BNT ; (3-13)

/ 1= □ □□□ ÷□P□ (3-14)

□ □= B□□□□ (3-15)

Mcr = M1 + M2 (3-16)

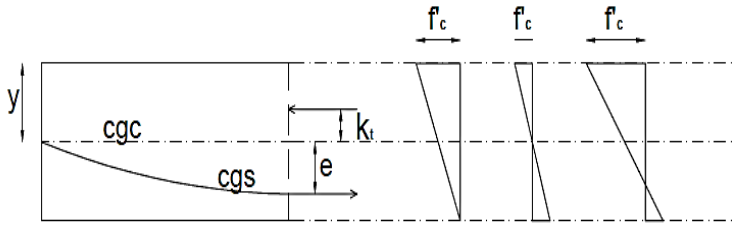


Diagram Teg. Untuk M1 | Diagram Teg. Untuk M2

Gambar 3. 7 Diagram Skematik Momen Retak
(Sumber: Lin, 1981)

Dimana:
F = gaya pratekan efektif setelah kehilangan
I = inersia balok
e = eksentrisitas dari garis netral beton (c.g.c) ke tendon baja (c.g.s)
A = luas penampang balok
y = garis netral balok
fr = modulud keruntuhan (*modulus of rupture*)

3.8 Momen Nominal

Kontrol penampang dilakukan untuk mengetahui kekuatan batas penampang rencana mampu atau tidak menahan momen ultimate yang terjadi. Nilai momen nominal bergantung pada desain penampang (menggunakan tulangan lunak terpasang atau tidak) dan pada ukuran penampang balok. Rumus perhitungan momen nominal adalah sebagai berikut:

6= □□O□BLOO (3-17)

#LO= □□ □□□□□ (3-18)

BLOL BLQ@ F $\frac{\tilde{a}}{5}$ HeL $\frac{\grave{e}\grave{U}}{\grave{U}\tilde{n}\acute{O}}$ E $\frac{\times}{\times\tilde{a}}$:ñ F ñ";CA (3-19)

$\equiv \square\square\frac{\square}{4\square\square\ \square\square\square\square\square\square\square}$ (3-20)

$$\phi M_n = T \left(d - \frac{a}{2} \right) \quad (3\text{-}21)$$

Dimana:

Mn = momen nominal penampang

T = gaya tarik = Aps x fps

Aps = luas tulangan pratekan dalam daerah tarik

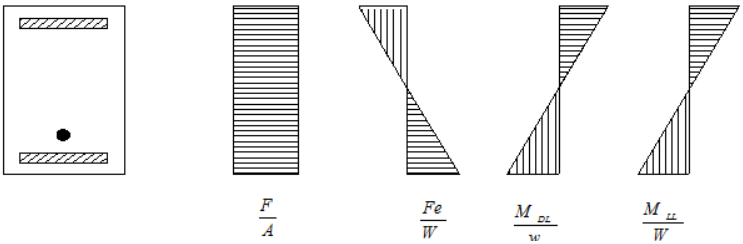
fps = tegangan tulangan pratekan saat mencapai kuat nominal

d = jarak dari serat tekan terluar ke titik berat tulangan prategang

a = tinggi balok tekan persegi ekuivalen

3.9 Momen Lentur

$$f = \frac{F}{A} \pm \frac{Fe}{W} \pm \frac{M_{DL}}{W} \pm \frac{M_{LL}}{W} \quad (3\text{-}22)$$



Gambar 3. 8 Tegangan Ijin Lentur Akibat Gaya Pratekan dan Beban yang Bekerja

Dimana:

ê ?P = tegangan lentur yang terjadi pada serat atas dan bawah

F = gaya pratekan efektif setelah kehilangan

A = luas penampang

e = eksentrisitas dari garis netral beton pratekan (c.g.c) ke tendon baja (c.g.s)

MDL = momen akibat berat sendiri

MLL = momen akibat beban hidup

ê HHJ P= tegangan ijin sesuai dengan ketentuan

3.10 Kontrol Geser

Kekuatan geser rencana harus diambil sebesar φVn dimana kuat geser batas Vn diatur dalam RSNI T-12 2004 pada persamaan (6.8-10) dan φ merupakan faktor kekuatan yang sesuai dengan sub-pasa 4.5.2. Agar syarat keamanan geser terpenuhi maka kuat geser rencana harus lebih besar dari gaya geser batas (ultimate), Vu, pada penampang yang ditinjau akibat kombinasi pembebanan luar yang paling berbahaya.

8J =8?+ 8@ (3-23)

Dalam penentuan Vc, pengaruh tarik aksial akibat rangkak dan susut pada komponen struktur yang terkekang perlu diperhitungkan.

8? L F§ $\frac{\sqrt{Ù^{\wedge}Ö}}{64}$E w$\frac{ï}{æE}$ ä@G>S ä@ (3-24)

Dan Vc harus memenuhi persyaratan berikut:

$\frac{5}{:}$¥ $\overline{B'}$?ä>S ä@ Q 8? Q r ävv¥ $\overline{Bñ}$?ä>S ä@ (3-25)

Jika perhitungan geser dihitung secara rinci, maka Vc harus diambil dari nilai terkecil antara retak geser terlentur (Vci) atau retak geser badan (Vcw)

8?E L $\frac{¥\,\overline{Ù\tilde{n}Ö}}{64}$>S@E 8@E $\frac{ïØL}{ØE}$ (3-26)

Dimana:

/?N L $\frac{Â}{ç}$ @$\frac{¾Ù\tilde{n}Ö}{6}$E BLAF B@A (3-27)

Tetapi nilai Vci tidak perlu diambil kurang daripada $\frac{¾Ù\tilde{n}Ö}{;}$>S@. dan nilai-nilai Mmax dan Vi harus dihitung dari kombinasi beban yang menimbulkan momen maksimum pada penampang yang ditinjau.

8?S L räı :¾B'? E BL?; E >S ä@E 8L (3-28)

Keterangan:

Vc = kuat geser nominal yang disumbangkan oleh beton

Vu = kuat geser ultimate dari kombinasi beban yang ada

Vci = kuat geser nominal yang disumbangkan oleh beton pada saat terjadinya keretakan diagonal akibat momen dan geser

Vcw = kuat geser nomimal yang disumbangkan oleh beton pada saat terjadinya keretakan diagonal akibat tegangan tarik utama yang berlebihan pada badan penampang.

Vd = gaya geser pada penampang akibat beban mati tidak terfaktor

Vi = gaya geser terfaktor pada penampang akibat beban luar yang terjadi bersaman dengan Mmax.

Vp = komponen vertikal gaya pratekan efektif pada penampang

I = Momen inersia penampang yang menahan beban luar terfaktor yang bekerja

yt = jarak tepi atas balok ke garis netral

bw = lebar badan / garis tengah penampang

d = jarak dari serat tekan terluar ke titik berat tulangan prategang

Mcr = momen yang menyebabkan terjadinya retak lentur pada penampang akibat beban luar

M_{max} = momen terfaktor maksimum pada penampang akibat beban luar

fd = tegangan akibat beban mati tak terfaktor pada sera terluar penampang dimana tegangan tarik disebabkan oleh beban luar

fpc = tegangan tekan beton (setelah memperhitungkan semua kehilangan gaya pratekan) pada titik berat penampang yang menahan beban luar atau pertemuan antara badan dan flens jika titik berat terletak di dalam flens

fpe = tegangan tekan pada beton akibat gaya pratekan efektif saja (setelah memperhitungkan semua kehilangan gaya pratekan) pada serat terluar penampang dimana tegangan tarik terjadi akibat beban luar

3.11 Lendutan

Ada 2 macam lendutan yang terjadi:

a. Lendutan ke atas (*camber*) akibat gaya prategang

$$\text{¿L F } \frac{\text{Å}^{0}}{5<9\,\hat{\text{A}}} \qquad (3\text{-}29)$$

b. Lendutan ke bawah akibat beban merata dan beban terpusat

$$\text{¿L F } \frac{\text{Å}^{0}}{5<9\,\hat{\text{A}}}\ \text{H}\ \frac{4\acute{\text{a}}44=<\ \text{É}\ \text{Å}/}{\hat{\text{A}}} \qquad (3\text{-}30)$$

Dimana *:*

W = beban yang terdistribusi secara merata kearah atas

P = beban terpusat

q = beban terbagi rata

L = panjang bentang

3.12 Preliminari Desain Bangunan Bawah

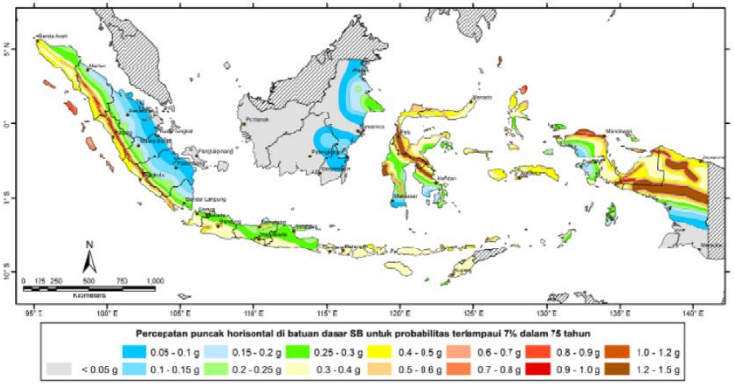
Perencanaan struktur bawah meliputi perencanaan pilar,abutment dan perencanaan pondasi. Untuk menganalisa bangunan bawah terlebih dahulu dilakukan analisa beban gempa dengan bantuan program MIDAS.

3.13 Analisa Beban Gempa

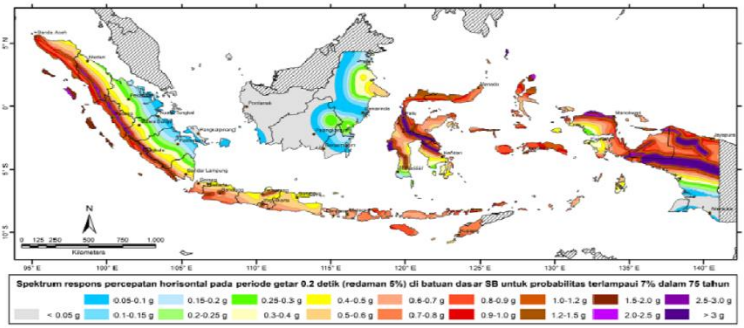
Analisa beban gempa dilakukan dengan analisa respon spektrum sebagai berikut:

3.13.1 Percepatan respon spektrum

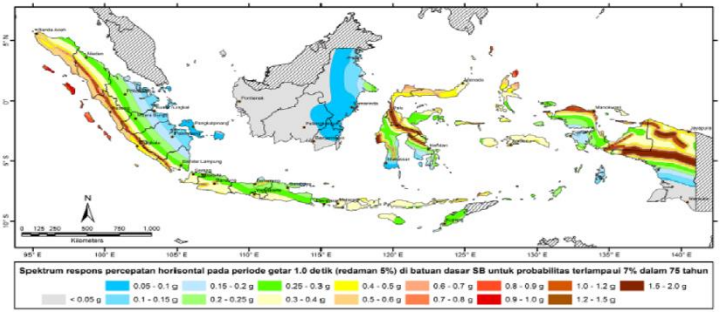
Penentuan wilayah gempa meliputi peta percepatan puncak batuan dasar (*PGA*) dan respons spectra percepatan 0,2 detik dan 1 detik dapat dilihat pada **Gambar 3.9, 3.10 dan 3.11**



Gambar 3.9 Peta percepatan puncak di batuan dasar (PGA) untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun.
(Sumber: SNI 2833-2013 Gambar 4)



Gambar 3. 10 Peta respon spectra percepatan 0,2 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun
(Sumber: SNI 2833-2013 Gambar 5)



Gambar 3. 11 Peta respon spectra percepatan 1 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun *(Sumber: SNI 2833-2013 Gambar 6)*

3.13.2 Faktor situs

Faktor amplikfikasi meiputi factor amplifikasi getaran terkait pecepatan pada getaran periode nol detik (F_{PGA}), factor amplifikasi periode pendek (F_a) dan factor amplifikasi periode 1 detik (F_v) yang dapat ditentukan menggunakan **Tabel 3.7** dan **3.8**

Tabel 3. 7 Faktor aplifikasi untuk periode 0 detik dan 0,2 detik (F_{PGA}/F_a)

Kelas Situs	PGA ≤ 0.1 $S_{æ}$ ≤ 0.25	PGA = 0.2 $S_{æ}$ = 0.5	PGA = 0.3 $S_{æ}$ = 0.75	PGA = 0.4 $S_{æ}$ = 1.0	PGA > 0.5 $S_{æ}$ ≥ 1.25
Batuan Keras (SA)	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Batuan (SB)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Tanah Keras (SC)	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
Tanah Sedang (SD)	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
Tanah Lunak (SE)	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
Tanah Khusus (SF)	SS	SS	SS	SS	SS

Catatan : Untuk nilai-nilai antara dapat dilakukan interpolasi linier

Keterangan :

PGA adalah percepatan puncak batuan dasar mengacu pada Peta Gempa Indonesia (Gambar 1 atau Gambar 4)

$S_{æ}$adalah parameter respons spektral gempa untuk periode pendek (*T*=0.2 detik) mengacu pada Peta Gempa Indonesia 2010 (Gambar 2 atau Gambar 5)

SSadalah lokasi yang memerlukan investigasi geoteknik dan analisis respons dinamik spesifik.

(Sumber: SNI 2833-2013 Tabel 3)

Tabel 3. 8 Faktor amplifikasi untuk periode 1 detik (F_v)

Kelas Situs	$S_S \leq 0.1$	$S_S = 0.2$	$S_S = 0.3$	$S_S = 0.4$	$S_{aa} \geq 0.5$
Batuan Keras (SA)	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Batuan (SB)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Tanah Keras (SC)	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
Tanah Sedang (SD)	2.4	2.0	1.8	1.6	1.5
Tanah Lunak (SE)	3.5	3.2	2.8	2.4	2.4
Tanah Khusus (SF)	SS	SS	SS	SS	SS

Catatan : Untuk nilai-nilai antara dapat dilakukan interpolasi linier

Keterangan :

PGAadalah percepatan puncak batuan dasar mengacu pada Peta Gempa Indonesia (Gambar 1 atau Gambar 4)

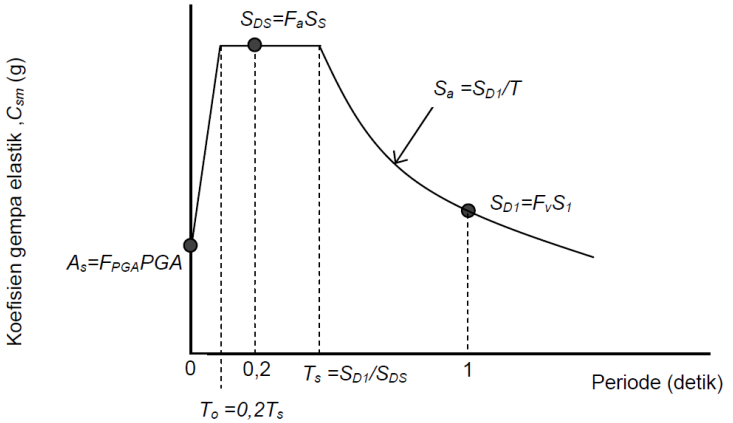
S_S adalah parameter respons spektral gempa untuk periode pendek (T=0.2 detik) mengacu pada Peta Gempa Indonesia 2010 (Gambar 3 atau Gambar 6)

SSadalah lokasi yang memerlukan investigasi geoteknik dan analisis respons dinamik spesifik.

(Sumber: SNI 2833-2013 Tabel 4)

3.13.3 Respon spectrum rencana

Bentuk tipikal respons spectra di permukaan tanah dapat dilihat pada **Gambar 3.9**.



Gambar 3. 12 Bentuk tipikal respons spectra di permukaan tanah *(Sumber: SNI 2833-2013 Gambar 7)*

Respons spectra di permukaan tanah ditentukan dari 3 (tiga) nilai percepatan puncak yang mengacu pada peta gempa Indonesia 2010 (*PGA*, Ss dan S1), serta nilai factor amplifikasi F_{PGA}, F_a dan F_v dengan perumusan sebagai berikut:

$$\text{[illegible]} \quad \text{(3-31)}$$

$$\text{[illegible]} \quad \text{(3-32)}$$

$$\text{[illegible]} \quad \text{(3-33)}$$

3.13.4 Koefisien respons gempa elastik

1. Untuk perioda yang lebih kecil dari T_0, koefisien respons gempa elastic (C_{sm}) didapatkan dari persamaan:

$$\text{[illegible]} \quad \text{(3-34)}$$

2. Untuk perioda lebih besar dari atau sama dengan T_0 dan lebih kecil dari atau sama dengan T_s, respons spectra percepatan, [illegible] sama dengan S_{DS}.

3. Untuk perioda lebih besar dar Ts, koefisien respons gempa elastic %æ didapatkan dari persamaan:

%æ L $\frac{\text{Ì}_{\mu}}{\text{Í}}$ (3-35)

Dimana:

S_{DS} : parameter respons spektral percepatan desain pada perioda pendek

S_{D1} : parameter respons spektral percepatan desain pada perioda 1 detik

64 L r á 6æ

6æ L $\frac{5_{½5}}{5_{½ì}}$

Penggunaan masing-masing persamaan dapat membentuk respon spectra di permukaan seperti diperlihatkan pada **Gambar 3.12**

3.13.5 Kategori kinerja seismik

Setiap jembatan harus ditetapkan dalam salah satu dari empat zona gempa berdasarkan spectra percepata periode 1 detik (SD1) sesuai **Tabel 3.9.**

Tabel 3. 9 Zona Gempa

Koefisien percepatan (**5½5;**	Zona Gempa
5½5 ≤ 0.15	1
0.15 <**5½5** ≤ 0.30	2
0.30 <**5½5** ≤ 0.50	3
5½5 >0.50	4

Catatan : $5_{½5}$ L (é T5_5

$5_{½5}$ adalah nilai spektral permukaan tanah pada periode 1.0 detik

(é adalah nilai faktor amplifikasi untuk periode :(é;

5_5 adalah parameter respons spektral percepatan gempat untuk periode 1.0 detik mengacu pada Peta Gempa Indonesia 2010 (Gambar 3)

(Sumber: SNI 2833-2013 Tabel 5)

3.13.6 Faktor modifikasi respons

Gaya gempa rencana pada bangunan bawah dan hubungan antara elemen struktur ditentukan dengan cara membagi gaya gempa elastis dengan factor modifikasi respons (*R*) sesuai dengan **Tabel 3.10 dan Tabel 3.11**.

Tabel 3. 10 Faktor modifikasi respon(*R*) untuk bangunan bawah

Bangunan Bawah	Kategori kepentingan		
	Sangat Penting	Penting	Lainnya
Pilar tipe dinding	1.5	1.5	2.0
Tiang/kolom beton bertulang			
Tiang vertikal	1.5	2.0	3.0
Tiang miring	1.5	1.5	2.0
Kolom tunggal	1.5	2.0	3.0
Tiang baja dan komposit			
Tiang vertikal	1.5	3.5	5.0
Tiang miring	1.5	2.0	3.0
Kolom Majemuk	1.5	3.5	5.0

Catatan :

Pilar tipe dinding dapat direncanakan sebagai tunggal dalam arah sumbu lemah pilar

(Sumber: SNI 2833-2013 Tabel 6)

Tabel 3. 11 Faktor modifikasi respons (*R*) untuk hubungan antar elemen struktur

Hubungan elemen struktur	**Semua kateg kepentinga**
Bangunan atas dengan kepala jembatan	0.8
Sambungan muai (dilatasi) pada bangunan atas	0.8
Kolom, pilar, atau tiang dengan bangunan atas	1.0
Kolom atau pilar dengan fondasi	1.0

(Sumber: SNI 2833-2013 Tabel 7)

3.13.7 Beban Gempa

Beban gempa diambil sebagai gaya horizontal yang ditentukan dengan formulasi sebagai berikut:

$$' \hat{E} \; L \; \frac{\frac{1}{4}\emptyset}{\ddot{E}} H \, 9 \, \c{c} \qquad (3\text{-}36)$$

Dimana:

$' \hat{E}$: gaya gempa horizontal statis (kN)

%æ : koefisien renspons gempa elastic pada mortas getar ke-m

4 : factor modifikasi respons

$9 \, \c{c}$: berat total struktur terdiri dari beban mati dan beban hidup yang sesuai (kN)

3.14 Pilar dan Abutment

Pilar dan Abutment direncanakan menggunakan tipe solid. Dalam perencanaan kolom perlu dipenuhi syarat *Balance Stiffness* untuk mengetahui kekakuan atara kolom yang bersebelahan yaitu minimal 0,5.

$$\frac{\ddot{E}\ddot{I}}{\ddot{X}\ddot{X}} \; R \; r \acute{a} w \qquad (3\text{-}37)$$

Cek kelangsingan struktur:

$$\frac{\text{Þ}\ddot{a}\ddot{8}}{\mathring{a}} \; O \; tt \qquad (3\text{-}38)$$

Tulangan longitudinal: Sesuai RSNI T-12-2004 luas dari tulangan kolom tidak kurang dari 0,01 Ag dan tidak lebih dari 0,08 Ag.

3.15 Pondasi

Perencanaan pondasi tiang pancang dilakukan berdasarkan hasil SPT.

3.15.1 Daya dukung tiang pondasi berdasarkan hasil SPT dengan metode Luciano Decourt (1996)

Harga N koreksi

HargaN di bawahmuka airtanahharusdikoreksimenjadi N' berdasarkanperumusansebagaiberikut: (TERZAGHI & PECK)

$$N' \quad 15 \quad 0.5 \, N \quad 15 \qquad (3\text{-}39)$$

Dimana:

N = Jumlahpukulankenyataan di lapanganuntuk di bawahmuka air tanah

N' = Harga N terkoreksikarena N dibawahmuka air tanah

Metode Luciano Decourt (1996):

$$Q_L \quad Q_P \quad Q_S \qquad (3\text{-}40)$$

Dimana :

Q_L = Daya dukung tanah maksimum pada pondasi

Q_P = Daya dukung pada dasar pondasi

Q_S = Daya dukung akibat lekatan lateral

$$Q_P \qquad q_P A_P \qquad N_P K \; A_P \qquad (3\text{-}41)$$

Dimana:

$\check{N}_P$ = Harga rata-rata SPT disekitar 4B di atas hingga 4B di bawah dasar tiang pondasi (B = diameter pondasi) = $\sum_{i\ 1}^{n} \frac{Ni}{n}$.

K = Koefisien karakteristik tanah:

12 t/m^2, untuk lempung

20 t/m^2, untuk lanau berlempung

25 t/m^2, untuk lanau berpasir

40 t/m^2, untuk pasir

A_P = Luas penampang dasar tiang

q_P = Tegangan diujung tiang

= Base coefficient = 1,00 untuk driven pile (tiang pancang)

$$Q_s \qquad q_s A_s \qquad N_s / 3 \quad 1 \; A_s \qquad (3\text{-}42)$$

Dimana :

q_S = Tegangan akibat lekatan lateral dalam t/m^2

$\check{N}_S$ = Harga rata-rata sepanjang tiang yang tertanam, dengan batasan : $3 \leq N \leq 50$

A_P = Keliling x panjang tiang yang terbenam (luas selimut tiang)

= Shaft coefficient = 1,00 untuk driven pile

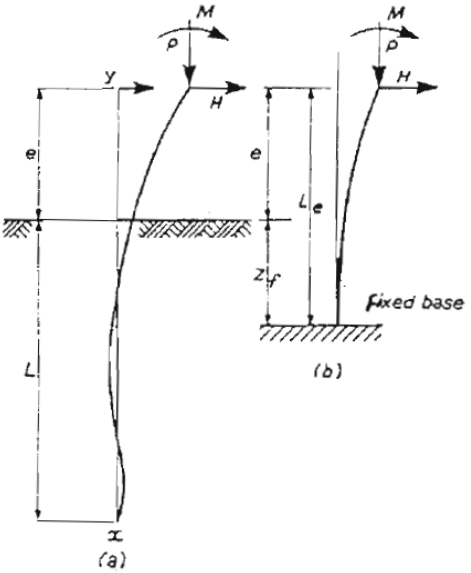
3.15.2 Kekuatan material tiang pancang

Letak titik jepit tanah terhadap tiang pondasi (Zf), dihitung dengan perumusan sebagai berikut (**Gambar 3.13**):
Zf= 1,8 T untuk normally consolidated clay dan granular soil, atau yang mempunyaikenaikan linier harga modulus.

Tabel 3. 12 Tabel Spesifikasi Tiang Pancang

Nominal Diameter	Nominal Thickness	Length	Nominal Weight	Prestressing Bar				Area of Concrete	Section Modulus	Bending Moment		Recommended Max Structural Axial Working Load (For a short strut	Effective Prestress
				7.1 mm	9.0 mm	10.7 mm	12.6 mm			Cracking	Ultimate		
mm	mm	m	kg/m	no.	no.	no.	no.	mm2	x1000mm3	kNm	kNm	ton	N/mm2
250	55	6-12	88	7	-	-	-	33.694	1.443	16.2	33.8	63	7.20
300	60	6-12	118	10	-	-	-	45.239	2.416	28	57.9	84	7.6
350	70	6-15	160	-	8	-	-	61.575	3.826	43	86.5	114	7.2
400	80	6-15	209	-	12	-	-	80.425	5.748	69.7	148.3	147	8.1
450	80	6-15	242	-	12	-	-	92.991	7.734	86.9	166.9	173	7.2
500	90	6-18	301	-	15	-	-	115.925	10.67	120.3	231.7	215	7.3
600	100	6-30	408	-	-	14	-	157.08	17.761	196.4	365	292	7.0
700	110	6-46	530	-	-	20	-	203.889	27.498	320.6	608.3	376	7.6
800	120	6-46	667	-	-	24	-	256.354	39.966	454.7	834.3	475	7.4
900	130	6-46	818	-	-	28	-	314.473	55.622	617.7	1095	584	7.1
1000	140	6-46	983	-	-	36	-	378.248	75.188	864.5	1564.3	699	7.5
1200	150	6-36	1286	-	-	46	-	494.801	121.361	1378.6	2398.6	916	7.3
1000	140	6-46	983	-	-	-	34	378.248	76.247	961.1	2051.9	688	8.6
1200	150	6-36	1286	-	-	-	46	494.801	123.457	1583.1	33313	898	8.8

(Sumber :ICP PIle)



Gambar 3. 13 *Partly-embedded pile & equivalent fixed base pile or column*

Harga-harga T dicaridengancarasebagaiberikut:

Stiffness factor T $\sqrt[5]{\frac{EI}{n_h}}$ (dalamsatuanpanjang).

Dimana:

Harga-harga n_h untuk soft normally-consolidated clays = 350 s/d 700 KN/m^{3}dan soft organic silts = 150 KN/m^3.

E = modulus elastisitas young tiang dan

I = momen inersia

Biladikaitkandengan Le dankekuatanstrukturtiang, makabesarnyagaya P aksialmaksimum (P_{kritis}) terhadap "*buckling*" adalah:

Fixed & translating headed conditions : P_{cr} $\frac{^{2}EI}{e \quad Zf^{2}}$ (3-43)

Gayahorizontalbatasataumaksimum yang bekerja di ujungatassebuahtiang:

$$M_{max} \quad W \tag{3-44}$$

$$M_{max} \quad H\ e \quad 1.5d \quad 0.5f \tag{3-45}$$

$$f \quad \frac{H}{9.Cu.d} \tag{3-46}$$

Dimana:
Hu = Ultimate lateral resistance
H = Lateral load
L = Kedalaman tiang pondasi dari muka tanah
d = Diameter tiang pondasi
e = Jarak antara lateral load (H) bekerja dengan muka tanah
Cu = Undrained cohesion
f = Posisi M_{max} dari muka tanah
σ = Tegangan beton
W = Modulus of section

Besarnya Hu yang bekerjapadasebuahtiangPanjanguntuk *Fixed-HeadedPile* dapatdisederhanakansebagaiberikut (Tomlinson) :

$$Hu \quad \frac{2Mu}{e \quad Zf} \tag{3-47}$$

Defleksihorisontal yang terjadiakibat lateral loads dicaridenganpersamaan:
Deflection at head untuk fixed-headed pile:

$$Y \quad \frac{H(e \quad Zf)^3}{12EI} \tag{3-48}$$

dengan:
E = Elastic modulus dari material tiangpondasi
I = Momeninersiadari cross-section tiangpondasi

3.16 Metode Pelaksanaan

Metode pelaksanaan yang akan digunakan dalam modifikasi perencanaan fly over Lingkar Dalam Barat (daerah Tandes) ini adalah menggunakan sistem launching gantry cantilever sebagai metode pemasangan segmen struktur *box girder*pada bentang jembatan.

Tahap-tahap metode pelaksanaan dengan metode *balanced cantilever* dengan launcher grantry sebagai berikut :

1. Bagian bentang yang dipasang tipe I girder dianggap telah diselesaikan tanpa memperhitungkan metode yang digunakan. Pasang launcher gantry pada pilay yang telah ditentukan oleh perencana. Box girder diangkut dari pabrik, kemudian diangkat dan digerakkan menuju tempat yang sesuai degan bantuan launcher gantry.
2. *Box* diturunkan pada elevasi yang sesuai, kemudian dilakukan *jacking* pada tendon kantilever yang dipasang sepanjang segmen. Untuk keseimbanan *launcher gantry*, digunakan pemberat sementara pada sisi segmen jembatan.
3. Setelah semua *box* telah terpasang semua, dilakukan *jacking* pada tendon menerus.
4. Pada tahap akhir dilakukan pekerjaan aspal, pagar pembatas dan utilitas.

3.17 Menuangkan Hasil Perhitungan ke dalam Gambar

Dalam menuangkan hasil perhitungan ke dalam gambar teknik dengan menggunakan program Autocad.

BAB IV
PEMBAHASAN

4.1 Perencanaan bangunan sekunder

4.1.1 Perhitungan Pembatas Jalan

Pembatas jalan direncanakan setinggi dari permukaan *box girder*, lebar bawah 50 cm dan lebar atas 30 cm. Berdasarkan peraturan RSNI T-02-2005 penghalang lalu lintas harus direncanakan untuk menahan beban tumbukan ultimit arah menyilang sebesar P = 100 kN untuk h ≤ 850 mm. Penyebaran menyilang rencana harus direntangkan dengan jarak memanjang 1500 mm pada bagian atas penghalang dan disebarkan dengan sudut 45º ke bawah pada lantai yang memikulnya. Berikut adalah gambar pembebanan akibat tumbukan.

Selain pembatas jalan menerima beban tumbukan pembatas juga menerima beban angin sebesar :

$$*_{ê}\ L\ r\ ärrx\quad T\,\%_{ê}\ T:8_{ê};^{6}T\#_{æ}$$

Dimana :

$*_{ê}$ = Kecapatan angin rencana (m/dt)

$\%_{ê}$ = Koefisien seret, dari tabel 42 RSNI T-02-2005

$8_{ê}$ = Kecepatan angin rencana : I ^{6}) dari tabel RSNI T-02-2005

$\#_{æ}$ = Luas koefisien bagian samping jembatan (I ^{6};

a. Data Perencanaan :
   1. Panjang total jembatan = 801 m
   2. Mutu beton f'c = 30 MPa
   3. Mutu baja fy = 240 MPa
   4. Beban angin yang diterima oleh pembatas jalan

Tinggi rencana *box girder* diperoleh dari rasio tinggi terhadap bentang yang disebutkan pada pembahasan sebelumnya : $\frac{5}{5:}$ O $\frac{Û.}{Å}$ O $\frac{5}{64}$. Untuk bentang bentang maksimum direncanakan

$\frac{b}{d}$ sebesar $\frac{5}{5<}$, sehingga didapatkan tinggi *box girder* di area tumpuan sebesar D = 4.6 m.

$$\frac{>}{@} L \frac{sswrr}{wxxr} L \text{ t ärut}$$

Keterangan :

b = lebar keseluruhan jembatan dihitung dari sisi terluar box girder

d = tinggi bangunan atas termasuk tinggi pembatas jalan (4.6 +1.06= 5.75 m).

Dari nilai b/d diperoleh nilai C_w dengan cara menginterpolasi yang terdapat pada tabel 27 RSNI T-02-2005. Dengan nilai b/d sebesar 2 diperoleh :

Nilai koefisien C_w = 1.19

Nilai V_w = 30 m/s karena letak jembatan lebih 5 km dari pantai

Nialai A = tinggi pembatas jalan x lebar terbebani

=1.06 x 1.5

= 1.59 m²

Sehingga P_w = r ärrrx T C_w T : V_w ; ^{6}T#

= r ärrrx T s äs{ T : ur ; ^{6}Ts äyzw

= 1.147 kN

Jadi momen ultimate yang dipikul oleh pembats jalan sebesar :

Mu = (beban tumbukan – beban angin Hw) x tinggi Pembatas jalan.

= ((cos 45º x 100) – 1.147) x 1.06

= 73.74 kNm

Mu = $\frac{Æ}{]} = \frac{;7\ ä8}{4ä<}$

= 92.18 kNm = 99.18 x sr ⋮ Nmm

4.1.2 Penulangan Pembatas Jalan

Dimensi pembatas jalan : 1.5 x 0.3 m^2

Beton decking : 40 mm

Direncanakan menggunakan tulangan utama D = 16 mm.

Direncanakan menggunakan tulangan sengkang D = 10 mm

/ è = t{ äsz T sr ⋮ 0II

d = wrr F vr F : $\frac{5}{6}$] ;

d = wrr F vr F : $\frac{5}{6}$ T sx ;

d = 452 mm

4 á = $\frac{Æà}{Õ×\cdot}$ = $\frac{=6ä5< ë\ 54^2}{5944\ ë\ 896\cdot}$ = 0.301 MPa

m = $\frac{Ù}{4ä<9\,Ù^{Ù}Ö}$ = $\frac{684}{4ä<9ë\,74}$ = 9.05

é = $\frac{5ä8}{684}$ = 0.0058

é = $\frac{4ä<9\ ë\ Ù^{Ù}Öë\ -}{684}$ T $\frac{:44}{:44\ >Ù}$ = 0.066

é = 0.75 x é
= 0.75 x 0.066
= 0.0495

é = $\frac{5}{à}$: s F § s F $\frac{6à\ Ë_Ù}{Ù}$

= $\frac{5}{=ä49}$: s F § s F $\frac{6ë=ä49ë4ä745}{684}$

= 0.0013

Karena é P é maka dipakai é

As perlu = é x b x d = 0.0058 x 252 x 1500
= 2192.4 mm^2

= 11x0.25x3.14x16²
= 2210.56 mm²

Jadi dibutuhkan tulangan 11D16 (As = 2210.56 mm²)
Tulangan sengkang (As) = 2 x 3.14 x 0.25 x 10²
= 157 mm²

Vs = $\frac{\text{é ë Ù ë ×}}{\text{æ}}$

Vs = $\frac{59;\ \text{v } 684\ \text{v } 696}{544}$ = 94953.6 N

Vs = 94.95 kN

Vu = ((cos 45º x 100) – 1.4)
= 69.31 kN

Karena Vs > Vu maka tulangan yang digunakan adalah Ø10-100 mm

4.2 Perencanaan Tulangan Pelat Atas

4.2.1 Dimensi Pelat Rencana

Lebar jalur kendaraan = 10.47 m
Lebar total jembatan = 11.5 m
Mutu beton pelat = 57 MPa
Modulus elastisitas, E =4700 T √ ′
′ = 4700 T √57
′ = 35484,222 MPa
Mutu baja tulangan, fy = 400 MPa

Berdasarkan SNI-T-12-2004 pasal 5.5.3 tebal minimum pelat lantai harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:

t_s ≥ 200 mm atau,
t_s ≥ (100 + 40 b) mm
t_s ≥ (100 + 40 x 4,4)
t_s ≥ 276 mm diambil

Maka digunakan tebal pelat lantai kendaraan, d3 = 300 mm. Tebal aspal rencana yang digunakan, d4 = 80 mm

. =83 I

5 =4,4 I

□ = Å/Ì = <7/8ä8 = 18.86 >2 (Pelat satu arah)

4.2.2 Perencanaan Tulangan Pelat

a. Pembebanan

Beban Mati

Tabel 4. 1 Pembebanan Beban Mati

Berat pelat atas	0.3 m x 1 m x 25 kN/m3 x 1.8	13.5 kN/m
Berat aspal	0.08 m x 1m x 22 kN/m3 x 2	3.52 kN/m
Berat mati total (qD)		17.02 kN/m

Beban Hidup

Beban Truk (T), berdasarkan SNI T-02-2005 pasal 6.4.1 besar beban roda truk T = 112,5 KN dan faktor beban - è í = 1,8. Faktor beban dinamis (DLA) untuk beban truk T adalah 30%

T' = T x (1 + DLA)

= 112,5 x (1 + 0,3)

=146,25 kN6è

Beban truk ultimate, Tu= KuTT . T'= 1,8 x 146,25 = 263,25 kN

Perhitungan momen arah melintang

- Akibat beban mati, qD

/ ½ L 5/54 M½H L 5/54 Tsy ärt Tvä v6 = 32.951 kNm

Akibat beban T

/ í L r äz T 5 E r äk / sr T 6î

/ í L r äz T väv E r äk / sr T txu ätw L srw äu G0I

Momen total, Mu = 32.951 + 105.3 = 138.251 kNm

b. Penulangan Arah Melintang

Perhitungan penulangan arah melintang didasarkan pada SNI 2847-2013. Rasio tulangan longitudinal tidak boleh kurang dari $0.25\frac{\sqrt{f'c}}{fy}$ dan juga tidak boleh kurang dari $\frac{1.4}{fy}$ dan tidak melebihi 0.025

f'c	= 57 MPa
fy	= 400 MPa
Selimut beton	= 40 mm
Tebal pelat	= 300 mm
Diameter tulangan	= 25 mm
d = 300-40-25/2	= 247.5 mm

$\rho_{min} = 0.25\frac{\sqrt{f'c}}{fy} = 0.25\frac{\sqrt{57}}{400} = 0.00442$

$m = \frac{fy}{0.85 f'c} = \frac{400}{0.85 \times 57} = 9.41$

$Mn = \frac{Mu}{\phi} ; \phi = 0.9$

$Mn = \frac{Mu}{\phi} ; \phi = 0.9$

$Mn = \frac{57 \times 1000 \times 300}{4} = 153.612 = 153612000$ Nmm

$Rn = \frac{Mn}{b \times d^2} = \frac{153612000}{1000 \times 247.5^2} = 2.507$ MPa

$\rho_{perlu} = \frac{1}{m}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 m Rn}{fy}}\right)$

$= \frac{1}{9.41}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 9.41 \times 2.507}{400}}\right)$

$= 0.007$

$\rho_{perlu} = 0.007$

Ast = Asc = ρ x bw x d
= 0.007 x 1000 x 247.5
= 1732.5II 6

Jumlah tulangan = As perlu / Luas tulangan **D25 = 4 buah / meter**

As = 1963,495II 6

a = $\frac{\text{°æ}}{\text{4ä<9 v d`a v `}}$ L $\frac{\text{5=:7 ä8=9 ë 844}}{\text{4ä<9 v 9; v 5444}}$ L sz äv

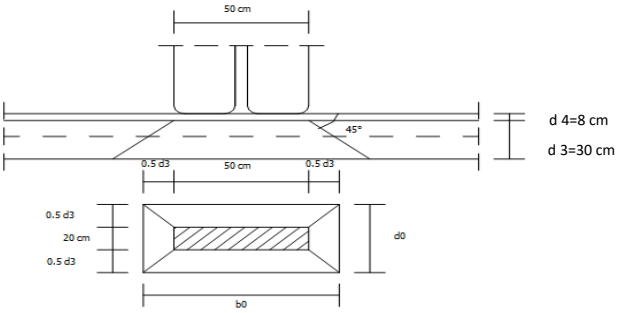
C = $\frac{\hat{O}}{,_{s}}$ = $\frac{\text{5<ä8}}{\text{4ä=}}$ = 12.17 mm

ε = r □□f□ □÷□ F□ □□= r □□f□ □□ □□ F□ □□= □□□□

ε > 0,005 sehingga pelat termasuk dalam kondisi terkontrol tarik dengan nilai ϕ sebesar 0,9.

c. Kontrol Geser terhadap geser ponds

Kontrol geser pons merupakan control terhadap lantai kendaraan akibat beban muatan terbesar yaitu dengan beban sebesar T=112.5 kN dengan bidang kontak roda.



Gambar 4. 1 Penyebaran Beban Pada Pelat Lantai

$Ú_{Ö}$ $= \frac{94}{64}\ L\ t\ äw$

$>_4$ $= \frac{\times}{6}\ E\ wr\ E\ \frac{\times}{6} = \frac{68\ ä9}{6}\ E\ wr\ E\ \frac{68\ ä9}{6}$

$= 74.75$

$@_4$ $= \frac{\times}{6}\ E\ tr\ \ E\ \frac{\times}{6} = \frac{68\ ä9}{6}\ E\ tr\ \ E\ \frac{68\ ä9}{6}$

$= 44.75$

Gaya geser (Vu) $= -\ ^{è}\ 66T\,sst\ äwT{:}\,s\ E\ r\ äu;$
$= 1.8x112.5x(1+0.3)$
$= 263.25\ kN$

Keliling kristis (U) $= t\ T{:}\,>_4\ E\ @_4;$
$= 2\ x\ (74.75+44.75)$
$= 239\ cm = 2390\ mm$

Luas bidang kritis (Ak) $= t\ T{:}\,>_4\ E\ @_4;T@_4$
$= 2\ x\ (74.75+44.75)\ x\ 30$
$= 7170?I\ ^{6}\ L\ yäsy\ Tsr\ ^{9}II\ \ ^{6}$

$8\,J_{Ö}$ $= @_8\ E\ \frac{6}{}AT\frac{¥\ \overline{Ù^{o}Ö}}{:}T\,7\ \ T\,@$

$= @_8\ E\ \frac{6}{6ä9}AT\frac{¾\overline{9;}}{:}T\,tur(\ \ \ T\,urr$

$= 1520986\ N = 1520.986\ kN$

Kemampuan geser (Vc) $=$ Ak x Teg. Geser beton
$= 7.17\ x\ sr\ ^{9}T\frac{5}{7}¥\ \overline{Bñ?}$
$= 7.17\ x\ sr\ ^{9}T\frac{5}{7}¾\overline{wy}$
$= 1689985.2\ N$
$= 1689.9852\ kN$

Karena 8 J Ö<Vc maka digunakan 8 J Ö sehingga diperoleh hasil :

Vu ≤ Ø x 8 J Ö
Vu≤ 0.6 x kN
263.25 kN <636.4 kN (OK)

4.3 Perencanaan Struktur Primer

4.3.1 Data Perencanaan

Pada modifikasi *fly over* Lingkar Dalam Barat direncakan menggunakan kontruksi *box girder* pratekan. *Fly Over* ini memiliki panjang total 802 m dengan bentang terpanjang yaitu 83m. Pada tugas akhir ini bagian yang hanya dimodifikasi pada bentang yang terpanjang.

Nama Jembatan	: *Fly Over* Lingar Dalam Barat
Lokasi Jembatan	: Jln. Margomulyo Surabaya Barat
Tipe Jembatan	: *Precast segmental box girder*dengan menggunakan beton pratekan
Metode Pelaksanaan	: Dengan menggunakan metode *Balance Cantilever*
Lebar total jembatan	: 11.5 m
Jumlah Lajur	: 3 Lajur 2 arah

4.3.2 Data Bahan

a Data Beton

a. Kuat tekan beton prategan (f'c) = 57 MPa
b. Kuat tekan beton untuk struktur sekunder (f'c) = 40MPa

b Data Baja

a. Mutu baja yang digunakan untuk penulangan *box girder* adalah baja mutu (fy) = 400 MPa.
b. Mutu baja yang digunakan untuk penulangan struktur sekunder adalah baja mutu (fy) = 400 MPa
c. Dalam perencanaan ini akan digunakan jenis kabel dan angkur ASTM A416-74 Grade 270.

4.3.3 Tegangan ijin bahan

1. Beban Prategang (Pasal 4.4.1.2)
   a. Pada saat transfer

      Kuat tekan beton yang direncanakan pada umur saat dilakukan transfer (f'ci)

      f'ci = 95% x f'c
      = 95% x 57
      = 54.15 Mpa

      Berdasarkan RSNI T-12-2004 pasal 4.4.1.2.2 untuk komponen beton prategang pada saat transfer, tegangan tekan dalam penampang beton tidak boleh melampaui nilai sebagai berikut :

      - ê = r ä x T B?E
        = 0.6 x 54.15
        = 32.49 MPa

      Berdasarkan SNI T-12-2004 pasal 8.3 untuk struktur jembatan segmental pracetak tidak ada tegangan tarik yang diijinkan pada setiap sambungan antara segmen-segmen selama pelaksanaan (cantilever).

      - ê L r /2=
      - ê L r äw¥ /2= = 1.83 MPa

   b. Pada saat service

      Berdasarkan RSNI T-12-2004 pasal 4.4.1.2.1 untuk komponen beton prategang pada saat transfer, tegangan tekan dalam penampang beton tidak boleh melebihi nilai sebagai berikut :

      - ê = r ävw T B?
        = 0.45 x 57
        = 25.65 MPa
      - ê = r äw¥ B'? = 3.77 MPa

      Berdasarkan RSNI T-12-2004 pasal 8.3 untuk struktur jembatan segmental pracetak tidak ada tegangan batas yang diijinkan pada kondisi batas layan.

c. Modulus Elastisitas (E)

Untuk beton normal dengan massa jenis sekitar 2500 GC I ^{7}, ' Ö boleh diambil sebesar vyrr ¥ $\overline{B'?}$. Untuk baja prategang diambil sesuai RSNI T-12-2004 pasal. 4.4.1.5

Ec = vyrr ¥ $\overline{B'?}$
= 4700 ¾$\overline{wy}$
= 35484 MPa

2. Baja Prategang

a. Modulus Elastisat (Es) = 200.000 MPa

b. Tegangan Putus Kabel (B$_{a}$) = 1860 MPa

c. Tegangan leleh kabel (B$_{a}$) = 0.85 x B$_{a}$
= 0.85 x 1860
= 1581 MPa

d. Tegangan tarik ijin kabel (jacking) = 0.94 x B$_{a}$
= 0.94 x 1860
= 1748.4 MPa

e. Tegangan ijin kabel (setelah pengangkuran)
= 0.7 x B$_{a}$
= 0.7 x 1860
= 1302 MPa

4.3.4 Preliminary Design

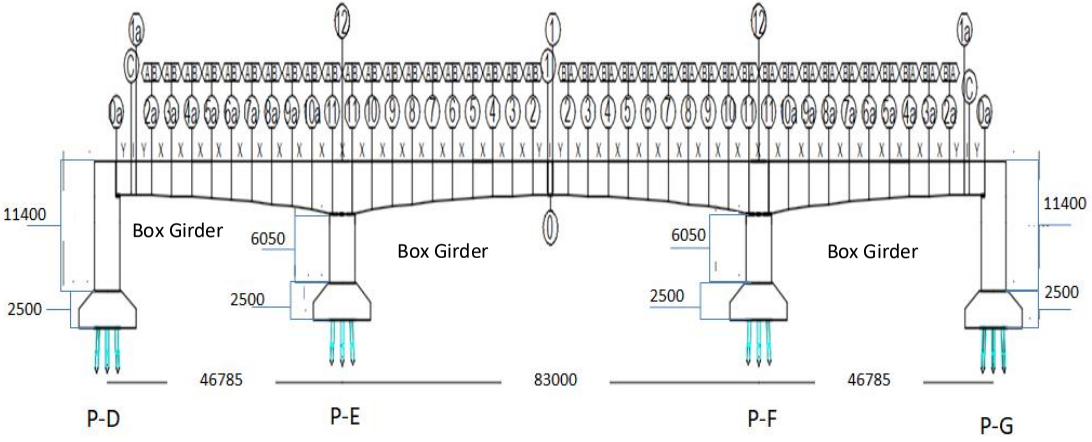
Perencanaan *fly over* Lingkar Dalam Barat direncanakan mengunakan *box girder*, penampang *box girder* dibuat non prismatis dengan menggunakan beton pracetak dengan metode *balance cantilever* sehingga mempermudah proses pelaksanaan jembatan.

Penentuan dimensi awal *box girder* yaitu dengan menentukan tafsiran awal *box girder* yaitu : (dalam buku *Prestressed Segmental Brigdes).*

H = 1/18 x L

= 1/18 x 83 = 4.61 m ≃ 4.60 m

Karena struktur jembatan direncanakan tipe menerus maka direncanakan ** L väx I . Dimensi rencana *box girder* dapat dilihat pada gambar.



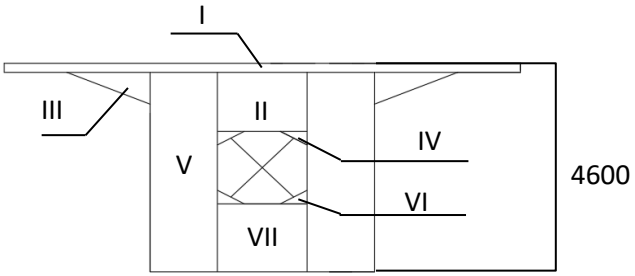
Ket :
x = 4m
y = 3m
l= 1m

Gambar 4.2 Pemodelan Jembatan Variable Depth

Tabel 4. 2 * setiap joint pada gambar

Nomor Joint	H (mm)
12	4600
11	4600
10 &10a	4490
9 & 9a	4385
8 & 8a	4300
7 & 7a	4220
6 & 6a	4150
5 & 5a	4100
4 & 4a	4055
3 & 3a	4025
2 & 2a	4010
1 & 1a	4000

Berikut adalah contoh perhitungan dimensi *box girder* pada joint 12 dengan H tafsiran = 4600 mm



Gambar 4. 3 Dimensi box girder pada joint 12

Tabel 4. 3 Perhitungan dimensi box pada joint 12

	No	Tinggi (m)	Lebar (m)	Shape factor	Jumlah penampang	Luas tampang (m2)	Jarak terhadap alas (m)	Statis Momen A*y
Joint 12	I	0.3	11.5	1	1	3.46	4.45	15.352
	II	1.3	2	1	1	2.6	3.65	9.49
	III	0.6	1.85	0.5	2	1.1	4.1	4.551
	IV	0.3	0.6	0.5	2	0.18	2.9	0.522
	V	4.4	1.5	1	2	13.2	2.2	29.04
	VI	0.3	0.6	0.5	2	0.18	1.6	0.288
	VII	1.5	2	1	1	3	0.75	2.25
Jumlah		4.6				23.72		61.494

Letak titik berat yb = Ã # ÛU/Ã # = 2.59 m
ya = H-yb = 4.6-2.59 = 2.11 m

Momen inersia terhadap titik berat balok :
+ë = Ã +4 + Ã # ÛU6 = 41.361 m⁴

Tahanan momen sisi atas
9 Ô L +ë U= = 41.361/2.11 = 19.625 I 7

Tahanan momen sisi bawah
9 Õ = +ë U> = 41.361/2.59 = swäw I 7

Kern sisi atas :
Ka = Wb /Ã # = 15.95/23.72 = 0.673 m

Kern sisi bawah :
Kb = Wa /Ã # = 19.625/23.72 = 0.827 m

Tabel 4. 4 Perhitungan dimensi box tiap joint

Joint	H (m)	L box (m)	A (m2)	Ya (m)	Yb (m)	I (m4)	Wa (m3)	Wb (m3)	Ka (m)	Kb (m)
12	4.6	0	23.72	2.11	2.59	41.361	19.625	15.954	0.673	0.827
11	4.6	2	23.72	2.11	2.59	41.361	19.625	15.954	0.673	0.827
10 & 10a	4.49	4	16	1.87	2.62	31.486	16.85	12.01	0.751	1.053
9 & 9a	4.385	4	13.242	1.75	2.64	28.697	16.400	10.890	0.822	1.238
8 & 8a	4.3	4	13.14	1.71	2.59	27.805	16.224	10.752	0.818	1.235
7 & 7a	4.22	4	13.044	1.68	2.54	26.991	16.066	10.626	0.815	1.232
6 & 6a	4.15	4	12.96	1.65	2.50	26.298	15.934	10.521	0.812	1.229
5 & 5a	4.1	4	12.9	1.63	2.47	25.814	15.842	10.449	0.810	1.228
4 & 4a	4.055	4	12.846	1.61	2.44	25.386	15.763	10.385	0.808	1.227
3 & 3a	4.025	4	12.81	1.60	2.43	25.105	15.711	10.344	0.807	1.226
2 & 2a	4.01	4	12.792	1.59	2.42	24.966	15.686	10.323	0.807	1.226
1 & 1a	4	3	12.78	1.59	2.41	24.814	15.631	10.285	0.805	1.223
closur	4	0.5	12.78	1.59	2.41	24.81	15.63	10.29	0.80	1.22

4.3.5 Analisis Pembebanan

A. Analisis Beban Mati

a. Analisis Berat sendiri

Contoh perhitungan pada segmen 10

q = A x Bj beton

q = 13.755 x 250

q = 343,875 kN/m

b. Beban mati tambahan

- Berat lapisan aspal

qu = - è ÿE T PA>=HT>F=OL=HTHA>=N=H=J

= 2 x 0.08 x 22 x 11.5

= 40.48 kN/m

- Berat parapet

qu =- è ÿE T MLL=N=LAPT t

= 1.3 x 9.675 x 2

= 25.155 kN/m

- Berat air hujan

qu = tebal air hujan x bj air x lebar jalan

= 0.05 x 9.81 x 11.5

= 5,641 kN/m

B. Analisa Beban Hidup

Beban hidup pada jembatan terdiri dari beban hidup terbagi rata (BTR), beban hidup garis (BGT) dan beban truk (T).

a. Beban Hidup Terbagi Rata (BTR)

Bentang terpanjang pada *fly over* Lingkar dalam Barat Surabaya adalah 83 m.

q = { T @ äwE $\frac{59}{Å}$A

q = { T : r äwE $\frac{59}{<7}$; = 6.127 G0 I ^{6}

Beban per lajur beban 100% dan 50% dengan jumlah lajur 3 dengan lebar masing-masing 3.49 m.

MH$_{344}$ = 100 % x q x lebar jalur x jumlah lajur x - Î
= 100 % x 6.127 x 3.49 x 1.8
= 115.493 kN/m

MH$_{94}$ = 50 % x q x lebar jalur x jumlah lajur x - Î
= 50 % x 6.127 x 3.49 x 1.8
= 57.747 kN/m

Beban terbagi rata (BTR) untuk bentang 41.5 m

q = {T @ä wE $\frac{59}{Å}$A

qu = {T @ä wE $\frac{59}{89}$A

= 7.5 G0 I ^{6}

Beban per lajur beban 100% dan 50% dengan jumlah lajur 3 dengan lebar masing-masing 3.49 m.

MH$_{344}$ = 100 % x q x lebar jalur x jumlah lajur x - Î
= 100 % x 7.5 x 3.49 x 1.8
= 141.386 kN/m

MH$_{94}$ = 50 % x q x lebar jalur x jumlah lajur x - Î
= 50 % x 7.753 x 3.49 x 1.8
= 70.693 kN/m

b. Beban Hidup Garis

Lebar jembatan	= 11.5 m
Lebar lajur	= 3.49 m/lajur
P	= 49 kN/m
2$_{6}$	= P x lebar lajur
	= 49 x 3.49 = 171.059 kN/lajur
2$_{5}$	= 100% x P x jumlah lajur
2$_{5}$	= 100% x 171.059 x 3
	= 513.177 kN

c. Beban Truk

Beban roda truk	= 112.5 kN
Faktor beban dinamik	= 31.75 %
Faktor beban	= 1.8
Ttr	= T x (1+FBD) x - Í
Ttr	= 112.5 x (1+0.3175) x 1.8
	= 266.794 kN

C. Beban Angin

Beban angin yang bekerja pada bangunan jembatan bekerja secara merata.

a. Akibat angin

Hw = 0.0006 x Cw x : 8S ; 6 x Ab
Hw = 0.0006 x 1.493 x : uw; 6 x 21.24
Hw = 23.308 kN/m

b. Akibat angin yang mengenai kendaraan

Tew = 0.0012 x Cw x : 8S ; 6
Tew = 0.0012 x 1.2 x : uw; 6
Tew = 37.467 kN/m

4.3.6 Perhitungan Momen dan Perencanaan Tendon Pretegang

a. Perencanaan tendon kantilever (Tahap 1).

Tendon kantilever dihitung berdasarkan berat sendiri *box girder*. Perhitungan Momen akibat berat sendiri dilakukan secara manual, yaitu dengan cara :

$$M = P \times L$$

Dimana :

M = Momen akibat berat sendiri (Nmm)
P = Berat sendiri *box girder* (N)
L = Panjang lengan (mm)

Contoh perhitungan tendon pada saat pemasangan *box girder* no. 10.Direncanakan menggunakan tendon/jenis kabel strand *seven wire relieved* (7 kawat untaian). Dengan mengacu pada tabel ASTM A-416, berikut adalah jenis dan karakteristik dari kabel tendon dan *box girder* yang akan dipasang :

- Diameter = 15.24 mm
- Luas nominal = 140.00 mm^2
- Minimal breaking load = 260.7 kN
- Modulus Elastisitas (Es) = 200000 Mpa
- Data penampang *box girder*

Berat Sendiri = 1600000 N
*55 = 4600 mm
*54 = 4490 mm
#55 = 23420000 mm^2
#54 = 16000000 mm^2
;Ô55 = 2030.038 mm
;Ô54 = 1868.613 mm
;Õ55 = 2569.962 mm
;Õ54 = 2621.388 mm
+55 = 4.11 xsr 57 II 8
+54 = 3.15 x sr 57 II 8
9 Ô55 = 20260 mm
9 Ô54 = 16845 mm
- Õ55 = 870mm
- Õ54 = 1053 mm

Direncanakan letak tendon 10 secara parabolis diambil e yang bervariasi pada setiap joint :

e pada joint 12 = 1031,93 mm
e pada joint 11 = 1031,93 mm
e pada joint 10 = 454,065 mm

Momen yang terjadi pada tiap joint akibat pemasangan box 10 pada joint 12

M joint = (q x L) x (0.5 x L + (. 55 ? 56)

M akibat box 10 = 6.4 x 10^9 N.mm

M akibat box 11 = 1.2 x sr $^{=}$ N.mm

Direncanakan untuk pemasangan box girder 10 menggunakan 4 tendon VSL 55 sc dengan besar gaya tendon F_{11}=14339000 N x 0.7 x 4 = 40149200 N

- Kontrol tegangan akibat tendon pada joint 12 :

  Serat atas :

  B_{4} = F $\frac{¿,}{º}$ F $\frac{¿,\ ë\ ØëÒ¡}{Â}$ E $\frac{ÆÒ\ ëÒ¡}{Â}$

  kondisi segmen 10 belum terpasang

  Akibat tendon 11

  $B_{4\hat{e}}$ = F $\frac{8458=644}{67864444}$ F $\frac{8458=644\ \ ë\ 694\ ë\ 6474\ ä47<}{8ã55ë\ 54^{-/}}$ E $\frac{5ã6\ v\ 54^{5}\ ë\ 6474\ ä47<}{8ã55\ ë\ 54^{-/}}$

  = -2.152 MPa < -32.49 MPa .... (OK)

- Kondisi segmen 10 terpasang

  Direncanakan untuk pemasangan box girder 10 menggunakan 2 tendon VSL 43 sc dengan besar gaya tendon F_{10}= 11210000 N x 0.7 x 2 = 15694000 N

  Akibat tendon 10

  $B_{4\hat{e}}$ = F $\frac{59:=8444}{67864444}$ F $\frac{59:=8444\ \ ë\ 874\ ä4<\ ë\ 6474\ ä47<}{8ã55ë\ 54^{-/}}$ E $\frac{:ã8\ v\ 54^{5}\ ë\ 6474\ ä47<}{8ã55\ ë\ 54^{-/}}$

  = -0.687 MPa

  Kontrol di joint 12

  B_{411} +B_{410} = -2.152 + (-0.687) = -2.839 MPa < -32.49 MPa (OK)

Serat bawah :

$$B_4 = F \frac{¿,}{o} E \frac{¿, \ ë \ Øë \ Ò_f}{Â} F \frac{Æ_Ò \ ë \ Ò_f}{Â}$$

Akibat tendon 11

$$B_{4\,ô} \quad Û = F \frac{8458=644}{67864444} E \frac{8458=644 \ \ ë \ 694 \ ë \ 69:=}{8ã55ë \ 54^{-/}} F \frac{5ã6 \ v \ 54^{5} \ ë \ 69:=}{8ã55 \ ë \ 54^{-/}}$$

$$= \text{ -1.16 MPa} < 0 \text{ MPa .... (OK)}$$

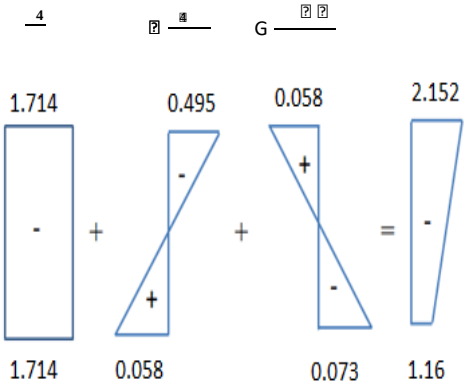
Akibat tendon 10

$$B_{4\,ô} \quad Û = F \frac{swx¥rrr}{tuvtrrrr} E \frac{swx¥rrr \quad Tvur \ äz \ Ttwx\{}{väss \ Tsr^{su}} F \frac{xäv \ š \ sr^{\{} \ Ttwx\{}{väss \ Tsr^{su}}$$

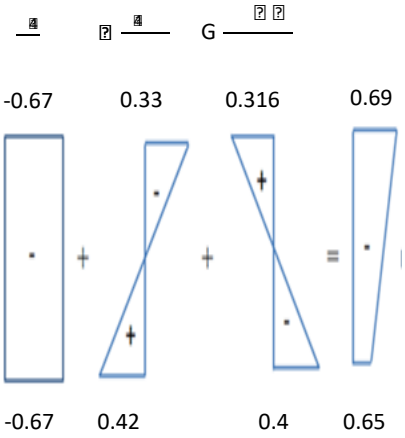
$$= \text{-0.648 MPa}$$

Kontrol di joint 12

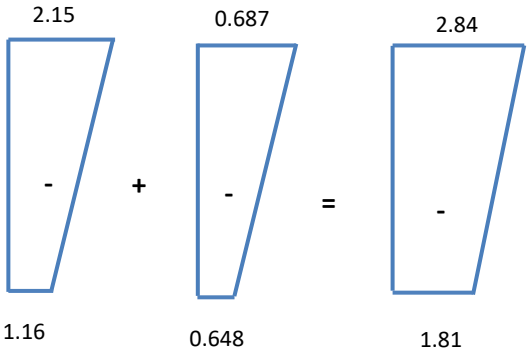
$$B_{411} + B_{410} = -1.16 + (-0.648) = -1.809 \text{ MPa} < 0 \text{ MPa (OK)}$$



Gambar 4. 4 Diagram Tegangan pada titik 12 akibat segmen 11



Gambar 4. 5 Diagram Tegangan pada titik 12 akibat segmen 10

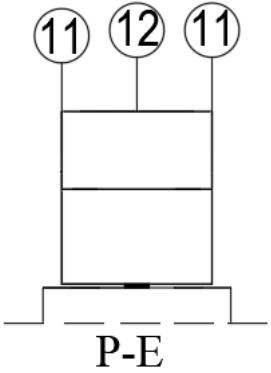


Gambar 4. 6 Diagram Tegangan total pada titik 12 akibat segmen 11 &10

Tabel 4. 5 Tabel Tegangan tendon cantilever

Joint	Tendon	F (N)	n	F1 (N)	e (mm)	A (mm2)	Ya (mm)	Yb (mm)	I (mm4)	Mg (N.mm)	Tegangan (MPa)					Resultan (R) (Mpa)		[redacted]	
											-F/A	-F.e.Ya/I	F.e.Yb/I	Mg.Ya/I	Mg.Yb/I				
												atas	bawah	atas	bawah	atas	bawah	atas	bawah
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
12	12	0	2	0	0	23420000	2030.038429	2569.961571	4.11314E+13	0	0	0	0	0	0	0	0	OK	OK
	11	28678000	2	40149200	250	23420000	2030.038429	2569.961571	4.11314E+13	1171000000	-1.71431255	-0.495391	0.62714862	0.057795	-0.0731662	-2.1519	-1.16033	OK	OK
11	11	28678000	2	40149200	250	23420000	2030.038429	2569.961571	4.11314E+13	0	-1.71431255	-0.495391	0.62714862	0	0	-2.2097	-1.08716	OK	OK

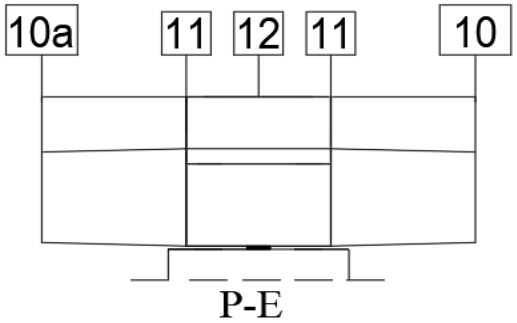
Keterangan :



Joint	Tendon	F (N)	n	F1 (N)	e (mm)	A (mm2)	Ya (mm)	Yb (mm)	I (mm4)	Mg (N.mm)	Tegangan (MPa)					Resultan (R) (Mpa)		[redacted]	
											-F/A	-F.e.Ya/I	F.e.Yb/I	Mg.Ya/I	Mg.Yb/I				
												atas	bawah	atas	bawah	atas	bawah	atas	bawah
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
12	12	0	2	0	0	23420000	2030.038	2569.962	4.113E+13	0	0	0	0	0	0	0	0	OK	OK
	11	28678000	2	40149200	250	23420000	2030.038	2569.962	4.113E+13	1171000000	-1.71431255	-0.495	0.627	0.058	-0.073	-2.152	-1.160	OK	OK
	10	11210000	2	15694000	430.038	23420000	2030.038	2569.962	4.113E+13	6400000000	-0.67011102	-0.333	0.422	0.316	-0.400	-2.839	-1.809	OK	OK
11	11	28678000	2	40149200	250	23420000	2030.038	2569.962	4.113E+13	0	-1.71431255	-0.495	0.627	0	0	-2.210	-1.087	OK	OK
	10	11210000	2	15694000	430.038	23420000	2030.038	2569.962	4.113E+13	3200000000	-0.67011102	-0.333	0.422	0.158	-0.200	-3.055	-1.536	OK	OK
10	10	11210000	2	15694000	168.613	16000000	1868.6125	2621.388	3.149E+13	0	-0.9809	-0.1570	0.2203	0	0	-1.138	-0.761	OK	OK

Keterangan :

[redacted]



Joint	Tendon	F (N)	n	F1 (N)	e (mm)	A (mm2)	Ya (mm)	Yb (mm)	I (mm4)	Mg (N.mm)	Tegangan (MPa)					Resultan (R) (Mpa)		[redacted]	
											-F/A	-F.e.Ya/I	F.e.Yb/I	Mg.Ya/I	Mg.Yb/I				
												atas	bawah	atas	bawah	atas	bawah	atas	bawah
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
12	12	0	2	0	0	23420000	2030.038	2569.962	4.113E+13	0	0	0	0	0	0	0	0	OK	OK
	11	28678000	2	40149200	250	23420000	2030.038	2569.962	4.113E+13	1171000000	-1.714	-0.495	0.627	0.058	-0.073	-2.152	-1.160	OK	OK
	10	11210000	2	15694000	430.0384287	23420000	2030.038	2569.962	4.113E+13	6400000000	-0.670	-0.333	0.422	0.316	-0.400	-2.839	-1.809	OK	OK
	9	9385000	2	13139000	530.0384287	23420000	2030.038	2569.962	4.113E+13	1.059E+10	-0.561	-0.344	0.435	0.523	-0.662	-3.221	-2.596	OK	OK
	8	9385000	2	13139000	1850.038429	23420000	2030.038	2569.962	4.113E+13	1.577E+10	-0.561	-1.200	1.519	0.778	-0.985	-4.204	-2.624	OK	OK
	7	9385000	2	13139000	1850.038429	23420000	2030.038	2569.962	4.113E+13	2.087E+10	-0.561	-1.200	1.519	1.030	-1.304	-4.934	-2.970	OK	OK
	6	7821000	2	10949400	1650.038429	23420000	2030.038	2569.962	4.113E+13	2.592E+10	-0.468	-0.892	1.129	1.279	-1.620	-5.014	-3.928	OK	OK
	5	7039000	2	9854600	1850.038429	23420000	2030.038	2569.962	4.113E+13	3.096E+10	-0.421	-0.900	1.139	1.528	-1.934	-4.807	-5.144	OK	OK
	4	3650000	2	5110000	1643.038429	23420000	2030.038	2569.962	4.113E+13	3.597E+10	-0.218	-0.414	0.525	1.775	-2.247	-3.664	-7.085	OK	OK
	3	3389000	2	4744600	957.0384287	23420000	2030.038	2569.962	4.113E+13	4.099E+10	-0.203	-0.224	0.284	2.023	-2.561	-2.068	-9.566	OK	OK
	2	3128000	2	4379200	716.0384287	23420000	2030.038	2569.962	4.113E+13	4.605E+10	-0.187	-0.155	0.196	2.273	-2.877	-0.137	-12.434	OK	OK
	t2	14339000	2	20074600	1643.038429	23420000	2030.038	2569.962	4.113E+13	0	-0.857	-1.628	2.061	0	0	-2.622	-11.230	OK	OK
	t1	14339000	2	20074600	1643.038429	23420000	2030.038	2569.962	4.113E+13	0	-0.857	-1.628	2.061	0	0	-5.107	-10.027	OK	OK
	t3	14339000	2	20074600	1850.038429	23420000	2030.038	2569.962	4.113E+13	0	-0.857	-1.833	2.320	0	0	-7.797	-8.563	OK	OK
	1	3389000	2	4744600	1210.038429	23420000	2030.038	2569.962	4.113E+13	3.7861E+10	-0.203	-0.283	0.359	1.869	-2.366	-6.414	-10.773	OK	OK

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
11	11	28678000	2	40149200	250	23420000	2030.038	2569.962	4.113E+13	0	-1.714	-0.495	0.627	0	0	-2.210	-1.087	OK	OK
	10	11210000	2	15694000	430.0384	23420000	2030.038	2569.962	4.113E+13	3200000000	-0.670	-0.333	0.422	0.158	-0.200	-3.055	-1.536	OK	OK
	9	9385000	2	13139000	530.0384	23420000	2030.038	2569.962	4.113E+13	7945200000	-0.561	-0.344	0.435	0.392	-0.496	-3.568	-2.158	OK	OK
	8	9385000	2	13139000	1850.0384	23420000	2030.038	2569.962	4.113E+13	1.314E+10	-0.561	-1.200	1.519	0.649	-0.821	-4.680	-2.021	OK	OK
	7	9385000	2	13139000	1850.0384	23420000	2030.038	2569.962	4.113E+13	1.8262E+10	-0.561	-1.200	1.519	0.901	-1.141	-5.539	-2.204	OK	OK
	6	7821000	2	10949400	1650.0384	23420000	2030.038	2569.962	4.113E+13	2.3328E+10	-0.468	-0.892	1.129	1.151	-1.458	-5.747	-3.001	OK	OK
	5	7039000	2	9854600	1850.0384	23420000	2030.038	2569.962	4.113E+13	2.838E+10	-0.421	-0.900	1.139	1.401	-1.773	-5.667	-4.055	OK	OK
	4	3650000	2	5110000	1643.0384	23420000	2030.038	2569.962	4.113E+13	3.34E+10	-0.218	-0.414	0.525	1.648	-2.087	-4.651	-5.836	OK	OK
	3	3389000	2	4744600	957.0384	23420000	2030.038	2569.962	4.113E+13	3.843E+10	-0.203	-0.224	0.284	1.897	-2.401	-3.181	-8.156	OK	OK
	2	3128000	2	4379200	716.0384	23420000	2030.038	2569.962	4.113E+13	4.3493E+10	-0.187	-0.155	0.196	2.147	-2.718	-1.376	-10.865	OK	OK
	t2	14339000	2	20074600	1643.0384	23420000	2030.038	2569.962	4.113E+13	0	-0.857	-1.628	2.061	0	0	-3.861	-9.661	OK	OK
	t1	14339000	2	20074600	1643.0384	23420000	2030.038	2569.962	4.113E+13	0	-0.857	-1.628	2.061	0	0	-6.346	-8.457	OK	OK
	t3	14339000	2	20074600	1850.0384	23420000	2030.038	2569.962	4.113E+13	0	-0.857	-1.833	2.320	0	0	-9.036	-6.994	OK	OK
	1	3389000	2	4744600	1210.0384	23420000	2030.038	2569.962	4.113E+13	3.5944E+10	-0.203	-0.283	0.359	1.774	-2.246	-7.748	-9.083	OK	OK

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
10	10	11210000	2	15694000	168.613	16000000	1868.613	2621.388	3.149E+13	0	-0.981	-0.157	0.220	0	0	-1.138	-0.761	OK	OK
	9	9385000	2	13139000	368.613	16000000	1868.613	2621.388	3.149E+13	2648400000	-0.821	-0.287	0.403	0.157	-0.220	-2.089	-1.399	OK	OK
	8	9385000	2	13139000	1678.613	16000000	1868.613	2621.388	3.149E+13	7884000000	-0.821	-1.309	1.836	0.468	-0.656	-3.752	-1.040	OK	OK
	7	9385000	2	13139000	1688.613	16000000	1868.613	2621.388	3.149E+13	1.304E+10	-0.821	-1.317	1.847	0.774	-1.086	-5.115	-1.100	OK	OK
	6	7821000	2	10949400	1488.613	16000000	1868.613	2621.388	3.149E+13	1.814E+10	-0.684	-0.967	1.357	1.077	-1.511	-5.690	-1.938	OK	OK
	5	7039000	2	9854600	1688.613	16000000	1868.613	2621.388	3.149E+13	2.322E+10	-0.616	-0.988	1.385	1.378	-1.933	-5.916	-3.102	OK	OK
	4	3650000	2	5110000	1481.613	16000000	1868.613	2621.388	3.149E+13	2.826E+10	-0.319	-0.449	0.630	1.677	-2.353	-5.007	-5.144	OK	OK
	3	3389000	2	4744600	795.613	16000000	1868.613	2621.388	3.149E+13	3.331E+10	-0.297	-0.224	0.314	1.977	-2.773	-3.551	-7.899	OK	OK
	2	3128000	2	4379200	554.613	16000000	1868.613	2621.388	3.149E+13	3.838E+10	-0.274	-0.144	0.202	2.278	-3.195	-1.691	-11.166	OK	OK
	t2	14339000	2	20074600	1481.613	16000000	1868.613	2621.388	3.149E+13	0	-1.255	-1.765	2.476	0	0	-4.711	-9.944	OK	OK
	t1	14339000	2	20074600	1481.613	16000000	1868.613	2621.388	3.149E+13	0	-1.255	-1.765	2.476	0	0	-7.731	-8.722	OK	OK
	t3	14339000	2	20074600	1688.613	16000000	1868.613	2621.388	3.149E+13	0	-1.255	-2.012	2.822	0	0	-10.997	-7.155	OK	OK
	1	3389000	2	4744600	1048.613	16000000	1868.613	2621.388	3.149E+13	3.211E+10	-0.297	-0.295	0.414	1.906	-2.673	-9.684	-9.711	OK	OK

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
9	9	9385000	2	13139000	39.419	13242000	1749.852	2635.148	2.870E+13	0	-0.992	-0.032	0.048	0	0	-1.024	-0.945	OK	OK
	8	9385000	2	13139000	968.852	13242000	1749.852	2635.148	2.870E+13	2628000000	-0.992	-0.776	1.169	0.160	-0.241	-2.632	-1.009	OK	OK
	7	9385000	2	13139000	1569.852	13242000	1749.852	2635.148	2.870E+13	7826400000	-0.992	-1.258	1.894	0.477	-0.719	-4.405	-0.826	OK	OK
	6	7821000	2	10949400	1362.852	13242000	1749.852	2635.148	2.870E+13	1.30E+10	-0.827	-0.910	1.370	0.790	-1.190	-5.351	-1.473	OK	OK
	5	7039000	2	9854600	1569.852	13242000	1749.852	2635.148	2.870E+13	1.81E+10	-0.744	-0.943	1.421	1.101	-1.658	-5.938	-2.455	OK	OK
	4	3650000	2	5110000	1362.852	13242000	1749.852	2635.148	2.870E+13	2.31E+10	-0.386	-0.425	0.640	1.410	-2.123	-5.338	-4.324	OK	OK
	3	3389000	2	4744600	676.852	13242000	1749.852	2635.148	2.870E+13	2.82E+10	-0.358	-0.196	0.295	1.718	-2.588	-4.174	-6.976	OK	OK
	2	3128000	2	4379200	435.852	13242000	1749.852	2635.148	2.870E+13	3.33E+10	-0.331	-0.116	0.175	2.028	-3.054	-2.593	-10.185	OK	OK
	t2	14339000	2	20074600	1074.852	13242000	1749.852	2635.148	2.870E+13	0	-1.516	-1.316	1.981	0	0	-5.425	-9.720	OK	OK
	t1	14339000	2	20074600	546.852	13242000	1749.852	2635.148	2.870E+13	0	-1.516	-0.669	1.008	0	0	-7.610	-10.228	OK	OK
	t3	14339000	2	20074600	1569.852	13242000	1749.852	2635.148	2.870E+13	0	-1.516	-1.922	2.894	0	0	-11.048	-8.850	OK	OK
	1	3389000	2	4744600	929.852	13242000	1749.852	2635.148	2.870E+13	2.828E+10	-0.358	-0.269	0.405	1.724	-2.596	-9.951	-11.400	OK	OK
8	8	9385000	2	13139000	254.419	13140000	1713.813	2586.187	2.781E+13	0	-1.000	-0.206	0.311	0	0	-1.206	-0.689	OK	OK
	7	9385000	2	13139000	1112.813	13140000	1713.813	2586.187	2.781E+13	2608800000	-1.000	-0.901	1.360	0.161	-0.243	-2.946	-0.572	OK	OK
	6	7821000	2	10949400	1025.813	13140000	1713.813	2586.187	2.781E+13	7776000000	-0.833	-0.692	1.045	0.479	-0.723	-3.993	-1.083	OK	OK
	5	7039000	2	9854600	1328.813	13140000	1713.813	2586.187	2.781E+13	1.29E+10	-0.750	-0.807	1.218	0.795	-1.200	-4.755	-1.815	OK	OK
	4	3650000	2	5110000	1326.813	13140000	1713.813	2586.187	2.781E+13	1.798E+10	-0.389	-0.418	0.631	1.108	-1.673	-4.453	-3.246	OK	OK
	3	3389000	2	4744600	640.813	13140000	1713.813	2586.187	2.781E+13	2.306E+10	-0.361	-0.187	0.283	1.421	-2.145	-3.580	-5.469	OK	OK
	2	3128000	2	4379200	399.813	13140000	1713.813	2586.187	2.781E+13	2.814E+10	-0.333	-0.108	0.163	1.735	-2.618	-2.287	-8.257	OK	OK
	t2	14339000	2	20074600	493.813	13140000	1713.813	2586.187	2.781E+13	0	-1.528	-0.611	0.922	0	0	-4.425	-8.863	OK	OK
	t3	14339000	2	20074600	1281.813	13140000	1713.813	2586.187	2.781E+13	0	-1.528	-1.586	2.393	0	0	-7.539	-7.997	OK	OK
	1	3389000	2	4744600	893.813	13140000	1713.813	2586.187	2.781E+13	2.444E+10	-0.361	-0.261	0.394	1.506	-2.273	-6.655	-10.237	OK	OK

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
7	7	9385000	2	13139000	584.419	13044000	1679.986	2540.014	2.699E+13	0	-1.007	-0.478	0.723	0	0	-1.485	-0.285	OK	OK
	6	7821000	2	10949400	677.986	13044000	1679.986	2540.014	2.699E+13	2592000000	-0.839	-0.462	0.699	0.161	-0.244	-2.625	-0.669	OK	OK
	5	7039000	2	9854600	1084.986	13044000	1679.986	2540.014	2.699E+13	7740000000	-0.755	-0.665	1.006	0.482	-0.728	-3.565	-1.147	OK	OK
	4	3650000	2	5110000	1292.986	13044000	1679.986	2540.014	2.699E+13	1.285E+10	-0.392	-0.411	0.622	0.800	-1.209	-3.568	-2.126	OK	OK
	3	3389000	2	4744600	606.986	13044000	1679.986	2540.014	2.699E+13	1.793E+10	-0.364	-0.179	0.271	1.116	-1.688	-2.995	-3.906	OK	OK
	2	3128000	2	4379200	365.986	13044000	1679.986	2540.014	2.699E+13	2.303E+10	-0.336	-0.100	0.151	1.433	-2.167	-1.997	-6.258	OK	OK
	t2	14339000	2	20074600	37.986	13044000	1679.986	2540.014	2.699E+13	0	-1.539	-0.047	0.072	0	0	-3.584	-7.725	OK	OK
	t3	14339000	2	20074600	984.986	13044000	1679.986	2540.014	2.699E+13	0	-1.539	-1.231	1.861	0	0	-6.353	-7.404	OK	OK
	1	3389000	2	4744600	1529.986	13044000	1679.986	2540.014	2.699E+13	2.061E+10	-0.364	-0.452	0.683	1.283	-1.939	-5.886	-9.023	OK	OK
6	6	7821000	2	10949400	309.419	12960000	1650.463	2499.537	2.630E+13	0	-0.845	-0.213	0.322	0	0	-1.057	-0.523	OK	OK
	5	7039000	2	9854600	845.463	12960000	1650.463	2499.537	2.630E+13	2580000000	-0.760	-0.523	0.792	0.162	-0.245	-2.179	-0.737	OK	OK
	4	3650000	2	5110000	1103.463	12960000	1650.463	2499.537	2.630E+13	7707600000	-0.394	-0.354	0.536	0.484	-0.733	-2.443	-1.327	OK	OK
	3	3389000	2	4744600	577.463	12960000	1650.463	2499.537	2.630E+13	1.281E+10	-0.366	-0.172	0.260	0.804	-1.218	-2.177	-2.651	OK	OK
	2	3128000	2	4379200	336.463	12960000	1650.463	2499.537	2.630E+13	1.791E+10	-0.338	-0.092	0.140	1.124	-1.702	-1.484	-4.551	OK	OK
	t3	14339000	2	20074600	697.463	12960000	1650.463	2499.537	2.630E+13	0	-1.549	-0.879	1.331	0	0	-3.911	-4.769	OK	OK
	1	3389000	2	4744600	830.463	12960000	1650.463	2499.537	2.630E+13	1.677E+10	-0.366	-0.247	0.375	1.053	-1.594	-3.472	-6.355	OK	OK

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
5	5	7039000	2	9854600	614.419	12900000	1629.419	2470.581	2.581E+13	0	-0.764	-0.382	0.579	0	0	-1.146	-0.184	OK	OK
	4	3650000	2	5110000	912.419	12900000	1629.419	2470.581	2.581E+13	2569200000	-0.396	-0.294	0.446	0.162	-0.246	-1.674	-0.380	OK	OK
	3	3389000	2	4744600	556.419	12900000	1629.419	2470.581	2.581E+13	7686000000	-0.368	-0.167	0.253	0.485	-0.736	-1.724	-1.231	OK	OK
	2	3128000	2	4379200	315.419	12900000	1629.419	2470.581	2.581E+13	1.279E+10	-0.339	-0.087	0.132	0.807	-1.224	-1.343	-2.663	OK	OK
	1	3389000	2	4744600	809.419	12900000	1629.419	2470.581	2.581E+13	1.294E+10	-0.368	-0.242	0.368	0.817	-1.238	-1.136	-3.901	OK	OK
4	4	3650000	2	5110000	720.510	12846000	1610.510	2444.490	2.539E+13	0	-0.398	-0.234	0.355	0	0	-0.631	-0.043	OK	OK
	3	3389000	2	4744600	537.510	12846000	1610.510	2444.490	2.539E+13	2562000000	-0.369	-0.162	0.246	0.163	-0.247	-1.000	-0.414	OK	OK
	2	3128000	2	4379200	296.510	12846000	1610.510	2444.490	2.539E+13	7675200000	-0.341	-0.082	0.125	0.487	-0.739	-0.936	-1.369	OK	OK
	1	3389000	2	4744600	790.510	12846000	1610.510	2444.490	2.539E+13	9105750000	-0.369	-0.238	0.361	0.578	-0.877	-0.966	-2.254	OK	OK
3	3	3389000	2	4744600	524.922	12810000	1597.922	2427.078	2.511E+13	0	-0.370	-0.159	0.241	0	0	-0.529	-0.130	OK	OK
	2	3128000	2	4379200	283.922	12810000	1597.922	2427.078	2.511E+13	2558400000	-0.342	-0.079	0.120	0.163	-0.247	-0.787	-0.599	OK	OK
	1	3389000	2	4744600	777.922	12810000	1597.922	2427.078	2.511E+13	5271750000	-0.370	-0.235	0.357	0.336	-0.510	-1.057	-1.122	OK	OK
2	2	3128000	2	4379200	277.632	12792000	1591.632	2418.368	2.497E+13	0	-0.342	-0.078	0.118	0	0	-0.420	-0.225	OK	OK
	1	3389000	2	4744600	771.632	12792000	1591.632	2418.368	2.497E+13	1437750000	-0.371	-0.233	0.355	0.092	-0.139	-0.932	-0.380	OK	OK
1	1	3389000	2	4744600	767.441	12780000	1587.441	2412.559	2.481E+13	0	-0.371	-0.233	0.354	0	0	-0.604	-0.017	OK	OK

4.4 Perencanaan tendon bentang tengah tahap 2

Pada tahap ini tendon tengah dipasang dan dijacking setelah box girder pada tengah bentangtelah dicor dan mengeras sehingga struktur telah menjadi statis tak tentu. Perencanaan tendon untuk bentang tengah bentang ini diletakkan di bawah c.g.c guna untuk menahan momen positif yang diakibatkan dari beban hidup.

Berikut adalah langkah-langkah perhitungannya :

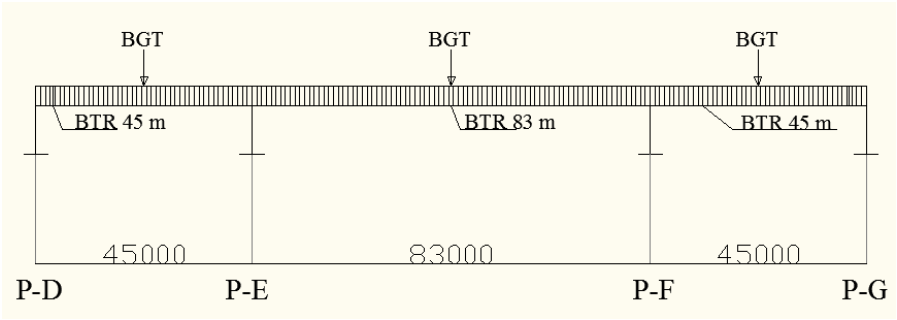
1. Hitung momen akibat beban mati tambahan yang bekerja pada jembatan :
   - Perhitungan beban mati

Berat lapisan aspal	= 40.48 kN/m
Berat air hujan	= 5.64 kN/m
Berat pembatas	= 25.155 kN/m+
Berat tambahan (q1)	= 71.275 kN/m
Berat closur (q2)	= 307.875 kN/m

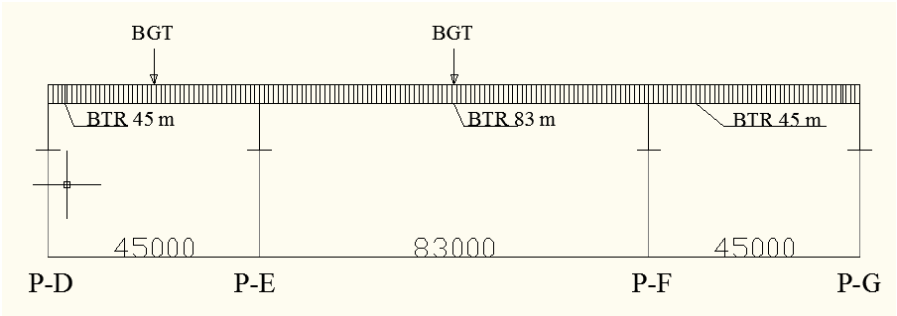
2. Beban lalu lintas :
   - BTR 83 m = 115.49 kN/m
   - BTR 45 m = 141.39 kN/m
   - BGT = 513.177 kN
   - Beban truck = 266.794 kN

Karena BGT lebih besar dari pada beban truk maka pada pembebanannya digunakan BGT karena nilai yang lebih besar menentukan.

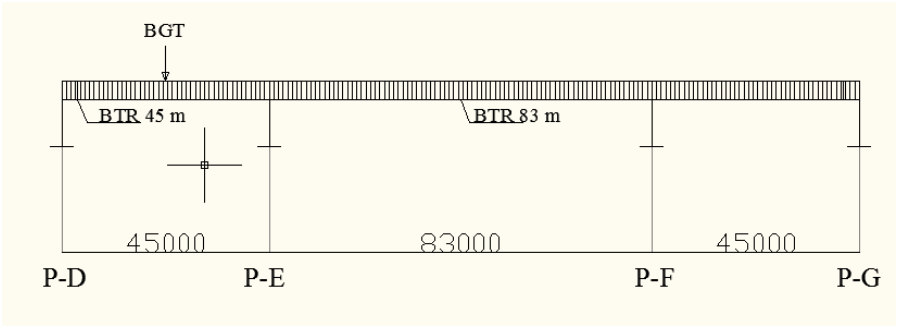
3. Merencanakan kombinasi beban yang mungkin terjadi pada jembatan dengan menggunakan beban BTR dan BGT. Berikut adalah macam kombinasi yang mungkin terjadi pada jembatan :



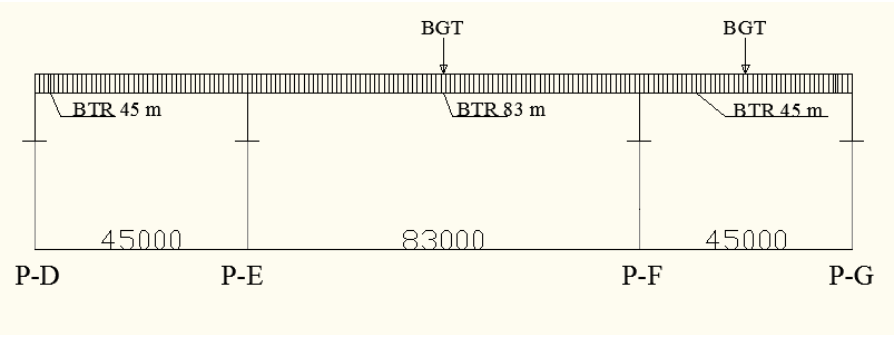
Gambar 4. 7 Letak pembebanan BTR dan BGT pada kombinasi I



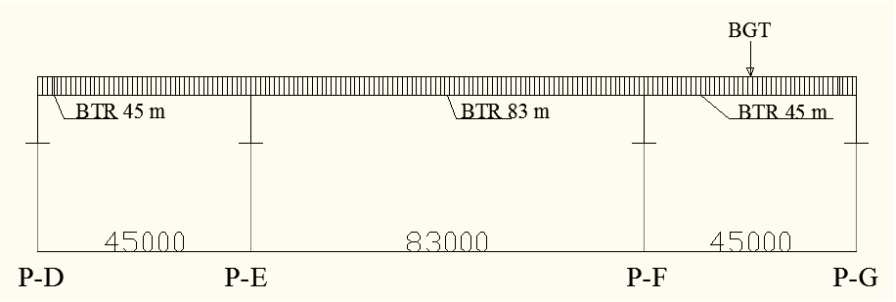
Gambar 4. 8 Letak pembebanan BTR dan BGT pada kombinasi II



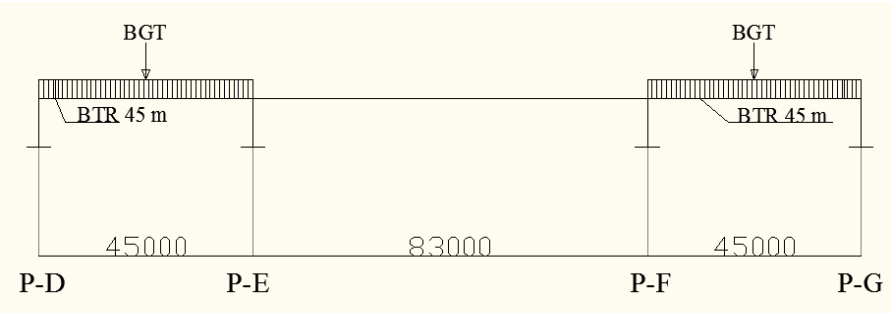
Gambar 4. 9 Letak pembebanan BTR dan BGT pada kombinasi III



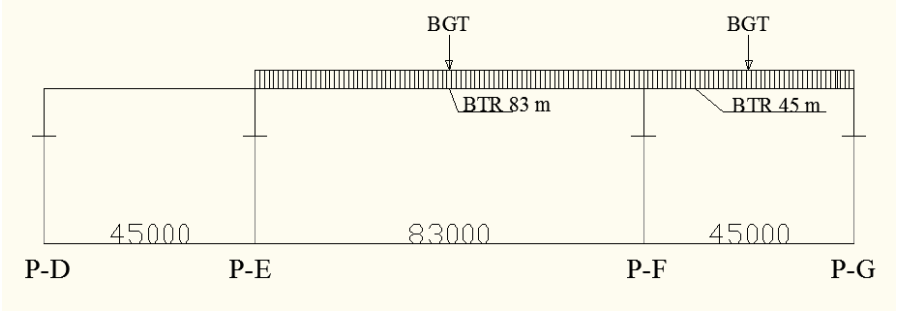
Gambar 4. 10 Letak pembebanan BTR dan BGT pada kombinasi IV



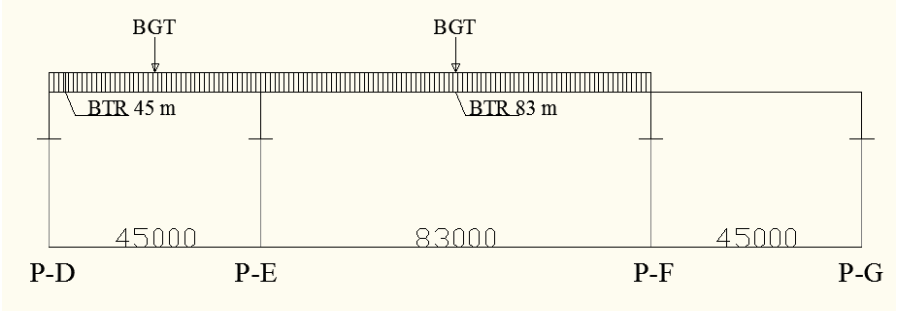
Gambar 4. 11 Letak pembebanan BTR dan BGT pada kombinasi V



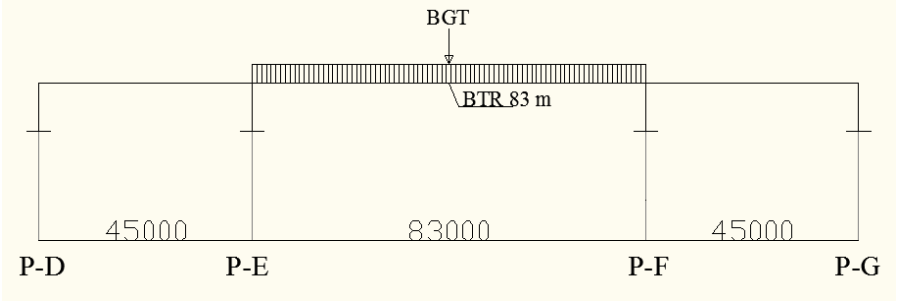
Gambar 4. 12 Letak pembebanan BTR dan BGT pada kombinasi VI



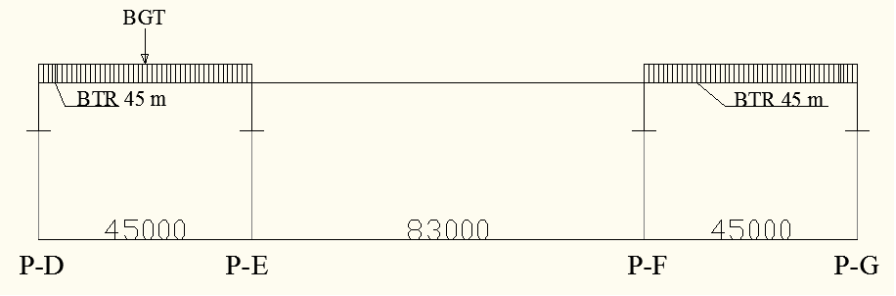
Gambar 4. 13 Letak pembebanan BTR dan BGT pada kombinasi VII



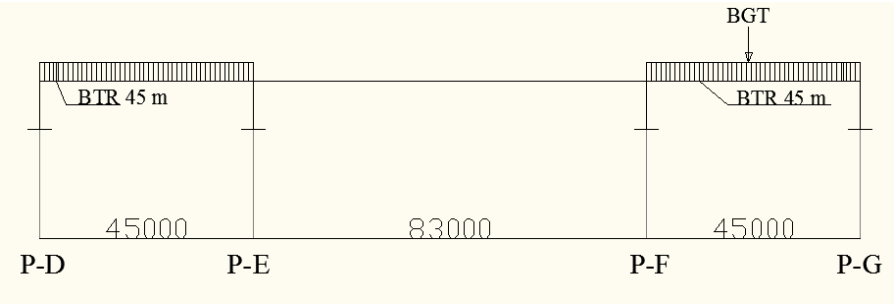
Gambar 4. 14 Letak pembebanan BTR dan BGT pada kombinasi VIII



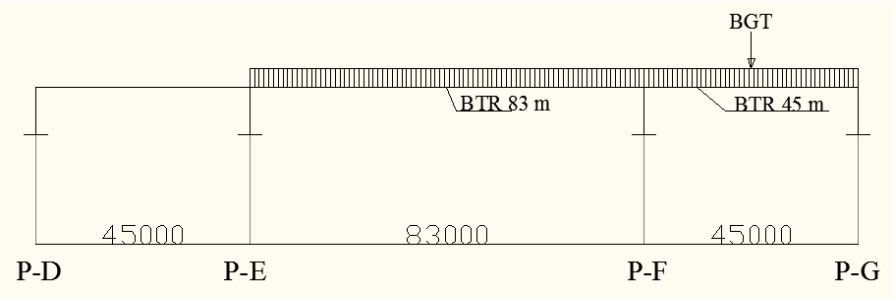
Gambar 4. 15 Letak pembebanan BTR dan BGT pada kombinasi IX



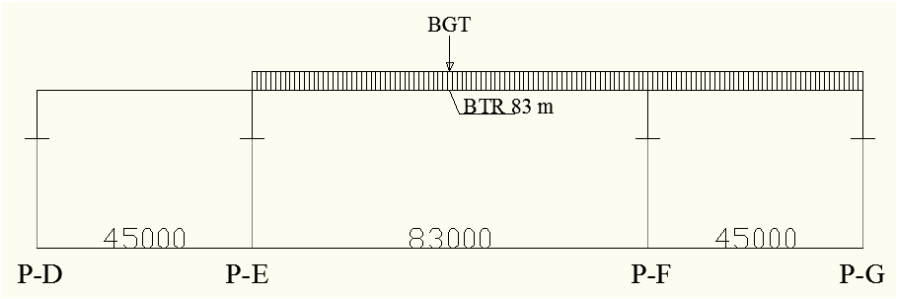
Gambar 4. 16 Letak pembebanan BTR dan BGT pada kombinasi X



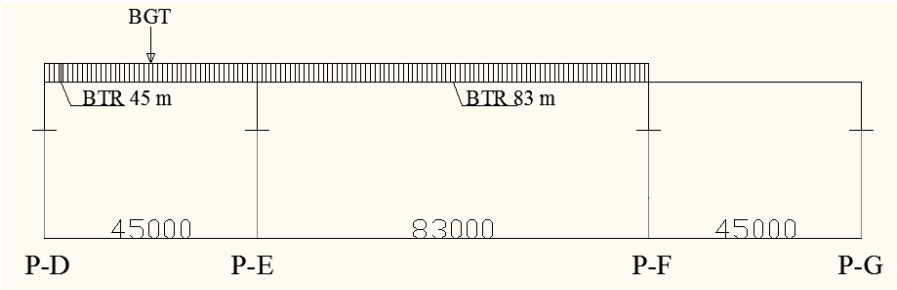
Gambar 4. 17 Letak pembebanan BTR dan BGT pada kombinasi XI



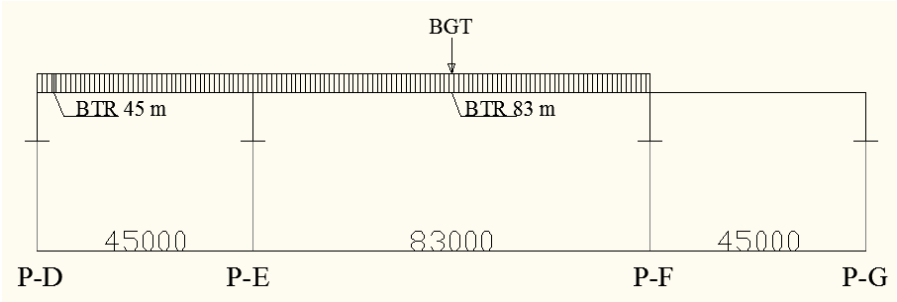
Gambar 4. 18 Letak pembebanan BTR dan BGT pada kombinasi XII



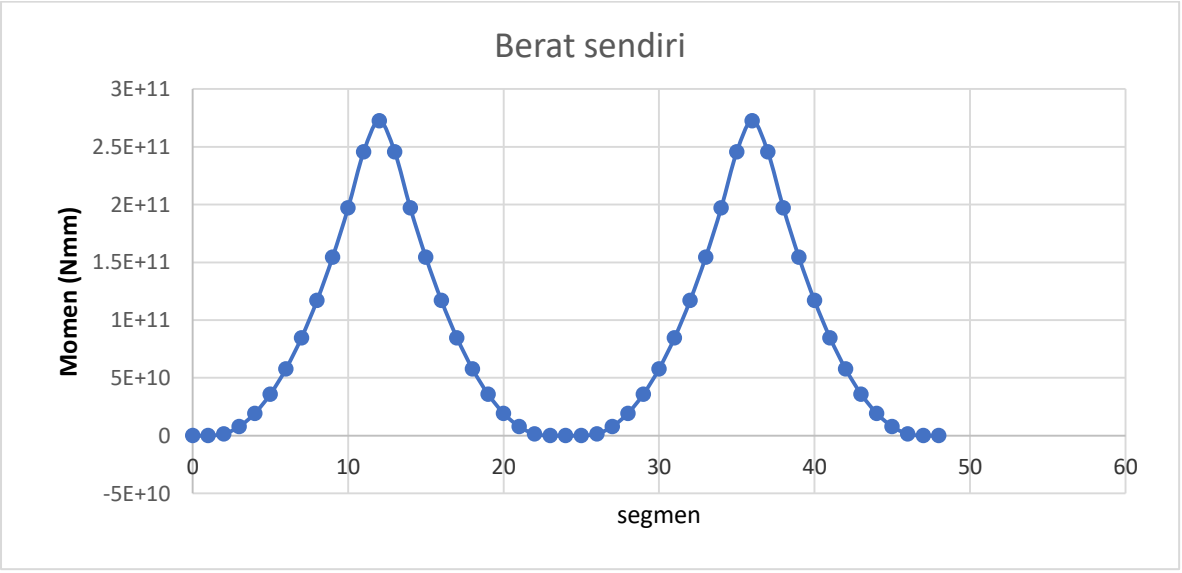
Gambar 4. 19 Letak pembebanan BTR dan BGT pada kombinasi XIII



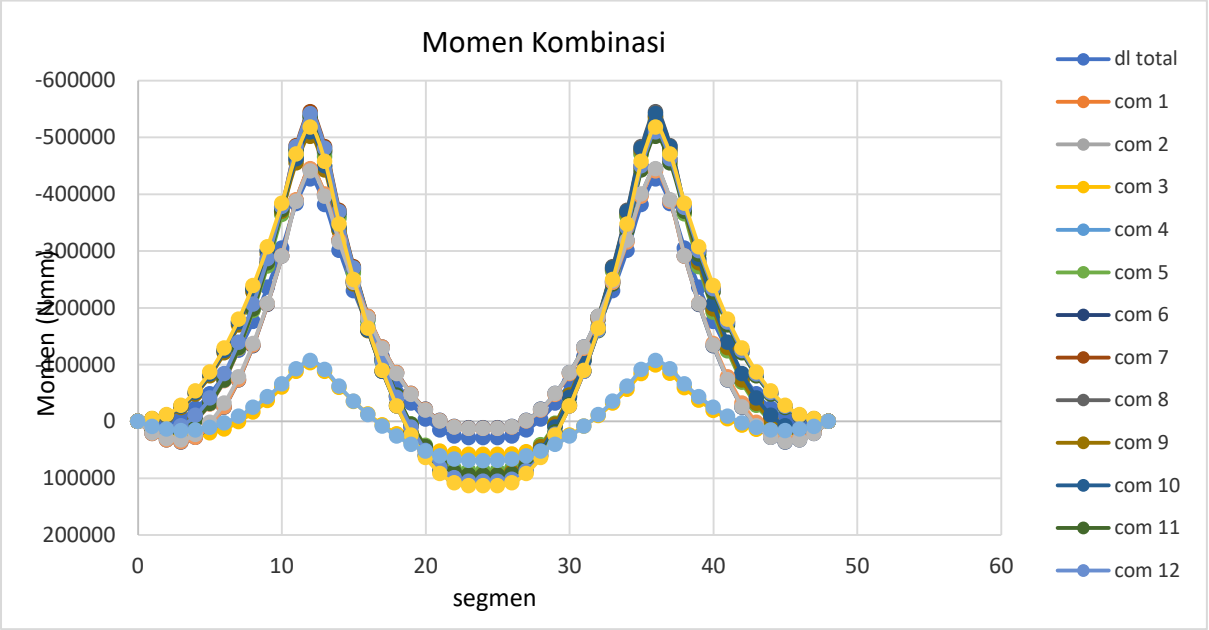
Gambar 4. 20 Letak pembebanan BTR dan BGT pada kombinasi XIV



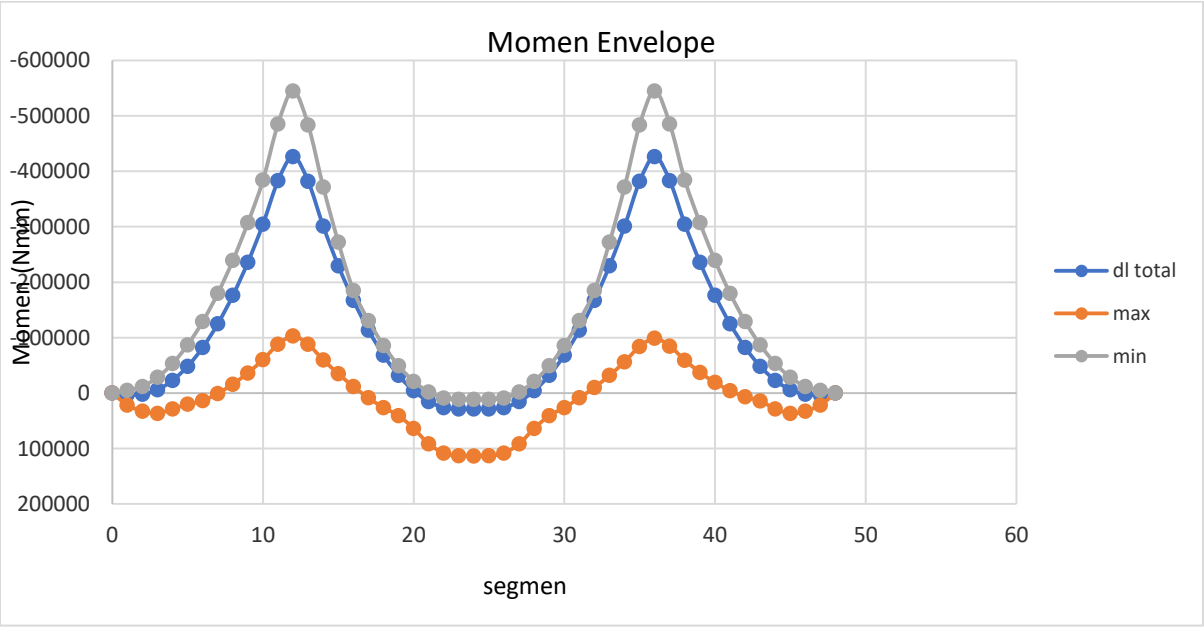
Gambar 4. 21 Letak pembebanan BTR dan BGT pada kombinasi XV



Grafik 4. 1 Grafik berat sendiri



Grafik 4. 2 Grafik beban mati dan hidup terfaktor



Grafik 4. 3 Grafik Momen Envelope

Tabel 4. 6 Momen beban mati 1.4D

Tegangan ketika telah menjadi struktur statis tak tentu

segmen	Berat sendiri (Nmm)	Closur (Nmm)	Aspal (Nmm)	Parapet (Nmm)	Ya (mm)	Yb (mm)	I (II^{8})	Beban mati (MPa)		Tegangan tendon Cantilever (MPa)		Closur (MPa)		Aspal (MPa)		Parapet (MPa)		Total (MPa)	
								atas	bawah	atas	bawah	atas	bawah	atas	bawah	atas	bawah	atas	bawah
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
0a	0	0	0	0	1587.441	2412.559	2.48E+13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1a	0	2.88E+08	2E+09	1.24E+09	1587.441	2412.559	2.48E+13	0	0	-0.60	-0.02	-0.02	0.03	-0.13	0.19	-0.08	0.12	-0.83	0.33
2a	-2.01E+09	2.36E+08	2.9E+09	1.8E+09	1591.632	2418.368	2.5E+13	0.128	-0.195	-1.02	-0.24	-0.02	0.02	-0.19	0.28	-0.12	0.17	-1.21	0.04
3a	-1.1E+10	1.67E+08	3.32E+09	2.06E+09	1597.922	2427.078	2.51E+13	0.698	-1.06	-1.56	-0.36	-0.01	0.02	-0.21	0.32	-0.13	0.20	-1.21	-0.89
4a	-2.71E+10	97271862	2.82E+09	1.75E+09	1610.51	2444.49	2.54E+13	1.718	-2.608	-2.19	-0.39	-0.01	0.01	-0.18	0.27	-0.11	0.17	-0.77	-2.55
5a	-5.04E+10	27787026	1.42E+09	8.82E+08	1629.419	2470.581	2.58E+13	3.18	-4.822	-3.41	-0.46	0.00	0.00	-0.09	0.14	-0.06	0.08	-0.37	-5.06
6a	-8.09E+10	-4.2E+07	-8.9E+08	-5.5E+08	1650.463	2499.537	2.63E+13	5.077	-7.689	-7.10	-0.86	0.00	0.00	0.06	-0.08	0.03	-0.05	-1.93	-8.69
7a	-1.19E+11	-1.1E+08	-4.1E+09	-2.5E+09	1679.986	2540.014	2.7E+13	7.385	-11.165	-11.16	-1.05	0.01	-0.01	0.26	-0.39	0.16	-0.24	-3.36	-12.85
8a	-1.64E+11	-1.8E+08	-8.2E+09	-5.1E+09	1713.813	2586.187	2.78E+13	10.088	-15.224	-13.86	0.64	0.01	-0.02	0.51	-0.76	0.32	-0.48	-2.94	-15.84
9a	-2.16E+11	-2.5E+08	-1.3E+10	-8.2E+09	1749.852	2635.148	2.87E+13	13.174	-19.838	-19.36	2.77	0.02	-0.02	0.81	-1.22	0.50	-0.76	-4.86	-19.06
10a	-2.76E+11	-3.2E+08	-1.9E+10	-1.2E+10	1868.613	2621.388	3.15E+13	16.368	-22.961	-21.37	6.69	0.02	-0.03	1.14	-1.60	0.71	-0.99	-3.14	-18.89
11	-3.44E+11	-3.9E+08	-2.6E+10	-1.6E+10	2030.038	2569.962	4.11E+13	16.965	-21.477	-19.87	6.26	0.02	-0.02	1.28	-1.63	0.80	-1.01	-0.80	-17.88

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
12	-3.8E+11	-4.2E+08	-3.0E+10	-1.9E+10	2030.04	2569.96	4.1E+13	18.83	-23.84	-19.87	6.26	0.02	-0.03	1.47	-1.86	0.91	-1.16	1.37	-20.63
11	-3.4E+11	-3.8E+08	-2.5E+10	-1.6E+10	2030.04	2569.96	4.1E+13	16.96	-21.48	-19.87	6.26	0.02	-0.02	1.24	-1.57	0.77	-0.98	-0.87	-17.80
10	-2.8E+11	-2.9E+08	-1.7E+10	-1.0E+10	1868.61	2621.39	3.1E+13	16.37	-22.96	-21.37	6.69	0.02	-0.02	0.99	-1.39	0.62	-0.86	-3.38	-18.55
9	-2.2E+11	-2.0E+08	-9.1E+09	-5.7E+09	1749.85	2635.15	2.9E+13	13.17	-19.84	-19.36	2.77	0.01	-0.02	0.56	-0.84	0.35	-0.52	-5.27	-18.44
8	-1.6E+11	-1.1E+08	-2.4E+09	-1.5E+09	1713.81	2586.19	2.8E+13	10.09	-15.22	-13.86	0.64	0.01	-0.01	0.15	-0.22	0.09	-0.14	-3.52	-14.96
7	-1.2E+11	-2.1E+07	3.4E+09	2.1E+09	1679.99	2540.01	2.7E+13	7.38	-11.17	-11.16	-1.05	0.00	0.00	-0.21	0.32	-0.13	0.20	-4.11	-11.70
6	-8.1E+10	6.8E+07	8.2E+09	5.1E+09	1650.46	2499.54	2.6E+13	5.08	-7.69	-7.10	-0.86	0.00	0.01	-0.52	0.78	-0.32	0.49	-2.86	-7.28
5	-5.0E+10	1.6E+08	1.2E+10	7.6E+09	1629.42	2470.58	2.6E+13	3.18	-4.82	-3.41	-0.46	-0.01	0.02	-0.77	1.17	-0.48	0.73	-1.49	-3.37
4	-2.7E+10	2.5E+08	1.5E+10	9.5E+09	1610.51	2444.49	2.5E+13	1.72	-2.61	-2.19	-0.39	-0.02	0.02	-0.97	1.47	-0.60	0.91	-2.06	-0.59
3	-1.1E+10	3.4E+08	1.7E+10	1.1E+10	1597.92	2427.08	2.5E+13	0.70	-1.06	-1.56	-0.36	-0.02	0.03	-1.11	1.68	-0.69	1.05	-2.68	1.34
2	-2.0E+09	4.3E+08	1.9E+10	1.2E+10	1591.63	2418.37	2.5E+13	0.13	-0.19	-1.02	-0.24	-0.03	0.04	-1.19	1.81	-0.74	1.12	-2.85	2.54
1	0.0E+00	4.9E+08	1.9E+10	1.2E+10	1587.44	2412.56	2.5E+13	0	0	-0.60	-0.02	-0.03	0.05	-1.22	1.85	-0.76	1.15	-2.61	3.03
0	0.0E+00	5.0E+08	1.9E+10	1.2E+10	1587.44	2412.56	2.5E+13	0	0	0	0	-0.03	0.05	-1.22	1.85	-0.76	1.15	-2.00	3.05

Tabel 4. 7 Tengangan tendon menerus (m1)

segmen	Fo (N)	Fi =0.85*Fo (N)	n	nxFi (N)	e (mm)	A (mm2)	Tegangan (MPa)				
							-F/A	-Fxexya/I	Fxexyb/I	atas	bawah
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0a	14339000	10037300	2	20074600	0	12780000	-1.571	0.000	0.000	-1.571	-1.571
1a	14339000	10037300	2	20074600	52.55869	12780000	-1.571	-0.067	0.103	-1.638	-1.468
2a	14339000	10037300	2	20074600	33.36773	12792000	-1.569	-0.043	0.065	-1.612	-1.504
3a	14339000	10037300	2	20074600	42.07845	12810000	-1.567	-0.054	0.082	-1.621	-1.485
4a	14339000	10037300	2	20074600	8.489724	12846000	-1.563	-0.011	0.016	-1.574	-1.546
5a	14339000	10037300	2	20074600	867.5814	12900000	-1.556	-1.099	1.667	-2.656	0.111
6a	14339000	10037300	2	20074600	306.463	12960000	-1.549	-0.386	0.585	-1.935	-0.964
7a	14339000	10037300	2	20074600	677.9862	13044000	-1.539	-0.847	1.281	-2.386	-0.258
8a	14339000	10037300	2	20074600	974.8128	13140000	-1.528	-1.206	1.820	-2.734	0.292
9a	14339000	10037300	2	20074600	1295.852	13242000	-1.516	-1.586	2.389	-3.102	0.873
10a	14339000	10037300	2	20074600	1688.613	16000000	-1.255	-2.012	2.822	-3.266	1.568
11	14339000	10037300	2	20074600	2030.038	23420000	-0.857	-2.011	2.546	-2.868	1.689

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
12	14339000	10037300	2	20074600	1850.038	23420000	-0.857	-1.833	2.320	-2.690	1.463
11	14339000	10037300	2	20074600	1850.038	23420000	-0.857	-1.833	2.320	-2.690	1.463
10	14339000	10037300	2	20074600	1688.613	16000000	-1.255	-2.012	2.822	-3.266	1.568
9	14339000	10037300	2	20074600	1270.852	13242000	-1.516	-1.556	2.343	-3.072	0.827
8	14339000	10037300	2	20074600	985.8128	13140000	-1.528	-1.220	1.841	-2.748	0.313
7	14339000	10037300	2	20074600	677.9862	13044000	-1.539	-0.847	1.281	-2.386	-0.258
6	14339000	10037300	2	20074600	371.463	12960000	-1.549	-0.468	0.709	-2.017	-0.840
5	14339000	10037300	2	20074600	79.4186	12900000	-1.556	-0.101	0.153	-1.657	-1.404
4	14339000	10037300	2	20074600	141.4897	12846000	-1.563	0.180	-0.274	-1.383	-1.836
3	14339000	10037300	2	20074600	222.0785	12810000	-1.567	0.284	-0.431	-1.283	-1.998
2	14339000	10037300	2	20074600	223.3677	12792000	-1.569	0.286	-0.434	-1.283	-2.004
1	14339000	10037300	2	20074600	232.5587	12780000	-1.571	0.299	-0.454	-1.272	-2.025
	3650000	2555000	2	5110000	637.4413		-0.400	-0.208	0.317	-0.608	-0.083
Total										-1.880	-2.108
0	14339000	10037300	2	20074600	232.5587	12780000	-1.571	0.299	-0.454	-1.272	-2.025
	3650000	2555000	2	5110000	637.4413		-0.400	-0.208	0.317	-0.608	-0.083
Total										-1.880	-2.108

Tabel 4. 8 Kontrol tegangan saat menjadi balok statis tak tentu

segmen	a		b		c	
	Tegangan (MPa)					
	Atas	bawah	atas	bawah	atas	bawah
1	2	3	4	5	6	7
0a	-1.571	-1.571	-1.571	-1.571	-1.571	-1.571
1a	-2.261	-1.457	-2.389	-1.263	-2.468	-1.142
2a	-2.523	-1.917	-2.708	-1.636	-2.823	-1.461
3a	-2.489	-2.894	-2.700	-2.573	-2.831	-2.374
4a	-2.055	-4.536	-2.234	-4.264	-2.345	-4.095
5a	-2.885	-5.166	-2.975	-5.030	-3.030	-4.945
6a	-3.954	-9.520	-3.898	-9.604	-3.864	-9.657
7a	-6.155	-12.482	-5.900	-12.868	-5.741	-13.108
8a	-6.496	-14.311	-5.989	-15.076	-5.674	-15.552
9a	-9.274	-16.218	-8.466	-17.435	-7.963	-18.191
10a	-8.255	-14.730	-7.116	-16.327	-6.408	-17.320
11	-5.751	-13.555	-4.466	-15.181	-3.668	-16.192
12	-3.703	-16.148	-2.232	-18.009	-1.319	-19.166
11	-5.573	-13.780	-4.329	-15.355	-3.556	-16.333
10	-8.256	-14.727	-7.265	-16.118	-6.649	-16.982
9	-9.246	-16.259	-8.691	-17.096	-8.346	-17.615
8	-6.514	-14.284	-6.364	-14.509	-6.272	-14.649
7	-6.161	-12.474	-6.370	-12.157	-6.500	-11.961
6	-4.043	-9.385	-4.560	-8.602	-4.881	-8.116
5	-1.894	-6.667	-2.665	-5.499	-3.143	-4.774
4	-1.873	-4.811	-2.842	-3.341	-3.443	-2.428
3	-2.162	-3.390	-3.271	-1.706	-3.960	-0.660
2	-2.206	-2.398	-3.396	-0.590	-4.136	0.533
1	-2.516	-2.077	-3.732	-0.229	-4.487	0.919
0	-1.912	-2.059	-3.128	-0.211	-3.884	0.938

Keterangan :
a) berat sendiri, tendon cantilever, balok closur dan tendon menerus (1)
b) a dan beban aspal
c) b dan beban parapet

Tegangan ijin
-tekan -32.49 MPa
-tarik 1.83 MPa

Tabel 4. 9 Kontrol tegangan saat beban lalu lintas sudah bekerja
Beban yang bekerja 1.6L

segmen	Momen air hujan (Nmm)	Beban lalu lintas (Nmm)		Tegangan					
				atas	bawah	atas	bawah	atas	bawah
0a	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1a	363840000	1.87E+10	-8.1E+09	-0.02328	0.035375	-1.19384	1.814377	0.52030939	-0.790755
2a	528426667	3.03E+10	-1.4E+10	-0.03369	0.051187	-1.93055	2.933333	0.90738436	-1.378704
3a	603459048	4.26E+10	-2.2E+10	-0.03841	0.05834	-2.71204	4.119313	1.42357912	-2.16227
4a	513447619	5.13E+10	-3E+10	-0.03257	0.049441	-3.25556	4.941407	1.93487198	-2.936817
5a	258392381	5.64E+10	-3.9E+10	-0.01631	0.02473	-3.56038	5.398367	2.4385179	-3.697366
6a	-1.62E+08	5.75E+10	-4.7E+10	0.010148	-0.01537	-3.6064	5.461702	2.93498387	-4.444875
7a	-7.47E+08	5.2E+10	-5.5E+10	0.046485	-0.07028	-3.23837	4.896174	3.41699653	-5.166244
8a	-1.5E+09	4.3E+10	-6.3E+10	0.092268	-0.13924	-2.64875	3.997031	3.88500816	-5.862576
9a	-2.41E+09	3.03E+10	-7.1E+10	0.14709	-0.22151	-1.84762	2.782384	4.33942529	-6.534857
10a	-3.49E+09	1.41E+10	-7.9E+10	0.207269	-0.29077	-0.83513	1.171567	4.70614954	-6.602033
11	-4.74E+09	-3.9E+09	-1E+11	0.233831	-0.29602	0.194437	-0.24615	5.05890817	-6.404411
12	-5.42E+09	-1.4E+10	-1.2E+11	0.267617	-0.33879	0.705903	-0.89365	5.83903755	-7.392029
11	-4.59E+09	-1.4E+10	-1E+11	0.226379	-0.28659	0.710613	-0.89961	5.01650136	-6.350725
10	-3.04E+09	-1.5E+10	-7.1E+10	0.180389	-0.25306	0.865819	-1.21462	4.18563727	-5.871831
9	-1.66E+09	-1.2E+10	-4.2E+10	0.101058	-0.15219	0.72866	-1.09731	2.58358937	-3.890696
8	-4.4E+08	8.1E+09	-1.8E+10	0.027128	-0.04094	-0.49929	0.753443	1.08449904	-1.636537
7	611977143	2.57E+10	-1.7E+10	-0.03809	0.05759	-1.59883	2.417317	1.08328463	-1.637846
6	1.499E+09	4.15E+10	-1.7E+10	-0.09408	0.142481	-2.60611	3.946806	1.0807127	-1.636681
5	2.221E+09	5.61E+10	-1.7E+10	-0.1402	0.212576	-3.54125	5.369359	1.08693794	-1.648053
4	2.778E+09	6.77E+10	-1.7E+10	-0.17625	0.267512	-4.29635	6.521149	1.09242915	-1.658128
3	3.17E+09	7.64E+10	-1.7E+10	-0.20177	0.306475	-4.86196	7.384811	1.096027	-1.664752
2	3.397E+09	8.21E+10	-1.7E+10	-0.21657	0.329061	-5.23371	7.952243	1.09780609	-1.668035
1	3.459E+09	8.44E+10	-1.7E+10	-0.22128	0.336299	-5.40165	8.209305	1.10162531	-1.674226
0	3.46E+09	8.47E+10	-1.7E+10	-0.22136	0.336425	-5.41626	8.23151	1.10162531	-1.674226

segmen	Fo (N)	Fi = 0.85*Fo (N)	n	nxFi (N)	e (mm)	A (mm2)	tegangan (MPa)				
							-F/A	Fxexya/I	Fxexyb/I	atas	bawah
0a	14339000	10037300	2	20074600	0	12780000	-1.571	0	0	-1.571	-1.571
1a	14339000	10037300	2	20074600	412.559	12780000	-1.571	0.53	-0.805	-1.041	-2.376
2a	14339000	10037300	2	20074600	513.368	12792000	-1.569	0.657	-0.998	-0.912	-2.567
3a	14339000	10037300	2	20074600	394.078	12810000	-1.567	0.504	-0.765	-1.063	-2.332
4a	14339000	10037300	2	20074600	369.49	12846000	-1.563	0.471	-0.714	-1.092	-2.277
5a	14339000	10037300	2	20074600	272.581	12900000	-1.556	0.345	-0.524	-1.211	-2.08
6a	14339000	10037300	2	20074600	306.463	12960000	-1.549	-0.386	0.585	-1.935	-0.964
7a	14339000	10037300	2	20074600	489.986	13044000	-1.539	-0.612	0.926	-2.151	-0.613
8a	14339000	10037300	2	20074600	680.813	13140000	-1.528	-0.842	1.271	-2.37	-0.257
9a	14339000	10037300	2	20074600	870.852	13242000	-1.516	-1.066	1.605	-2.582	0.089
10a	14339000	10037300	2	20074600	1144.613	16000000	-1.255	-1.364	1.913	-2.619	0.658
11	14339000	10037300	2	20074600	1306.038	23420000	-0.857	-1.294	1.638	-2.151	0.781
12	14339000	10037300	2	20074600	1306.038	23420000	-0.857	-1.294	1.638	-2.151	0.781
11	14339000	10037300	2	20074600	1306.038	23420000	-0.857	-1.294	1.638	-2.151	0.781
10	14339000	10037300	2	20074600	1144.613	16000000	-1.255	-1.364	1.913	-2.619	0.658
9	14339000	10037300	2	20074600	870.852	13242000	-1.516	-1.066	1.605	-2.582	0.089
8	14339000	10037300	2	20074600	680.813	13140000	-1.528	-0.842	1.271	-2.37	-0.257
7	14339000	10037300	2	20074600	489.986	13044000	-1.539	-0.612	0.926	-2.151	-0.613
6	14339000	10037300	2	20074600	306.463	12960000	-1.549	-0.386	0.585	-1.935	-0.964
5	14339000	10037300	2	20074600	1578.581	12900000	-1.556	2	-3.033	0.444	-4.589
4	14339000	10037300	2	20074600	1799.49	12846000	-1.563	2.292	-3.478	0.729	-5.041
3	14339000	10037300	2	20074600	2018.078	12810000	-1.567	2.579	-3.917	1.012	-5.484
2	14339000	10037300	2	20074600	2228.368	12792000	-1.569	2.852	-4.333	1.283	-5.902
1	14339000	10037300	2	20074600	2232.559	12780000	-1.571	2.867	-4.357	1.296	-5.928
0	14339000	10037300	2	20074600	2232.559	12780000	-1.571	2.867	-4.357	1.296	-5.928

Tabel 4. 11 Tegangan pada saat beban sudah bekerja semuanya

segmen	a		b		c		d		e		f		g	
	Tegangan (MPa)													
	atas	bawah	atas	bawah	Atas	bawah	atas	bawah	atas	bawah	atas	bawah	atas	bawah
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0a	-1.571	-1.571	-1.571	-1.571	-1.571	-1.571	-3.142	-3.142	-3.142	-3.142	-3.142	-3.142	-3.142	-3.142
1a	-2.258	-1.461	-2.368	-1.295	-2.436	-1.191	-3.477	-3.567	-3.500	-3.532	-4.694	-1.717	-2.980	-4.322
2a	-2.539	-1.893	-2.698	-1.652	-2.796	-1.502	-3.708	-4.069	-3.742	-4.018	-5.672	-1.084	-2.834	-5.397
3a	-2.587	-2.745	-2.768	-2.47	-2.88	-2.299	-3.943	-4.631	-3.981	-4.573	-6.693	-0.453	-2.558	-6.735
4a	-2.299	-4.164	-2.453	-3.932	-2.548	-3.787	-3.640	-6.064	-3.673	-6.015	-6.928	-1.073	-1.738	-8.951
5a	-3.339	-4.477	-3.416	-4.361	-3.464	-4.288	-4.675	-6.368	-4.691	-6.343	-8.252	-0.945	-2.253	-10.041
6a	-4.68	-8.421	-4.632	-8.493	-4.602	-8.538	-6.537	-9.502	-6.527	-9.517	-10.133	-4.056	-3.592	-13.962
7a	-7.211	-10.886	-6.992	-11.217	-6.856	-11.422	-9.007	-12.035	-8.961	-12.105	-12.199	-7.209	-5.544	-17.272
8a	-7.938	-12.134	-7.504	-12.79	-7.234	-13.197	-9.604	-13.454	-9.512	-13.593	-12.160	-9.596	-5.627	-19.456
9a	-11.158	-13.381	-10.465	-14.424	-10.035	-15.072	-12.617	-14.983	-12.470	-15.205	-14.318	-12.422	-8.130	-21.739
10a	-10.596	-11.446	-9.62	-12.815	-9.013	-13.666	-11.632	-13.008	-11.425	-13.299	-12.260	-12.127	-6.719	-19.901
11	-8.177	-10.483	-7.076	-11.877	-6.391	-12.744	-8.542	-11.963	-8.308	-12.259	-8.114	-12.505	-3.249	-18.663

Keterangan :

a) berat sendiri, tendon cantilever, balok closur dan tendon menerus (1)
b) a dan beban aspal
c) b dan beban parapet
d) c dan tendon menerus (2)
e) d dan beban air hujan
f) e dan beban lalu lintas momen (+)
g) e dan beban lalu lintas momen (-)

Tegangan ijin :

tekan = -25.65 MPa
tarik = 3.77 MPa

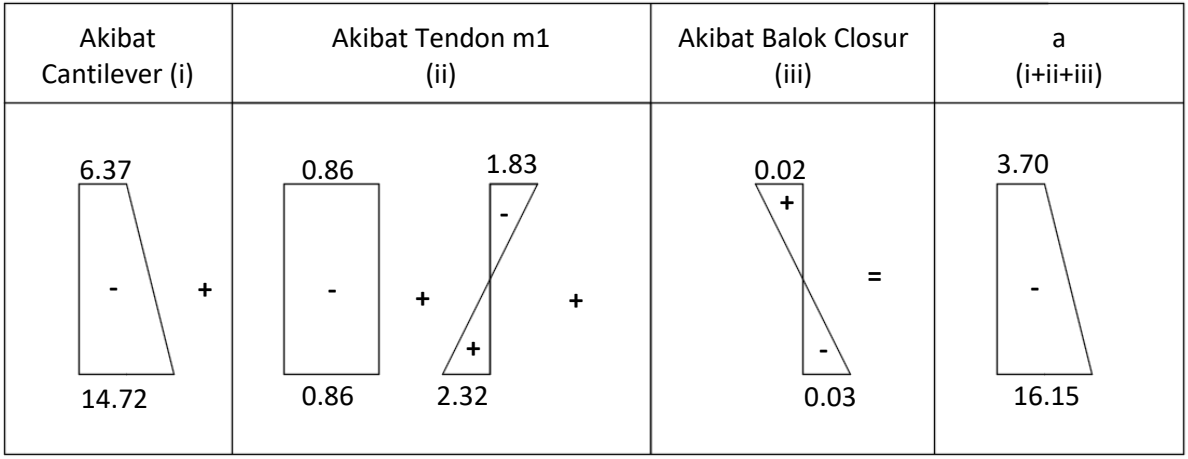
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
12	-6.396	-12.738	-5.136	-14.333	-4.352	-15.325	-6.503	-14.544	-6.235	-14.883	-5.529	-15.776	-0.396	-22.275
11	-7.999	-10.709	-6.933	-12.058	-6.270	-12.897	-8.421	-12.116	-8.195	-12.403	-7.484	-13.302	-3.178	-18.753
10	-10.597	-11.444	-9.748	-12.636	-9.220	-13.376	-11.839	-12.718	-11.659	-12.971	-10.793	-14.186	-7.473	-18.843
9	-11.130	-13.423	-10.654	-14.139	-10.358	-14.585	-12.940	-14.496	-12.839	-14.648	-12.110	-15.746	-10.255	-18.539
8	-7.956	-12.108	-7.828	-12.301	-7.749	-12.421	-10.119	-12.678	-10.092	-12.719	-10.591	-11.965	-9.007	-14.355
7	-7.216	-10.878	-7.396	-10.607	-7.507	-10.439	-9.658	-11.052	-9.696	-10.994	-11.295	-8.577	-8.613	-12.632
6	-4.768	-8.288	-5.211	-7.617	-5.486	-7.200	-7.421	-8.164	-7.515	-8.022	-10.121	-4.075	-6.434	-9.658
5	-2.347	-5.981	-3.008	-4.980	-3.418	-4.358	-2.974	-8.947	-3.114	-8.734	-6.655	-3.365	-2.027	-10.382
4	-2.116	-4.442	-2.946	-3.182	-3.462	-2.399	-2.733	-7.440	-2.909	-7.172	-7.206	-0.651	-1.817	-8.831
3	-2.259	-3.243	-3.209	-1.800	-3.800	-0.903	-2.788	-6.387	-2.990	-6.081	-7.852	1.304	-1.894	-7.745
2	-2.221	-2.376	-3.241	-0.827	-3.875	0.136	-2.592	-5.766	-2.809	-5.437	-8.042	2.515	-1.711	-7.105
1	-2.512	-2.084	-3.554	-0.500	-4.201	0.484	-2.905	-5.444	-3.126	-5.108	-8.528	3.102	-2.025	-6.782
0	-1.908	-2.066	-2.950	-0.482	-3.598	0.503	-2.302	-5.425	-2.523	-5.089	-7.940	3.143	-1.422	-6.763

Tegangan ijin
-tekan -25.65 MPa
-tarik 3.77 MPa

Keterangan :

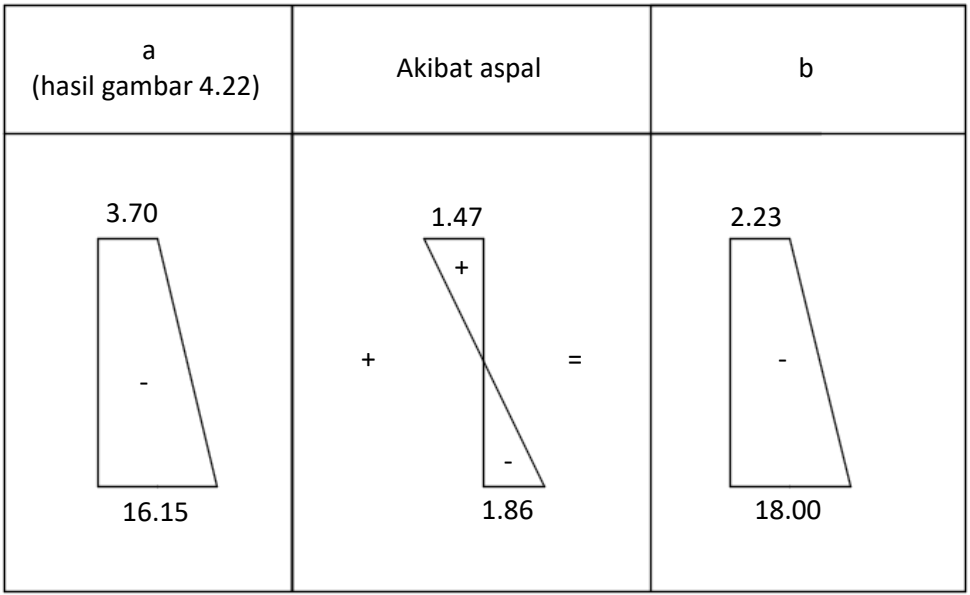
a) berat sendiri, tendon cantilever, balok closur dan tendon menerus (1)
b) a dan beban aspal
c) b dan beban parapet
d) c dan tendon menerus (2)
e) d dan beban air hujan
f) e dan beban lalu lintas momen (+)
g) e dan beban lalu lintas momen (-)

Tegangan Pada Titik 12 (Kondisi Balok Closur sudah dipasang)
Kombinasi 1.4D



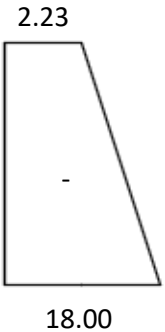
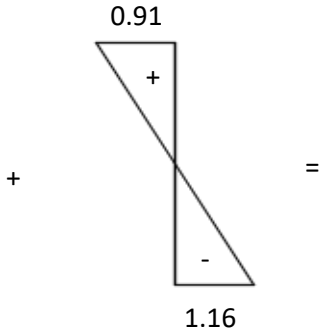
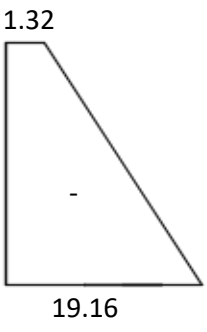
Gambar 4. 22 Diagram tegangan pada saat menjadi struktur penuh pada titik 12

Tegangan Pada Titik 12 (Kondisi beban aspal sudah bekerja)
Kombinasi 1.4D



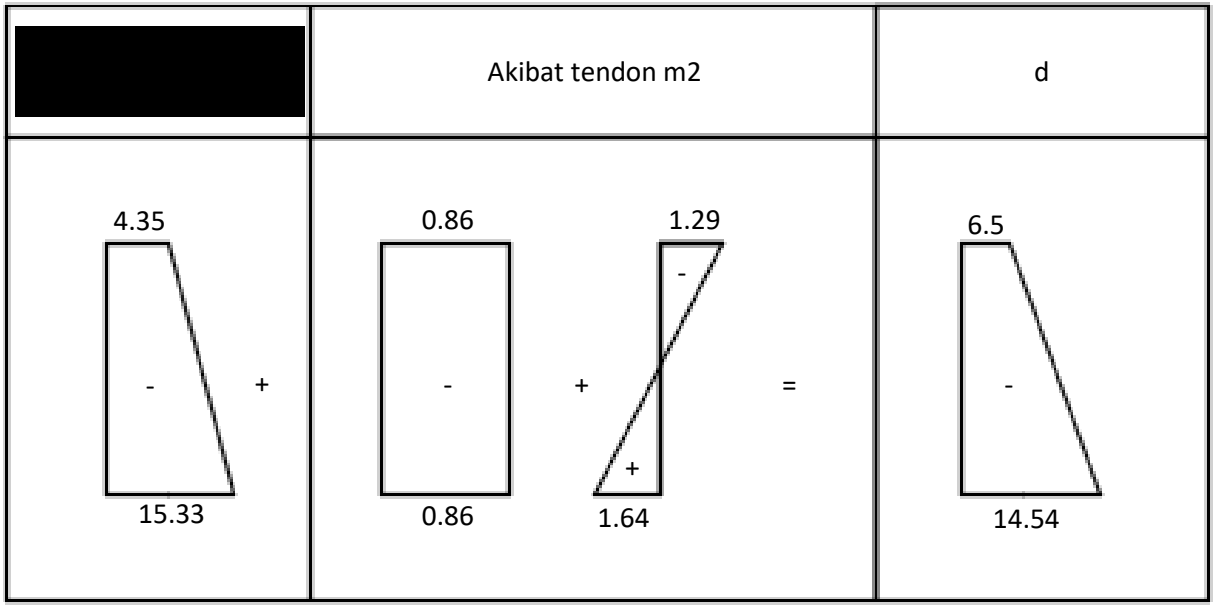
Gambar 4. 23 Diagaram tegangan pada titik 12 pada saat beban aspal sudah bekerja

Tegangan Pada Titik 12 (Kondisi beban parapet sudah bekerja)
Kombinasi 1.4D

b (hasil gambar 4.23)	Akibat parapet	c
		

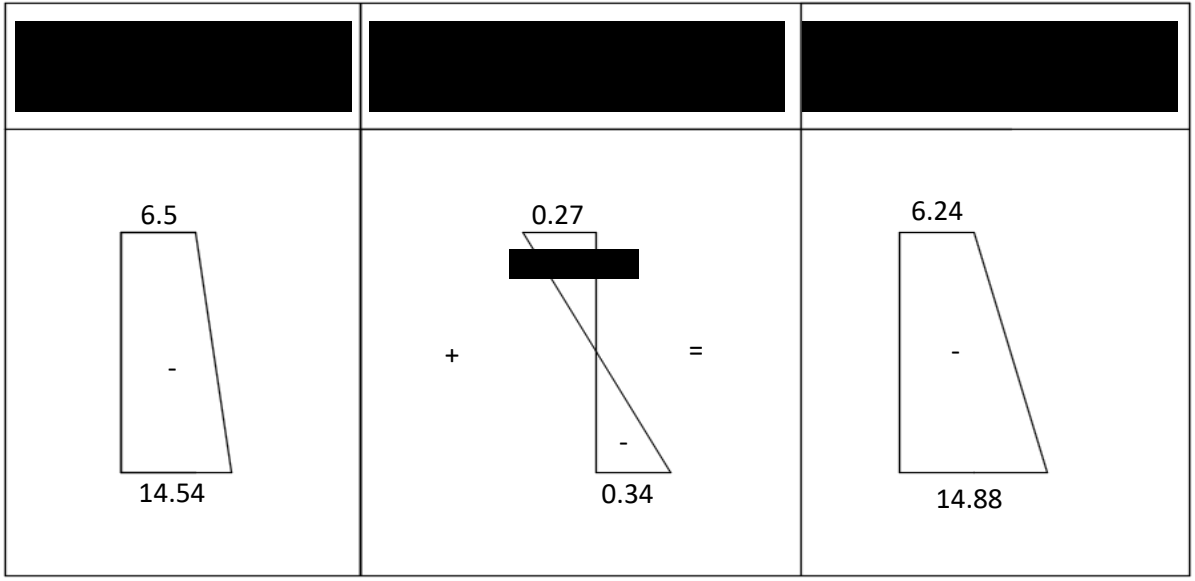
Gambar 4. 24 Diagaram tegangan pada titik 12 pada saat beban parapet sudah bekerja

Kombinasi beban 1.2D
Tegangan saat tendon untuk beban lalu lintas dijacking



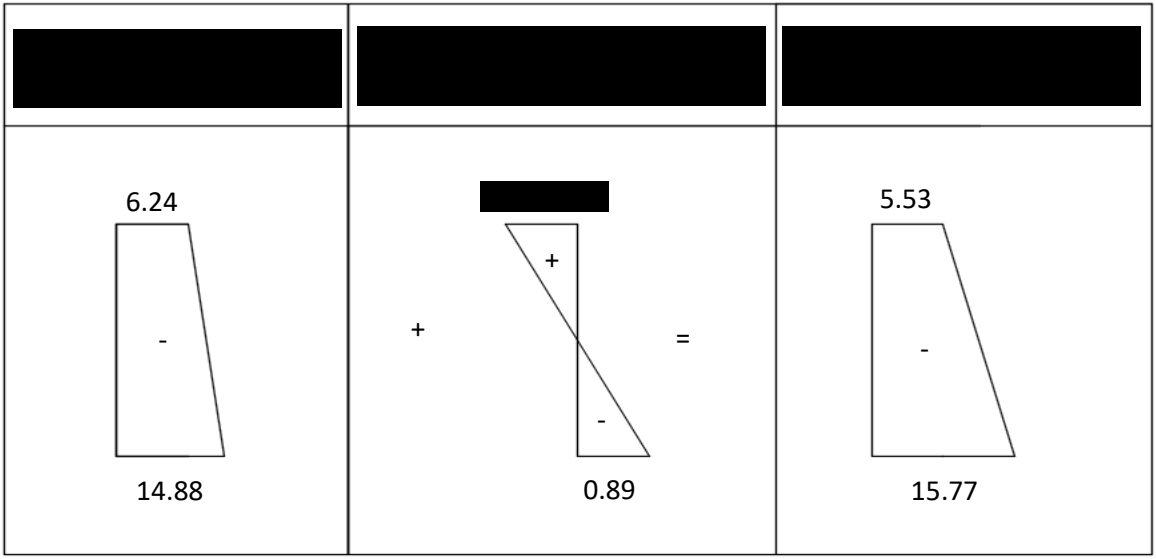
Gambar 4. 25 Diagram tegangan pada titik 12 sebelum beban hidup bekerja (penambahan tendon)

Kombinasi beban 1.2D+1.6L
Tegangan saat beban air hujan sudah bekerja



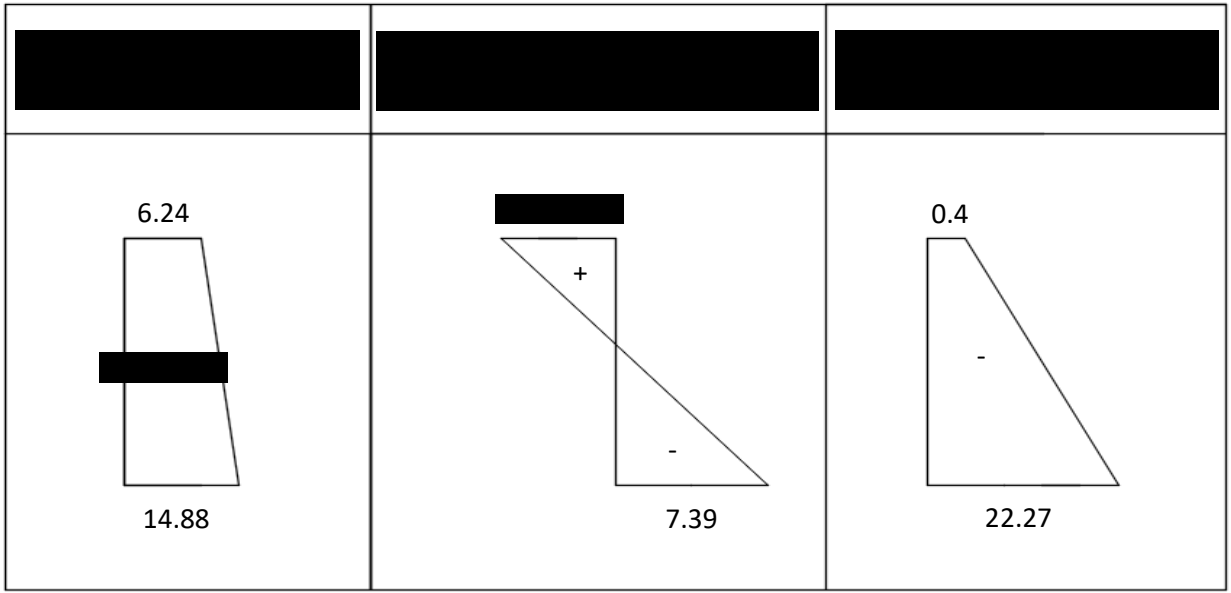
Gambar 4. 26 Diagram tegangan pada titik 12 saat beban air hujan bekerja

Tegangan saat beban lalu lintas (momen envelope +) bekerja



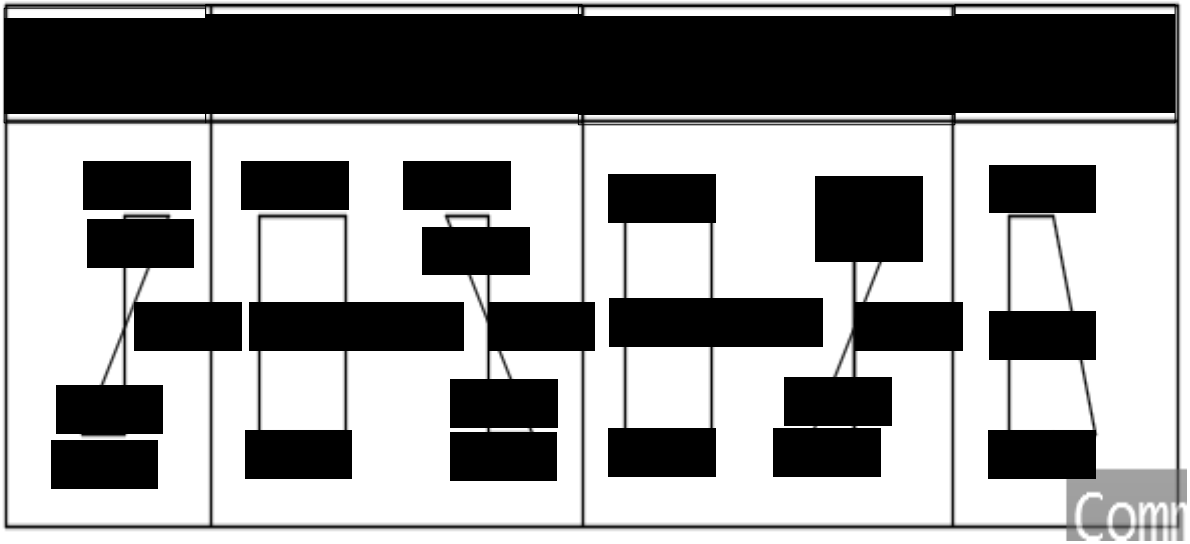
Gambar 4. 27 Tegangan pada titik 12 saat beban lalu sudah bekerja (momen +)

Tegangan saat beban lalu lintas (momen envelope -) bekerja



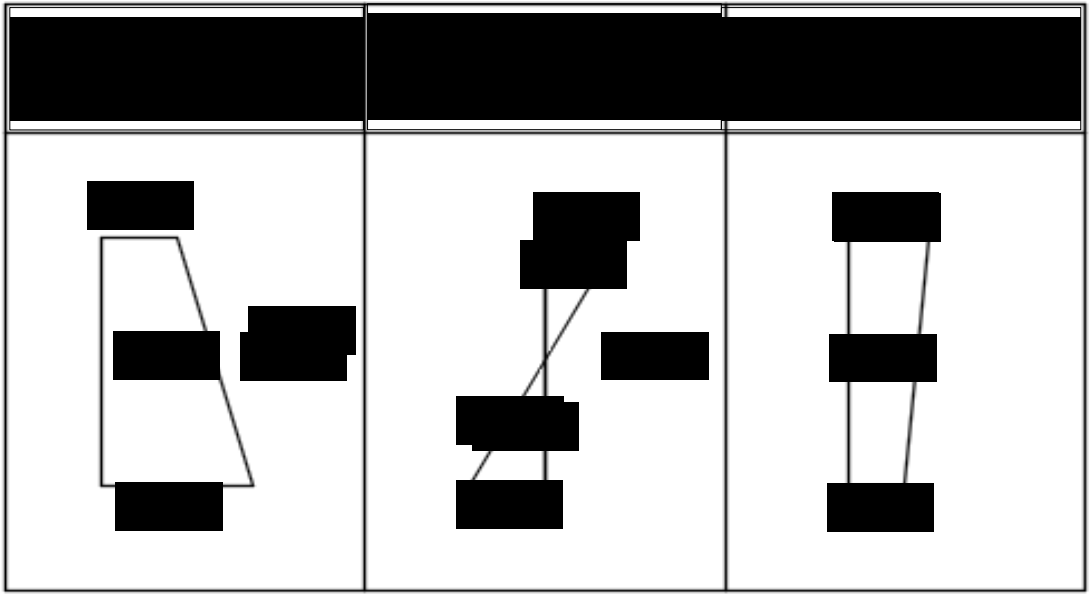
Gambar 4. 28 Tegangan pada titik 12 saat beban lalu sudah bekerja (momen -)

Tegangan pada tengah titik 0
Pada saat sudah menjadi statis tak tentu kombinasi bebann 1.4D



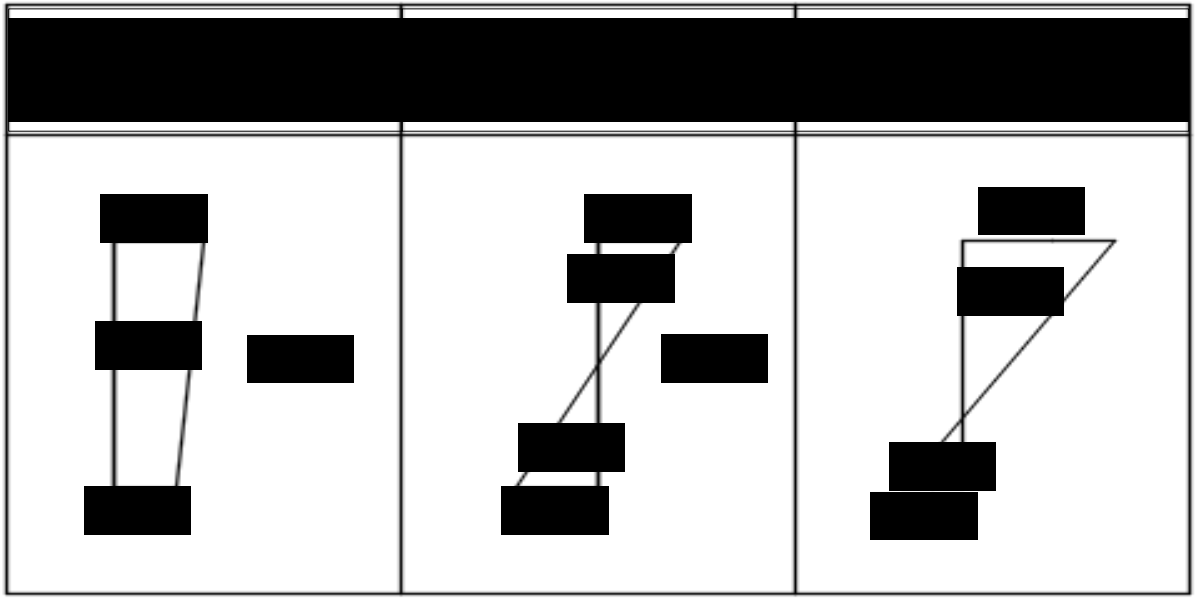
Gambar 4. 29 Tegangan beton pada titik 0 pada saat menjadi struktur statis tak tentu

Tegangan saat beban aspal sudah bekerja



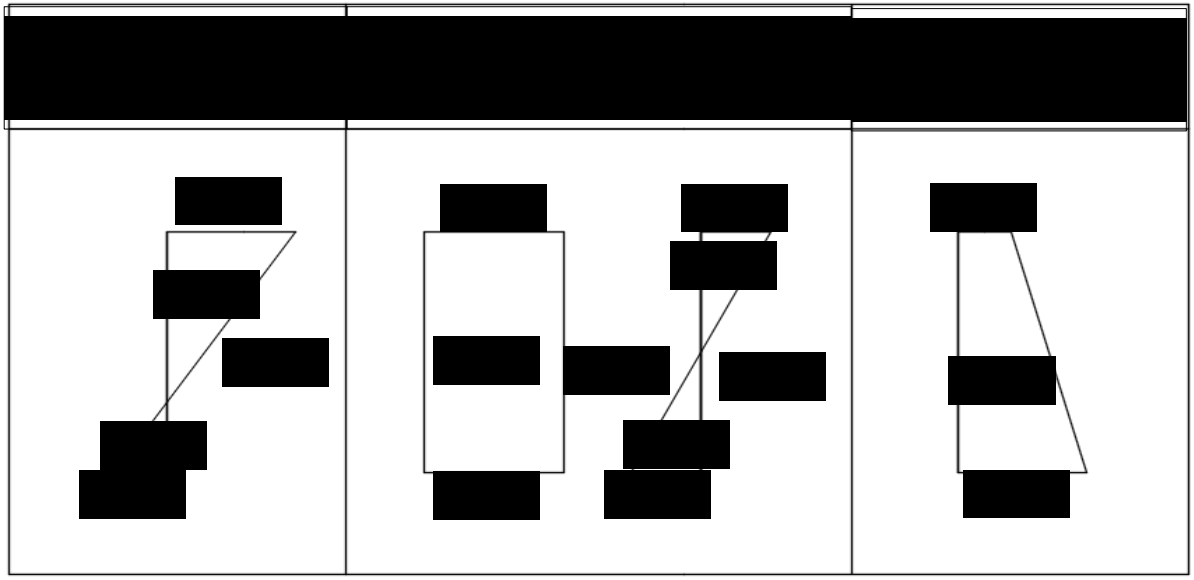
Gambar 4. 30 Tegangan setelah beban aspal

Tegangan saat beban parapet sudah bekerja



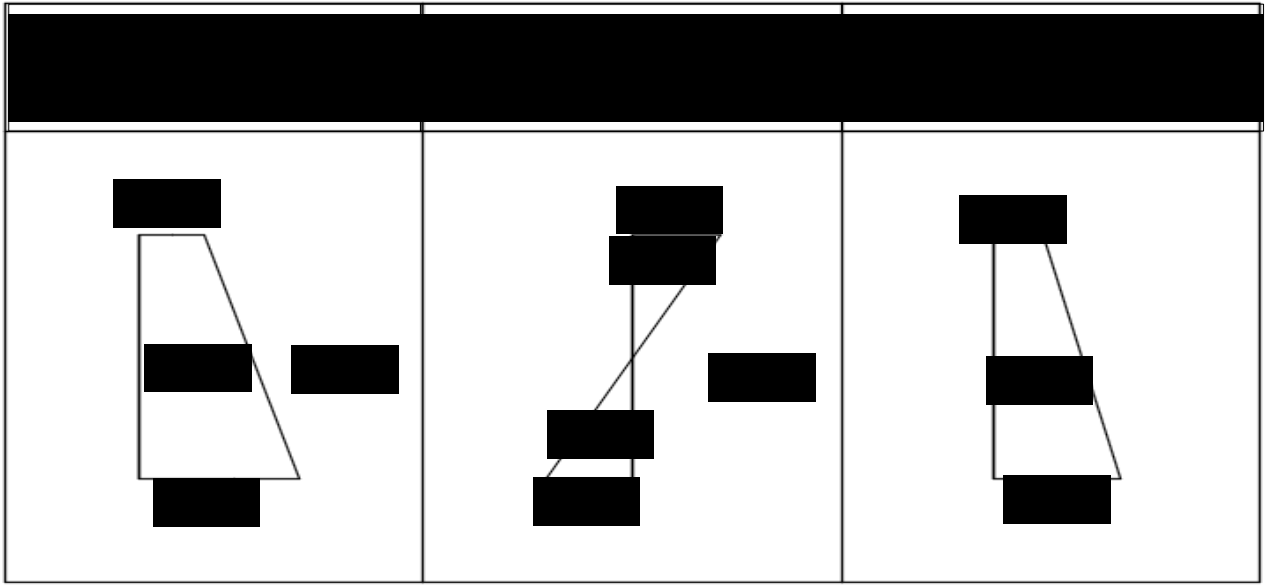
Gambar 4. 31 Tegangan setelah beban parapet

Kombinasi beban 1.2D + 1.6L
Tegangan saat tendon (m3) untuk beban hidup sudah bekerja



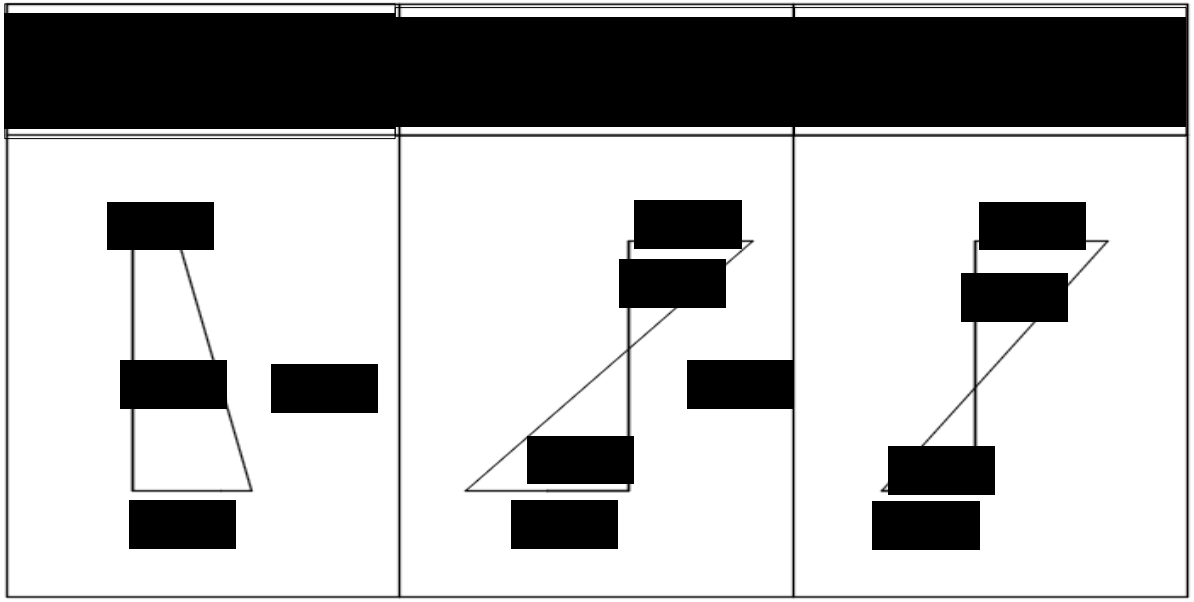
Gambar 4. 32 Tegangan beton setelah tendon m2 (untuk beban hidup)

Tegangan saat beban air hujan sudah bekerja



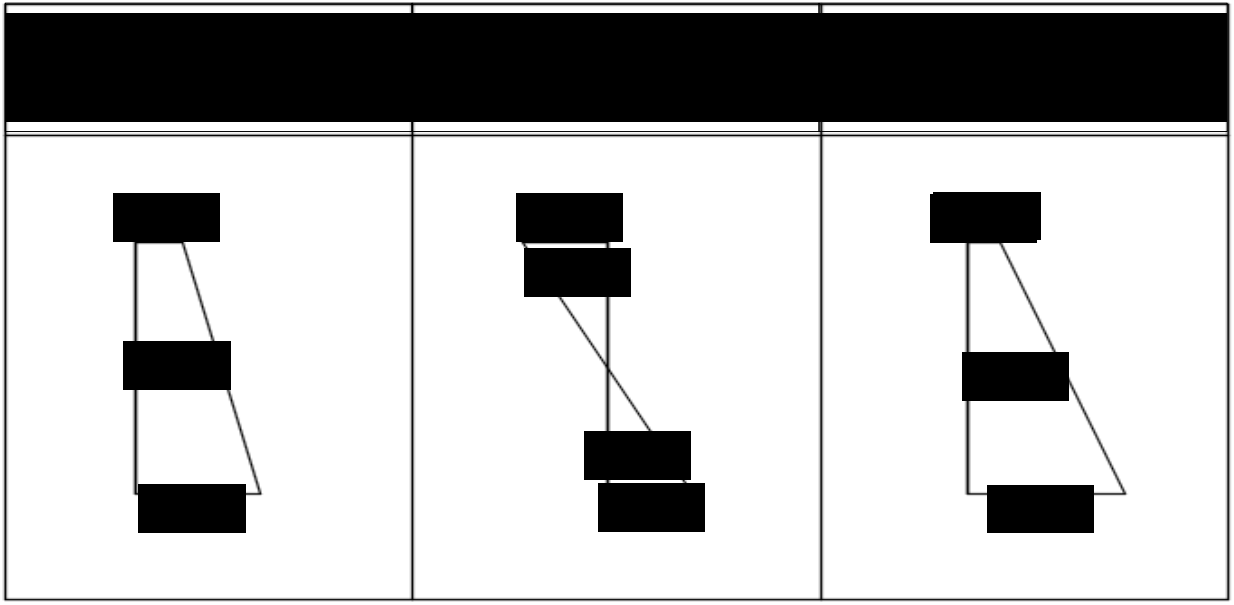
Gambar 4. 33 Tegangan beton setelah beban air hujan

Berikut adalah tegangan pada saat beban lalu lintas sudah bekerja (momen envelope +)



Gambar 4. 34 Tegangan beton setelah beban lalu lintas (m+)

Berikut adalah tegangan pada saat beban lalu lintas sudah bekerja (momen envelope -)

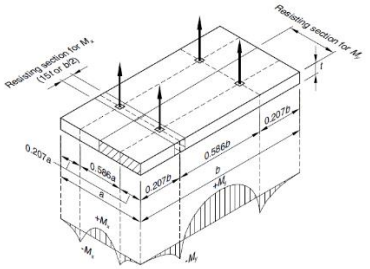


Gambar 4. 35 Tegangan beton setelah beban lalu lintas (m-)

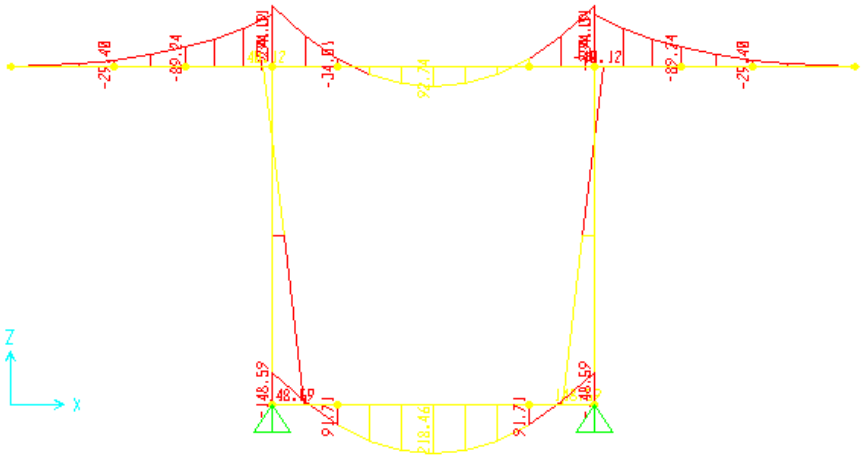
4.5 Tulangan Angkat

4.5.1 Perhitungan Tulangan Angkat

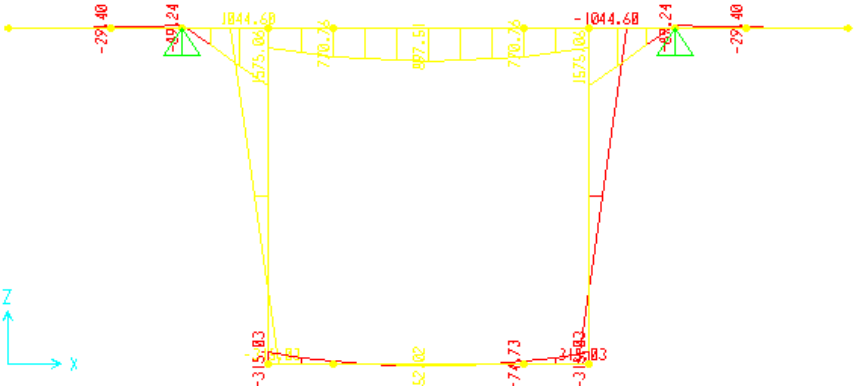
Dalam pemasangan box precast, box akan mengalami pengangkatan sehingga perlu direncanakan tulangan angkat untuk box. Pengangkatan box akan menggunakan empat titik pengangkatan.



Gambar 4. 36 Posisi Titik Angkat Pelat (4 Buah Titik Angkat)
(Sumber: *PCI Design Handbook 7th Edition Precast and Prestressed Concrete)*



Gambar 4. 37 Momen Sebelum Pengangakatan segmen 1



Gambar 4. 38 Momen Waktu pengangakatan segmen 1

Nilai momen yang momen yang digunakan adalah momen maksimum dari setiap tahapan dan berikut tabel momen dari tahapan

Tabel 4. 12 Tabel Tulangan Melintang

Pelat		Momen Sebelum Pengangkatan (kNm)	Momen Saat Pengangkatan (kNm)	Momen yang diambil (kNm)
Atas	Max	92.74	1575.06	1575.06
	Min	-274.306	-89.241	-274.306
Badan	Max	40.12	1044.6	1044.6
	Min	-148.59	-315.03	-315.03
Bawah	Max	218.46	52.02	218.46
	Min	-148.59	-315.03	-315.03

Momen-momen yang bekerja:
/ pelat atas max = swywärx kNm

$$\text{ÉEJ} \quad L \frac{5\text{á}8}{\text{Ù}} L \frac{5\text{á}8}{844} L \text{ r árruw}$$

$$\text{I} \quad L \frac{\text{Ù}}{4\text{á}<9\text{HÙ}\,\text{ت}\,\text{سي}\,\frac{\text{٢ ي ي}}{\text{ٔ٢ ٣٤ ٥}}\,\text{سي}\,\text{ψ}\,\text{ظ}\,\text{ظ}\,\text{ظ

5 L $\frac{\text{õ}}{\text{á ? 5}}$ L $\frac{7\hat{U}5444}{:\ ?\ 5}$ L xrr mm N trr mm
Maka dipasang tulangan lentur arah D25-200 mm

/ pelat badan max = srvv äx kNm

éEJ L $\frac{5\text{å}8}{\text{Ù}}$ L $\frac{5\text{å}8}{844}$ L r áruw
I L $\frac{\text{Ù}}{4\text{á<9HÙ ت سي}\frac{\text{ي ي ٢}}{\text{٥ سي ٣٤٣ ٢ أي}}}$ ψ ∪ φ
4J L $\frac{\text{æE}}{\%\tilde{O}\times\cdot}$ L $\frac{5488\ \text{ä ë}\ 54^{2}}{4\text{á=H5444 H984 ä89}\cdot}$ L 3.973
éLANHQ L $\frac{5}{\text{à}}$ l s F § s $\overline{\text{F }\frac{6\text{Æ}}{\text{Ù}}}$ p L $\frac{5}{<\text{å69:}}$ Fs F § s $\overline{\text{F }\frac{6\text{H<ä69: H5ä487}}{844}}$ G
L r ärsruz
éDLANHQL éLANHQH >S H @
L r ársruz H srrr H wvrävw
L wxrz ät mm^2
J L $\frac{\text{º}\textcircled{\text{ø}}\text{ø}}{\text{º½ 69}}$ L $\frac{9:4<\ \text{ä66}}{954}$ L sr äk N ss buah
5 L $\frac{\text{õ}}{\text{á ? 5}}$ L $\frac{7\hat{U}5444}{55\ ?\ 5}$ L urr mm N trr mm
Maka dipasang tulangan lentur arah D25-200 mm

/ pelat badan min = uswäru kNm

éEJ L $\frac{5\text{å}8}{\text{Ù}}$ L $\frac{5\text{å}8}{844}$ L r áruw
I L $\frac{\text{Ù}}{4\text{á<9HÙ ت سي}\frac{\text{ي ي ٢}}{\text{٥ سي ٣٤٣ ٢ أي}}}$ ψ ∪ φ
4J L $\frac{\text{æE}}{\%\tilde{O}\times\cdot}$ L $\frac{759\ \text{ä47 ë}\ 54^{2}}{4\text{á=H5444 H984 ä89}\cdot}$ L 1.198
éLANHQ L $\frac{5}{\text{à}}$ l s F § s $\overline{\text{F }\frac{6\text{Æ}}{\text{Ù}}}$ p L $\frac{5}{<\text{å69:}}$ Fs F § s $\overline{\text{F }\frac{6\text{H<ä69: H5ä5=<}}{844}}$ G
L r äruru

[illegible] H 2S H ?

L r áruw H srrr H wvr ävw

L szs ävz mm^2

$$J = \frac{\text{[illegible]}}{\text{[illegible]}} = \frac{5<=5\,ä9<}{954} = \text{uäys N v buah}$$

$$5 = \frac{\text{[illegible]}}{á?5} = \frac{7Û5444}{8?5} = \text{srrr mm N trr mm}$$

Maka dipasang tulangan lentur arah D25-200 mm

pelat bawah max = tsz ävx kNm

$$\text{[illegible]EJ} = \frac{5ä8}{ÙÙ} = \frac{5ä8}{844} = \text{r áruw}$$

$$I = \frac{Ù}{4á<9HÙ\,\text{ت}^{\text{سي}}\,\text{ي}\,\text{ي}\,\text{ي}^{\text{سي}}\,\text{ψ}\,\text{ς}\,\upsilon\,\varphi}$$

$$4J = \frac{\text{æE}}{\%Õ\times\cdot} = \frac{65<ä8:\,ë\,54^2}{4á=H5444\ H984\ ä89\cdot} = 0.8309$$

$$\text{[illegible]LANHQ} = \frac{5}{à}\,l\,s\,F\,\S\,\sqrt{s\,F\,\frac{6\text{[illegible]}}{ÙÙ}}\,p = \frac{5}{<ä69:}\,Fs\,F\,\S\,\sqrt{s\,F\,\frac{6H<ä69:\ H4ä<74=}{844}}\,G$$

L r ärrts

$$\text{[illegible]LANHQ} = \text{[illegible]LANHQ} = H>S\ H@$$

L r áruw H srrr H wvr ävw

L szs ävz mm^2

$$J = \frac{\text{[illegible]}}{\text{[illegible]}} = \frac{5<=5\,ä9<}{6<8} = \text{xäxx N y buah}$$

$$5 = \frac{\text{[illegible]}}{á?5} = \frac{7Û5444}{;?5} = \text{wrr mm N trr mm}$$

Maka dipasang tulangan lentur arah D19-200 mm

Ø pelat bawah min = uswäru kNm

ÉEJ L $\frac{5ä8}{ÙÙ}$ L $\frac{5ä8}{844}$ L r áruw

I L $\frac{ÙÙ}{4á<9HÙ}$ L $\frac{ي ي ٢}{ي ٥ س ٣ ع ٣ ي}$ ψ υ φ

4J L $\frac{æE}{\%Õ×\cdot}$ L $\frac{759\ ä47\ ë\ 54^2}{4á=H5444\ H984\ ä89\cdot}$ L 0.4955

ÉLANHQ L $\frac{5}{à}$ l s F § s F $\overline{\frac{6ÉÉ}{ÙÙ}}$ p L $\frac{5}{<ä69:}$ Fs F § s F $\overline{\frac{6H<ä69:\ H4ä8=99}{844}}$ G

L r ärrstw

ÉDLANHQL ÉLANHQH >S H @

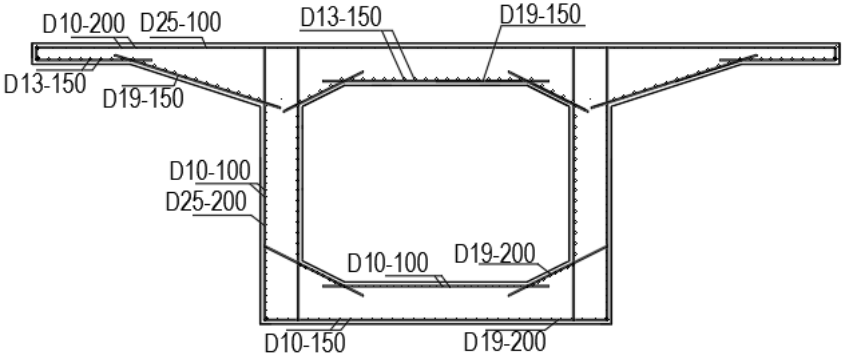
L r áruw H srrr H zvr ävw

L tŸs äwz mm^2

J L $\frac{ºÉÉ8}{º½\ 69}$ L $\frac{6=85\ ä9<}{6<8}$ L sr äıwx N ss buah

5 L $\frac{É}{á\ ?\ 5}$ L $\frac{7Û5444}{55\ ?\ 5}$ L urr mm N trr mm

Maka dipasang tulangan lentur arah D19-200 mm



Gambar 4. 39 Tulangan Segmen 1

4.6 Kehilangan gaya prategang

4.6.1 Kehilangan akibat perpendekan elastis beton (ES)

Besarnya nilai kehilangan tegangan akibat gesekan adalah sebagai berikut:

$$'5 \quad L - \text{Øæ}T' \text{ æ}T \frac{B_{\text{ö}}}{' \text{ ö}}$$

$$B_{\square} \quad \square \square F \frac{\square}{\square} F \frac{\square \square \square \square}{\square} E \square \frac{\square \square \square \square}{\square}$$

Dimana:

Kes = 1 untuk komponen struktur pratarik
= 0,5 untuk struktur pasca tarik bila kabel-kabel secara berturut- turut ditarik dengan gaya yang sama

Eci = modulus elastisitas beton saat pengangkuran

Es = Modulus elastisitas baja prategang

fcir = tegangan beton di daerah c.g.s akibat beban tetap (*dead load*)

MG = Momen akibat berat sendiri beton

Titik tinjau untuk tendon cantilever terletak pada tumpuan (joint 12) dan tendon menerus pada tumpuan (joint 12) dan tengah bentang (titik 0)

Tabel 4. 13 Kehilangan gaya Prategang akibat ES tendon 11-1

Tendon	Pengaruh tendon	F (N)	F digunakan	A (mm2)	I (mm4)	e (mm)	Ya (mm)	Yb (mm)	Mg (N.mm)	Tegangan (MPa)			Tegangan total (Mpa)
										-F/A	-F.e^2/I	Mg.e/I	
11-1 (joint 12)													
	11-2	14339000	28678000	23420000	4.11314E+13	250.000	2068.080	2569.962	1171000000	-1.225	-0.044	0.007	-1.261
	10	11210000	22420000	23420000	4.11314E+13	250.000	2068.080	2569.962	6400000000	-0.957	-0.034	0.039	-0.952
	9	9385000	18770000	23420000	4.11314E+13	250.000	2068.080	2569.962	10593600000	-0.801	-0.029	0.064	-0.766
	8	9385000	18770000	23420000	4.11314E+13	250.000	2068.080	2569.962	15768000000	-0.801	-0.029	0.096	-0.734
	7	9385000	18770000	23420000	4.11314E+13	250.000	2068.080	2569.962	20870400000	-0.801	-0.029	0.127	-0.703
	6	7821000	15642000	23420000	4.11314E+13	250.000	2068.080	2569.962	25920000000	-0.668	-0.024	0.158	-0.534
	5	7039000	14078000	23420000	4.11314E+13	250.000	2068.080	2569.962	30960000000	-0.601	-0.021	0.188	-0.434
	4	3650000	7300000	23420000	4.11314E+13	250.000	2068.080	2569.962	35968800000	-0.312	-0.011	0.219	-0.104
	3	3389000	6778000	23420000	4.11314E+13	250.000	2068.080	2569.962	40992000000	-0.289	-0.010	0.249	-0.051
	2	3128000	6256000	23420000	4.11314E+13	250.000	2068.080	2569.962	46051200000	-0.267	-0.010	0.280	0.003
	1	3389000	6778000	23420000	4.11314E+13	250.000	2068.080	2569.962	37860750000	-0.289	-0.010	0.230	-0.070
	t1	14339000	28678000	23420000	4.11314E+13	250.000	2068.080	2569.962	0	-1.225	-0.044	0.000	-1.268
	t2	14339000	28678000	23420000	4.11314E+13	250.000	2068.080	2569.962	0	-1.225	-0.044	0.000	-1.268
	t3	14339000	28678000	23420000	4.11314E+13	250	2068.080	2569.962	0	-1.225	-0.044	0.000	-1.268
Jumlah													-9.403

Tabel 4. 14 Kehilangan gaya Prategang akibat ES tendon 10

Tendon	Pengaruh tendon	F (N)	F digunakan	A (mm2)	I (mm4)	e (mm)	Mg (N.mm)	Tegangan (MPa)			Tegangan total (Mpa)
								-F/A	-F.e.ya/I	Mg.ya/I	
10 (joint 12)							1.171E+09	0	0	0.012243	0.012243
	10						6.4E+09			0.066914	0.066914
	9	9385000	18770000	23420000	4.11E+13	430.0384	1.059E+10	-0.80145	-0.08439	0.110759	-0.77509
	8	9385000	18770000	23420000	4.11E+13	430.0384	1.577E+10	-0.80145	-0.08439	0.164858	-0.72099
	7	9385000	18770000	23420000	4.11E+13	430.0384	2.087E+10	-0.80145	-0.08439	0.218205	-0.66764
	6	7821000	15642000	23420000	4.11E+13	430.0384	2.592E+10	-0.66789	-0.07033	0.271	-0.46722
	5	7039000	14078000	23420000	4.11E+13	430.0384	3.096E+10	-0.60111	-0.0633	0.323694	-0.34071
	4	3650000	7300000	23420000	4.11E+13	430.0384	3.597E+10	-0.3117	-0.03282	0.376063	0.031541
	3	3389000	6778000	23420000	4.11E+13	430.0384	4.099E+10	-0.28941	-0.03047	0.428581	0.108696
	2	3128000	6256000	23420000	4.11E+13	430.0384	4.605E+10	-0.26712	-0.02813	0.481477	0.186226
	1	3389000	6778000	23420000	4.11E+13	430.0384	3.786E+10	-0.28941	-0.03047	0.395843	0.075958
	t1	14339000	28678000	23420000	4.11E+13	430.0384	0	-1.22451	-0.12894	0	-1.35345
	t2	14339000	28678000	23420000	4.11E+13	430.0384	0	-1.22451	-0.12894	0	-1.35345
	t3	14339000	28678000	23420000	4.11E+13	430.0384	0	-1.22451	-0.12894	0	-1.35345
Jumlah											-6.55042

Kemudian untuk tendon selanjutnya dilakukan perhitungan yang sama, untuk perhitungan yang mengalami tarik jika melampaui batas ijin tarik maka digunakan tengan ijin tarik maksimum dan jika kurang dari tegangan ijin maka menggunakan nilai yang diperoleh.
Berikut adalah nilai fcir, ES dan persentase kehilangan

Tabel 4. 15 Kehilangan gaya pretegang ES tendon kantilever

Tendon	Fcir (MPa)	ES (MPa)	Persen (%)
11-1	9.403	27.187	1.462
11-2	8.135	23.521	1.265
10	6.550	18.940	1.018
9	5.423	15.680	0.843
8	8.093	23.398	1.258
7	5.729	16.565	0.891
6	2.920	8.442	0.454
5	-1.830	-5.291	-0.284
4	-1.830	-5.291	-0.284
3	-1.830	-5.291	-0.284
2	-1.830	-5.291	-0.284
1	-1.830	-5.291	-0.284
t1	-1.830	-5.291	-0.284
t2	-1.830	-5.291	-0.284
t3	-1.830	-5.291	-0.284

Kehilangan prategang pada tendon cantilever

Tabel 4. 16 Kehilangan gaya prategang akibat ES tendon m1 pada tumpuan

Tendon	Pengaruh tendon	F (N)	F digunakan	A (mm2)	I (mm4)	e (mm)	Mg (N.mm)	Tegangan (MPa)		
								-F/A	-F.e.ya/I	Resultan
m1					4.11314E+13	1850.038429	2.726E+11	0	12.25923	12.25923
	m3	14339000	28678000	23420000	4.11314E+13	1850.038429	0	-1.224509	-2.38637	-3.61088
total										8.648349

Tabel 4. 17 Kehilangan gaya prategang akibat ES Tengah bentang

m2					2.48137E+13	637.4413146	427450146	0	0.004006	0.004006
	m1	14339000	28678000	12780000	2.48137E+13	637.4413146	0	-2.243975	-0.46961	-2.71358
	m3	14339000	28678000	12780000	2.48137E+13	637.4413146	0	-2.243975	-0.46961	-2.71358
total										-5.41619
m1					2.48137E+13	232.5586854	427450146	0	0.004006	0.004006
	m3	14339000	28678000	12780000	2.48137E+13	232.5586854	0	-2.243975	-0.06251	-2.30648
total										-2.30247

Dari tabel di atas terdapat fcir yang melebihi batas ijin sehingga digunakan tegangan ijin tarik 3.77 MPa

Tabel 4. 18 Kehilangan akibat ES tendon menerus

Tendon	fcir	ES	Persen (%)
m1 (joint 12)	-3.770	-10.624	-0.571
m1 (titik 0)	2.302	6.489	0.349
m2 (titik 0)	5.416	15.264	0.821

4.6.2 Kehilangan prategang akibat gesekan (woodle effect)

Besar nilai kehilangan tegangan akibat gesekan sebagai berikut :

(ë L (4A? >Å

Dimana:
F2 = tegangan tarik satuan pada jarak L
F1 = tegangan tarik satuan pada ujung pendongkrakan
K = Koefisien wobble
μ = koefisien kelengkungan
α = sudut kelengkungan 11
L = panjang sampai titik yang ditinjau

Tabel 4. 19 Kehilangan Gaya Akibat GesekanTendon Kantilever

Tendon	K	L	KL		A	u	uxa	KL+a	e^-(KL+a)	Persen(%)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
11-1	0.0007	2	0.00140	0	0	0.15	0	0.0014	0.9986	0.28%
11-2	0.0007	2	0.00140	0	0	0.15	0	0.0014	0.9986	0.28%
10	0.0007	1.669	0.00117	0	0	0.15	0	0.0011683	0.998832	2.27%
	0.0007	1.394	0.00098	3	0.05236	0.15	0.007854	0.0088298	0.99117	
	0.0007	2	0.00140	0	0	0.15	0	0.0014	0.9986	
9	0.0007	3.836	0.00269	0	0	0.15	0	0.0026852	0.997315	1.92%
	0.0007	0.005	0.00000	1	0.017453	0.15	0.002618	0.0026215	0.997379	
	0.0007	6.16	0.00431	0	0	0.15	0	0.004312	0.995688	
8	0.0007	8.023	0.00562	0	0	0.15	0	0.0056161	0.994384	5.60%
	0.0007	0.166	0.00012	7	0.122173	0.15	0.018326	0.0184422	0.981558	
	0.0007	5.897	0.00413	0	0	0.15	0	0.0041279	0.995872	
7	0.0007	7.912	0.00554	0	0	0.15	0	0.0055384	0.994462	5.62%
	0.0007	0.016	0.00001	6	0.10472	0.15	0.015708	0.0157192	0.984281	
	0.0007	10.14	0.00710	0	0	0.15	0	0.007098	0.992902	
6	0.0007	11.922	0.00835	0	0	0.15	0	0.0083454	0.991655	5.66%
	0.0007	0.016	0.00001	5	0.087266	0.15	0.01309	0.0131012	0.986899	
	0.0007	10.14	0.00710	0	0	0.15	0	0.007098	0.992902	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
5	0.0007	15.887	0.01112	0	0	0.15	0	0.0111209	0.988879	5.17%
	0.0007	0.016	0.00001	3	0.05236	0.15	0.007854	0.0078652	0.992135	
	0.0007	10.14	0.00710	0	0	0.15	0	0.007098	0.992902	
4	0.0007	11.764	0.00823	0	0	0.15	0	0.0082348	0.991765	5.20%
	0.0007	0.002	0.00000	2	0.034907	0.15	0.005236	0.0052374	0.994763	
	0.0007	18.226	0.01276	0	0	0.15	0	0.0127582	0.987242	
3	0.0007	34	0.02380	0	0	0.15	0	0.0238	0.9762	4.76%
2	0.0007	38	0.02660	0	0	0.15	0	0.0266	0.9734	5.32%
1	0.0007	41	0.02870	0	0	0.15	0	0.0287	0.9713	5.74%
t1	0.0007	12	0.00840	0	0	0.15	0	0.0084	0.9916	5.62%
	0.0007	0.005	0.00000	6	0.10472	0.15	0.015708	0.0157115	0.984289	
	0.0007	6.061	0.00424	0	0	0.15	0	0.0042427	0.995757	
t2	0.0007	4.075	0.00285	0	0	0.15	0	0.0028525	0.997148	4.53%
	0.0007	0.007	0.00000	6	0.10472	0.15	0.015708	0.0157129	0.984287	
	0.0007	6	0.00420	0	0	0.15	0	0.0042	0.9958	
t3	0.0007	11.82	0.00827	0	0	0.15	0	0.008274	0.991726	5.11%
	0.0007	0.016	0.00001	4	0.069813	0.15	0.010472	0.0104832	0.989517	
	0.0007	10.014	0.00701	0	0	0.15	0	0.0070098	0.99299	

Tabel 4. 20 Akibat Gesekan Tendon Menerus pada tumpuan

Tendon	K	L	KL		a	u	uxa	KL+a	e^-(KL+a)	Persen(%)
m1	0.0007	14	0.0098	0	0	0.15	0	0.0070098	0.99299	5.87%
	0.0007	0.034	0.0000238	4	0.069813	0.15	0.010472	0.0042259	0.995774	
	0.0007	6	0.0042	0	0	0.15	0	0.0183309	0.981669	
m3	0.0007	18.004	0.0126028	0	0	0.15	0	0.0126028	0.987397	4.38%
	0.0007	0.011	0.0000077	2	0.034907	0.15	0.005236	0.0052437	0.994756	
	0.0007	6	0.0042	0	0	0.15	0	0.0042	0.9958	

Tabel 4. 21 Akibat Gesekan Tendon Menerus Pada Tengah bentang

m1	0.0007	13.972	0.0097804	0	0	0.15	0	0.0097804	0.99022	4.51%
	0.0007	0.028	0.0000196	4	0.069813	0.15	0.010472	0.0104916	0.989508	
	0.0007	3.5	0.00245	0	0	0.15	0	0.00245	0.99755	
m2	0.0007	1.75	0.001225	0	0	0.15	0	0.001225	0.998775	0.25%
m3	0.0007	15.229	0.0106603	0	0	0.15	0	0.0106603	0.98934	3.69%
	0.0007	0.02	0.000014	1	0.017453	0.15	0.002618	0.002632	0.997368	
	0.0007	7.5	0.00525	0	0	0.15	0	0.00525	0.99475	

4.6.3 Akibat rangkak

4% L - N ¾O:BEN F B@ ;

Dimana:

K_{cr} = 1,6 untuk struktur pasca tarik

f_{cir} = tegangan beton akibat gaya prategang efektif segera setelah diberi gaya prategang

f_{cds} = tegangan beton pada titik berat tendon akibat seluruh beban mati yang bekerja pada komponen struktur setelah diberi gaya prategang

Tabel 4.22 Kehilangan akibat rangkak tendon kantilever

Tendon	Momen (Nmm)	cgs (mm)	I (mm4)	fcir	fcds	Kcr	Es	Ec	n	CR	loss (%)
11-1	3.481E+10	250	4.113E+13	9.403	0.212	1.6	200000	35484.222	5.636	82.888	4.46%
11-2	3.481E+10	250	4.113E+13	8.135	0.212	1.6	200000	35484.222	5.636	71.453	3.84%
10	3.481E+10	430.0384	4.113E+13	6.550	0.364	1.6	200000	35484.222	5.636	55.791	3.00%
9	3.481E+10	530.0384	4.113E+13	5.423	0.449	1.6	200000	35484.222	5.636	44.861	2.41%
8	3.481E+10	1850.038	4.113E+13	8.093	1.565	1.6	200000	35484.222	5.636	58.861	3.16%
7	3.481E+10	1850.038	4.113E+13	5.729	1.565	1.6	200000	35484.222	5.636	37.549	2.02%
6	3.481E+10	1650.038	4.113E+13	2.920	1.396	1.6	200000	35484.222	5.636	13.739	0.74%
5	3.481E+10	1850.038	4.113E+13	-1.83	1.565	1.6	200000	35484.222	5.636	-21.249	-1.14%
4	3.481E+10	1643.038	4.113E+13	-1.83	1.390	1.6	200000	35484.222	5.636	-21.249	-1.14%
3	3.481E+10	957.0384	4.113E+13	-1.83	0.810	1.6	200000	35484.222	5.636	-21.249	-1.14%
2	3.481E+10	716.0384	4.113E+13	-1.83	0.606	1.6	200000	35484.222	5.636	-21.249	-1.14%
1	3.481E+10	1210.038	4.113E+13	0	1.024	1.6	200000	35484.222	5.636	-9.234	-0.50%
t1	3.481E+10	1643.038	4.113E+13	-1.83	1.390	1.6	200000	35484.222	5.636	-21.249	-1.14%
t2	3.481E+10	1643.038	4.113E+13	-1.83	1.390	1.6	200000	35484.222	5.636	-21.249	-1.14%
t3	3.481E+10	1850.038	4.113E+13	-1.83	1.565	1.6	200000	35484.222	5.636	-21.249	-1.14%

Tendon Menerus

Tabel 4. 23 Kehilangan akibat rangkak tendon kantilever Joint 12

Tendon	Momen (Nmm)	cgs (mm)	I (mm4)	fcir	fcds	Kcr	Es	Ec	n	CR	loss (%)
m1	4.104E+10	1850.038	4.113E+13	-3.77	1.846	1.6	200000	35484.222	5.636	-21.249	-1.14%
m3	4.104E+10	1306.038	4.113E+13	0	1.303	1.6	200000	35484.222	5.636	-11.752	-0.63%

Tabel 4. 24 Kehilangan akibat rangkak tendon kantilever titik 0

Tendon	Momen (Nmm)	cgs (mm)	I (mm4)	fcir	fcds	Kcr	Es	Ec	n	CR	loss (%)
m1	2.642E+10	232.559	2.481E+13	2.303	0.248	1.6	200000	35484.222	5.636	18.531	1.00%
m2	2.642E+10	637.441	2.481E+13	5.416	0.679	1.6	200000	35484.222	5.636	42.723	2.30%
m3	2.642E+10	2232.559	2.481E+13	0	2.377	1.6	200000	35484.222	5.636	-21.249	-1.14%

4.6.4 Akibat Susut

$SH = 8{,}2 \times 10^{-6}$. Ksh . Es (1-0,06 v/s)(100-RH)

Dimana:
Ksh = koefisien susut
V = volume beton
S = luas selimut yang berhubungan dengan udara
RH = kelembaban udara

Tabel 4. 25 Kehilangan Gaya Prategang Akibat susut

Joint	Panjang box (m)	H (m)	A (m2)	V (m3)	S (m2)	ES	Ksh	RH	SH	Loss (%)
12	4	4.6	23.42	93.68	207.888	200000	0.8	75	32.713	1.76%
11	4	4.6	23.42	93.68	207.888	200000	0.8	75	32.713	1.76%
10	4	4.49	16	64	191.888	200000	0.8	75	32.735	1.76%
9	4	4.385	13.242	52.968	183.888	200000	0.8	75	32.744	1.76%
8	4	4.3	13.14	52.56	175.888	200000	0.8	75	32.742	1.76%
7	4	4.22	13.044	52.176	167.888	200000	0.8	75	32.740	1.76%
6	4	4.15	12.96	51.84	159.888	200000	0.8	75	32.737	1.76%
5	4	4.1	12.9	51.6	151.888	200000	0.8	75	32.734	1.76%
4	4	4.055	12.846	51.384	143.888	200000	0.8	75	32.731	1.76%
3	4	4.025	12.81	51.24	135.888	200000	0.8	75	32.727	1.76%
2	4	4.01	12.792	51.168	127.888	200000	0.8	75	32.723	1.76%
1	3	4	12.78	38.34	89.916	200000	0.8	75	32.690	1.76%
0	0	4	12.78	38.34	0	200000	0.8	75	32.690	1.76%

4.6.5 Akibat relaksasi

Akibat Relaksasi

$$RE = [K_{re} – J (SH + CR + ES)].C$$

Dimana:
Kre, J, dan C didapat dari SH, CR, dan ES = kehilangan-kehilangan gaya prategang akibat susut, rangkak, dan perpendekan elastisitas beton

Tabel 4. 26 Kehilangan Gaya Akibat Relaksasi Tendon Kantilever

Tendon	Kre	J	C	SH	CR	Es	RE	loss (%)
11-1	138	0.15	1	32.71279	82.888	27.187	116.58173	6.27%
11-2	138	0.15	1	32.71279	71.453	23.521	118.84707	6.39%
10	138	0.15	1	32.71279	55.791	18.940	121.88354	6.55%
9	138	0.15	1	32.71279	44.861	15.680	124.01201	6.67%
8	138	0.15	1	32.71279	58.861	23.398	120.7541	6.49%
7	138	0.15	1	32.71279	37.549	16.565	124.97603	6.72%
6	138	0.15	1	32.71279	13.739	8.442	129.76593	6.98%
5	138	0.15	1	32.71279	-21.249	-5.291	137.07409	7.37%
4	138	0.15	1	32.71279	-21.249	-5.291	137.07409	7.37%
3	138	0.15	1	32.71279	-21.249	-5.291	137.07409	7.37%
2	138	0.15	1	32.71279	-21.249	-5.291	137.07409	7.37%
1	138	0.15	1	32.71279	-9.234	-5.291	135.27184	7.27%
t1	138	0.15	1	32.71279	-21.249	-5.291	137.07409	7.37%
t2	138	0.15	1	32.71279	-21.249	-5.291	137.07409	7.37%
t3	138	0.15	1	32.71279	-21.249	-5.291	137.07409	7.37%

Tabel 4. 27 Kehilangan Gaya Akibat Relaksasi Tendon Kantilever Tendon menerus pada Tumpuan

Tendon	Kre	J	C	SH	CR	Es	RE	loss (%)
m1	138	0.15	1	32.713	-21.249	-21.396	139.48983	7.50%
m3	138	0.15	1	32.713	-21.249	0.000	136.28041	7.33%

Tabel 4. 28 Kehilangan Gaya Akibat Relaksasi Tendon Kantilever Tendon menerus pada Tengah Bentang

Tendon	Kre	J	C	SH	CR	Es	RE	loss (%)
m1	138	0.15	1	32.690	18.531	13.315	128.31969	6.90%
m2	138	0.15	1	32.690	42.723	31.320	121.99003	6.56%
m3	138	0.15	1	32.690	-21.249	0.000	136.28384	7.33%

4.6.6 Kehilangan gaya Prategang Total

Kehilangan gaya Prategang Total
TL =ES+WE+CR+SH+RE

Tabel 4. 29 Kehilangan Gaya prategang total

Tendon	ES	WE	CR	SH	RE	Total
11-1	1.46%	0.28%	4.46%	1.76%	6.27%	14.22%
11-2	1.26%	0.28%	3.84%	1.76%	6.39%	13.53%
10	1.02%	0.54%	3.00%	1.76%	6.55%	12.87%
9	0.84%	1.06%	2.41%	1.76%	6.67%	12.74%
8	1.26%	5.60%	3.16%	1.76%	6.49%	18.27%
7	0.89%	5.62%	2.02%	1.76%	6.72%	17.01%
6	0.45%	5.66%	0.74%	1.76%	6.98%	15.59%
5	-0.28%	5.17%	-1.14%	1.76%	7.37%	12.88%
4	-0.28%	5.20%	-1.14%	1.76%	7.37%	12.91%
3	-0.28%	4.76%	-1.14%	1.76%	7.37%	12.46%
2	-0.28%	5.38%	-1.14%	1.76%	7.37%	13.08%
1	0.00%	5.74%	-0.50%	1.76%	7.27%	14.27%
t1	-0.28%	5.62%	-1.14%	1.76%	7.37%	13.32%
t2	-0.28%	4.53%	-1.14%	0.00%	7.37%	10.47%
t3	-0.28%	5.11%	-1.14%	0.00%	7.37%	11.05%
Tumpuan						
m1	-0.57%	4.86%	-1.14%	1.76%	7.50%	12.41%
m3	0.35%	4.38%	-0.63%	1.76%	7.33%	13.18%
Tengah Bentang						
m1	0.35%	4.51%	1.00%	1.76%	6.90%	14.52%
m2	0.82%	0.25%	2.30%	1.76%	6.56%	11.68%
m3	0.00%	3.69%	-1.14%	1.76%	7.33%	11.63%

4.7 Perencanaan Tulangan Geser

Tabel 4. 30 Gaya geser yang bekerja

Joint	Vu max (N)
0a	5838283.1
1a	3651832.9
2a	2011967.3
3a	-5949585.9
4a	-8378324.9
5a	-9671272.2
6a	-11757481.8
7a	-15149769.5
8a	-19457929.4
9a	-24166308.1
10a	-28941960.7
11	-34264157.5
12	-37371263.9
11	22711474.8
10	18013347.1
9	15365782.4
8	12787531.6
7	10611307.6
6	-12789093.0
5	-12260796.2
4	-11665864.1
3	-11052433.4
2	-10436762.6
1	-9973901.6
0	-9961247.3

Kekuatan geser batas nominal Vn tidak boleh diambil lebih besar dari jumlah kekuatan geser yang disumbangkan oleh beton dan tulangan geser:
8J = □□ □o
Retak akibat geser pada balok prategang secara umum dibedakan menjadi 2, yaitu:

4.7.1 Retak geser pada bagian badan Vcw

8?s = 8P+ 8L (persamaan 6.8-14 SNI T-12-2004)
Kontrol pada joint 12
Menggunakan tendon 11-1 dan 11-2
Feff = 34576669 N
L = 2 m
F = 0 m
Ac = 23.42 m^2
d = 4,42 m
bw = 5 m
tan à = 0
fpc = $\frac{\text{¿ñ ǩ}}{\text{º î}}$ L $\frac{58596;7:5}{\text{tuvtrrrr}}$ = 6.043013
8 = **?** **B** **E** **B** **A** **?** **?**
= r äu k¾wy E xävo T wrrr T vvtr
= 183605986 N
Vp tot = F_i tan à Ü
= 9718709.041 N
8?S = 8P+ 8L
= 183605986 + 9718709.041
= 193324695 N

4.7.2 Retak geser terlentur Vci

$$8_{\ddot{U}} = l\frac{\sqrt{\tilde{U}\tilde{n}\vec{O}}}{64} T >_{\hat{e}} T @_{p} E\ 8_{\times} E\ \frac{\ddot{I}_{\hat{O}}\ddot{e}\ \text{Æ}\tilde{y}}{\text{Æ}\emptyset_{\dot{i}}} R\ \frac{\sqrt{\tilde{U}\tilde{n}\vec{O}}}{;} T >_{\hat{e}} T @$$

$$Mcr = \frac{\hat{A}_{\dot{a}}}{\dot{i}\ \dot{i}} l\frac{\sqrt{\tilde{U}\tilde{n}\vec{O}}}{64} E\ B_{\emptyset}\ F\ B_{\times} p$$

Ditinjau pada joint 12, dimana

Vd	= 16469290 N
Vl	= 8129460 N
Vu	= 37371264 N
Mu	= 1.025 x 10^{11} Nmm
Ix	= 4.113 x 10^{13} mm^4
Ya	= 2030.038 mm
fpe total	$= \frac{\text{¿ñ}\ :\hat{O}}{^{o}\ \hat{i}} E\ \frac{\text{¿ñ}\ :\hat{O}\ \ddot{e}\ \text{Ø}\ddot{e}\ \dot{i}}{\hat{A}}$
Tendon 11-1	
$fpe_{(11-1)}$	$= \frac{555:6=66}{tuvtrrrr} E\ \frac{555:6=66\ \ \ddot{e}\ 694\ \ddot{e}\ 6474\ \ddot{a}47<}{8\ddot{a}557\ v\ 5457^{-/}}$ = 1.024587 MPa
fpe_{total}	= 11.8804 MPa
fd	$= \frac{\text{Æ}\grave{O}}{\text{Đ}\dot{i}}$ = 5.839038 MPa
Mcr	$= \frac{8\ddot{a}557\ v\ 5457}{6474\ \ddot{a}47<} \sqrt{@_{64}^{¾9;}} E\ ss\ \ddot{a}zz\ F\ w\ddot{a}zu\ A$
Mcr	= 1.54218E+11
$8_{P\hat{i}}$	$= \sqrt{@_{64}^{¾9;}} T\ wrrr\ \ T\ vvtr\ \ AE\ sxvxt\{\{\ \ E\ \frac{<56=8:4\ \ \ddot{e}\ 5\ddot{a}98\ v54^{--}}{5\ddot{a}469\ v54^{--}} R$
	$= \frac{¾9;}{;} T\ wrrr\ \ T\ vvtr$
	= 44905695 N > 7087111 N
$8_{P\hat{i}}$	= 44905695 N

Vc diambil nilai terkecil antara Vci dan Vcw pada perhitungan ini yang terkecil adalaha Vci sehingga Vc senilai 44905695 N

4.7.3 Perhitungan Tulangan Geser

Vu = 3034406.9 N

Vn = $\frac{Ï_{à}}{Î} = \frac{747884: \ ä=}{4ä}$

= 53387520 N

Vs = Vn –Vc

= 8481825 N

Vs = $\frac{5}{7}$ T¥ $\overline{B'?}$ T >ê T @

= 55617114N > 8481825 N

s max = 600 mm

Av = 4 kaki Î 25

Av = 4 x $\frac{}{8}$ T Î ^{6} = 2025.802 mm^2

S = $\frac{^{o}{}_{á}\ ë\ Ù_{á}\ ë\ \times}{Ï_{Þ}}$

= $\frac{6469\ ä<46\ ë\ 844\ ë\ 8864}{<8<5<69}$

= 422.26 mm

Direncanakan tulangan geser 4D25-200 mm

Tabel 4. 31 Penulangan Gaya Geser

Joint	Vu max N	Vn N	Vc (N)	Vs (N)	d (m)	b (m)	Vs syarat		s max	Av	s	s pakai
[redacted]												

4.8 Kontrol Kekuatan dan Stabilitas Struktur

Kontrol pada tumpuan

Mu = 8.614 x sr ^{55} Nmm

Aps = jumlah strand pada box girder x Astrand

= 1226 x 140 mm2

= 171640 mm2

bw = 5000 mm

b = 11500 mm

hf = 300 mm

dp = H-d'

= 4600-380

= 4420 mm

$$\rho = \frac{A_{ps}}{b \times d_p} = \frac{5;5:84}{9444 \times 8894} = 0.0077$$

$$f_{ps} = f_{pu}\left(1 - \frac{\rho}{\beta_1} \times \frac{f_{py}}{f_c'}\right)$$

= szxr @ $\left(1 - \frac{\text{r äv}}{\text{r äkuv}} \times \text{r äryy T}\frac{5<:4}{9;}\right)$ A

= 1545.129 MPa

6 = %

6 = #LO×BLO=171640 x 1545.129 = tzryzrnfr ät 0

%6 = 0,85×B′ ×>×=

$$= \frac{A_{ps} \times f_{ps}}{0.85 \times f_c' \times b} = \frac{\text{tzryzrnfr ät}}{4\text{ä<9} \times 9; \times 9444}$$

= 1134.563835mm

Mn = 6:I@ F $\frac{=}{t}$; = tzryzrnfr ät T:vttr F $\frac{5578\ \text{ä9:7<79}}{t}$;

Mn = 1.078 šsr ^{56} Nmm

ϕ Mn = 0.8Mn = 8.627 šsr ^{55} > Mu = 1.2 D + 1.6 L = 8.614 x sr ^{55}

Dengan cara yang sama menghitung pada saat pelaksanaan

Mu = 3.82 x sr ^{55} Nmm

Aps = jumlah strand pada box girder x Astrand

= 968 x 140 mm2

= 135520 mm2

Mn = 9.46 x sr ^{55}

□/□ = 0.8Mn = 7.57 š sr ^{55} Nmm> Mu = 3.82 x sr ^{55} Nmm

Pada saat beban lalu lintas belum bekerja
Mu = 4.303 x sr ^{55} Nmm
Aps = jumlah strand pada box girder x Astrand
= 1078 x 140 mm2
= 150920mm2
Mn = 1.014 x sr ^{56} Nmm
î / J = 0.8Mn = 8.12 šsr ^{55} Nmm> Mu =1.4D = 4.303 x sr ^{55} Nmm

Tengah Bentang
Mu = 1.418 x sr ^{55} Nmm (1.2D + 1.6L)
Aps = jumlah strand pada box girder x Astrand
= 248 x 140 mm2
= 34720 mm2
Mn = 2.295 x sr ^{55} Nmm
î / J = 0.8Mn = 1.836 š sr ^{55} Nmm > Mu =1.418 x sr ^{55}

4.9 Momen Retak

$$Mcr \quad F.e \quad \frac{F.Wb}{A} \quad fr.Wb \quad F(e \quad kt) \quad fr.Wb$$

sehingga
/ $_{5}$ = F(e+kt) dan
/ $_{6}$ = fr.W

Tabel 4. 32 Momen Crack Tumpuan pada joint 12

Tendon	Feef	e	Kb	e+Kb	M1	fr	Wt	M2
12	0	0.000	865.131	865.1311	865.1310827	5.284884105	20261369958	1.07079E+11
11	34576669.4	250.000	865.131	1115.131	34577784.52			
10	13581806.1	430.038	865.131	1295.17	13583101.28			
9	11745024.7	530.038	865.131	1395.17	11746419.84			
8	11162922.3	1850.038	865.131	2715.17	11165637.51			
7	11221840.9	1850.038	865.131	2715.17	11224556.06			
6	9356051.48	1650.038	865.131	2515.17	9358566.647			
5	8466319.15	1850.038	865.131	2715.17	8469034.316			
4	4388553.12	1643.038	865.131	2508.17	4391061.289			
3	4095768.9	957.038	865.131	1822.17	4097591.069			
2	3753188.54	716.038	865.131	1581.17	3754769.711			
1	4049271.82	1210.038	865.131	2075.17	4051346.989			
t1	17155906	1643.038	865.131	2508.17	17158414.21			
t2	17375831	1643.038	865.131	2508.17	17378339.21			
t3	17502780	1850.038	865.131	2715.17	17505495.2			
m1	12530524.3	1850.038	865.131	2715.17	12533239.47			
m2	12599419.8	1730.038	865.131	2595.17	12602014.98			
M1				=	193598237.4	Nmm		
M1+M2				=	1.07273E+11	Nmm		

Mcr =1.2 (M1+M2) = $1.287 \times 10^{11} < 0.7Mn = 6.470 \times 10^{11}$ Nmm

Tabel 4. 33 Momen Crack Tumpuan Tengah Bentang

Tendon	Feef	e	K	e+K	M1	fr	Wb	M2
m1	12530524.3	232.5587	0.80	233.36	12530757.67	5.2849	10285235538.80	54356277812
m2	3190008.15	637.4413	1.22	638.66	3190646.82			
m3	12599419.8	2232.556	0.80	2233.36	12601653.17			
M1 =					28323057.65 Nmm			
M1 + M2 =					54384600869.64 Nmm			

Mcr =1.2 (M1+M2) = 6.53 x 10^{10}< 0.7Mn = 1.377 x 10^{11} Nmm

4.10 Kontrol Torsi

4.10.1 Penyebab beban torsi

Berikut adalah penyebab terjadinya torsi :

- Akibat beben BTR

q = {T @äwE $\frac{59}{Å}$A

q = {T:räwE $\frac{59}{<7}$; = 6.127 G0 I ^{6}

M_{BTR} = $\frac{5}{6}$ T 7&. T.A>=NF=HQ?NT $\frac{<7}{6}$

= $\frac{5}{6}$ T xöty Tuäv{ ^{6} T $\frac{7}{6}$

= 1549.282672 kNm

- Akibat beban garis

P_{BGT} = 49 x (1+FBD) = 49x(1+0.3) = 63.7 kN/m

M_{BGT} = $\frac{5}{6}$ T xuäy Tuäv{ ^{6} = 388.159 kNm

- Akibat beban angin pada truk

T_{ew-2} = 0.0012 x C_w x V_w^2

dimana C_w = 1.2

V_w = 30 m/s

T_{ew-2} = 0.0012 x 1.2 x 30^2

T_{ew-2} = 1.296 kN/m

P = T_{ew-2} x 9 , panjang truck = 9 m

P = 11.664 kN

MT_{ew-2} = PT_{ew-2} x (2+y_a)

= 11.664 x (2+ 1.59)

= 41.84 kN.m

Beban angin yang bekerja pada sisi samping box girder sebesar T_{ew}. Adapun perhitungannya sebagai berikut :

a.b = luas bagian samping yang terkena angin

= 4.6 x 9 = 41.5 m^2

T_{ew-1} = 0.0006 x C_w x V_w^2 x a.b

= 0.0006 x 1.34 x 30^2 x 41.5

= 29.901N

$M\,T_{ew-1}$ = T_{ew} x (y_b - $\frac{5}{6}$ *>KT)
= 29.901 x (2.41 - $\frac{5}{6}$ v)
= 12.336 kN.m

Jadi Mtotal yang menimbulkan torsi :
Tu = 1.8 (M_{BTR} + M_{BGT}) +1.3($M\,T_{ew-1}$ + $M\,T_{ew-2}$)
Tu = 1.8 (1549.283 + 388.159) + 1.3 (12.336 + 41.84)
= 3557.828027 kN.m = 3557828027 Nmm

4.10.2 Perhitungan torsi ijin

a. Perhitungan konstanta torsi
- Pelat atas

$$ß_{Â} = \frac{4ã79}{B4ä9 > @\frac{Ê}{Ê_{-}} - AC}$$

dimana :
x1 = tebal pelat atas 400 mm
y1 = lebar pelat atas 11500 mm
maka $ß_{Â}$ = 0.451
x1 = tebal pelat badan 600 mm
y1 = lebar pelat badan 4000 mm
maka $ß_{Â}$ = 0.389

x1 = tebal pelat bawah 600 mm
y1 = lebar pelat bawah 5000 mm
maka $ß_{Â}$ = 0.402
Konstanta torsi :
$Ã\,ß_5\,äT_5^{\,6}äU_5$ = 0.451 x 400^2 x 11500 = 466764705.9
= 0.389 x 600^2 x 4000 = 560000000
= 0.402 x 600^2 x 5000 = 724137931 +
1750902637

T_{cr} = x T¥ $\overline{B^{ñ}?}$ T ¨ s E $\frac{54\ ë\ @\dot{\frac{}{}}A}{ÙñÖ}$ T $Ã\,ß_5\,äT_5^{\,6}äU_5$

T_{cr} = x T¾wy T ¨ s E $\frac{54\ ë\ @\ .\ A}{-.34,,,\ 9;}$ T 1750902637

Tcr = 1.767×10^{14} Nmm

Tu ijin = ö T6ë T 0.25

= $0.6 \times 1.767 \times 10^{14} \times 0.25$

= 2.652×10^{13} Nmm > 3.558×10^{9}

Tu ijin > Tu maka tidak memerlukan tulangan torsi

4.11 Kontrol Lendutan

Lendutan yang terjadi pada kombinasi jembatan tidak boleh lebih dari y = L/800 = 103,75 mm dimana L adalah panjang bentang yang ditinjau. Dari hasil analisa SAP didapatkan lendutan yang terjadi akibat beban servis 1D+1L+1P adalah 59,43 mm.

.

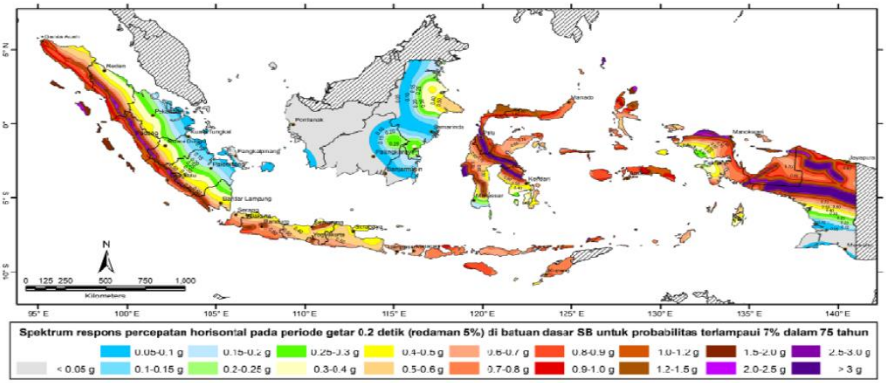
4.12 Analisa Beban Gempa

Perencanaan struktur bangunan bawah meliputi perencanaan perencanaan kolom dan perencanaan pondasi. Untuk menganalisa bangunan bawah terlebih dahulu dilakukan analisa beban gempa dengan bantuan program MIDAS

Analisa beban gempa dilakukan dengan cara menganalisa respon spectrum. Berikut data perencanaan gempa

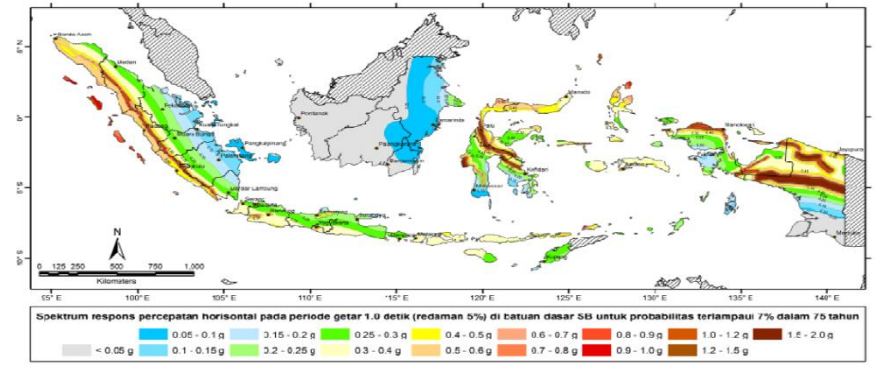
Jenis : Bangunan Jembatan

Kategoriresiko : IV



Gambar 4. 40 Peta percepatan puncak di batuan dasar (PGA) untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun.

Sesuai peta di atas, wilayah Surabaya didapatkan nilai amplifikasi pada periode $5_{æ}$ = 0.5 g.



Gambar 4. 41 Peta respon spectra percepatan 0,2 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun

Jika meninjau peta di atas maka Surabaya didapatkan nilai5_5 = 0.225 g

Jenis tanah yang terdapat pada jembatan layang Surabaya Barat jenis tanah lunak sehingga untuk klarifikasi situs dapat ditentukan dalam kelas situs Se (Tanah Lunak)
Penentuan Nilai Fa dan Fv dapat ditentukan sebagai berikut :

Tabel 4. 34 Tabel Koefisien Fa

Kelas situs	PGA ≤ 0,1 S_s ≤ 0,25	PGA = 0,2 S_s = 0,5	PGA = 0,3 S_s = 0,75	PGA = 0,4 S_s = 1,0	PGA > 0,5 S_s ≥ 1,25
Batuan Keras (SA)	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Batuan (SB)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Tanah Keras (SC)	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
Tanah Sedang (SD)	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
Tanah Lunak (SE)	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
Tanah Khusus (SF)	SS	SS	SS	SS	SS

Tabel 4. 35 Tabel Koefisien situ Fv

Kelas situs	S_1 ≤ 0,1	S_1 = 0,2	S_1 = 0,3	S_1 =0,4	S_1 ≥ 0,5
Batuan Keras (SA)	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Batuan (SB)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Tanah Keras (SC)	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
Tanah Sedang (SD)	2,4	2,0	1,8	1,6	1,5
Tanah Lunak (SE)	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
Tanah Khusus (SF)	SS	SS	SS	SS	SS

Dari table di atas dapat diperoleh nilai Fv dengan cara interpolasi

$$\frac{(R\ F\ u\ddot{a}}{r\ \ddot{a}tw\ \ F\ r\ \ddot{a}} L \frac{t\ \ddot{a}\dot{z}\ F\ u\ddot{a}}{r\ \ddot{a}\imath\ F\ r\ \ddot{a}}$$

Fv = 3.1
Fa = 1.7
Dari Fa dan Fv maka akan diperoleh nilai :
$5_{½æ}$ = Fa x $5_{æ}$
$5_{½æ}$ = 1.7 x 0.5
= 0.85
$5_{½5}$ = Fv x 5_5
$5_{½5}$ = 3.1 x 0.225
= 0.698

Dari nilaiS_{D1} , didapat zona gempa sebagai berikut :

Tabel 4. 36 Tabel zona gempa

Koefisien percepatan (S_{D1})	Zona gempa
$S_{D1} \leq 0{,}15$	1
$0{,}15 < S_{D1} \leq 0{,}30$	2
$0{,}30 < S_{D1} \leq 0{,}50$	3
$S_{D1} > 0{,}50$	4

Didapatkan zona gempa 4
Respons spectrum didapatkan nilai :

To = r ä T $\frac{\text{Ì µ -}}{\text{Ì Å}}$

To = r ä T $\frac{\text{4 ä =<}}{\text{4 ä <9}}$

To = 0.162

Ts = $\frac{\text{Ì µ -}}{\text{Ì Å}}$

Ts = $\frac{\text{4 ä =<}}{\text{4 ä <9}}$

Ts = 0.81

Syarat :

1. Untuk periode yang lebih kecil dari To, koefisien respons gempa elastic (Csm) didapatkan dari persemaaan

$$\%_{æ} \quad L \; :5_{½}ì \; F \; \#_{æ}; \frac{6}{6_4} E \; \#_{æ}$$

2. Untuk periode lebih besar dari atau sama dengan To dan lebih kecil atau sama denganTs, respons spectrum percepatan, Csm samadengan$5_{½}ì$.
3. Untuk periode lebih besar dari Ts, koefisien respons gempa elastic Csm didapatkan dari persamaan :

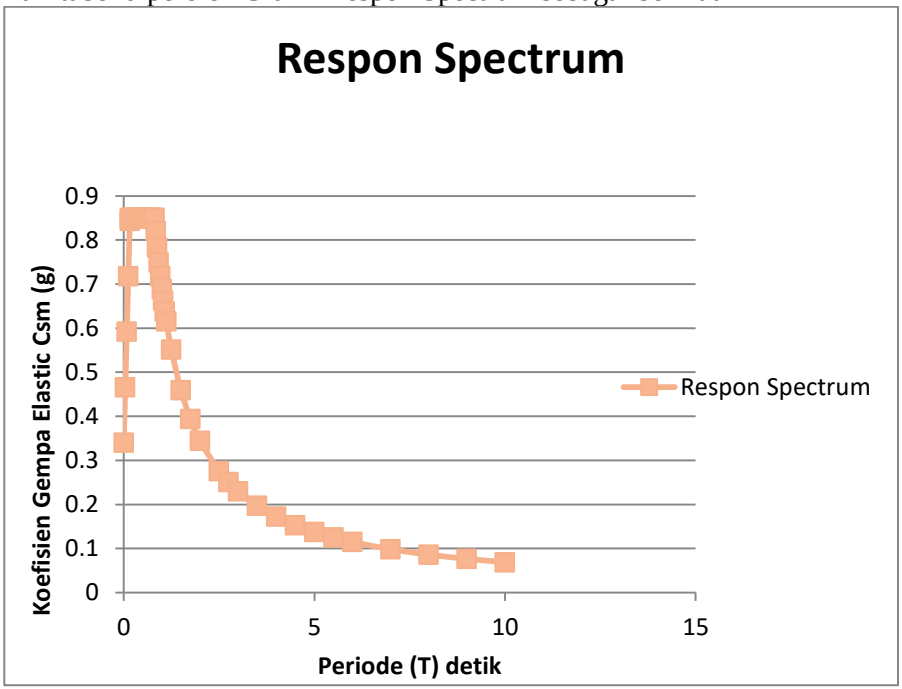
$$\%_{æ} \quad L \; \frac{5_{½}5}{6_4}$$

Dari ketentuan respons spectrum di atas maka didapa t tabel hubungan antara Csm dan T : Tabel Respons Spectrum

Tabel 4. 37 Tabel respons spectrum

T (detik)	Csm (g)	T (detik)	Csm (g)
0	0.34	1	0.689
0.04	0.465926	1.04	0.6625
0.08	0.591852	1.08	0.637963
0.12	0.717778	1.12	0.615179
0.16	0.843704	1.25	0.5512
0.162	0.85	1.5	0.459333
0.2	0.85	1.75	0.393714
0.24	0.85	2	0.3445
0.28	0.85	2.5	0.2756
0.32	0.85	2.75	0.250545
0.36	0.85	3	0.229667
0.4	0.85	3.5	0.196857
0.44	0.85	4	0.17225
0.48	0.85	4.5	0.153111
0.52	0.85	5	0.1378
0.56	0.85	5.5	0.125273
0.6	0.85	6	0.114833
0.64	0.85	7	0.098429
0.68	0.85	8	0.086125
0.72	0.85	9	0.076556
0.76	0.85	10	0.0689
0.8	0.85		
0.81	0.85		
0.84	0.820238		
0.88	0.782955		
0.92	0.748913		
0.96	0.717708		

Dari tabel diperoleh Grafik Respon Spectrum sebagai berikut



Grafik 4. 4 Respons spectrum

4.13 Pembebanan horizontal akibat gempa

Pembebanan horizontal akibat gempa mengacu pada RSNI 1725-2004 dengan koefisien –koefisien sesuai dengan SNI 2833-2013. Gaya horizontal statis dicari berdasarkan rumus sebagai berikut :

Keterangan :

' Ê adalah gaya gempa horizontal statis

% adalah koefisien respons gempa elastic

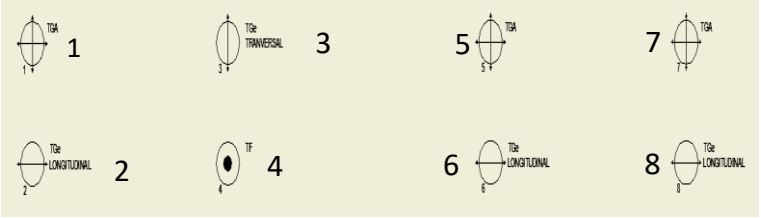
4 × adalah faktor modifikasi respons

9 ç adalah berat total struktur

Mencari nilai Wt

Nilai Wt didapatkan dari program bantu analisa struktur MIDAS Civil dengan kombinasi pembebanan beban hidup dan beban mati sesuai dengan kombinasi envelope ultimate

Reaksi vertical pada perletakan



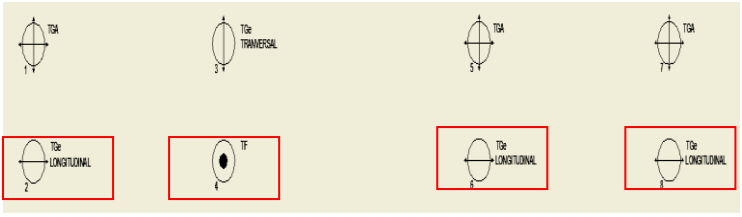
Gambar 4. 42 Penamaan Titik Perletakan

Tabel 4. 38 Reaksi vertical pada perletakan

Titik	Kombinasi	Gaya Vertikal (kN)
1	mati+mati tambahan	1306.2
2	mati+mati tambahan	1306.2
3	mati+mati tambahan	23419.06
4	mati+mati tambahan	23419.06
5	mati+mati tambahan	23419.06
6	mati+mati tambahan	23419.06
7	mati+mati tambahan	1306.2
8	mati+mati tambahan	1306.2
Total		98901.04

Gaya pada pot bearing
Gaya horizontal arah-y (melintang)
Gaya horizontal arah-y diterima oleh 4 buah POT bearing

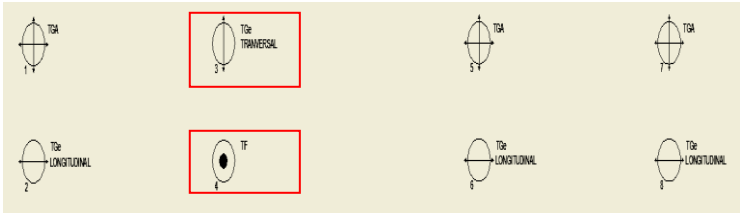
' ä L %æ / 4 × T 9 ç
' ä L r äzw / t T ztfs ärv / v
' ä = 10508.24 kN



Gambar 4. 43 Pot Bearing Penahan Gaya Horizontal (arah-y)

Gaya horizontal arah-x (memanjang)

' ä L %æ / 4 × T 9 ç
' ä L r äzw / t T ztfs ärv / t
' ä = 21016.47 kN



Gambar 4. 44 Pot Bearing Penahan Gaya Horizontal (arah-x)

Gaya Horizontal Arah-x (Memanjang)

Pembebanan vertical menggunakan kombinasi Envelope Ultimate sesuai dengan code AREMA. Untuk menghitung gaya vertical yang terjadi pada perletakan digunakan program bantu Midas Civil. Gaya vertikal yang terjadi sebagai berikut.

Tabel 4. 39 Beban Gaya Vertikal

Titik	Kombinasi	Gaya Vertikal (kN)
1	beban envelope max	4906.8
2	beban envelope max	4906.8
3	beban envelope max	31550.28
4	beban envelope max	31550.28
5	beban envelope max	31550.28
6	beban envelope max	31550.28
7	beban envelope max	4906.8
8	beban envelope max	4906.8
Total		145828.32

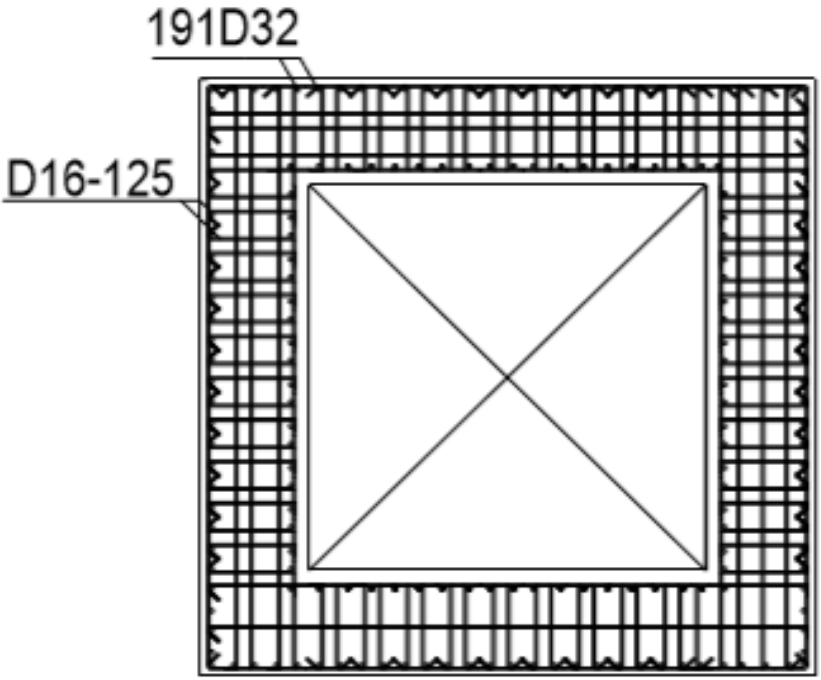
Pemilihan POT bearing

Pemilihan POT Bearing sesuai dengan brosur VSL yang dengan AASHTO. Terdapat pada lampiran.

Tabel 4. 40 Spesifikasi Pot Bearing yang digunakan

Nomor	Beban Aktuan (kN)			Jenis	Spec PB (kN)		Tipe P.B
	Fx	Fy	Fz		Vertikal	Horizontal	
1			4906.8	Free	5580	167	PL 560/400 AA
2		10508.24	4906.8	Longitudinal			PU tipe khusus
3	21016.47		31550.28	Transversal			PU tipe khusus
4	21016.47	10508.24	31550.28	Fixed			PF tipe khusus
5			31550.28	Free	33480	1004	PL 3350/2400 AA
6		10508.24	31550.28	Longitudinal			PU tipe khusus
7			4906.8	Free	5580	167	PL 560/400 AA
8		10508.24	4906.8	Longitudinal			PU tipe khusus

4.14 Perencanaan Kolom



Gambar 4. 45 Dimensi Kolom

Direncanakan dimensi kolom yang digunakan adalah b=4.5 m dan h= 4.5m

Sebelum menghitung kolom dilakukan pengontrolan terhadap gaya gempa $V_{dinamik}$ yang diperoleh dari midas dibangding dengan V_{statik} secara manual. Nilai yang memenuhi syarat $V_{dinamik} \geq 0.85V_{statik}$

V_{statik}

$$' \hat{E} L \frac{\%a}{4} H 9 \ç$$

Wtotal (hidup dan mati) = 160780.4 kN
C_{sm} = 0.85
R = 2

$$' \hat{E} L \frac{r äzw}{t} H sxryzr \quad äv$$

$$' \hat{E} L \ xzuus \ äx\{ \ kN$$

$V_{dinamik}$

Pilar P-D = 10490 kN
P-E = 32480 kN
P-F = 32480 kN
P-G = 10490 kN +
Total = 85490 kN

Kontrol $0.85V_{statik}$ $\leq V_{dinamik}$
0.85 x xzuus äx{ $\leq$ 85490
58081.94 $\leq$ 85490 OK

4.14.1 Perencanaan Kolom PE

Data perencanaan kolom PE adalah sebagai berikut :

k = 1.2
f'c = 40 MPa
Ec = 29725.41
$Ú_1$ = 0.76
fy = 400 MPa
Es = 200000 MPa
b = 4.5 m
h = 4.5 m
l = 6.05 m
A = 11.84 m^2
Ix = 23.83 m^4
Iy = 23.83 m^4
r = 1.44 m

Cek kelangsingan struktur bergoyang

$\frac{Þ ß_a}{å} < 22, \frac{5ã6 ë : ä49}{5ã88} = 5.042 < 22$

Maka termasuk kategori kolom pendek sehingga pengaruh kelangsingan struktur diabaikan.

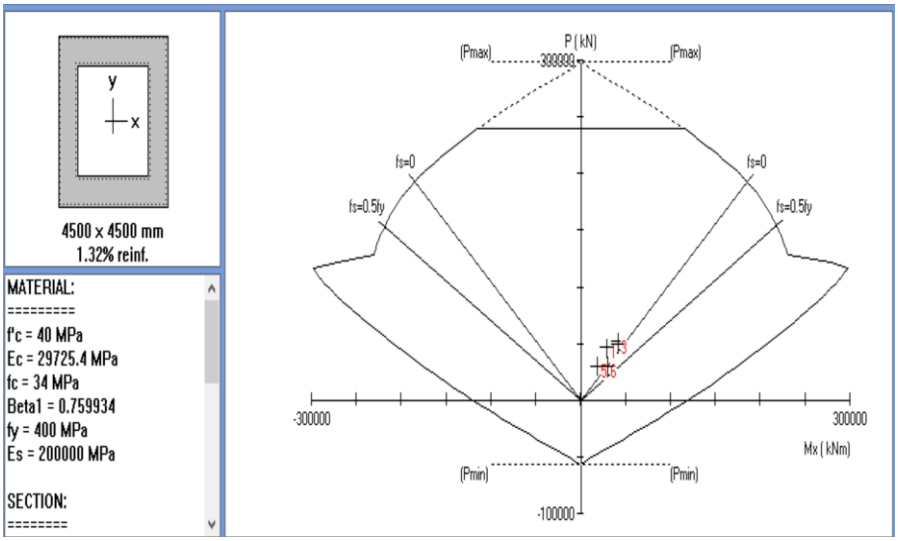
Beban yang bekerja pada kolom

Tabel 4. 41 Tabel kombinasi beban

Kombinasi	Pu (kN)	Vx (kN)	Mx (kN.m)
1.4 D	46838.07	7459.2	30143.4
1.2D + 1.6L	63100.56	7953.6	33968
1.2D + L +E	54492.96	39848.6	158807.2
0.9D + W	30120.43	4795.2	19377.9
0.9D - W	30099.94	4795.2	19377.9
0.9D+E	30110.19	37650.2	143617.9

4.14.2 Tulangan Lentur

Sesuai RSNI T-12-2004 Pasal 5.7.8.1 bahwa rasio dari tulangan memanjang kolom harus tidak kurang dari 0,01 Ag dan tidak melebihi 0,8 Ag. Dengan program SPColumn direncanakan tulangan dengan rasio 1,32% sehingga didapatkan tulangan 191, D32 dengan As = 156505 mm^2



Gambar 4. 46 Hasil PC Acol

4.14.3 Tulangan geser

Rekapitulasi gaya yang bekerja pada kolom

Vux = 39848.6 kN
Pu = 63100.56 + 7562.5 = 70663.06 kN
Mux = 158807.2 kN.m
f'c = 40 MPa
fy = 400 MPa
h = 4500 mm
b = 4500 mm
Dtul = 16 mm
As tul = 199 mm^2

- Kontrol Kapasitas geser

Vc = l s E $\frac{Ç_{à}}{58^{o}\,Ò}$p $\frac{¥\,\overline{Ù^{o}Ö}}{:}$ >ê ä@

Vc = 26040527.34 N = 26041 kN

Î Vc = 18228 kN

Vu max = 39848.6 kN

Î Vc < Vu maka dibutuhkan tulangan geser

Vu<Î Vn, Vn =Vc+Vs

Vs_{min} = $\frac{^{o}\,á\,ø\,Ô\;ã\;ñ\overline{N}\;ã\;Ï}{æ}$, s =125 mm

Av_{min} = r ärxt ¥ $\overline{B'?}$ $\frac{Õ_{à}\;è}{Ù_{ß}}$, fyt =420 MPa $\underline{\geq}$ r äuw>ê @

Av_{min} = $\underline{1050.32794}$ mm^2 $\underline{\geq}$ 984.375 mm^2

Vs_{min} = 14929781.4 N = 1.49 x 10^4 kN

V_{max} = r äuu ¥ $\overline{B'?}$ T >S T @

= 41719107 N = 4.17 x 10^4 kN

Nilai As tidak boleh melebihi

A_{sh} = r äuT $\frac{ëe\;Õ_{l}\,è\overline{Ù}\;ñÖ}{Ù_{ß}}$ B@ $\frac{^{o}\,Ò}{Î\,Ó}$AF s C

= 77860556.6 mm^2

A_{sh} = r ä{ T $\frac{ëe\;Õ_{l}\,è\overline{Ù}\;ñÖ}{Ù_{ß}}$

= $\underline{4821.42857}$ mm^2

Vs = $\frac{^{o}\,þÓ\,ë\,Ù_{à}\;ë\;×}{æ}$

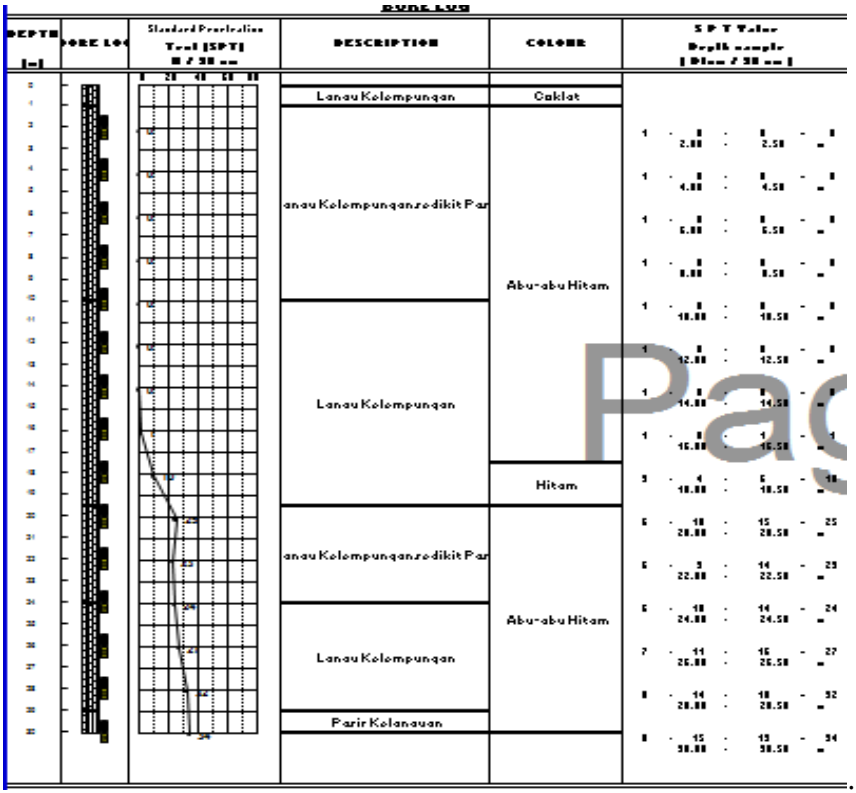
Vs = 34266857.1 N = 3.43 x 10^4 kN

Vn = Vc+Vs = 60307.86 kN

Î Vn = 42215.5 kN

4.15 Perencanaan Kebutuhan Pondasi

Analisa Data Tanah dan Daya Dukung Pondasi Data tanah asli di lokasi jembatan berupa hasil Standard Peretration Test (SPT) di titik BM-1, yang dilakukan sedalam 30 m. Perhitungan kebutuhan daya dukung pondasi meliputi kapasitas aksial dari kekuatan daya dukung tanah yang ada dengan menggunakan Metode Luciano Decourt. Tiang pancang yang digunakan adalah Tiang Pancang ICP Spun Pile dengan diameter 1200 mm kelas C



Gambar 4. 47 Hasil tes SPT

4.15.1 Daya dukung tiang pondasi berdasarkan hasil SPT denga metode Luciano Decourt (1996)

Harga N koreksi

HargaN di bawahmuka airtanahharusdikoreksimenjadi N' berdasarkanperumusansebagaiberikut: (TERZAGHI & PECK)

$$N' \quad 15 \quad 0.5\,N \quad 15$$

Dimana:

N = Jumlahpukulankenyataan di lapanganuntuk di bawahmuka air tanah

N' = Harga N terkoreksikarena N dibawahmuka air tanah

Metode Luciano Decourt (1996):

$$Q_L \quad Q_P \quad Q_S$$

Dimana :

Q_L = Daya dukung tanah maksimum pada pondasi

Q_P = Daya dukung pada dasar pondasi

Q_S = Daya dukung akibat lekatan lateral

$$Q_P \qquad q_P A_P \qquad N_P K \; A_P$$

Dimana:

$\check{N}_P$ = Harga rata-rata SPT disekitar 4B di atas hingga 4B di bawah dasar tiang pondasi (B = diameter pondasi) = $\sum_{i\ 1}^{n} \frac{Ni}{n}$.

K = Koefisien karakteristik tanah:
- 12 t/m^2, untuk lempung
- 20 t/m^2, untuk lanau berlempung
- 25 t/m^2, untuk lanau berpasir
- 40 t/m^2, untuk pasir

A_P = Luas penampang dasar tiang

q_P = Tegangan diujung tiang

= Base coefficient = 1,00 untuk driven pile (tiang pancang)

$$Q_s \qquad q_s A_s \qquad N_s / 3 \quad 1\, A_s$$

Dimana :

q_S = Tegangan akibat lekatan lateral dalam t/m^2

$\check{N}_S$ = Harga rata-rata sepanjang tiang yang tertanam, dengan batasan : $3 \leq N \leq 50$

A_P = Keliling x panjang tiang yang terbenam (luas selimut tiang)

= Shaft coefficient = 1,00 untuk driven pile

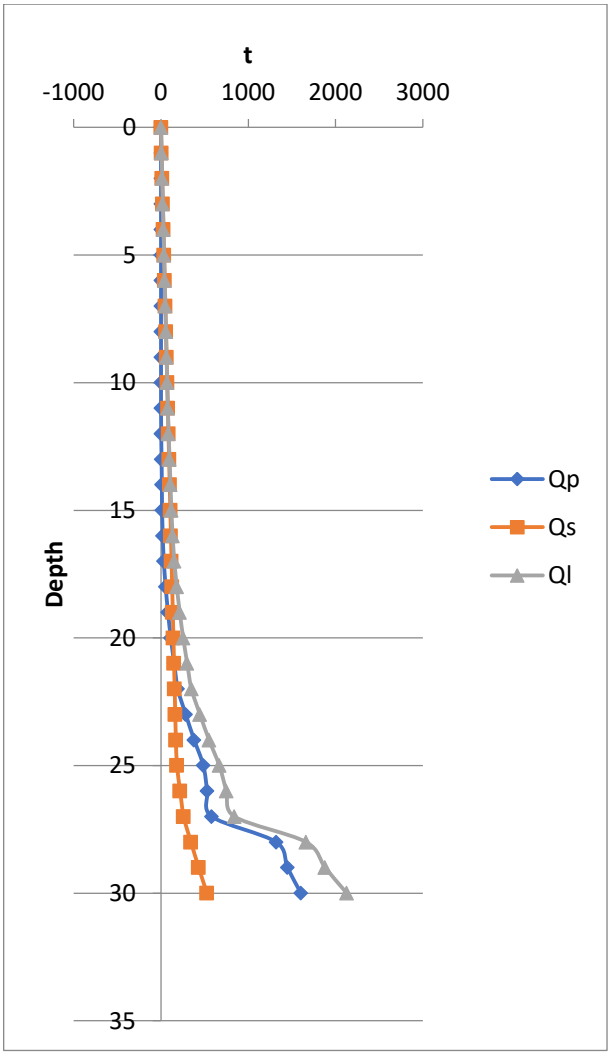
Tabel 4. 42 Nilai α dan β untuk tiang pondasi

Pile/Soil	Clay		Intermediate Soil		Sands	
	Ù	**Ú**	**Ù**	**Ú**	**Ù**	**Ú**
1 Driven Pile	1	1	1	1	1	
2 Bored Pile	0.85	0.8	0.6	0.65	0.5	0.5
3 Injected Pile	1	3	1	3	1	3

(Sumber: Decourt & Quaresma, 1978 & Decout et al, 1996)

Tabel 4. 43 Hasil kekuatan data tanah

Depth (m)	Jenis tanah	NSPT	N'	Np	K	qp	Qp (ton)	Ns	Ns yg ambil	qs	As	Qs	Qtot	Qu (t)	Qultimate
0	Lanau	0	0	0	12	0	0	0	3	2	0	0	0	0	#DIV/0!
1	Lanau	0	0	0	12	0	0	0	3	2	3.549	7.099	7.099	3.549	1682.047
2	Lanau	0	0	0	12	0	0	0	3	2	7.099	14.198	14.198	7.099	841.023
3	Lanau	0	0	0	12	0	0	0	3	2	10.648	21.297	21.297	10.648	560.682
4	Lanau	0	0	0	12	0	0	0	3	2	14.198	28.396	28.396	14.198	420.512
5	Lanau	0	0	0	12	0	0	0	3	2	17.747	35.495	35.495	17.747	336.409
6	Lanau	0	0	0	12	0	0	0	3	2	21.297	42.593	42.593	21.297	280.341
7	Lanau	0	0	0	12	0	0	0	3	2	24.846	49.692	49.692	24.846	240.292
8	Lanau	0	0	0	12	0	0	0	3	2	28.396	56.791	56.791	28.396	210.256
9	Lanau	0	0	0	12	0	0	0	3	2	31.945	63.890	63.890	31.945	186.894
10	Lanau	0	0	0	12	0	0	0	3	2	35.495	70.989	70.989	35.495	168.205
11	Lanau	0	0	0	12	0	0	0	3	2	39.044	78.088	78.088	39.044	152.913
12	Lanau	0	0	0.15	12	1.8	2.03472	0	3	2	42.593	85.187	87.222	43.611	136.901
13	Lanau	0	0	0.45	12	5.4	6.10416	0	3	2	46.143	92.286	98.390	49.195	121.361
14	Lanau	0	0	0.7	12	8.4	9.49536	0	3	2	49.692	99.385	108.880	54.440	109.668
15	Lanau	0	0	0.9	12	10.800	12.208	0	3	2	53.242	106.484	118.692	59.346	100.602
16	Lanau	0	0	1.45	12	17.400	19.669	0	3	2	56.791	113.583	133.252	66.626	89.610
17	Lanau	1.5	1.5	2.35	12	28.200	31.877	0.083	3	2	60.341	120.682	152.559	76.279	78.270
18	Lanau	3	3	3.925	12	47.100	53.242	0.237	3	2	63.890	127.780	181.022	90.511	65.963
19	Lanau	2.5	2.5	5.875	12	70.500	79.693	0.350	3	2	67.440	134.879	214.573	107.286	55.649
20	Lanau	2	2	8.275	12	99.300	112.249	0.429	3	2	70.989	141.978	254.227	127.113	46.969
21	Lanau	5.5	5.5	11.125	12	133.500	150.908	0.659	3	2	74.539	149.077	299.986	149.993	39.804
22	Lanau	9	9	14.175	12	170.100	192.281	1.022	3	2	78.088	156.176	348.457	174.229	34.267
23	Lanau	16.5	15.75	20.875	12	250.500	283.165	1.635	3	2	81.637	163.275	446.440	223.220	26.746
24	Lanau	24	19.5	28.063	12	336.750	380.662	2.350	3	2	85.187	170.374	551.036	275.518	21.670
25	Lanau	33	24	35.738	12	428.850	484.772	3.183	3.183	2.061	88.736	182.877	667.649	333.824	17.885
26	Lanau	42	28.5	39.097	12	469.167	530.346	4.120	4.120	2.373	92.286	219.036	749.382	374.691	15.934
27	Lanau	49	32	42.859	12	514.313	581.379	5.116	5.116	2.705	95.835	259.269	840.648	420.324	14.204
28	Pasir Kelanauan	56	70	46.732	25	1168.304	1320.650	7.353	7.353	3.451	99.385	342.992	1663.642	831.821	7.177
29	Pasir Kelanauan	59.5	74.38	51.271	25	1281.771	1448.914	9.588	9.588	4.196	102.934	431.895	1880.809	940.404	6.349
30	Pasir Kelanauan	63	78.75	56.725	25	1418.125	1603.049	11.819	11.819	4.940	106.484	525.978	2129.026	1064.513	5.609



Grafik 4. 5 Grafik kekuatan tanah

4.15.2 Daya Dukung Pondasi Tunggal

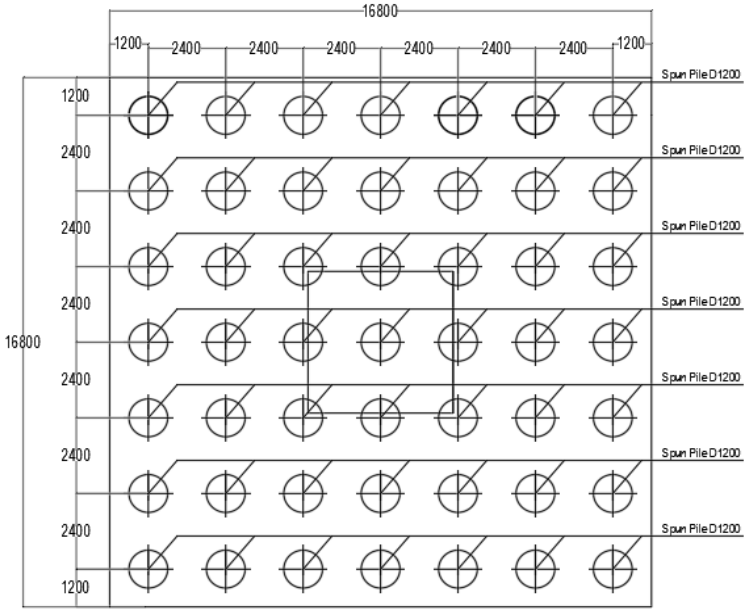
Untuk pondasi pilar jembatan layang lingkar barat Surabaya direncanakan menggunakan pondasi tiang pancang produk ICP Spun Pile beton. Spesifikasi tiang pancang yang akan digunakan adalah sebagai berikut:

Diameter	= 1200 mm
Tebal	= 150 mm
Type	= A3
Allowable axial	= 898 ton
Bending momen crack	= 158.310 ton.m
Bending momen ultimate	= 333.13 ton.m

Dari hasil perhitungan daya dukung pondasi didapatkan bahwa untuk kedalaman 20 m daya dukung tiang pondasi friction end bearing adalah 898 ton (diameter 1200 mm), sehingga Qijin = 898/3 = 299 ton > 254.227 ton (allowable axial). Karena daya dukung ijin tanah terhadap pondasi lebih kecil daripada beban aksial ijin tiang pancang, maka digunakan beban aksial ijin 1 tiang = 254.227 ton.

4.15.3 Daya Dukung Pondasi Kelompok

Direncanakan menggunakan 49 tiang pancang dengan konfigurasi sebagai berikut:



Gambar 4. 48 Desain tiang pancang

Daya dukung tiang pancang tunggal
Jarak antar tiang pancang
$2D < S < 3D$
$2400 \leq S \leq 3600$
$S = 2400$ mm

Jarak tiang pancang ke tepi
$D \leq S \leq 2D$
$1200 \leq S_1 \leq 2400$
$S_1 = 1200$ mm

4.15.4 Efisiensi tiang pancang kelompok

Untuk daya dukung pondasi kelompok harus dikoreksi terlebih dahulu dengan apa yang disebut koefisien efisiensi (ß). Daya dukung pondasi kelompok menurut Converse Labarre.
Efisiensi:

ß L s F $\frac{\text{parl}_{_} \quad @\hat{}\text{A}}{=4}$ عي ς طي°ـح طي°ـح

Dimana :
D = diameter tiang pancang
S = jarak antar tiang pancang
m = jumlah baris tiang pancang dalam grup = 7
n = jumlah kolom tiang pancang dalam grup = 7

ß L s F $\frac{\text{parl}_{_} \quad @^{2,,}\text{—A}}{=4,,}$ عي ς طي°ـ٥ طي°ـ٥

L 0.994

Sehingga :

3 L ß H 3EFEJPE=JCH J
L r á H tvu á H v{
L 11.833 x 10^3 R 4.780 x 10^3 t (OK)

Perhitungan BebanAksial Maksimum Pondasi Kelompok Momen yang bekerja pada poer akibat adanya gaya horizontal:

2I=T L $\frac{\text{ÃÏ}}{\text{á}}$ E $\frac{\text{æÆ æô}}{\text{ÃÜ ·}}$ E $\frac{\text{æÆ æô}}{\text{ÃÜ ·}}$

Dimana :
P_i = Total beban yang bekerja pada tiang yang ditinjau
y_{max} = jarak maksimum tiang yang ditinjau dalam arah y
x_{max} = jarak maksimum tiang yang ditinjau dalam arah x
Σx_i^2 = jumlah kuadrat jarak tiang pancang terhadap as poer arah x
Σy_i^2 = jumlah kuadrat jarak tiang pancang terhadap as poer arah y

? ??	L sv : ytrr 6;	L 725760000 mm^2	L ytw äyx m^2
ÃUÉ	L sv : ytrr 6;	L 725760000 mm^2	L ytw äyx m^2
ÃTÉ	L sv : vzrr 6;	L 322560000 mm^2	L utt äwx m^2
ÃUÉ	L sv : vzrr 6;	L 322560000 mm^2	L utt äwx m^2
ÃTÉ	L sv : tvrr 6;	L 80640000 mm^2	L zr äxv m^2
ÃUÉ	L sv : tvrr 6;	L 80640000 mm^2	L zr äxv m^2

Momen yang bekerja:

/T L /QT E : *U H P; L 3119.24 E : s äıv Tt äw;
L 3121.9108 tm

/U L /QU E : *T H P; L r E : 478.785 H t äw;
L 1196.96343 tm

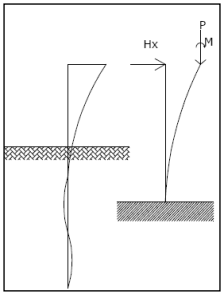
Pu = 4780 t
Pilecap = 984.312t+
Vu = 5764.312 t

Sehingga didapatkan:

2I=T L $\frac{9;:8\ \ddot{a}756}{8=}$ E $\frac{7565\ \ddot{a}=55\ \ddot{e}\ ;\ \ddot{a}6}{;69\ \ddot{a}:\ >766\ \ddot{a}9:\ ><4\ \ddot{a}8}$ E $\frac{55=:\ \ddot{a}=:\ \ddot{e}\ ;\ \ddot{a}6}{556=}$

= svwäs Q twväty t (OK)

4.15.5 Kontrol Kekuatan Tiang Terhadap Gaya Lateral Interior



Gambar 4. 49 Diagram Gaya Lateral Tiang Pondasi

Panjang jepitan kritis tanah terhadap tiang pondasi menurut metode Foray dan Puech dimana kedalaman minimal tanah terhadap tiang pondasi didapat dari harga terbesar dari gaya-gaya berikut :

.A L ¾$ H tw H : s E $\frac{\tilde{a}}{54}$;

L 125.268 cm

L s ätw m

/U L .A H *U L s ätw H s äuv L s äxy tm

/U : s PE=JCL=J?=JC; L $\frac{\text{ÿÆ}}{\text{á}}$ L $\frac{5\ddot{a}<87}{;}$ L r äu{ tm

/>AJ@JC?N=?G L swz äus tm

/U : s PE=JCL=J?=JC; Q />AJ@JC?N=?G (OK)

/T L .A H *T L s ätw H vyz äy{ L w{ äyxu tm

/T : s PE=JCL=J?=JC; L $\frac{\text{æÆ}}{\text{á}}$ L $\frac{9==\ddot{a}:7}{;}$ L zwäxz tm

/>AJ@JC?N=?G L swz äus tm

/T : s PE=JCL=J?=JC ; Q />AJ@JC?N=?G (OK)

4.16 Perencanaan Poer

Pada penulangan lentur poer dianalisa sebagai balok kantilever dengan perletakan jepit pada kolom. Beban yang bekerja adalah beban terpusat dari tiang sebesar P dan berat sendiri poer sebesar q. perhitungan gaya dalam pada poer diperoleh dengan mekanika statis tertentu.

Data-data perencanaan :

Dimensi poer (B x L)	= 16800 x 16800 mm
Tebal poer (t)	= 2500 mm
f'c	= 40 MPa
Berat volume beton	= 2.4 t/m^3
Diameter tulangan utama	= 29 mm
Dimensi kolom	= 4500 × 4500 mm
Tebal selimut beton	= 75 mm
Tinggi efektif balok poer	

Arah x (d_x)= 2500 – 75 – ½ .28.7 = 2410.5 mm
Arah y (d_y)= 2500 – 75 – 29 – ½.28.7 = 2381.5 mm

4.16. 1 Penulangan Poer

Untuk penulangan lentur, poer dianalisis sebagai balok kantilever dengan perletakan jepit pada kolom. Sedangkan beban yang bekerja adalah beban terpusat di tiang kolom yang menyebabkan reaksi pada tanah dan berat sendiri poer. Perhitungan gaya dalam pada poer didapat dengan teori mekanika statis tertentu.

Penulangan Arah X

[illegible] L 1246.372 t
[illegible] L 1.2*145.187 L 174.224 t

Penulangan Arah X

Penulangan lentur:
2Q L 174.224 t
MQ L ut äwx t/m layer 0.8 m, 68.544 t/m layer 1.7 m

Momen – momen yang bekerja:

/ L : 2P H T; F @ 5/6 MH H A
L : y H syv ätv : väv E t äwwE r äsw; F svys ätw
L 7858.7 tm
L 78586994939 Nmm

[illegible] L 5å3/Ù L 5å3/844 L r árruw

I L Ù/4á<9HÙ سي ٢ ي/[illegible] سي ρ [illegible] φ υ

4J L æE/%Õ× · L ;<9<:==8=7=/4á=H5444 H6854 ä· L swärru

[illegible] L 5/à l s F § s F 6[illegible]/Ù p L 5/55ä:9 Fs F § s F 6H55ä:9 H59ä47/844 G

L r ärwxs

[illegible]

L r árwxs H srrr H2410.5

L 135104.1688 mm^2

J L $\frac{\text{[illegible]}}{\text{[illegible]}}$ L $\frac{579548\ \text{ä5:<<}}{:89}$ L tr{ ävxu N tsr buah

5 L $\frac{\text{[illegible]}}{\text{á ? 5}}$ L $\frac{5:<44}{654 ? 5}$ L zr äuz mm

Maka dipasang tulangan lentur arah X D29-75 mm

Penulangan Arah Y

[illegible] L [illegible]1246.372 t

[illegible] L [illegible] L 1.2*145.187 L 174.224 t

Penulangan Arah Y

Penulangan lentur:

2Q L 174.224 t

MQ L ut äwx t/m layer 0.8 m, 68.544 t/m layer 1.7 m

Momen – momen yang bekerja:

/ L : 2P H T; F $\frac{5}{6}$ MH H[illegible]A

L : y H syv ätv : väv E t äwwE r äsw; F svys ätw

L 7858.7 tm

L 78586994939 Nmm

[illegible]EJ L $\frac{5\text{ä}8}{\text{Ù}}$ L $\frac{5\text{ä}8}{844}$ L r áruw

I L $\frac{\text{Ù}}{4\text{á<9HÙ}\ \text{ت}\ \text{سي}}$ $\frac{\text{ي ي ٢}}{\text{ي ٢ ٢ ٢}\ \text{سي}}$ ρ [illegible]X φ υ

4J L $\frac{\text{[illegible]}}{\%\tilde{O}\times\cdot}$ L $\frac{;<9<:==8=7=}{4\text{á=H5444 H67<5 ä}\cdot}$ L 15.39

[illegible]LANHQL $\frac{5}{\text{à}}$ l s F § $\sqrt{\text{s F}\ \frac{6\text{[illegible]}}{\text{Ù}}}$ p L $\frac{5}{55\text{ä:9}}$ Fs F § $\sqrt{\text{s F}\ \frac{6\text{H55ä:9 ë59ä7=}}{844}}$ G

L 0.06

[illegible]LANHQL [illegible]LANHQH >S H @

L r árx H srrr H tuzs äw

L 140247.3796 mm^2

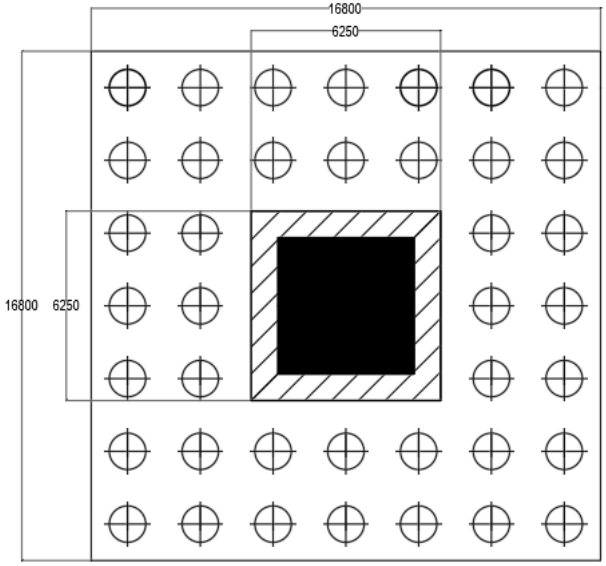
P L °Ø8 / °½ 6= L 58468; ä7;=: / :89 L 217.44 N tsz buah

5 L Ø / á ? 5 L 5:<44 / 65< ? 5 L yyävt mm

Maka dipasang tulangan lentur arah Y D29-75 mm

4.16. 2 Punching Shear

Bagian geser adalah pada d/2 dari muka kolom, seperti pada gambar dibawah.



Gambar 4. 50 Critical Punching Surface

a1 = 6.25 m
b1 = 6.25 m
U = 2 (a1+b1) = 25 m

Pada SNI tidak memberikan prosedur eksplisit untuk memperhitungkan *punching load* pada pile cap. Sehingga punching load dapat diasumsikan sama dengan beban kolom dikurang berat dari bagian pile yang terletak pada d/2 (1200/2=600mm). Punching Load bisa diperhitungkan sebagai berikut:

$\lambda = 0{,}375$

$\beta = 1$

Pu,punch = Pu + Wu – P pile(dalam d/2)
= Pu + Wu – (n. λ. Pu,pile)
= 47800+ 1181.1744 – (49x0,375x1216.6)
= 26626.1494 kN

Tegangan geser pada Punching area:

τu = Pu,punch/(U.d)
= 26626.1494 / (25000 x 2500) = 0.004MPa

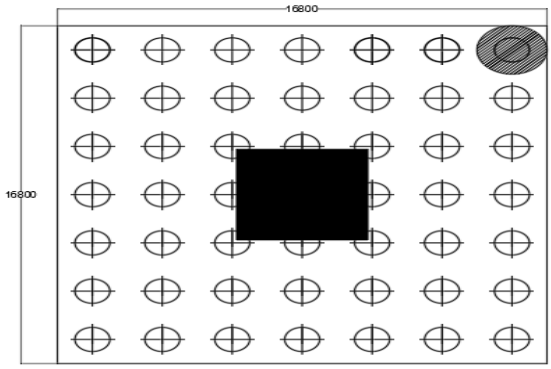
8Ö = $\frac{5}{7}$ T ¥ $\overline{\text{Bñ?}}$ T 7 T @
= $\frac{5}{7}$ T ¾$\overline{\text{vr}}$ T twrrr T twrr
= 131761569N

Kapasitas geser beton:

Vc = 1.318×10^8 N > Pu,puch= 2.663×10^7 N (OK)

τc = $0{,}33\ \lambda\ (f'_c)^{0.5}$
= $0{,}33 \times 1 \times (40)^{0.5}$
= 2.087 MPa > τu = 0,004 MPa (OK)

Sehingga ketebalan pile cap memenuhi persyaratan untuk punching shear.



Gambar 4. 51 Kritical Punching Pile

Pu,pile = 1216.6 kN
U = 7.54 m
Tegangan geser ultimate:
τu = Pu,pile/U.d = 2433200 / 7540 x 1500 = 0,215 MPa
τu = 0,215 MPa < τc = 2.087 MPa (OK)

4.17 Metode Pelaksanaan

4.17.1 Umum

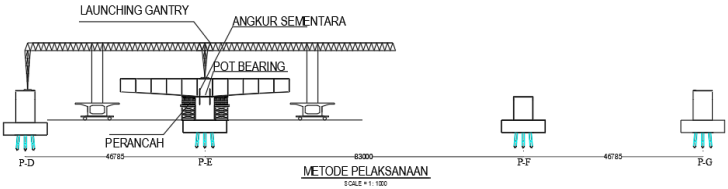
Salah satu metode alternatif pelaksanaan pembangunan jembatan adalah digunakan untuk kontruksi kantilever seimbang salah satunya dengan menggunakan launching gantry.

Dalam tugas akhir ini akan digunakan metode pelaksanaan kontruksi kantilever seimbang dengan menggunakan Form Traveler, dengan mendesain ulang dengan bentang sepanjang 171 m yang dibagi menjadi 3 bentang. Bentang yang terbesar 83 m dan dua bentang lainnya 45 m.

Tahap Persiapan Kontruksi Jembatan

Konstruksi jembatan pada bagian atas jalan raya secara balance cantilever baru akan dimulai setelah pilar PD-PG telah ada. Jembatan selain bentang tersebut menggunakan tipe I girder.

Metode pelaksanaan secara segmental yang akan diterapkan pada jembatan ini. Dalam hal ini alat bantu yang digunakan adalah launching gantry dengan prinsip segmental Balance Cantilever. Tiap segmen balok akan diangkat dan dipasang secara bertahap sampai tercapai bentang jembatan keseluruhan. Pelaksanaan dilakukan diawali dari segmen di bawah oleh truk dan diposisikan dibawah bentang yang akan terpasang. Segmen box pracetak diangkut dengan alat launching gantry untuk kemudian diangkat dengan satu persatu. Setelah terangkat kemudian box dipindahkan dan diturunkan menuju lokasi maupun elevasi yang sesuai, lalu dapat segera dilakukan stressing setiap sepasang segmen box girder telah diturunkan. Pelaksanaan ini dilakukan dengan metode balance cantilever. Untuk menahan momen lentur yang dihasilkan oleh konstruksi kantilever, maka perlu dipasang penyambung sementara (temporary connection) yang terletak pada tumpuan dan menghubungkan antara pilar degan box girder. Temporary connection adalah berupa angkur sementara, yakni antara deck dan pilar. Sistem penarikan tendon (jacking) dilakukan sesuai dengan system balance cantilever yaitu dengan melakukan stressing berturut-turut.



Gambar 4. 52 Metode Balance Cantilever (Launching Gantry)

4.17.2 Prinsip Tahap Stressing Tendon

Selama tahap stressing tendon menggunakan internal prestressing dilakukan dalam tiga tahap utama, yaitu :

Tahap 1 : Pemasangan tendon dilakukan setelah posisi box girder telah dilakukan tepat pada posisi yang diinginkan. Pemasangannya dimulai dari atas pilar kemudian dilanjutkan dengan pemasangan box selanjutnya di samping kiri dan kanannya secara konstan dan seimbang. Tendon yang digunakan pada proses ini disebut tendon kantilever.

Tahap 2 : Pada tahap ini pemasangan tendon menerus dilakukan segera setelah beton penyambung pada tengah bentang selesai dicor sehingga jembatan telah menjadi balok menerus.

Tahap Pelaksanaan Post Tension

Penempatan posisi box girder

-Box girder pracetak diangkut dari bawah bentang jembatan kemudian diangkut dengan launching gantry kemudian diangkur menuju posisi yang diinginkan.

- Saat box girder diturunkan sesuai dengan elevasi yang diinginkan kemudian box girder dilakukan pemasangan tendon kantilever. Kemudian dilakukan proses jacking pada tendon kantilever. Fungsi tendon kantilever disini yaitu untuk menahan beban mati akibat berat sendiri.
- Setelah dilakukan jacking tendon kantilever sendiri akan dilakukan pemasangan kabel prategang

4.17.3 Pemasangan kabel prategang

- Strand/kabel prategang dimasukkan kedalam duct secara manual pada saat posisi/ elevasi box girder telah sesuai.

4.17.4 Penarikan kabel prategang

- Stressing dapat secara dilaksanakan setelah pemasangan strand/kabel prategang
- Stressing (penarikan) dilakukan sesuai dengan perhitungan sebelumnya dari gaya F yang diperlukan pada masing-masing joint.

4.17.5 Tahap Stressing Continuity Tendon

Pekerjaan tendon menerus dilakukan setelah pemasangan segmen dilakukan secara menyeluruh. Hal yang dilakukan pertama yaitu instalasi strand untuk continuity tendon yang telah bisa diinstalasi, kemudian dilakukan proses jacking dengan F rencana.

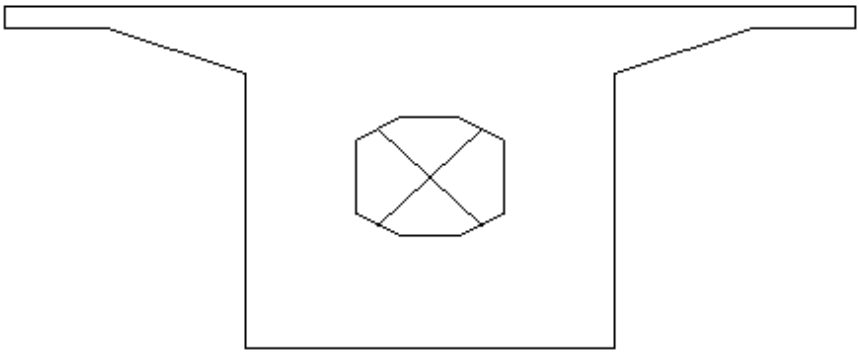
BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan keseluruhan hasil analisa yang telah dilakukan dalam modifikasi perencanaan Fly Over Lingkar dalam barat Surabaya dengan Struktur Box Girder Pratekan dapat ditarik kesimpulan, yaitu:

- Fly Over Lingkar dalam barat Surabaya direncanakan sepanjang 173 m dengan bentang terpanjang 83 m pada bagian PD-PG menggunakan penampang box girder beton dengan mutu 57 MPa dengan tinggi box 4 m s/d 4,6 m, lebar jembatan 11.5 m dengan data penampang sebagai berikut:

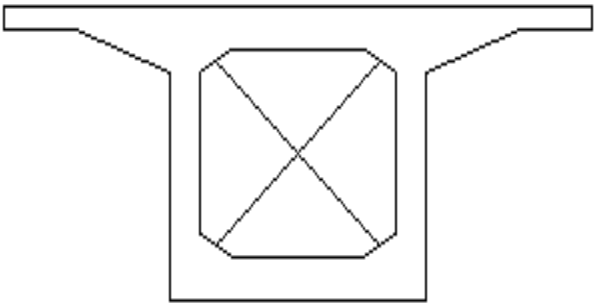
Penampang tumpuan



Gambar 5. 1 Desain Penampang Tumpuan

T	= 4.6 m	A	= 23.42 m^2 Ix = 41.13 m^4
B	= 11.5 m	Ya	= 2.03 m
Bw	= 5 m	Yb	= 2.57 m

Penampang Lapangan



Gambar 5. 2 Desain Penampang Lapangan

Desain Penampang Tumpuan

T	= 4 m	A	= 23.42 m^2 Ix = 24.81 m^4
B	= 11.5 m	Ya	= 1.59 m
Bw	= 5 m	Yb	= 2.41 m

- Tendon yang direncanakan adalah baja prategang dengan tegangan putus 1860 MPa unit 6-55 sebanyak 14 buah, 6-43 sebanyak 2, 6-37 sebanyak 12 buah, 6-15 sebanyak 10 buah dan 6-12 sebanyak 2 buah (Fo =244327 kN) dengan angkur hidup tipe 6-55 di kedua ujungnya dan telah memenuhi kriteria tegangan ijin.
- Tulangan geser 4D25-200 mm, tulangan plat atas D25-200, dan tulangan plat bawah D19-200
- Menggunakan tumpuan jenis pot bearing dengan tipe PL 560/400 AA dan PU tipe khusus pada pilar D, PU tipe khusus dan PF tipe khusus pada pilar E, PL 3350/2400 AA dan PU tipe khusus pada pilar F, PL 560/400 AA dan PU tipe khusus pada pilar G

- Kolom pilar direncanakan dengan dimensi 4.5 x 4.5 x 6.05 m^3 degna mutu beton 40 MPa dan menggunakan tulangan lentur sebanyak 191D32 dengan As = 156505 mm^2 rasio tulangan 1,32% serta tulangan geser D16-125
- Pondasi yang digunakan adalah pondasi tiang pancang tipe A3 dengan diameter 1200 mm dan direncanakan sejumlah 49 tiang per pilar.
- Pile Cap menggunakan mutu beton 40 MPa dengan ketebalan 2.5 m dan menggunakan tulangan utama D29-75

5.2. Saran

- Dibutuhkan referensi atau peraturan di Indonesia untuk merencanakan jembatan terutama untuk struktur pratekan.

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

Badan Standarisasi Nasional. 2004. *Perencanaan Struktur Beton untuk Jembatan (RSNI T 12-2004)*.

Badan Standarisasi Nasional. 2005.*Standar Pembebanan untuk Jembatan (RSNI T-02-2005)*.

Badan Standarisasi Nasional. 2013.*Perencanaan Jembatan Terhadap Beban Gempa (RSNI 2833-2013).*

Badan Standarisasi Nasional. 2013. *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung (SNI 2847-2013).*

Hadipratomo, Winarno. 1988.*Struktur Beton Prategang - Teori dan Prinsip Desain*. Bandung: Nova.

Lin, T. Y. 2000. *Desain Struktur Beton Prategang Jilid 1 (Terjemahan)*. Jakarta: Binarupa Aksara Jakarta.

Meyer, C. 1970. *Analysis and Design of Curved Box Girder Bridges*. Berkeley: University of California.

Maroliya, M K. 2012. *Comparative Study Of Flexural Behavior Of Reinforced Concrete Beam And Prestressed Concrete Beam*. International Journal Of Engineering Research And Applications (IJERA), Volume 2, Issue 6, November-Desember 2012, pp.230-233.

Nawy, Edward G. 2001. *Beton Prategang - Suatu Pendekatan Mendasar Jilid I*. Jakarta: Erlangga.

Nutt, Redfield, and Valentine. *Development of Design Spesifications and Commentary for Horizontally Curved*

Concrete Box Girder Bridges. Washington, D. C.: Transportation Research Board, 2008.

PCI Design Book.2010.*Precast And Prestressed Concrete Concrete 7th Edition (ISBN 978-0-937040-87-4).*

Podalny Jr., Walter and Jean M. Muller.1982. *Contruction and Design of Prestressed Concrete Segmental Brigdes.* New York: John Wiley & Sons,Inc.

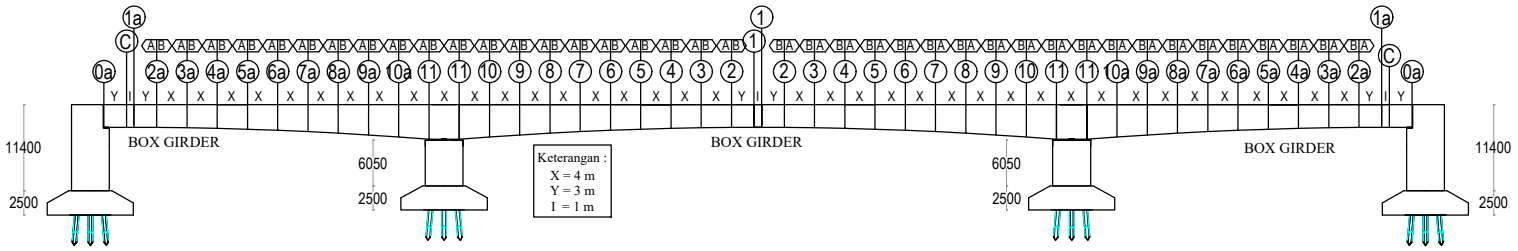
Post-Tensioned Box Girder Design Manual. Federal Highway Administration - U.S. Department of Transportation, 2015.

Rombach, G. 2002. *Precast segmental box girder bridges with external prestressing - design and construction* -.INSA Rennes. Februari 2002.pp.4

Sudarmono. 2002. *Struktur Beton Prategang Edisi 3*. Semarang: Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Semarang.

Wahjudi, Herman. 1999. *Daya Dukung Pondasi Dalam*. Surabaya: Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

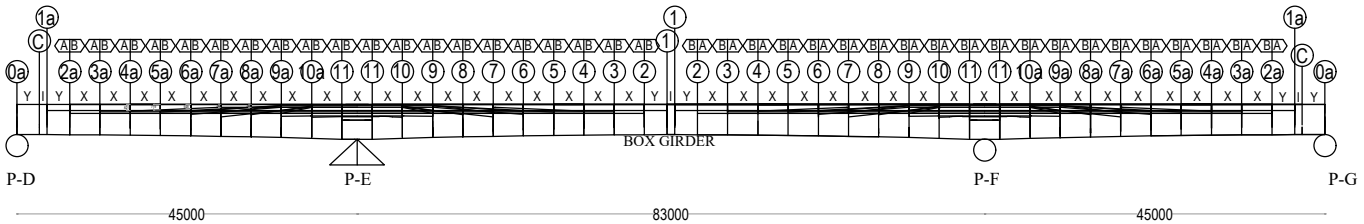
L A M P I R A N



DESIGN LONG SECTION

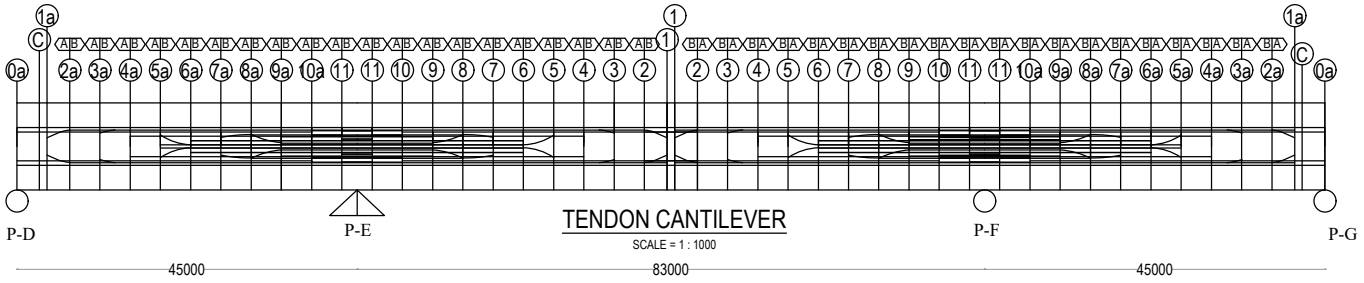
SCALE = 1 : 1000

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA	JUDUL TUGAS AKHIR	MAHASISWA	DOSEN KONSULTASI	SKALA	NOMOR GAMBAR	CATATAN
	MODIFIKASI PERENCANAAN FLY OVER LINGKAR DALAM BARAT SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN BALOK BOX GIRDER PRATEKAN	IRVAN PRATAMA PASAK 03111240000066	Prof. Dr. Ir. I GUSTI PUTU RAKA DATA IRANATA,ST. MT. PhD	1:1000	01 JUMLAH GAMBAR 35	



TENDON CANTILEVER

SCALE = 1 : 1000

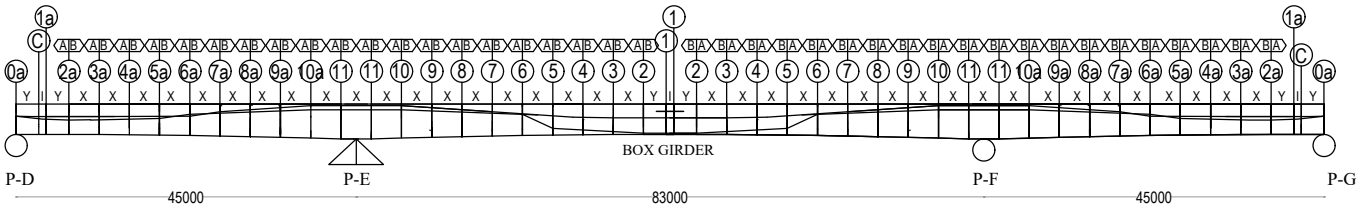


TENDON CANTILEVER

SCALE = 1 : 1000

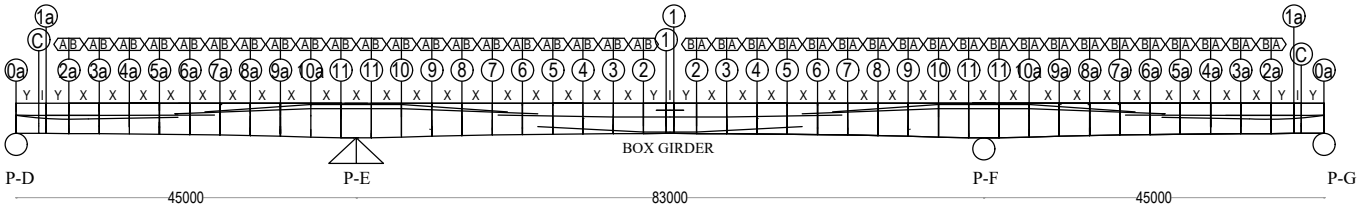
Keterangan :
X = 4 m
Y = 3 m
I = 1 m

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA	JUDUL TUGAS AKHIR	MAHASISWA	DOSEN KONSULTASI	SKALA	NOMOR GAMBAR	CATATAN
	MODIFIKASI PERENCANAAN FLY OVER LINGKAR DALAM BARAT SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN BALOK BOX GIRDER PRATEKAN	IRVAN PRATAMA PASAK 03111240000066	Prof. Dr. Ir. I GUSTI PUTU RAKA DATA IRANATA,ST. MT. PhD	1:1000	02 JUMLAH GAMBAR 35	



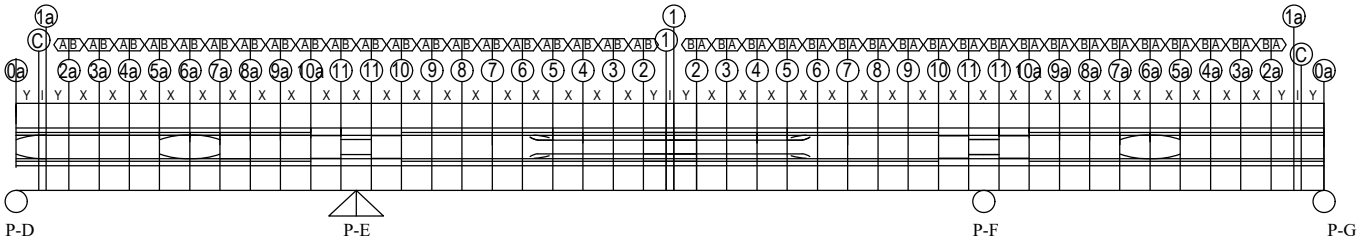
TENDON MENERUS

SCALE = 1 : 1000



TENDON MENERUS

SCALE = 1 : 1000



TENDON MENERUS

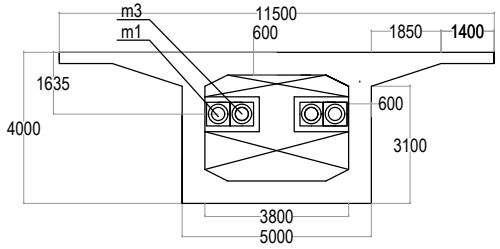
SCALE = 1 : 1000

Keterangan :
X = 4 m
Y = 3 m
I = 1 m

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUANGAN DAN KEBUMIAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA	JUDUL TUGAS AKHIR MODIFIKASI PERENCANAAN FLY OVER LINGKAR DALAM BARAT SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN BALOK BOX GIRDER PRATEKAN	MAHASISWA IRVAN PRATAMA PASAK 03111240000066	DOSEN KONSULTASI Prof. Dr. Ir. I GUSTI PUTU RAKA DATA IRANATA,ST. MT. PhD	SKALA 1:1000	NOMOR GAMBAR 03 JUMLAH GAMBAR 35	CATATAN

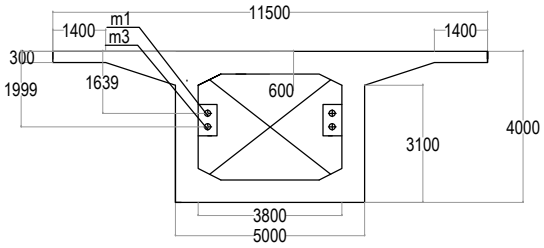
A

B



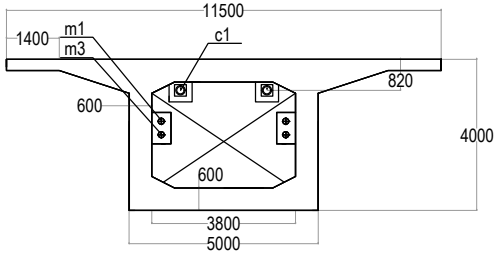
BOX GIRDER DESIGN JOINT 0a

SCALE 1 : 200



BOX GIRDER DESIGN JOINT 1a

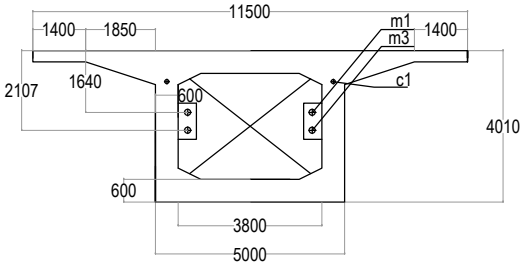
SCALE 1 : 200



BOX GIRDER DESIGN JOINT 1a

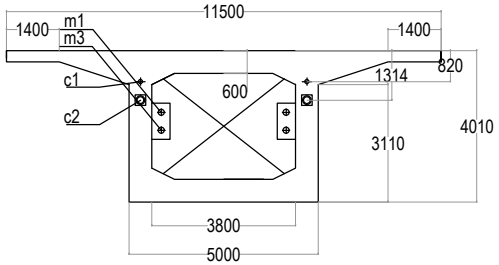
SCALE 1 : 200

TENDON	KETERANGAN
m1	TENDON MENERUS 1
m3	TENDON MENERUS 3
C1	TENDON KANTILEVER 1
C2	TENDON KANTILEVER 2
C3	TENDON KANTILEVER 3



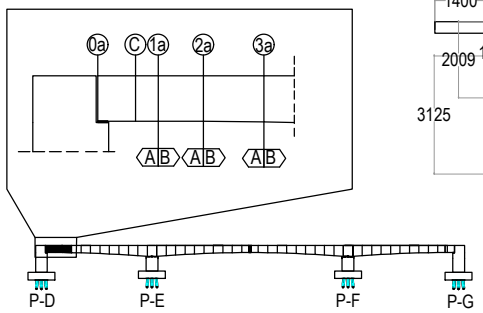
BOX GIRDER DESIGN JOINT 2a

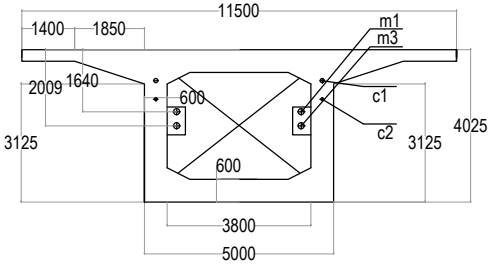
SCALE 1 : 200



BOX GIRDER DESIGN JOINT 2a

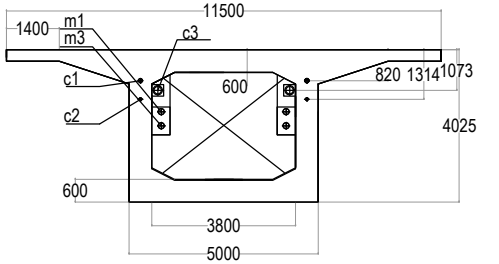
SCALE 1 : 200





BOX GIRDER DESIGN JOINT 3a

SCALE 1 : 200



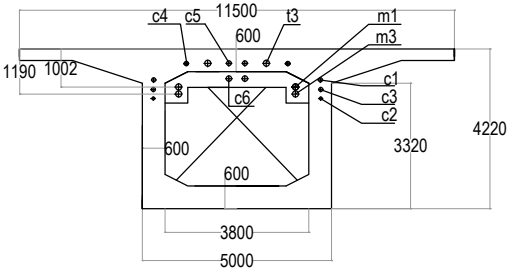
BOX GIRDER DESIGN JOINT 3a

SCALE 1 : 200

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA	JUDUL TUGAS AKHIR	MAHASISWA	DOSEN KONSULTASI	SKALA	NOMOR GAMBAR	CATATAN
	MODIFIKASI PERENCANAAN FLY OVER LINGKAR DALAM BARAT SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN BALOK BOX GIRDER PRATEKAN	IRVAN PRATAMA PASAK 03111240000066	Prof. Dr. Ir. I GUSTI PUTU RAKA DATA IRANATA,ST. MT. PhD	1:200	04 JUMLAH GAMBAR 35	

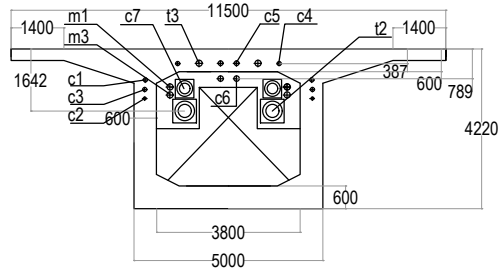
TENDON	KETERANGAN
m1	TENDON MENERUS 1
m3	TENDON MENERUS 3
C1	TENDON KANTILEVER 1
C2	TENDON KANTILEVER 2
C3	TENDON KANTILEVER 3
C4	TENDON KANTILEVER 4
C5	TENDON KANTILEVER 5
C6	TENDON KANTILEVER 6
C7	TENDON KANTILEVER 7
C8	TENDON KANTILEVER 8
C9	TENDON KANTILEVER 9
t3	TENDON TAMBAHAN 3
t2	TENDON TAMBAHAN 2
t1	TENDON TAMBAHAN 1

A

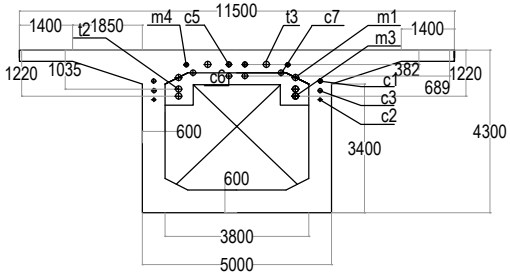


BOX GIRDER DESIGN JOIT 7a
SCALE 1 : 200

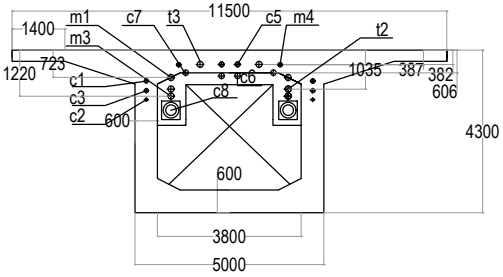
B



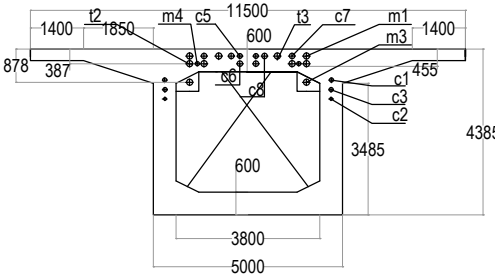
BOX GIRDER DESIGN JOINT 7a
SCALE 1 : 200



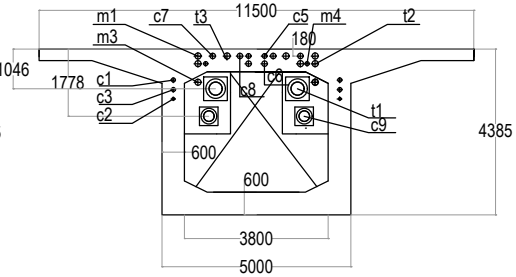
BOX GIRDER DESIGN JOINT 8a
SCALE 1 : 200



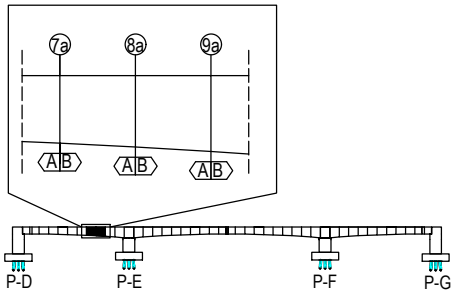
BOX GIRDER DESIGN JOINT 8a
SCALE 1 : 200



BOX GIRDER DESIGN JOINT 9a
SCALE 1 : 200



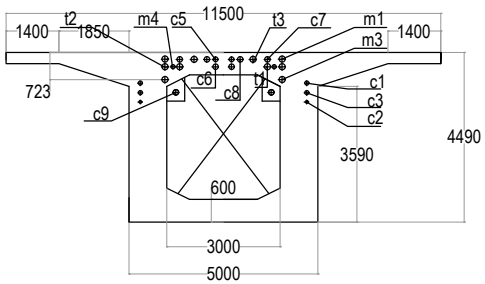
BOX GIRDER DESIGN JOINT 9a
SCALE 1 : 200



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA	JUDUL TUGAS AKHIR	MAHASISWA	DOSEN KONSULTASI	SKALA	NOMOR GAMBAR	CATATAN
	MODIFIKASI PERENCANAAN FLY OVER LINGKAR DALAM BARAT SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN BALOK BOX GIRDER PRATEKAN	IRVAN PRATAMA PASAK 03111240000066	Prof. Dr. Ir. I GUSTI PUTU RAKA DATA IRANATA,ST. MT. PhD	1:200	05 JUMLAH GAMBAR 36	

TENDON	KETERANGAN
m1	TENDON MENERUS 1
m3	TENDON MENERUS 3
C1	TENDON KANTILEVER 1
C2	TENDON KANTILEVER 2
C3	TENDON KANTILEVER 3
C4	TENDON KANTILEVER 4
C5	TENDON KANTILEVER 5
C6	TENDON KANTILEVER 6
C7	TENDON KANTILEVER 7
C8	TENDON KANTILEVER 8
C9	TENDON KANTILEVER 9
C10	TENDON KANTILEVER 10
C11	TENDON KANTILEVER 11
t3	TENDON TAMBAHAN 3
t2	TENDON TAMBAHAN 2
t1	TENDON TAMBAHAN 1

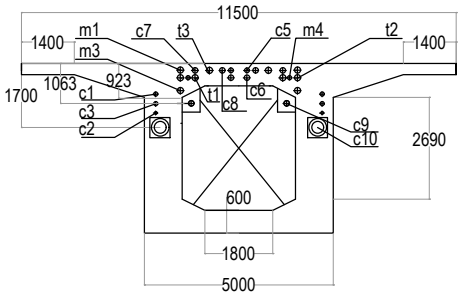
A



BOX GIRDER DESIGN JOINT 10a

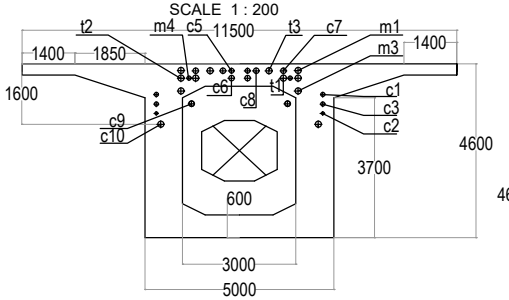
SCALE 1 : 200

B



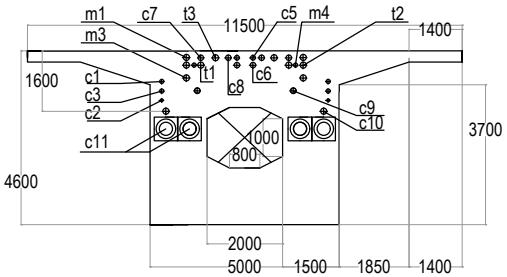
BOX GIRDER DESIGN JOINT 10a

SCALE 1 : 200



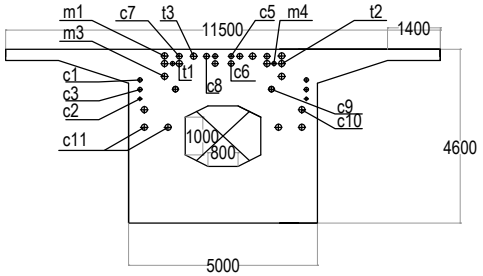
BOX GIRDER DESIGN JOINT 11

SCALE 1 : 200



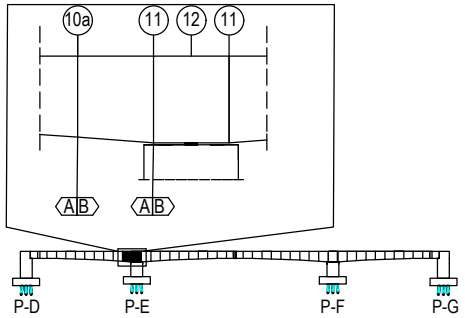
BOX GIRDER DESIGN JOINT 11

SCALE 1 : 200



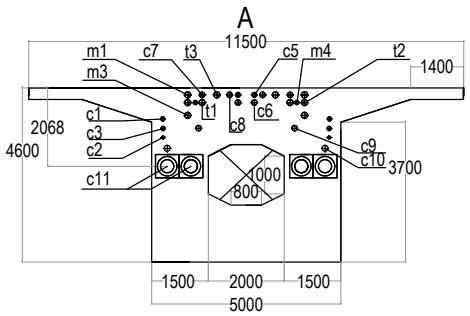
BOX GIRDER DESIGN TITIK 12

SCALE 1 : 200

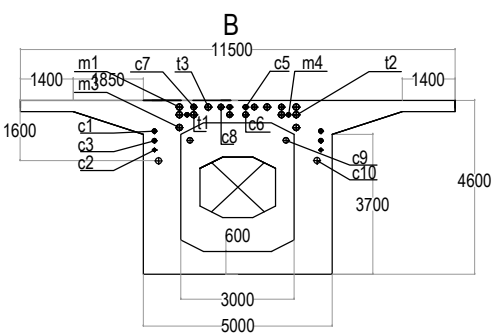


DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA	JUDUL TUGAS AKHIR	MAHASISWA	DOSEN KONSULTASI	SKALA	NOMOR GAMBAR	CATATAN
	MODIFIKASI PERENCANAAN FLY OVER LINGKAR DALAM BARAT SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN BALOK BOX GIRDER PRATEKAN	IRVAN PRATAMA PASAK 03111240000066	Prof. Dr. Ir. I GUSTI PUTU RAKA DATA IRANATA,ST. MT. PhD	1:200	06 JUMLAH GAMBAR 35	

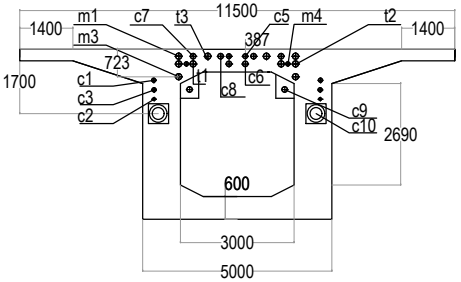
TENDON	KETERANGAN
m1	TENDON MENERUS 1
m3	TENDON MENERUS 3
C1	TENDON KANTILEVER 1
C2	TENDON KANTILEVER 2
C3	TENDON KANTILEVER 3
C4	TENDON KANTILEVER 4
C5	TENDON KANTILEVER 5
C6	TENDON KANTILEVER 6
C7	TENDON KANTILEVER 7
C8	TENDON KANTILEVER 8
C9	TENDON KANTILEVER 9
C10	TENDON KANTILEVER 10
C11	TENDON KANTILEVER 11
t3	TENDON TAMBAHAN 3
t2	TENDON TAMBAHAN 2
t1	TENDON TAMBAHAN 1



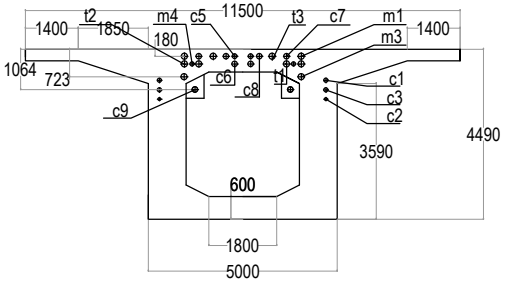
BOX GIRDER DESIGN JOINT 11
SCALE 1 : 200



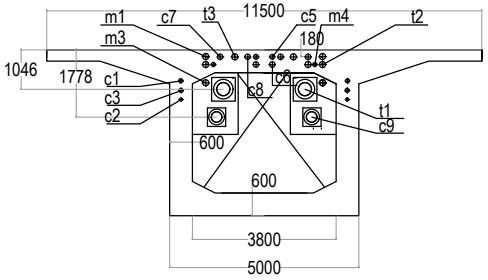
BOX GIRDER DESIGN JOINT 11
SCALE 1 : 200



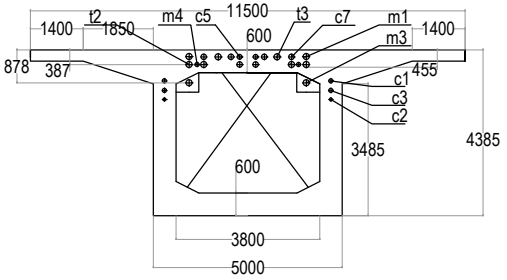
BOX GIRDER DESIGN JOINT 10
SCALE 1 : 200



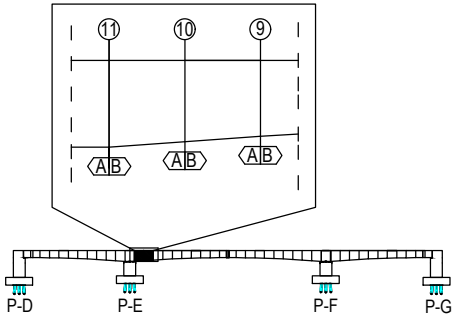
BOX GIRDER DESIGN JOINT 10
SCALE 1 : 200



BOX GIRDER DESIGN JOINT 9
SCALE 1 : 200



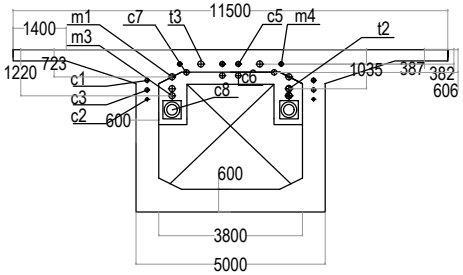
BOX GIRDER DESIGN JOINT 9
SCALE 1 : 200



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA	JUDUL TUGAS AKHIR	MAHASISWA	DOSEN KONSULTASI	SKALA	NOMOR GAMBAR	CATATAN
	MODIFIKASI PERENCANAAN FLY OVER LINGKAR DALAM BARAT SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN BALOK BOX GIRDER PRATEKAN	IRVAN PRATAMA PASAK 03111240000066	Prof. Dr. Ir. I GUSTI PUTU RAKA DATA IRANATA,ST. MT. PhD	1:200	07 JUMLAH GAMBAR 35	

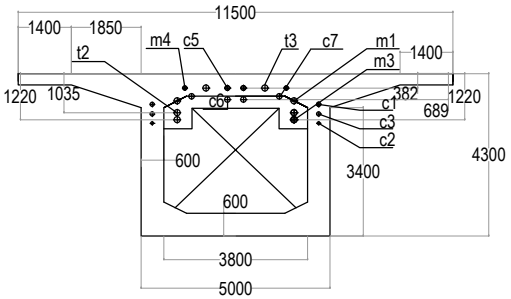
TENDON	KETERANGAN
m1	TENDON MENERUS 1
m3	TENDON MENERUS 3
C1	TENDON KANTILEVER 1
C2	TENDON KANTILEVER 2
C3	TENDON KANTILEVER 3
C4	TENDON KANTILEVER 4
C5	TENDON KANTILEVER 5
C6	TENDON KANTILEVER 6
C7	TENDON KANTILEVER 7
C8	TENDON KANTILEVER 8
C9	TENDON KANTILEVER 9
t3	TENDON TAMBAHAN 3
t2	TENDON TAMBAHAN 2
t1	TENDON TAMBAHAN 1

A

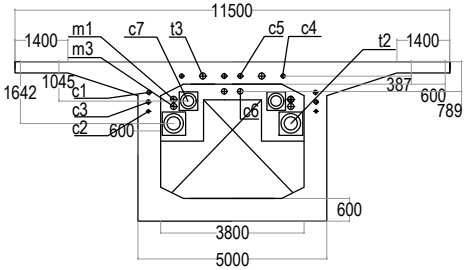


BOX GIRDER DESIGN JOINT 8
SCALE 1 : 200

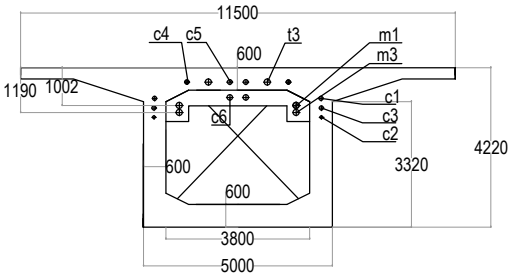
B



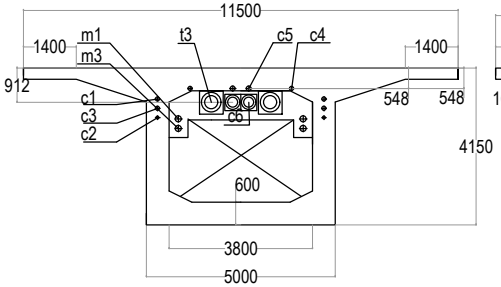
BOX GIRDER DESIGN JOINT 8
SCALE 1 : 200



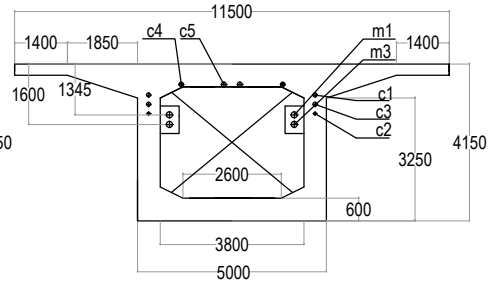
BOX GIRDER DESIGN JOINT 7
SCALE 1 : 200



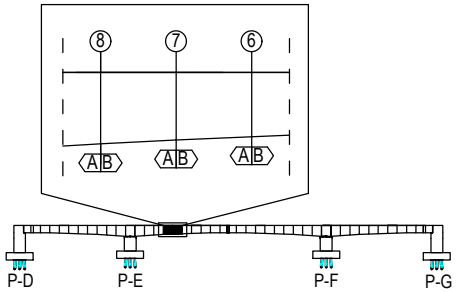
BOX GIRDER DESIGN JOINT 7
SCALE 1 : 200



BOX GIRDER DESIGN JOINT 6
SCALE 1 : 200



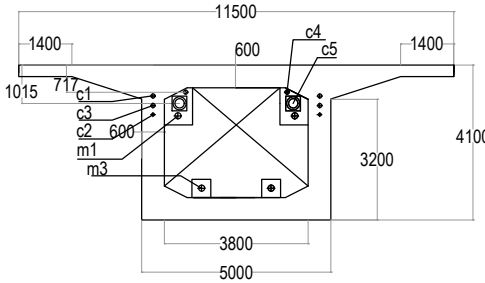
BOX GIRDER DESIGN JOINT 6
SCALE 1 : 200



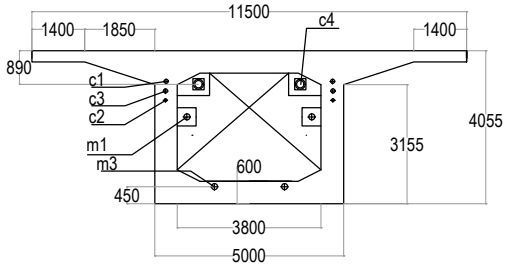
	JUDUL TUGAS AKHIR	MAHASISWA	DOSEN KONSULTASI	SKALA	NOMOR GAMBAR	CATATAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA	MODIFIKASI PERENCANAAN FLY OVER LINGKAR DALAM BARAT SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN BALOK BOX GIRDER PRATEKAN	IRVAN PRATAMA PASAK 03111240000066	Prof. Dr. Ir. I GUSTI PUTU RAKA DATA IRANATA,ST. MT. PhD	1:200	08 JUMLAH GAMBAR 35	

TENDON	KETERANGAN
m1	TENDON MENERUS 1
m3	TENDON MENERUS 3
C1	TENDON KANTILEVER 1
C2	TENDON KANTILEVER 2
C3	TENDON KANTILEVER 3
C4	TENDON KANTILEVER 4
C5	TENDON KANTILEVER 5

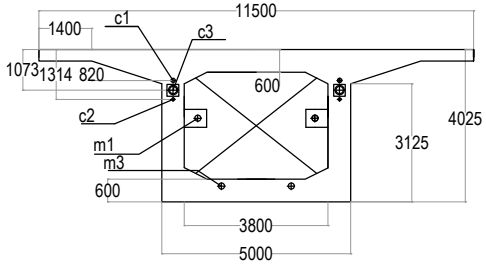
A



BOX GIRDER DESIGN JOINT 5
SCALE 1 : 200

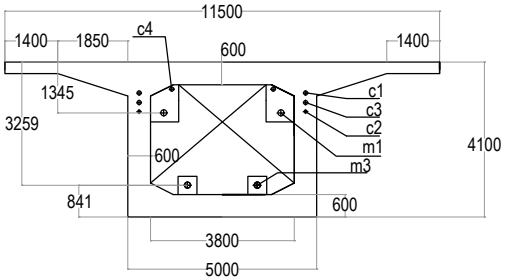


BOX GIRDER DESIGN JOINT 4
SCALE 1 : 200

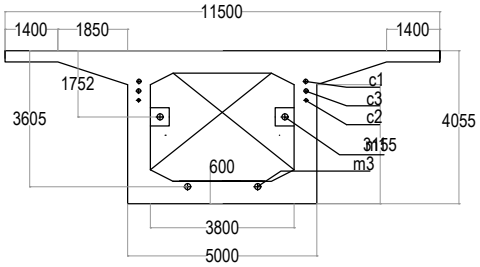


BOX GIRDER DESIGN JOINT 3
SCALE 1 : 200

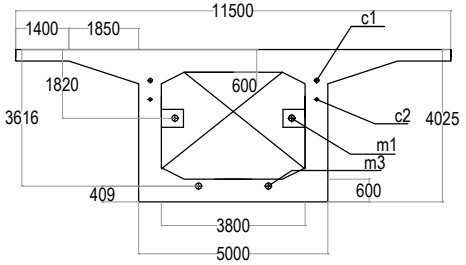
B



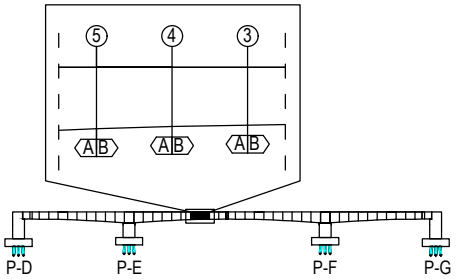
BOX GIRDER DESIGN JOINT 5
SCALE 1 : 200



BOX GIRDER DESIGN JOINT 4
SCALE 1 : 200



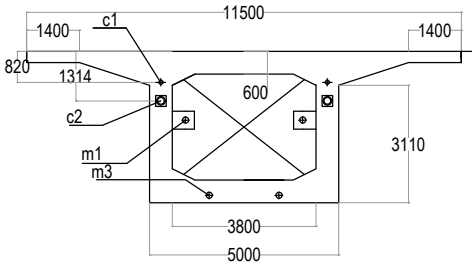
BOX GIRDER DESIGN JOINT 3
SCALE 1 : 200



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUANGAN DAN KEBUMIAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA	JUDUL TUGAS AKHIR	MAHASISWA	DOSEN KONSULTASI	SKALA	NOMOR GAMBAR	CATATAN
	MODIFIKASI PERENCANAAN FLY OVER LINGKAR DALAM BARAT SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN BALOK BOX GIRDER PRATEKAN	IRVAN PRATAMA PASAK 03111240000066	Prof. Dr. Ir. I GUSTI PUTU RAKA DATA IRANATA,ST. MT. PhD	1:200	09 JUMLAH GAMBAR 35	

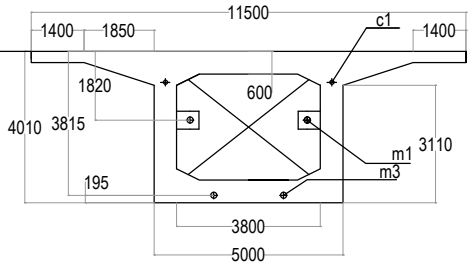
TENDON	KETERANGAN
m1	TENDON MENERUS 1
m3	TENDON MENERUS 3
m2	TENDON MENERUS 2
c1	TENDON KANTILEVER 1

A

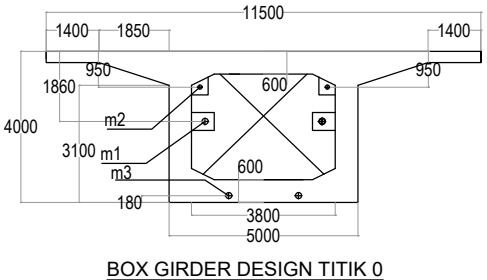


BOX GIRDER DESIGN JOINT 2
SCALE 1 : 200

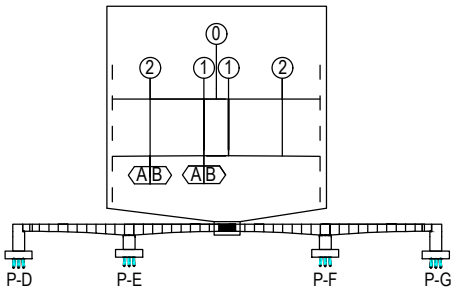
B

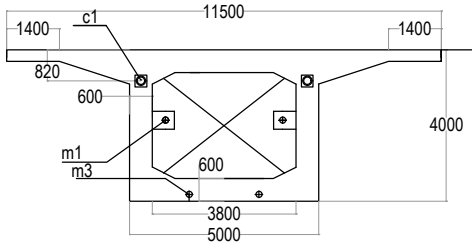


BOX GIRDER DESIGN JOINT 2
SCALE 1 : 200

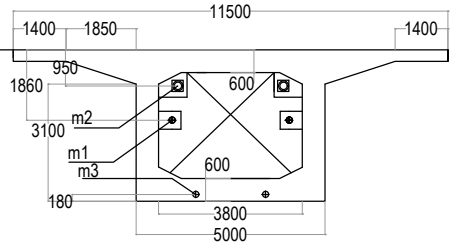


BOX GIRDER DESIGN TITIK 0
SCALE 1 : 200



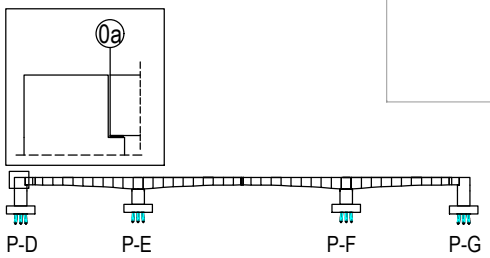


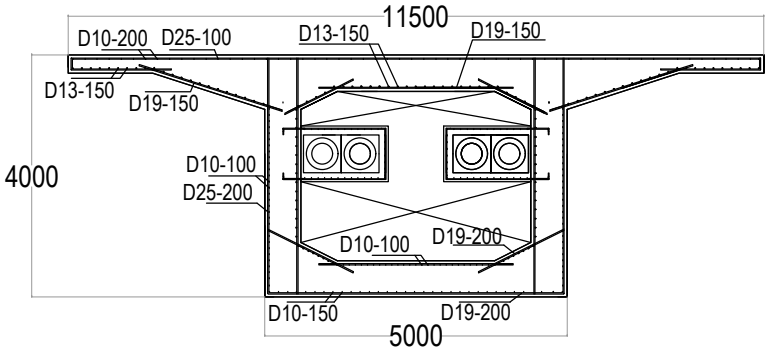
BOX GIRDER DESIGN JOINT 1
SCALE 1 : 200



BOX GIRDER DESIGN JOINT 1
SCALE 1 : 200

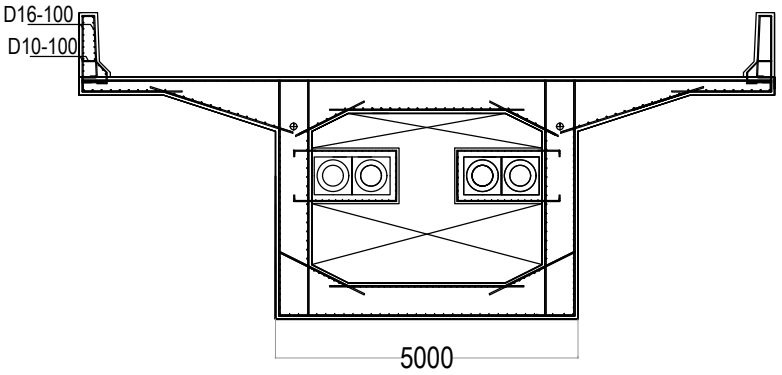
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA	JUDUL TUGAS AKHIR	MAHASISWA	DOSEN KONSULTASI	SKALA	NOMOR GAMBAR	CATATAN
	MODIFIKASI PERENCANAAN FLY OVER LINGKAR DALAM BARAT SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN BALOK BOX GIRDER PRATEKAN	IRVAN PRATAMA PASAK 03111240000066	Prof. Dr. Ir. I GUSTI PUTU RAKA DATA IRANATA,ST. MT. PhD	1:200	10 JUMLAH GAMBAR 35	





BOX GIRDER DESIGN JOINT 0a

SCALE 1 : 125

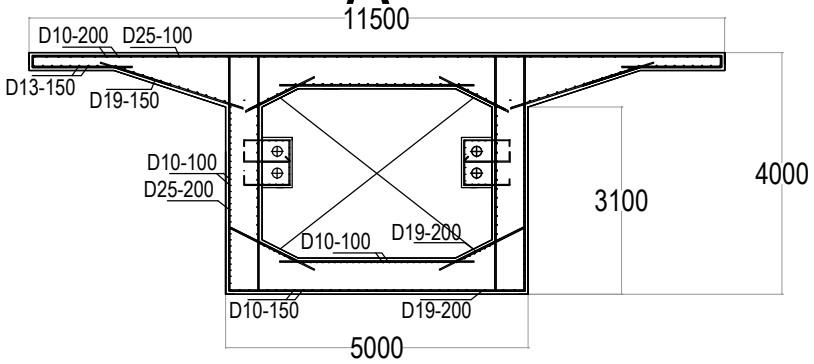


TULANGANG PARAPET

SCALE 1 : 125

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUANGAN DAN KEBUMIAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA	JUDUL TUGAS AKHIR MODIFIKASI PERENCANAAN FLY OVER LINGKAR DALAM BARAT SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN BALOK BOX GIRDER PRATEKAN	MAHASISWA IRVAN PRATAMA PASAK 03111240000066	DOSEN KONSULTASI Prof. Dr. Ir. I GUSTI PUTU RAKA DATA IRANATA,ST. MT. PhD	SKALA 1:125	NOMOR GAMBAR 11 JUMLAH GAMBAR 35	CATATAN

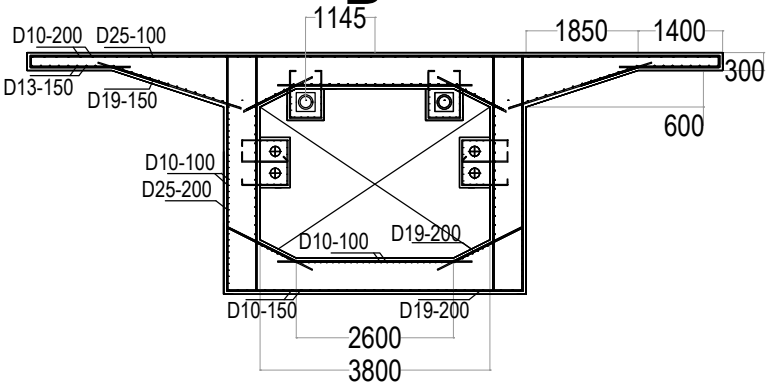
A



BOX GIRDER DESIGN JOINT 1a

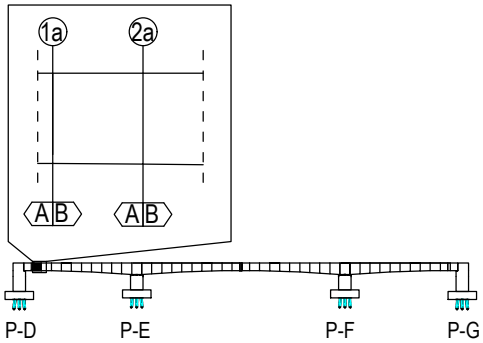
SCALE 1 : 125

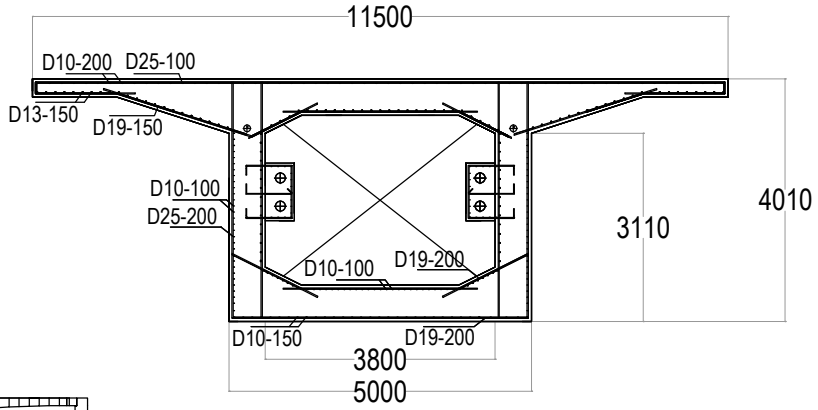
B



BOX GIRDER DESIGN JOINT 1a

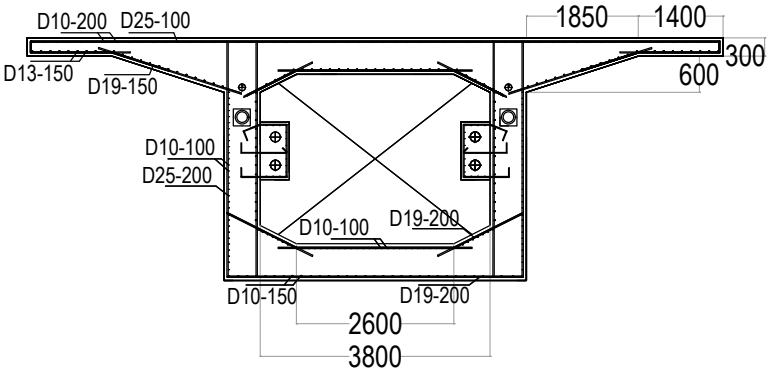
SCALE 1 : 125





BOX GIRDER DESIGN JOINT 2a

SCALE 1 : 125

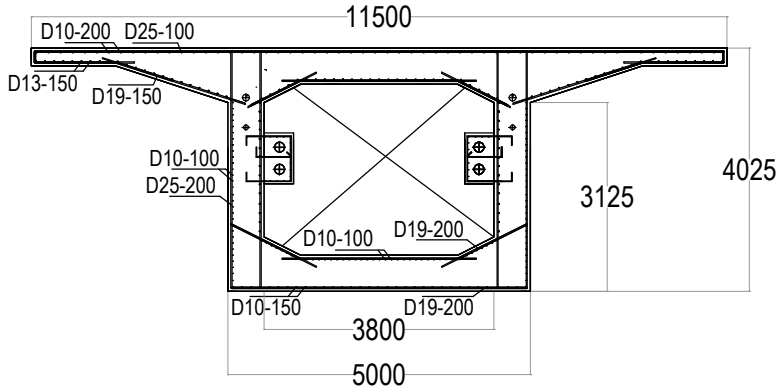


BOX GIRDER DESIGN JOINT 2a

SCALE 1 : 125

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA	JUDUL TUGAS AKHIR	MAHASISWA	DOSEN KONSULTASI	SKALA	NOMOR GAMBAR	CATATAN
	MODIFIKASI PERENCANAAN FLY OVER LINGKAR DALAM BARAT SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN BALOK BOX GIRDER PRATEKAN	IRVAN PRATAMA PASAK 03111240000066	Prof. Dr. Ir. I GUSTI PUTU RAKA DATA IRANATA,ST. MT. PhD	1:125	12 JUMLAH GAMBAR 35	

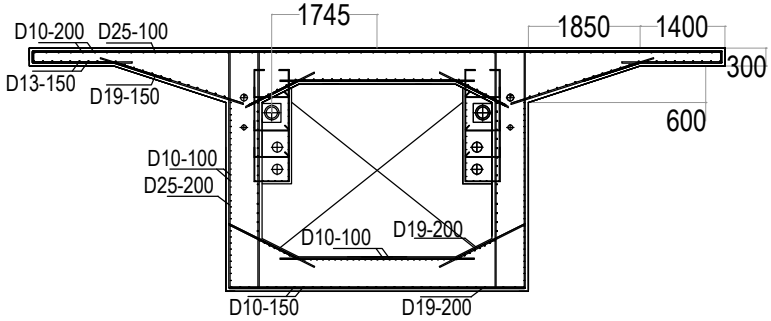
A



BOX GIRDER DESIGN JOINT 3a

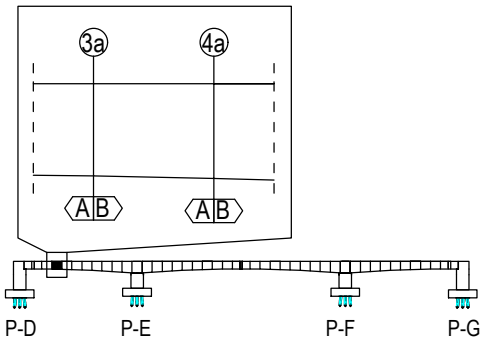
SCALE 1 : 125

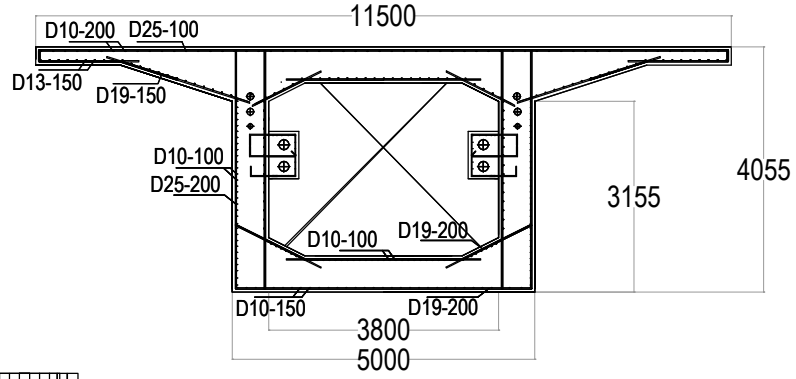
B



BOX GIRDER DESIGN JOINT 3a

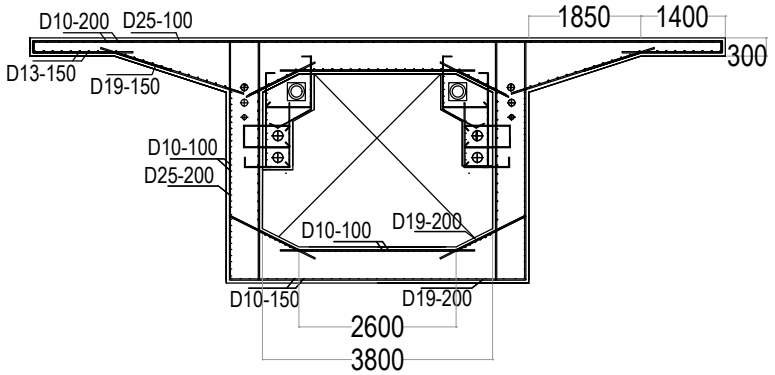
SCALE 1 : 125





BOX GIRDER DESIGN JOINT 4a

SCALE 1 : 125

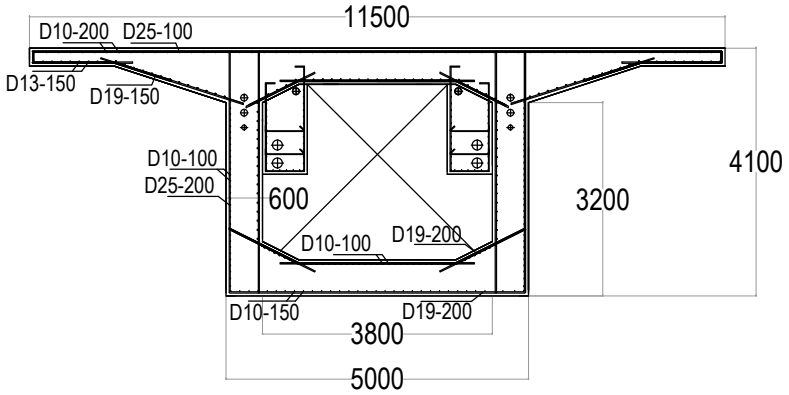


BOX GIRDER DESIGN JOINT 4a

SCALE 1 : 125

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA	JUDUL TUGAS AKHIR	MAHASISWA	DOSEN KONSULTASI	SKALA	NOMOR GAMBAR	CATATAN
	MODIFIKASI PERENCANAAN FLY OVER LINGKAR DALAM BARAT SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN BALOK BOX GIRDER PRATEKAN	IRVAN PRATAMA PASAK 03111240000066	Prof. Dr. Ir. I GUSTI PUTU RAKA DATA IRANATA,ST. MT. PhD	1:125	13 JUMLAH GAMBAR 35	

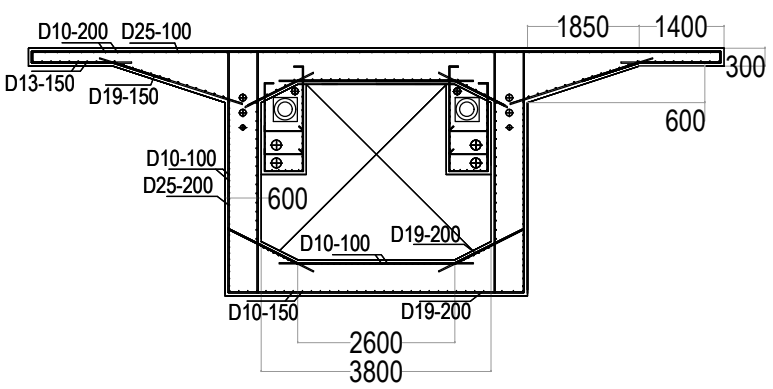
A



BOX GIRDER DESIGN JOINT 5a

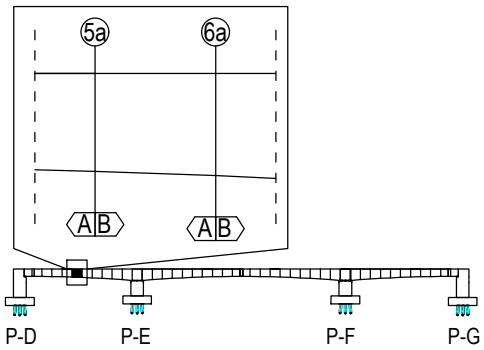
SCALE 1 : 125

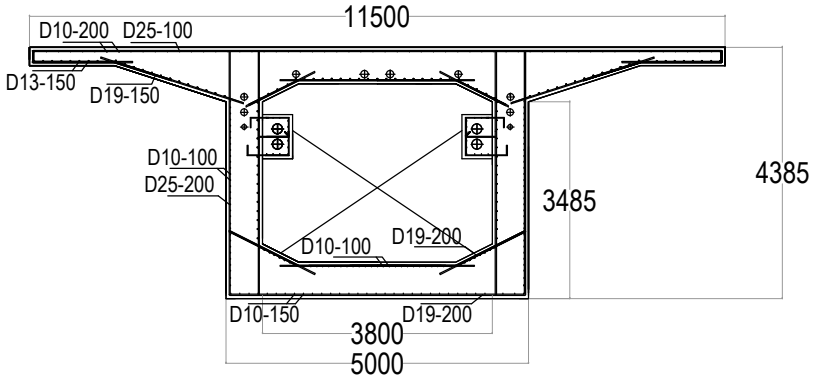
B



BOX GIRDER DESIGN JOINT 5a

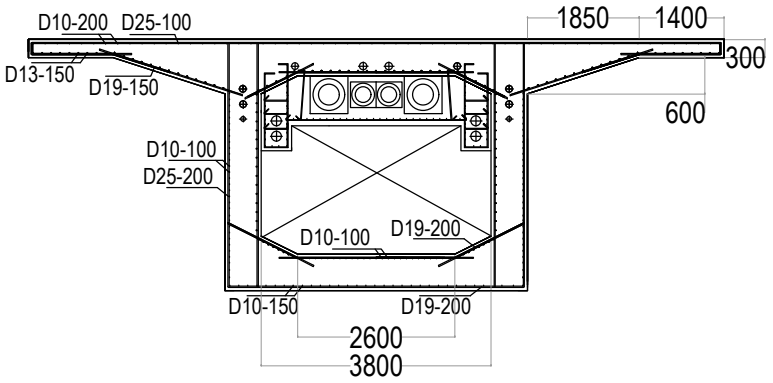
SCALE 1 : 125





BOX GIRDER DESIGN JOINT 6a

SCALE 1 : 125

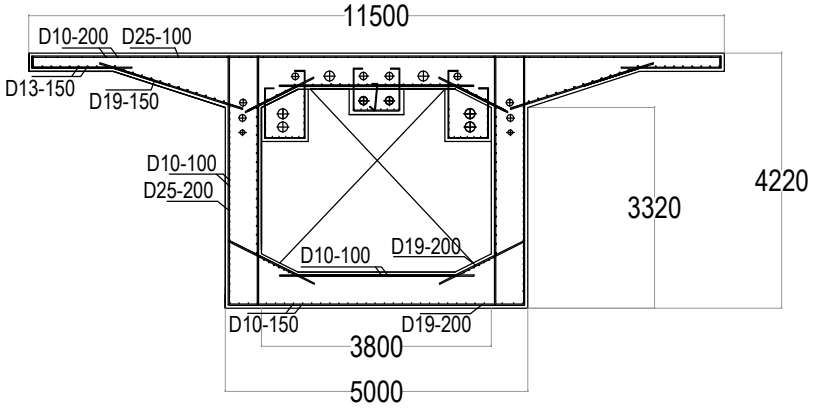


BOX GIRDER DESIGN JOINT 6a

SCALE 1 : 125

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA	JUDUL TUGAS AKHIR	MAHASISWA	DOSEN KONSULTASI	SKALA	NOMOR GAMBAR	CATATAN
	MODIFIKASI PERENCANAAN FLY OVER LINGKAR DALAM BARAT SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN BALOK BOX GIRDER PRATEKAN	IRVAN PRATAMA PASAK 01311240000066	Prof. Dr. Ir. I GUSTI PUTU RAKA DATA IRANATA,ST. MT. PhD	1:125	14 JUMLAH GAMBAR 35	

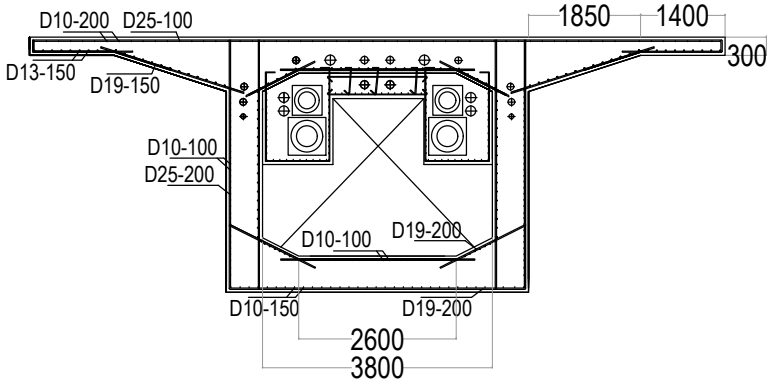
A



BOX GIRDER DESIGN JOINT 7a

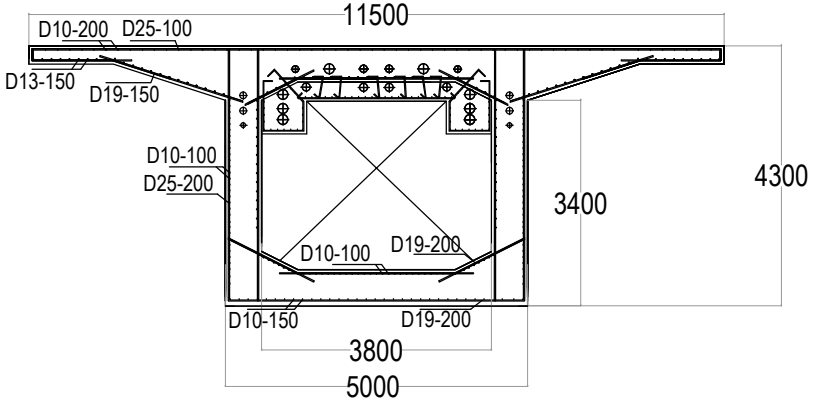
SCALE 1 : 125

B



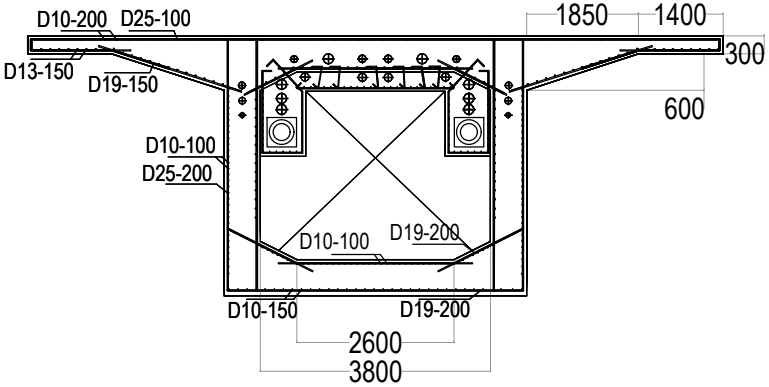
BOX GIRDER DESIGN JOINT 7a

SCALE 1 : 125



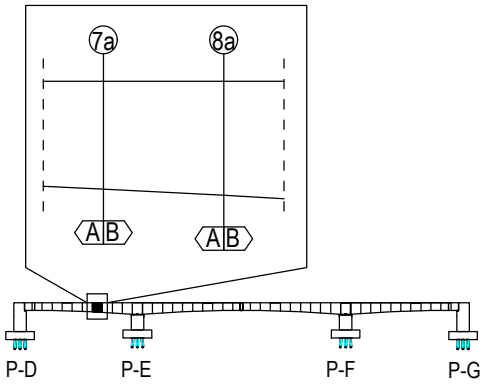
BOX GIRDER DESIGN JOINT 8a

SCALE 1 : 125



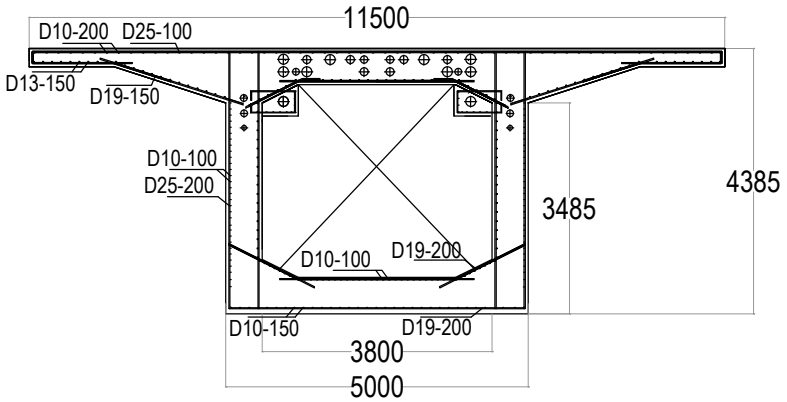
BOX GIRDER DESIGN JOINT 8a

SCALE 1 : 125



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA	JUDUL TUGAS AKHIR	MAHASISWA	DOSEN KONSULTASI	SKALA	NOMOR GAMBAR	CATATAN
	MODIFIKASI PERENCANAAN FLY OVER LINGKAR DALAM BARAT SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN BALOK BOX GIRDER PRATEKAN	IRVAN PRATAMA PASAK 03111240000066	Prof. Dr. Ir. I GUSTI PUTU RAKA DATA IRANATA,ST. MT. PhD	1:125	15 JUMLAH GAMBAR 35	

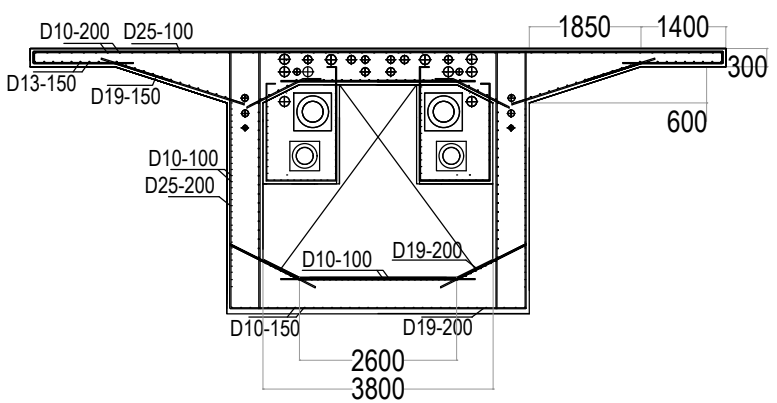
A



BOX GIRDER DESIGN JOINT 9a

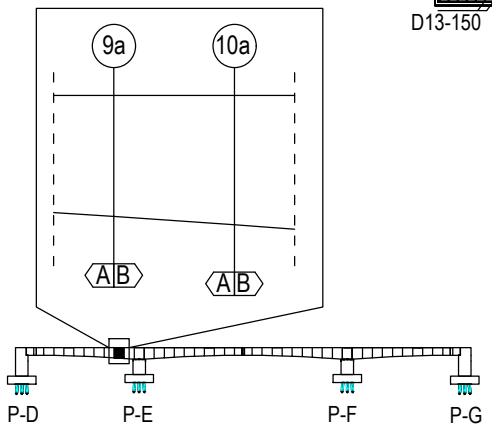
SCALE 1 : 125

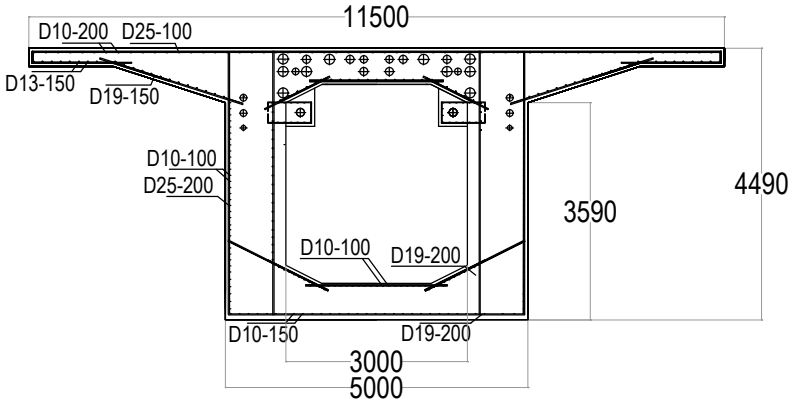
B



BOX GIRDER DESIGN JOINT 9a

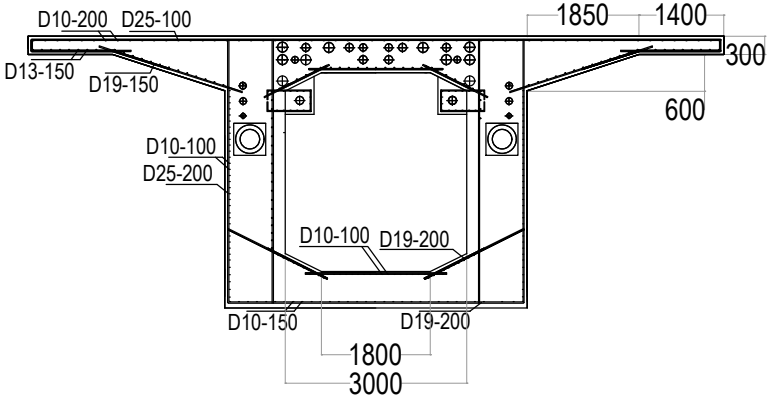
SCALE 1 : 125





BOX GIRDER DESIGN JOINT 10a

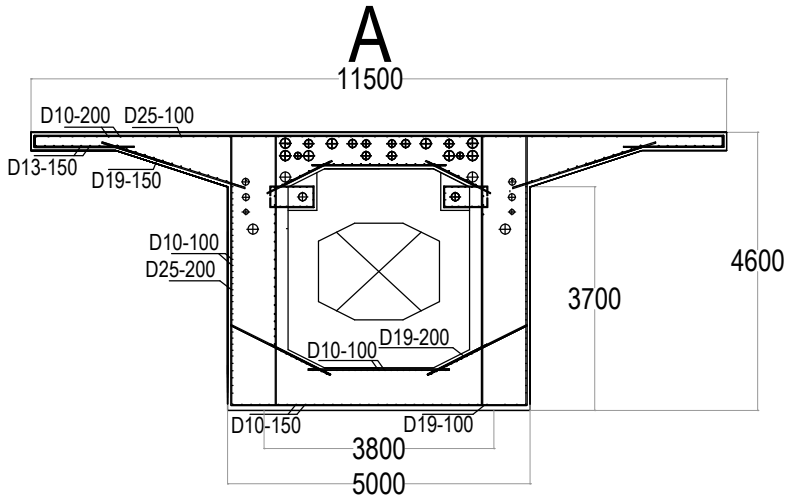
SCALE 1 : 125



BOX GIRDER DESIGN JOINT 10a

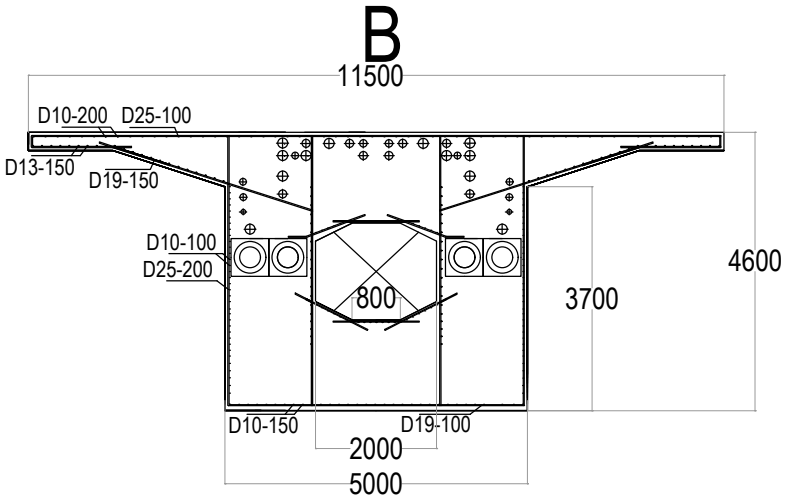
SCALE 1 : 125

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA	JUDUL TUGAS AKHIR	MAHASISWA	DOSEN KONSULTASI	SKALA	NOMOR GAMBAR / CATATAN
	MODIFIKASI PERENCANAAN FLY OVER LINGKAR DALAM BARAT SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN BALOK BOX GIRDER PRATEKAN	IRVAN PRATAMA PASAK 03111240000066	Prof. Dr. Ir. I GUSTI PUTU RAKA DATA IRANATA,ST. MT. PhD	1:125	16 JUMLAH GAMBAR 35



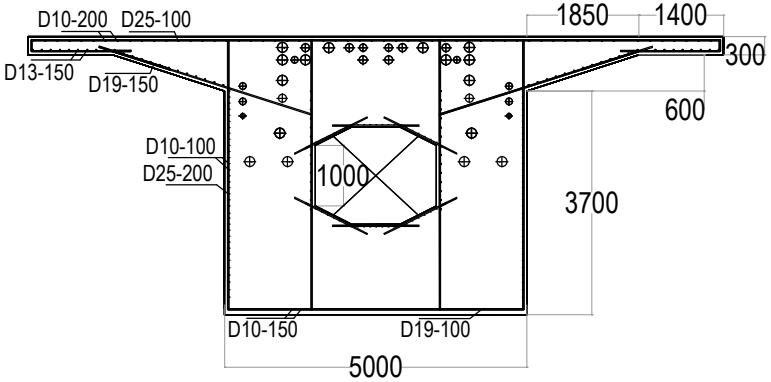
BOX GIRDER DESIGN JOINT 11a

SCALE 1 : 125



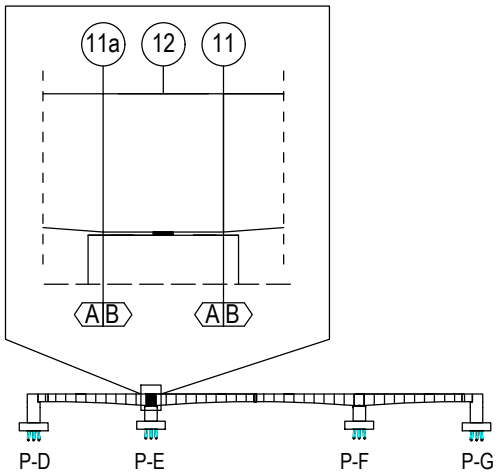
BOX GIRDER DESIGN JOINT 11

SCALE 1 : 125



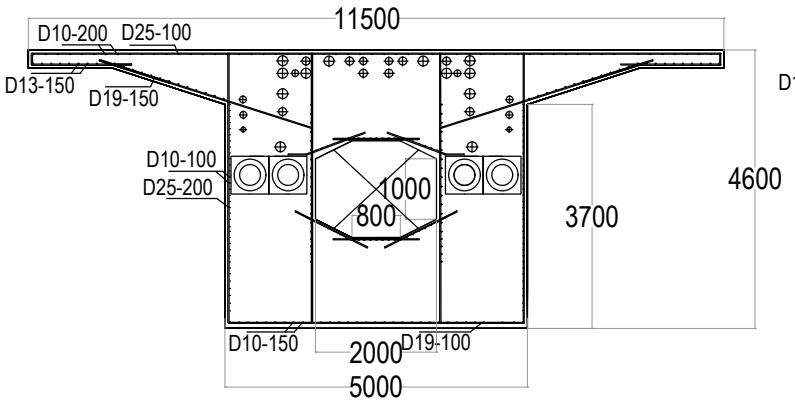
BOX GIRDER DESIGN TITIK 12

SCALE 1 : 125



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUANGAN DAN KEBUMIAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA	JUDUL TUGAS AKHIR	MAHASISWA	DOSEN KONSULTASI	SKALA	NOMOR GAMBAR	CATATAN
	MODIFIKASI PERENCANAAN FLY OVER LINGKAR DALAM BARAT SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN BALOK BOX GIRDER PRATEKAN	IRVAN PRATAMA PASAK 03111240000066	Prof. Dr. Ir. I GUSTI PUTU RAKA DATA IRANATA,ST. MT. PhD	1:125	17 JUMLAH GAMBAR 35	

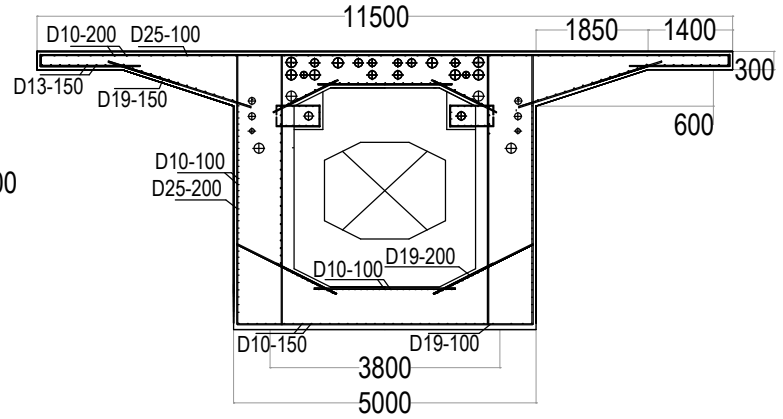
A



BOX GIRDER DESIGN JOINT 11

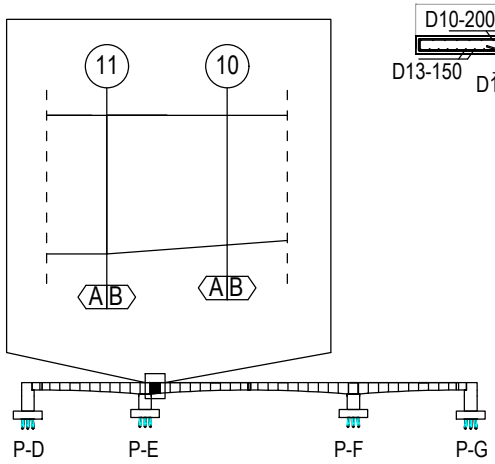
SCALE 1 : 125

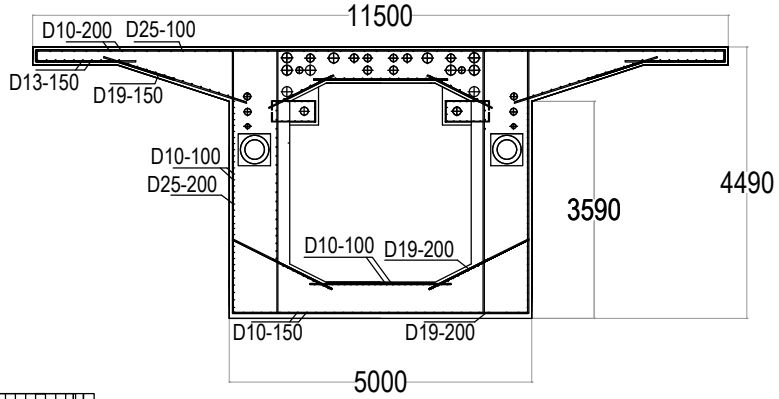
B



BOX GIRDER DESIGN JOINT 11

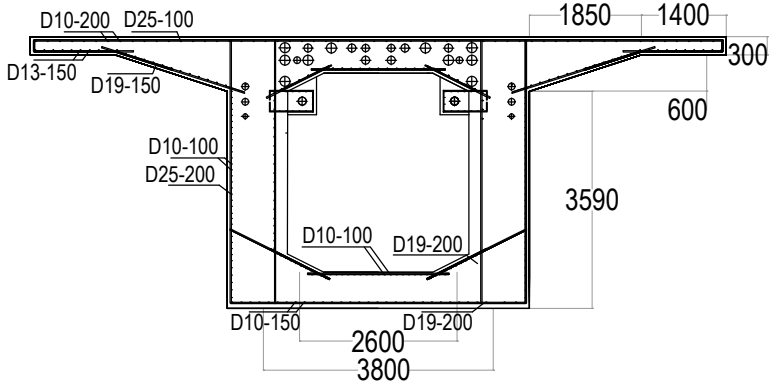
SCALE 1 : 125





BOX GIRDER DESIGN JOINT 10

SCALE 1 : 125

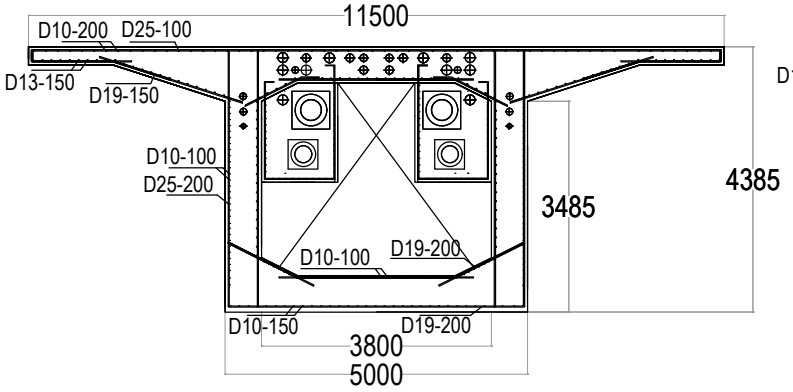


BOX GIRDER DESIGN JOINT 10

SCALE 1 : 125

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA	JUDUL TUGAS AKHIR	MAHASISWA	DOSEN KONSULTASI	SKALA	NOMOR GAMBAR	CATATAN
	MODIFIKASI PERENCANAAN FLY OVER LINGKAR DALAM BARAT SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN BALOK BOX GIRDER PRATEKAN	IRVAN PRATAMA PASAK 03111240000066	Prof. Dr. Ir. I GUSTI PUTU RAKA DATA IRANATA,ST. MT. PhD	1:125	18 JUMLAH GAMBAR 35	

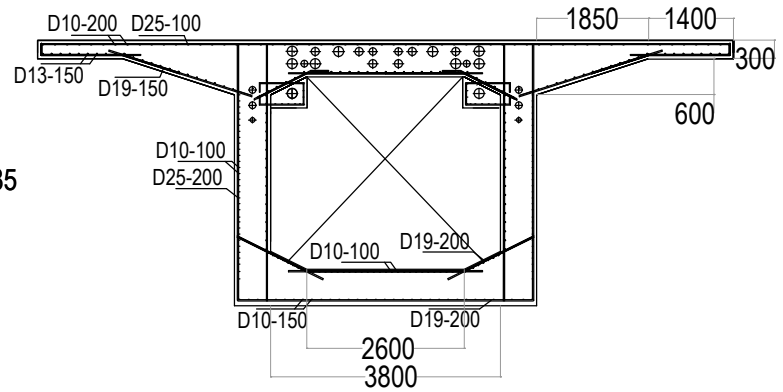
A



BOX GIRDER DESIGN JOINT 9

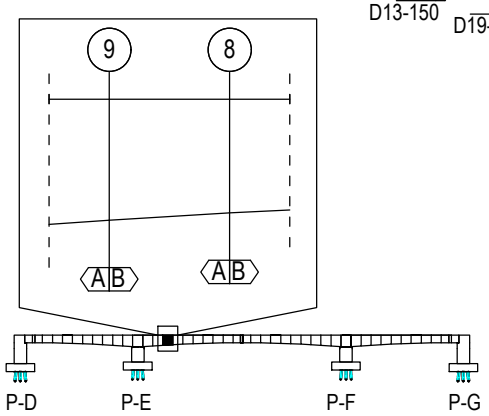
SCALE 1 : 125

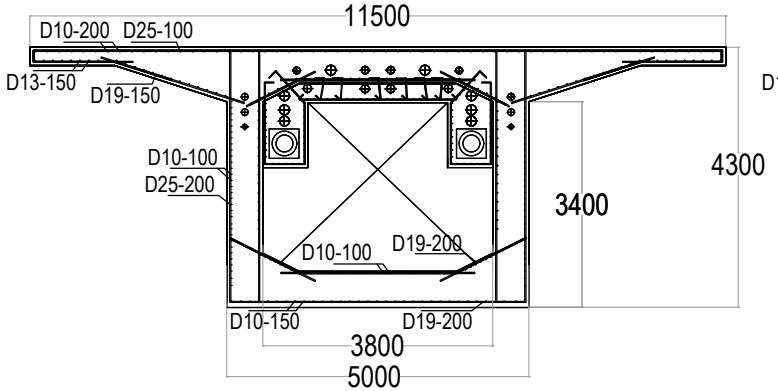
B



BOX GIRDER DESIGN JOINT 9

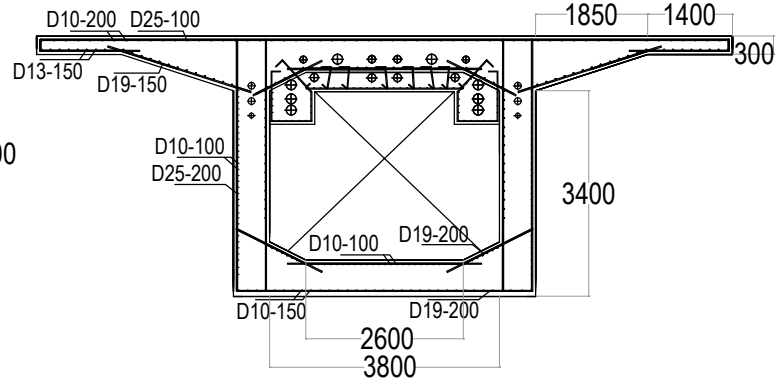
SCALE 1 : 125





BOX GIRDER DESIGN JOINT 8

SCALE 1 : 100

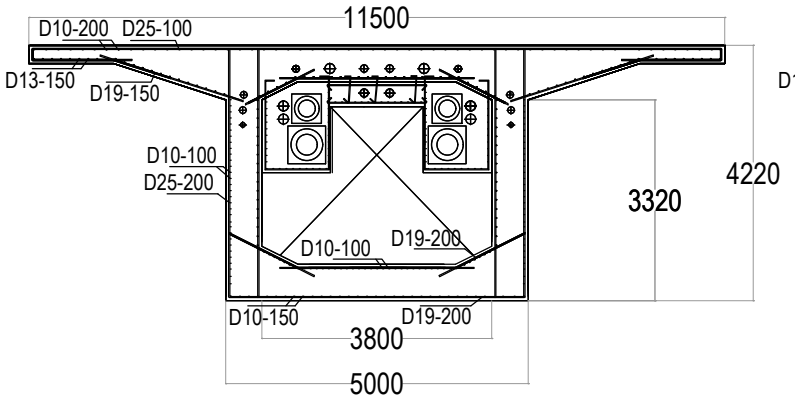


BOX GIRDER DESIGN JOINT 8

SCALE 1 : 100

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUANGAN DAN KEBUMIAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA	JUDUL TUGAS AKHIR	MAHASISWA	DOSEN KONSULTASI	SKALA	NOMOR GAMBAR	CATATAN
	MODIFIKASI PERENCANAAN FLY OVER LINGKAR DALAM BARAT SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN BALOK BOX GIRDER PRATEKAN	IRVAN PRATAMA PASAK 03111240000066	Prof. Dr. Ir. I GUSTI PUTU RAKA DATA IRANATA,ST. MT. PhD	1:125	19 JUMLAH GAMBAR 35	

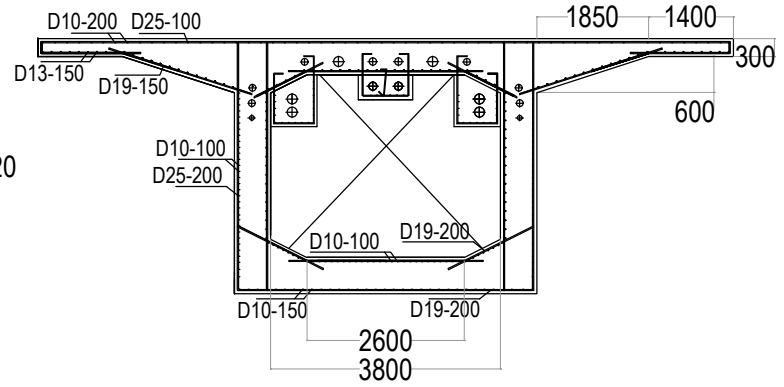
A



BOX GIRDER DESIGN JOINT 7

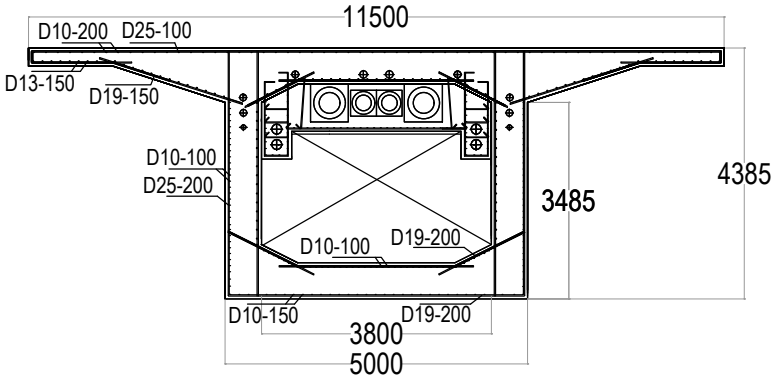
SCALE 1 : 125

B



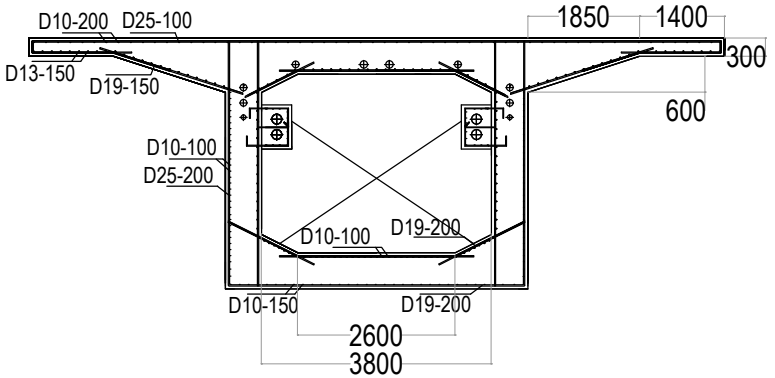
BOX GIRDER DESIGN JOINT 7

SCALE 1 : 125



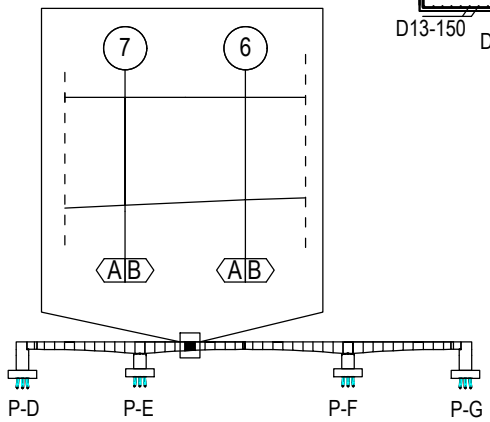
BOX GIRDER DESIGN JOINT 6

SCALE 1 : 125



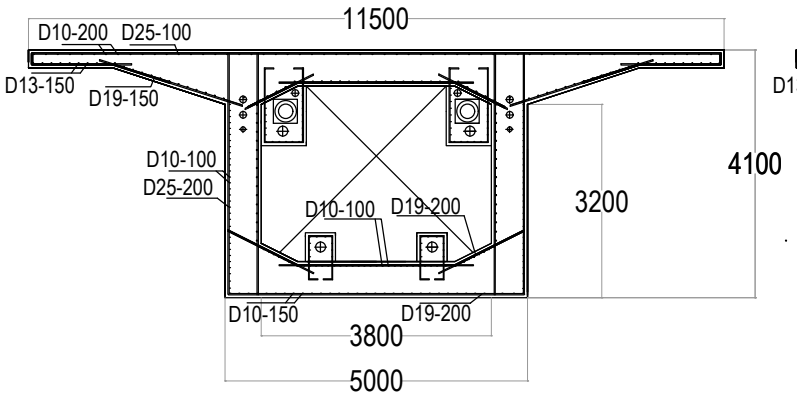
BOX GIRDER DESIGN JOINT 6

SCALE 1 : 125



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUANGAN DAN KEBUMIAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA	JUDUL TUGAS AKHIR	MAHASISWA	DOSEN KONSULTASI	SKALA	NOMOR GAMBAR	CATATAN
	MODIFIKASI PERENCANAAN FLY OVER LINGKAR DALAM BARAT SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN BALOK BOX GIRDER PRATEKAN	IRVAN PRATAMA PASAK 03111240000066	Prof. Dr. Ir. I GUSTI PUTU RAKA DATA IRANATA,ST. MT. PhD	1:125	20 JUMLAH GAMBAR 35	

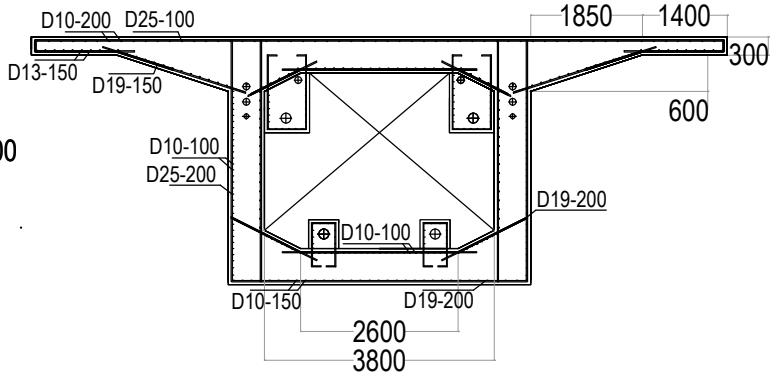
A



BOX GIRDER DESIGN JOINT 5

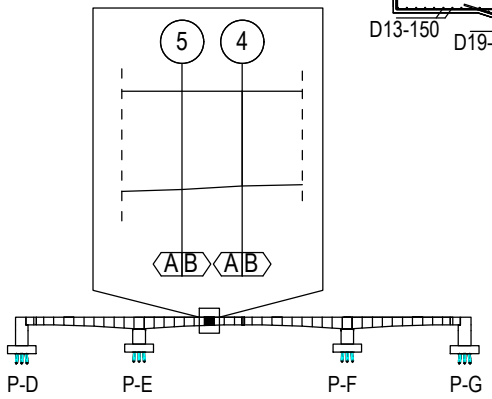
SCALE 1 : 125

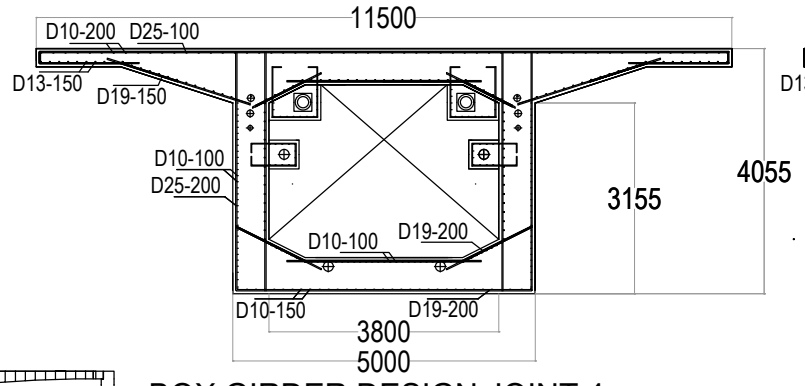
B



BOX GIRDER DESIGN JOINT 5

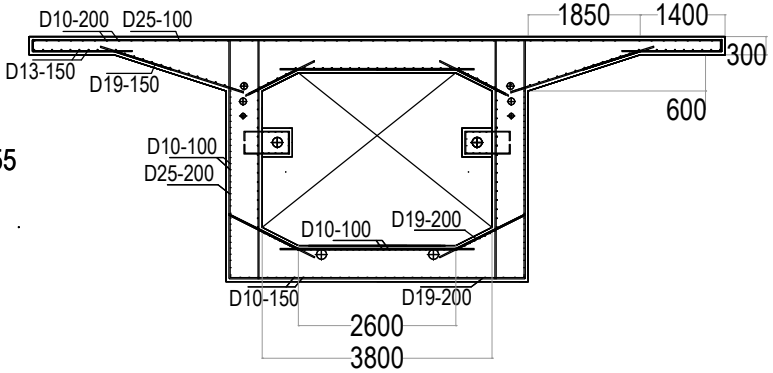
SCALE 1 : 125





BOX GIRDER DESIGN JOINT 4

SCALE 1 : 125

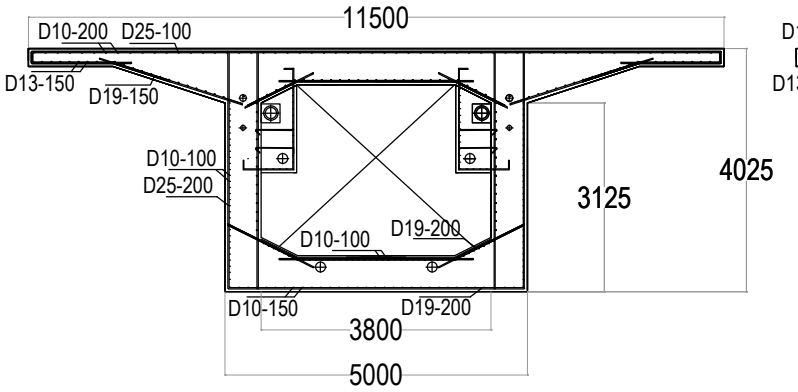


BOX GIRDER DESIGN JOINT 4

SCALE 1 : 125

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA	JUDUL TUGAS AKHIR	MAHASISWA	DOSEN KONSULTASI	SKALA	NOMOR GAMBAR	CATATAN
	MODIFIKASI PERENCANAAN FLY OVER LINGKAR DALAM BARAT SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN BALOK BOX GIRDER PRATEKAN	IRVAN PRATAMA PASAK 03111240000066	Prof. Dr. Ir. I GUSTI PUTU RAKA DATA IRANATA,ST. MT. PhD	1:125	21 JUMLAH GAMBAR 35	

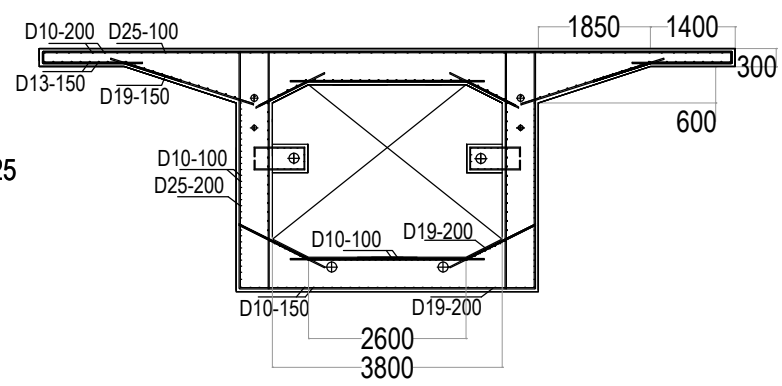
A



BOX GIRDER DESIGN JOINT 3

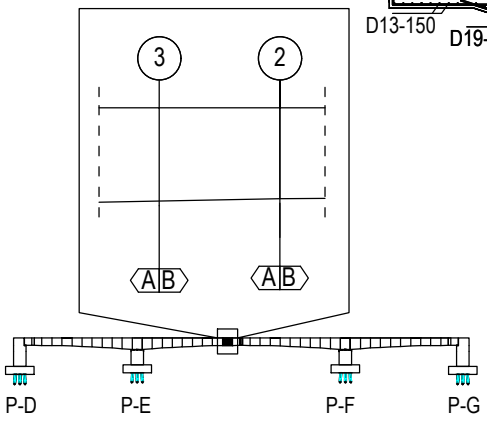
SCALE 1 : 125

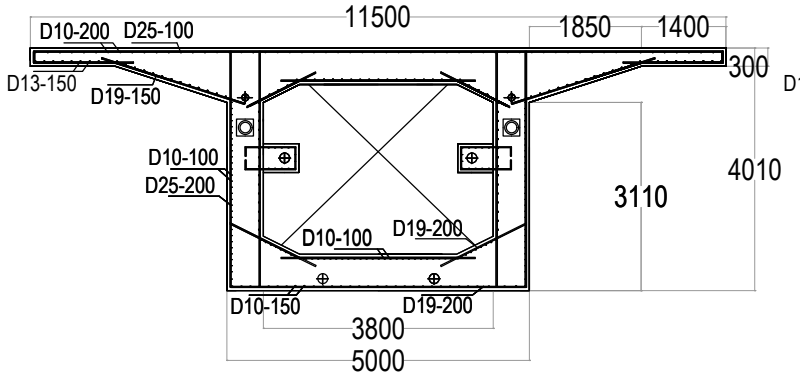
B



BOX GIRDER DESIGN JOINT 3

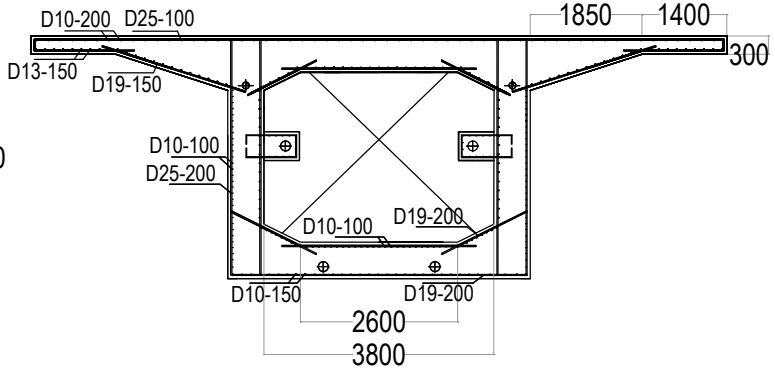
SCALE 1 : 125





BOX GIRDER DESIGN JOINT 2

SCALE 1 : 125

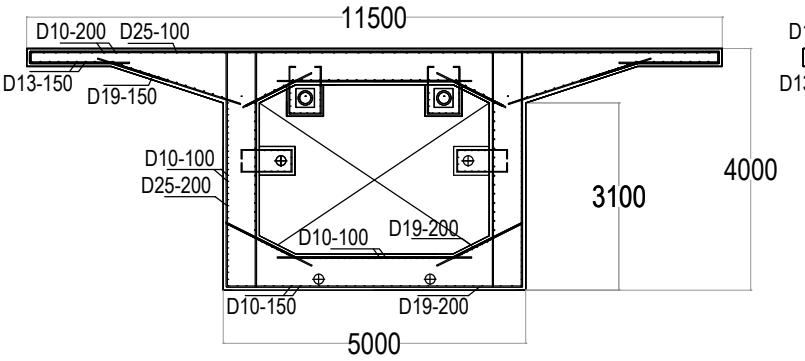


BOX GIRDER DESIGN JOINT 2

SCALE 1 : 125

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA	JUDUL TUGAS AKHIR	MAHASISWA	DOSEN KONSULTASI	SKALA	NOMOR GAMBAR	CATATAN
	MODIFIKASI PERENCANAAN FLY OVER LINGKAR DALAM BARAT SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN BALOK BOX GIRDER PRATEKAN	IRVAN PRATAMA PASAK 03111240000066	Prof. Dr. Ir. I GUSTI PUTU RAKA DATA IRANATA,ST. MT. PhD	1:125	22 JUMLAH GAMBAR 35	

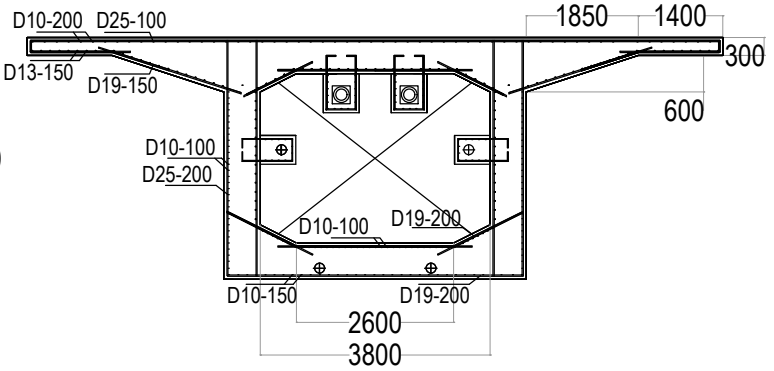
A



BOX GIRDER DESIGN JOINT 1

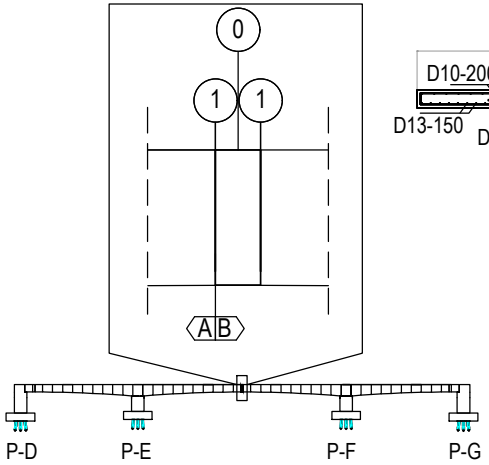
SCALE 1 : 125

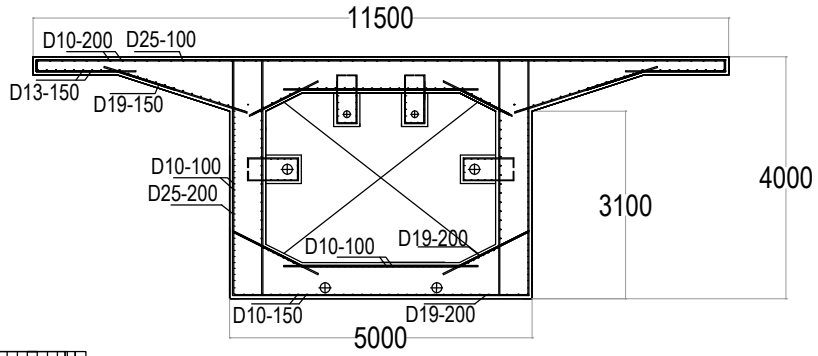
B



BOX GIRDER DESIGN JOINT 1

SCALE 1 : 125

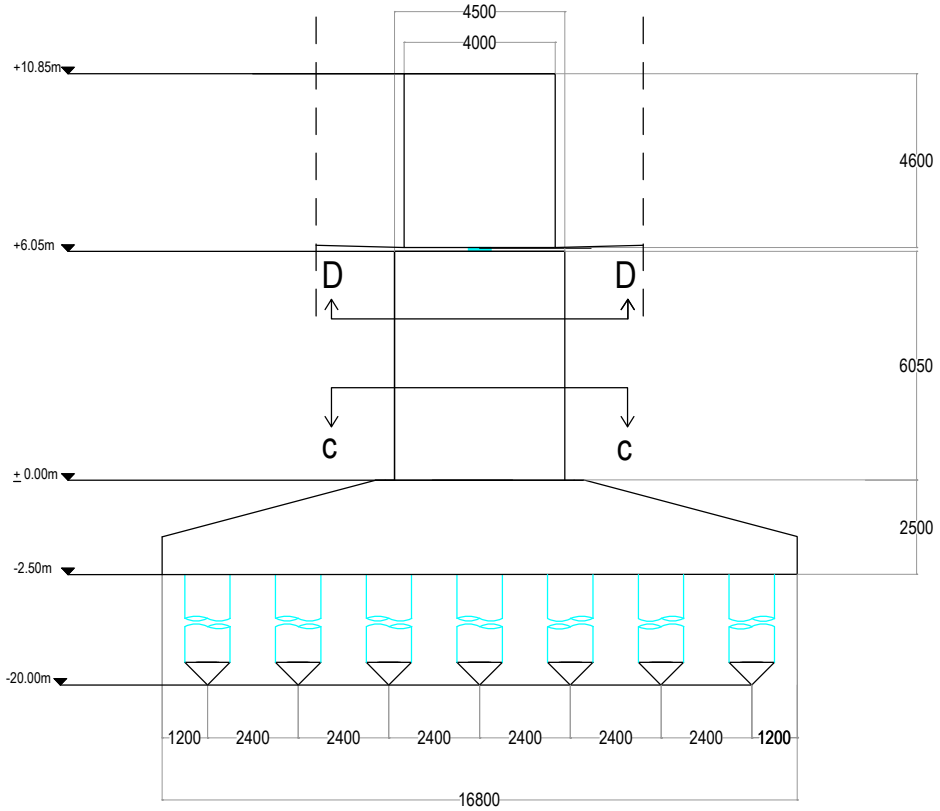




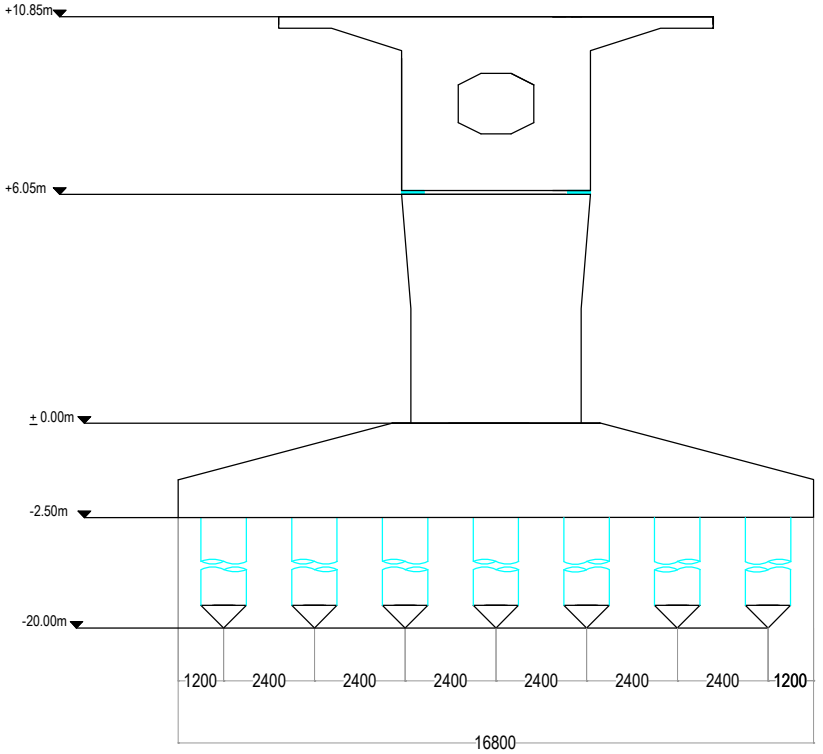
BOX GIRDER DESIGN TITIK 0

SCALE 1 : 125

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA	JUDUL TUGAS AKHIR	MAHASISWA	DOSEN KONSULTASI	SKALA	NOMOR GAMBAR	CATATAN
	MODIFIKASI PERENCANAAN FLY OVER LINGKAR DALAM BARAT SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN BALOK BOX GIRDER PRATEKAN	IRVAN PRATAMA PASAK 03111240000066	Prof. Dr. Ir. I GUSTI PUTU RAKA DATA IRANATA,ST. MT. PhD	1:125	23 JUMLAH GAMBAR 35	

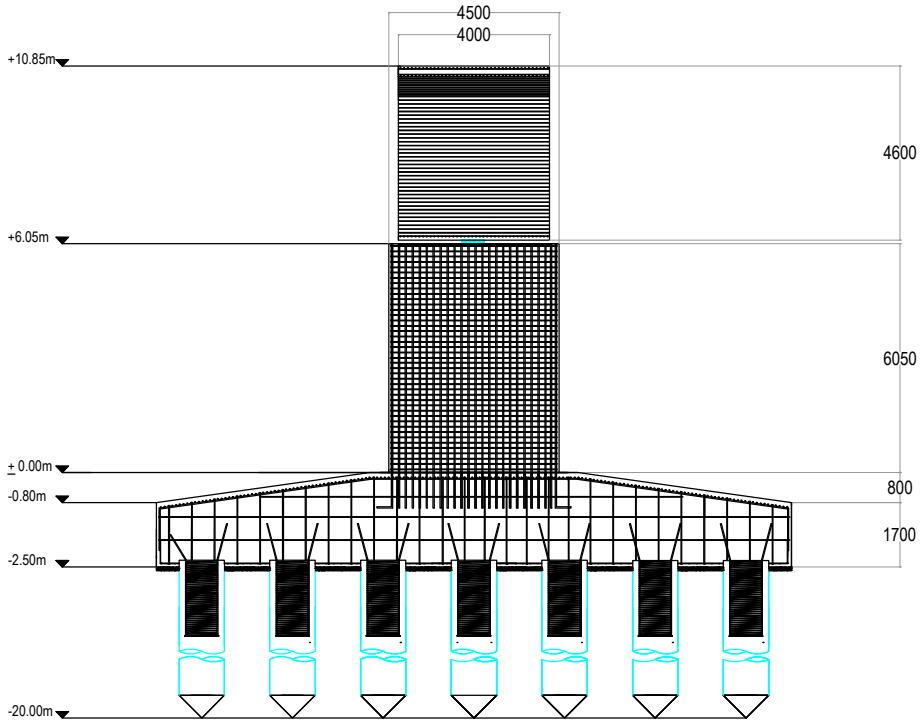


LONG SECTION DESIGN PILAR PE
SCALE 1 : 200

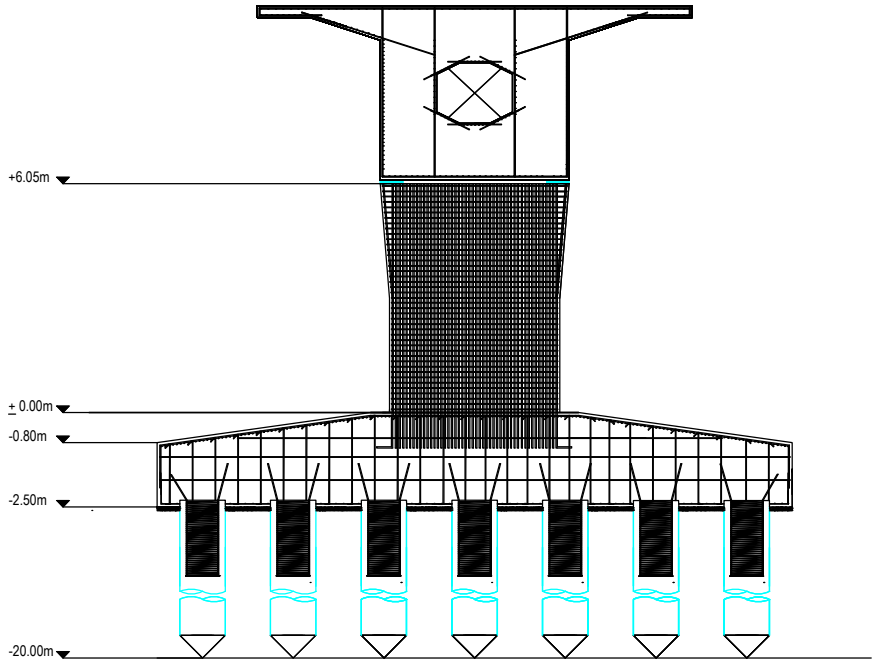


CROSS SECTION PILAR PE
SCALE 1 : 200

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA	JUDUL TUGAS AKHIR	MAHASISWA	DOSEN KONSULTASI	SKALA	NOMOR GAMBAR	CATATAN
	MODIFIKASI PERENCANAAN FLY OVER LINGKAR DALAM BARAT SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN BALOK BOX GIRDER PRATEKAN	IRVAN PRATAMA PASAK 03111240000066	Prof. Dr. Ir. I GUSTI PUTU RAKA DATA IRANATA,ST. MT. PhD	1:200	24 JUMLAH GAMBAR 35	

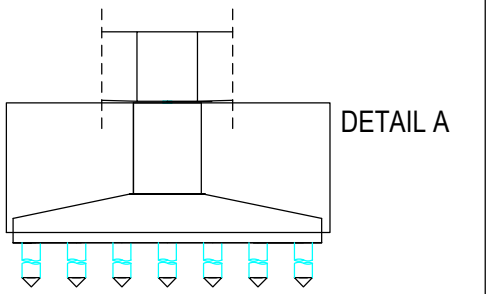


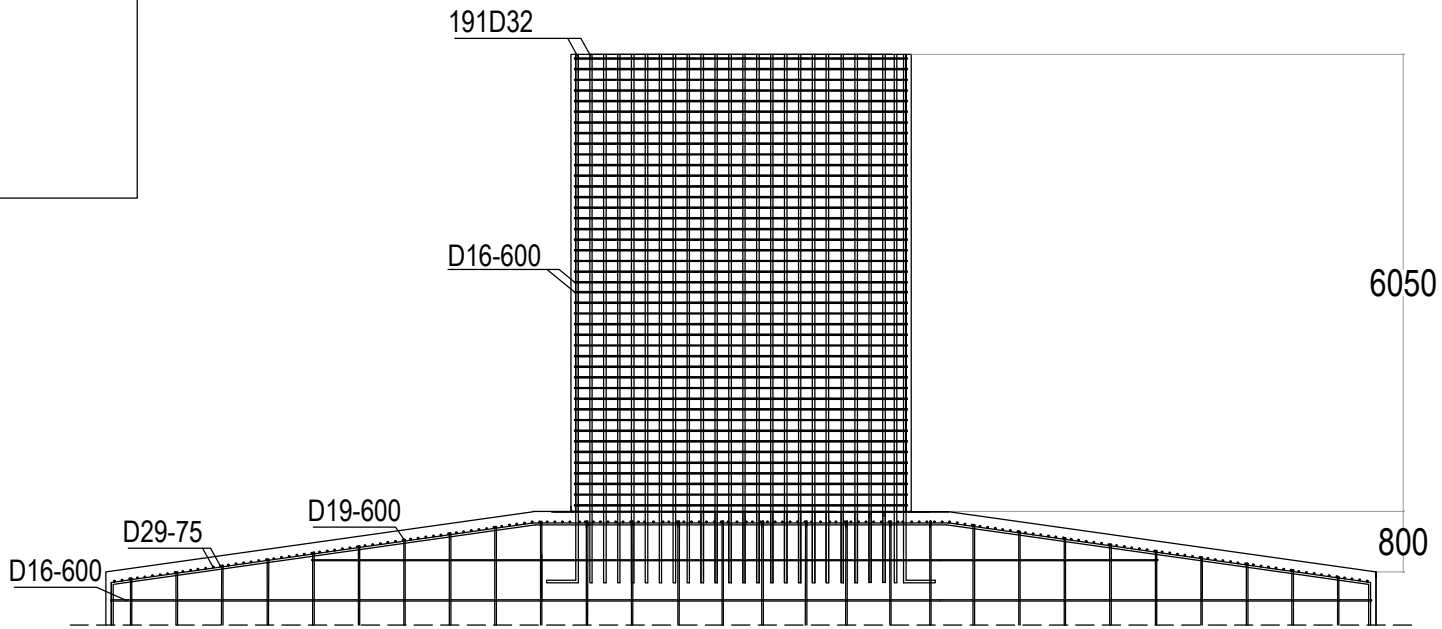
CROSS SECTION PILAR PE PENULANGAN
SCALE 1 : 125



LONG SECTION PILAR PE PENULANGAN
SCALE 1 : 125

	JUDUL TUGAS AKHIR	MAHASISWA	DOSEN KONSULTASI	SKALA	NOMOR GAMBAR	CATATAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA	MODIFIKASI PERENCANAAN FLY OVER LINGKAR DALAM BARAT SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN BALOK BOX GIRDER PRATEKAN	IRVAN PRATAMA PASAK 03111240000066	Prof. Dr. Ir. I GUSTI PUTU RAKA DATA IRANATA,ST. MT. PhD	1:125	25 JUMLAH GAMBAR 35	

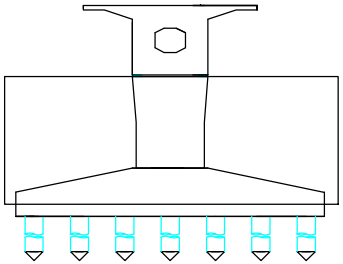


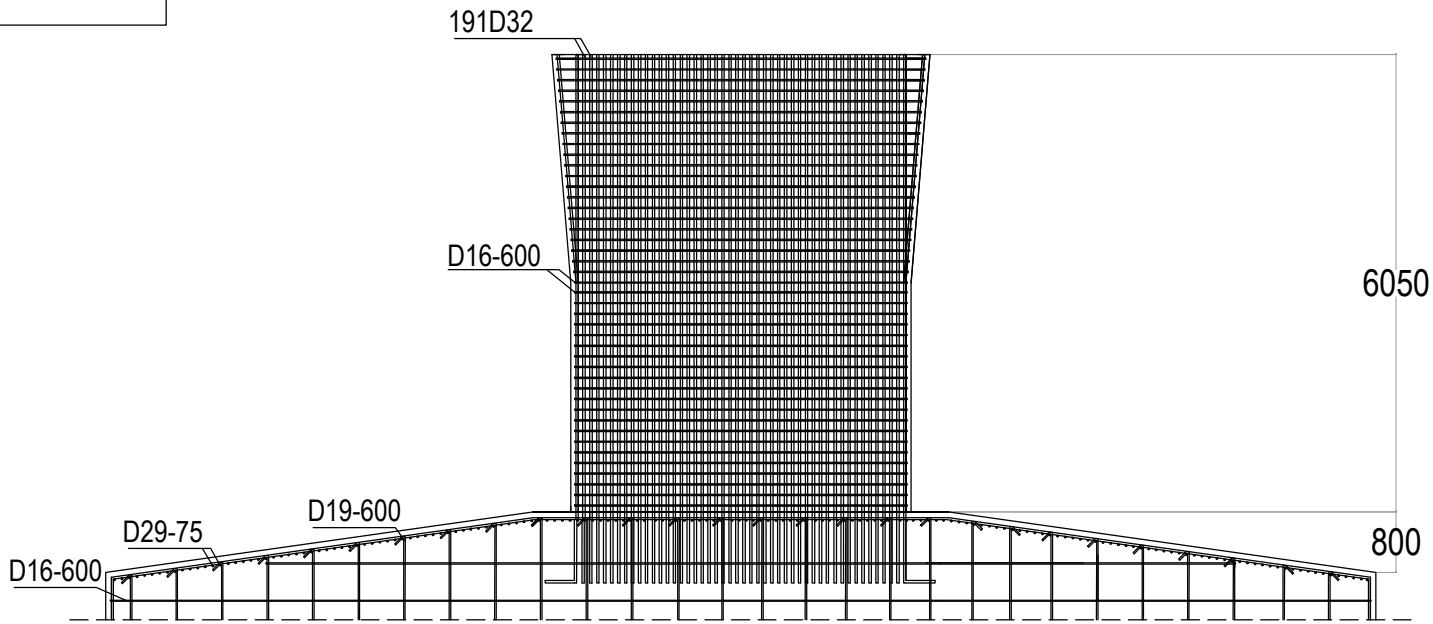


DETAIL A TULANGAN PILAR PE

SCALE 1 : 100

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA	JUDUL TUGAS AKHIR	MAHASISWA	DOSEN KONSULTASI	SKALA	NOMOR GAMBAR	CATATAN
	MODIFIKASI PERENCANAAN FLY OVER LINGKAR DALAM BARAT SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN BALOK BOX GIRDER PRATEKAN	IRVAN PRATAMA PASAK 03111240000066	Prof. Dr. Ir. I GUSTI PUTU RAKA DATA IRANATA,ST. MT. PhD	1:100	26 JUMLAH GAMBAR 35	

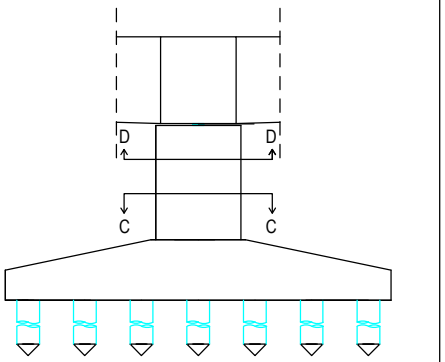


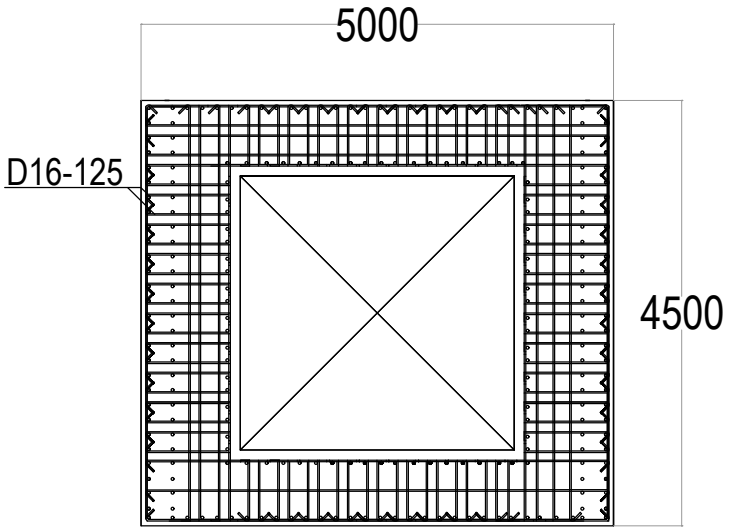


DETAIL B TULANGAN PILAR PE

SCALE 1 : 100

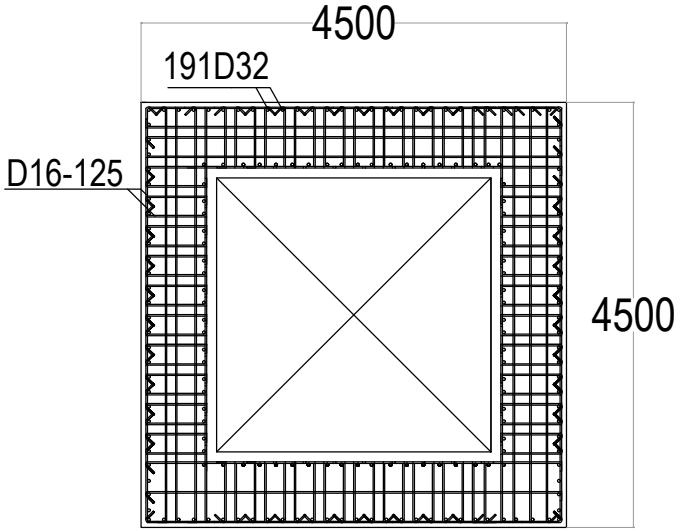
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA	JUDUL TUGAS AKHIR	MAHASISWA	DOSEN KONSULTASI	SKALA	NOMOR GAMBAR	CATATAN
	MODIFIKASI PERENCANAAN FLY OVER LINGKAR DALAM BARAT SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN BALOK BOX GIRDER PRATEKAN	IRVAN PRATAMA PASAK 03111240000066	Prof. Dr. Ir. I GUSTI PUTU RAKA DATA IRANATA,ST. MT. PhD	1:100	27 JUMLAH GAMBAR 35	





DETAIL TULANGN PILAR PE POT D-D

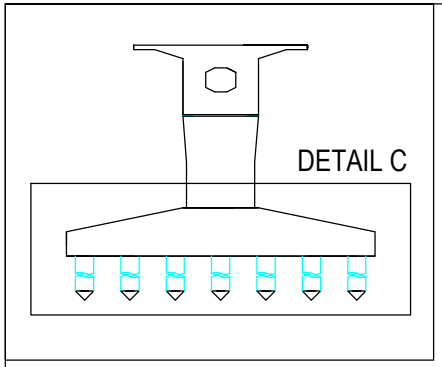
SCALE 1 : 100

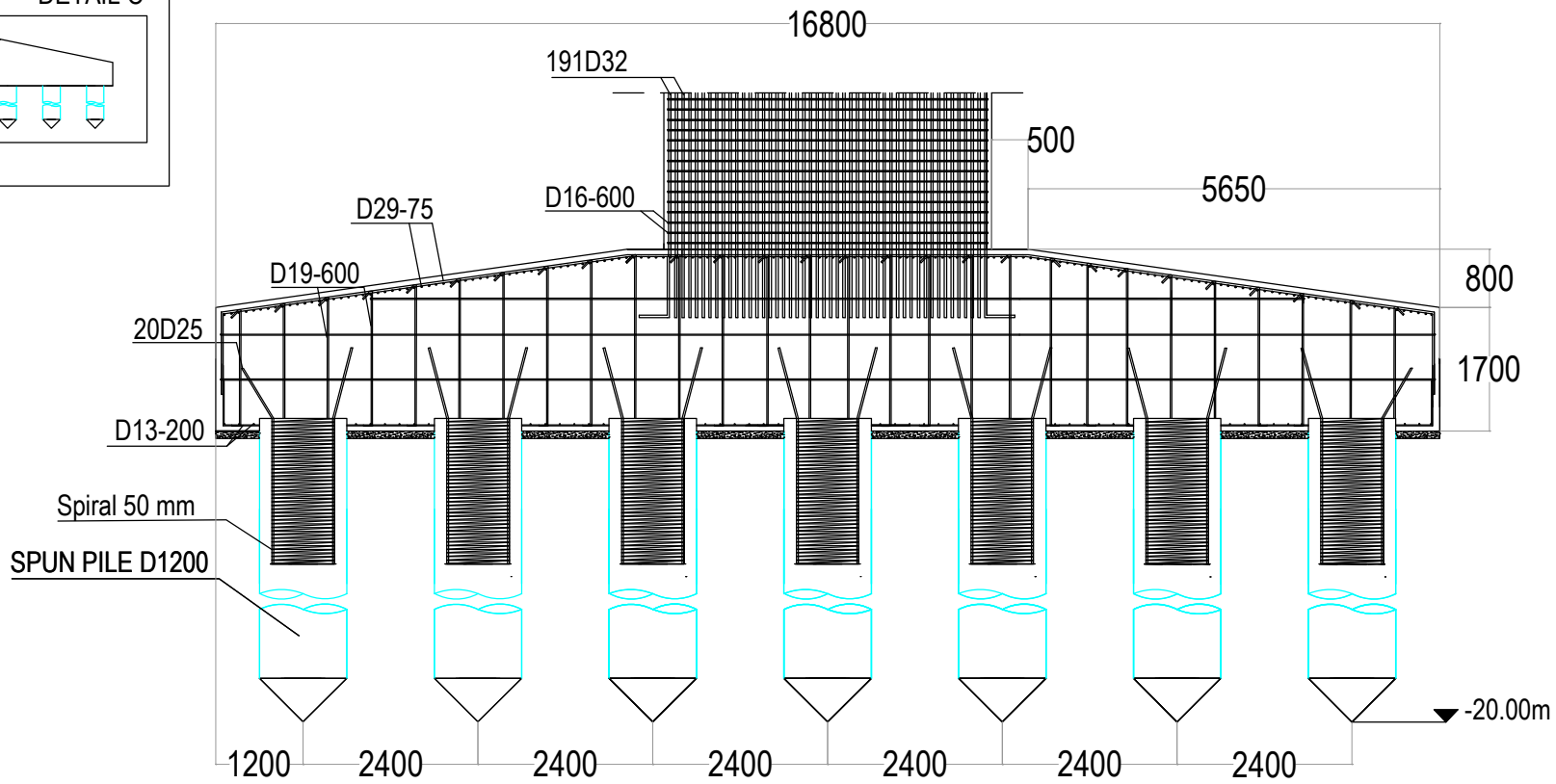


DETAIL TULANGN PILAR PE POT C-C

SCALE 1 : 100

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA	JUDUL TUGAS AKHIR	MAHASISWA	DOSEN KONSULTASI	SKALA	NOMOR GAMBAR	CATATAN
	MODIFIKASI PERENCANAAN FLY OVER LINGKAR DALAM BARAT SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN BALOK BOX GIRDER PRATEKAN	IRVAN PRATAMA PASAK 03111240000066	Prof. Dr. Ir. I GUSTI PUTU RAKA DATA IRANATA,ST. MT. PhD	1:100	28 JUMLAH GAMBAR 35	

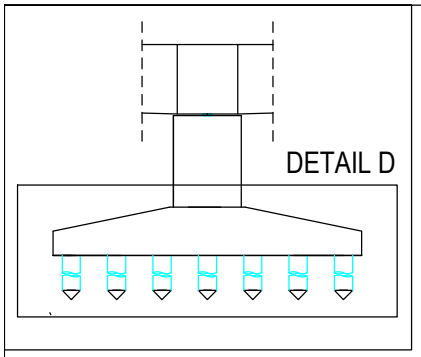


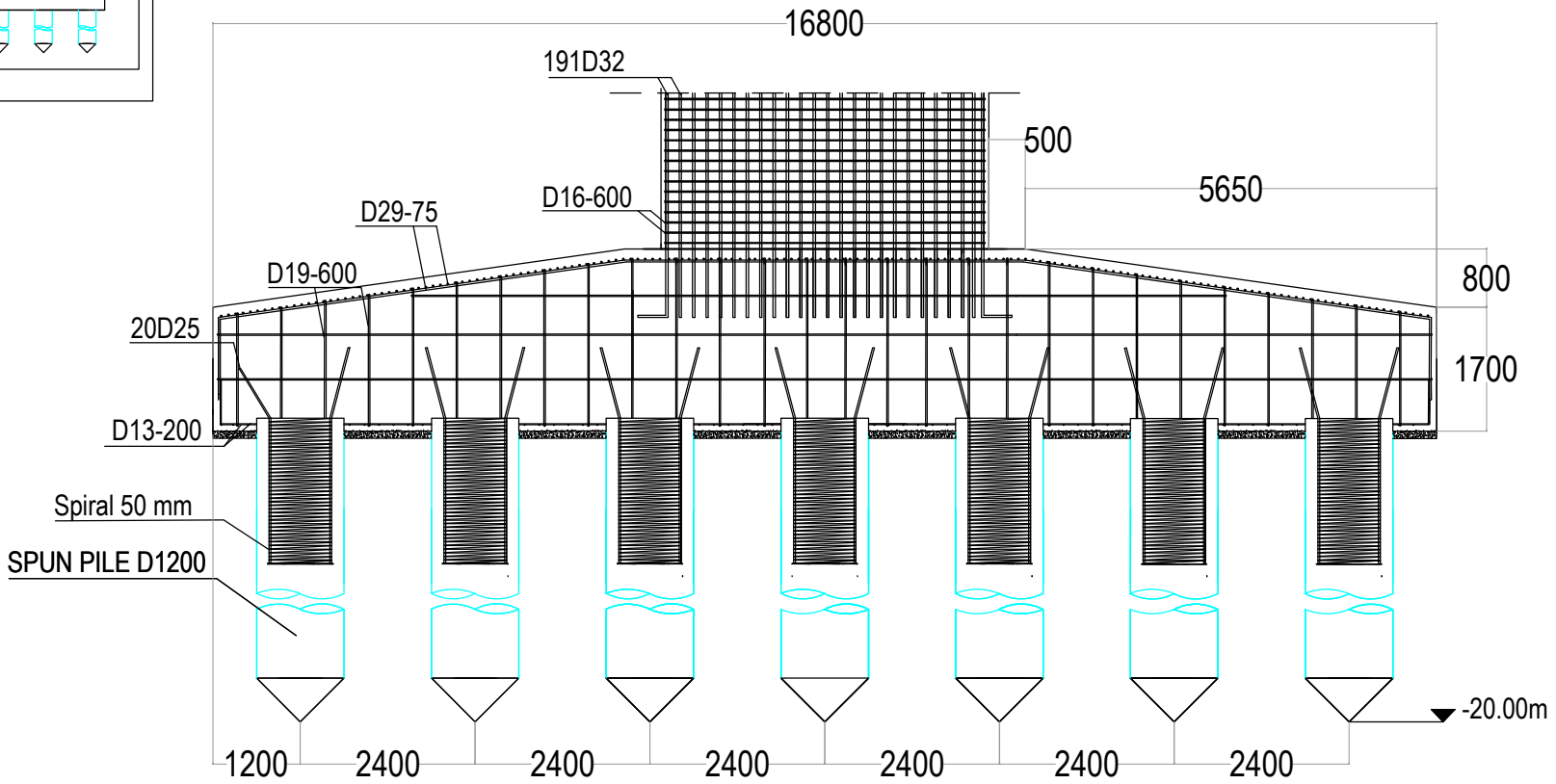


DETAIL C TULANGAN PILE CAP PILER PE

SCALE 1 : 100

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA	JUDUL TUGAS AKHIR	MAHASISWA	DOSEN KONSULTASI	SKALA	NOMOR GAMBAR	CATATAN
	MODIFIKASI PERENCANAAN FLY OVER LINGKAR DALAM BARAT SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN BALOK BOX GIRDER PRATEKAN	IRVAN PRATAMA PASAK 031112400066	Prof. Dr. Ir. I GUSTI PUTU RAKA DATA IRANATA,ST. MT. PhD	1:100	29 JUMLAH GAMBAR 35	

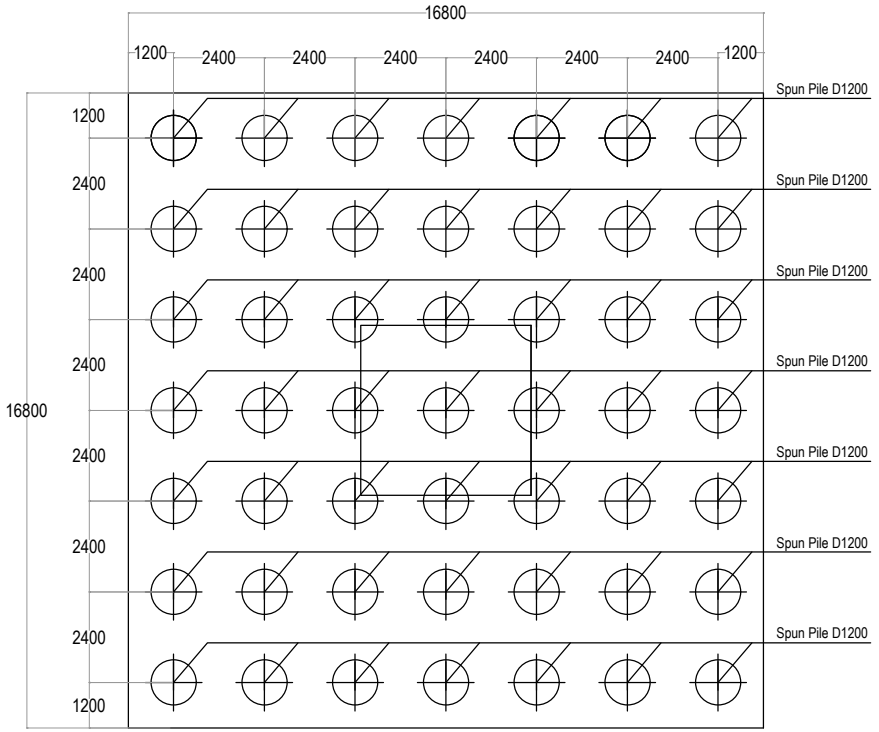




DETAIL D TULANGAN PILE CAP PILER PE

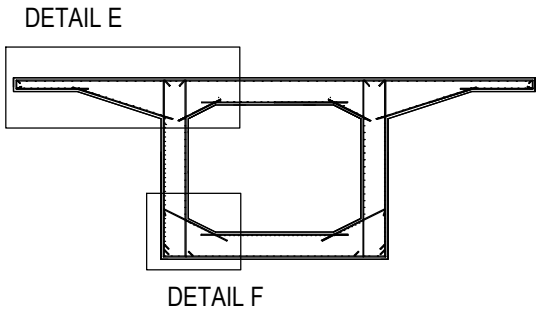
SCALE 1 : 100

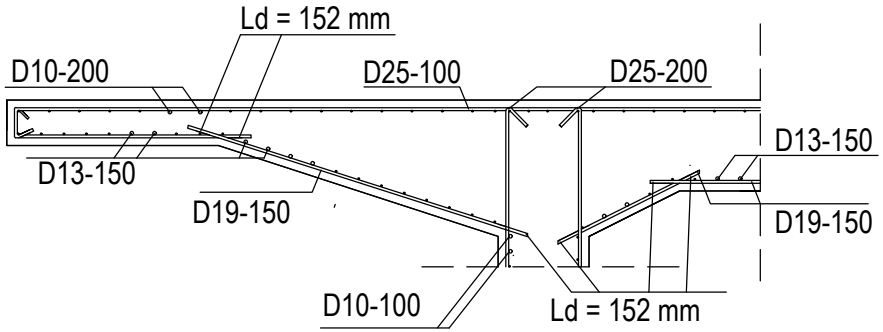
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA	JUDUL TUGAS AKHIR	MAHASISWA	DOSEN KONSULTASI	SKALA	NOMOR GAMBAR	CATATAN
	MODIFIKASI PERENCANAAN FLY OVER LINGKAR DALAM BARAT SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN BALOK BOX GIRDER PRATEKAN	IRVAN PRATAMA PASAK 03111240000066	Prof. Dr. Ir. I GUSTI PUTU RAKA DATA IRANATA,ST. MT. PhD	1:100	30 JUMLAH GAMBAR 35	



DETAIL PILE CAP PILAR PE
SCALE 1 : 125

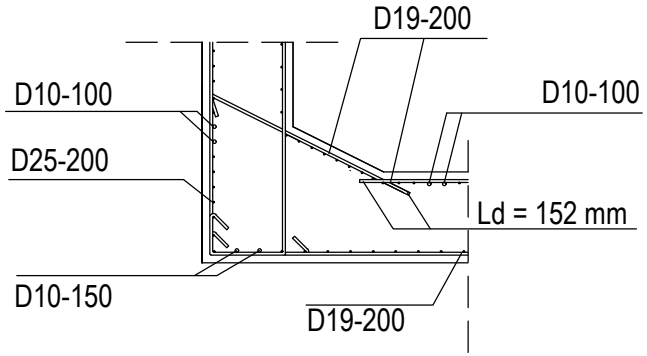
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA	JUDUL TUGAS AKHIR	MAHASISWA	DOSEN KONSULTASI	SKALA	NOMOR GAMBAR	CATATAN
	MODIFIKASI PERENCANAAN FLY OVER LINGKAR DALAM BARAT SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN BALOK BOX GIRDER PRATEKAN	IRVAN PRATAMA PASAK 03111240000066	Prof. Dr. Ir. I GUSTI PUTU RAKA DATA IRANATA,ST. MT. PhD	1:200	31 JUMLAH GAMBAR 35	





DETAIL E TULANGAN BOX GIRDER

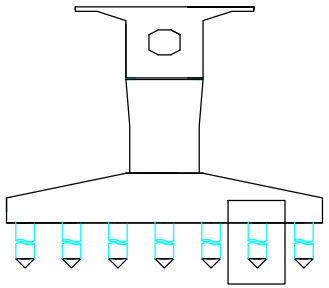
SCALE 1 : 50



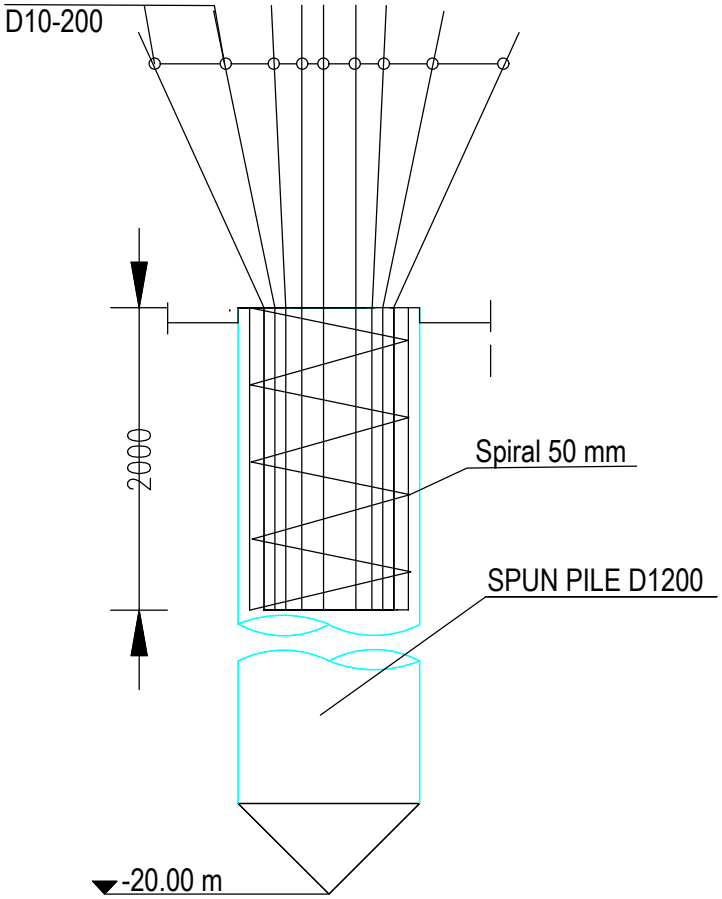
DETAIL F TULANGAN BOX GIRDER

SCALE 1 : 50

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA	JUDUL TUGAS AKHIR	MAHASISWA	DOSEN KONSULTASI	SKALA	NOMOR GAMBAR	CATATAN
	MODIFIKASI PERENCANAAN FLY OVER LINGKAR DALAM BARAT SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN BALOK BOX GIRDER PRATEKAN	IRVAN PRATAMA PASAK 03111240000066	Prof. Dr. Ir. I GUSTI PUTU RAKA DATA IRANATA,ST. MT. PhD	1:50	32 JUMLAH GAMBAR 35	



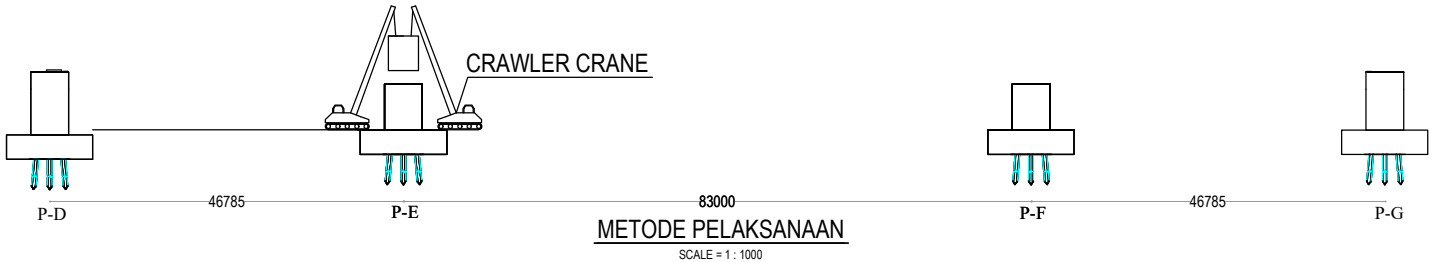
DETAIL G



DETAIL G TIANG PANCANG

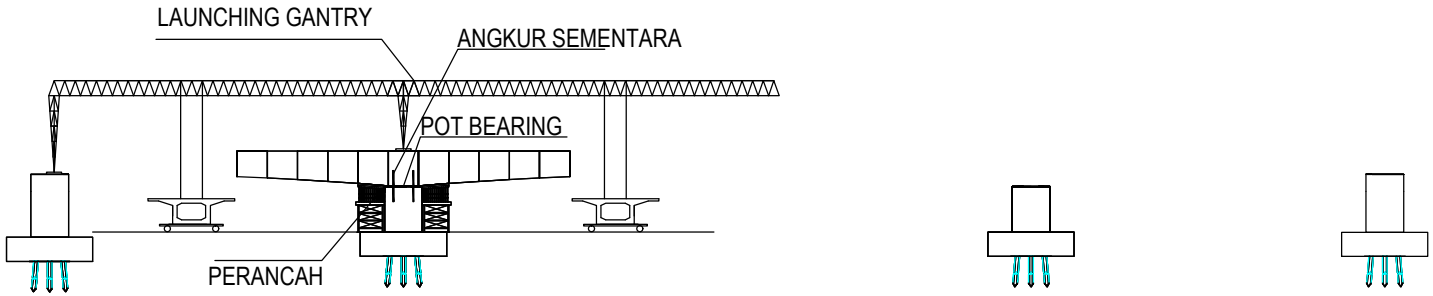
SCALE 1 : 50

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA	JUDUL TUGAS AKHIR	MAHASISWA	DOSEN KONSULTASI	SKALA	NOMOR GAMBAR	CATATAN
	MODIFIKASI PERENCANAAN FLY OVER LINGKAR DALAM BARAT SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN BALOK BOX GIRDER PRATEKAN	IRVAN PRATAMA PASAK 03111240000066	Prof. Dr. Ir. I GUSTI PUTU RAKA DATA IRANATA,ST. MT. PhD	1:100	33 JUMLAH GAMBAR 35	



METODE PELAKSANAAN

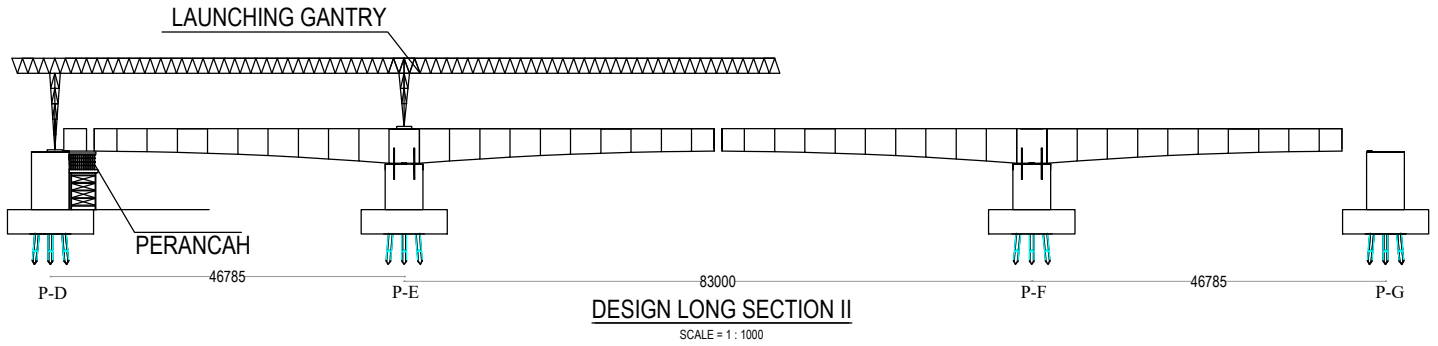
SCALE = 1 : 1000

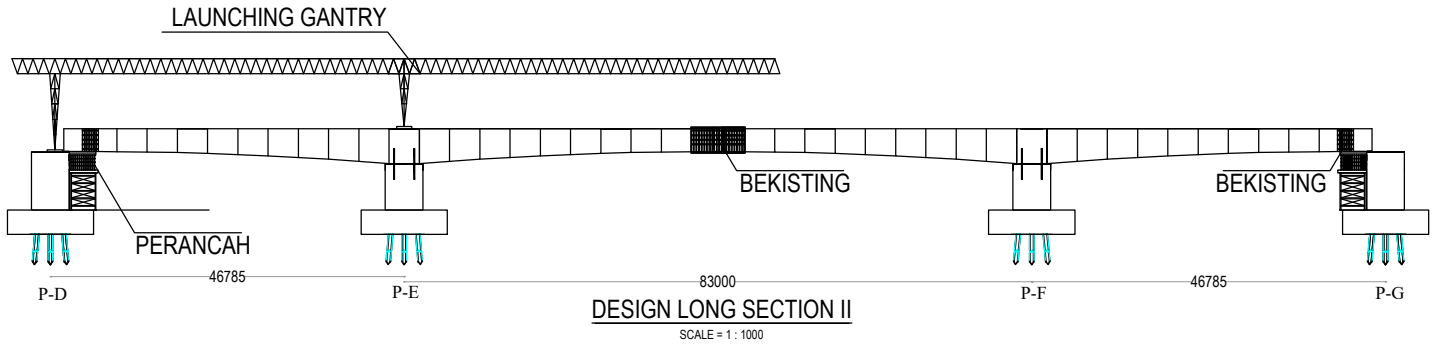


METODE PELAKSANAAN

SCALE = 1 : 1000

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA	JUDUL TUGAS AKHIR	MAHASISWA	DOSEN KONSULTASI	SKALA	NOMOR GAMBAR	CATATAN
	MODIFIKASI PERENCANAAN FLY OVER LINGKAR DALAM BARAT SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN BALOK BOX GIRDER PRATEKAN	IRVAN PRATAMA PASAK 03111240000066	Prof. Dr. Ir. I GUSTI PUTU RAKA DATA IRANATA,ST. MT. PhD	1:1000	34 JUMLAH GAMBAR 35	





DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA	JUDUL TUGAS AKHIR	MAHASISWA	DOSEN KONSULTASI	SKALA	NOMOR GAMBAR	CATATAN
	MODIFIKASI PERENCANAAN FLY OVER LINGKAR DALAM BARAT SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN BALOK BOX GIRDER PRATEKAN	IRVAN PRATAMA PASAK 03111240000066	Prof. Dr. Ir. I GUSTI PUTU RAKA DATA IRANATA,ST. MT. PhD	1:1000	35 JUMLAH GAMBAR 35	

Tabel koordinat tendon

Tendon	c1		c2		c3		c4		c5		c6		c7		c8		c9		c10		c11-1		c11-2	
Strand	6-15 (13)		6-12		6-15 (13)		6-15(14)		6-27		6-31(30)		6-37(36)		6-37(36)		6-37(36)		6-43		6-55		6-55	
Joint	z (mm)	y (mm)	z (mm)	y (mm)	z (mm)	y (mm)	z (mm)	y (mm)	z (mm)	y (mm)	z (mm)	y (mm)	z (mm)	y (mm)	z (mm)	y (mm)	z (mm)	y (mm)	z (mm)	y (mm)	z (mm)	y (mm)	z (mm)	y (mm)
0a																								
1a	820	1145																						
2a	820	2200	1314	2200																				
3a	820	2200	1314	2200	1073	1745																		
4a	820	2200	1314	2200	1073	2200	890	1342																
5a	820	2200	1314	2200	1073	2200	717	1324	1015	1485														
6a	820	2200	1314	2200	1073	2200	548	1324	548	213	912	213												
7a	820	2200	1314	2200	1073	2200	387	1324	387	213	789	213	1045	1162										
8a	820	2200	1314	2200	1073	2200	382	1324	382	213	689	213	606	1162	1593	1547								
9a	820	2200	1314	2200	1073	2200	382	1324	180	213	382	213	180	1162	180	440	1778	1261						
10a	820	2200	1314	2200	1073	2200	382	1324	180	213	382	213	180	1162	180	440	1063	1261	1700	2085				
11a	820	2200	1314	2200	1073	2200	382	1324	180	213	382	213	180	1162	180	440	1063	1261	1600	2085	1460	2068	2085	2068
12	820	2200	1314	2200	1073	2200	382	1324	180	213	382	213	180	1162	180	440	1063	1261	1600	2085	1460	2068	2085	2068
11	820	2200	1314	2200	1073	2200	382	1324	180	213	382	213	180	1162	180	440	1063	1261	1600	2085	1460	2068	2085	2068
10	820	2200	1314	2200	1073	2200	382	1324	180	213	382	213	180	1162	180	440	1063	1261	1700	2085				
9	820	2200	1314	2200	1073	2200	382	1324	180	213	382	213	180	1162	180	440	1778	1261						
8	820	2200	1314	2200	1073	2200	382	1324	382	213	689	213	606	1162	1593	1547								
7	820	2200	1314	2200	1073	2200	387	1324	387	213	789	213	1045	1162										
6	820	2200	1314	2200	1073	2200	548	1324	548	213	912	213												
5	820	2200	1314	2200	1073	2200	717	1324	1015	213														
4	820	2200	1314	2200	1073	2200	890	1342																
3	820	2200	1314	2200	1073	1745																		
2	820	2200	1314	2200																				
1	820	1145																						
0																								

Tendon	t1		t2		t3		m1		m2		m3	
Strand	6-55		6-55		6-55		6-55		6-15(14)		6-55	
Joint	z (mm)	y (mm)	z (mm)	y (mm)	z (mm)	y (mm)	z (mm)	y (mm)	z (mm)	y (mm)	z (mm)	y (mm)
0a							1635	1547			1635	923
1a							1639	1647			1999	1647
2a							1640	1647			2107	1647
3a							1640	1647			2009	1647
4a							1619	1647			1980	1647
5a							1603	1647			1902	1647
6a					912	778	1345	1647			1600	1647
7a			1642	1162	789	778	1002	1647			1220	1647
8a			735	1647	382	778	723	1647			1220	1647
9a	1046	1047	382	1647	180	778	180	1647			878	1647
10a	382	1162	382	1647	180	778	180	1647			723	1647
11a	382	1162	382	1647	180	778	180	1647			723	1647
12	382	1162	382	1647	180	778	180	1647			723	1647
11	382	1162	382	1647	180	778	180	1647			723	1647
10	382	1162	382	1647	180	778	180	1647			723	1647
9	1046	1047	382	1647	180	778	180	1647			878	1647
8			735	1647	382	778	723	1647			1220	1647
7			1642	1162	789	778	1002	1647			1220	1647
6					912	778	1345	1647			3259	921
5							1752	1647			3650	921
4							1820	1647			3616	921
3							1820	1647			3815	921
2							1820	1647			3815	921
1							1820	1647	910	1398	3815	921
0							1820	1647	910	1398	3815	921

Table 3.1 : Bor and SPT titik B - 1

Bore No : B - 1
Project : LINGKAR BARAT OSOWILANGON
Location : SURABAYA

Coordinates of GPS (UTM) X = 0681950
Y = 9201691
Diameter of Bore : 73 mm
Diameter of Casing : 89 mm

BORE LOG

DEPTH (m)	BORE LOG	Standard Penetration Test (SPT) N / 30 cm	DESCRIPTION	COLOUR	S P T Value Depth sample (Blow / 30 cm)	Grain Size Analysis (%)				Physical Properties					Mechanical Properties					
						Gravel (%)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	Water Content (%)	Dry Density (γd) (gr/cm³)	Specific Gravity GS	Porosity n	Void Ratio e	Unconfined Test qu kg/cm²	Direct Shear Test c kg/cm²	Direct Shear Test φ (°)	Atterberg Test LL %	Atterberg Test PL %	Atterberg Test IP %
0		0 20 40 60 80																		
1			Tanah Timbunan	Coklat Hitam																
2		0	Lanau Kelempungan sedikit Pasir	Coklat	1 + 0 / 2.00 + 0 / 2.50 = 0 m	21.14	23.46	32.59	22.80	35.16	1.368	2.664	0.484	0.937	0.43	0.25	18	65.44	30.45	34.99
3																				
4		0	Lanau Kelempungan	Abu-abu Hitam	1 + 0 / 4.00 + 0 / 4.50 = 0 m	4.75	2.52	51.93	40.80	85.83	0.680	2.659	0.695	2.282	0.24	0.27	16	72.89	36.08	36.81
5																				
6		0			1 + 0 / 6.00 + 0 / 6.50 = 0 m	0.13	3.21	52.82	43.85	83.28	0.772	2.627	0.686	2.188	0.29	0.33	12	74.40	34.32	40.09
7																				
8		0			1 + 0 / 8.00 + 0 / 8.50 = 0 m	0.14	0.83	55.26	43.77	82.05	0.744	2.596	0.681	2.130	0.28	0.36	9	76.79	33.39	43.40
9																				
10		0			1 + 0 / 10.00 + 0 / 10.50 = 0 m	0.00	0.93	55.05	44.02	81.08	0.767	2.582	0.677	2.094	0.30	0.38	7	78.49	33.20	45.29
11																				
12		0			1 + 0 / 12.00 + 0 / 12.50 = 0 m	0.00	0.58	60.27	39.15	85.38	0.684	2.575	0.687	2.198	0.26	0.41	5	82.16	35.14	47.03
13																				
14		0			1 + 0 / 14.00 + 0 / 14.50 = 0 m	0.00	0.62	57.60	41.78	86.78	0.629	2.578	0.691	2.237	0.21	0.39	6	83.85	37.22	46.62
15			Lanau Kepasiran sedikit kulit kerang	Hitam																
16		0			1 + 0 / 16.00 + 0 / 16.50 = 0 m	0.00	1.38	55.02	43.60	88.07	0.660	2.603	0.696	2.293	0.22	0.35	10	79.61	37.48	42.13
17																				
18		3	Lanau Kelempungan	Abu-abu Hitam	1 + 1 / 18.00 + 2 / 18.50 = 3 m	0.00	1.54	51.66	46.80	86.10	0.655	2.611	0.692	2.248	0.21	0.34	11	77.33	36.18	41.15
19																				
20		2			1 + 1 / 20.00 + 1 / 20.50 = 2 m	0.00	0.96	54.35	44.69	84.82	0.682	2.593	0.687	2.199	0.25	0.37	8	79.20	35.08	44.12
21																				
22		9	Lanau Kelempungan sedikit Pasir	Abu-abu Hijau	1 + 4 / 22.00 + 5 / 22.50 = 9 m	0.14	4.77	51.49	43.60	81.53	0.762	2.633	0.682	2.147	0.28	0.32	13	73.42	34.16	39.26
23																				
24		24	Lanau Kelempungan	Hitam	8 + 10 / 24.00 + 14 / 24.50 = 24 m	0.39	6.03	52.30	41.28	43.68	1.239	2.652	0.537	1.159	0.31	0.28	15	69.39	32.30	37.09
25																				
26		42			9 + 17 / 26.00 + 25 / 26.50 = 42 m	0.10	4.89	61.14	33.88	40.45	1.284	2.642	0.517	1.069	0.33	0.30	14	67.71	31.60	36.11
27																				
28		56	Pasir Kelanauan + Batu Kerikil	Abu-abu	12 + 21 / 28.00 + 35 / 28.50 = 56 m	57.04	26.74	16.21	0.00	16.71	1.832	2.686	0.310	0.449		0.23	21	NON PLASTIS		
29																				
30		63			13 + 24 / 30.00 + 39 / 30.50 = 63 m	14.05	54.13	31.82	0.00	29.39	1.550	2.673	0.440	0.786		0.24	19	NON PLASTIS		

Manajer Teknis

M. Nurtamys, ST
NIP. 19670429 199403 1 004

Table 3.2 : Bor and SPT titik B - 2

Bore No : B - 2
Project : LINGKAR BARAT OSOWILANGON
Location : SURABAYA

Coordinates of GPS (UTM) X = 0681906
Y = 9201590
Diameter of Bore : 73 mm
Diameter of Casing : 89 mm

BORE LOG

DEPTH (m)	BORE LOG	Standard Penetration Test (SPT) N / 30 cm	DESCRIPTION	COLOUR	S P T Value Depth sample (Blow / 30 cm)	Grain Size Analysis (%) Gravel (%)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	Physical Properties Water Content (%)	Dry Density (γ_d) (gr/cm^3)	Specific Gravity GS	Porosity n	Void Ratio e	Mechanical Properties Unconfined Test qu kg/cm^2	Direct Shear Test c kg/cm^2	ϕ (°)	Atterberg Test LL %	PL %	IP %
0		0 20 40 60 80																		
1			Tanah Timbunan	Coklat Hitam																
2		1			1 + 0/2.00 + - 1/2.50 = 1 m	4.85	8.54	47.49	39.12	83.15	0.793	2.654	0.688	2.207	0.32	0.27	16	71.57	36.10	35.47
3																				
4		0			1 + 0/4.00 + - 0/4.50 = 0 m	0.18	3.06	53.89	42.88	84.49	0.753	2.623	0.689	2.216	0.30	0.33	12	75.34	37.14	38.20
5																				
6		0			1 + 0/6.00 + - 0/6.50 = 0 m	0.00	1.26	56.06	42.68	82.18	0.730	2.597	0.681	2.134	0.26	0.36	9	78.68	35.27	43.40
7																				
8		0			1 + 0/8.00 + - 0/8.50 = 0 m	0.00	0.72	53.15	46.13	80.69	0.747	2.590	0.676	2.089	0.29	0.40	6	79.56	34.21	45.35
9																				
10		0			1 + 0/10.00 + - 0/10.50 = 0 m	0.13	1.05	57.03	41.78	81.30	0.724	2.592	0.678	2.107	0.28	0.37	8	77.39	35.29	42.11
11																				
12		0		Abu-abu Hitam	1 + 0/12.00 + - 0/12.50 = 0 m	0.00	0.64	56.91	42.45	82.71	0.665	2.585	0.681	2.138	0.24	0.42	5	81.33	35.06	46.27
13																				
14		0			1 + 0/14.00 + - 0/14.50 = 0 m	1.71	7.53	59.48	31.28	82.47	0.686	2.641	0.685	2.179	0.25	0.28	15	72.24	36.12	36.12
15			Lanau Kelempungan sedikit Pasir																	
16		1			1 + 0/16.00 + - 1/16.50 = 1 m	0.14	1.67	55.18	43.01	84.14	0.636	2.607	0.687	2.194	0.22	0.35	10	78.55	37.37	41.18
17																				
18		1			1 + 0/18.00 + - 1/18.50 = 1 m	0.13	2.34	51.64	45.89	85.66	0.666	2.615	0.691	2.240	0.23	0.34	11	77.81	37.11	40.70
19																				
20		2			1 + 1/20.00 + - 1/20.50 = 2 m	0.16	4.88	54.81	40.15	83.94	0.732	2.633	0.689	2.210	0.27	0.29	14	73.38	36.22	37.16
21																				
22		5			2 + 2/22.00 + - 3/22.50 = 5 m	0.47	2.80	58.22	38.50	79.17	0.747	2.628	0.675	2.081	0.29	0.32	13	73.82	34.25	39.58
23				Hitam																
24		15			4 + 6/24.00 + - 9/24.50 = 15 m	0.12	17.53	47.17	35.18	34.25	1.390	2.675	0.478	0.916	0.45	0.24	18	64.56	30.41	34.15
25																				
26		17			5 + 7/26.00 + - 10/26.50 = 17 m	0.28	0.90	53.15	45.67	53.98	1.100	2.601	0.584	1.404	0.33	0.39	7	76.36	32.08	44.29
27				Abu-abu Hitam																
28		51			11 + 19/28.00 + - 32/28.50 = 51 m	0.25	17.82	48.26	33.67	41.90	1.250	2.662	0.527	1.115	0.38	0.26	17	66.46	31.33	35.13
29			Pasir Kelanauan	Abu-abu																
30		53			12 + 21/30.00 + - 32/30.50 = 53 m	0.26	66.38	33.36	0.00	27.76	1.523	2.683	0.427	0.745		0.23	20	NON PLASTIS		

Manajer Teknis

M. Nurtamys, ST
NIP. 19670429 199403 1 004

Table 3.3 : Bor and SPT titik B - 3

Bore No : B - 3
Project : LINGKAR BARAT OSOWILANGON
Locatio : SURABAYA

Coordinates of GPS (UTM) X = 0682108
Y = 9201948
Diameter of Bore : 73 mm
Diameter of Casing : 89 mm

BORE LOG

DEPTH (m)	BORE LOG	Standard Penetration Test (SPT) N / 30 cm	DESCRIPTION	COLOUR	S P T Value Depth sample (Blow / 30 cm)	Grain Size Analysis (%)				Physical Properties					Mechanical Properties					
						Gravel (%)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	Water Content (%)	Dry Density (γd) (gr/cm³)	Specific Gravity GS	Porosity n	Void Ratio e	Unconfined Test qu kg/cm²	Direct Shear Test c kg/cm²	Direct Shear Test ϕ (°)	Atterberg Test LL %	Atterberg Test PL %	Atterberg Test IP %
0		0 20 40 60 80																		
1			Lanau Kelempungan	Coklat																
2		0	Lanau Kelempungan sedikit Pasir	Abu-abu Hitam	1 + 0/2.00 + 0/2.50 = 0 m	0.28	1.57	54.58	43.57	84.99	0.766	2.623	0.690	2.229	0.25	0.30	12	76.70	37.17	39.53
3																				
4		0			1 + 0/4.00 + 0/4.50 = 0 m	0.00	1.48	54.78	43.73	83.88	0.757	2.602	0.686	2.183	0.28	0.35	8	79.31	36.13	43.18
5																				
6		0			1 + 0/6.00 + 0/6.50 = 0 m	0.66	1.83	55.11	42.40	80.94	0.808	2.633	0.681	2.131	0.30	0.28	13	71.67	33.26	38.41
7																				
8		0			1 + 0/8.00 + 0/8.50 = 0 m	0.00	1.46	54.57	43.97	81.02	0.764	2.597	0.678	2.104	0.28	0.33	10	76.79	34.36	42.43
9																				
10		0			1 + 0/10.00 + 0/10.50 = 0 m	0.00	0.84	55.84	43.32	82.06	0.755	2.576	0.679	2.114	0.27	0.40	5	81.21	35.11	46.10
11																				
12		0			1 + 0/12.00 + 0/12.50 = 0 m	0.00	1.61	55.33	43.06	80.92	0.672	2.608	0.679	2.111	0.25	0.32	11	74.43	34.18	40.25
13																				
14		0	Lanau Kelempungan		1 + 0/14.00 + 0/14.50 = 0 m	0.21	2.68	54.09	43.02	81.37	0.646	2.638	0.682	2.147	0.24	0.27	14	72.70	35.10	37.60
15																				
16		1			1 + 0/16.00 + 1/16.50 = 1 m	0.00	1.30	53.62	45.08	83.01	0.635	2.591	0.683	2.151	0.22	0.38	7	80.54	36.46	44.09
17																				
18		10		Hitam	3 + 4/18.00 + 6/18.50 = 10 m	0.50	8.81	50.39	40.30	40.25	1.292	2.654	0.516	1.068	0.37	0.23	16	65.31	30.22	35.09
19																				
20		25	Lanau Kelempungan sedikit Pasir	Abu-abu Hitam	6 + 10/20.00 + 15/20.50 = 25 m	2.94	4.70	51.90	40.45	47.51	1.154	2.641	0.557	1.255	0.38	0.26	15	67.31	31.25	36.06
21																				
22		23			6 + 9/22.00 + 14/22.50 = 23 m	0.00	1.21	59.90	38.89	66.54	0.960	2.582	0.632	1.718	0.31	0.39	6	78.40	33.13	45.27
23																				
24		24			6 + 10/24.00 + 14/24.50 = 24 m	0.16	19.66	47.30	32.88	55.15	1.083	2.677	0.596	1.476	0.32	0.20	18	66.95	32.23	34.72
25																				
26		27	Lanau Kelempungan		7 + 11/26.00 + 16/26.50 = 27 m	0.37	1.23	55.12	43.27	51.99	1.113	2.614	0.576	1.359	0.32	0.34	9	73.34	32.41	40.93
27																				
28		32			8 + 14/28.00 + 18/28.50 = 32 m	0.36	15.40	51.66	32.58	42.56	1.284	2.663	0.531	1.134	0.36	0.22	17	76.52	31.16	45.36
29			Pasir Kelanauan																	
30		34			8 + 15/30.00 + 19/30.50 = 34 m	0.43	76.81	22.76	0.00	29.85	1.488	2.682	0.445	0.801		0.18	21	NON PLASTIS		

Manajer Teknis

M. Nurtamys, ST
NIP. 19670429 199403 1 004

ICP PILES

PROPERTIES OF ICP PILES

GRADE 80 PILES

CLASS A (EFFECTIVE PRESTRESS ≥ 4.0 N/mm²)

Nominal Diameter	Nominal Thickness	Length	Nominal Weight	Prestressing Bar			Area of Concrete	Section Modulus	Bending Moment		Recommended Max Structural Axial Working Load (For a short strut)	Effective Prestress
				7.1mm	9.0mm	10.7mm			Cracking	Ultimate		
mm	mm	m	kg/m	no.	no.	no.	mm²	x1000 mm³	kNm	kNm	ton	N/mm²
300	60	6-12	118	6	-	-	45,239	2,373	21.3	34.8	87	4.9
350	60	6-12	142	8	-	-	54,664	3,533	32.9	54.1	104	5.3
400	65	6-12	178	8	-	-	68,408	5,106	42.7	61.8	132	4.3
450	70	6-12	217	10	-	-	83,566	7,113	60.4	86.9	161	4.5
500	80	6-12	274	12	-	-	105,558	9,888	82.3	115.9	204	4.3
600	90	6-12	375	-	12	-	144,199	16,586	148.8	222.5	276	5.0

CLASS B (EFFECTIVE PRESTRESS ≥ 5.0 N/mm²)

Nominal Diameter	Nominal Thickness	Length	Nominal Weight	Prestressing Bar			Area of Concrete	Section Modulus	Bending Moment		Recommended Max Structural Axial Working Load (For a short strut)	Effective Prestress
				7.1mm	9.0mm	10.7mm			Cracking	Ultimate		
mm	mm	m	kg/m	no.	no.	no.	mm²	x1000 mm³	kNm	kNm	ton	N/mm²
250	55	6-12	88	6	-	-	33,694	1,435	14.9	29.0	63	6.4
300	60	6-12	118	7	-	-	45,239	2,383	22.9	40.6	86	5.6
350	70	6-12	160	9	-	-	61,575	3,778	35.6	60.8	117	5.4
400	80	6-15	209	12	-	-	80,425	5,643	53.7	92.7	153	5.5
450	80	6-15	242	-	8	-	92,991	7,624	70.0	111.2	177	5.2
500	90	6-15	301	-	10	-	115,925	10,518	95.9	154.5	221	5.1
600	100	6-15	408	-	14	-	157,080	17,546	163.1	259.6	299	5.3
700	110	6-18	530	-	20	-	203,889	27,131	265.1	432.6	386	5.8
800	120	6-18	667	-	24	-	256,354	39,455	376.8	593.3	487	5.5
900	130	6-18	818	-	28	-	314,473	54,942	510.3	778.7	599	5.3
1000	140	6-18	983	-	-	24	378,248	74,056	688.9	1042.8	720	5.3
1200	150	6-18	1286	-	-	36	494,801	120,188	1198.5	1877.1	934	6.0

CLASS C (EFFECTIVE PRESTRESS ≥ 7.0 N/mm²)

Nominal Diameter	Nominal Thickness	Length	Nominal Weight	Prestressing Bar				Area of Concrete	Section Modulus	Bending Moment		Recommended Max Structural Axial Working Load (For a short strut)	Effective Prestress
				7.1mm	9.0mm	10.7mm	12.6mm			Cracking	Ultimate		
mm	mm	m	kg/m	no.	no.	no.	no.	mm²	x1000 mm³	kNm	kNm	ton	N/mm²
250	55	6-12	88	7	-	-	-	33,694	1,443	16.2	33.8	63	7.2
300	60	6-12	118	10	-	-	-	45,239	2,416	28.0	57.9	84	7.6
350	70	6-15	160	-	8	-	-	61,575	3,826	43.0	86.5	114	7.2
400	80	6-15	209	-	12	-	-	80,425	5,748	69.7	148.3	147	8.1
450	80	6-15	242	-	12	-	-	92,991	7,734	86.9	166.9	173	7.2
500	90	6-18	301	-	15	-	-	115,925	10,670	120.3	231.7	215	7.3
600	100	6-30	408	-	-	14	-	157,080	17,761	196.4	365.0	292	7.0
700	110	6-46	530	-	-	20	-	203,889	27,498	320.6	608.3	376	7.6
800	120	6-46	667	-	-	24	-	256,354	39,966	454.7	834.3	475	7.4
900	130	6-46	818	-	-	28	-	314,473	55,622	617.7	1095.0	584	7.1
1000	140	6-46	983	-	-	36	-	378,248	75,188	864.5	1564.3	699	7.5
1200	150	6-36	1286	-	-	46	-	494,801	121,361	1378.6	2398.6	916	7.3
1000	140	6-46	983	-	-	-	34	378,248	76,247	961.1	2051.9	688	8.6
1200	150	6-36	1286	-	-	-	46	494,801	123,457	1583.1	3331.3	898	8.8

GRADE 90 PILES

CLASS A (EFFECTIVE PRESTRESS ≥ 4.0 N/mm²)

Nominal Diameter	Nominal Thickness	Length	Nominal Weight	Prestressing Bar			Area of Concrete	Section Modulus	Bending Moment		Recommended Max Structural Axial Working Load (For a short strut)	Effective Prestress
				7.1mm	9.0mm	10.7mm			Cracking	Ultimate		
mm	mm	m	kg/m	no.	no.	no.	mm²	x1000 mm³	kNm	kNm	ton	N/mm²
300	60	6-12	118	6	-	-	45,239	2,373	21.9	34.8	98	4.9
350	60	6-12	142	8	-	-	54,664	3,533	33.8	54.1	118	5.3
400	65	6-12	178	8	-	-	68,408	5,106	43.9	61.8	149	4.3
450	70	6-12	217	10	-	-	83,566	7,113	62.2	86.9	182	4.5
500	80	6-12	274	12	-	-	105,558	9,888	84.8	115.9	231	4.3
600	90	6-12	375	-	12	-	144,199	16,586	152.9	222.5	313	5.0

CLASS B (EFFECTIVE PRESTRESS ≥ 5.0 N/mm²)

Nominal Diameter	Nominal Thickness	Length	Nominal Weight	Prestressing Bar			Area of Concrete	Section Modulus	Bending Moment		Recommended Max Structural Axial Working Load (For a short strut)	Effective Prestress
				7.1mm	9.0mm	10.7mm			Cracking	Ultimate		
mm	mm	m	kg/m	no.	no.	no.	mm²	x1000 mm³	kNm	kNm	ton	N/mm²
250	55	6-12	88	6	-	-	33,694	1,435	15.3	29.0	72	6.4
300	60	6-12	118	7	-	-	45,239	2,383	23.5	40.6	97	5.6
350	70	6-12	160	9	-	-	61,575	3,778	36.5	60.8	133	5.4
400	80	6-15	209	12	-	-	80,425	5,643	55.0	92.7	173	5.5
450	80	6-15	242	-	8	-	92,991	7,624	71.9	111.2	201	5.2
500	90	6-15	301	-	10	-	115,925	10,518	98.5	154.5	251	5.1
600	100	6-15	408	-	14	-	157,080	17,546	167.3	259.6	339	5.3

(Subject to change without prior notice)

FORMULA FOR AXIAL LOAD

Based on BS 8004: 1986, the maximum allowable axial stress that may be applied to a pile acting as a short strut should be one quarter of (specified works cube strength at 28 days less the prestress after losses)

$N = f_{ca} \times A$

$= 1/4 (f_{cu} - f_{pe}) \times A$

Where, N = maximum allowable axial load

A = cross section area of concrete

f_{ca} = permissible compressive strength of concrete

f_{cu} = specified compressive strength of concrete

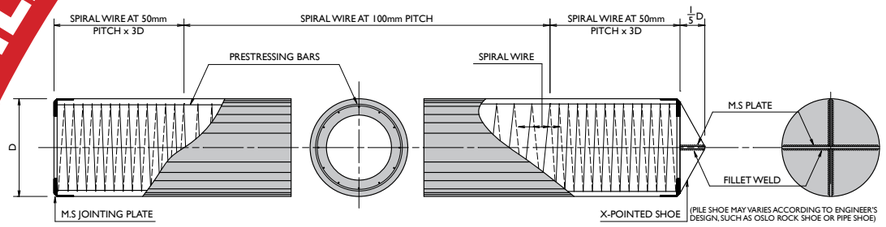
f_{pe} = effective prestress in concrete

ICP PILES

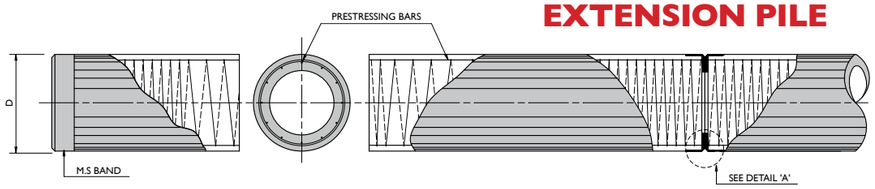
SECTIONAL DETAILS & BONDING INTO PILE CAP

SECTIONAL DETAILS OF ICP PILES

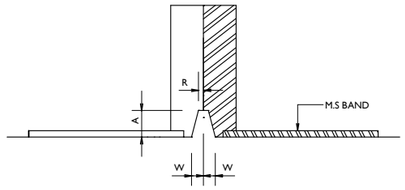
STARTER PILE



EXTENSION PILE



JOINT WELDING DETAILS

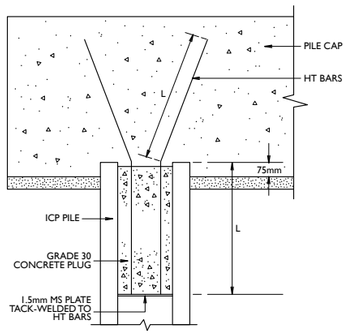


DETAIL 'A'

Dia Of Pile D	Throat Thickness A	W	Root R
mm	mm	mm	mm
250	8.5	4.0	2.0
300	8.5	4.0	2.0
350	8.5	4.0	2.0
400	10	4.5	2.0
450	10	4.5	2.0
500	12	5.0	2.0
600	12	5.0	2.0
700	14	6.0	2.0
800	14	6.0	2.0
900	14	6.0	2.0
1000	14	6.0	2.0
1200	14	6.0	2.0

BONDING ICP PILES INTO PILE CAP

Dia Of Pile	HT Bars		
	Quantity	Dia.	L
mm	mm	mm	mm
250	4	12	500
300	4	12	500
350	5	12	550
400	5	12	700
450	5	16	800
500	6	16	900
600	8	16	1000
700	8	20	1200
800	8	20	1400
900	10	25	1500
1000	12	25	1500
1200	20	25	2000



As the PC bars are bonded with concrete, ICP Piles may be cut off at any point. The piles need not be stripped down to expose the bars and can be bonded to the pile cap as shown in the above sketch. If the piles are not subjected to tensile loads, the recommended H.T. bars are considered adequate.

MANUFACTURING PROCESS

CAGE MAKING/ MOULD SETTING

PC bars in coil form are straightened and cut to correct lengths. The ends are warm-headed to form button heads. The bars are passed through the cage forming machine where spiral wire is automatically spot-welded at the correct spacings. End plates are fitted to the cage. The whole cage is then placed onto the bottom half mould.

CONCRETE FEEDING

Concrete from the computerised batching plant is discharged into a feeding hopper. Concrete is then fed into the bottom half mould. The top half mould is then bolted to the bottom half.

STRESSING

The PC bars are stressed against the mould through a central shaft and stressing plate. The stressing is being carried out in a single operation. This ensures uniformity of stress in all the PC bars and hence straightness of the pile.

PILE SPINNING

The pile is then compacted by the centrifugal spinning machine. Spinnig process squeezes out excess water, thus increases the concrete strength.

STEAM CURING

The pile is sent to the steam tank for rapid curing process in order to achieve the required transfer strength for early demoulding.

DEMOULDING

After demoulding, final QC inspection is carried out according to the specification.

1.3 - STRAND PROPERTIES 15mm (0.6")

Strand type			prEN 10138 – 3 (2006) Y1860S7		ASTM A 416-06 Grade 270
Nominal diameter	d	(mm)	15.3	15.7	15.24
Nominal cross section	A_p	(mm^2)	140	150	140
Nominal mass	M	(kg/m)	1.093	1.172	1.102
Nominal yield strength	$f_{p0,1k}$	(MPa)	1636[1]	1640[1]	1676[2]
Nominal tensile strength	f_{pk}	(MPa)	1860	1860	1860
Specif./min. breaking load	F_{pk}	(kN)	260	279	260.7
Young's modulus		(GPa)	approx. 195		
Relaxation[3] after 1000 h at 20°C and 0.7 x F_{pk}		(%)	max. 2.5		

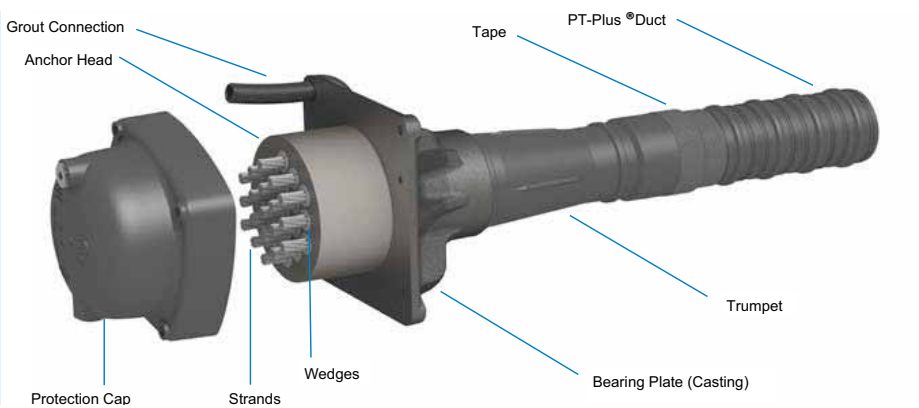
1) Characteristic value measured at 0.1% permanent extension
2) Minimum load at 1% extension for low-relaxation strand
3) Valid for relaxation class acc. to prEN 10138-3 or low-relaxation grade acc. to ASTM A 416-06

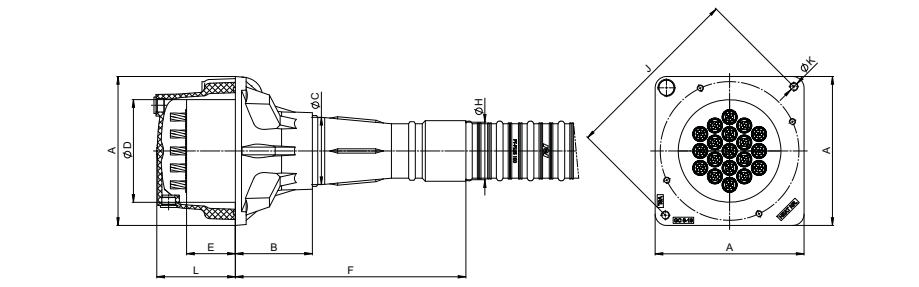
1.4 - TENDON PROPERTIES 15mm (0.6")

Unit	Strands numbers	Steel area			Breaking load			Corrugated steel duct[3] (recommended)		Corrugated plastic duct VSL PT-PLUS®		Steel pipes
		A_p acc. to prEN		ASTM	Y1860S7 (prEN)		Grade 270 (ASTM)	$Ø_i$ / $Ø_e$	e	$Ø_i$ / $Ø_e$	e	Ø ext. x t
		d=15.3 mm A_p=140 mm^2	d=15.7 mm A_p=150 mm^2	d=15.24 mm A_p=140 mm^2	d=15.3 mm A_p=140 mm^2	d=15.7 mm A_p=150 mm^2	d=15.24 mm A_p=140 mm^2					
		[mm^2]	[mm^2]	[mm^2]	[kN]	[kN]	[kN]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
6-1	1	140	150	140	260	279	260.7	25/30	5	22/25	4	25.0 x 2.0
6-2	2	280	300	280	520	558	521	40/45	9	76/25[2]	-	42.4 x 2.0/2.5/3.0
6-3	3	420	450	420	780	837	782	40/45	6	76/25[2]	-	42.4 x 2.0/2.5/3.0
6-4	4	560	600	560	1040	1116	1043	45/50[1]	7	76/25[2]	-	48.3 x 2.0/2.5/3.0
6-7	5	700	750	700	1300	1395	1304	50/57	8	58/63	13	76.1 x 2.0/2.5/3.0
|	6	840	900	840	1560	1674	1564	55/62	9	58/63	11	|
6-7	7	980	1050	980	1820	1953	1825	55/62	7	58/63	9	76.1 x 2.0/2.5/3.0
6-12	8	1120	1200	1120	2080	2232	2086	65/72	11	76/81	18	80.0 x 2.0/.2.5
|	9	1260	1350	1260	2340	2511	2346	65/72	9	76/81	16	|
|	10	1400	1500	1400	2600	2790	2607	70/77	11	76/81	15	|
|	11	1540	1650	1540	2860	3069	2868	70/77	9	76/81	13	|
6-12	12	1680	1800	1680	3120	3348	3128	75/82	11	76/81	12	80.0 x 2.0/.2.5
6-15	13	1820	1950	1820	3380	3627	3389	80/87	13	100/106	25	101.6 x 3.0/4.0/5.0
|	14	1960	2100	1960	3640	3906	3650	80/87	11	100/106	24	|
6-15	15	2100	2250	2100	3900	4185	3911	80/87	10	100/106	23	101.6 x 3.0/4.0/5.0
6-19	16	2240	2400	2240	4160	4464	4171	85/92	12	100/106	22	101.6 x 3.0/4.0/5.0
|	17	2380	2550	2380	4420	4743	4432	85/92	11	100/106	20	|
|	18	2520	2700	2520	4680	5022	4693	90/97	13	100/106	19	|
6-19	19	2660	2850	2660	4940	5301	4953	90/97	12	100/106	18	101.6 x 3.0/4.0/5.0
6-22	20	2800	3000	2800	5200	5580	5214	100/107	17	100/106	17	114.3 x 3.0/4.0/5.0
|	21	2940	3150	2940	5460	5859	5475	100/107	16	100/106	16	|
6-22	22	3080	3300	3080	5720	6138	5735	100/107	15	100/106	15	114.3 x 3.0/4.0/5.0
6-27	23	3220	3450	3220	5980	6417	5996	100/107	14	115/121	22	114.3 x 3.0/4.0/5.0
|	24	3360	3600	3360	6240	6696	6257	100/107	13	115/121	22	|
|	25	3500	3750	3500	6500	6975	6518	110/117	18	115/121	21	|
|	26	3640	3900	3640	6760	7254	6778	110/117	17	115/121	21	|
6-27	27	3780	4050	3780	7020	7533	7039	110/117	16	115/121	20	114.3 x 3.0/4.0/5.0
6-31	28	3920	4200	3920	7280	7812	7300	110/117	15	130/136	27	127.0 x 3.0/4.0/5.0
|	29	4060	4350	4060	7540	8091	7560	120/127	21	130/136	27	|
|	30	4200	4500	4200	7800	8370	7821	120/127	20	130/136	26	|
6-31	31	4340	4650	4340	8060	8649	8082	120/127	19	130/136	25	127.0 x 3.0/4.0/5.0
6-37	32	4480	4800	4480	8320	8928	8342	120/127	18	130/136	24	139.7 x 3.0/4.0
|	33	4620	4950	4620	8580	9207	8603	120/127	17	130/136	23	|
|	34	4760	5100	4760	8840	9486	8864	120/127	16	130/136	22	|
|	35	4900	5250	4900	9100	9765	9125	130/137	22	130/136	22	|
|	36	5040	5400	5040	9360	10044	9385	130/137	21	130/136	21	|
6-37	37	5180	5550	5180	9620	10323	9646	130137	20	130/136	20	139.7 x 3.0/4.0
6-43	43	6020	6450	6020	11180	11997	11210	140/147	21	150/157	27	152.4 x 3.0/4.0/5.0
6-55	55	7700	8250	7700	14300	15345	14339	160/167	26	150/157	21	168.3 x 3.0/4.0

1) Flat ducts possible as well
2) Flat duct PT-PLUS® with rectangular slab anchorages, for PT-PLUS® see also under 3.1.3.
3) If flat ducts (steel or PT PLUS®) to be used with square type castings please contact your VSL representative. In plan view, tendons with slab type anchorages must be straight between anchorages or have only unidirectional turns with min. radii of > 6 m. Strands must always be pushed-in prior to concreting. Eccentricity e: negligible
4) Given values may slightly vary depending on local availability of ducts. They are minimal for most applications. For special cases (long tendons, many curvatures, small radii etc.) greater size duct is recommended – please verify with VSL. In any case the filling ratio (cross-section steel / duct) must not exceed 0.5 (EN523).
5) Please check with the nearest VSL office for the complete anchorage list.

ANCHORAGE TYPE GC





Unit	□A	B	ØC	ØD	E	F	ØH(2)	J(1)	ØK	L
6-3	130	120	50	95	50	120	50	140	M12	105
6-4	140	120	60	110	55	120	60	154	M12	110
6-7	180	135	76	135	60	135	69	210	M12	120
6-12	230	220	92	170	75	220	92	264	M16	135
6-15	260	240	113	190	85	240	113	316	M16	145
6-19	290	150	131	200	95	450	112	354	M16	155
6-22	320	150	153	220	100	640	112	400	M16	160
6-27	350	170	164	240	110	620	127	430	M16	170
6-31	375	170	173	260	120	580	143	470	M16	180
6-37	410	170	196	280	135	770	142	524	M16	200
6-43	470	180	230	320	145	935	166	420	M20	215
6-55	520	180	240	340	160	1035	166	452	M20	230

Notes

All dimensions in [mm]

System applicable to strands with Ap = 140 mm² or Ap = 150 mm²

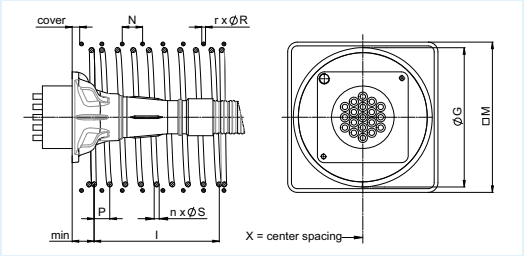
(1) J-spacing of bolts for fixation to formwork

(2) ØH-Inner dia of the trumpet

System can be used with corrugated steel duct or with PT-Plus® duct

ANCHORAGE TYPE GC (Strand F_{pk}= 279 kN)

LOCAL ZONE REINFORCEMENT f_y= 500 N/mm²



Reinforcement consists of a combination of spiral and stirrups

CONCRETE 25/30 MPa

Unit	Spiral Reinforcement					Orthogonal Reinf.				X
	ØS	n (1)	P	ØG	l	ØR	r (2)	N	M	
6-3	10	5	50	150	150	8	4,0	60	180	200
6-4	12	5	60	180	180	8	5,0	50	210	230
6-7	12	7	50	250	250	10	6,0	55	280	305
6-12	16	7	60	345	300	10	5,0	85	380	400
6-15	16	9	50	395	350	8	7,0	70	425	440
6-19	16	10	50	445	400	12	7,0	70	480	495
6-22	20	9	60	480	420	10	6,0	100	515	535
6-27	16	12	50	530	500	16	9,0	65	570	590
6-31	16	13	50	570	550	16	11,0	60	615	635
6-37	20	11	60	630	540	16	10,0	70	670	690

CONCRETE 28/35 MPa

Unit	Spiral Reinforcement					Orthogonal Reinf.				X
	ØS	n (1)	P	ØG	l	ØR	r (2)	N	M	
6-3	10	5	50	140	150	8	4,0	55	165	185
6-4	12	5	60	170	180	8	5,0	50	195	215
6-7	12	6	50	230	200	10	6,0	50	260	280
6-12	16	7	60	320	300	10	6,0	75	350	370
6-15	16	9	50	365	350	8	9,0	50	390	410
6-19	16	9	50	410	350	12	9,0	55	440	460
6-22	20	9	60	445	420	10	7,0	80	475	495
6-27	16	11	50	490	450	16	9,0	60	530	550
6-31	16	13	45	530	495	16	10,0	60	570	590
6-37	20	12	55	585	550	16	9,0	80	625	645

CONCRETE 32/40 MPa

Unit	Spiral Reinforcement					Orthogonal Reinf.				X
	ØS	n (1)	P	ØG	l	ØR	r (2)	N	M	
6-3	12	5	55	155	165	-	-	-	-	175
6-4	12	6	45	180	180	-	-	-	-	200
6-7	12	6	50	215	200	10	6,0	50	245	265
6-12	16	7	55	295	275	10	5,0	90	325	345
6-15	16	8	50	335	300	10	7,0	65	365	385
6-19	16	10	45	375	360	12	7,0	65	410	430
6-22	20	8	60	410	360	12	6,0	85	445	465
6-27	16	11	45	455	405	16	8,0	65	495	515
6-31	16	12	45	490	450	16	10,0	55	530	550
6-37	20	12	50	540	500	16	8,0	85	580	600

CONCRETE 36/45 MPa

Unit	Spiral Reinforcement					Orthogonal Reinf.				X
	ØS	n (1)	P	ØG	l	ØR	r (2)	N	M	
6-3	12	5	55	145	165	-	-	-	-	165
6-4	12	6	45	170	180	-	-	-	-	190
6-7	16	6	65	230	260	-	-	-	-	250
6-12	16	8	50	305	300	-	-	-	-	325
6-15	16	8	50	315	300	10	6,0	65	345	365
6-19	16	9	45	355	315	12	7,0	65	390	410
6-22	20	8	60	385	360	12	6,0	79	420	440
6-27	16	11	45	425	405	16	8,0	60	465	485
6-31	16	11	45	460	405	16	10,0	50	500	520
6-37	20	10	55	510	440	16	10,0	60	550	570

CONCRETE 40/50 MPa

Unit	Spiral Reinforcement					Orthogonal Reinf.				X
	ØS	n (1)	P	ØG	l	ØR	r (2)	N	M	
6-3	12	5	50	135	150	-	-	-	-	155
6-4	12	6	40	160	160	-	-	-	-	180
6-7	16	6	60	220	240	-	-	-	-	240
6-12	16	7	50	295	250	-	-	-	-	315
6-15	20	7	60	330	300	-	-	-	-	350
6-19	16	8	50	335	300	12	8,0	50	370	390
6-22	20	7	60	370	300	12	7,0	65	400	420
6-27	20	8	60	400	360	16	6,0	85	445	465
6-31	20	9	60	435	420	16	7,0	75	480	500
6-37	20	9	60	480	420	20	7,0	80	530	550

Notes

All dimension in [mm]

Min. yield strength for local zone reinforcement fy = 500N/mm²

Min. required concrete strength $fc_{,cylinder}$ / $fc_{,cube}$ in MPa at stressing

Strand A_p = 150mm², f_{pk} = 1860N/mm² (GUTS), F_{pk} = 279kN

For max. tendon force and temporary over stressing refer to 4.1 and 4.2.8 resp.

For units 6-43 and 6-55 used with Strand Fpk = 279 kN please contact VSL

X = minimal center spacing between anchorages

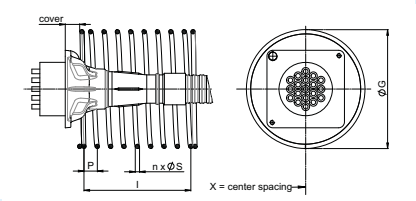
For calculation of minimum edge distance refer to 4.4.1

n = number of spiral turns including first and last required as anchorage length

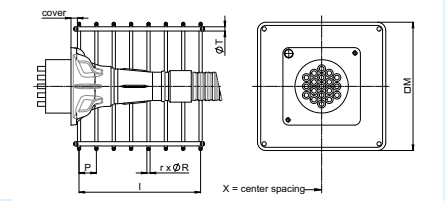
Reinforcement, edge distance, center spacing may be modified, contact VSL

Multistrand Post-Tensioning System
Internal Bonded Post-Tensioning
ANCHORAGE TYPE GC (Strand F_{pk}= 260 / 265 kN)
LOCAL ZONE REINFORCEMENT f_y= 460 N/mm²

OPTION A - SPIRAL REINFORCEMENT



OPTION B - STIRRUP REINFORCEMENT



CONCRETE 20/25 MPa

Unit	A Spiral Reinforcement						B Stirrup Reinforcement						
	l	P	ØS	ØG	n	X	l	P	ØR	M	r	X	ØT
6-3	225	45	10	190	5	210	180	45	12	190	5	210	8
6-4	275	55	12	220	5	240	200	40	12	220	6	240	8
6-7	320	40	12	290	8	310	300	50	16	290	7	310	10
6-12	385	55	16	385	7	405	360	40	16	385	10	405	16

CONCRETE 24/30 MPa

Unit	A Spiral Reinforcement						B Stirrup Reinforcement						
	l	P	ØS	ØG	n	X	l	P	ØR	M	r	X	ØT
6-3	225	45	10	175	5	195	180	45	12	175	5	195	8
6-4	250	50	12	200	5	220	195	65	16	200	4	220	8
6-7	325	65	16	265	5	285	250	50	16	265	6	285	10
6-12	400	50	16	350	8	370	360	60	20	350	7	370	12
6-15	405	45	16	395	9	415	400	50	20	395	9	415	16
6-19	440	40	16	445	11	465	405	45	20	445	10	465	16
6-22	495	55	20	480	9	500	455	65	25	480	8	500	16
6-27	550	50	20	535	11	555	540	60	25	535	10	555	20
6-31	550	50	20	575	11	595	550	55	25	575	11	595	20
6-37	630	45	20	630	14	650	600	50	25	630	13	650	25
6-43	715	65	25	680	11	700	675	75	32	680	10	700	25
6-55	770	55	25	770	14	790	715	65	32	770	12	790	25

CONCRETE 32/40 MPa

Unit	A Spiral Reinforcement						B Stirrup Reinforcement						
	l	P	ØS	ØG	n	X	l	P	ØR	M	r	X	ØT
6-3	225	45	10	150	5	170	135	45	12	150	4	170	8
6-4	250	50	12	175	5	195	195	65	16	175	4	195	8
6-7	325	65	16	230	5	250	225	45	16	230	6	250	8
6-12	350	50	16	305	7	325	300	60	20	305	6	325	12
6-15	360	45	16	340	8	360	350	50	20	340	8	360	12
6-19	400	40	16	390	10	410	360	45	20	390	9	410	16
6-22	440	55	20	415	8	435	420	60	25	415	8	435	16
6-27	500	50	20	465	10	485	440	55	25	465	9	485	16
6-31	495	45	20	500	11	520	450	50	25	500	10	520	20
6-37	585	65	25	545	9	565	525	75	32	545	8	565	20
6-43	600	60	25	590	10	610	560	70	32	590	9	610	20
6-55	650	50	25	670	13	690	660	60	32	675	12	695	25

CONCRETE 40/50 MPa

Unit	A Spiral Reinforcement						B Stirrup Reinforcement						
	l	P	ØS	ØG	n	X	l	P	ØR	M	r	X	ØT
6-3	200	50	10	135	4	155	150	50	12	135	4	155	8
6-4	250	50	12	155	5	175	195	65	16	155	4	175	8
6-7	325	65	16	205	5	225	225	45	16	205	6	225	8
6-12	330	55	16	275	6	295	300	60	20	275	6	295	10
6-15	315	45	16	305	7	325	300	50	20	305	7	325	12
6-19	360	40	16	350	9	370	315	45	20	350	8	370	12
6-22	385	55	20	375	7	395	360	60	25	375	7	395	16
6-27	450	50	20	415	9	435	385	55	25	415	8	435	16
6-31	450	50	20	450	9	470	450	50	25	450	10	470	16
6-37	520	65	25	490	8	510	450	75	32	490	7	510	16
6-43	585	65	25	530	9	550	490	70	32	530	8	550	20
6-55	600	50	25	600	12	620	600	60	32	615	11	635	20

CONCRETE 28/35 MPa

Unit	A Spiral Reinforcement						B Stirrup Reinforcement						
	l	P	ØS	ØG	n	X	l	P	ØR	M	r	X	ØT
6-3	225	45	10	160	5	180	180	45	12	160	5	180	8
6-4	250	50	12	185	5	205	195	65	16	185	4	205	8
6-7	325	65	16	245	5	265	225	45	16	245	6	265	10
6-12	350	50	16	325	7	345	300	60	20	325	6	345	12
6-15	360	45	16	365	8	385	350	50	20	365	8	385	12
6-19	400	40	16	415	10	435	405	45	20	415	10	435	16
6-22	440	55	20	445	8	465	420	60	25	445	8	465	16
6-27	500	50	20	495	10	515	495	55	25	495	10	515	16
6-31	550	50	20	535	11	555	495	55	25	535	10	555	20
6-37	585	65	25	580	9	600	560	80	32	580	8	600	20
6-43	650	65	25	630	10	650	600	75	32	630	9	650	25
6-55	700	50	25	715	14	735	660	60	32	715	12	735	25

CONCRETE 36/45 MPa

Unit	A Spiral Reinforcement						B Stirrup Reinforcement						
	l	P	ØS	ØG	n	X	l	P	ØR	M	r	X	ØT
6-3	200	50	10	145	4	165	150	50	12	145	4	165	8
6-4	250	50	12	165	5	185	195	65	16	165	4	185	8
6-7	280	70	16	220	4	240	200	50	16	220	5	240	8
6-12	350	50	16	285	7	305	275	55	20	285	6	305	10
6-15	360	45	16	325	8	345	300	50	20	325	7	345	12
6-19	360	40	16	365	9	385	390	65	25	365	7	385	12
6-22	440	55	20	395	8	415	360	60	25	395	7	415	16
6-27	450	50	20	440	9	460	440	55	25	440	9	460	16
6-31	495	45	20	470	11	490	450	50	25	470	10	490	16
6-37	520	65	25	515	8	535	525	75	32	515	8	535	20
6-43	585	65	25	560	9	580	560	70	32	560	9	580	20
6-55	600	50	25	630	12	650	600	60	32	645	11	665	25

CONCRETE 50/62.5 MPa

Unit	A Spiral Reinforcement						B Stirrup Reinforcement						
	l	P	ØS	ØG	n	X	l	P	ØR	M	r	X	ØT
6-3	160	40	8	130	4	150	135	45	10	130	4	150	8
6-4	200	50	12	140	4	160	180	60	16	140	4	160	8
6-7	260	65	16	185	4	205	180	45	16	185	5	205	8
6-12	300	50	16	245	6	265	275	55	20	245	6	265	10
6-15	320	40	16	275	8	295	270	45	20	275	7	295	10
6-19	360	60	20	315	6	335	325	65	25	315	6	335	12
6-22	350	50	20	335	7	355	350	50	25	335	8	355	12
6-27	405	45	20	375	9	395	350	50	25	375	8	395	16
6-31	405	45	20	405	9	425	400	80	32	405	6	425	16
6-37	480	60	25	440	8	460	420	70	32	440	7	460	16
6-43	540	60	25	485	9	505	480	60	32	475	9	495	16
6-55	550	50	25	565	11	585	540	60	32	580	10	600	20

Notes

All dimension in [mm]

Min. yield strength for local zone reinforcement fy = 460N/mm²

Min. required concrete strength $fc_{,cylinder}$ / $fc_{,cube}$ in MPa at stressing

Strand A_p = 150mm², f_{pk} = 1770N/mm² (GUTS), F_{pk} = 265,5kN

Strand A_p = 140mm², f_{pk} = 1860N/mm² (GUTS), F_{pk} = 260,4kN

For max. tendon force and temporary over stressing refer to 4.1 and 4.2.8 resp.

X = minimal center spacing between anchorages

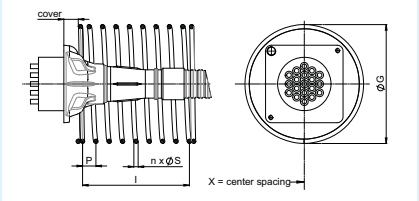
For calculation of minimum edge distance refer to 4.4.1

n = number of spiral turns including first and last required as anchorage length

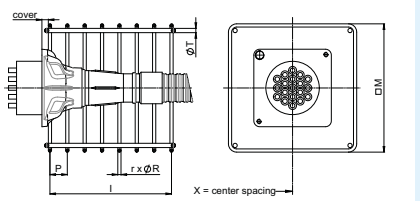
Reinforcement, edge distance, center spacing may be modified, contact VSL

Multistrand Post-Tensioning System
Internal Bonded Post-Tensioning
ANCHORAGE TYPE GC (Strand F_{pk}= 260 or 265 kN)
LOCAL ZONE REINFORCEMENT f_y= 390 N/mm²

OPTION A - SPIRAL REINFORCEMENT



OPTION B - STIRRUP REINFORCEMENT



CONCRETE 20/25 MPa

Unit	A Spiral Reinforcement						B Stirrup Reinforcement						
	l	P	ØS	ØG	n	X	l	P	ØR	M	r	X	ØT
6-3	275	55	12	190	5	210	200	40	12	190	6	210	8
6-4	270	45	12	220	6	240	220	55	16	220	5	240	8
6-7	360	60	16	290	6	310	280	40	16	290	8	310	10
6-12	405	45	16	385	9	405	350	50	20	385	8	405	16

CONCRETE 24/30 MPa

Unit	A Spiral Reinforcement						B Stirrup Reinforcement						
	l	P	ØS	ØG	n	X	l	P	ØR	M	r	X	ØT
6-3	220	55	12	175	4	195	160	40	12	175	5	195	8
6-4	240	40	12	200	6	220	220	55	16	200	5	220	8
6-7	330	55	16	265	6	285	240	40	16	265	7	285	10
6-12	360	45	16	350	8	370	350	50	20	350	8	370	12
6-15	420	60	20	395	7	415	360	45	20	395	9	415	16
6-19	450	50	20	445	9	465	420	60	25	445	8	465	16
6-22	495	45	20	480	11	500	440	55	25	480	9	500	16
6-27	540	45	20	535	12	555	500	50	25	535	11	555	20
6-31	585	65	25	575	9	595	525	75	32	575	8	595	20
6-37	660	60	25	630	11	650	630	70	32	630	10	650	25
6-43	660	55	25	680	12	700	650	65	32	680	11	700	25
6-55	750	50	25	805	15	825	780	60	32	815	14	835	32

CONCRETE 32/40 MPa

Unit	A Spiral Reinforcement						B Stirrup Reinforcement						
	l	P	ØS	ØG	n	X	l	P	ØR	M	r	X	ØT
6-3	220	55	12	150	4	170	140	70	16	150	3	170	8
6-4	240	40	12	175	6	195	165	55	16	175	4	195	8
6-7	275	55	16	230	5	250	240	40	16	230	7	250	8
6-12	320	40	16	305	8	325	300	50	20	305	7	325	12
6-15	385	55	20	340	7	360	325	65	25	340	6	360	12
6-19	400	50	20	390	8	410	385	55	25	390	8	410	16
6-22	450	45	20	415	10	435	400	50	25	415	9	435	16
6-27	520	65	25	465	8	485	450	75	32	465	7	485	16
6-31	540	60	25	500	9	520	450	75	32	500	7	520	20
6-37	550	55	25	545	10	565	520	65	32	545	9	565	20
6-43	600	50	25	590	12	610	540	60	32	590	10	610	20
6-55	700	50	25	720	14	740	660	60	32	730	12	750	25

CONCRETE 40/50 MPa

Unit	A Spiral Reinforcement						B Stirrup Reinforcement						
	l	P	ØS	ØG	n	X	l	P	ØR	M	r	X	ØT
6-3	200	40	10	135	5	155	160	40	12	135	5	155	8
6-4	200	40	12	155	5	175	165	55	16	155	4	175	8
6-7	275	55	16	205	5	225	200	40	16	205	6	225	8
6-12	315	45	16	275	7	295	250	50	20	275	6	295	10
6-15	360	60	20	305	6	325	325	65	25	305	6	325	12
6-19	400	50	20	350	8	370	330	55	25	350	7	370	12
6-22	405	45	20	375	9	395	350	50	25	375	8	395	16
6-27	455	65	25	415	7	435	375	75	32	415	6	435	16
6-31	520	65	25	450	8	470	450	75	32	450	7	470	16
6-37	495	55	25	490	9	510	455	65	32	490	8	510	16
6-43	550	50	25	530	11	550	480	60	32	530	9	550	20
6-55	650	50	25	650	13	670	600	60	32	665	11	685	25

CONCRETE 28/35 MPa

Unit	A Spiral Reinforcement						B Stirrup Reinforcement						
	l	P	ØS	ØG	n	X	l	P	ØR	M	r	X	ØT
6-3	250	50	12	160	5	180	195	65	16	160	4	180	8
6-4	240	40	12	185	6	205	200	50	16	185	5	205	8
6-7	330	55	16	245	6	265	240	40	16	245	7	265	10
6-12	360	40	16	325	9	345	300	50	20	325	7	345	12
6-15	420	60	20	365	7	385	390	65	25	365	7	385	12
6-19	450	50	20	415	9	435	385	55	25	415	8	435	16
6-22	450	45	20	445	10	465	450	50	25	445	10	465	16
6-27	520	65	25	495	8	515	480	80	32	495	7	515	16
6-31	585	65	25	535	9	555	525	75	32	535	8	555	20
6-37	605	55	25	580	11	600	585	65	32	580	10	600	20
6-43	600	50	25	630	12	650	600	60	32	630	11	650	25
6-55	750	50	25	760	15	780	720	60	32	770	13	790	25

CONCRETE 36/45 MPa

Unit	A Spiral Reinforcement						B Stirrup Reinforcement						
	l	P	ØS	ØG	n	X	l	P	ØR	M	r	X	ØT
6-3	200	40	10	145	5	165	160	40	12	145	5	165	8
6-4	200	40	12	165	5	185	165	55	16	165	4	185	8
6-7	275	55	16	220	5	240	200	40	16	220	6	240	8
6-12	320	40	16	285	8	305	270	45	20	285	7	305	10
6-15	360	60	20	325	6	345	325	65	25	325	6	345	12
6-19	400	50	20	365	8	385	330	55	25	365	7	385	12
6-22	405	45	20	395	9	415	400	50	25	395	9	415	16
6-27	455	65	25	440	7	460	450	75	32	440	7	460	16
6-31	480	60	25	470	8	490	490	70	32	470	8	490	16
6-37	550	55	25	515	10	535	520	65	32	515	9	535	20
6-43	550	50	25	560	11	580	540	60	32	560	10	580	20
6-55	650	50	25	685	13	705	660	60	32	695	12	715	25

CONCRETE 50/62.5 MPa

Unit	A Spiral Reinforcement						B Stirrup Reinforcement						
	l	P	ØS	ØG	n	X	l	P	ØR	M	r	X	ØT
6-3	200	50	10	130	4	150	150	50	12	130	4	150	8
6-4	200	40	12	140	5	160	150	50	16	140	4	160	8
6-7	275	55	16	185	5	205	220	55	20	185	5	205	8
6-12	280	40	16	245	7	265	225	45	20	245	6	265	10
6-15	330	55	20	275	6	295	300	60	25	275	6	295	10
6-19	350	50	20	315	7	335	300	50	25	315	7	335	12
6-22	390	65	25	335	6	355	350	70	32	335	6	355	12
6-27	420	60	25	375	7	395	350	70	32	375	6	395	16
6-31	480	60	25	405	8	425	390	65	32	405	7	425	16
6-37	450	50	25	440	9	460	420	60	32	440	8	460	16
6-43	500	50	25	485	10	505	480	60	32	495	9	515	16
6-55	600	50	25	605	12	625	600	60	32	620	11	640	20

Notes

All dimension in [mm]

Min. yield strength for local zone reinforcement fy = 390N/mm²

Min. required concrete strength $fc_{,cylinder}$ / $fc_{,cube\ in}$ MPa at stressing

Strand A_p = 150mm², f_{pk} = 1770N/mm² (GUTS), F_{pk} = 265,5kN

Strand A_p = 140mm², f_{pk} = 1860N/mm² (GUTS), F_{pk} = 260,4kN

For max. tendon force and temporary over stressing refer to 4.1 and 4.2.8 resp.

X = minimal center spacing between anchorages

For calculation of minimum edge distance refer to 4.4.1

n = number of spiral turns including first and last required as anchorage length

Reinforcement, edge distance, center spacing may be modified, contact VSL

VSL – CTT POT BEARINGS

Type PF

H2

Bearings type PF can support horizontal loads in both longitudinal and transverse directions and don't allow any movement.

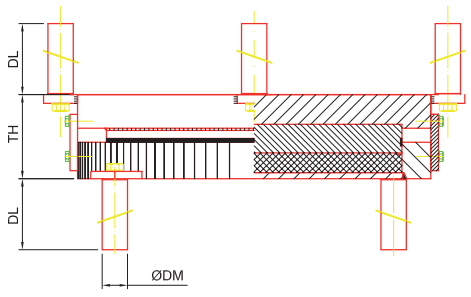
Bearings according to AASHTO

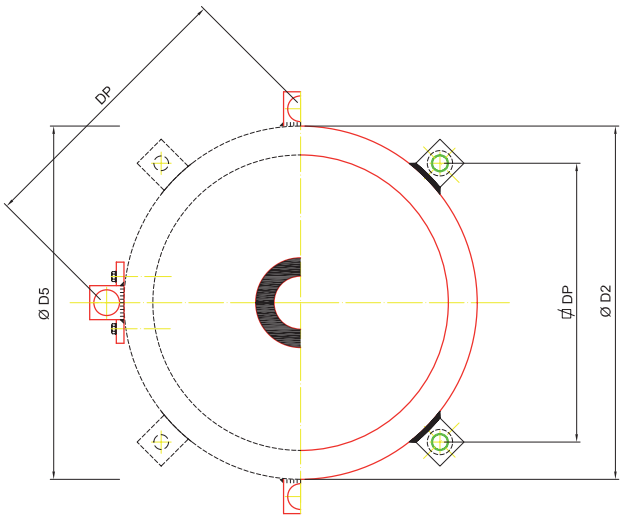
BEARING TYPE	V MAX ULS (kN)	H MAX ULS (kN)	V MAX SLS (kN)	H MAX SLS (kN)	V min SLS, ULS (kN)	Aprox. Weight (kg)
PF 140/100/H2 AA	1395	300	1000	200	500	62
PF 280/200/H2 AA	2790	600	2000	400	1000	150
PF 420/300/H2 AA	4185	900	3000	600	1500	208
PF 560/400/H2 AA	5580	1200	4000	800	2000	267
PF 700/500/H2 AA	6975	1500	5000	1000	2500	366
PF 840/600/H2 AA	8370	1800	6000	1200	3000	523
PF 1000/700/H2 AA	9765	2100	7000	1400	3500	648
PF 1100/800/H2 AA	11160	2400	8000	1600	4000	750
PF 1250/900/H2 AA	12555	2700	9000	1800	4500	804
PF 1400/1000/H2 AA	13950	3000	10000	2000	5000	1037
PF 1535/1100/H2 AA	15345	3300	11000	2200	5500	1123
PF 1700/1200/H2 AA	16740	3600	12000	2400	6000	1217
PF 1800/1300/H2 AA	18135	3900	13000	2600	6500	1295
PF 1950/1400/H2 AA	19530	4200	14000	2800	7000	1453
PF 2100/1500/H2 AA	20925	4500	15000	3000	7500	1728
PF 2200/1600/H2 AA	22320	4800	16000	3200	8000	1828
PF 2400/1700/H2 AA	23715	5100	17000	3400	8500	1855
PF 2500/1800/H2 AA	25110	5400	18000	3600	9000	2075
PF 2650/1900/H2 AA	26505	5700	19000	3800	9500	2718
PF 2800/2000/H2 AA	27900	6000	20000	4000	10000	2928
PF 3100/2200/H2 AA	30690	6600	22000	4400	11000	3107
PF 3350/2400/H2 AA	33480	7200	24000	4800	12000	3571
PF 3600/2600/H2 AA	36270	7800	26000	5200	13000	4108
PF 3900/2800/H2 AA	39060	8400	28000	5600	14000	4512
PF 4200/3000/H2 AA	41850	9000	30000	6000	15000	5032

Bearings have been designed with the following parameters :
Concrete on Deck is H40 (fck = 40 Mpa)
Concrete on Piers and Abutment is H30 (fck = 30 Mpa)
Maximum Horizontal load is 10% of the Vertical load
Minimum load at SLS and ULS is 50% of Maximum Vertical load at SLS
Rotation 0,015 rad
Other models are available under request

Main Dimensions

PART NUMBER	Pot Ø D2 (mm)	Total heigth TH (mm)	Top Plate Dimensions L5 x B5 (mm)	Recommended Pilar Ø (mm)	DM Ø (mm)	DL (mm)	DP (mm)
PF 140/100/H2 AA	295	94	295	472	40	200	251
PF 280/200/H2 AA	395	110	395	632	60	300	336
PF 420/300/H2 AA	474	124	474	758	60	300	392
PF 560/400/H2 AA	543	132	543	869	60	300	441
PF 700/500/H2 AA	606	139	606	970	70	350	492
PF 840/600/H2 AA	678	158	678	1085	80	400	550
PF 1000/700/H2 AA	714	164	714	1142	90	450	576
PF 1100/800/H2 AA	782	167	782	1251	90	450	624
PF 1250/900/H2 AA	814	173	814	1302	90	450	646
PF 1400/1000/H2 AA	853	190	853	1365	90	450	674
PF 1535/1100/H2 AA	896	192	896	1434	90	450	704
PF 1700/1200/H2 AA	938	199	938	1501	90	450	734
PF 1800/1300/H2 AA	974	200	974	1558	90	450	759
PF 1950/1400/H2 AA	1018	207	1018	1629	90	450	791
PF 2100/1500/H2 AA	1068	219	1068	1709	90	450	826
PF 2200/1600/H2 AA	1102	226	1102	1763	90	450	850
PF 2400/1700/H2 AA	1112	226	1112	1779	90	450	857
PF 2500/1800/H2 AA	1162	233	1162	1859	90	450	892
PF 2650/1900/H2 AA	1176	274	1176	1882	90	450	902
PF 2800/2000/H2 AA	1224	281	1224	1958	90	450	936
PF 3100/2200/H2 AA	1266	283	1266	2026	90	450	966
PF 3350/2400/H2 AA	1328	290	1328	2125	90	450	1010
PF 3600/2600/H2 AA	1432	300	1432	2291	90	450	1083
PF 3900/2800/H2 AA	1442	315	1442	2307	90	450	1090
PF 4200/3000/H2 AA	1514	319	1514	2422	90	450	1141



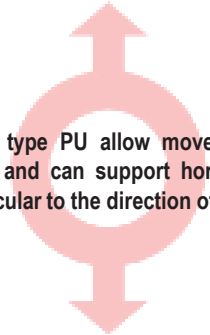


The dimensions given are indicative. Desings and dimensions can be modified by VSL-CTT without prior notification.

VSL – CTT POT BEARINGS

Type PU

H2



Bearings type PU allow movement in one direction and can support horizontal loads perpendicular to the direction of movement.

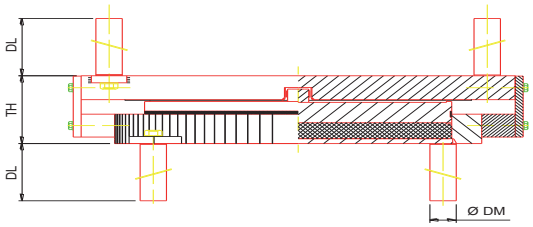
Bearings according to AASHTO

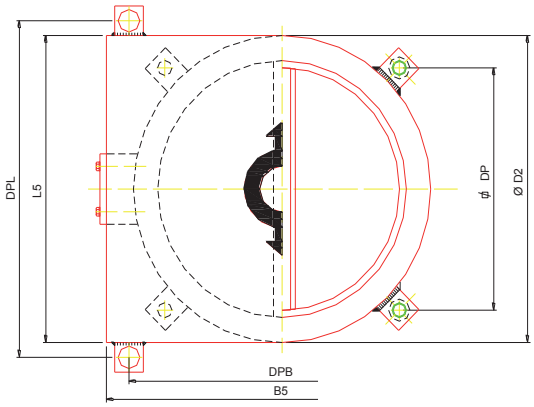
BEARING TYPE	V MAX ULS (kN)	H MAX ULS (kN)	V MAX SLS (kN)	H MAX SLS (kN)	V min SLS, ULS (kN)	Aprox. Weight (kg)
PU 140/100/H2 AA	1395	300	1000	200	500	81
PU 280/200/H2 AA	2790	600	2000	400	1000	194
PU 420/300/H2 AA	4185	900	3000	600	1500	286
PU 560/400/H2 AA	5580	1200	4000	800	2000	400
PU 700/500/H2 AA	6975	1500	5000	1000	2500	541
PU 840/600/H2 AA	8370	1800	6000	1200	3000	644
PU 1000/700/H2 AA	9765	2100	7000	1400	3500	858
PU 1100/800/H2 AA	11160	2400	8000	1600	4000	962
PU 1250/900/H2 AA	12555	2700	9000	1800	4500	1051
PU 1400/1000/H2 AA	13950	3000	10000	2000	5000	1347
PU 1535/1100/H2 AA	15345	3300	11000	2200	5500	1458
PU 1700/1200/H2 AA	16740	3600	12000	2400	6000	1573
PU 1800/1300/H2 AA	18135	3900	13000	2600	6500	1766
PU 1950/1400/H2 AA	19530	4200	14000	2800	7000	2044
PU 2100/1500/H2 AA	20925	4500	15000	3000	7500	2283
PU 2200/1600/H2 AA	22320	4800	16000	3200	8000	2410
PU 2400/1700/H2 AA	23715	5100	17000	3400	8500	2511
PU 2500/1800/H2 AA	25110	5400	18000	3600	9000	2726
PU 2650/1900/H2 AA	26505	5700	19000	3800	9500	3571
PU 2800/2000/H2 AA	27900	6000	20000	4000	10000	3650
PU 3100/2200/H2 AA	30690	6600	22000	4400	11000	4182
PU 3350/2400/H2 AA	33480	7200	24000	4800	12000	5008
PU 3600/2600/H2 AA	36270	7800	26000	5200	13000	5356
PU 3900/2800/H2 AA	39060	8400	28000	5600	14000	6815
PU 4200/3000/H2 AA	41850	9000	30000	6000	15000	7803

Bearings have been designed with the following parameters :
Concrete on Deck is H40 (fck = 40 Mpa)
Concrete on Piers and Abutment is H30 (fck = 30 Mpa)
Maximum Horizontal load is 20% of the Vertical load
Minimum load at SLS and ULS is 50% of Maximum Vertical load at SLS
Movement ± 100 mm
Rotation 0,015 rad
Other models are available under request

Main Dimensions

BEARING TYPE	Pot Ø D2 (mm)	Total heigth TH (mm)	Top Plate Dimensions L5 x B5 (mm)	Recommended Pier Ø (mm)	DM Ø (mm)	DL (mm)	DPL (mm)	DPB (mm)	DP (mm)
PU 140/100/H2 AA	313	92	495 x 313	501	40	200	405	373	264
PU 280/200/H2 AA	405	119	587 x 405	648	60	300	477	485	343
PU 420/300/H2 AA	488	137	660 x 488	781	60	300	550	568	402
PU 560/400/H2 AA	556	150	720 x 556	890	70	350	600	646	457
PU 700/500/H2 AA	616	168	772 x 616	986	80	400	642	716	506
PU 840/600/H2 AA	678	176	825 x 678	1085	80	400	695	778	550
PU 1000/700/H2 AA	730	193	870 x 730	1168	90	450	740	830	587
PU 1100/800/H2 AA	784	195	916 x 784	1254	90	450	786	884	625
PU 1250/900/H2 AA	824	202	950 x 824	1318	90	450	820	924	653
PU 1400/1000/H2 AA	856	228	975 x 856	1370	90	450	845	956	676
PU 1535/1100/H2 AA	898	230	1010 x 898	1437	90	450	880	998	706
PU 1700/1200/H2 AA	938	237	1045 x 938	1501	90	450	915	1038	734
PU 1800/1300/H2 AA	976	248	1077 x 976	1562	90	450	947	1076	761
PU 1950/1400/H2 AA	1.016	255	1114 x 1016	1626	90	450	984	1116	789
PU 2100/1500/H2 AA	1.072	268	1164 x 1072	1715	90	450	1034	1172	829
PU 2200/1600/H2 AA	1.102	274	1189 x 1102	1763	90	450	1059	1202	850
PU 2400/1700/H2 AA	1.128	275	1209 x 1128	1805	90	450	1079	1228	868
PU 2500/1800/H2 AA	1.164	281	1242 x 1164	1862	90	450	1112	1264	894
PU 2650/1900/H2 AA	1.198	323	1272 x 1198	1917	90	450	1142	1298	918
PU 2800/2000/H2 AA	1.224	329	1293 x 1224	1958	90	450	1163	1324	936
PU 3100/2200/H2 AA	1.282	342	1344 x 1282	2051	90	450	1214	1382	977
PU 3350/2400/H2 AA	1.388	351	1442 x 1388	2221	90	450	1312	1488	1052
PU 3600/2600/H2 AA	1.434	368	1479 x 1434	2294	90	450	1349	1534	1085
PU 3900/2800/H2 AA	1.594	381	1629 x 1594	2550	90	450	1499	1694	1198
PU 4200/3000/H2 AA	1.696	401	1726 x 1696	2714	90	450	1596	1796	1270

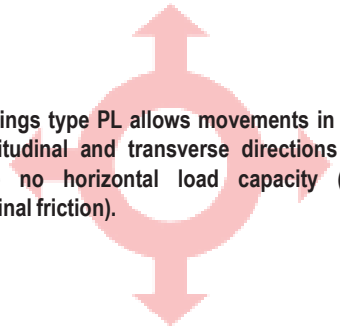




The dimensions given are indicative. Desings and dimensions can be modified by VSL-CTT without prior notification.

VSL – CTT POT BEARINGS

Type PL



Bearings type PL allows movements in both longitudinal and transverse directions and have no horizontal load capacity (only nominal friction).

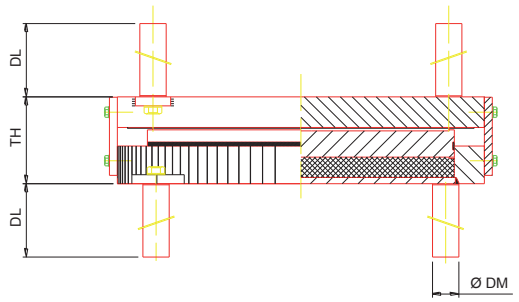
Bearings according to AASHTO

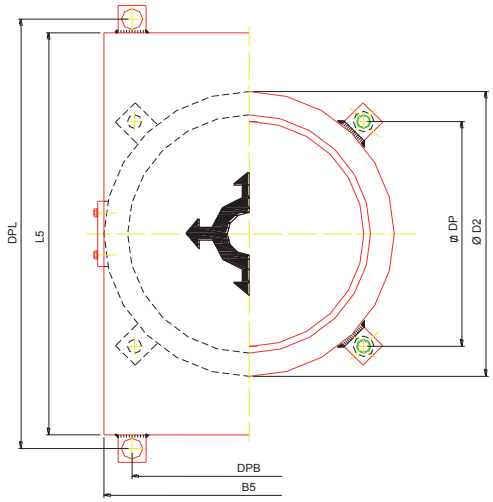
BEARING TYPE	V MAX ULS (kN)	H MAX ULS (kN)	V MAX SLS (kN)	H MAX SLS (kN)	V min SLS, ULS (kN)	Aprox. Weight (kg)
PL 140/100 AA	1395	42	1000	30	500	76
PL 280/200 AA	2790	84	2000	60	1000	126
PL 420/300 AA	4185	126	3000	90	1500	171
PL 560/400 AA	5580	167	4000	120	2000	234
PL 700/500 AA	6975	209	5000	150	2500	298
PL 840/600 AA	8370	251	6000	180	3000	370
PL 1000/700 AA	9765	293	7000	210	3500	452
PL 1100/800 AA	11160	335	8000	240	4000	559
PL 1250/900 AA	12555	377	9000	270	4500	607
PL 1400/1000 AA	13950	419	10000	300	5000	678
PL 1535/1100 AA	15345	460	11000	330	5500	801
PL 1700/1200 AA	16740	502	12000	360	6000	879
PL 1800/1300 AA	18135	544	13000	390	6500	1003
PL 1950/1400 AA	19530	586	14000	420	7000	1129
PL 2100/1500 AA	20925	628	15000	450	7500	1203
PL 2200/1600 AA	22320	670	16000	480	8000	1340
PL 2400/1700 AA	23715	711	17000	510	8500	1372
PL 2500/1800 AA	25110	753	18000	540	9000	1488
PL 2650/1900 AA	26505	795	19000	570	9500	1678
PL 2800/2000 AA	27900	837	20000	600	10000	1911
PL 3100/2200 AA	30690	921	22000	660	11000	2096
PL 3350/2400 AA	33480	1004	24000	720	12000	2294
PL 3600/2600 AA	36270	1088	26000	780	13000	2630
PL 3900/2800 AA	39060	1172	28000	840	14000	2815
PL 4200/3000 AA	41850	1256	30000	900	15000	3218

Bearings have been designed with the following parameters :
Concrete on Deck is H40 (fck = 40 Mpa)
Concrete on Piers and Abutment is H30 (fck = 30 Mpa)
Minimum load at SLS and ULS is 50% of Maximum Vertical load at SLS
Movements ± 100/ ± 10 mm
Rotation 0,015 rad
Other models are available under request

Main Dimensions

BEARING TYPE	Pot Ø D2 (mm)	Total heigth TH (mm)	Top Plate Dimensions L5 x B5 (mm)	Recommended Pier Ø (mm)	DM Ø (mm)	DL (mm)	DPL (mm)	DPB (mm)	DP (mm)
PL 140/100 AA	295	92	487 x 307	472	40	200	547	217	251
PL 280/200 AA	395	103	587 x 407	632	40	200	647	317	322
PL 420/300 AA	476	107	658 x 478	762	40	200	718	388	379
PL 560/400 AA	546	120	717 x 546	874	40	200	777	456	429
PL 700/500 AA	608	127	770 x 608	973	40	200	830	518	472
PL 840/600 AA	680	131	835 x 680	1088	40	200	895	590	523
PL 1000/700 AA	720	147	864 x 720	1152	40	200	924	630	552
PL 1100/800 AA	784	155	926 x 784	1254	40	200	986	694	597
PL 1250/900 AA	818	156	950 x 818	1309	40	200	1010	728	621
PL 1400/1000 AA	864	158	989 x 864	1382	40	200	1049	774	653
PL 1535/1100 AA	900	175	1020 x 900	1440	40	200	1080	810	679
PL 1700/1200 AA	942	177	1055 x 942	1507	40	200	1115	852	709
PL 1800/1300 AA	979	183	1087 x 979	1566	40	200	1147	889	735
PL 1950/1400 AA	1020	185	1124 x 1020	1632	60	300	1204	910	778
PL 2100/1500 AA	1054	186	1152 x 1054	1686	60	300	1232	944	802
PL 2200/1600 AA	1106	194	1199 x 1106	1770	60	300	1279	996	839
PL 2400/1700 AA	1120	194	1206 x 1120	1792	60	300	1286	1010	849
PL 2500/1800 AA	1166	196	1252 x 1166	1866	60	300	1332	1056	881
PL 2650/1900 AA	1182	212	1260 x 1182	1891	60	300	1340	1072	892
PL 2800/2000 AA	1218	213	1292 x 1218	1949	90	450	1392	1088	932
PL 3100/2200 AA	1273	221	1337 x 1273	2037	90	450	1437	1143	971
PL 3350/2400 AA	1334	223	1392 x 1334	2134	90	450	1492	1204	1014
PL 3600/2600 AA	1400	231	1452 x 1400	2240	90	450	1552	1270	1061
PL 3900/2800 AA	1448	233	1489 x 1448	2317	90	450	1589	1318	1095
PL 4200/3000 AA	1516	252	1556 x1516	2426	90	450	1656	1386	1143





The dimensions given are indicative. Desings and dimensions can be modified by VSL-CTT without prior notification.

Form AK/TA-04
rev01

PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 601111
Telp.031-5946094, Fax.031-5947284

NAMA PEMBIMBING	: Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka
NAMA MAHASISWA	: Iwan Pratama Pasak
NRP	: 03111240000066
JUDUL TUGAS AKHIR	: Modifikasi Perencanaan Fly Over Lingkar Dalam Barat Surabaya
	Dengan Menggunakan Balde Box Girder Pratekan
TANGGAL PROPOSAL	: 26 Oktober 2016
NO. SP-MMTA	: 067535/IT2.3.I.1/PP.05-02.00/2016

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
15	26-04-17	Kehilangan Gaya Prategang		
16	10-05-17	Kehilangan Gaya Prategang		
17	11-09-17	Kehilangan Gaya Prategang		
18	25-09-17	Perencanaan Tulangan Geser, Momen Nominal		
19	9-10-17	Perencanaan Torsi dan Lendutan		
20	25-10-17	Perencanaan Kolom (Revisi)		
21	8-11-17	Perencanaan Kolom		
22	21-11-17	Perencanaan Pondasi & Pile Cap		
23	11-12-17	Asistensi Gambar		
24	18-12-17	Asistensi Gambar		
26	15-02-18	Tulangan Angkat		
27	6-03-18	Bearing Pad		
28	8-03-18	Gambar		
29	12-03-18	Gambar		
30	8-04-18	Gambar		

Form AK/TA-04
rev01

PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 601111
Telp.031-5946094, Fax.031-5947284

NAMA PEMBIMBING	: Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka
NAMA MAHASISWA	: Iruan Pratama Pasale
NRP	: 03111240000066
JUDUL TUGAS AKHIR	: Modifikasi Perencanaan Fly Over Lingkar Dalam Barat Surabaya Dengan Menggunakan Balok Box Girder Pratekan
TANGGAL PROPOSAL	: 26 Oktober 2016
NO. SP-MMTA	: 067535/IT2.3.I.1/PP.05.02.00/2016

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1	4-11-16	Struktur Selunder		
2	11-11-16	Dimensi Box Girder		
3	18-11-16	Perencanan Tendon Cantilever (Revisi)		
4	25-11-16	Perencanaan Tendon Cantilever (Revisi)		
5	9-12-16	Perencanaan Tendon Cantilever (Revisi)		
6	21-02-17	Perencanaan Tendon Cantilever (Revisi)		
7	1-03-17	Perencanaan Tendon Cantilever		
8	17-03-17	Analisa Struktur setelah menjadi struktur penuh		
9	20-03-17	Perencanaan Tendon Menerus (Revisi)		
10	24-03-17	Perencanaan Tendon Menerus		
11	27-03-17	Perencanaan Tendon Menerus		
12	7-04-17	Perencanaan Tendon Menerus		
13	14-04-17	Perencanaan Tendon Menerus		
14	18-04-17	Kehilangan Gaya Prategang		

PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS

LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 601111
Telp.031-5946094, Fax.031-5947284

Form AK/TA-04
rev01

NAMA PEMBIMBING	: DATA IRANATA, ST. MT. PhD
NAMA MAHASISWA	: IRVAN PRATAMA PASAK
NRP	: 03111240000066
JUDUL TUGAS AKHIR	: Modifikasi Perencanaan Fly Over Lingkar Dalam Barat Surabaya dengan Menggunakan Balok Box Girder Prategan
TANGGAL PROPOSAL	: 26 Oktober 2016
NO. SP-MMTA	: 067535/IT2.3.1/PP.05.02.00/2016

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1.	18-11-16	Struktur sekunder	—	
2.	29-11-16	Dimensi box girder	—	
3.	7-12-16	Perencanaan Tendon Cantilever (Revisi)	—	
4.	22-02-17	Perencanaan Tendon Cantilever (Revisi)	—	
5.	3-03-17	Perencanaan Tendon Cantilever	—	
6.	17-03-17	Analisa Struktur Setelah jadi Struktur penuh	—	
7.	24-03-17	Perencanaan Tendon menerus (revisi)	—	
8.	31-03-17	Perencanaan Tendon menerus (revisi)	—	
9.	7-04-17	Perencanaan Tendon menerus	—	
10	17-04-17	Perencanaan Tendon menerus	—	
11	15-04-17	Kehilangan Gaya prategang	—	

PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS

LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 601111
Telp.031-5946094, Fax.031-5947284

Form AK/TA-04
rev01

NAMA PEMBIMBING	: DATA IRANATA, ST. MT. PhD
NAMA MAHASISWA	: IRVAN PRATAMA PASAIC
NRP	: 03111240000066
JUDUL TUGAS AKHIR	: Modifikasi Perencanaan Fly Over Lingkar Dalam Barat Surabaya dengan menggunakan Baloh Box Girder Pratekan
TANGGAL PROPOSAL	: 26 Oktober 2016
NO. SP-MMTA	: 067535/IT2.3.I/PP.05.02.00/2016

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
12	29-05-17	Kehilangan gaya prategang		
13	11-09-17	Kehilangan gaya prategang		
14	25-09-17	Perencanaan Tulangan Geser, Momen Nominal		
15	9-10-17	Perencanaan Torsi dan lendutan		
16	25-10-17	Perencanaan Kolom (Revisi)		
17	8-11-17	Perencanaan Kolom		
18	21-11-17	Perencanaan Pondasi & Pile Cap		
19	4-12-17	Asistensi Gambar		
20	11-12-17	Asistensi Gambar		
21	28-12-17	Asistensi Gambar		
22	5-02-18	~~Asisto Beari~~ Tulangan Angkat		
23	19-02-18	Bearing pad		
24	8-03-18	Gambar		
25	19-03-18	Gambar		
26	5-04-18	Gambar		

BIODATA PENULIS

Irvan Pratama Pasak lahir di Maliana pada tanggal 12 Maret 1993, merupakan anak terakhir dari dua bersaudara dari pasangan Dominggus dan Regina Tandisole.

Penulis telah menempuh pendidikan formal di SDN 4 No. 56 Rantepao (1999-2005), SMPN 2 Rantepao (2005-2008), dan SMAN 1 Rantepao (2008-2011).

Penulis melanjutkan pendidikan sarjana di Jurusan Teknik Sipil ITS Surabaya angkatan 2012 dan terdaftar dengan NRP 03111240000066. Semasa kuliah penulis mengikuti beberapa kegiatan yang diadakan oleh Himpunan Mahasiswa Sipil (HMS).

Penulis sangat berharap agar Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca serta bagi penulis sendiri. Apabila pembaca ingin berkorespondensi.

Penulis dapat dihubungi melalui email: irvanpasak@gmail.com